

第三篇

地质钻探

第一章 概 述

第一节 工程钻探方法及岩石破碎机理

工程钻探是根据出土工程的目的和要求，以及工程建设的需要，利用动力机械和钻具向指定的地层进行钻孔的施工工程。借助于钻探直接取得拟定深度和直径的岩芯、土样、水样、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，或者钻凿专门供工程用途的钻孔以满足国民经济建设的需求。为此所进行的钻探工作称为工程钻探。

工程钻探是一门应用技术，它的分类如下：

1. 工程地质钻探：高、重、大建筑物及大型设备的基础、桥基、坝基、水库、路基的钻探；
2. 水文水井钻探：水文地质钻探，生产用水和生活用水的供水井钻探；
3. 地热钻探：开发地下热水、热能；
4. 基础工程施工钻探；
5. 其它技术钻孔：如坑道掘进指示孔、通风孔、排水孔、冻结孔、灌浆孔、地震观测孔、考古探查孔以及建筑安装的管道钻孔等。

工程钻探用的岩心钻机设备、钻具结构如图 3-1-1 所示。

一、工程钻探方法的分类

钻探方法按岩层破碎方式分类，目前大致可划分为冲击、迴转及冲击迴转三种类型。

（一）冲击钻探

冲击钻探是利用钻具的重量，提升到一定高度，周期性地向孔底的岩层进行冲击，破碎岩石、使岩屑从整体岩层中破碎分离开来，形成钻孔。钻头冲击井底破碎岩石过程中，利用抽筒捞或砂筒以冲击的方式捞取孔底破碎岩屑或泥沙等残留物。为保持钻孔的圆直性，使用钻杆或钢丝绳连接的钻具在进行冲击钻进过程中，操作者应注意冲击钻具在孔内旋转一定的角度。

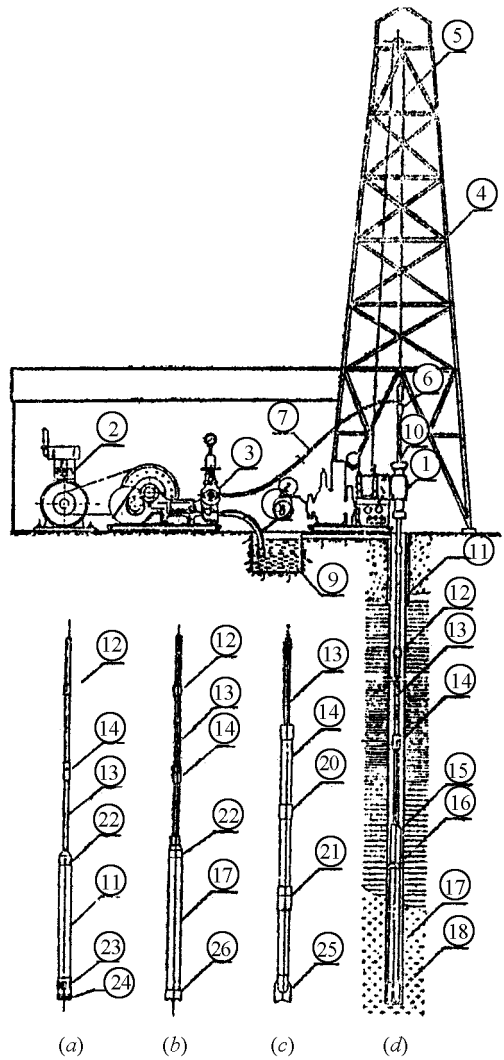


图 3-1-1 岩心钻探机布置图

a—金刚石钻进的钻具；*b*—硬质合金钻进的钻具；

c—无岩心钻进的钻具；*d*—钻粒钻进的钻具

- 1—钻机；2—发动机；3—泥浆泵；4—钻塔；5—钢丝绳；6—水龙头；7—送水管；
8—吸水管；9—水源箱；10—主动钻杆；11—套管；12—钻杆接箍；13—钻杆；
14—钻杆锁接头；15—沉淀管；16—沉淀管接头；17—岩心管；18—钻粒钻头；
19—钻铤；20—钻铤接箍；21—铤锁接头；22—岩心管接头；23—扩孔器；
24—金刚石钻头；25—刮刀式钻头；26—硬质合金钻头

(二) 迴转钻探

迴转钻探是钻头借助于钻具的轴向压力和迴转扭力同时作用于欲破碎的岩层上、以

破碎岩石，被得铤孔的进尺。被破碎（剪切）下来的岩屑随着冷却钻头的冲洗液携带出孔外。遇转钻探可任意旋转钻机立轴的角度，钻出不同方向的钻孔。此种方法是工程钻探中普遍采用的钻进方法。随着工程要求的不同，使用的钻具直径最小可到几十毫米，最大可达到十米。

（三）冲击回转钻探

冲击回转钻探是给钻具以一定的铤心压力和回转运动，同时，冲击器给钻具以一定频率的冲击能量，在孔底以冲击和扭转剪力共同作用破碎岩石，进行钻进的过程，称为冲击回转钻进，此法适用于坚硬岩层钻进，其优点是钻进效率高能保证钻孔质量，成本低减轻劳动强度。

钻探方法分类如下：

- （1）按钻孔直径分小口径钻进、常规口径钻进、大口径钻进；
- （2）按钻孔角度分直孔钻进、斜孔钻进、水平孔钻进、定向孔钻进；
- （3）按动力情况分人力钻探（勺形钻、螺旋钻、洛阳铲、竹弓法钻井），摩托取样钻探、地面动力钻探、井底动力钻探（涡轮钻、潜水电钻、螺杆钻等）。
- （4）按冲洗液循环方式分为正循环钻进、反循环钻进；
- （5）按冲洗介质分清水钻进、泥浆钻进、空气钻进、乳化液或混合液钻进；
- （6）按破碎岩石方式分全断面（不取心）钻进（螺旋钻进、冲击钻进、牙轮钻进、刮刀钻进、滚刀钻进）、环状取心钻进（金钢石钻进、硬质合金钻进和钢粒钻进）、冲击回转钻进、振动钻进；
- （7）按钻探目的分为矿藏钻探、工程地质钻探、水文水井钻探、基础处理施工钻探、工程钻探、特种钻探（地壳深部和海底钻探、地震钻孔、控制爆破钻孔、考古钻探等）。

工程钻探的主要目的是为岩土工程取得符合技术要求的工程地质与水文地质资料或提供工程钻孔。以研究地质剖面 and 确定土的物理力学性质，它是取得地下实物资料和地质原位测试资料的重要手段。为保证钻探质量，所有钻探人员应遵守钻探操作规程。

二、钻孔结构

为了顺利地进行工程钻探施工，在制定勘察方案之后，对于勘察区域内所布置的钻孔，必须进行钻孔结构和技术设计的研究。钻孔结构是指由开孔至终孔孔身口径的变化如图 3-1-2 所示。

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、终孔口径、钻孔深度、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，尽可能地采用泥浆护壁，力求少换径，少下或不下套管。一般来说，换径次数愈多，钻孔结构愈复杂，换径次数少，则钻孔结构简单。力求钻进速度快、质量好、成本低、最大限度地简化钻孔结构。

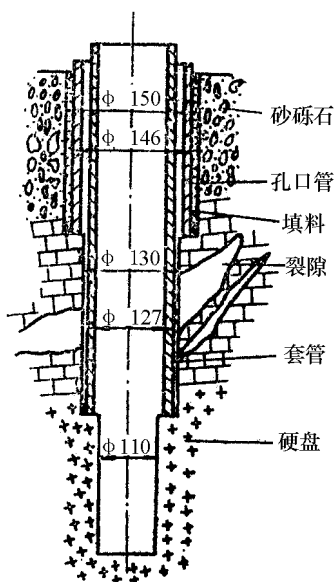


图 3-1-2 钻孔结构示意图

供水水文地质勘察的钻孔或供水的管井钻孔，因为孔径一般均较大，钻孔的结构设计，一般需要在地质人员提出地层柱状图后进行。其内容包括钻进工艺、开孔直径、终孔直径、钻孔深度、套管序列、过滤器类型、规格、下入方式，填砾、止水方法，洗井方法、抽水试验等技术要求。

工程勘察时，在地层复杂的钻孔中，遇到下列情况，其对策如下：

1. 钻进松散的砂砾层、流砂层、受地下水影响，用泥浆护孔无效时，下入套管换径钻进；
2. 穿过较厚的节理、裂隙发育的破碎带，坍塌、掉块严重，采用泥浆、水泥浆或其它护孔堵漏方法均无效时，下入套管换径钻进；
3. 钻孔遇到含水构造或大裂隙贯通，严重涌水，用其它方法止水无效时，可下套管止水后换径钻进。
4. 钻孔达到一定深度后，为了适应设备负荷的能力，可换径钻进。

三、岩石破碎机理

（一）硬质合金钻进

破碎岩石是由钻头上镶焊的硬质合金片在轴向压力作用下压入岩石，在回转载矩作用下剪切岩石，这两种作用是同时进行的，所以硬质合金片是以正向螺旋面方式钻进的，如图 3-1-3 所示。

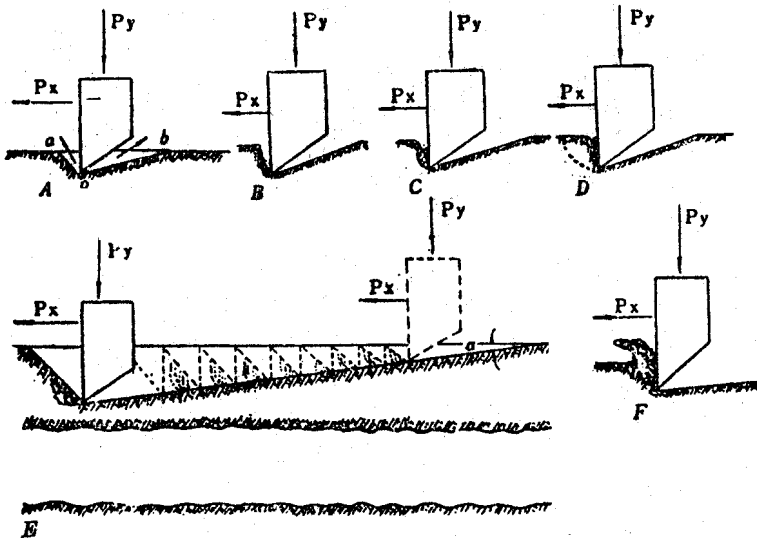


图 3-1-3 硬质合金破碎岩石的情况示意图

P_y —轴心压力； P_x —回转力； aob —剪体； α —切削角

(二) 金刚石钻进

表镶钻头上的金刚石颗粒和其出刃量较大，在破碎坚硬的脆性岩石，主要破碎方式是压裂压碎加大体积剪崩，切削破碎比较次要；在塑性大的硬及中硬岩石，以剪切方式破碎岩石为主，而以压裂压碎作用为辅。对于孕镶钻头的破碎机理，一种观点认为与砂轮磨削原理相似，另一种观点认为对于脆性岩石，以微剪切为主，如图 3-1-4 所示。

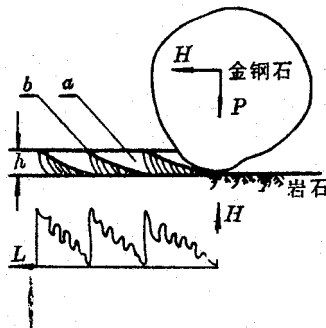


图 3-1-4 金刚石剪切破碎岩石示意图

P —垂直压力； H —水平扭力； h —切入深度； H' —水平阻力；

L —水平移动距离； a —大体积剪张体； b —小体积剪张体

（三）冲击钻进是以冲击动载荷破碎岩石

钻头破碎岩石是不连续的。钻头切削刃是靠冲击作用切入岩石的，骤加在钻头上的冲击动载荷，会造成局部应力集中，而在应力还来不及重新分配的情况下，就达到了岩石的强度极限值，便发生压剪破碎。

岩石破碎机理基本上都是压入、压碎或通称为剪切破碎岩石。工程钻探的钻进机理基本相同。在大口径钻探中，常在中硬岩层采用牙轮钻头钻进。牙轮钻头的破岩机理是在轴向压力的作用下，牙齿切入岩层，同时在回转力矩推动下使牙轮转动，钻头对岩层产生冲击、剥离和刮削作用，这些综合作用，使牙轮钻头破碎岩石的效率比较高。在钻进中，牙轮发生冲击和刮削的原因，是当钻头在旋转的一瞬间，牙齿从第一齿接地到第二个齿接地，齿间具有一定的间隔，使牙轮轴线作上下振动如图 3-1-5 所示。这种振动使牙轮产生一定的加速度，因此使牙轮获得冲击力，扩大破岩效果。又因牙轮旋转产生滑动作用，把牙齿间的岩石刮削掉，提高钻进效率。

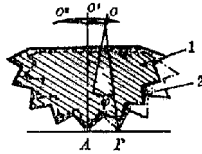


图 3-1-5 牙轮钻头钻进时
牙轮上下振动示意图

第二节 岩石物理机械性质及钻探设备

一、岩石的物理机械性质

工程钻探的对象是岩层或土层，岩层是由不同的物理机械性质的岩石所构成的，土层是由各种不同类型的土组成的。岩石的物理机械性质与钻探的技术经济效益有密切的关系。

（一）岩石的可钻性

岩石的可钻性是岩石在钻进过程中显示出来的综合性指标，它表示岩石破碎的难易程度。是在相同的钻进方法和相同的钻进规程条件下，以小时效率（机械钻速）和钻头一次进尺数（回次进尺长度），两个指标来标志岩层或土层的可钻性的高低，也是制定钻探进尺定额和单项工程进度计划的基本依据。岩石的可钻性的分级，现列入表 3-1-1 中。随着国内外钻探技术的不断发展，机具不断改进，钻探工艺不断革新，则过去

常用的岩石可钻性的分级，也不切合实际了。目前对于金刚石钻进的岩石可钻性的分级尚在研究中。

表 3 - 1 - 1 岩石可钻性分级表

岩石级别	岩石类别 (硬度)	每一级有代表性的岩石	可钻性 m/h	一次提钻长度 (m/回次)
I级	松软疏散的	次生黄土、次生红土、泥质土壤、松软的砂质土壤（不含石子及角砾）、冲积砂土层、湿的软泥硅藻土 泥岩质腐植层（不含植物根）	7.50	2.80
II级	较松软疏散的	黄土层、红土层、松软的泥灰层 含有 10 ~ 20% 砾石（小于 3cm）的粘土质及砂质土层、砂质黄土层 松软的高岭土类，包括矿层中的粘土夹层泥炭及腐植层（带有植物根的） 冰	4.00	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 3cm）的砂质土壤及超过 20% 的砂质黄土层 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、灰质页岩、含锰页岩、钙质页岩及砂质岩互层 较致密的泥灰岩 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（磷灰岩） 中等硬度煤层 褐铁矿（包括疏松的铁帽） 火山凝灰岩	1.60	1.70

岩石级别	岩石类别 (硬度)	每一级有代表性的岩石	可钻性 m/h	一次提钻长度 (m/回次)
V级	稍硬的	卵石、碎石及砾石层、崩积层、泥质板岩 绢云母绿泥石板岩、千枚岩、片岩 细粒结晶的石灰岩、大理岩 较松软的砂岩 蛇纹岩、纯橄榄岩、蛇纹石化的大山凝灰岩、 风化的角闪石斑岩、粗面岩 硬烟煤、无烟煤 松散砂质的磷灰石矿 冻结的粗粒砂层、砾石层、泥层、砂土层 荧石带、石英、绿泥石、云母、绢云母板岩、千枚岩、 片岩、轻微硅化的石灰岩、方解石及绿帘石硅卡岩	1.15	1.50
VI级	中等硬度的	含黄铁矿斑点的千枚岩、板岩、片岩、铁帽 钙质胶结的砾石、长石砂岩、石英砂岩 微风化含矿的橄榄岩及纯橄榄岩 石英粗面岩 角闪石斑岩、透辉石岩、辉长岩、阳起石、辉石岩 冻结的砾石层 较纯的明矾石	0.82	1.30
VII级	中等硬度的	角闪石、云母、石英、磁铁矿、赤铁矿化的板岩、 千枚岩、片岩（如含铁镁矿物的鞍山式贫矿） 微硅化的板岩、千枚岩、片岩 含长英粒石灰岩 含长石石英砂岩 石英二长岩 微片岩化的钠长石斑岩、粗面岩、角闪石斑岩、 玢岩、辉绿凝灰岩 方解石化的辉石、石榴子石硅卡岩 硅质叶蜡石（寿山石）、多孔石英、有硅质的海 绵状铁帽 铬铁矿、硫化矿物、菱铁赤铁矿含 角闪石磁铁矿	0.57	1.10

岩石级别	岩石类别 (硬度)	每一级有代表性的岩石	可钻性 m/h	一次提钻长度 (m/回次)
IX级	硬的	高硅化的板岩、千枚岩、石灰岩及砂岩等 粗粒的花岗岩、花岗闪长岩、花岗片麻岩、正长岩、辉长岩、粗面岩等 伟晶岩 微风化的石英粗面岩、微晶花岗岩 带有溶蚀空洞的石灰岩 硅化的凝灰岩、角页化凝灰岩、绢云母化角页岩 细晶质的辉石、绿帘石、石榴子石硅卡岩、硅钙硼石、石榴石、铁钙辉石、微晶硅卡岩 细粒细纹状的磁铁矿、赤铁矿、石英岩、层状重晶石 含石英的黄铁矿、带有相当多黄铁矿的石英含石英质的磷灰岩层	0.25	0.65
X级	坚硬的	细粒的花岗岩、花岗闪长岩、花岗片麻岩等 流纹岩、微晶花岗岩、石英钠长斑岩，石英粗面岩 坚硬的石英伟晶岩 细纹结晶的层状硅卡岩、角页岩 带有微晶硫化矿物的角页岩 层状磁铁矿层夹有角页岩薄层 致密的石英铁帽 含碧玉玛瑙的铝矾土 玉髓层	0.15	0.50
XI级	坚硬的	刚玉岩、石英岩、碧玉岩 块状石英、最硬的铁质角页岩 含赤铁矿、磁铁矿的碧玉岩 碧玉质的硅化板岩 燧石岩	0.09	0.32
XII级	最坚硬的	完全没有风化的极致密的石英岩、碧玉岩、角页岩、纯纳辉石刚玉岩、石英、燧石、碧玉	0.045	0.16

注：①上列分级表中各级岩石的可钻性，Ⅰ - Ⅷ级岩石采用校正系数 1.28。

②各类型钻机一次提钻长度不变。

- ③未列入上表中的岩石，应在规定的技术条件下，根据实际可钻性，列入适当的岩石级别中。
- ④当钻进破碎带，有裂隙和易膨胀的岩石，以及流砂层等，同样按其实际可钻性列入适当的岩石级别中。
- ⑤为了准确地标定各种岩石的可钻性，必须用秒表进行测定。

岩石的可钻性按岩层硬度的大小和可钻性的高低分为三类Ⅺ级，其相应关系为：

一类软——可钻性分为Ⅰ～Ⅲ级；

二类中硬——可钻性分为Ⅳ～Ⅵ级；

三类硬——可钻性分为Ⅶ～Ⅺ级。

按岩石研磨性的强弱划分为弱、中、强三种类型。按岩石的完整程度又可分为完整、较完整和破碎三种情况。

按岩石的质量指标 $R \cdot Q \cdot D$ (Rock Quality Designation) 分为五级：

1.0～25%——很差；2.25～50%——差；3.50～75%——可以；4.75%～90%好；5.90～100%优秀。

不论孔径大小、凡长度在 100mm 以上的完整柱状岩心，其总长度与本钻程长度之比的百分数，用 $R \cdot Q \cdot D$ 来表示。

钻探方法的选择，应根据岩石的可钻性、研磨性和完整程度确定。一般情况为Ⅰ～Ⅵ级岩石宜选用硬质合金、针状硬质合金或聚晶金刚石、复合片钻进；Ⅳ～Ⅺ级岩石宜选用金刚石回转钻进；Ⅶ～Ⅺ级岩石也可以使用钻粒钻进；Ⅵ～Ⅷ级岩石宜选用硬质合金冲击回转钻进；Ⅵ～Ⅺ级特别是弱研磨性岩石，可选用金刚石冲击回转钻进。

现将岩心钻探的岩石可钻性分级列入表 3-1-1 中，仅供参考。

(二) 岩石的机械性质

岩石在外力作用下所表现出来的性质称为岩石的机械性质。它与钻进有关的机械性质有强度、硬度，研磨性、弹性、塑性和脆性等。

1. 岩石的强度是指岩石在外力（拉伸、压缩、剪切、弯曲力）的作用下，抵抗破碎的能力。岩石的抗压强度和抗剪强度愈大，破碎就愈困难，钻进效率也愈低。岩石抗压强度列入表 3-1-2 中。

表 3-1-2 常见岩石极限抗压强度表

岩 石 名 称	极 限 抗 压 强 度 (MPa)
最硬质和粘结质石英	300
最硬质和细粒花岗岩	240
最硬花岗岩、辉绿岩、闪长岩	220

岩 石 名 称	极 限 抗 压 强 度 (MPa)
玄武岩、斑岩、角闪岩、花岗岩	200
片麻岩、黑花岗岩、斑岩	180
最硬质石灰岩、砂岩、片麻岩、黑花岗石、粗粒石英岩	160
最硬质砂岩、石灰岩、最硬质黄铁矿和磁铁矿	140
建筑用石灰岩、斑岩、片麻岩、硬质结晶石灰岩、最硬质页岩	120
大理石、白云石、石灰石、黄铁矿、磁铁矿、安山岩	100
菱铁矿、石灰岩、砂岩、集块岩、砂砾岩	80
砂质页岩、层状砂岩	60
硬质粘土质页岩、层状砂岩、风化安山岩	40
泥岩、泥灰岩、无烟煤	20 – 30
致密粘土、煤、砂质土壤	8 – 10

2. 岩石的硬度是指岩石表面阻止其它物体压入的阻力。硬度的单位视测定岩石硬度的方法而定。

(1) 刻划硬度：是利用阻尼摆和刻划法测定岩石的硬度，用摆动的次数和时间（s）来计量岩石的硬度。

(2) 肖氏硬度：是利用动载测量硬度的方法，即以小钢球或带球形金刚石顶头的冲锤向磨光样品面上落下，以回跳高度作为硬度指标。

(3) 压入硬度：是利用压模对岩样磨光平面施以静荷载，测定岩石的硬度。

(4) 莫氏硬度：是用十种矿物为代表，分为十种硬度。后一种矿物可在前一种矿物体面上擦出痕，硬度依次增高。在钻探现场，常用简便的方法试验岩石硬度即用指甲能刻划Ⅰ～Ⅲ级岩石（2.5度）；用铁刀能刻划Ⅲ～Ⅳ级岩石（3.5度）；用锯条能刻划Ⅳ～Ⅴ级岩石（6度）；用锉刀能刻划Ⅴ～Ⅵ级岩石（7度）；用硬合金刻划Ⅶ～Ⅷ级岩石（9度）。不同矿物的硬度级别见表3-1-3。

表 3 - 1 - 3 不同矿物的硬度级别表

矿物名称	莫 氏 硬 度	显 微 硬 度 (H _μ) kg/mm ²			赫 兹 硬 度 kg/mm ²	压 入 硬 度 kg/mm ²	肖氏硬度
		洛氏硬度	维氏硬度	诺氏硬度			
滑 石	1	—	2.5	—	5	5	6
岩 盐	—	—	20	—	—	—	—
石 膏	2	22.2	36	33	14	20.4	8

矿物名称	莫氏硬度	显微硬度 (H _μ) kg/mm ²			赫兹硬度 kg/mm ²	压入硬度 kg/mm ²	肖氏硬度
		洛氏硬度	维氏硬度	诺氏硬度			
方解岩	3	81.8	110	135	92	117	33
硬石膏	—	—	220	170	—	—	—
白云石	—	—	325	—	—	—	—
萤石	4	150	189	163	110	160	37
磷灰石	5	266	536	360—493	237	241	40
长石	6	415	795	490—560	253	293	79
燧石	—	—	925—1000	745	—	—	—
石英	7	584	1120	710—902	308	483	86
黄玉	8	—	1430	1250	525	502	89
刚玉	9	—	2060	1700—2200	1150	710	88
金刚石	10	—	10000	8000—8500	—	—	—

3. 岩石的弹性是指岩石受到外力作用后而产生变形，当外力取消后仍恢复原来的形状的性质，称作弹性。岩石的结晶颗粒细，结构致密坚硬的岩石弹性大。由于岩石的弹性变形，在钻进过程中消耗一部分机械功率，常引起钻具的跳动，因而增加钻探工作的难度。

4. 岩石的塑性是指岩石在外力作用下改变其原来的形状而不产生断裂的性质称为塑性。塑性岩石的较软，钻进时易产生缩径、堵水、粘滞钻具等现象，会给钻进增加困难。

5. 岩石的脆性是指岩石在外力作用下不产生变形而破碎的性质。这类岩石的特性是容易破碎，但取芯难度大，钻孔容易发生掉块挤卡钻具。

6. 岩石的研磨性是指岩石磨损切削具的能力。研磨性可分为弱研磨性、中研磨性和强研磨性三等。岩石的研磨性取决于组成岩石的矿物颗粒硬度、颗粒与胶结物之间的硬度差、岩石表现的粗糙程度等地质因素，而与正压力、工具滑动速度、接触而冲洗介质的质量等技术因素有密切关系。岩石研磨性愈大，钻进时对切削具磨损就愈严重，致使钻头寿命降低、影响钻进效率和回次进尺长度。

二、工程钻探设备

(一) 常用钻机分类

1. 按钻机用途分为地质勘探岩心钻机、石油勘探钻机和其它专用钻机（含工程钻

机、水文水井钻机、物探取样钻机、天井钻机、竖井钻机、水平钻机和水下钻机)。

2. 按钻机装载方式,分为滑撬式、拖车式、车装式三种类型。

3. 按钻机管理分类,分为浅孔钻机、岩心钻机、石油钻机、水文水井钻机、汽车钻机、砂矿钻机等。

4. 工程勘察钻机按结构特点分类,分为回转式、冲击式、冲击回转式和振动式钻机。

(1) 回转式钻机:有立轴式、转盘式和动力头式三种;立轴式钻机分为手把(轮式)给进式钻机,螺旋差动式给进式钻机、油缸给进式钻机和全液压式钻机。

转盘式钻机分为钢绳加压式、液压油缸加压式两种。回转动力头式钻机又可分为长油缸加压钻机、油缸链条加压钻机和马达链条加压钻机;

(2) 冲击式钻机(含冲抓锥钻);

(3) 冲击回转式钻机;

(4) 振动(冲击振动)式钻机。

(二) 工程钻探对设备的要求

现阶段我国工程钻探工艺对钻机设备有以下要求:

1. 采用机械传动、液压控制的大通孔机械动力头,大通孔振动器结构;

2. 一机多用,能够适应多种钻进工艺要求,具备有回转、冲击、振动、静压等多种钻进功能;

3. 大功率、大扭矩。储备系数大、变数范围宽(20 转/分~600 转/分)工作性能可靠;

4. 整机车装化(或拖车化),带有伸缩(或折叠)的桅杆钻架;

5. 机械化程度高,轻巧灵活,设备和机具配套齐全;

6. 具备多种测试手段,可以进行触探,标贯十字板剪力试验;

7. 要求钻机结构紧凑,布局合理,便于拆装和维修保养;

8. 仪表齐全,指示准确,经久耐用,钻机操作方便,安全生产。

第二章 工程钻探工艺与钻探取样

第一节 工程钻探工艺

一、金刚石钻进工艺

金刚石是一种天然矿物，它具有极高的硬度，很早以前就用在陶瓷、岩石等坚硬材料上钻眼，因此又叫“金刚钻”或“钻石”。金刚石钻进主要有以下优点：

1. 钻进效率高。金刚石钻头寿命长，小时效率高，现将一个金刚石钻头在不同岩层中可能钻进的进尺数列入表 3-2-1 中。

表 3-2-1 一个金刚石钻头可能进尺数

岩 石 名 称	可 钻 性 级 别	平均进尺（m）	最高进尺（m）
石灰岩、白云岩	V ~ VI 级	90	120
角闪片麻岩	VI ~ VII 级	20	91
花 岗 岩	VIII ~ X 级	20	41

- 2. 钻孔质量好。岩（矿）心采取率高，钻孔弯曲度小；
- 3. 设备工具轻，劳动强度小；
- 4. 钻孔事故少；
- 5. 钻探成本低；
- 6. 应用范围广：
 - （1）适合于矿产勘探；钻进坚硬的岩矿层；
 - （2）可以钻进水平孔、斜孔和仰孔等任意角度的钻孔；
 - （3）在孔径、孔深方面几乎不受限制，最小孔径 28mm，最深孔已达 4000m；
 - （4）适用于工程勘察钻探。

缺点是钻进较软地层时，容易发生糊粘；遇到破碎、裂隙发育的地层时，容易产生岩心堵塞；对于石英砂岩等研磨性极强的岩层钻进时，钻头使用寿命较短。

(一) 金刚石的分类

金刚石按成因分为天然金刚石和人造金刚石两大类。天然金刚石，按其工业用途可分为九类，在国际上由于地质钻探用金刚石的数量的约占工业总用量的五分之一，一般按产地和价格分类，目前常用的有下列两种：

- 1. 浑圆粒金刚石，即“包尔兹”一般是无色、黄色或灰色，透明或不透明，多呈不规则粒状或放射状结构，具有高的硬度，价格较便宜，常用作表镶钻头。
- 2. 碎粒金刚石、即“刚果”金刚石。颜色有白、灰、黄、绿等色，细晶结构，硬度略低于“包尔兹”金刚石，是一种品级较低的金 刚石，大多呈碎粒状，可做孕镶钻头。精选“刚果”金刚石亦可做表镶钻头，用于钻进软至中硬的岩层。

其它如“雅库特”金刚石是俄罗斯产的一种浑圆状金刚石结晶，近似“刚果”金刚石。

我国金刚石钻头制造工厂过去将天然金刚石一般分为钻头级和碎粒级。钻头级晶形好，可作钻头的边刃和底刃，而碎粒级一般用作钻头侧刃和扩孔器。我国地质系统参照美国矿务局的分级表制定了新的天然金刚石品级分类标准，现列入表 3-2-2 中。

表 3-2-2 天然金刚石品级分类

级 别	代 号	特 征	用 途
特 级 (AAA)	TT	具有天然晶体或浑圆状，光亮、质纯、无斑点及包裹体，无裂纹，颜色不一，十二面体含量达 35 - 90%，八面体含量达 65 - 10%	钻进特硬地层或制造绳索取心钻头
优质级 (AA)	TY	晶粒规则完整，较浑圆，十二面体达 15 - 20%，八面体含量 80 - 85%，每个晶粒应不少于 4 - 6 个良好尖刃，颜色不一，无裂纹、无包裹体	钻进坚硬和硬地层或制造绳索取心钻头
标 准 (A)	TB	晶粒较规则完整，八面体完整晶粒达 90 - 95%，每个晶粒应不少于 4 个良好尖刃，由光亮透明到暗淡无光泽，可略有斑点及包裹体	钻进硬和中硬地层
低 级 (C)	TD	八面体完整晶粒达 30 - 40%，允许有部分斑点包裹体，颜色为淡黄至暗灰色，或经过浑圆化处理的金刚石	钻进中硬地层
等外级	TX TS	细小完整晶粒，或呈团块状的颗粒碎片、连晶砸碎使用、无晶形	择优以后用于制造孕镶钻头

人造金刚石分单晶、聚晶、复合片三种。单晶指金刚石呈单个晶粒。聚晶是由许多

十分细的金刚石微粒（直径大约在 1 至 100 μ m 之间）组成的较大颗粒的多晶金刚石。复合片是将聚晶片附着在硬质合金衬片上形成一体。

金刚石粒度，凡直径大于 1mm 者用“粒/克拉”来表示，克拉是金刚石重量单位，1 克拉 = 0.2 克。凡直径小于 1mm 者，用目来表示。因此，规定表镶金刚石钻头的计量单位是和孕镶金刚石钻头的计量单位。均用料/克拉表示。

(二) 金刚石钻进技术参数

1. 钻头压力（钻压）

应根据岩石的可钻性、研磨性、完整程度、钻头底唇面积、金刚石粒度、品级和数量等因素，综合考虑，合理的选择钻压，一般参照表 3-2-3 选用。

表镶钻头每粒金刚石压力按 15~25N 计算。在金刚石质量较好、颗粒较粗、岩石坚硬完整的情况下，可采用较高的单粒压力；反之，应采用较低的单粒压力。钻进过程中随着金刚石磨钝，钻压应逐渐增大。

孕镶钻头按单位底面积压力为 40~80MPa 计算。

表 3-2-3 金刚石钻进压力选择参考表

<div>钻头种类</div>		钻头直径 (mm)	46	56	66	76	(91)
		钻头压力 (kN)	(46)	(59)		(75)	
表镶钻头		初压力	0.5~1.0	1.0~2.0			2.5
		正常压力	3.0~6.0	4.0~7.5	5.0~8.5	6.0~10.0	8.0~11.0
孕镶钻头			4.0~7.0	4.5~8.5	5.0~10.0	6.0~11.0	8.0~15.0
绳索取	表镶	一般压力	5.0~7.0	6.0~8.0		8.0~10.0	9.0~12.0
		最大压力	8.0	10.0		12.0	13.0
心钻头	孕镶	一般压力	6.0~8.0	7.0~10.0		9.0~12.0	10.0~14.0
		最大压力	10.0	12.0		14.0	16.0

注：括号内数字为管材新标准系列（下同）

在钻孔弯曲、超径的情况下或钻进强研磨性、破碎岩层时，钻压应适当降低。钻进过程中，钻压应保持平稳。

2. 钻头转速

应根据岩石的可钻性、研磨性、完整程度及钻头直径选择转速，可参照表 3-2-4 中所列数据。

表镶金刚石钻头底唇面的线速度范围为 1.0~2.0m/s；孕镶金刚石钻头底唇面的线

速度范围为 1.5 ~ 3.0m/s。

正常钻进时，在机械能力、管材强度允许的前提下，应尽可能提高转速；在孔深、钻孔弯曲、超径的情况下或钻进强研磨性、破碎岩层时，转速应当降低。

根据生产实际经验，国产金刚石钻头在一个回次钻进过程中，分为初磨阶段和正常钻进阶段。

表 3 - 2 - 4 金刚石钻进转速参考表

转速 (r / min) 钻头类型	钻头直径 (m m)	46	56	66	76	(91)
		(46)	(59)		(75)	
表镶钻头		500 ~ 1000	400 ~ 800	350 ~ 650	300 ~ 550	250 ~ 500
孕镶钻头		750 ~ 1500	600 ~ 1200	500 ~ 1000	400 ~ 850	350 ~ 700

初磨阶段：是在金刚石钻头下到孔底后，开始钻进时，必须采用初压力（约为正常钻压的 1/3）慢转（约 100r/min），使新的钻头在孔底磨合一段时间后（10min 左右）再逐渐加到正常的压力和转速，以免金刚石崩刃、胎体掉块或发生堵塞的现象。

正常钻进阶段：是新钻头在经过一段初磨时间待适应孔底环境之后，即可将压力、转速加大至正常钻进的庄力和转速，使之保持较离的钻进效率。当表镶金刚石钻头磨钝后，效率下降时，可适当地增大一些压力，直到回次钻进终了。

3. 冲洗液量和泵压

应根据岩石的可钻性、研磨性、完整程度、钻进速度和钻头直径选择冲洗液量，可参照表 3 - 2 - 5 选用。

表 3 - 2 - 5 金刚石钻进冲洗液量参考表

钻头直径 (mm)	46 (46)	56 (59)	66	76 (75)	(91)
金刚石钻进泵量 (1/min)	25 ~ 40	30 ~ 45	35 ~ 55	40 ~ 60	50 ~ 70
绳索取心钻进泵量 (1/min)	25 ~ 30	30 ~ 45		40 ~ 70	

冲洗液量在金刚石钻进中，是一个很重要的钻进参数。钻进中要求泵量均匀连续、不能过大或过小，更不能中断。因为在金刚石钻进中，大多数情况下采用高转速钻进（如果转速过慢，不仅钻进效率低，还会增加胎体的磨损）。钻头回转时与岩石摩擦产生高温，转速愈快则单位发热量愈大。在没有冲洗液冷却的情况下，钻头回转一圈温度可

升高 1—2℃，在高转速的情况下，1—2 分钟内温度就可升高 1000℃而使钻头完全烧毁。所以，充分冷却是保护金刚石钻头、提高钻进效率的重要因素。

在钻进速度较快，岩石颗粒较粗时，应选用较大泵量。因为金刚石钻头效率高，产生的粉多，并且粗径钻具和孔壁间的间隙小，如不连续冲洗排粉，就会发生糊钻或岩屑重复破的现象，甚至还会引起烧钻（卡住钻头，烧坏金刚石）事故。

若冲洗液量偏大，则形成的高速水流对钻头胎体冲刷严重，以致冲出沟槽，尤其是使用固相泥浆钻进时情况更甚，因此影响钻头使用寿命。过大的冲洗液量由于上托钻具而减轻头对破岩的压力。增加钻压，又对钻具的稳定性不利，甚至冲垮孔壁，影响钻进，所以洗液量直接关系到金刚石钻头的使用寿命和钻进效率的提高，一般冲洗液量按单位面积 $1.51/\text{cm}^2$ 计算。

金刚石钻进时泵压损失较大，正常情况下，泥浆泵的管路系统、双管和钻头等泵压损失 0.8MPa，每百米钻杆约损失 0.2MPa 左右，因此，钻进时必须随时观察泵庄变化，严防送中断和钻具中途泄漏。

（三）金刚石钻进操作应注意事项

金刚石钻进、镶焊花钻头胎体上的金刚石最显著的特点是硬而耐磨、脆而易碎、高温易烧和要求高转速。因此，稍有疏忽大意就会发生损伤钻头的事故，所以必须严格遵守操作规程，精心操作，不断地提高技术水平。

金刚石钻进操作的技术要求：

1. 技术条件的合理选择：

（1）合理选择钻孔结构；

（2）合理选择磨料，进行分层钻进，即在软的和部分中硬岩层，选用硬质合金钻进。中硬和部分硬岩层，选用针状合金钻头钻进。在中硬及坚硬的弱—中研磨性比较完整的岩层中选用不同粒度的表镶金刚石钻头或孕镶金刚石钻头钻进。在中硬至坚硬的中—强研磨性岩层和破碎的岩层中，选用孕镶钻头钻进；

（3）合理选择钻头和扩孔器的类型品种；

（4）合理选择钻进技术参数。

2. 精心操作，做到三提钻：

（1）下钻遇阻时轻转无效要提钻；

（2）岩心堵塞时要提钻；

（3）钻进速度骤降时要提钻。

3. 做到五不扫孔：

（1）不用金刚石钻头扫孔；

（2）不用金刚石钻头扫残留岩心；

（3）不用金刚石钻头扫脱落岩心；

（4）不用金刚石钻头扫孔壁掉块；

（5）不用金刚石钻头扫孔内探头石。

4. 采用以下七项技术措施

(1) 金刚石钻头、扩孔器要排队轮换使用；

(2) 钻头与扩孔器、卡簧尺寸要合理配合；

(3) 为金刚石钻头创造良好的工作条件，如使用润滑冲洗液减阻，使用绳索取心钻具等；

(4) 改善钻具的稳定性，如使用直的机上钻杆、轻型高压胶管和转动惯量小的水龙头等。不得使用弯曲度超过规定的钻杆和粗径钻具。钻压、转速要与岩层相适应，不要盲目加压或提高转速。使用减震器、扶正器或稳定接头；

(5) 选择合理的钻具级配；

(6) 防止岩心堵塞；

(7) 防止烧钻并及时分析钻头的磨损形态，改进操作技术。

金刚石钻进工艺在我国已有很大发展，有色冶金工业的工程钻探也正在抗议采用金刚石钻进技术。为了迅速赶上国内外的先进水平，今后应当加强金刚石钻具的组合配套，进一步完善金刚石钻进技术规程、扩大和完善金刚石钻头及取心工具的品种系列设计，研究护孔堵漏和覆盖层的钻进技术，使工程钻探在采用金刚石钻进技术方面有较大的提高。

二、钻粒钻进工艺

钻粒钻进中的钻粒是铁砂、钢粒和铸钢砂的统称。一八九九年铁砂钻进在钻探中应用，一九二七年在缺乏金刚石的国家中普遍使用。我国在解放初期，大力发展凝硬质合金钻进和钻粒钻进，这对我国的地质勘探和工程勘察事业的发展起过重要的作用。目前，钻粒钻进工艺则处于逐渐被淘汰的趋势，但目前在常规口径（91~172mm）和大口径（219mm以上）的硬岩层钻进中，仍有一定数量的钻孔是采用钻粒钻进工艺完成的。

钢粒钻进用的钢粒和钻头不是联成一体，钢粒在钻头的轴向压力和回转扭力的作用下，在孔底滚动和移动，以压入压碎——剪切破碎方式破碎岩石，在钻进的过程中，钢粒本身不断地磨损变小，在冲洗液的分选作用下，小颗粒的钻粒被带走，而完整的钢粒被更替地滚至孔底，以继续破碎着岩石，这样不断地循环钻进。

（一）钻粒与钻粒钻头

钻粒是指用于工程钻探研磨克取岩石获得进尺的钢粒或钢砂。而连接钻具下端的研磨钢粒或钢砂的钻头称为钻粒钻头。目前，工程钻探多用钢粒而很少使用钢砂。

1. 钢粒

是用废旧的钢丝绳切制而成，其直径一般为3.0~3.5mm，废旧钢丝绳的材质多为60~70号的优质碳素钢。钢粒的强度一般均大于12~14kN/粒，经过热处理，其硬度一般为RC50~58，并须作压力试验，以其不被压扁即为合格。至于钢砂是多用铸钢制成，有色金属工业的工程勘察单位早已不用这种钢砂。对于钢粒的储存要防潮或生锈。

2. 钻粒钻头

钻粒钻进的钻头一般用 45、50 号无缝厚壁钢管制成（壁厚 9－12mm），长度 450～500mm，内圆上段车制一定锥度（1：100），要求唇面平整，壁厚均匀，内外壁面平滑，垂直度好，水口规则，常规口径的钻粒钻头，如图 3－2－1 所示，各部尺寸列入表 3－2－6 中。

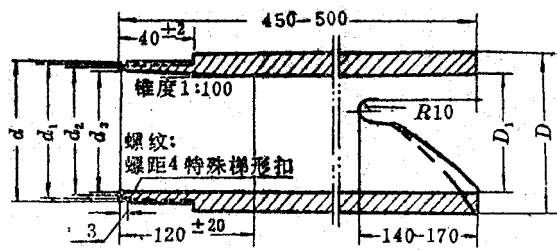


图 3－2－1 常规口径的钻粒钻头示意图

表 3－2－6 钻粒钻头各部尺寸表

D	D_1	d_3	d	d_1	d_2
75	57	62	$68_{-0.12}$	$66.5_{-0.12}$	66
91	73	78	$84_{-0.14}$	$82.5_{-0.14}$	82
110	90	95	$103_{-0.14}$	$101.5_{-0.14}$	101
130	110	115	$122_{-0.16}$	$120_{-0.16}$	120
150	130	135	$141_{-0.16}$	$139.5_{-0.16}$	139

钻粒钻进的钻头需进行热处理、以增加其硬度和耐磨性，使之与钢粒的硬度相适应。

钻粒钻头的水口作用，在于流通冲洗液，既冷却钻头又清除钻粉，并控制、调节水量，还可以使孔底的一部分钢粒导入钻头底唇面部位。一般要求水口高辟为 120～180mm，上宽为 20mm，下宽占周长的 1/5～1/4，水口两边可加工成单弧形、又斜边、单斜弧形、双弧形等几种，如图 3－2－2 所示。

3. 钻粒钻进的技术参数

钻粒钻进的技术参数包括：钻头压力、冲洗液量和投砂量等，应根据地质条件和质量要求合理掌握。

（1）轴向压力：钻粒钻进中的钻头压力，对钻进效率影响很大，当钻压没有达到最优值前，压力和钻速成正比关系。单纯依靠加压来提高钻进效率，容易发生钻具折断事故或造成钻孔弯曲。在钻进中，单位压力（指钻头唇部单位面积上的压力），可参照表 3－2－7 中所列数据。

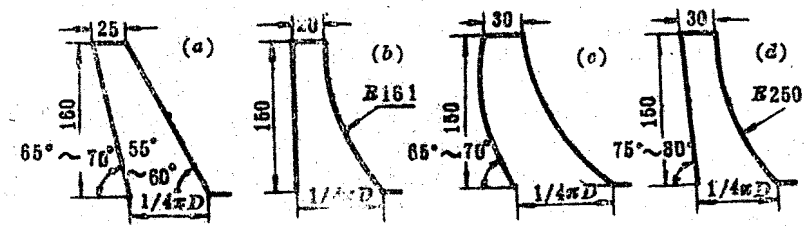


图 3-2-2 钻粒钻头常用的几种水口形状示意图

(a) 双斜边水口 ; (b) 单孤形水口 ;
(c) 双弧形水口 ; (d) 斜弧形水口

表 3-2-7 钻粒钻进轴向压力表

岩石级别	单位压力 (MPa)	钢粒规格
Ⅶ ~ Ⅷ	3.0 ~ 3.5	直径：3mm 抗压力：12kN/粒 洛氏硬度：HRC50
Ⅷ ~ Ⅸ	3.5 ~ 4.0	
> Ⅹ	4.0 ~ 4.5	

(2) 钻头转数：钻头转数是构成破碎岩石的脉动冲击作用的一个重要因素，对于不同岩石，要求转数不同，如在Ⅶ ~ Ⅷ级脆性岩石中钻进加快转数，对提高效率是比较显著的。相反在Ⅸ级以上的坚硬岩石中钻进，在高转速下孔底钢粒会过早地磨耗而失去破碎岩石的能力，且会扩大孔壁间隙，使岩心直径变细，对钻进不利。对孔径 110mm 的钻孔应采用的转数值列入表 3-2-8 中，孔径小时，可适当提高转数。孔径大时，应降低转数。

表 3-2-8 钻孔直径为 110mm 时钻头的转数表

岩石级别	孔 深 (m)	转 数 (r/min)
Ⅶ ~ Ⅸ	0 ~ 200	180 ~ 210
	200 ~ 400	180
	> 400	150
> Ⅹ	0 ~ 300	180
	> 300	150

（3）投粒方法与投粒量 钻粒钻进中常用的投粒方法有：一次投粒法、补给投粒法等。工程钻探中基本上采用这两种粒法。一次投粒法是将一个钻进回次所需用的钢粒一次性地投入钻孔内；补给投粒法则是将一个钻进回次所需用的钢粒分多次投入孔。一般情况下，先投入 60% 左右，待钻进一段时间之后，再将余下的 40% 左右分作 1 至 2 次补充投入孔内。一般在中硬度岩层中钻进效率和钻孔质量有很大的影响，投粒过多会使钻头和钢粒消耗量增加，钻孔超径现象严重，容易引起钻引弯曲，岩心采取率降低，完成的钻孔质量差；但是，投粒量若过少时，回次钻进时间短，效率降低，孔径缩小，容易发生岩心堵塞，并增加下一个回次钻进的扫孔时间。如果操作不当还易发生钻孔挤夹钻具事故。对于不同岩石级别的一次投粒量可参照表 3-2-9 中所列指标。

表 3-2-9 可钻性不同的岩石的一次投粒量表

岩石级别 投砂量(kg) 钻头方法	Ⅶ 级	Ⅷ 级	Ⅸ 级	X 级
	钢 粒 钻 进	3 ~ 4	4 ~ 6	5 ~ 7

（4）冲洗液量：在工程钻探中，多数是用清水作为钻粒钻进的冲洗液，有时也采用泥浆。根据实际工作经验，一般采用冲洗液量可参照表 3-2-10 中所列的关系确定。

表 3-2-10 冲洗液量考照表

种 类	使用清水作为冲洗液的泵量	用粘度 25 秒以内泥浆作为冲洗液的泵量
改 水 时 间		
回次开始	(3 ~ 4) D	(2 ~ 3) D
回次末尾	(2 ~ 2.5) D	(1.5 ~ 2) D

注：D 为钻头直径 (cm)；冲洗液量单位 (1/min)。

每个回次中，由于钢粒和钻头在钻进过程中不断磨损和钻头水口的变小，须将水量分次调小，方能使孔底钢粒充分发挥作用。经验证明，每次改水量以降 5 升左右，每个回次中间改水 2 ~ 3 次即可，每钻进 40 ~ 60 分钟改小水量一次，频繁改变水量的大小对钻进不利。

（二）钻粒钻进的一般技术要求

1. 钻粒钻进必须配用上升式的取粉管，其长度一般不得小于 1.5m。

2. 钻进过程中，要保持孔底清洁，孔底积存的钻粉不得超过 0.3m。发现超过时，须立即冲洗钻孔捞取岩粉；使用的泥浆质量必须符合标准，比重应在 1.15 ~ 1.30 范围，粘度应不超过 25 秒。

3. 在岩层可钻性、钻孔直径相同的条件下，三个班的投砂量、投砂方法、钻进技术参数等也应基本保持一致。

三、振动钻进

振动钻进的机理是利用振动器安装的钻具的上端，以其产生的振击力通过钻具传递至孔底的钻头，早振击力便作用于孔底岩层上，破碎孔底岩层而获取钻探进尺。由于振动装置产生的振动频率较高，用于钻进 10 ~ 20m 的钻孔，效率比人力钻探高 3 ~ 4 倍。单位进尺成本比人力钻探低。此外可用振动器起拨和沉入套管，或处理钻孔卡钻，挤夹钻具事故更为有效，钻探工人的劳动强度低。

振动钻进所以效率较高，还因为振动器产生的振击力通过钻头传到孔底岩层时，使其固结强度降低，凭借钻头和振动器的自重和振击力的作用，钻头沉入岩土层中，达到钻进之目的。钻进方法如图 3-2-3 所示。

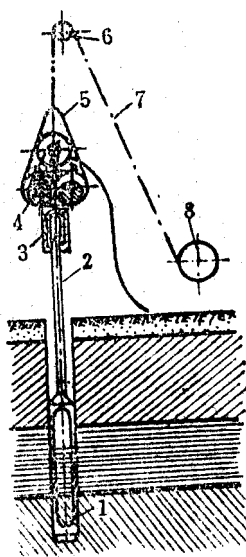


图 3-2-3 振动钻进示意图

1—钻具；2—钻杆；3—钻杆顶帽；4—振动器；
5—吊绳；6—滑轮；7—提升钢丝绳；8—绞车

(一) 振动器的构造

振动钻进的主要机械设备，是各种不同规格和性能的振动器。目前国内工程钻探用的振动器的设计原理，主要是利用偏心重锤机构在电动机的驱动下旋转，依靠两偏心轮旋转时产生振击力做功。结构类型分为双轴双轮振动器，单轴单轮振动器和单轴双轮振动器三种类型。双轴双轮振动器的振动属于定向振动，而单轴单轮振动器与单轴双轮振动器的振动则为非定向振动。

(二) 双轴双轮振动器

此振动是由两个偏心轮的规格尺寸和重量相同，两轮的轴互相平行，水平的布置两轴，用齿轮传动，使两个偏心轮的旋转方向相反，而相位角和角速度相同，如图 3-2-4 所示。

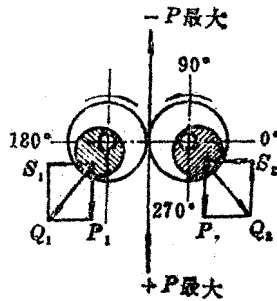


图 3-2-4 双轴双轮振动器作用原理示意图

如将两重量相等，规格相同的偏心轮按图 3-2-5 所示的两轴上下平等布置，即用齿轮传动时，要使两个偏心轮旋转方向相反。由此则离心力 Q_1 和 Q_2 所产生的垂直分力 P_1 和 P_2 总是大小相等，方向相同，即同时向上或同时向下，使钻具产生垂直方向的振动，如图 3-2-5 (a) 所示。当两个偏心轮的重心转动在同一垂直线上时，则垂直振动力 P 等于两个离心力 Q_1 与 Q_2 之和而达到最大值，如图 3-2-5 (b) 所示。而离心力的水平分力为 S_1 和 S_2 则总是大小相等、方向相反，但不作用在同一直线上，因而形成一力偶如图 3-2-5 (c) 所示，力偶的力矩使钻具产生横向振动，和垂直振动力一样，此力矩也是一个变量。当偏心轮的重心与轴心在同一个水平线上时，力矩达到最大值，而垂直振动力则等于零，最大力矩 M_{\max} 可用 5-2-1 式计算。

$$M_{\max} = Q \cdot C \quad (3-2-1)$$

式中 Q ——偏心轮产生的离心力 (N)；

C ——两偏心轮轴心间距 (m)；

M_{\max} ——最大力矩 (N·m)，

由此可见，此种双轴双轮振动器可使钻具产生两个方向的振动，一个是垂直分力产生的垂直振动，另一个是由水平分的力偶矩产生的横向振动。

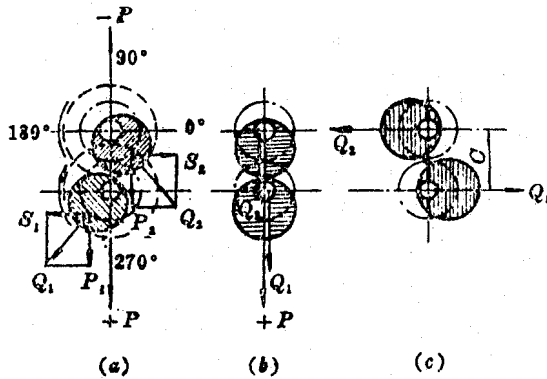


图 3-2-5 两轴上下布置的双轴双轮振动器作用原理示意图

(a) $P_1 + P_2$ 钻具产生垂直方向的振动；

(b) $P = Q_1 + Q_2$ 振动力最大值；(c) $S_1 - S_2$ 力偶；

(三) 振动器结构的特点

用于勘察为目的的振动器应具有下列特点：

1. 应有满足工程钻探所需要的振动力。双轴双轮振动器最大允许振动力为 $60 \sim 65\text{kN}$ ，单轴双轮振动器则为 $45 \sim 50\text{kN}$ 。若超过最大允许值时，则易发生钻具折断事故，宜选用适宜的振动。

2. 自重应尽量小，若自重量大时，使无益功增加，而在钻具的上部便产生非正常的变形；

3. 牢固耐用，振动器所有零件在工作时，承受交变负荷容易损坏，故设计与制造应尽量避免用焊接，连接螺栓应尽可能地采用开尾销固定；

4. 振动频率一般在 $1200 \sim 2500$ 次/分为宜，若小于此值时，则钻进效率低。图 3-2-6 所示为普通双轴双轮振动器，图 3-2-7 所示为装有弹簧缓冲器的双轴双轮振动器。振动器所有零件均安装在外壳内，旋转偏心轮产生的离心力通过外壳和接头传给钻具。偏心轮与偏心轴是一个整体，偏心轮轴装置在滚柱轴承上，轴承承受较大的动负荷，应当注意及时润滑。两个规格相同的用优质钢制成的齿轮用键装在偏心轮轴的一端，两齿轮相互啮合传动，以使两个偏心轮的作用达到同步。齿轮转速较高，且承受动负荷，因此，齿轮下端应沉浸在润滑油中，电动机要装置在外壳上面的硬质胶皮垫上，然后用箍围及螺栓与外壳固定，外壳两侧应有夹板，其上端要有供悬挂振动器用的孔。

振动器工作时，要求最大振动力应比钻具的重量大 $20 \sim 30\%$ 。随着钻孔的深度不断增加，则连接的钻具重量也不断加大，因此，振动器的设计和制造应有能调节振动力大小的装置。由前述可知：振动器发出的最大振动力正比于偏心轮的重量，偏心矩和转数这三个参数值。工程钻探中用的振动器，宜采用易改变转数的动力机，如用直流电动机来改变偏心轮转数。在偏心轮上钻一些孔，在孔中；固定重物或从孔中取下重物的办

法，改变偏心轮的重量和偏心矩。

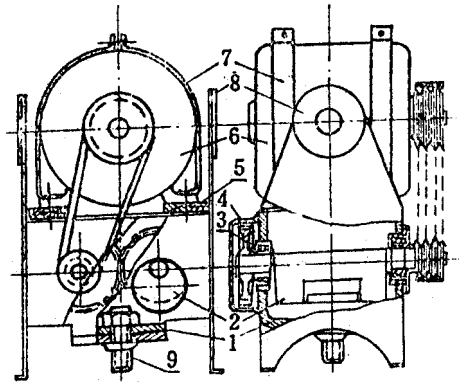


图 3-2-6 双轴双轮振动器

- 1- 振动器外壳；2- 偏心轮；3- 滚柱轴承；4- 齿轮；
5- 胶垫；6- 电动机；7- 箍圈；8- 夹板；9- 接头

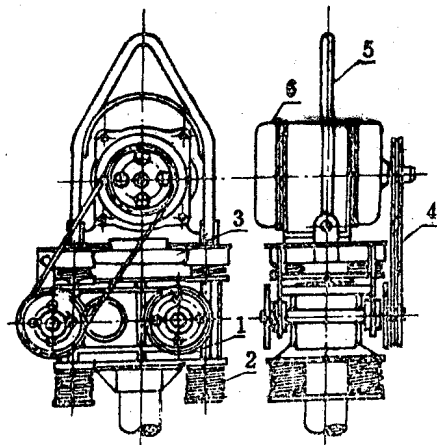


图 3-2-7 有弹簧缓冲器的双轴双轮振动器

- 1- 振动器；2- 弹簧；3- 载荷座板；
4- 三角皮带；5- 套环；6- 电动机

图 3-2-8 为振动锤示意图。振动锤由电动机（或液压马达），振动器，弹簧，锤头、钻子和接头等组成。其特点是振动器与钻具分离。锤头与钻子之间可以接触，也可以不接触当锤头打击钻子时，周期性地产生冲击作用。振动锤的钻进效率较高，特别是适用于在致密土层中钻进。

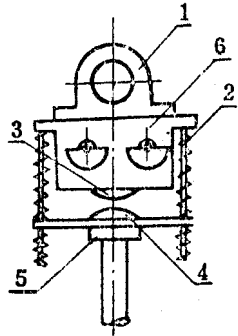


图 3-2-8 振动锤示意图

1-电动机（或液压马达）；2-弹簧；3-锤头；4-钻子；5-接头；6-振动器

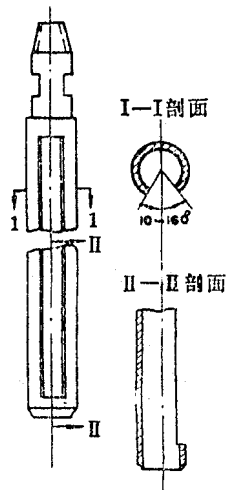


图 3-2-9 振动钻头示意图

（四）振动钻进工艺

振动钻进破碎岩土仍属机械破碎方法，对于较硬岩土，在高频振动击力作用下，可能产生疲劳破碎。对于松软岩土，尤其是粘土质岩层，受振动时会发生内摩擦系数和外摩擦系数降低的现象，因而创造了有利的破碎条件。

钻具振动沉入的条件是振幅不能过小，振动力应足以克服土壤抗断裂强度，振动力大则允许振频稍有降低，反之则需增加振频。另外，钻具自重（即沉入压力）应能克服与土层中的摩擦阻力，并保证有一定的沉入速度。

振动钻进适用于砂、砂性土、粘性土等地层，在松软岩层中钻进具有很高的钻进效率。

振动钻进采用的钻头如图 3-2-9 所示。

其特点是管壁沿轴向全长开有纵向切口，切口所对圆心角为 $10^{\circ} \sim 160^{\circ}$ ，其大小决定于岩层的性质。在未粘结的含水层中钻进时可取小一些。在粘结性强的岩层中钻进则应取大一些。切口长 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 。用此种钻头钻进时，在纵切口处岩芯（土样）沿其全部高度与岩层本体相连，为了取出岩芯，应先将钻头转动一定角度，扭断岩芯与土体的联结，然后将钻头和岩芯一起提至地表。

用不带纵向切口的钻头钻进时，钻速急剧下降，进尺很快停止。岩心上部松软，而下部却非常密实，以致必须将其打碎才能取出，由于岩芯下部被压实而使钻头端部阻力急剧增大，钻进不能持续进行。用带有一个纵向切口的钻头钻进时，钻进深度较大，但岩芯下部和切口对而的岩芯仍被压实，而岩芯上部和切口处的岩芯则几乎未被切实。带有两个纵向切口的钻头钻进深度更大，效率更高。

在半干的粘土层中钻进，最好采用带有两个或三个纵向切口的钻头。这种钻头的主要缺点是强度和刚度降低。钻进时，特别是在转动钻头时，有时会被扭曲或劈开。为了提高带有两个或三个纵向切口钻头的强度和刚度，钻头不宜太长，切口的宽度应为钻头直径 $0.4 \sim 0.6$ 倍。

振动钻头可用 $89 \sim 169\text{mm}$ 的套管制成，下端应接有可拆卸的带刃口的管靴，管靴外径应比管体外径大 $2 \sim 4\text{mm}$ ，内径则应小 $2 \sim 4\text{mm}$ ，管体内带有薄壁半合式容纳管。

采用振动钻进所取得岩样的结构和构造有一些破坏，其天然湿度也稍有变化。因此，在选用振动钻探时，要保证能够满足工程地质勘察的技术要求。如所取原状土样受到扰动时，则不家选用振动钻探方法。

四、反循环钻进工艺

反循环钻进工艺，一般采用内径为 $150 \sim 200\text{mm}$ 的钻杆，最大者达到过 300mm 。反循环钻进工艺钻杆内径比正循环钻进钻杆内径增加很多，只要管路中有足够的抽吸力、钻杆内的冲洗液流可达到很高的上升速度。

1. 冲洗液上升速度快，钻进时排除岩屑能力强，井底很少集聚岩屑，以至岩屑很少重复破碎。钻进速度快，经济效益好，特别是当井径加大时，钻井费用增加不多。

2. 钻进时井内保持较高水位（一般要求在 3m 以上），依靠冲洗液的静压力来平衡井壁的侧压力，保持井壁的相对稳定。对于供水井钻进，可以减轻泥浆对井内含水层的淤堵，洗井较易，成井后出水量较大，提高了管井质量。

3. 钻进时要不断地向井内注水，用水量较大，需专门供水措施。一般冲洗液下降速度不宜大于 30mm/s ，否则影响孔壁的稳定性的。

4. 岩芯和岩屑由钻杆内孔返回地面，可以连续取样。孔底有大块石时，须采取抓取措施以防堵塞。

（一）反循环钻进方式的分类

反循环钻进方式是指冲洗液从孔口流至孔底，携带经钻头克取的岩芯、岩屑、岩块

从钻杆内返回地表的钻进方法。反循环钻进分为泵吸反循环、气举反循环、射流反循环三种钻进工艺。反循环钻进随着钻孔深度的增加，钻进效率有明显的不同，如图 3-2-10 所示出三种反循环钻进示意图和在不同孔深的效率变化曲线。射流反循环钻进在 50m 以内的浅孔段钻速比较高，气举反循环钻进，在 40m 以后钻速逐渐增高。因此，这两种钻进工艺一般相配合使用。

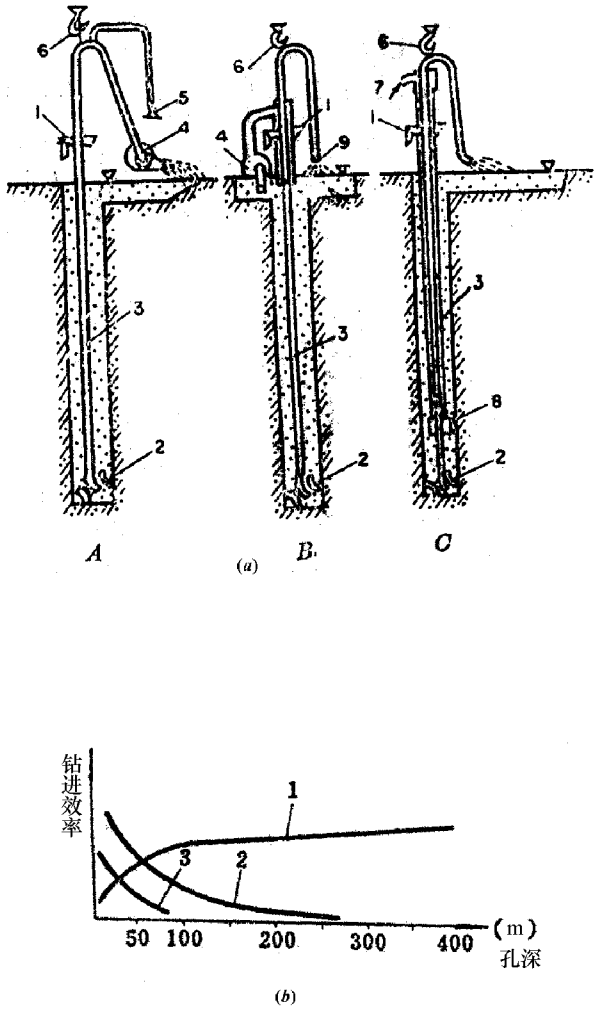


图 3-2-10 三种反循环钻进工艺示意图

- (a) A-泵吸反循环；B-射流反循环；C-气举反循环；
1-转盘；2-钻头；3-钻杆；4-砂泵；5-真空泵；
6-吊钩；7-压缩空气；8-气水混合室；9-喷嘴；
(b) 三种反循环钻进工艺钻进效率曲线
1-气举反循环；2-泵吸反循环；3-射流反循环

1. 泵吸反循环钻进

是利用砂石泵的抽吸力，使钻孔水位以上至砂石泵之间产生 6—7kPa 的负压区，采用离心泵灌注引水法，造成冲洗液反循环，如图 3-2-11 所示。

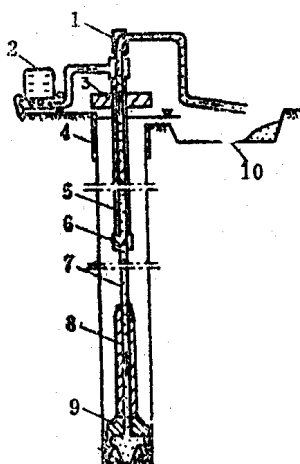


图 3-2-11 泵吸反循环钻进示意图

1-水龙头；2-转盘；3-进口管；4-钻杆；5-钻铤；
6-钻头；7-水泵；8-砂石泵；9-电动机；10-水源池

砂石泵流量一般为 $240 \sim 500 \text{ m}^3/\text{h}$ ，适用于钻进第四纪松散地层，孔深在 50m 左右时，则钻进效率最高，随着钻孔深度的增加钻进效率逐渐下降，一般钻进深度为 100~120m。

2. 气举反循环钻进

是利用压缩空气与钻杆内的冲洗液混合形成低比重的气水混合物，在气举与钻杆内外的冲洗液压力差的作用下，形成反循环。气举反循环是一种较好的连续取心或取样的钻进方法。

气举作用所安置的风管在钻孔内要有一定的沉没比。在开孔钻进时，浅孔段常和地表喷射反循环配食使用。气举反循环钻进，随着钻孔深度的增加，钻进效率也逐渐提高，其压气送入深度也随之增加，要求提高空气压力，以提高气举作用，才能获得较好的钻进效果。目前，国内生产的气举反循环钻进用的同心式双壁钻杆，如图 3-2-12 所示。外管为丝扣连接，传递扭矩加钻压，内管为互相插接式的密封连接，双壁钻杆在一定沉没比深度内使用，沉没比以下接普通钻杆。

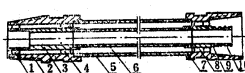


图 3-2-12 双壁钻杆结构示意图

1、4、8-支撑块；2-公接头；3-内管外接头
5-外管；6-内管；7-母接头；9-内管内接头；10-密封圈

3. 射流反循环钻逃

是利用水泵或压缩空气所产生的高压液流或气流，注入喷射器内，由喷嘴产生高速射流，在喷嘴外围形成 80—90kPa 的负压区，使喷射腔产生抽吸作用，使冲洗液形成反循环。射流反循环钻进如图 3-2-13 所示。

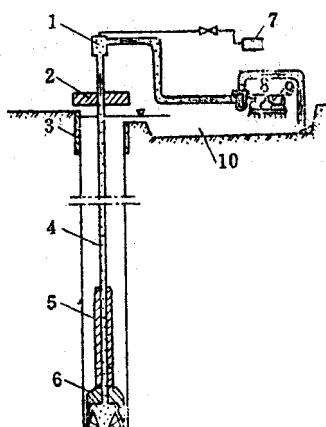


图 3-2-13 射流反循环钻进示意图

1-水龙头；2-钻机转盘；3-井口管；4-钻杆；5-钻铤；
6-钻头；7-喷射腔；8-离心泵或空压机；9-电动机；10-水源池

(二) 反循环钻进工艺的应用

1. 应用范围

反循环钻进工艺适合于第四纪松散地层中钻进大口径钻井。在各种砂层、粘土层、淤泥相卵砾石层中钻进，日进尺可达 100m 左右。但当地层中有超过钻杆内径的块石时，则钻进就困难了，一般采用控制爆破的力法将块石炸碎。

反循环钻进工艺，近年来用于基岩层中钻进，经不断改进，钻进速度逐渐加快。

2. 供水

反循环钻进过程中，要求保持孔内水位稳定，防止孔塌，供水池容积一般为 100 ~ 200m³，供水池容积应与钻孔体积保持大约 3:1 的比例。

3. 保持孔壁稳定

反循环钻进不般采用无套管清水钻进，由于向孔内大量供水，使孔内水位高出孔口至地下水位 2—3m，利用水位差所产生的静水压力保持孔壁稳定；反循环钻进速度快，成井时间短，因此有利于孔壁稳定；从供水池进入孔内的水流，控制流速低于 0.3m/s，因此不致于冲刷孔壁。

使用清水无套管钻进时，当地层条件比较复杂，对孔壁稳定条件不利时，可以采用比重较小的泥浆护壁，以保证孔壁的稳定，防止塌井事故。

五、螺旋钻进工艺

螺旋钻进是属于干式回转钻进方法之一。其特点是利用螺旋钻杆的旋转钻入土层中，被钻下来的扰动土屑，沿着螺旋叶片的斜面，连续不断地上升而将土屑输送至地面。这种钻探的最大特点，是不用冲洗液。此种钻探方法钻进效率高，在工程勘察中作为地质构造钻探的有效手段。但钻孔深度不宜太深，一般为 25—50m 左右，最深不宜超过 100m，钻孔直径也不宜太大，一般在 120—300mm 范围内。

螺旋钻具有下列特点：

1. 螺旋钻杆能及时输出所钻下的岩屑，无重复破碎现象。也没有静液柱压力影响孔底岩石的破碎，故在无砾石、无硬夹层的软质岩层中钻进，小时进尺效率可达 20—30m。
2. 因为干钻节省配制和输送冲洗液的辅助工作时间，它适用于在缺水、无水地区和遇水缩孔的土层中钻进。
3. 螺旋钻干式回转钻进时，向孔壁挤压岩屑，可以在孔壁上形成一层较致密的泥壁，岩粉中的小砾石也可被挤入孔壁中，这就具有加固孔壁的作用。因此，虽然不用冲洗液，孔壁仍能保持稳定。
4. 钻进中能连续排除岩屑，因而节省大量的升降钻具的时间。
5. 定时取样，基本上能满足地质技术所需取扰动土样的要求。所取岩样花孔内相应的深度可用公式计算。

设 H_0 ——岩样在孔内的深度 (m)

H ——在孔内取岩屑样时的孔深 (m)

V_a ——岩屑相对于孔壁的垂直上升速度 (m/s)

V_b ——岩屑相对于螺旋钻杆的垂直上升速度 (m/s)；

V ——钻进速度 (m/s)

$$V_b = V_a + V \quad (3-2-2)$$

则

$$\frac{H_0}{V_a} = \frac{H}{V_b}$$

$$H_0 = H \frac{V_a}{V_b} \quad (3-2-3)$$

式中 V_a 和 V_b 可用下述方法测定：空转螺旋钻杆将岩屑全部排尽，此时孔深为 s ，然后开始钻进，测定岩屑至孔口的时间 t ，此时孔深为 s_1 ，则 $V_a = \frac{s}{t}$ 于是有：

$$V = \frac{s_1 - s}{t} \quad (3-2-4)$$

6. 螺旋钻进还存在以下尚未解决的技术问题：

- (1) 只能钻进软岩层；
- (2) 在地下水位以下粘结性的粘土层中钻进时，往往发生糊钻；

(3) 钻进所需要的功率较大，若钻深孔时，因而受到限制。

这些问题有待在今后的钻探实践继续解决。

(一) 螺旋钻具

1. 钻头

螺旋钻进的钻具主要是由钻头、钻杆组成。螺旋钻头是由钻头体、翼片、螺旋带、硬质合金切削具，固定销子以及定位器等连接组成。在翼片上镶有阶梯状布置的硬质合金切削具，外径上也镶有合金切削片。以保证钻孔直径均匀，符合地质技术要求。在螺旋钻头体上焊有一段螺旋带，使之与钻杆螺旋带相衔接，以便输送岩粉。螺旋钻头的上端用销子与钻杆下端的定位器相连接，钻头直径应比钻杆直径大 10 ~ 20mm，以减少钻杆柱与孔壁之间的摩擦力。

可以按照硬质合金翼状全面钻进的原则进行设计。这类钻头构造基本形式有二翼、三翼和四翼的。有制成平底形、锥底形和阶梯形的刃部。为易于通过硬夹层和砾石层，也可采用牙轮钻头钻进。

2. 螺旋钻杆

螺旋钻杆是由中心管、螺旋带和连接部分组成，如图 3-2-14 所示。

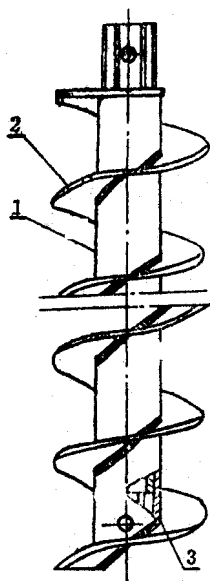


图 3-2-14 螺旋钻杆

1 - 中心管；2 - 螺旋带；3 - 六角形套

中心管是用无缝钢管制造，在其外测焊有钢制螺旋带。钻杆的一端装有六角形杆套；另一端制成六角形的杆。两根钻杆的套与杆套在一起插上销子，并用防松定位装置加以固定。

螺旋钻进中，螺旋钻杆必须有足够的抗弯与抗扭强度，耐磨性要高，易于往孔口外排输岩屑。对其连接部件的设计和加工制作，均不得有妨碍岩屑的输送，并且连接须牢固、安全可靠。

钻杆螺旋带与中心管的交线称为内螺旋线，螺旋带的外缘称为外螺旋线。内、外螺旋线的螺距相等，而其导程（ L 、 l ）则不相等，如图 3-2-15 所示。

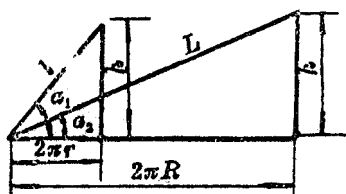


图 3-2-15 螺旋线导角示意图

图中符号意义为： α_2 —外螺旋线导角； α_1 —内螺旋线导角；

h —螺距； R —螺旋； r —中心管外半径；

L —外螺旋线导程； l —内螺旋线导程；

$$P \text{ 单位弧度的螺距, } p = \frac{h}{2\pi}$$

（二）螺旋钻机

螺旋钻机构造的主要部件有回转器、变速箱、绞车、加压装置、给进调节装置以及机座等几部分。近年来，我国已试制了移动式或自行式的螺旋振动钻机，螺旋钻、岩心钻和钢绳冲击钻相结合的复合式钻机。俄罗斯近年设计制造了 YIII B-16、ABB-2M 型螺旋钻和回转钻相结合的多用钻机。安装在汽车上，可用螺旋钻杆进行螺旋钻进，深度可达 70m。用于岩心钻探时，孔深可达 300m。

（三）螺旋钻进工艺

螺旋钻进工艺实质上也是硬质合金的全面钻进，影响钻进效率的因素与硬质合金钻进工艺基本相同。

螺旋钻进的轴向压力（包括给进力、钻杆柱重量、被螺旋钻杆输送的岩屑重量以及排出岩屑与孔壁摩擦力的垂直分力）的最优值应根据钻探地层的岩性、孔深、钻头转数、动力机的功率等因素确定。

螺旋钻进一般要求采用较高的转速，因为岩石愈软，则高转速愈能提高钻进效率，在螺旋钻进中，转数有双重作用，一方面直接影响钻头破碎岩层的效率，另一方面也影响排除岩屑的效果。

在较硬岩层中钻进，可采用较大的轴心压力（8~10kN）和较低的转数（100~150 r/min）。钻进到砂层时，应采用较高的转数和快速给进，并用套管加固孔壁。若所钻进的砂层较厚时，宜采用跟管钻进法。钻进粘性土层时，易形成泥包，排粉和回转钻具都

较困难，这时就应经常地提动钻具，而每米进尺还要注水 10~20 升。

六、复杂地层钻进工艺

工程钻探最主要的任务是研究地质剖面 and 确定土的物理力学性质，它是取得地下实物资料和地层原位测试资料的重要手段。钻探工作是工程地质勘察中普遍采用的一种方法。

工程钻探的目的：

1. 钻探采取岩心，鉴定和描述岩土的性质、成分和产状，划分地层和量测界线；
2. 从钻孔中采取原状土试样，供室内试验分析，确定土的性质指标；
3. 通过钻探手段，了解地质构造和不良地质现象的分布、如构造断裂带、滑坡、岩溶、或软弱夹层、淤泥、膨胀土、泥石流等。
4. 利用钻孔进行孔内原位测试，如触探、标贯、十字板剪力试验等，可以定性地预估地基土层的种类和性质。对土层进行力学分层，直接测定土层的物理力学性质指标。评价地基土的湿陷性和饱和砂土地震液化的可能性。在土方工程中也可用来检验和控制回填土夯实的质量，以及评价单桩的承载力等用途；
5. 揭露并测量地下水位，如初见水位、静止水位的深度，漏失层、漏水层深度等。采取水试样，供试验室作水质分析，查明地下水的物理、化学性质和侵蚀性，为建筑区域的生活用水，结构防水、施工降水探明情况；
6. 利用钻孔进行水文地质试验，如钻孔压水试验、抽水试验、注水试验；地下水的流向、流速、流量的测定；地下水连通试验等，从而获得地下水活动规律的资料，为工程设计提供依据；
7. 利用钻孔进行综合测井工作，如电测井、钻孔摄影、电视测井、放射性测井、声波测井、钻孔应力测量、钻孔原位监视（如沉降观测、地震波监测、地下水污染监测等）为工程勘察提供综合利用的技术参数；
8. 加固地基，进行施工钻探；
9. 探明建筑区域的天然建筑材料的产状、分布和储藏量，以备建设施工取材之用。

（一）土层钻进

对于土层钻进方法一般分为冲击钻进和回转钻进两大类。冲击钻进又分为人力冲击与机动冲击钻进两种方式。人力冲击钻进所用的主要工具有洛阳铲和锥探两种。这两种工具的最大特点是钻具轻便，操作简单，进尺效率较高。而机动钻具则主要有不带阀门的管式钻具和打筒。这两种钻具的选用，需根据所钻进的土层和满足地质技术要求为前提，尽量选用操作轻便的钻具。

1. 洛阳铲钻进

洛阳铲是我国古代用在探明土层的一种轻便而有效的钻探工具，早年是用于探明古墓洞穴。解放后，冶金勘察单位将洛阳铲引用于工程勘察中。在黄土层钻进，全套钻具

只有几千克重，操作简便，可随身携带，一个人就可以操作，在一般不含卵石的砂土层中钻进是最为轻便和经济的。洛阳铲的结构形状，如图 3-2-16 所示。

洛阳铲的构造形状不同，钻进功用也不同：弧形铲的铲头横截面呈弧形，如图 3-2-16 中 (a) 所示。这种结构的洛阳铲适用于黄土和一般粘土层钻进，如图 3-2-16 中 (b)(c) 所示。铲头的横截面呈圆形，适宜于砾径不超过 5cm 的沙砾层钻进，如图 3-2-16 中 (d) 所示。掌形铲的铲头横截面呈掌形。这种形状的铲适宜于含碎石、卵石土层中钻进。在这类土层中钻进时，它可借助于铲的重量和具有的掌形刃以冲击破碎孔底的石块。然后再下入圆形铲取出土石碴。

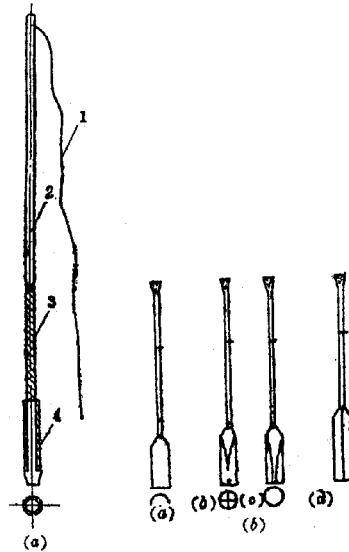


图 3-2-16 洛阳铲结构示意图

A - 工作状态的洛阳铲；1 - 麻绳；2 - 木柄；3 - 铁柄；4 - 铲头；B - 洛阳铲头构造形状；
(a) 弧形铲；(b) 圆十字型铲；(c) 圆形铲；(d) 掌形铲

2. 锥探钻进

为探明各类地表土覆盖层的厚度、浅层基岩、洞穴等的埋藏深度，可采用锥形钻具进行试探，称为锥探。锥探用的锥头呈棱锥形，其结构形状如图 3-2-17、5-2-18 所示。

锥探时，需在锥形探头上端丝扣接上锥杆，锥杆长度一般每根为 2~4m，在锥杆上卡紧操作把手，锥杆的两端均车成尖牙螺纹，使之与锥头连接。操作时，人工提动并扭转操作把手，下压锥探头使之钻入疏松的复盖土层中，这种方法可在线路勘察中使用。

3. 无阀冲击管钻钻进

无阀冲击管钻是由异径接头与冲击钻杆连接向钻孔中进行冲击钻进获得进尺的。其构造如图 3-2-19 所示。

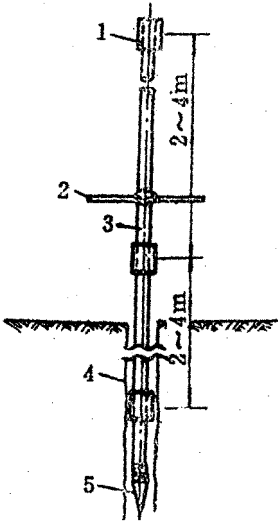


图 3-2-17 锥探钻具连接示意图

1- 接头；2- 把手；3- 锥杆；4- 锥孔；5- 锥头

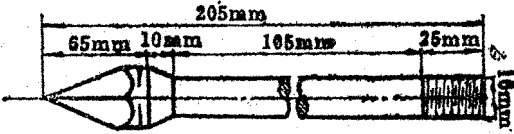


图 3-2-18 锥探头及钻杆尺寸示意图

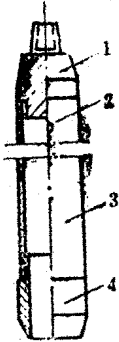


图 3-2-19 无阀冲击管钻示意图

1- 异径接手；2- 出水孔；3- 岩心管；4- 管靴

它是由异接手、出水孔、岩心管（取样管）和带切削刃的下头（钻头）所组成。这种钻头可用人力操作或利用绞车进行冲击钻进。钻进时，茬钻杆的上部连接一套铅铤

冲击器，将无阀管钻打入土层中。这种钻具适用于埋藏较浅的土层中钻进，也适用于砂卵石层冲击钻进。

无阀管钻的下头刃口加工成 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的锥度并要淬火。下头的外径应比岩心管外径大 $5 \sim 6\text{mm}$ 。在粘土层中钻进，每个回次一般冲进 $0.4 \sim 0.5\text{m}$ ，有的土层可以冲进 1m 以上，砂砾层一般可冲进 $0.5 \sim 0.6\text{m}$ ，个别地层亦可冲进 2m 左右。在无阀冲击管钻的岩心管部位，纵向切制一条长 $500 \sim 700\text{mm}$ 、宽 60mm 的纵向切口，就成为打筒（或称冲筒）。打筒可以接在钻杆底端冲击钻进或用钢丝绳连接冲击钻进。打筒侧壁上切制的纵向切口是为了清除打筒内取出的岩土方便而设计的。

4. 管钻冲击钻进

此法适用于砂层钻进。所用钻具一般有球阀和平阀管钻两种，球阀管钻的构造与平阀管钻相类似，主要区别是下头构造不同，如图 3-2-20 所示。将阀门更换成钢球时，即为球阀管钻。

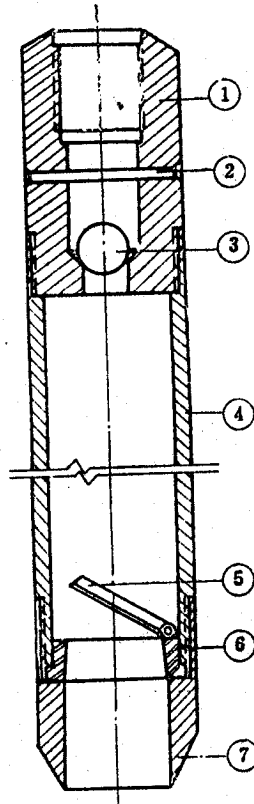


图 3-2-20 平阀管钻（捞砂筒）

1—异径接头；2—销子；3—钢球；

4—岩心管；5—阀门；6—阀座；7—管靴

平阀管钻当用人力或机械为动力冲击钻进时，冲程一般为 $0.1 \sim 0.2\text{m}$ ，每钻进 0.5m 左右提钻一次，倒出砂样，继续钻进至预计深度。

5. 回转钻进

人力回转钻进所用钻具有勺形钻头和螺旋钻头，其构造如图 3-2-21 和图 3-2-22 所示。

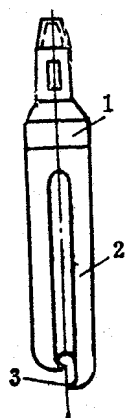


图 3-2-21 勺形钻头示意图

1- 异径接头；2- 勺形钻头体；3- 切削刃口

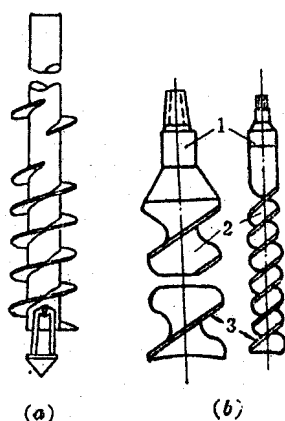


图 3-2-22 螺旋钻头示意图

1- 异径接头；2- 螺旋钻头体；3- 螺旋切削刃

勺形钻头适用于砂质粘土层钻进；螺旋钻头适用于粘性土层和砂质粘土层中钻进。这两种钻头钻进时所取出的土样为扰动土样。勺形钻头与钻杆连接钻入土层后，旋削下来的扰动土样收拢于勺形钻头体中。提升钻具时，随着勺形钻头一起提升到地面。勺形钻头是用无缝钢管制成。勺形钻头体侧壁上切割出纵向切口，钻头底部勺形切削刃，螺

旋钻头的螺旋切削刃均须淬火。异径接头加工成锥度螺纹，以便与钻杆连接。螺旋钻、勺形钻长度为 1m 左右。每次钻进深度一般不超过钻头长度，及时提钻以免提拔困难。

机械回转钻进方法多用硬质合金钻头，不送水干钻，每次进尺 0.5 ~ 2m。岩心管要连接得长一些起导正作用，防止钻孔偏斜。

（二）砂层钻进

砂层的特点是结构松散、常含水、孔壁不稳定、容易发生坍塌、流砂、漏水现象。为此在这种地层中钻进应配备双套钻具，避免间隙停钻，及时下入护壁套管，力求缩短辅助时间，迅速地穿过砂层。砂层钻进的方法通常采用水冲跟管钻进法、泥浆护壁钻进法、管钻冲击钻进法和水泥固结法等。

1. 水冲跟管钻进法

在流砂地层钻进时，宜采用水冲法跟管钻进的方法。此法是在钻杆下端连接鱼尾钻头或将钻杆下端切成锯齿状。降下钻具之后，水泵送入高压水流冲击孔底，同时上下提动钻具，边冲水边跟套管，在孔口处收集砂样，作为描述地层的依据。冲不上来的砂子，须降下捞砂筒捞净后再钻进。孔口管上头外围要堵严，防止砂子堵塞。如果套管不能自重下降时，则用连钳子在孔口拧转套管或用吊锤提打套管，助其下跟钻进。

2. 泥浆护壁钻进法

在以流砂为主的地层中钻进，若含有胶结性差的土质时，应使用比重大于 1.2 的泥浆护壁泥浆的粘度控制在 30 秒左右。此类地层可用合金钻进。钻进压力不宜过大，转数不宜过高。要经常上下活动钻具，防止淤砂沉埋。提钻前，可停泵干钻采取岩芯，并平稳地提升钻具，同时向孔内灌注泥浆，以泥浆的静压力作用于孔壁上起到保护孔壁的作用。因此要经常检查泥浆性能指标，并及时清除泥浆中的泥砂等杂质。

3. 管钻冲击钻进法

在松散、孔隙度大，又富含水量的流沙地层中钻进时，因水压作用，砂粒会随水流动塌陷到孔底。对于这类地层钻进宜采用管钻冲击法钻进，便于控制漏砂现象，管钻长度一般为 2.5 ~ 3.5m。上端连接钻杆；钻具下降至孔底，借助机械或人力作用上下往复冲击钻进，一没冲程为 0.1 ~ 0.2m。当发现孔内涌砂时，应降低冲程，孔底的砂粒随着管钻阀门的开闭与水一起涌进管钻内。每次进尺 0.5m 左右，将管钻提出孔外，倒出砂样，此法可用护壁套管跟进的方式进行钻进。

4. 水泥固结钻进法

在严重流砂地层中钻进时，可采用水泥固结法钻进。此法是采用加大冲洗液的供给量，借助水流的强力冲击使钻杆插入砂层至预定深度之后，即用水泵从钻具内送入搅拌好的水泥加大水泵压力，使水泥挤入周围的砂层之中。待松散砂层随水泥固结之后，再用硬质合金钻头钻进。如果砂层很厚，一段灌注不够时，则可采取分段固结法钻进。

（三）松软地层钻进

1. 淤泥腐植土层钻进

在含有淤泥、泥炭和腐植土层沉积物的松软地层中钻进时，要选用适宜的取样器，一般应注意下列因素；宜采用轻型钻探为主。如小螺旋钻，钎探、摩托取样钻等。需采用钻机回转钻进，选用优质量泥浆护壁。若遇孔内坍塌严重时。采用跟下护壁套管钻进，采取干钻取样。在软土地层采取原状土时，宜用压入法取土。

2. 黄土地层钻进

我国黄土地区分布面积较广，尤其西北地区大孔隙黄土，具有垂直裂隙，对此类土层钻进时，需根据钻孔的深度和土层的厚薄选用适宜的钻探工艺和设备。

（1）对于浅层黄土，宜采用冲洗液钻进或干钻法，若采用清水冲洗液时，宜选用肋骨式硬质合金钻头，钻进的时间不易太长，防止缩径或坍塌。

（2）对于厚层黄土（大于 40m）的钻进方法，此类土层中钻探宜采用无泵反循环钻进或冲击钻进，送水量要小，冲程一般在 0.2 ~ 0.3m。这样既可冷却钻头又可避免缩径孔塌。每回次进尺在 2 ~ 3m 为宜，以防时间长了岩心湿化。此外，也可采用优质泥浆机械回转钻进工艺。但泥浆的失水量须小，造壁性能好。免使黄土吸水钻孔坍塌，并应具备有多种规格的套管，必要时，采用跟管法钻进。

3. 膨胀性地层钻进

当遇有裂隙构造很发育的粘土、断裂泥、泥灰岩、泥质页岩等岩土构成的地层，均具有遇水膨胀而引起钻孔缩径的现象。在此类地层中钻进，要使用优质泥浆，失水量应控制在 30 分钟内不超过 8cm^3 。泥浆粘度保持在 18 ~ 20 秒，比重为 1.1 ~ 1.5，而含砂量小于 4% 的泥浆护壁。此种性能的泥浆可以预防钻孔的缩径和粘钻。采用肋骨式合金钻头钻进。为使岩心不被损坏，应选用双层单动钻具，保证岩心质最。

4. 块石、卵石及漂石地层钻进

在松散、粒径小于 0.2m 的卵石、漂石层钻进时，可采用一字型钻头或十字型钻头冲击钻进，下入平阀管钻抽取。若地层松散，可向孔内投入适量的粘土球，然后采用冲击钻进。若砾石块较大，冲击钻进无效时，可改用硬质合金钻进。若岩石坚硬时，可用金刚石钻进，当砾出一段孔眼之后，下入炸药包将大块砾石（或漂石）炸碎，再下入管钻抽取，取出碎样。

在上述地层中钻进时，当地层比较稳定，可采用泥浆护壁；当地层疏松、掉块或坍塌严重时，可下套管护壁；如采用水压法钻进时，可改用跟管钻进。也可采用灌注水泥浆固结易塌孔段。为缩短停钻时间，尽可能选用快干水泥，或在水泥浆内加入适量的水玻璃等快干剂。

（四）冻结地层钻进

在冻结地层中钻探时，要防止钻具转动摩擦孔温升高，而导致冻土之岩心融化成为粉影响地质人员对地层描述的正确性，同时还要防止钻具被冻结在钻孔中。为此，对于

冻层钻进要注意下列问题：

1. 钻孔直径应不小于 127mm；
2. 采用硬质合金钻进时，应采用斜角或棱形薄片硬质合金块，斜镶磨角。出刃可在 2~3mm 范围内，但不宜小于 2mm；
3. 钻进方法宜采用于钻法，在钻进过程中如发现孔底温度阴显升高时，应改用水冷双层岩心管钻进；
4. 钻进的转数宜采用中速或低速；
5. 回转钻进时间不宜过长，若是含水量较大的泥炭或粘性土层时，一般进尺在 0.3~0.5m 为宜；
6. 当孔底有残留岩心时，须及时清孔，防止岩心磨擦生热破坏原冻结的结构；
7. 在降下钻具之前均须检查钻具是否带有微温，若有微温时，须冷却后方可降入孔内，因此宜配备双套钻具。
8. 不宜采用切削刃磨钝了的硬质合金钻头；
9. 当遇有地下水或地表水时，应下套管将水隔住，以免破坏孔壁的冻结层结构；
10. 钻进中断时，应保持钻具在孔内转动，并在泥浆液中加入 10% 左右的食盐水。若停钻时间较长时，应将钻具从孔内提出，孔口加盖，保持孔温；
11. 当采心困难时，可换用长岩心管或小一级的钻头下入孔底采取岩心。待岩心取出后，再用原来钻具钻进；
12. 在卵石、碎石或岩石地层中钻进时，难以判定冻土层，应在钻孔竣工后 7~10 天内测定孔温；
13. 在多年冻土层中钻进时，更应注意冻土层上限的深度和岩心中有无冰层或冰屑，并将这些特征写入原始记录中，注明冻土层上限的时间（年、月、日）以供地质分析研究多年冻土的冻结情况；
14. 如需进行热物理试验和冻土力学试验的冻土岩心时，采心后须保温瓶或冷藏箱中，并尽快地送至试验室进行试验，防止时间长了融化。

（五）在涌水地层中钻进

在涌水地层钻进过程中，当发现回水量突然增多、水色转清、而钻机回转轻松、钻进缓慢或有较完整的钻粒冲入取粉管内等现象时，应停钻停泵进行观察。若见有地下水自孔口涌水，这就说明遇到了高压含水层。在高压含水层中钻进时，地下水对钻具有一种扬压力，故在钻进时，需要同等的轴心压力来平衡扬压力，否则孔底压力不平衡，钻压不够而降低钻进速度。为抵消较高的扬压力，增加粗经钻具的长度或使用钻铤，在含水层中底部漏水量已足够冷却钻具和清洗孔底时，则可停泵。若岩层很便时，则应用金刚石钻进工艺。

（六）岩溶地层钻进

在岩溶较为发育的地区进行钻探过程中，当发现钻具骤然下落、岩层变软、进尺加

快、有异响出现，漏水涌砂或采上来的岩心有钟乳石及溶蚀现象时，操作人员应注意判断是否遇上了岩溶地层。

在岩溶地层钻进，钻具转速应用低速为宜。并合理选择孔径，当钻穿洞穴顶板时，要立即停钻，操纵钻机绞车使钻具缓慢下降，直达洞穴的底板为止。整个钻探过程中均要详细记录顶板相底板内深度、充填物的有无与多少、性质、水文地质情况等。

为了防止钻孔发生偏斜或其它事故，当钻穿钻孔内的溶洞之后，要立即下导向管，或把钻具中的岩心管接长继续钻进。导向管或接长岩心管的长度应比孔内溶洞的高度大 2~3 倍。当钻具到达溶洞底板时，应用低压慢速钻进，免得钻压过大而造成孔斜或钻具弯曲等不良现象。

（七）滑坡工程勘察钻进

有色金属工业建设中，矿山工程地质勘察任务较多，而矿山生产和职工生活福利设施大多是布设在山区，对滑坡的工程钻探要求，除了解一般工程地质、水文地质资料外，钻探须查明滑动土（岩）体的厚废，滑动面的数目、滑动带的厚度、滑动面（带）的埋藏深度及其特征。为了保证滑坡钻探的取心质量，钻进方法采用双层单动钻具或无泵孔底反循环钻进等方法。在松散且处于不稳定的滑动土（岩）体上钻探时，事先应设滑坡位移观测装置，并设专人负责，以监视滑体的位移情况。尤其是雨季更要注意观测，发现异常要及时采取安全措施，保证钻探人员和设备的安全。

在岩体滑坡上钻探，对于岩层的破碎带、节理裂隙发育的地段，其岩芯采取率应尽量提高，并按技术规范、规程的要求记录。若属土体滑坡时，对软且带塑性的夹层土的滑坡，要对其软塑的夹层，含水量的孔段岩心进行鉴定，查找有无活动擦痕。如果岩心太湿，待凉干后用手锤轻轻击开，细致观察。对于滑坡体的滑动面的确定，要通过其前后左右几个相邻钻孔，相似位置上所取出的岩心进行对比分析，互相验证。

为确定滑动面位置特征，当钻进快到预计滑动面深度时，则回次进尺不宜超过 0.3m。钻进中应随时检查钻孔是否有歪斜、错开，钻具是否有偏磨，升降钻具时是否有阻滞现象。若发现孔内不正常时，就应立即提出钻具进行仔细检查。

无泵反循环钻进法，主要是靠钻具上下活动，造成钻孔内的冲洗液（下钻前向孔内加入少量的水）局部循环，以此冷却钻头，排除孔底岩粉。但在提钻前，应减少钻具上下活动次数，促使岩粉粘钻、卡取岩心，以利提取。无泵反循环钻进能克服干钻的缺点，岩心采取率可达 90% 以上，且能大体保持岩心的原状结构，内部的天然含水量也可不变。因孔内仍有少量的循环水，地下水位有时不易被发现，应及时鉴定岩心，以确定是否为含水层。无泵反循环钻具的构造有两种，封闭式的如图 3-2-23 所示，开口式的如图 3-2-24 所示。

空气钻进的工作原理是用空压机将风送入孔内，空气代替循环水，起到冷却钻头，吹起岩粉的作用。此法钻进效率高，岩心损耗小，并能大体保持岩层的原状结构和天然含水量。根据吹出的岩粉性质和含水状态，判断地层的变化，并可及时发现地下水。此法用于勘察滑坡工程钻探是适宜的，缺水地区钻探采用此法更为适宜。空气钻进方法，

如图 3-2-25 所示。

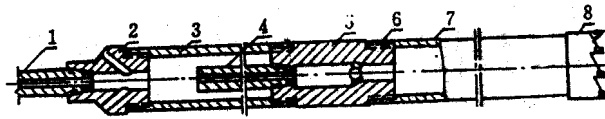


图 3-2-23 封闭式无泵反循环钻具结构图

- 1-送水导管；2-异径接头；3-取粉管；4-岩粉导管；
5-球阀；6-特制接头；7-岩心管；8-钻头

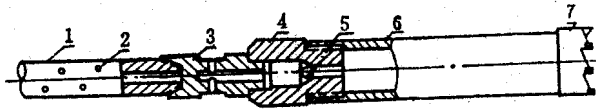


图 3-2-24 开口式无泵反循环钻具结构示意图

- 1-钻杆；2-通水孔；3-特制接头；4-异径接头；5-球阀；6-岩心管；7-钻头

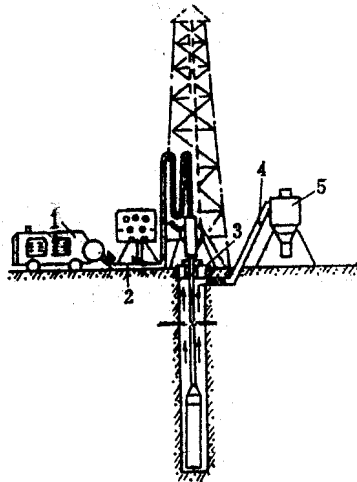


图 3-2-25 空气钻进示意图

- 1-空压机；2-送风管；3-井口密封装置；4-排粉管；5-粉尘收集器

第二节 工程钻探取样

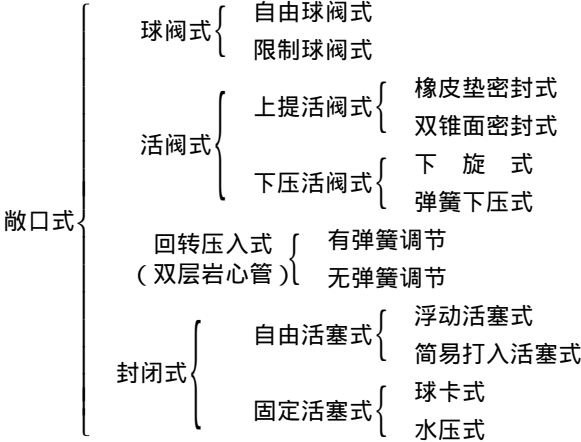
工程钻探是按照一定的岩土工程目的与要求，利用钻探机具钻入地层，取出岩芯和土样，以探明地质情况和地基承载能力。它主要是钻进表土层并有特殊的取样要求和在

钻孔内进行专门的测试工作。

采取原状土样是工程钻探的目的之一，它是为测定土的天然结构的容量、密度、温度、抗剪强度、压缩系数、渗透系数等物理力学性质，进行岩土的特性描述和确定土层的承载能力和稳定性，为各类工程建筑提供可靠的设计依据。

一、取样器的类型

根据取土器上部封闭形式的不同，取土器分类如下：



工程钻探在一般土层中取样，常用的取土器与取样器的适用范围、基本构造分别叙述如下：

（一）限制球阀式取土器

限制球阀与自由球阀取土器，两者的构造基本相同，不同之处在于球阀上装有一个压力弹簧，而前者球阀上则无压力弹簧。当限制球阀取土器被压入或击入土层中，采取土样时，进入取土器内的液体或气体就顶开了球阀逸出，使被取之土样进入取土器内。当取土器停止压入或击入时，则作用在取土器球阀上端的弹簧便又将球阀压回阀座上，使取土器复又密封，因此，隔离了上部的水（液）柱压力，保证采取的原状土样。限制球阀式取土器较自由球阀式取土器密封性好，可靠性大。但限制球阀式取土器的压力弹簧的弹力要适当，标准是以取土器在压入或打入取土时，进入取土器内之液体或气体能够将球阀顶开为准。同时球阀直径应与阀座、排水孔直径相适应。限制球阀式取土器构造如图 3-2-26 所示。

（二）上提式橡皮垫活阀取土器

这种取土器在使用操作时，是借助于钻杆向下加压使土样进入取土器的取土管中，先进入取土管中的水和气即由活阀上部排出。取土完毕，上提钻杆，则橡皮垫活阀向上压紧联接帽，而封闭了取土器的上端，使土样安全提出。

由于橡皮活阀与联接帽为线接触，密封性能好。加上橡皮垫有一定的弹性变形，当橡皮垫与联接帽接触处有砂粒停留时，亦不致影响密封的可靠性。上提橡皮垫活阀式取土器构造如图 3-2-27 所示。

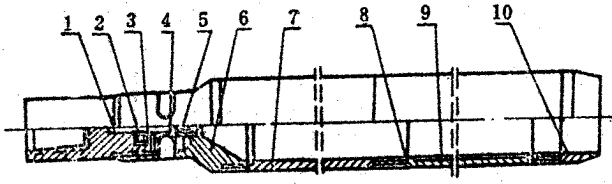


图 3-2-26 限制球阀式取土器

1- 接头；2- 调节垫片；3- 调节螺丝；4- 弹簧；5- 球阀；
6- 异径接头；7- 余土管；8- 衬管；9- 取土管；10- 管鞋

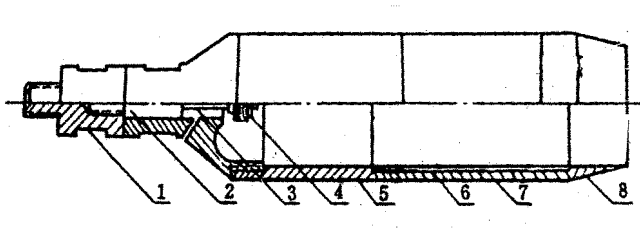


图 3-2-27 上提橡皮垫活阀式取土器

1- 接头；2- 联接帽；3- 操纵杆；4- 橡皮垫活阀；5- 余土管；6- 衬管；7- 取土管；8- 管鞋

（三）回转压入式取土器

回转压入式取土器的构造如图 3-2-28 所示。

它是由两层钢管组成的双层岩心管式的取土器，外管的底端铆有螺旋片或连接合金钻头，内管为取土管，有管鞋、取土管和余土管等。取土器的上端是用球阀封闭，取样时，外管迴转，内管被压入土层中。这种取土器可用人力回转钻进或机械回转钻进采取土样。人力回转钻进时，不用冲洗液，取土时，在迴转压入土层过程中，转切的废土由外管的螺旋片带出孔口外；机械迴转钻进时，一般用冲洗液洗孔，这时将内管压入土层，外管（接上合金钻头）迴转切削的土屑由冲洗液排出孔口外。

（四）活塞式取土器

此类取土器适用于在软土层中钻进取样。它的结构如图 3-2-29 所示。

它是由活塞封闭取土器的下端，向下压入土层取土时，活塞处于静止状态。当取土管由于上部加压而向下切入土层时，土样便套进取土管中，与此同时活塞在取土管内上移，形成了真空，这样可避免取上的软质土样脱落。

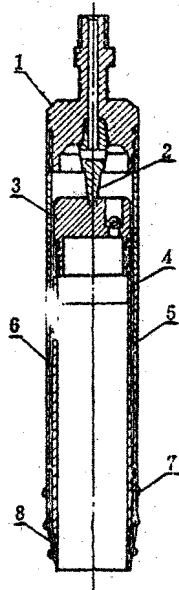


图 3-2-28 回转压入式取土器

1-接头；2-异向头；3-异径接头；4-余土管；5-外管；6-取土管；7-螺旋片；8-管鞋。

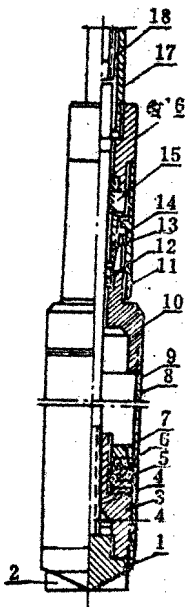


图 3-2-29 活塞式取土器

1-活塞头；2-管鞋；3-活塞体；4-活塞杆；5-皮碗；6-压垫；7-螺母；8-衬管；
9-取土管；10-异径接头；11-保护接头；12-球卡座；13-球；14-球卡；15-弹簧；
16-松卡接箍；17-钻杆；18-内管。

(五) 黄土层取土器

我国西北地区黄土分布面积很广，地下水埋藏较深，黄土颗粒均匀而细小，具有一定的粘结力，其塑性与附着力也较强。因此，在地下水位以上采取原状黄土样时，可使用更为简便的取土器，其结构如图 3-2-30 所示。

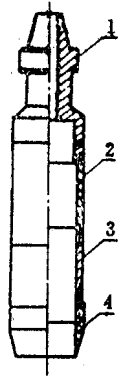


图 3-2-30 黄土层取土器

1- 接头；2- 余土管；3- 取土管；4- 管鞋

它由接头、余土管、取土管和管鞋等组成，钻探过程中需取样时，可用钻杆连接取土器，压入黄土层中的预计深度后，即可把黄土层的土样取出。

(六) 自由活塞式取土器

这种取土器适用于在黄土层中取样用，它的构造如图 3-2-31 所示。在取土前活塞用木销固定的管靴上，以封闭取土器的下端。取土开始先提动冲击锤下击取土管，以打断木销，使取土管切入土层中采取原状土样。

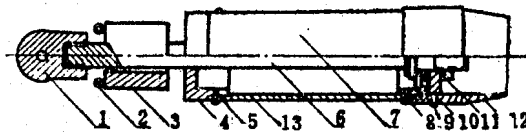


图 3-2-31 自由活塞式取土器

1- 活塞杆帽；2- 冲击锤提引环；3- 冲击锤；4- 接头；5- 固定螺丝；6- 活塞杆；7- 取土管；8- 活塞；9- 活塞压盖；10- 木销；11- 螺母；12- 管鞋；13- 衬筒

为了提高取土质量，近几年来我国各勘察单位自行设计了一些新型薄壁取土（砂）器。现将不同地层宜选用的取土器类型概括如下：一般粘性土采用有内衬的敞口式取土器，软土地层采用无内衬的敞口式薄壁取土器，黄土地层用敞口式薄壁回转压入式取土

器，砂类土采用活塞式（固定或自由）薄壁取土器，在坚硬粘土，断层泥采用双管或三层管单动取样器取样。

二、取原状土的方法

采取原状土样一般有压入法、击入法、迴转压入法和振动等方法，经验证明：多次分级压入法比多次分级击入法取土质量好；重锤一次击入法比快速均匀压入法所取的土样变形量大；快速均匀压入法比多次分级压入法所取的土样变形量小，因此我国普遍提倡快速均匀压入法和双管单动回转式压入法采取原状土样。

三、原状取土器技术参数的确定

1. 设计原状取土器应考虑的基本要求：

- (1) 采取原状土过程中不掉落土样；
- (2) 采取到的原状土样尽可能符合天然状态下的原始结构；
- (3) 压入（或击入）或钻进超前压入土层顺利；
- (4) 取土器结构简单，使用方便。

根据上述要求和实际经验，设计结构合理的取土器，必须对取土器的直径、内间隙比、外间隙比，取土管形式及长度，余土管长度，管靴刃口的形状、角度、上部封闭装置等应根据不同的地层情况，进行分析研究。

2. 取土器基本技术参数的确定

(1) 直径：取土器直径的确定，主要依据以下几点：

1) 扰动带宽度的确定。土样进入取土管时，与取土筒内壁产生摩擦，造成土样边缘的扰动如图 3-2-32 所示。当土样进入取土筒时，土样与取土筒内壁有一定的内间隙比，可以减少摩擦力。但在可塑性地层中，土样的膨胀性较大，会增大土样与取土筒内壁的摩擦，从而增加扰动的宽度。目前解决这一问题的办法是采用快速压入或重锤一次击入法取土，使土样以最快的速度进入取土筒，只要取土器的技术参数及取土方法选择适当，土样周边扰动一般在 10mm 左右。

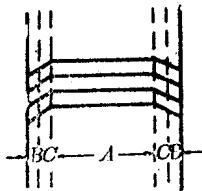


图 3-2-32 土样边缘扰动宽度示意图

2) 配合试验用环刀直径。目前国内在土工试验室所用的环刀直径有 61.5mm、

64mm 及 80mm 三种。在设计取土器的直径时，应除去土样扰动带宽度外，余下原状土样直径要稍大于试验环刀的直径。这样才能保证在试验时切入环刀的土样全部是原状土样，从而保证试验数据的真实性。

3) 不同土类应采用不同直径的取土器。对于软粘土、液泥质粘土和黄土，由于这类土易于扰动，可采用直径较大的取土器。对砂性土采用直径较小的取土器，避免掉样。

4) 对于取样长度不同，则取土器的直径也要相应的改变。如需要一次采取较长的原状土样，就应适当增加取土器的直径。

5) 结合我国目前所生产的管材直径在设计取土器时，应尽可能选用国产管材进行设计，一般取土器适宜内径为：软粘土 100mm，砂性土 80~100mm，砂 80mm、黄土 100~120mm。

(2) 内间隙比：取土器内径与刃口内径之差与刃口内径的百分比称为内间隙比。以 C_i 表示，如图 3-2-33 所示。

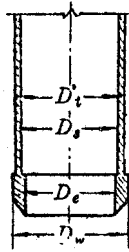


图 3-2-33 取土器管径示意图

其计算公式：

$$C_i = \frac{D_s - D_e}{D_e} \times 100\% \quad (3-2-5)$$

式中 C_i ——取土器内间隙比；

D_s ——取土器内径 (mm)；

D_e ——取土器刃口处内径 (mm)；

内间隙比的主要作用是为了减少土样与取土器内壁的摩擦而引起土样的压密扰动。内间隙比选择是否适当，将会影响土样的质量及采取率。实践证明在不同的土类应选择不同的内间隙比。一般在松软土，取土器内间隙比以 0.5~1% 为宜；一般粘性土和黄土以 1~1.5% 为宜；较硬粘性土内间隙比不宜大于 1.5%；砂层取土器一般是直径较小，壁薄，内间隙比为零。

(3) 外间隙比：取土器管靴外径与取土管外径之差与取土管外径的百分比称为外间隙比，以 C_o 表示，计算公式为：

$$C_o = \frac{D_w - D_t}{D_t} \times 100\% \quad (3-2-6)$$

式中 C_o ——外间隙比；

D_w ——管靴外径 (mm)

D_t ——取土管外径 (mm)

外间隙比的作用是减少取土器外壁与孔壁之间的摩擦，从而减少取土器切入土层中的阻力。采取粘性土的取土器，其外间隙比以 1% 左右为宜，用于黄土的取土器以 2~3 为宜，用于砂及松散砂土的取土器的外间隙比应为零。

(4) 面积比：是指取土器最大断面积与原状土样断面积之比值 A_R 。计算公式为：

$$A_R = \frac{D_w^2 - D_o^2}{D_e^2} \times 100\% \quad (3-2-7)$$

取土器壁的厚薄决定着取土器面积比的大小，因此，如何减少取土器的壁厚，是减少面积比的关键。随着取土器面积比的增加，土样的扰动程度也急剧的加大，所以取土器的壁愈薄愈好。但取土器要保证有一定的强度和刚度，防止在压入（或击入）取出土过程中发生变形或破裂，因此，又要求取土器有适当的壁厚。

根据试验表明，若取土器面积比大于 40% 时，在各类土中都难以取出原状土样。由于面积比过大，采样时排开土的体积也大。被排开的土体大部分挤压在孔壁，同时刃口下部的土产生密实，这时对进入取土筒地土样形成了挤压作用，结果使土样造成剧烈的扰动。为了保证土样的质量，在设计取土器面积比时，可按不同土类划分如下：

- 1) 采取较硬粘性土和一般粘性土时，取土筒壁宜较厚，以保证有足够的强度，面积比小于 20% 即可；
- 2) 采取软粘土样时，面积比要小于 15%；
- 3) 采取砂样时，宜用圆筒式取砂器，面积比小于 10%。如遇有密度较大的砂，应适当增加壁厚到 10~15%，以增加强度。

(5) 管靴刃口的形式及角度：管靴刃口的形式及角度对采取土样的质量影响很大，实践证明，在同土类中，随着管靴刃口角度的增加，土样的扰动也随这而增加。所以取土器管靴刃口的角度以不大于 10° 为宜，倒角亦要适当选择。

管靴刃口的形式可以分为单倾斜刃口、双倾斜刃口和渐缩束节式刃口三种，如图 3-2-34，所示。

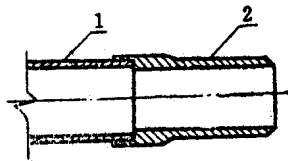


图 3-2-34 渐缩束节形式示意图

1 - 管鞋；2 - 取土管

目前我国采用较多的是 (a) 型，为了提高刃口的强度，应采用热处理方法以减少刃口角度 ($10^\circ \sim 15^\circ$)，下部用 $20^\circ \sim 30^\circ$ 的倒角，刃口热处理 $RC = 40 \sim 50$ 即可。

取土器管靴由一个薄壁管和渐缩束节组成，这种形式的管靴刃口适合于在软粘土层

中采取原状土样。渐缩否节的下部刃口长度一般为 5－15cm。

(6) 取土筒的构造形式和长度

目前常用的取土筒的构造形式有三种。圆筒式、半合焊接式及可分半合式，如图 3－2－35 所示。

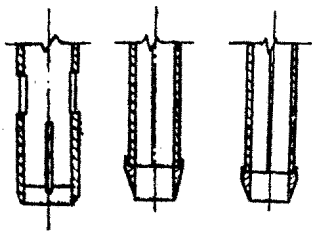


图 3－2－35 取土筒构造形式示意图

由于使用筒式取土筒在退土时难免会发生人为的二次扰动，在软粘土及一般粘土中不宜采用。但在砂层中取样，为了减少取土器的面积比，一般多使用圆筒式薄壁取土器（壁厚 1.5mm 左右）。

可分开半合管接缝式取土筒是目前钻探取样普遍使用的一种取土筒。其上部用丝扣和余土筒连接，下部用丝扣和管靴连接。为了使半合管的密封性能更好，能免泥浆从接缝处渗入，常用的接缝形式有直线接缝式和对槽接缝式两种，如图 3－2－36 所示。

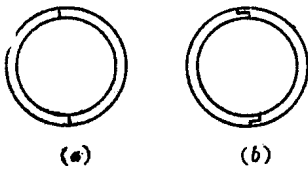


图 3－2－36 半合管接缝式取土筒示意图

使用这种形式的取土筒不宜过长，否则，在压入（或击入）取土器时，取土筒中部可能会胀开而影响到采取土样的质量。

目前国内外根据采取不同类土样需要所设计的取土器的一般长度，列入表 3－2－11 中。

表 3－2－11 常用取土器长度表

采取土类	取土器有效长度	土样长	余土筒长	管靴长
砂	200	200	0	0
松散砂性土	350	200	100	50
一般粘性土	490	240	200	50

采取土类	取土器有效长度	土样长	余土筒长	管靴长
软粘土、淤泥	640	240	300	100

(7) 上部封闭装置

取土器上部封闭装置性能的优劣，将直接影响到土样的采取率。在软粘土，淤泥质粘土中更为明显。设计取土器上部封闭装置应作到：封闭性能好，容易清洗，操作方便，便于加工制造。

同一种封闭装置也有多种不同的形式，如上提活阀式，常用的有三种形式，如图 3-2-37 所示。

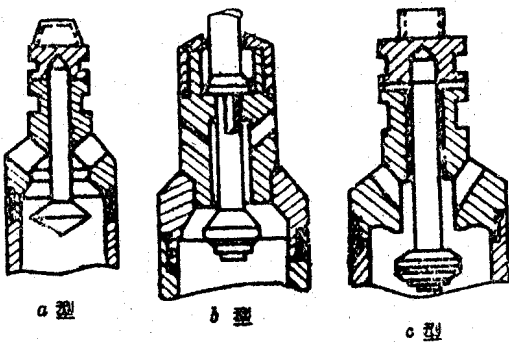


图 3-2-37 上提活阀式取土器三种形式示意图
(a) 双锥面接触式；(b) 线型接触式；(c) 橡皮垫活阀

(a) 型为双锥面活阀式，空间较大、排水、排气和排泥比较畅通，因为成面接触保持密闭，，如有小砂粒夹在中间时，就会使活阀失灵；(b) 型为直面与斜面成线型接触，接触面积较小，如有砂粒夹在中间容易排开或压碎。缺点是空间较小，排水、排气和排泥量小；(c) 型是橡皮垫和钢材圆面接触，由于橡皮垫具有弹性，密封性能好，所以(c)型的优点显著。

在设计取土器时，首先应考虑如何保证采取原状土样的质量。最优设计方案必然是上述诸参数的综合反映，现将设计取土器的合理技术参数列入表 3-2-12 中。

表 3-2-12 根据不同类土设计取土器的主要技术参数表

取土器技术参数 土类名称	内径 mm	内 间 隙 比	外间 隙比	面积比	筒靴刀 口角度	取土管 长 度 mm	上部封闭装置
软 粘 土 (包括淤泥)	> 100	0.5 ~ 1	< 1	< 15	< 10°	240	活塞活阀限制球阀

取土器技术参数 土类名称	内径 mm	内 间 隙 比	外间 隙比	面积比	筒靴刀 口角度	取土管 长 度 mm	上部封闭装置
一般粘性土	> 100	1 ~ 1.5	1	< 20	< 10°	240	”
砂质粘性土	80	0.5 ~ 1	1	< 20	< 10°	200	”
较软粘性土	> 100	1 ~ 1.5	1 ~ 2	< 30	< 15°	200	”
黄 土	> 100	1 ~ 1.5	2 ~ 3	< 15	< 15°	150 ~ 200	地下水位以上用敞式 水位以下活塞、活阀
砂	76	0	0	< 10	20 ~ 25°	200	活塞、活阀

以上所提技术参数选择仅限于贯入方法取土，机械回转双层岩心管式取土器不包括在内。

为了保证采取原状土样的质量，取土工作中应做到以下三点：

- ①取土前将孔内残土清除；
- ②选用参数合理的适应钻进地层的取土（砂）器；
- ③取样时采取快速压入法、压入速度应大于 0.1m/s。

上面所提各项技术参数的选择，仅限于贯入方式取土，它不包括机械回转式取土器。双层单动岩心管取土器，有 SDB 型原状取土器，它是一种不连续的原状土样取土器。SDL 型原状取土器，可以在全孔中连续取土。它们共同的特点是能够在深部地基勘察中，取原状土样。

第三章 地抽钻探事故的预防与处理

第一节 工程钻探安全事故的预防

工程钻探的安全事故，包括人身事故、机械事故、孔内事故三个方面。要认真贯彻以预防事故为主的方针，在发生事故后，应积极处理，尽量减少损失。在工作中要善于总结经验教训，加强检查，采取有力措施，防止事故的发生。

一、孔内事故原因

孔内事故发生较多的原因，有下列五个方面：

1. 技术工人思想麻痹大意，操作时精神不集中，班上分工不明确。管理工作不严；
2. 操作技术不熟练，经验不足，不能正确地判断孔内情况和采取应变措施；
3. 钻探技术管理落后，技术措施不力，钻进方法不当，机台有违章作业的现象；
4. 设备，器材，管材质量不好，检查，使用马虎；
5. 地质条件复杂，地层不稳定，坍塌掉块、漏失、涌水等。

根据孔内事故发生的原因，有卡钻、夹钻、埋钻、糊钻、烧钻事故；钻具折断、脱扣及跑管事故；套管事故；引内掉入小物件、小工具等事故。

二、施工现场准备

钻孔施工前，要认真研究钻探施工技术指示书，提出可能发生的问题，结合以往的经验与教训，采取切实可行的措施，施工现场应备有常用的处理孔内事故的工具，如公锥、母锥、打捞钩、吊锤、千斤顶、反丝钻杆等。钻探操作应严格遵守操作规程，不民提高操作技术水平。根据孔内情况，正确地选用和配制冲洗液（或冲洗介质），并保证质量以及性能符合要求，同时保持孔内清洁及孔壁稳定。建立健全钻探设备的管理维修制度，提高设备维修质量，保证设备正常运转。根据地层岩性的不同，确定和选择不同的钻进方法，采用合理的钻进参数和相应的技术措施，若条件可能应配备准确的测定钻进参数的仪表。正确地选择和使用管材，做到勤检查，不合格的管材坚决不用。

第二节 工程钻探安全事故的处理

一、处理钻孔内事故的基本要求

在孔内事故发生后，必须尽快地进行处理。在处理事故过程中，要防止事故恶化，防止消耗大量的人力、物力。因此，处理孔内事故时，必须做到以下四点基本要求。

1. 对孔内事故情况要明：事故发生后，当班班长一定要准确在丈量机上余尺并全面掌握发生事故前的孔内情况和征兆，事故发生的详细情况，孔内事故位置，孔内钻具结构等情况，除及时地向机长报告外并把事故真象如实地记入班的报表。

2. 措施要准：要认真研究孔内事故情况，在摸清楚孔内情况及事故发生的原因以后，针对事故情况，确定处理方案和备好打捞工具。并充分估计到处理过程中，可能发生和出现的问题，才能进行处理。

3. 处理要快：在确定了处理孔内事故的方案以后，要抓紧时间，动作迅速，及时排除，以防事故恶化。一般事故由班长负责处理；性质复杂的事故，由机长主持处理；在短时间内排除不了的重大事故，由钻探科（队）召开技术会议，研究处理方案。

4. 操作要稳：排除孔内事故，一方面要求动作快，不拖拉，另一方面要求稳而不忙乱，以防处理事故中再发生事故，导致事故恶化。在处理孔内事故时，不准盲目地猛拉、猛顶、猛墩；下入孔内处理事故的工具，不准超过事故钻具顶端太多；不准超过设备负荷作业；禁止技术不熟练的人员进行操作。

二、处理钻孔内事故的一般方法

1. 提拉：在设备能力允许的条件下，可用升降机配合滑轮组，强力提拉孔内受阻钻具。当钻具被卡埋时，可用此法。最好配备“拉力计”以免拉过头出事。

2. 击震：利用吊锤打击的震动力，向上或向下打击事故钻具，此法适用于浅孔处理挤夹事故。龙江Ⅰ型弹簧吊锤结构，如图3-3-1所示。

其工作原理是弹簧吊锤的卡紧装置，平常是通过双卡轴将固定在锤杆上的卡头卡紧，使用时把它装在机上钻杆上端，用绞车提拉钢丝绳使弹簧逐渐压缩，同时自动操纵杆带动操纵板随弹簧筒的上升而上移，当弹簧压缩到一定程度，储存足够的能量时，操纵板滚轮将两块与双卡轴相连的拐臂顶开，双卡轴随之转动一个角度，当双卡轴上的凹口同锤杆上的卡头平行时，卡轴不再卡紧卡头，此时弹簧急速伸张，带动锤杆和锤体骤然上冲，冲打盖帽（砧子）造成一次冲击。如此往复，即可完成吊锤冲打作用。

3. 振动：将机械震动器联接在事故钻具的上端，并用绞车钢丝绳拉紧，迫使事故钻具受到强烈的震动而排除事故。但须注意防止孔内钻具受震后脱扣。孔内震动器结

构，如图 3-3-2 所示。

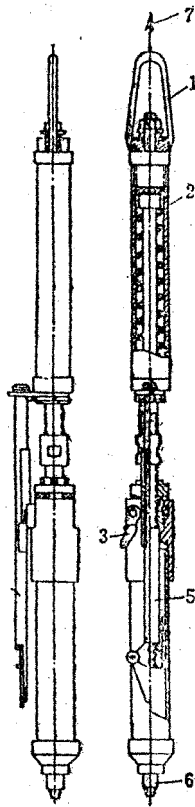


图 3-3-1 龙江 I 型弹簧吊锤结构图

1- 提引梁；2- 弹簧筒；3- 卡紧装置；4- 自动操纵装置；
5- 锤体（向上冲击部分）；6- 实心接头；7- 钢丝绳

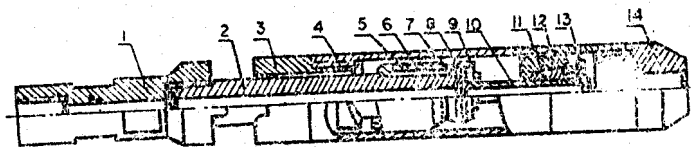


图 3-3-2 孔内震动器结构图

1- 上异径接头；2- 拉杆；3- 上冲击接头；4- 外壳；5- 下冲击接头；6- 键；7- 垫圈；
8- 开口销；9- 螺帽；10- 通水管；11- 塞线；12- 填料箱；13- 塞线压盖；14- 下异径接头

工作原理是当连接有丝锥的孔内震动器下到孔内捞到事故钻杆后，慢慢向下移动钻杆，使上部异径接头的凸缘与上冲击接头凹槽结合，即可扭转钻杆，当丝锥拧紧后，将钻杆提起，使上部异径接头与上冲击接头分离，而使下冲击接头与上冲击接头结合。然后

开车回转，钻具即可起冲击震动作用。

4. 捞锥：用公锥、母锥、卡管器等捞取脱落或折断的事故钻具。各种丝锥，如图 3-3-3 所示。

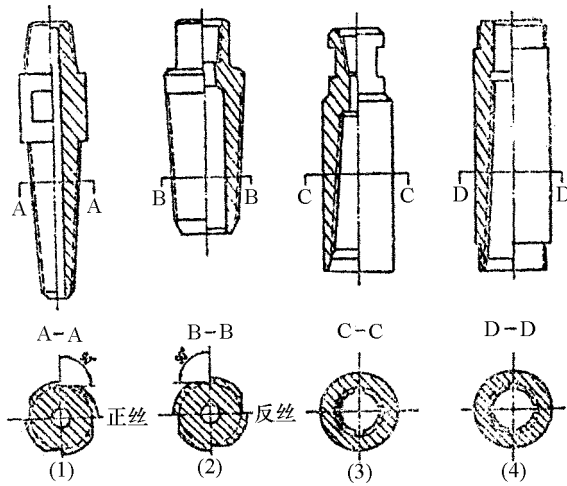


图 3-3-3 各种丝锥图

1- 钻杆公锥；2- 岩心管公锥；3- 母锥；4- 通心母锥

使用卡管器捞取事故钻杆，如图 3-3-4 所示。

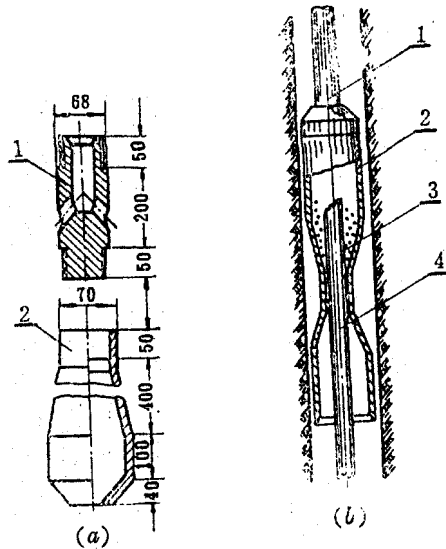


图 3-3-4 卡管器捞取事故钻杆图

1- 卡管器；2- 卡料；3- 事故钻杆

5. 冲刷：用小径钻具或钻杆下入孔内，通过泥浆泵的高压液流冲刷事故钻具周围的埋卡物。但必须在孔壁稳定的情况下，用此方法。

6. 抓取：用下部带齿的抓筒，处理掉入孔内的小物件或测斜仪。

7. 粘结：用粘泥、沥青、粘结剂等粘取掉入孔内的小物件或金刚石钻头胎体或金刚石。

8. 磁吸：用磁钉打捞器吸上掉入孔内的小物体或吸着斜靠孔壁的事故钻杆，配合丝锥打捞。

9. 窜动：用绞车提拉，上下窜动钻具，或用吊锤上下来回打击；或开车带动钻下扫动，用此法处理还有一定活动余地的被阻事故钻具，以求松脱。

10. 顶拔：用千斤顶（丝杠式或油压式）或用钻机油缸加减液压，向上顶拔孔内的事事故钻具。此项作业应注意安全，仅防钻杆顶断，千斤顶卡瓦飞出伤人。双重拉力起拔套管。