

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



采矿学

CAIKUANGXUE

主编 陈国山 李毅



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

采 矿 学

主编 陈国山 李 毅

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2013

内 容 提 要

本书是根据教育部高职高专矿业类教学指导委员会、中国冶金教育学会及冶金工业出版社“十二五”冶金行业教材建设规划编写的。

本书主要内容包括：岩石的钻孔设备及方法，矿岩的爆破方法，爆破材料，井巷的设计与施工，地下采矿的开拓方法，开拓工程，地下采矿生产工艺，地下采矿方法，露天采矿基本知识，露天采矿生产工艺，露天采矿开拓方法，露天采矿生产技术等。

本书是高职高专金属矿开采技术专业教材，也可以供矿山工程技术人员、管理人员、安全生产监督、矿山建设监理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

采矿学/陈国山,李毅主编. —北京:冶金工业出版社,
2013.3

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6159-1

I. ①采… II. ①陈… ②李… III. ①矿山开采—高等
职业教育—教材 IV. ①TD8

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第056891号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

策划编辑 俞跃春 责任编辑 俞跃春 戈 兰 美术编辑 李 新

版式设计 葛新霞 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6159-1

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2013年3月第1版,2013年3月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;26.75印张;645千字;416页

48.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言



本教材是根据教育部高职高专矿业类教学指导委员会《金属矿开采专业规范》《金属矿开采技术专业教学基本要求》以及高职高专金属矿开采技术专业的人才培养方案而编写。

根据高职高专办学理念、高职高专人才培养目标，本书在编写过程中注重了基本理论和基本知识的要求，充实了新工艺、新设备、新技术的内容；力求理论联系实际，侧重于生产实践，注重学生职业技能和动手能力的培养。

本书由陈国山、李毅担任主编，由吉林电子信息职业技术学院陈国山、李毅、王洪胜、孙文武，河北省地矿局第十一地质大队闫领军、杜登峰编写。其中陈国山编写第1~3章，李毅编写第4~6章，孙文武编写第7章，王洪胜编写第8章，闫领军编写第9章，杜登峰编写第10章。

本教材在编写过程中得到院校许多领导和同志以及矿山工程技术人员的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2012年12月

目 录

1 岩石钻凿	1
1.1 岩石分级	1
1.1.1 按岩石坚固性分级	1
1.1.2 矿山工程岩石分级法	2
1.1.3 隧道工程分级法	3
1.2 凿岩工具及设备	4
1.2.1 凿岩机械分类	4
1.2.2 凿岩机工作机构	6
1.2.3 凿岩机具	7
2 矿岩爆破	10
2.1 爆破材料	10
2.1.1 起爆材料	10
2.1.2 传爆材料	14
2.2 炸药	18
2.2.1 炸药分类	18
2.2.2 炸药的性能	19
2.2.3 常用炸药	27
2.3 起爆技术	33
2.3.1 电力起爆法	33
2.3.2 非电起爆法	39
2.3.3 爆破仪表	44
3 井巷设计与施工	48
3.1 井巷设计	48
3.1.1 平巷净断面尺寸确定	48
3.1.2 溜岔设计	57
3.1.3 天井断面形状与尺寸确定	63
3.1.4 竖井断面布置与尺寸确定	64
3.1.5 斜井设计	74
3.2 井巷施工	79
3.2.1 平巷施工	79

5.1.1	采矿方法的概念	201
5.1.2	采矿方法分类	201
5.2	采准切割工程	204
5.2.1	采切工程的划分	204
5.2.2	采准工程	204
5.2.3	切割工程	211
5.2.4	采切比与采掘比计算	212
5.3	回采的主要生产工艺	214
5.3.1	落矿	215
5.3.2	矿石运搬	220
5.3.3	采场地压管理	221
6	采矿方法	224
6.1	空场采矿法	224
6.1.1	留矿采矿法	224
6.1.2	房柱采矿法	229
6.1.3	全面采矿法	235
6.1.4	矿房采矿法	236
6.1.5	矿柱回采	251
6.2	充填采矿法	252
6.2.1	单层削壁充填采矿法	252
6.2.2	上向分层充填采矿法	254
6.2.3	下向分层充填采矿法	263
6.2.4	矿柱回采	269
6.2.5	充填技术	272
6.3	崩落采矿法	280
6.3.1	单层长壁式崩落采矿法	280
6.3.2	有底柱分段崩落采矿法	284
6.3.3	有底柱阶段崩落采矿法	289
6.3.4	无底柱分段崩落采矿法	296
6.4	覆岩下放矿理论	307
6.4.1	椭球体理论	307
6.4.2	多漏斗放矿规律	310
6.4.3	影响放矿效果的因素分析	312
6.4.4	放矿管理	314
7	露天开采基本知识	317
7.1	露天开采基本概念	317
7.1.1	常用名词	317

7.1.2	境界方面名词	317
7.1.3	生产方面名词	318
7.1.4	露天采矿境界	319
7.2	露天采矿工程发展程序	321
7.2.1	准备新水平	321
7.2.2	矿山工程的发展程序	322
7.2.3	出入沟位置的确定	323
7.2.4	台阶水平推进	323
7.2.5	采区、采掘、平盘三者关系	325
7.2.6	工作线的布置与扩展	326
8	露天矿床开拓	329
8.1	概述	329
8.1.1	开拓	329
8.1.2	按坑道类型分类	329
8.1.3	按运输方式分类	330
8.2	铁路运输开拓法	331
8.2.1	铁路运输开拓法在山坡露天矿的应用	331
8.2.2	铁路运输开拓法在深凹露天矿的应用	335
8.3	公路运输开拓法	340
8.3.1	直进式坑线开拓	340
8.3.2	回返式坑线开拓	342
8.3.3	螺旋式坑线开拓	343
8.4	新水平准备	344
8.4.1	新水平准备方式	344
8.4.2	掘沟方法	349
9	露天生产工艺	354
9.1	穿孔爆破工艺	354
9.1.1	穿孔技术	354
9.1.2	露天台阶爆破技术	359
9.1.3	临近边坡爆破技术	366
9.2	露天矿采装工艺	371
9.2.1	常用采装设备	371
9.2.2	采装工艺	375
9.3	露天矿运输	383
9.3.1	露天矿铁路运输	384
9.3.2	露天矿公路运输	385
9.4	露天矿排土工艺	385

9.4.1 排土方式	386
9.4.2 排土场的建设	388
10 露天矿生产技术	390
10.1 露天矿生产能力	390
10.1.1 按可能有的采矿工作面数目确定生产能力	390
10.1.2 按矿山工程延深速度确定生产能力	391
10.1.3 按经济合理条件确定生产能力	392
10.1.4 露天矿生产能力的调整与提高	393
10.2 生产剥采比	395
10.2.1 生产剥采比的基本概念	395
10.2.2 生产剥采比的变化	396
10.2.3 生产剥采比的调整	399
10.2.4 生产剥采比的均衡	402
10.3 露天矿年度采掘计划	407
10.3.1 年度采掘计划的主要内容及编制依据	407
10.3.2 年度采掘计划的编制方法和步骤	408
习题	414
参考文献	416



岩石钻凿

1.1 岩石分级

由于表征岩石性质的参数较多且较为复杂，为使工程爆破的设计施工人员对岩石的性质有一个整体把握，必须进行岩石分级。岩石分级广泛应用于各种与岩石有关的工程施工中，但由于问题的复杂性、各种类型工程的差异性以及各学术派别观点的不一致，有关岩石分级的方法很多，而且目前尚无统一的或比较公认的分级方法，在工程施工中可考虑不同的工程特点参考选用。下面简要介绍几种有代表性的岩石分级方法。

1.1.1 按岩石坚固性分级

按岩石坚固性分级的方法是 20 世纪 20 年代前苏联学者普洛吉亚柯夫提出来的。他经过长期的研究，建立了一种岩石坚固性的抽象概念，即岩石的坚固性是凿岩性、爆破性和采掘性等的综合，也是岩石物理、力学性质的体现。岩石坚固性在各种方式的破坏中的表现是趋于一致的。例如，某种岩石在各种破坏条件下，若难以凿岩，也难以爆破，难以崩落、破碎等。普氏用岩石强度、凿岩速度、凿碎单位体积岩石所消耗的功和单位炸药消耗量等多项指标来综合表征岩石的坚固性，并按岩石坚固性系数值的大小将岩石分为 10 个等级，见表 1-1。由于生产力和科学技术的飞速发展，普氏当年采用的多项指标已经不适用，只剩下一个静载抗压强度指标沿用至今，即现在的普氏坚固性系数值直接用岩石的单轴抗压强度来确定。

表 1-1 普氏岩石分级简表

等级	坚固性程度	典型的岩石	普氏坚固性系数 f
I	最坚固	最坚固、致密和有韧性的石英岩、玄武岩及其他各种特别坚固岩石	20
II	很坚固	很坚固花岗岩、石英斑岩、硅质片岩，较坚固的石英岩，最坚固的砂岩和石灰岩	15
III	坚固	致密花岗岩，很坚固砂岩和石灰岩、石英质矿脉，坚固的砾岩，极坚固的铁矿石	10
III a	坚固	坚固的石灰岩、砂岩、大理岩，不坚固花岗岩、黄铁矿	8
IV	较坚固	一般的砂岩、铁矿	6
IV a	较坚固	砂质页岩、页岩质砂岩	5
V	中等	坚固的黏土质岩石，不坚固的砂岩和石灰岩	4
V a	中等	各种不坚固的页岩，致密的泥灰岩	3
VI	较软弱	软弱的页岩，很软的石灰岩、白垩、岩盐、石膏、冻土、无烟煤，普通泥灰岩、破碎砂岩、胶结砾岩、石质土壤	2

续表 1-1

等级	坚固性程度	典型的岩石	普氏坚固性系数 f
VIa	较软弱	碎石质土壤、破碎页岩、凝结成块的砾石和碎石, 坚固的烟煤、硬化黏土	1.5
VII	软弱	致密黏土、软弱的烟煤、坚固的冲积层、黏土质土壤	1.0
VIIa	软弱	轻砂质黏土、黄土、砾石	0.8
VIII	土质岩石	腐殖土、泥煤、轻砂质土壤、湿砂	0.6
IX	松散性岩石	砂、山麓堆积、细砾石、松土、采下的煤	0.5
X	流沙性岩石	流沙、沼泽土壤、含水黄土及其他含水土壤	0.3

$$f = \frac{R}{10}$$

式中 f ——普氏坚固性系数;

R ——岩石的单轴抗压强度, MPa。

普氏岩石坚固性分级方法抓住了岩石抵抗各种破坏方式能力趋于一致的这个主要性质, 并从数量上用一个简单明了的岩石坚固性系数 f 表示这种共性, 所以在工程爆破中被广泛采用。但是, 由于岩石坚固性这个概念过于概括, 因而只能作为笼统的、总的分级。实际上有些岩石的可钻性、可爆性和稳定性并不趋于一致。有的岩石易于凿岩, 难爆破; 相反, 有的岩石难凿岩, 易爆破。而且以小块岩石试件的静载单向抗压强度来表征岩石的坚固性是不妥当的。

1.1.2 矿山工程岩石分级法

我国目前岩石分级状况, 在概念上是普氏分级, 而普氏系数 f 值的确定并无统一标准。为了适应现代化生产的需要, 东北大学在综合考虑了爆破材料、工艺以及参数等标准后进行了爆破漏斗实验和声波测定。根据爆破漏斗的体积、大块率、小块率、平均合格率 and 波阻抗等大量数据, 运用数理统计多元回归分析以及电子计算机处理, 得出了岩石可爆性指数 F 的公式, 并按 F 值的大小将岩石划分为五级, 见表 1-2。

表 1-2 矿山工程岩石可爆性分级

级 别	F	爆破性程度	代表性岩石
I	I ₁	极易爆	千枚岩、破碎性砂岩、泥质板岩、破碎性白云岩
	I ₂		
II	II ₁	易 爆	角砾岩、绿泥片岩、米黄色白云岩
	II ₂		
III	III ₁	中 等	阳起石石英岩、煌斑岩、大理岩、灰白色白云岩
	III ₂		
IV	IV ₁	难 爆	磁铁石英岩、角闪斜长片麻岩
	IV ₂		
V	V ₁	极难爆	砂卡岩、花岗岩、矿体浅色砂岩、石英片岩
	V ₂		

$$F = \ln \left[\frac{e^{67.22} K_d^{7.42} (\rho C)^{2.03}}{e^{38.44V} K_p^{1.89} K_x^{4.75}} \right] \quad (1-1)$$

式中 F ——岩石可爆性指数；

K_d ——大块率，%；

K_x ——小块率，%；

K_p ——平均合格率，%；

ρC ——岩石波阻抗， $\times 10^5 \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

这种岩石爆破性分级方法虽然可在现场进行测定，具有可行性，但存在的问题是块度测定工作量及劳动强度都很大，并有一定的随机性，求算指数的计算也不够简便，方法有待完善。

1.1.3 隧道工程分级法

为适应我国铁路即公路隧道建设发展的需要，在总结我国隧道围岩分类的基础上，并参考国内外有关围岩分类的成果，1972年制定了我国铁路隧道围岩分类法。该分类法考虑了岩石强度、岩体破碎程度、地下水、风化程度等因素，以定性为主，增加了完整性系数、体积节理数、岩石质量指标、岩石点荷载强度、岩体声波或地震波纵波速度等定量指标，有工程地质条件的定性描述，提出了以岩体质量数作为划分岩体级别的主要综合性指标的新方案。此外表1-3还简要叙述各级岩体的毛洞稳定性。将隧道工程岩体（围岩）分成五级，见表1-3。我国铁路隧道就是使用这种方法进行岩体（围岩）分级的。

表1-3 我国隧道工程岩体（围岩）分级法

级 别	主要工程地质特征	岩体质量数 (RMQ)	毛洞稳定状态 (单线、双线)
I	极坚硬、极完整岩体，呈整体或厚层结构，节理裂隙极不发育，含少量大间距或分散的节理。 $J_v < 5$ 条/ m^3 ， $R_b > 100\text{MPa}$ ， $V_{pm} > 5.0\text{km/s}$	100 ~ 85	极稳定、无塌方，可能产生岩爆
II	II ₁ 坚硬完整岩体，呈块状结构或层间结合良好的中厚层状结构，节理裂隙较发育。 $J_v = 5 \sim 15$ 条/ m^3 ， $R_b > 60\text{MPa}$ ， $V_{pm} > 4.0 \sim 5.5\text{km/s}$	85 ~ 65	稳定，局部有小塌方
	II ₂ 中等坚硬完整岩体，呈大块状整体或厚层状结构，节理不发育。 $J_v \leq 5$ 条/ m^3 ， $R_b = 30 \sim 60\text{MPa}$ ， $V_{pm} = 4 \sim 5\text{km/s}$	80 ~ 65	稳定，局部有小塌方
III	III ₁ 坚硬块状岩体，呈碎裂镶嵌结构，节理裂隙中等发育，含小断层，层状岩体结合力一般。 $J_v = 15 \sim 25$ 条/ m^3 ， $R_b \approx 60\text{MPa}$ ， $V_{pm} = 3.5 \sim 4.5\text{km/s}$	65 ~ 45	暂时稳定，由于局部不稳定块体的坍塌可能引起较大的塌方
	III ₂ 中等坚硬、中等完整岩体，呈碎裂镶嵌结构或中厚层块状结构和软硬互层结构。 $J_v = 5 \sim 15$ 条/ m^3 ， $R_b \approx 30 \sim 60\text{MPa}$ ， $V_{pm} = 3.4 \sim 4.0\text{km/s}$	65 ~ 45	暂时稳定，有不稳定块体塌落

续表 1-3

级 别	主要工程地质特征	岩体质量数 (RMQ)	毛洞稳定状态 (单线、双线)
Ⅲ	Ⅲ ₃ 软质完整岩体, 呈整体-巨块状结构, 节理裂隙稍发育。 $J_v = 5 \sim 15$ 条/ m^3 , $R_b = 20 \sim 30$ MPa, $V_{pm} = 3.0 \sim 4.0$ km/s	60 ~ 45	暂时稳定, 高应力时容易产生塑性变形和剪切破坏
Ⅳ	Ⅳ ₁ 坚硬、中等坚硬、完整性差的岩体, 呈小块状碎裂结构, 或层状结构, 块体间结合力一般, 节理裂隙较发育, 时有小断层。 $J_v = 25 \sim 35$ 条/ m^3 , $R_b \approx 30 \sim 60$ MPa, $V_{pm} = 2.5 \sim 3.5$ km/s	45 ~ 25	稳定性差, 有较多的松动坍塌, 能引起继发性大塌方
	Ⅳ ₂ 软质中等完整岩体, 呈块状或层状结构, 节理裂隙中等发育。 $J_v = 15 \sim 25$ 条/ m^3 , $R_b \approx 10 \sim 20$ MPa, $V_{pm} = 2.0 \sim 3.0$ km/s	45 ~ 25	稳定性差, 除有松动坍塌外, 容易产生塑性变形和剪切破坏, 能引起继发性大塌方
	Ⅳ ₃ 老黄土, 有一定胶结的砾石土。 $V_{pm} = 1.5 \sim 2.0$ km/s	45 ~ 25	暂时稳定至极不稳定, 松动坍塌或塑性变形, 可能有较大塌方
Ⅴ	Ⅴ ₁ 松散或松软结构岩体, 多处破碎或严重风化带, 节理裂隙极发育。 $J_v > 35$ 条/ m^3 , $R_b < 10$ MPa, $V_{pm} < 2.0$ km/s	< 25	不稳定至极不稳定, 松动坍塌或剪切破坏往往形成大的塌方
	Ⅴ ₂ 除Ⅳ ₃ 以外的其他土类围岩		

注: R_b —岩石饱和抗压极限强度; J_v —体积节理数, 条/ m^3 ; V_{pm} —岩体声波或地震波纵波速度, km/s。

1.2 凿岩工具及设备

1.2.1 凿岩机械分类

凿岩机械根据应用的动力可以分为气动(风动)、液压、电动、内燃、水压。气动的有气动凿岩机和气动潜孔钻机; 液压的有支腿式和导轨式; 电动的有手持式、支腿式和导轨式; 按用途分为掘进凿岩台车(钻车)和采矿凿岩台车。按行走方式分为轨轮式、履带式 and 轮胎式。按辅助设备可以分为支腿式、钻架式、台车式。

凿岩机械型号应该表示出每种产品的名称、结构形式、用途和主要规格, 从而使人们一看到凿岩机的型号就有一个明晰的概念。凿岩机械的型号是按类、组、型分类原则编制的。一般由类、组、型代号与主要参数代号两部分组成。如需增添特性代号时, 其特性代号置于类、组、型代号与主要参数代号之间, 由类、组、型代号、特性代号、主要参数代号等组成。

凿岩机型号见表 1-4。

表 1-4 凿岩机型号表

类别	组别	型别	特性代号	产品名称及型号	主要参数	
					名称	单位符号
凿岩机 Y (岩)	风动	手持式	—	手持式凿岩机 Y	机器重量	kg
			P (频)	手持式高频凿岩机 YP	机器重量	kg
			C (尘)	手持式集尘凿岩机 YC	机器重量	kg
		气腿式 T (型)	—	气腿式凿岩机 YT	机器重量	kg
	P (频)		气腿式高频凿岩机 YTP	机器重量	kg	
	C (尘)		气腿式集尘凿岩机 YTC	机器重量	kg	
	向上式 S (上)	—	向上式凿岩机 YS	机器重量	kg	
		C (侧)	向上式侧向凿岩机 YSC	机器重量	kg	
		P (型)	向上式高频凿岩机 YSP	机器重量	kg	
	导轨式 G (轨)	—	向上式多用凿岩机 YSD	机器重量	kg	
—		导轨式凿岩机 YG	机器重量	kg		
P (频)		导轨式高频凿岩机 YGP	机器重量	kg		
内燃 N (内)	手持式	Z (转)	导轨式独立回转凿岩机 YGZ	机器重量	kg	
		—	内燃凿岩机 YN	机器重量	kg	
		F (附)	带附缸内燃凿岩机 YNF	机器重量	kg	
液压 Y (液)	导轨式 G (轨)	—	导轨式液压凿岩机 YYG	机器重量	kg	
电动 D (电)	手持式	—	手持式电动凿岩机 YD	机器重量	kg	
		支腿式 T (腿)	—	支腿式电动凿岩机 YDT	机器重量	kg
		导轨式 G (轨)	—	导轨式电动凿岩机 YDG	机器重量	kg
凿岩 台车 C (车)	井下	轨轮式 G (轨)	J (掘)	轨轮式掘进台车 CGJ	名义推进力	kN
		履带式 L (履)	J (掘)	履带式掘进台车 CLJ	装凿岩机台数	台
		轮胎式 T (胎)	J (掘)	轮胎式掘进台车 CTJ	装凿岩机台数	台
					装凿岩机台数	台
凿岩 辅助 设备 F (辅)	腿 T (腿)	—	—	气腿 FT	名义推进力	kN
		—	—	侧向式气腿 FTC	名义推进力	kN
		侧向式 C (侧)	—	下向式气腿 FTX	名义推进力	kN
		下向式 S (下)	S (水)	水腿 FTS	名义推进力	kN
		—	Y (油)	油腿 FTY	名义推进力	kN
		—	J (机)	机械腿 FTJ	重量	kg
	架 I (架)	Z (柱)	—	凿岩柱架 FJZ	柱架最低高度	dm
		S (双)	—	双柱式凿岩柱架 FJS	柱架最低高度	dm
		Y (圆)	—	圆盘式凿岩台架 FJY	柱架最低高度	dm
		D (吊)	—	伞式吊架 FJD	吊架最小支撑直径	m
H (环)		—	环式吊架 FJH	吊架最小支撑直径	m	
注油器 Y (油)		—	注油器 FY	容油量	mL	
集尘器 C (尘)		—	集尘器 FC	容尘量	mL	
磨钎机 M (磨)		—	风动磨钎机 FM	砂轮直径	mm	

1.2.2 凿岩机工作机构

凿岩要根据炮眼的布置和每一炮眼孔的深度、角度要求来进行，因此凿岩机由冲击、回转、推进、冲洗、移位等部分组成如图 1-1 所示。

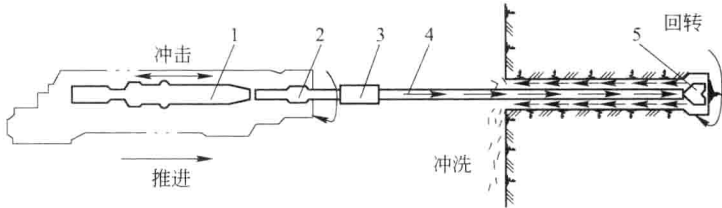


图 1-1 凿岩作业示意图

1—活塞；2—钎尾；3—接杆套；4—钎杆；5—钎头

各类凿岩机中，以气腿式凿岩机在金属矿山中应用最广，其结构具有代表性。现以 YT23 型（7655）气腿式凿岩机为例，说明风动凿岩机的一般构造。YT23 型气腿式凿岩机外观如图 1-2 所示。由凿岩机、气腿、风管（包括注油器）、水管、钎子等组成。

YT23 型凿岩机由柄体 2、缸体 4 和机头 6 等主要部件组成。从安装在柄体 2 上的进风管进入机器的压缩空气，通过操纵阀 3 实现空气的进给、停止以及强力吹扫炮眼。清洗炮眼的水通过入水管 11 进入连接在柄体内的注水机构。柄体、机体、机头三部分用两根螺栓牢固地连接。在机体的排气口上安有消声罩。气缸的下部有气腿连接孔用以同气腿相连。凿岩机工作时，钎子插在机头内的钎尾套中，由钎卡 7 卡住，用以拔钎。在手把内装有扳机，用以操纵气腿快速缩回。

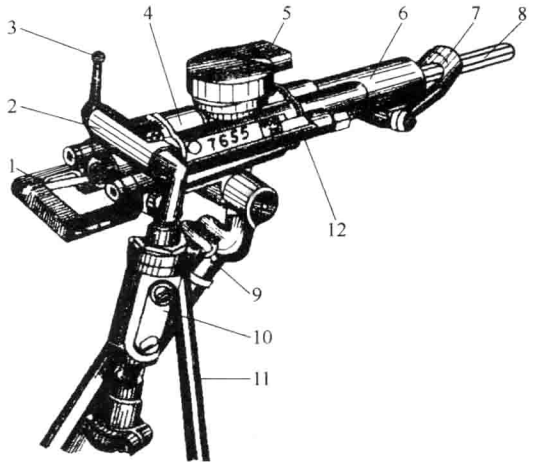


图 1-2 YT23 型气腿凿岩机外形图

1—手把；2—柄体；3—操纵阀手柄；4—气缸；
5—消声罩；6—机头；7—钎卡；8—钎杆；
9—气腿；10—自动注油器；11—水管；12—连接螺栓

1.2.2.1 冲击配气机构

冲击配气机构是凿岩机的主要部件，它由气缸、活塞、配气装置及排气系统组成，冲击机构靠配气阀的交替变换位置，适时改变进气方向，将压气分配到气缸的前腔与后腔，推动活塞作高速往复运动；并以一定的动能冲击钎尾，实现凿岩。

1.2.2.2 转钎机构

回转功能是使钎头每冲击一次回转到一个新的位置，进行新的岩石破碎。同时在回转

过程中也可将已发生裂纹的岩石表面部分剥落下来。转角适宜,可以提高凿岩速度。由于钎子与眼底眼壁之间的摩擦、钎子本身的惯性、转钎机构内部的摩擦以及妨碍钎子转动的其他阻力,要求转动机构具有足够的扭矩和转动功率,才能确保凿岩机稳定工作。

根据钎杆回转矩传递方式的不同,凿岩机的转钎机构可以分为外回转、内回转两大类。

1.2.2.3 冲洗排粉机构

凿岩过程中,炮眼底部的岩石不断被钎头冲击破碎成岩粉,必须及时将它排除,才能继续钻进。冲洗机构是从炮孔内清除破碎下来的岩屑。如果冲洗不足,炮孔底部将发生重复凿磨,不但使凿孔速度减慢,而且使钎头加速磨损,甚至在个别情况下卡钻。冲洗介质多用压力水或压缩空气。用压缩空气时,为防止产生粉尘,必须有岩粉收集器等除尘装置或气水合用。用压力水做冲洗介质时,因通过凿岩机的部位不同,可分为中心给水和旁侧给水两种。

1.2.2.4 推进与支撑机构

凿岩机工作行程是靠压气推进活塞向前运动,同时也反作用于机体,它使机体与活塞成反向运动,产生轴向振动与反冲力。为保证风动凿岩机的正常工作,工作时必须对机体施加一定的轴向推力,以抵消凿岩机的反向冲力,保证钎头与眼底的正常接触。同时,凿岩工作需要支撑、推进和退回凿岩机。因此,必须有推进和支撑机构,一是推动凿岩机和钎具压向岩石工作面,并使钎头在凿孔时始终与岩石接触;二是从炮孔中退出钎具,准备凿下一个炮孔。用手直接拿着凿岩机推进的凿岩机,称为手持式凿岩机,用支腿做推进的称为支腿式凿岩机,分为水平和向上,用推进装置(通称推进器)推进的称为导轨式凿岩机。推进器可安装在柱架或台架上,也可安装在钻车上。

1.2.3 凿岩机具

1.2.3.1 气动凿岩机

气动凿岩机也称风动凿岩机,是用压气驱动,以冲击为主,间歇回转(内回转式凿岩机)或连续回转(独立回转式凿岩机,也称外回转式凿岩机)的一种小直径的凿岩设备。目前我国地下金属矿山凿岩作业主要还是用气动凿岩机,少数有条件的矿山采用液压凿岩机。同时,在铁路、公路、水电建设和国防施工中气动凿岩机也是不可缺少的重要施工机具。

凿岩机按支撑方式分为四种机型:

(1) 手持式凿岩机。这类凿岩机的重量较轻,一般在25kg以下,工作时用手扶着操作。可以打各种小直径和较浅的炮孔。一般只打向下的孔和近于水平的孔。由于它靠人力操作,劳动强度大,冲击能和扭矩较小,凿岩速度慢,现在地下矿山很少用它。属于此类的凿岩机有Y3、Y26等型号。

(2) 气腿式凿岩机。如前所述这类凿岩机安装在气腿上进行操作,气腿能起支撑和推进作用,这就减轻了操作者的劳动强度,凿岩效率比前者高,可钻凿深度为2~5m、直

径 34 ~ 42mm 的水平或带有一定倾角的炮孔，为矿山广泛使用。如 YT23 (7655)、YT24、YT28、YTP26 等型号均属此类凿岩机。

气腿式凿岩机类型虽多，但其构造则大同小异。有些虽主要参数不同、重量不等、尺寸不一，但结构基本相似；有的采用不同配气及转钎机构，而其余机构则无大区别。各类凿岩机中，以气腿式凿岩机应用最广，且其结构具有代表性，凿岩机各部分机构作用如前所述。

(3) 上向式（伸缩式）凿岩机。这类凿岩机的气腿与主机在同一纵轴线上，并连成一体，因而又有“伸缩式凿岩机”之称，专用于打 60° ~ 90° 的向上炮孔，主要用于采场和天井中凿岩作业。一般重量为 40kg 左右，钻孔深度为 2 ~ 5m，孔径为 36 ~ 48mm。YSP45 型凿岩机属此类。

(4) 导轨式凿岩机。该类型凿岩机机器重量较大（一般为 35 ~ 100kg），一般安装在凿岩钻车或柱架的导轨上工作，因而称为导轨式。它可打水平和各个方向的炮孔，孔径为 40 ~ 80mm，孔深一般在 5 ~ 10m 以上，最深可达 20m。YG40、YG80、YGZ70、YGZ90 等型号属于此类。

1.2.3.2 液压凿岩机

液压凿岩机按其配油方式可分为两大类：有阀型和无阀型。前者按阀的结构又可分为套阀式和芯阀式（或称外阀式）；按回油方式分，又有单面回油和双面回油两种，在单面回油中，又分前腔回油和后腔回油两种。常用型号有 TYYG - 20、YYG - 260B、YYG - 90A（单面回油）、YYG - 80（双面回油）。

液压凿岩机也同气动凿岩机基本相同，主要由冲击机构、转钎机构、钎尾反弹吸收装置和机头部分（内含供水装置与防尘系统等部分）组成。

1.2.3.3 掘进凿岩台车

掘进凿岩台车也叫掘进凿岩钻车，凿岩钻车的使用标志着矿山凿岩机械化的水平已进入一个更高的阶段。凿岩钻车与气腿子相比较，凿岩钻车既能够精确地钻凿出一定角度和孔位的炮孔，又可以装长钎杆（可长 5.5m）钻凿较深和直径较大（64mm）的炮孔，而且能提供最优的轴推力，并使工人远离工作面操作，以及由一人可操纵多台凿岩机。因此，使用凿岩钻车能够提高凿岩效率，节省劳动力，降低生产成本，同时改善工人的劳动条件和减轻工人的劳动强度。

掘进钻车主要用于地下矿山巷道、铁路与公路隧道、水工涵洞等地下掘进工程，也可用于钻凿锚杆孔、充填法或房柱法采矿的炮孔，它适用于巷道断面为 $3.2 \sim 150\text{m}^2$ 的场合。

1.2.3.4 采矿台车

采矿凿岩台车也称钻车是为回采落矿而进行钻凿炮孔的设备。不同的采矿方法，需要钻凿不同方向、不同孔径、不同孔深的炮孔。因此也就有了不同种类的地下采矿凿岩钻车。

为完成钻车的各个动作，钻车必须具有相应的机构，这些不同的机构又可划分为三大部分：

(1) 底盘。底盘可完成转向、制动、行走等动作。钻车底盘的概念常把内燃机等原动机也包括在内，是工作机构的平台。

(2) 工作机构。完成炮孔定位、定向、推进、补偿等动作，钻车的工作机构由定位系统和推进系统组成。

(3) 凿岩机与钻具。凿岩机与钻具可完成破岩钻孔作业，凿岩机有冲击、回转、排渣等功能。凿岩机可分为液压凿岩机与气动凿岩机两大类，钻具由钎尾、钻杆、连接套、钻头组成。

采矿凿岩台车的种类繁多有 CTCY10 型全液压采矿钻车和 CTCY10 型全液压采矿钻车。

1.2.3.5 潜孔钻机

潜孔钻机的工作原理和普通冲击回转式风动凿岩机一样。风动凿岩机将冲击回转机构做在一起，冲击能通过钻杆传递给钻头，而潜孔钻机将冲击机构（冲击器）独立出来，潜入孔底。无论钻孔多深，钻头都是直接安装在冲击器上，不用通过钻杆传递冲击能，因而减少了冲击能的损失。

潜孔钻机是一种大孔径深孔钻孔设备，在地下采矿中，与接杆式深孔凿岩相比，潜孔钻机钻孔效率高，不受孔深限制，孔径大，适合大型采矿方法；露天采矿中，和牙轮钻机相比，具有结构简单，使用方便，成本低，不受孔深限制，可以钻凿斜孔等优点，但钻孔效率没有牙轮钻机高。目前国内中小型露天矿山基本上都使用潜孔钻机，大型露天矿山作为辅助钻孔设备。大型地下深孔采矿方法多数采用潜孔钻机，少数采用牙轮钻机。