

岩土工程勘察
(司钻员、描述员)

培
训
教
材

二〇二一年五月

目 录

第一章 工程勘察质量和安全的法律责任	1
第一节 工程勘察质量和安全的法律法规及其相关条文	1
第二节 工程勘察成果是工程建设基础资料和重要依据	11
第三节 工程勘察人员对勘察成果质量负终身责任	11
第四节 工程勘察钻探的任务及其重要性	12
第二章 工程勘察概述	12
第一节 工程勘察的基本任务	12
第二节 工程勘察阶段的划分和工作内容	13
第三节 工程勘察的勘探方法与钻探质量	14
第三章 岩土基础知识	21
第一节 地貌	21
第二节 第四纪地质	21
第三节 岩土的工程特性	22
第四节 岩土的分类	22
第五节 地下水与水文地质勘察	29
第四章 岩土现场鉴别与编录	35
第一节 现场编录的概念	35
第二节 土的现场鉴别	36
第三节 岩石的现场鉴别	45
第四节 现场编录	46
第五节 现场勘探成果	53
第六节 现场作业记录质量控制及常见问题	53
第五章 与钻探有关的岩土物理性质及 钻进力学特性	59
第一节 岩土的物理性质概述	59
第二节 岩土的钻进力学特性概述	60
第六章 钻探工艺	63
第一节 工程勘察适用的钻探方法	63
第二节 常用钻探设备及工具	65
第三节 钻探准备工作	79
第四节 硬质合金钻进工艺	82
第五节 金刚石钻进工艺	86
第六节 金刚石绳索取心钻探简介	99
第七节 特殊场地和不良地层的钻进要领	102
第八节 提高工程勘察钻探质量的技术措施简介	108
第七章 钻探冲洗液与套管护壁	110
第一节 常用冲洗液及其处理剂	110

第二节 泥浆的主要性能指标.....	113
第三节 泥浆的配制与管理.....	114
第四节 套管护壁.....	116
第五节 套（井）管起拔和钻孔回填.....	117
第八章 钻孔取样.....	119
第一节 土试样质量分级及取样工具.....	119
第二节 采取原状土试样.....	122
第三节 岩土试样现场检验、密封、标签记录、储存和运输.....	125
第四节 岩石试样的采取.....	126
第九章 原位测试.....	128
第一节 圆锥动力触探试验.....	128
第二节 标准贯入试验.....	131
第十章 水文地质试验孔钻探.....	133
第一节 水文地质抽水试验孔结构和技术质量要求.....	134
第二节 水文地质抽水试验孔钻探方法.....	135
第三节 成井工艺.....	140
第四节 抽水试验现场作业.....	152
第五节 建筑工程水、土试样的采取与测试项目.....	156
第十一章 孔内事故的预防与处理.....	157
第一节 孔内事故预防.....	157
第二节 处理孔内事故原则.....	158
第三节 处理孔内事故的安全规定.....	158
第十二章 工程勘察钻探现场安全生产管理简介.....	160
附录 1 《岩土工程勘察安全标准》GB 50585-2019 摘录	161
附录 2 复习题.....	175
附录 3 主要参考文献.....	207

第一章 工程勘察质量和安全的法律责任

第一节 工程勘察质量和安全的法律法规及其相关条文

为加强工程建设活动的管理，保证建设工程的质量和安全，《中华人民共和国建筑法》、《中华人民共和国安全生产法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程勘察设计管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》、《建设工程勘察质量管理条例》和住房城乡建设部《建设单位项目负责人质量安全责任八项规定（试行）》等相关法律法规和部门规章对工程勘察从业人员的职业行为和法律责任进行了相应的规定。

遵守法律法规是对从业人员的基本要求。为使勘察现场作业人员了解相关规定，明确自身执业的法律责任，本节摘录其中与工程勘察从业人员质量和安全法律责任密切相关的法律法规条文，供执行。

一、建设工程勘察质量和安全的法律及其相关条文

（一）《中华人民共和国建筑法》（自 1998 年 3 月 1 日起施行）

第五十六条建设工程的勘察、设计单位必须对其勘察、设计的质量负责。勘察、设计文件应当符合有关法律、行政法规的规定和建设工程质量、安全标准、建设工程勘察、设计技术规范以及合同的约定。设计文件（本书省略.....）。

（二）《中华人民共和国安全生产法》（2014 年 9 月修订，2014 年 12 月 1 日起施行）

第三条 安全生产工作应当以人为本，坚持安全发展，坚持安全第一、预防为主、综合治理的方针，强化和落实生产经营单位的主体责任，建立生产经营单位负责、职工参与、政府监管、行业自律和社会监督的机制。

第四条 生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立、健全安全生产责任制和安全生产规章制度，改善安全生产条件，推进安全生产标准化建设，提高安全生产水平，确保安全生产。

第六条 生产经营单位的从业人员有依法获得安全生产保障的权利，并应当依法履行安全生产方面的义务。

第三章从业人员的安全生产权利义务

第四十九条生产经营单位与从业人员订立的劳动合同，应当载明有关保障从业人员劳动安全、防止职业危害的事项，以及依法为从业人员办理工伤保险的事项。

生产经营单位不得以任何形式与从业人员订立协议，免除或者减轻其对从业人员因生产安全事故伤亡依法应承担的责任。

第五十条生产经营单位的从业人员有权了解其作业场所和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故应急措施，有权对本单位的安全生产工作提出建议。

第五十一条 从业人员有权对本单位安全生产工作中存在的问题提出批评、检举、控告；有权拒绝违章指挥和强令冒险作业。

生产经营单位不得因从业人员对本单位安全生产工作提出批评、检举、控告或者拒绝违章指挥、强令冒险作业而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。

第五十二条从业人员发现直接危及人身安全的紧急情况时，有权停止作业或者在采取可能的应急措施后撤离作业场所。

生产经营单位不得因从业人员在前款紧急情况下停止作业或者采取紧急撤离措施而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。

第五十三条 因生产安全事故受到损害的从业人员，除依法享有工伤保险外，依照有关民事法律尚有获得赔偿的权利的，有权向本单位提出赔偿要求。

第五十四条 从业人员在作业过程中，应当严格遵守本单位的安全生产规章制度和操作规程，服从管理，正确佩戴和使用劳动防护用品。

第五十五条 从业人员应当接受安全生产教育和培训，掌握本职工作所需的安全生产知识，提高安全生产技能，增强事故预防和应急处理能力。

第五十六条 从业人员发现事故隐患或者其他不安全因素，应当立即向现场安全生产管理人员或者本单位负责人报告；接到报告的人员应当及时予以处理。

第一百零三条 生产经营单位与从业人员订立协议，免除或者减轻其对从业人员因生产安全事故伤亡依法应承担的责任的，该协议无效；对生产经营单位的主要负责人、个人经营的投资人处二万元以上十万元以下的罚款。

第一百零四条 生产经营单位的从业人员不服从管理，违反安全生产规章制度或者操作规程的，由生产经营单位给予批评教育，依照有关规章制度给予处分；构成犯罪的，依照刑法有关规定追究刑事责任。

（三）《建设工程质量管理条例》（国务院令 第 279 号，自 2000 年 2 月 30 日起施行） 第三条 建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、工程监理单位依法对建设工程质量负责。 第五条 从事建设工程活动，必须严格执行基本建设程序，坚持先勘察、后设计、再施工的原则。 县级以上人民政府及其有关部门不得超越权限审批建设项目或者擅自简化基本建设程序。

第十九条 勘察、设计单位必须按照工程建设强制性标准进行勘察、设计，并对其勘察、设计的质量负责。注册建筑师、注册结构工程师等注册执业人员应当在设计文件上签字，对设计文件负责。

第二十条 勘察单位提供的地质、测量、水文等勘察成果必须真实、准确。

第二十七条 总承包单位依法将建设工程分包给其他单位的，分包单位应当按照分包合同的约定对其分包工程的质量向总承包单位负责，总承包单位与分包单位对分包工程的质量承担连带责任。

第六十一条 违反本条例规定，勘察、设计、施工、工程监理单位允许其他单位或者个人以本单位名义承揽工程的，责令改正，没收违法所得，对勘察、设计单位和工程监理单位处合同约定的勘察费、设计费和监理酬金 1 倍以上 2 倍以下的罚款；对施工单位处工程合同价款 2% 以上 4% 以下的罚款；可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

第六十二条 违反本条例规定，承包单位将承包的工程转包或者违法分包的，责令改正，没收违法所得，对勘察、设计单位处合同约定的勘察费、设计费 25% 以上 50% 以下的罚款；对施工单位处工程合同价款 0.5% 以上 1% 以下的罚款；可以责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书。

第六十三条 违反本条例规定，有下列行为之一的，责令改正，处 10 万元以上 30 万元以下的罚款：

- （一） 勘察单位未按照工程建设强制性标准进行勘察的；
- （二） ～（四）设计单位……………（不是针对勘察单位的规定，本书省略）。

有前款所列行为，造成工程质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

第七十二条 违反本条例规定，注册建筑师、注册结构工程师、监理工程师等注册执业人员因过错造成质量

事故的，责令停止执业 1 年；造成重大质量事故的，吊销执业资格证书，5 年以内不予注册；情节特别恶劣的，终身不予注册。

第七十三条 依照本条例规定，给予单位罚款处罚的，对单位直接负责的主管人员和其他直接责任人员处单位罚款数额百分之五以上百分之十以下的罚款。

第七十七条 建设、勘察、设计、施工、工程监理单位的工作人员因调动工作、退休等原因离开该单位后，被发现在该单位工作期间违反国家有关建设工程质量管理规定，造成重大工程质量事故的，仍应当依法追究法律责任。

（四）《建设工程勘察设计管理条例》（国务院令 第 662 号，自 2015 年 6 月 12 日修改） 第五条县级以上人民政府建设行政主管部门和交通、水利等有关部门应当依照本条例的规定，加强对建设工程勘察、设计活动的监督管理。

建设工程勘察、设计单位必须依法进行建设工程勘察、设计，严格执行工程建设强制性标准，并对建设工程勘察、设计的质量负责。

第六条 国家鼓励在建设工程勘察、设计活动中采用先进技术、先进工艺、先进设备、新型材料和现代管理方法。

第九条国家对从事建设工程勘察、设计活动的专业技术人员，实行执业资格注册管理制度。未经注册的建设工程勘察、设计人员，不得以注册执业人员的名义从事建设工程勘察、设计活动。

第十条建设工程勘察、设计注册执业人员和其他专业技术人员只能受聘于一个建设工程勘察、设计单位；未受聘于建设工程勘察、设计单位的，不得从事建设工程的勘察、设计活动。

第二十六条编制建设工程勘察文件，应当真实、准确，满足建设工程规划、选址、设计、岩土工程治理和施工的需要。

第三十六条违反本条例规定，未经注册，擅自以注册建设工程勘察、设计人员的名义从事建设工程勘察、设计活动的，责令停止违法行为，没收违法所得，处违法所得 2 倍以上 5 倍以下罚款；给他人造成损失的，依法承担赔偿责任。

第三十七条违反本条例规定，建设工程勘察、设计注册执业人员和其他专业技术人员未受聘于一个建设工程勘察、设计单位或者同时受聘于两个以上建设工程勘察、设计单位，从事建设工程勘察、设计活动的，责令停止违法行为，没收违法所得，处违法所得 2 倍以上 5 倍以下的罚款；情节严重的，可以责令停止执行业务或者吊销资格证书；给他人造成损失的，依法承担赔偿责任。

第四十条违反本条例规定，勘察、设计单位未依据项目批准文件，城乡规划及专业规划，国家规定的建设工程勘察、设计深度要求编制建设工程勘察、设计文件的，责令限期改正；逾期不改正的，处 10 万元以上 30 万元以下的罚款；造成工程质量事故或者环境污染和生态破坏的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

（五）《建设工程安全生产管理条例》（国务院令 第 393 号，自 2004 年 2 月 1 日起施行）

第十二条勘察单位应当按照法律、法规和工程建设强制性标准进行勘察，提供的勘察文件应当真实、准确，满足建设工程安全生产的需要。

勘察单位在勘察作业时，应当严格执行操作规程，采取措施保证各类管线、设施和周边建筑物、构筑物的安全。

第五十六条违反本条例的规定，勘察单位、设计单位有下列行为之一的，责令限期改正，处 10 万元以上

30 万元以下的罚款；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级，直至吊销资质证书；造成重大安全事故，构成犯罪的，对直接责任人员，依照刑法有关规定追究刑事责任；造成损失的，依法承担赔偿责任：

（一）未按照法律、法规和工程建设强制性标准进行勘察、设计的；

（二）.....（针对设计单位的规定，本书省略）。

第五十八条 注册执业人员未执行法律、法规和工程建设强制性标准的，责令停止执业 3 个月以上 1 年以下；情节严重的，吊销执业资格证书，5 年内不予注册；造成重大安全事故的，终身不予注册；构成犯罪的，依照刑法有关规定追究刑事责任。

（六）《中华人民共和国刑法》修正案（九）（2015 年 11 月 1 日起实施）

第一百三十四条【重大责任事故罪】在生产、作业中违反有关安全管理的规定，因而发生重大伤亡事故或者造成其他严重后果的，处三年以下有期徒刑或者拘役；情节特别恶劣的，处三年以上七年以下有期徒刑。

【强令违章冒险作业罪】强令他人违章冒险作业，因而发生重大伤亡事故或者造成其他严重后果的，处五年以下有期徒刑或者拘役；情节特别恶劣的，处五年以上有期徒刑。

第一百三十五条【重大劳动安全事故罪】安全生产设施或者安全生产条件不符合国家规定，因而发生重大伤亡事故或者造成其他严重后果的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员，处三年以下有期徒刑或者拘役；情节特别恶劣的，处三年以上七年以下有期徒刑。

第一百三十七条【工程重大安全事故罪】建设单位、设计单位、施工单位、工程监理单位违反国家规定，降低工程质量标准，造成重大安全事故的，对直接责任人员，处五年以下有期徒刑或者拘役，并处罚金；后果特别严重的，处五年以上十年以下有期徒刑，并处罚金。

二、建设工程勘察质量和安全法规及其相关条文

（一）《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第 115 号，2007 年修正）

第十一条 工程勘察项目负责人、审核人、审定人及有关技术人员应当具有相应的技术职称或者注册资格。

第十二条 项目负责人应当组织有关人员做好现场踏勘、调查，按照要求编写《勘察纲要》，并对勘察过程中各项作业资料验收和签字。

第十三条 工程勘察企业的法定代表人、项目负责人、审核人、审定人等相关人员，应当在勘察文件上签字或者盖章，并对勘察质量负责。

工程勘察企业法定代表人对本企业勘察质量全面负责；项目负责人对项目的勘察文件负主要质量责任；项目审核人、审定人对其审核、审定项目的勘察文件负审核、审定的质量责任。

第十四条 工程勘察工作的原始记录应当在勘察过程中及时整理、核对，确保取样、记录的真实和准确，严禁离开现场追记或者补记。

第十五条 工程勘察企业应当确保仪器、设备的完好。钻探、取样的机具设备、原位测试、室内试验及测量仪器等应当符合有关规范、规程的要求。

第十六条 工程勘察企业应当加强职工技术培训和职业道德教育，提高勘察人员的质量责任意识。观测员、试验员、记录员、机长等现场作业人员应当接受专业培训，方可上岗。

第十七条 工程勘察企业应当加强技术档案的管理工作。工程项目完成后，必须将全部资料分类编目，装订成册，归档保存。

第二十二条 工程勘察企业违反《建设工程勘察设计管理条例》、《建设工程质量管理条例》的，由工程勘察质量监督部门按照有关规定给予处罚。

第二十四条违反本办法规定，工程勘察企业未按照工程建设强制性标准进行勘察、弄虚作假、提供虚假成果资料的，由工程勘察质量监督部门责令改正，处 10 万元以上 30 万元以下的罚款；造成工程

质量事故的，责令停业整顿，降低资质等级；情节严重的，吊销资质证书；造成损失的，依法承担赔偿责任。

第二十五条 违反本办法规定，工程勘察企业有下列行为之一的，由工程勘察质量监督部门责令改正，处 1 万元以上 3 万元以下的罚款：

- （一）勘察文件没有责任人签字或者签字不全的；
- （二）原始记录不按照规定记录或者记录不完整的；
- （三）不参加施工验槽的；
- （四）项目完成后，勘察文件不归档保存的。

第二十七条依照本办法规定，给予勘察企业罚款处罚的，由工程勘察质量监督部门对企业的法定代表人和其他直接责任人员处以企业罚款数额的 5%以上 10%以下的罚款。

（二）《建筑工程五方责任主体项目负责人质量终身责任追究暂行办法》

（住房城乡建设部建质〔2014〕124 号）

第二条 建筑工程五方责任主体项目负责人是指承担建筑工程项目建设的建设单位项目负责人、勘察单位项目负责人、设计单位项目负责人、施工单位项目经理、监理单位总监理工程师。

建筑工程开工建设前，建设、勘察、设计、施工、监理单位法定代表人应当签署授权书，明确本单位项目负责人。

建筑工程五方责任主体项目负责人质量终身责任，是指参与新建、扩建、改建的建筑工程项目负责人按照国家法律法规和有关规定，在工程设计使用年限内对工程质量承担相应责任。

第五条 建设单位项目负责人对工程质量承担全面责任，不得违法发包、肢解发包，不得以任何理由要求勘察、设计、施工、监理单位违反法律法规和工程建设标准，降低工程质量，其违法违规或不当行为造成工程质量事故或质量问题应当承担责任。

勘察、设计单位项目负责人应当保证勘察设计文件符合法律法规和工程建设强制性标准的要求，对因勘察、设计导致的工程质量事故或质量问题承担责任。

……（涉及施工单位项目经理和监理单位总监理工程师的责任，本书省略）

第六条符合下列情形之一的，县级以上地方人民政府住房城乡建设主管部门应当依法追究项目负责人的质量终身责任：

- （一）发生工程质量事故；
- （二）发生投诉、举报、群体性事件、媒体报道并造成恶劣社会影响的严重工程质量问题；
- （三）由于勘察、设计或施工原因造成尚在设计使用年限内的建筑工程不能正常使用；
- （四）存在其他需追究责任的违法违规行为。

第十二条 发生本办法第六条所列情形之一的，对勘察单位项目负责人、设计单位项目负责人按以下方式追究责任：

（一）项目负责人为注册建筑师、勘察设计注册工程师的，责令停止执业 1 年；造成重大质量事故的，吊销执业资格证书，5 年以内不予注册；情节特别恶劣的，终身不予注册；

（二）构成犯罪的，移送司法机关依法追究刑事责任；

（三）处单位罚款数额 5%以上 10%以下的罚款；

（四）向社会公布曝光。

第十六条 项目负责人因调动工作等原因离开原单位后，被发现在原单位工作期间违反国家法律法规、工程建设标准及有关规定，造成所负责项目发生工程质量事故或严重质量问题的，仍应按本办法第十一条、第十二条、第十三条、第十四条规定依法追究相应责任。

项目负责人已退休的，被发现在工作期间违反国家法律法规、工程建设标准及有关规定，造成所负责项目发生工程质量事故或严重质量问题的，仍应按本办法第十一条、第十二条、第十三条、第十四条规定依法追究相应责任，且不得返聘从事相关技术工作。项目负责人为国家公职人员的，根据其承担责任依法应当给予降级、撤职、开除处分的，按照规定相应降低或取消其享受的待遇。

第十七条 工程质量事故或严重质量问题相关责任单位已被撤销、注销、吊销营业执照或者宣告破产的，仍应按本办法第十一条、第十二条、第十三条、第十四条规定依法追究项目负责人的责任。

第十八条 违反法律法规规定，造成工程质量事故或严重质量问题的，除依照本办法规定追究项目负责人终身责任外，还应依法追究相关责任单位和责任人员的责任。

（三）《建筑工程勘察单位项目负责人质量安全责任七项规定（试行）》

（住房城乡建设部建市[2015]35 号）

建筑工程勘察单位项目负责人（以下简称勘察项目负责人）是指经勘察单位法定代表人授权，代表勘察单位负责建筑工程项目全过程勘察质量管理，并对建筑工程勘察质量安全承担总体责任的人员。勘察项目负责人应当由具备勘察质量安全能力的专业技术人员担任。甲、乙级岩土工程勘察的项目负责人应由注册土木工程师（岩土）担任。建筑工程勘察工作开始前，勘察单位法定代表人应当签署授权书，明确勘察项目负责人。勘察项目负责人应当严格遵守以下规定并承担相应责任：

一、勘察项目负责人应当确认承担项目的勘察人员符合相应的注册执业资格要求，具备相应的专业技术能力，观测员、记录员、机长等现场作业人员符合专业培训要求。不得允许他人以本人的名义承担工程勘察项目。

二、勘察项目负责人应当依据有关法律法规、工程建设强制性标准和勘察合同（包括勘察任务委托书），组织编写勘察纲要，就相关要求向勘察人员交底，组织开展工程勘察工作。

三、勘察项目负责人应当负责勘察现场作业安全，要求勘察作业人员严格执行操作规程，并根据建设单位提供的资料和场地情况，采取措施保证各类人员，场地内和周边建筑物、构筑物及各类管线设施的安全。

四、勘察项目负责人应当对原始取样、记录的真实性和准确性负责，组织人员及时整理、核对原始记录，核验有关现场和试验人员在记录上的签字，对原始记录、测试报告、土工试验成果等各项作业资料验收签字。

五、勘察项目负责人应当对勘察成果的真实性和准确性负责，保证勘察文件符合国家规定的深度要求，在勘察文件上签字盖章。

六、勘察项目负责人应当对勘察后期服务工作负责，组织相关勘察人员及时解决工程设计和施工中与勘察工作有关的问题；组织参与施工验槽；组织勘察人员参加工程竣工验收，验收合格后在相关验收文件上签字，对城市轨道交通工程，还应参加单位工程、项目工程验收并在验收文件上签字；组织勘察人员参与相关工程质量安全事故分析，并对因勘察原因造成的质量安全事故，提出与勘察工作有关的技术处理措施。

七、勘察项目负责人应当对勘察资料的归档工作负责，组织相关勘察人员将全部资料分类编目，装订成

册，归档保存。

勘察项目负责人对以上行为承担责任，并不免除勘察单位和其他人员的法定责任。

勘察单位应当加强对勘察项目负责人履职情况的检查，发现勘察项目负责人履职不到位的，及时予以纠正，或按照规定程序更换符合条件的勘察项目负责人，由更换后的勘察项目负责人承担项目的全面勘察质量责任。

各级住房城乡建设主管部门应加强对勘察项目负责人履职情况的监管，在检查中发现勘察项目负责人违反上述规定的，记入不良记录，并依照相关法律法规和规章实施行政处罚（勘察项目负责人质量安全违法违规行为行政处罚规定见附件）。

附件

勘察项目负责人质量安全违法违规行为行政处罚规定

一、违反第一项规定的行政处罚

勘察单位允许其他单位或者个人以本单位名义承揽工程或将承包的工程转包或违法分包，依照《建设工程质量管理条例》第六十一条、六十二条规定被处罚的，应当依照该条例第七十三条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

二、违反第二项规定的行政处罚

勘察单位违反工程强制性标准，依照《建设工程质量管理条例》第六十三条规定被处罚的，应当依照该条例第七十三条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

三、违反第三项规定的行政处罚

勘察单位未执行《建设工程安全生产管理条例》第十二条规定的，应当依照该条例第五十八条规定，对担任勘察项目负责人的注册执业人员进行处罚。

四、违反第四项规定的行政处罚

勘察单位不按照规定记录原始记录或记录不完整、作业资料无责任人签字或签字不全，依照《建设工程勘察质量管理办法》第二十五条规定被处罚的，应当依照该办法第二十七条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

五、违反第五项规定的行政处罚

勘察单位弄虚作假、提供虚假成果资料，依照《建设工程勘察质量管理办法》第二十四条规定被处罚的，应当依照该办法第二十七条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

勘察文件没有勘察项目负责人签字，依照《建设工程勘察质量管理办法》第二十五条规定被处罚的，应当依照该办法第二十七条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

六、违反第六项规定的行政处罚

勘察单位不组织相关勘察人员参加施工验槽，依照《建设工程勘察质量管理办法》第二十五条规定被处罚的，应当依照该办法第二十七条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

七、违反第七项规定的行政处罚

项目完成后，勘察单位不进行勘察文件归档保存，依照《建设工程勘察质量管理办法》第二十五条规定被处罚的，应当依照该办法第二十七条规定对负有直接责任的勘察项目负责人进行处罚。

地方有关法规和规章条款不在此详细列出，各地可自行补充有关规定。

（四）防暑降温措施管理办法

【国家安全监督总局等四部委安监总安健（2012）89号自2012年5月16日起施行】

第三条高温作业是指有高气温、或有强烈的热辐射、或伴有高气湿（相对湿度>80%RH）相结合的异常作业条件、湿球黑球温度指数（WBGT指数）超过规定限值的作业。

高温天气是指地市级以上气象主管部门所属气象台站向公众发布的日最高气温35℃以上的天气。

高温天气作业是指用人单位在高温天气期间安排劳动者在高温自然气象环境下进行的作业。

第五条用人单位应当建立、健全防暑降温工作制度，采取有效措施，加强高温作业、高温天气作业劳动保护工作，确保劳动者身体健康和生命安全。

用人单位的主要负责人对本单位的防暑降温工作全面负责。

第七条用人单位应当落实以下高温作业劳动保护措施：

（一）优先采用有利于控制高温的新技术、新工艺、新材料、新设备，从源头上降低或者消除高温危害。对于生产过程中不能完全消除的高温危害，应当采取综合控制措施，使其符合国家职业卫生标准要求。

（二）存在高温职业病危害的建设项目，应当保证其设计符合国家职业卫生相关标准和卫生要求，高温防护设施应当与主体工程同时设计，同时施工，同时投入生产和使用。

（三）存在高温职业病危害的用人单位，应当实施由专人负责的高温日常监测，并按照有关规定进行职业病危害因素检测、评价。

（四）用人单位应当依照有关规定对从事接触高温危害作业劳动者组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查，将检查结果存入职业健康监护档案并书面告知劳动者。职业健康检查费用由用人单位承担。

（五）用人单位不得安排怀孕女职工和未成年工从事《工作场所职业病危害作业分级第3部分：高温》（GBZ/T229.3）中第三级以上的高温工作场所作业。

第八条在高温天气期间，用人单位应当按照下列规定，根据生产特点和具体条件，采取合理安排工作时间、轮换作业、适当增加高温工作环境下劳动者的休息时间和减轻劳动强度、减少高温时段室外作业等措施：

（一）用人单位应当根据地市级以上气象主管部门所属气象台当日发布的预报气温，调整作业时间，但因人身财产安全和公众利益需要紧急处理的除外：

1. 日最高气温达到40℃以上，应当停止当日室外露天作业；

2. 日最高气温达到37℃以上、40℃以下时，用人单位全天安排劳动者室外露天作业时间累计不得超过6小时，连续作业时间不得超过国家规定，且在气温最高时段3小时内不得安排室外露天作业；

3. 日最高气温达到35℃以上、37℃以下时，用人单位应当采取换班轮休等方式，缩短劳动者连续作业时间，并且不得安排室外露天作业劳动者加班。

（二）在高温天气来临之前，用人单位应当对高温天气作业的劳动者进行健康检查，对患有心、肺、脑血管性疾病、肺结核、中枢神经系统疾病及其他身体状况不适合高温作业环境的劳动者，应当调整作业岗位。职业健康检查费用由用人单位承担。

（三）用人单位不得安排怀孕女职工和未成年工在35℃以上的高温天气期间从事室外露天作业及温度在33℃以上的工作场所作业。

（四）因高温天气停止工作、缩短工作时间的，用人单位不得扣除或降低劳动者工资。

第九条用人单位应当向劳动者提供符合要求的个人防护用品，并督促和指导劳动者正确使用。第十条用人单位应当对劳动者进行上岗前职业卫生培训和在岗期间的定期职业卫生培训，普及高温防护、中暑急救等职业卫生知识。

第十一条用人单位应当为高温作业、高温天气作业的劳动者供给足够的、符合卫生标准的防暑降温饮料及必需的药品。

不得以发放钱物替代提供防暑降温饮料。防暑降温饮料不得充抵高温津贴。

第十三条用人单位应当制定高温中暑应急预案，定期进行应急救援的演习，并根据从事高温作业和高温天

气作业的劳动者数量及作业条件等情况，配备应急救援人员和足量的急救药品。

第十四条劳动者出现中暑症状时，用人单位应当立即采取救助措施，使其迅速脱离高温环境，到通风阴凉处休息，供给防暑降温饮料，并采取必要的对症处理措施；病情严重者，用人单位应当及时送医疗卫生机构治疗。

第十五条劳动者应当服从用人单位合理调整高温天气作息时间或者对有关工作地点、工作岗位的调整安排。

第十七条劳动者从事高温作业的，依法享受岗位津贴。

用人单位安排劳动者在 35℃ 以上高温天气从事室外露天作业以及不能采取有效措施将工作场所温度降低到 33℃ 以下的，应当向劳动者发放高温津贴，并纳入工资总额。高温津贴标准由省级人力资源社会保障行政部门会同有关部门制定，并根据社会经济发展状况适时调整。

第十九条劳动者因高温作业或者高温天气作业引起中暑，经诊断为职业病的，享受工伤保险待遇。

第二十一条用人单位违反职业病防治与安全生产法律、行政法规，危害劳动者身体健康的，由县级以上人民政府相关部门依据各自职责责令用人单位整改或者停止作业；情节严重的，按照国家有关法律法规追究用人单位及其负责人的相应责任；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

用人单位违反国家劳动保障法律、行政法规有关工作时间、工资津贴规定，侵害劳动者劳动保障权益的，由县级以上人力资源社会保障行政部门依法责令改正。

三、工程勘察钻探质量和安全主要规范与标准

（一）《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 年版）（2002 年 3 月 11 日实施）

《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 年版）适用于除水利工程、铁路、公路和桥隧工程以外的工程建设岩土工程勘察，共有十六条强制性条文。现将与钻探作业密切相关的强制性条文，摘录如下：

1.0.3 各项建设工程在设计和施工之前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。

4.1.11 详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基作出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。主要应进行下列工作：

1 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料；

2 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；

3 查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；

4 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

5 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

6 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；

7 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；

8 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

4.1.18 详细勘察的勘探深度自基础底面算起，应符合下列规定：

1 勘探孔深度应能控制地基主要受力层，当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探孔的深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对单独柱基不应小于 1.5 倍，且不应小于 5m；

2 对高层建筑和需要作变形验算的地基，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；高层建筑的一般

性勘探孔应达到基底下 0.5~1.0 倍的基础宽度，并深入稳定分布的地层；

3 对仅有的建筑或高层建筑的裙房，当不能满足抗浮设计要求，需设置抗浮桩或锚杆时，勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求；

4 当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；

4.1.20 详细勘察采取土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价要求，并符合下列要求：

1 详细勘察采取土试样和进行原位测试的勘探孔的数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和工程特点确定，且不应少于勘探孔总数的 1/2，钻探取土试样孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3；

2 每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组），当采用连续记录的静力触探或动力触探为主要手段时，每个场地不应少于 3 个孔；

3 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试；

4.8.5 当场地水文地质条件复杂，在基坑开挖过程中需要对地下水进行控制（降水或隔渗），且已有资料不能满足要求时，应进行专门的水文地质勘察。

4.9.1 桩基岩土工程勘察应包括下列内容：

1 查明场地各层岩土的类型、深度、分布、工程特性和变化规律；

2 当采用基岩作为桩的持力层时，应查明基岩的岩性、构造、岩面变化、风化程度，确定其坚硬程度、完整程度和基本质量等级，判定有无洞穴、临空面、破碎岩土或软弱岩层；

3 查明水文地质条件，评价地下水对桩基设计和施工的影响，判定水质对建筑材料的腐蚀性；

4 查明不良地质作用，可液化土层和特殊性岩土的分布及其对桩基的危害程度，并提出防治措施的建议；

5 评价成桩可能性，论证桩的施工条件及其对环境的影响。

7.2.2 地下水位的量测应符合下列规定：

1 遇地下水时应量测水位；

2 （此款取消）

3 对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。

14.3.3 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写，并应包括下列内容：

1 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；

2 拟建工程概况；

3 勘察方法和勘察工作布置；

4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性；

5 各项岩土性质指标，岩土的强度参数、变形参数、地基承载力的建议值；

6 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化；

7 土和水对建筑材料的腐蚀性；

8 可能影响工程稳定的不良地质作用的描述和对工程危害程度的评价；

9 程度稳定性和适宜性的评价。

（二）《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019（2019 年 8 月 1 日实施）

1.0.2 本标准适用于建设工程的岩土工程勘察安全作业与管理。

与钻探施工安全有关规定，详见本教材 附录 《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 摘录。

（三）《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 （2012 年 5 月 1 日实施）

1.0.3 本规程适用于建筑工程的工程地质勘探与取样技术工作。

1.0.4 在工程地质勘探与取样工作中，应采取有效措施，保护环境和节约资源，保障人身和施工安全，保障勘探和取样质量。

第二节 工程勘察成果是工程建设基础资料 and 重要依据

工程勘察是工程建设的基础工作和关键环节，其质量状况直接影响到建设工程的质量和效益，关系到人民的生命和财产安全。为此，国家规定：“从事建设工程活动，必须严格执行基本建设程序，坚持先勘察、后设计、再施工的原则”（国务院《建设工程勘察设计管理条例》第四条）。同时规定，“设计单位应当根据勘察成果文件进行建设工程设计”。也就是说，工程勘察是工程建设的先行者，没有工程勘察成果，不能进行设计；没有施工设计不能施工。由此可见，建设工程勘察成果文件是工程建设设计的重要依据和施工的基础资料。

第三节 工程勘察人员对勘察成果质量负终身责任

国务院《建设工程质量管理条例》第十九条规定，“勘察、设计单位必须按照工程建设强制性标准进行勘察、设计，并对其勘察、设计的质量负责”

工程建设强制性标准，是指直接涉及工程质量、安全、卫生及环境保护等方面的工程建设标准强制性条文。工程建设强制性标准就是工程建设标准中的法规。不执行工程建设强制性技术标准就是违法，就要给予相应的处罚。

国务院《建设工程质量管理条例》第二十条规定“勘察单位提供的地质、测量、水文等勘察成果必须真实、准确”。

工程勘察成果的真实性和准确性，直接影响建筑物的质量和使用寿命；直接影响到工程建设的经济效益，环境效益和社会效益；影响建筑物的安全使用和人民生命财产的安全。勘察单位必须确保现场工作质量，保证量测、记录、取样和原位测试的正确性、真实性和准确性。

国务院《建设工程质量管理条例》第七十七条还规定，“建设、勘察、设计、施工、工程监理单位的工作人员因调动工作、退休等原因离开该单位后，被发现在该单位工作期间违反国家有关建设工程质量管理规定，造成重大工程质量事故的，仍应当依法追究法律责任。”

国务院《建设工程质量管理条例》第七十七条是对建设工程参与各方人员违反法律，造成严重后果的法律处罚行为进行追溯处罚的规定；也是国务院以行政法规的方式对工程质量终身制的表述。即，工程勘察单位的有关人员，按照岗位职责，对勘察成果的真实性，可靠性负责；在建设工程寿命期限和法律追诉期内负终身责任，并承担相应的行政、民事和法律责任。

第四节工程勘察钻探的任务及其重要性

工程勘察有许多方法和手段，常见的有，工程地质测绘和调查，勘探（包括钻探、槽探、井探、洞探、工程物探和触探等）与取样，原位测试，室内试验，有关检测和监测工作等。

工程勘察钻探的任务：通过钻进揭露的地层鉴别岩土性质，确定其埋藏深度与厚度；正确揭露建筑结构物下卧层的岩性及地层的划分；采取不同层位、不同质量要求的、满足物理力学试验的岩土试样；为提出物理力学性质指标的原位测试提供钻孔；查明钻孔深度范围内的地下水的赋存情况，并经现场试验获取水文地质参数；为工程设计和施工提供可靠的数理依据。

从钻探任务可知，钻探是岩土工程勘察的主要勘探方法；钻探质量是决定“**勘察单位提供的地质、测量、水文等勘察成果必须真实、准确**”的关键手段。因此，住建部的《建设工程勘察质量管理办法》第十五条规定，“**工程勘察企业应当确保仪器、设备的完好。钻探、取样的机具设备、原位测试、室内试验及测量仪器等应当符合有关规范、规程的要求**”。

第二章工程勘察概述

第一节工程勘察的基本任务

岩土工程是以工程地质学、土力学、岩石力学及地基基础工程学为理论基础，以解决和处理在建设过程中出现的所有与岩体和土体有关的工程技术问题，是一门地质与工程紧密结合的专业学科，属于土木工程范畴。工程勘察是岩土工程中的一个重要组成部分。

工程勘察是根据建设工程的要求，运用工程地质测绘和调查、勘探和取样、原位测试、室内试验、检验和监测、分析计算、数据处理等技术手段（不同的工程要求和地质条件，采用不同的方法和手段），经过一定的勘察程序，查明场地地形地貌条件、地质与构造条件，岩土层特征，水文地质条件，分析、评价建设场地的地质、水文、环境特征、地震效应和岩土工程条件（主要指岩土分布和工程特征，地下水的赋存及变化，不良地质作用和地质灾害等），提供工程设计所需的岩土参数，提出基础型式和持力层选择、基坑开挖和地下水控制、检测与监测等方面的建议，编制建设工程勘察文件的活动。

工程勘察的任务是按照不同勘察阶段的要求提出的，不同的工程勘察等级和工程勘察阶段，勘察的精度要求不同。除了应正确反映场地和地基的工程地质条件及其岩土体性状的影响外，还应结合工程设计、施工条件，进行技术论证和分析评价，提出解决岩土工程问题的建议，为地基处理、地基基础设计和施工提供地基土构成与分布、各土层的物理力学性质、持力层及承载力、变形模量等岩土设计参数，以及不良地质现象的分布、成因、治理建议，评价场地的稳定性与适宜性，并提出基础、边坡等工程的设计准则和岩土工程施工的指导意见和建议，为设计、施工提供依据，服务于工程建设的全过程，以达到确保工程建设的顺利进行，以及在建成后的建设工程寿命期内能安全和正常使用的目的，具有很强的工程针对性。

第二节工程勘察阶段的划分和工作内容

一、工程勘察阶段的划分

工程勘察应根据工程类型、工程勘察等级和工程勘察阶段制定勘察纲要，确定工程勘察工作量。各设计阶段对勘察成果也有不同的要求。因此，我国对工程勘察工作要求宜分阶段进行，各勘察阶段应与各设计阶段的要求相适应。房屋建筑和构筑物（简称“建筑物”）的工程勘察一般分为四个阶段：可行性研究勘察应符合选择场址方案的要求；初步勘察应符合初步设计的要求；详细勘察应符合施工图设计的要求；场地条件复杂或有特殊要求的工程，宜进行施工勘察。

由于各行业设计阶段的划分不完全一致，工程的规模和技术要求各不相同，场地和地基复杂程度也有很大区别。建筑物的工程勘察，对场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段；当建筑物平面布置已经确定，且场地或其附近已有岩土工程资料时，可根据实际情况，直接进行详细勘察。因此，勘察单位应根据任务要求和实际情况进行相应阶段的勘察工作。

二、工程勘察各阶段的工作内容简介

1、可行性研究勘察（选址阶段勘察） 应对拟建场地的稳定性和适用性做出评价，这一阶段主要工作内容为：充分收集、调查拟建场地及其周围地形、地貌区域地质构造、地震、矿产、气象、水文、不良地质作用、水文地质条件、岩土层结构、地基的物理力学性质等资料，并在进行分析研究的基础上，通过必要的踏勘及少量的勘探工作对场地的稳定性和适用性作出评价；当有两个或两个以上拟选场地时，应进行比选分析。

2、初步勘察应对场地内拟建建筑地段的稳定性做出评价，并进行下列主要工作：

初步查明拟建场地的地质构造、岩土层结构、岩土工程特性、水文地质条件、不良地质作用成因和发展趋势，对抗震设防烈度等于或大于6度的拟建场地，应对场地和地基的地震效应作出初步评价；初步判定水、土对建筑材料的腐蚀性，对地基基础、基坑降水等进行初步评价。

3、详细勘察详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基作出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。主要应进行下列工作：

1) 搜集附有坐标和地形的建筑平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料；

2) 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；

3) 查明建筑范围内的类型、深度、分布、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；

4) 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

5) 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

6) 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；

7) 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；

8) 判定水和土对建筑物的腐蚀性。

此外，详细勘察应论证地下水在施工期间对工程和环境好了影响。对情况复杂的重要工程，需论证使用期

间水位变化和需提出抗浮设防水位时，应进行专门研究。

上述各勘察阶段的工作内容，仍应从搜集分析资料开始，继以工程地质测绘或调查，在此基础上布置勘探工作。在各阶段的勘察方法和手段，主要是以勘探、原位测试和室内试验为主。一般不再单独进行工程物探、工程地质测绘或调查，必要时做一些该项工作的补充。

4、**施工勘察**施工过程中，当发现建设场地岩土水与勘察资料不符或发现必须查明的异常情况时，应进行施工勘察（含补充勘探测试、深基础施工施工勘察和地基处理、加固勘察等）和监测，并对工程和环境的影响进行分析和评价。

第三节 工程勘察的勘探方法与钻探质量

一、勘探方法概述

勘探是工程勘察的一个重要环节，是获得岩土工程勘察第一手资料的重要手段，是了解场地工程地质条件的最直接依据，是进行岩土工程判断、分析、评价及编制工程勘察报告的基础工作。岩土工程勘探是岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等。

勘探与取样，是通过勘探的各种手段和方法查明工程地质条件，确定建筑物或构筑物的合适持力层，根据持力层的地基承载力，确定基础类型，计算基础参数的现场调查、研究活动。勘探孔（包括钻孔、探井和原位测试孔）的布置及勘探深度能满足勘察和设计要求；准确地反映建设场地的岩土工程地质条件，获取符合工程实际情况的勘察成果。钻探、井探、槽探、洞探和取样都是直接揭露地层必不可少的、经常性的手段；岩石样、土试样和水试样是为定量评价岩土工程问题而提供室内试验的样品。

现对槽探、井探、洞探和钻探等用途和方法简要介绍如下：

（一）槽探、井探、洞探简介

1、槽探

槽探就是通过地表挖掘沟槽来了解地质条件的方法。所挖的沟槽称为探槽。一般当基岩或所需要揭露的地质现象埋藏较浅（一般在覆盖层小于3m）时适用，其长度根据所了解的地质条件和范围决定；探槽一般用锹、镐等人工挖掘，当遇大块碎石、坚硬土层或风化基岩时，亦可采用松动爆破或轻型动力机械，如取样钻机。在机械进不去的地段，更显示出其优越性。

2、井探

井探就是挖一个圆形或矩形的井来了解地质地层情况的方法。所挖的井称为探井。其形状和深度（不宜超过地下水位，且不超过20m，一般10m内居多）可根据需要设计。通过在地表能直接观察地质情况，详细描述岩性和分层，利用探井能取出接近实际的原状结构的土试样。在探槽掘进无法达到的时，地质条件复杂和黄土地区，经常采用。探井的掘进深度超过7m应向井底送风和照明；遇地下水时，或停止施工，改用其他勘探方法或采取排水（或降水）措施。

圆形探井直径不小于0.8m，矩形探井不小于1.0X1.2m。当土质情况需要放坡或分级开挖时，则加大井口规格。

3、洞探

洞探是指通过开挖平硐来探明深部岩层性质、构造特征的一种勘探方法。当基岩埋藏较深，探井无法达到

或受地面条件影响钻探无法施工时采用。在坝址、地下工程、大型边坡等勘察中，当需要查明深部岩层性质构造特征时，为确定主洞施工设计所需参数，常采用竖井和平洞或在隧道施工前的工程勘察中采用导洞法为施工主巷（隧）道探明地质情况。

探洞深度和断面按工程要求确定。探洞断面可采用梯形、矩形或拱形，洞宽不宜小于 1.2m，洞高不宜小于 1.8m。

但是，探槽、探井和洞探施工常遇到地层破碎或岩土层不稳定、易坍塌，需要采取必要的支护措施；探槽和探井对地表植被损坏严重；与钻探相比较，存在着勘探深度局限性和劳动强度大；存在工作效率低和安全隐患多等缺点。因此，在工程勘察中只有在钻探方法难以准确查明地下情况时，采用探槽、探井和洞探施工。

4、探槽、探井和探洞编录要求

探槽、探井和探洞的编录除进行岩土描述外，应以剖面图、展开图等形式全面反映井、槽、洞壁和底部的岩性、地层分界线、构造特征、取样或原位测试位置，并辅以代表性部位的彩色照片。岩土描述内容同钻孔编录。探槽、探井和探洞的展开图式按行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 F “探井、探槽、探洞剖面展开图式”执行。

（二）钻探工程简介

1、钻探工程的用途

钻探工程是利用钻探机械和不同钻具为工程勘察指定的地层钻孔直接取得拟定深度和直径的岩芯、土样、水样或气样等实物样品，用以分析鉴定地质岩层及构造，确定土的物理力学性质和地层形成年代；钻成进行水文地质试验获取地下水文地质参数的钻孔以满足水文地质勘察需要的重要手段之一，是对工程地质、水文地质勘察成果作出最终评价的依据。钻探工程还为孔内触探试验、波速测试、水文地质孔内试验及其它原位测试提供可靠钻孔。总之，钻探工程是工程勘察最广泛采用的一种主要的勘探方法。

2、钻探工程常用术语

1) 钻孔：钻孔指根据地质或工程要求向地壳的不同方向钻成的孔径较小而深度很大的柱状圆孔。工程勘察勘探钻孔根据勘探深度分为控制性勘探孔和一般性勘探孔。控制性勘探孔的勘探深度应超过各类工程的沉降计算深度以下一定深度，并达到稳定地层；一般性勘探孔的勘探深度应满足控制地基主要受力层厚度（包括软弱卧层）要求。多数情况下控制孔常作为取样和测试孔使用。

2) 钻孔起始部位称为孔口；钻孔底部称为孔底；钻孔侧部称为孔壁；钻孔轴线的长度称为孔深。

3) 钻孔轴心线的长度称为钻孔直径（简称“孔径”）。钻孔孔口段的直径称为开孔直径；由大一级孔径改为小一级孔径则称为换径；钻孔终孔孔底段的直径称为终孔直径。

4) 钻孔结构是指构成钻孔剖面的技术要素。包括钻孔总孔深、各孔段直径和深度、套管和井管的直径、长度、下放深度和灌浆部位等。钻孔结构的选择，主要考虑地层岩性、水文地质条件、取芯要求、开孔直径、终孔直径、钻进方法以及钻孔用途等因素。在保证钻孔质量和安全钻进的前提下，最大限度地简化钻孔结构，以实现钻探优质、高效、低成本的效果。

钻探工程名词术语，详见现行国家标准《钻探工程名词术语》GB 9151。

3、钻探方法分类

钻探方法按破碎岩土方式的不同，可分为（详见图 1-3-1）：

1) 冲击钻进是将钻具提升至一定高度利用钻具重力冲击孔底以破碎岩石（土层），随着钻孔的延深可以用钢丝绳或钻杆连接钻头，形成两种钻进方法，但以钢丝绳冲击钻进较普遍。对于硬岩层（基岩、大块碎石）一般用孔底全面不取芯钻进，对土层一般选用圆筒形钻头钻进。钻杆冲击钻进一般以小口径较多。在岩土工程

勘察中，仅用于少数地层条件。由于这种方法对下面的土层有夯实加密作用，易使土样受影响而失真，故不适合于取原状土的钻孔。为了取原状土样，一般配合回转钻进使用。

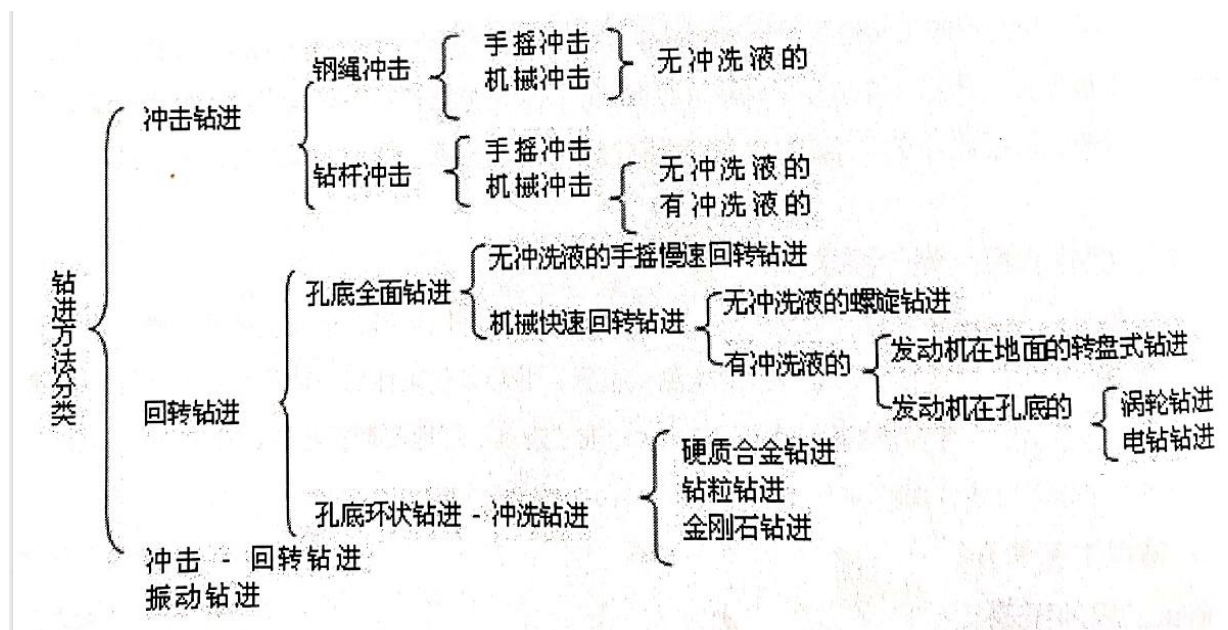


图 1.3-1 钻进方法分类图

2) 回转钻进是利用钻具回转，借助钻头上的切削刃或研磨材料、研磨岩石或切削土层，达到破碎岩土层之目的。回转钻进分为取芯与不取芯两种钻进方式。这两种钻进方式在岩土工程勘察遇到岩石地层时被广泛使用。钻（钢）粒钻进已被淘汰。

(1) 螺旋钻探：是一种干式回转钻进方法，适用于地下水位以上的细粒土层。机械螺旋钻是机械带动螺旋钻杆转动，螺旋翼不断地将岩土输送至地面，同时，螺旋钻杆柱还不断向下移动，实现钻进。人力施工钻头有麻花钻头、提土钻头和勺形钻头等三种。提钻时带出扰动土样，供岩性鉴定及分类使用。螺旋钻可实现定时定深取样满足勘察要求，可作为原位测试的钻孔，但不能作为采取原状土试样。

机械螺旋钻进孔深一般为 25~50m，最深不超过 100m；钻孔直径一般为 120~200mm。

(2) 岩芯钻探：钻头采用硬质合金钻头、金刚石复合片钻头和金刚石钻头，适用于土层及岩层，对孔底作环形切削研磨，环形中心保留柱状岩芯，提出后可供鉴定岩性和试验使用。

3) 冲击回转钻进是在冲击、回转综合作用下完成的，其特点是对硬岩钻进效率高。冲击回转钻进方法有风动和液动两种，其中反循环连续取样冲击回转钻进（或双壁钻杆潜孔锤连续取样钻进）在岩层勘探中应用较多。

4) 振动钻进（分为振动钻进、震动锤击钻进两种）是将机械动力所产生的高频震动力通过钻杆及钻具传递到岩、土体中，或加以锤击则形成振动锤击钻进，这时圆筒钻头依靠钻具和振动器的重量切削土层进行钻进。振动钻进对孔底扰动大。主要用于不取原状样品的各类土层及小径碎石层钻进或跟套管钻进。

5) 冲洗钻进是指通过高压射水破坏孔底土层实现钻进。适用于砂层、粉土层和不太坚硬的黏性土层。

土体破碎后，由高压水流冲出地面的一种简单快速的钻进方法，但冲出地面的粉屑是各土层的混合物，难以鉴别和划分地层的岩性，不能用于采取土试样。

4、工程勘察适用的钻探方法

工程勘察钻探方法选择应根据勘察目的、地层特点、岩石可钻性分级并结合钻孔口径、钻孔深度等 钻探技术要求等确定。

采用的钻探方法应能保证以一定的精度鉴别地层，了解地下水的情况；尽量避免或者减轻对取样段的扰动影响，能采取符合质量要求的岩土试样或进行原位测试等进行选择。

1) 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 （2009 年版）表 9.2.1 规定了钻探方法的适用范围，详见表 2.3.1 钻探方法的适用范围。

表 2.3.1 钻探方法的适用范围

钻进方法		钻进地层					勘察要求	
		黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	直观鉴别，采取不扰动试样	直观鉴别，采取扰动试样
回转	螺纹钻探	O	△	△	—	—	O	O
	无岩芯钻探	O	O	O	△	O	—	—
	岩芯钻探	O	O	O	△	O	O	O
冲击	冲击钻探	—	△	O	O	—	—	—
	锤击钻探	O	O	O	△	—	O	O
振动钻探		O	O	O	△	—	△	O
冲洗钻探		△	O	O	—	—	—	—

注：O：适用；△：部分适用；—：不适用。

2) 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 （2009 年版）还规定，勘探浅部土层可采用下列钻探方法：

- (1) 小口径麻花钻（或提土钻）钻进；
- (2) 小口径勺形钻钻进；
- (3) 洛阳铲钻进。

3) 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50022001 （2009 年版）第 9.3.1 条规定，当钻探方法难以准确查明地下情况时，可采用探井、探槽进行勘探。在坝址、地下工程、大型边坡等勘察中，当需详细查明深部岩层性质、构造特征时，可采用竖井或平硐。

综上所述，为满足取样和原位测试的质量要求，工程勘察钻探以应用回转钻探为主。本书的工程勘察钻探主要介绍回转钻探方法。

5、工程勘察钻探工作的基本流程

- 1) 准备工作：熟悉工作要求和环境，配备适用设备和工具等；
- 2) 设备就位与安装：水通、路通和场地平整，运输、搭设塔架、安装钻机和附属设备；
- 3) 钻进及其辅助工作：剋取孔底岩石，保护孔壁，采取岩土芯（样）和孔内原位测试；
- 4) 封闭钻孔。

二、工程勘察对钻探技术质量的要求

（一）《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 （2009 年版）对钻探的要求

- 1、 钻孔口径和钻具规格应符合国家标准的规定。成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

2、岩土工程勘察钻探质量要求

- 1) 钻进深度和岩土分层深度的量测精度，不应低于±5cm；
- 2) 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，使分层精度符合要求；
- 3) 对鉴别地层天然湿度的钻孔，在地下水位以上应进行干钻；当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯管钻进；
- 4) 岩芯钻探的岩芯采取率，对完整和较完整岩体不应低于 80%,较破碎和破碎岩体不应低于 65%；对需重点查明的部位（滑动带、软弱夹层等）应采用双层岩芯管连续取芯；
- 5) 当需确定岩石质量指标 **RQD** 时，应采用 75mm 口径（N 型）双层岩芯管和金刚石钻头。

3、钻探操作方法

钻探操作的具体方法，应按照现行《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87 执行。

- 4、钻孔、探井和探槽完工后应妥善回填。
- 5、进行钻探、井探、槽探和洞探时，应采取有效措施，确保施工安全。

（二）《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 对钻探技术质量的要求

1、勘探点位允许偏差 详见表 2.3.2 钻孔孔位测设允许偏差表。

表 2.3.2 钻孔孔位测设允许偏差表（m）

	初步勘察		详细勘察	
	平面允差	高程允差	平面允差	高程允差
陆域	+ 0.5, 0	±0.10	+ 0.25, 0	±0.05
水域	+ 2.0, 0	±0.20	+ 1.00, 0	±0.10

2、钻孔规格 工程勘察钻孔口径及钻具规格，见表 2.3.3 钻孔口径及钻具规格表。

根据《钻探用无缝钢管》GB/T 9808-2008,与工程勘察钻探有关的普通钻杆规格（公称外径，mm）为Φ33、Φ42、Φ50、Φ63. 5 和 Φ73；绳索取芯钻杆规格（公称外径，mm）有中Φ43.5、Φ55.5, Φ71、Φ89 和 Φ114.3。

表 2.3.3 钻孔口径及钻具规格表

钻孔 口径 (mm)	钻具规格（mm）						相应于 DCDMA 标准的级别
	岩心管外管		岩心管内管		套管		
	D	d	D	d	D	d	
36	35	29	26.5	23	45	38	E
46	45	38	35	31	58	49	A
59	58	51	47.5	43.5	73	63	B
75	73	65.5	62	56.5	89	81	N
91	89	81	77	70	108	99.5	
110	108	99.5			127	118	
130	127	118			146	137	
150	146	137			168	154	S
174	168	154			219	203	

注：1.钻具规格引自《钻探用无缝钢管》GB/T 9808-2008； 2. DCDMA 标准为美国金刚石钻机制造者协会标准。

3、钻孔成孔口径

钻孔成孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺等确定，并应符合表 2.3.4 钻孔成孔口径

的规定。

表 2.3.4 钻孔成孔口径（mm）

钻孔性质		第四纪土层	基 岩	
鉴别与划分地层/岩心钻孔		≥36	≥59	
取Ⅰ、Ⅱ 级土试样钻孔	一般粘性土、粉土、残积土、全风化岩	≥91	≥75	
	湿陷性黄土	≥150		
	冻土	≥130		
	原位测试钻孔		大于测试探头直径	
压水、抽水试验钻孔		≥110	软质岩石	硬质岩石
			≥75	≥59

注：1、采取 I、II 级土试样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大一个径级；.

2、抽水试验观测孔成孔口径≥75mm

4、 钻孔深度和岩土层深度量测精度及要求

1) 陆域最大允许偏差为±0.05m；水域最大允许偏差为±0.05m；

2) 每钻进 25m 和终孔后，应校正孔深，并宜在变层处校核孔深；

3) 当孔深偏差超过规定时，应找出原因，并应更正记录报表。

5、 钻孔的弯曲度 指钻孔的垂直度或倾斜度（亦称倾斜角）与倾斜方向（亦称方位角）。

（编者注：《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 的该条的条文说明，“钻孔的弯曲度”的规定只提出钻孔测斜要求和仪器精度控制标准的基本要求）

1) 垂直钻孔每 50m 应测量一次垂直度，每 100m 的允许偏差为±2°；

2) 定向钻孔每 25m 应测量一次倾斜角（亦称倾角）和方位角，钻孔倾角和方位角的测量精度分别为±0.1° 和± 3°；

3) 当钻孔斜度及方位偏差超过规定时，应立即采取纠斜措施；

4) 当勘察任务有要求时，应根据勘探任务要求测斜和防斜。

6、当需测定岩石质量指标（RQD）时，应采用外径 75mm 口径（N 型）的双层岩芯管和金刚石钻头。

7、岩芯采取率及鉴别土样质量要求。

1) 岩芯采取率钻探过程的岩芯采取率应逐回次或按地层分层计算。岩芯采取率要根据项目勘察纲要要求执行；如果勘察纲要未提出要求时，现场勘探应符合表 2.3.5“岩心采取率”的规定。

表 2.3.5 岩心采取率

岩 土 层		岩心采取率
粘土层		≥90
粉土、砂土层	地下水位以上	≥80
	地下水位以下	≥70
碎石土层		≥50
完整岩层		≥80
破碎岩层		≥65

2) 对于需要重点研究的破碎带、滑动带，应根据勘察要求提高岩心采取率，并宜定向连续取芯。

3) 鉴别土样及岩芯的保留与存放应符合下列要求:

(1) 除用作试验的土样及岩芯外,其余土样及岩芯应存放于岩芯盒内,并按回次先上后下的顺序排列,记录起止深度和岩土名称,且每一回次应用岩芯牌隔开;

(2) 易冲蚀、风化、软化、崩解的岩芯,应进行封存;

(3) 存放土样及岩芯的岩芯盒应平稳安放,不得日晒、雨淋和融冻,搬运时应盖上岩芯盒箱盖,小心轻放;

(4) 可拍摄岩土芯样的彩色照片,纳入勘察成果资料。

(5) 岩土芯样保留时间应根据勘察要求确定,现场至少保留至钻探质量检查验收完成。

8、 勘探安全应符合现行《岩土工程勘察安全规范》GB 50585 的规定。

9、 勘探与取样应按勘察纲要或勘探任务书执行。

(三) 对钻探技术质量的要求

1、 钻探方法,可根据岩土类别和勘察要求按表 10.2.1 选用(详见本教材的表 2.3.1)。

2、 钻探口径和钻具规格应符合现行国家标准的规定,成孔口径应满足取样测试和钻进工艺的要求。

3、 钻探技术要求应符合下列规定:

1) 钻探过程中,对垂直孔应每隔 50m 测量一次垂直度,允许偏差不得超过 2° 。对斜孔应每隔 25m 测量一次倾角,倾角和方位角允许偏差不得超过 $\pm 0.1^{\circ}$ 和 $\pm 3.0^{\circ}$;

2) 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺,钻进深度和岩土分层深度的量测精度不应低于 $\pm 5\text{cm}$;

3) 对鉴别孔,在地下水位以上应进行干钻;当必须加水或使用循环液时应采用双层岩心管钻进;

4) 岩心钻探的岩心采取率,对完整和较完整岩体不应低于 80%;较破碎和破碎岩体不应低于 65%;对需重点查明的部位(滑动带,软弱夹层等)应采用双层岩心管钻进;

5) 当需确定岩石质量指标 RQD 时,应采用 75mm 口径(N 型)双层岩心管和金刚石钻头;

6) 螺旋钻进每回次进尺长度不宜超过 1.0m,采取不扰动土试样前,应采用低压慢速钻进。

4、 钻探的具体操作方法,应按现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJ/T87)有关规定执行。水域钻探可参照现行国家行业标准《水利水电工程钻探规程》(SL291-2003)的有关规定执行【详见本教材第六章第八节中(一)水域钻探】。

5、 钻孔、探井和探槽完工后应妥善回填。

第三章 岩土基础知识

第一节 地貌

地质学将自然界引起地壳物质成分、结构、构造及地表形态等发生不断改变和发展的各种作用成总 称为地质作用。地质作用分为内动力地质作用和外动力地质作用。地质作用在地壳表面形成的各种不同 成因、不同类型、不同规模的起伏形态，称为地貌。

我国的陆地地貌习惯上划分为平原、丘陵、山地、高原和盆地五大形态类型。

在安徽省的岩土工程勘察中，常遇到的地貌类型有：①构造、剥蚀地貌，主要由构造和强烈的冰川 剥蚀地质作用引起，地貌单元为山地、丘陵、剥蚀残山、剥蚀准平原。②山麓斜坡堆积地貌，主要地貌 单元为洪积扇、坡积裙、山前平原、山间凹地，③河流侵蚀堆积地貌，主要地貌单元有河谷、河床、河 漫滩、阶地、谷坡、谷岸、河间地块。④河流堆积地貌单元有冲积平原与河口三角洲。⑤大陆停滞水堆 积地貌单元有湖泊平原和沼泽地。⑥海成地貌，地貌主要单元有海岸、海岸阶地海岸平原。⑦岩溶（喀 斯特）地貌，地貌单元主要有岩溶盆地、峰林地形、石芽残丘和溶蚀准平原。⑧风成地貌，地貌单元主 要有风蚀盆地和砂丘。

此外，在我国的岩土工程勘察中，常遇到的地貌还有大陆构造一侵蚀地貌和冰川地貌等。

第二节 第四纪地质

地质时代主要是根据生物的演变和地壳运动等重大变动来划分，在地球约 46 亿年的地质年代中， 由古至今地质时代划分为：太古代、元古代、古生代、中生代和新生代。第四纪隶属于新生代，包括更 新世和全新世两个早晚衔接的阶段。第四纪时期形成的一套地层称为第四系。

第四纪开始于大约 260 万年前至今。第四纪堆积是指第四纪期间形成的堆积物。广泛分布于自然界 的碎石土、砂土、黏性土等松散堆积物，其形成有残积、坡积、冲洪积、淤积、风积、冰积等成因类型， 主要成因类型第四纪堆积物的特征，见表 3.2.1 主要成因类型第四纪堆积物特征。

表 3.2.1 主要成因类型第四纪堆积物特征

成因类型	堆积方式及条件	堆积物特征
残积	岩石经风化作用而残留在原地的碎屑堆积物	碎屑物自表部向深处逐渐由细变粗，其成分与母岩有关，一般不具层理，碎块多呈棱角状，土质不均，具有较大孔隙，厚度在山丘顶部较薄，低洼处较厚，厚度变化较大
坡积或崩积	风化碎屑物由雨水或融雪水沿斜坡搬运；或由本身的重力作用堆积在斜坡上或坡脚处而成	碎屑物岩性成分复杂，与高处的岩性组成有直接关系，从坡上往下逐渐变细，分选性差，层理不明显，厚度变化较大，厚度在斜坡较陡处较薄，坡脚地段较厚
洪积	由暂时性洪流将山区或高地的大量风化碎屑物携带至沟口或平缓地带堆积而成	颗粒具有一定的分选性，但往往大小混杂，碎屑多呈亚棱角状，洪积扇顶部颗粒较粗，层理紊乱呈交错状，透镜体及夹层较多，边缘处颗粒细，层理清楚，其厚度一般高山区或高地处较大，远处较小
冲积	由长期的地表水流搬运，在河流阶地、冲积平原和三角洲地带堆积而成	颗粒在河流上游较粗，向下游逐渐变细，分选性及磨圆度均好，层理清楚，除牛貌湖及某些河床相沉积外，厚度较稳定
冰积	由冰川融化携带的碎屑物堆积或沉积而成	粒度相差较大，无分选性，一般不具层理，因冰川形态和规模的差异，厚度变化大。
淤积	在静水或缓慢的流水环境中沉积，并伴有生物、化学作用而成	颗粒以粉粒、黏粒为主，且含有一定数量的有机质或盐类，一般土质松软，有时为淤泥质黏性土、粉土与粉砂互层，具清晰的薄层理
风积	在干旱气候条件下，碎屑物被风吹扬，降落堆积而成	颗粒主要由粉粒或砂粒组成，土质均匀，质纯，孔隙大，结构松散

第三节 岩土的工程特性

所有建筑物都有基础，基础是将结构所承受的各种荷载传递到地基上的结构组成部分，是建筑地面以下的承重构件。它承受建筑物上部结构传下来的全部荷载，并把这些荷载连同本身的重量一起传到地基。

建筑基础可分为浅基础和桩基，都座落在岩土上，各类工程建设都离不开岩土，主要座落在第四纪堆积物上，直接承受建筑荷载的土层为持力层，岩土层承受荷载的能力不同，反映了岩土具有的不同工程特性。因此，岩土是勘察的主要对象，通过勘察对承受建筑物荷载的基础下的岩土进行充分了解，是工程设计与施工的重要前提。岩土的工程特性是勘察研究的基本内容，主要为岩土的承载力、变形特征和地基稳定性。不同类型的岩土具有不同的物理、力学性质。

一、岩土的物理性质

岩土的物理性质是指表明岩土物理状态的一些性质，土的物理性质就是表示土中三相比例关系的一些物理量。对于编录员而言，可以简单地理解为用各种直观手段，可以看得见摸得着的一些性质，如颜色、湿度、密实度（空隙性）、可塑性、一些结构、构造、风化程度等，通过对岩土物理性质的鉴定和描述可以初步判定岩土的类型和一些力学特征；准确判定岩土的物理性质，如含水量、比重、颗粒大小组合和一些构造等，需要通过取样进行室内土工试验取得。

二、岩土的力学性质

1、土的力学性质，土在外力作用下所表现的性质。包括土的压缩性、土的抗剪性等等。

土的压缩性是指土在荷载作用下体积减小的性质，可以用压缩系数、压缩模量等来表示。

土的抗剪强度是指土在荷载作用下，具有抵抗剪切破坏的能力，它的极限强度为土的抗剪强度。

土的压缩性和抗剪强度一般需要在钻探过程中取“原状土试样”，然后经室内土工试验得出，或在钻孔中进行十字板剪切试验或扁铲等原位试验获得。

2、岩石的力学性质，岩石在各种静力、动力作用下所表现的性质，主要包括变形（变形模量、泊松比）和强度（抗压、抗剪、抗拉）。一般通过钻探取岩石样，经室内试验取得。

第四节 岩土的分类

建筑地基的岩土可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土、特殊性土和人工填土等。

一、岩石的分类

岩石为矿物的集合体，是组成地壳的主要物质。岩石可以由一种矿物所组成，如石灰岩仅由方解石一种矿物所组成；也可由多种矿物所组成，如花岗岩则由石英、长石、云母等多种矿物集合而成。进行岩土工程勘察时，除应根据其成因、结构、构造、矿物成分和风化程度确定岩石的地质名称外，尚应进一步划分岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级。

（一）岩石按成因分类

岩石按成因可分为：岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩三大类。

1、岩浆岩

岩浆在向地表上升过程中,由于热量散失逐渐经过分异等作用冷凝而成岩浆岩。在地表下冷凝的称 侵入岩;喷出地表冷凝的称喷出岩。侵入岩按距地表的深浅程度又分为:深成岩和浅成岩。

岩基和岩株为深成岩产状,岩脉、岩盘和岩枝等为浅成岩产状,火山锥和岩钟为喷出岩产状。

常见的喷出岩浆岩有:玄武岩、安山岩和流纹岩等。常见的深成侵入岩浆岩有:花岗岩、辉长岩、闪长岩。常见的浅成侵入岩浆岩有:花岗斑岩、辉长玢岩和闪长玢岩。

2、沉积岩

沉积岩是由岩石、矿物在内外力作用下破碎成碎屑物质后,再经水流、风吹和冰川等的搬运,堆积 在大陆低洼地带或海洋,再经胶结、压密等成岩作用而成的岩石。沉积岩的主要特征是具有层理。

常见的沉积岩有:砂岩、凝灰质砂岩、砾岩、泥岩、页岩、石灰岩、白云岩、硅质岩、铁质岩、磷 质岩等。沉积岩有两个突出特征:一是具有层理构造。层与层的界面叫层面,通常下面的岩层比上面的 岩层年龄古老。二是许多沉积岩中有化石,它是判定地质年龄和研究古地理环境的珍贵资料。

3、变质岩

变质岩是岩浆岩或沉积岩在高温、高压或其它因素作用下,经变质作用所形成的岩石。

根据变质作用类型的不同,可将变质岩分为 5 类:动力变质岩、接触变质岩、区域变质岩、混合岩 和交代变质岩。常见的变质岩有:糜棱岩、碎裂岩、角岩、板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、大理岩、石 英岩、角闪岩、片粒岩、榴辉岩、混合岩等。

(二) 岩石按坚硬程度分类

1、岩石坚硬程度按饱和单轴抗压强度分类,如表 3.4.1 岩石按坚硬程度分类。

表 3.4.1 岩石按坚硬程度分类

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 f_r (MPa)	$f_r > 60$	$60 \geq f_r > 30$	$30 \leq f_r < 15$	$15 \geq f_r > 5$	$f_r \leq 5$

注:(1)当无法取得饱和单轴抗压强度数据时,可用点荷载试验强度换算,换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》(GB 50218)执行;

(2)当岩体完整程度为极破碎时,可不进行坚硬程度分类。

2、岩石坚硬程度定性划分,如表 3.4.2 岩石按坚硬程度定性划分。

表 3.4.2 岩石按坚硬程度定性划分

坚硬程度	定性鉴定	代表性岩石
硬 质 岩	坚硬岩	锤击声清脆,有回弹,震手,难击碎,基本无吸水反应
	较硬岩	锤击声较清脆,有轻微回弹,稍震手,较难击碎,有轻微吸水反应

坚硬程度		定性鉴定	代表性岩石
软质岩	较软岩	锤击声不清脆，无回弹，较易击碎，浸水后指甲可刻出印痕	1. 中等风化~强风化的坚硬岩或较硬岩； 2. 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、泥灰岩、砂质泥岩等
	软岩	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后手可掰开	1. 强风化的坚硬岩或较硬岩； 2. 中等风化~强风化的较软岩；
极软岩		锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后可捏成团	1. 全风化的各种岩石； 2. 各种半成岩；

（三）岩石按风化程度分类

岩石风化程度分为微风化、中等风化、强风化、全风化、残积土五级；可对其进行水平和垂直分带，可根据剪切波速或面波波速（花岗岩类岩石的风化程度，现场还可根据标准贯入试验实测锤击数）按表 3.4.3 岩石按风化程度分类进行划分。泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

（四）岩体按完整程度分类

岩体完整程度的定性、定量分类，如表 3.4.4 岩体完整程度的定性、定量分类。

（五）岩体按风化程度分类

表 3.4.3 岩石按风化程度分类

风化程度	野 外 特 征		标贯击数, N
未风化	岩质新鲜, 偶见风化痕迹		
微风化	结构基本未变, 仅节理面有渲染或略有变色, 有少量风化裂隙		
中等风化	结构部分破坏, 沿节理面有次生矿物、风化裂隙发育, 岩体被切割成岩块。用镐难挖, 岩芯钻方可钻进		
强风化	碎块状强风化	结构大部分破坏, 矿物成分显著变化, 风化裂隙很发育, 岩体 破碎, 呈碎块状或散体状, 用镐可挖, 干钻不易钻进	$N \geq 50$
	砂土状强风化		
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 呈砂土状, 可用镐挖, 干钻可钻		$30 \leq N < 50$
残积土	组织结构全部破坏, 已风化成土状, 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性		$N < 30$

表 3.4.4 岩体完整程度的定性、定量分类

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型	完整性指标, K_v
	组数	平均间距				
完整	1~2	> 1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构	> 0.75
较完整	1~2	> 1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层状结构	0.75-0.55
	2~3	$1.0 \sim 0.4$	结合好或结合一般		块状结构	
较破碎	2~3	$1.0 \sim 0.4$	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构	0.55—0.35
	N3	$0.4 \sim 0.2$	结合好		镶嵌碎裂结构	
			结合一般		中、薄层状结构	
破碎	N3	$0.4 \sim 0.2$	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构	0.35-0.15
			结合=般			
		≤ 0.2	或结合差		碎裂状结构	

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型	完整性指标, K_v
	组数	平均间距				
极破碎	无序	—	结合很差	—	散体状结构	<0.15

注：1、平均间距指主要结构面间距的平均值；

2、岩体完整性指标（ K_v ,亦称指数）为岩体完整程度的定量指标，为岩体压缩波速与岩石压缩波速之比的平方，选定岩体和岩石测定波速时应注意其代表性；

3、结构类型按照《岩土工程勘察规范》DBJ 13-84-2006 附录表 A. 0.4 岩体结构类型定性分类

岩石按软化系数 K_v 可分为软化岩石和不软化岩石。当软化系数 K_v 等于或小于 0.75 时,为软化岩石；当软化系数 K_v 大于 0.75 时，为不软化岩石。

当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石等。

（六）岩体基本质量等级分类

岩体基本质量等级划分，见表 3.4.5 岩体基本质量等级分类。

表 3.4.5 岩体基本质量等级分类

坚硬程度 完整程度	完 整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

（七）岩石的工程性质分类

岩石工程性质按岩石质量指标（RQD）分类，如表 3.4.6 岩石质量指标（RQD）分类。

表 3.4.6 岩石质量指标（RQD）分类

岩体分类	RQD(%)
好	>90
较好	$75 \sim 90$
较差	$50 \sim 75$
差	$25 \sim 50$
极差	<25

注：RQD 指用直径为 75mm（N 型）双层岩芯管和金钢石钻头在岩石中钻进连续取芯，回次钻进所取得岩芯中，长度大于 10cm 的岩芯段长度之和与该回次进尺的比值，以百分数表示。

二、土的分类

土的分类方法较多，有按照地质成因、沉积时代分类的；也有根据土颗粒组成及其特征；土的塑性 指标：液限（WL）、塑限（Wp）和塑性指数（Ip）以及土中有机质存在情况等指标分类的。不同行业土 的分类也不尽相同。

（一）按地质成因分类

- 1、土按地质成因可分为：残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土、风积土等类型。
- 2、 根据土的成因、物理力学性质及其特殊性可划分为一般性土和特殊性土。一般性土划分为碎石土、砂土、粉土和粘性土；特殊性土划分为软土残积土、填土、混合土和污染土。

（二）按沉积时代分类

- 1、老沉积土：第四纪晚更新世及其以前沉积的土，一般具有较高的强度和较低的压缩性。
- 2、新近沉积土：第四纪全新世中近期沉积的土，一般为欠固结、固结的土，且强度较低。

（三）按颗粒级配和塑性指数分类

- 1、碎石土：为粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%的土。碎石土的分类按表 3.4.7 碎石土分类 的规定进一步划分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾等六类。

表 3.4.7 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

- 2、砂土：为粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50%,粒径大于 0. 075mm 的颗粒质量超过总质 量 50%的土。砂土分类按表 3.4.8 砂土分类的规定进一步划分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂等五类。

表 3.4.8 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25%~50%
粗砂	粒径大于 0. 5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0. 25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0. 075mm 的颗粒质量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0. 075mm 的颗粒质量超过总质量 50%

注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

- 3、粉土和黏性土： 粒径大于 0. 075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%,可按表 3.4.9 粉土、黏性土分 类的规定划分为粉土、黏质粉土、砂质粘土、粉质粘土、黏性土。

表 3.4.9 粉土、黏性土分类

塑性指数 I_p	粒径组分 (%)			土的名称
	$\geq 0.075\text{mm}$	$0.075\text{mm} \sim 0.005\text{mm}$	$\leq 0.005\text{mm}$	
$I_p > 17$				黏土
$10 \leq I_p \leq 17$		≥ 35	≥ 20	粉质粘土
$7 < I_p \leq 17$	≥ 25			砂质粘土
$I_p \leq 10$		≥ 35	$10 \sim 20$	黏质粉土
			≤ 10	粉土

注：塑性指数 I_p 应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限和搓条法取得的塑限计算而得

（四）土的定名

1、土的定名

土的定名应在现场描述（详见第四章第三节“一、各类土层的描述”）的基础上，结合室内试验的开土记录和土工试验结果综合确定。

2、土的综合定名

一般性土与特殊性土定名和分类，除按颗粒级配或塑性指数定名外，土的综合定名尚应符合下列规定：

- 1) 对同一层土中相间呈韵律沉积,当薄层与厚层的厚度比大于 1/3 时,宜定为“互层”；厚度比为 1/10-1/3 时，宜定为“夹层”；厚度比小于 1/10 的土层，且多次出现时，宜定为“夹薄层”；
- 2) 在厚层土中，当出现不同土类并且呈水平向逐渐尖灭时，应定为“透镜体”；
- 3) 当土层中有厚度大于 0.5m 并且对工程有影响的土层（如:有机质土、淤泥、碎石、粗砂等），应单独分层；
- 4) 对混合土，应冠以主要含有的土类定名；
- 5) 对特殊性土，应结合颗粒级配或塑性指数定名；
- 6) 对特殊成因和年代的土类应结合其成因和年代特征定名。

（五）特殊性土

具有一定分布区域或工程意义上具有特殊成分、状态和结构特征的土称特殊性土。根据工程特性分为湿陷性土、红粘土、软土（包括淤泥和淤泥质土）、冻土、膨胀土、盐渍土、混合土、人工填土和污染土。特殊性土的定名和分类应采用综合定名方法。

按表 3.4.10 特殊性土的定名与分类，混合土按表 3.4.11 混合土的定名与分类的规定执行。

表 3.4.10 特殊性土的定名与分类

序号	土类名称	形成条件与特点	定名原则与分类标准		
1	淤泥	软土是在静水或缓慢流水环境中,经过生物化学作用形成有机类土,一般含或富含有机 物和有机质;颜色一般呈深灰 色或黑色,有腥臭味,植物残 渣等	天然含水量 $W > I_L$ 液限 天然孔隙比 $e > 1.0$		天然孔隙比 $e > 1.5$ 的细粒土
	淤泥质土				当 $1.0 < e < 1.5$ 时的细粒土
	有机质土		当有机质含量 $5\% \leq W_u \leq 10\%$ 时, 应定名为有机质土; 如现场 能鉴别时, 可不做有机质含量测定		
	泥炭土		当有机质含量 $5\% \leq W_u \leq 10\%$ 时, 应定名为泥炭土; 需要时 可进一步细分;		
	泥炭		当有机质含量 $W_u > 60\%$ 时, 应定名为泥炭		
2	残积土	母岩风化残留于原地未经搬运的	按 (***) + 残积 + (***) 格式定名; 前缀为母岩名称, 后缀按土 的一般分类和下栏确定; 母岩为花岗岩类时可省略前缀		
		>2mm 的颗粒含量	当颗粒含量 <5% 时, 土的名称前不再加前缀; 当颗粒含量为 5%-20% 时, 土的名称前应加前缀 (砂质); 当颗粒含量 >20% 时, 土的名称前应加前缀 (砾质)		
3	填土	由人类活动形成的堆积物, 根 据其物质组成和堆填方式可作进一步划分	杂填土	瓦砾填土	主要成分为城市瓦砾碎砖等; 主要成分为粘性土; 主要成分为淤泥等软弱土为
				粘土质填土	
			素填土		由碎石、砂土、粘性土等为主, 不含杂物或杂物含量很少
			冲填土		由水力冲填泥砂而成
			压实填土		按一定标准控制材料、密度、含水量, 分层压实或夯实而成
4	混合土		混合土的定名和分类可按 表 3.4.11 混合土定名与分类确定		
5	污染土	由于致污物质侵入土体, 改变了其原化学、物理、力学性质	在原土的分类定名前冠以 “污染” 二字。致污物质主要有酸、碱、煤焦油等		

表 3.4.11 混合土的定名与分类

序号	名称类属	适用土类	定名条件	举例
1	并列类名称	碎石类土或砂类土	单一粒径组别含量满足表 3.4.7 和 3.4.8 规定, 但其前 后某档粒径组合含量超过本档含量, 或含量大于 15% (砾砂)、25% (除砾砂以外的砂类土)、40% (碎石类土) 时, 应以含量最多的两粒径组别并列定名。含 量多者在后, 少者在前	角砾碎石、圆砾粗砂或中细砂、细中砂等
2	前缀类名称	碎石类土或砂类土	<0.075mm 含量为 10%-25% 时, 按表 3.4.7、表 3.4.8 确定的名称前加 (含泥)	(含泥) 卵石、(含泥) 角砾、(含泥) 中细砂等
			<0.075mm 含量大于 25% 时, 按表 3.4.8 确定的名称前加 (泥质)	(泥质) 角砾、(泥质) 粗中砂
		粉土或粘性土	按砾石或砂的粒径组别, 其含量在 10% 以下时不加前 缀, 含量 10%-25% 时, 前缀加 (含少量***); 含量大于 25% 时, 前缀为 (含***)	(含少量碎石) 粘土, (含砾) 粘土, (含少量粗砂) 粘土

第五节 地下水与水文地质勘察

地下水是贮存于包气带以下地层空隙（包括孔隙、裂隙和溶洞）之中的水。在自然条件下，地下水突出以泉的形式流出地表，并形成一定的水流；在人工条件下，通过井、钻孔、坑道等。

形式揭露。自然界中的水存在于大气圈、地面水圈、地下的土壤和岩石圈内，这三个圈内的水分都在不停地相互运动和转化，参与自然界中的水循环运动。

一、地下水的类型及其特征

（一）地下水类型

1、按埋藏条件分类

根据地下水的埋藏条件，地下水可分为上层滞水、潜水和承压水三大主要类型（地下水类型与埋藏条件，见图 3.5.1）上层滞水指存在于包气带中的重力水。潜水和承压水均指重力水。

（1）上层滞水，存在于饱气带内局部隔水层之上的小规模地下水水体，这种局部水体变化较大，一般分布不广，呈季节性变化，雨季出现，干旱季节消失，其动态变化与气候、水文因素的变化密切相关。水量小，不能大量开采。

（2）潜水：地下第一隔水层之上的具有自由水面的重力水。一般埋藏在地表堆积的松散土体中，主要有大气降水和地表水体向下渗透得到补充。在重力作用下，潜水由高处向低处流动。潜水分布很广，一般埋藏在第四纪松散沉积物的孔隙及坚硬基岩风化壳的裂隙和溶隙内。

（3）承压水：埋藏并充满两个稳定隔水层之间的含水层中的重力水。

承压水受静水压力作用；补给区与分布区不一致，一般为侧向补给；动态变化不显著，承压水不具有潜水那样的自由水面，所以它的运动方式不是在重力作用下的自由流动，而是在静水压力的作用下，以水交替的形式进行运动。受气候和水温的影响较小，比较稳定。

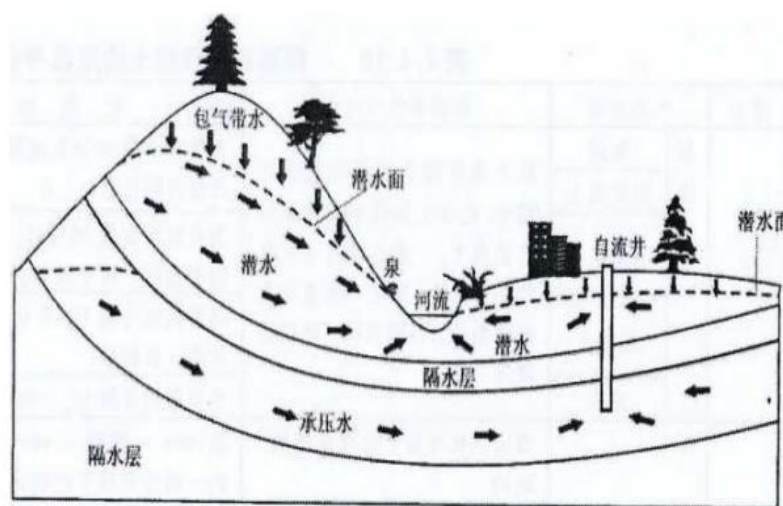


图3.5.1 各种地下水类型与埋藏条件

2、按含水空隙的类型分类

按含水空隙的类型，地下水又被分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。孔隙水是存在于岩土孔隙中的地下水，如松散的砂层、砾石层和砂岩层中的地下水。裂隙水是存在于岩石裂隙中的地下水。与孔隙水相比较，它

分布不均匀，往往无统一的水力联系。岩溶水又称喀斯特水，指存在于可溶岩石(如石灰岩、白云岩等)的洞隙中的地下水。

(1) 孔隙水：疏松岩土孔隙中的水。孔隙水是储存于第四系松散沉积物及第三系少数胶结不良的沉积物的孔隙中的地下水。沉积物形成时期的沉积环境对于沉积物的特征影响很大，使其空间几何形态、物质成分、粒度以及分选程度等均具有不同的特点。

(2) 裂隙水：赋存于坚硬、半坚硬基岩裂隙中的重力水。裂隙水的埋藏和分布具有不均一性和一定的方向性；含水层形态多种多样；明显受地质构造的因素控制；水动力条件比较复杂。

(3) 岩溶水：赋存于岩溶空隙中的水。水量丰富而分布不均一，在不均一之中又有相对均一的地段；含水系统中多重含水介质并存，既有具统一水位面的含水网络，又具有相对孤立的管道流；既有向排泄区的运动，又有导水通道与蓄水网络之间的互相补排运动；水质水量动态受岩溶发育程度的控制，在强烈发育区，动态变化大，对大气降水或地表水的补给响应快；岩溶水既是赋存于溶孔、溶隙、溶洞中的水，又是改造其赋存环境的动力，不断促进含水空间的演化。

(二) 泉的类型及其特征

泉是地下水的天然露头，地下水溢出地表形成泉。可分为上升泉和下降泉。

上升泉：由承压水补给，水流在压力作用下作上升运动。

下降泉：由潜水或上层滞水补给，水流做下降运动。

二、地下水与基础工程

随着工程建设的发展，特别是高层建筑的大量兴建，地下水对基础工程和环境的影响愈加突出。地下工程和基坑的开挖会遇到地下水，水的作用会给工程带来危害。比如产生地基沉降、边坡失稳、坑底隆起以及因为抗浮设计的不足从而引发建筑物沉降或上浮、甚至结构破坏等重大工程质量事故，还会引发管涌、流沙、突涌、潜蚀等一些岩土工程问题。对于高层建筑基础埋深、基坑开挖与支护工程来说，

地下水的测定是一个及其重要的问题。

在基坑支护工程中地下水控制设计和支护结构的侧向压力问题紧密相关。地下水对桩基也有一定影响，特别是对冲钻孔桩施工泥浆和孔壁稳定影响很大，对残积土还具有软化作用。

水对建筑材料具有腐蚀性，对混凝土、混凝土中的钢筋的腐蚀性判断需要通过取水样进行化验，分析地下水的腐蚀性；地下水位以上，应采取土试样进行腐蚀性分析。

为防止上述这些问题的发生，就必须要对这些由地下水引起的不良作用形式的产生条件及相应危害程度进行了解和分析，从而根据其特点进行相应的防治措施。因此，勘探施工时测定地下水位深度、水文地质参数的真实性就显得非常重要。现场勘探人员应严格按照项目勘察纲要的要求进行水文地质勘察，水文地质试验钻孔施工，成井工艺工序质量控制，水文地质测试和取水试样测试等工作。

地下水是工程勘察、设计和施工的一个极为重要的问题；是岩土工程分析评价的主要因素之一，搞清地下水文地质条件是勘察工作的重要任务。在大规模的工程建设中，特别是高层建筑工程建设经验表明，地下水的赋存和渗流形态对基础工程的影响日渐突出；地下水的勘察评价的真实性对工程的安全与造价产生极大影响，如多层地下水作用直接影响岩土的工程性状、基坑和基础设计；地下水参数偏小，影响基坑支护的可靠性，进而影响施工安全；地下水参数大了，则造成支护结构造价的偏大。因此，现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）第7.2.2条“地下水位的量测”规定为工程建设标准

强制性条文：在工程勘察中，勘探作业人员应根据工程设计和施工需要，提供设计施工所需的真实地下水资料并评价地下水的影响，有利于预测可能产生的后果和提出可行的工程措施建议。

三、水文地质勘察的任务

对高层建筑或重大工程，当水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有重大影响时，宜进行专门的水文地质勘察。专门的水文地质勘察的任务：

1、查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位及其变化幅度，当场地有多层对工程有影响的地下水时，应分层量测地下水位，并查明互相之间的补给关系；

2、查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时应设置观测孔，或在不同深度处埋设孔隙水压力计，量测压力水头水深度的变化；

3、通过现场试验，测定地层渗透系数等水文地质参数。

四、地下水参数测试方法

（一）地下水位的量测

1、地下水位的量测应符合下列规定：1）遇地下水时应量测水位；2）对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。即《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）工程建设标准强制性条文中的第7.2.2条的规定。

2、现场量测地下水水位的工作应满足下列要求，

1）遇地下水时应量测水位；

2）当场地中存在对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。含水层经止水隔离后，分别量测各含水层地下水位或承压水头高度。各层地下水具有各自的独立水位和最高水位；

3）地下水位的初见水位（指钻孔干钻开孔，土层变湿发现“浮水”时的地下水面的高程，即在钻孔干钻当时看到的水位）。判断方法一般是：当粘性土含水量饱和，及在钻头上有湿润显示时，记为初见水位；砂土中，砂颗粒湿手，记为初见水位）和稳定水位（指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位）可在钻孔或套管内直接量测。量测读数应至厘米，精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ （ $\pm 2\text{cm}$ 是指量测工具、观测等造成的总误差的限值）；地下水位量测工具见第十章第四节“五、抽水试验的测量器具”；

4）当泥浆钻进时，为了避免孔内泥浆的影响，需将测水管打入含水层20cm方能较准确地测得地下水位；

5）钻孔稳定水位量测钻孔稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到变化很小的且无系统上升或下降趋势的地下水位。钻孔稳定水位量测要求：

（1）稳定水位量测的间隔时间：按地层的渗透性确定，强透水层（砂土和碎石土）要求不得少于0.5h，弱透水层对粉土和黏性土不得少于8h；软土不得少于24h；对位于江、河、海岸边的工程，地表水和地下水应同时量测，并应注明量测时间。钻孔中稳定潜水位应在水位恢复稳定后量测；微承压或承压水位量测时，应采取止水措施将被测含水层与其他含水层隔离。

工程需要时，应在现场勘探结束后统一量测稳定水位。

（2）稳定水位量测方法：应每30分钟观测一次，连续观测达到四次或四次以上，直到后四次连续测量的水位，相邻两次变幅均不大于2cm，且无持续升、降的情况时，才可认定为稳定，并取最后两次观测结果的平均值作为稳定水位。

(二) 水文地质试验

1、抽水试验

抽水试验是求算含水层的水文地质参数最有效的方法。通过现场抽水试验可获得与工程建设有关含水层的真实、准确的水文地质参数；以及水质、水温等资料，为评价地下水对工程基础的作用和影响提供依据或作为水资源评价的依据。抽水试验有稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验两种方法。工程勘察一般用稳定流抽水试验即可满足要求。

非稳定流抽水试验，就是抽水时，动水位不需要达到稳定，或者稳定很短的时间，即可结束。

1) 抽水试验的任务实施抽水试验需要完成以下任务：

- ①确定钻孔涌水量，计算钻孔最大涌水量及单位涌水量；
- ②确定含水层的水文地质参数，如渗透系数、干扰系数、给水度、释水系数，影响半径等，并确定降落漏斗的形状及其扩展情况；
- ③了解地下水与地表水以及不同含水层之间的水力联系；
- ④采取水样，进行水质分析。评价水对混凝土及钢、铝等金属材料的腐蚀。

2) 常见的抽水试验方法和应用范围，见表 3. 5. 1 抽水试验方法和应用范围。（抽水试验设备见本教材第十章第四节“三、抽水试验设备”）

表 3. 5. 1 抽水试验方法和应用范围

试验类型	应用范围
钻孔或探井简易抽	粗略估算弱透水层的渗透性参数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的富水性、渗透性参数及钻孔涌水量与水位下降的关系，精确度较低
带观测孔抽水	除测定各含水层之间水力联系外，还可测定地下水与地表水的水力联系，测定地下水的实际流速和给水度，较准确测定含水层各种参数，用于重要工程、地下工程和基坑工程降水设计

此外，还有分层抽水和混合抽水试验。

分层抽水试验 当勘察区具有两个或两个以上含水层（如水质差异较大或不同性质含水层）时，为了取得不同深度含水层（组）的水文地质参数、水化学特征以及各含水层之间的水力联系，需要进行分层抽水试验。分层抽水试验要做好分层止水作业，检查分层止水质量合格以准确测定各层的水位；或利用不同深度含水层的钻孔，分别进行分层（组）抽水试验。

混合抽水试验 指在钻孔深度大，含水层数较多，各含水层间水力特征、水化学性质基本一致的地区，概略地确定某一含水段的水文地质参数进行的抽水。

采用哪一种抽水试验方法取决于工程的重要性以及设计、施工对水文地质参数精度要求。

2) 抽水试验应符合下列要求：

- (1) 可采用稳定流抽水试验，抽水试验方法可按表 3. 5. 1 抽水试验方法和应用范围选用；抽水试验及参数确定可按《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的有关规定执行。
- (2) 抽水试验宜三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高；
- (3) 水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔为 cm, 对观测孔为 mm；
- (4) 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间的关系曲线，在一定范围内波动，而没有持续上升和下降

降时，可认为已经稳定；

(5) 抽水试验结束后应量测恢复水位。

2、稳定流抽水试验

稳定流抽水试验，就是抽水时，动水位和相应的涌水量要求达到稳定并延续一段时间才可结束的抽水试验；一般要求作三个落程的稳定延续时间，从几小时到几十小时。

1) 抽水试验水位下降次数、下降顺序与要求

一般要求进行三次水位下降抽水，三次水位下降应均匀分配，其中最大水位下降值可接近孔内的设计动水位（通常潜水含水层的最大水位下降值不应大于含水层厚度的 1/3；承压水的最大水位下降值不宜降到含水层顶板以下），其余两次下降值分别为最大水位下降值的 2/3 和 1/3；当钻孔的涌水量大，水位下降有困难时，单孔抽水最小水位下降值不宜小于 0.5m；多孔抽水的抽水孔最小降深，应以最远或次远观测孔的降深不小于 0.1m 或任一相邻观测孔的降深差值不小于 0.2m 为准。各次下降的水泵吸水管口的安装深度应相同。

2) 抽水试验的涌水量和水位的稳定标准

①涌水量和动水位波动范围：在抽水试验水位稳定延续时间内，涌水量和动水位与时间关系曲线只在一定范围内波动，且没有持续上升或下降的趋势。抽水试验孔不宜大于平均水位降深的 1%。用水泵抽水的水位波动值不应大于 3cm，涌水量波动值不大于 3%；用空气压缩机抽水的水位波动值不应大于 15cm，涌水量波动值不大于 5%；当有观测孔时，以观测孔或最远观测孔为准，水位波动值不应大于 3cm；

②分析和判断动水位有无上升或下降的趋势时，应排除自然水位和其他干扰因素的影响。

3) 稳定流抽水试验稳定的延续时间

一般情况下，抽水稳定延续时间应达到如下要求：

①卵石、圆砾、砾石、粗砂含水层的稳定延续时间为 8h；

②中砂、细砂、粉砂含水层的稳定延续时间为 16h；

③基岩含水层（带）、裂隙和岩溶含水层的稳定延续时间为 16h

每次抽降的稳定延续时间应符合抽水试验设计要求。当水质和水量发生突然变化时，应延长稳定时间；透水性弱和比较弱的含水层抽水，应适当延长稳定延续时间。

4) 抽水试验过程的记录，详见第四章第四节四、“（二）水文地质稳定流抽水试验记录”。

5) 抽水试验结束前，勘察技术人员必须在现场绘制出水量（Q）与水位降深（S）的关系曲线，以鉴别试验的正确性，以便确定本次抽水试验是否完成。

6) 抽水试验结束后的工作

抽水试验结束后应测量抽水试验钻孔孔深并复测抽水试验孔和水位观测孔的孔口高程，测定过滤器掩埋部分长度。淤砂部位应在过滤器有效长度以下，否则应洗孔后重新进行抽水试验。

3、压水试验

压水试验及水文地质参数确定可按现行国家行业标准《压水试验规程》SL 31 的有关规定执行；当为简易

压水试验时，可低于规程中所规定的标准。

4、渗水试验和注水试验

渗水试验和注水试验以及水文地质参数确定可按现行国家行业标准《注水试验规程》YS 5214 的有关规定执行。

(三) 水文地质参数的测定

1、水文地质参数的测定方法应符合表 3.5.2 水文地质参数测定方法的规定。

表 3.5.2 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验，室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验（稳定流或非稳定流）
单位吸水率	注水试验、压水试验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验

注：除水位外，当对数据精度要求不高时，可采用经验数值

2、孔隙水压力的测定应符合下列规定：

- 1) 测定方法可按表 3. 5. 3 孔隙水压力测定方法和适用条件确定；
- 2) 测试点应根据地质条件和分析需要布置；
- 3) 测压计的安装在埋设应符合有关安装技术规定；
- 4) 测试数据应及时分析整理，出现异常时应分析原因，并采取相应措施。

表 3. 5. 3 孔隙水压力测定方法和适用条件

仪器类型		适用条件	测定方法
测压计式	立管式测压计	渗透系数大于 10^{-4}cm/s 的均匀孔隙含水层	将带有过滤器的测压管打入土层，直接在管内量测
	水压式测压计	渗透系数低的土层，量测由潮汐涨落、挖方引起的压力变化	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传导至水银压力计测定
	电测式测压计（电阻应变式、钢弦应变式）	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片，引起挠度变化，诱发电阻片（或钢弦）变化，用接收仪测定
	气动测压计	各种土层	利用两根排气管使压力为常数，传来的孔压在透水元件中的水压阀产生压差测定
孔压静力触探仪		各种土层	在探头上装有多孔透水过滤器、压力传感器，在贯入过程中测定

第四章 岩土现场鉴别与编录

第一节 现场编录的概念

一、现场编录

现场编录（亦称现场记录）是指由专业训练后取得上岗证书的人员或专业工程技术人员，按照勘察规范的要求，在现场正确、及时地对钻探、取样及测试等勘探作业过程进行记录、岩土鉴别和描述的现场工作，为内业资料分析整理，提供客观、真实、完整的第一手资料的活动。

钻探编录是以钻孔为单位进行的，每一个钻孔都要有完整的编录；勘探成果是通过现场编录的资料反映出来，并转化为工程勘察成果的基础文件。由于工程勘察在绝大多数情况下要求仔细研究覆盖层，而覆盖层的样品取出地面后，湿度、状态随时间迅速变化，需要现场编录在钻进过程中及时完成；忽视钻进过程，包括钻进难易程度、孔内情况、进尺速度及其他钻进参数的记载等，会遗漏许多能够反映地下情况的宝贵信息。因此，要求按钻探内容适时逐段填写，记录钻探过程中发生的情况，客观地鉴别和描述地层，真实、全面和及时地记录，不得事后追忆进行编录。同时，随着工程建设的发展，基岩已作为岩土工程勘察重点研究对象，基岩岩芯也需要及时编录，尤其是极软岩，岩芯取出后暴露时间过长岩性将发生较大变化。总之，编录就是将勘探过程中所取得的一系列原始数据和观察到的现象编辑并记录，作为技术资料保存和使用。勘探成果的真实性取决于现场编录质量。由此可知，勘探成果是通过现场编录反映出来的，是工程勘察的一项重要基础工作，也是一项需要技术知识和实践紧密结合的技术工作。建设部令第115号《建设工程勘察质量管理办法》第十四条规定“工程勘察工作的原始记录应当在勘察过程中及时整理、核对，确保取样、记录的真实和准确，严禁离开现场追忆或者补记”。

二、编录员（亦称描述员或记录员）

编录员系指经由专业训练并取得“工程勘察编录员”上岗证书或专业工程技术人员并承担现场编录工作的人员。编录员在勘探过程中担负的主要职责，主要表现在以下几个方面：

- 1、配合钻机班长落实《勘察纲要》或《钻探任务书》中现场勘探、取样、测试、水文地质试验和水位量测等技术工作的实施和记录；
- 2、核查取样工具、量测仪表和原位测试器具的质量；
- 3 负责勘探过程中钻探、取样、原位测试、成井与止水工艺、水文地质试验和水位量测等各项原始资料的编录，并负责保管；还应详细记录、分析钻探过程和岩芯鉴别土样采取情况。
- 4、负责对采集的岩芯、鉴别土样、岩石样、原状土试样和水试样的封装、整理与保管；
- 5、鉴别、描述地层，确定和记录回次钻进数据、地层的分层深度和孔深校正数据；
- 6、确定和记录原位测试深度位置和试验成果；
- 7、确定和记录回次岩土样采取等级、封装、编号、深度，填写岩土样标签及送检。负责回次岩土芯的装箱、编号、整理及填写岩土芯标签；
- 8、确定和记录钻孔水文地质观测、水文地质测试、水样采取编号、深度，填写水试样标签；
- 9、现场描述完成后，负责及时整理现场记录资料，报送工程技术人员及工程技术负责人（或项目负责人）签字验收；参加单孔和项目的现场勘探质量验收。

三、现场编录基本要求

根据现行《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87 的相关规定，现场编录应符合下列规定：

- 1、现场记录应由经过专业训练的人员并取得“工程勘察编录员”上岗证书或专业工程技术人员承担。
- 2、岩土定名、描述术语及勘探编录均应符合国家《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。钻探现场鉴定描述可采用肉眼鉴别和手触方法，有条件或勘察工作有明确要求时，可采用微型贯入仪等定量化、标准化方法。
- 3、勘探编录应在勘探进行过程中同时完成，编录内容应包括岩土描述及钻进过程两个部分。
- 4、钻探现场记录表的各栏均应按钻进回次逐项填写，当同一回次中发生变层时，应分行填写，不得将若干回次或若干层合并一行记录。现场编录的内容应真实、及时和完整，严禁事后追记，不得誉录或转抄，误写之处可用横线划去在旁边更正，不得在原处涂抹修改。
- 5、岩土描述前应先行进行岩土鉴别。
- 6、现场编录应有精度要求，误差应控制在要求范围之内。
- 7、钻探成果可采用现场钻孔柱状图和钻孔现场记录表；岩土芯样可根据工程要求保存一定期限或长期保存，亦可拍摄岩土芯样彩照纳入勘察成果资料。
- 8、现场编录资料应有项目负责人或授权人验收签字。

四、现场编录记录表格式

勘探现场编录（含水文地质勘察成果记录表）内容应填写在专门的记录表内。勘察记录表是勘探成果。勘察记录应在勘察过程中同时完成。勘探单位可参照下列表式制定适合于本地区或本单位的记录表格式。

- 1、推荐的钻探记录表式为表 4.1.1“钻孔现场记录表”（《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 H），其特点是将钻探情况与地层描述记录在一张表格上，是较普遍的一种记录方式。
- 2、现场钻探成果的表示方式为表 4.1.2“现场钻孔柱状图”式（《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 J）是编录员为钻孔地层作一个简单的分层，是现场技术人员对原始资料的小结，是室内资料整理的依据。
- 3、表 4.1.3 为水文地质钻探记录表，该表式为一张表的正反两面格式，也是将钻探情况与地层描述记录在一张表格上记录方式，供借鉴。
- 4、表 4.1.4“水文地质钻孔综合柱状图”是现场技术人员对原始资料的小结，也是现场水文地质钻探成果的表达方式，供参考。

第二节 土的现场鉴别

作为现场记录的一个重要部分，及时对岩土性质进行描述，描述的前提是现场鉴别，岩土在现场鉴别主要采用目测、手感并辅助一定的原位测试确定。岩、土定名按照国家现行《岩土工程勘察规范》的岩土分类标准。

一、土的目力鉴别

土的目力鉴别是野外区别黏性土与粉土较好的方法。目力鉴别包括光泽反应、摇振反应、干强度和韧性。

- 1、光泽反应：用小刀切开稍湿的土，并用小刀抹过土面，观察有无光泽以及粗糙的程度。
- 2、摇振反应试验：用含水量接近饱和的土搓成小球，放在手掌上左右摇晃，并以另一手振击该手，

附录 B

工程勘察钻探现场编录表（样表）

勘察单位：

工程勘察钻探现场编录表

第 页 共 页

工程名称：	孔口高程(m)：	钻孔类型：	终孔深度(m)：
工程地点：	开孔日期：	X 坐标(m)：	初见水位观测时间：
钻孔编号：	终孔日期：	Y 坐标(m)：	稳定水位观测时间：

回次序号	进尺(m)		岩性描述							岩芯 采取 率(%)	取岩(土、水) 样		原位测试				
			岩土 名称	颜色	湿度	状态	密实 度	地质 成因	地质 时代		描述	编号	取样 深度 (m)	类型	起 (m)	止 (m)	杆长 (m)
	自	至															

检查人：

司钻员：

描述员：

表 4.1.2

现场钻孔柱状图

工程名称

终孔深度

m

钻机型号

钻进日期

年

月

日

至

年

月

日

X

m

初见

m

孔 号

孔口标高

m

孔位坐标

地下水位

Y

m

静止

m

层序	深度及 (标高)	层厚 (m)	图例	岩性描述	岩芯		土样	原位测试	
					采取率 %	R 及 Q		取样深度及 取土器型	类型 测试结果

制图：

校对：

项目负责人：

表 4.1.4

水文地质钻孔综合地质柱状图

工程名称		钻孔编号		钻机型号		钻进日期		年 月 日至 年 月 日		
终孔深度		m 孔口标高		m 孔位坐标		X m Y m		地下水位 静止水位: m 动水位: m		
钻探作业 类型		洗孔台班		抽水台班		水温		r		
层序	层底深度 及(标高) (m)	地层 层 厚 (m)	地层岩性 比例 尺 1 : 200		取样编号/ 深度(m)	地层岩性 描述		成孔结构		备注
										注明: 过滤器加工技术 参数: 填砾规格和厚度: 止水材料和方法: 孔口管外封闭材 料

注：成孔结构栏，①标注井壁管、过滤器和沉淀管口径及孔段；②标注孔口管外封闭深度和止水孔段(位置)

制图： 校对： 项目负责人： 年 月 日

如土球表面有水渗出并呈光泽，但用手指捏土球时水分与光泽很快消失，称摇振反应。反应迅速的表示粉粒含量较多，反之黏粒含量较多。

3、干强度试验：将风干的小土球，用手指捏碎的难易程度来划分。

4、韧性试验：将土调成含水量略高于塑限、柔软而不黏手的土膏，在手掌中搓成约 3mm 的土条，再搓成土团二次搓条，根据再次搓条的可能性，分为低韧性、中等韧性和高韧性。

各试验等级见表 4.2.1 现场鉴别干强度、摇振反应、干强度和韧性。

表 4.2.1 现场鉴别干强度、摇振反应和韧性

鉴别方法	等级	特征、反应及特点
干强度	无或低干强度	仅用手压就碎
	低干强度	用手指能压成粉末
	中等干强度	要用相当大的压力才能将土样压得粉碎
	高干强度	虽然用手指能压碎，但不能成粉末
	极高干强度	不能在大拇指和坚硬表面之间压碎
摇振反应	反映迅速	摇动时很快在表面渗出（表面发亮），挤压时很快消失（表面发暗）
	反映缓慢	如果需要用力敲打才能使水从表面渗出，且挤压时外表改变甚少
	无反映	看不出试样有什么变化
塑性搓条 ~ 韧性试验	柔和软	在接近塑限含水量时，只能用很轻的压力滚搓，土条极易碎裂，碎裂以后土条不能再重塑成土团
	中等	在接近塑限含水量时，需要用中等压力滚搓，几寸长的土条能支持其自身的重量，并在碎裂以后可以捏拢重塑成土团，但轻搓又碎裂
	很硬	在接近塑限含水量时，需要用相当大的压力滚搓，几寸长的土条能支持其自身的重量，在碎裂之后土条可以重塑成土团

二、黏性土、粉土的现场鉴别

1、黏性土、粉土的现场鉴别应符合表 4.2.2 黏性土、粉土的现场鉴别的规定。

表 4.2.2 黏性土、粉土的现场鉴别

鉴别方法和特征	黏土	粉质黏土	粉土
湿润时用刀	切面非常光滑，刀刃有黏腻的阻力	稍有光滑面，切面规则	无光滑面，切面比较粗糙
用手捻摸的感觉	捻摸湿土有滑腻感，当水分较大时极易黏手，感觉不到有颗粒的存在	仔细捻摸感觉到有少量细颗粒，稍有滑腻感，有黏滞感	感觉有细颗粒存在或感觉粗糙，有轻微黏滞感或无黏滞感
黏着程度	湿土极易黏着物体（包括金属与玻璃），干燥后不易剥去，用水反复洗才能去掉	能黏着物体，干燥后容易剥掉	一般不黏着物体，干后一碰就掉
湿土搓条情况	能搓成小于 0.5mm 的土条（长度不短于手掌）手持一端不致断裂	能搓成 0.5mm~2mm 的土条	能搓成 2mm~3mm 的土条
干土的性质	坚硬，类似陶器碎片，用锤击才能打碎，不易击成粉末	用锤易击碎，用手难捏碎	用手很易捏碎
摇振反应	无	无	迅速、中等
光泽反应	有光泽	稍有光泽	无光泽反应
干强度	高	中等	低

鉴别方法和特征	黏土	粉质黏土	粉土
韧性	高	中等	低

2、黏性土状态的现场鉴别和划分

1) 黏性土状态的现场鉴别应符合表 4.2.3 黏性土状态的现场鉴别的规定。

表 4.2.3 黏性土状态的现场鉴别

稠度状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
黏土	干而坚硬， 很难掰成块	1. 用力捏先裂成块后显 柔性，手捏感觉干，不 易变形 2. 手按无指印	1. 手捏似橡皮有柔 性 2. 手按有指印	1. 手捏很软，易变形，土 块掰时似橡皮 2. 用力不大就能按成坑	土柱不能 直立，自 行变形
粉质粘土	干硬，能掰 开或捏成 块，有棱角	1. 手捏感觉硬，不易变 形，土块用力可打散成 碎块 2. 手按无指印	1. 手按土易变形， 有柔性，掰时似橡 皮 2. 能按成浅凹坑	1. 手捏很软，易变形，土 块掰时似橡皮 2. 用力不大就能按成坑	土柱不能 直立，自 行变形

2) 黏性土的状态根据液性指数 I_L 按表 4.2.4 黏性土状态划分的规定划分。

表 4.2.4 黏性土状态划分

液性指数, I_L	$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1$	$I_L > 1$
状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑

3、粉土的密实度和湿度划分与现场鉴别

1) 粉土的密实度根据孔隙比 e 按表 4.2.5 粉土密实度划分的规定划分为密实、中密和稍密。

表 4.2.5 粉土密实度划分

孔隙比 e	密实度
$e < 0.75$	密实
$0.75 \leq e \leq 0.90$	中密
$e > 0.9$	稍密

注：当有经验时，也可用原位测试或其他方法划分粉土的密实度。

3) 粉土湿度的现场鉴别和划分按表 4.2.6 粉土湿度的现场鉴别和划分的规定确定。

表 4.2.6 粉土湿度的现场鉴别和划分

湿度	稍湿	湿	很湿
鉴别特征	土扰动后不易握成 团，一摇即散	土扰动后能握成团，摇动时土表面稍出 水，手中有湿印，用手捏水即吸回	用手摇动时有水析出，土 体塌流成扁圆形
含水量, ω %	$\omega < 20$	$20 \leq \omega \leq 30$	$\omega > 30$

三、特殊性土的现场鉴别

1、残积土的现场鉴别应符合表 4.2.7 残积土的现场鉴别的规定。

表 4.2.7 残积土的现场鉴别

主要鉴别项目	特 征
结 构	结构已全部破坏，矿物成份除石英外，已风化成土状。镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性。
分布规律	分布于基岩起伏平缓地区，与下卧基岩风化带呈渐变关系。
残积砂土	未经分选，可具母岩矿物成分，表面粗糙，有棱角，常与碎石及黏性土混在一起，其厚度不均。
残积粉土和残积黏性土	产状复杂，厚度不均，深埋者常为硬塑或坚硬状态。裸露地表者，孔隙比较大。
残积碎石土	碎石成分与母岩相同，未经搬运，分选差，大小混杂、颗粒呈棱角形。

2、膨胀土的现场鉴别应符合表 4.2.8 膨胀岩土的现场鉴别的规定。

表 4.2.8 膨胀岩土的现场鉴别

主要鉴别项目	特征
分布规律	分布于盆地的边缘和较高级的阶地上。下接湖积或冲积平原，上邻丘陵山地；在堆积时代上多属更新世，在成因类型上冲积、坡积和残积均有。
矿物成分	含多量的蒙脱石、伊利石（水云母）、多水高岭土等（化学成分以 SiO_2 和 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 为主。）
颗粒与结构	粘土颗粒含量较高，塑性指数大，一般接近于粘土，土的结构强度高，但在水的作用下其表部易成泥泞的稀泥并在一定范围内膨胀。
干燥后的特征	干燥时土质坚硬，易裂，具有不甚明显的垂直节理，在现场可见高度 2m~5m 左右的陡壁，有崩塌现象。

四、砂土的现场鉴别

1、砂土的现场鉴别应符合表 4.2.9 砂土的现场鉴别的规定。

表 4. 2.9 砂土的现场鉴别

鉴别特征	砾砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂
颗粒粗细	约有 1/4 以上 颗粒比荞麦或高粱粒 (2mm) 大	约有一半以上颗粒比小米粒 (0.5mm) 大	约有一半以上颗粒与砂糖或白菜籽 () 0.25mm) 近似	大部分颗粒与粗玉米粉 () 0.1mm) 近似	大部分颗粒与米粉近似
干燥时的状态	颗粒完全分散	颗粒完全分散, 个别胶结	颗粒基本分散, 部分胶结, 胶结部分一碰即散	颗粒大部分分散, 少量胶结, 胶结部分稍加碰撞即散	颗粒少部分分散, 大部分胶结, 稍加压即能分散
湿润时用手拍后的状态	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印及翻浆现象	表面有显著翻浆现象
黏着程度	无黏着感	无黏着感	无黏着感	偶有轻微黏着感	有轻微黏着感

2、砂土湿度的现场鉴别应符合表 4.2.10 砂土湿度的现场鉴别的规定。

表 4.2.10 砂土湿度的现场鉴别

湿度	稍湿	很湿	饱和
鉴别特征	呈松散状, 用手握时感到湿、凉, 放在纸上不会浸湿, 加水时吸收很快	可以勉强握成团, 放在手上有湿感、水印, 放在纸上浸湿很快, 加水时吸收很慢	钻头上有水, 放在手掌上水自然渗出

3、砂土的密实度根据圆锥动力触探锤击数实测值或静力触探探头阻力 q.按表 4.2.11 砂土密实度划分确定。

表 4.2.11 砂土密实度划分

标准贯入锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松散
$10 < N \leq 15$	稍密
$15 < N \leq 30$	中密
$N > 30$	密实

五、碎石土、卵石土密实度的现场鉴别

1、碎石土、卵石土密实度的现场鉴别应符合表 4.2.13 碎石土、卵石土密实度的现场鉴别的规定。

表 4.2.13 碎石土、卵石土密实度的现场鉴别

状 态	天然陡坎或坑壁情况	骨架和充填物	挖掘情况	钻探情况	说明
密 实	天然陡坎稳定，能陡立，坎下堆积物少；坑壁稳定，无掉块现象	骨架颗粒含量大于总重的 70%，呈交错排列，连续紧密接触，孔隙填满，坚硬密实，掏取大颗粒后填充物能成窝形，不易掉落	用镐挖掘困难，用撬棍方能松动，用手掏取大颗粒有困难	钻进极困难，冲击钻探时钻杆和吊锤跳动剧烈	1. 密实程度按表列各项综合确定 2. 本表不包括半胶结的碎石、卵石土 3. 本表未考虑风化和地下水影响
中 密	天然陡坎不能陡立或陡坎下有较多的堆积物，自然坡大于颗粒的安息角	骨架颗粒含量占总重的 60-70%，呈交错排列，大部分接触，疏密不均，孔隙填满，填充砂土时掏取大颗粒后填充物难成窝形	用镐可挖掘，用手可掏取大颗粒	钻进较困难，冲击钻探时钻杆和吊锤跳动不剧烈	
稍 密	不能形成陡坎，自然坡接近于颗粒的安息角；坑壁不能稳定，易发生坍塌	骨架颗粒含量小于总重的 60%，排列混乱，大部分不接触，而被填充物包裹填充砂土时，掏取大颗粒后砂随即坍塌	用镐易刨开，手锤轻击即可引起部分塌落	钻进较容易，冲击钻探时钻杆稍有跳动	

2、碎石土、卵石土的密实度在钻探过程中可根据动力触探、标准贯入试验进行定量判别，判别方法见下表 4.2.14 碎石土、卵石土密实度判别表。

表 4.2.14 碎石土、卵石土密实度判别表

注：① $N_{63.5}$ 、 N_{120} 是实测值；② $N_{63.5}$ 适用于平均粒径 $\leq 50\text{mm}$ ，且最大粒径小于 100mm 的碎石土。

密实度	重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	超重型动力触探锤击数 N_{120}
松散	$N_{63.5} \leq 5$	$N_{120} \leq 3$
稍密	$5 < N_{63.5} \leq 10$	$3 < N_{120} \leq 6$
中密	$10 < N_{63.5} \leq 20$	$6 < N_{120} \leq 11$
密实	$N_{63.5} > 20$	$11 < N_{120} \leq 14$
很密		$N_{120} > 14$

第三节岩石的现场鉴别

一、岩石风化程度的现场鉴别

岩石风化程度的现场鉴别应符合表 4.3.1 岩石风化程度的现场鉴别的规定。

二、岩石硬度的现场鉴别

岩石硬度的现场鉴别应符合表 4.3.2 岩石硬度的现场鉴别的规定。

表 4.3.1 岩石风化程度的现场鉴别

岩石类别	风化程度	野外观察的特征	开挖或钻探情况
硬质岩石	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙，岩体完整性好	开挖需爆破，一般金刚石岩芯钻方可钻进
	中风化	组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 的岩块，锤击声脆，且不易击碎	不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，长石、云母已风化或次生矿物，裂隙很发育，岩体被切割成 2~20cm 的岩块，可用手折断。	用镐可挖掘，干钻不易钻进
软质岩石	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙，岩体完整性好。	开挖用撬棍或爆破，一般金刚石、硬质合金均可钻进
	中风化	组织结构部分破坏，矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化或土状，风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 岩块，锤击易碎	开挖用镐或撬棍，硬质合金可钻进
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，含大量粘土矿物，风化裂隙很发育，岩体被切割成碎块，干时可用手折断或捏碎，浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解。	用镐可挖掘，干钻可钻进
全风化		组织结构已基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，风化或土混砂砾状或土夹碎粒状，岩芯手可掰断捏碎。	用镐锹可挖掘，干钻可钻进
残积土		组织结构已全部破坏，已风化或土状，具可塑性。	用镐锹可挖掘，干钻可钻进

表 4.3.2 岩石硬度的现场鉴别

硬度	鉴别特征
很软的	用手指易压碎，锤轻击有凹痕
软的	用手指不易压碎，用笔尖刻划可有划痕
中等的	用笔尖难于刻划，用小刀刻划有划痕，用钎击有凹痕
中硬的	用小刀难于刻划，用锤轻击有击痕或破碎
坚硬的	用锤重击出现击痕破碎
很坚硬	用锤反复重击方能破碎

第四节现场编录

现场编录应在勘探进行过程中同时完成，编录内容应包括岩土现场描述及勘探过程现场记录两大部分，即勘探成果。

一、各类土层描述

土的定名应在现场描述的基础上，结合室内试验的开土记录和土工试验结果综合确定。各类土的描述应符合下列规定：

1、碎石土宜描述下列内容：

- 1) 颗粒级配、颗粒含量、颗粒粒径、磨圆度、颗粒排列及层理特征；
- 2) 粗颗粒形状、母岩成分、风化程度和起骨架作用状况；

3) 充填物的性质、湿度、充填程度及密实度。

2、砂土宜描述下列内容：

- 1) 颜色、湿度、密实度；
- 2) 颗粒级配、颗粒形状和矿物组成及层理特征；
- 3) 黏性土含量。

3、粉土宜描述下列内容：

- 1) 颜色、湿度、密实度；
- 2) 包含物、颗粒级配及层理特征；
- 3) 干强度、韧性、摇振反应、光泽反应。

4、黏性土宜描述下列内容：

- 1) 颜色、湿度、状态；
- 2) 包含物、结构及层理特征；
- 3) 光泽反应、干强度、韧性等。

5、填土应描述下列内容：

- 1) 填土的类别，可分为素填土、杂填土、充填土、压密填土；
- 2) 颜色、状态或密实度；
- 3) 物质组成、结构特征、均匀性；
- 4) 堆积年代、密实度和厚度的均匀性等。

6、特殊性岩土

除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质，如对淤泥尚需描述臭味；对填土尚应描述物质成分、堆积年代、密实度和厚度的均匀性等。（特殊性土的定名原则与分类标准详见第三章第四节“（六）特殊性土”表 3.4.10 特殊性土的定名与分类）

7、具有互层、夹层、夹薄层特征的土

尚应描述各层的厚度和层理特征。

8、目力鉴别粉土和黏性土

需要时，可用目力鉴别描述土的光泽反应、摇振反应、干强度和韧性，按表 4.4.1 目力鉴别粉土和黏性土区分粉土和黏性土。

表 4.4.1 目力鉴别粉土和黏性土

鉴别项目	摇振反应	光泽反应	干强度	韧性
粉土	迅速、中等	无光泽反应	低	低
黏性土	无	有光泽、稍有光泽	高、中等	高、中等

二、岩石的描述

1、岩石的描述

岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应描述矿物结晶大小和结晶程度。

2、岩体的描述

岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并宜符合下列规定：

- 1) 结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性质等；
- 2) 结构体的描述宜包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等；
- 3) 岩层厚度分类应按表 4.4.2 岩层厚度分类执行。

表 4.4.2 岩层厚度分类

岩层厚度	单层厚度 h (m)	层厚分类	单层厚度 h (m)
巨厚层	$h > 1.0$	中厚层	$0.5 \geq h > 0.1$
厚层	$1.0 \geq h > 0.5$	薄层	$h \leq 0.1$

- 4) 地下洞室和边坡工程，尚应按表 4.4.3 岩体结构类型定性分类表划分岩体的结构类型。

表 4.4.3 岩体结构类型定性分类表

岩体结构类型	岩体结构特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	岩体稳定，均质，以层面和原生、构造节理为主多呈闭合型，间距大于 1.5m，一般 1~2 组无危险结构	局部滑动或坍塌，深埋洞室的岩爆
块状结构	岩体基本稳定，结构面互相牵制，有少量贯穿节理裂隙，结构面间距大于 0.7m~1.5m，一般 2~3 组有少量分离体	
层状结构	稳定性较差，变形和强度受层面控制，有层理、片理、节理，常有层间借动	可沿结构面滑塌，软岩可产生塑性变形
碎裂状结构	稳定性较差，整体强度很低并受软弱结构面控制，断层、节理、片理、层理发育，结构面间距 0.25m~0.5m，一般三组以上，有许多分离体	易发生规模较大的岩体失稳
散体状结构	稳定性遭极大破坏，稳定性极差，构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂、多充填黏性土，形成无序小块	易发生规模较大的岩体失稳，地下水加剧失稳

4、对岩体基本质量等级为 IV 级和 V 级的岩体（详见表 3.4.5 岩体基本质量等级分类）的鉴定和描述，除按照上述要求执行外，尚应符合下列要求：

- 1) 对软质岩和极软岩，应注意是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质；
- 2) 对极破碎岩体，应说明破碎的原因；
- 3) 应判定开挖后是否有进一步风化的特性。

三、钻探过程现场记录

(一) 钻探过程现场记录

钻探过程记录应在钻进过程中同时完成。钻探过程的记录应包括下列内容：

- 1、钻进工作开始前，应在记录表上填写工程名称、钻孔编号、钻孔实际位置、高程偏差、孔口高程、开孔日期、钻机型号。
- 2、初见水位记录。当干钻开孔发现地下水时，应停钻测量初见水位并记录。
- 3、钻进过程主要活动记录。记录钻探日期、水位、孔深情况；每一回次使用的钻进方法、钻具名称、规格及护壁方式等；钻进的难易程度、进尺速度、钻进参数的变化等情况。
- 4、孔内情况及处理。应注意缩径、孔底沉渣或废土厚度、残留岩芯长度、孔内水位及冲洗液位变化及其漏失情况；记录处理孔内事故组织、方案、工具、效果及处理时间等；
- 5、记录取样或原位测试段前回次钻探方法及清孔情况；记录取土试样及岩石样的深度位置、取岩土试样工具名称、规格、方法及岩土试样的名称、编号、封装和保管情况等；记录原位测试类型、试验深度及其试验结果；
- 6、水文地质层测试钻孔和水位观测孔应记录钻进方法、钻具名称、规格和护壁方法；钻进过程中的简易水文地质观测项目；应记录成井工艺、止水方法及止水质量检查、抽水试验方法、使用设备和工具及抽水试验成果等；记录取水试样的器具，水样的封装和保管等；测量稳定水位。
- 7、取出的岩芯应按钻进回次自上而下顺序摆放，红色油漆统一编号，按回次附上岩芯牌。所有岩土芯样和岩芯牌至少保存到钻孔质量验收结束。
- 8、现场（孔内、设备及与钻探有关的）异常情况。
- 9、钻孔、坑、槽、井等工程质量验收情况，记录钻孔、坑、槽、井等回填方法和回填情况。
- 10、机长、班长和编录员及时校对钻探过程的原始记录，发现错误立即修正，并分别签名。

(二) 钻孔深度记录有关计算

1、钻孔深度记录计算相关概念

- 1) 钻具总（全）长：指下入孔内所有钻具的总长度，包括主动钻杆、单根、立根、岩心管、接头和钻头。（详见图 4.4）
- 2) 立根：是根据钻塔高度能够一次提起的一根或几根钻杆组成的提下钻单位。
- 3) 机高：孔口平面至钻机最高固定平面的间距。
- 4) 孔上余尺：从孔口平面至主动钻杆顶端的间距。
- 5) 机上余尺：钻机最高固定平面至主动钻杆顶端的间距。
- 6) 孔深：回次进尺的累计数或钻具总长减去孔上余尺所得数。

2、钻孔深度计算

- 1) 已知钻具总长、机高、机上余尺计算孔深：

$$\text{孔深 (m)} = \text{钻具总长} - \text{机上余尺} - \text{机高} \quad (\text{公式 4.5-1})$$

- 2) 已知回次前的孔深、回次前机上余尺及回次后的机上余尺，计算孔深：

孔深 (m) = 回次前孔深 + 回次前机上余尺 - 回次后机上余尺 (公式 4.5-2)

3、机上余尺的计算

1) 已知钻具总长、孔深和机高，求机上余尺：

机上余尺 (m) = 钻具总长 (含主动钻杆) - 孔深 - 机高 (公式 4.5-3)

2) 起钻后再下钻时，根据前后两个回次使用的粗径钻具长度和加、减钻杆的长度，求下个回次钻进开始时的机上余尺：**机上余尺 (m)** = 前回次末机上余尺 + 加入的钻杆长度 + 该回次粗径钻具长度 - 减去的钻杆长度 - 前回次粗径钻具长度 (公式 4.5-4)

3) 孔上余尺计算：

孔上余尺 (m) = 钻具总长 (不含主动钻杆) - 孔深 (公式 4.5-5)

4、回次进尺的计算

1) 已知回次前孔深，钻具总长 (含主动钻杆) 和回次后机上余尺，求本回次进尺：

回次进尺 (m) = 钻具总长 - 回次前孔深 - 回次后机上余尺 - 机高 (公式 4.5-6)

2) 已知回次初机上余尺和回次后机上余尺，计算本回次进尺：

回次进尺 (m) = 回次初机上余尺 - 回次后机上余尺 (公式 4.5-7)

5、回次岩 (土) 心采取率

回次岩 (土) 心采取率 = 实测回次岩 (土) 心总长度 / 回次进尺 × 100% (公式 4.5-8)

6、岩石质量指标 (RQD) 计算

RQD = 回次取出长度在 10cm 以上的岩心中心线总长 / 回次进尺 × 100% (公式 4.5-9)

岩石工程性质按岩石质量指标 RQD 进行分类，详见表 3.4.6 岩石质量指标 (RQD) 分类。

7、孔深校正

工程勘察对钻进深度和岩土层分层深度的量测精度，陆域最大允许偏差为 ±0.05cm，水域最大允许偏差为 ±0.2m。在最大允许范围内不必修正，超出最大允许范围必须及时修正。

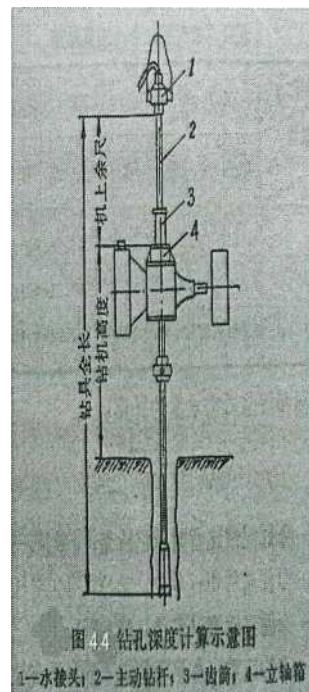
工程勘察何时需要校正孔深，以工程勘察项目的勘察纲要为准。

四、岩土试样现场检验、密封、标签记录、储存和运输

详见本教材第八章“第三节 岩土试样现场检验、密封、标签记录、储存和运输”

五、水文地质钻探过程的简易水文地质观测方法

水文地质钻探过程的简易水文地质观测项目，包括记录钻孔水位 (初见水位、孔内水位、含水层水位和终孔水位)、水温、冲洗液消耗量、漏水和涌水位置、自流水的水头高度和自流量、孔壁坍塌、涌砂、



气体逸出和返水颜色变化等异常情况；岩层变层深度、含水构造和溶洞起止深度等进行观测和记录。

1、初见水位：需要量测初见水位的钻孔，在地下水位以上应进行干钻（当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯钻具钻进），量测初见水位后，再改为冲洗液循环钻进。

2、钻进过程孔内水位 观测孔内水位变化应在钻进回次（或交接班时）的提钻后、下钻前各测一次，间隔时间不少于 5min 的水位变化情况。如停钻时间较长应继续观测孔内水位变化：停钻 24h 以内者，应每隔 4h 测一次；24h 以上者，每 8~12h 测一次。采用泥浆护壁的钻进（因泥浆妨碍地下水位的观测）时，按照项目勘察纲要要求，或同时测量泥浆密度（俗称“泥浆比重”或“泥浆相对密度”）和粘度的变化；或不进行地下水位观测；或在场地范围内另外布置专用的地下水位观测孔进行水位观测。

3、含水层水位：钻孔要揭露两个或两个以上含水层（即多层含水层），应分别量测各含水层水位。多层含水层的水位量测应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。第一含水层可以直接量测其孔内水位；其余含水层应分别隔离非测量含水层，分层止水后量测其孔内水位。

4、终孔水位（亦称稳定水位）终孔水位观测，应在封孔前进行观测，每 30min 观测一次，直到两次连续观测的水位差值不大于 2cm 时，方可停止观测，最后一次的观测值即为终孔水位。

5、自流水的水头高度和自流量宜采取接管或安装压力表的方法进行观测，同时应施测其涌水量或进行涌水试验。当孔内自流水头超过孔口而未超过钻塔高度时，采取在孔口接上套管测定水头高度，并在套管下部不同高度安装阀门进行放水试验，以求出不同水头高度的出水量（自流量）；当孔内水头高度超过钻塔高度时，只要在孔口接一节短管，并在其顶部安装压力表，短管的中部装有阀门，利用压力表的稳定读数即求得水头高度，测定不同压力值下的出水量，确定水头高度与出水量的关系。

6、水温如遇孔内水位和涌水量变化大时测量，涌水钻孔在孔口测量；若钻遇地下热水，终孔后应系统地量测孔口和孔底温度。

7、记录钻孔内异常现象。钻进中出现的钻孔涌水或冲洗液明显漏失位置及消耗量，孔壁坍塌及严重掉块、溶洞的起止深度、涌砂、气体逸出及水色变化等异常现象，应及时记录其孔深。

1）岩层变化深度、含水层构造和孔壁坍塌及严重掉块现象 孔壁坍塌及严重掉块表明地层松散、或遇到断层破碎带、可溶岩溶蚀严重地段等。要记录坍塌掉块发生的孔段；

2）溶洞的起止深度 在钻进过程，钻柱突然坠落，一般发生在未被充填或充填不紧密的构造断裂或溶洞之中。从坠落幅度大小可以反映出裂隙或溶洞垂直方向的分布厚度，因此要记录钻柱坠落起止孔深，即溶洞得起止深度；

3）其他异常情况记录 包括冲洗液漏失的位置及消耗量、气体逸出部位和返水颜色突然变化的部位等。

8、现场作业人员做好简易水文地质观测项目的主要措施

1）按照《水文地质钻孔及测试作业指导书》的要求，观测水位及应测项目，并及时记录。

2）水位观测的基准点应一致，读数要准确。

3）不得任意割接水文测绳。

4）减少孔深误差。降低孔深误差的措施：

（1）机台使用的铁尺应保持两端平齐，刻度准确、清楚，并定期校正；

(2) 丈量机上余尺时钻柱应停止回转,量测的基准点要一致,并应准确丈量,及时记录;

(3) 不得使用皮尺。应用钢卷尺丈量下入孔内钻具的长度,并准确记录数据。

六、水文地质稳定流抽水试验观测与记录

1、水文地质抽水试验钻孔和观测孔施工及成孔结构、试验设备及其安装等结束后,应按勘察项目规定格式及时记录相应的基本技术资料及安装等情况。

2、抽水试验过程的观测与记录工作

抽水试验过程的观测和记录项目,包括水位(静止水位、动水位和恢复水位)、涌水量、水温、气温等项目的观测;遇水位、流量、水的浑浊度及机械运转等出现突变时,应详细记录并及时查明原因。观测项目的量测数据应及时如实记录,不应任意涂改或追记。

1) 水位测量的要求:抽水试验孔和观测孔的水位应同时观测;应以一固定点为基点进行观测,中途不宜变动。在同一试验中应采取同一方法和仪器;抽水孔水位测量应精确到 1cm;观测孔水位测量应精度应到 1mm。抽水前应先观测静止水位;如地下水与地表水有水力联系,则对地表水水位也应同时进行观测。

(1) 静止水位(亦称自然水位,指抽水前井孔中的稳定地下水位)的观测

在抽水试验开始前,必须同步测量抽水孔、观测孔及附近可以利用的水井、泉和其他水点等自然水位。一般地区每小时观测一次,当观测三次数据相同时,即可认为是自然水位。

(2) 动水位(指抽水试验过程中,钻孔内某时刻的水位)及涌水量的观测

稳定流抽水试验动水位、涌水量必须同时进行观测和记录。观测要求在抽水开始后的第 5、10、15、20、30min 各观测一次动水位和涌水量,以后每隔 30min 或 60min 观测一次。

(3) 恢复水位(指从停止抽水到水位稳定前水位恢复期内任何时刻的水位)的观测

抽水试验每次下降结束或在中途因故停抽,均应立即观测抽水孔和观测孔的恢复水位,并应在停止抽水后的第 1、2、3、4、6、8、10、15、20、30min 进行观测,以后每隔 30min 观测一次,直至连续 3h 水位不变,或水位呈单向变化 4h 内每小时水位变化不大于 1cm,或水位升降与自然水位变化一致。

2) 水温、气温的观测

(1) 水温、气温应同步观测,观测时间间隔应为 2h~4h,温度计泡水时间不少于 10~15min,读数应准确到 0.1℃;

(2) 采用自动测温仪测量水温时,自动测温仪探头位置应放在最低水位以下 3m 处;

(3) 手工法测量水温时,操作宜在孔内进行;条件不许可时,也可在堰箱或量筒中测量。

3、试验结束前,技术人员应全面检查原始记录和有关曲线是否正确、齐全,发现的问题应在现场纠正。技术人员应绘制相关抽水试验曲线:

1) 绘制涌水量(Q)、水位(s)与时间(t)的过程曲线草图(即 Q-s-t 过程曲线图),以便能及时发现试验过程的异常现象,并及时进行处理,同时根据 Q-s-t 曲线的变化趋势,合理判定稳定延续时间起点并按要求确定稳定延续时间;

2) 绘制涌水量与水位下降值关系曲线图(Q-s 曲线图),能了解含水层的水力特性、钻孔的出水能力、推算钻孔的最大出水量与单位出水量,并检验抽水试验成果是否正确。如果出现“不正确的试验曲线”时,

应查明原因，有针对性的进行纠正或重新进行抽水试验。

第五节 现场勘探成果

一、工程勘察钻孔质量验收

工程勘察钻孔达到设计孔深后，项目负责人、机长、班长和编录员等共同进行钻孔质量验收。质量验收项目应按工程勘察项目的勘察纲要或勘探任务书的钻探质量标准要求逐项进行现场验收。钻孔验收合格，项目负责人、工程技术人员、机长、班长和编录员在钻孔验收单上签署质量鉴定意见存档。钻孔质量验收不合格者，应查明原因，现场纠正后回填钻孔，迁移钻探机组。

二、勘探成果的编制要求

1、探井、探槽和探洞应绘制展开图、剖面图，钻孔绘制现场钻孔柱状图。

上述展开图式详见《建筑工程地质勘探与取样技术规程》附录 F “探井、探槽、探洞剖面展开图式”；“现场钻孔柱状图”参见表 4.1.2 现场钻孔柱状图式。

2、岩土芯样保存是保障勘察报告及工程质量的重要措施。保存时间根据工程而定，一般保存到钻探质量检查验收为止，有特别要求时遵其规定；亦可拍摄岩芯、土芯彩照纳入勘察资料。

3、勘探现场记录及图表应有钻探机长、班长、编录员、检查人及项目负责人签名。

三、现场勘探成果

根据《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T 87）规定，勘探成果应包括下列内容：

- 1、勘探现场记录，包括岩土描述和勘探过程（含水文地质勘察成果记录图表）的记录；
- 2、岩土芯样及岩芯照片；
- 3、钻孔、探井（槽、洞）的柱状图或展开图等；
- 4、勘探点坐标、高程数据一览表。

第六节 现场作业记录质量控制及常见问题

《工程建设勘察企业质量管理规范》GB/T 50379 第 5.1.1 条规定，“工程勘察企业应按所从事的岩土工程勘察、岩土工程设计与治理、水文地质勘察、工程物探、工程测量等专业的基本过程，分别确定各专业的过程控制程序并形成文件”。本节只介绍《工程建设勘察企业质量管理规范》GB/T 50379 中的与钻探相关的现场工作程序及至少保持的质量记录，以及水文地质勘察过程控制程序和记录。

一、岩土工程勘察现场工作程序及至少保持的记录

- 1、工程地质测绘，包括编制工程地质测绘纲要，工程地质测绘现场记录；
- 2、勘探点定位和高程，包括测量定点和高程的要求以及现场测量记录；
- 3、勘探及取样要求，包括：
 - 1）符合规范、规程的规定；
 - 2）必须按照岩土工程勘察纲要的要求进行勘探及取样；
 - 3）现场的原位测试必须符合本规范第 6.2.4 条的规定（即，本节二、岩土工程勘察原位测试工作程序

及至少保持的质量记录”）；

4) 按规定对钻探孔量测地下水位；

5) 现场的原始记录应真实、准确并按规定格式填写，字迹清楚，不得涂改或重色覆盖。如需改错，应把错字画去，在旁边标注正确的字。原始记录必须有记录人和校对人对人签字，并经项目负责人签字验收；

6) 对现场勘察工程中的试样、半成品、成品必须按规定进行醒目标识、贮存和搬运。

4、至少保持下列记录：

1) 工程地质测绘、钻孔定位和高程测量记录；

2) 勘探记录；

3) 原位测试记录

4) 岩土工程勘察纲要更改审批记录；

5) 岩土工程勘察工序质量评价记录。

二、岩土工程勘察原位测试工作程序及至少保持的质量记录

1、按岩土工程勘察纲要实施测试；

2、对需进行载荷试验、现场剪切试验、岩体原位变形测试、抽水、注水、和压水试验等，应由试验负责人拟定试验纲要并由项目负责人审核；

3、按岩土工程勘察纲要的要求进行测试仪器设备的准备和检查；

4、按规程、规定的要求做好试验记录、校对和检查工作；

5、至少保持下列记录：

1) 工程项目需要编制的试验纲要；

2) 试验成果报告和试验原始记录。

三、水文地质勘察过程现场控制程序及至少保持的记录

1、现场工作应包括：水文地质测绘。勘探点定位及钻探工作水文地质勘察的相关试验及水质取样分析等；

2、现场至少保持下列记录：

1) 水文地质勘察方案设计书；

2) 外业施工技术要求交底记录；

3) 水文地质勘察方案更改审批记录；

4) 现场勘探原始记录；

5) 抽水、注水、压水试验记录；

6) 成品验收及交付记录。

四、工程勘察现场作业原始记录常见问题

1、记录不及时

主要表现在编录员或事后补记或一人同时记录多个钻孔，造成漏记或记录错误。

岩土工程勘察在绝大多数情况下要求仔细研究覆盖土层，而覆盖土层的样品取出地面之后湿度、状态会随时间迅速变化，或记录失真。岩层编录也存在同样问题，特别对于岩性不稳定的软质岩尤其是极软岩，岩芯取出后经暴露时间过长岩性将发生较大变化，如志留系泥岩暴露后逐渐崩解，见水膨胀软化。

因此，强调现场记录要在钻进进程同步完成，采用事后追忆属于违规行为，应予避免。

2、记录不规范

1) 未按记录表中要求的内容全面记录，或对记录未按要求涂改等。

2) 所描述的内容多侧重于岩土性质，而不大重视钻进过程，包括钻进难易、孔内情况、进尺速度及其它钻探参数的记载，特别是漏记钻进中的异常情况，如钻进速度突快、掉钻、循环水颜色突变等，因而遗漏许多能够反映地下情况的宝贵信息。

现场记录以目测、手触的经验鉴别方法为主，地层记录结果在很大程度上存在差异，除要求记录人员应接受训练外，还应提倡采用一些辅助性的标准化、定量化的鉴别工具和方法。

3、责任人签署不完整

主要表现在无机长、班长、或检查人、或项目负责人签字或签字不完整。

五、现场作业原始记录质量的法规责任

1、现场原始记录应遵守《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号）第十四条的规定。有关现场人员在记录上的签字，对原始记录、测试报告、土工试验成果等各项作业资料验收签字。

2、现场作业人员资质应遵守《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号）第十六条的规定。

3、现场原始记录应遵守《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号）第十七条的规定。

4、现场作业人员违反上述规定，要承担经济处罚的责任。详见《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号）第二十五条的规定。

5、《岩土工程勘察规范》GB50021-20019（2009年版）（工程建设标准强制性条文）7.2.2 地下水位的量测应符合下列规定：

1 遇地下水时应量测水位；

2 （此款取消）

3 对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开。

抽水试验记录表

表 4.4.3

孔号

第 页

时 间				累 计 (min)	孔口至 水 位深度 (m)	降深 S (m)	堰口	过 水	涌水里 Q (L/s)	水 温 (无)	气 温 (无)	备注
月	日	时	年				高度 (cm)	测里				
												1. 孔口高 出 地表,m 2. 三角堰 总高, cm

试验者:

记录者:

表 4. 4.6 稳定流单孔抽水试验参数计算成果表

降深次序		1	2		3	计 算
抽水开始时间						
抽水结束时间						
总延续时间						
稳定延续时间						
静止水位 m						
动水位 m						
降深	过滤器中 m					
	测压管中 m					
流量 L/s						
钻孔至水边垂直距离<0						
含水层厚度 m						
过滤器半径 m						
影响半径 m						
渗透系数 m/d						
平均渗透系数 m/d						

整理：

计算：

校核：

表 4. 4.7 稳定流多孔抽水试验参数计算成果表

降深次序	1					2					3				
孔号	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
静止水位高程 m															
动水位高程 m															
降 深 m															
流 量 L/s															
含水层厚度 m															
至主孔距离															
渗透系数 m/d															
平均渗透系数															

整理：

计算：

校核：

第五章 与钻探有关的岩土物理性质及 钻进力学特性

钻探的对象是岩、土。钻进过程就是在一定的技术条件下，通过钻具破碎岩土和采取岩土样的过程。做到优质、高效、低耗和安全的钻探，必须对与钻探有关的岩土物理性质和钻进力学特性有所了解，以便根据岩土物理性质和钻进力学特性，确定合理的钻进方法和钻孔结构，编制相关的钻探设计，选择合适的钻探设备、钻具组合、钻进工艺及取样工具；设计钻孔开孔口径、终孔口径；选择并配制相应的冲洗液护壁或辅以不同规格及长度的套管。

第一节 岩土的物理性质概述

一、密度及含水量

1、密度：是指单位体积岩、土的质量，常以容重来衡量，单位以 g/cm^3 表示。岩石的密度愈大，它的强度也愈大，钻速愈低。

2、含水量：土中水的质量与土粒质量之比，单位通常用百分数表示。百分数越大土越松软。

二、空隙、孔隙、裂隙、溶隙

1、岩土的空隙：系指岩土本身所包含的空隙的多少，大小及其它方面的性质。是岩土中孔隙（洞）和裂隙的总称；是地下水储存场所和运移的通道。松散层和碎屑岩中的空隙称为孔隙；结晶岩和变质岩中的空隙称为裂隙；可溶岩中的孔隙称为溶隙。

2、孔隙：岩、土孔隙性反映孔隙的多少和松密程度，以孔隙度和孔隙比这两个指标表示。

1) 孔隙度（又称孔隙率）指土或岩石中所有孔隙体积与土或岩石的总体积之比，以百分率表示。孔隙度愈大，则密度愈小，强度愈小。

2) 孔隙比系指土或岩石孔隙体积与土或岩石总体积之比，以小数表示。松散层孔隙度取决于粒度大小、颗粒形状、分选程度、排列方式和充填性质等因素。

3、裂隙：坚硬岩石中有各式各样的裂隙，按成因可分为以下三类：

1) 成岩裂隙，在成岩过程中产生的裂隙。

2) 构造裂隙，岩石形成后，在构造运动中受力作用而产生的裂隙。

3) 风化裂隙，地壳浅部的岩石长期经受风化作用而产生的裂隙。

岩石裂隙发育程度影响钻进效率、岩芯采取率和钻头寿命，导致冲洗液漏失和孔壁坍塌等情况。选择钻进方法、破碎岩石工具形式、钻进参数，应以岩石的可钻性和岩石节理、裂隙为依据。

4、岩溶：石灰岩、白云岩、石膏、岩盐等可溶性岩层，在水的长期作用下形成的溶孔、溶洞，暗河、天然井、落水洞等各种地质现象和形态的总称。岩溶亦称为溶隙。可溶岩层的空隙性用岩溶率表示。

三、含水性和透水性

1、含水性

由于岩土均有孔隙，因此，大气水降水渗入其中而使岩土含水，这种性质称为岩土的含水性，以容水度和给水度来表不 0

- 1) 容水度：岩土中所容纳水的体积与岩土体积之比，称为容水度。当岩土空隙被水饱和时，水的体积就等于空隙的体积，此时容水度在数值上相当于孔隙度。
- 2) 给水度：在重力作用下饱水岩土能够析出水的体积与该岩土体积之比，称为给水度。

2、透水性

岩土允许水透过的性能，称为透水性，以渗透系数(A)表示。一般认为，岩石的孔隙度愈大，透水性愈高，岩石的强度和稳定性愈低，钻进难度增大。

四、膨胀性

天然土受水浸湿后所产生的体积增大现象，称为膨胀性。

膨胀土的主要矿物成份均具有较强的与水结合的能力，因而具吸水膨胀性能。钻进具有膨胀性地层时常产生钻孔缩径、糊钻及憋泵现象。

五、颗粒度

岩土是由大小不同的矿物颗粒及其集合体所组成的，根据颗粒的大小和性质将颗粒划分若干组，称为颗粒粒组。岩土中各种粒径范围粒组的相对比例（通常用占岩土总质量的百分数表示），称为颗粒度。根据颗粒度可以大概判断松散层的含水程度、膨胀性、稳定性、强度、可钻性等。

第二节岩土的钻进力学特性概述

一、岩石硬度

岩石硬度是指岩石抵抗局部破坏的能力。衡量硬度的单位通常为 MPa。岩石硬度取决于组成岩石的矿物成份、颗粒大小、胶结物及胶结程度。颗粒愈小，则岩石硬度愈大。岩石硬度在一定程度上直接反映了破碎岩石的难以程度，如石英岩、花岗岩等硬岩石钻进困难，效率低；页岩、泥岩等较软岩石，钻进容易，效率较高。钻探则用压入硬度和摆球硬度来衡量和测定岩石的软硬程度。

二、岩石强度

岩石强度系指岩石在不同外力作用下抵抗破坏的能力，以“ σ ”表示。外力作用于岩石时，主要由组成岩石的矿物颗粒及矿物颗粒间的刚性连接来承受。岩石在外力作用下被破坏时的强度称为极限强度。根据外载荷作用性质不同又可分为抗压强度、抗剪强度、抗拉强度和抗弯强度。

用岩石硬度比用岩石强度更能反映孔底岩石破碎情况。

三、岩石的弹性、塑性、脆性

- 1、弹性 在一定的的外力作用下使岩石产生变形，当外力撤除后，岩石的变形随之消失，又恢复到原来

的形状和体积，这种性质称为弹性。

2、塑性 岩石在外力作用下只改变形状和大小的特性，但其完整性不被破坏，当外力消除后仍保持 宜改变的形状，称为岩石塑性。

3、脆性岩石在外力作用下，无明显变形而产生断裂和破碎，称为岩石的脆性。

岩石受力超过弹性极限时则产生塑性变形；脆性岩石受力达到弹性极限时则产生脆性变形而破坏。

四、岩石完整程度

岩石完整程度一般分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎五类。详见本教材表 3. 4.4 岩体完整 程度的定性、定量分类。岩石完整程度与冲洗液护壁、钻具类型、钻头类型和钻进工艺选择相关。

五、岩石的可钻性

岩石可钻性是岩石被碎岩工具钻碎的难易程度，即岩石的抗钻性能。与岩石的强度、硬度、弹塑性、 研磨性和结构特征相关。

现行岩心钻探岩石可钻性分级采用综合分级法，是以岩石物理力学性质和岩石局部抗机械破碎能力 作为统一定级的基础，主要以岩石压入硬度为主，分为 12 个可钻性级别；现行的可钻性分级，见表 5. 2. 1 岩心钻探岩石可钻性分级。为使用方便，常将岩石按可钻性归纳为 4 类 12 级，如，软岩石：相当于可 钻性 1~3 级；中硬岩石：相当于 4~6 级；硬岩石：相当于 7~9 级；坚硬岩石：相当于 10-12 级。

表 5. 2.1 岩心钻探岩石可钻性分级

岩石 可钻性 级别	岩石物理力学性质			钻进时效指标		代表性岩石举例
	压入硬度	摆变	R 硬度	统计效率，m/h		
	Kg/mm ²	弹跳次数	塑性指数	金刚石	硬质合金	
1~4	<100	<30	>0. 37		>3. 90	粉砂质泥岩、碳质页岩、粉砂岩、中粒砂岩、透闪岩、煌斑岩
5	90~190	28 ~35	0.33~0. 39	2. 90~3. 60	2. 50	硅化粉砂岩、碳质硅页岩、滑石透闪岩、橄榄大 理岩、白色大理岩、石英闪长为岩、黑色片岩、 透辉石大理岩、大理岩
6	175~275	34 ~42	0. 29~0. 35	2. 30~3. 10	2. 00	黑色角闪斜长片麻岩、白云斜长片麻岩、石英、 白云石大理岩、黑云母大理岩、白云岩、蚀变角 闪闪长岩、角闪变粒岩、角闪岩、黑云石英片岩、 角岩、透辉石榴石砂卡岩、黑云白云石大理岩
7	260~360	40 ~48	0. 27~0. 32	1. 90~2. 60	1. 40	白云斜长片麻岩、石英白云石大理岩、透辉石化 闪长玲岩、混合岩化浅粒岩、黑云角闪斜长岩、透辉石 岩、白云石大理岩、蚀变石英闪长玲岩、 黑云母石 英片岩
8	340~440	46 ~54	0. 23~0. 29	1.50~2. 10	0. 80	花岗岩、砂卡岩化闪长玲岩、石榴子砂卡岩、石 英闪长斑岩、石英角闪岩、黑云母斜长角闪岩、 混合伟晶岩、黑云母花岗岩、斜长闪长岩、斜长 角闪岩、混合片麻岩、凝灰岩、混合浅粒岩
9	420~520	52 ~60	0. 20~0. 26	1. 10 ~1.70		混合岩化浅粒岩、花岗岩、斜长角闪岩、混合闪 长岩、斜长闪长岩、钾长伟晶岩、橄榄岩、斜长 混合 岩、闪长玲岩、石英闪长玲岩、似斑状花岗 岩、斑 状花岗闪长岩

岩石 可钻性 级别	岩石物理力学性质			钻进时效指标		代表性岩石举例
	压入硬度	摆变	R 硬度	统计效率, m/h		
	Kg/mm ²	弹跳次数	塑性指数	金刚石	硬质合金	
10	500~610	59 ~68	0.17~0. 24	0. 80~1.20		硅化大理岩、砂卡岩、混合斜长片麻岩、钠长斑 岩、钾长伟晶岩、斜长角闪岩、鞍山质熔岩、长 英质混合岩化角闪岩、斜长岩、花岗岩、石英岩、 硅质凝灰砂砾岩、英安质角砾熔岩
11	600~720	67 ~75	0.15~0. 22	0. 50~0. 95		凝灰岩、熔凝灰岩、石英角岩、英安岩
12	>700	>70	<0. 20	<0. 60		石英角岩、玉髓、灯凝灰岩、纯石英岩

六、岩石的稳定性

岩石的稳定性系指岩石被钻穿后自由面露出而能保持不破碎状态的性质。按稳定性可将岩石分成四类，见表 5. 2. 2 岩石稳定性表。

水文地质钻探中遇到的含水层，一般为松散的砂卵石层或破碎基岩、岩溶地层，多属于极不稳定和可变稳定性的岩层。这类岩层孔壁不稳定，容易坍塌、掉块，必须采取有效的保护孔壁稳定的措施，才能正常钻进。钻孔孔壁状态及岩芯采取率与岩石稳定性相关。一般来说，节理和裂隙发育的岩石，松散程度大的岩石，其稳定性就差。因此，岩石稳定性是选择钻孔结构、护孔方法和取芯工具等钻进工艺的重要依据。

表 5.2.2岩石稳定性表

级别	稳定性程度	岩 石
I	极不稳定	颗粒间无联系力的松散岩石（砂、砾石、卵石）
II	可变稳定性	颗粒间联系力复杂，水饱和则消失，致密的，强度不高，溶于冲洗液或易冲蚀得岩石（泥质岩石，岩盐）钻进这类岩石会产生超径，缩径，卡钻和保持岩芯困难
III	弱稳定性	颗粒间有足够的联系力（坚固但破碎）联系强度不足的角砾岩化岩石（砾岩或角砾胶结的弱砂岩、片岩及煤）。钻进中发生漏失，部分裂隙岩石塌落，岩芯磨损和冲蚀（角砾化岩石中）
IV	稳定	颗粒间联系力强，硬度高及中等，均一的或弱裂隙的，不冲蚀岩石（花岗岩、砂岩等）

七、岩石研磨性

岩石研磨性是岩石对碎岩工具的磨损能力。岩石研磨性是确定破岩工具类型、结构与使用寿命的重要因素。岩石研磨性按标准钢杆研磨法分为三类八等；按标准金刚石杆研磨法分为三类四等，见表 5. 2. 3 岩石研磨性分类。岩石研磨性与金刚石钻头类型和钻进工艺相关。岩石的抗压强度和压入硬度对研磨性 存在影响；岩石的研磨性与岩石的摩擦系数有关。采用乳状液可大大降低摩擦系数和破岩工具的磨损。

表 5.2.3 岩石研磨性分类

	岩石研磨性测试方法				代表性岩石
研 磨 性 分 类	按钢	杆研磨法	按金 刚 石 杆 研 磨 法		
	研磨性等	研磨性指标	研磨性等	研磨性指标，	
弱研 磨性	1	<5	1	≤1.0	灰岩、大理岩、泥质粉砂岩、泥质岩、 粉 砂岩、辉绿岩、页岩、白云岩、角岩、脉 石英、矽化灰岩、细粒矽质砂岩、含铁石 英 岩、矽化菱镁岩、磁铁矿、碧玉铁质岩
	2	5~10			
中等 研磨性	3	10~18	2	1. 1~2.5	细粒火成岩、凝灰岩、致密石英岩、花 岗 岩、辉长岩、闪长岩、粗粒石英岩、矽卡 岩、千枚岩、玲岩、细粒石英长石砂岩、 片 理化矽卡岩
	4	18 ~30			
	5	30 ~45	3	2. 6~5. 0	

研 磨 性 分 类	岩石研磨性测试方法				代表性岩石
	按钢	杆研磨法	按金刚石杆研磨法		
	研磨性等	研磨性指标	研磨性等	研磨性指标，	
强研 磨性	6	45 ~60	4	>5.0	钠长斑岩、粗粒砂岩、蚀变花岗岩、风化 粗粒砂岩、二云母石英片岩
	7	60 ~90			
	8	>90			

第六章 钻探工艺

第一节 工程勘察适用的钻探方法

一、 工程勘察钻探方法的选择原则

工程勘察选择钻探方法应考虑的原则：

- 1) 地层特点和钻探方法的有效性；
- 2) 能保证以一定的精度鉴别地层及其分层，了解地下水的情况；
- 3) 满足取样和原位测试的需要，尽量避免或减轻对取样段的扰动影响。

《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 年版）表 9.2.1（见本教材表 2.3.1 钻探方法的适用 范围）就是按照这些原则编制的。

二、工程勘察钻探方法的选择

《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012,对钻探方法选择作了进一步规定。

1、 对于要求采取岩芯、采取 I、II 级原状土样的孔段、I、II 级土试样或进行原位测试的钻孔，应采用回转钻进；对于粘性土，可根据地区经验采用螺旋钻进或锤击钻进方法；对于碎石土，可采用植物胶浆液护壁的金刚石单动双管钻具钻进。

2、 对于需要鉴别土层天然湿度和划分地层的钻孔，当处于地下水位以上时，应采用干钻；当需要加 水或使用循环液时，可采用内管超前的双层岩芯管钻进或三重管取土器钻进；当处于地下水位以下， 且采用单层岩芯管钻进时，可采用无泵反循环钻进。

3、 地下水位以下饱和粉土、砂土，宜采用回转钻进方法；粉、细砂层可采用活套闭水接头单管钻进；中、粗、砾砂层可采用无泵反循环单层岩芯管回转钻进并连续取芯，取芯困难时，可用对分式取样器或 标准贯入器间断取样。

4、 岩层宜采用金刚石或硬质合金钻进。

5、 空气潜孔锤钻进适用于大口径钻孔的钻进。

6、 坚硬致密打滑岩层宜采用冲击回转钻进。

7、 钻进磨料的选择：硬质合金钻进适用于可钻性 1~6 级和部分 7 级的岩石；金刚石钻探适用于可 钻性 4 级以上岩石；金刚石复合片及聚晶金刚石钻进适用于较完整的弱至中等研磨性软至中硬岩层。

依据岩石钻进特性选择钻进方法，见表 6.1.1 依据岩石钻进特性选择钻进方法。

表 6.1.1 依据岩石钻进特性选择钻进方法

岩石特性	岩石硬度	软				中 硬			硬			坚 硬		
	岩石可钻性级别	1~3				4~6			7~9			10~12		
	岩石研磨性	弱	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
钻 进 方 法	硬质合金钻进	●	●	●	●									
	表镶金刚石钻进			●	●	●	●							
	孕镶金刚石钻进				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	冲击回转硬质合金钻进		●	●	●	●								
	冲击回转金刚石钻进					●	●	●	●	●	●	●	●	●
	聚晶、复合片钻进		●	●	●	●	●							
	空气潜孔锤钻进				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

注：孕镶金刚石钻探不适用于可钻性 5 级以内的岩层钻进

8、特殊地层钻进方法：软质岩石及风化破碎岩石，宜用双管取芯钻具钻进或绳索取芯钻进（为减少提钻次数，可用于孔深大于 100m 的工程勘察钻探）；易冲刷和松软的岩石可采用双管取芯钻进或无泵反循环钻进；硬、脆、碎岩层宜采用双管钻进、喷射式孔底反循环钻进或冲击回转钻进。

9、当需要测定岩石质量指标（RQD）时，应采用外径 75mm（N 型）的双层岩芯管和金刚石钻头。

10、勘探浅部土层时，可采用下列方法：

- 1）小口径螺旋麻花钻（或提土钻）钻进；
- 2）小口径勺形钻钻进；
- 3）洛阳铲钻进。

三、工程勘察取芯钻探钻具、管材规格

工程勘察的地质岩心钻探，包括采用提钻取芯和绳索取芯钻进工艺的金 刚石钻进、复合片钻进及硬质合金钻进的钻具参见《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950-2014 的有关规定执行。《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950 规定了钻具类别、规格和符号、管材性能和互换性尺寸等内容，包括：绳索取芯钻杆和普通钻杆及其连接件；取芯钻具；套管及其附件。

四、勘探浅部土层的钻探方法

现场踏勘调查、基坑检验或者验槽等工作，常采用小口径螺旋钻、小口径勺钻、洛阳铲（亦称“北京铲”）等人力手动简易钻探工具，进行地下水以上浅部土层勘探。人力手动简易钻具重量轻、便于携带，1~2 人即可操作，成本低，在浅部土层勘探中，具有其他钻进方法无法取代的优势；但现场作业人员劳动强度大。人力手动简易钻具主要有冲击和回转两种：

1、回转式的钻头是一种长度 0.5~0.6m 小螺纹钻，或长度 0.8m 的勺钻，或钻头体长 1.0~1.5m 的提土钻（亦称“螺纹钻”），均上接一 T 形的手把，钻探深度一般为 6m 左右，孔径约 7cm。均属于回转式钻进中的干钻方法，在钻进中须注意以下安全操作事项：

- 1）在粉性土层宜选用大螺距（一般 10cm）；对砂性土选用小螺距（一般 6cm）为宜；
- 2）钻进时应根据地层软硬情况选择转速，一般情况下以慢速（15~20r/min）、中速（30~40r/min）为宜，

压力通常靠钻具自重和螺旋叶片自动顺时针旋进，应保持钻孔垂直，发现歪斜立即纠正；对硬粘土可适当加压钻进加力应均匀；

3) 钻头和钻杆连接丝扣应涂油拧紧，不应使用丝扣过松或过紧的钻具；

4) 钻具向孔内放置时不得骤然投下；

5) 钻进时，钻具不得反转，视地层软硬情况掌握回次进尺，一般以 0.5~1.0m 为宜；

6) 提土钻的叶片和刮刀等不宜锤击，提升遇阻时不得反转钻具；

7) 提钻前先停止回转，再去掉拨棍，然后卸下钻杆夹持器；起钻应平稳，勿使钻头碰壁而使土样脱落掉入孔底或者造成钻杆弯曲；在钻头提出地面悬空时，必须锁紧提升装置，不得徒手接触钻头刃口。

2、洛阳铲钻进注意事项

半月形的洛阳铲（亦称北京铲）是一种冲击式钻头，上接腊木杆或钢管，用麻绳连接冲击或接 T 型把手冲击，钻探深度可达 10m,孔径约 7cm。

(1) 对不含碎石的粘性土，特别是黄土地层，在地下水位以上又不取原状土样时，可使用洛阳铲钻进；钻探深度可达 10m,孔径约 70mm。

(2) 根据钻探深度和地层的湿度，可分别采用半圆铲、套铲、半套铲、冲击铲钻进；

(3) 使用洛阳铲时，必须安装牢固，孔深时可在铲柄木杠上端系绳，钻进时绳尾端应系在距孔口一定距离的木桩上，以防绳子掉入孔内；

(4) 钻进时注意钻孔的垂直度和圆度，以一铲一铲旋转换位的方式钻进；

(5) 应控制洛阳铲的提升高度，一般以 1m~2m 为宜，不应提升过高，(特别是对较软土层)，以免起拔困难；

(6) 起拔洛阳铲时，应将绳子拉正后上提，以免发生钻具在孔壁碰撞，使土从铲头脱落；

(7) 当铲头插入土中不易提取时，应控制上提的力量，逐渐由小到大；

(8) 注意丈量进尺，每铲进 2m~3m,应复查孔深一次。

第二节常用钻探设备及工具

一、钻探机械常识

(一)钻探主要配套设备和工具

1、钻探设备及工具组成，主要包括以下几个部分：

(1) 钻机：根据钻孔深度的要求而选用不同规格的钻机。

(2) 泥浆泵：根据钻孔孔径及深度而选定。

(3) 动力机：动力机功率根据钻机及泥浆泵所需的功率大小选定；动力机类型则根据作业条件选用汽油机、电动机或柴油机。

(4) 钻塔(或钻架)：钻塔系指升降作业和钻进时悬挂钻具、管材的构架，并具有安全高度和操作空间。钻塔(形式代号)分为桅杆型(I)、人字型(A)、三脚架型(Y)和四脚塔型(H)。由钻孔深度和钻机类型确定钻塔规格配套使用。工程勘察钻探用钻塔主要为前三种塔型。钻塔名义高度(与钻探额定深度)：4.5m (30-75m), 6.5m (75-150m), 9m (150-300m)；三脚钻架多为钻探单位自制，一般用钢管或圆木作架腿。四脚钻塔多由型钢组装成的构架，由机械设备厂制造。

(5) 附属设备：潜水电泵、专用仪器仪表、照明设备，泥浆搅拌机和绳索取芯绞车等。

(6) 主要工具：有钻杆、岩芯管(套管)及接头，取土器及样盒，量测工具和检测仪器，升降工具、钻头及扩孔器、取芯工具、打捞工具等各类钻探工具，以及钻探常用五金工具等。取芯钻探钻具类别、规格和符号、管材性能和互换性尺寸等，包括：绳索取芯钻杆和普通钻杆及其连接件；取芯钻具；套管 及其附件参照《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950-2014。

2、选择钻探设备，应根据钻探目的、孔深、钻孔结构以及地形运输等条件，首先确定钻机类型，其它设备随钻机类型和钻进方法配套选用。

(二) 钻机的基本组成

1、回转机构：回转钻具带动钻头在孔底工作；

2、给进机构(液压系统)：调整钻头在孔底工作所需要的钻压和控制给进速度；

3、卷扬机构：完成钻具、套管和附属工作的升降；或利用升降机构控制给进速度和给进压力。

4、机架：将上述各部件组装成一至两个稳固的整体，达到结构紧凑、便于安装、拆卸的要求。XY—1 钻机系列由柴油机(或电动机)、水泵及钻机本体组成，共同组装在一个机架底座上。

二、工程勘察常用钻机主要类型

(一) 钻机的分类

由于岩土钻掘工程的目的与施工对象各异，因而钻机种类较多。

钻机按用途分类，如岩心钻机、石油钻机、水文地质调查与水井钻机、工程地质勘察钻机、坑道钻机及工程施工钻机等。工程勘察常用的钻机钻探额定深度多在 200m 以内。

钻机按钻进方法分类，通常分成四类：

1、冲击式钻机，又分为钢丝绳冲击式和钻杆冲击式两种钻机。

2、回转式钻机，又分为三种：立轴式：取样钻、螺旋差动给进式、液压给进式钻机；转盘式：钢丝绳加减压式、液压缸加减压式钻机；移动回转器式：全液压动力头式、机械动力头式钻机。

3、振动钻机。

4、复合式钻机：振动、冲击、回转、静压等功能以不同组合方式复合在一起的钻机。

目前，钻探施工中油压给进钻机应用最为广泛。

(二) SH30-2A 型钻机

SH30-2A 型是在 SH30 型钻机基础上进行了修改设计并试制成功的钻机，是工程地质钻探广泛使用的钻探设备之一。该机主要用于房屋建筑、国防以及公路、铁路、桥梁等建筑中的工程地质勘察工作，它具有冲击、回转两种钻进方式。钻机具有下列特点：重量轻，结构紧凑，解体性能好，搬运方便，部分分解重量轻，操作简便而且机械化程度高，在正常情况下只需钻探工三人，钻机的适应性较强，可用于耕土、粘性土、砂卵石、各种杂填土等第四纪覆盖层，可在不同深度取原状土样。钻机搬运方便，在山区可拆搬，因配置有一对胶轮，故在城市和其他道路平坦地区可用汽车拖带（只做施工孔位移动用）。



图 6.2. 1SH30-2A 型钻机

技术参数:

1、钻孔直径和钻孔深度：开孔直径 142 mm,终孔直径 110 mm；钻孔深度 30 m

2、钻杆直径：42 mm

3、转盘口径及转盘速（正、反）：150mm； 18, 44, 110r/min

4、钻架形式及垂直高度：4 腿，7.0m

5、卷扬机

（1）最大提升力（单绳低速）：15kN

（2）平均速度：0.24； 0.57； 1.48 m/s

6、动力机

（1）柴油机型号：S195, S1100；电动机选配型号：Y132S2-2

（2）额定功率：7.5 kW

（3）额定转速：3000 r/min

7、外型尺寸（长 x 宽 x 高）：2015 mm* 1026 mmx900 mm； 1780 mmx1010 mm><900 mm

8、轮距：1100 mm

9、钻机重量（不包括动力机）550 kg

（三）XY-1 型钻机

XY-1 型钻机是一种具有油压给进的轻便钻机。由柴油机、水泵及钻机本体共同组装在一个机架上（见 图 6.2.2）0 钻机额定钻孔深度 100m,最大开孔直径允许为 130mm（也可以 500mm 以内开孔），终孔 直径为 75mm, 钻进深度根据地层情况而定。可根据地层的不同选用合金及金刚石等钻头钻进，可钻可 钻性 2-9 级的岩土层等。广泛用于普查勘探、地球物理勘探、道路及建筑勘探以及打爆破孔等钻探工程。具有油压自动给进机构、钻进效率高；采用上球卡夹持机构代替卡盘，可实行不停机倒杆；手柄集中、 操作方便、安全可靠；结构紧凑，钻机、水泵及柴油机都安装在同一个底架上，占用场地面积小；重量 轻、分解性强，便于搬迁，适合于平原和山区工作。钻机底座及钻塔可以选用四轮拖挂式底座及人字形 钻塔。

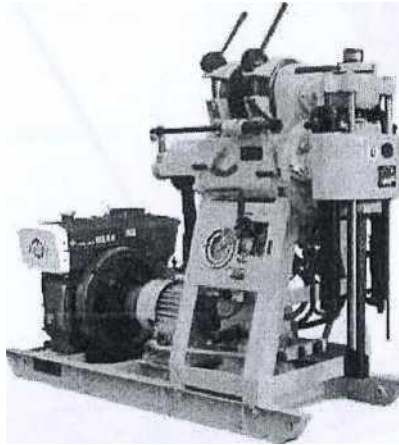


图 6.2.2 XY-1 型钻机

基本参数:

- 1、钻进深度：100 m；开孔直径：110 mm,终孔 L,直径：75 mm；钻杆直径：42 mm；钻孔倾角：90°~75°
- 2、回转器：立轴转速（三档）：142, 285, 570 r/min；立轴行程：450 mm；立轴最大给进压力：15kN；立轴最大起重力：25 kN；立轴空载向上最大移动速度：3 m/min
- 3、卷扬机：最大起重量（一速单绳）：10KN；卷筒转速：55、110、220r/min；卷筒直径：145 mm；卷筒圆周线速度：0.42, 0.84, 1.68 m/s；钢丝绳直径：9.3 mm；抱闸直径：230 mm；闸带宽度：50 mm
- 4、钻机外廓尺寸（长 x 宽 x 高）：1640mmx1030 mmx 1440 mm；钻机重量（不含动力机）：500 kg
- 5、水泵类型：卧式单缸双作用；最大排量（配柴油机）：95 L/min；（配电动机）：77 L/min；最大压力：1.2 MPa；工作压力：0.7 MPa；缸套直径：80mm；活塞行程：100mm
- 6、油泵类型：齿轮泵型号：YBC-12/80；额定压力：8Mpa；排量：8ml/r；额定转速：1500r/min
- 7、动力机
柴油机：S1100A2；额定功率：11 KW；标定转速：2200 r/min 或电动机：Y132M-4；额定功率：7.5 KW；额定转速：1440 r/min

三、主要钻探设备的使用与维护常识

1、勘察设备安全使用和维护主要要求（详见《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019）

- 1) 勘察作业人员应按设备使用说明书要求正确安装、拆卸、操作和使用设备，不得超载、超速或任意扩大使用范围。
- 2) 勘察设备的各种安全防护装置、报警装置和监测仪表应齐全有效。
- 3) 钻探设备搬迁、安装和拆卸应由专人统一指挥；按照顺序拆卸和迁移设备；不得将设备或部件从高处滚落或抛掷；当使用葫芦装卸设备时，三脚架架腿定位或接腿间拉结应稳固。
- 4) 机械设备外露运转部位应设置防护罩或防护栏杆；作业人员不得跨越运转的设备，不得跨越设备的运转部位，不得对设备正在运转的部位进行维护或检修。
- 5) 钻探机组迁移时，钻塔应落下，非车装钻探机组不得整体迁移。
- 6) 勘察设备和仪器撤离污染场地时，应进行防腐蚀和去除有害污染物的清理和保养。
- 7) 每日工作结束，必须将钻机和动力机等设备遮盖，防止雨淋、冰冻和风沙侵袭；

- 8) 日最低气温低于 5℃ 时, 钻探设备停钻后, 应将动力机内的冷却水、水泵体及水管内的积水排净;
- 9) 较长时间停用的钻探设备, 应按钻探设备使用说明书要求进行保养和维护。

2、XYT 型钻机的使用与维护（以京探®XYT 型钻机为例）

1) 钻机使用前的检查和准备

(1) 检查钻机安装是否正确平稳, 各连接处是否可靠, 操作手把是否灵活可靠, 各运动部件是否转动灵活。检查钻机离合器、卷扬机制动装置及分动机构是否可靠, 必要时进行调整。

(2) 每班检查柴油机、钻机减速箱、变速箱和液压油箱的油面是否达到标尺最低刻线以上。液压油路系统连接处是否漏油; 各润滑部位应加注润滑油或润滑脂（见表 6.2.1 钻机各部位润滑表）。

(3) 检查卷扬机钢丝绳质量和绳端固定（连接）的安全性; 检查卷扬机上抱闸手把操作是否灵活, 在制动和松开状态下松紧程度是否合适, 检查闸带、卷筒和支架表面的油污并消除, 以免打滑; 检查卷扬机制动装置是否可靠, 必要时进行调整。

(4) 将摩擦离合器手把置于“断开”位置, 然后再把变速手把放在一速位置联动手把放在接通“立轴”位置, 用人力转动立轴检查钻机各转动件转动是否灵活。

(5) 调整水泵出水和分水阀们到合适位置, 严禁同时关死以免憋泵而损坏零件, 注意吸水管的长度不超过 6 米, 高度不超过 3 米, 止回阀不要紧靠池底以免堵塞。

(6) 往水泵内及吸水管内注满清水。

(7) 将水泵离合器手把放于“断开”位置, 操纵换向阀手把放在“停止”位置, 调压阀手轮放置最低压力位置。

(8) （若动力机为电动机）检查电动机电源及接线是否正确。

上述（指起动前, 同时对钻机和柴油机的）检查工作进行完毕后, 启动柴油机待其运转正常后, 即可开动钻机及水泵进行相关作业。

表 6.2.1 钻机各部位润滑表

序 号	润滑部位	附图编号	加油位置		润滑油的品种
			件号	部位	
以下零件至少每班加油一次					
1	卷扬机轴承			油堵	ZG-2 钙基润滑油
2	卷扬机左支架轴承			油杯	ZG-2 钙基润滑油
3	卷筒左滚珠轴承			油杯	ZG-2 钙基润滑油
4	回转器横梁及球卡装置			夹持环	N46 机械油
以下零件至少每班加油两次					
5	立轴套、立轴之间			滑动面	N46 机械油
6	连杆两端轴套 2-42、2-45			油杯	N46 机械油
7	活塞杆与塞线压盖套			滑动面	N46 机械油
8	水泵导向杆轴套 8-35			油杯	N46 机械油
9	回转器导向杆 A04-02、A04-42			滑动面	N46 机械油
以下零件根据消耗情况加油并在检修时		快油			
10	离合器皮带轮内滚珠轴承				ZG-2 钙基润滑油
11	回转器内锥齿轮及轴承				ZG-2 钙基润滑油
12	行星齿轮系卷筒右轴承				ZG-2 钙基润滑油

13	张紧轮滚珠轴承				ZG-2 钙基润滑油
以下部件每班检查润滑油油面高度一次，根据需要加油；按照使用周期换油，					
变速箱换油时间：第一次 200 工作小时，以后每 600 工作小时一次； 减速箱换油时间：第一次 100 工作小时，第二次 200 工作小时，以后每 600 工作小时一次； 液压系统换油时间：用普通液压油一年半换一次；若用 N32 或 N46 机械油半年换一次					
14	变速箱齿轮			箱内	N32 机械油
15	减速箱、涡轮副			箱内	150#极压工业齿轮油

2) 钻机运转中的操作与维护

(1)钻机不得在无人照顾下运转。

(2)扳动变速箱手把变换转速，接合横、立轴箱和变换各分动手柄，或卷扬机联动手把时，必须先断开离合器，待齿轮停止运转后进行（免得将齿轮打坏），并应将手把置于定位孔内。

(3)关合回转器时，必须先脱开离合器待小伞齿轮停止旋转后进行，并应将合箱螺栓锁紧后，才能开动立轴。

(4)开动立轴前，必须先将钻具提离孔底，再合上离合器待运转正常后，开始钻进。

(5)提升钻具时，先将机上钻杆提至孔口，并卸开机上钻杆与钻杆连接的丝扣，确认机上钻杆脱离钻杆锁接头后，打开回转器，将机上钻杆底部置于孔口板，再提升孔内钻具。

(6)升降钻具过程，必须注意保护小伞齿轮避免钻具碰撞。

(7)钻机在运转过程中，如发现有剧烈振动、尖叫、撞击等异声，应立即停车检查原因。

(8)钻机在运转过程中，注意检查各部件轴承位、变速箱及减速箱的温度，不得过热，减速箱允许在 80℃ 以下（温差 60℃）；其他部件允许在 60℃ 以下（温差 40℃）工作。

(9)水泵不得在超过规定压力下工作。

(10)水泵工作过程中如发现不出水时，应立即停泵，检查原因。

3) 钻机卷扬机升降作业的安全操作

(1) 卷扬机的操作

① 卷扬机使用前，检查制动装置、摩擦离合器及分动机构是否可靠，必要时进行调整；

②提升时，松开左边的制动抱闸，扳动右边卷扬提升手把，卷扬机提升；

③制动时，松开右边提升抱闸，将左边制动手把往下扳抱闸紧抱住卷筒，卷扬机制动；

④下降时，将两手把同时松开，靠提引器或钻具本身重量的作用自行下落，通过适当地控制左边的制动手把，控制钻具下落速度。

(2) 卷扬机操作安全注意事项

①在升降作业时两手把要同时握住，以便及时配合操作，以防发生事故；

②卷扬机操作过程中，严禁同时闸住提升抱闸和制动抱闸，以免损伤卷扬机机件造成严重设备事故；不得在钻具悬吊或提引器悬空的情况下，双手松开制动手把，去处理其它工作，如调整抱闸等，以免抱闸自动松开造成事故；

③升降作业时，作业人员不得徒手导引、触摸或拉拽卷扬机上的钢丝绳；

④卷扬机操作人员与孔口或钻塔上作业人员应协调配合，按相互确认的信号进行操作；

⑤使用普通提引器起落钻具或钻杆时，提引器切口应朝下；

⑥ 当起落钻具时，作业人员不得徒手扶托钻杆底部或钻具刃口，不得在钻塔上进行与升降工序无关的作业；

⑦使用垫叉或摘挂提引器时，不得徒手扶托垫叉或提引器底部；

⑧当钻具或取土器处于悬吊状态时，不得徒手探摸、清理钻具和取土器内的岩土芯样；

⑨ 钻杆不得竖立靠在桅杆型（I）钻架、人字（A）型钻塔或三脚钻塔上；

⑩当跑钻时，不得抢插垫叉或强行抓抱钻具。

4）钻机卷扬机及钢丝绳的使用

（1）卷扬机的使用

①不得用于升降人员；

②当动力机发生故障或停机时，可以用卷扬扳手旋动卷扬机轴提升钻具，但在处理孔内事故时，不准用此法强力起拔（提升）；

③ 卷扬机或天车滑轮与钻塔或三脚架应配套；提升物件前，钢丝绳保留在卷筒上的圈数（亦称环绕余量）不应少于3圈；

（2）钢丝绳的使用

① 钢丝绳使用应符合现行国家标准《钢丝绳夹》GB/T 5976 和《起重机钢丝绳保养、维护、检验和报废》GB/T 5972-2016 的规定。

GB/T 5972-2016 列出钢丝绳报废基准信息有，可见断丝、钢丝绳直径减小、断股、腐蚀、畸形和损伤。

②钢丝绳端部连接有两种方法：采用钢丝绳夹连接和钢丝绳端部编结连接。

i、钢丝绳夹连接 采用《钢丝绳夹》GB/T 5976“附录 A 钢丝绳夹使用方法”：

A.1 钢丝绳夹的布置 应把钢丝绳夹的夹座扣在钢丝绳的工作段上，U 型螺栓扣在钢丝绳的尾端上。钢丝绳夹不得在钢丝绳上交替布置。钢丝绳夹的固定步骤，如图 6.2.3；

A.2 钢丝绳夹数量 每一连接处所需钢丝绳夹最少数量：钢丝绳公称直径（d）<18mm 的钢丝绳夹最少数量，3 组；钢丝绳公称直径（d）>18~26mm 的钢丝绳夹最少数量，4 组；钢丝绳公称直径（d）>26~36mm 的钢丝绳夹最少数量，5 组。

A.3 钢丝绳夹的距离

钢丝绳夹间的距离等于 6~7 倍的钢丝绳直径。

A.4 绳夹固定处的强度

按照上述规定绳夹数量布置绳夹和夹紧，钢丝绳绳夹固定处的强度至少为钢丝绳自身强度的 80%；绳夹在实际使用中，受载一、二次后应作检查在多数情况下螺母需要进一步拧紧。

◆ 钢丝绳夹固定步骤：

上夹头时要将所有螺栓拧紧，直到钢丝绳被压扁 1/3-1/4 直径时为止，并在钢丝绳受力后，再将夹头的所有螺栓拧紧一次，以保证接头牢固可靠。

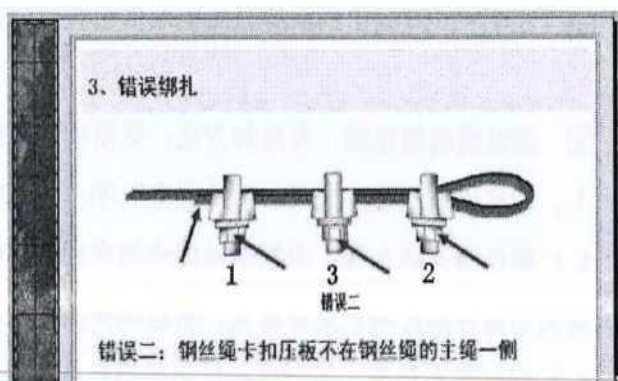
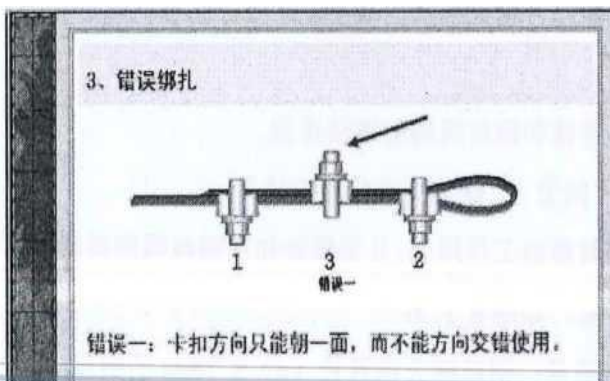
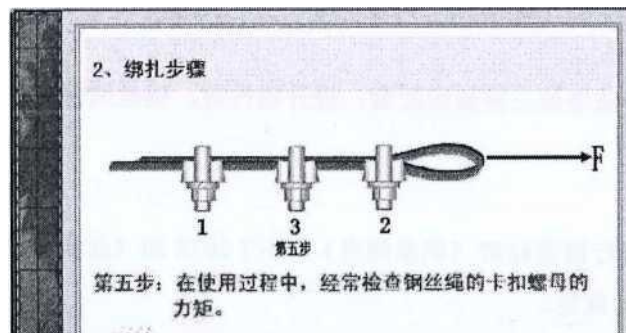
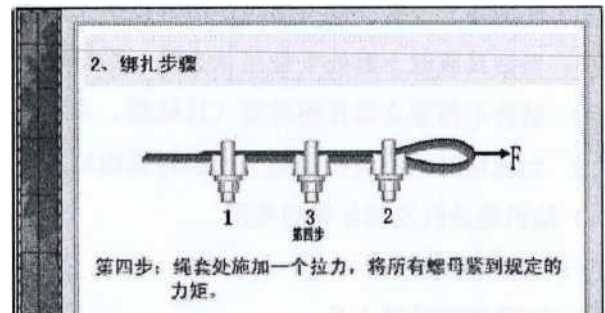
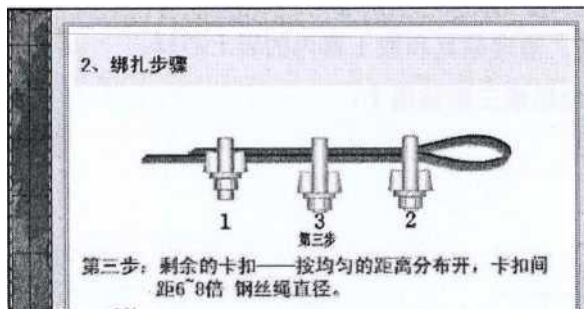
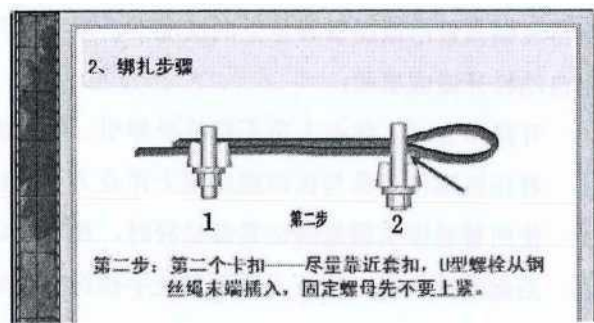
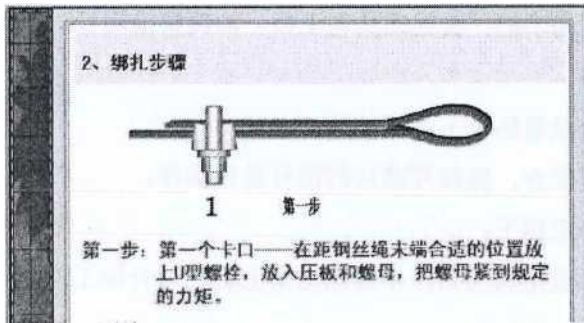


图 6.2.3 钢丝绳夹固定步骤

为了便于检查接头是否可靠和发现钢丝绳是否滑动,可在最后一个夹头后面大约 500mm 处再安装 一个夹头,并将绳头放出一个“安全弯”。这样,当接头的钢丝绳发生滑动时“安全弯”首先被拉直,这时就 应该立即采取措施处理。

ii、钢丝绳端部编结连接

钢丝绳用编结法连接时,其编结长度应大于钢丝绳直径的 15 倍,且不小于 300mm,连接强度不得小 于钢丝绳破断拉力的 75%。

5) 液压系统的操作与维护

钻机的液压系统主要由油箱、油泵、操纵阀、单向节流阀、孔底压力计和给进油缸等组成。油路系 统的操作方法:

(1) 各油压操纵手把不得同时使用(操作)。

(2) 称钻具重量

称钻具重量应在下放钻具之后,回次开始之前并且是在钻具悬浮送冲洗液开车的动态下进行。首先, 操纵换向操纵杆,使钻具提离孔底,然后送冲洗液开车时钻具缓缓下行,这时将换向操纵杆搬向“称重” 位置,孔底压力指示计指针顺时针转动一定的角度,随之将动盘上的“称重、减压”刻度值的“0”点转到与 表针对齐,此时,定盘原点红线所对应的动盘刻度值就是钻具重量。

(3) 减压钻进

称重后钻具重量大于所需钻压时应进行减压钻进。此时应使动盘仍处于原称重位置,并把换向操纵杆放 在“提升”位置,再调整调压阀,使孔底压力指示计表针指在动盘“减压称重”,刻度上所需的孔底压力 数即可。

(4) 加压钻进

称重后若钻具重量小于所需钻压即应进行加压钻进,此时应将孔底压力指示计动盘“加压”刻度上 与 钻具重量对应的数值对准盘上的原点红线并把换向操纵杆放在“下降”位置,然后调整调压阀,使孔 底压 力指示计表针指在动盘“加压”刻度上,所需的孔底压力数即可。

(5) 速度给进

当在土层或软硬不均,裂隙溶洞等地层工作或扩孔作业时,可采用速度控制钻进,此时应把换向操 纵 杆放在“下降”位置上同时用速度调节阀和压力调节阀来调节给进和平衡力的大小。用控制钻进速度 的方 法完成钻进工作。

6) 液压系统的保养

(1) 液压系统应定期换油

A、液压油种类:可使用 32#或 46#机械油,汽轮机油或普通液压油;

B、换油周期:若用机械油半年一次;若用汽轮机油一年一次;若用普通液压油一年半一次。

(2) 换油时应将旧油放干净,并清洗油箱,然后从加油口通过加油滤网加入新油。

(3) 过滤器的清洗(在系统中有两个过滤器)。

A、在油箱加油口的盖子上有一个空气滤清器,应定期进行清洗,若钻机工作环境灰砂较大时,应缩 短清洗

时间;

B. 在油箱的中, 油泵吸油处有一个吸油过滤器应每一季度清洗一次; 若发现油泵有不吸油或吸油 不足的现象时应及时清洗。

7) 钻探机组的停机

将钻机各油压操纵手把置于停止位置; 钻机和水泵的离合器把手应处于分离(离合器处于断开)的 位置; 再进入动力机(柴油机或电动机)停车工作。在水泵停止使用时间较长时, 应拧去水泵泵体上的 两个放水塞, 让水泵空转几下排去泵内积水后, 再拧回放水塞。

5) 钻机的拆卸与安装

A. 在搬迁过程中, 钻机往往需要根据交通条件的不同, 将机组分解成若干部件, 以便运输。部件拆 解顺序为油泵—回转器—卷扬机—变速箱—柴油机—减速箱—水泵—其它。如近距离搬迁 时, 只要分解为回转器、柴油机、变速箱及卷扬机、底盘及水泵等几大部件。

安装时顺序与分解时相反进行。

若为自行式(车载或履带式)钻探机组迁移时, 则不必分解, 只要将钻塔落下后迁移。

A. 装拆时注意事项

(1) 部件拆卸时, 首先应取下定位销在进行其他拆卸作业。而安装时, 则应在位置对准后先装上定位 销, 再装其他零件;

(2) 油路管道拆卸时, 必须保护好接头;

(3) 油路管接头应尽量减少拆卸次数, 以免漏油现象;

(4) 拆卸安装时, 禁止用力打击铸件, 当需要打击其它配件时, 应垫一木块或紫铜块;

(5) 安装前, 零件必须用煤油清洗擦干净, 并涂以足够的润滑油(或润滑脂);

(6) 磨损件和油封件等损坏或磨损的零件必须更换;

(7) 在拆卸或更换锥齿轮时, 必须准确地调整好伞齿轮的啮合情况;

(8) 安装柴油机时, 必须注意检查曲轴与蜗杆轴的同轴度。

3、柴油机操作与维护(以京探®XY-1 型钻机配备的常柴®S1100A2 型柴油机为例)

动力机是指可以产生动力的各种机械设备的总称, 也称为发动机。一般动力机指的是热力机(即汽 油机、柴油机、蒸汽机和煤气机等)、动力机、水力机和风力机四大类。热力机中又以内燃机为主, 内 燃机有多种分类。柴油机属于内燃机的一种, 常用四行程工作循环式的柴油机。钻探工程多采用汽油机、 柴油机和电动机。

1) 动力机常见名词解释

(1) 功率: 单位时间内所做的功, 称为功率。单位为瓦 [特], 单位符号: W;

(2) 上死点: 活塞距曲轴中心线最远的位置, 称为上死点;

(3) 下死点: 活塞距曲轴中心线最近的位置, 称为下死点;

(4) 行程距离: 上死点至下死点之间的距离, 叫做活塞行程距离;

(5) 四行程工作循环: 活塞在气缸内往返二次, 也就是曲轴旋转两周 (720°), 完成吸气、压缩、 工作、排气四个行程;

(6)压缩比：气缸中吸入气体的容积与燃烧室容积的比例叫做压缩比。机型不同压缩比也不同

2) 柴油机运转前的准备工作

(1) 机油

① 夏季用 CD 20W-40, 冬季用 CD 10W-30;

②加机油时，旋去加油盖(塞)，将清洁的机油注入油底壳内；然后用游标尺检查油位，使油面 处于上下两刻线之间。**注意：加油时不得超过上刻线，正常运转中，停机检查时，不得低于下刻线。**

(1) 柴油

①夏季用 0 号，冬季用-10 或-20 普通柴油；

②加油 检查油箱储油情况柴油不足应加油。加油——打开油箱盖，将预先经过充分沉淀和过滤 的清洁柴油注入油箱；使用的加油器具应确保清洁，切勿将尘土带入；

③打开油箱开关，使柴油经柴油滤清器流至喷油泵；

④新柴油机启动未听见喷油器喷油声时，用开口扳手将喷油泵上的放气螺钉或输油管螺栓旋松，使混杂在燃油管道中的空气放出，等到流出的柴油不带气泡时，再旋紧螺栓；将调速把手置于自由状态，用起动手柄摇车，直到听见喷油器喷油声为止。

(2) 冷却水

检查水箱红浮子头是否在高的位置。否则，加冷却水——冷却水要用清洁的软水注入水箱，直到水 箱红浮子头升到最高位置为止。水箱内冷却水应经常更换。

3) 柴油机的起动

特别提示：起动柴油机必须采用 CCFFZ01 型防反转起动手柄。

(1) 将调速把手置于自由(也指不带负荷或空载)状态；

(2) 将起动手柄插入起动轴孔，左手按下减压手柄后，右手握紧起动手柄并摇动起动手柄直到听到 喷油器喷油声；

(3) 快速摇动手柄，当飞轮已获得足够的能量时迅速放开减压手柄，并继续用力摇动起动手柄，柴 油机即能启动；

(4) 柴油机一经启动，起动手柄(凭借起动轴孔螺旋斜面之推力)会自动脱开滑出起动孔，这时， 仍须握紧起动手柄，并顺势抽回，以免发生事故；

(5) 观察柴油机机油指示阀标志(机油指示阀标志应升起)；

柴油机起动后，必须空车低速运转 3~5 分钟，检查有无漏油、漏水现象。待水箱温度较高时逐渐提 高转速，开动钻机及水泵进行钻探作业。**严禁起动后立即高速、高负荷运转。**

4) 柴油机的运转

特别提示：为防缠绕、防烫、防火，务必安全使用!注意粘贴在柴油机油箱加油口、水箱漏斗、飞 轮、齿轮室盖起动轴及消声器等处的安全标志！

(1) 柴油机工作中，经常观察机油指示阀标志是否正常升起，如果突然下降，应立即停机检查，加 足机油或排除故障；

(2) 柴油机工作时，冷却水应处于沸腾状态，当红色浮子头下降至水箱漏斗口平时，则需及时加水 补充，

否则会应为缺水而造成故障。

(3) 在运转时，应随时观察柴油机的排气烟色，如果柴油机各部分工作正常发现冒黑烟时，应及时减轻工作负荷或排除故障。**柴油机不允许在持续冒黑烟的情况下工作。**

(4) 柴油机运转中有异常声音应立即停机，并仔细检查排除；

(5)新机在最初使用的 50 小时内，须细心操作，不得投入最大负荷运行。40~50 小时后须检查和复紧汽缸盖螺母，连杆螺栓和飞轮螺母的拧紧力矩。

5) 柴油机的停车

(1) 正常停车停车前先逐渐卸去负荷，再逐渐降低转速，低速空车运转几分钟后，置调速把手于“停止”位置，即可停车；

(2) 紧急停车在特殊(如柴油机飞车等)情况下，需紧急停车时，可迅速松开高压油管任一管节螺母、用衣服或毛巾包住空气滤清器的进气口、打开减压机构，使其停车。

6) 柴油机停车后的注意事项

(1) 关闭油箱开关，必要时进行日常保养；

(2) (如果需要检查水箱或加水)必须停车后 30min 后才能拧开水箱盖；

(3) 较长时间的停车，应打开放水开关放尽冷却水，特别是**冬天停车后应立即放尽冷却水，以免冻裂机体等零部件；**

(4) 用手盘动飞轮到不动为止，打开减压机构继续盘动飞轮，使其“上止点”刻线对准水箱上的标记刻线，使进、排气门处于关闭状态，活塞处于压缩上止点的位置，以免灰尘进入气缸；

(5) 定期拆下放水开关，疏通水道，清除水垢；

(6) 应经常检查柴油机和底座的连接是否可靠，检查各处螺栓紧固程度，如有松动立即拧紧。

7) 柴油机的保养

(1) 由现场作业人员实施的保养项目，见表 6.2.2 现场作业人员实施的保养项目。

(2) 专业维修人员进行定期保养的项目

定期由维修人员保养的项目(周期)有，研磨气门(500 h),检查和调整气门间隙(100h),清理 气缸盖、气缸套、活塞连杆组的积碳(1000 h,柴油机工作正常，可不清理)，清洗曲轴油道(500 h), 清洗冷却水道(500 h),清理喷油器并重新(根据需要)调整喷油压力至规定值。

表 6.2.2 现场作业人员实施的保养项目

项目	保养内容	周期
1.冷却水	当水箱红色浮子头下降至水箱口平齐时，立即添加冷却水	按需要
2.润滑油	当油底壳内机油量位于油标尺下刻线时，立即添加。 新机在最初运转 50 h 后，应清洗曲轴箱、油底壳，并更换新机油。以后，每运转 100 h 清洗一次。	每天 最初 50 h 100 h
3.机油集滤器	在最初运转 50 h 后，应拆下清洗。以后，每运转 100 h 清洗一次。	最初 50 h 100 h
4.空气滤清器	在周围尘埃较多情况下工作，应每班清洗。周围环境较清洁时一般 100 h 清洗一次。	每班 100 h
5.柴油滤清器滤芯	用清洁柴油或煤油清洗纸质滤芯，清洗时，可由里向外吹气，滤网破损应予调换	100 h

项目	保养内容	周期
6、主要螺栓、螺母	新机运转 40 h~50 h,以规定力矩(N·m)复紧; 以后,每运转 300 h 复紧一次。	最初 40~50 h 300 h
7、加油滤网与油箱	取出滤网后用清洁柴油清洗干净。 将油箱内部用清洁柴油搅拌清洗。	50 h 500 h

(3) 柴油机的常见故障及排除

柴油机的常见故障有起动困难,功率不足,自行停车,排气冒黑烟和其他故障,这些故障的特征、原因及排除方法详见《柴油机使用说明书》。随着钻探工对相关技术知识的掌握和工作经验的积累,根据故障的特征及原因,常见故障分别由钻探工自行排除或提交专业维修工排除。

(4)柴油机的拆装 详见《柴油机使用说明书》。

(5)柴油机的封存 柴油机长时间停用,必须按照《柴油机使用说明书》要求进行封存,可以保持六个月,以防锈蚀损坏。

4、钻探用泵

1) 泥浆泵的使用与维护

- (1)检查吸水管连接及各部衬垫、活阀和阀座是否封闭严密;
- (2)检查吸水龙头活阀的完好情况,吸水龙头距离水箱(泥浆坑)底不宜小于 0.50m,吸水高度不应 大于 3m;
- (3)检查拉杆防泥挡和塞线压盖是否严密;
- (4)用力转动机器,检查各部件的作用是否灵活可靠;
- (5)在运转中注意各部有无异常声响,经常观察压力表是否正常,发现异常应停泵检查;
- (6)注意泵的排水是否均匀,泵量、泵压是否正常有无漏水现象;
- (7)经常检查齿轮箱内机油是否清洁适量,发现机油变质应及时更换,并检查原因和排除;
- (8)停泵后应将三通阀转至回水位置。

2) 离心泵的安装、使用与维护

(1)安装离心泵是利用离心力原理进行工作的。在开泵前都要把泵和进水管灌满水,把空气完全 排尽;安装时应使机座平稳,吸水管联接严密不漏气,底阀启闭灵活;水泵轴及电动机轴润滑部分应适 当加润滑油,丝扣连接部分要求用铅油、麻纱填充。如需调节水量,可在排水管上安装一阀门或者调整 水泵转速。如水泵能力大于涌水量时,可在排水管上安装回水管,使一部分水返回孔内;回水管的出水 口末端,置于动水位以下,宜大于 5m。

(2)使用与维护

- (1) 应检查泵的各部轴承润滑连接转动是否灵活,转动方向应正确;
- (2) 检查塞线、塞线压盖的松紧度,应保持有少量的水能滴出;
- (3)应关闭管路上的闸阀,向泵内灌满水或用真空泵引水;
- (4)开泵后,应逐渐打开出水阀门,使之达到正常排量;

(4) 应注意泵的运转情况，发现有杂音、轴承发热、泵的排量减少等异常情况应及时处理；

(5) 停泵应逐渐关闭出水阀。

3) 潜水电泵的安全使用

(1) 安装和起动前的检查

①检查泵的放气孔、放水孔和电缆接头处的封口是否松动，如有松动，必须拧紧；

② 使用前，应用 500V 摇表检测绝缘电阻，绝缘电阻值应符合产品说明书的规定。由于潜水泵是在水中工作，其电动机对绝缘程度要求较高，长时间使用需要定期测定其绝缘电阻值。如果绝缘电阻值低于 0.5MQ，说明电动机受潮，必须由专业电工维修后方可使用；

③ 除了应装设保护接零或剩余电流动作保护装置外，长时间使用时，还应定期测定其绝缘电阻值。

④放入水中前，应检查电路和开关，接通电源进行试运转，经检查并确认旋转方向正确后再放入水中，脱水运转时间不得超过 5min；

(2) 负荷线的选择与维护

①潜水泵的负荷线应使用无破损和接头的防水橡皮护套铜芯软电缆；

②潜水泵应用绳索(拴在水泵耳环上)或出水金属管逐根牢固连接，缓慢下放到预定深度后，将潜水泵装置用绳索吊住或用夹板夹牢搁置在孔口上；应使电缆和出水软管处于不受力的悬空状态；

(3) 提下泵注意事项提、下泵前应先切断电源，提泵过程严禁拉拽电缆或出水软管；

(4) 运转中注意事项

①潜水泵运行过程电缆和出水软管应处于不受力悬空状态；

②潜水泵运转中发现漏水、漏气、填料发热、底阀滤网堵塞、运转声音异常、电动机温升过高、电流突然增大、机械零件松动或其它故障时，应立即停机检修；

③应经常观测动水位变化适时调整泵的位置。电动机不得露出水面，也不得陷入泥中运转；

④应经常观察出水量、电压、电流值和运转声响。如发现水量减少、中断或异常现象时，应即停泵检修处理；

(5) 停用的维护停止作业时，应先关闭压力表，再关闭出水阀，然后切断电源；冬季停用时，应将各放水阀打开，放净水泵和水管中的积水。

5、空气压缩机使用和维护安全注意事项

1) 作业现场应搭设空气压缩机防护棚，储气罐不得暴晒或高温烘烤；

2) 移动式空气压缩机的拖车应采取接地措施；

3) 输气管路应连接牢固、密封、畅通，不得扭曲；

4) 按照空气压缩机的使用说明书要求进行起动前和运转过程的检查、操作与维护，如检查润滑油是否适量，空气滤清器是否清洁，气压表、负荷、调节器、安全阀、储气罐及放气阀是否齐全、有效；

5) 开启送气阀前，应告知作业地点有关人员，出气口处不得有人；

6) 储气罐体应按规定定期检定；运转时储气罐内压力不得超铭牌额定压力，安全阀应灵敏有效；进气阀、排气阀轴承及各部件应无异响或过热现象，应定时巡查；

- 7) 当出现运转异常情况时,应立即停机排除故障;
- 8) 停机时应关闭冷却水阀门,逐渐降低动力机的转速,然后(扳开离合器)停止动力机运转;放出冷却器和储气罐内的油水、存气后,作业人员方可离岗。

第三节 钻探准备工作

一、钻探机组进场开孔前的主要准备工作

钻探作业前主要程序,包括拟定钻孔钻进的技术条件,确认孔位和钻探设备安装等开钻前的全部施工内容,一般要完成下列钻探施工准备内容:

1、机长和班长参加钻探现场踏勘

机长、班长参加勘察项目负责人组织的现场踏勘,收集、了解拟建场地及周边毗邻区域与勘探安全有关的资料和作业条件外;了解和判断作业场地及毗邻区域内各类管线和设施(架空输电线,地下电缆,易燃、易爆、有毒、有腐蚀介质管道,自来水管,地下两室等)是否存在危及钻探作业安全的危险源;并判断现场钻探作业是否危及周边建筑物、构筑物及他人的安全。

2、根据勘察纲要了解勘探目的,熟悉或拟定钻孔结构设计、现场取样及测试要求

首先根据钻孔施工任务书和以往钻进经验,确定各种地层的钻进方法,然后根据钻孔的用途(鉴别孔、技术孔、水文地质孔等)、原位测试和取岩土试样要求,确定钻孔直径和采用的钻进方法。根据钻孔通过的地层情况确定下套管的深度或变径位置等。

3、钻探设备、工具、材料的选择与准备。

4、确认孔位。根据勘察纲要提出的安全技术措施,复核勘探点与架空输电线路和地下管线设施间最小安全距离,详见表 6.3.1 和表 6.3.2,落实勘探场地的各类管线和设施的防护措施。

此外,线路勘察区域有燃气管道穿越的钻孔孔定位:先人工挖掘探坑,探坑深度应超过地下燃气管道设计埋深 0.5m,若未发现燃气管道,则设置孔口管后,再安装钻探机组。否则重新定位勘探作业点。

表 6.3.1 勘察作业导电物体外侧边缘与架空
输电线路边线之间的最小安全距离

电压(kV)	<1	1-10	35 ~110	154~330	550
最小安全距离(m)	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0

注:当电压大于 550V 时,最小安全距离应按有关部门规定执行

表 6.3.2 勘察作业点与管线设施之间的最小水平安全距离

(引自 GB/T50585-2019 第 3.0.6 条文说明 表 1)

序号	管线设施类型及管线设施安全距离起算点		最小水平安全距离，m	
1	地下电力电缆线路 地面标桩	陆地地下	0.75	
		水下线路	二级及以上航道、江河	100
			三级及以下航道、中小河流	50
2	石油天然气	地下管道中心线	5	
3	广播电视设施地面 标志桩	架空线、馈线	3	
		陆地地下线路	5	
		天线、塔、桅（杆）周围		
		水下传输线路	50	
4	给水管道设施外侧	D ≥500mm	3	
		200mm ≤ D <500mm	2	
		200mm < D	1	
5	燃气管道外侧	低压(P<0.01MPa)	1.0	
		中压（P<0.04MPa）	2.0	
		次高压(0.04MPa<P≤0.8MPa)	6	
		高压(0.8MPa<P≤1.6MPa)		
		超高压（P>1.6MPa）		
6	电信电缆线路	架空线路	市区内	0.75
			市区外	2
		地下电信线路	3	
		水底电缆	50	
7	供热管道外缘	架空或地下管道外缘	1.5	

5、钻探场地平整、加固和钻探机组安装或迁移。

6、钻探机组安装质量安全验收

钻探机台设备及安全生产防护装置安装完毕后,钻机机长自行组织试车、校正及试运行。

勘察项目负责人组织钻探机组(指钻机、泥浆泵、动力机以及钻塔等配套组合的钻探设备)安装质量安全验收。检查机械运转情况是否正常;检查安全技术措施落实等情况。确认钻探机组安装质量和安全措施全部合格后,机长组织进入钻探孔的开钻施工。

二、钻探设备安装与迁移

1、钻探地基要求

地基指钻机、水泵动力机、钻塔承力处的基础。

1) 弃土与填土作钻探机场时,场地不得软硬不均;

2) 设备基台的地基应根据设备的安全使用要求修筑或加固,钻塔(含 A 型钻架、三脚钻架或四脚钻塔)和千斤顶基础应坚实牢固;地基应平整、稳固,主要受力部位(如塔腿受力范围内)承载能力应无显著差别,否则应对软弱区域加固。常见的地基加固处理形式有:在基台枕铺设部位,挖掘浅槽,垫入碎石、粘土夯实后置入基台枕;卧枕局部加固:在设备重要着力点(如塔腿、钻机等部位),设置卧枕承载基台;

3) 遇特殊作业场地,应按照《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 有关规定落实安全措施;

4) 地基填方面积不得超过塔基场地面积的 1/4,填方部分应采取加固措施防止坍塌和溜方;

5) 对可能发生的洪水、泥石流、崩塌、滑坡等自然灾害的河滩、沟谷地盘等近水域作业场地, 钻探地基纵向宜与水流方向一致, 并抓紧时间完成钻孔作业;

2、钻探基台的安装

基台是指安装钻探设备的地面基础设施。

1) 除车载和履带钻机外, 钻探设备应固定在连成一体的基台上。基台由基台枕和基台梁组成, 分作上下两层用螺栓固定, 钢质基座的主要着力点下宜加垫宽厚木板或枕木, 提高基台稳定性;

2) 勘察设备机架与基台应用螺栓牢固连接, 设备安装应稳固水平。木基台枕、梁长度应比钻塔底盘 长出 150mm~200mm; 连接木基台或型钢基台的枕、梁螺栓不得小于 614mm,并加防松垫片; 整体连接后 的基台在机架安装后, 水平仪校正水平。施工定向斜孔还应检查基台安装的周正;

3) 根据气候条件和钻孔作业周期, 选择场房类型; 钻探机场值班用房宜选用集装箱房;

4) 钻探场房内工作平台踏板可选用防滑钢板或厚度不小于 40mm 的木质台板, 塔上工作平台木质台板厚度不小于 50mm。

3、钻塔的安装与拆卸

1) 安装、拆卸钻塔必须由机长统一指挥。

2) 作业人员高处作业时, 应遵守高处作业安全规定; 塔上作业使用的工具应随手放入工具袋。

3) 钻塔安装前应严格检查钻塔构件、工具、绳索、挑杆的可靠性。

4) 钻塔安装应自下而上进行, 不得同时进行钻塔上下部构件的安装作业; 钻塔安装结束前应进行统一检查、调整。

5) 拆卸钻塔应自上而下进行, 不准先拆下部构件或者不得同时拆卸塔上和塔下的构件。

6) 夜间或遇五级以上强风、雷雨、大雪、浓雾天气, 不得进行钻塔安装、拆卸作业。冬期施工注意清除冰雪。

7) 三脚钻架起落安全注意事项

三脚架起落的方法有多种, 常用的是钻机卷扬机为动力的牵引法, 其起落过程安全注意事项:

(1) 三脚钻架前两腿与塔座铰链链接要牢固, 三个架腿顶端与天车连接安装并架在约 1m 左右高度的支架上; 后脚牵引绷绳应拴牢, 前两架脚销轴应灵活可靠;

(2) 竖立或放倒钻架前, 对(钻机)卷扬机安装固定可靠性, 离合器离合及其制动效果, 对钢丝绳及端部连接质量进行检查, 确认可靠后才能使用;

(3) 起落三脚钻架的范围内不得站人, 放置设备和材料;

(4) 竖立或放倒三脚钻架时, (钻机)卷扬机操作人员的操作精力要集中, 控制起落速度操作要平稳准确, 慢起、慢放, 其他人员都要站在三脚钻架起落的范围外;

(5) 放倒三脚钻架时, 严禁三脚钻架自由摔落;

4、钻探设备的迁移、安装和拆卸的安全规定

1) 应有专人统一指挥;

- 2) 汽车运输设备材料时应装稳绑牢, 不得人货混装;
- 3) 非汽车驾驶员不得移动、驾驶车装勘察设备;
- 4) 当采用人力装卸设备时, 起落跳板应有足够强度, 坡度不得超过 30°, 下端应有防滑装置;
- 5) 当使用葫芦装卸设备时, 三脚架架腿定位或架腿间拉结应稳固;
- 6) 不得将设备或部件从高处滚落或向低处抛掷;
- 7) 使用起重机械装卸、迁移设备和部件时应符合现行国家标准《起重机械安全规程 第 1 部分: 总则》GB6067.

1 的有关规定;

- 8) 勘察设备和仪器撤离污染场地时, 应进行防腐蚀和去除有害污染物的清理和保养工作;

9) 钻探机组钻孔间迁移时, 钻塔必须落下。严禁车装(含履带式组装)钻探设备未将钻塔落下迁移外; 严禁非车装钻探机组未将钻塔落下进行钻探机组整体迁移; 严禁利用钻塔边迁移钻探设备、边用人力移动塔腿进行的钻孔间的钻探机组迁移。

5、钻探设备的安装质量及安全的控制要点

除按照钻探设备说明书要求外, 还应,

- 1) 钻塔天车前缘切点、立轴中心与钻孔中心应在同一轴线上;
- 2) 设备机架与基台应用螺栓牢固连接, 安装应稳固、周正、水平;
- 3) 钻塔应与基台牢固连接; 连接件应安装齐全、牢固; 三脚钻架天车不得以导向轮替代天车轮; 天车应设置安全挡板; 钻塔上工作平台防护栏杆高度不应小于 0.9m;
- 4) 机械设备外露运转(如皮带传动)部位, 应设置防护罩或网;
- 5) 确认各类管线设施的保护措施, 并在作业过程予以保护;
- 6) 斜塔或高度大于 10m 的钻塔应安装钻塔安全绷绳, 钻塔绷绳应采用直径 12.5mm 以上的钢丝绳; 斜塔应安装提引器导向绳;
- 7) 勘察设备的各种安全防护装置、报警装置和检测仪表应齐全有效;
- 8) 水泵(含泥浆泵、离心泵和潜水泵)出水管路连接部位应连接牢固;
- 9) 安全防护装置安装可靠, 安全标志配置安装到位。

第四节 硬质合金钻进工艺

一、硬质合金钻进原理简介

从单个切削具来看, 轴向力足以保证切削具压入-压裂-破碎岩石, 使切削具沿圆周向前切削推进, 环状孔底如同螺旋一样向下延伸。

硬质合金钻进的碎岩效果随钻压与岩石性质的相对关系的变化, 有三种破碎方式: ①表面研磨破碎。钻压过小, 切削具不能压入岩石; ②疲劳破碎。钻压稍大, 但仍不足以压入岩石, 只能使岩石表面产生裂纹, 经反复作用才能产生效率仍然很低的疲劳破碎。③体积破碎。钻压能保证切削具压入岩石, 产生连续的体积破碎, 效率高, 而切削具相对磨损小, 是理想的破碎方式。

硬质合金钻进, 是将硬质合金镶焊在钻头体上, 有适当外出刃、内出刃、底出刃和水口, 利用切削具尖刃剪切破碎岩土, 而达到钻进成孔的目的。

硬质合金钻进适用于可钻性 1~6 级，部分研磨性弱的 7 级岩石。

二、硬质合金钻头选择

根据岩石类别选用 GB/T 18376.2 中推荐的 G5~G50 类硬质合金，根据钻头直径、地层特性等选择硬质合金的型号、规格、数量、镶焊角度和切削具出刃量。硬质合金钻头的硬质合金镶嵌角度（包括切削角和刃尖角）、排列和焊接质量，对钻速和钻头耐久性有很大影响。

1、硬质合金钻头的类别和选型

硬质合金钻头应根据地层特点和岩石钻进力学特性选型。现将适于工程勘察常用的部分单管钻头的名称、型式、适用岩层等，摘录于表 6.4.1 单管硬质合金钻头选择。

表 6.4.1 单管硬质合金钻头选择

类别	钻头名称、型式	岩石可钻性等级							适用岩石
		1	2	3	4	5	6	7	
单管取芯钻头	内外肋骨钻头	√		√	√				严重缩径地层，如粘土层、风化页岩等
	螺旋肋骨钻头		√		√				粘土层、风化砂岩及铝土页岩等
	锥形肋骨钻头（一）				√	√			泥质砂岩等
	锥形肋骨钻头（二）			√	√	√			软—稍硬的、软硬互层的岩层
	薄片肋骨钻头			√	√	√			风化变质页岩，泥岩、泥质板岩
	阶梯式肋骨钻头			√	√	√			页岩、砂页岩、胶结性差的砂岩
	螺旋阶梯肋骨钻头			√	√				泥质岩、泥质板岩等
	直角薄片合金钻头			√					均质页岩、砂质页岩等
	单双粒方柱合金钻头			√		√			较完整的风化变质页岩、板岩等
	三双粒钻头								砂岩、砾岩等
	飞机式肋骨钻头				√	√	√		砂岩、粗砂岩、细砂岩、砂页岩等不均质岩层
	双排硬质合金钻头				√	√	√		白云岩、片岩等完整岩层
	负前角三外刃阶梯钻头或外刃 补强钻头					√	√		强研磨性岩层如砂砾岩
	45°负斜镶钻头						√	√	较破碎的砂岩、砂砾岩、砾岩、长石石英砂岩
	中八角负斜镶钻头					√		√	较硬互层岩层、砂岩、长石石英岩、灰岩
	厚壁双刃中八角钻头					√	√	√	千枚岩、石英云母片岩、砂质石灰岩
	团结式（掏槽）钻头					√			破碎强研磨性的细粒石灰岩、含长石石英砂岩
	双飞机式（掏槽）钻头						√	√	钙质胶结石英砂岩、砾岩
	密集式中八角（掏槽）钻头						√	√	干板岩、斑岩、砂卡岩

注：本表摘录自《机械钻探硬质合金钻头图谱》（王云成主编地质出版社 1990 年出版）

2、硬质合金钻头的硬质合金镶嵌技术参数。

1) 硬质合金镶嵌数量见表 6.4.2 硬质合金镶焊数量。硬质合金钻头水口数量、水槽的形式，应既有利于排粉又不能影响岩芯采取率。硬质合金在钻头上的镶嵌质量影响钻头使用寿命。

表 6.4.2 硬质合金镶焊数量 单位：颗

钻孔口径（mm）		91	110	130	150
岩石可钻性级别	1~3	6~8	8-10	10 ~12	12 ~14
	4~6	8~10	9~12	10 ~14	14 ~16
卵砾石层		9~12	12 ~14	14 ~16	16 ~18

2) 硬质合金在钻头上镶焊有三种角度及应用：切削角为 90° 的直镶的钻头，此类钻头耐久性低，多用于切铁或处理孔内事故。一般镶嵌角为 105°~120° 的负斜镶钻头，常用于研磨性大的硬岩层中。镶嵌切削角为 75°~120° 的正斜镶钻头，适用于软岩层和研磨性小的中硬岩层，在工程勘察的硬质合金钻探中应用较多。常用合金钻头镶嵌角和刃尖角，详见表 6.4.3 硬质合金镶嵌角（切削角）及刃尖角。

表 6.4.3 硬质合金切削角（镶嵌角）及刃尖角

岩 性	硬质合金的切屑角	硬质合金刃尖角
1~3 级均质软岩石	70° ~75°	45° ~50°
4~6 级均质中硬岩石	75° ~80°	50° ~60°
7 级及部分 8 级均质硬岩石	80° ~85°	60° ~70°
非均质有裂隙的岩石	90° ~115°	80° ~90°

3) 硬质合金片的出刃，见表 6.4.4 硬质合金钻头切削具出刃规格。

表 6.4.4 硬质合金钻头切削具出刃规格 单位：mm

岩 石	内出刃	外出刃	底出刃
松软，塑性，弱研磨性岩石	1.5 ~2.5	2.0-3	2~4
中硬、强研磨性岩石	1.0-2.0	1~2	1.5 ~2.5

三、硬质合金钻进技术参数

应根据岩石性质、钻头结构、设备能力、孔壁稳定情况和保证质量要求等因素合理选择钻进技术参数。硬质合金钻进技术参数有钻头压力、钻头转速和冲洗液量（亦称“泵量”）。

（一）钻头转速

钻头转速应根据岩层性质和压力大小选择。钻进软岩层应以轻压、快转为宜；钻进较硬的、非均质的、多裂隙、研磨性强的岩层以低、中转速为宜；中硬、完整、致密岩层可选较大值。转速以回转线速度表示，一般为 0.5~1.2m/min，不同钻孔口径的硬质合金钻进的转速参见表 6.4.6。

（二）钻头压力（简称“钻压”）

钻进时施加在钻头上的压力大小，应考虑岩芯、转速高低、钻头进尺、寿命长短、钻进是否安全等因素确定。一般以施加在钻头上每块硬质合金的轴心压力表示，不同岩性及可钻性级别岩石和硬质合金形式选择，钻压数值参见表 6.4.5；不同钻孔口径的硬质合金钻头压力参见表 6.4.6。

表 6.4.5 硬质合金钻压参数表

岩石性质及可钻性级别	硬质合金形式	压力，（牛/粒）
软的、可塑性的 1~4 级岩石	薄片状	350~750
均质致密的 4~6 级岩石	方柱状	700~1200
完整硬的 6~7 级	八角柱状	900~1600

（三）冲洗液量

冲洗液量大小，应根据岩性、钻进方法、孔径、孔壁圆整情况、设备条件等因素确定并应满足冲洗液上返速度的要求。常规口径，清水以 0.25m/s 左右为宜，泥浆以 0.2m/s 左右为宜。不同钻孔口径的硬质合金钻进的冲洗液量，参见表 6.4.6。

表 6.4.6 硬质合金钻进技术参数表

钻进参数	钻 孔 口 径 mm			
	91	110	130	150
钻 压, kN	5~7	6~8	8~11	9~12
转 速, r/min	100~500	70~400	50~300	30~200
冲洗液量, L/min	50~120	60~150	80~180	100~200

（四）硬质合金钻进技术参数的合理配合

在钻进中，钻进技术参数合理、有效地配合对提高钻进效率极为重要。一般在可钻性 V 级以下软岩中以较高转速为主；在可钻性 V 级以上硬岩中以较大钻压为主；软岩中常用高转速、低钻压和大冲洗液量；强研磨性硬岩中钻进要保证足够的钻压、较好的润滑冲洗液冷却，同时要适当降低转速以减少硬质合金的磨损。

（五）硬质合金钻进作业注意事项

- 1、合金片内外出刃要一致。不允许用金属锤直接敲击合金片；钻头使用前，超出外出刃的焊料应予清除；钻头切削具磨钝、崩刃、水口减小时，应进行修磨。
- 2、新钻头下孔时，应在钻头距孔底 0.3m~0.5m 时，慢转轻压扫孔到底，避免挤夹钻具。
- 3、孔内脱落岩心或残留岩心 $\geq 0.5\text{m}$ 时，应用旧钻头处理；不得下入新合金钻头。
- 4、下钻中途遇阻，不要猛墩，可用自由钳扭动钻杆或开车试扫。
- 5、应使用自由钳拧卸钻头时。严防钳牙咬伤硬质合金或合金胎块；卸扣时不准用大铁锤击打钻头。
- 6、钻进中不得无故提动钻具，要保持压力均匀。倒杆后，应先降低钻压再开车。
- 7、取心时要选择合适的卡料。投入卡料后应冲孔一定时间，待卡料到达钻头部位后再开车。采心时，不应频繁提动钻具。当采用干钻取心时，干钻时间不得超过 3min。
- 8、经常保持孔内清洁。孔底有硬质合金碎片时，应捞净或磨灭。
- 9、松软塑性地层使用肋骨钻头或刮刀钻头钻进时，钻进一段后应进行扫孔修孔。
- 10、合理掌握回次进尺长度，每次提钻后，应检查钻头合金片磨损情况，调整下一回次的钻进技术参数。
- 11、在水溶性或松软岩层钻进取心，应采用单动双管钻具，并限制回次进尺长度。
- 12、钻进过程应注意观察、掌握和判断孔内情况，发现孔内有异常（如糊钻、憋泵、泵量变小或岩心堵塞），应及时采取措施处理，处理无效时应立即提钻。

四、硬质合金钻进常用取芯方法

- 1、完整脆性岩层或塑性地层采用卡石，或长度是钻头直径 1.5 倍~2.0 倍的单股和多股 8#铅丝，做卡料卡取。
- 2、干钻取芯法 对软岩和土层可采用干钻法采取岩心，如可以用肋骨式钻头，在回次终了减小泵量加大压力，人为地造成岩心堵塞采取岩心；或采用投球式异径接头的投球单管钻具，关闭水泵在干钻法取芯后，

提钻前向钻杆内投入球阀，当球阀落至异径接头球阀座后钻杆柱中的冲洗液即从投球式异径接头的排水孔流出，防止提钻时钻杆内水柱压力挤脱岩心。

3、对不完整、复杂的、难以保证取芯样数量与质量的岩土层，可根据岩土层特性采用专门钻具。通常采用单动双管钻具、双动双管钻具，或孔底喷射反循环钻具，或冲击回转钻进等。

4、无泵反循环钻进对于需要鉴别土层天然湿度和划分地层的钻孔，当处于地下水位以下，且采用单层岩心钻具钻进难取芯样时，可采用单管无泵反循环钻进，其工艺要点见表 6.4.7。

表 6.4.7 单管无泵反循环钻进工艺要点

适用地层条件	钻进工艺要点	容易出现问题的提示	钻具结构
地下水位以下（孔内静水位应高于无泵接头）松软土层、砂性土层、中、粗、砾砂层、风化岩层和缺水地区取鉴别土样或分层；	①钻头压力：松软岩土层为 1.5~2.0kN； 较硬地层为 2.0~4.0kN； ②转速 100~150 r/min； ③钻具提动次数 8~15 次/min； ④提动高度：50~100mm	易产生岩芯堵塞（特别是粘性土层或风化土层）； 注意控制回次进尺和干钻时长	①开口式无泵反循环钻具； ②封闭式无泵反循环钻具

注：钻具提动次数仅提供范围，确切的次数，须在具体岩土层试钻后确定

5、岩芯采取注意事项：

- 1) 严禁回次进尺长度超过岩心管长度；
- 2) 岩芯卡料粒径要适度，投放时先小后大，投放均匀，投放后先送水，再开始扭取；
- 3) 钻进时发现岩芯堵塞应立即提钻；
- 4) 从岩心管退出岩芯时，应用小锤轻击钻头或卸下钻头；
- 5) 为提高岩心采取率宜采用双管硬质合金钻具或金刚石单动双管钻具。

第五节 金刚石钻进工艺

一、金刚石钻探及其适用范围

用金刚石钻头在一定轴心压力下，金刚石为切削刃以特定（回转或冲击-回转）方式破碎孔底岩石的钻进方法称金刚石钻探。金刚石钻探适用于可钻性 4~12 级岩石的钻进。金刚石复合片（PDC）钻头适用于较完整的弱至中等研磨性软至中硬岩层，钻进塑性岩层可有较高钻速。工程勘察应用较多的是孕镶人造金刚石钻头和金刚石复合片钻头。因此，本节主要介绍工程勘察应用的孕镶人造金刚石钻头及复合片钻头的钻进工艺。金刚石钻具及管材的品种规格、钢级和机械性能等见《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950-2014 的相关规定。

二、与钻探有关的金刚石特性

金刚石是碳的结晶体，晶体中碳原子排列紧密而对称，使金刚石具有极高硬度和稳定性等优良性质。金刚石的质量（重量）单位为 Ct（克拉，1ct 等于 0.2g 或 200 mg）。金刚石是金刚石钻头的刃。了解与钻探有关的金刚石特性，有利于提高金刚石钻探使用效率，降低钻探成本。

1) 硬度高、强度大，但抗冲击韧性差。金刚石是自然界最硬的矿物，抗静压强度极高，天然金刚石约为 8600MPa，人造金刚石要求在 2500MPa 以上。但金刚石脆性大，动载作用下易破碎或产生裂纹。要求使用

过程尽可能减少钻具的振动，合理的钻具级配，提高钻具工作稳定性。

2) 耐磨性好。金刚石耐磨性极高用于钻头，正常情况下磨耗量极小。即在钻压作用下，金刚石可压入岩石而不被岩石反力压碎；金刚石切屑岩石而本身消耗很小。

3) 亲油疏水性。金刚石表面具有很高的亲油疏水性（即能吸附一层油膜，但完全不吸水）。金刚石钻进时适当使用乳化润滑液，能减轻钻具振动对金刚石的损坏，也减少金刚石表面的磨损。

4) 化学稳定性好。常温下不与酸反应，与碱反应缓慢；高温下不溶于酸，但质量略受影响。

5) 热稳定性较差。如果钻头冷却不良，胎体部分的温度会不断升高。当达到 720-800°C 时，金刚石即燃烧，变为 C 和 CO₂ 气体进入冲洗液；此时金刚石钻头表现为严重磨损乃至烧钻。要求金刚石钻头在钻进过程，要有足量和不间断地循环的冲洗液。

三、金刚石钻头和扩孔器类型及规格

金刚石钻头是金刚石钻进的切削工具，由金刚石、胎体和钻头体（钢体）等三部份组成。金刚石是钻头的刃，胎体用于牢固地镶焊钻头体和包镶金刚石，钻头体相对于合金钻头的圆钻头下联胎体。钻进的主要矛盾是作为切屑工具的钻头与钻进岩层间的矛盾。由于金刚石钻头的类型和技术参数较硬质合金钻头的多，因此，需要掌握金刚石钻头类型及其技术参数，以便根据地层选择适宜的金刚石钻头。

（一）金刚石钻头的类型

金刚石钻头有多种分类方式，各大类还可以复合或细分成许多亚类。如，按钻头用途可分为地质（矿山）钻头（又分为取芯钻头、不取芯钻头），取芯钻头再分为单管钻头、双管钻头、绳索取心钻头等；石油钻头；工程地质钻头（又分为大直径取芯钻头，薄壁金刚石钻头和磨孔钻头）；大直径取芯钻头再分为单管钻头、双管钻头、地质钻探钻头、工程取样钻头、工程钻孔施工钻头和经济取芯钻头等。按照金刚石钻头制造方法分为热压、无压、冷压和电镀钻头等；按金刚石镶嵌形式分为表镶钻头（BX）、孕镶钻头（YX）和镶嵌式钻头（XQ）；按照磨料类型分为天然金刚石钻头、人造金刚石钻头和金刚石镶嵌体钻头（又分为金刚石复合片钻头和烧结体钻头）。金刚石钻头按照金刚石镶嵌形式分为表镶钻头、孕镶钻头和镶嵌式钻头等三种基本类型。金刚石孕镶钻头包括人造金刚石孕镶钻头和天然金刚石孕镶钻头。

1、表镶金刚石钻头：多用人工镶嵌法，在钻头胎体表面镶嵌一层较大（15~100 粒/Ct）的金刚石，每粒金刚石有 1/3-1/4 出露在胎体表面。此类钻头底刃的金刚石磨钝，刮取岩石的效率低于经济效率或失去工作能力时，回收钻头上的金刚石。表镶金刚石钻头多为天然金刚石制作，适用于钻进中硬~坚硬，且比较完整的岩层。

2、孕镶金刚石钻头：指颗粒很小的人造金刚石或等外级天然金刚石均匀地混合包镶在胎体内而制成的钻头。胎体分为工作层和非工作层。非工作层只有胎体，起稳定钻头作用；工作层含有金刚石，此类钻头在钻进过程中胎体随钻进过程逐步损耗，金刚石不断出露更新，钻进效率因而稳定。为了防止金刚石钻头内外径过快磨损，孕镶金刚石钻头实施保径措施（常采用细粒金刚石、金刚石聚晶、复合体烧结在胎体内外壁），提高钻头寿命。孕镶金刚石钻头按照胎体硬度不同，钻进的岩石也不同。

3、复合片钻头：复合片是聚晶金刚石复合片（PDC）的简称。复合片是由聚晶金刚石层（也称复合片金刚石层，约为 0.5~1mm 厚）、粘结金属构成的过渡层，并附着粘结在硬质合金衬底层组成的复合材料

料。兼有金刚石聚晶层极高的耐磨性和硬质合金高的抗冲击韧性，并且金刚石层能始终保持保持锐利 的切削刃。

工程勘察金刚石钻头和扩孔器分类和规格，参见《地质岩心钻探金刚石钻头》DZ/T 0277-2015 和《地 质岩心钻探金刚石扩孔器》DZ/T 0278-2015。

4、工程勘察常用的金刚石钻头与扩孔器规格

工程勘察常用的金刚石钻头与扩孔器规格，见表 6. 5.1 金刚石钻头与扩孔器规格。

表 6. 5.1 金刚石钻头与扩孔器规格

规格	28	36	46	59	75	91
钻头外径	28	36. 5	46.5	59.5	75	91
普通单、双管钻头内径	17	21.5	29. 0	41.5	54.5	68
扩孔器外径	28.5	37	47	60	75.5	91. 5

注：普通单、双管金刚石钻头和扩孔器的螺纹均不同。普通单管钻头和扩孔器的连接丝扣为外螺纹；普通双管钻头、 绳索取芯钻头和扩孔器的连接丝扣为内螺纹。

(二) 孕镶金刚石钻头结构参数

孕镶金刚石钻头的结构参数，包括胎体中的金刚石参数（包括金刚石品级、金刚石浓度、金刚石粒 度）、胎体性能、水口（数目和形式）、唇面造型、保径层和钢体等。金刚石钻头结构参数比硬质合金 钻头结构参数多，均影响金刚石钻头的钻进效果。因此，需要了解金刚石钻头各项结构参数的作用。

1、金刚石品级（亦称“金刚石质量”）

是指金刚石单位的抗破碎强度及其晶形的完整度，是金刚石质量高低的等级。金刚石品级愈高，钻 头寿命愈长，钻进效果愈好，但价格也愈高，所以应根据岩层物理力学性质和钻进工况的需要来合理选 用不同品级的金刚石。

1) 天然金刚石品级 钻探用天然金刚石品级分为特级、优质级、标准级、低级和等外级。除等外级 天然金刚石用于制造孕镶金刚石钻头外，其余品级天然金刚石均用于制造表镶金刚石钻头。

2) 人造金刚石品级

钻探用孕镶人造金刚石品级分为 MBD6、MBD8、MBD12、SMD、SMD25、 SMD50、 SMD60；人造金刚石强度从 MBD6 至 SMD60 逐步提高；MBD 含义为金属结合剂用金刚石；SMD 含义为锯片用金刚石。人造金刚石单颗粒抗压强度分 级标准，见表 6. 5.2。

表 6.5.2 人造金刚石单颗粒抗压强度分级标准 单位：N（牛）

品种 系列	目 数								
	80/100	70/80	60/80	60/70	50/60	45/50	40/50	40/45	35/40
MBD ₆	49. 98	58. 80	64. 68	69. 58	83. 32	97. 02			
MBD ₈	66. 64	78. 40	85. 26	92. 12	108. 78				
MBD ₁₂	99. 96	117.6	128. 38	139.16	158. 76				
SMD			98. 00	105. 84	125. 44	147. 98	161. 70	174. 44	205. 80
SMD ₂₅			116.2	126. 42	148. 96	176. 40	192. 08	207. 76	246. 00

2、金刚石浓度（密度）

孕镶钻头金刚石均匀分布在胎体工作层内，其体积分布密度叫金刚石浓度（密度）。

1) 钻头的金刚石浓度表示方法

（1）表镶钻头的金刚石在胎体表面分布的密度，以粒/cm²，表示。

（2）孕镶钻头的金刚石均匀分布在胎体工作层内，其体积分布密度称为金刚石体积浓度简称“金刚石浓度”。金刚石浓度用单位体积内的金刚石所占体积的百分率表示，单位为 Ct/cm³。采用“金刚石制品国际浓度标准”来表示，即 100% 的浓度表示 4.39Ct（金刚石）/cm³ 胎体），金刚石占胎体体积的 1/4；75% 浓度相应为 3.3Ct/cm³，以此类推。

2) 金刚石钻头的金刚石浓度存在最佳浓度范围。金刚石为切削刃，金刚石浓度在钻头的技术参数中是最敏感的一个要素。通过实验和实践的总结，将不同岩层的金刚石浓度推荐值，列于表 6.5.3。

表 6.5.3 人造孕镶金刚石钻头在不同岩层推荐的金刚石浓度值

代 号		1	2	3	4	5
	金刚石制品浓度（简称“浓度”）	44%	50%	75%	100%	125%
	相当的体积浓度	11%	12.5%	18.8%	25%	31.5%
金刚石的实际含量（Ct/cm ³ ）		1.93	2.20	3.30	4.39	5.49
适用岩层		硬～中硬弱研磨性		中硬～硬中等研磨性	硬～坚硬强研磨性	

3、金刚石粒度

1) 孕镶金刚石钻头的金刚石粒度以“目”表示，用“#”代表，见表 6.5.4 和表 6.5.5。

表 6.5.4 孕镶金刚石钻头常用粒度推荐表

人造金刚石粒度（#）	> 35/40-45/50	45/50～60/70	60/70-80/100
适用岩层	中硬～坚硬		

2) 孕镶金刚石钻头的金刚石粒度选择与岩层的钻进力学特性、钻进参数、金刚石钻头技术参数的其它要素（如，浓度）有关。孕镶钻头中金刚石粒度常采用不同颗粒混镶的方法，形成深度参差不齐微切削沟槽，从而提高坚硬致密岩层破岩效率。

3) 孕镶扩孔器的金刚石采用与孕镶金刚石钻头相同粒度的金刚石。

表 6.5.5 孕镶钻头用金刚石近似尺寸（mm）

粒度，目	25	36	46	60	70	80	100
近似尺寸	0.80-0.63	0.50-0.40	0.40-0.32	0.42-0.25	0.25-0.20	0.20-0.16	0.16-0.13

注：目即网目数，为筛网每吋长度内的网眼数。

4、胎体性能

胎体是用于牢固包镶金刚石并与钢体牢固连接。以胎体硬度近似地表示胎体的耐磨性，胎体硬度作为衡量胎体性能的主要指标之一，用洛氏硬度（HRC）表示。

钻进过程，孕镶金刚石钻头胎体超前于金刚石磨蚀，使金刚石不断出露，剋取岩石。孕镶金刚石钻头的出刃是在钻进过程中胎体不断地被超前于金刚石磨损速率，金刚石不断出露时，金刚石才能有良好的出刃，剋取岩石，即“自锐”。

孕镶钻头胎体的硬度分为六个级别，钻头胎体选择参见表 6.5.6 钻头胎体的硬度及耐磨性。

表 6.5.6 钻头胎体的硬度及耐磨性

胎体别	代	胎体硬	胎体耐磨性	适用岩层
特软	0	10 ~20	低	坚硬致密的弱研磨性岩层
软	1	20 ~30	低	坚硬的弱研磨性岩层
			中	坚硬的中等研磨性岩层
中软	2	30 ~35	低	硬的弱研磨性岩层
			中	硬的中等研磨性岩层
中硬	3	35 ~40	中	中硬的中等研磨性岩层
			高	中硬的强研磨性岩层
硬	4	40 ~45	高	硬的强研磨性岩层
特硬	5	>45	高	硬~坚硬强研磨性岩层，硬、脆、碎岩层

孕镶钻头胎体适应性现场判定方法：检查钻头端面，在金刚石颗粒的后方会形成尾状支撑（俗称“蝌蚪状”），钻头胎体磨损速度适当超前于金刚石的磨损，使金刚石不断出刃剋取岩石，表现为钻头高效率和长寿命；相反，如果胎体磨损太快则造成金刚石的过早脱粒或崩刃，表现为钻头寿命短；如果胎体不磨损或磨损极慢，则金刚石出刃甚微，钻速极低。

此外，还要根据不同的钻进方法选择胎体抗冲击韧性不同的钻头。用于回转钻探的钻头胎体的抗冲击韧性应高于 $3\text{J}/\text{cm}^2$ （J 为冲击功）；用于冲击-回转钻探的钻头胎体的抗冲击韧性应大于 $4.5\text{J}/\text{cm}^2$ ；用于破碎地层的钻头胎体的抗冲击韧性应大于 $5.5\text{J}/\text{cm}^2$ 。

5、水口（数目和形式）

钻头的水口、水槽，由金刚石的出刃而形成的胎体和孔底岩石之间的除水口外的过水间隙（亦称“漫流区”），钻头外表面与孔壁之间的外环间隙及钻头内表面与岩芯之间的内环间隙（亦称“内外环间隙”）等三部份组成钻头的水路系统。水路系统的作用是在钻进过程中能通过足够的冲洗液，满足冷却钻头和携带岩粉的目的。水口和水槽状态是水路系统的关键。常见孕镶金刚石钻头水口形式，详见表 6.5.7。

软岩层钻进时需要数量较多、较大水口和水槽；在硬岩钻进时需要数量较多、较小水口和水槽。若水口或水槽间隙太小，水力损失大，泵压升高，即通常说的憋泵，应更换水口数量多的钻头或降低钻速。

6、唇面造型（亦称“唇部造型”或“唇面形状”等）

改善唇面造型的作用是使钻头保持尽可能高的稳定性，具有一定的防斜作用；或增加自由切屑面（减少接触面积，或提高金刚石单粒轴心压力），改善坚硬致密及若研磨性岩层的破岩机理提高钻速；或改善金刚石分布状态提高钻头寿命；或与水口水槽相配合，改善唇面造型，获取良好的排粉和冷却金刚石的效果。唇面造型的选择取决于岩石的物理、钻进力学特性和钻头的特定用途。金刚石钻头唇面造型与特点，见表 6.5.8 金刚石钻头唇面造型与特点简表。更多的金刚石钻头造型参见《金刚石钻探手册》（刘广志主编 地质出版社 1991 年 12 月）。

表 6.5.7 常见孕镶金刚石钻头水口形式

水口形式	特 点	适用岩层或钻头类
直槽型	结构简单，容易制造	软~硬地层
斜槽型	促使岩粉沿斜水口迅速排至外环状空间	厚壁钻头
全面冲洗	迫使冲洗液沿经金刚石的出刃的间隙流动能充分冷却金刚石	硬~中硬岩层
螺旋型	水口制造工艺复杂，岩粉及时地被冲洗液携带至环状间隙，冷却金刚	软地层
倾斜槽型	扇形块的端部呈倾斜的楔形，内外水槽间隔分布错开排列，冷却钻头	各种孕镶钻头
主副水口	付水路可以辅助主水路排除岩粉和冷却厚壁钻头的中心部份	软地层，钻头壁较厚
底喷型	无内水槽，冲洗液主要由胎体中的水眼流至底唇，冲洗液不冲刷岩芯	硬、碎及粉碎块岩层

表 6.5.8 金刚石钻头唇面造型与特点简表

序号	名称	特 点	序号	名称	特 点
1	半圆式	标准设计钻头。适于中硬、硬碎岩层	5	锯齿形	适于松散地层钻进
2	尖齿形	绳索取芯钻头，稳定性高。适于中硬、至硬、致密岩层效果好	6	宽导向式	稳定性好减少振动，有利排粉，钻进硬碎岩层强度足，有利取芯
3	尖齿交错形	对塑性岩层有切屑作用，在硬地层有挤压破碎作用。适于软硬互层钻进	7	浅锥角唇面	减少中心部分对岩石的重复破碎，用于全面钻进钻头，钻进中硬-硬岩层
4	单阶尖齿式	比上一种钻头多一个阶梯自由面钻进效率高	8	球形唇面	用于人工造成球状孔底，放置地震仪器等

7、保径层

保径层的作用是保持金刚石钻头内外径。保径层的排列方式与岩层及钻头类型相关：

①不同类型钻头的保径方式：人造孕镶金刚石钻头一般采用圆柱状聚晶保径，电镀孕镶金刚石钻头一般采用人造单晶保径。

②钻进不同岩层钻头的保径方式：中硬和硬岩层中选用圆柱状人造聚晶；硬~坚硬岩层中 选用天然金刚石保径；软岩层中选用低钻针状硬质合金。在一般中硬岩层中选用单晶保径；硬、脆、碎地层中选用人造聚晶保径，在水口的前后用硬质合金条或硬质合金片补强。

③保径金刚石在胎体中的位置根据岩层的研磨性调整。在强研磨性岩层中保径聚晶可部分 插入金刚石层中以增强金刚石层的磨蚀性；在中等研磨性岩层中保径聚晶可放置在金刚石层之 上；坚硬致密岩层中，保径聚晶在金刚石层之上，避免聚晶参与剋取岩石，降低钻速。

购置时，评判孕镶金刚石钻头的制作质量，只要检查底唇工作面金刚石出刃分布是否均匀。

8、钢体（钻头体）

钢体由中碳钢制作。上端连接扩孔器，下端连接胎体。其底端有多种形状，增强与胎体的连接，传递更大扭矩和制作钻头时，为压实胎体。

（三）复合片钻头的应用

1、复合片特点

1) 钻探用复合片的金刚石层的金刚石粒度一般由几十微米到几个微米不同粒度混合组成。金刚石 层硬度高、耐磨性极好；

2) 复合片金刚石层很薄，一般控制在 0.5-1mm 左右。竖起作钻探切削刃用时，刃口锋利而且 始终

保持自锐；

- 3) 复合片衬底硬质合金含钴量高，大大提高复合片在孔底的抗冲击能力；
- 4) 复合片总体耐热性能较差，一般在 750°以内。因此，钻进中保持冲洗液循环很重要；
- 5) 由于复合片刃口锋利，耐磨性好，故复合片钻头比硬质合金钻头的钻速高、寿命长，取 芯率高、所需钻压小，孔斜小、钻孔质量好。
- 6) 国产金刚石复合片规格和类型
- (1) 规格直径有 8、10、12、13.3、13.4、14mm 等规格。
- (2) 类型复合片类型有直接复合型和二次焊接型；.

2、复合片钻头的复合片镶嵌

1) 常用钻头上复合片镶嵌数量

复合片镶嵌数量与岩层密切相关。较硬岩层密度增大以减少钻头的磨损速度，反之则少。另外复合片镶嵌数量与钻头规格类型有关，如直径 8mm 复合片镶嵌数量，见表 6.5.9。

表 6.5.9 直径 8mm 复合片镶嵌数量表

	钻头类型	复合片数量（片）
46	普通双管/绳索取芯	4~5 / 5~6
59	普通双管/绳索取芯	5~6 / 6~7
75	普通双管/绳索取芯	6~7 / 7~8
91	普通双管/绳索取芯	8~9 / 9~10

注：若采用 10.5、12 或 13.3 的复合片，其数量可适当减少。

2) 复合片排列

复合片排列有多种方式：交错排列，同径排列，底出刃一致排列和高低出刃排列等。

4) 复合片的镶嵌角度

(1) 径向角，该角是切削具表面与钻头径向平面之间的夹角。从有利于切削岩石和排除岩粉两方面考虑，一般径向角选择 5~20° -

(2) 切屑角，一般选择切屑角为 10~15° ,既有较高钻速又能保持一定的钻头寿命。

4) 复合片的出刃

复合片的出刃数值远远超出表镶和孕镶钻头金刚石的出刃值。复合片钻头出刃一般分为两种 类型：半出刃类型和全出刃类型。半出刃类型适用于钻进灰岩、泥质胶结的砂岩、页岩等中硬岩 层；全出刃类型适用于钻进软的、松散的砂岩及易糊钻的泥质页岩等软岩层。

3、复合片钻头适用岩层

复合片钻头适于较完整的弱至中等研磨性软至中硬岩层，钻进塑性岩层可有较高钻速。

4、复合片钻头钻进工艺参数

- (1) 转速 复合片钻头的钻速通常比孕镶钻头和表镶钻头要低，其线速度一般为 0.5~1.5m/s。
- (2) 钻压 钻压通常由复合片的镶嵌数量确定，钻压可按 500-1000N/片计算。随着复合片磨钝，接触面积增加而钻压逐渐增加。
- (3) 冲洗液量冲洗液量比相应口径的表镶钻头或孕镶钻头要增大 20~50%。

（四）扩孔器和卡簧

1、扩孔器

扩孔器是金刚石钻探钻具组合中不可少的工具之一，钢体为中碳钢制作，位于钻头与外岩心管之间。

1) 扩孔器作用

（1）修整孔壁，保持钻孔直径符合规定的尺寸要求，防止因钻头磨损而造成孔径逐渐缩小。从而减少新钻头下孔时的扫孔量并防止钻头早期磨损；

（2）保持孔内钻具的稳定，使之在高转速工作条件下处于良好的动平衡状态；

（3）延长钻头寿命；

（4）单管钻具组合中起卡簧座和卡簧限制器的作用。

2) 扩孔器结构 扩孔器由金刚石、胎体和钢体组成。两端有螺纹连接岩心管和钻头；胎体镶有金刚石的部分称为工作带。扩孔器不破碎孔底岩石，所用金刚石品级不高于钻头。

3) 扩孔器的种类

扩孔器按照不同用途分，单管扩孔器、双管扩孔器和绳索取心扩孔器；按采用的金刚石分，天然金刚石扩孔器、人造金刚石扩孔器、人造聚晶扩孔器或硬质合金片扩孔器；按包镶形式分，表镶扩孔器和孕镶扩孔器；按棱条形状分，条带扩孔器和螺旋状扩孔器，螺旋状扩孔器比较稳定排粉性能好。

2、卡簧

卡簧的作用是卡取岩芯，也叫岩芯提断器，卡簧装在钻头与扩孔器之内壁。分为内槽式卡簧和切口式卡簧，单管卡簧和双管卡簧；双管卡簧装入特制卡簧座内，其壁厚较单管卡簧薄些。

卡簧用工具钢（T10）或合金钢（如 30CrMnSi）制作，经淬火表面硬度可达 Rc50~60 以上，具有较高耐磨性和弹性。

（五）金刚石钻头和扩孔器的选择

金刚石的硬度是坚硬岩石的几倍到几十倍，从理论上说金刚石钻进应该能顺利地钻进所有的岩石，较其他磨料钻进要快速，但在钻进实践中出现的现象并不是这样的。如，有些地层钻进中钻头消耗快，钻头进尺少；另一些地层钻速低钻头出现“打滑”不进尺问题；相同勘察场地，钻头使用效果存在差异。这些现象归结起来说明一个问题，只有根据岩层钻进力学特性选择相适应的钻头类型，才能提高金刚石钻进效果，达到优质高效、低耗的重要因素。

1、取芯金刚石钻头的特点和适用条件

取芯金刚石钻头分为单管钻头、普通双管钻头、绳索取心钻头，各有特点和适用条件。

1) 单管金刚石钻头

（1）单管金刚石钻头使用条件

单管金刚石钻头分为天然金刚石表镶单管钻头和人造金刚石孕镶单管钻头。单管金刚石钻头配用单管扩孔器和结构简单的单层岩心管。单管金刚石钻头适合于下列条件：

- ①钻进各种硬度和研磨性的完整岩层；
- ②在裂隙发育而采用双管亦出现岩心堵塞严重的、且岩心不易被冲洗液冲蚀的岩层；
- ③在坑道钻探水平孔和垂直孔；
- ④用于取样钻机钻探的浅表钻孔；
- ⑤人造金刚石电镀单管孕镶钻头可用于卵砾石层钻进。

（2）人造金刚石孕镶单管钻头特点

①钻头唇面为平底形或圆弧形。保径方式与孕镶双管钻头相同，当对裂隙发育和强研磨地层，可以使用硬质合金加强保径，钢体外表可用铸造碳化钨补强。

②钻头长度一般为 80mm,钻头采用外螺纹，钢体螺纹端内壁有配合卡簧的斜度；

③钻头水口数量及大小、胎体性能和钻头胎体中金刚石参数等与人造金刚石孕镶双管钻头相同。

• 单管金刚石钻头寿命比双管金刚石钻头的寿命要短，取芯率较低，所以，为满足取芯率的要求，要尽可能采用双管钻具和双管金刚石钻头。

2）普通双管人造金刚石孕镶钻头特点

（1）适于可钻性 5 级及以上各类岩层；钻进破碎、层状、交互层而不像表镶钻头那样容易受损伤。

（2）属于自锐式钻头，特别是人造金刚石结晶体好，在设计合理、钻头选型与岩层相适应的情况下，能够在使用过程中保持“恒钻速”。

（3）钻速调节幅度宽，高转速在多数岩层中可以获得较快的钻；在钻进硬岩钻速较低时，适当提高钻压仍能取得较满意的效果。

（4）孕镶金刚石受到胎体的良好保护作用，对少数有缺陷的金刚石，其影响不像对表镶钻头那样明显。

（5）容易操作，即使是经验较少的钻探工人发生某些操作不当，比表镶钻头带来的影响要小得多。

（6）不适用于可钻性 5 级以内的岩层；在软硬互层或遇软弱夹层时，应适当增大冲洗液量钻进。

3）人造金刚石电镀普通双管孕镶钻头特点

（1）最显著的优点是，人造金刚石在制作钻头过程不经过高温灼烧，基本上保持了原来的强度，而且包镶效果好。

（2）根据岩石的钻进力学特性，钻头可以有不同半径的圆弧唇面，根据需要可有各种几何形状的唇面。

（3）水口数量一般比其他制作法的钻头多，以防钻头微烧。

（4）可以用于卵砾石层钻进。

4）绳索取芯人造金刚石孕镶钻头特点

（1）钻头钢体长度一般为 80mm,为内螺纹连接。一般采用热压法和电火花烧结法制造，根据岩石力学性质，有各种耐磨性的全系列胎体品种。

（2）根据岩石钻进力学特性，采用品级为 MBDQ 或 SMD、粒度为 70~40 目人造金刚石，保径采用人造金刚石聚晶，在强研磨和破碎地层采用硬质合金加强保径。

（3）唇面有效系数可以根据岩石硬度在较大范围内选择，一般 $K_2=0.65\sim0.75$,水口数量及其投影面积较大。

（4）金刚石层高通常为 4~6mm,胎体总高 10~15mm。

（5）在钻进硬岩时，胎体硬度月 HRC 30~35，但又具有耐磨性较好的特点，金刚石浓度一般比普通双管钻头低，该钻头具有低钻压特性。

（6）不宜用于坚硬的弱研磨性岩层，在深孔低转速条件下效果也不好。

5）电镀人造金刚石绳索取芯钻头特点

(1)与人造金刚石电镀普通双管钻头基本相同，只是绳索取芯钻头胎体壁厚的结构特点和金刚石品级要求较

高而有所不同。

(2) 适用于弱至中等研磨性的中硬、硬地层，但不太适用于强研磨性地层。

2、钻头的选择

根据岩石的钻进力学特性及孔内条件，合理选择金刚石钻头与扩孔器的镶嵌类型、金刚石钻头结构参数等。金刚石钻头和扩孔器的选用原则，见表 6.5.10 金刚石钻头和扩孔器的选用，5 级以内岩层不得采用孕镶金刚石钻头钻进。

表 6.5.10 金刚石钻头和扩孔器选用

代表性岩石			大理岩，石灰岩，泥 灰				片麻岩，玄武岩，闪长岩， 石英二长岩，混合岩，砂 卡			石英斑岩，高硅化灰 岩，坚硬花岗岩，碧 玉 岩，霏细岩，石英 岩， 石英脉，含铁石英岩		
			泥灰岩，绿泥 石 岩，蛇纹岩，辉绿 岩， 片岩，页 岩，千 安山岩，辉长岩，片岩， 玢岩， 泥质砂 岩， 白云岩，硬砂 岩，橄 榄岩，硬 质片岩									
可钻性		类别	软	中硬			硬			坚硬		
		级别	1~3	4~6			7~9			10 ~12		
研磨性			弱	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
表 镶 钻 头	聚晶金刚石烧结体		●	●	●		●	●				
	天然金刚石 粒度， 粒/ct	10-25		●	●							
		25-40			●	●	●	●				
		40-60					●	●	●			
		60-100							●	●	●	●
	胎体硬度， HRC	20-30		●			●			●		
		35-40			●	●		●			●	
		>45							●			●
孕 镶 钻 头		人造或天然 金刚石，目	20-40		●	●	●	●	●			
	40-60				●	●	●	●				
	60-80						●	●	●		●	
	80-100							●	●	●	●	●
	胎体度， HRC	10-20								●		
		20-30		●			●			●	●	
		30-35			●	●	●	●				
		35-40			●	●	●	●				
		40-45				●		●	●			
		>45										●
		复合片		钻头	●	●	●	●	●			
扩孔器	表镶		●	●	●	●	●					
	孕镶			●	●	●	●	●	●	●	●	

3、金刚石钻头、扩孔器、卡簧的配合

1) 卡簧与钻头的配合

卡簧的自由内径应比钻头内径小 0.3mm 左右。卡簧应在上一回次岩心上测试，以不脱落、不卡死为宜。由于卡簧是用特种钢制作的具有弹性，不便测量，现场检查卡簧的方法通常是：将卡簧套在岩芯上，用手可以轻轻推动的即为合格；如果推着很费劲，说明卡簧太小；如果卡簧在岩芯上固定不住就是太大。

2) 扩孔器与钻头的配合

通常扩孔器的直径应比钻头的外径大 0.3mm~0.5mm；硬岩层时应采用下限数值。扩孔器外径不能小于钻头外径。

(六) 金刚石钻头和扩孔器的合理使用

- 1、根据设计孔深，按钻头和扩孔器外径尺寸，由大到小排序（内径则由小到大），轮换使用。
- 2、新的孕镶钻头下孔后，应进行“初磨”，即轻压（正常钻压的 1/3 左右），慢转（钻机的最低档 转

速)，大致钻进 0.2~0.3m 后，再采用正常钻进技术参数钻进。

3、扩孔器外径不得小于钻头外径；不得用新的金刚石钻头扫孔或套扫残留岩心。

4、钻头出现以下情况时，不得再下入孔内钻进：

1) 胎体有明显裂纹、掉块及唇面出现沟槽、微烧、台阶或被严重冲蚀；

2) 钻头现异常磨损，影响后续钻头正常使用；

3) 钻头体变形，螺纹损坏。

5、避免钻头非正常损坏的措施：

1) 孔底要保持清洁，当发现有硬质合金、胎块、金刚石、金属块、脱落岩心及孔壁掉块时，应及时采用冲、捞、抓、粘、套、磨、吸等方法加以清除；

2) 钻具通过换径、探头石、孔壁掉块等部位以及在斜孔和干孔中下钻时，应放慢下降速度；

3) 换径后应用锥形钻头修整换径台阶；

4) 不得使用弯曲度超过规定的钻杆、岩心管和套管；

5) 为避免复合片发生异常破损，复合片钻头在使用过程应防止钻头处于振动和冲击状态；

6) 不要忽视提高金刚石钻进效率的研究。机台要配备 0~150mm 规格的游标卡尺；金刚石钻头及扩孔器使用时，要填写使用卡片，及时记录每回次的各种有关数据、磨耗情况及分析。

四、金刚石钻探取心钻具的合理使用

1、金刚石钻探管材技术要求和规格应遵守《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950-2014 规定。

2、金刚石钻进一般应采用单动双管取心钻具。单动双管取心钻具应符合如下条件：

1) 单动性能好，异径接头、扩孔器、钻头、短节和卡簧座等零部件连接应同心；

2) 内、外管平直无裂伤，螺纹符合要求；

3) 内管与短节、短节与卡簧座装配后垂直提起时，不允许自由脱落；

4) 装配好的钻具卡簧座底端与钻头内台阶的距离应为 3mm~4mm；

5) 保证水路畅通；

6) 在易斜地层中钻进时，取心钻具上部应配有稳定接头、扶正器等导向装置。

3、使用金刚石钻探取心钻具时的操作要求：

1) 定期拆卸清洗、加油保养，螺纹或外径磨损要及时更换；

2) 拧卸钻头、扩孔器、卡簧座与内管应使用多触点钳或摩擦钳，不允许使用管钳；

3) 退出岩心时，要用橡皮锤或木锤敲打内管；

4) 钻具在移动时不准猛力拖拉或撞击；存放时要摆平，不得重压；

5) 单动双管钻具运输时要装箱；装卸时应轻放；

6) 钻杆接头不经常拧卸的一端应使用粘接剂密封粘牢，经常拧卸部位应涂抹丝扣油；

7) 钻杆螺纹连接要保证密封良好。

五、金刚石岩心钻进技术参数

金刚石钻进工艺参数有，钻压、转速和冲洗液量。详见表 6.5.11 金刚石钻进适用钻进技术参数。

（一）钻压

- 1、根据岩石钻进力学特性、钻头底唇面积、金刚石粒度、品级和数量选择钻压。
- 2、软岩层中钻进应用较小的钻压；完整、中硬到坚硬或强研磨性的岩层中钻进应适当加大钻压；破碎、裂隙和非均质的岩层中钻进应适当减小钻压，一般降低 25%~50%。

表 6.5.11 金刚石钻进适用钻进技术参数

钻头种类	钻头规格（mm）			
	46	59	75	91
孕镶钻头钻压，kN	4-7	4.5-8.5	6-11	8-15
孕镶钻头转速，r/min	750-1500	600-1200	400-850	350-700
冲洗液量，L/min	25-40	30-45	40-65	50-80

（二）转速

- 1、根据岩石钻进力学特性、钻头直径、钻孔结构及设备能力等因素选择转速。
- 2、孕镶钻头底唇面的线速度范围为 1.5m/s~3.0m/s,不宜过低转速；复合片钻头底唇面的线速度范围为 0.5m/s~1.5m/s。粗粒金刚石钻头的转速应低于细粒金刚石钻头的转速。
- 3、当钻进中硬完整岩层宜采用高转速；当钻进高研磨性、粗颗粒、破碎、裂隙发育、软硬不均或超径岩层时，振动大，应适当降低转速。在软岩层中钻进效率很高时，应适当限制钻速。

（三）水泵、冲洗液量（亦称“泵量”）及泵压

- 1、金刚石钻进工艺对泥浆泵的要求：
 - 1) 金刚石钻具与孔壁的环状间隙比硬质合金大口径的环状间隙小的多，冲洗液在环状间隙的沿程阻力大为增加绳索取芯器具也增加了冲洗液在金刚石钻具内部的局部阻力损失，故要求泥浆泵能在较高的泵压工况下持续工作；
 - 2) 金刚石正常钻进时用较小泵量即可满足冲洗液的一定上返流速（0.40~1.0m/s），但开孔钻进时也需要较大的泵量；遇不同岩层需要及时调整泵量，节省功率，要求泥浆泵应有多级泵量。
- 2、泵量以冲洗液上返速度计算，金刚石钻进上返速度应大于 0.4m/s~0.7m/s,甚至 1.0m/s。
- 3、泵量应视岩石钻进力学特性、环状间隙、钻进速度和钻头直径等因素，适当调整：
- 4、工程勘察金刚石钻探，有条件时，应尽量采用变量泵，不宜使用三通阀门调节泵量。
- 5、金刚石钻进中要随时观察泵压表的泵压变化，根据泵压的变化情况判断孔内情况。
 - 1) 泵压发生小幅度的升高或下降，一般是孔底换层的征兆；
 - 2) 泵压猛然大幅度增高，伴随钻速下降或不进尺，可能发生岩心堵塞；
 - 3) 如果泵压突然大幅度下降，多是钻具折断或脱扣。

（四）金刚石钻进操作技术要领

- 1、提下金刚石钻具操作
 - 1) 下钻时，钻头通过孔口板、套管口或换径处、活石、超径处，应放慢下降速度。下钻遇阻，不准

猛冲硬数，用管钳慢慢回转钻具，无效时应立即提钻，排除阻碍物后再下钻；

2) 每次下钻，不得将钻具直接下到孔底，距孔底约 1m 左右时，开启水泵送水，等待孔口返水后，轻压慢转扫孔到底，正常后，按正常钻进技术参数钻进；

3) 合理配好机上余尺，在回次钻进中，不准中途将钻具提离孔底接钻杆；

4) 提升钻具要稳，不能猛刹车；拧卸钻杆不得振动过大，避免造成岩心脱落；

5) 提出钻具后，应用孔口盖将孔口盖严，以防小物件掉入孔内造成事故。

2、钻进过程操作

1) 一个钻进回次宜由一人操作，钻具下到离孔底 0.2m 左右，开泵冲孔循环正常后钻进。操作者应随时注意和认真观察钻速、孔口返水量、泵压及动力机声响或仪表数值等变化，发现异常，立即处理。

2) 倒杆要停车。深孔减压钻进时，倒杆前应先用升降机将孔内钻具拉紧（不得提离孔底）；较浅倒杆时，要先适当调小泵量降低泵压后，再松开卡盘倒杆。倒杆后在正常泵量和小于正常钻压的情况下平稳开车。钻头在较轻的负荷下缓慢启动，使钻头平稳受力。

3) 岩层变化时，应调整钻进技术参数。岩层由硬变软时，应减小钻压；岩层由软变硬或钻速变慢时，不得盲目增大钻压，以免损坏钻头。在非均质岩层中钻进，应控制钻速。

4) 应有专人管理水泵和冲洗液，定时检测冲洗液质量，不合格应及时调整或更换。地层变化时要及时对冲洗液的性能指标进行调整。做好循环系统清理和除砂工作，保持孔底清洁。

5) 正常钻进时，不得随意提动钻具。钻进中发现岩心轻微堵塞时，可调整钻压、转速。处理无效应及时提钻。

六、金刚石钻进的岩芯采取方法

1、金刚石钻进应用卡簧采取岩芯，不得干钻取芯；金刚石单管钻进不得投放金属卡料取芯；

2、使用卡簧采取岩芯时，应先停止钻具回转，缓慢地用立轴将钻头提离孔底 50mm~70mm,使卡簧将岩心抱紧，再缓慢开车低速回转几圈扭断岩心后即可起钻；禁止上下活动钻具取心。

3、在节理发育，倾角小的岩层钻进，可在内管内侧涂润滑油，有条件时可用半合管。

4、孔内残留岩芯长度较多时，应专门捞取。

七、改善钻具稳定性的措施

1、应使用直的机上钻杆、轻便水龙头和轻型高压胶管；斜孔钻进时要通过导正钢丝绳平衡机上钻杆、水龙头和高压胶管下垂产生的弯曲力。

2、钻杆、钻具要经常检查丝扣质量，连接要同心。

3、选择合理的钻具组合、级配和降低机上余尺。

4、使用润滑冲洗液减阻。

5、钻压、转速要与岩层相适应，不要盲目加压或提高转速。

6、为减少钻具与钻孔间隙，使用扶正器、稳定接头或减震器。

八、预防烧钻的措施

1、确保钻具水路畅通；钻杆丝扣要涂丝扣油，以防漏水和保护丝扣；

2、泵压表、流量表性能要良好，水泵运转中要有专人负责监测或接通报警装置；

3、每次下钻前均要检查钻头卡簧、钻头与扩孔器的外径等是否合乎规定要求，机场应备 2 至 3 种尺寸的卡簧供选配；每次下钻，钻具接上机上钻杆距孔底 0.2m 后开泵送水，然后慢速回转到孔底；

4、每次提钻后都要检查钻具单动性能和构件配合间隙。检查孕镶钻头水口高度不合格者要及时修磨，水口高度一般不得小于 3mm；

5、可钻性 5 级以内岩层不得采用孕镶金刚石钻头钻进；软硬互层或遇软弱夹层时，应适当增大泵量 钻进；不宜采用三通阀调节泵量，应用变量容积泵；

6、孔底岩粉不得超过 0.5m；严禁出现冲洗液循环中断或用金刚石钻头进行干钻。

九、取芯和防止岩芯堵塞的措施

1、应采用单动性能好的单动双管钻具；

2、使用卡簧卡取岩芯；取芯时必须停止回转，将钻具提离孔底拉断岩芯；

3、钻进过程不得随意提动钻具，倒杆时要适当调小泵量，以防钻具浮起而造成岩芯堵塞或折断；操作离合器要平稳，禁止不停转倒杆；

4、要采净岩芯，以防下钻时损伤钻头；如残留岩芯超过 0.2m 时，应用岩芯捞取器专程捞取，严禁用金刚石钻头套扫；

5、吸水膨胀、节理发育等易堵岩层应采用内径较小、补强较好的钻头，使岩芯较顺利进入岩芯管。此外，钻遇硬而致密的弱研磨性岩层，可改变金刚石钻头结构参数或用冲击回转取芯钻进方法。

第六节 金刚石绳索取心钻探简介

绳索取心钻探是一种适宜钻头寿命期内借助专用钻取岩心或提钻次数很少的钻探方法。其操作特点是取岩心时不需要提出钻孔内的全部钻杆柱，而用专用带钢丝绳的打捞器，通过孔内钻杆中心孔将装有岩心的孔底装有岩芯的内管提至地面；只有当钻头需要检查磨损状况或更换时，才提升全部钻杆柱。由于绳索取心钻探技术经济效果显著，被誉为是“三高、一低”（钻进效率高、金刚石钻头寿命高、时间利用率高，工人劳动强度低）的先进钻进方法。开展绳索取心钻探前，对钻探员工进行专项操作技术培训是实现绳索取心钻进的重要条件之一。

绳索取心钻探在可钻性 6~9 级中等硬度的岩层中效果最为显著。

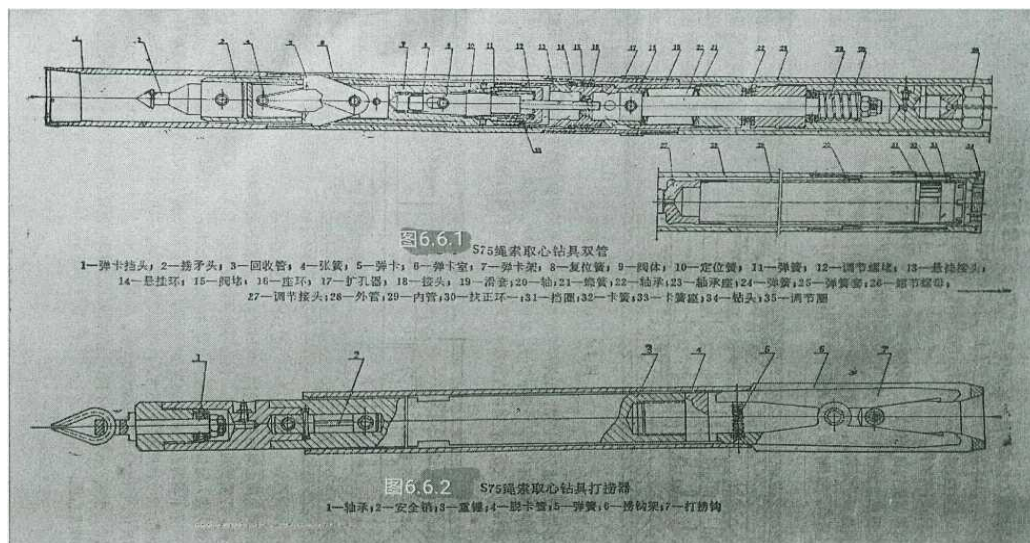
一、绳索取心钻具及取芯操作

1、钻具结构

绳索取芯钻具结构，主要由单动双管和打捞器两部分组成。参见图 6.6.1 和图 6.6.2。

1) 双管部分由外管总成和内管总成组成。外管总成包括弹卡挡头、弹卡室、扩孔器、外管和金刚石钻头组成；

2) 内管总成包括捞矛头、弹卡、单动组件、报警、调节组件、内管、悬挂扶正及卡芯组件组成。金刚石绳索取芯钻探钻具的主要机构的功用和动作原理详见“绳索取芯钻具（使用）说明书”。



2、钻具总成具备的技术性能

- 1) 内管总成能从钻杆柱内下到外管中的预定限位和悬挂部位，并可向地面传递信号；
- 2) 钻进进程中，一旦发生岩心堵塞，能及时向地面发出信号；
- 3) 内管总成的长度能够调节，使卡簧与钻头内台阶保持合理距离；
- 4) 卡取岩心时，卡簧座应坐在钻头内台阶上，通过钻头将拔断岩心的力传到外管；
- 5) 内外管应同轴，单动灵活；
- 6) 打捞器能在钻杆柱内以一定的速度下降到内管总成上端，并把装有岩心的内管打捞上来；
- 7) 打捞器抓住内管提拉不动或提升过程中遇阻时，能够安全解脱；
- 8) 钻进严重漏失地层或干孔时，打捞器能把内管总成安全地送到预定位置。

3、取心操作

1) 投放内管

当确认外管和钻杆内已无岩心时，将内管总成由孔口投入钻杆内，对上机上钻杆，开泵压送，应注意观察泵压变化，泵压明显升高或降低时，说明内管总成已到达预定位置。遇地层严重漏失，孔内没有冲洗液或水位很深时，不准直接投放内管总成，应采用打捞器把内管总成送入孔内；或用机上钻杆对准孔口，泵入适量的冲洗液，然后迅速投放内管总成。

2) 打捞岩心

首先用回转器或动力头顶起钻具 50mm~70mm,缓慢回转钻柱，扭断岩心，再提起并卸掉机上钻杆后，下放打捞器。打捞器在冲洗液中以 1.5m/s~2m/s 的速度下降，当将要到达内管总成上端时，应适当减慢下降速度，1000m 孔深范围内，可以听到轻微的撞击声；然后开动绳索取心绞车，缓慢提升钢丝绳，确认内管总成已提动后可正常提升。提升过程中，若冲洗液由钻杆溢出，说明打捞成功，否则重复试捞。严禁猛冲硬拔，反复捞取无效应提钻处理。

二、绳索取心钻头和扩孔器的选择

1、钻头胎体应具有普通双管金刚石钻头胎体性能，还要具备耐冲蚀、耐磨损、自锐及对地层具有广泛的适应性等要求。孕镶钻头胎体可选 HRC 10/20、20/30、30/35、40/45、>45 等多种胎体硬度。

2、有条件时选用优质级和特级天然金刚石作表镶钻头；选用经过挑选和加工处理的低级品、等外级天

然金刚石作孕镶钻头（粒度为 20 目~40 目）；选用高强度晶形完整的人造金刚石单晶（粒度为 30 目、40 目、60 目、80 目、100 目）或选用不同粒度混合的人造金刚石料制作的孕镶绳索取心钻头。

3、绳索取心钻头唇面积比普通双管钻头的大。钻头唇面造型和水路水槽相配合，要比普通双管钻头适当增加水口数量与过水断面。

4、孕镶钻头内外径应选用天然金刚石或人造聚晶、烧结体保径补强。

5、绳索取心金刚石钻头、扩孔器的选择原则与金刚石普通双管钻进基本相同。

三、绳索取心钻进工艺参数

绳索取心钻进工艺参数有，钻压、转速和冲洗液量。详见表 6.6.1 不同规格钻头适用钻进工艺参数。

表 6.6.1 不同规格钻头适用钻进工艺参数

钻头规格		46	59	75	91
孕镶钻头	最大压力, kN	10	12	15	18
	正常压力, kN	6~8	8-10	10 ~12	12 ~15
孕镶钻头转速, r/min		600~1200	500~1000	400~800	350~700
泵量, L/min		25 ~40	30 ~50	40 ~70	60 ~90

1、钻压 同径绳索取心钻头比普通双管钻头底唇厚底面积也大，则钻压稍大。

2、泵量

泵量应保持上返流速为 0.5m/s~1.5m/s。

四、绳索取心钻进操作注意要点

1、应使用变量泵。

2、泥浆钻进操作要求：

- 1) 提下钻应先取出内管总成；
- 2) 控制提下钻速度；
- 3) 提钻和打捞内管时，应向孔内回灌冲洗液；
- 4) 采用冲洗液压送内管时，泵量不宜过大。

3、钻杆内壁结垢防治措施

- 1) 在不降低钻速的条件下，尽量降低钻具转速；
- 2) 应采用固相控制措施等；
- 3) 钻杆内壁结垢已经影响打捞时，提钻前半小时采用稀释原浆循环，冲刷泥垢，增大流动途径；或者先提出上部结垢严重的钻杆，再下打捞器。

五、附属设备及工具

绳索取心钻探附属设备及工具除常规金刚石钻进使用的工具以外，主要有，钻杆夹持器（主要有木马式夹持器）；绳索取心绞车（有电动机、液压马达和钻机机械带动等形式）；提引器（有手搓式提引器，球卡式提引器，爬杆式提引器和切口式提引器）；还可配备拧管机。

第七节特殊场地和不良地层的钻进要领

一、特殊场地钻探作业

（一）水域钻探（主要参考《水利水电工程钻探规程》SL 291-2003 8 水上钻探）

水域钻探应编制“项目水域钻探施工组织方案”。现场应全面落实和实施《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 有关水域钻探安全规定的‘项目水域钻探施工组织方案’。

I、一般规定与勘探平台选择

1、水上钻探的准备和勘探平台类型的选择应遵守下列规定：

1) 开工前，应搜集和分析工地上游的水文、气象、航运及水库运行资料，与有关航运部门商定钻探期间的安全航行事宜等。

2) 应组织现场勘察，了解工作区地形、水文和现有水上设备能力，制定施工措施，确定报警水位和撤退航线等。

3) 水上勘探平台应结构牢靠、面积紧凑，宜全部钉铺厚 40mm~50mm 木板，周围架设不得低于 1.2m 高的安全栏杆。

4) 水上勘探平台类型应根据实际情况和具体条件确定，详见表 6.7.1 水上勘探平台类型选择。

2、水上导向套管的安装应遵守下列规定

1) 有覆盖层的河床，可采用齿状管靴；无覆盖层的河床，可采用带钉管靴。

2) 套管在水中的部分，应根据水深和流速的情况，设置若干保护箍，每个箍上用两根钢丝绳拉向上游，借以固定套管。

3) 在流速大于 4m/s 的河床钻探时，套管的定位钢丝绳及保险绳数量应符合表 6.7.2 的规定。

3、潮间带勘察作业时间应根据潮汐周期确定和调整。

表 6.7.1 水上勘探平台类型选择

水上勘探平台类型		钻探期间水文情况			安全系数与吃水线	
		最小水深 (m)	流速(m/s)	浪高 (m)	安全系数	全载时吃水线应低于甲板
浮式 勘探	专用铁驳	2	< 4	<0.4	5~10	>0.5
	木船	1	< 3	<0.2	5~8	>0.4
平台	竹木筏	0.5	< 1	< 0.1	3	不限
	油桶	0.8	< 1	< 0.1	5	0.2~0.3
架空	桁架	不限	< 1	2	5	钻场面与水面距离> 1
	平台	最大 10	< 3	2	5	> 1
平台	索桥	不限	< 5	不限	6~8	> 3

表 6.7.2 套管定位与保险用钢丝绳数量表

水深 (m)	定位绳根数 (根)	保险绳根数 (根)
20	2	1
20 ~30	2	1~2
30 ~40	2	2~4

II、浮式勘探平台

I、钻船的选择与安装应遵守下列规定：

- 1) 水上浮式勘探平台以船舶支撑，采用类型和吨位相同的双船结构，船舶的吨位根据河流水文情况、钻孔深度、设备器材重量、工作负荷等因素进行选择，还应考虑 5~10 的安全系数；
- 2) 双船拼装时，两船间距为 0.8m~1.0m，铺设枕木的间距为 0.8m~1.0m,两船连接应牢固；
- 3) 主锚应采用 50kN 手摇绞车绞引，绞车安装在船舶首部横梁加固位置；
- 4) 钻机安装在勘探平台中部偏后处，钻架架腿应设垫板压于基枕木下；
- 5) 移动式或建造的桁架式勘探平台底面应高出勘探期间的最高潮位加 1.5 倍最大浪高。

2、勘探平台抛锚定位应遵守下列规定：

1) 主锚重量、钢丝绳直径和长度的选择应符合下列要求：

- (1) 锚重宜为 50kg~100kg。
- (2) 主锚钢丝绳直径应为 15mm~25mm,长度为 50m~200m。
- (3) 锚绳的安全系数取 5~8。

2) 勘探平台行驶、拖带、抛锚定位、调整锚绳和停泊等工序应由持证船工统一协调、有序进行， 钻探工人配合完成。勘探人员不得要求持证船工违章操作。

3) 按先抛主锚、后抛边锚的次序作业。若在岸边岩石上固定主锚时，应先将主锚固定后再向孔位移动钻船，并配合抛固边锚。

4) 抛锚后钢丝绳与水面夹角应为 10°左右；主锚钢丝绳与前边锚平角为 35°~45°；主锚的固定必须牢固可靠，并应设有锚漂。

5) 勘探平台长边方向与水流方向应一致，主锚的位置在钻船的正前方，若有困难，可使用两个前边锚代替主锚。

6) 安装勘探孔导向管的作业人员应佩戴有安全锁的安全带；导向管不得紧贴船身、不得与浮式勘探平台固定连接。

7) 建造勘探平台的单体船舶横摆角度大于 3° 时，应停止勘探作业。

3、开工安全检查。在通航水域作业的勘探平台定位后，勘察项目负责人应检查勘探平台的建造质量，并应达到设计要求，核实使用锚泊、悬挂作业信号和灯旗等安全标志后，方可进行勘察作业。

4、待工或停工期间，勘探平台应留足值守船工。

5、当勘探平台暂时离开勘察作业点时，应在作业点或孔口管上设置浮标和安全标志。

6、水域勘察作业完毕，应及时清除埋设的套管、井口管和留置在水域的其他障碍物。

III、内海钻探（内海指钻探作业孔位距离海岸大于 5km 或水深度大于 10m 的海域）

内海钻探作业安全除应符合《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 有关水域钻探安全规定外 尚应符合下列规定：

1、内海钻探施工前尚应了解下列情况，并应采取技术措施：

- 1) 施工海区海洋气象;
- 2) 钻探区域的海底地形地貌和水下设备;
- 3) 钻探区域内的船只活动规律及海区所属的航监部门的有关规定等。

2、内海勘探平台应遵守下列规定:

1) 除选用专用勘探工程船舶或移动式勘探平台外,建造式勘探平台应采用自航式、船体宽度大于 6m、承载勘探平台船舶总载重吨位安全系数大于 10 的单体适航船舶。

2) 应根据作业海域水下地形、海底堆积物、水文、气象等条件进行抛锚定位。

3) 锚绳应使用耐蚀的尼龙绳,安全系数不应小于 6,数量不应少于 8 根。

3、内海钻探的抛锚定位应按下列次序进行:

1) 钻孔定位应选在能见度好、风浪小的平潮时进行,孔位误差应小于 2m。

2) 根据钻孔附近的水深、海水流速、流向、风力和风向等条件,做好抛锚定位工作。钻船的锚重量应等于或略大于吨位相当海船的锚重。锚链长度应大于水深的 5 倍。锚绳应采用耐蚀的尼龙绳。

4、内海钻探应遵守下列规定:

1) 开孔时必须先下入套管,以便固定孔位和引出冲洗液。

2) 开孔下管作业,应选在平潮时进行,若海水流速较大时,套管下部应有拉绳配合。

3) 为适应潮位变化,应备有足够数量 1.0m 长短套管,在孔口宜设置伸缩套管。船上钻机宜架高 0.5m ~1.0m。

4) 海上作业时,勘探平台应贮存足够的淡水和急救药品,宜配备救生艇;禁止夜间工作。

IV、水域钻进注意事项

1、根据场地离岸的距离选择钻探点定位测量的仪器与方法。钻探点应按设计点位测设,开孔后应实测点位坐标和高程,并应与最新测绘的水域地形图及水文、潮汐等资料进行核对。

2、钻探点位的高程应由多次同步测量的水深与水位确定,并可用处于稳定状态套管的长度作校核。在水深流急区域,不宜使用水泥绳测水深法确定点位标高。

3、应在孔位附近进行水深测量,水深测量和水位观测应同时进行。在潮汐影响水域采用勘探平台作业时,应按钻探任务书要求定时进行水深水位观测,并校正水面标高。在地层变层时,应及时记录同步测量的水尺读数和水深水位观测数据,准确计算变层和钻孔深度。

4、护孔套管安装钻孔的护孔套管应插入底质土层的密实地层,保持稳定,使冲洗液不跑漏。

5、勘探平台应配有足够的铁锚、锚绳和锚链,并符合以下要求:

1) 铁锚的形式:一般河床宜采用兔子锚(山字锚),有覆盖层的河床宜采用燕子锚;

2) 每个勘探平台应设置主锚、前锚、边锚和后锚,铁锚的数量不少于 5 个。铁锚重量应根据钻船载重量和水的流速进行选择,宜为 50kg~100kg,较大吨位的铁驳船宜用 300kg~500kg 铁锚。主锚和前锚应大于后锚和边锚;内海勘探平台的锚绳数量应不少于 8 根;

3) 锚绳应采用钢丝绳,锚绳直径应符合表 6.7.3 锚绳直径选择表的规定。

4) 当水流流速大时,锚与钢丝绳之间应加一段锚链,长度宜为 10m~20m,连环直径应大于钢丝绳直径。

6、勘探平台的抛锚与定位应符合下列规定:

1) 抛锚、定位应选择在无雨、无雾和微风天气进行,由岸上的测量人员用测量仪器观测控制。

2) 抛锚时，锚头上应拴起锚绳，其长度应大于水深，并应在起锚绳尾端拴上浮筒。

表 6.7.3 锚绳直径选择表

船的载重量 (t)	钢丝绳直径 (mm)		
	主、前锚	后锚	边锚
8~10	12.5	9.3	9.3
10 ~20	12.5	12.5	9.3
20 ~25	12.5	12.5	12.5
30 ~40	19.0	15.5	15.5
150~200	23.0	20.0	15.5
300~500	26.0	23.0	20.0

3) 定位宜采用拖轮，并应先将钻场拖至孔位附近，用小船抛定主、前锚，再用船上绞车收紧锚绳，浮动钻场逐渐向孔位靠拢，最后将后、边锚抛定，调整各锚绳长度准确定位。当钻机立轴（转盘）中心或垂吊钻具中心对准孔位时可将平台稳定。

4) 地形、地物允许时，宜把部分锚固定在岸上。

5) 抛锚时，单体船舶建造的勘探平台的主锚应设在船头中间，锚绳应与水流方向一致。双船联拼建造的勘探平台应使两船中心线方向保持一致，并使主锚绳与水流方向一致；两根前锚绳与主锚绳所构成的夹角应在 35° -45°之间，两前锚绳的夹角宜为 90°；无主锚绳时，两前锚绳与两船中心线的夹角应相等；两前、两后锚绳应成交叉布置。

V、水上钻探安全规定

除应遵守《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 有关规定外，尚应遵守下列安全规定：

- 1 勘探平台、渡船等必须备有足够数量的救生衣或救生圈、通信设备，并规定呼救信号。
- 2 勘探平台、渡船和渡口码头必须制定健全的安全制度，水域作业人员应穿救生衣。
- 3 勘探平台装载应保持平衡，不常用的器材，或已装满的岩芯箱，应及时搬移上岸。
- 4 提升钻具时，不得强力起吊，不得将千斤顶坐落在勘探平台上处理事故。
- 5 每班应有专人检查锚绳、绞车等安全情况，根据水情变化，及时调整锚绳，并应随时清除漂挂在锚绳及套管上的漂浮物。
- 6 严禁在勘探平台上游的主锚、边锚范围内进行水上或水下爆破作业。
- 7 掌握上游水情，若遇有洪峰警报，应立即通知勘探平台上的人员做好准备，并由专人组织指挥度汛或撤退。
- 8 水深流急时，勘探平台下游应设有救生安全站，并有专人值班。
- 9 停工停待时，勘探平台上值班人员应负责监视和排除船仓内积水和挂在锚绳和套管上的漂浮物，并做好船上的防火工作。
- 10 勘察项目安全员要按照勘察纲要的安全措施，经常检查和监督水域钻探安全措施落实情况。

(二) 岩溶区域钻进安全操作要领

- 1、应根据勘察纲要提供的单孔资料，做好岩溶层钻孔结构和钻具结构施工设计。
- 2、钻具应带上部切割成马蹄形状的取粉管。在钻进或扫孔过程用提引器吊住机上钻杆随钻随下；低转

速钻进，随时注意岩溶地层溶洞的预兆（如钻具放空等）。

3、当钻穿溶洞顶板时，应立即停钻，（加钻杆）试探溶洞底板深度（取粉管不宜进入溶洞内），试探中应详细记录溶洞顶底板深度，洞内有无充填物及其性质成分、水文地质情况等。根据溶洞的特点，确定或修正后续钻孔结构和钻具结构：

（1）当溶洞有充填物，应采用双层岩芯管或无泵钻进，捞取充填物；对无充填物或充填物不满的溶洞，钻进时应按溶洞大小下入相应长度的导向管。

（2）为防止钻孔偏斜或其他事故，当钻穿溶洞后，应根据溶洞深度情况，下入适宜口径的导向套管；当溶洞深度小于 3m 时可用加长粗径钻具钻进，轻压慢转至溶洞底板以下 2~3m，取出完整岩芯后，下入套管隔离溶洞。

4、为防止钻穿溶洞顶板时岩芯脱落，岩溶区域钻探宜采用卡簧或抓簧取芯钻具取岩芯；减慢提下钻速度，钻具遇阻时应分析原因并采取相应措施。

5、为防止跑钻事故，倒杆时应用提引器吊住钻具。

（三）滑坡地段钻探要领

1 用干钻或单动双层岩芯管，或无泵反循环钻进。回次进尺不得超过 0.5m，小钻压，低转速；

2 根据地层情况、滑动体稳定程度、滑动面位置及坡底岩性等情况，确定下套管层数及深度。

3 在滑坡体上进行钻探施工，应先从坡顶布孔打钻，施工过程设专人负责监视滑动位移情况；雨季更要注意监视滑动位移情况，发现异常应及时采取安全措施，以确保人身和设备安全。

4 为查明滑动面的钻探，遇有严重漏水时，宜选用空气钻进法；当钻至接近预计滑动面（带）以上 5m 或滑动面（带）迹象（软弱面、地下水）时，必须采用干钻或空气钻进；并宜增大钻压、降低转速，提高岩芯采取率；回次进尺不得大于 0.5m，并应及时检查岩心，确定滑面位置。

5 应记录并检查钻进中遇到的钻孔偏斜、钻具偏磨、提下钻遇阻等异常现象；

6 钻进中应及时取样鉴定，并做好水文地质观测和记录。发现地下水时，应分层测量地下水位。

（四）污染场地勘探安全注意事项

1、当污染场地或土层对人体有危害或对钻具仪表有腐蚀性危害时，应按照勘察纲要要求采取必要的通风和作业人员个体防护措施，做好卫生监督，避免设备和作业人员的二次污染；

2、在污染土层钻进不宜采用泥浆，可采用清水或不产生附加污染的可生物降解的脂基冲洗液；

3、在坚实土层中，应采用回转法取样；较浅钻孔或松散土层中，宜采用压入法或击入法取样；

4、取样工具和钻具应保持清洁，避免污染土对大气及操作人员的二次污染；

5、为防止防止挥发性物质流失、氧化，土试样采集后应及时封存，按勘察纲要要求及时试验；

6、当勘探孔钻穿已有防渗层终孔验收后，应按照勘察纲要要求及时检测和封孔；

7、勘探场地产生的废弃物应集中收储、妥善隔离或无害化处理。

二、不良地层的钻进

（一）砂层钻进要点

1 砂层与钻进相关的特点是结构较松散，钻孔孔壁不稳定，易发生坍塌等现象。

2 砂层钻进应注意事项

- 1) 配备双套或多套钻具, 钻进中快速通过, 尽量减少各道环节停待时间;
- 2) 应根据砂层的透水性、流动性、颗粒大小、厚度及埋深等情况, 选用优质泥浆。泥浆粘度控制在 22~28s, 失水量 10~15ml/30min, 泥浆密度 1.15-1.2; 提钻时应向孔内回灌泥浆;
- 3) 采用回转跟套管钻进时, 套管直径应比粗径钻具直径大 1~2 级; 钻具下至孔底后, 应采用边回转、边送水、边提动钻具、边跟套管的操作方法; 封堵套管外环间隙, 以防涌砂堵塞套管;
- 4) 采用冲击法跟套管钻进时, 钻具长度一般为 2.5~3.5m, 冲程为 0.2~0.4m, 回次进尺一般为 0.5m 为宜; 粗径钻具钻进深度不宜超过套管靴以下 0.5m, 阀式管钻掏砂, 跟套管;
- 5) 砂层取芯钻进时, 一般应采用双层岩芯管外肋骨钻头钻进, 双层岩芯管内外管径应相差 1~2 级, 双层岩芯管长度为 2~3m, 内管比外管长出 40~60mm 为宜;
- 6) 砂层钻进技术参数, 一般应采用“快钻、勤提”, 泥浆或投粘土球护孔等技术措施; 要适当控制回次进尺速度和钻具升降速度。

(二) 砂砾卵石、漂石地层钻进注意事项

- 1、一般采用硬质合金钻进或单管电镀金刚石钻头钻进; 砂砾卵石、漂石粒径较大时, 根据实际条件, 可采用冲击和潜孔锤等钻进方法。
- 2、为满足取芯要求, 宜采用钢丝绳钻头或喷射式孔底反循环钻具(简称“喷反”)等方法取芯。
- 3、钻进参数一般采用中压力、低转速、中泵量以及少提动钻具的操作方法。
- 4、可采用优质泥浆护壁, 一般泥浆粘度 22~30s, 失水量 10~15ml/30min

(三) 破碎带地层钻进要领

- 1、在松软、脆碎、胶结性差、怕冲刷、易溶蚀岩层钻进注意事项
 - 1) 应采用双层岩芯管钻进, 钻头出刃要大一些, 一般为 1.5~2.0mm, 钻压、转速、冲洗液量要适当减少, 回次进尺以 0.5m 为宜; 钻进时不得上下提动钻具;
 - 2) 孔内静水位高于粗径钻具(不少于 0.5m)时, 可采用无泵反循环钻进。钻进操作时要尽量提高提动钻具的频率(10~15 次/min); 软地层提动高度为 80~100mm; 硬地层提动高度为 50~80mm。
 - 3) 使用泥浆粘度不宜过高, 控制在 18~20s, 失水量控制在 10-15 ml/30min。
- 2、硬、脆、碎岩层钻进注意事项
 - 1) 采用双层岩芯管钻具钻进
 - (1) 有条件时配置内管扶正器;
 - (2) 双层岩芯管钻具的岩芯管长约 2m, 钻头水口要小;
 - (3) 钻压一般为 6~8kN, 转速为 140~180r/min, 冲洗液量适宜, 钻进过程不宜提动钻具, 回次进尺以 0.5-1.0m 为宜。
 - 2) 采用喷射式孔底反循环钻进, 其钻进工艺要点:
 - (1) 硬质合金钻进参数: 钻压为 700~800N/粒, 转速为 100~150r/min, 泵量为 60~100L/min。回次进尺一般为 0.5~0.8m; 回次终了应停钻冲孔, 干钻取芯后提升钻具;
 - (2) 水泵运转必须保持良好, 中途不得停泵, 否则易造成岩粉沉淀自卡岩芯或堵塞孔底循环通道;
 - (3) 泥浆钻进时, 泥浆粘度一般应控制在 18~20s 为宜; 失水量 10~15ml/30min。

（四）软弱夹层钻进要领

- 1、软弱夹层钻进宜按勘察纲要中的钻探技术章节要求实施。
- 2、采用钻孔直径 75mm 或 91mm 金刚石单动双管钻具钻进。
- 3、采用单动双管或三管时，岩心管有效长度不得超过 1m。
- 4、接近软弱夹层 1m 左右时，即换用与软弱夹层相适应的钻具和钻进方法，回次进尺控制为 0.5~ 1.0m。

遇有穿透夹层迹象时，应再钻进 0.1~0.2m 提钻。

- 5、宜安装岩芯堵塞报警装置，发现岩芯堵塞立即提钻。
- 6、钻进时注意观察仪表，对钻速变化、回水颜色应记录，并判定顶板、底板的位置。
- 7、重要软弱夹层可采用套钻方法，其工艺过程应遵守下列规定：
 - 1) 应采用导向钻具钻中心孔，直径应小于 36mm；
 - 2) 钻中心孔前，孔底应灌入聚酯浆液，凝固后磨孔；
 - 3) 插筋后灌入粘接剂，压力 1.5MPa~1.8MPa；
 - 4) 套钻钻具口径应不小于 91mm。

（五）软土层钻进注意事项

- 1、可采用上端有排水孔，下端带有排水活门的空心螺纹提土器或活套闭水接头单管钻具取芯；
- 2、钻进宜连续进行，当成孔困难或需间歇作业时，应采用套管、泥浆等护壁措施；
- 3、控制回次进尺长度，厚层软土不宜大于 2.0m,中厚层软土不宜大于 1.0m,地层含粉质成分较多时，不宜超过 0.5m,并确保分层清楚，提土率应大于 80%；当夹有大量砂土互层，提土率不能满足要求时，应辅以标准贯入器取样作土层鉴别；
- 4、淤泥和淤泥质土可采用肋骨钻头配制的钻具进行锤击钻进，并应预防钻孔偏斜。

（六）膨胀岩土层钻进和采取原状土样注意事项

- 1、膨胀岩土层钻进注意事项
 - 1) 应选用失水量小、护壁性能好的优质泥浆护壁钻进；
 - 2) 采用加大水口高度、宽度的肋骨钻头回转钻进，注意回次扫孔，不得采用振动或冲击钻进；
 - 3) 为保证取芯质量，钻孔取芯宜采用单动双管钻具或无泵反循环钻进；
 - 4) 采取 I、II 级土试样时，应采用干钻钻进；不宜送冲洗液循环钻进；
 - 5) 回次进尺宜控制在 0.5~1.0m；
 - 6) 当孔壁严重缩径时，应随钻划孔或随下套管护壁。
- 2、膨胀岩土取样注意事项
 - 1) 应采用薄壁取土器，取土器入土深度不得大于其直径的 3 倍，土试样直径不小于 89mm；
 - 2) 注意保持土试样的天然湿度和天然结构，并应防止土试样湿水膨胀或失水干裂。

第八节提高工程勘察钻探质量的技术措施简介

- 1、准确量测机上余尺，丈量误差不超过 10mm；准确实施“钻探过程现场记录”。
- 2、钻进回次进尺应根据地层情况钻进方法及工艺要求、工程特点等确定，并应符合下列规定：

1) 满足鉴别厚度小于 0.2m 薄层的要求;

2) 在松散和破碎地层中钻进时, 适当控制回次进尺长度和回次进尺时间。在粘性土中, 回次进尺不宜超过 2.0m; 在粉土、饱和砂土中, 回次进尺不宜超过 1.0m,且不得超过螺纹长度或取土筒(器)长度; 在预计的地层界线附近及重点探查部位, 回次进尺不宜超过 0.5m; 采取原状土样前螺旋钻头清土时, 回次进尺不宜超过 0.3m;

3) 在岩层中钻进, 回次进尺不得超过岩心管长度; 在软质岩层中, 回次进尺不得超过 2.0m; 在破碎岩石或软弱夹层中, 回次进尺应为 0.5~0.8m。

3、不同地层应采用不同钻进方法。如, 淤泥及软粘土应加大钻孔口径或采用肋骨钻头钻进; 卵砾石层采用钢丝钻头钻进取芯; 如发现地层变化时应随即提钻。

4、准确测量水文地质数据。应做到采用同一方法和仪器量测水位; 控制量测工具、观测等的误差。

5、重视水文地质试验钻孔成井工艺质量。钻孔成井工艺质量影响水文地质参数的真实性。现场应按设计要求控制过滤器加工质量和砾石质量; 对工程有影响的多层含水层应实施分层止水工序, 严格分层止水质量和止水质量检查, 进行分层抽水试验和水位观测。

6、重视采取岩、土、水试样质量控制:

1) 岩芯取出后应按照顺序排列, 用红漆标明上下位置, 注明回次起止深度和岩芯数量;

2) 取样孔段按照规定采取回转钻进, 并清除孔底残土; 砂层取样要及时封装妥善保管并送检。

3) 根据地层条件、岩层的物理力学性质, 正确地选择取芯工艺、取样器具、钻进参数和冲洗液类型。在取心困难的地层中钻进时, 应降低转速、压力和泵量; 在砂砾卵石层和破碎带地层、软弱夹层等地层宜选择植物胶作冲洗液和适宜取芯工具; 需要泥浆护壁的钻孔应使用优质泥浆。

4) 原位测试前应检查测试设备质量; 测试过程严格按照测试规程操作, 并实时记录数据。

5) 退岩心时要细心, 不得重敲、猛打, 尽量避免人为破碎, 并防止上、下次序颠倒。

6) 可钻性 6 级及以上岩层优先采用金刚石钻进。

7、根据岩层选择适宜的取芯钻具, 提高岩芯采取率。取芯钻具参照表 6.8.1 常用取芯钻具种类选择。

表 6.8.1 常用取芯钻具种类

序号	钻具种类	技术参数	适应岩层	可钻性	说明
1	投球单管钻具		胶结良好岩层, 软岩层	1~5	卡芯后投入钢球, 堵死水路, 避免应水柱压力而脱落岩芯
2	“喷反”钻具		硬、脆、碎岩层	4~7	岩芯样存在分选问题
3	隔水双动双管钻具	压力 6kN~8kN, 转速 140~180r/min, 泵量 100L/min	松软破碎易冲蚀岩层	1~5	钻具结构简单, 但岩芯易堵塞
4	单动双管钻具		一般软硬互层	4~7	卡簧活动范围较小
5	单动双管(爪簧式)		脆碎、酥碎, 软硬互层	4~6	爪簧应富有弹性

更多的回转钻进的取芯钻具, 参见《岩芯钻探工具手册》(原陕西省地质局编 地质出版社 1977 年出版)

第七章 钻探冲洗液与套管护壁

钻进过程，钻头破碎岩石会产生很大热量、岩粉或使孔壁压力失衡，需要冲洗液及时冷却钻头、润滑钻具、悬浮和携带岩粉，利用冲洗液控制与平衡地层压力和形成泥皮保护孔壁。钻探对冲洗液要求：

- ①应具有良好的冷却、散热能力和润滑性能；
- ②在使用中应能抵抗外界干扰，其性能基本稳定；
- ③冲洗液的使用应不妨碍且有利于取芯、取原状土试样、原位测试、测井等工作；
- ④冲洗液应不腐蚀钻具和地面循环设备；
- ⑤冲洗液应无毒和不污染环境；
- ⑥选用的泥浆性能应能在较大范围内进行调节。

第一节 常用冲洗液及其处理剂

一、常用冲洗液及其应用

1 清水和自然造浆

清水作冲洗液，或钻遇粘土类地层时，岩屑与清水混合分散形成自然造浆。适用于孔壁稳定地层。

2 细分散泥浆

钠化钙膨润土粉（钙膨润土粉加适量碳酸钠——分子式为 Na_2CO_3 俗称“纯碱”，预处理）或钠膨润土粉添加淡水搅拌形成稳定的悬浮液，即细分散泥浆，适于孔壁较稳定的地层。

3 粗分散泥浆

细分散泥浆中加入石灰、石膏、 NaCl 、 CaCl_2 和海水一类的絮凝剂和其他处理剂，形成适度絮凝的粗分散泥浆。主要有钙处理泥浆（石灰泥浆、石膏泥浆、氯化钙泥浆）、含盐泥浆（盐水泥浆、饱和盐水 泥浆、海水泥浆）和钾基泥浆等。适于较复杂的水敏性地层、盐碱地层和浅海钻探。

4 不分散低固相（聚合物冲洗液）

指泥浆中包括粘土和岩粉的总固相体积含量在 4% 以下，大约相当于泥浆相对密度 1.07 以下；具有选择性絮凝作用的高聚物，如聚丙烯酰胺等为主要处理剂，基本不用有机分散剂及 pH 值 7-8.5 等性能指标；保留泥浆中优质造浆粘土，絮凝劣质土和钻屑，便于地表沉除；保持钻屑含量与亚甲蓝粘土含量的比值不超过 2:1 等性能。该类泥浆由淡水、膨润土、高聚物组成，适应性强，既具有类似清水的高转速，又有较好净化、携粉和防塌抑制性。特别适于中硬地层的小口径金刚石钻进。

5 无固相冲洗液

清水中不加粘土只加化学处理剂。主要有合成高聚物冲洗液、天然植物胶冲洗液、生物聚合物（XC）冲洗液、水玻璃+PHP 冲洗液等。适于软弱夹层、裂隙发育破碎地层和一般的水敏性地层钻进。

二、冲洗液的常用化学处理剂及冲洗液的选择

冲洗液由基础配浆材料及处理剂两部分组成。基础配浆材料是指在配浆中用量较大的基本组份，主要有水和粘土，冲洗液材料应符合《钻井液材料规范》GB/T 5005 的规定，优先使用钠或钙膨润土。

1、常用泥浆无机处理剂 详见表 7.1.1 常用泥浆无机处理剂。

2、常用泥浆有机处理剂 详见表 7.1.2 常用泥浆有机处理剂。

3、钻探冲洗液选择的基本原则

1) 钻进致密、稳定地层时, 应选用清水作冲洗液;

2) 水文地质勘探钻孔的钻探, 宜选用清水或不分散低固相泥浆作冲洗液; 未经勘察项目负责人批准, 不得采用植物胶泥浆护壁和堵漏材料堵漏;

表 7.1.1 常用泥浆无机处理剂

类别	名称	分子式	20°C 时溶解度 g/100g 水	主要性能	主要用途
碱类	氢氧化钠 (烧碱、火碱、苛性钠)	NaOH	109.1	强碱, 有强腐蚀性, 易溶于水, 易吸潮, 吸收空气中 CO ₂ 后变成 Na ₂ CO ₃ 固体烧碱密度 (比重) 2~2.2	调节泥浆 pH 值, 溶解有机处理剂, 使粘土分散性好; (适量时) 泥浆增粘
	氢氧化钙 (熟石灰、消石)	Ca(OH) ₂	0.165	白色粉末, 吸潮性强, 碱性强有腐蚀性, 可由生碱 CaO 加水得到	提供钙离子。配制钙处理泥浆 (粗分散泥浆), 对页岩有抑制作用
氯化物	氯化钠 (食)	NaCl	36	白色结晶细粒, 易溶于水	用于配制盐水泥浆
	氯化钙	CaCl ₂ · 6H ₂ O	74.5	无水氯化钙是白色结晶, 有强吸潮性, 易溶于水	配制高钙泥浆
酸盐	碳酸钠 (纯碱)	Na ₂ CO ₃	17.7	工业碱呈白色粉状结晶。其水溶液呈强碱性, 吸潮后易结块	提供钠离子。软化水质, 置换钙离子使钙粘土分散性好, 增加泥浆粘度起分散剂作用

表 7.1.2 常用泥浆有机处理剂

作用	类别	名称	主要用途
稀释剂 (分散)	1. 丹宁类 2. 木质素磺酸	丹宁、栲胶类、丹宁碱液 (NaT)、栲胶碱液; 铁铭盐 (FeIS); 腐植酸钠 (NaHm), 腐植酸钾 (KHm)、磺化褐煤。	减粘、降失水; 抗高温、盐浸; 增粘、降失水, 增切力。
增粘 (增稠)	1. 纤维素类 2. 聚酞类	挟基甲基纤维素 (CMC) 含植物胶类; 雷公蒿粉、香叶粉, 钻井粉、榆树皮粉、杨树皮粉等	增粘、降失水
降失水剂	1. 纤维素类 2. 聚酞类 3. 腐植酸类	梭基甲基纤维素 (CMC) 野生植物胶类; 同上 煤碱液 (腐植酸钠) 水解聚丙烯晴 (HPAN)	降低失水量
絮凝剂	丙烯酸衍生物类	聚丙烯酰胺 (PAM) 部分水解聚丙烯酰胺 (PHP)	絮凝和部分絮凝可制低固相泥浆

3) 在地下水位以下的饱和软黏性土层、粉土层、砂土层等不稳定地层, 宜采用泥浆护壁; 在砂卵 碎石层、松散、掉块、裂隙破碎地层、软弱夹层或胶结较差的地层钻进, 宜选用植物胶泥浆、聚丙烯酰胺泥浆等作冲洗液;

4) 片岩、千枚岩、页岩、粘土岩等遇水膨胀地层, 宜采用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆;

5) 钻进可溶性盐类地层时, 应采用与该地层可溶性盐类相应的饱和盐水泥浆;

6) 钻进高压含水层或易坍塌的岩层时, 应采用密度大、失水量小的泥浆;

7) 金刚石钻进宜选用清水乳状液, 低固相或无固相泥浆、乳化泥浆等作冲洗液。

4、钻孔护壁堵漏措施

• 水文地质钻孔的钻探施工，未经勘察项目负责人批准，钻探过程不得采取堵漏措施；不得采用植物 胶泥浆护壁。

工程地质钻孔护壁堵漏或隔离措施：

- 1) 钻孔只漏失冲洗液而不坍塌时，在水源充足的情况下，可以“顶漏”钻进；
- 2) 孔壁坍塌、冲洗液消耗较大，用普通泥浆无法正常钻进时，可在泥浆中添加堵漏材料或用高分子絮凝剂，进行全絮凝堵漏；
- 3) 在破碎岩层中冲洗液漏失严重时，应采取充填、封闭等堵漏措施；
- 4) 在松散填土及其他易坍塌的岩土层钻进时，可采用套管隔离；
- 5) 当孔壁严重坍塌且冲洗液大量漏失时，可灌注水泥浆护壁堵漏或套管隔离；
- 6) 采用冲击钻进时，宜采用粘土护壁或套管隔离；
- 7) 工程地质钻孔常用堵漏材料，参见《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 表 5.4.1 常用冲洗液和护壁堵漏材料。

5、金刚石钻探对冲洗液的要求

- 1) 应对金刚石与胎体具有良好的冷却散热能力，防止“烧钻”；
- 2) 应具有良好的润滑性能，使钻具能够高速旋转，并防止粘附卡钻；
- 3) 应具有良好的剪切稀释作用，有利于携带岩粉和破碎岩石；
- 4) 应具有良好的护壁防塌、堵漏等功能；
- 5) 能抵抗各种外界条件的影响，如盐、钙和粘土的侵入以及温度影响；
- 6) 要有利于取芯、取样和孔内测试作业。
- 7) 润滑冲洗液的配制和管理

金刚石双管钻具钻进应使用润滑性能好的冲洗液。润滑冲洗液的配制和管理应满足下列要求：

(1) 润滑冲洗液的配制是在清水或低固相泥浆中，加入与地下水或岩层相适应的添加剂配制而成，常用添加剂见表 7.1.3 润滑冲洗液常用添加剂。一般情况下选用阴离子型的。在岩层和地下水含有钙、镁离子（易引起乳化油破乳或产生油垢）时可选用非离子型或复合型的添加剂。

表 7.1.3 润滑冲洗液常用添加剂

类型	名称	添加剂（冲洗液体积百分比）
阴离子型	太古油	0.10~0.50
	皂化溶解油	0.30~0.50
阳离子型	0 型乳化油（A）	0.70
	0 型乳化油（B）	0.30~0.50
复合型	减阻剂	0.30~0.50
	复合乳化剂	0.20

(2) 当润滑冲洗液出现大量泡沫时，应加入消泡剂，常用消泡剂应见表 7.1.4 常用消泡剂。

表 7.1.4 常用消泡剂			
名称	用 法	添加量（冲洗液体积百分比）	
		清水中	低固相泥浆中
仲辛醇	直接加入冲洗液	0.01 ~0.10	0.05~0.20
3#甲基硅油	直接加入冲洗液	0.002~0.02	
乳化硅油	先用 4~10 倍冷水稀释后滴入冲洗液	0.004~0.01	酌量增加
硬脂酸铝	用柴油或煤油配成 5%~10%的溶液使	0.10 ~1.00	酌量增加

6、绳索取心钻探对冲洗液的要求

对冲洗液的性能要求主要围绕降低或防止绳索取心钻杆内壁结垢，以清除占 90%左右大于 20 μ m 粒度的固相颗粒；条件许可时宜用无固相或不分散低固相并加有润滑剂的冲洗液。

- 1) 低固相：宜采用优质膨润土，固相总含量不超过 4% （体积）；相对密度不高于 1.07g/cm³ ；
- 2) 高分散性的固相粒度控制：维持入孔泥浆固相中 80%-90%以上的颗粒小于 10 μ m；
- 3) 低黏度低切力：漏斗黏度 18s 左右，静切力趋近于零，并具有良好的润滑性能；
- 4) 失水量适当：有一定的抑制水敏性地层的能力，API 失水量≤15mL/30min；
- 5) 钻孔深度超过 150m 的深孔，宜配备固相控制装置或净化系统。可采用能清除粒径 10 um 以上岩粉的除泥器，确保入孔泥浆质量。

第二节泥浆的主要性能指标

泥浆主要性能有泥浆密度（俗称“泥浆比重”或称“泥浆相对密度”）、粘度、含砂量、失水量、胶体率、静切力和酸碱值（亦称 pH 值）等指标。泥浆性能对钻探的钻速、平衡地层压力、泵压、岩粉的携带与悬浮等有直接的影响，以密度、粘度和含砂量为重要。泥浆主要性能指标详见表 7.3.1。

表 7.3.1 泥浆主要性能指标

项目	意义	度量单位	现场测定仪器	性能要求
泥浆密度	泥浆质量与 4℃ 时同体积水的质量之比。以控制孔内压力平衡，保持孔壁不坍塌为原则	无量纲	1002 型泥浆比重秤	一般为 1.1~1.15；坍塌和涌水地层可 >1.2
粘度	是表示泥浆的粘滞程度，表示泥浆在流动过程，各分子或颗粒之间内摩擦力大小，亦即流动性。	s	1006 型漏斗粘度计	一般为 18~20s；坍塌和漏失地层可 >25s
失水量及泥皮	泥浆在孔内受内外水头压力差的作用下，在一定的时间内分离出去渗入地层的水量，称为失水量。泥浆失水分动失水和静失水。	mL/30min	1009 型泥浆失水量仪或气压式（打气筒）	一般地层，失水量小于 25mL/30min，泥皮 3~4mm；松散、坍塌、遇水膨胀地层，失水量
	泥皮指泥浆失水过程粘土颗粒附于孔壁周围形成			
	层个易透水的薄泥状物，保封孔壁。泥皮厚度是指孔壁周边粘附泥浆所形成薄泥状物的厚度。泥浆失水量小，泥皮薄而致密；失水量大，泥皮厚而疏松，且易脱落	mm	加压失水量仪	应小于 10~15mL/30min，泥皮 3mm 以下
静切力	使泥浆从静止状态到开始流动所需最小的力，即破坏 1cm ² 断面上泥浆颗粒间的结构联系所需最小的力。静切力分为初切力（静止 1min）和终切力（静止 10min）。静切力大的泥浆其结构强度大，停止循环时，具有较强的悬浮岩屑的能力，但泥浆开始流动时，则需要增大泵压，增加动力消耗，并且携带的岩粉不易沉淀水泵运转阻力大	Pa	电动转筒式泥浆静切力计（1007 型）	要求泥浆初切力小（降低动力消耗），终切力大。一般地层 1~2.45Pa；漏失地层 4.9~7.85Pa 或更高
胶体率	100mL 泥浆注入 100mL 的里筒静置 24h 然后用玻璃片盖住，析出清水后的泥浆体积的百分数。是泥浆悬浮或聚沉能力大小的标志	%	100mL 里筒或胶体率测定仪	一般 >95%
含砂量	泥浆中不能通过 200 号筛孔（即粒径大于 74 μm）的颗粒所占泥浆体积的百分数	%	NA-1 型含砂量计	一般 <4%
酸碱值	即 pH 值，表示泥浆含酸碱程度		比色法	一般 8~11 之间

第三节 泥浆的配制与管理

一、现场泥浆的配制、性能调节与维护

1、现场泥浆的配制（泥浆的配制，简称“配浆”）

1) 钻探用水和配浆一般用淡水。沿海及局部区域地表水有咸水（对设备具腐蚀性）。咸水和存在总矿化度和水的硬度高的水对泥浆和金刚石钻进用的乳状液均有很大影响，应进行水质的软化处理。

2) 造浆粘土原料的选择

现场采用泥浆膨润土粉，经添加泥浆处理剂使之达到适合钻进地层护壁的目的。

3) 配浆基本计算

(1) 配浆时所需粘土用量计算

$$Q = 2V_1 (\rho_1 - 1) \dots\dots\dots \text{（公式 7.3-1）}$$

式中：

Q 一所需粘土质量，t；

V₁ 一所需配制的泥浆体积，m³；

ρ₁ 一所需配制的泥浆密度，g/cm³ ；

即所需粘土用量为要求配浆的密度减去 1 的差值乘以 2,再乘所需配制的泥浆体积。

(2) 加水稀释计算

地层造浆，泥浆过稠，加处理剂前需要加水稀释处理。加水量计算公式：

$$W_{水} = V_o(\rho_1 - \rho_2) / (\rho_2 - 1) \dots\dots\dots (公式 7.3-2)$$

式中：

W_水 一所需的加水量，m³；

V_o 一原浆总体积，m³ ；

ρ₁ 一原浆密度，g/cm³；

ρ₂—加水稀释后密度，g/cm³，o

4) 配浆步骤

(1) 根据钻孔设计任务书中钻孔岩土层情况，确定泥浆性能指标和配方；

(2) 按配方计算配浆材料用量，并严格计量加入；

(3) 配浆顺序——先加水；对钙膨润土进行钠化处理(钙膨润土粉的钠化处理：碳酸钠加入量一般为土粉重量 0.5%~1.0%,加到搅拌机内的水中，再加钙膨润土粉搅拌均匀，静置 24h)后，再加入其他处理剂，充分搅拌后使用；

(4) 用泥浆性能测试仪器测定新浆性能，合格后使用。

5) 钻孔不同地层适用的泥浆性能指标，详见表 7.3.2 不同地层孔内适用的泥浆性能指标。

表 7.3.2 不同地层孔内适用的泥浆性能指标

岩土性质	粘度，S	密度，g/cm ³	含砂量，%	失水量，mL/30min	pH 值
粘性土类	15 ~16	1.05-1.08	< 4	< 8	8.5 ~10.5
粉、细、中砂	16 ~17	1.08 — 1.1	4~8	< 20	8.5 ~11
粗砂、砾石层	17 ~18	1.1-1.2	4~8	< 15	8.5 ~11
卵石	18 ~28	1.15-1.2	< 4	< 15	8.5 ~ 11
自流水含水层	15 ~16	1.3-1.7	4~8	< 15	8.5 ~11
遇水膨胀岩层	>25	1.1-1.15	< 4	< 10	8.5 ~ 10.5
坍塌、掉块岩	20 ~22	1.15-1.3	< 4	< 15	8.0 ~10.0
基岩	18 ~20	1.1-1.15	< 4	< 23	7.0 ~ 10.5
裂隙、岩溶岩	20 ~28	1.15-1.2	< 4	< 15	8.5 ~11

注：孔内采取泥浆试样时，冲击钻进在钻孔中部采取；回转钻进可在泥浆泵的吸浆底阀附近取样。

2、泥浆使用过程的性能调整。当泥浆性能指标不能满足要求时，应根据需要选择下列方法调整：

1) 需要提高泥浆粘度、降低含砂量和失水量时，可采用添加碳酸钠等处理。

2) 提高泥浆的粘度和胶体率、降低失水量并使孔壁泥皮变薄时，可采用梭甲基纤维素钠 (Na-CMC)处理。

梭甲基纤维素钠的加入量宜为泥浆体积的 4%。

3) 需要增加泥浆的絮凝作用降低失水量和提高粘度时, 可采用部分水解聚丙烯酰胺 (PHP 或 HP AM) 对泥浆固相进行选择处理。部分水解聚丙烯酰胺加入量见下列要求:

- ① 对于砂土地层, 可在 1m, 泥浆中加入 5kg~12kg 浓度为 1% 的 PHP 溶液;
- ② 对砾卵石类地层, 可在 1m, 泥浆中加入 30kg~50kg 浓度为 1% 的 PHP 溶液。

3、承压自流水含水层钻进中的护壁注意事项:

- 1) 应采用大密度泥浆压喷护壁, 泥浆密度不宜低于 1.5g/cm^3 ;
- 2) 应设置足够容量的泥浆池, 且钻进过程中应及时清除池内岩屑和沉淀物;
- 3) 钻穿含水层顶板前, 孔内泥浆密度应符合要求, 且应有足够的泥浆储备。

4、泥浆的现场维护与管理

1) 现场宜配备漏斗黏度计、比重秤、失水量仪、含砂量仪和 pH 试纸。泥浆岗人员每班至少测定一次冲洗液的性能, 并将测得的数据记入钻探班报表。

2) 遇难溶解的化学处理剂, 应将处理剂预先用水溶解, 在配制过程中缓慢流入泥浆池搅匀。

3) 清除循环系统中的岩屑和泥砂, 固相控制在泥浆配方范围之内;

4) 根据孔壁稳定的需要和泥浆使用过程的泥浆性能测定情况, 及时调整泥浆性能。

5) 使用化学处理剂要注意钻探工的防毒、防腐蚀; 现场应配备必要的劳动防护用品。

6) 对孔内排出的泥浆进行净化: 用稀泥浆稀释孔内排出的泥浆, 加速泥浆中砂粒的沉淀与排除或挖循环槽和沉淀池, 提高沉淀效果。不得随意或直接通过循环槽或孔内加水稀释泥浆。

泥浆池和沉淀池循环系统要根据机场环境确定。通常不低于设计钻孔总容量的 3~5 倍, 也可用容量 $1\text{m}^3\sim 2\text{m}^3$ 铁板箱代替。循环槽长度一般为 10m~15m, 内宽 220mm~250mm, 坡度 1/100~1/80, 每隔 2m 可交错设置一块挡板。钻探施工周期长的钻孔, 泥浆循环系统应采取防渗和防雨水措施。

二、废泥浆池(坑)槽的处理

陆域勘察钻孔终孔或钻探结束后, 将泥浆池和废弃的冲洗液脱水后随钻孔回填, 填平泥浆坑槽。

第四节 套管护壁

一、孔口(套)管

非基岩开孔, 工程勘察钻孔均应埋设牢固、垂直的孔口管。下入深度宜在潜水位下 1m 处; 潜水位较深时孔口管下入深度可根据地层及地下水位的具体情况确定。

二、护壁套管

钻进不稳定的厚砂层、漂砾、卵石、碎石或遇溶洞、老窿、暗河、漏水、坍塌及承压水等地层, 在冲洗液护壁不能奏效时, 应下入套管隔离护壁; 水文地质勘探孔不能使用泥浆护壁的孔段(如含水层或取水孔段)或使用泥浆护壁时, 孔壁仍不稳定的孔段, 应采用套管隔离护壁。

三、下套管前的准备工作

- 1) 应清除孔底的残留岩心、沉砂；
 - 2) 检查套管及管接头螺纹质量，丝扣涂抹黄油；
 - 3) 准确丈量每根套管长度，下入钻孔的顺序编号，并记录在钻探班报表上。
- 1、采用套管护壁时，应先钻进后跟进套管，不得向未钻过的土层中强行击入套管；
- 2、需要起拔套管时，各层套管与地层的接触允许长度应不大于表 7.4.1 的数据；

表 7.4.1 各层套管与地层接触允许长度

土层性质	第一层 (m)	第二层 (ID)	第三层 (m)	第四层 (m)
卵石	30	30	25	20
砾砂	40	35	30	30
粗、中砂	40	35	30	30
细、粉砂	30	25	25	25
粘土	35	30	30	30
粉质粘土	40	40	30	30
粉土	40	40	30	30

注：本表引自《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13-2013 表 6.3.5

- 3、在松散层覆盖的基岩中钻进时，对上部覆盖层应下入套管；对下部易坍塌层下入套管时，宜在钻穿覆盖层进入完整基岩处取得完整岩芯后进行；
- 4、下管时套管螺纹应拧紧；拧卸套管禁用管钳，应用自由钳或链钳；
- 5、在地层破碎、松散孔段，应严格控制下套管速度；
- 6、套管起拔特别困难及容易出现套管底部悬空的钻孔，使用反丝套管时，下管后，上部套管应固定，防止倒扣；
- 7、套管底部均应置于钻孔变径处；套管应定位于孔口并使管身垂直，套管中心应与钻具垂吊中心一致；
- 8、套管与孔壁之间间隙应灌满浓泥浆；要使用粘土或其他封堵材料严格封堵靠近孔口的套管与孔壁的间隙，防止地表水携污染物和岩屑等进入，可降低起拔套管的难度。

第五节 套（井）管起拔和钻孔回填

一、套（井）管起拔

套（井）管起拔指工程地质钻孔施工完成或水文地质抽水试验孔抽水试验结束并验收合格后对工程地质孔内的套管或水文地质试验孔内的井管进行起拔的工序。套（井）管起拔的难易程度、起拔方法和安全施工与地层阻力、长度、成井工艺、连接方式、管材质量和在孔内时间长短等因素有关。

（一）套（井）管起拔方法

1、直接起拔法

1) 钻机卷扬机+立轴油压起拔法：用钻机立轴油压和卷扬机同步顶拔。立轴卸荷或倒杆时，应先卸去卷扬机负荷后再卸去立轴油缸负荷。

2) 千斤顶起拔法：一般用规格为 50~100t 的油压千斤顶起拔。起拔时，千斤顶的基础必须牢固，负荷

轻时可在方木上垫铁板，负荷重的应用钢轨作基垫。如果井管外露太短，可接短管，在管箍下安装铁夹板。千斤顶油缸起落要一致、升降要均匀，并尽可能地转动管子。随着负荷加大，要注意夹板和井管是否断裂。如果千斤顶比井管上升的高度大，说明管子发生弹性变形，或者千斤顶基础下沉，可采取顶顶、停停的方法。待井管顶活后再起拔。

3) 双重起拔法：当井管的阻力很大时，可采用双重起拔法。此方法是将捞管器送入井管的底部，利用捞管器卡瓦的向外扩张把井管卡住，在用卷扬机提升捞管器同时用油压千斤顶直接顶拔，常用的捞管器有滑动卡瓦捞管器和水压捞管器。

2、套钻拔管法

当不能直接起拔井管时，可用套钻法进行起拔。把带有圆齿形钻头的钢管套于井管外，然后向下钻进。如能顺利钻到井底，井管就可以全部拔出来。根据常用钢管的强度，套钻深度最大能达150m左右。如套钻不能顺利钻到底，可采取分段钻进分段拔管方法。这种方法要下入反丝扣钻杆和丝锥。

3、分段割拔管法

当上述方法不行时，可用割管器把井管分段切断。割管器有水压割管器和离心割管器两种。使用时应将离心割管器连接于钻杆上，拧紧后，下到需要切割的部位，然后用慢速进行切割，当回转几分钟后，可根据孔内切割情况，改用中速切割。常规口径井管2小时左右即可割断。连接离心割管器的短钻杆，其长度以2.5~3.0m为宜。一个离心割管器，一般可以使用2~3次。若硬质合金片损坏，可镶焊后再用。

(二) 起拔套（井）管过程安全注意事项

- 1) 千斤顶放置地点应夯实、平整，并垫方木。
- 2) 拔管时千斤顶与铁夹板之间的垫木墩过高时，应用绳子或铁丝捆牢。不得用金属物件做垫物。
- 3) 拔管时，链式起重机、绞车与油压千斤顶宜配合使用，但严禁同时工作。
- 4) 拔管负荷很大时，铁夹板螺丝部分，必须用麻布包好。
- 5) 使用绞车拔管时，钻塔、三角架及滑车不得超负荷，并应由专人负责操作。
- 6) 油压千斤顶配套手把上不得再加套把。
- 7) 操作千斤顶人员站立位置应适当。不得徒手扶管子和千斤顶。非施工人员不准在5米以内站立。
- 8) 钻孔需要分段回填时，应边分段回填钻孔，边分段起拔套（井）管。按要求实施钻孔回填和起拔套（井）管顺序。

二、钻孔回填

钻孔回填是指勘探工程完成并验收合格后，要以不同材料和方法对钻孔及作业环境进行的回填。工程地质钻孔、水文地质试验钻孔、探井和探槽施工后，可能对周边环境造成损害；可能导致建筑物基础稳定、边坡破坏；可能引起含水层水量、水位、水质变化；可能影响生活环境条件危及第三方人和财产安全。钻探机组应按项目《勘察纲要》的要求实施钻孔回填（亦称“封孔”）和钻孔回填质量检查。

- 1、钻孔回填常用材料，见表6.9.1 钻孔回填材料。

表 6.9.1 钻孔回填材料及要求

回填材料	回填要求
原土	每 0.5m 分层夯实
搓成直径 20~40mm 左右粘土球，孔口投送	均匀回填，每 0.5~1m 分层捣实捣实
水泥、膨润土（4:1）制成浆液或水泥浆	泥浆泵送入孔底，逐步向上灌注
素混凝土	分层捣实
灰土	每 0.3m 分层夯实

2、钻孔回填常用方法

- 1) 钻孔经验收合格后的回填（包括在车辆或人行通道的作业场地设施），回填土应分层夯实。
- 2) 采用优质干粘土球回填。视孔径大小，将粘土球从孔口或岩心管投送，并逐段捣实。
- 3) 套管护壁的钻孔应先封好套管下部各封闭段，再起拔套管；或边起拔套（井）管边回填钻孔。
- 4) 需要分段封闭钻孔的，应正确选用有一定强度的架桥材料牢靠地固定在预定深度做隔离塞。

5) 特殊地质或特殊场地条件下的钻孔，隔水有特殊要求时，可用水泥浆或 4:1 水泥、膨润土浆液通过泥浆泵由孔底向上灌注回填；采用泵送、导管和注送器注入水泥浆水泥浆下端出口位置距隔离塞顶端 的距离应小于 0.5m。

第八章 钻孔取样

第一节 土试样质量分级及取样工具

一、土试样的质量等级

土试样的质量实质上是土样的扰动问题。土样扰动表现在原位应力状态、含水率、结构和组成成分等方面的变化，产生于取样之前，取样之中以及取样之后，直至试样制备的全过程，应全程仔细操作。

《岩土工程勘察规范》将土试样按试验目的分为四个质量等级，见表 8.1.1 土试样质量等级。

表 8.1.1 土试样质量等级

级别	扰动程度	试 验 内 容
I	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验
II	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III	显著扰动	土类定名、含水量
IV	完全扰动	土类定名

注：1 不扰动是指原位应力状态虽已改变，但土的结构、含水量、密度变化很小，能满足室内试验各项要求；

2 除地基基础设计等级为甲级的工程外，对于可塑、硬塑黏性土及非饱和的中密、密实粉土在工程技术要求允许的情况下，可用 II 级土试样进行强度和固结试验，但宜先对土试样受扰动程度作抽样鉴定，判断用于试验的适宜性，并结合地区经验使用试验成果。

二、取样工具

取样指采取土试样，包括取样设备和工具、取样操作、土试样质量的现场鉴别和土试样的封装、贮存、运输的全过程。钻孔内取样采用钻孔取土器。

1、钻孔取土器

1) 取土器技术参数

取土器的技术参数应符合现行《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 的规定。详见表 8.1.2。

表 8.1.2 取土器技术参数（引自 GB 50021-2001, 2009 年版，附录 F 表 F.0.1）

取土器参数	厚壁取土器	薄壁取土器		
		敞口自由活	水压固定活塞	固定活塞
面积比 (D _W ² -D _E ²) /D _E ² ×100%	13 ~20	≤10	10 ~13	
内间隙比 (D _S -D _E)/D _E × 100%	0.5 ~1.5	0	0.5 ~1.0	
外间隙比 (D _W -D _t)/D _t ×100%	0~2.0	0		
刃口角度 a (。)	<10	5~10		
长度 L (mm)	400, 550	对砂土: (5~10) D _E 对粘性土: (10~15) D _E		
外径 D _T	75 ~89, 108	75, 100		
衬管	整圆或半合管, 塑料、酚醛层 压 纸或镀锌铁皮制成	无衬管, 束节式取土器衬管同左		

2) 贯入式取土器技术指标应符合表 8.1.3 贯入式取土器技术指标的要求。

3) 回转式取土器技术指标, 详见《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 D 表 D.0.2 回转式取土器技术指标;

4) 环刀取砂器技术指标

环刀取砂器技术指标详见《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 D 表 D.0.3 环刀取砂器技术指标。环刀取砂器又分为贯入式和回转式。贯入式取砂器内衬环刀又叫内环刀取砂器, 较易取得 I 级砂土试样; 回转式内环刀取砂器又称为双管单动内环刀取砂器。

表 8.1.3 贯入式取土器技术指标 (引自 JGJ/T 87-2012 附录 D.0.1)

取土器		取样管 外径 (mm)	刃口 角度 (°)	面积比 (%)	外间隙比 (%)	外间隙比 (%)	薄壁管 总长 (mm)	衬管 长度 (mm)	衬管 材料	说明
薄壁取土器	敞口	50, 75, 100	5~10	< 10	0	0	500, 700, 1000	—		—
	自由 活 塞	75, 100								
	水压固 定 活塞									
	固定 活 塞			10 ~13	0.5 ~1.0					
束节式 取土器		50, 75, 100	管靴薄壁段同薄壁取土器，长度不小于内径 的 3 倍					200, 300	塑料、酚醛层 压 纸或用环刀	—
黄土取土器		127	10	15	1.5	1.0		150	塑料、酚醛层 压 纸	废土段长 度 200mm
厚壁取土器		75 ~89, 100	< 10 双刃角	13 ~20	0.5~1.5	0—2.0		150, 200, 300	塑料、酚醛层 压 纸或镀锌薄 钢板	废土段长 度 200mm

注：1.如果使用镀锌薄钢板衬管，应保证形状圆整，满足面积比要求；重复使用前应注意清理和整形；
2.厚壁取土器亦可用衬管，另备盛样管

2、取土器的结构形式

取土器的结构形式有 9 种类型，详见行业标准 JG/T 506. 1-1995-JG/T 506. 9-1995；原状取砂器的 行业标准为 JG/T 506. 10-1996o 现场根据不同砂土类型选用不同类型的取土器。各种取土器结构示意图，详见《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012 附录 E 各类取土器结构示意图。

三种常用贯入式取土器结构示意图，见图 8.1。

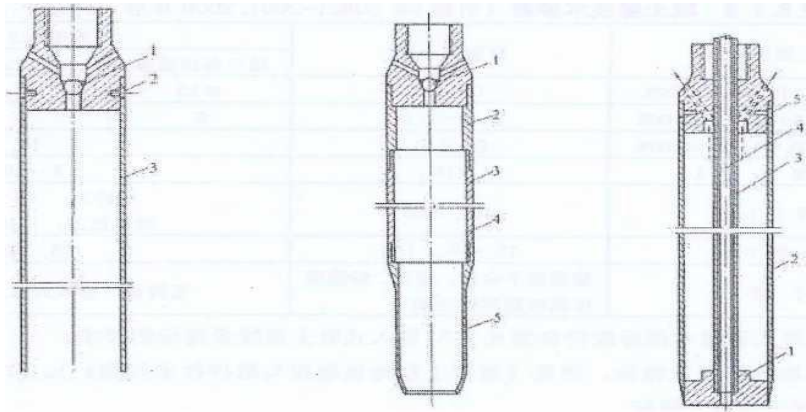


图 8.1 三种常用贯入式取土器结构示意图

2、不同等级土试样的取样工具 应符合表 8.1.4 不同等级土试样的取样工具和方法的要求。

表 8.1.4 不同等级土试样的取样工具和方法（引自 GB50021-2001, 2009 年版，表 9.4.2）

土试样 质量 等级	取样工具或方法		适 用 土 类										
			黏 性 土					粉土	砂 土				砾砂、碎 石土、软 岩
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
I	薄 壁 取土器	固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		水压固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	薄 壁 取土器	自由活塞	-	+	++	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞 口	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	回 转 取土器	单动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
II		双动三重管	-	-	-	+	++	-	-	-	++	++	+
		探井（槽）中 刻取块状土样	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	薄 壁 取土器	水压固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		自由活塞	+	++	++	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞 口	++	++	++	-	-	+	+	-	-	-	-
III	回 转 取土器	单动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
		双动三重管	-	-	-	+	++	-	-	-	++	++	++
		厚壁敞口取土器	+	++	++	++	++	+	+	+	+	+	-
	厚壁敞口取土器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
IV	螺 纹 钻 头		++	++	++	++	++	+	-	-	-	-	-
	岩 芯 钻 头		++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+
	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+	-	-	-	-	-
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

注：1. ++适用，+部分适用，-不适用；
2. 采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施；
3. 有经验时，可用束节式取土器代替薄壁取土器。

第二节采取原状土试样

一、原状土样的取样方法及钻孔成孔要求

为了能取到原状土样，特别是软土，取样工具、钻进和取样方法的选择是关键。实践表明，在同一地层、同一地质条件采用不同的钻进方法，用不同的取样方法，取出的土试样原状结构和质量不同。试 验证明，回转钻进比冲击钻进的取样质量要好一些；快速静力连续压入比锤击法取样效果要好。另外，取样前孔底扰动土数量及清除情况，钻孔孔壁稳定情况都影响取土样的质量。

采取原状土试样的原则是:要使土样始终保持天然状态，必须保证在取样过程中尽可能避免和降低土 样扰动或压缩。因此，为保证取样质量规定了取样方法和钻孔成孔要求。

1、取土样方法

目前，常用的取样方法有压入法、击入法和回转压入法等三种。

1) 压入法

压入法可分为慢速压入法和快速静力连续压入法。目前，多采用液压钻机的立轴液压快速静力连续压入，

由于取土器被快速均匀连续地压入土层，土样来不及变形即顺利进入取土管，对土的扰动最小。用于采取Ⅰ级原状土试样的地层尤为适合。采用贯入式取土器时，应优先选用快速静力连续压入法。

2) 击入法

按锤击次数可分为轻锤多击法和重锤少击法。实践证明，采用重锤少击法，可以减少能量的损失又可免去钻杆摆动，进而减少土样扰动。

3) 回转压入法

机械回转钻进时，可用回转压入式取土器，采取深层坚硬土样和砂样。取土时，由于内管与外管为滚动接触，外管回转克服土层的土屑，内管承受轴心压力压入而不回转取土。外管克服的土屑由冲洗液循环而携出孔外。

采用回转压入取土过程中，应尽量不提动钻具，以免拔断土样，即便在不进尺的情况下需要提动钻具时，也应控制提动距离，使之不超过内管与外管的滑动范围。未见有统一的回转取样钻进参数的标准。

2、钻孔内取土样方法的适宜性

1) 在钻孔中采取土试样时，宜采用快速静力连续压入法。对于较硬土质，宜采用二、三重管回转取土器取样（合理的回转取样钻进参数是随地层的条件而变化的；目前，未见统一的回转取样钻进参数的标准，一般应通过试钻确定后使用）；有地区经验时，可采用重锤少击法取样；

2) 在粉土、饱和砂土层中采取Ⅰ、Ⅱ级砂试样时，可采用原状取砂器；砂土扰动样可从（标准贯入试验设备的）贯入器中采取；

3) 不同等级土试样的取样工具应按“表 8.1.4 不同等级土试样的取样工具和方法”选择；

3、（取样前）取样孔段的钻孔成孔要求

1) 采取Ⅰ、Ⅱ级土试样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大一个径级；

2) 在饱和软黏性土、粉土、砂土层中钻进，宜采用泥浆护壁。当采用套管护壁，应先钻进后跟进套管，始终保持套管内水位等于或稍高于地下水位；采用套管护壁时，套管的下设深度与取样位置之间应保留三倍以上距离；

3) 对钻进方法的要求：钻进应采用回转方式，不得使用底喷式钻头钻进；在地下水位以上，应采用干法钻进，不得注水或使用冲洗液；在地下水位以下，应采用通气通水的螺旋钻头、提土钻或取芯钻头钻进；采用振动、冲击或锤击等钻进方法时，应在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进。

4) 下放取土器前应清孔，且除活塞取土器取样外，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度；采用敞口取土器和活塞取土器取样时，孔底残留浮土厚度不应大于 5cm。

二、钻孔取土器取土试样前的质量检查

取土试样前，应对所使用的钻孔取土器进行质量检查，并应符合下列规定：

(1) 刃口卷折、残缺累计长度不应超过周长的 3%，刃口内径偏差不应大于标准值的 1%；

(2) 对于取土器，应量测其上、中、下三个截面的外径，每个截面应量测三个方向，且最大与最小之差不应超过 1.5mm；（编者注：厚壁取土器应在采购时用游标卡尺量测）

(3) 取样管内壁应保持光滑，其内壁的锈斑和粘附土块应清除；

(4) 各类活塞取土器的活塞杆的锁定装置应保持清洁、功能正常、活塞松紧适度、密封有效；

(5) 取土器的衬筒（亦称“衬管”）应保证形状圆整、内侧清洁平滑、缝口平接、盒盖配合适当, 重复使用前, 应清洗和整形;

(6) 敞口取土器头部的逆止阀应保持清洁、顺向排气排水畅通、逆向封闭有效;

(7) 回转取土器的单动、双动功能应保持正常, 内管超前度应符合要求, 自动调节内管超前度的弹簧功能应符合设计要求;

(8) 当零部件功能失效或有缺陷时, 应修复或更换后才能投入使用。

三、贯入式取土器取样操作

1、取土器应平稳下放, 并不得碰撞孔壁和冲击孔底。取土器下放后, 应核对孔深和钻具长度, 当孔底残留浮土厚度超过取土器废土段长度时, 应提出取土器重新清孔。

2、采取 I 级土试样, 应采用快速、连续的静压方式贯入取土器, 贯入速度不应小于 0.1m/s。当利用钻机的给进系统施压时, 应保证具有连续贯入的足够行程。

采取 II 级土试样, 可使用间断静压方式或重锤少击方式贯入取土器。

3、在压入固定活塞取土器时, 应将活塞杆与钻架牢固连接, 活塞不得向下移动。当贯入过程中需监视活塞杆的位移变化时, 可在活塞杆上设定相对于地面固定点的标志, 并测记其高差。活塞杆位移量不得超过总贯入深度的 1%。

4、取土器贯入深度宜控制在取样管总长的 90%。贯入深度应在贯入结束后准确量测并记录。

5、当取土器压入预计深度后提升取土器之前, 为切断土样与孔底土的联系, 应将取土器回转 2~3 圈或稍加静置后再提出取土器。

6、提升取土器应做到均匀、平稳, 避免磕碰。

7、薄壁取土器有多种类型, 其取样操作和使用注意事项应按照该类型薄壁取土器的使用说明书实施。

四、回转式取土器取样操作

1、回转式取样时, 回转取土器应具有可改变内管超前长度的替换管靴。宜采用具有自动调节功能的单动二（三）重管取土器, 取土器内管超前量宜为 50mm~150mm, 内管管口应至少与外管齐平。对软硬交替变化的土层, 宜采用具有自动调节功能的改进型单动二（三）重管取土器（可避免频繁更换管靴, 提高钻进效率）。

2、对硬塑以上的粘性土、密实砾砂、碎石土和软岩, 可采用双动三重管取样器采取不扰动土试样。对于非胶结的砂、卵石层, 取样时可在底靴上加置逆爪。

3、采用单动、双动二（三）重管采取原状土试样, 必须保证平稳回转钻进, 使用的钻杆应事先校直。为避免钻具抖动, 造成土层扰动, 可在取土器上接加重杆。

4、回转式取样时, 回转钻进宜根据各场地地层特点通过试钻或经验确定钻进参数, 选择清水、泥浆作冲洗液; 在采取不扰动土试样困难时, 可采用植物胶冲洗液。

5、取样开始时, 应将泵压、泵量减至最低限度, 然后随着进尺的增加, 逐渐增加至正常值。

6、合理的回转取样钻进参数是随变化的地层而变化, 应通过试钻确定。

此外, 升降回转式取土器注意事项与贯入式取土器相同。

五、保证取土试样质量的措施

1、影响采取原状土样质量的因素

影响土样质量的因素除取土器结构、取土器质量和取土方法等因素外，还有下列的因素。

1) 钻孔的垂直度。如钻孔倾斜，在下放取土器时，取土器会刮削孔壁而使余土过多，因而使土样受挤压扰动。另外由倾斜孔取出的土样也是倾斜的，所测试的指标用于计算会产生误差。

2) 取土时孔底的清洁程度。只有彻底地清除孔底残存的废土碎屑，才能避免因余土过多而造成的土样受挤压而产生扰动现象。

3) 提高取土器进入软土层的速度是获得良好原状土试样质量的关键。如切入土层的速度较慢，土样的侧向膨胀，会使土样与取土器内壁摩擦而产生扰动。反之，快速、连续静压方式贯入取土器切入土层速度快，不待土样膨胀，就已顺利进入取土器中。

2、保证取土试样质量的措施

1) 做好钻孔取土器取样前的质量检查；

2) 孔口管或套管应固定稳固，并使管身中心与钻具垂吊中心一致；

3) 根据土层特性，正确选择取土器切入土层的方式和速度：静力连续快速压入法对土样的扰动较小，应尽力提高静力连续压入法的切入软土层的速度；锤击法要用重锤少击法；

4) 取出的土试样扰动长度超过 1/2 时，应重新取样；

5) 使用专门退样器退样，及时粘贴土样标签和正确密封土试样；

6) 取土器用后要及时擦拭干净，涂抹润滑油后存放备用；不得使用取样管内腔锈蚀的取土器；

7) 软土试样，有条件时宜现场进行试验工作。

第三节岩土试样现场检验、密封、标签记录、储存和运输

一、土试样的现场检验

1、钻孔取土器提出地面之后，应小心地将土试样连同容器（衬管）卸下，并应符合下列规定：

(1) 对于以螺钉连接的薄壁管，卸下螺钉后可立即取下取样管；

(2) 对丝扣连接的取样管、回转型取土器，应采用链钳、自由钳或专用扳手卸开，不得使用管钳等易于使土样受挤压或使取样管受损的工具；

(3) 采用外管非半合管的带衬管取土器时，应将衬管与土样从外管推出，并应事先将土样削至略低于衬管边缘，推土时，土试样不得受压；

(4) 对各种活塞取土器在卸下取样管之前，应打开活塞气孔，消除真空。

2、对钻孔中采取的 I 级原状土试样，应在现场测定取样回收率。使用活塞取土器取样回收率大于 1.00 或小于 0.95 时，应检查尺寸量测是否有误，应根据实际情况决定土试样废弃或降低级别使用。

二、岩土试样的密封

1、采取的土试样应密封，密封可选用下列方法：

1) 方法一：在钻孔取土器中取出土样时，先将上下两端各去掉约 20mm，加上一块与土样截面面积相当的不透水圆片，然后浇灌蜡液至与容器端齐平，待蜡液凝固后扣上胶皮或塑料保护帽；

- 2) 方法二：取出的土试样用配合适当的盒盖将两端盖严后，将所有接缝采用纱布条蜡封封口；
- 3) 方法三：采用方法一封装后，再用方法二密封。
- 2、对软质岩石试样，应采用纱布条蜡封或黏胶带立即密封。

三、土试样的标签记录

每个岩土试样密封后应在衬管上注明土样的上、下端，均应填贴标签，标签上下应与土试样上下一致，并应牢固地粘贴在容器外壁上。土试样标签应记载下列内容：

- (1) 工程名称或编号；
- (2) 孔号、岩土样编号、取样深度、岩土试样名称和状态；
- (3) 取样日期；
- (4) 取土器型号、取样方法，锤击时击数、回收率等；
- (5) 取样人姓名。

试样标签记录记载应与现场钻探记录相符。取样的取土器型号、取样方法，回收率等应在现场记录 中详细记载。

四、土试样的现场储存和运输

- 1、采取的岩土试样密封后应置于温度及湿度变化小的环境中，不得暴晒或受冻。土试样应直立放置，严禁倒放或平放。
- 2、运输岩土试样时，应采用专用土样箱包装，试样之间应用柔软缓冲材料填实。
- 3、易于振动液化、水分离析的砂土试样，宜在现场或就近进行试验，并可采用冰冻法保存和运输。
- 4、岩土试样采取之后至开土试验之间的贮存时间，不宜超过两周。

第四节 岩石试样的采取

岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探槽、探井和探洞中刻取。岩石试样采取的数量、规格、蜡封、标记和记录应符合勘察纲要或如下的要求：

1、岩样的采样应根据工程性质决定，岩样可在勘察项目负责人指定的试坑、平洞、竖井、天然地面、边坡点位及钻孔岩芯中采取，所取岩样应具有代表性；采取岩样时，应让岩样受到最小程度扰动，并保持岩块、岩芯原状结构及天然湿度。

2、岩石试样采取或制作的规格：

1) 用钻机取样时，每节岩芯两端面完整长度不宜小于 12 厘米；除此以外的取样，应将岩石修凿成 15 ~17 厘米见方岩块，制样时应注意岩石结构不被破坏，经爆破后的岩石，在选取试样时更应注意；

2) 对于风化度高的软质岩石和结构面较发育的破碎岩石，每节岩芯两端面完整长度不宜小于 10 厘米，岩块制成 10 厘米见方；

3) 涉及变形模量、弹性模量、三轴试验每节岩芯两端面完整长度不宜小于 20 厘米、直径不宜小于 10 厘米，岩块制成 20 厘米见方的岩块。

3、采取岩样数量应满足所要求进行的试验项目和试验方法的需要。

- 4、采取的岩石试样的毛样尺寸应满足试块加工的要求，岩石试样应填写标签，标明上下方向；
- 5、对进行密度、含水量试验的岩石试样，采取后应擦干净即刻蜡封。
- 6、有特殊要求时，试样形状、尺寸和方向应按岩体力学试验设计要求确定。
- 7、作磨片鉴定的岩石试样应标明名称产状、结构和构造；断裂带的岩石试样应标明断裂方向。

第九章原位测试

原位测试是在岩土体所处的位置，基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态，对岩土体的工程力学性质指标进行的测试。原位测试主要包括静载荷试验、静力触探试验、十字板剪切试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验、旁压试验、扁铲侧胀试验、现场直接剪切试验、波速测试和场地微振动测试等。

原位测试与通过钻探取样进行室内试验对比有着许多优点:原位测试结果有较高的可靠性和代表性，是工程勘察中十分重要的手段。可以测定钻探难于取得不扰动土样的地层，有关工程力学性质，解决高层建筑的承载力、沉降等问题提供基坑工程设计等参数；可避免钻探取样过程中应力释放的影响；影响范围大，剪代表性强。其缺点是：触探和工程物探都是间接的勘探手段。触探用于探测地层，测定土的参数，既是一种勘探手段，又是一种测试手段。由此可知，各种原位测试有其适用条件；有些原位测试理论理论往往建立在统计经验的关系上，有很强的地区性和土类的局限性；影响原位测试成果的因素较为复杂，使得对测定值的准确判定造成一定的困难。因此，《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 (2009 年版)第 9.1.3 条规定，静力触探、动力触探作为勘探手段时，应与钻探等其他勘探方法配合使用。

原位测试成果的准确性，取决于符合标准的试验设备和严格按照操作程序进行试验。因此，现场原位测试的操作人员应重视原位测试设备的质量检查和遵守规定的操作程序。

本教材只介绍由钻探工做的动力触探试验和标准贯入试验等现场原位测试，其他的做好配合测试。

第一节圆锥动力触探试验

一、圆锥动力触探设备

圆锥动力触探是利用一定质量的重锤，将与探杆连接的标准探头打入土中，根据探头贯入土中一定深度(30cm 或 10cm)时，所需要的锤击数，判断土的力学特性进行力学分层，评定土的均匀性和物理性质，土的强度变形参数、地基承载力、单桩承载力，查明土洞、滑动面软硬土层界面，检测地基处理效果等，具有勘察与测试的双重性能的一种原位测试方法。其优点是设备简单、操作简易、工效较高，适用性广。尤其是对钻探难以取样的无黏性土(砂类土和碎石类土等)层或静力触探难以贯入的土层，圆锥动力触探试验是十分有效的勘探测试手段。

根据穿心锤质量和落锤提升高度的不同，动力触探试验一般分为轻型、重型和超重型动力触探。各类动力触探设备类型及规格，见表 9.1.1 圆锥动力触探设备类型。

表 9.1.1 圆锥动力触探设备类型

类型		轻型	重型	超重型
落锤	锤的质量(kg)	10	63.5	120
	落距(cm)	50	76	100
探头	锥底直径(mm)	40	74	74
	锥角(°)	60	60	60
探杆直径(mm)		25	42	50 ~ 60
指标		贯入 30cm 的读数 N10	贯入 10cm 的读数 N63.5	贯入 10cm 的度数 N120
主要适用岩土		浅部的填土、砂土、粉土、粘性土	砂土、中密以下的碎碎石土、极软岩	密实和很密的碎石土、软岩、极软岩

二、圆锥动力触探试验要点及操作步骤

圆锥动力触探作业前对机具设备进行检查，确认正常后方可启动试验。部件磨损及变形超过下列规定者，应予更换或修复：

- 1) 直径磨损不得大于 2mm, 锥尖高度磨损不得大于 5mm;
- 2) 每节探杆非直线偏差不得大于 0.6%;
- 3) 所有部件连接丝扣应完好，连接紧固。

2、圆锥动力触探试验技术要求

- 1) 采用自动落锤装置;
- 2) 触探杆垂直度的最大偏斜度应小于 2%, 锤击贯入应连续进行; 同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动, 保持探杆垂直度; 锤击速率每分钟宜为 15~30 击;
- 3) 每贯入 1m, 宜将探杆转动一圈半; 当贯入深度超过 10m, 每贯入 20cm 宜转动探杆一次。

3、轻型动力触探试验

(1) 先用轻便钻具, 如人力冲击的有圆形刃口的钢钎(俗称“北京钎”)或人力回转钻进, 钻至试验土层标高以上 0.1m 处, 然后对所需试验土层连续进行触探试验。

(2) 应采用自动落锤装置, 试验时穿心锤落距为 0.50m, 使其自由下落。记录每贯入土层中 30cm 时所需的锤击数 N_{10} (最初 0.30m 可以不记录)。

(3) 若需描述土层时, 可将触探杆拔出, 换钻头进行回转钻进取样描述。

(4) 如遇密实坚硬土层, 当 $N_{10} > 100$ 或贯入 0.15m 锤击数超过 50 时, 可停止试验。

4、重型动力触探试验

1) 贯入前, 触探架应安装平稳, 保持触探孔垂直。触探杆垂直度的最大偏斜度应小于 2%, 触探杆应保持平直, 连接牢固。

2) 采用自动落锤装置, 贯入时应使穿心锤自由下落, 落锤高度为 76cm。地面上的触探杆高度不宜过高, 以免倾斜和侧向晃动, 同时防止锤击偏心。

3) 锤击速率宜为 15~30 击/分钟, 试验可在钻孔中分段进行。每段锤击贯入应连续贯入直至预定深度, 不宜中断; 所有超过 5min 的间断都应在记录中予以注明。

4) 及时计算记录贯入深度、一阵击的贯入量和相应的锤击数。方法是:

(1) 最初贯入的 10cm 内可不记读数;

(2) 当土层较为密实时 (5 击贯入量小于 10cm 时) 可在触探杆上每 10cm 划出标记, 然后直接记录每贯入 10cm 所需的锤击数。

也可以记录每一阵击的贯入度和相应锤击数, 一般以 5 击为一阵击, 土较松软时应少于 5 击。重型、超重型圆锥动力触探试验的一阵击的锤击数和贯入量用公式 9-1 换算为每贯入 10cm 所需的锤击数 $N_{63.5}$ 或 N_{120} :

$$N_{63.5(120)} = n \times 10 / \Delta s \quad (\text{公式 9-1})$$

式中, n --- 每一阵击的锤击数;

Δs -- 阵击的贯入量 (cm)

5) 当连续三次 $N_{63.5} > 50$ 时, 可停止试验或改用超重型动力触探。

5、超重型动力触探试验

- 1) 应采用自动落锤装置, 落距为 1.00m, 贯入时穿心锤自由下落。
- 2) 其他步骤参照重型动力触探。

三、动力触探记录表格式

动力触探试验的记录表格式，见表 9.1.2 动力触探试验记录表。

表 9.1.2

动力触探试验记录表

工程名称：_____孔号：_____实验者：_____

工程地点：_____钻杆直径：_____记录者：_____

孔口标高：_____探杆质量：_____校核者：_____

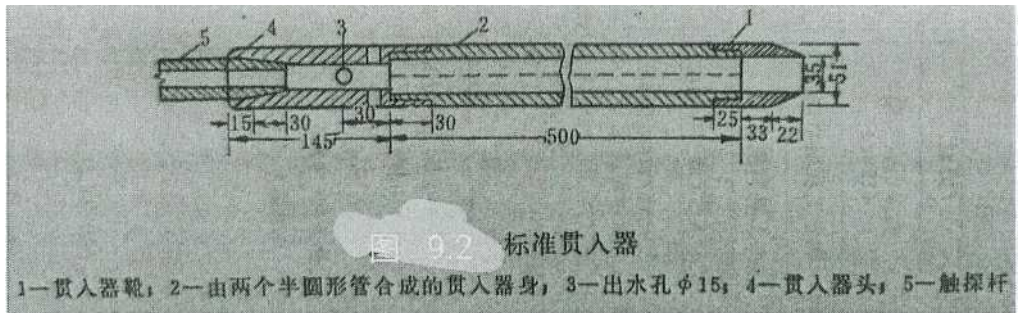
地下水位：_____锤座质量：_____项目负责人：_____日期：_____

触探杆总长(m)	触探深度(m)	一阵锤击数	贯入度(mm)	每贯入10cm锤击数	小层累计贯入度(mm)	小层平均锤击数	说明
							记录下列事项： 贯入间断原因及时间； 落距超限 量、落锤回弹情况；探杆及导杆倾斜及径向震动情况；接头紧固情况；其他异常情况等等。

第二节标准贯入试验

一、标准贯入试验适用性和设备规格

标准贯入试验也是动力触探方法的一种，所不同的是其探头是标准规格的圆筒形探头，即常称的标准贯入器(见图 9.2)。上部所使用的落锤系统的各种技术规格与重型动力触探完全相同。



标准贯入试验是在土层钻孔中，利用重 63.5kg 的锤击贯入器，适用于土层为砂土、粉土及一般黏性土。根据每贯入 30cm 锤击数 N 值，对砂土、粉土、黏性土的物理状态，土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力，砂土和粉土液化，成桩的可能性等作出评价。在工程勘察中占有举足轻重的地位。

标准贯入试验设备由穿心锤、贯入器和钻杆三部分组成。详见表 9.2.1 标准贯入试验设备规格。

表 9.2.1 标准贯入试验设备组件

落锤		穿心锤的质量(kg)	63.5
		落距(cm)	76
贯入器	对开管	长度(IDID)	> 500
		外径(mm)	51
		内径(mm)	35
	管靴	长度(mm)	50 ~76
		刃口角度(°)	18 ~20
		刃口单刃厚度(mm)	1.6
钻 杆		直径(mm)	42
		相对弯曲	< 1/1000

二、标准贯入试验设备使用前的质量检查

- 1、钻杆应平直，当出现弯曲超过 1%。时，应予调直后再使用；
- 2、对开式贯入器的对开缝应平直、严密，出现扭曲、膨胀、错缝等变形时应停止使用；
- 3、贯入器靴的刃口应保持完整，当出现缺口或卷刃等损坏，其单个长度大于 5mm,或总长度大于 12mm 时，应停止使用；
- 4、当落锤质量和导向杆的落距的误差超过允许范围或导向杆弯曲时，应停止使用；
- 5、自动落锤装置应保持正常的落锤性能，不得对导向杆承载提拔或横向受力作用。

三、标准贯入试验要点及操作步骤

- 1、标准贯入试验孔应采用回转钻进，并保持孔内水位略高于地下水位。当孔壁不稳定时，可用泥浆护壁，钻至试验标高以上 15cm 处，清除孔底残土后再进行试验。

2、将标准贯入器与Φ42 钻杆连接牢固，平稳下入孔内，避免冲击孔底；标准贯入器下到孔底后测定其深度，要求残土厚度不大于 10cm（若超过 10cm,应重新清除孔底残土）。

3、采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击，并减小导向杆与锤间的摩阻力，避免锤击时偏心和侧向晃动，保持贯入器、Φ42 钻杆、导向杆联接后的垂直度。

4、贯入器以小于 30 击/min 锤击速率贯入土中。贯入器打入土中 15cm 后，开始记录每 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数 W 值。同时记录的内容还有：①实际试验的起始与终止深度；②Φ42 钻杆长度；③清除孔底残土后，试验前的残土厚度。

5、当锤击数已达 50 击，而贯入深度未达 30cm 时，可记录 50 击的实际贯入深度，按公式 9-2 换算成相当于 30cm 时标准贯入试验锤击数 N ，并终止试验。

$$N_{63.5} = 30 \times 50 / \Delta S \quad (\text{公式 9-2})$$

式中， Δs —50 击时的贯入度（cm）。

7、拔出贯入器，取出贯入器中的土样进行鉴别、描述和测量其长度，并记录。

8、标准贯入试验间距宜为 1m~3m,每一建筑物场地的试验孔数量不宜少于 3 个；当将其试验成果作为液化判别标准时，试验孔宜采用泥浆护壁钻进，标准贯入试验间距宜为 1.0m~1.5m。

四、标准贯入试验安全操作注意事项

除升降标准贯入试验设备必须遵守钻机卷扬机升降作业的安全操作外，尚应符合下列规定：

- 1、穿心锤起吊前应锁紧销钉或定位稳固；
- 2、测试过程中应随时观察钻杆的连接状况，钻杆应紧密连接；
- 3、测试过程中不得徒手扶持穿心锤、导向杆、锤垫和自动脱钩装置等；
- 4、测试结束后试验设备应放置到安全位置。

五、标准贯入试验记录表格式

标准贯入试验记录表格式，参见表 9.2.2。

表 9.2.2 标准贯入试验记录表

工程名称: _____					钻孔编号: _____				
孔口地面标高: _____m					地下水位深度: _____m				
钻进方法: _____					钻杆直径: _____mm				
序 次	钻杆长度, m	试验深度, m		试验 地层	锤 击 数				备注
		自	至		0 ~10cm	10~20cm	20 ~30cm	0 ~30cm	
项目负责人: _____					试验人: _____		记录人: _____		日期: _____ 年 月

第十章水文地质试验孔钻探

水文地质勘察采用遥感、测绘、物探、钻探、测试动态监测等手段进行，并应根据工程建设不同行 业的要求分阶段实施，满足相应阶段的设计要求。水文地质勘察需要紧密结合钻探，通过水文地质试验 孔提供地层分层及水文地质参数等，为工程建设建筑物基础、地下构筑物提供与地下水相关的设计资料。

水文地质钻探的任务，取决于水文地质勘察的性质、阶段（一般在详细勘察阶段）和地区自然条件 的特点和工程建设需要，岩土工程勘察主要实施水文地质试验孔，其基本任务是：

- 1、 查明含水层数量、层位、厚度、岩石成分和岩性结构；研究含水层的空隙性、地质构造和水文地 质条件；
- 2、 了解含水层的埋藏深度，分布范围和补给条件；
- 3、 查明含水层数量、层位、厚度、岩石成分和岩性结构；研究含水层的空隙性、地质构造和水文地 质条件；
- 4、 了解含水层的埋藏深度，分布范围和补给条件；
- 5、 利用钻孔进行单孔、多孔及分层水文地质现场测试，量测各含水层的水文地质参数和地下水位；为确定各含水层（带）的水力性质、彼此之间以及含水层与地表水之间的水力联系和分析评价地下水对 基础或岩土工程设计、施工和环境的影响，预估可能产生的岩土工程危害，提出预防和处理措施的建议；

6、采取岩心和土试样，测定岩土的物理性质和颗粒组成；采取土试样和孔内水试样分析地下水的水化学成分，评价水、土对建筑物基础的稳定性和工程建筑材料的腐蚀性。

从事水文地质钻探的单位依据勘察设计单位的水文地质试验孔施工设计的要求，编制水文地质试验孔施工组织设计；实施水文地质试验孔施工及现场水文地质测试。

岩土工程勘察水文地质试验孔分为抽水试验孔、压水试验孔、注水试验孔和渗水试验孔等。建筑工程勘察的水文地质试验孔主要进行抽水试验孔钻探施工获取岩层的分层和水文地质参数。本章主要介绍与水文地质抽水试验钻孔钻探施工相关的水文地质抽水试验孔的钻孔结构、成井工艺及稳定流抽水试验的现场作业。压水试验孔、或注水试验孔、或渗水试验孔对钻孔的钻探施工要求，详见有关行业规范。

为清晰起见，本教材将水文地质抽水试验孔在钻进结束前，钻成的圆孔及钻孔各工序，称为“孔”或“钻孔”；在钻孔结束后的圆孔（井）及孔（井）内各工序的施工工艺，称为“井”及“成井工艺”。

第一节水文地质抽水试验孔结构和技术质量要求

一、水文地质抽水试验孔的钻孔结构及其设计的主要内容

（一）水文地质抽水试验孔的钻孔结构

水文地质抽水试验孔除了解地层情况外，重要的是要取得真实准确的地下水的水文地质参数的资料。为满足水文地质抽水试验孔技术质量要求外，设计和施工的钻孔结构要满足抽水试验对井孔直径的要求：

1、第四系地层的钻孔，当钻孔设计深度小于 200m 时，过滤器直径一般不小于 127mm。钻孔直径一般比过滤器直径大 100~1500mm,其间隙为充填滤料厚度。过滤器外接成井要求进行填砾与洗井。

2、上部为第四系地层，下部为基岩，只进行基岩裂隙或岩溶地下水抽水试验时，上部第四系地层采用套管封隔止水，下部基岩视岩层稳定程度，可以采用裸眼或分级下入（套管）过滤器进行抽水试验。过滤器直径一般不小于 108mm。

3、基岩地层钻孔，上部覆盖层下入孔口管封隔，下部裸眼钻进，视岩层稳定程度，可以采用裸眼或下入套管进行抽水试验。若需要下入过滤器，则过滤器直径一般不小于 108mm。

4、水文地质观测孔（主要是通过钻孔定时测定地下水位深度，了解抽水试验孔抽水试验过程地下水位动态变化情况）的钻孔结构，过滤器直径一般为 50~110mm,过滤器外接成井要求进行填砾与洗井。

（二）水文地质抽水试验孔结构设计主要内容

成井剖面的技术要素，包括井的深度、各井段直径和井壁管直径、长度、井管材料、滤料规格及封闭（止水）位置。

1、抽水试验钻孔和水位观测孔平面布置图。

2、水文地质试验孔结构设计：除钻孔结构设计中的钻孔直径需要满足成井要求外，就是成井结构设计（井管直径、长度、材料、滤料规格及封闭（止水）位置；过滤器结构设计等）和成井工艺要求。

1）孔身结构设计：包括，开孔及终孔直径；不同深度孔段的长度及变径位置；安泵段孔径和含水层段孔径。

2）过滤器设计

过滤器设计是井的结构设计的主要组成之一。过滤器设计主要内容：过滤器的类型及结构设计：当为非填

砾过滤器时，过滤管的材质、规格、长度和下置位置；当为填砾过滤器时，还应有滤料的材质、规格、充填位置和厚度等内容。过滤器设计参见《管井技术规范》GB 50296 或《机井技术规范》SL256。

3) 井管配置：与井身设计相匹配的井管长度和管径；过滤管的配置和井管外封闭位置及材料等。

4) 止水止水方法及质量检查；抽水试验要求等。

4、水文地质抽水试验孔的钻孔和成井施工技术质量及安全技术措施等。

水文地质抽水试验钻孔成井的基本结构设计要素：松散层骨架管内径宜大于 200mm；基岩层兼有止水作用的不宜小于 130mm；非下泵孔段不宜小于 130mm；

观测孔结构要素：观测孔骨架管径：松散层 $\geq 75\text{mm}$ ；孔口和不同含水层应封闭；钻孔结构应尽量简化；过滤器骨架管孔隙率不小于 15%，类型主要有缠丝或包网；最下层过滤器下端应设置沉淀孔段。

二、水文地质抽水试验孔的技术质量要求

水文地质抽水试验钻孔质量应符合勘察纲要中“水文地质抽水试验钻孔施工设计”要求。摘编如下，

1、水文地质抽水试验孔钻探过程的简易水文地质观测和记录。

2、岩土样及岩芯的采取要求。

3、松散地层中取样的规定，

1) 颗粒分析样应采用专用取样器取样，且取样前应彻底消除孔底岩屑，准确测量钻孔深度；采用打入式取样器，应控制冲程，并缓慢用力起拔；

2) 鉴别样可采用专用取样器取样或在抽筒中或在孔口排出的岩屑中捞取。

4、水文地质抽水试验钻孔的孔深、孔斜测量要求及允许偏差。

5、水文地质抽水试验孔的抽水试验及测试记录。

三、水文地质抽水试验钻孔施工组织设计简介

钻孔施工组织设计应依据钻探任务书中“水文地质抽水试验孔施工设计”的技术要求和施工条件进行编制。通常包括下列内容：

1、工程概况施工平面布置图：工程任务和钻孔和成井质量要求；

2、钻探设备、钻进工艺和成井工艺的选择 根据地层岩性、技术质量要求、设备与施工条件等因素 确定钻进工艺和选用钻具等；

3、施工进度计划；

4、各种资源需求量计划；

5、技术组织措施、质量保证措施、安全施工措施和环境保护措施。

第二节 水文地质抽水试验孔钻探方法

一、水文地质抽水试验孔钻探方法选择

水文地质抽水试验孔的钻探方法选择，应综合考虑地层岩性、钻探设备、技术要求（水文地质测试、孔身结构、钻进工艺、成井工艺、过滤器类型、提水设备）及施工条件等因素。水文地质抽水试验孔的 钻进工艺，

回转钻进常常包括钻进、扩孔两道工序。水文地质观测孔一般只有钻进成孔一道工序。多孔抽水试验的钻探施工顺序，宜先施工抽水孔，后施工观测孔。

水文地质抽水试验孔的钻探设备可按照表 10.2.1 按照钻孔用途的钻探设备选择表选择。水文地质试验孔的钻探方法可按表 10.2.2 水文地质钻孔钻探方法选择表选择。

表 10.2.1 钻孔用途的钻探设备选择表

岩性	冲击钻进钻机	转盘式钻进钻机	立轴式回转钻进钻机	备注
土层	大口径钻进,提砂筒取样,一次成孔	大口径钻进,取样器取样,一次成孔	常规口径*取芯钻进,大口径扩孔,二次成孔	取芯(或取样)、抽水试验和起拔套(井)管根据需要另行选择配置
基岩		大口径取芯钻进,一次成孔	大口径取芯钻进,一次成孔	

注：常规口径指钻探标准孔径 91mm、110mm、130mm、150mm、172mm 的钻孔

表 10.2.2 水文地质钻孔钻探方法选择表

钻进方法	适用范围		优点
	可钻性级	岩性及其他条件	
硬质合金钻进	1~6	适用于第四系松软地层及软~中硬岩石；第四纪砂、土、砂砾层、小卵石层一次成孔或多级扩孔；不适用于卵石层及破碎层；常规口径可钻性 6 级以内，大口径可钻性 4 级以内基岩一次成孔	钻头加工容易，成本低
合金-金刚石混合钻进	4~12	漂石、卵石层、基岩常规口径，使用电镀金刚石钻头钻进；软硬交错地层钻进	具有合金钻进和金刚石钻进两种特点
冲击钻进	1~5	适用于第四系砂土、砾卵石层及风化破碎基岩层钻进；钻孔深度不宜超过 200m	设备、钻具简单，成本低，在砂土、卵石层钻进有良好效果
气动潜孔锤正循环钻进	5~12	适于第四系胶结、半胶结地层、卵石层较浅和中硬~坚硬基岩钻进。孔径与潜孔器相关；尤其适用于缺水或供水困难地区。高压空气作冲洗液	具冲击和回转双重破岩作用，钻进效率高，不易堵塞、不污染含水层，洗孔容易
同步跟管钻进	非稳定性覆盖层	适用于漂石、卵石、流砂等非稳定性覆盖层中钻进，须配备专用设备和工具	能有效防止塌孔，保证钻进安全

二、回转钻进

1、水文地质抽水试验钻孔回转钻进 详见本教材第六章。

2、水文地质抽水试验钻孔扩孔钻进简介

在钻孔的设计深度接近或超过钻机能力时，或地层松散，钻进困难，钻机负荷过大时，常采用先钻进小孔，然后扩孔的方法；含水层出水量超过预期时，或需要利用水文地质抽水试验钻孔作为开采井时，将水文地质抽水试验钻孔通过扩孔改变为供水管井，满足经济活动需要。

(1) 分级扩孔法用小直径钻头钻到孔底，然后用大小不同的钻头分二级或三级扩孔到底。这样分级扩孔，可减少每次钻进或扩孔的体积，从而减轻了钻探设备负荷。

(2) 不分级扩孔法在地层较软时，用小直径钻头钻到孔底，然后用一个钻头扩孔到目标层。

(3) 局部扩孔法钻孔较深或含水层较深时，采用特制(如水压等)扩孔钻头对目标孔段(如含水层等)扩孔。

(4) 扩孔钻进注意事项:

①扩孔钻进容易发生井孔偏斜,应采用有导向装置的钻具;给进压力应均匀,不得使用弯曲的钻具;在软硬不均孔段扩孔时,带扩孔钻头的主体管长度不应短于 5m;

②必须采用优质泥浆护孔,保证泥浆泵正常运转,扩孔过程要经常进行冲孔,防止埋钻事故发生;

③扩孔钻头可采用刮刀钻头或三翼钻头;

④粘性土层采用中等压力、中等转速和大泵量;砂类土应采用轻压、慢转速和大泵量。钻进参数可为:钻进压力 2~6kN,转速 20~120r/min,泵量 140~200L/min;

⑤现场作业人员一定要集中精力,按照扩孔方案,并根据孔内地层变化情况及时处理。

三、钢丝绳冲击钻进简介

冲击钻进有钢丝绳冲击钻进,钻杆冲击钻进,振动冲击钻进,液动冲击钻进以及锤击冲击钻进等,本节介绍水文地质抽水试验孔钻探常用的钢丝绳冲击钻进。

1、钢丝绳冲击钻进原理

钢丝绳冲击钻进是利用自由落体原理,借助于机械的动力,用钢丝绳把一定重量的钻头吊起预定的高度后,钻具在重力作用下自由下落,如此循环而有节奏地连续冲击钻凿孔底岩层的工艺。

2、钢丝绳冲击钻进的特点

(1) 冲击钻进的冲击动载荷破碎岩土体,冲量大而作用时间短,岩石瞬时受到的动压力是钻头质量的几十倍,有利于岩石裂隙的扩展,形成大体积破碎;

(2) 所用设备和器具比较简单,价格较便宜,操作和维护比较容易,搬迁较方便,施工中材料消耗也少,钻工劳动强度低,工程费用较低;

(3) 与循环排渣施工工艺相比,其用水量少,占用场地面积小,尤其在水源不足,场地狭窄的施工条件下更具优越性;

(4) 钻进效率不高。有效破碎岩石的时间少,绝大部分时间和能量消耗在钻头上下运动中;

(5) 不能连续排渣,需要专门捞渣。岩粉聚集在孔底附近,造成重复破碎,影响钻进效率;

(6) 由于靠钻头重力作用自由下落钻进,只适合于垂直孔钻进。

3、钢丝绳冲击钻进的钻探设备和工具

(1) 冲击式钻机应根据孔深、孔径、地质及水文地质条件,并考虑钻机运输、施工、水电供应等因素选择。冲击式钻机主要型号有 CZ—20 型、CZ—22 型、CZ—30 型和 8JC250 型等钻机。

(2) 冲击式钻进所用工具包括钻头(工字钻头、十字钻头和抽筒式钻头)、钻杆、钢丝绳及接头、异径接头及其他附属工具(钻具扳手、齿轮回转器、抽筒及掏泥筒等)。

4、钢丝绳冲击钻进详见《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13 “6.5 冲击钻进”。

四、冲击回转钻进简介

冲击回转钻进,就是在传统回转钻进时,用联接在钻头或岩芯管上的冲击器(有液动和气动两大类)对钻具(碎岩工具)施加冲击荷载同时慢速回转钻具,进行孔底冲击回转钻进,在冲击荷载下,岩石发生体积破碎。按使用的动力介质划分,液动冲击回转钻进以液体(清水、低固相泥浆)为介质;气动(或风动)冲击回转钻进以空气为介质,通称气动潜孔锤钻进,具有空气钻进的全部优点。在第四系卵砾石、漂石及各种基岩层应用

气动潜孔锤钻进较其他方法更有优越性。在锚杆钻孔的基岩孔段、供水水文地质 钻探与管井含水层和基岩施工中应用较多。水文地质抽水试验孔应用气动潜孔锤正循环（全面或取芯） 钻探方法应经勘察项目负责人批准后实施。

1、 冲击回转钻进的特点

- 1) 孔底清洗条件好，单次冲击能量较大，钻杆和钻具直径配合比例适当，有较高钻进效率。
- 2) 钻具转速较低，对孔壁的碰击机会较少，以高频对孔底冲击，减少了对破碎或倾斜地层的影响， 不易形成较大孔斜，减少了钻孔弯曲度。
- 3) 噪音以每增加 1m 减少 6dB 的比例下降，使得噪音符合国家标准。
- 4) 气动潜孔锤钻进过程所产生的粉尘，可以用向压缩空气中加少量水的办法（即雾化）或其他方法 予以清除；液动冲击回转钻进则无粉尘问题。
- 5) 与回转钻进相比，冲击回转钻进所需的扭矩比回转钻进小得多，其回转的转速也比回转钻进的，一般在 10~60 r/min 范围内。

6) 回次进尺长，可以减少提下钻具的辅助时间。

7) 小直径气动潜孔锤可钻任何方向的斜孔，尤其适合于矿山开采和锚杆孔的基岩段施工。

8) 采用冲击回转钻进时，所需钻压小，可以用较小的钻机施工较深的钻孔。

9) 在坚硬致密“打滑”岩层可成倍地提高钻进效率，是克服“打滑”地层的重要方法之一。

2、 气动潜孔锤钻进

1) 适用范围 气动潜孔锤钻进适用于覆盖层较浅的基岩层以及干旱、半干旱和冻土地区的工程地质 和水文地质钻探。在地下水位高、富水性强的岩层中使用时，钻进深度受到空气压缩机压力的制约。

2) 气动潜孔锤钻进应具备的作业条件

(1) 气动潜孔锤钻进配套的专用设备和工具，主要有低转速、长行程给进的钻机、空气压缩机（普遍使用螺杆式空气压缩机）、潜孔锤（结构类型多，分类方法各不相同。按取样方式分为不同直径的贯通取芯式和全面取粉式）、钻杆（有常规钻杆和双壁钻杆两大类）、除尘器、泡沫剂混合器及注射器等。

(2) 孔口应设置防尘装置或防渣技术措施。

(3) 在破碎、易坍塌地层和含水层中钻进的相应技术措施。

3) 气动潜孔锤钻进设备和机具的选择

(1) 潜孔锤结构类型多，分类方法也各不相同。要根据钻孔类型、地层岩性、钻孔深度和直径、含水层情况和水位、空气压缩机风量和风压等选择；

(2) 潜孔锤钻进的钻头按取样方式采用球齿钻头，柱片混装钻头和刀片取芯钻头等；根据岩层强度，坚硬岩石采用球齿钻头，中硬以内岩层采用刀片型钻头；

(3) 钻杆和钻铤应根据钻孔直径和深度及钻机提升能力选择尽量采用大直径钻杆（孔径确定后钻杆 外径越大，钻孔排渣环状空间悬浮岩粉的风速也就越大）。当采用潜孔锤反循环钻进时，应使用双壁钻杆和封堵器；

(4) 钻机要根据钻孔结构、岩石可钻性级别和钻进参数等选择。可选用转盘式钻机、动力头式钻机、全液压动力头钻机和立轴式钻机；垂直钻孔优先选用；

(5) 空气压缩机应根据钻孔口径, 地下水位和钻杆规格选用, 主要采用螺杆式空气压缩机。当风量不足时, 可采用两台或多台空气压缩机并联; 风压不足时, 可采用空气压缩机与增压机串联。

4) 气动潜孔锤钻进规程 气动潜孔锤钻进规程包括气动潜孔锤正循环全面钻进、气动潜孔锤正循环取芯钻进、气动潜孔锤扩孔钻进、气动潜孔锤空气泡沫钻进和气动潜孔锤反循环钻进等, 详见《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T13—2013 6.8 冲击回转钻进。

五、反循环钻进概述

反循环是指冲洗液流动方向与正循环流动方向相反, 即, 冲洗液是由钻杆与孔壁之间的环状间隙或由双壁钻杆内外壁之间环状间隙进入孔底, 由钻杆内孔返回地面。由于冲洗液反循环, 上返速度高, 从而提高了排除孔底和孔内岩屑的能力, 对比正循环钻进降低了转速, 减少了岩屑的二次破碎, 大幅提高了钻进效率, 在水文地质钻探取得了较好的效果。实施反循环钻探前宜对员工进行技术培训。

反循环钻进在配备齐全的专用设备和有充足施工用水后, 适用于第四系不稳定(不宜含有湿胀性硬粘土层的)地层以及卵石、漂石粒径小于钻头中心通孔内径的大卵石、漂石地层中钻探大直径钻孔。

反循环钻进按照产生冲洗液上升流动的方式不同, 可分为喷射反循环(又称“射流反循环”)、泵吸反循环和气举反循环等三种形式。不同反循环钻进效率和钻进孔深存在局限性: 喷射反循环不超过 50m; 泵吸反循环钻进宜为 100m~120m; 气举反循环在开孔或浅(地下水位以上)孔段优先以泵吸反循环或射流反循环钻进, 或者正循环钻进配合使用; 在孔深超过 50m 后, 能取得较好的经济合理的效果; 最大钻进深度与采用的机具设备相关。气举反循环钻进在供水井钻探中应用较多。

六、水文地质抽水试验孔护壁与冲洗液的选择

(一) 水文地质抽水试验钻孔护壁要求

水文地质抽水试验孔及其观测孔宜优先采用清水冲洗液和套管隔离护壁, 保证钻进过程能准确分层量测地下水位和测定分层水文地质参数; 当需要采用泥浆钻进时, 应采用优质泥浆使孔壁稳定, 洗井时泥皮易于破坏, 含水层不堵塞, 并重视洗井质量, 保证分层量测水位和测定分层水文地质参数的可靠性。

(二) 冲洗液的选择原则:

泥浆作冲洗液护壁有利于提高钻进效率和减少土层扰动, 但泥浆护壁影响孔内地下水位观测。因此, 水文地质试验钻孔的护壁应根据地层稳定性、水源和技术要求等, 选择钻探冲洗液和套管护壁。

1. 致密、稳定地层, 选用清水或无粘土相冲洗液;
2. 掉块砂层或自流水、松散层、松软及卵砾石层中钻进, 应选用高密度冲洗液;
3. 钻进水敏性(遇水膨胀)地层或砂层, 应选用低失水量冲洗液;
4. 裂隙或孔隙性地层, 选用密度小, 护壁性能强的冲洗液;
5. 在粘土、砂质粘土层为主的钻孔中大口径扩孔, 可采用清水钻进;
6. 严重缺水或供水困难时, 可采用空气、泡沫或充气冲洗液等低密度冲洗液钻进;
7. 未经批准, 水文地质试验孔不得使用植物胶冲洗液护壁, 或堵漏材料、或水泥浆液堵漏护壁。

七、水文地质抽水试验孔钻探过程的简易水文地质观测

- 1、按照《水文地质钻孔设计》的要求, 编录员或钻探工现场量测应测项目的数据, 并及时记录。
- 2、水文地质抽水试验孔钻探过程的简易水文地质观测方法及主要措施, 详见第四章第四节“四、钻探过

程的简易水文地质观测方法”。

第三节 成井工艺

成井工艺是指在水文地质抽水试验孔钻进结束后，换浆、探井，井管安装，填砾，封闭以及洗井、抽水试验，采集水样等工序的施工工艺。成井结构设计的井管规格（指直径和厚度）、材质、长度与结构的选择及安装位置；滤料的规格、质量，填充位置（指填充的高度和厚度）；封闭；抽水试验方法等每一道工序，都直接影响水文地质参数的准确性和真实性。因此，钻探施工单位必须按照终孔后确认的水文地质抽水试验孔《成井结构设计图》完成成井工艺的各道工序后，完成抽水试验和测试作业。

一、成井工艺常见术语

1、**成井结构** 成井剖面的的技术要素，包括井的深度、各井段直径和井壁管直径、长度、井管材料、滤料规格及封闭（止水）位置等。

2、**完整井** 完整井是指过滤器下在整个含水层的井孔。

3、**非完整井** 非完整井是指过滤器下在较厚含水层的一部分的井孔。

4、**井管** 井管是井壁管、过滤器和沉淀管的总称。

5、**井壁管** 支撑和封闭井壁的无孔管。

6、**安泵段井径** 安装抽水设备井段的直径。

7、**过滤管** 过滤器的骨架管。是在井管壁上穿有各种形状（如圆孔、条孔、桥式）的孔或缝隙，有支撑和过滤作用。无纵向垫筋的骨架管单独使用时，亦称过滤器或骨架过滤器。

8、**过滤器** 位于含水层段起滤水、挡砂和护壁作用的装置。即在过滤管外面垫筋，再缠丝、或包网或贴砾构成的装置。过滤器按其结构划分，大致可分为三种类型：即骨架过滤器、包网过滤器、缠丝过滤器、填砾过滤器。其中前三种过滤器又称为非填砾过滤器。

9、**非填砾过滤器** 过滤管外围不填充人工滤料的过滤器，如缠丝（或包网）过滤器和填砾过滤器。

10、**缠丝（包网）过滤器** 有垫筋和在垫筋外第二个过滤面的缠丝和包网。水文地质试验孔和供水井的缠丝或包网过滤器的支撑骨架一般都是过滤管；在过滤管与缠丝（或包网）之间有纵向垫筋相隔，互不接触，所以是两个过水断面，则有两个孔隙率。如果缠丝或包网过滤器没有设置垫筋，则此类“过滤器”只有一个很小的孔隙率。

11、**填砾过滤器** 过滤管外周围充填一定厚度、某种规格滤料的过滤器。

12、**过滤器孔隙率** 过滤器外层进水面孔隙率及有效孔隙率的统称。

13、**过滤器有效孔隙率** 井中过滤器实际能够达到的孔隙率。

14、**沉淀管** 井管底部用以沉积井内砂粒和沉淀物的无孔管。

15、**滤料** 充填于过滤器与孔壁环状间隙中有一定规格和质量要求的圆粒状的滤水挡砂材料。

16、**井管安装（亦称“下管”）** 将井管依次安装入井身内的工序。

17、**填砾** 将设计的规格滤料投入过滤管与井壁间环状空间的工序。

18、**封闭** 供水水文地质钻探与管井，对井管外围用隔水材料和相应措施永久性地阻断取水（回灌）目的层和其他地层之间的损害和水力联系的工序。

19、**止水** 在水文地质试验孔中，为获取目的含水层的水文地质参数，临时阻断其他含水层或非含水层对

目的含水层的干扰和水力联系的工作称为止水，也称“封闭”。

20、**洗井** 成井工作完成后，清除井内外冲洗介质和泥砂、钻屑，疏通含水层，恢复井周围含水层渗透性的工序。

21、**抽水试验** 通过井的抽水确定井的出水能力，检查封闭和洗井质量，获取含水层的水文地质参数，判明某些水文地质条件的野外水文地质试验。

22、**稳定流抽水试验** 就是抽水时，动水位和相应的涌水量要求达到稳定并延续一段时间才可结束的抽水试验；一般要求作三个落程的稳定延续时间，从几小时到几十小时。

23、**非稳定流抽水试验** 就是抽水时，动水位不需要达到稳定，或者稳定很短的时间，即可结束。

二、换浆、探井（亦称“探孔”）

为了方便洗井，并将井管及砾石顺利地入到预定深度，在下管和填砾前应做好换浆、清除井底沉渣、探测井径与井深等各项工作。

1、换浆

为使井管顺利下到预定位置，防止孔内泥浆沉淀，堵塞滤水管孔隙，用稀泥浆更换孔内稠泥浆的工序。除高压、易塌含水层无需更换稀泥浆外，下入井管前，采用泥浆护壁钻进松散、破碎易塌地层，在井壁形成较厚的泥皮，影响含水层出水，就要在钻进到设计井深后进行换浆。采用回转钻进时，应向井内送入粘度为18s~20s稀泥浆，密度为1.05g/cm³~1.10g/cm³替换孔内稠泥浆；松散层（除高压自流水层外）可用比原钻头大20mm~30mm的疏孔钻头扫孔；坚硬地层，可用特制钢丝刷刷孔壁。下入井管（填砾前）后，再向井内送入16s~18s泥浆，直至孔口返回16s~18s泥浆。换浆过程不得停泵，不得直接送清水，要设专人看管泥浆泵和孔口，以防井壁坍塌。冲击钻进时，如泥皮太厚，可加大钻头直径扫孔，用抽筒将稠泥浆掏出，灌入稀泥浆；换浆过程，应使泥浆逐渐变稀，以防止泥浆性能突变，导致粗颗粒沉淀或井壁坍塌，应经常活动扫孔钻具，防止泥浆在井内上返时，产生“串流”现象，影响换浆效果。扫孔宜用轻钻压、快转速、大泵量的方法进行；在清封含水层井段时，宜上下提动扫孔钻具。

当出入井的泥浆性能接近一致，且井口捞取泥浆样达到无粉砂或岩屑沉淀时，即完成换浆工序。

2、探井

探井指下管前用探孔器（疏孔器）检查井的深度、直径和井壁是否平滑，以保证井管顺利下到预定深度和井段的工序。有条件时可用井径仪探孔，探明孔壁是否规整、圆滑、顺直。

回转钻进探孔器可以由钻杆和导正器组成探孔器，即在钻杆上焊几个导正器，其直径可比钻孔直径小20~30mm，两个导正器之间的距离为2m，全部长度不小于8m（或探孔器有效部份长度为钻孔直径的20~30倍）。下置探孔器中途遇阻时，应提出探孔器进行修孔，直至探孔器能顺利下到孔底。

冲击钻进可用肋骨抽筒或掏泥筒加焊导正器作探孔器，长度不宜小于8m。

探井后，还应校正井深（为保证井管安装的准确无误）和测斜（为确保抽水设备正常运行）。各井段直径不得小于设计井径的20mm，精确测量井的深度，井深和井斜偏差不得超过设计要求。

三、井管及其安装

井管根据其作用的不同，分为井壁管、过滤器和沉淀管（亦称沉砂管）。

（一）井壁管和沉淀管

1、井壁管

水文地质抽水试验孔常用井壁管的特点与适用范围，详见表 10.3.1 常用井壁管的特点与适用范围。

2、沉淀管

沉淀管长度，根据孔深、钻孔类型、含水层岩性及其以下岩层的稳定性确定。水文地质抽水试验孔的终孔地层为基岩的完整井，沉淀井段为裸眼；非基岩完整井的水文地质抽水试验孔均应安装沉淀管。非完整井的沉淀管底部应封闭。沉淀井段或沉淀管的长度一般为 2~6m。

（二）过滤器结构及其过滤管

表 10.3.1 常用井壁管的特点与适用范围

种类	特点	适用范围	连接方式
钢管	抗拉、抗压、抗测压强度高、下管工艺简单，发生孔内井管事故易处理，但成本高；孔隙率 20%~35%	适用于各种不同深度的井；可重复回收使用	丝扣连接；公母扣或接箍；或焊接
PVC-U 管	重量轻、运输方便、耐腐蚀，下管工艺简单，过滤管加工可一次成型，成本低。耐光老化性能和热安定性差；孔隙率 10%~15%；难以回收或重复使用	适用于各种水质和深度 ≤150m 井孔（含降水井）和水位观测孔	粘接：接箍粘接；承插粘接；卡箍；丝扣；焊接

1、过滤器的作用

对含水的破碎、松散岩层安装过滤器既起良好的透水作用，又能防止井壁坍塌、阻挡含水层泥砂颗粒进入井内，避免井的淤积的作用。过滤器孔隙率应适中。若过滤器加工孔隙率偏小，进水阻力增大，会造成井内外过大的水位差值，导致水文参数测试的数据不真实；孔隙率过大，过滤器强度不足而失效。

2、过滤管及其穿孔形式

设计的穿孔过滤管的穿孔孔径（缝隙宽度）按照含水层颗粒决定。常见的过滤器为穿孔过滤管。穿孔过滤管形式有两种，圆孔过滤管和条缝（也称缝隙状）过滤管。水文地质试验孔成井常用圆孔过滤管。

1）圆孔过滤管的孔眼布置一般按梅花形排列。小管径者通常按等腰三角形布置，大管径者则按等边三角形布置，分布在管壁。圆孔间距一般为 2.5~3.0 倍的圆孔直径，圆孔直径一般为 $\Phi 15 \sim \Phi 21$ ，圆孔过滤管孔隙率为 20%~30%；水文地质试验孔常用钢管圆孔过滤管设计实例，参见表 10.3.2。

表 10.3.2 常用钢管圆孔过滤管设计实例

过滤管外径 mm	圆孔直径 mm	每周行数	行间距离 mm	三角形边长 mm	孔隙率 %
219	15	28	24.5	27.5	24
	20	20	34.5		25
194	15	24	25.0	27.5	25
	20	18	32.9		25
168	15	22	23.9	27.5	27
	20	16	32.9		25
142	15	18	24.7	27.5	26
	20	14	31.8		27
110	15	14	24.6	27.5	25
	20	10	34.5		25
89	15	10	27.9	27.5	23
73	15	8	28.5	27.5	22

2) 条缝过滤管的缝隙呈长条状交错均匀地排列在过滤管管壁；条缝过滤管的宽度标准为 2mm~ 4mm。作为过滤器的骨架管时，条缝宽度一般为 10mm~20mm,其缝隙率可达 40%~45%。

3、过滤器的类型及其加工技术要求

1) 过滤器的类型

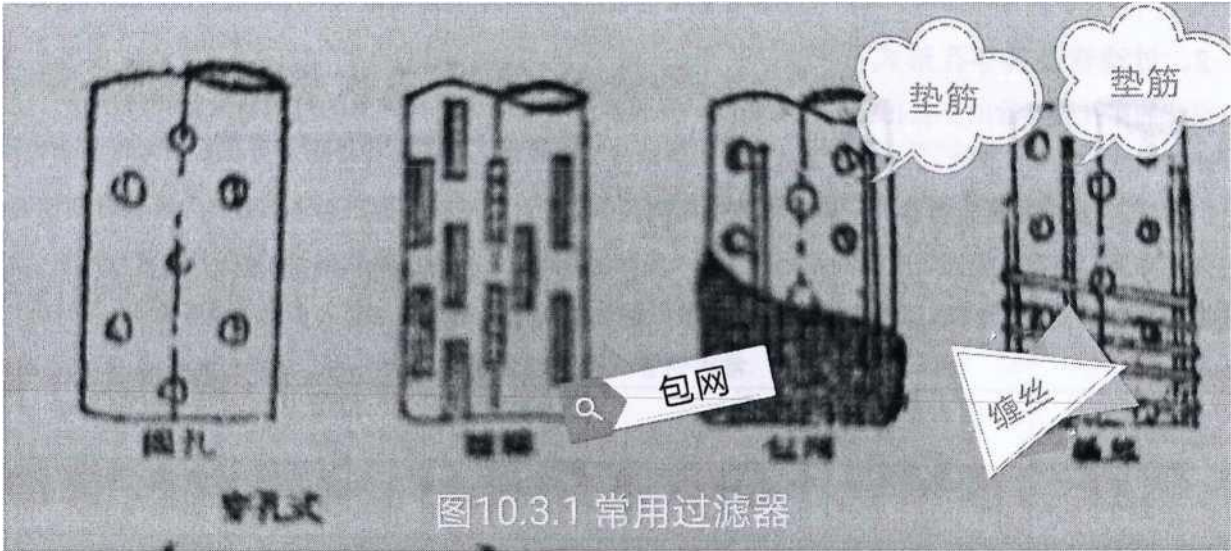
根据含水层颗粒和井壁情况，勘察设计单位一般按表 10.3.3 选择过滤器类型（常用过滤器类型见图 10.3.1 和图 10.3.2）；过滤器制作材料，也是根据水质、受力条件、使用要求 and 经济合理等因素确定。水文地质抽水试验孔常用的过滤器为包网过滤器、缠丝过滤器和填砾过滤器；水文地质抽水试验孔寿命 周期短，应用包网过滤器多于缠丝过滤器。

2) 过滤器加工技术质量控制

(1) 过滤器的结构设计参数 过滤器的结构设计参数包括过滤管材质、穿孔类型、孔隙率（孔眼尺寸及排列）、垫筋规格，包网材质及网眼目数或缠丝规格和缠丝缝隙，过滤器长度及安装位置，加工偏 差、滤料规格和填砾高度等。钻探现场作业人员负责按照过滤器的结构设计要求，加工和安装过滤器。

表 10.3.3 不同含水层适用过滤器的类型选择原则

含水层颗粒级配及孔壁稳定情况	过滤器类型	
	抽水试验孔	水位观测孔
稳定基岩裂隙层、岩溶溶洞无充填物	裸眼（即，不安装过滤器或过滤管）	
不稳定、易坍塌、掉块岩层，构造破碎带，岩溶溶洞有充填物	穿孔过滤管	
含砂量少或 $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 的卵石、砾石层	穿孔过滤管、包网过滤器、缠丝过滤器或填砾过滤	包网过滤器
$d_{20} \leq 2\text{mm}$ 粗砂、中砂层	包网过滤器、缠丝过滤器或填砾过滤器	包网过滤器
细砂层或粉细砂层	填砾过滤器、双层填砾过滤器或桥式过滤器	包网过滤器



(2) 过滤管加工质量控制

- ① 过滤管孔隙率应尽可能大，加工偏差（指圆孔数量或条缝宽度）不得超过设计孔隙率的+10%;
- ② 非填砾过滤管的纵向钢筋的间距控制过滤管外纵向钢筋骨架结构是沿管外壁纵向间隔 50mm~ 70mm、均匀帮焊 $\Phi 6 \sim 8\text{mm}$ 的扁条钢或圆钢作垫筋；垫筋间距应保证缠丝或滤网距过滤管外壁 2~4mm；垫 筋两端应

设置挡箍。包网过滤器现场常见缺陷是未帮焊垫筋和设置挡箍，使孔隙率降低或滤网“脱裤子”。

(3) 包网过滤器过滤管垫筋的外侧包扎孔隙率大于过滤管的滤网；缠绕适当间距的 16'~14'镀锌铁丝绑定加固。滤网材料常用的有塑料压模网或纤维织成的纱网。一般在砂类含水层中，可选用扁条状 丝网；在卵石、砾石含水层中，可选择方格状丝网；网孔规格选择见表 10.3.4。

表 10.3.4 筛分重量比与缠丝间隙（网孔规格）表

含水层分类	筛分后的颗粒组分		填入滤料直径， mm	缠丝间距（网孔边长）， mm
	直径（mm）	%（以重量计）		
粗砂	>0.75	70 ~80	6-7.5	5
粗砂	>0.5	70 ~80	5~6	4
中砂	>0.4	60 ~70	3~4	2.5
中砂	>0.3	60 ~70	2.5~3	2
中砂	>0.25	60 ~70	2.0~2.5	1.5
细砂	>0.2	50 ~60	1.5 ~2.0	1.0
细砂	>0.15	50 ~60	1.0 ~1.5	0.75
粉砂	>0.1	50 ~60	0.75~1	0.5-0.75

(4) 缠丝间距和网孔规格（即网的目数=25.4mm /网孔边长）：设计一般根据含水层采集的砂砾层试样 筛分结果，确定缠丝间隙和网孔规格。参见表 10.3.4 筛分重量比与缠丝间隙（网孔规格）表。

(5) 填砾过滤器（见图 10.3.2）适用于各种岩性。单层填砾过滤器广泛应用于中、粗砂层的含水 层；双层填砾过滤器适用于细、细粉砂的含水层。

为确保填砾过滤器外砾料均匀，过滤器外管应安装扶正器（亦称找中器）。扶正器外径比相应钻孔 直径小 10mm~20mm；每组扶正器数量不少于四个，一般间隔 5~10m 安装一组，每个井孔至少安装 2 组。

(6) 桥式过滤器桥式过滤器由钢板冲压焊接而成。壁外呈“桥状”，立缝为进水口，立缝宽度等于 或略小于滤料粒径的下限。使用时一般不包滤网；供水机井和供水管井应用较多。

(7) 水位观测孔过滤器设计参数：长度一般为 2~3m,孔隙率常大于 15%。

(三) 井管安装（俗称“下管”）

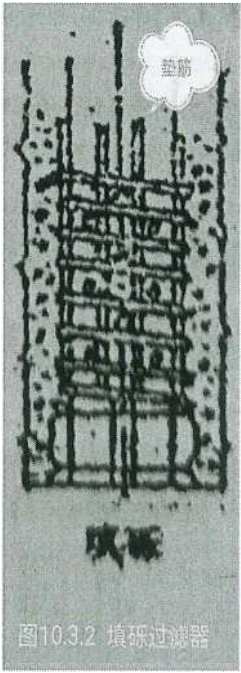
1、下管前的准备工作

1) 钢质井管外观质量的检查：

- (1) 井管应无残缺和断裂等缺陷。管端和管箍的螺纹必须完整、吻合，每米 弯曲度不得超过 1mm；
- (2) 井管的上下口平面应垂直于井管轴线；
- (3) 井管直径偏差不得超过：无缝钢管外径±1%~1.5%；有缝钢管外径±2%；
- (4) 井管内径厚度偏差不得超过±1mm；
- (5) 过滤管加工质量符合设计要求。

2) 下管前应对钻机卷扬机、止水材料、滤料及所用机具进行质量安全检查和 数量核查；

3) 将全部井管按钻孔终孔后确认的《钻孔及成孔结构设计图》的要求，顺序 丈



量、排列及编号，并记录每根井管的长度；检查填砾过滤器安装扶正器（亦称找中器）的位置和间隔，然后依次下管。

2、下管方法

根据井管的总重量和所能承受的拉力或压力，成井深度、井管材质的强度、起重设备的能力等确定下管方法。可采用钻机卷扬机直接提吊法，大口径钻孔则采用钻杆托盘法下管；当采用单一方法下管困难时，可采用综合下管法。常用下管方法及其特点，详见表 10.3.5 常用下管方法及其特点。

3、钢质井管安装注意事项

- 1) 下管前，应检查孔内下管顺畅情况；现场安装的井管的口径、长度和类型应符合设计要求；
- 2) 采用空气压缩机进行抽水试验的钻孔安装井管时，应设置测水位装置（也称测压管）测量动水位，随井管同时安装至设计深度；
- 3) 井管的连接必须做到对正接直、连接处严密；安装时应详细记录井管各部分的规格、长度和实际深度，绘制井管结构安装图；
- 4) 提吊井管时，要稳提慢放，下管受阻时不得猛做或压入，避免损坏过滤器；
- 5) 井壁管底部座落深度和过滤器安装位置允许误差应符合设计要求；
- 6) 井管下管完成后，为避免井管发生弯曲或偏斜，钻机卷扬机应继续提吊部分井管重量，并将井管上部对中固定于井口，直至井口管固定工序完成；再复查井管倾斜度，井管倾斜度应符合设计的要求。

表 10.3.5 常用下管方法及其特点

下管方法	下管深度, m	适用管材	特 点
钻机卷扬机提吊下管法	与钻机卷扬机提升能力相关	连接可靠的钢管、铸铁管、塑料管	用于井管自重（或浮重）小于井管允许抗拉力和起重机的安全负荷。方法简单、安全可靠，下管深度受钻塔负荷、钢丝绳抗拉强度、卷扬机提升能力及套井管的抗拉强度的影响
钻杆托盘下管法	200 以内	各种管材	用于井管自重超过井管允许抗拉力和起重机的安全负荷。安全可靠，下管深度受钻塔负荷、钢丝绳抗拉强度、卷扬机提升能力及钻杆、井管的抗拉强度的影响
综合下管法	>300m	金属管材	用于结构复杂和下置深度过大的井管。用浮力减少管壁的拉应力，减轻钻塔及下管设备所受负荷，采用上述一种方法下管仍困难时，同时采用两种或两种以上的方法下管

4、PVC-U（全称为“硬质聚氯乙烯塑料管材”）井管使用注意事项

PVC-U 为塑料管材，根据用途分为给水用 PVC-U 管和排水用 PVC-U 管。降水井常用排水用 PVC-U 管。

- 1) 用钢制夹板内衬橡胶板防止滑落或夹坏塑料管；夹板夹持井管时，应离井管丝扣或胶水连接处稍远一些，避免管端变形；夹板不宜夹得过紧。
- 2) 对扣或对接时上部的管要扶正避免乱扣或歪斜；上扣时勿强行拧扣避免丝扣变形而脱扣；
- 3) 拧管时可使用麻绳或三角皮带，勿用钢丝绳拧，避免塑料管损坏；
- 4) 采用树脂胶粘接法连接时，要达到规定的粘接停置时间间隔后继续下管；
- 5) 下管时应慢速起吊，轻提慢放，避免冲击和挤压；井管允许一次安装长度为 150m；
- 6) 井管下管完成后，为避免井管发生弯曲或偏斜，钻机卷扬机应继续提吊部分井管重量，并将井管上部对中固定于井口；再复查井管倾斜度，井管倾斜度应符合设计要求。
- 7) 不宜使用活塞洗井。

四、填砾

（一）填砾的目的

1. 利用人工围填的滤料在填砾过滤器与井壁间形成一个人工的过滤层，增大过滤器周围有效孔隙率。经洗孔和抽水后，滤料颗粒有规律的进行排列，靠近填砾过滤器附近，透水性最高，往边缘则逐渐降低。这就增大了过滤器管外的透水性，从而减少进水时的水头损失，增大井的涌水量；
2. 起挡砂作用。人工过滤层的形成，可以防止细小砂粒涌进管内，防止涌砂；
3. 延长抽水泵和井的使用寿命。对含水层而言，若砾石过小或碎石子替代砾石，则空隙过小，增加进水阻力，影响井的涌水量；砾石粒径过大，增加进水含砂量引起井的漏砂淤砂。合理的填砾施工不仅能真实反映抽水试验井的涌水量，而且能降低井的来砂量，减少抽水泵的故障率和延长井的使用寿命。

（二）砾石规格、质量，填砾厚度和高度

- 1) 砾石质量、规格，填砾厚度和高度应符合《钻孔及成孔结构设计图》的要求。
- 2) 砾石质量与规格要求：优先选用颗粒具有亚圆形以上磨圆度的硅质砂、砾石，不得使用有棱角的碎石。砾石运到现场后必须进行水洗，剔除杂质和泥土，过筛为滤料（指筛分后规格符合设计要求的砾石），使滤料粒径符合设计要求的合格率大于 85%,留样备查并记录筛分成果。

（三）填砾

1、滤料需用量计算

填砾前，应根据钻孔深度、孔径、管径和含水层厚度计算滤料数量。在钻进过程中往往由于孔壁坍塌或钻具摆动而使孔径扩大，因此需要考虑超径系数。滤料需用量可用公式 10-1 估算。

$$V = 0.785 (D^2 - d^2) L \cdot K \quad (\text{公式 10-1})$$

式中，

V----- 滤料需用量，m³；

D----- 钻孔孔径，m；

d----- 井管外径，m；

L----- 填砾段的长度，m；

K ——超径系数，一般取 1.2~1.5。

2、填砾方法

1) 填砾前的准备工作

- (1) 按照设计，将计划填入孔内的滤料数量进行计算，备料应有一定的余量；
- (2) 填砾前再次稀释泥浆至粘度为 16s~18s、相对密度为 1.05g/cm³~1.1g/cm³，进入填砾工序。

2) 填砾

水文地质试验孔的填砾常用静水慢速填砾或循环水填砾，按表 10.3.6 填砾方法选择表选择。围填滤料必须连续均匀，及时量测填砾高度，分层校核填入的滤料数量，避免架桥。

3) 填砾注意事项

- (1) 对滤料除进行筛选外，还应进行冲洗，除去杂质，避免架桥，减少洗孔时间；

(2) 填砾速度：开始填砾时速度不要太快；等孔口有返水后再加快速度，一般是浅孔或供水管井时可快填，反之则慢填，防止架桥；

表 10.3.6 填砾方法选择表

方法	操作程序	特 点	适用范围
静水慢速填砾法	下管后，填砾前彻底换浆，停泵填砾，先冲后填，直接从孔口填入砾石	方法简单，通过孔口返水情况，判断填砾质量	孔壁完整，地层较稳定的浅部含水层，孔深≤100m；分组、分层抽水
循环水填砾法	边冲边填，用钻杆从井管内部送水，不得停泵；孔口密封，使清水从管外上返，孔口填入砾石	砾石清洁，不易堵塞，密实度较好；孔口管外必须先行严格密封	孔壁不稳定的岩层和砾石不易达到的深部含水层

(3) 填砾时应连续、匀速，及时量测填砾的高度和校核数量；在围填过程中，如发现堵塞、架桥现象或滤料投至过滤器顶部，完全封闭过滤器后，用洗孔活塞拉洗在井管内适当地上、下活动数次或在管外下入钻杆送水循环，将堵塞的滤料冲开后再继续围填，使下部砾石排列密实；

(4) 填砾时要沿井管四周方向分批投入，不能只从一个方向投入；

(5) 滤料投入厚度，在不影响止水粘土的实际止水厚度情况下，应适当地高于含水层顶面；确认滤料充分沉淀，孔内再无滤料下沉后，才能转入下一道工序（如止水、孔口封闭或洗孔工序）。

五、止水

(一) 封闭或“止水”

井的封闭或止水的作用，(1)可以避免地表水或非试验含水层的水渗入井内，影响井的测试结果；

(2)可以降低井管起拔阻力；(3)可以加固井管。(4)可以防止目的含水层以外的其他含水层或非含水层对目的含水层的水文地质参数真实性的干扰或损害。

(二) 止水概述

在水文地质抽水试验孔内遇两层及以上含水层，须要进行分层止水、分段抽水试验，获取准确的分层水文地质资料。分层止水系指对目的含水层以外的地层进行封闭和隔离，以防止对目的含水层的干扰和损害所进行的全部工作。也就是将各层、段的含水层相互隔离，防止不同质或不同层段的含水层（如咸水层和淡水层，冷水层和热水层），相互串通。

1、止水分类

井孔止水类型见表 10.3.7。水文地质试验孔止水工序质量，应保证试验测试全过程止水有效。

表 10.3.7 钻孔止水种类、方法与要求

钻孔止水类型	钻孔止水种类	适用条件	方法与要求
粘土的永久性止水或临时性止水	粘土球止水	第三、四系松软地层、含水层埋深 300m 以内，止水管与孔壁间隙 > 80mm，地下水承压不高和流量不大的抽水试验孔或管井	用含砂 < 5% 的粘土揉实，搓成球径 2cm~3cm，风干（即阴干，表面无裂纹，内部湿润），孔口投入。每投入孔内 1~2m 后用工具压实一次，边投边压实，捣实不宜过重，并注意量测深度
水泥的永久性止水	压力注浆	有特殊要求的钻孔；含水层水头压力较高的钻孔；对含水层封闭较长时间的管井	方法与水泥浆封孔法相同。泵送法，水灰比 0.5~0.6；导管灌注法，水灰比 0.45~0.5；注送器注入法，水灰比 0.40~0.45

临时性止水（主要止水物：粘土、海带、桐油石灰或橡胶制品）	盘止水	上托盘	分层观测水位 或分层抽（压）水试验止水	适用于地层较完整的变径处	托盘外径比钻孔变径处大径略小，内径比止水套管外径略大的环形网板，套焊在套管上，止水物包缠于托盘下，托盘压挤止水物达到止水
		下托盘		适用于不填砾含水层	套管管靴上焊一个金属托盘，在托盘上锯有数条径向缝隙托盘上投入粘土等止水物并压实
	靴止水	胶塞止水	适用于完整基岩的止水		把胶圈预制品套在套管底端，外面用铁丝扎牢，套管楔入木塞，将内胶圈压紧于套管内壁
		下塞止水			向孔内投送止水物压实后，下入带有止水木塞的套管，将止水物挤于环状间隙内。
	支撑管橡胶止水器止水		适于孔内有若干个含水层，钻一层测试一层	止水物为橡胶制品	

2、水文地质抽水试验孔的止水质量要求

（1）抽水开始后，内管水位（出水管内水位）下降，外管水位（即出水管与井管之间的水位）保持静止状态不变；

（2）抽水结束后，内管水位上升，外管水位不变。

3、分层止水的钻孔施工程序

勘察项目区内需要进行分层止水和分层抽水试验时，对多层含水层可按照勘察负责人确认的单孔分层止水分层抽水试验，或采用多孔分层（组）抽水试验施工程序以减少单孔分层止水工序。

1）单孔分层止水分层抽水试验施工程序简介

单井分层抽水试验时，都是自下而上地进行。若为粘土止水详见本节（三）2、“粘土止水”。

2）多孔分层（组）抽水试验施工程序简介

根据含水层（组）数量和深度、抽水试验的要求，每个抽水试验钻孔只进行一个含水层（组）的抽水试验。每个含水层（组）完成成井工艺和抽水试验结束后，将井管内注满泥浆即可拔出井管；再下钻具清理孔底滤料、粘土等沉淀物，并继续钻进。勘察项目负责人将每一个抽水试验孔的抽水资料综合整理为一个项目的分层抽水试验资料。如，场地需要三个含水层抽水试验，则施工三个水文地质抽水试验孔，各孔分别进行一个含水层（组）抽水试验，然后将各孔抽水试验资料综合整理。这种施工方法可减少复杂的止水程序，还能减少孔内多次起拔套管的麻烦。

（三）临时止水材料及其使用

1、临时性止水材料

临时性止水材料应根据钻孔止水位置的地层条件选用，见表 10.3.8 常用临时性止水材料选择表。

表 10.3.8 常用临时性止水材料选择表

临时止水材料	要 求	适用条件
粘土（也适用于永久性止水）	含砂量＜ 5%，搓成球径 2~3cm 粘土球，风干（表面无裂纹）使用；宜使用膨润土	第三、四系松软地层、含水层埋深 300m 以内，止水管与孔壁间隙＞80mm，地下水承压不高和流量不大
海带	肉厚、叶宽、体长，编成发辫状再使用	松散地层及完整基岩层
桐油石灰	油灰比 1:3~1:5，添加麻刀等纤维物增加强度	无水孔段及被淡、咸水淹没；孔壁不规整和有小裂隙的岩层

2、粘土止水

1）粘土止水方法

单井分层抽水试验施工程序：将钻孔穿越的含水层全部揭穿，然后由下而上地逐层进行止水。先在下部含水层安装过滤器，围填砾石至试验孔段以上 2~3m，再于砾石顶部用止水材料如黏土球封闭 3~5m，并注入浓泥浆（泥浆密度 1.5，胶体率>97%）封固。然后再进行换浆、洗井、抽水试验。取得下层水文地质资料后，拔出过滤器，将下部含水层用黏土球回填封闭到预定深度。再用同法进行上部试验段的止水、洗井和抽水试验，直至查明各含水层的水文地质参数和水化学特征为止。见图 10.3.3 黏土止水结构图。

2) 黏土止水注意事项

(1) 黏土掺水浸泡拌合后，揉实，搓成球径 2~3cm 的黏土球，预先阴干（即阴干后外表干燥无裂纹，内部湿润、柔软）；

(2) 填砾并洗井，砾料沉实后，再进行黏土球围填止水工序；

(3) 将不同直径的黏土球缓慢匀速、沿井管四周围填，不得只从一个方向投入；

(4) 每投 1~2m 厚度黏土球，用冲捣工具压实并测量一次深度，如此边投、边压实，边测量止水深度。经压实后的黏土球高度应符合设计要求后，注入浓泥浆（泥浆密度 1.5，胶体率>97%），使其填充在被压实的黏土球间隙中，增加止水效果。冲捣工具不宜过重，底面应平整，压入深度和冲压时间均要适当控制，以免黏土被搅成泥浆而失去止水作用。

3. 海带、桐油石灰和橡胶止水

海带、桐油石灰和橡胶止水注意事项，参见《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13-2013 7 成井工艺 第 7.2.12 条~第 7.2.14 条。

（四）分层止水操作注意事项

1) 止水管下入井内前，应先探孔并排除孔内障碍物；下管中途遇阻，应将止水管提出孔口，查明原因和排除障碍后再下入孔内；若止水部位在孔底，应清除孔底杂物，保证在止水物送入孔内时，不致因杂物混入而影响止水质量；

2) 应准确掌握隔水层厚度和深度，并量测止水部位孔径后，确定止水物的直径、长度和数量；

3) 下入孔内的管材应准确丈量，使止水器或止水物能准确的放置在止水部位；下带有止水物的套管时，严禁上下串动；若中途遇阻，将止水套管提出井口，查明原因并排除后再下入井内；

4) 异径止水时，套管应坐落在完整岩石上，如无台阶或同径止水时套管应在井口夹牢，以防下落；

5) 止水管及出水管的所有连接处必须密封。可用铅油、沥青或油漆封严；临时止水的井，为便于起拔套管，必须在止水物上部环状间隙内灌满优质泥浆后，将孔口封严，以免杂物从孔口掉入；

6) 使用桐油石灰、黏土球等材料应在使用时配制（搓制），防止过度干燥，影响止水效果。

（五）止水质量的检查

分层抽水试验质量的重要节点在于止水效果。分层止水完成后，应进行止水质量检查。水文地质抽水试验孔，在分层止水后大多数采用压力检查法，检查止水质量。

1、压力检查法 所谓压力检查法就是利用注水、提水或水泵压水从止水管内注水、抽水，造成止水管的水位差，进行止水质量检查的方法。

1) 当止水管与井壁间隙较大，可以测得止水管外水位变化时，首先测得止水管内外稳定水位；再往管内注水或抽水，使管内外水位差增加至所需值。稳定 30min 后，若测得管外水位波动幅度不超过 0.1m 时，

可判定止水合格。

2) 当止水管与井壁间隙小, 难以测定止水管外水位变化时, 可以借助止水器本身装有的止水检查装置 (见支撑管式止水器), 来进行止水质量检查。其方法是:

在管内注 (提) 水, 这时管内水柱压力将通过心管上的小孔, 传至短管上下被止水物封闭的间隙。在所需检查的压力值下管内水位变化幅度 30min 不超过 0.1m, 则认为止水合格。这种检查方法需要事先将止水物分成两段, 多用于止水物为海带、桐油石灰、橡胶的条件下使用。

3、泵压检查法利用水泵压力造成止水管内外压力差。适用于所需检查压力比注水法大的情况。

采用泵压法, 要求水泵压力与止水物相通, 而与要观测的含水层不通为前提条件。其检查方法是: 将水泵压力增至比止水段在止水期间可能造成的最大水柱压力差为大, 水泵在这一压力下, 稳定工作 30min, 其耗水量不超过 1.5L, 则认为止水合格。然后捅开挡板, 即可进行抽 (压) 水作业。

泵压检查法不适用于粘土止水的水文地质试验孔。止水质量检查的方法还有食盐扩散检查法和水质对比法, 参见《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T13-2013 7 成井工艺。

六、洗井 (亦称 “洗孔”)

洗井是成井工艺中的一道重要工序。

钻孔钻进过程 (特别是泥浆护壁) 常常使含水层透水性受到一定影响。因此必须通过洗井破坏含水层孔隙、裂隙中岩粉、泥浆壁, 清除井内及吸附在含水层表面的泥皮及堵塞物、过滤器周围含水层中的细颗粒等影响含水层涌水量的人为因素, 恢复含水层渗透性和井的涌水量。

洗井工作的步骤: 第一步是了解含水层的特征、井的结构和钻探工艺, 在此基础上选择洗井方法; 第二步是确定洗井延续时间及抽水强度; 第三步洗井效果检验。

1、常用洗井方法

洗井方法应根据含水层特性 (含泥砂情况), 钻孔质量、成孔结构与强度、止水工艺和钻探工艺等因素合理选择。常用的洗井方法, 按表 10.3.9 常用洗井方法选择。

2、洗井质量要求

水文地质抽水试验孔的洗井质量是清除钻探对含水层影响的关键工序, 是成井工艺的重要指标之一。

- 1) 水中无钻孔施工残留的物质, 包括附着在孔壁上的泥皮及渗到含水层中的冲洗介质;
- 2) 连续 24h 的单位涌水量不再增大 (指相邻两次最大水位下降的涌水量差值小于 5%);
- 3) 或连续 24h 的出水含砂量不再降低;
- 4) 洗井结束, 应捞净孔底沉淀物后进入下一道工序。

表 10.3.9 常用洗井方法

含水层类型	洗 井 方 法
第四系含水层	1. 焦磷酸钠及六偏磷酸钠洗井；2. 活塞洗孔或液态二氧化碳洗井；3. 压缩空气洗井、排渣；4. 焦磷酸钠和活塞联合洗井；
基岩含水层（下管）	1. 活塞洗井；2. 液态二氧化碳洗井；3. 压缩空气震荡，大降深连续抽水洗井、排渣
基岩裸孔（即不下管）	1. 液态二氧化碳洗井；2. 压缩空气震荡，大降深连续抽水洗井、排渣
碳酸盐基岩含水层	1. 盐酸洗井；2. 液态二氧化碳压酸洗井；3. 压缩空气洗井、排渣

3、洗井注意事项

- 1) 洗井工作必须在封闭止水后立即进行，以防井壁泥皮硬化，造成洗井困难，影响水量；
- 2) 洗井前要清除井口杂物，作业位置应设在喷射物降落范围之外；
- 3) 洗井时要经常观察井口返水的水质变化，发现砾石深陷应及时补充；
- 4) 用化学、物理的方法洗井时，要因地制宜，做好作业人员的安全防护；
- 5) 洗井结束应立即清除井底沉淀物；不能及时进行抽水试验时，应将井口封好；
- 6) 联合洗井注意事项：
 - ①当松散层钻孔的井管强度允许时，宜采用活塞和压缩空气联合洗井；
 - ②对一般基岩裂隙孔和松散层中机械洗井方法效果不好的，宜采用液态二氧化碳洗井；
 - ③对形成较厚泥壁或含水层粘性土含量较高的孔，宜采用焦磷酸钠和压缩空气联合洗井；
 - ④在基岩中，可先用酸化洗井，再用液化二氧化碳洗井，或采用射孔洗孔等综合洗井法。

4、活塞洗井

活塞洗井是利用活塞在管内抽动，以产生水力冲击和井孔真空作用的原理达到洗井目的；一种成本低、效率高的洗井方法。多用于非自流孔；适用范围广，配合化学洗井效果更为显著，应用广泛。

1) 活塞按其制作材料，有木制活塞和铁制活塞两大类，按结构形式又可分为多种。

(1) 木制活塞一般用松木或榆木制成空心圆柱体，分为两个半或几半捆绑在钻杆或抽筒上，外面钉以胶皮圈，其外缘与井壁的间隙一般为 8~12mm 左右。木制活塞有活门式木活塞、掏泥桶式木活塞和层叠式木活塞等。使用前应浸泡 8h 以上，以免因木塞膨胀而卡在管内。

(2) 铁制活塞是采用铁制法兰夹多层胶圈装在钻杆上组成，垫片外径可比井管内径大 5mm~10mm。常见的有不带活门的铁制活塞和带活门的铁制活塞；冲击钻机常用抽筒式活塞。

2) 活塞洗井注意事项：

- (1) 活塞洗井时，易引起管外填砾密实下沉，应随时补充，避免滤水管出露，造成涌砂事故；
- (2) 凡活塞洗井开始时均应自上而下逐层循环洗孔，先自上而下拉洗 2 个~3 个循环，然后再自上而下逐层强力拉洗 2 个~3 个循环；
- (3) 活塞洗井中，钻具和活塞应连接牢固；活塞下放应平稳，提升速度应均匀，宜控制在 0.6m/s~1.2m/s；中途受阻不应强行提拉；活塞磨损大时应及时更换；
- (4) 不得直接把活塞放至孔底；在孔内停留时间也不能过长，以免活塞被流入的泥砂埋住；
- (5) 活塞洗井延续时间，可参考表 10.3.10 活塞洗孔延续时间经验数据表。

3) 活塞联合洗井方法（适用于回转钻机施工完成的孔）

- (1) 泥浆泵配合活塞洗井：在钻杆下段加活塞或在钻杆下端连接一特制短管，管外加 1 个~2 个活塞，

管的下端接注水喷头。用泥浆泵通过钻杆向井内送水，采用送水拉活塞与强力拉活塞联合洗井。先 自上而下送水拉洗 2 个~3 个循环，然后再自上而下逐层强力拉洗 2 个~3 个循环。

表 10.3.10 活塞洗孔延续时间经验数据表

含水层岩性	抽水试验钻孔种类	活塞洗井时间（台班）	备注
中砂、细砂、粉砂	浅孔	3~4	1、洗井部位在 50m 以内为 浅孔；大于 50m 为深孔
	深孔	4~5	
粗砂、砾石	浅孔	4~5	2、洗井时间包括淘砂和捞 取孔底沉淀物
	深孔	5~6	

（2）空气压缩机配合活塞洗井：在钻杆下端加活塞，钻杆上端接空气压缩机输气胶管，用空气压缩机送风抽水，同时拉动活塞洗井。

（3）双活塞洗井：在下入井内的水管末端连接一根 1.0m~1.5m 长且底部封闭带孔眼的过滤管，在 过滤管两端各安装一个活塞，活塞定位后先拉动十余次，再下入风管开动空气压缩机抽水，水清后活塞 下移到预定管段再提拉活塞洗井，并用空气压缩机抽水。交替循环操作，直至洗井完成。

5、焦磷酸钠洗井

洗井原理：在泥浆施工的钻孔中，加入焦磷酸钠（ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）（碱性）与高岭石、蒙脱石（酸性） 发生化学作用，产生硅酸钠和铝酸钠，溶入水后，可起分散泥浆泥壁的作用。固体焦磷酸钠可用热水溶 解，配成浆液用输送管或泥浆泵送入井内。

焦磷酸钠洗井作业要点：

- 1）孔内泥浆的 pH 值要保持在 6~7。
- 2）采用输送管或泥浆泵送入焦磷酸钠洗井液时，焦磷酸钠洗井液的配制浓度，一般为 0.6~1.0%。 当钻进周期长、泥浆密度大、固相含量高时，应选用较大浓度；反之则选用较小浓度。
- 3）用输送管或泥浆泵将焦磷酸钠洗井液送入井内浆液的数量，也可按以下方法确定：
 - （1）利用全部含水层时，在考虑超径系数（松散层的超径系数可取 1.2-1.5）因素的条件下，先计算出静 止水位以下井孔容积，加上静止水位以上管路的内容积，并以此总容积作为配制洗井液的数量。
 - （2）利用部分含水层时，将含水层的总厚度为高度，同样在考虑超径系数（松散层的超径系数可取 1.2~ 1.5）因素的条件下，计算井的容积，加上静止水位以上管路的内容积，并以此总容积作为配制洗 井液的数量。
- 4）将配好的浆液用输送管或泥浆泵经钻杆注入过滤器附近；钻杆下端最好带胶皮活塞，借助钻杆的 上下活动的冲击力将药液压入井管外进入含水层。静置浸泡 4~8h 后，再用其他方法洗井。

此外，压缩空气洗井和液态二氧化碳洗井等更多的洗井方法，详见《供水水文地质钻探与管井施工 操作规 程》CJJ/T 13-2013 7.3 洗井 （III~VI）。

第四节抽水试验现场作业

抽水试验是水文地质抽水试验钻孔钻探的重要工作。抽水试验前，应根据孔的结构、水位降深、流 量 等，选用抽水设备、排水设备、测试仪器和器具；必须在完成有效的洗井工序后实施。

一、抽水试验的基本要求

1、抽水试验前，应检查抽水设备安装质量和测试器具的精度；吸水龙头或风管在各次降深中均应安装在同一深度。用水泵抽水时，吸水龙头在承压含水层中，宜安放在含水层顶板以上适当位置；在潜水含水层中，宜安放在最大降深动水位以下 0.5m~1.0m 处；

2、抽水设备安装后应先进行试验抽水（试验抽水也可与洗井结合进行）

1）试验抽水的降深宜逐渐增大，达到最大降深后的延续时间不应少于 2h；

2）试验抽水过程中，应观测抽水孔涌水量及抽水孔和各观测孔的水位变化；检查抽水设备运行是否正常，检查各观测孔水位反应是否灵敏；确定稳定流抽水的最大降深或非稳定流抽水的常涌水量等抽水试验参数；空气压缩机抽水时，应检查测水位装置测量动水位反应是否灵敏有效。

3）试验抽水过程，涌水量及动水位的观测应符合正式抽水试验规定的观测及记录的要求；

4）试验抽水后应及时测量孔深；如发现孔内沉淀太多时，应分析原因并加以清理；

5）试验抽水结束，应测量主孔与观测孔间的直线距离、量测孔深、观测地下水自然水位，并掌握其变化规律。

3、抽水试验的类型、下降次数及稳定的延续时间应按项目《勘察纲要》要求执行；

4、抽水试验的排水防渗。抽水前要挖好排水沟；当地表渗透性较强时，应采取防渗措施，并尽量将抽出的水排到抽水影响半径范围之外；

5、在抽水试验过程，应按时进行抽水试验观测项目的观测，并应及时如实记录。

二、抽水试验的测量器具

抽水试验的测量器具包括流量、水位、水温和气温等测量器具。水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔为 cm,对观测孔为 mm。

1、水位测量器具 水位测量器具可用测绳（测钟）和浮标水位计电测水位计等。

1）使用测绳（测钟）测量水位时，应先进行测绳的检查校正，其误差不应大于 1%。。

2）使用水位计测量水位时应按要求进行安装和使用。

2、涌水量的测量工具

流量测量器具可采用量桶、流量计（或水表）和堰箱等。

1）量桶，当涌水量小于 2 L/s 时，可选用量桶。要求充满一个量桶时间不宜少于 15s,观测读数应精确到 0.1s；为精确起见可重复测数次，然后取其平均值。

2）流量计（亦称水表）和三角堰，当涌水量大于 2 L/s 时，可选用流量计或堰箱直接测量。

流量计使用水泵抽水时，可以在水泵出水管上安装流量计。流量计在使用时应按仪表产品使用说明书要求进行安装与使用，测量读数应精确到 0.1m³；

3）三角堰箱 三角堰箱可量测流量 1~100 L/s。三角堰箱的制作和安装应符合以下要求：

① 三角堰宜用钢板制作，有大、中、小三种类型，尺寸（长×宽×高×三角缺口中线高度）分别为 2.5m

×1.1m×1.2m×0.4m、2.0m×1.0m×1.0m×0.35m、1.5m×0.8m×0.8m×0.3m,根据钻孔出水量选择;

②三角堰的刃口厚度不宜大于 1mm,并应呈 60°角,其坡面应位于跌落水流的方向,堰箱内应安设 2~3 个挡水板,以减少水位波动;

③堰箱必须安置平稳、周正、水平,堰口应垂直,溢流水应以跌水形式流出堰口;

④堰口最低点应高出溢水口跌落面 20mm 以上;

⑤堰口旁应安设有毫米刻度的标尺。抽水前应校正标尺零点,其误差不应大于 1mm;

$$Q=0.14h^2\sqrt{h}$$

⑥三角堰的流量可按下式计算。测涌水量时,应准确量测起始及每一次的读数,精确到 mm。

(公式 10-2)

式中, Q——流量 (L/s);

h 通水堰的高度 (cm) O

4) 若单孔涌水量较大 (涌水量) 100 L/s) 时,可采用梯形堰或矩形堰。

3、水温测量器具 水温测量器具可采用水温仪、缓变温度计或带温度计的测钟等。

4、气温测量器具 现场气温可采用水银温度计或轻便式气象参数测定仪测量。

三、抽水试验设备

抽水方法的选择主要根据钻孔水位深度、水位变化范围、涌水量、井孔直径及抽水设备技术性能等 因素而决定。常用的抽水方法及其选用的设备,详见表 10.4.1 抽水方法及其选用设备适用范围。

表 10.4.1 抽水方法及其选用设备适用范围

抽水方法	适用范围	备注
提桶 (抽桶)	简易抽水,出水量不大,抽水精度要求不	结构简单,利用岩芯管、接头、自制
往复式水泵	水位小于 7m,涌水量中等的	不需另加设备,用钻机配的 BW 型泵
离心式水泵	水位小于 6.5m,涌水量较大的	比往复式水泵轻便,常用 BA、B6A 型
潜水电泵、深井	水位可达 150m,涌水量较大的	水位深度与泵得性能相关,安装比较简单
空气压缩机	水位较深 (随设备压力而定),缺电区域	设备笨重,管路连接密封牢固,使用方便

1、提桶抽水

提桶是利用现场使用的岩芯管 (套管)、岩芯管 (套管) 接头,自制而成,见图

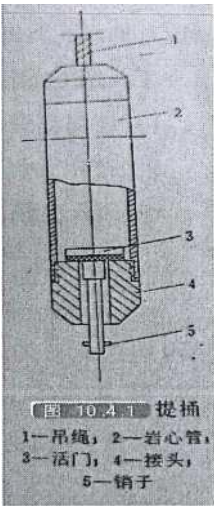
10.4.1。提桶高度 1.5~2m,桶口可焊有提梁系钢丝绳 (或绳索),用钻机卷扬机或 人力提升抽水;一般要求充满一桶水所需的时间不宜少于 15s,读数精度应到 0.1s。其提水量按下式计算:

$$Q=\pi d^2/4\cdot L-n/60\cdot 1/1000 \quad (\text{L/s}) \quad (\text{公式 10-3})$$

式中: Q —— 抽水量 (L/s)

d —— 提桶内直径 (cm)

L —— 提桶充水部分长度 (cm)



n —每分钟提水次数。

提桶抽水时，水位跳动较大，水位深度一般根据提桶碰到水面时，钢丝绳（或绳索）下入孔内长度+桶身长度之和计算。此法不宜用于抽水试验精度要求高的项目。

2、离心泵和潜水电泵的抽水安装、使用和维护

离心泵和潜水电泵抽水的安装、使用和维护，详见第六章第二节 4 钻探用泵。

3、空气压缩机抽水

1) 空气压缩机抽水孔内管道安装形式

① 用空气压缩机抽水时，孔内供气管（亦称“风管”）与排液管的安装形式应根据孔深、过滤器直径、动水位深度、气液混合器的类型而确定。常用安装形式主要有同心式和并列式两种。

② 同心式一般适用于小口径井的抽水，供气管安装在排液管（含井管作为出水管）内；③并列式适用大口径井的抽水，供气管和排液管并列安装。

③气液混合器类型有直式混合器、钩式混合器和多级混合器。其工作部分长度应大于 1m,底端封闭严密；混合器的喷气孔直径宜为 4~6mm,喷气孔总面积宜为供气管截面积的 2~4 倍。

2) 空气压缩机抽水孔内管道安装要求

① 供气管、排液管和抽水孔直径应与钻孔涌水量及空压机风量匹配合理。抽水时可以根据试验性抽水或估计钻孔涌水量，选择排液管、供气管、井管直径见表 10.4.2。

②气液混合器下入井内深度计算方法有两种。利用沉没比求气液混合器下入孔内深度比较麻烦，通常用沉没系数法进行计算。沉没系数确定气液混合器下入井内深度，按公式 10.4 式计算：

$$H = K \cdot h \quad (\text{公式 10-4})$$

式中：H ——混合器下入井内深度，m；

h —— 动水位至出水口的高度，m；

K ——沉没系数，2-2.5；动水位越浅，沉没系数值越大；动水位越深，则沉没系数值越小。

表 10.4.2 涌水量与排液管、供气管、井管直径配合关系

涌水量 L/s	管口外径 mm						空气压缩机容 量 m³/min
	并列式			同心式			
	排液管	供气管	排液管	井管	排液管	井管	
2~3	48	12 ~20	100	48	12	75	
3 ~4.5	60	20 ~25	150	60	20	100	
4.5 ~6				73	20	100	
6~9	73	25 ~30	150	89	25	125	
9~12	89	25 ~30	200	108	30	150	
12 ~18	108	30 ~38	200	127	38	175	3
18 ~30	127	38 ~50	250	146	50 ~63	200	3
30 ~45	146	50 ~63	300	168	75	250	
45 ~60	168	50 ~63	300	219	63 ~73	300	3~6
60 ~75	219	70	400	245	73 ~89	350	6

③气液混合器的沉没比（没入率）不应小于 0.4,宜为 0.4~0.6。下入位置在动水位以下的深度 不宜小于

10m,但应比过滤器顶端高 3~5m。气液混合器安装时应导正于排液管的中心,不得将气液混合器直接对准过滤器工作部分,以防气液混合物侧向溢出,影响涌水量和动水位量测;

④供气管直径与排液管直径之比宜为 1/3~1/4。排液管下入深度宜大于气液混合器下入位置 3~5m,测水管下入深度应大于排液管;

⑤排液管上端应安装气液分离器(如出水三通、消能桶或接水桶),以减少出水管中水的冲力,便于量测流量;测水量方法用三角堰;

⑥应安装测量动水位装置;排液管、供气管、测动水位管均应连接严密、牢固;

⑦下管前应对管道进行检查,各接口丝扣应缠棉纱、涂铅油、拧紧,避免漏气、漏水现象。

四、抽水试验过程的记录

参见第四章第四节“四、水文地质稳定流抽水试验观测与记录”

五、抽水试验后的测试工作

抽水试验结束后应测量抽水试验钻孔孔深并复测抽水试验孔和水位观测孔的孔口高程,测定过滤器被砂粒掩埋部分长度。淤砂粒部位应在过滤器有效长度以下,否则应重新洗井后进行抽水试验。

六、抽水试验注意事项

- 1、加强机械设备维护保养,确保设备在抽水试验期间连续运转不中断;设备中断运转应报告;
- 2、采用空气压缩机抽水试验时,空气压缩机要尽量靠近抽水试验孔;风管要避免弯曲过多,以减少风压和风量的损失;
- 3、巡视抽水设备的管道丝扣联接部位密封措施,以免抽水时发生漏水、漏气等问题;
- 4、水位和水量进入稳定阶段时,不得调节风压、水阀或柴油机转速等,否则会拖延抽水试验时间;
- 5、空气压缩机抽水试验应安装测水位管;用水泵抽水时,动力源要连续作业,电压或转速要稳定;
- 6、及时、准确做好试验数据的记录;
- 7、经常巡视井口及抽水井影响半径范围内(特别是灰岩或溶蚀区域)建筑物地面变形情况;发现塌陷等异常情况,应停止现场试验,值守人员应及时向项目负责人报告;
- 8、结束抽水试验应取得项目技术负责人同意。

第五节 建筑工程水、土试样的采取与测试项目

一、水、土试样的采取

1、当混凝土结构处于地下水位以上时,应采取土试样;当处于地下水或地表水中时,应取水试样;当处于地下水位以上、部分处于地下水位以下时,应分别取地下水试样和地下水位以上的土试样。

2、水试样和土试样应在混凝土结构所在的深度采取,每个场地水试样的采取数量不应少于 2 件;当土中盐类成分和含量分布不均匀时,应分区、分层取土试样,每区、每层不应少于 2 件。

3、对需要测定不稳定成分的水样时,应及时加入稳定剂等。每件水试样的采集量:简分析水样取 1000ml;分析侵蚀性二氧化碳的水样取 500ml,并加大理石粉 2~3g;全分析水样取 3000ml。

二、建筑工程采取水试样的质量要求

- 1) 存在对工程有影响的多层含水层时，应做好分层止水措施并应分层采取水试样；
- 2) 采取的水试样应能代表天然条件下的水质情况；井内水试样要求在抽水试验结束前采取。
- 3) 取样前，取水容器应用待取水试样的水反复涮洗 2 次~3 次，采集时不得有残留杂质；
- 4) 采取的水试样应尽量减少暴露的时间，水样容器内水面与瓶盖要留 1cm 左右空隙，并及时封口；
- 5) 采取水试样后应做好取样记录。记录填写内容应包括取样时间、孔号（或地点）、取样深度、取 样人、是否加入稳定剂和水试样测试项目等。
- 6) 水试样的运输和保管。水样在保管和运送途中，应尽量保持低温（在 10℃ 以下或不超过取样时 的水温；夏天应避免阳光照射；冬天应防止水样瓶冻裂）。
- 7) 水试样应及时送检。水试样从取样至检验的放置时间应符合试验项目的相关规定。一般，清洁水放置时间不宜超过 72h,稍受污染的水不宜超过 48h,受污染的水不宜超过 12h。

三、建筑工程水、土试样测试项目

建筑工程水、土试样测试主要进行腐蚀性项目测试，见表 10. 5.1；具体测试项目以勘察项目的《勘 察纲要》的要求为准。

表 10. 5.1 水、土试样腐蚀性测试项目表

		试 验 项 目
水对混凝土结构		pH 值、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Cl ⁻ 、 SO ₄ ²⁻ 、HCO ₃ ²⁻ 、CO ₃ ²⁻ ； 侵蚀性 CO ₂ 、游离 CO ₂ 、NH ₄ ⁺ 、OH ⁻ 、总矿化度
土对混凝土结构		pH 值、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、 Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、HCO ₃ ²⁻ 、CO ₃ ²⁻ 的易溶盐（土水比 1:5）分析
土对钢结构		pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失
水对钢结构		pH 值、（Cl ⁻ + SO ₄ ²⁻ ）

第十一章孔内事故的预防与处理

钻探事故包括孔内事故、机械事故、人身事故三种。孔内事故不但影响钻探施工正常进行，而且延长了项目或钻孔施工周期，增加了钻探成本，影响整个勘察工程的进度。孔内事故过程甚至引发人身事 故和机械事故的极大损失。因此，在钻探过程应做好预防钻探事故的各项工作。

第一节孔内事故预防

- 1、预防孔内事故必须坚持预防为主，从人、机、料、法、环等多方面着手，从源头上进行预防。
- 2、根据地层特性、设计要求、设备条件和技术水平选择合理的钻进方法与钻进技术参数。

3、不同钻进方法时，管材弯曲和磨损最大允许限度应符合“表 11.1 管材弯曲和磨损限度”的规定。

表 11.1 管材弯曲和磨损限度（mm）

钻进方法	钻杆			岩心管	
	直径单边磨	直径均匀磨	每米弯曲	磨损量	每米弯曲
硬质合金钻头	<2	<3	<3	< 1/3 壁厚	<2
金刚石钻头	<2	<3	<1		<0.75

4、钻具连接丝扣过松或过紧，均不得下入孔内使用。

5、施工中必须严格执行钻探操作规程，避免发生人为的孔内事故。

6、钻进过程中对孔内事故发生前的征兆，应及时采取相应处理措施。

第二节 处理孔内事故原则

处理孔内事故要做到“情况要明，措施要准，处理要快，操作要稳”的“四要”基本要求。

- 1) 事故处理应由专人负责，统一指挥，参与事故处理人员应详细掌握事故处理方案的细节和要求，并分工明确；
- 2) 事故发生后，应查清并详细记录事故发生的孔深、事故钻具的位置、规格类型和数量, 并根据事故钻具损坏情况，正确分析判断孔内情况，采取相应的处理措施。
- 3) 遇孔壁不稳定时，先用优质泥浆护孔，保持孔壁稳定后再处理事故，防止孔内事故复杂化。
- 4) 根据事故处理的需要，准备处理事故的工具和材料；事故处理前、后应对现场设备及安全设施全面检查，机械设备应处于完好状态，无安全事故隐患后进入下一道工序。
- 5) 用钻机立轴油缸和升降机同步顶拉事故钻具时，先以油缸最大额定上顶力将钻具顶紧, 再用升降机继续提拉。倒杆或卸荷时，应先卸去升降机负荷后，再开油缸回油阀。
- 6) 处理钻具折断或脱落事故，用钻杆丝锥对好后，应立即提钻，不得继续钻进和卡取岩心。
- 7) 任何时候均应盖好或遮严孔口，防止落物掉入孔内。

第三节 处理孔内事故的安全规定

1、处理孔内事故安全基本要求

- 1) 处理孔内事故作业时，非操作人员应撤离基台；
- 2) 不得使用卷扬机、千斤顶、吊锤等同步处理孔内事故；
- 3) 使用钻机立轴油缸和卷扬机同步顶拔孔内事故钻具，立轴倒杆或卸荷时，应先卸去卷扬机负荷后再卸去立轴油缸负荷；
- 4) 人力打吊锤应有专人统一指挥；不得边锤击边拧紧丝扣；不得徒手扶持锤垫、钻杆和打箍；
- 5) 人工反钻具时，作业人员身体不得处于扳钳扳杆或背钳扳杆回转范围内；不得使用链钳或管钳工

具 反孔内事故钻具；

6) 使用千斤顶处理孔内事故时，千斤顶应置于基台上，事故钻具上部应挂提引器；回杆时，不得使用 卷扬机吊紧被顶起事故钻具；不得在水域勘探平台使用千斤顶处理孔内事故。

2、常用孔内事故处理方法的安全规定

A、打吊锤或穿心锤的安全注意事项：

- 1) 卷扬机系统的构件、连接件和打箍应连接牢固；
- 2) 不得使用锤体或构件有缺陷的吊锤；
- 3) 使用穿杆移动吊锤或穿心锤时，穿心锤起吊前，锤体应锁紧销钉或固定；
- 4) 锤击时，锤垫或打箍应系好导正绳，应有专人负责检查、观察锤垫、打箍和钻杆的连接状况。发现松动时应停止作业并拧紧丝扣，不得边锤击边拧紧钻杆和打箍的丝扣；

5) 锤击过程中，不得徒手扶持锤垫、穿心锤、吊锤、钻杆、导向杆、打箍和自动脱钩装置；

6) 打吊锤时，吊锤活动范围以下的钻杆应安装冲击把手或其他限位装置；打箍上部应与钻杆接头连接，并应挂牢提引器；

7) 吊锤或穿心锤使用结束应放置到安全位置。

B、千斤顶安全使用注意事项：

- 1) 千斤顶应置于基台梁上，放平、垫实，不得用金属物件做垫块；
- 2) 千斤顶与铁夹板之间的垫木过高时，应用绳子或铁丝捆牢；
- 3) 打紧千斤顶卡瓦时，要用铁锤垫打，卡瓦卡牢后，卡瓦应拴绑牢固或上部应用冲击把手贴紧卡牢，并挂好提引器，严防钻杆顶断后卡瓦飞出伤人；
- 4) 千斤顶配套压杆上不得再加力臂杆；顶拔时不得过猛，要有一定间歇时间；
- 5) 千斤顶回杆时，不得使用卷扬机吊紧被顶起事故钻具；
- 6) 油压千斤顶不应用水代替液压油；
- 7) 千斤顶操作人员站立位置应适当，不得用手扶井（套）管和千斤顶；非操作人员不应站立在千斤顶的 5m 范围内。

3、处理复杂的孔内事故

应编制孔内事故处理方案，应根据事故原因、性质、部位及孔壁稳定等情况制定，并应有相应的作业人员和钻探设备的安全生产防护措施。工程勘察钻孔一般孔深为 100m 内钻孔，在采用常用的处理方法不能奏效时，应分析孔内事故复杂情况，可进行技术经济评估，若处理孔内事故成本高于钻孔的钻探成本，可选择经工程勘察项目负责人批准后，就近移孔重新施工。

4、孔内事故处理结束后的工作

应总结经验教训，采取预防措施；并对钻探施工现场的钻探设备、安全生产防护设施和基台进行检查，消除安全生产事故隐患后，再恢复钻探施工。

此外，工程勘察钻探施工的孔内事故预防与处理，还可参照《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》CJJ/T 13-2013 “9 事故的预防和处理”的规定实施。

第十二章 工程勘察钻探现场安全生产管理简介

安全生产是党和国家为了保护劳动人民利益的一项重要政策，也是我国的经营管理单位管理的基本原则之一。勘察单位安全生产工作应当以人为本，坚持安全发展，坚持安全第一、预防为主、综合治理的方针，强化和落实生产经营单位的主体责任；按照《中华人民共和国安全生产法》第四条规定，“生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立、健全安全生产责任制和安全生产规章制度，改善安全生产条件，推进安全生产标准化建设，提高安全生产水平，确保安全生产，，。必须加强安全生产管理和作业人员的安全生产教育；建立健全勘察安全生产责任制等安全生产规章制度；制定并实施安全生产事故应急救援预案。《中华人民共和国安全生产法》第六条规定，“生产经营单位的从业人员有依法获得安全生产保障的权利，并应当依法履行安全生产方面的义务”。

第五十四条规定“从业人员在作业过程中，应当严格遵守本单位的安全生产规章制度和操作规程，服从管理，正确佩戴和使用劳动防护用品”。。

《建设工程安全生产管理条例》第十二条规定“勘察单位应当按照法律、法规和工程建设强制性标准进行勘察，提供的勘察文件应当真实、准确，满足建设工程安全生产的需要。

勘察单位在勘察作业时，应当严格执行操作规程，采取措施保证各类管线、设施和周边建筑物、构筑物的安全。”

《建设工程安全生产管理条例》第五十六条规定“违反本条例的规定，勘察单位、设计单位有下列行为之一的，责令限期改正，处10万元以上30万元以下的罚款；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级，直至吊销资质证书；造成重大安全事故，构成犯罪的，对直接责任人员，依照刑法有关规定追究刑事责任；造成损失的，依法承担赔偿责任：

（一）未按照法律、法规和工程建设强制性标准进行勘察、设计的；

（二）。”（略，涉及设计单位的条款）

因此，工程勘察从业人员，应当掌握钻探安全生产知识，应当遵循法律、法规和工程建设强制性标准，按照《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585进行钻探施工。

钻探现场作业人员应严格遵守质量和安全的法律法规，执行现行与钻探施工质量和安全相关的技术标准和责任制度；应全面落实可靠、有效的安全技术措施，正确使用个人防护装备；应重视钻探作业点位置与危险源的防护，钻探设备安装质量控制，钻探机组迁移安全；应执行勘察用电、特殊作业条件勘察安全和钻探安全操作规程等，实施钻探标准化安全生产建设，做到安全文明生产。

附录 1

《岩土工程勘察安全标准》GB 50585-2019 摘录

（与钻探施工安全有关的规定）

1 总则

1.0.1 为保障岩土工程勘察安全和从业人员的职业健康，保护勘察设备安全和作业环境，确保岩土工程勘察工作正常进行，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建设工程的岩土工程勘察安全作业与管理。

1.0.3 岩土工程勘察安全作业与管理除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基本规定

3.0.1 岩土工程勘察全过程应坚持安全第一、预防为主、综合治理的原则，建立安全生产责任制，执行安全生产规章制度。岩土工程勘察安全生产管理人员和项目负责人应具备相应的勘察安全生产知识和管理能力。

3.0.2 勘察安全生产管理应符合下列规定：

1 应建立安全生产管理机构，配备经安全生产培训考核合格的专职安全生产管理人员。

2 应告知作业人员作业场所和工作岗位存在的危险源、安全生产防护措施和安全生产事故应急救援预案；作业人员在生产过程中应遵守安全生产操作规程。

3 应定期进行安全生产检查，制定并实施安全生产事故应急救援预案，每年应组织一次综合应急预案演练或专项应急预案演练。

4 应对从业人员定期进行安全生产教育和安全生产操作技能培训，未经培训考核合格的作业人员，不得上岗作业。

5 应根据现行国家标准《个体防护装备选用规范》GB/T 11651 的有关规定为作业人员配备个体防护装备，勘察作业现场应设置安全生产防护设施，每年度应安排用于配备个体防护装备、安全生产防护措施、安全生产教育和培训等安全生产费用。

6 对有职业病危害的工作岗位或作业场所，应采取符合国家职业卫生标准的防护措施，并应符合现行国家标准《职业健康安全管理体系规范》GB/T 28001 和《环境管理体系要求及使用指南》GB/T 24001 的有关规定。

7 勘察作业前，应对危险源进行辨识和评价，危险源辨识和评价可按本标准附录 A 执行。危险源危险等级可分为轻微、一般、较大、重大、特大五级，编写勘察纲要时，应根据不同危险等级制定相应的安全生产防护措施。

8 应与分包单位签订分包合同，明确分包单位安全生产管理责任人和各自在安全生产方面的权利和义务，对分包任务作业过程实施安全生产监督。

9 应对从业人员在作业过程中发生的伤亡事故和职业病状况进行统计、报告和处理。

3.0.3 勘察项目安全生产管理应符合下列规定：

1 应组织有关专业负责人到现场踏勘，了解勘察现场作业条件，搜集勘察作业场地与安全生产有关的各类地下管线、地上架空线、地下建（构）筑物、地质灾害、水文和气象等资料。

2 项目负责人应履行项目安全生产管理职责。

- 3 项目负责人应对作业人员进行安全技术交底。
- 4 作业人员应熟悉和掌握作业场地生存、避险和相关应急救援技能。
- 5 进入施工现场的作业人员应遵守施工现场各项安全生产管理规定。
- 6 应保留作业过程安全生产记录。

3.0.4 岩土工程勘察纲要安全生产防护措施应包括下列内容：

- 1 勘察作业现场存在的危险源及相应的安全生产防护措施。
- 2 作业人员应配备的个体防护装备和勘察设备安全防护措施。
- 3 有重大危险源等需经评审或专题论证的勘察作业安全防护措施。

3.0.5 勘察现场安全生产管理应符合下列规定：

- 1 未按规定佩戴和使用个体防护装备的勘察作业人员，不应上岗作业；特种作业人员应持证上岗；从事水域作业的人员应穿救生衣。
 - 2 勘察作业点不宜布置在高压输电线路下方。当勘察作业点布置在地上架空线、地下管线、设施以及构筑物的安全保护范围内时，安全生产防护措施应符合上架地空线、地下管线设施及构筑物所有者 的有关管理规定。
 - 3 勘察作业期间，与勘察作业无关的人员不得进入勘察作业场地。
 - 4 作业场地四周应设置安全警示标志、围挡、隔离带或防撞设施等，夜间应设置安全警示灯，作业 人员应穿反光背心。
 - 5 勘察设备启动后，作业人员不得离开作业岗位，非作业人员未经许可不得触碰勘察设备。
 - 6 实行多班作业时，应执行交接班制度，填写交接班记录；设备经接班人员检查确认无误后，方可 进行后续作业。
 - 7 高处作业人员应佩戴有安全锁的安全带；安全带的使用和保管应符合现行国家标准《安全带》GB 6095 的有关规定。
- 3.0.6 勘察作业时，勘察作业点与各类地下管线及设施之间的最小水平安全距离应符合相关管理部门 的有关规定；导电物体外侧边缘与架空输电线路边线之间的最小安全距离应分别符合表 3.0.6 的有关规**
- 定。

表 3.0.6 勘察作业导电物体外侧边缘与架空 输电线路边线之间的最小安全距离

电压(kV)	<1	1~10	35 ~110	154~330	550
最小安全距离(m)	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0

- 3.0.7 存在危险源的作业场地，应采取降低安全风险的勘察作业方式，宜采用自动化、信息化检测和监 测手段。当作业场地出现险情时，作业人员应迅速撤离到安全地带。**
- 3.0.8 使用起重机械装卸、迁移勘察设备和吊装部件时应符合现行国家标准《起重机械安全规程》GB 6067 的有关规定。**

5 勘探作业

5.1 一般规定

5.1.1 勘探作业准备工作应符合下列规定：

- 1 核实勘察场地各类架空线路和地下管线设施、建(构)筑物与勘察作业点之间的安全距离，设置 安全生产防护装置和安全标志；
 - 2 当作业过程中需挪动勘探点位置时，应经项目负责人批准；挪动后的勘探点位置应重新核对与各 类架空线路、地下管线设施、建(构)筑物之间的最小安全距离，满足规定后方可作业。
- 5.1.2 勘探设备及安全生产防护装置安装完毕后，勘察项目负责人应组织检查验收，合格后方可进行 勘探作业。**
- 5.1.3 勘探作业过程不得在管线设施安全保护范围内堆放易燃易爆等危险物品。**

5.1.5 单班单机钻探作业人员陆域不应少于 3 人，水域不应少于 4 人；探井、探槽每组作业人员不应少于 2 人。

5.1.6 泥浆池周边应设置安全标志，作业完成后应及时填平捣实。

5.1.7 勘探孔、探槽、探井或探洞竣工验收后，应按勘察纲要要求进行封孔、回填或封闭洞口。

5.2 钻探

5.2.1 钻塔上作业使用的工具应放入工具袋，不得从钻塔上向下抛掷物品。

5.2.2 升降作业应符合下列规定：

- 1 升降作业时，作业人员不得徒手导引、触摸或拉拽卷扬机上的钢丝绳。
- 2 卷扬机操作人员与孔口或钻塔上作业人员应协调配合，按信号进行操作。
- 3 当普通提引器起落钻具或钻杆时，提引器切口应朝下。
- 4 当起落钻具时，作业人员不得徒手扶托钻杆底部或钻具刃口，不得在钻塔上进行与升降工序无关的作业。
- 5 当使用垫叉或摘挂提引器时，不得徒手扶托垫叉或提引器底部。
- 6 当钻具或取土器处于悬吊状态时，不得徒手探摸、清理钻具和取土器内的岩土芯样。
- 7 钻杆不得竖立靠在 A 字型钻塔或三角钻塔上。
- 8 当跑钻时，不得抢插垫叉或强行抓抱钻具。

5.2.3 钻进作业应符合下列规定：

- 1 钻机水龙头与主动钻杆连接应牢固，转动应灵活。
- 2 当维修、安装和拆卸高压胶管、水龙头及调整回转器时，应关停钻机动力设备。
- 3 在扩孔、扫孔或岩溶地层钻进时，提引器应挂住主动钻杆控制钻具。
- 4 斜孔钻进应设置提引器导向装置。
- 5 当钻探停、待机或机械故障时，应将钻具提出钻孔或提升到孔壁稳定的孔段。

5.2.4 冲击钻进的钻具连接应牢固，重量不得超过钻机使用说明书的额定提升重量；活芯应灵活，锁具应紧固；钢丝绳与活套的轴线应保持一致。

5.2.5 孔内事故处理应符合下列规定：

- 1 当处理孔内事故作业时，非操作人员应撤离基台。
- 2 不得使用卷扬机、千斤顶、吊锤等同步处理孔内事故。
- 3 当使用钻机立轴油缸和卷扬机同步顶拔孔内事故钻具，立轴倒杆或卸荷时，应先卸去卷扬机负荷后再卸去立轴油缸负荷。
- 4 人力打吊锤应有专人统一指挥；不得边锤击边拧紧丝扣；不得徒手扶持锤垫、钻杆和打箍。
- 5 当人工反钻具时，作业人员不得处于扳钳扳杆或背钳扳杆回转范围内；不得使用链钳或管钳工具反孔内事故钻具。
- 6 当使用千斤顶处理孔内事故时，千斤顶应置于基台上，事故钻具上部应挂提引器；当回杆时，不得使用卷扬机吊紧被顶起的事事故钻具；不得在水域勘探平台使用千斤顶处理孔内事故。

5.2.6 孔内事故处理结束后，应对作业现场的勘探设备、安全生产防护设施和基台进行检查，并应在消除安全生产事故隐患后再恢复钻探作业。

6 特殊作业条件勘察

6.1 一般规定

6.1.1 当勘察作业场地有下列情况之一时，不得进行夜间作业：

- 1 滑坡体、崩塌区，泥石流堆积区域。

1. 危岩峭壁或岩体破碎的陡坡区。

2. 采用筏式勘探平台进行水域勘探。

6.1.2 在江、河、溪、谷等水域或低洼内涝区域勘察作业时，接到洪水、泄洪或上游水库放水等警报信息后应停止作业；作业人员和装备应撤离至洪水位线以上。

6.1.3 在有逸出有害气体或污染颗粒物的场地勘察作业应符合下列规定：

1 现场调查、采样或测试作业人员每组不应少于 2 人，作业过程应佩戴个体防护装备并相互监护。

2 应检测和监测有害气体或污染颗粒物浓度。

3 勘探作业点应保持持续有效的机械通风，并应定时检查空气质量。

4 勘察现场应配备应急反应处置用具等安全生产防护措施。

6.1.4 雨季或解冻期，在滑坡体、泥石流堆积区等特殊地质条件和不良地质作用发育区勘察，应对不良地质体进行监测。发现危及作业人员和设备安全的异常情况时，应立即停止作业，并应撤至安全地点。

6.2 水域勘察

6.2.1 水域勘察作业前，应进行现场踏勘，并应搜集与水域勘察安全生产有关的资料。踏勘和搜集资料应包括下列内容：

1 作业水域水深、水下地形、地质条件和人工养殖情况。

2 勘察期间作业水域的水文、气象资料和江河上游水库或水力发电站泄洪、放水等信息。

3 水下电缆、管道的分布及敷设情况。

4 航运及水域所属航监部门的有关规定。

5 严寒和寒冷地区水体的封冻期和冰层厚度。

6.2.2 水域勘察纲要安全生产防护措施尚应包括下列内容：

1 勘探平台的类型选择、建造、基本安全设施和勘察设备安装。

2 勘探平台锚泊定位要求。

3 水域勘探作业技术方法。

4 水下电缆、管道设施、航运和勘察设备等安全生产防护及养殖保护。

5 作业人员个体防护装备，安全救生培训要求，水域作业和驻船安全规章制度等需交底内容。

6 水域作业防洪水、抗台风和防溺水安全生产防护措施及其安全生产应急救援预案。

6.2.3 水域勘察作业人员应遵守驻船和水域作业的安全规章制度、操作规程和水域交通安全规定。

6.2.4 平台应符合下列规定：

1 应根据作业水域的海况、水情、勘探深度、勘探设备类型、勘探点露出水面时间长短和总载荷量等选择承载作业平台的船舶和勘探平台类型。

2 承载的总载荷量或建造勘探平台船舶载重吨位的安全系数应大于 5；在流速小于 1m/s 和浪高小于

0.1m 的非通航江河、湖泊、水库等水域勘探，建造筏式勘探平台承载的总载荷量安全系数应大于 3。

3 建造的结构强度应稳定牢固；勘探设备、作业平台与建造勘探平台使用的船舶之间应联接牢固；双船联拼建造的勘探平台，两船舶应有间距，船舶的几何尺寸、形状、高度、载重吨位应基本相同。

4 作业平台长度不应小于 6.5m，宽度不应小于 4.0m，并应配备救生圈；近水侧应设置防撞设施和高 度为 0.9m ~1.2m 的防护栏杆；定位锚应设置安全标志。

5 钻塔高度不宜大于 9m；浮式勘探平台不得安装塔布或悬挂遮阳布。

6 安装勘探设备与堆放勘探材料应均衡，并应保持浮式勘探平台船舶的吃水深度和船体稳定。

7 移动式或桁架式勘探平台底面应高出勘探期间的最高潮位加 1.5 倍最大浪高。

6.2.5 水域勘探作业应符合下列规定：

1 在通航水域作业的勘探平台定位后，勘察项目负责人应检查勘探平台的建造质量，并应符合设计 要求，

核实使用锚泊、悬挂作业信号和灯旗等安全标志后，方可进行勘探作业。

2 勘探平台行驶、拖带、抛锚定位、调整锚绳和停泊等工序应由船员统一协调有序进行。

3 勘察作业人员应配合船员完成勘探平台的行驶、拖带、抛锚定位、调整锚绳和停泊等工序。勘察作业人员不得要求船员违章操作。

4 安装勘探孔导向管的作业人员应佩戴有安全锁的安全带；导向管不得紧贴船身、不得与浮式勘探平台固定连接。

5 勘察单位、作业人员和船员之间应保持不间断通讯联络。

6 应定人收集每天的海况、气象和水情资讯；根据海况、水情变化及时调整锚绳；检查浮式勘探平台的锚泊系统，及时清除锚绳、导向管上的漂浮物和船舱内的积水。

7 不得在勘探平台上游的主锚、边锚范围内进行水上或水下爆破作业。

8 待工或停工期间，勘探平台应留足值守船员。

9 建造勘探平台的单体船舶横摆角度大于 3°时，应停止勘探作业。

10 潮间带勘察作业时间应根据潮汐周期确定和调整。

6.2.6 对水深大于 10m 或离岸大于 5km 的内海勘探作业应符合下列规定：

1 除专用勘探工程船舶或移动式勘探平台外，建造式勘探平台应采用自航式、船体宽度大于 6m、承载勘探平台船舶总载重吨位安全系数大于 10 的单体适航船舶。

2 应根据作业海域水下地形、海底堆积物、水文、气象等条件进行抛锚定位。

3 锚绳应使用耐蚀的尼龙绳，安全系数不应小于 6，数量不应少于 8 根。

6.2.7 当勘探平台暂时离开勘察作业点时，应在作业点或孔口管上设置浮标和安全标志。

6.2.8 水域勘察作业完毕，应及时清除埋设的套管、井口管和留置在水域的其他障碍物。

6.3 特殊场地和特殊地质条件勘察

6.3.1 在危岩、崩塌、岩体破碎的陡坡或临边勘察作业应符合下列规定：

1 应查明坡壁上岩体、块石的破碎和松动程度，对存在安全隐患的破碎岩体和松动块石应设置拦石安全网。

2 坡脚应设置隔离区和安全标志；不得在陡坡的同一垂直线上下同时进行作业。

3 在陡坡或临边作业应系挂带有保险绳的安全带，保险绳一端应固定牢靠。

6.3.2 斜坡勘察作业应符合下列规定：

1 应有防滚石、落石安全生产防护措施。

2 靠近斜坡一侧的勘察场地外围应设置排水沟、安全隔离带和安全标志。

6.3.3 沟谷、低洼地带勘察作业应符合下列规定：

1 应收集大雨、暴雨天气预报、洪水和上游水库放水讯息，制定人员、设备进场和撤退的安全路线。2 应加高勘探设备基台，勘察物资应置于洪水位或内涝水位警戒线以上。

3 大雨、暴雨或洪水来临前，作业人员和设备应转移至安全地带。

6.3.8 洞室内勘探作业应符合下列规定：

1 作业场地的长度不应小于 6m，宽度不应小于 4m；作业区段的洞室顶和侧壁应支护或喷浆加固；天车支撑点强度、附着力应大于钻机卷扬机最大提升力；宜使用电动机作动力设备。

2 作业期间，场地应保持连续有效的机械通风。

3 当作业过程发现回水、涌水异常时，应立即停止钻进，并应迅速采取有效的止水、排水措施；止水、排水措施不到位时不得将钻具提出钻孔。

6.3.9 污染场地勘察应符合下列规定：

1 踏勘时应收集近期地表水、地下水、渗滤液、大气和填埋气等水、土、气体中的污染气态物质或颗粒物

等污染源和污染物成分监测资料；原勘察、设计、施工及运营等相关资料。

2 勘察纲要应根据踏勘收集的资料，预判污染场地的污染物种类和污染程度，制定勘探作业通风和 防毒等安全生产防护措施。

3 勘探和测试产生的废弃物应集中收储、妥善隔离和无害化处置。

4 当勘探孔钻穿已有防渗层终孔验收后，应按勘察纲要要求及时封孔和检测。

6.4 特殊气象条件勘察

6.4.1 当遇台风、暴雨、雷电、冰雹、大雾、沙尘暴、暴雪等气象灾害时，应停止现场勘察作业，并 应做好勘察设备和作业人员的安全防护措施。

6.4.2 当遇雨、雪、4 级以上风或浪高大于 0.1m 时，筏式勘探平台应停止勘探作业。

6.4.3 当遇浓雾、下雪、5 级以上强风或浪高大于 1.5m 时，应停止下列勘察作业：

1 水域勘探作业、勘探平台的移位和抛锚定位，交通船舶靠近浮式勘探平台接送作业人员。

2 峭壁、陡坡或滑坡、泥石流和崩塌等易引发地质灾害危险区域的勘察作业。

3 槽探和探井作业。

4 陆域勘探和露天检测作业。

6.4.4 水域勘察接到台风蓝色预警信号应停止勘察作业，勘探平台应撤离勘探位置回港避风；陆域勘 探接到台风黄色预警信号应停止勘察作业。

6.4.5 遭遇台风、沙尘暴、暴雨、雷阵雨、暴雪、冰雹等特殊气象条件后，应对勘察设备、用电线路 和供水管路等进行检查，发现异常应进行检修，经确认无安全生产事故隐患后方可恢复勘察作业。

6.4.6 雨、雪后或解冻期每天作业前，应先检查槽壁、井壁、滑坡体、崩塌体和泥石流堆积区稳定状 态、采集监测数据，确认无安全生产事故隐患后方可开始勘察作业。

6.4.7 冬期勘察作业应符合下列规定：

1 作业人员应穿戴防寒劳动保护用品。

2 作业现场应设置防滑、防寒和取暖设施。

3 上钻塔作业前应先清除梯子、台板和鞋底上的冰雪，并应及时清除作业场地内和塔套上的冰雪。

4 当日最低气温低于 5℃ 时，给水设施应采取防冻措施；勘察机械设备应按本标准附录 B 的有关规定 采取防冻措施。

5 气温低于-20℃ 时应停止现场勘察作业。

8 原位测试、检测与监测

8.2 原位测试

8.2.1 标准贯入试验和圆锥动力触探试验应符合下列规定：

1 穿心锤起吊前应锁紧销钉。

2 测试过程中应随时观察钻杆的连接状况，钻杆应紧密连接。

3 测试过程中不得徒手扶持穿心锤、导向杆、锤垫和自动脱钩装置等。

4 测试结束后试验设备应放置到安全位置。

10 勘察设备

10.1 一般规定

10.1.1 勘察作业人员应按勘察设备使用说明书要求正确安装、拆卸、操作和使用，不得超载、超速或 任意扩大使用范围。

10.1.2 勘察设备的各种安全防护装置、报警装置和监测仪表应齐全有效。

10.1.3 勘察设备地基应根据设备的安全使用要求修筑或加固，钻塔、三脚架和千斤顶基础应坚实牢固。

10.1.4 勘察设备机架与基台应用螺栓牢固连接，设备安装应稳固、水平。

10.1.5 勘察设备搬迁、安装和拆卸应由专人统一指挥，并应符合下列规定：

- 1 应按顺序拆卸和迁移设备，不得将设备或部件从高处滚落或抛掷。
- 2 汽车运输设备时应装稳绑牢，不得人货混装。
- 3 非汽车驾驶员不得移动、驾驶车装勘察设备。
- 4 当采用人力装卸设备时，起落跳板应有足够强度，坡度不得超过 30°，下端应有防滑装置。
- 5 当使用葫芦装卸设备时，三脚架架腿定位或架腿间拉结应稳固。

10.1.6 机械设备外露运转部位应设置防护罩或防护栏杆。作业人员不得跨越运转的设备，不得对运行中的设备运转部位进行维护或检修。

10.1.7 勘察设备液压装置的使用应符合本标准附录 C 的有关规定。

10.1.8 勘察设备和仪器撤离污染场地时，应进行防腐蚀和去除有害污染物的清理和保养。

10.2 钻探设备

10.2.1 钻探机组迁移时钻塔应落下，非车装钻探机组不得整体迁移。

10.2.2 钻塔安装和拆卸应符合下列规定：

- 1 钻塔天车应安装过卷扬防护装置；天车轮前缘切点、立轴或转盘中心与钻孔中心应在同一轴线上。
- 2 整体起落钻塔应控制起落速度，不得将钻塔自由摔落；钻塔及其构件起落范围内不得放置设备和材料，不得停留或通过人员。
- 3 钻塔应与基台牢固连接，构件应安装齐全，不得随意改装；安装或拆卸时作业人员不得在钻塔上同时作业。
- 4 钻塔上工作平台防护栏杆高度不应小于 0.9m；平台踏板可选用防滑钢板或厚度不小于 50mm 的木板。
- 5 斜塔或高度大于 10m 的直塔应安装钻塔绷绳，钻塔绷绳应采用直径 12.5mm 以上钢丝绳；斜塔应安装提引器导向绳。

10.2.3 卷扬机使用应符合下列规定：

- 1 不得用于升降人员。
- 2 卷扬机或天车滑轮与钻塔或三脚架应配套；提升物件前，钢丝绳保留在卷筒上的圈数不应少于 3 圈。
- 3 钢丝绳使用应符合现行国家标准《钢丝绳夹》GB/T 5976 和《起重机钢丝绳保养、维护、检验和报废》GB/T 5972 的规定。

10.2.4 泥浆泵使用与维护应符合下列规定：

- 1 机架应安装在基台上，各连接部位和管路应连接牢固。
- 2 启动前，吸水管、底阀和泵体内应注满清水，压力表缓冲器上端应注满机油，出水阀或分水阀门应打开。
- 3 不得超过额定压力运转。

10.2.5 柴油机使用与维护应符合下列规定：

- 1 当使用摇把启动时，应紧握摇把不得中途松手，启动后应立即抽出摇把；使用手拉绳启动时，启动绳一端不得缠绕在手上。
- 2 当水箱冷却水的温度过高时，应停止勘探作业怠速运转降温，不得采用冷水注入水箱或泼洒内燃机机体冷却降温。
- 3 柴油机飞车时，应迅速切断进气通路或高压油路作紧急停车。

10.3 勘察辅助设备

10.3.1 离心水泵安装应牢固平稳。高压胶管接头密封应牢固可靠，放置宜平直，转弯处固定应牢靠。**10.3.2** 潜水泵使用与维护应符合下列规定：

1 潜水泵应装设保护接零和漏电保护装置，使用前应采用 500V 摇表检测绝缘电阻，电动机定子绕组的绝缘电阻不得低于 0.5MQ。

2 潜水泵的负荷线应使用无破损和接头的防水橡皮护套铜芯软电缆。

3 使用前，应检查电路和开关，接通电源进行试运转，并应经检查确认旋转方向正确后再放入水中；脱水运转时间不得超过 5min»

4 提泵或下泵前应先切断电源，不得拉拽电缆或出水软管。

5 电缆和出水软管在潜水泵运转过程应处于不受力状态。

10.3.3 空气压缩机使用与维护应符合下列规定：

1 作业现场应搭设防护棚，储气罐不得曝晒或高温烘烤。

2 移动式空气压缩机的拖车应采取接地措施。

3 输气管路应连接牢固、密封、畅通，不得扭曲。

4 开启送气阀前，应告知作业地点有关人员，出气口前方不得有人。

5 运转时储气罐内压力不得超过铭牌额定压力，安全阀应灵敏有效；进气阀、排气阀、轴承及各部件应无异响或过热现象，应定时巡查。

6 当出现运转异常情况时，应立即停机排除故障。

7 停机后应关闭冷却水阀门，打开放气阀，放出冷却器和储气罐内的油水、存气后，作业人员方可离岗。

11 勘察用电

11.1 一般规定

11.1.1 当勘察现场临时用电设备超过 5 台或总容量超过 50kW 时，应根据现场条件编制临时用电专项方案。临时用电设施应经验收合格后方可投入使用。

11.1.3 对所使用的用电设备及安全用电装置属国家强制性认证规定的，应采用强制性认证合格的产品。

11.1.4 接驳供电线路、拆装和维修用电设备应由持证电工完成，不得带电作业。

11.1.5 用电系统跳闸后，应先查明原因排除故障后再送电。不得强行送电。

11.1.6 当停工或待工时，分配电箱或总配电箱电源应关闭并上锁。停用 1h 以上的用电设备末级配电箱应断电并上锁。

11.1.7 发生触电事故应立即切断电源，不得未切断电源直接接触触电者。

11.2 勘察现场临时用电

11.2.1 勘察作业现场配电线路的类型应根据敷设方式、作业环境等因素选择，并应符合下列规定：1 配电线路宜采用电缆，直埋敷设时宜采用铠装电缆，架空敷设时可采用绝缘导线，绝缘导线应符合现行国家标准《额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆》GB/T 12527 的有关规定。

2 当采用 TN-S 系统时，单根电缆应包含全部相导体、中性导体和保护导体，当采用 TT 系统时，单根电缆应包含全部相导体和中性导体(N)。

11.2.2 配电线路的敷设除应符合现行国家标准《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 电缆线路应采用埋地或架空敷设，应避免机械损伤和介质腐蚀，埋地电缆路径应设置方位标志，不得沿地面明设。

2 架空线路应架设在专用电杆上，不得架设在树木、临时设施或其他设施上。

3 以支架方式敷设的低压电缆应沿建筑物、构筑物架设，架设高度不应小于 2.5m。

4 电缆直埋时，电缆与地表的距离不应小于 0.7m；电缆四周均应铺垫厚度不小于 0.1m 的砂土，并应铺设

盖板保护。

5 勘察作业现场临时用房的室内配线应采用绝缘导线或电缆，室内明敷主干线距地面高度不应小于 2.5m。

11.2.3 勘察作业现场接地保护应符合下列规定：

1 当采用 TN 系统时，保护导体(PE)应由总配电箱(或电柜)电源侧接地母排处引出。

2 当采用 TN-S 系统时，中性导体(N)应通过总剩余电流动作保护装置，保护导体(PE)在电源进线总配电箱、分配电箱处应做重复接地，不得中性导体(N)与保护导体(PE)有电气连接。

3 当采用 TN-C-S 系统时，应在总配电箱处将保护接地中性导体(PEN)分离成中性导体(N)和保护导体(PE)，分开后的中性导体(N)与保护导体(PE)不得有电气连接。

4 当采用 TT 系统时，电气设备外露可导电部分应单独设置接地极，且不应与变压器中性点的接地极相连接。

5 保护导体(PE)上不得装设开关或熔断器，保护导体(PE)的最小截面应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 的有关规定。

6 保护导体(PE)或中性导体(N)应采用焊接、压接、螺栓连接或其他可靠方法连接，不得缠绕或钩挂。

7 电气设备外露的可导电部分应单独与保护导体(PE)可靠连接，不得串联连接。

8 不得利用输送可燃液体、可燃或爆破性气体的金属管道作为电气设备的接地保护导体(PE)。

11.2.4 勘察作业现场接地电阻值应符合下列规定：

1 当采用 TN 系统时，重复接地装置的接地电阻值不应大于 10 Ω；在工作接地电阻值允许达到 10 Ω 的电力系统中，所有重复接地的等效电阻值不应大于 10 Ω。

2 当采用 TT 系统时，接地电阻值应当符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 的有关规定。

11.2.5 勘察作业现场配电系统宜设置总配电箱、分配电箱、末级配电箱；动力和照明配电系统应分设。

11.2.6 配电箱应装设隔离开关、断路器(或熔断器)，各分支回路应装设具有短路、过负荷、剩余电流动作保护功能的电器。各种开关电器的额定值和动作整定值应与其控制用电设备的额定值和特性相适应。

11.2.7 每台用电设备的供电回路应有单独的剩余电流动作保护装置，配电箱一个出线回路不得直接控制 2 台及以上用电设备。

11.2.8 配电箱应设置在干燥、通风、防潮、无易燃易爆危险物品、不易受撞击和便于操作的位置。末级配电箱与受控制的固定式用电设备水平距离不宜大于 3m。

11.2.9 固定式配电箱的中心点与地面的垂直距离应为 1.4m~1.6m；移动式配电箱应装设在坚固、稳定的支架上，中心点与地面的垂直距离宜为 0.8m~1.6m。

11.2.10 配电箱的进出线应采用橡皮护套绝缘电缆，进出线口宜设置在箱体下底面，箱内的连接线应采用铜芯绝缘导线，不得改动箱内电器配置和接线；末级配电箱出线不得有接头。

11.2.11 配电箱的电源进线端不得采用插头和插座做活动连接。

11.2.12 配电箱进行维修、检查时，应将前一级电源隔离开关分闸断电，并应悬挂“禁止合闸、有人工作”停电安全标志。

11.2.13 剩余电流动作保护装置应符合下列规定：

1 末级配电箱使用的剩余电流动作保护装置应选用额定剩余动作电流不大于 30mA 的瞬动型产品。

2 各级剩余电流动作保护装置的动作电流值与动作时间应协调配合。

3 剩余电流动作保护装置应装设在各配电箱靠近负荷的一侧，且不得用于启动电气设备的操作。

4 勘察现场使用的剩余电流动作保护装置宜选择动作功能与电源电压无关的产品。

11.2.14 夜间施工、无自然采光或自然采光差的场所及道路等应有照明设施，照明方式、种类、照度等应满足作业要求。

11.2.15 勘察作业现场照明器具选型应符合下列规定：

1 在露天场地，应采用防护等级不低于 IP54 的灯具。

2 在有顶棚场地，应采用防护等级不低于 IP43 的灯具。

3 当环境污染严重时，应采用防护等级不低于 IP65 的灯具。

4 作业现场临时用房照明，宜选用防尘型照明灯具、密闭型防水照明灯具或配有防水灯头的开启式照明灯具。

11.2.16 勘察作业现场照明电压应符合下列规定：

1 当距离地面高度低于 2.5m 时，电压不应大于 36V。

2 潮湿和易触及带电体场所的照明，电源电压不应大于 24V；相对湿度处于 95%以上的潮湿场所和导电良好的地面照明，电源电压不应大于 12V。

3 移动式 and 手提式灯具应采用 III 类灯具，并应使用安全特低电压供电。

11.2.17 遭遇台风、雷雨、冰雹和沙尘暴等气象灾害天气后，恢复作业前应对现场临时用电设施和用电设备进行巡视和检查。

11.2.18 临时用电设施使用完毕后，应及时组织拆除，拆除工作应从电源侧开始。

11.3 用电设备的维护与使用

11.3.1 新投入运行或检修后的用电设备应进行试运行，并应在无异常情况后再转入正常运行。

11.3.2 用电设备的电源线应按其计算负荷选用无接头耐候型橡皮护套铜芯软电缆。电缆芯线数应根据用电设备及其控制电器的相数和线数选择。

11.3.3 电动机使用与维护应符合下列规定：

1 绝缘电阻不得小于 0.5MQ，应装设过负荷和短路保护装置，并应根据设备需要装设缺相和失压保护装置。

2 应空载启动，不得电压过高或过低时启动，不得三相电动机两相运转。

3 当运行中的电动机遭遇突然停电时，应立即切断电源，并应将启动开关置于停止位置。

4 单台交流电动机宜采用熔断器或低压断路器的瞬动过电流脱扣器。

5 正常运转时，不得突然进行反向运转。

6 运行时应无异响、无漏电、轴承温度正常，且电刷与滑环接触良好。

7 当额定电压在-5%~+5%变化范围时，可按额定功率连续运行；当超过允许变化范围时，应控制负荷。

8 停止运行后切断电源，启动开关应置于停止位置。

11.3.4 发电机组安装与使用应符合下列规定：

1 发电机房应配置电气火灾相适宜的消防设施，室内不得存储易燃易爆物。

2 发电机房的排烟管道应伸出房外，管道口应至少高出屋檐 1m，周围 4m 范围内不得使用明火或喷灯。

3 移动式发电机拖车应有可靠接地。

4 移动式发电机供电的用电设备，其外露可导电部分和底座应与发电机电源的接地装置连接；移动式发电机系统接地应按有关规定执行。

5 发电机供电系统应安装电源隔离开关及短路、过载、剩余电流动作保护装置和低电压保护装置等；电源隔离开关分断时应有明显可见分断点。

11.3.5 发电机组电源应与其他电源连锁，不得与其他电源并列运行。

11.3.6 手持式电动工具使用与维护应符合下列规定：

1 勘察作业现场不得使用 I 类手持式电动工具；使用金属外壳的 II 类手持式电动工具时，绝缘电阻不得小于 7MQ。

2 手持式电动工具的外壳、手柄、插头、开关、负荷线等不得有破损，使用前应进行绝缘检查，并应经检查合格、空载运转正常后再使用。

3 负荷线插头应有专用保护触头，所用插座和插头的结构应一致，不得将导电触头和保护触头混用。

4 手持式电动工具作业时间不宜过长，当温度超过 60℃时应停机待自然冷却后再继续使用。

- 5 运转中的手持式电动工具不得离手，因故离开或遭遇停电时应关闭末级配电箱电源。
- 6 作业过程中，不得用手触摸运转中的刀具和砂轮，发现刀具或砂轮有破损应立即停机更换后再继续作业。
- 7 手持砂轮机不得使用受潮、变形、裂纹、破碎、磕边缺口或接触过油、碱类的砂轮片，不得使用自行烘干的受潮砂轮片。

12 安全防护和作业环境保护

12.1 一般规定

12.1.2 在林区、草原、化工厂、燃料厂、加油站及其他对防火有特别要求的场地内作业时，应遵守厂区和当地有关部门的防火规定。

12.1.3 勘探作业现场存在易燃易爆气体时，勘探设备应采取防火防爆措施。

12.1.4 雷雨季节，在易受雷击的空旷场地勘探作业，钻塔应安装防雷装置。

12.1.5 危险物品及存放危险物品的场所应由专人负责管理。存放危险物品的场所应设立安全标志，安全标志应符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB 2894 的规定。

12.3 防火

12.3.1 存放易燃、易爆危险物品的场所和勘察作业现场、临时用房应配备与其火灾性质相适宜的消防器材。消防器材应合理摆放、标志明显，并应有专人负责保管。灭火器材配备应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的规定，每个作业场所、临时用房不得少于 2 具。

12.3.2 临时用房内不得使用火盆或无保护罩电炉取暖，在无人值守情况下不得使用电热毯取暖。

12.3.3 作业现场取暖装置的烟囱和内燃机排气管应穿过塔布，机房壁板处应安装隔热板或防火罩。排气口距可燃物不得小于 2.5m。

12.3.4 寒冷季节作业时，不得使用明火烘烤柴油机或其他设备油底壳。

12.3.5 当油料着火时，应使用砂土、泡沫灭火器或干粉灭火器灭火，不得用水扑救。当用电设备和供电线路着火时，应先切断电源后再实施扑救。

12.3.6 在含易燃、易爆气体的地层勘探作业时，除应对孔口溢出气体加强监测外，尚应符合下列规定：

- 1 勘探设备的动力设备应配防火罩，现场不得使用明火或存放易燃、易爆物品；
- 2 勘探时应观察孔内泥浆气泡和异常声音，发现返浆异常或勘探孔内有爆破声时应立即停止作业，应测量孔口可燃气体浓度，应在确认无危险后方可恢复勘探作业；
- 3 当勘探孔内有气体逸出或燃烧时，应立即关停所有机械和电器设备、设立警戒线和疏散附近人员，并应立即报警；
- 4 勘探孔经封堵处理后，再次测定的易燃、易爆气体浓度应符合本标准表 12.6.2 的规定后方可恢复勘探作业，并保持作业现场通风。

12.3.7 在油气管道附近勘探作业时，应先核查管道的具体位置。发生钻穿管道事故时应立即关停所有机械电器设备，立即报警，并设立警戒线和疏散附近人员。

12.3.8 焊接与切割作业除应按现行国家标准《焊接与切割安全》GB 9448 的规定执行外，尚应符合下列规定：

- 1 电气焊作业区 10m 范围内不得存放易燃、易爆物品，并应配备相应的消防器材。
- 2 高压气瓶不应放置在易遭受物理打击、阳光暴晒、热源辐射的位置。
- 3 作业现场氧气瓶与乙炔瓶、明火或热源的安全距离应大于 5m；乙炔瓶应安装防止回火装置，乙炔瓶及其他易燃物品与焊炬或明火的安全距离应大于 10m。
- 4 氧气瓶及其专用工具不得与油类接触，作业人员不得穿戴有油脂的工作服、手套进行作业。
- 5 焊割炬点火时不得指向人或易燃物品，正在燃烧的焊割炬不得放在工件或地面上，作业人员不得手持焊割炬爬梯、登高。
- 6 焊割作业结束后，应将气瓶气阀关闭，拧上安全罩，确认作业现场无火灾隐患后方可离开。

12.4 防雷

12.4.1 避雷装置的接闪器、引下线及接地装置宜采用焊接方式连接，避雷装置安装时应与钻塔绝缘良好。避雷针宜采用铜棒，安装高度应高出塔顶 1.5m 以上。接闪器和引下线与绷绳的间距不应小于 1.0m，接地体与绷绳、地锚的间距不应小于 3.0m。

12.4.2 勘察作业现场防雷装置冲击接地电阻值不得大于 30 Ω。当土壤电阻值不能满足接地电阻要求时，可在接地体附近放置食盐、木炭并加水。

12.4.3 机械、电气设备防雷接地连接的 PE 线应同时做重复接地，同一台机械、电气设备的重复接地和机械的防雷接地可共用同一接地体，重复接地电阻不应大于 10 Ω。

12.4.4 遇雷雨天气时，应停止现场勘察作业，应关停电气设备。作业人员应远离高压线、高耸金属构件及其他导电物体，不得在空旷的山顶、大树下等易引雷场所避雨。

12.4.5 外业作业人员遭受雷击后，应立即采取急救措施。

12.6 防毒

12.6.1 作业场地有害气体或污染颗粒物浓度超过国家现行标准《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ 2.1 的规定时，勘察作业人员应佩戴个体防护装备，并应符合下列规定：

1 下班后应在现场清洗防护装备和个人卫生。

2 不得在勘察现场饮食。

3 当作业现场存在易燃易爆气体时，勘察设备应采取防火、防爆等安全生产防护措施。

4 勘察现场应配备应急处置和应急救援所需用具、设备和药品等。

12.6.2 在含有害气体的场地勘察作业时，应加强监测，并采取有效的通风、净化和安全生产防护措施。当有害气体浓度超过表 12.6.2 的规定时，应停止作业、撤离人员。

表 12.6.2 有害气体最大允许浓度

有害气体名称	符号	允许体积浓度（%）	允许质量浓度（mg/m ³ ）
一氧化碳	CO	0.00240	30
氮氧化物	[NO]	0.00025	5
二氧化硫	SO ₂	0.00050	15
硫化氢	H ₂ S	0.00066	10
氨	NH ₃	0.00400	30
瓦斯、沼气	CH ₄	1	/

12.8 作业环境保护

12.8.1 在城镇绿地和自然保护区勘察作业时，应采取的措施减小对作业现场植被的破坏和对保护动物的影响。

12.8.2 勘察作业前，应对作业人员进行环境保护交底，对勘探设备进行检查、维护。

12.8.3 作业过程中，应对废油液、泥浆、弃土等废弃物集中收集存放、统一处理，不得随意排放。

12.8.4 作业现场不得焚烧各类废弃物，对易产生扬尘的渣土应采取覆盖、洒水等防护措施。

12.8.5 有毒物质、易燃易爆物品、油类、酸碱类物质和有害气体未经处理不得直接填埋或排放。

12.8.6 在城镇作业时，噪声控制标准应符合国家或地方政府有关规定，当噪声超标时应采取整改措施，达到标准后方可继续作业。

12.8.7 当作业环境的噪声超过 85dB（A），作业人员应佩戴相应的个体防护装备。

13 勘察现场临时用房

13.1 一般规定

13.1.1 勘察现场临时生活区与作业区应分开设置，生活区与作业点的安全距离应大于 25m。

13.1.2 临时用房选址应符合下列规定：

1 不得在洪水淹没区、沼泽地、潮汐影响滩涂区、风口、旋风区、雷击区、雪崩区、滚石区、悬崖 和高切坡以及不良地质作用影响的场地内选址。

2 与公路、铁路和存放少量易燃易爆物品仓库的安全距离不应小于 30m,与油罐及加油站的安全距离不应小于 50m。

3 与架空输电线路边线的最小安全距离应符合本标准表 3.0.6 的有关规定。

4 与变配电室、锅炉房的安全距离不应小于 15m。

5 与在建建（构）筑物的安全距离不应小于 20m。

6 不得设置在吊装机械回转半径区域内及作业设备倾覆影响区域内。

13.1.3 当临时用房使用装配式活动房时，应具有产品合格证书，各构件间连接应可靠牢固。

13.1.4 临时用房应采用阻燃或难燃材料，并应符合环保、消防要求；安装电气设施应符合本标准第 11 章的有关规定。

13.1.5 临时用房应有防震、防火、防雷设施和抗风雪能力，寒冷季节应有取暖设施，并应符合本标准 第 12 章的有关规定。

13.1.6 建设场地内搭建临时用房应采取预防高空坠物的安全防护措施。

13.2 居住临时用房

13.2.1 居住临时用房不得存放柴油、汽油、氧气瓶、乙炔气瓶、液化气罐等易燃、易爆液体或气体容器，不得使用电炉、煤油炉、液化气炉。

13.2.2 居住临时用房室内净高度不得小于 2.5m,层铺搭设不应超过两层，应有良好的采光、排气和通风设施，门窗不得向内开启；应按规定配备相应的灭火器材。

13.2.3 配有吊顶的居住临时用房，吊顶及吊顶上的吊挂物安装应牢固。

13.2.4 城镇内勘察临时用房之间的安全距离不应小于 5m,城镇外勘察临时用房之间的安全距离不应小于 7。

13.2.5 冬季临时用房应有采暖和防一氧化碳中毒措施；夏季应有防暑降温和防蚊蝇措施。

13.3 非居住临时用房

13.3.1 非居住临时用房存放易燃、易爆和有毒物品时应分类和分专库存放，与居住临时用房的距离应大于 30m。

13.3.2 存放易燃、易爆物品临时用房，不得使用明火和携带火种，电器设备、开关、灯具、线路防爆性能应符合现行国家标准《爆炸性气体环境用电设备第 1 部分：通用要求》GB 3836.1 的有关规定。

13.3.3 存放易燃、易爆物品的非居住临时用房应保持通风并配备足够数量相应类型的灭火器材，且应悬挂安全标志，不得烟火靠近。

13.3.4 勘察现场临时食堂应设置在远离厕所、垃圾站、有毒、有害场所等污染源的上风处，并应有简易的排污处理设施。液化气罐应独立存放在通风条件良好的存储间。

附录 A 勘察作业危险源辨识和评价（略）

附录 B 勘察机械设备防冻措施

B.0.1 长期停用的机械设备，冬季应放尽储水部件中的存水，并应进行一次换季设备保养。

B.0.2 当室外气温低于 5℃ 时，所有用水冷却的机械设备，停止使用或作业过程发生故障停用待修时，均应立即放尽机内存水，各放水阀门应保持开启状态，并应挂上标志。

B.0.3 使用防冻剂的机械设备，在加入防冻剂前应对冷却系统先进行清洗；加入防冻剂后，应在明显处挂上标志。

B.0.4 所有用水冷却的机械设备、车辆等，其水箱、内燃机等都应装上保温罩。

B.0.5 带水作业的机械设备，停用后应冲洗干净，并应放尽水箱及机体内的积水。

B.0.6 带有蓄电池的机械设备，蓄电池液的密度不得低于 1.25,发电机电流应调整到 15A 以上，蓄电池应加

装保温罩。

B.0.7 冬季无预热装置内燃机的启动可采用下列方法：

1 可在作业完毕后趁热将曲轴箱内润滑油放出并存入预先准备好的清洁容器内，启动前再将容器加温到 70°C~80°C 后注入曲轴箱。

2 将水加热到 60°C~80°C 时再注入内燃机冷却系统，不得使用机械拖顶的方法启动内燃机。

B.0.8 应根据气温高低按机械设备的出厂说明书的使用要求选择燃油。柴油机燃油使用标准可按表 B.0.8 选用。

表 B.0.8 柴油机燃油使用标准

序	气温条件(°C)	柴油标号(＃)	备注
1	高于 4	0	在低温条件下无低凝度柴油时，应采用预热措施方可使用高凝度柴油
2	3~-5	-10	
3	-6~-14	-20	
4	-15~-29	-35	
5	低于-30	-50	

附录 C 勘察设备液压装置的使用

C.0.1 液压元件安装应符合下列规定：

1 液压泵、液压马达和液压阀的进出油口不得反接；安装时液压泵轴与传动轴应同心；连接螺钉应按规定扭力拧紧。

2 油管应清洁光滑，无裂缝、锈蚀等缺陷，并应采用管夹与机器固定，软管应无急弯或扭曲，不得与其他管道或物件相碰或摩擦。

C.0.2 启动前的检查、启动和运转应符合下列规定：

1 所有操纵杆应处于中间位置。

2 在低温或严寒地带启动液压泵应使用加热器加热提高油温，油温加热不得超过 80°C。

3 当开启放气阀或检查高压系统泄漏时，作业人员不得面对喷射口的方向。

4 当高压系统发生微小或局部喷泄时，应立即卸荷检修，不得用手检查或堵挡。

5 当拆检液压系统及管路时，应确保系统内无高压后拆除。

C.0.3 液压系统在运转中出现下列情况之一时，应停机检查：

1 油温过高，超过允许范围。

2 系统压力不足或完全无压力。

3 流量过大、过小或完全不流油。

4 压力或流量脉动。

5 严重噪音振动。

6 换向阀动作失灵。

7 工作装置功能不良或卡死。

8 油管系统泄漏、内渗、串压、反馈严重时。

C.0.4 作业完毕后，工作装置及控制阀等应回复原位。

附录 2

复习题

岩土工程勘察（司钻员及描述员）培训试题（单选）

1. 井探就是挖一个圆形或矩形的井来了解地质地层情况的方法。所挖的井称为探井。圆形探井直径和矩形探井分别不小于_____B____。当土质情况需要放坡或分级开挖时，则加大井口规格。

- A. 0.6m 和 1.0X1.2m
- B. 0.8m 和 1.0X1.2m
- C. 0.6m 和 0.8X1.0m
- D. 0.8 m 和 0.8X1.0m

2. 某风化物结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，呈砂土状，可用镐挖，该岩石为(B)。

- A. 残积土
- B. 全风化岩石
- C. 强风化岩石
- D. 中等风化岩石

3. 某风化物结构大部分破坏、风化裂隙很发育、岩体破碎、用镐可挖，该岩石为(B)。

- A. 全风化岩石
- B. 强风化岩石
- C. 中等风化岩石
- D. 微风化岩石

4. 某风化物结构部分破坏，沿节理面有次生矿物、风化裂隙发育，岩体被切割成岩块，用镐难挖，岩芯钻方可钻进,岩石为(C)

- A. 全风化岩石
- B. 强风化岩石
- C. 中等风化岩石
- D. 微风化岩石

5. 某风化物结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙,岩石为(D)

- A. 全风化岩石
- B. 强风化岩石
- C. 中等风化岩石

- D. 微风化岩石
6. 某风化物岩质新鲜, 偶见风化痕迹, 岩石为(D)
- A. 强风化岩石
- B. 中等风化岩石
- C. 微风化岩石
- D. 未风化
7. 岩石坚硬程度按饱和单轴抗压强度分类, 可分为(D)
- A. 极软岩、软岩、较软岩、坚硬岩
- B. 软岩、较软岩、较硬岩、坚硬岩
- C. 极软岩、软岩、较软岩、较硬岩
- D. 极软岩、软岩、较软岩、较硬岩、坚硬岩
8. 下列按岩石坚硬程度定性划分, 属于坚硬岩定性划分描述的是(A)
- A. 锤击声清脆, 有回弹, 震手, 难击碎, 基本无吸水反应
- B. 锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应
- C. 锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕
- D. 锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开
9. 下列按岩石坚硬程度定性划分, 属于较硬岩定性划分描述的是(B)
- A. 锤击声清脆, 有回弹, 震手, 难击碎, 基本无吸水反应
- B. 锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应
- C. 锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕
- D. 锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开
10. 下列按岩石坚硬程度定性划分, 属于较软岩定性划分描述的是(C)
- A. 锤击声清脆, 有回弹, 震手, 难击碎, 基本无吸水反应
- B. 锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应
- C. 锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕
- D. 锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开
11. 下列按岩石坚硬程度定性划分, 属于软岩定性划分描述的是(C)
- A. 锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应
- B. 锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕
- C. 锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开
- D. 锤击声哑, 无回弹, 有较深凹痕, 手可捏碎, 浸水后可捏成团
12. 下列按岩石坚硬程度定性划分, 属于极软岩定性划分描述的是(D)
- A. 锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应
- B. 锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕
- C. 锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开
- D. 锤击声哑, 无回弹, 有较深凹痕, 手可捏碎, 浸水后可捏成团
13. 某花岗岩风化层, 进行标准贯入试验, $N=25$, 试判断该风化岩的风化程度为(A)
- A. 残积土

- B. 全风化
C. 强风化
D. 中风化
14. 某花岗岩风化层,进行标准贯入试验, $N=40$,试判断该风化岩的风化程度为 (B)
A. 残积土
B. 全风化
C. 强风化
D. 中风化
15. 某花岗岩风化层,进行标准贯入试验, $N=55$,试判断该风化岩的风化程度为 (C)
A. 残积土
B. 全风化
C. 强风化
D. 中风化
16. 岩体完整程度一般分为 (D)
A. 破碎、完整
B. 极破碎、破碎、完整
C. 极破碎、破碎、较破碎、完整
D. 极破碎、破碎、较破碎、较完整、完整
17. 为了确定岩石质量指标 RQD, 下列要求中(C)选项是正确的。
A. 采用直径 110 mm 金刚石钻头, 双层岩芯管钻进, 回次进尺所取岩芯中长度 ≥ 10 cm 的岩芯段的累计长度与该回次钻进深度之比为 RQD
B. 采用直径 110 mm 合金钻头, 双层岩芯管钻进, 回次进尺所取岩芯中长度 ≥ 20 cm 的岩芯段的累计长度与该回次钻进深度之比为 RQD
C. 采用直径 75 mm 金刚石钻头, 双层岩芯管钻进, 回次进尺所取岩芯中长度 ≥ 10 cm 的岩芯段的累计长度与该回次钻进深度之比为 RQD
D. 采用直径 75 mm 合金钻头, 双层岩芯管钻进, 回次进尺所取岩芯中长度 ≥ 20 cm 的岩芯段的累计长度与该回次钻进深度之比为 RQD
18. 基岩钻进时, 某一回次进尺 1.60m, 所取岩芯每块的长度分别为 0.11m、0.35m、0.09m、0.16m、0.05m、0.17m、0.56m、0.04m、0.07m。该回次岩石 RQD 为 (B)。
A. 80.8%
B. 84.4%
C. 86.7%
D. 88.9%
19. 经测定, 某岩石质量指标 $RQD=95$, 则该岩石的质量是(A)。
A. 好的
B. 较好的
C. 较差的
D. 差的

20. 经测定，某岩石质量指标 $RQD=80$ ，则该岩石的质量是(B)。
- A. 好的
 - B. 较好的
 - C. 较差的
 - D. 差的
21. 经测定，某岩石质量指标 $RQD=20$ ，则该岩石的质量是(D)。
- A. 较好的
 - B. 较差的
 - C. 差的
 - D. 极差
22. 土按照地质成因，分类不包括(D)
- A. 残积土
 - B. 坡积土
 - C. 洪积土
 - D. 堆积土
23. 碎石土可分成以下(D) 类。
- A. 块石、卵石、碎石、圆砾、角砾
 - B. 漂石、卵石、碎石、圆砾、角砾
 - C. 漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、砾砂
 - D. 漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾
24. 砂土可分成以下(C) 类。
- A. 极细砂、细砂、中砂、粗砂、砾砂
 - B. 极细砂、粉砂、细砂、中砂、粗砂
 - C. 粉砂、细砂、中砂、粗砂、砾砂
 - D. 极细砂、粉砂、中砂、粗砂、砾砂
25. 对同一层土中相间呈韵律沉积，当薄层与厚层的厚度比大于 $1/3$ 时,宜定为(A)
- A. 互层
 - B. 夹层
 - C. 夹薄层
 - D. 透镜体
26. 对同一层土中相间呈韵律沉积，厚度比为 $1/10-1/3$ 时，宜定为(B)
- A. 互层
 - B. 夹层
 - C. 夹薄层
 - D. 透镜体
27. 对同一层土中相间呈韵律沉积，厚度比小于 $1/10$ 的土层，宜定为(C)
- A. 互层
 - B. 夹层

C. 夹薄层

D. 透镜体

28. 当土层中有厚度大于（ B ），宜单独分层

A 0.3m

B 0.5m

C 0.8m

D 1.0m

29. 有一土层剖面中粉砂与黏土呈相间韵律沉积，粉砂层单层厚度约 5cm，黏土层单层厚度约 20cm，则该剖面上的土层定名宜为（ B ）

A. 黏土粉砂互层

B. 黏土夹粉砂

C. 黏土夹薄层粉砂

D. 宜单独分层

30. 两个隔水层之间的重力水是（ C ）

A. 上层滞水

B. 潜水

C. 承压水

D. 下层滞水

31. 埋藏在地表以下第一层较稳定的隔水层以上，具有自由水面的重力水称（ B ）

A. 上层滞水

B. 潜水

C. 承压水

D. 自流水

32. 稳定水位量测的间隔时间：按地层的渗透性确定，强透水层（如砂土和碎石土）要求不得少于（ A ）

A. 0.5h

B. 1.0h

C. 1.5h

D. 2.0h

33. 稳定水位量测的间隔时间：按地层的渗透性确定，对粉土和黏性土不得少于_____（ C ）

A. 2h

B. 5h

C. 8h

D. 12h

34. 钻探岩芯描述正确的是（ B ）

A. 可以事后追记

B. 应跟班作业、对照岩芯如实记录

C. 地层复杂难以取芯、但可根据钻探反应情况推断编录

D. 只要从事钻探工作多年且经验丰富即可从事编录

35. 地质编录时对误写和错写的处理方法是（ C ）

A. 用橡皮擦去重写

B. 重抄一遍

C. 用铅笔划去并在旁更正

D. 用重色涂掉并在旁更正

36. 有一类土具下列特征：干强度中等、无摇振反应、稍有光泽、具中等韧性、刀切面稍有光滑，切面规则，应为（ C ）

A. 粉土

B. 粘土

C. 粉质粘土

D. 有机质土

37. 有一类土具下列特征：干强度高、无摇振反应、有光泽、具高韧性、刀切面非常光滑、刀刃有黏腻的阻力，应为（ B ）

A. 粉土

B. 粘土

C. 粉质粘土

D. 有机质土

38. 有一类土具下列特征：干强度低、摇振反应迅速、无光泽反应、具低韧性、无光滑面、切面比较粗糙，应为（ A ）

A. 粉土

B. 粘土

C. 粉质粘土

D. 有机质土

39. 碎石土密实度按重型动力触探击数 $N_{63.5}$ 分类，松散应是（ B ）

A. $N_{63.5} \leq 3$

B. $N_{63.5} \leq 5$

C. $N_{63.5} \leq 6$

D. $N_{63.5} \leq 10$

40. 碎石土密实度按重型动力触探击数 $N_{63.5}$ 分类，稍密应是（ A ）

A. $5 < N_{63.5} \leq 10$

B. $3 < N_{63.5} \leq 10$

C. $5 \leq N_{63.5} \leq 15$

D. $5 < N_{63.5} \leq 20$

41. 碎石土密实度按重型动力触探击数 $N_{63.5}$ 分类，中密应是（ D ）

A. $6 < N_{63.5} \leq 11$

B. $15 < N_{63.5} \leq 30$

C. $10 \leq N_{63.5} \leq 30$

D. $10 < N_{63.5} \leq 20$

42. 碎石土密实度按重型动力触探击数 $N_{63.5}$ 分类，密实应是（ D ）

A. $11 < N_{63.5} \leq 14$

B. $10 < N_{63.5} \leq 20$

C. $N_{63.5} > 14$

D. $N_{63.5} > 20$

43. 碎石土密实度按超重型动力触探击数 N_{120} 分类，中密应是(B)

A. $3 < N_{120} \leq 6$

B. $6 < N_{120} \leq 11$

C. $11 \leq N_{120} \leq 14$

D. $11 < N_{120} \leq 14$

44. 若某个岩层的单层厚度 $h=0.1\text{m}$ ，那么该岩层的厚度分类中属于 (D)

A. 巨厚层

B. 厚层

C. 中厚层

D. 薄层

45. 若某个岩层的单层厚度 $h=0.8\text{m}$ ，那么该岩层的厚度分类中属于 (B)

A. 巨厚层

B. 厚层

C. 中厚层

D. 薄层

46. 槽探就是通过地表挖掘沟槽来了解地质条件的方法，所挖的沟槽称为探槽，一般当基岩或所需要揭露的地质现象埋藏较浅（一般在覆盖层小于 (C) ）时适用。

A. 1m

B. 2m

C. 3m

D. 4m

47. 螺旋钻探是一种干式回转钻进方法，适用于地下水位以上的细粒土层，机械螺旋钻进孔深一般为 (B)，最深不超过 100m；钻孔直径一般为 120~200mm。

A. 15~25m

B. 25~50m

C. 25~35m

D. 35~50m

48. 详细勘察中陆域钻孔孔位测设平面允许偏差值为 (A)

A. 0.25m

B. 0.50m

C. 0.75m

D. 1.00m

49. 详细勘察中水域钻孔孔位测设平面允许偏差值为 (B)

A. 0.50m

B.1.00m

C.1.50m

D.2.00m

50. 一般粘性土、粉土、残积土、全风化岩钻孔成孔口径应不小 (B)

A. 75mm

B. 91mm

C. 110mm

D. 130mm

51. 垂直钻孔每 (D) 应测量一次垂直度, 每 100m 的允许偏差为 $\pm 2^{\circ}$

A. 20m

B. 30m

C. 40m

D. 50m

52. 定向钻孔每 (B) 应测量一次倾斜角 (亦称倾角) 和方位角, 钻孔倾角和方位角的测量精度分别为 $\pm 0.1^{\circ}$ 和 $\pm 3^{\circ}$

A. 10m

B. 25m

C. 30m

D. 50m

53. 粘土层的岩芯采取率一般要求为 (A)

A. ≥ 90

B. ≥ 80

C. ≥ 70

D. ≥ 85

54. 碎石土层的岩芯采取率一般要求为 (D)

A. ≥ 80

B. ≥ 70

C. ≥ 65

D. ≥ 50

55. 破碎岩石层的岩芯采取率一般要求为 (C)

A. ≥ 80

B. ≥ 70

C. ≥ 65

D. ≥ 50

56. 粉土、砂土层在地下水以上的岩芯采取率一般要求为 (A)

A. ≥ 80

B. ≥ 70

C. ≥ 65

- D. ≥ 50
57. 粉土、砂土层在地下水以下的岩芯采取率一般要求为 (B)
- A. ≥ 80
- B. ≥ 70
- C. ≥ 65
- D. ≥ 50
58. 下列岩石中不属于岩浆岩的为 (C)
- A. 玄武岩
- B. 花岗岩
- C. 泥质砂岩
- D. 闪长岩
59. 下列岩石中不属于沉积岩的为 (B)
- A. 砂岩
- B. 流纹岩
- C. 泥岩
- D. 灰岩
60. 某种岩石的饱和单轴抗压强度 $F_r=35\text{MPa}$ ，则该岩石的岩石坚硬程度为 (B)
- A. 坚硬岩
- B. 较硬岩
- C. 较软岩
- D. 软岩
61. 某种岩石的饱和单轴抗压强度 $F_r=10\text{MPa}$ ，则该岩石的岩石坚硬程度为 (B)
- A. 极软岩
- B. 软岩
- C. 较软岩
- D. 较硬岩
62. “锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后可捏成团”是下列哪种岩石的特性 (C)
- A. 中风化砂岩
- B. 强风化花岗岩
- C. 全风化花岗岩
- D. 中风化灰岩
63. 颗粒级配粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%的碎石土定名为 (A)
- A. 漂石、块石
- B. 卵石、碎石
- C. 圆砾、角砾
- D. 以上都不对
64. 颗粒级配粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%，而颗粒级配粒径大于 200mm

的颗粒质量不超过总质量 50%的碎石土为 (B)

- A.漂石、块石
- B.卵石、碎石
- C.圆砾、角砾
- D.以上都不对

65. 颗粒级配粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%，而颗粒级配粒径大于 20mm 的颗粒质量不超过总质量 50%的碎石土为 (C)

- A.漂石、块石
- B.卵石、碎石
- C.圆砾、角砾
- D.以上都不对

66. 粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25%~50%的砂类土为 (A)

- A. 砾砂
- B. 粗砂
- C. 中砂
- D. 细砂

67. 粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%，而粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量不超过 25%的砂类土为 (B)

- A.砾砂
- B.粗砂
- C.中砂
- D.细砂

68. 粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%，而粒径大于 0.5mm 的颗粒质量不超过总质量 50%的砂类土为 (C)

- A.砾砂
- B.粗砂
- C.中砂
- D.细砂

69. 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 85% ，而粒径大于 0.25mm 的颗粒质量不超过总质量 50%的砂类土为 (D)

- A.砾砂
- B.粗砂
- C.中砂
- D.细砂

70. 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%，而粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量 85% 的砂类土为 (A)

- A.粉砂
- B.细砂

C.中砂

D.粗砂

71. 在厚层土中，当出现不同土类并且呈水平向逐渐尖灭时，应定为（D）

A. 互层

B. 夹层

C. 夹薄层

D. 透镜体

72. 稳定水位量测的间隔时间：按地层的渗透性确定，软土不得少于（C）

A. 8h

B. 12h

C. 24h

D. 36h

73. 粘土现场鉴别中，“用力捏先裂成块后显柔性，手捏感觉干，不易变形，手按无指印”对应的塑性状态为（B）

A. 坚硬

B. 硬塑

C. 可塑

D. 软塑

74. 粘土现场鉴别中，“手捏很软，易变形，土块掰时似橡皮，用力不大就能按成坑”对应的塑性状态为（D）

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

75. 粘土现场鉴别中，“干而坚硬，很难掰成块”对应的塑性状态为（A）

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

76. 粘土现场鉴别中，“土柱不能直立，自行变形”对应的塑性状态为（D）

A.硬塑

B.可塑

C.软塑

D.流塑

77. 粉质黏土现场鉴别中，“手捏感觉硬，不易变形，土块用力可打散成碎块，手按无指印”对应的塑性状态为（B）

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

78. 粉质黏土现场鉴别中, “手按土易变形, 有柔性, 掰时似橡皮, 能按成浅凹坑” 对应的塑性状态为 (C)

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

79. 粉质黏土现场鉴别中, “干硬, 能掰开或捏成块, 有棱角” 对应的塑性状态为 (A)

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

80. 粉质黏土现场鉴别中, “.手捏很软, 易变形, 土块掰时似橡皮, 用力不大就能按成坑” 对应的塑性状态为 (D)

A.坚硬

B.硬塑

C.可塑

D.软塑

81. 粉土湿度的现场鉴别和划分过程中, “稍湿” 状态对应的鉴别特征为 (A)

A. 土扰动后不易握成团, 一摇即散

B. 土扰动后能握成团, 摇动时土表面稍出水, 手中有湿印, 用手捏水即吸回

C. 用手摇动时有水析出, 土体塌流成扁圆形

D. 以上都不对

82. 粉土湿度的现场鉴别和划分过程中, “湿” 状态对应的鉴别特征为 (B)

A. 土扰动后不易握成团, 一摇即散

B. 土扰动后能握成团, 摇动时土表面稍出水, 手中有湿印, 用手捏水即吸回

C. 用手摇动时有水析出, 土体塌流成扁圆形

D. 以上都不对

83. 粉土湿度的现场鉴别和划分过程中, “很湿” 状态对应的鉴别特征为 (C)

A. 土扰动后不易握成团, 一摇即散

B. 土扰动后能握成团, 摇动时土表面稍出水, 手中有湿印, 用手捏水即吸回

C. 用手摇动时有水析出, 土体塌流成扁圆形

D. 以上都不对

84. 某土用刀切时切面光滑、 手捻摸具滑腻感、 能搓成小于 0.5mm 土条(长度不短于手掌), 则应为(C)

A. 粉质粘土

B. 粉土

C. 粘土

D. 粉砂

85. 现场对砂类土鉴别的过程中, 下列有关颗粒粗细特征与砾砂对应的是 (A)

A. 约有 1/4 以上颗粒比养麦或 高粱粒 (2mm) 大

B. 约有一半以上 颗粒比小米粒 (0.5mm) 大

C. 约有一半以上颗 粒与砂糖或白菜籽 (> 0.25mm) 近似

D. 大部分颗粒与粗玉 米粉 (> 0.1mm) 近似

86. 现场对砂类土鉴别的过程中, 下列有关颗粒粗细特征与粗砂对应的是 (B)

A. 约有 1/4 以上颗粒比养麦或 高粱粒 (2mm) 大

B. 约有一半以上 颗粒比小米粒 (0.5mm) 大

C. 约有一半以上颗 粒与砂糖或白菜籽 (> 0.25mm) 近似

D. 大部分颗粒与粗玉 米粉 (> 0.1mm) 近似

87. 现场对砂类土鉴别的过程中, 下列有关颗粒粗细特征与中砂对应的是 (C)

A. 约有 1/4 以上颗粒比养麦或 高粱粒 (2mm) 大

B. 约有一半以上 颗粒比小米粒 (0.5mm) 大

C. 约有一半以上颗 粒与砂糖或白菜籽 (> 0.25mm) 近似

D. 大部分颗粒与粗玉 米粉 (> 0.1mm) 近似

88. 现场对砂类土鉴别的过程中, 下列有关颗粒粗细特征与细砂对应的是 (D)

A. 约有 1/4 以上颗粒比养麦或 高粱粒 (2mm) 大

B. 约有一半以上 颗粒比小米粒 (0.5mm) 大

C. 约有一半以上颗 粒与砂糖或白菜籽 (> 0.25mm) 近似

D. 大部分颗粒与粗玉 米粉 (> 0.1mm) 近似

89. 现场对砂类土鉴别的过程中, 下列有关颗粒粗细特征与粉砂对应的是 (D)

A. 约有一半以上 颗粒比小米粒 (0.5mm) 大

B. 约有一半以上颗 粒与砂糖或白菜籽 (> 0.25mm) 近似

C. 大部分颗粒与粗玉 米粉 (> 0.1mm) 近似

D. 大部分颗粒与米粉近似

90. 下列标准贯入锤击数范围对应的是松散的砂土的是 (A)

A. $N \leq 10$

B. $10 < N \leq 15$

C. $15 < N \leq 30$

D. $N > 30$

91. 下列标准贯入锤击数范围对应的是稍密的砂土的是 (B)

A. $N \leq 10$

B. $10 < N \leq 15$

C. $15 < N \leq 30$

D. $N > 30$

92. 下列标准贯入锤击数范围对应的是中密的砂土的是 (C)

- A. $N \leq 10$
- B. $10 < N \leq 15$
- C. $15 < N \leq 30$
- D. $N > 30$

93. 下列标准贯入锤击数范围对应的是密实的砂土的是 (D)

- A. $N \leq 10$
- B. $10 < N \leq 15$
- C. $15 < N \leq 30$
- D. $N > 30$

94. 关于岩石硬度的现场鉴别, “用手指易压碎, 锤轻击有凹痕” 的特征对应的岩石硬度为 (A)

- A. 很软
- B. 中等
- C. 中硬
- D. 坚硬

95. 关于岩石硬度的现场鉴别, “用笔尖难于刻划, 用小刀刻划有划痕, 用钎击有凹痕” 的特征对应的岩石硬度为 (B)

- A. 很软
- B. 中等
- C. 中硬
- D. 坚硬

96. 关于岩石硬度的现场鉴别, “用小刀难于刻划, 用锤轻击有击痕或破碎” 的特征对应的岩石硬度为 (C)

- A. 很软
- B. 中等
- C. 中硬
- D. 坚硬

97. 关于岩石硬度的现场鉴别, “用锤重击出现击痕破碎” 的特征对应的岩石硬度为 (D)

- A. 很软
- B. 中等
- C. 中硬
- D. 坚硬

98. 下列岩石关于岩石的可钻性由低级别至高级别排序正确的是 (A)

- A. 粉砂质泥岩—片岩—花岗岩—石英岩
- B. 粉砂质泥岩—片岩—石英岩—花岗岩
- C. 片岩—粉砂质泥岩—石英岩—花岗岩
- D. 片岩—粉砂质泥岩—花岗岩—石英岩

99. 下列各类岩石稳定性程度为 “稳定” 的是 (D)

A. 松散岩石（砂、砾石、卵石）

B. 泥质岩石、岩盐

C. 砾岩或角砾胶结的弱砂岩

D. 花岗岩、砂岩等

100. 勘察作业导电物体外侧边缘与架空输电线路（154-330KV）边线之间的最小安全距离为（C）

A. 5m

B. 10m

C. 15m

D. 20m

101. 勘察作业导电物体外侧边缘与架空输电线路（ $<1\text{KV}$ ）边线之间的最小安全距离为（A）

A. 4.0m

B. 5.0m

C. 10.0m

D. 15.0m

102. 勘察作业点与高压（ $0.8\text{MPa} < P \leq 1.6\text{MPa}$ ）燃气管线之间的最小水平安全距离为（C）

A. 2.0m

B. 4.0m

C. 6.0m

D. 8.0m

103. 勘察作业点与地下电力电缆（陆地）线路地面标桩之间的最小水平安全距离为（A）

A. 0.75m

B. 1.0m

C. 3.0m

D. 5.0m

104. 勘察作业点与电信电缆线路（地下）之间的最小水平安全距离为（B）

A. 2.0m

B. 3.0m

C. 5.0m

D. 6.0m

105. 对于使用 110mm 口径的硬质合金钻头进行卵石层的施钻时，硬质合金镶嵌数量应为（B）

A. 9-12 颗

B. 12-14 颗

C. 14-16 颗

D. 16-18 颗

106. 根据《岩土工程勘察规范》将土样按试验目的分为 4 个质量的等级，分别为 I、

II、III、IV级，其中II级土样对应的扰动程度为（B）

- A. 不扰动
- B. 轻微扰动
- C. 显著扰动
- D. 完全扰动

107. 取土的土试样扰动长度超过（D）时，应重新取样。

- A. 1/5
- B. 1/4
- C. 1/3
- D. 1/2

108. 重型动力触探（ $N_{63.5}$ ）试验，的探杆直径要求为（B）

- A. 25mm
- B. 42mm
- C. 50mm
- D. 70mm

109. 重型动力触探 $N_{63.5}$ 的探锤落距为（C）

- A. 50cm
- B. 65mm
- C. 76mm
- D. 100mm

110. 超重型动力触探 N_{120} 的探锤落距为（D）

- A. 50cm
- B. 65cm
- C. 76cm
- D. 100cm

111. 轻型动力触探 N_{10} 贯入指标为贯入深度为（C）的累计锤击数

- A. 10cm
- B. 20cm
- C. 30cm
- D. 45cm

112. 标准贯入试验 N 贯入指标为贯入深度为 （C）的累计锤击数

- A.10cm
- B.20cm
- C.30cm
- D.45cm

113. 标准贯入试验的探杆直径要求为（B）

- A. 25mm
- B. 42mm

C. 50mm

D. 70mm

114. 标准贯入试验的探锤落距为 (C)

A. 50cm

B. 65cm

C. 76cm

D. 100cm

115. 第四系地层的水文地质抽水试验钻孔，当钻孔设计深度小于 200m 时，过滤器直径一般 (D)

A. $\geq 73\text{mm}$

B. $\geq 89\text{mm}$

C. $\geq 108\text{mm}$

D. $\geq 127\text{mm}$

116. 上部为第四系地层，下部为基岩，只进行基岩裂隙或岩溶地下水抽水试验时，过滤器直径一般不小于 (C)

A. $\geq 73\text{mm}$

B. $\geq 89\text{mm}$

C. $\geq 108\text{mm}$

D. $\geq 127\text{mm}$

117. 基岩地层钻孔，上部覆盖层下入孔口管封隔，下部裸眼跟进，可采用裸眼或下入套管进行抽水试验。若需要下入过滤器，则过滤器直径一般不小于 (C)

A. $\geq 73\text{mm}$

B. $\geq 89\text{mm}$

C. $\geq 108\text{mm}$

D. $\geq 127\text{mm}$

118. 抽水试验的洗井质量要求：连续 (B) 小时的单位用水量不再增加，或出水含砂量不再降低

A. 8 小时

B. 12 小时

C. 24 小时

D. 36 小时

119. 每个场地取得水试样的数量不应少于 (B)

A. 1 件

B. 2 件

C. 3 件

D. 4 件

120. 每件水试样的采集量为：简分析及全分析水样分别取 (C)

A. 500ml、1000ml

B. 500ml、2000ml

C. 500ml、3000ml

D. 1000ml、3000ml

121. 采取的水试样应尽量减少暴露的时间，水样容器内水面与瓶盖要留（A）左右空隙，并及时封口

A. 1.0cm

B. 1.5cm

C. 2cm

D. 2.5cm

122. 水试样应及时送检。水试样从取样至检验的放置时间应符合试验项目的相关规定。一般，清洁水放置时间不宜超过（D）时间。

A. 12h

B. 24h

C. 48h

D. 72h

123. 水试样应及时送检。水试样从取样至检验的放置时间应符合试验项目的相关规定。一般，稍受污染的水不宜超过（C）时间

A. 12h

B. 24h

C. 48h

D. 72h

124. 水试样应及时送检。水试样从取样至检验的放置时间应符合试验项目的相关规定。一般，受污染的水不宜超过（A）时间

A. 12h

B. 24h

C. 48h

D. 72h

125. 单班单机钻探作业人员陆域不应少于（B）人

A. 2

B. 3

C. 4

D. 5

126. 单班单机钻探作业人员水域不应少于（C）人

A.2

B.3

C.4

D.5

127. 探井、探槽每组作业人员不应少于（A）人

A.2

B.3

C.4

D.5

128. 在松散和破碎地层中钻进时，适当控制回次进尺长度和回次进尺时间。在粘性土中，回次进尺不宜超过（C）m

A. 1.0

B. 1.5

C. 2.0

D. 2.5

129. 在松散和破碎地层中钻进时，适当控制回次进尺长度和回次进尺时间。在粉土、饱和砂土中，回次进尺不宜超过（A）m

A.1.0

B.1.5

C.2.0

D.2.5

130. 在岩层中钻进，回次进尺不得超过岩心管长度；在软质岩层中，回次进尺不得超过（C）m

A.1.0

B.1.5

C.2.0

D.2.5

131. 在岩层中钻进，在破碎岩石或软弱夹层中，回次进尺应为（A）m

A. 0.5-0.8

B. 1.0-1.3

C. 1.5-1.8

D. 2.0-2.3

132. 下列关于常用的冲洗液和护壁堵漏材料的描述中，“泥浆（无固相冲洗液）”的适用范围为（B）

A 致密、稳定地层

B 松散破碎地层、吸水膨胀性地层，节理裂隙较发育的漏失性地层

C 松散、掉块、裂隙地层或胶结较差的地层，如卵、砾石层、砂层。

D 严重坍塌、缩孔、漏失、涌水性地层，较大的溶洞，松散的土层，砂层，其他护壁堵漏方法无效时，水文地质试验需封闭的孔段，水上钻探的水中孔段

133. 下列关于常用的冲洗液和护壁堵漏材料的描述中，“植物胶”的适用范围为（C）

A 致密、稳定地层

B 松散破碎地层、吸水膨胀性地层，节理裂隙较发育的漏失性地层

C 松散、掉块、裂隙地层或胶结较差的地层，如卵、砾石层、砂层。

D 严重坍塌、缩孔、漏失、涌水性地层，较大的溶洞，松散的土层，砂层，其他护壁堵漏方法无效时，水文地质试验需封闭的孔段，水上钻探的水中孔段

134. 下放取土器前应清孔，且除活塞取土器取样外，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度；采用敞口取土器和活塞取土器取样时，孔底残留浮土厚度不应大于（B）

- A. 2cm
- B. 5cm
- C. 10cm
- D. 15cm

135. 关于贯入式取土器贯入深度宜控制在取样管总长的（D），贯入深度应在贯入结束后准确量测并记录。

- A. 60%
- B. 70%
- C. 80%
- D. 90%

136. 取土试样前，应对所使用的钻孔取土器进行检查，并应符合下列规定：刃口卷折、残缺累计长度不应超过周长的（C）

- A.1%
- B.2%
- C.3%
- D.4%

137. 勘察作业照明电压，当距离地面高度低于 2.5m 时，电压不应大于（C）

- A. 12V
- B. 24V
- C. 36V
- D. 220V

138. 勘察现场临时生活区与作业区应分开设置，生活区与作业点的安全距离应大于（D）

- A. 10m
- B. 15m
- C. 20m
- D. 25m

139. 临时用房的选址与公路、铁路和存放少量易燃易爆物品仓库的安全距离不应小于（D）

- A. 15m
- B. 20m
- C. 25m
- D. 30m

140. 柴油机在正常运转时，.最大输出马力时连续运转时间不得超过（B）小时

- A. 0.5

B. 1.0

C. 1.5

D. 2.0

141. 柴油机在正常运转时，额定功率下连续运转时间不得超过（D）小时

A. 5

B. 8

C. 10

D. 12

142. 岩土试样采取之后至开土试验之间的贮存时间，不宜超过（B）

A. 1 周

B. 2 周

C. 3 周

D. 4 周

143. 膨胀岩土取样应符合下列规定：采用薄壁取土器，取土器入土深度不得大于其直径的 3 倍，土试样直径不得小于（C）mm

A. 57

B. 73

C. 89

D. 108

144. 生产粉尘的作业场所，扬尘点应采取密闭尘源、通风除尘等措施，作业环境中空气粉尘量应不小于（C） mg/m^3

A. 1.0

B. 1.5

C. 2.0

D. 2.5

145. 勘察作业现场临时用房的室内配线应采用绝缘导线或电缆，室内明敷主干线距地面高度不得小于（D）m

A. 1.0

B. 1.5

C. 2.0

D. 2.5

146. 钻探机组安全生产防护措施要求中：高度为（C）m 以上的钻探应设置安全绷绳

A. 5.0

B. 8.0

C. 10.0

D. 12.0

147. 某一地形图，比例尺为 1：500，在地形图上量测直线长度为 25mm，则实地距离为（B）

- A. 1.25 米
- B. 12.5 米
- C. 25.0 米
- D. 0.125 米

148.某一回次在钻探班报表记录时： 钻具长 1.20m、 钻杆长 10.00m、 机高与地距 1.10m、 主动机杆长 4.40m， 本回次提钻时机杆上余为 0.50m， 该回次孔深为（ C ）

- A. 12 米
- B. 13 米
- C. 14 米
- D. 15 米

149.对细砂层进行标贯试验时， 前 15cm 击数为 15 击， 后 30cm 每 10cm 击数分别为 7、 10、 14 击， 该细砂层的密实度为(B)。

- A. 中密
- B. 密实
- C. 松散
- D. 稍密

岩土工程勘察（司钻员及描述员）培训试题（多选）

1. 岩土工程勘探是岩土工程勘察的一种手段，主要包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等，其中属于原位测试的勘探方法为AB。

- A.物探
- B.触探
- C.坑探
- D.洞探

2. 钻孔结构是指构成钻孔剖面的技术要素,下列说法正确的是（ ABC ）

- A. 钻孔结构包括钻孔总孔深、各孔段直径和深度、套管和井管的 直径、长度、下放深度和灌浆部位等
- B. 钻孔结构的选择，主要考虑地层岩性、水文地质条件、取芯要求、 开孔直径、终孔直径、钻进方法以及钻孔用途等因素
- C. 在保证钻孔质量和安全钻进的前提下，最大限度地简化钻孔结构，以实现钻探优质、高效、低成本的效果
- D. 以上选项均不对

3. 钻探方法按破碎岩土方式的不同可分为冲击钻进、回转钻进、冲击回转钻进、振动钻进及冲洗钻进等，下列说法正确的是（ ABC ）

- A. 冲击钻进是将钻具提升至一定高度利用钻具重力冲击孔底以破碎岩石（土层），由于这种方法对下面的土层有夯实加密作用，易使土样受影响而失真，故不适合于取原状样的钻孔。为了取原状土样，一般配合回转钻进使用
- B. 回转钻进是利用钻具回转，借助钻头上的切削刃或研磨材料、研磨岩石或切削土层，达到破碎岩土层之目的。回转钻进分为取芯与不取芯两种钻进方式
- C. 振动钻进主要用于不取原状样品的各类土层及小径碎石层钻进或跟套管钻进
- D. 冲洗钻进不适用于砂层、粉土层和不太坚硬的黏性土层
4. 工程勘察钻探方法选择应根据勘察目的、地层特点、岩石可钻性分级并结合钻孔口径、钻孔深度等钻探技术要求等确定。螺纹钻探完全不适用于下列哪类地层（CD）
- A. 黏性土
- B. 粉土
- C. 碎石土
- D. 岩石
5. 下列对岩土工程勘察钻探质量要求叙述正确的是（ABCD）
- A. 钻进深度和岩土分层深度的量测精度，不应低于 $\pm 5\text{cm}$
- B. 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，使分层精度符合要求
- C. 对鉴别地层天然湿度的钻孔，在地下水位以上应进行干钻
- D. 对需重点查明的部位（滑动带、软弱夹层等）应采用双层岩芯管连续取芯
6. 钻孔成孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺等确定，下列叙述正确的是（AD）
- A. 采取 I、II 级土试样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大一个径级
- B. 采取 I、II 级土试样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大二个径级
- C. 在第四纪土层中做压水或抽水试验，钻孔成孔口径 $\geq 91\text{mm}$
- D. 抽水试验观测孔成孔口径 $\geq 75\text{mm}$
7. 下列关于钻孔深度和岩土层深度量测精度及要求叙述正确的是（ABCD）
- A. 陆域最大允许偏差为 $\pm 0.05\text{m}$
- B. 水域最大允许偏差为 $\pm 0.2\text{m}$
- C. 每钻进 **25m** 和终孔后，应校正孔深，并宜在变层处校核孔深
- D. 当孔深偏差超过规定时，应找出原因，并应更正记录报表
8. 花岗岩类岩石的风化程度，现场可根据标准贯入试验实测锤击数进行划分，下列正确的是（ABC）
- A. $N \geq 50$ 为强风化
- B. $50 > N \geq 30$ 为全风化
- C. $N < 30$ 为残积土
- D. 以上选项均不对
9. 土的分类中，根据颗粒级配和塑性指数分为(ABCD)。
- A. 碎石土
- B. 砂土

- C. 粉土
- D. 黏性土

10. 下列关于按土的工程性能分类表述正确的是(ABC)

- A. 碎石土指粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%的土
- B. 砂土指粒径不大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%的土、粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%的土
- C. 粉土指粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50%、塑性指数不大于 10 的土
- D. 以上选项均不对

11. 根据地下水的埋藏条件，地下水可分为(ABC)三大主要类型

- A. 上层滞水
- B. 潜水
- C. 承压水
- D. 裂隙水

12. 关于地下水量测叙述正确的是(ABCD)

- A. 量测读数应至厘米，精度不得低于±2cm
- B. 对位于江、河、海岸边的工程，地表水和地下水应同时量测，并应注明量测时间
- C. 孔中稳定潜水位应在水位恢复稳定后量测
- D. 微承压或承压水位 量测时，应采取止水措施将被测含水层与其他含水层隔离。

13. 现场编录应根据现行《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87 的相关规定要求执行，下列叙述正确的是(ABC)

- A. 现场记录应由经过专业训练的人员并取得“工程勘察编录员”上岗证书或专业工程技术人员承担
- B. 勘探编录应在勘探进行过程中同时完成，编录内容应包括岩土描述及钻进过程两个部分
- C. 钻探现场记录表的各栏均应按钻进回次逐项填写，当同一回次中发生变层时，应分行填写，不得将若干回次或若干层合并一行记录
- D. 现场编录的内容应真实、及时和完整，严禁事后追记，但可以转抄

14. 土的目力鉴别是野外区别黏性土与粉土较好的方法。目力鉴别包括(ABCD)

- A. 光泽反应
- B. 摇振反应
- C. 干强度
- D. 韧性

15. 通过对岩土体的分布规律、矿物成分、颗粒与结构、干燥后的特征几个方面对膨胀土进行现场鉴别，下列描述中正确的是(ABCD)

A.分布于盆地的边缘和较高级的阶地上，下接湖积或冲积平原，上邻丘陵山地；在堆积时代上多属更新世，在成因类型上冲积、坡积和残积均有。

B.含多量的蒙脱石、伊利石(水云母)、多水高岭土等(化学成分以 SiO_2 和 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 为主。)

C.粘土颗粒含量较高，塑性指数大，一般接近于粘土，土的结构强度高，但在水的作用下其表部易成泥泞的稀泥并在一定范围内膨胀。

D.干燥时土质坚硬，易裂，具有不甚明显的垂直节理，在现场可见高度2m~5m左右的陡壁，有崩塌现象。

16. 下列描述中属于密实状态的碎石土、卵石土特征的为（ABC）

A.地形为天然陡坎稳定，能陡立，坎下堆积物少；坑壁稳定，无掉块现象

B.骨架颗粒含量大于总重的70%，呈交错排列，连续紧密接触，孔隙填满，坚硬密实，掏取大颗粒后填充物能成窝形，不易掉落

C.用镐挖掘困难，用撬棍方能松动，用手掏取大颗粒有困难

D.钻进较困难，冲击钻探时钻杆和吊锤跳动不剧烈

17. 下列描述中属于中密状态的碎石土、卵石土特征的为（ABCD）

A.天然陡坎不能陡立或陡坎下有较多的堆积物，自然坡大于颗粒的安息角

B.骨架颗粒含量占总重的60-70%，呈交错排列，大部分接触，疏密不均，孔隙填满，填充砂土时掏取大颗粒后填充物难成窝形

C.用镐可挖掘，用手可掏取大颗粒

D.钻进较困难，冲击钻探时钻杆和吊锤跳动不剧烈

18. 下列描述中属于稍密状态的碎石土、卵石土特征的为（ABCD）

A.不能形成陡坎，自然坡接近于颗粒的安息角；坑壁不能稳定，易发生坍塌

B.骨架颗粒含量小于总重的60%，排列混乱，大部分不接触，而被填充物包裹填充砂土时，掏取大颗粒后砂随即坍塌

C.用镐易刨开，手锤轻击即可引起部分塌落

D.钻进较容易，冲击钻探时钻杆稍有跳动

19. 现场编录过程中，对于碎石土，需要进行描述的内容有（ABC）

A.颗粒级配、颗粒含量、颗粒粒径、磨圆度、颗粒排列及层理特征

B.粗颗粒形状、母岩成分、风化程度和起骨架作用状况

C.充填物的性质、湿度、充填程度及密实度

D.干强度、韧性、摇振反应、光泽反应

20. 现场编录过程中，对于砂类土，需要进行描述的内容有（ABCD）

A.颜色、湿度、密实度

B.颗粒级配、颗粒形状和矿物组成及层理特征

C.颜色、湿度

D.密实度

21. 现场编录过程中，对于粉土，需要进行描述的内容有（ABCD）

A.颜色、湿度

B.包含物、颗粒级配及层理特征

C.干强度、韧性、摇振反应、光泽反应

D.密实度

22. 现场编录过程中，对于粘性土，需要进行描述的内容有（ABC）

A.颜色、湿度、状态

B.包含物、结构及层理特征

C.光泽反应、干强度、韧性等

D.颗粒级配、颗粒形状和矿物组成及层理特征

23. 现场编录过程中，对于填土，需要进行描述的内容有（ABCD）

A.填土的类别，可分为素填土、杂填土、充填土、压密填土

B.物质组成、结构特征、均匀性

C.颜色、状态或密实度

D.堆积年代、密实度和厚度的均匀性等

24. 下列有关岩体结构特征描述中，正确的是（ABCD）

A. 块状结构特征为：岩体基本稳定，结构面互相牵制，有少量贯穿节理裂隙，结构面间距大于 0.7m~1.5m，一般 2~3 组有少量分离体

B. 层状结构特征为：稳定性较差，变形和强度受层面控制，有层理、片理、节理，常有层间借动

C. 碎裂状结构特征为：稳定性较差，整体强度很低并受软弱结构面控制，断层、节理、片理、层理发育，结构面间距 0.25m~0.5m，一般三组以上，有许多分离体

D. 散体结构特征为：稳定性遭极大破坏，稳定性极差，构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂、多充填黏性土，形成无序小块

25. 下列关于钻孔深度记录计算相关概念，正确的是（ABCD）

A. 已知钻具总长、机高、机上余尺计算孔深：孔深（m）=钻具总长-机上余尺-机高

B. 已知回次前的孔深、回次前机上余尺及回次后的机上余尺，计算孔深：孔深（m）=回次前孔深+回次前机上余尺-回次后机上余尺

C. 回次岩（土）心采取率=实测回次岩（土）心总长度/回次进尺×100%

D. RQD=回次取出长度在 10cm 以上的岩芯中心线总长/回次进尺×100%

26. 下列所列钻探方法中，哪项是针对浅部土层采用的钻探方法（ABC）

A.小口径麻花钻（或提土钻）钻进

B.小口径勺形钻钻进

C.洛阳铲钻进

D.XY-1 型钻机钻进

27. 钻机的基本组成包括（ABCD）

A. 回转机构

B. 给劲机构（液压系统）

C. 卷扬机构

D. 机架

28. 钻机按照钻进方法分类，通常分为（ABCD）

A. 冲击式钻机

B. 回转式钻机

C. 振动钻机

- D. 复合式钻机
29. 下列钻探方法中，适用于粘性土的钻探方法有（ACD）
- A. 螺纹钻探
 - B. 冲击钻探
 - C. 锤击钻探
 - D. 振动钻探
30. 对于碎石土与岩石均不适用的钻探方法为（AD）
- A. 螺纹钻探
 - B. 无岩芯钻探
 - C. 岩芯钻探
 - D. 冲击钻探
31. 下列岩石中属于变质岩的为（ACD）
- A. 糜棱岩
 - B. 页岩
 - C. 板岩
 - D. 大理岩
32. 下列岩石中属于软质岩石的有（ABC）
- A. 千枚岩
 - B. 泥灰岩
 - C. 砂质泥岩
 - D. 花岗岩
33. 下列各种岩土中属于特殊性岩土的是（BCD）
- A. 液化砂土
 - B. 残积土
 - C. 填土
 - D. 软土
34. 下列属于“粘土”的现场鉴别特征的是（ABC）
- A. 切面非常光滑、刀刃有黏腻的阻力
 - B. 捻摸湿土有滑腻感，当水分较大时极易黏手，感觉不到有颗粒的存在
 - C. 能搓成小于 0.5mm 的土条（长度不短于 手掌）手持一端不致断裂
 - D. 一般不黏着物体，干后一碰就掉
35. 下列属于“粉土”的现场鉴别特征的是（ABD）
- A. 无光滑面，切面比较粗糙
 - B. 捻摸感觉有细颗粒存在或感觉粗糙，有轻微黏滞感 或无黏滞感
 - C. 干土用锤易击碎，用手难捏碎
 - D. 摇振反应迅速、中等
36. 下列属于“粉质黏土”的现场鉴别特征的是（ACD）
- A. 稍有光泽

B. 能搓成小于 0.5mm 的土条（长度不短于手掌）手持一端不致断裂

C. 无摇振反应

D. 韧性中等

37. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于微风化硬质岩石的特征的为（AC）

A. 组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙，岩体完整性好

B. 组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 的岩块，锤击声脆，且不易击碎

C. 开挖需爆破，一般金刚石岩芯钻方可钻进

D. 不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进

38. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于中风化硬质岩石的特征的为（BD）

A. 组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙，岩体完整性好

B. 组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 的岩块，锤击声脆，且不易击碎

C. 开挖需爆破，一般金刚石岩芯钻方可钻进

D. 不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进

39. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于强风化硬质岩石的特征的为（AD）

A. 组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，长石、云母已风化 成次生矿物，裂隙很发育，岩体被切割成 2~20cm 的岩块，可用手折断

B. 组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 的岩块，锤击声脆，且不易击碎，不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进

C. 不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进

D. 用镐可挖掘，干钻不易钻进

40. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于微风化软质岩石的特征的为（AC）

A. 组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙，岩体完整性好

B. 组织结构部分破坏，矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化 成土状，风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 岩块，锤击易碎

C. 开挖用撬棍或爆破，一般金刚石、硬质合金均可钻进

D. 开挖用镐或撬棍，硬质合金可钻进

41. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于中风化软质岩石的特征的为（BD）

A. 组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙，岩体完整性好

B. 组织结构部分破坏，矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化 成土状，风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 岩块，锤击易碎

C. 开挖用撬棍或爆破，一般金刚石、硬质合金均可钻进

D.开挖用镐或撬棍，硬质合金可钻进

42. 关于岩石风化程度的现场鉴别，属于强风化软质岩石的特征的为（BD）

A. 组织结构部分破坏，矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化 成土状，风化裂隙发育，岩体被切割成 20~50cm 岩块，锤击易碎

B. 组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，含大量粘土矿物， 风化裂隙很发育，岩体被切割成碎块，干时可用手折断或捏碎，浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解。

C. 开挖用镐或撬棍，硬质合金可钻进

D. 用镐可挖掘，干钻可钻进

43. 下列关于全风化基岩及残积土的描述，正确的是（ABCD）

A. 全风化基岩组织结构已基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，风化成土混 砂砾状或土夹碎粒状，岩芯手可掰断捏碎

B. 全风化基岩用镐锹可挖掘，干钻可钻进

C. 残积土组织结构已全部破坏，已风化成土状，具可塑性

D. 残积土用镐锹可挖掘，干钻可钻进

44. 有关岩土试样的密封叙述正确的是（ABCD）

A. 在钻孔取土器中取出土样时，先将上下两端各去掉约 20mm,加上一块与土样截面面积相当的不透水圆片，然后浇灌蜡液至与容器端齐平，待蜡液凝固后扣上胶皮或塑料保护帽

B. 取出的土试样用配合适当的盒盖将两端盖严后，将所有接缝采用纱布条蜡封封口；

C. 采用选项 A 方法封装后，再用选项 B 方法密封

D. 对软质岩石试样，应采用纱布条蜡封或黏胶带立即密封

45. 对于淤泥的（I - II 级）土样采取，下列哪种取土工具或方法是适用的：（ACD）

A. 薄壁固定活塞取土器

B. 回转取土器

C. 薄壁敞口取土器

D. 探槽刻取土样

46. 对于硬塑的粘性土（I - II 级）土样采取，下列哪种取土工具或方法是适用的：（ABD）

A. 厚壁敞口取土器

B. 回转取土器

C. 薄壁敞口取土器

D. 探槽刻取土样

47. 圆锥动力触探试验使用的探锤重量包括下列哪几个级别（ACD）

A. 10kg

B. 20gk

C. 63.5kg

D. 120kg

48. 标准贯入试验适用于下列哪个地层的原位测试：（ABD）

A. 粘性土

- B. 砂类土
- C. 碎石类土
- D. 极软岩

49. 下列所述中哪项是属于钻探事故范畴（ABCD）

- A. 孔内事故
- B. 机械事故
- C. 人身事故
- D. 以上都对

50. 下列关于钻探操作要求中正确的是（BCD）

- A 升降作业时，作业人员可以徒手导引、触摸或拉拽卷扬机上的钢丝绳。
- B 卷扬机操作人员与孔口或钻塔上作业人员应协调配合，按信号进行操作。
- C 当普通提引器起落钻具或钻杆时，提引器切口应朝下。
- D 当起落钻具时，作业人员不得徒手扶托钻杆底部或钻具刃口，不得在钻塔上进行与升降工序无关的作业。

51. 下列关于钻探设备的迁移、安装及拆卸相关操作中正确的是（ABC）

- A 汽车运输设备材料时应装稳绑牢，不得人货混装
- B 非汽车驾驶员不得移动、驾驶车装勘察设备
- C 不得将设备或部件从高处滚落或向低处抛掷
- D 钻探机组钻孔间迁移时，钻塔可以不落下直接迁移

52. 下列关于钻探操作要求中正确的是（ABD）

- A 当使用垫叉或摘挂提引器时，不得徒手扶托垫叉或提引器底部。
- B 当钻具或取土器处于悬吊状态时，不得徒手探摸、清理钻具和取土器内的岩土芯样。
- C 钻杆可以竖立靠在 A 字型钻塔或三脚钻塔上。
- D 当跑钻时，不得抢插垫叉或强行抓抱钻具。

53. 硬质合金钻进岩芯采取说法正确的是（BCD）

- A 该工艺可以允许每回次进尺长度超过岩心管长度钻进
- B 岩芯卡料粒径要适度，投放时先小后大，投放均匀，投放后先送水，再开始扭取
- C 钻进时发现岩芯堵塞应立即提钻
- D 为提高岩心采取率宜采用双管硬质合金钻具或金刚石单动双管钻具

54. 下列关于钻探操作中正确的是（ABC）

- A 钻机水龙头与主动钻杆连接应牢固，转动应灵活。
- B 当维修、安装和拆卸高压胶管、水龙头及调整回转器时，应关停钻机动力设备。
- C 在扩孔、扫孔或岩溶地层钻进时，提引器应挂住主动钻杆控制钻具。
- D 当钻探停、待机或机械故障时，钻具无需上提，可放置在孔内的不稳定段。

55. 关于孔内事故处理相关规定中正确的是（ACD）

- A 当处理孔内事故作业时，非操作人员应撤离基台。
- B 可以同时使用卷扬机、千斤顶、吊锤等同步处理孔内事故。
- C 当使用钻机立轴油缸和卷扬机同步顶拔孔内事故钻具，立轴倒杆或卸荷时，应先卸去

卷扬机负荷 后再卸去立轴油缸负荷。

D 人力打吊锤应有专人统一指挥；不得边锤击边拧紧丝扣；不得徒手扶持锤垫、钻杆和打箍。

56. 下面所述情况中，不可以进行夜间施工作业的是（ABC）

A 滑坡体、崩塌区，泥石流堆积区域。

B.危岩峭壁或岩体破碎的陡坡区。

C 采用筏式勘探平台进行水域勘探。

D 车辆流量较大的市政主干道。

57. 下列关于水域勘探作业的相关描述正确的是（ABC）

A 勘探平台行驶、拖带、抛锚定位、调整锚绳和停泊等工序应由船员统一协调有序进行。

B 勘察作业人员应配合船员完成勘探平台的行驶、拖带、抛锚定位、调整锚绳和停泊等工序。勘察作业人员不得要求船员违章操作。

C 勘察单位、作业人员和船员之间应保持不间断通讯联络。

D 待工或停工期间，勘探平台可以不安排船员值守。

58. 关于钻探冲洗液选择的基本原则下列说法中正确的是（ACD）

A 钻进致密、稳定地层时，应选用清水作冲洗液

B 水文地质勘探钻孔的钻探，未经勘察项目负责人批准，可以采用植物胶泥浆护壁和堵漏材料堵漏

C 在地下水位以下的饱和软黏性土层、粉土层、砂土层等不稳定地层，宜采用泥浆护壁

D 在砂卵 碎石层、松散、掉块、裂隙破碎地层、软弱夹层或胶结较差的地层钻进，宜选用植物胶泥浆、聚丙烯酰胺泥浆等作冲洗液

59. 关于钻探冲洗液选择的基本原则下列说法中正确的是（ABD）

A 片岩、千枚岩、页岩、粘土岩等遇水膨胀地层，宜采用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆

B 钻进可溶性盐类地层时，应采用与该地层可溶性盐类相应的饱和盐水泥浆

C 钻进高压含水层或易坍塌的岩层时，应采用清水作冲洗液

D 金刚石钻进宜选用清水乳状液，低固相或无固相泥浆、乳化泥浆等作冲洗液

60. 关于工程地质钻孔护壁堵漏或隔离措施描述中正确的是（ABD）

A 采用冲击钻进时，宜采用粘土护壁或套管隔离

B 在破碎岩层中冲洗液漏失严重时，应采取充填、封闭等堵漏措施

C 在松散填土及其它易坍塌的岩土层钻进时，可以“顶漏”钻进

D 当孔壁严重坍塌且冲洗液大量漏失时，可灌注水泥浆护壁堵漏或套管隔离

61. 钻孔回填是指勘探工程完成并验收合格后，要以不同材料和方法对钻孔及作业环境进行的回填，下列哪种材料是常用的钻孔回填材料（ABCD）

A.搓成直径 20~40mm 左右粘土球

B.水泥、膨润土（4:1）制成浆液或水泥浆

C.素混凝土

D.灰土

62. 取土器的种类很多，根据取土器的结构与封闭形式可分为：敞口式与封闭式两类，其中属于敞口式的取土器为（ABD）

- A. 球阀式
- B. 活阀式
- C. 固定活塞式
- D. 气压式

63. 取土器的种类很多，根据取土器的结构与封闭形式可分为：敞口式与封闭式两类，其中属于封闭式的取土器为（ABD）

- A. 固定活塞式
- B. 自由活塞式
- C. 回转式
- D. 水压活塞式

64. 下列危险源中的危险条件属于重大危险的是（BCD）

- A 高度为 2m 的高处作业
- B 曾经发生过人身安全事故，且无有效的安全生产防护措施
- C 直接观察到可能导致危险发生，且无有效安全生产防护措施的
- D 违反操作规程，会导致人员伤亡事故

附录 3

主要参考文献

- 1 《岩土工程勘察规范》（2009 年版）GB 50021-2001
- 2 《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585-2019
- 3 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87-2012
- 4 《工程建设勘察企业质量管理规范》GB/T 50379-2006
- 5 《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227-2010
- 6 《金刚石钻探手册》刘广志主编，地质出版社，1991 年 12 月
- 7 《标准贯入试验规程》YS 5213-2000
- 8 《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950-2014
- 9 《水文地质钻探—工艺部分》地质矿产部水文司编，地质出版社，1974 年 4 月
- 10 《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》GJJ/T 13-2013
- 11 《水利水电工程钻探规程》SL 291-20