

高等学校教学用书

采掘机械

东北工学院 北京钢铁学院
中南矿冶学院 西安冶金学院 合編



中国工业出版社

高等学校教学用书



采 掘 机 械

东北工学院 北京钢铁学院
中南矿冶学院 西安冶金学院 合編

中国工业出版社

本书是根据高等学校矿山机电、矿区开采两专业的“采掘机械”课程教学大纲编写的。书中着重阐述了金属矿用的各种钻眼机械、机钻、装载机械、挖掘机械及运矿机械、水力开采机械等采掘机械的工作原理、构造、使用、维修、主要性能参数计算、选择设计和主要零件强度校核等内容。并对截煤机及矿用康拜因、装煤机等煤炭工业用的采掘机械做了一般介绍。

本书经冶金工业部教育司推荐作为高等工业学校矿山机电、矿区开采两专业“采掘机械”课程用的教学用书。矿山机电专业讲授全部内容，矿区开采专业只讲授大字体排印的部分，小字体排印的部分可省略。

参加本书编写人员有东北工学院靖德权同志（绪论，14，15，16，17章）、宁恩瀚同志（12，21，22章）、北京钢铁学院李兴同志（9，10，11，13章）、中南矿冶学院夏纪顺同志（4，5，6，7，8，18，19，20章）和西安冶金学院张少先同志（1，2，3章）等。并由靖德权同志审校。

采 掘 机 械

东北工学院 北京钢铁学院
中南矿冶学院 西安冶金学院 合编

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 22⁵/₈·字数 511,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数 0001—1737·定价(10—6)2.70元

统一书号：15165·556（冶金—162）

目 录

緒 論

第一篇 钻眼机械及机鎚

第一章 概 論	8	§ 3-2 风鎚的构造及动作原理	67
§ 1-1 岩石的物理机械性质	8	§ 3-3 风鎚鎚钎	71
§ 1-2 岩石的分級方法	9	第四章 旋轉式钻眼机械	72
§ 1-3 钻眼机械的分类	11	§ 4-1 概述	72
第二章 冲击轉动式钻眼机械	12	§ 4-2 钻眼工具	72
§ 2-1 冲击轉动方法凿岩的基本原理	12	§ 4-3 旋轉钻眼的工作理論基础	74
§ 2-2 冲击轉动式凿岩机的分类及 其基本組成部分	15	§ 4-4 手持式电钻	78
§ 2-3 风动凿岩机配气装置的 主要类型及配气动作原理	17	§ 4-5 支架式电钻	80
§ 2-4 手持式凿岩机	20	§ 4-6 簡易旋轉钻眼工具的 结构及应用	83
§ 2-5 上向式凿岩机	24	§ 4-7 高轉数电钻	85
§ 2-6 支架式凿岩机	30	第五章 旋轉式深孔钻眼机械	83
§ 2-7 潛孔式凿岩机	32	§ 5-1 概述	86
§ 2-8 簡易冲击轉动式凿岩工具 在中小型矿山的应用	34	§ 5-2 ПН-1 型旋轉式深孔钻机	87
§ 2-9 风动冲击轉动凿岩机基本 性能参数的計算和分析	36	§ 5-3 СБ-4 型旋轉式滾輪钻机	88
§ 2-10 风动冲击轉动凿岩机基本 設計参数的計算及主要 零件材料的选择	43	§ 5-4 BC-110/25 型露天旋轉式 深孔钻机	91
§ 2-11 电动冲击式凿岩机	47	§ 5-5 国外旋轉式深孔钻眼机械簡介	93
§ 2-12 风动冲击轉动式凿岩机的 支架設備	50	§ 5-6 旋轉式深孔钻眼机械的钻具	95
§ 2-13 风动冲击轉动式凿岩机的 推进裝置	54	§ 5-7 旋轉式深孔钻机功率的 确定及生产率的計算	98
§ 2-14 风动冲击轉动式凿岩机的 性能实验	57	第六章 旋轉冲击式钻眼机械	100
§ 2-15 风动冲击轉动式凿岩机的 技术操作与維護检修	60	§ 6-1 概述	100
§ 2-16 风动冲击轉动式凿岩机 故障的处理	61	§ 6-2 风动冲击器	101
§ 2-17 凿岩工具	63	§ 6-3 БМК-5 型潛孔钻机	105
§ 2-18 凿岩工具的鍛造及修磨設備	64	§ 6-4 БА-100М 型潛孔钻机	108
第三章 机 鎚	67	§ 6-5 露天潛孔钻机	111
§ 3-1 概述	67	§ 6-6 钻具	112
		§ 6-7 軸向压力計算及其对钻进 速度的影响	114
		§ 6-8 潛孔钻机钻进生产率的計算	116
		§ 6-9 潛孔钻机的操作、故障处理 及維護检修工作	116
		第七章 鋼绳冲击式穿孔机	118
		§ 7-1 概述	118
		§ 7-2 鋼绳冲击式穿孔机的	

基本工作理論.....	120	电动机功率的确定.....	143
§ 7-3 BY-20-2型鋼繩冲击式 穿孔机.....	123	§ 7-9 鋼繩冲击式穿孔机的操作、 维护检修及故障处理.....	143
§ 7-4 BC-1 型鋼繩冲击式穿孔机.....	133	§ 7-10 鋼繩冲击式穿孔机釐头的 修制及鍛修设备.....	145
§ 7-5 鋼繩冲击式穿孔机的 钻具及打捞工具.....	136	第八章 新钻眼技術及设备	146
§ 7-6 簡易鋼繩冲击穿孔工具.....	140	§ 8-1 概述.....	146
§ 7-7 鋼繩冲击式穿孔机的生产率 及提高生产率的途径.....	141	§ 8-2 火力钻眼及火力钻眼机械.....	147
§ 7-8 鋼繩冲击式穿孔机		§ 8-3 超声波振动凿岩原理及设备.....	153
		§ 8-4 电水錘效应破碎岩石简介.....	153

第二篇 装岩机及耙矿设备

第九章 概論	155	第十二章 竖井抓岩机械	189
第十章 装岩机	156	§ 12-1 概述.....	189
§ 10-1 概述.....	156	§ 12-2 BY-1 Y型竖井抓岩机.....	189
§ 10-2 ЭИМ-1 型电力装岩机.....	157	§ 12-3 国外竖井装岩机简介.....	193
§ 10-3 ПМЛ-5 型气力装岩机.....	166	§ 12-4 提升絞車.....	196
§ 10-4 ПИМ-4 型装岩机.....	169	§ 12-5 竖井抓岩机的维护及检修.....	197
§ 10-5 小断面装岩机.....	171	§ 12-6 竖井装岩机械的生产率計算.....	198
§ 10-6 斜井装岩机.....	172	第十三章 耙矿设备	200
§ 10-7 斗式装岩机的工作理論基础.....	174	§ 13-1 概述.....	200
§ 10-8 斗式装岩机的生产率.....	181	§ 13-2 扒斗.....	201
§ 10-9 装岩机的维护及操作.....	183	§ 13-3 耙矿絞車.....	206
第十一章 装煤机	184	§ 13-4 滑輪和鋼繩.....	207
§ 11-1 概述.....	184	§ 13-5 扒矿设备的計算.....	208
§ 11-2 ЧМЛ-30 型装煤机.....	185	§ 13-6 耙矿设备的运用.....	210

第三篇 挖掘机及挖运机械

第十四章 概論	213	及置于其上的各种机构.....	238
§ 14-1 挖掘机及挖运机械的用途 及适用范围.....	213	§ 15-6 W-4型(C3-3型)单斗挖掘机...	240
§ 14-2 土壤的物理机械性质及其分类...	213	§ 15-7 W-1001、W-1002 型 单斗挖掘机.....	251
§ 14-3 挖掘机及挖运机械的分类.....	214	§ 15-8 ЭИМ-4/40型迈步式单斗挖掘机...	256
第十五章 单斗挖掘机	215	§ 15-9 单斗挖掘机的工作理論基础.....	259
§ 15-1 概述.....	215	§ 15-10 单斗挖掘机主要机构的力与 速度的計算.....	264
§ 15-2 单斗挖掘机的工作原理 及其工作尺寸.....	217	§ 15-11 单斗挖掘机的平衡.....	267
§ 15-3 单斗挖掘机的工作裝置.....	224	§ 15-12 单斗挖掘机生产率の計算 及其分析.....	277
§ 15-4 单斗挖掘机的下架及行走裝置...	233	§ 15-13 单斗挖掘机工作裝置主要	
§ 15-5 单斗挖掘机的迴轉平台			

零件的设计计算.....	280	§ 16-4 鏈条式多斗挖掘机的主要部件...	301
§ 15-14 单斗挖掘机的操縱.....	285	§ 16-5 鏈条式多斗挖掘机的稳定計算...	303
§ 15-15 单斗挖掘机的安装与拆卸.....	287	§ 16-6 輪斗式多斗挖掘机.....	304
§ 15-16 单斗挖掘机的維護.....	283	§ 16-7 多斗挖掘机生产率的計算.....	306
§ 15-17 单斗挖掘机的检修.....	239	第十七章 挖运机械	307
§ 15-18 国外大型单斗挖掘机簡介.....	290	§ 17-1 概述.....	307
第十六章 多斗挖掘机	297	§ 17-2 鏟运机.....	308
§ 16-1 概述.....	297	§ 17-3 推土机.....	317
§ 16-2 多斗挖掘机的分类.....	298	§ 17-4 松土机.....	322
§ 16-3 鏈条式多斗挖掘机.....	299		

第四篇 水力采矿机械

第十八章 概論	324	§ 19-5 水枪的喷射管及稳流器.....	355
§ 18-1 水力采矿及水力机械化 发展簡况.....	324	§ 19-6 水枪工作参数及設計参数計算...	336
§ 18-2 水力采矿机械的分类、 应用范围及优缺点.....	324	§ 19-7 液压操縱水枪及液压遙控水枪...	339
第十九章 水枪	326	§ 19-8 水枪的維護检修及操作 注意事項.....	339
§ 19-1 水枪的基本組成部分及分类.....	326	第二十章 采砂船	341
§ 19-2 射流的理論基础.....	327	§ 20-1 概述.....	341
§ 19-3 露天水枪的构造.....	331	§ 20-2 多斗采砂船.....	342
§ 19-4 水枪的噴咀.....	333	§ 20-3 泥泵采砂船.....	344

第五篇 截煤机与矿用康拜因

第二十一章 截煤机与回采康拜因 ...	347	§ 22-2 平巷掘进康拜因.....	354
§ 21-1 截煤机.....	347	§ 22-3 竖井井筒掘进用钻井机械 与康拜因.....	357
§ 21-2 回采康拜因.....	350	参考文献	362
第二十二章 掘进康拜因	353		
§ 22-1 概述.....	353		

緒 論

人們知道，在目前必須用矿石原料才能煉鐵、煉銅。如不生產矿石，冶煉工業則失去加工對象，亦就無法生產金屬，當然亦就無加工可言。冶煉加工生產須得到大量的矿石原料才能有所作為，冶金工業才能有所發展。所以說矿石是冶金工業的基礎，是冶金工業的“糧食”。因此，要想發展冶金工業，首先必須發展采掘工業。

由矿体上将矿石采掘下来并将它們裝入運輸車輛的落矿、裝矿工作是整个矿山生产过程中最为繁重和最为主要的工序。矿山的生產水平在很大程度上取决于这两个工序的生產情况。

凡將掘進作業或回采作業中的采掘工作機械化了的機器和設備，通稱之為采掘機械。根據岩石的堅固性和賦存條件不同，目前在矿山中應用着各種各樣的采掘機械，如鉋鑿炮眼的鉋眼機械，挖掘土壤和岩石的挖掘機械及挖運機械裝載矿石的裝載機械和水力機械等等。

解放前的旧中国，在帝国主义的侵略以及封建势力和国民党的反动統治下，仅有少数的鉄矿山和有色金属矿山，几乎沒有現代化的采掘設備，即使有亦多是設備簡陋，技術落后。落矿、裝矿两工序全是靠笨重的體力勞動，生產水平很低。

解放后，尤其是自1958年以來，在黨的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，在一整套“兩條腿走路”的方針指导下，我国采掘工業也取得了史无前例的大跃进，不仅在產量上成倍地增長着，而且大大地減輕了繁重的體力勞動。但由于矿山的原有基礎相当薄弱，故从总的方面看，从矿石的產量和質量看，还不能滿足冶煉的需要，矿山生產与冶煉相比，矿山仍是一个薄弱環節。目前在我們的矿山中，不仅在中小型矿山，大部分是手工開采手工裝運；就是在大型矿山中，也還有很多工序是手工作業。因此，提高采矿、运矿两工序的機械化水平，是高速發展采掘工業的最有效的方法之一。例如一台鏟斗容積為3米³的单斗挖掘機可以代替750個人的工作；人工打眼的最高效率是每班1~2米左右，而一台01—30型鑿岩機的鑿岩效率將比人工打眼高达40~50倍之多。可見高效能的采掘機械對於提高生產率和減輕矿山工人體力勞動的重大作用。

我国的機器制造业，在解放前与采掘工業一样由于帝国主义奴役及剝削階級反动統治，那时只有制造配件、裝配、修理和制造某些小型而簡單的機器能力，根本沒有制造采掘機械的重型機器制造业。在解放后的短短十幾年中，在黨的领导下，在苏联的热忱帮助下，我国建立了自己的重型機器制造业，而且完成了由修配到制造的过渡，走完了由仿制到自行設計的路程。高速發展着的重型機器制造业的另一标志是設備自給率于1960年已达80%，不仅能供給个别单机，而且能供給成套的設備。这样，我国的機器制造业在短短的十幾年中已基本上形成了完整的体系。目前，我国在仿制各类采掘機械的基础上亦自行設計和制造了各种結合我国矿山生產实际情况的风動鑿岩機，輕便好用的露天潛孔鑽機，液壓傳动的单斗挖掘機等新的采掘設備。

在蒸汽机出現以后的1849年，在世界上出現了第一台以蒸汽為动力的鑿岩機。但

由于外型庞大、效率低，故并未得到广泛的采用。到1857年才出现了以压缩空气为动力的有着现代凿岩机形式的凿岩机。几经改善在十九世纪末出现了更为轻巧有效的以活塞冲击钎尾的凿岩机。

在19世纪的80年代发明了第一台电钻。

现代的凿岩机，电钻，随着采掘工业的发展，已日趋完善。如干式凿岩为湿式凿岩所代替，创造了高频、潜入式等凿岩机。在能量的运用上，压缩空气动力正处在将由电气所代替的前夕。

此外露天矿用的钻眼设备，挖掘及挖运设备的发展也日趋于完善。

为了适应采掘工业的需要，大力提高矿山机械化程度并创造出新型采掘机械的要求，在国内已先后建立了矿山机械的设计研究部门。在新型矿山机械的设计和理论研究方面取得了初步的成就。

广大的矿山工人和工程技术人员，在创造新型采掘机械和改进设备上亦取得了优异的成绩。

采掘机械的科学研究工作不仅在专门研究机关工厂矿山企业中大规模地进行着。在高等学校里，自从贯彻党的“教育为无产阶级的政治服务，教育与生产劳动相结合”的教育方针之后，有关采掘机械方面的科学研究工作得到了迅速的发展。总之，目前在采掘机械的科学研究工作方面已形成了一支专业队伍。

采掘机械这一门课程。在内容上主要是研究各种钻眼机械、装载扒矿机械、挖掘机及挖运机械、水力开采机械等的工作原理、构造、使用、维修、性能参数分析和选择，主要零件强度计算等。因之它与力学、高等数学、机械零件、机械原理等课程有着密切联系。为了切实地掌握采掘机械课程内容必须要学好上述各该课程。

采掘机械工作的对象——岩石是一千变万化的复杂物体，截至目前为止，在国内外还没有比较完整的破碎理论来正确地解释采掘机械工作机构在落矿过程中所受负荷的性质和大小。可以说，采掘机械还处在成长阶段。这是采掘机械的第一个特点。

研究、设计、使用采掘机械，必须结合矿山地质条件的实际才能更好地发挥它们的作用。这是采掘机械的第二个特点。

采掘机械的另一特点是它的发展与采矿工艺的发展有着密切的联系。新的采掘机械可以促进采矿工艺的发展，而新的采矿工艺又要求创造新的采掘机械来适应新工艺的特点。因此采掘机械的类型较多，变化也较大。

最后，应着重指出的是金属矿用采掘机械还落后于其它采掘工业（如煤炭工业用采掘机械）。因而探求新工作原理的高效能的金属矿用采掘机械，亦是一项十分重大而又光荣的任务。

第一篇 钻眼机械及机鑄

第一章 概 論

§ 1-1 岩石的物理机械性質

当采矿工人用各种方法和各种工具破碎岩石时常感到有些岩石不易于破碎, 有的岩石則不易破碎。以各种不同的破碎方法在多排的岩石中破碎岩石的生产实践过程中, 人們概括出一种岩石破碎难易的性质即岩石的坚固性。由于各种各样的岩石的矿物成分及成因的不同及經受的地质作用不同, 各种岩石的坚固性各有不同。换言之, 即矿物成分以及它的組織和构造决定岩石的坚固性。岩石在用机械方法或其它方法的破碎过程中它同时受到压缩、拉伸、弯曲等变形。岩石抵抗各种变形的坚固程度是极其不同的。再者, 在钻鑄过程中还存在有挤碎和热力破碎等复杂現象。故可知岩石的坚固性是岩石各种物理机械性质的綜合表现。

研究岩石的物理机械性质对了解钻眼机械在钻鑄过程中所受負荷的性质、大小和选择消耗能量最小的破碎方法具有着重要意义。

一般, 岩石有下列的物理机械性质:

表 1-1 岩石容重表

岩 石	花 崗 岩	砂 岩	石 灰 岩
容重 (吨/米 ³)	2.56~2.67	2.11~2.14	2.46~2.68

1. **容重**: 单位体积原生岩石的重量。表1-1中給出了几种岩石的容重。
2. **松散性**: 整体的岩石破碎成碎块后, 容积增大的性能。用松散系数来表示破碎后的容积和原岩容积之比值称为岩石的松散系数。破碎后岩石块度越粗越均匀, 則松散系数也越大。表1-2中給出了几种岩石的松散系数。
3. **强度**: 岩石抵抗压应力, 拉应力和剪切应力等的性能。强度在結構力学中是表示一种材料抵抗以上几种简单应力的性能常量。但岩石破碎和一般材料的破坏却有着本

表 1-2 岩石松散系数表

岩 石 名 称	松 散 系 数
純砂和砾石	1.05~1.2
中等坚固的煤	1.4
石灰岩和砂岩	1.25~1.5
坚固的岩石	1.8~2.5

表 1-3 岩石的史氏硬度和强度表

岩 石 名 称	史氏硬度 公斤/厘米 ²	抗压强度 公斤/厘米 ²
石 英 石	70,000~100,000	3,000~5,000
花 崗 岩	35,000~62,000	800~2,500
碳酸盐类岩石	3,000~50,000	50~2,600
硬 石 膏	20,000	271,200

质上的不同。此外岩石的强度视试块的方向和尺寸的变化有着很大的变化。所以强度在钻凿过程中只是一种坚固性的指标而不是唯一的物理常量。

4. **硬度**：是岩石抵抗尖锐工具侵入的性能。硬度愈大，钻凿就愈困难。Л.А. 史立涅尔的硬度测量方法对钻凿工作较有实际意义。此方法的实质是用端面积 $1\sim 3$ 毫米²的圆柱形平端压头来压入岩石，以岩石发生破裂或发生塑性变形时所承受的压力强度作为岩石的硬度。这种硬度的数值比岩石试块的强度大出几十倍（表1—3）。

5. **弹性**：当加给岩石的外力撤出后，它能恢复为原来形状和体积的性能。此种性能使岩石遭受冲击力时不易破碎，使钎子发生弹回现象。岩石的弹性愈大，钻凿则愈困难。

6. **脆性**：岩石在被破碎时不代残余变形的性能。脆性较大的岩石消耗于岩石产生变形的功愈少，钻凿愈容易。此外，岩石的此种性质与载荷的速度有关。载荷的速度愈大，脆性就越显著。由于凿岩是冲击载荷，故岩石一般是脆性破坏。

7. **研磨性**：岩石腐蚀工具的性能。岩石的研磨性可用单位压力下，工具移动单位长度后被磨损的体积来表示。

8. **可凿性**：即凿岩时岩石受外力而被破碎的性能。

9. **可采性**：在开采矿床时，特别是采矿作业时岩石在外力作用下被破碎的性能。

10. **稳定性**：岩石暴露出自由表面以后，不致于塌陷的性能。这种性质在进行斜坡挖掘时尤为重要。

§ 1—2 岩石的分级方法

做为钻眼机械破碎对象的岩石是一种复杂物体。故对于有着不同坚固性的岩石选用不同破碎方法的钻眼机械，对合理利用能量减少钻眼机械不必要的损坏有着重大意义。为此，必须把各种岩石根据不同坚固性予以分级。

我国矿山岩石的分级，是学习苏联分级方法的。在苏联共有两种代表性的分级方法，即普氏分级法和苏氏分级法两种。通常兼用普氏和苏氏两种分级方法。

一、普氏分级法

普氏（M.M. 普罗托基雅可夫）分级法的基本特点是：他认为岩石的坚固性在各方面的表现是趋于一致的。难破碎的岩石用各种方法都难破碎，容易的都容易。如果一种岩石，当冲击凿岩时比另外一种岩石坚固若干倍，那么，在用旋转法钻眼时也将有同样的坚固倍数。岩石坚固性所有这些方面都具有一个相同的比例常数。

由此，普氏就利用一个岩石坚固性的指标——坚固性系数来表示岩石在采矿作用中各方面的坚固性。用 f 表示。一般，称之为坚固性系数。一种岩石较另一种岩石的 f 值大若干倍，就意味着用某种方法破碎它时将比另一种岩石困难 f 倍。这样，普氏系数把采矿作业中常遇到的岩石的性质规定为 $0\sim 20$ 级。每个具体岩石从而得到一个相应的 f 值。按岩石坚固性系数的不同，将它划分十级。

普氏所谓“岩石坚固性在各方面表现趋于一致”这个基本观点是指总的、主导的趋向而言的。它是当岩石坚固性在比较大的范围内变动时，在用各种方法测定时综合的趋向上所表现出的规律。因此，通常除了 f 小于 2 以外， f 值是不用小数来表示。有时还

只表明岩石的坚固性系数在某一范围内变化，例如某矿的花岗岩 $f = 10 \sim 12$ 等等。

f 值可用下面的公式求出，即

$$f = \frac{R}{100}$$

式中 R ——岩石的极限抗压强度，公斤/厘米²。

表1—4是普氏的岩石分級表。

表 1—4 普氏岩石分級表

等 級	坚固性程度	岩 石	5
I	最坚固的岩石	最坚固，细致和有韧性的石英岩和玄武岩，其他各种特别坚固的岩石	20
I	很坚固的岩石	很坚固的花岗质岩石，石英斑岩，很坚固的花岗岩，砂质生岩，比上一級較不坚固的石英岩，最坚固的砂岩和石灰岩	15
II	坚固的岩石	花岗岩（致密的）和花岗质岩石，很坚固的砂岩和石灰岩，石英质矿脉岩，坚固的砾岩，极坚固的鉄矿	10
IIa	坚固的岩石	石灰岩（坚固的），不坚固的花岗岩，坚固的砂岩，坚固的大理石和白云岩，黄鉄矿	8
IV	颇坚固的岩石	一般的砂岩，鉄矿	6
IVa	颇坚固的岩石	砂质頁岩，頁岩质砂岩	5
V	中等的岩石	坚固的粘土质岩石，不坚固的砂岩和石灰岩	4
Va	中等的岩石	各种頁岩（不坚固的）致密的泥灰岩	3
VI	颇軟弱的岩石	軟弱的頁岩，很軟弱的石灰岩，白堊，岩盐，石膏，冻结的土壤，无烟煤，普通泥灰岩，破碎的砂岩，胶结砾石，石质土壤	2
VIa	颇軟弱的岩石	碎石质土壤，破碎的頁岩，凝結成块的砾石和碎石，坚固的煤，硬化的粘土	1.5
VII	軟弱的岩石	粘土（致密的），軟弱的烟煤，坚固的冲积层—粘土质土壤	1.0
VIIa	軟弱的岩石	輕沙质粘土，黄土，砾石	0.8
VIII	土质岩石	腐植土，泥煤，輕砂质土壤湿沙	0.6
IX	松散性岩石	砂，山麓堆积，綢砾石，松土，采用的煤	0.5
X	流动性岩石	流沙，沼泽土壤，含水黄土及其他含水土壤	0.3

注：1. 将每一种岩石划分到这种或那种等級时，不仅仅单独的按照其名称，而且必须按照岩石的物理状态，并根据它的坚固性与分級表中列出的諸岩石进行比较。风化的，破碎的，打碎成个体的，經断层挤压过的，接近于地表等状态的岩石，一般說来，应当把它划分到比处于完整状态的同种岩石稍低的等級中。

2. 上述的岩石坚固性系数，可以認為是岩石在所有各种不同方面相对坚固性的表征，它在采矿中的意义在于：a) 开采时的采掘性；б) 浅眼以及深孔的凿岩性等等。

3. 在分級表中指出的数字是对某一类岩石中所有岩石而言（例如：頁岩类、石英岩类、石灰岩类等等），而不是对此类个别岩石而言的；因而，在特定情况下确定 f 值时必须十分慎重。并且这一 f 值在不同的情况下是不一样的。

普氏矿石分級法正确地看到了采矿工程中破碎矿石的实质，它撇开了次要的表面現象，找到了相互間联系的总規律，不仅給了质上的說明，还作了量上的确定。普氏系数 f 的优点是形式简单明确，便于实际应用。这种方法概括的范围过大，所以普氏系数 f 显得籠統粗糙。故它只能是大体上反映出各种破碎矿石工作的难易程度，而未能够露出每一种破碎矿石工作的特殊規律。因而难以用来指导和改进每一种具体的破碎岩石的生产工序。

二、 苏氏分級法

苏氏 (A.Φ. 苏哈諾夫) 分級法的提出較后于普氏分級方法。

苏氏认为普氏关于“矿石坚固性在各方面表現趋于一致”这一基本观点是没有客观根据的。苏氏认为不能用同一指标来表示坚固性在各方面的表現。

苏氏分級方法的特点是：

1) 根据个别的途径去决定矿石的坚固性，建立个别的等級如凿岩性、爆 破 性 等 級。

2) 破碎过程自身是作为决定岩石坚固性的方法。

3) 破碎过程所用的机械用来做鑑定过程自身的理想仪器。

4) 矿石坚固性系数应当是有名数，它表征着特定的工作过程条件下的矿石的可采性。此外，在表征凿岩性时，他认为要用实际凿岩工作指标，不能用抽象的指标或用仪器来测定。对于凿岩性采取下面两个指标：

1) 每凿炮眼一米深所磨鈍的鋼钎或硬质合金钎头的数目。

2) 用鋼钎或硬质合金钎头凿岩时的純凿岩速度 (厘米/分)。

他并提出上述指标要在一个規定的統一标准下测定。即以生产上普通采用的技术条件做为标准条件，否則得利用校正系数加以校正。

綜合以上，苏氏分級法是根据矿石的凿岩性，爆 破 性 等 表示它們的指标共分为十六級。

此种方法虽然正确地提出了矿石各种坚固性指标可能不协调，在选择和决定矿石坚固性的方法时要注意对这种矿石的特殊采掘方法。但此种方法过分地夸大了特殊規律这一方面，全盘否定了普氏的基本观点，走进了另一个极端，否定了科学概括性的必要性。如果說普氏分級法过于概括而陷于籠統，沒有揭露每一种破碎矿石工作的特殊規律，那么苏氏方法由于过于具体，只是停留在現象的表面沒有去考查破碎矿石的本质。

§ 1—3 鑽眼机械的分类

采矿工作的核心問題是要把矿石由矿体上采掘下来，而目前的技术条件下，采掘矿石的主要手段仍是鑽眼爆破。即在破碎矿体上鑽凿出一定孔径和一定深度的炮眼，在其中装上炸药后进行爆破。

凡在矿体上鑽凿出一定孔径和一定深度炮眼的机械統称之为鑽眼机械。鑽眼机械可以根据各种特征予以分类。但其中最主要的亦是最通用的一种方法是按破碎矿石的工作原理来分类。

根据鑽眼机械破碎矿石的工作原理，它可以分为下列三种：

1) 冲击轉动式机械；

2) 旋轉式鑽眼机械；

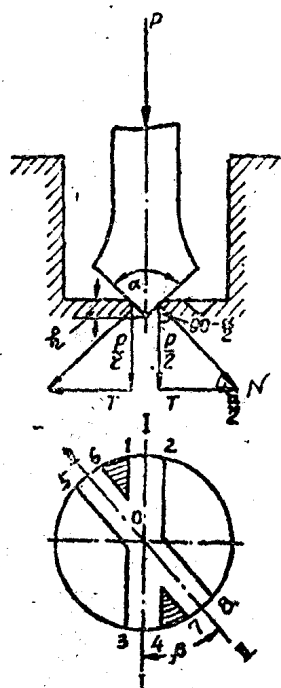
3) 旋轉冲击式机械。

此外，根据鑽眼机械的驱动动力不同可以分为电动、风动、热力等三种。

第二章 冲击转动式钻眼机械

§ 2—1 冲击转动方法凿岩的基本原理

现代采矿工作中，凿岩方法基本上分为旋转式凿岩、冲击转动式凿岩和兼有旋转冲击作用凿岩三类。旋转式凿岩适用于硬度不大的岩石；冲击转动式凿岩及旋转冲击式凿岩则适用于坚硬的和最坚硬的岩石，有时也可用于不大坚固的岩石。



冲击转动凿岩可以手工进行，也可用机械进行，但凿岩方法的基本原理是相同的。如图2—1所示，钎子在外加轴向冲击力 P 的作用下，每打击一次，钎刃便在岩石上凿入一不大的深度 h ，并在I—I处形成一条小破碎沟1—2—3—4；随后钎子转动一定角度 β ，再进行第二次冲击，在I—I处形成第二条破碎沟5—6—7—8。两破碎沟之间的扇形面积（三角形1—0—6及4—0—7）一般在形成第二条破碎沟的同时就被剪碎（或被震碎）。如果继续冲击转动，便在岩石上形成圆形炮眼。

机械方法冲击转动凿岩时，冲击作用及钎子转动作用都由机械本身的相应机构完成。能完成上述动作的机械就称为冲击转动式凿岩机械（通称凿岩机）。

冲击转动凿岩时，只有作用在钎子上的外加轴向冲击力 P 大于岩石的极限抗压强度 $\sigma_{c\kappa}$ 时，才可能实现钻进，即

$$P > \sigma_{c\kappa} F_{c\kappa}, \text{ 公斤。} \quad (2-1)$$

图2—1 冲击转动凿岩的工作原理图

式中 $\sigma_{c\kappa}$ ——岩石的极限抗压强度，公斤/厘米²；

$F_{c\kappa}$ ——钎刃接触岩石的面积，厘米²。

扇形面积岩石的破碎主要取决于正压力 N 的水平分力 T （剪切力）大于岩石的极限抗剪强度 $\sigma_{\tau\kappa}$ ；

$$T > \sigma_{\tau\kappa} F_{\tau\kappa}, \text{ 公斤。} \quad (2-2)$$

式中 $\sigma_{\tau\kappa}$ ——岩石的极限抗剪强度；公斤/厘米²；

$F_{\tau\kappa}$ ——岩石受剪切的面积，厘米²。

由图2—1知

$$T = \frac{P}{2} \operatorname{tg} \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right), \text{ 公斤。} \quad (2-3)$$

式中 P ——轴向冲击力，公斤；

α ——刃角，度。

公式(2—3)说明了，只有在具有足够的冲击力 P 时，才能产生足够的剪切力 T 来破碎眼底的扇形面积的岩石。

现在研究冲击转动凿岩的基本理论。在国外，苏联H.C.乌斯宾斯基教授是进行冲击凿岩理论研究最早的学者，他提出了使用冲击转动破碎岩石的基本原理；以后A.Ф.

苏哈諾夫教授等补充和发展了H.C.烏斯宾斯基教授的理論。此外,另一些人如И.А.奧斯杜罗伍什柯教授,以釐头与岩石的相互作用的概念为基础进行了岩石破碎理論的研究。提出了他的分析方法和見解。苏联学者在这方面的研究工作是很有成績的。尽管如此,由于岩石的性质是多种多样的和凿岩过程的复杂性,現有的凿岩理論均不能认为是十分精确的。

下面着重討論H.C.烏斯宾斯基教授关于冲击凿岩理論的基本內容。烏氏理論的特点是分析法基本上确定了冲击轉动凿岩机凿岩时釐头直径、冲击力、釐子每轉一周冲击次数等参数对凿岩过程及凿岩速度的影响。烏氏理論的缺点在于理論推导的过程中簡化了釐头破碎岩石的作用及在釐头冲击作用下岩石破碎的复杂过程。显然,这与实际情况是有一定出入的,因此只能认为烏氏理論是近似的。

如图2-2所示,当以軸向冲击力 P 冲击釐子时,釐刃凿入岩石中的深度为 h 厘米。冲击力 P 中的一部份用以克服釐头与岩石間摩擦阻力;另一部份則消耗于破碎岩石。因此,

$$P = 2V + 2W \cos \frac{\alpha}{2}, \text{ 公斤。} \quad (2-4)$$

式中 V ——正压力 N 的垂直分力,公斤,
 W ——釐头与岩石之間的摩擦力,公斤,
 α ——釐头的刃角,度。

由图2-2可知: $V = N \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2-5)$

$$W = Nf. \quad (2-6)$$

式中 f ——釐鋼与岩石間摩擦系数。

而正压力 $N = \frac{\sigma_{c\pi} dh}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \text{ 公斤。} \quad (2-7)$

式中 d ——釐头直径,厘米;

$\sigma_{c\pi}$ ——岩石的极限抗压强度,公斤/厘米²。

将 V 及 W 代入公式(2-4)中、并經換算得

$$P = 2N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2} \right), \text{ 公斤。} \quad (2-8)$$

将(2-7)代入(2-8),并考虑釐头的磨鈍情况,則有,

$$P = 2dh\sigma_{c\pi} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f \right) \eta, \text{ 公斤。} \quad (2-9)$$

式中 η ——考虑釐刃磨鈍的影响系数;或称为磨鈍系数,平均可取 $\eta = 1.2 \sim 1.3$ 。故每次冲击凿入岩石深度

$$h = \frac{P}{2d\sigma_{c\pi} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f \right) \eta}, \text{ 厘米。} \quad (2-10)$$

从上式可知,釐子每次冲击凿入岩石深度 h 与釐子所受冲击力 P 成正比;而与釐头

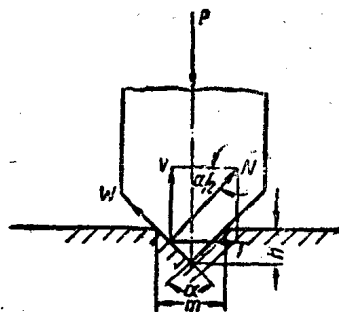


图 2-2 計算冲击凿岩釐头上力的示意图

直径 d 及岩石的极限抗压强度 σ_{ck} 成反比。钎刃钝时，即 η 值大时也会引起 h 值的减少。

钎子在冲击力 P 作用下对岩石产生的剪切力为：

$$T = N \cos \frac{\alpha}{2}, \text{ 公斤。} \quad (2-11)$$

由 (2-8) 及 (2-11) 得：

$$T = \frac{P}{2(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f)}, \text{ 公斤。} \quad (2-12)$$

故知剪切力 T 随 P 值增加而增加，随 α 及 f 增大而减少。

设用直径为 d 的一字形钎子，每转一周 (360°) 冲击 n_0 次。钎子每冲击一次即有两个扇形面积的岩石被剪碎，每一扇形面积 S_1 为：

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{1}{2n_0}; \text{ 厘米}^2. \quad (2-13)$$

由于钎子一次冲击凿入岩石的深度不大，故炮眼四周受剪切的面积比 S_1 小百余倍，故可以忽略不计，这样一次冲击破碎的总面积为：

$$F = 2S_1 = \frac{\pi d^2}{4n_0}, \text{ 厘米}^2. \quad (2-14)$$

当岩石的极限抗剪强度为 σ_{ck} 时，则剪切力 T 为：

$$T = F \sigma_{\text{ck}} = \frac{\pi d^2}{4n_0} \sigma_{\text{ck}}, \text{ 公斤。} \quad (2-15)$$

根据 (2-12) 及 (2-15) 即可决定钎子每转一周 (360°) 的冲击次数 n_0 为：

$$n_0 = \frac{\pi d^2 (\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f) \sigma_{\text{ck}}}{2P}, \text{ 次/周。} \quad (2-16)$$

钎子每分钟的转数可由下式求出：

$$n_1 = \frac{n}{n_0}, \text{ 转/分。} \quad (2-17)$$

式中 n —— 钎子每分钟的冲击次数，次/分。

由此可以确定凿岩速度为：

$$v = n_1 h = \frac{n}{n_0} h, \text{ 厘米/分。} \quad (2-18)$$

将 (2-16) 代入 (2-18) 得：

$$v = \frac{2Phn}{\pi d^2 (\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f) \sigma_{\text{ck}}}, \text{ 厘米/分。} \quad (2-19)$$

钎子凿入岩石深度为 h ，需要的轴向冲击力为 P ，故凿岩机对岩石的冲击功为：

$$A = \frac{Ph}{2 \times 100}, \text{ 公斤} \cdot \text{米。}$$

$$P = \frac{2 \times 100 A}{h}, \text{ 公斤。} \quad (2-20)$$

将 (2-20) 代入 (2-19) 得:

$$v = \frac{4 \times 100 A n}{\pi d^2 \left(\lg \frac{\alpha}{2} + f \right) \sigma_{\text{ex}}}, \text{ 厘米/分。} \quad (2-21)$$

由上式可知, 凿岩速度与凿岩机的冲击功及冲击次数成正比, 而与钎头直径的平方及岩石的极限抗压强度成反比。减少刃角 α 可以提高凿岩速度。

前已提到, 烏氏凿岩理论是把钎子冲击岩石的作用、钎子剪切岩石的作用以及岩石破碎的过程都简化了。此外, 在计算中, 他还假定在凿岩过程中, 钎子对岩石的冲击力以及一根钎子的凿岩速度是一定不变的, 并认为钎刃的锋利程度也是合乎理想的。这些假定与实际情况不是完全符合的。

§ 2-2 冲击转动式凿岩机的分类及其基本组成部分

冲击转动式凿岩机主要用在坚硬的岩石中钻进炮眼。根据驱动动力的不同, 它主要可分为电动冲击转动式凿岩机及风动冲击转动式凿岩机两种。电动凿岩机的优点是动力单一、效率高, 电动凿岩机目前处于试验研究阶段, 尚未普遍在采掘工业中应用。风动凿岩机的优点是结构比较简单、工作安全可靠, 但它的缺点是效率较低, 动力投资设备费用较高。

风动冲击转动式凿岩机广泛使用于采掘工业、建筑材料工业及地质勘探等部门。是当前矿山生产工作中的主要打眼机械。

根据风动凿岩机的应用条件、它的重量及在工作面的安架方法, 现代风动凿岩机一般可以分为手持式、上向式及支架式三类。

手持式风动凿岩机: 重量一般在 10~35 公斤。手持式凿岩机常用在中硬或坚硬的岩石 ($f=6\sim 16$) 中打各种方向的炮眼。按其重量的不同, 它可分为轻型 (重量在 20 公斤以下) 和重型 (20~25 公斤以上) 两种。轻型的可以以手持之打向下的倾斜的或水平的炮眼。重型手持式凿岩机则常装在气力支架上进行打眼工作。

上向式凿岩机: 重量一般在 25~50 公斤, 它与手持式凿岩机主要区别在于本身具有气力推进装置。这种凿岩机主要用于在各种不同硬度的岩石中打向上的炮眼。

支架式凿岩机: 重量一般在 35~100 公斤, 这种凿岩机主要用于在坚硬的或最坚硬的岩石上打眼。因其重量较大, 必须安在支架或者凿岩台车上进行工作。按其重量的不同, 支架式凿岩机也有轻型 (50 公斤以下) 及重型 (50 公斤以上) 之分。我国广泛使用轻型支架式凿岩机在平巷掘进及采矿工作中打眼, 重型支架式凿岩机则多用于露天矿打向下炮眼。

根据凿岩机每分钟冲击次数, 冲击转动式凿岩机还可分为普通凿岩机 (冲击次数 2500 次/分以下) 及高频凿岩机 (冲击次数在 2500~6000 次/分)。现在矿山多使用普通凿岩机。手持式及上向式高频凿岩机, 已开始应用于采掘工业。

按照凿岩机压气分配的原理, 风动冲击转动凿岩机还可分为具有滑阀配气装置的和活瓣配气装置的风动凿岩机及活塞自动配气的风动凿岩机三种。

現以普通手持式凿岩机为例來說明現代風動凿岩机的主要組成部份：基本構造及其工作原理。

如图2—3所示，凿岩机由气缸1、机头2及气缸盖3三个主要部份組成。并借連接螺栓4将三部份安裝成一体。为了保証凿岩机順利的进行工作，它必須有节气裝置、配气裝置、冲击机构、轉針机构及排粉裝置等。

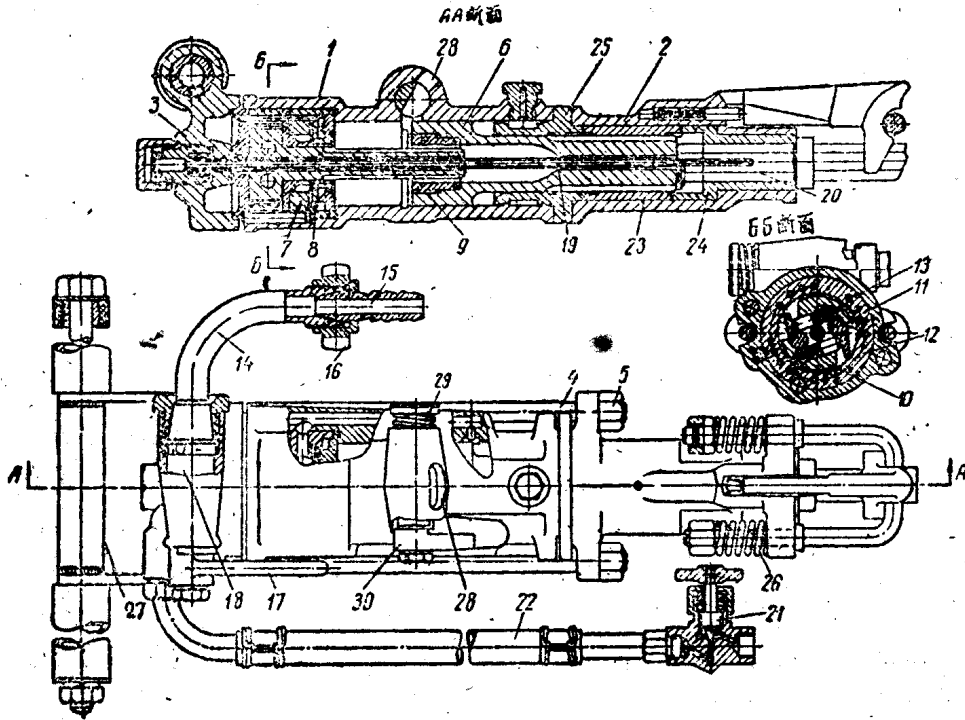


图 2—3 普通手持式凿岩机 (01—17) 的外貌及构造

- 1—气缸；2—机头；3—气缸盖；4—連接螺栓；5—螺帽；6—活塞；7—配气裝置；8—配气滑閥；9—螺旋棒；10—棘輪；11—棘爪；12—棘輪环；13—棘爪銷子彈簧；14—進風管；15—風管接头；16—接头螺帽；17—节气閥把手；18—节气閥；19—水針；20—針尾；21—水閥；22—進風管；23—格条套筒；24—針尾套筒；25—導套；26—卡針器彈簧；27—手柄；28—排氣孔；29—排氣閥；30—排氣閥把手。

工作时，压气經进风管14进到节气机构的节气閥18內，通过把手17的操纵可使压气进入气缸后部的配气裝置7內。由于配气滑閥8的作用，压气进入气缸內活塞6的左端或右端，这样可使冲击机构的活塞在气缸內做往复运动：在向右运动接近終了时，具有一定速度的活塞便打击插在針尾套筒24內的針子20的尾部。活塞向左退回时，由于轉針机构螺旋棒9的作用，迫使活塞6沿着螺旋棒的螺旋綫成螺旋运动的形式退回到气缸1的左端。因插在格条套筒23內的活塞上銑有相应的格条，故在活塞向左成螺旋运动返回时，就带动格条套筒23轉动一个角度，与此同时針尾套筒和針子随之轉动相同的角度。

活塞在气缸內做往复运动时，气缸內产生的废气經排氣孔28排至大气中。排氣孔可由排氣閥29借手把30控制其启閉。