

钻探工程概论

(探工、水文、矿产等专业用)

成都地质学院

探工系钻探工艺教研室

一九八九年十月

钻探工程概论

胥建华

成都地质学院

钻探工艺教研室

一九八九年十月

前 言

《钻探工程概论》是作为探工专业的《钻探工程概论》课教材，同时也是为适应水文地质、工程地质、找矿、矿产地质勘探和放射性地质等专业《钻探工程》课教学需要而编写的合用教材。

本书内容包括：岩心钻探、水井钻探和工程地质钻探以及触探、水域钻探和工程施工钻技术所涉及的主要钻进方法、钻探设备、钻孔质量、护壁堵漏以及成井工艺和孔内试验等方面的内容。在讲授中，可按专业的具体要求进行调整和取舍。为便于非探工专业学员阅读和对钻探工程有一较为系统的了解，编写中，在着重于内容的全面性和实践性的同时插附了较多的图表。

由于水平所限，加之时间仓促，书中缺点错误在所难免，希读者批评指正。

编者

1989年10月

目 录

第一章 绪言	(1)
第一节 钻探工程发展简史.....	(1)
第二节 钻探工程的应用范围.....	(2)
第三节 钻探方法分类.....	(3)
第四节 岩心钻探钻进过程.....	(3)
第五节 岩石力学性质和可钻性.....	(5)
第二章 岩心钻探设备及管材	(11)
第一节 钻机.....	(11)
第二节 水泵.....	(15)
第三节 钻塔.....	(15)
第四节 动力机.....	(18)
第五节 钻探管材.....	(19)
第三章 钻进前的准备工作	(22)
第一节 选择钻场及修筑地基.....	(22)
第二节 基台木的安装.....	(23)
第三节 钻探设备布置安装.....	(24)
第四节 钻孔(井)结构.....	(27)
第四章 钻进方法	(30)
第一节 硬质合金钻进.....	(30)
第二节 钢粒钻进.....	(35)
第三节 金刚石钻进.....	(39)
第四节 冲击回转钻进.....	(44)
第五节 牙轮钻进.....	(47)
第五章 取心方法及工具	(52)
第一节 取心目的和要求.....	(52)
第二节 卡取岩心方法.....	(53)
第三节 单、双管取心钻具.....	(54)
第四节 金刚石取心钻具.....	(56)
第五节 反循环取心钻具.....	(58)
第六节 补取岩心方法及工具.....	(60)
第七节 取原状土样方法及工具.....	(62)

第六章 钻孔弯曲	(68)
第一节 钻孔弯曲的概念	(68)
第二节 钻孔弯曲的影响	(68)
第三节 钻孔弯曲的原因	(69)
第四节 防止钻孔弯曲的措施	(71)
第五节 纠正钻孔弯曲的方法	(73)
第六节 钻孔弯曲测量	(75)
第七节 定向钻进的基本概念	(79)
第七章 钻孔冲洗液	(84)
第一节 冲洗液的作用	(84)
第二节 泥浆的主要性能	(84)
第三节 泥浆的化学处理及性能调节	(85)
第四节 泥浆类型及选择	(87)
第五节 泥浆的配制与净化	(89)
第六节 钻进润滑剂	(90)
第八章 钻孔护壁与堵漏	(91)
第一节 复杂地层分类	(91)
第二节 套管护壁与堵漏	(92)
第三节 泥浆护壁与堵漏	(93)
第四节 水泥护壁与堵漏	(94)
第五节 化学浆液护壁与堵漏	(96)
第九章 水井钻探	(98)
第一节 冲击钻进	(98)
第二节 冲击钻机	(99)
第三节 冲击钻具	(102)
第四节 冲击钻进方法	(104)
第十章 供水井成井工艺	(105)
第一节 刮壁、换浆、探孔	(105)
第二节 井管	(107)
第三节 下管方法	(115)
第四节 填砾	(123)
第五节 洗井	(126)
第十一章 孔内试验	(132)
第一节 抽水试验	(132)
第二节 压水试验	(141)
第三节 灌浆试验	(145)
第四节 动力触探	(150)
第五节 标准贯入试验	(158)

第六节 静力触探.....	(163)
第十二章 水域钻探.....	(168)
第一节 概述.....	(168)
第二节 水上漂浮钻场.....	(169)
第三节 水上架空钻场.....	(180)
第四节 冰上钻场.....	(183)
第五节 水下钻探.....	(184)
第十三章 工程施工钻.....	(188)
第一节 高压旋喷法施工.....	(188)
第二节 钻孔灌注桩施工.....	(192)
第三节 地下连续墙施工.....	(198)

第一章 绪 言

第一节 钻探工程发展简史

凡是利用一定的设备和工具，破碎地壳岩石，造成一个直径较小而深度较大的圆柱形孔。称为钻孔。凡是采取一切有效手段和技术措施，保证钻孔施工顺利进行。以达到探明地下矿产储量，了解地层构造和岩石性质或其他目的，并使钻孔钻达预定深度的全部工作，称为钻探工程。

钻探起源于我们伟大祖国，远在二千二百多年以前，我国古代杰出的水利地质学家李冰父子，在四川自贡发现有咸泉存在，于是他们就凿井汲取卤水，解决用盐问题。当时凿井都是利用木材、竹条等制成简易的设备和工具。以冲击方法进行的。但其基本原理直到今天仍在运用。据记载在唐朝（公元618~906年）时代，我国就先后凿井640余口，其深度有超过300丈（900米）的。可见当时的凿井技术已是相当发达。但是，由于我国长期停滞在封建社会，抑制了劳动人民的智慧和才华，阻碍了我国钻探事业的发展

大约在1862年出现了第一台人力传动的金刚石钻机，用于隧道打爆破孔，随后逐步向机械回转方式过渡。1899年出现了钻粒钻进，以钻粒代替金刚石。1916年又出现了硬质合金钻进。但此时，回转钻进还处在萌芽阶段，冲击钻进仍然是主要的钻进方法，直至本世纪30年代，回转钻进才逐步成为岩心钻探中的基本方法。

岩心钻探近二、三十年来得到了很大发展，金刚石钻进方法的大力推广，绳索取心和反循环连续取心的应用，定向钻进的实现，护孔堵漏措施的完善，以及钻探机械设备的更新配套，都使钻探工作提高到了一个新的水平，目前在地质矿产岩心钻探中，国外最大钻孔深度已达到5700米的新水平，我国的钻孔深度也达到1803米。

石油钻井技术发展很快，自回转钻进方法的出现，使井深从一千米左右很快增加到数千米的深度，并且在1923年出现了井底动力钻，1957年又出现了电动钻和冲击回转钻进等，目前已得到广泛应用。近年来美国、苏联又发展了几种新型的井底动力钻具。如涡轮钻具、螺杆钻具、软管钻具等。到目前为止，石油钻井的深度国外最大井深已达到12000多米，我国最大井深达到7175米。

我国的钻探事业是在全国解放以后才得到迅速发展的，目前我国石油、地质、冶金、煤炭、建材、化工及其他许多部门都有自己的专门钻探队伍。在钻探技术方面，也逐步形成了自己的特色，如人造金刚石技术的发展和推广，就是结合我国具体情况，独立发展起来的一项新技术。

当然，我国的地质钻探事业与当前世界先进水平比较，还有一定的差距。为了使钻探工作在实现我国四个现代化的新长征中，发挥应有的作用。我们必须加倍努力。为赶上和超过世界先进水平而奋斗。

第二节 钻探工程的应用范围

钻探工程在国民经济中已占有相当重要的地位。并且随着工农业建设的发展。钻探工程的应用范围愈来愈广。在地质工作中钻探工程主要用于下列各方面：

1. 普查找矿钻探 为了揭露表土，探索基岩的性质及产状。了解地层及地质构造，或验证物探资料等而进行普查找矿钻探。在普查找矿中常用的有地表取样钻或轻便浅孔钻等。

2. 矿产勘探钻探 详细查明一个矿区的地质构造，探明矿体的产状、品位，求得矿产的储量，为矿产的开采提供必要的地质资料。通常在矿区布置一定的勘探网或勘探线，以比较集中的固定式机台进行钻探。

3. 水文地质及水井钻探 查明地下水的赋存状态、水质水量及其运动规律等水文地质情况。根据探采结合的精神，有时在进行了水文地质勘探后，下管成井作为供水井，有时为开发地下水源专打供水井。

4. 工程地质钻探 为查明桥基、坝基、路基或水库、港口及大型设备、高层建筑的地质基础和地基承载能力而进行的专门钻探工作称工程地质钻探。从深度而言，工程地质钻孔多属100米以内的浅孔；从地层而言，它主要钻进冲积地层。但它有特殊的取样要求和须在孔内进行专门的测试工作。

5. 油气田钻探 为勘探石油及天然气矿产而进行的钻探工作称油气田钻探，通称石油钻井。实际上，石油及天然气的勘探钻井和开发钻井常常结合在一起。由于石油及天然气矿藏的特殊条件，现在油气田钻井已经形成一支拥有专门设备和专门钻井工艺的专业化队伍。

随着科学技术的不断发展，对矿产资源的品种、质量以及开发途径也有了新的要求，因而促进钻探工程又开辟了许多新的领域，例如：为了找寻新的能源品种和基地，从六十年代以后许多国家（如美国、意大利、冰岛、日本、新西兰及我国等二十多个国家）大力进行地热钻探以开发地热资源；为勘探和开发大陆架海底蕴藏的石油和天然气，迅速发展起海洋（石油）钻探，利用了许多新技术，创建了大型新设备。现在北海、阿拉伯半岛沿海，美国西部及阿拉斯加南部沿海以及非洲沿海等地区正进行海洋石油钻井。据统计，美国1977年在海上的油气钻井占总生产井35%。可见海洋钻井发展之快。同时，为了开发海洋资源，现在开展了滨海钻探和海底地质钻探工作。为了了解新地区的地下情况，进行了南极极地钻探和月球表层钻探。为了了解地球深部的地质及构造，现正进行深达10公里的“超深井钻探”。这些情况说明，钻探工程的应用领域有了许多新的扩展。

钻探工程发展中值得注意的另一分支是利用钻探技术进行工程施工，称为工程施钻。例如：在大型桥墩建筑中，采用钻探技术创立了先进的“管柱”建墩方法。避免了水下作业；为了了解地面升降情况及变化规律，进行了专门的标（基岩标及分层）孔钻探，以便获得精确的测量；为了加固水坝、增强地基；为了疏导地下水、散发矿层气，或为安设地下电缆或管道以及修筑地下帷幕等都采用了钻探技术，这就简化了施工程

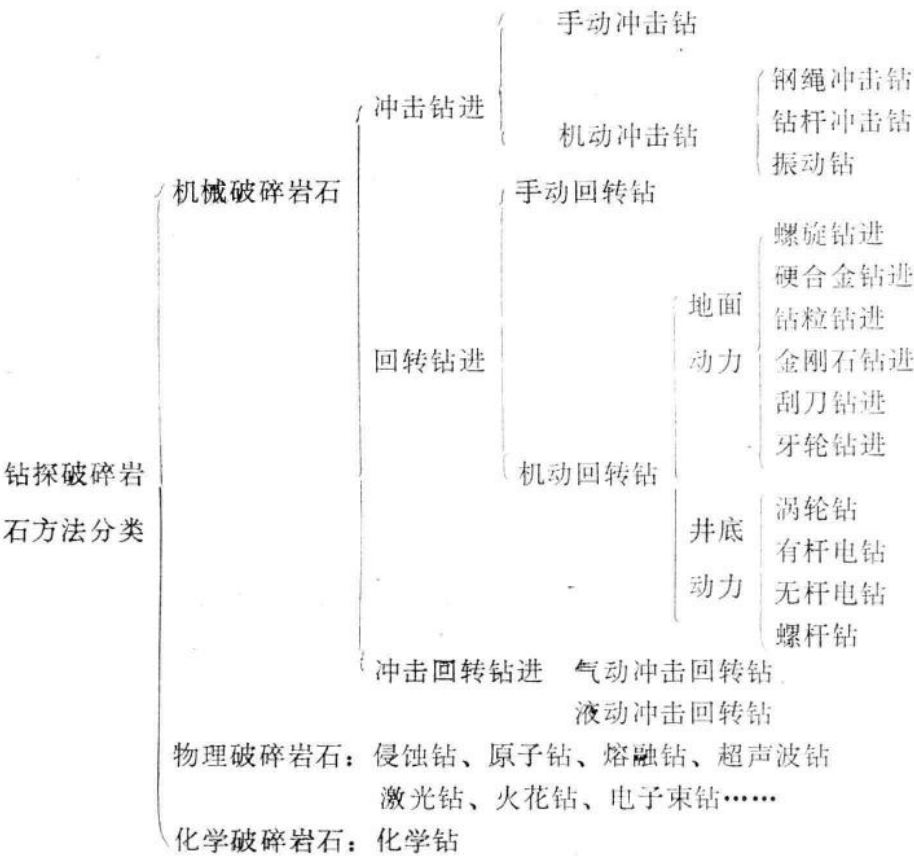
序，改善了作业条件。

现在，在工程施工钻方面已设计制造了许多专用设备并发展了特殊的钻进工艺。

第三节 钻探破碎岩石方法的分类

钻探破碎岩石方法分类，根据破碎岩石的方法不同，可以分为机械的、物理的和化学的几种。物理的和化学的破碎岩石方法，有些还处在试验研究阶段。目前主要应用机械方法来破碎岩石。

现将钻探破碎岩石方法分类列表归纳如下：



钻探破碎孔底岩石的形式，通常分为两种：可以是环状破碎形式。也可以采用全面破碎形式（即，无岩心钻探）。为了取得岩心地质资料，往往采用环状破碎形式，此种情况又称为岩心钻探。

第四节 岩心钻探过程

图 1—1 是岩心钻探示意图，它有动力机 3（内燃机或电动机）带动钻机 1 回转，通过钻机的回转器带动由钻杆 13，岩心管 16 和钻头 17 等组成的钻具。以一定转速旋转，

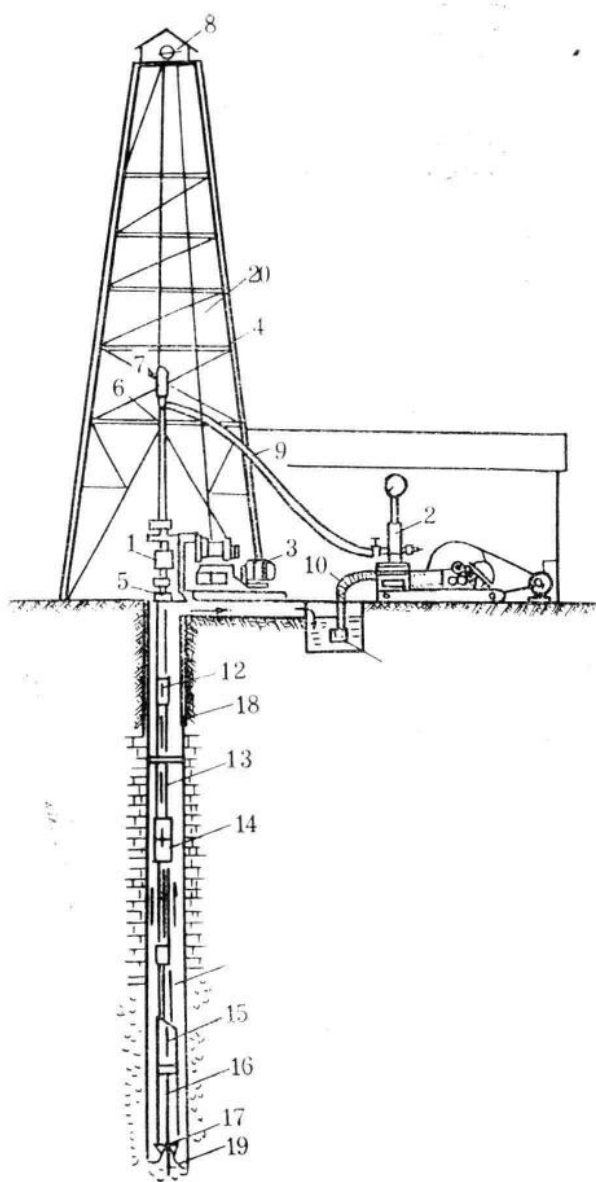


图 1—1 岩心钻探示意图

- 1—钻机;
- 2—泥浆泵;
- 3—动力机;
- 4—钻塔;
- 5—拧管机;
- 6—水龙头;
- 7—提引器;
- 8—滑轮;
- 9—送水胶管;
- 10—吸水胶管;
- 11—水源箱;
- 12—接箍;
- 13—钻杆;
- 14—锁接头;
- 15—沉淀管;
- 16—岩心管;
- 17—钻头;
- 18—套管;
- 19—岩心;
- 20—钢丝绳

并由钻机供给一定的轴向压力和扭矩，使钻头产生破碎岩石的作用，从而使钻孔不断地向下加深，这个过程称为钻进。

钻进过程中克取下来的岩粉，由水泵 2 通过送水胶管 9 和钻柱送入孔底的冲洗液，经钻柱与孔壁间环状间隙带到地表，流入水源箱 11 中沉淀。

在钻进过程中，岩心进入岩心管，充满到一定程度，要通过提升钻具或其他取心方法将岩心卡断，从孔底提至地表，同时将已磨损的钻头进行更换。从每次下钻到提出岩心算一个钻程，叫做一个回次。根据钻孔深度和岩层软硬或复杂程度的不同，回次进尺长度和钻进速度也不一样。

升降钻具时，是通过钻塔 4 和钻机的升降机进行的。升降时，先卸开机上钻杆，移

开钻机回转器，在钢丝绳20下面挂上提引器使之与钻杆结合，通过升降机的转动。钢丝绳绕缠或下放，就可达到升降钻具的目的。新型的全液压钻机和浅孔取样钻机，也可以用简单的钻架实现无塔升降。

如果不要采取岩心，就可以用不取心钻头钻进，通常称为无岩心钻进或全面钻进。在地质勘探钻孔中，当对所钻进地层的情况有透彻的了解时，可以考虑使用全面钻进，全面钻进因节省了取岩心所耽误的时间，比取心钻进有较高的钻进效率。

第五节 岩石力学性质和可钻性

岩石是钻探工作的对象，钻探工作的效率，钻孔质量和孔壁的稳定性等问题，都与岩石的物理力学性质有关。例如：岩石硬度和强度愈高，小时效率就低，岩石的研磨性愈强，钻头寿命就愈短，一些松散破碎的地层，或节理，裂隙发育的地段，容易造成孔壁不稳定，采心率下降等。因此，了解与钻进有关的一些岩石力学性质。对于选用合理的钻进方法和钻进规程是很重要的。

1. 硬度

岩石的硬度，是指岩石表面抵抗工具压入或吃入的阻力，可以理解为岩石的局部强

表 1—1

矿物硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷片石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

度、接触强度或抗压入强度。

岩石硬度的测定方法有数十种之多，基本上可分为三大类：刻划法、弹跳法和压入硬度。

刻划硬度：是一种很通用的简单方法，如矿物的莫氏硬度，是用十种矿物为代表，顺次序，后一个矿物可在前一个矿物上刻痕，硬度依次增高，共得十级，如表 1—1。

现场采用更简便的方法刻划来确定硬度：指甲（2.5度）。铁刀（3.5度）。普通钢刀（5度），玻璃（5.5度），锯条（6度），锉刀（7度），硬合金（8度）。

一般造岩矿物颗粒越小。岩石的硬度越大，沉积岩还要考虑胶结物的特性，例如，同样由石英颗粒组成的砂岩，粘土质胶结的较软，钙质胶结稍硬，硅质胶结就更硬。岩石越硬，钻进效率就低。

弹跳硬度：

是向精磨了的岩样面上自一定高度下落冲头或钢球冲击，以回弹高度作为硬度指标。国内外常用的肖氏硬度计就是按这种原理做成的。

静压入硬度：

利用各种形状压模对岩样磨光面静态加载测定岩石的硬度称为静压入硬度。一般常用平底圆柱形压模，压模接触面积不小于 2～3 毫米²，也可用直径 3×3 毫米合金柱压模。岩样可以是立方体的岩心或有两平行面的板状样。

2. 强度

岩石的强度是指整块岩石在不发生破坏的前提下能经受的最大应力,随着所受压力(拉力、压缩、弯曲、剪切)的不同,可分为抗拉强度、抗压强度和抗剪强度等。岩石的抗压强度最大。而抗拉、抗剪、抗弯等强度很低,如以岩石的抗压强度为1,则抗剪强度为抗压强度的 $1/6 \sim 1/11$,抗弯强度为 $1/5 \sim 1/12$,抗拉强度为 $1/10 \sim 1/15$ 。

一般岩石的颗粒细、结构致密。胶结物本身的强度大,胶结力强,岩石的强度也大,岩石的埋藏深度大,在各方面受压很大的情况下,会减少岩石的空隙度而增加比重,因而强度也随之增加。风化对岩石强度也有强烈影响,使强度降低,岩石的抗压强度对钻进效率有很大影响。

3. 弹性、塑性和脆性

岩石受到外力产生变形,外力撤除后,能够恢复原有的形状或状态的性质。叫弹性,岩石加了静压负载后,一般存在着弹性变形和非弹性变形同时出现的现象。因而应力和应变间不是完全呈正比关系。一般岩石的弹性都不显著,如岩石有弹性变形在钻进时要消耗一部分功率,也会造成钻具的跳动,给钻进工作增加困难。

岩石受到外力后改变形状而不产生断裂的性质叫塑性,例如,粘土、泥灰岩、高岭土等塑性较大。塑性岩石虽比较软,但钻进时容易产生缩径、堵水、糊钻等现象,也给钻进增加困难。

岩石在外力作用下,几乎不产生变形,而直接碎裂的性质叫脆性。滑石、烟煤等具有较大的脆性,这种岩石钻进效率很高,但采取岩心很困难,有时孔壁还会坍塌。

4. 研磨性

岩石的研磨性就是岩石对破碎岩石工具材料的磨损能力;岩石研磨性大小决定于岩石颗粒的大小、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,例如砂岩、石英砂岩的研磨性较大,而大理石、橄榄石研磨性较小,岩石研磨性越大,对切削具磨损越厉害,钻头寿命也越低,从而影响效率和回次长度。

5. 可钻性

岩石可钻性是指钻进过程中岩石抵抗破碎的能力,它表征岩石破碎的难易程度,体现出钻进速度的快慢,岩石可钻性取决于岩石的物理力学性质,破碎工具的尺寸形状和材料性质,以及钻进规程参数等,影响因素很多,所以岩石的可钻性是岩石的综合性质指标。

目前还没有一种较好地表示岩石可钻性的方法,当前岩心钻探中采用的按岩石可钻性分为十二级的分类表。是以钻进效果即小时效率和回尺进尺为指标进行分类的。它是在生产条件下,采用一定的设备、钻进规程,通过大量的标定工作制定出来的,很明显,其影响因素不仅是岩石本身,还涉及到设备、工具、钻头和操作水平及管理水平。由于技术条件不断改变,钻进效率也是不断变化的,所以必须每隔几年就应重新修正一次,而目前使用的分类表是原地质部于1958年颁发的,故必须修正。

按岩石物理力学性质指标来计算岩石的可钻性,是较为客观的。但究竟采用那些指标来作为划分的依据,使之能较好地反映岩性与效率规程等关系,还有待继续摸索。

一般说来,岩石的硬度和强度对可钻性影响最大,硬度大的岩石,可钻性等级高或叫做可钻性差,而较软的岩石,小时效率高。它们的可钻性较好,岩石的研磨性对可钻性也有影响,研磨性大,可钻性差,小时效率低,回次进尺短。

6. 可钻性分级

目前岩石可钻性分级,不同的研究者提出了不同的分级方法,由于对岩石的破碎机理的实质研究的还不够清楚,各种分级在生产实践中只能作参考。

我国最早的按岩石可钻性分级,是原地质部一九五八年制定的,按岩心钻探的生产定额将岩石可钻性划分十二级分级表。因钻探技术不断发展,各级别间需要修正,用效率系数来调整,如表1—2。

表 1—2 岩石可钻性与级间效率系数

级 别	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
米/小时	7.5	4.00	2.45	1.60	1.15	0.82	0.57	0.38	0.25	0.15	0.09	0.045
系 数		0.54	0.62	0.66	0.72	0.72	0.70	0.67	0.66	0.60	0.60	0.50

从上表的岩石可钻性的级间效率系数中可以看出一个规律来,其中五、六、七级岩石的效率系数为最高,从四级至一级、八级至十二级各级间效率系数均有一定比例的降低。

当前水文地质钻探的钻进效率还没有一个全国性的较完整的生产定额指标,多年来均以岩心钻探的一九五八年定额为依据,编制各自的定额指标。现根据各个水文地质工程地质队与水文地质普查队所试行的钻探生产定额综合统计资料,其生产效率在三级以上的各级岩石均超过一九五八年的生产定额指标,只有在一、二级的松软地层的钻进效率低于该定额指标。现根据多年来的实践,按一九五八年生产定额中的各级间效率系数,结合现有综合统计资料的各级岩石可钻性级间效率系数,拟定出一个岩石可钻性的效率指标,按十二级分级标准,制定了一至十级岩石可钻性分级表,由于十一、十二级的岩石可钻性标准,在水文地质钻探中没有统计数据(很少见到该类级别的岩层),因此,没有列出这两级别岩石的可钻性。岩石可钻性与各种级别岩石的级间效率系数见表1—3所示。

表1—3 十二级岩石可钻性与级间效率系数

级 别	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
米/小时	5.50	4.00	3.00	2.40	1.82	0.33	0.93	0.61	0.36	0.20		
系 数		0.72	0.75	0.80	0.75	0.72	0.70	0.65	0.60	0.55		

十二级岩、土分级表见表1—4所示。

上述十二级岩、土分级表中的岩石可钻性指标,基本上是按钻孔直径为150毫米以内,采用硬质合金钻头、钢粒钻头常规取心钻进工艺考虑的。但是这个小时效率指标仍是偏低的,仅供参考。

表1—4

岩石、土层分级表供参考

岩石 级别	岩石名称	可钻性 (米/小时)
I 级	次生黄土, 次生红土, 泥质土壤。松散的砂质土壤 (不含石子及角砾), 冲积的砂土层, 湿的软泥。砂藻土 泥炭质腐植层 (不含植物根) 淤泥质亚粘土、淤泥 粉细砂, 粘砂土	5.50
II 级	黄土层、红土层、松软的泥灰层 含有10~20%砾石 (小于毫米) 的粘砂土及砂粘土层 砂姜黄土层、粘性土 (含砂姜20%以下) 松软的高岭土层 (包括矿层中粘土层) 泥炭及腐植层 (带有植物根的) 不含水的中粗砂层, 冰	4.00
III 级	全部风化变质的: 页岩、板岩、千枚岩、片岩 轻微胶结的砂层 石膏质土层, 滑石片岩, 软白垩 贝壳石灰岩。褐煤 含砾石的砂质土壤 (砾径30毫米以下, 含量占15~20%) 含砂姜的黄土层 (含砂姜量占20~30%) 含水的砂层 含泥质高的泥灰岩 致密的粘性土	3.00
IV 级	页岩、砂质页岩, 油页岩、炭质页岩、钙质页岩及砂页岩互层 较致密的泥灰岩 泥质砂岩 粗粒石灰岩、白云岩 火山凝灰岩 岩盐, 钾盐, 结晶石膏, 无水石膏 冻结的含水砂层 含砾石的粘土层 (砾径20~50毫米, 含量占30~40%) 含砾石的砂层 (砾径30~40毫米, 含量占20~30%) 含砂姜的粘性土 (含量占30~50%)	2.40
V 级	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, 白云岩, 大理岩 较松软的砂岩 蛇纹岩, 纯橄岩, 蛇纹石化的火山凝灰岩, 风化的角闪石斑岩, 粗面岩 硬烟煤、无烟煤 萤石带。碎石及崩积层 冻结的: 粗粒砂砾层、泥层、砂土层 含卵砾石的砂层 (砾径50~70毫米, 含量占30~40%) (砾径80~100毫米, 含量占20~30%) 含卵砾石的粘土层 (砾径80~100毫米, 含量占30~40%) 卵砾石地层 (砾径20~50毫米, 含量占50%以上) 砂姜石层 (砂姜量占50~80%)	1.82

续表

岩石 级别	岩石名称	可钻性 (米/小时)
Ⅵ 级	含石英、绿泥石、云母、绢云母的板岩、千枚岩、片岩 轻微砂化的石灰岩 方解石及绿帘石的砂卡岩 钙质胶结的砾石、长石砂岩、石英砂岩 石英粗面岩 角闪石斑岩、透辉石岩、辉长岩、阳起石辉石岩 冻结的卵砾石层 以积积岩为主的砂卵砾石层（砾径80~100毫米，含量占30~40%），砾径100~120毫米，含量占20~30%） 含卵砾石的粘土层（砾径100~150毫米，含量占20~40%） （砾径70~100毫米，含量占40~50%） 卵砾石层（砾径50~80毫米，含量占50%以上） 砂姜层	1.33
Ⅶ 级	含角闪石、云母、石英的千枚岩、片岩 微砂化的板岩、千枚岩、片岩 石英二长岩 微片岩化的钠长石斑岩、粗面石、角闪石斑岩、玢岩、辉绿凝灰岩 方解石化的辉石、石榴子石砂卡岩 含矿的辉石岩类，含矿的角闪石类 轻微风化的：粗粒花岗岩、正长岩、闪长岩、斑岩、玢岩、辉长岩及其他火成岩 砂质石灰岩，燧石石灰岩 以火成岩、变质岩为主的卵砾石层（砾径100~120毫米，含量占40~50%），砾径130~150毫米，含量占30~40%）	0.93
Ⅷ 级	砂化绢云母板岩、千枚岩、片岩 片麻岩，绿帘石岩，明矾岩 含石英的重晶石岩石，含石英的碳酸盐岩石 粗粒及中粒的辉石、石榴子石砂卡岩 钙质胶结的砾岩 轻微风化的：花岗岩、花岗片麻岩、伟晶岩、闪长岩、辉长岩、石英电气石岩类 玄武岩，辉绿岩，钙钠斜长石岩，辉石岩，石英安山斑岩 中粒结晶钠长斑岩，角闪石斑岩 细粒砂质胶结的石英砂岩、长石砂岩 含大块燧石石灰岩 粗粒宽条带的磁铁矿、赤铁矿、石英岩 以花岗岩、变质岩为主卵砾石地层（砾径130~150毫米，含量占40~50%） （砾径150~200毫米，含量占30~40%）	0.61

续表

岩石 级别	岩石名称	可钻性 (米/小时)
Ⅸ 级	高矽化的板岩、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 伟晶岩 微风化的：石英粗面岩、微晶花岗岩 带有溶解空洞的石灰岩 矽化的凝灰岩、角页化凝灰岩、绢云母角页岩 细晶质的辉石、绿帘石、石榴子石砂卡岩 细粒细纹状的磁铁矿、赤铁矿、石英岩、层状重晶石 含石英质的磷灰岩层 以花岗岩、变质岩为主的卵砾石地层（砾径130~150毫米，含量占50%以上）， （砾径150~200毫米，含量占50%以上）	0.36
X 级	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 细纹结晶状的：砂卡岩、角页岩 带有微晶硫化矿物的角页岩 玉髓层 以花岗岩、变质岩为主的漂石卵砾石地层	0.20

水文地质钻探及供水井钻探均要求成井的钻孔直径较大，而钻孔直径及钻孔深度均影响钻进效率。钻孔直径与钻孔深度影响钻进效率的修正系数见表1—5，表1—6所示。

表1—5 钻孔直径修正系数

钻 孔 直 径 (毫米)	150	219	273	325	377	426
效 率 系 数	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4

表1—6 钻孔深度修正系数

孔 深 (米)	0~100	101~200	201~300	301~400	401~500	500 以上
效 率 系 数	1	0.9	0.84	0.84	0.84	0.80

第二章 岩心钻探设备及管材

第一节 钻 机

钻机是钻探主要设备之一，钻机的种类很多，构造各有不同，岩心钻机主要是回转式钻机，按回转器不同，可以分为立轴式和转盘式两大类，按给进方式不同，可分为手把（手轮）给进式螺旋差动式、钢绳加压式和油压给进式等，按动力及其传动方式不同，可分为机械传动式、机械——液压转动式、全液压式，按钻机装置情况不同，可分固定式和移动式两种。

钻机的用途是：1. 使钻具回转并施加轴向压力，以破碎岩石加深钻孔；2. 从孔内升降钻具或套管。为了完成上述各种工作，故岩心钻机应有回转机构，给进机构、传动变速机构和升降机构等基本部分组成。

现将各类钻机分类叙述如下：

一、手把（手轮）给进立轴式钻机

这类钻机的特点是结构简单，制造容易，操作时对孔内情况手感性好，但操作机械化程度低。体力消耗大，不安全，从结构上看不能满足钻探技术发展的要求，在国外已很少使用，我国于六十年代以前使用较多，文化大革命以后，已经停止生产，目前只有少数单位使用改进后的手轮给进式钻机，如XB—500、XB—1000型钻机等。

二、油压给进立轴式钻机

这类钻机的主要优点是：

1. 采用油压给进、油压卡盘、油压移动，并可配备油压拧管机（或机械拧管机）因而机械化程度高，操作安全，可靠，并可减轻工人体力劳动。
2. 配有孔底压力指示器，可以较准确的控制孔底压力，有利于提高钻速。
3. 当遇到空洞地层钻杆折断时，可以防止钻具下落，有利于安全作业，卡埋钻具时，油压缸可以当液压千斤顶使用。

油压给进钻机可以使用硬质合金、钢粒、金刚石等钻进方法钻进，也可用于无岩心钻进。

现以国产XU300—2型油压钻机为例说明这类钻机的基本情况。

XU300—2型钻机是一种新型油压给进立轴式钻机。

该钻机主要特点是：变速箱输出四个正转速度和二个反转速度便于处理事故；只有一个油压上卡盘，无下卡盘。可实现自动卡紧和松开主动钻杆；采用六方主动钻杆与油压卡盘配合，可实现“不停车倒杆”，并可用升降机进行快速扫孔；配套有液压扭管机，可实现机械化拧卸钻杆，减轻体力劳动。