

中等专业学校教学用书

凿岩爆破

本溪钢铁学院
鞍山冶金专科学校 合编
湖南冶金学院



中国工业出版社

中等专业学校教学用书

凿 岩 爆 破

本溪钢铁学院
鞍山冶金专科学校 合编
湖南冶金学院

中国工业出版社

本书包括岩石的物理力学性质、凿岩工程和爆破工程三部分。书中系统地介绍了岩石的物理力学性质和分级，凿岩爆破工程的基本原理和方法，所使用的材料、工具和设备，也适当地反映了国内外的先进经验和新的技术成就。

本书由冶金工业部教育司推荐作为四年制中等专业学校采矿专业教学用书。

参加本书编写工作的同志分工如下：

绪论，第一章至第四章，第七章由宁兆喜编写；第五章和第六章由胡正勇编写；第八章至第十章由邱广积编写，最后由邱广积和宁兆喜统一整理。

凿 岩 爆 破

*

中国工业出版社出版（北京东便门大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $9^{3/16}$ ·字数240,000

1961年6月北京第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数：0001—3,530·定价(9-4)1.05元

统一书号：15165·151（冶金-85）

目 录

前 言	6
緒 論	7
第一章 岩石性质及其分级	10
第一节 岩石的物理力学性质	10
第二节 岩石的分级	13
第一章复习题	25
第二章 浅眼（炮眼）凿岩法	26
第一节 基本概念	26
第二节 冲击式凿岩原理	26
第三节 土法凿岩	29
第四节 凿岩机的构造和动作原理简述	32
第五节 凿岩机的类型	35
第六节 凿岩机的支架设备和推进装置	36
第七节 凿岩机的潤滑、檢修和選擇	41
第八节 压气的供給	44
第九节 凿岩机的供水	45
第十节 冲击式凿岩工具	48
第十一节 影响凿岩速度的因素分析	53
第十二节 凿岩生产率的計算	61
第十三节 凿岩工作組織和先进經驗	63
第十四节 迴轉式鉆眼法	64
第二章复习题	69
第三章 深孔凿岩	70
第一节 接杆凿岩法	70
第二节 用潛孔式凿岩机凿深孔	73

第三节	吊绳冲击式凿岩	77
第四节	廻轉式钻孔法	94
第五节	凿岩新技术簡介	101
第三章复习題		104
第四章	凿岩工具的修制工艺和设备	105
第一节	钎鋼	105
第二节	制钎的工艺过程及其设备	105
第三节	硬质合金钎头及其鑲焊和修磨	115
第四节	钻头的修制工艺和设备	122
第四章复习題		124
第五章	炸药爆炸理論	125
第一节	炸药和爆炸的概念	125
第二节	炸药爆炸过程的理論簡介	127
第三节	炸药的主要性能及其測定	131
第四节	炸药的爆炸生成物	143
第五节	氧平衡及其意义	144
第六节	安全炸药理論概述	146
第五章复习題		148
第六章	工业炸药	149
第一节	概述	149
第二节	硝酸类炸药	150
第三节	硝化甘油炸药	155
第四节	液氧炸药	159
第五节	黑火药	160
第六节	土炸药及代用炸药	161
第七节	工业炸药的改进方向	162
第六章复习題		162
第七章	起爆材料和起爆方法	168
第一节	起爆炸药	168

第二节 起爆材料	171
第三节 起爆方法	179
第七章复习题	198

第八章 炸药在介质中的爆破作用理论基础 200

第一节 药包及其分类	200
第二节 炸药在介质中的爆破作用	201
第三节 爆破漏斗及其构成要素	204
第四节 药包量计算基本原理	206
第五节 填塞对爆破作用的影响	213
第八章复习题	214

第九章 爆破方法 215

第一节 概述	215
第二节 炮眼爆破法	216
第三节 深孔爆破法	233
第四节 药壶爆破法	248
第五节 硃室爆破法	251
第六节 大块的重复爆破法	266
第七节 爆破效果鉴定	268
第九章复习题	270

第十章 爆破工作组织与安全技术 272

第一节 爆破工作的一般组织原则	272
第二节 安全距离的确定	276
第三节 爆炸材料的运输	281
第四节 爆炸材料的储存	283
第五节 爆炸材料的检验和销毁	286
第六节 炸药的加工	289
第七节 爆炸材料的统计与发放	291
第十章复习题	292

参考文献 292

前 言

在党的建設社会主义总路綫和毛泽东思想的光輝照耀下，教育革命取得了很大的成績，中等专业教育和整个教育事业一样，有了很大的发展和提高。

为适应当前进一步提高教学质量的需要，根据冶金工业部的指示，由本溪鋼鐵学院、湖南冶金学院、鞍山冶金专科学校組成“凿岩爆破”教材編写小組，在本溪鋼鐵学院党委领导下，以冶金工业部頒发的1959年指导性教育計劃为依据，参照过去讲课提綱，按中专四年制“凿岩爆破”教学大綱編写了此书。

在編写过程中，遵照党的教育方針和理論联系实际的原則，結合过去教学經驗，在加强科学系統性的同时，对理論概念和实际操作作了較多的闡述，并适当地介紹了国内的新技术、革新成就和先进經驗。为了便于复习、巩固、熟練、应用，还編了若干例題和复习題。力求本书內容能够符合培养目标要求、滿足教学需要。

本书的編写工作，是在学习討論有关文件、提高認識的基础上，采取集中討論大綱、分工編写初稿、互相审閱、共同修改的方式于較短時間內完成的。

由于編写時間仓促，更主要的是我們对党的教育方針学习体会还很不够和业务水平有限，书中錯誤和缺点在所难免。我們誠懇地希望讀者給予批評指正，以便修訂时更正补充。

本书編写承蒙本溪鋼鐵学院采矿系和采矿教研組的同志协助审閱，提供許多宝贵意見并帮助抄写。我們在此表示衷心的謝意！

編 者

緒 論

凿岩爆破就是用各种方法和工具在岩石或其它介質中作出装药的孔洞，然后装入炸药，将其破碎。

在采矿工作中，不管是采掘有用矿物或是在岩石中掘进巷道，除个别情况外，通常都要进行凿岩爆破。这是采矿工作中一个十分重要的工序。凿岩爆破的改进不仅影响采矿工作的速度、成本和劳动条件，有时甚至可以根本改变采矿工作的工艺过程。深孔的出现，引起采矿方法的变化就是这方面的一个例证。

凿岩爆破工作不仅在采矿工业中广泛应用，在国民经济的其它部門也起着很大的作用。如在水利工程（开凿运河，修筑拦河坝等）、铁道工程（削平路基，开凿隧道等）、建筑工程（土石方工程）、化学工程（开采化工原料）、以及在农业、林业和航运等方面都利用凿岩爆破。

凿岩爆破的发展有悠久的历史。我們的祖先在这方面作出了巨大的贡献。

火药是我国古代三大发明之一，远在公元 660 年，在孙思邈所作的“丹经”中对火药的成分和性质就有詳細的叙述。以后更进一步把火药应用到娱乐和軍事方面。

很早以前我国在凿岩方面就有了相当的发展。北宋朱弁所著“曲洧丛闻”一书中对使用热力破碎岩石的方法就有所記載。明朝宋应星所著“天工开物”一书中更談到了用吊绳冲击凿岩法来凿深孔。

但是由于几千年来封建制度的长期統治，我国的凿岩爆破技术得不到更进一步的发展。

一百多年来，我国在帝国主义和反动派的殘酷压榨下，科学技术得不到发展。凿岩爆破技术处于极端落后的状态。

解放后，在党和政府的关怀下，经过工人和工程技术人员的努力以及苏联的无私援助，我国在凿岩爆破技术方面得到了很大的进展。

目前在我国大多数矿山都采用了机械凿岩，这不仅提高了凿岩效率，同时也减轻了工人的繁重体力劳动。为了减少岩尘的产生，推广了湿式凿岩方法。由于党和政府的关怀，由于采用以湿式凿岩为主体的综合防尘措施，许多矿山已使工作面上的岩尘浓度达到国家规定的2毫克以下。大大改善了劳动条件，因而使矽尘病的发病率大为减少。

硬质合金钎头的采用，进一步提高了凿岩生产率。

我国采矿工业战线上的广大职工在党的领导下，在毛主席思想的鼓舞下，发挥了敢想敢干的共产主义风格，创造了许多先进的凿岩方法和经验。

在爆破方面也取得了很多成就。由于采用硝酸铵类炸药作为主要的工业炸药，对安全生产提供了良好的条件。为了满足采矿工业对炸药的需求，炸药的品种也在逐年增加。

我国还成功地进行了大爆破，积累了宝贵的经验。

许多使用火雷管的矿山创造了各种各样的一次点火法和电阻丝点火等方法。这些方法既保证了爆破工作的安全，又节省了时间，而且还开辟了多段迟发起爆的道路，这就为薄矿脉采场爆破提供了非常有利的条件。

为了进一步提高生产率，在凿岩爆破方面进行了一些试验和研究工作，其中有些已用于实际生产。对大直径药卷爆破、小直径药卷爆破、代用炸药和岩石分级等，也作了不少的研究工作。为了满足中小型矿山的需要，还研究了一些土炸药和土凿岩机。各矿山机械制造厂和炸药厂也进行了一些新产品的试制工作。

在凿岩爆破技术方面存在的一些问题是，目前迫切需要研究解决的问题有：岩石的性质和岩石在凿岩爆破作用下破碎的过程；合理的岩石分级方法；高效率的新型凿岩机械；高威力的安

全炸药等。

凿岩爆破是矿区开采专业学生的主要专业课之一。它和井巷掘进、矿床开采等课程有着密切的联系。学习本课程的目的使学生系统地了解岩石的物理力学性质、凿岩爆破的基本原理和能比较熟练地掌握凿岩爆破工种的实际操作技能及安全措施，并具有一定的从事凿岩爆破局部设计和技术革新的能力。

第一章 岩石性质及其分級

第一节 岩石的物理力学性质

岩石的物理力学性质对凿岩爆破工作有很大的影响。因此在研究凿岩爆破之前，首先应当对于岩石的性质有个清楚的了解。

由于岩石的生成条件、生成后受到的地质作用及构成岩石的矿物成分等不同，因而使得各种岩石在物理力学性质上有着很大差异。其中对凿岩爆破工作影响較大的有：岩石的结构和构造、硬度、韌性、彈性、脆性、磨蝕性、稳定性、松散性、孔隙性、比重、容重、强度、含水性和含气性等。

岩石的结构主要取决于組成岩石的矿物顆粒的成分、大小和相互間的关系，胶結物的种类和数量。

岩石顆粒大小变化范围很大，通常可以分为三种：

- 1) 細粒岩石——顆粒在 1 毫米以下；
- 2) 中粒岩石——顆粒为 1~5 毫米；
- 3) 粗粒岩石——顆粒在 5 毫米以上。

一般來說，顆粒愈細，岩石强度愈高。

胶結物有石英质，氧化鉄，碳酸鈣和碳酸鎂等。其中以石英质胶結物胶結的岩石强度最大。

岩石的构造是指岩石在生成时以及生成后所受的地质作用而形成的一种状态。由于这种作用，常常在岩石中某些地点和沿某些方向出現連結力減弱的現象，如沿着沉积岩的层理面或在岩石中有裂縫的地方連結力都減弱。

岩石的层理和裂縫对凿岩爆破工作影响很大。岩石裂縫越多，爆破也越容易；但如果炮眼和裂縫連通，常使炸藥爆炸所产生的部分瓦斯逸散，因而会降低爆破效果。在凿岩过程中，如果釵子凿入裂縫或层理中，常产生夹釵子現象。所以在进行凿岩爆破工作时，对这些因素必須加以考虑。

根据裂缝的大小，岩石可分为四类：

- 1) 裂缝很发达的岩石；
- 2) 有裂缝的岩石；
- 3) 裂缝不发达的岩石；
- 4) 无裂缝的岩石。

硬度是表示岩石对工具侵入的抵抗能力。这个性质对凿岩工作影响很大，岩石硬度愈大，凿岩愈困难。

韧性是岩石抵抗把它分裂成碎块的性能。岩石的韧性愈大，则凿岩爆破都困难。

弹性是当消除外力后，岩石恢复原来的形状和体积的性质。弹性大的岩石，凿岩爆破都比较困难。

脆性是岩石不经过显著的残余变形而被破坏的性质。脆性大的岩石对凿岩爆破有利。

磨蚀性是岩石磨蚀工具的性质。它对凿岩有很大影响，岩石的磨蚀性愈大，钎头的磨损也就愈剧烈。

松散性是表示岩石破碎后体积增大的性质。岩石破碎后松散的程度主要与岩石的性质、破碎岩石的方法和岩石破碎后的块度等有关。岩石的松散性是用松散系数 ξ 来表征：

$$\xi = \frac{V_1}{V} \quad (1)$$

式中 V_1 ——破碎后的岩石体积；

V ——破碎前的原岩体积。

表 1 中列出常见岩石的松散系数。

稳定性是表示岩石的露出面是否容易破坏的性质。根据稳定性岩石可以分为：不稳定的、中等稳定的、稳定的和非常稳定的四种。

岩石的比重是单位体积致密岩石（除去孔隙）的重量。

岩石的容重是单位体积岩石（包括岩石中的孔隙）的重量。

表 2 中列出常见岩石的比重和容重。

孔隙性是表示岩石中含有孔隙多少的性质。岩石孔隙越多，

表 1 岩 石 松 散 系 数 表

岩 石 名 称	松 散 系 数 ξ
純砂与礫	1.05—1.2
砂质粘土	1.2—1.25
中硬岩石	1.3—1.5
坚硬岩石	1.5—2.5

表 2 岩 石 的 比 重 和 容 重

岩 石 名 称	比重(吨/立方米)	容重(吨/立方米)
花 崗 岩	2.582—2.685	2.563—2.671
砂 岩	2.593—2.715	2.112—2.140
石 灰 岩	2.708—2.845	2.463—2.683

那么它的透水性就越大，同时它的强度和稳定性也会因而降低。
岩石的孔隙性用孔隙性系数来表示：

$$n = \frac{\delta - \gamma}{\delta} \cdot 100\% \quad (2)$$

式中 n —— 孔隙性系数，以百分数表示；

δ —— 岩石的比重，吨/立方米；

γ —— 岩石的容重，吨/立方米。

强度是岩石抵抗压缩、拉伸和剪切作用的性能。岩石的抗压强度最大，抗拉强度仅为抗压强度的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{50}$ ，而抗剪强度仅

为抗压强度的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{12}$ 。

含水性 and 含气性是表示岩石中含水和含气体多少和种类的性质。这个性质对爆破工作有着直接的影响，如在含水较多的岩石中进行爆破时，我们就必须要考虑炸药的防水问题。如果岩石中含有爆炸性气体，那么在炸药的选择上就应很好注意。

第二节 岩石的分級

岩石的性质是千差万異的。对性质不同的岩石进行采掘工作时，常常要采用不同的方法、不同的設備、工具 and 材料，同时所得到的技术經濟指标一般來說也是不一样的。为了合理地选用設備、工具 and 材料，正确地确定生产定額，防止生产中的各种事故，保証安全，保証有节奏有计划地組織生产，我們应当把所有岩石按着它的某些性质(通常是对采掘工作有較大影响的)加以分級。这点人們很早就注意到了，但那时只能用一些籠統的概念，如“軟”“硬”等等来对岩石作“质”上的区分。随着人們对自然界認識的越来越深入，岩石分級的工作也在不断地向前发展着。

在进行岩石分級研究的过程中，曾出現了各式各样的分級方法。把这些方法归納起来大致有下列几种：

1. 根据岩石强度分級的方法。这种分級法中又可分为两种：

1) 根据岩石的极限抗压强度的分級方法；

2) 根据岩石的极限抗击强度的分級方法。

2. 按岩石的凿岩性的分級方法。表示岩石凿岩性的方法通常有下列几种：

1) 純凿岩時間內单位時間的凿岩速度；

2) 凿单位长度炮眼所需的純凿岩時間；

3) 凿单位长度炮眼的钎头消耗量；

4) 磨鈍一根钎子凿炮眼的长度。

3. 按岩石爆破性的分級方法。表示岩石爆破性的方法通常有下列几种：

1) 崩落单位体积原岩的炸藥消耗量；

2) 单位重量的炸藥崩落原岩的体积；

3) 崩落单位体积原岩所需的炮眼总长度；

4) 单位长度炮眼崩落的原岩体积。

4. 按岩石名称的分級方法。显然，这种分級法是非常不科学的，它常常不能真实地反映出岩石的物理机械性质，所以我們一

般都不采用这种分級方法。

下面我們比較具体的介紹两种岩石分級法。

一、普氏分級法

比較科学的岩石分級方法，首先是苏联学者 M·M·普罗托基亚柯諾夫教授于1926年提出的。他根据岩石的坚固性把所有岩石成分十大类，如表 3 所示。

表 3 普 氏 岩 石 分 級 表

等級	堅 固 性 程 度	岩 石 名 稱	f
I	最堅固的岩石	最堅固、致密和有韌性的石英岩和玄武岩，其它各种特別堅固的岩石	20
II	很堅固的岩石	很堅固的花崗質岩石，石英斑岩，很堅固的花崗岩，砂質片岩，較上一級較不堅固的石英岩，最堅固的砂岩和石灰岩	15
III	堅固的岩石	致密的花崗岩和花崗質岩石，很堅硬的砂岩和石灰岩，石英質脈，堅固的礫岩，極堅固的鐵礦	10
III _a	堅固的岩石	堅固的石灰石，不堅固的花崗岩，堅固的砂岩，堅固的大理石和白云岩，黃鐵礦	8
IV	頗堅固的岩石	一般的砂岩，鐵礦	6
IV _a	頗堅固的岩石	砂質頁岩，頁岩質砂岩	5
V	中等的岩石	堅固的粘土質岩石，不堅固的砂岩和石灰岩	4
V _a	中等的岩石	各种頁岩（不堅固的）致密的泥灰岩	3
VI	頗軟弱的岩石	軟弱的頁岩，很軟弱的石灰岩、白堊、岩鹽、石膏、凍結的土壤、无烟煤、普通泥灰岩、破碎的砂岩、胶結礫石、石質土壤	2
VI _a	頗軟弱的岩石	碎石質土壤，破碎的頁岩，凝結成塊的礫石和碎石，堅固的煤，硬化的粘土	1.5
VII	軟弱的岩石	致密的粘土，軟弱的烟煤，堅固的冲积层——粘土質土壤	1.0
VII _a	軟弱的岩石	輕砂質粘土、黃土、礫石	0.8
VIII	土質岩石	腐植土、泥煤、輕砂質土壤、濕砂	0.6
IX	松散性岩石	砂、山麓堆積、細礫石、松土、采用的煤	0.5
X	流砂性岩石	流砂、沼泽土壤，含水黃土及其它含水土壤	0.3

为了从数量上比較各种岩石的坚固性大小，普氏引进了“坚固性系数”的概念。岩石愈坚固，它的坚固性系数也愈大。坚固性系数，通常用字母“ f ”表示。确定坚固性系数的方法很多，通常用的是根据岩石的极限抗压强度来确定 f 的大小。这个方法的实质是这样：取 $5 \times 5 \times 5$ 厘米一块立方体試样，使它受单向压力，确定它的极限抗压强度 R （公斤/厘米²），将所得的 R 用100（公斤/厘米²）去除，得到的抽象数便是普氏坚固性系数 f ，即：

$$f = \frac{R}{100} \quad (3)$$

岩石的普氏分級方法，过去在苏联和我国矿山应用較广，因为这种方法比較簡單，而且也在一定程度上反映了岩石的客观性质。但是这种分級方法也还存在一些缺点：

第一普氏用岩石的坚固性概括了岩石各种屬性（如岩石的凿岩性，爆破性，稳定性等），但在有些情况下，这些屬性并不是完全一致的。例如在岩盐中凿岩是很容易的，然而爆破却很困难。

第二普氏分級法采用實驗室測定来代替現場測定，这样就不可避免地带来岩石因应力状态的改变而造成的坚固程度上的誤差。

二、岩石的統一分級法

这个分級法是苏联科学院矿业研究所以 A·Ф·苏哈諾夫教授的岩石分級为基础而提出的。它是根据岩石的凿岩性和爆破性把岩石加以分类。表示凿岩性和爆破性的指标如下：

表示凿岩性的指标：

- 1) 打一米炮眼消耗多少根钎子（个）；
- 2) 磨鈍一根钎子能凿多少米炮眼（米）；
- 3) 純凿岩速度（毫米/分）；
- 4) 每凿一米炮眼所需的純凿岩時間，（分）。

表示爆破性的指标：

- 1) 崩落一立方米原岩所需的炸藥消耗量（公斤）；

表4 岩石的統一分級表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
岩 石 等 級	爆 破 性 程 度	爆 破 性 程 度	岩石崩落性和爆破性 属于同一級的岩石	只表示 雷岩性	只表示 爆破性	備一米 炮眼釘 子消耗 的根數	純崩岩 速 (毫米/ 分)	磨純一 根釘 子所 需進 入的 長度 (米)	打一米 深的 炮眼 所需 時間 (分)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)	打一米 深的 炮眼 所需 時間 (分)	打一米 深的 炮眼 所需 時間 (分)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)	崩落一 立方 米 原岩 所需 藥量 (公斤)
I	最 難	最 難	无硫化合物最致密石英致密 碧玉, 微晶石英岩, 橄欖玄 武岩, 最高度致密的角岩			50	1.00	11	23	0.02	1.0	35	90	8.3	8.0	0.12	0.125
II	最 難	最 難	最高度致密石英英岩含鉄角 岩, 玄武岩, 輝綠岩, 玢 岩, 角斑岩无硫化物非常致 密的石英			37	0.75	15	40	0.027	1.5	67	25	6.7	7.3	0.149	0.137
III	最 難	最 難	最高度致密石英英岩, 玢 岩, 含鉄角岩, 橄欖岩, 安 山岩, 玄武岩, 輝綠岩, 正 长岩, 最高度致密无矿的斯 卡倫, 原生微晶花崗岩		非常致 密和韌性 石英岩, 含鉄角岩 玄武岩	25	0.5	20	50	0.04	2.0	50	20	5.3	6.7	1.189	0.149
IV	很 難	很 難	非常致密的石英英岩, 含鉄 角岩, 安山岩, 玄武岩, 輝 綠岩, 微晶石英岩, 非常致密 的微晶閃长岩, 花崗岩, 正 长岩, 非常致密的出梅輝石, 矿石化(輝石等)的斯卡倫	非常致 密和韌性 石英岩, 含鉄角岩 玄武岩		17	0.35	25	60	0.06	3.0	40	17	4.7	5.7	0.238	0.178