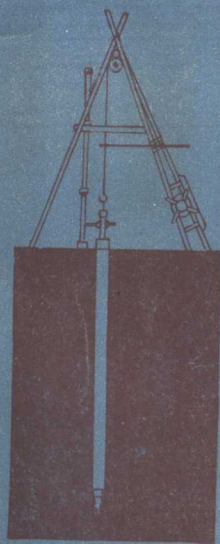


铁路勘测设计基础丛书

岩心钻探技术基础知识

铁道部第三勘测设计院编



中国铁道出版社

铁路勘测设计基础丛书

岩心钻探技术基础知识

铁道部第三勘测设计院编

中国铁道出版社

1983年·北京

内 容 简 介

本书为适应铁路工程地质人员野外工作需要，搜集了有关单位的钻探技术经验资料，按照铁路钻探技术要求，整理编写的。主要内容有钻探方法、钻探工艺、水上及冰上钻探，水文地质测试以及复杂地层的钻进等，共分十二章，可供从事工程地质钻探技术人员及工人野外工作参考。

铁路勘测设计基础丛书
岩心钻探技术基础知识
铁道部第三勘测设计院编
责任编辑 张善同
中国铁道出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：9 字数：200千
1983年7月第1版 1983年7月第1次印刷
印数：0001—5,000册 定价：0.95元

前 言

岩心钻探是地质工作的重要组成部分，是铁路建设不可缺少的地质工作。多年来，在修建和改建铁路工程中，作了大量地质钻探工作，积累了丰富经验，在铁路建设中发挥了重要作用，取得了显著成绩。

在我国国民经济建设中，铁路建设必将以高速度向前发展，地质钻探任务也必将日益繁重，为适应铁路工程地质人员野外钻探工作需要，在广泛搜集钻探资料的基础上，结合当前铁路钻探现状，整理编写本书，以期能提高钻探技术水平，更好地为铁路建设服务。

本书由葛其志执笔编写，于希贤、朱祖时校稿。

由于编者水平所限，书中难免有不当和错误之处，请读者批评指正。

编 者

1981年12月

目 录

第一章 钻探概论.....	1
第一节 钻孔及其要素.....	1
第二节 钻进的基本程序.....	2
第三节 钻探方法分类.....	3
第四节 国内外钻探技术概况.....	3
第五节 岩石的物理机械性质及其与钻进的关系.....	7
第六节 铁路主要工程钻探布孔基本知识.....	15
第七节 出工前的准备.....	18
第八节 修建场地及安装设备.....	24
第九节 钻进前的检查.....	28
第二章 硬质合金钻进.....	32
第一节 硬质合金破碎岩石的原理.....	32
第二节 硬质合金.....	33
第三节 普通硬质合金钻头.....	35
第四节 钻进操作技术.....	46
第五节 干钻钻进.....	52
第六节 针状硬质合金钻进.....	53
第三章 钴粒钻进.....	61
第一节 钴粒钻进的原理.....	61
第二节 钴粒.....	62
第三节 钴粒钻头.....	64
第四节 钻进操作技术.....	66
第五节 钻进注意事项.....	70

第四章 金刚石钻进	74
第一节 金刚石钻进的优越性及缺点	74
第二节 金刚石破碎岩石的原理和出刃	76
第三节 金刚石钻进设备和工具	76
第四节 钻进操作技术	82
第五章 洗孔与护孔	89
第一节 冲洗钻孔	89
第二节 护 孔	108
第六章 复杂地层钻进	115
第一节 破碎松软岩层钻进	115
第二节 软土与黄土的钻进	135
第三节 流砂层钻进	147
第四节 卵石层及块石堆积层钻进	151
第五节 裂隙岩溶地层钻进	158
第六节 涌水、含天然气地层钻进	159
第七节 多年冻土钻探	161
第八节 滑坡钻探	165
第七章 水上钻探和冰上钻探	169
第一节 水上钻探	169
第二节 冰上钻探	186
第八章 斜孔及水平孔钻探	190
第一节 斜孔钻探	190
第二节 水平孔钻探	194
第九章 钻孔水文地质测试	203
第一节 钻孔内简易水文地质观测	203
第二节 止水	208
第三节 抽水试验	209
第十章 钻孔弯曲及其测量	217

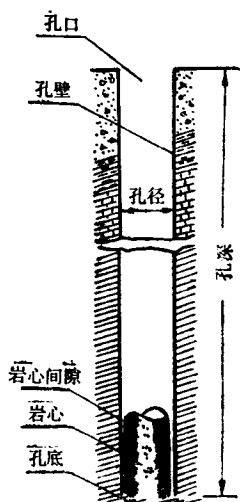
第一节	钻孔弯曲及其危害·····	217
第二节	钻孔弯曲的测量·····	218
第三节	钻孔弯曲的原因·····	221
第四节	钻孔弯曲预防·····	223
第五节	钻孔弯曲纠正·····	225
第六节	定向钻进技术·····	228
第十一章	孔内事故·····	234
第一节	事故类型及其处理的原则和一般方法·····	234
第二节	事故原因、预兆及其预防和处理·····	243
第十二章	填写钻探记录注意事项·····	277

第一章 钻探概论

第一节 钻孔及其要素

根据一定目的，采用适当方法，向地壳内钻出直径小而很深的孔叫钻孔。钻孔的地面出口叫孔口。底部叫孔底。侧面叫孔壁。如图—1所示。自孔口至孔底的距离叫孔深，钻孔横断面的直径叫孔径。钻孔中心轴线和水平面的夹角叫倾角。与垂直所形成的角叫顶角。钻孔中心轴线的水平投影与正北方向所形成的角，按顺时针方向计算叫方位角。

孔深、孔径、角度称为钻孔三要素。



图—1 钻孔要素图

如以环状工具破碎岩石，钻出的钻孔中间留下的岩石柱叫岩心。岩心与孔壁所形成的间隙叫环状间隙。这种具有环状间隙破碎岩石的钻孔方法叫岩心钻进法，如果是全面破碎孔底岩石而成圆柱形孔，叫全面钻进法或无岩心钻进法。本书主要内容是岩心钻探操作技术方面的基础知识，它用以查明地质构造、地层层序、岩石的物理力学性质等有关地质资料和数据，因此，在工程地质工作中被广泛采用。

第二节 钻进的基本程序

一、破碎孔底岩石

钻孔首先要进行破碎岩石的钻进工作，其快慢决定整个钻进效率的高低。破碎岩石的方法和选用各类钻头，如硬质合金或金刚石和钻粒、以冲击力、压力和剪力，研磨力作用于岩石，使其破碎。钻进方法有冲击钻进，回转钻进和冲击回转钻进。另外，近年来尚有震动法，热力法，超声波，水电效应等方法，但这些还不成熟，尚待进一步研究。

二、提取岩心和岩粉

为了取得地质资料和便于继续钻进，必须及时取出岩心和岩粉。其方法有：

(一) 用勺钻、螺钻，岩样附着在上面一同提出。

(二) 用管钻（也叫抽管、捞砂筒）将岩粉取出。

(三) 岩心随岩心管或取心器提出孔外。

(四) 利用冲洗液（清水、泥浆、特殊液体或气体在孔内不断循环，把岩粉冲出孔外）。

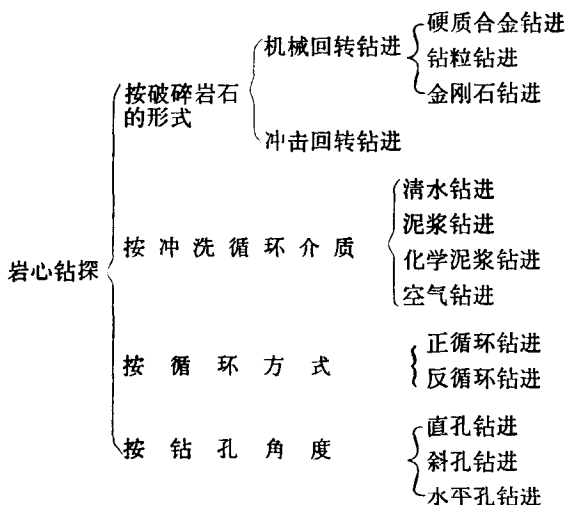
三、加固孔壁：常用以下几种方法：

(一) 用泥浆循环护壁

(二) 金属套管防止孔壁坍塌

(三) 用粘土和水泥、或粘土球，或向孔内灌入水泥。

第三节 钻探方法分类



第四节 国内外钻探技术概况

随着科学技术的发展，近年来国内外勘探技术新设备、新工艺不断出现。现将一些情况介绍如下：

一、钻机概况

(一) 岩心钻机

岩心钻机是地质勘探设备中，使用范围最广，数量最多的机械。目前国外主要工业发达国家，如美国、日本、澳大利亚和加拿大等国，仍以立轴式岩心钻机为主。虽然结构形式上变化不显著，但实质上改进很大，如采用高强度钢，加工精度高，热处理硬度高，油压自动卡盘定心度高等，钻机性能显著提高。

(二) 工程地质钻机

工程地质勘探钻机，多用在路基勘探，施工灌浆孔勘探等，其特点是轻便，运移方便，具备高低速度档，以适应大扭矩的螺旋钻进，和金刚石及合金钻头取心钻进。

国外工程地质钻孔，具有较大的钻进能力，兼有慢速大扭矩和高速小扭矩的回转速度，能适应不同钻进工艺要求，可解决各种地层的钻进，即一机多用。

国内工程地质钻机60年代有SH-30型钻机，适用于土层及砂砾地层钻进，遇大卵石和基岩则效率不高。70年代，各勘探单位都在研制工程地质钻机，向全液压及综合勘探方面发展。已经鉴定生产的钻机有：上海勘察院研制的HRV-60型全液压程序控制工程地质钻机，装于汽车上，带有机手，适用于第四系松软土层的回转钻进，由电子程序控制，实现钻进，停钻，升降钻具，拧卸钻杆，操作自动化。

（三）水文钻机

国外水文水井钻机，仍然使用有转盘式钻机、加强大立轴式钻机、钢丝绳冲击式钻机、新钻机以复合式为多。就其功能来看，既可以进行勘探钻进，又能钻进水井。车装者占绝大多数，机械化程度高，节省人力，因系车装，所以全液压式钻机比重越来越大。

国内水文水井钻机的发展，以转盘式钻机为主，已经批量生产的钻机有天津探矿厂生产的SPC-300H型复合式车装钻机，装于黄河车上，可以回转，冲击钻进，最大直径500毫米，钻杆直径 $\phi 89$ 毫米，冲击深度80米，回转钻深300米，总重14.5吨。另在郑州、上海也在制造类似钻机。

二、钻探工艺

近些年来比较突出的钻探新工艺与方法有：

（一）小口径金刚石钻进

70年代后发展很快，目前国内许多单位均能生产人造金

刚石和扩孔器，我国也生产用于金刚石钻进的钻机。

金刚石钻进，岩心采取率一般在 90~100%，钻孔偏斜每百米不大于 1~2 度，比钢粒钻进可提高效率 0.5~1.0 倍，而且设备轻便，钢材消耗和辅助工作量大幅度减少，钻探成本下降，故金刚石钻进发展很快。

（二）绳索取心钻进

绳索取心钻进，又叫不提钻取心钻进，就是取心时，不提出钻杆而是在钻杆内下入绳索取心器进行取心的钻进方法。这项取心技术，是岩心钻探史上一项重要的技术改革，对大幅度提高金刚石深孔钻进效率起了重要的作用。

我国 1975 年研制成功 $\phi 56$ 毫米的绳索取心钻具及附属设备，钻进工作量日益增加，应用范围不断扩大。

（三）潜孔锤钻进

潜孔锤钻进是一种冲击回转钻进方法，在钻头或岩心管以上联接一个孔底冲击器（潜孔锤）如图 1—1 所示。在给钻具一定压的同时，给钻头以高频冲击能量，进行孔底冲击回转钻进。它与高转速的金刚石钻进，和大钻压的牙轮钻进，目前称为三种高效率的钻进方

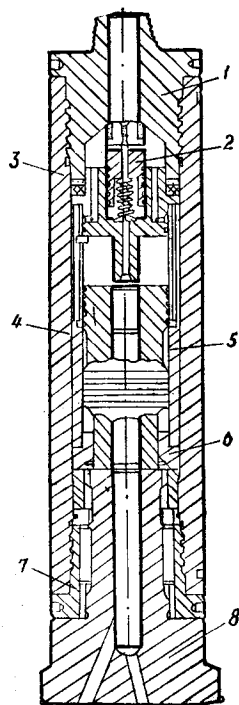


图 1—1 风动冲击器结构图

- 1 —— 上接头； 2 —— 止逆阀；
3 —— 外壳； 4 —— 活塞； 5 —— 气缸；
6 —— 冲头杆轴承； 7 —— 联动轴套； 8 —— 球齿钻头。

法。而风动潜孔锤钻进，比金刚石钻进的效率，一般高 0.5~2 倍以上。由于潜孔锤钻进，要求低转速，钻压小，所以工程成本低。

我国制造的风动潜孔锤，有宣化风动机械厂的 C-150 型和 C-250 型等，使用效果较好。

(四) 反循环钻进

反循环钻进方法，是一种比较先进的钻进技术，它是在不停钻的情况下，利用冲洗液反循环液流在钻杆柱内的上升力，将钻取的岩层和岩心，从孔底不断地向上输送，再经过缓慢弯曲的导管送到地面。其装置如图 1—2 所示

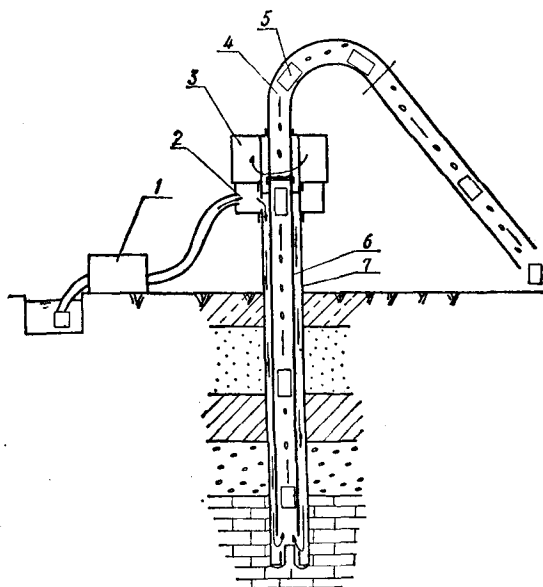


图 1—2 反循环钻进

- 1 — 水泵；2 — 进水龙头；3 — 钻机动力头；4 — 出土弯管；
5 — 岩心；6 — 内管；7 — 外管。

用反循环钻进的方法，可取得100%的岩心，能准确地判断地层埋藏深度和换层界线，并可随时了解孔底岩性的变化，及时指导钻进操作，由于岩心很快被冲洗液携带至地表，因而岩心在孔底停留时间短，受到破坏的程度小，完整度，纯洁性和代表性都比较好。并且效率可提高一倍，成本降低30~50%，能保证孔壁稳定。

在国内，冶金部宣化冶金机修厂制成69-250型正反循环钻机。五机部勘测公司研制成573-Ss型液压正反循环水井钻机，全套设备可装在一辆黄河牌汽车上。铁道部第三勘测设计院四用钻机也采用双管反循环工艺。

其它还有无岩心钻进，孔底换钻头钻进等不一一介绍。

(五) 钻孔电视技术

孔内电视可以直接观察地层的岩性，产状、构造裂隙发育情况，探寻水文地质富水带，检查孔壁内部淤塞情况，和直接观察了解孔内事故情况等。

我国水电部研制成JZS-1型钻孔电视，可在91毫米钻孔使用。国外钻孔电视，又发展了一种电视测井记录仪，能在泥浆中工作，对钻孔孔壁直接定象或感音定象，拍摄定象感音照片——连续柱状测井图。能显示出地下岩层裂隙，破碎部位，岩性变化的全部情况。另外尚有钻孔摄影技术，在国内国外都早已有研究和使用的，并已发展为综合测井方法中的一项新技术。

第五节 岩石的物理机械性质 及其与钻进的关系

岩石的矿物成分、结构、成因类型不同、其物理机械性质不同，不同的岩石物理机械性质，与钻进速度、孔壁稳定和钻孔质量有密切关系。兹择其与钻进有关者分述如下：

一、硬 度

岩石的硬度是指岩石抵抗其它物体压入的阻力，或叫抗压入强度。一般把矿物的硬度分为十级，见表 1—1

标准矿物硬度（莫氏）表 表 1—1

硬 度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标 准 矿 物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石
刻 划 物 件	软铝	硬铝	红铜	铁丝	玻璃	小刀	锉刀	合金	—	—

岩石是矿物的集合体，因此鉴定矿物硬度的方法也可以用来鉴定岩石。

一般造岩矿物颗粒越小，越硬，岩石的硬度越大。沉积岩还要考虑胶结物的性质，如硅质胶结的很硬，钙质胶结的稍硬，粘土质胶结的较软等。岩石越硬，则合金或钻粒就难以切入，钻进效率也就越低。

二、强 度

岩石的强度是指岩石在各种应力——拉伸、压缩、弯曲和剪切作用下，抵抗破碎的强度。岩石的抗压强度最大，而抗拉、抗弯和抗剪强度却很低，相差很多。据试验，若以岩石的抗压强度为 1，则抗剪强度只有抗压强度的 $1/6 \sim 1/11$ 抗弯强度只有抗压强度的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{12}$ 抗拉只有抗压强度的 $1/10 \sim 1/15$ 。

一般岩石的颗粒细，胶结物强度大，胶结力强，岩石的强度就大。岩石的埋藏越深，各方向受压很大的情况下，岩石的比重，强度也大。而风化岩石其强度就要降低。

三、弹性、塑性和脆性

岩石受外力即产生变形，外力取消后仍恢复原来形状的性质，叫弹性。结晶粒细，结构致密坚硬的岩石弹性较大，由于弹性变形，在钻进时要消耗些功率，还会造成钻具的跳

动，给钻进工作增加困难。

岩石受到外力后改变形状而又不产生断裂的性质叫塑性。塑性岩石虽然比较软，但钻进时易产生缩径、憋水、糊钻等现象，也给钻进造成困难。

岩石在外力作用下不产生变形，直接碎裂的性质叫脆性。这种岩石钻进效率很高，但采取岩心困难，有时孔壁坍塌，造成卡钻、埋钻也影响钻进速度。

四、研磨性

在钻进中，岩石磨损切削具的性质叫研磨性。其大小决定于岩石颗粒大小，颗粒的硬度和胶结物的性质。组成岩石的颗粒越大，研磨性越大；胶结物的硬度与岩石颗粒的硬度相差越大，研磨性也越大，对切削具磨损也越厉害，致使钻头寿命降低，从而影响钻进效率和回次长度。

五、可钻性

岩石可钻性就是钻进时，岩石抵抗压力和破碎的能力。它标志着钻进时，钻头在岩石中进尺效率的高低。一般用小时进尺数或钻头的进尺数来表示。岩石硬度大，可钻性等级就高，则可钻性差，反之，岩石硬度小，其可钻性等级就低，则可钻性好。岩石可钻性分为12级。见表1—2。本文所述均以12级为准，另有8级分类，见表1—3

岩石可钻性十二级分级表

表 1—2

岩石 级别	岩石类别 (硬度)	每一级有代表性的岩石	可钻性 (米/小时)	一次提钻 长度 (米/回次)
I 级	松软 疏散的	次生黄土、次生红土、泥质土壤 松软砂质土壤（不含石子及角砾） 冲积砂土层、湿的软泥 硅藻土 泥炭质腐植层（不含植物根）	7.50	2.80

续上表

岩石级别	岩石类别 (硬度)	每一级有代表性的岩石	可钻性 (米/小时)	一次提钻长度 (米/回次)
II级	较松软疏松的	黄土层、红土层、松软的泥灰层 含有10~20%砾石、小卵石(小于三厘米)的粘土质及砂质土层、砂姜黄土层 松软的高岭土类(包括矿层中的粘土夹层) 泥炭质腐植层(带植物根) 冰	4.0	2.40
III级	软的	全部风化变质的页岩、板岩、千枚岩、片岩 轻微胶结的砂层 含有超过20%卵石(大于三厘米)的砂质土壤及超过20%的砂姜黄土层 泥灰岩 石膏质土层、滑石片岩、软白垩 贝壳石灰岩 褐煤、烟煤 松软的锰矿	2.45	2.00
IV级	较软的	页岩; 砂质页岩、油页岩、炭质页岩、含锰页岩、钙质页岩及砂页岩互层 软而致密的泥灰岩 泥质砂岩 块状石灰岩、白云岩 风化剧烈的橄榄岩、纯橄榄岩、蛇纹岩、 铝矾土、菱镁矿、滑石化蛇纹岩、磷块岩(磷灰岩) 中等硬度煤层 盐岩、钾盐、结晶石膏、无水石膏 高岭土层 褐铁矿(包括疏松的铁帽) 冻结的含水砂层 火山凝灰岩	1.60	1.70