

214975

高等学校教材試用本

# 学 探 钻

(普查找矿专业用)

长春地质学院

北京地质学院 钻探教研室合編

成都地质学院



中南地质学院

图书馆藏

中国工业出版社

## 前 言

本教材是在长春地质学院、北京地质学院、成都地质学院原有三本讲义基础上选編而成。适用于普查找矿专业。教材中概括的介紹了各种钻探方法，~~重点的介紹了~~淺孔钻探及机械回轉钻探；增添了 1958 年大跃进以来钻探上所获得的新成就。所以教材內容是比較丰富和全面的。

本教材是由长春地质学院主編，北京地质学院及成都地质学院参加編写。由于第一次对普查找矿专业編写教材，編者水平有限，再加上編写時間比較仓促，难免有錯誤与不妥之处，希望讀者多多給予指正，以便再版时修改。

長春地質学院

北京地質学院

成都地質学院

1961 年 6 月編

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 緒論                         | 5  |
| 一、钻探在普查找矿中的作用及其在国民經济中的应用范围 | 5  |
| 二、我国钻探发展簡史                 | 6  |
| 三、钻孔及其要素                   | 8  |
| 四、钻孔的基本程序和钻孔結構的概念          | 9  |
| 五、钻探方法的分类                  | 11 |
| 第一章 岩石的物理机械性質              | 12 |
| 第一节 岩石主要的单一物理机械性質          | 13 |
| 1. 强度                      | 13 |
| 2. 硬度                      | 15 |
| 3. 彈性, 塑性和脆性               | 16 |
| 第二节 岩石主要的綜合物理机械性質          | 18 |
| 1. 可钻性                     | 18 |
| 2. 研磨性                     | 24 |
| 3. 稳固性                     | 25 |
| 第二章 浅孔鑽探                   | 26 |
| 第一节 浅孔手动钻探                 | 26 |
| 1. 概述                      | 26 |
| 2. 手动钻探的设备与工具              | 29 |
| 3. 手动钻探的钻进工艺               | 35 |
| 4. 封孔及起拔套管                 | 38 |
| 5. 斑加钻                     | 39 |
| 6. 洛阳鑽                     | 41 |
| 第二节 浅孔机械钻探                 | 43 |
| 1. 螺旋钻                     | 43 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 2. 震动钻 .....         | 17  |
| 第三章 机械回转鑽探 .....     | 53  |
| 第一节 概述 .....         | 53  |
| 第二节 鑽探工具 .....       | 55  |
| 1. 钻头 .....          | 55  |
| 2. 岩心管 .....         | 58  |
| 3. 取粉管 .....         | 60  |
| 4. 异径接头 .....        | 61  |
| 5. 钻杆 .....          | 62  |
| 6. 钻铤 .....          | 66  |
| 7. 套管 .....          | 67  |
| 8. 孔内钻具的配合 .....     | 69  |
| 9. 附属工具 .....        | 71  |
| 第三节 鑽探設備 .....       | 74  |
| 1. 钻机 .....          | 74  |
| 2. 水泵 .....          | 95  |
| 3. 动力机 .....         | 103 |
| 4. 钻塔 .....          | 109 |
| 第四节 钻进前的准备工作 .....   | 118 |
| 第五节 清洗钻孔 .....       | 125 |
| 1. 概述 .....          | 125 |
| 2. 泥浆的主要性能及其测定 ..... | 129 |
| 3. 泥浆的处理及试剂 .....    | 135 |
| 4. 泥浆的制造与净化 .....    | 139 |
| 5. 粘土的寻找与鉴定 .....    | 142 |
| 第六节 钻进方法 .....       | 144 |
| 1. 岩心钻进 .....        | 145 |
| 2. 无岩心钻进 .....       | 181 |
| 3. 复杂地层钻进 .....      | 189 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第七节 采取岩心及判层 .....        | 194 |
| 1. 采取岩心 .....            | 194 |
| 2. 判层 .....              | 202 |
| 第八节 钻孔弯曲及其测量 .....       | 207 |
| 1. 概述 .....              | 207 |
| 2. 钻孔弯曲的原因 .....         | 208 |
| 3. 钻孔弯曲的预防与矫正 .....      | 212 |
| 4. 钻孔弯曲的测量 .....         | 214 |
| 第九节 钻探的孔内事故, 保安与防火 ..... | 217 |
| 1. 钻探的孔内事故 .....         | 217 |
| 2. 钻探安全技术及防火措施 .....     | 221 |
| 第十节 封孔 .....             | 223 |
| 第十一节 钻探工作的组织与计划 .....    | 225 |
| 第四章 其他鑽探方法 .....         | 235 |
| 第一节 机械冲击钻探 .....         | 235 |
| 第二节 深井转盘钻探 .....         | 236 |
| 第三节 井底发动机钻探 .....        | 238 |
| 鑽探工程發展途徑 .....           | 241 |

## 緒 論

### 一、钻探在普查找矿中的作用及其在国民經济中的应用范围

钻探就是利用一定的設備、工具、破碎地壳岩石，完成一个直径較小而深度較大的圓形孔，以滿足地质勘探及国民經济其他各部門的需要。钻探的应用范围是极其广泛的，在矿产地质勘探、水文地质及工程地质勘探、采掘工业、农业、建筑业及其它工业部門都被采用。

在普查找矿阶段，为了剥离表层（制造人工露头）、了解地质构造、寻找盲矿体等一系列地质問題，須要配合輕型山地工作进行一些淺钻；在勘探阶段，煤田、石油、大的錳鉄矿、以及其它金属与非金属矿床，均需采用钻探来取得矿产儲量、品位、矿体形状及其它技术資料，如构造、矿区水文地质等，以便对矿床作出正确的工业评价，为矿山开发設計提供必需的技术經济資料。

在水文地质和工程地质工作中亦多应用钻探，如建筑巨大的工业与民用建筑必須用钻探对地基进行了解；鉄路、公路路基的工程地质勘测；水工建筑的工程地质勘探；地下水的观测和实验等工作中，均須借助于钻孔。

在采掘工业中，钻孔的应用也是很广泛的，如开采石油、天然气、盐水、工业或民用水等。

此外，还有很多輔助钻孔如矿山通风排水钻孔；竖井掘进用的冻结和水位降低钻孔；巷道内电纜、水管、风管的安装钻孔；炸破钻孔；掘进巷道时的超前指示钻孔；以及加固

地基的灌浆钻孔等。

凡是以勘探为目的的钻孔称为勘探孔，以开采为目的的钻孔称为开采孔或生产孔，同时具有两种性质的称为勘探—开采孔，而以完成其他工程为主要目的的称为辅助钻孔或技术钻孔。

钻探学是研究钻孔方法、钻孔设备、钻进工艺以及将钻孔多、快、好、省的应用于国民经济各部门的一门技术性课程。

钻探是找矿勘探工作中重要手段之一。地质工作者必须具备钻探学知识，才能够根据不同的地质条件，合理地选择钻探方法，多快好省地为开展钻探工作创造有利条件。

## 二、我国钻探发展简史

钻探起源于我们伟大的祖国。远在二千二百余年以前，我国古代杰出的水利地质学家李冰父子，在四川广都一带发现有盐泉存在，于是他们就凿井为泉，汲取卤水，解决用盐问题。当时凿井方法都是利用木材、竹条等制成简易的设备和工具，以冲击方式进行凿孔的，那时设备虽然简单，但已经能够钻凿大口径且深度相当大的盐井。据记载在唐朝（公元618～906年）先后凿井640余口，其深度有超过300丈的。可见当时凿孔技术是相当高的。这充分说明我国人民在钻探事业上作出了卓越的贡献。但历代的封建统治者是不重视和发扬这些生产成就的；社会制度束缚了生产力的发展，工业发展迟缓，因而一千多年来我国钻探事业也停滞不前。

在解放前的旧中国，反动统治者、军阀、买办勾结帝国主义，大量掠夺我国矿产资源，他们为了获得最高的利润，以掠夺式地见矿就采和专采富矿的资本主义经营矿山企业的方式掠夺我国地下宝藏，当时虽亦有少量钻探工作，但极为

有限，因而解放时，仅遗留下 14 台殘缺不全的钻机。

1949 年中华人民共和国成立以后，大规模的社会主义建设，需要大量的矿产资源，勘探工作得到了飞跃的发展。由于党和毛主席英明正确的领导以及苏联无私的援助，我国的钻探工作才进入了新的历史阶段，得到了史无前例地发展。从所完成的钻探工作量来看，解放后至 1957 年完成的总工作量相当于解放前总工作量的 62 倍。全国钻探台月效率也迅速增长；1957 年的平均台月效率（地质部系统）就为 52 年的 235%。在探矿机械方面，上海、太原等地机械厂先后制造了国产钻探设备，并在各地建立了探矿机械厂，大量生产钻探设备和工具，钻机已由解放前破旧不堪的 14 台增加到几千台。在培养技术干部方面，从 1951 年起，陆续培养了大批钻探技术工人和干部，北京地质学院及中南矿冶学院还成立了探矿工程系或专业。此外还聘请了苏联专家到我国来讲学，并派遣了大批留学生和实习生到苏联去学习。我国钻探技术队伍在党的培养下，在苏联专家热心教导和帮助下迅速成长起来。

1958 年以来，在党的建设社会主义总路线的光辉照耀下，全国出现了空前大跃进的局面，钻探工作也取得了很大成绩；1958 年岩心钻探工作量超额 22% 完成国家计划，比 57 年又翻了一番。1958 年的钻探台月效率比 57 年提高了将近 30%。全国各地出现了大批月进千米的钻机。1958~1960 年三年来的大跃进，创造了适合我国经济技术条件的“二大、二快、一小、一好”一整套快速钻探的方法和措施，基本上解决了中硬以下地层中钻进问题。在钻探设备方面，试制成了油压钻机和轻便桅杆钻塔等。在升降工序机械化方面，创造了各种撑管机、提引器等。在新的钻进方法和新的破碎岩

石方面，如冲击回轉钻进法、水电效应破碎岩石等也进行了不少研究工作，今后将会取得更光輝的成就。

### 三、钻孔及其要素

根据一定目的向地壳內钻出直径小而深度大的柱状圆孔，称为钻孔或钻井。

钻孔的地面出口称孔口（井口），底部称孔底（井底），侧面称孔壁（井壁），如图 1 所示。

钻孔直径、钻孔深度和钻孔方向組成钻孔的三要素。它是根据钻探目的、钻探地点的地质、地形条件等因素决定。

钻孔的方向，有垂直的（垂直孔），各向不同傾斜的（斜孔），也有在一定距离內作定向弯曲的（定向孔）。在地表勘探，一般多用直孔，急傾斜矿体的勘探往往用斜孔，而在地下坑道內进行勘探矿体时，根据需要有时钻水平或向上的钻孔，如图 2 所示。

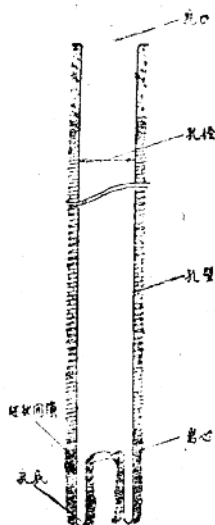


图 1

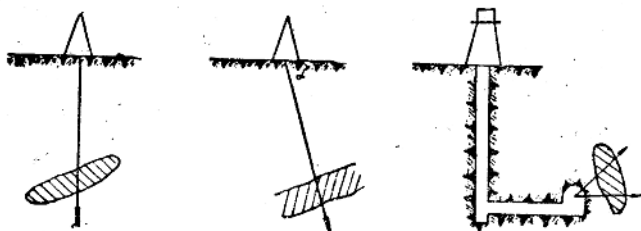


图 2

钻孔的直径变化很大，地质勘探钻孔的直径由 52 至 150 毫米，勘探或开采油气钻井的直径由  $3\frac{3}{4}$  吋至  $25\frac{3}{4}$  吋，用钻井方法钻凿矿山竖井的直径可达数米。

钻孔（钻井）的深度，可由数米（地质调查测量用）至数千米（勘探或开采用），目前世界上的超深钻井已经达到 7000 米以上。

#### 四、钻孔的基本程序和钻孔结构的概念

为了完成一个钻孔，不论应用何种方法都必须遵循以下的基本程序：

##### （一）破碎孔底岩石

钻孔首先要进行破碎岩石的钻进工作，而钻进效率的高低取决于破碎岩石的速度。破碎岩石就是根据不同性质的岩石，选用各种不同类型的破碎材料和钻头，以冲击力、压力和剪切力、研磨力作用于岩石，使小块岩石离开整体。破碎岩石依据作用力的性质不同，可以分为冲击的方法，回轉的方法和两者綜合的冲击回轉方法。

冲击方法破碎岩石是利用楔形的冲击钻头，提升到一定高度自由下落，对孔底进行冲击，如此反复进行即可破碎岩石加深钻孔。利用这种方法使孔底岩石全部被破碎，故称为全面钻进。

回轉方法破碎岩石是根据岩石的性质不同选用不同的破碎材料（硬质合金、金刚石、钻粒等），将它鑲嵌、燒焊在钻头上或投放到孔内钻头的底部，借助軸向压力和回轉力的作用，破碎孔底岩石。这种方法可使孔底岩石全部破碎；也可以只破碎孔底环状部分岩石，中間保留岩心。后者称为环状钻进或取心钻进。

冲击回轉方法是利用冲击器，产生較高頻率的冲击作

用，在回轉作用的配合下进行破碎岩石的。

## (二) 提取岩心和岩粉

在破碎岩石的过程中，将留有岩心和岩粉，为了获得地质资料和继续加深钻孔，必须及时取出岩心和排除岩粉。由孔底取出岩心和岩粉的方法有以下几种：

1. 所钻的岩石附着在钻具上与钻头一同提出可以取得岩石。这种方法在浅孔手动钻探中钻进粘結性塑性的粘土或岩石时，被破碎的岩石随着勺形或螺旋形钻头，一同提至地表。

2. 用抽筒（或称捞砂筒）将岩粉取出。这种方法在冲击钻探中使用，把岩粉用水混成稠浆状，然后用抽筒抽汲至地表。

3. 岩心随岩心管或取心器提出孔外。现在的机械回轉钻探中，常用它来获取孔內的岩心。

4. 用液体、气体洗孔的方法把岩粉在钻进的同时冲到地表。

## (三) 加固孔壁

当岩石破碎后，则在地壳中留下一个孔穴，破坏了原来地层的平衡状态。在不稳固的岩层（松散、软质、有大裂隙或遇水膨胀的岩层），为了防止孔壁坍塌；隔离含水层及防止洗孔液漏失等，必须加固孔壁。加固孔壁的方法有以下几种：

1. 借助泥浆作为洗孔液，由于泥浆具有的胶体化学性质，在洗孔的过程中，在孔壁上形成泥皮可以保护孔壁；同时泥浆本身所产生的静水压力，也可以防止岩层坍塌或隔离地层，这种方法虽然具有临时性，但最为经济。

2. 利用粘土或水泥加固孔壁，这种方法往往在上述地

层较为严重的情况下使用。可将粘土制成粘土球，投入孔内，用钻具捣实，粘結不穩固的孔壁或注入水泥待与孔壁岩层胶結凝固后，重新钻穿。

3. 用金属套管下入孔内，并借助粘土或水泥封閉之，以隔离地层或防止孔壁坍塌，这种方法虽然可靠但最不經濟，应在勘探钻孔中尽量少用。

很显然当我们使用套管加固不穩固的孔壁后，如果再想繼續加深钻孔，钻孔的直径就必然发生变化。地层是复杂的，因而钻孔也不是一个直上直下直径不变的圓孔，如图3-51所示。不同直径的深度也不是固定的，所以必須对钻孔結構加以闡述。

钻孔結構（钻孔构造）也就是钻孔的技术剖面，在该剖面中應該表明：（1）钻孔的总深度和不同直径的分段深度；（2）钻孔各段的直径及套管直径；（3）加固钻孔的方法。

钻孔在施工之先必須根据钻探目的，钻探方法，技术条件及地质条件进行钻孔結構的设计。正确的設計钻孔結構可以节省各种材料及动力、提高钻进速度、保証順利钻进，并能取得地质所需的足够資料。钻孔結構这問題，以后将在相应的章节进一步加以討論。

### 五、钻探方法的分类

钻探方法的分类主要是依据破碎岩石的方法不同而进行分类的。

目前破碎岩石的方法不外乎下列几种：物理、化学的和机械的。

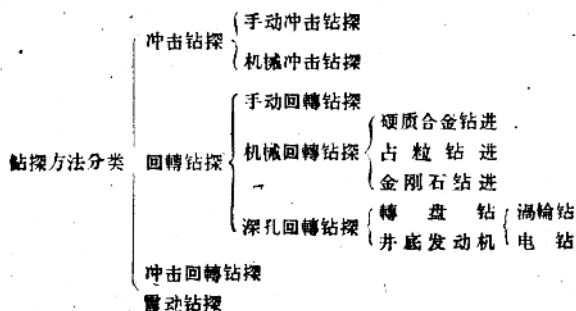
物理方法破碎岩石有用高温（ $1400\sim 3500^{\circ}\text{C}$ ）高压（ $20\sim 25$  大气压）使岩石破碎、熔化和部分燃烧。高温高速火焰气流一边破碎岩石一边将岩屑吹出孔外。此外对坚硬岩

石的破碎很多学者正在研究，如：超声波和低声波的破碎方法，高频率加热时岩石的分裂和水电热效应的破碎方法，还有爆炸法，无线电波法等。

化学方法破碎岩石应用很少。例如溶解、气化。

机械破碎岩石的方法在目前应用最广。这种方法主要是在岩石中产生很大的局部应力至岩石破碎或者是应用高频率的震动力以破碎岩石。

破碎岩石的方法，依目前的钻探实际情况，可以把钻探方法做如下简要分类：



有关目前应用不多或正在研究的方法如热力、超声波、低声波、水电热效应等破碎岩石的方法没有列入分类表里。

## 第一章 岩石的物理机械性质

钻一个钻孔，首先须要破碎岩石，然后把岩粉从钻孔中清除出来。当岩粉被清除之后，便留下了一个空洞，岩石平衡状态就被破坏，甚至有坍塌之趋势。为了维持钻孔的继续

延深，有时須要保全孔壁。

很明显，从钻探全部程序看来破碎岩石与防止孔壁坍塌（加固孔壁）是钻探工作中突出的矛盾。由于勘探钻孔具有临时性以及钻孔在空間暴露面积不很大的特点。我們应当看出，矛盾的主要方面是破碎岩石。因此，钻探工作研究岩石物理机械性质目的就在于掌握其規律性，給更有效的破碎岩石提出依据，即正确的选择破碎方法、破碎材料和钻探設備；合理的确定最优的钻进技术規程。

应当指出，钻进是在复杂的自然条件下进行的，对钻进有影响的并非岩石的某一种物理机械性质，而是許多性质綜合在一起产生的共同影响，如钻进松软岩石时，岩石的硬度和强度不大，对破碎是有利的，但其含水性往往較强，顆粒之間的粘結性較弱，对保护孔壁又是不利的；又如钻进坚硬岩石时，岩石的硬度大，研磨性强，以致钻进速度异常緩慢，钻头易于磨損，材料消耗大大增加，但岩石的穩固性有时較好，无須保全孔壁。因此，到目前为止，对岩石的物理机械性质的研究还有很多不足之处，有待深入探討。

我們研究岩石物理机械性质目的既然在于提高钻探效率因而应当把与各种破碎方法有关的岩石特性，加以闡述，但目前机械破碎方法使用最广。因此在这里以研究与机械破碎方法有关的岩石物理机械性质为主。并且着重討論岩石的內在規律和在不同外載荷作用下对岩石固有特性的影响。以利于正确的选择破碎岩石的方法。

## 第一节 岩石主要的单一物理机械性质

### 1. 强 度

强度的定义是指岩石抗破碎的能力。亦即在不同形式外

力（拉伸、弯曲、剪切和压缩）作用下岩石抗破碎阻力的总称。强度是以作用在岩石单位面积上极限应力来衡量的。单位是公斤/平方厘米。

同样一块岩石其抗拉，抗弯，抗剪和抗压强度的大小是不同的，如岩石的抗拉强度最小，抗弯、抗剪强度次之，抗压强度最大。由表（1-1）所列出的数值可以看出，若岩石的抗压强度为 1，则抗剪强度为其  $1/6 \sim 1/11$ ，抗弯强度为其  $1/6 \sim 1/12$ ，抗拉强度为其  $1/10 \sim 1/16$ 。

几种岩石抗张、拉弯、抗剪、抗压强度关系表 表 1-1

| 岩石名称 | 抗压强度 | 抗拉强度      | 抗弯强度      | 抗剪强度     |
|------|------|-----------|-----------|----------|
| 花岗岩  | 1    | 0.02-0.04 | 0.08      | 0.09     |
| 砂岩   | 1    | 0.02-0.06 | 0.06-0.12 | 0.1-0.12 |
| 石灰岩  | 1    | 0.04-0.1  | 0.08-0.1  | 0.15     |

因此，利用岩石的抗拉与抗弯强度比较弱的特点，采用相应的破碎方法是可以得到较好的效果。但到目前为止，绝大多数岩石的破碎还是利用压入与剪切的方法。

岩石的抗压、抗剪强度取决于造岩矿物本身的性质，颗粒大小、硬度、颗粒间的联结关系、颗粒的充填程度（即容重或密度），胶结物质的性质及分布，岩石的结构和风化程度等等因素，例如颗粒较小、充填较好、灰质或硅质胶结的岩石，强度往往大于颗粒较大或不均匀、充填程度较差、泥质或灰质胶结的岩石。

此外，岩石的各向异性，也反映出不同的强度。对一般的岩石，作用在垂直岩层层面的强度最小，平行于岩层层面的强度次之，斜交于岩层层面的强度最大，掌握这一规律并

依此选择钻孔钻穿岩层的方向，对提高钻进效率也是重要因素之一。

岩石的抗压强度，一般都是指单向压缩所测得的试验数值，假如岩石处在各向压缩的情况下，则岩石的机械性质将会大大变化。研究这一规律具有实际意义，因为钻孔所穿过的岩层都埋藏在地壳深部，都处在接近各向压缩的状态。均匀的各向压缩，岩石的抗压强度比单向压缩的抗压强度大 10~15 倍之多；非均匀的各向压缩，将使岩石的机械性质会发生更大而且复杂的变化。由此可以看出，岩石在地下深处的性质和在地表上是有极大的差别。所以钻深孔时，由于孔内的冲洗液柱所产生的静水压力，也会影响孔底岩石的强度。

## 2. 硬 度

硬度的定义到目前为止，还没有一个完善的解释。通常理解硬度是岩石抵抗其他刚体压入的阻力。在矿物学中，利用刻划标定硬度，按莫氏十级分类作为区别矿物的标志，但各级之间硬度异常悬殊。这是一种相对表示方法，在工程上应用的实际意义不大。

硬度与强度的概念是有区别的。强度是一般的概念，是抵抗在不同形式外力作用下，破碎阻力的总称；是抵抗其全部体积破碎的能力。硬度是岩石抵抗其他刚体压入的阻力；是岩石抵抗其局部表层破碎的能力。也就是岩石的抗压入阻力或称抗压入强度。

实验证明，岩石的硬度较同样岩石在单向压缩时的抗压强度要大多倍，这说明它与岩石的抗压强度也有所不同，例如花岗岩的抗压入强度（硬度）为 3500~6200 公斤/厘米<sup>2</sup>，而其抗压强度为 800~2500 公斤/厘米<sup>2</sup>。目前在工程

上测定硬度的方法很多，适合岩石形态变化特点的是以各种不同形状的压模（球体、圆柱体、圆锥体等）压入岩石。取岩石在破碎时所加之外力与压模底面积的比值来表示硬度，其单位为公斤/平方厘米。

岩石的硬度对钻探工作者，是一个非常感兴趣的问题，这是因为利用各种不同形状压模测定岩石硬度的方法，在应力状态上与钻进过程中切削工具作用下，所发生的应力状态是相似的。但这个问题的研究还是非常不够的。

影响岩石硬度的因素也是多方面的，它与造岩矿物的成分，胶结物质的性质，岩石的结构等有密切关系。造岩矿物硬度大，则岩石的硬度也大，由粘土质胶结的矿物所组成的岩石总比石灰质胶结的要小；结晶程度愈完善，结晶颗粒愈小，则岩石的硬度愈大。

岩石在静载荷作用下与动载荷作用下，所表现的硬度是不同的。静硬度比动硬度要大的多。因此，利用冲击动载荷去破碎极坚硬的岩石是非常有利的。一般破碎效果要比静载荷大8~9倍，表（1-2）列出同样岩石在不同载荷作用下，岩石的硬度。

几种岩石的动硬度与静硬度关系表 表 1-2

| 岩石名称  | 静 硬 度<br>公斤/厘米 <sup>2</sup> | 动 硬 度<br>公斤/厘米 <sup>2</sup> |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| 石 英 岩 | 70000                       | 8000                        |
| 石 灰 岩 | 16000                       | 1900                        |
| 輝 綠 岩 | 37000                       | 4200                        |

### 3. 弹性，塑性和脆性

弹性，塑性和脆性是物体受外力作用后，对变形的不同