



全国中等职业技术学校
煤矿技术专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO
MEIKUANG JISHU ZHUANYE JIAOCAI



掘进与支护

全国中等职业技术学校煤矿技术专业教材

掘进与支护

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

掘进与支护/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校煤矿技术专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 7631 - 6

I. 掘… II. 人… III. ①巷道掘进-专业学校-教材②巷道支护-专业学校-教材
IV. TD263.2 TD353

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 088194 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 10.25 印张 242 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价: 17.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前 言

随着我国煤炭工业的迅速发展，煤矿企业对技术工人的知识和技能水平以及相关的职业教育和职业培训提出了更高、更新的要求。为了适应行业发展的需要，更好地满足全国中等职业技术学校煤矿技术专业的教学要求，我们根据原劳动和社会保障部培训就业司颁发的《煤矿技术专业教学计划与教学大纲（2008）》，组织全国有关学校的一线教师 and 行业专家开发了这套煤矿技术专业教材。

根据教学计划，本套教材按“综合机械化采煤”“综合机械化掘进”“煤矿电气设备维修”和“煤矿机械设备维修”四个专业方向设计，包括《采煤概论》《矿井通风与安全》《液压支架与泵站》《煤矿电工学》《综合机械化采煤工艺》《采煤机》《综采运输机械》《掘进与支护》《综合机械化掘进机械》《综合机械化掘进工艺》《煤矿供电》《煤矿电气设备维修技能训练》《煤矿机械》《煤矿固定设备维修技能训练》等教材。

这次教材开发工作的重点有以下几个方面：

第一，突出职业教育特色，重视实践能力的培养。根据煤矿技术专业毕业生所从事职业的实际需要，适当调整专业知识的深度和难度，合理确定学生应具备的知识结构和能力结构，同时，进一步加强实践性教学的内容，以满足企业对技能型人才的要求。

第二，体现行业发展现状和趋势，彰显时代特色。在教材中较多地介绍煤炭行业的新知识、新技术、新工艺和新设备，突出教材的先进性，同时，在教材编写过程中，严格执行国家有关技术标准。

第三，创新教材编写模式，激发学生学习兴趣。按照教学规律和学生的认知规律，合理安排教材内容，并注重利用图表、实物照片及案例辅助讲解知识点和技能点，为学生营造生动、直观的学习环境。

本套教材可供全国中等职业技术学校煤矿技术专业使用，也可作为职业培训教材。教材的编写工作得到了山东、江苏、河南、河北、山西等省人力资源社会保障（劳动保障）厅及有关学校的大力支持，在此，我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年5月

简介

本教材结构合理、叙述详尽、语言清晰、图文并茂，符合中等职业技术学校煤矿技术专业的教学特点和教学要求。主要内容包括岩石性质与工程分级，钻眼爆破，巷道地压，巷道断面形状和尺寸，岩石平巷施工，上、下山掘进，综合机械化掘进，巷道支护和煤巷、半煤岩巷掘进及特殊掘巷法等部分。各部分教学内容参考学时见下表。

本教材由单世东主编，李耀永、魏德权、樊国华参加编写；周忠林审稿。

《掘进与支护》参考学时

教学内容	学时
一 岩石性质与工程分级	4
二 钻眼爆破	16
三 巷道地压	4
四 巷道断面形状和尺寸	6
五 岩石平巷施工	12
六 上、下山掘进	4
七 综合机械化掘进	8
八 巷道支护	10
九 煤巷、半煤岩巷掘进及特殊掘巷法	6
机动	2
总计	72

目 录

第一章 岩石性质与工程分级	(1)
第一节 岩石性质	(1)
第二节 岩石的工程分级	(3)
思考练习题	(6)
第二章 钻眼爆破	(7)
第一节 钻眼机械	(7)
第二节 钻眼工具	(15)
第三节 炸药和爆炸	(21)
第四节 矿用炸药	(22)
第五节 起爆材料	(26)
第六节 电雷管起爆法	(30)
思考练习题	(32)
第三章 巷道地压	(33)
第一节 地压的概念与产生	(33)
第二节 巷道地压观测	(35)
思考练习题	(37)
第四章 巷道断面形状和尺寸	(38)
第一节 巷道断面形状	(38)
第二节 巷道断面尺寸	(40)
思考练习题	(45)
第五章 岩石平巷施工	(46)
第一节 巷道施工中的钻眼爆破破岩法	(46)
第二节 掘进通风与综合防尘	(59)
第三节 岩石的装载与转运	(63)
第四节 巷道施工组织与管理	(75)
思考练习题	(79)

岩石性质与工程分级

巷道掘进工程,就是从岩体上把部分岩石破碎下来,形成设计所要求的井筒、巷道及硐室等空间,然后对这个地下空间进行维护,防止岩体继续破碎或垮落。所以,巷道掘进的主要组成部分和任务是:破碎岩体和防止岩体破碎。为了有效、合理地破岩与进行井巷维护,需对岩石与岩体的物理力学性能有所了解,并在此基础上制定出岩石的工程分级方法,以便为设计、施工和成本计算提供依据。

第一节 岩石性质

岩石是在地质作用下形成的一种或几种矿物组成的集合体。每种矿物具有一定的内部结构和比较固定的化学成分,同时也具有一定的物理性质和形态。

研究岩石性质时,常用到岩石、岩块和岩体这三个术语。一般认为:岩块是指从地壳岩层中切取出来的小块体;岩体是指地下工程周围较大范围内的自然地质体;岩石则是岩块和岩体的泛称。

岩石的性质是多方面的,这里只介绍与巷道掘进有关的主要性质。

一、岩石的物理性质

1. 非均质性和异向性

岩体是地质体的一部分,按组成结构,岩体可分为两类:一类为层状岩体,如沉积岩及其变质岩;另一类为块状岩体,如岩浆岩及其变质岩。

煤矿中所见到的岩体多属于层状岩体,如页岩、砂页岩、砂岩、石灰岩等。这类岩体是由形状不同、颗粒大小不同和分布不均的矿物质和岩石碎屑胶结而成,而胶结物的胶结力又强弱不等,因此,在成岩过程中以及成岩后的构造运动,使这类岩体内具有各种弱面,如层面、节理面、断层面等,从而使这类岩体表现为非均质性、各向异性。

2. 裂隙性

沉积岩体在成岩过程中,由于沉积压密、脱水作用,会形成各种原生裂隙。成岩以后,由于地壳运动和外力(风化、地下水等)的作用,使岩体产生错动、断裂,会形成各种次生裂隙。

如上所述，天然岩体总是被这样或那样的裂隙分割成大小不等的块体，所以也可把岩体称为多裂隙体。

为了度量岩体内裂隙的数量，常以孔隙度（率）表示：

$$n = \frac{V_1}{V} \times 100\%$$

式中 n ——孔隙度（率），%；
 V_1 ——岩体中孔隙的体积， m^3 ；
 V ——岩体的总体积， m^3 。

孔隙度越大，岩体强度越低、透水性越大，越不稳定。

3. 密度

单位体积岩石所具有的质量称为密度，用 ρ 表示：

$$\rho = \frac{M}{V}$$

式中 ρ ——岩石的密度， kg/m^3 ；
 M ——岩石的质量， kg ；
 V ——岩石的体积， m^3 。

4. 岩石的碎胀性

岩石破碎以后的体积将比整体状态下的体积大，这种性质称为岩石的碎胀性。岩石的碎胀性可用岩石破碎后处于松散状态下的体积与岩石破碎前处于整体状态下的体积之比来衡量，该值称为碎胀系数，即

$$K = \frac{V_1}{V}$$

式中 K ——岩石的碎胀系数；
 V_1 ——岩石破碎膨胀后的体积；
 V ——岩石破碎前处于整体状态下的体积。

岩石的碎胀系数与岩石的物理性质、破碎后块度的大小及其排列状态等因素有关。如坚硬岩石破碎后块度较大且排列整齐时，碎胀系数较小；反之，如破碎后块度较小且排列较杂乱，则碎胀系数较大。表 1—1 中列出了几种常见岩石的碎胀系数。在井巷掘进中选用装载、运输、提升等设备的容器时，必须考虑岩石的碎胀系数。岩石爆破所需容许膨胀空间的大小也同该岩石的碎胀系数有关。

表 1—1 几种常见岩石的碎胀系数

岩石名称	砂、砾石	砂质黏土	中硬岩石	坚硬岩石	煤
碎胀系数 K	1.05 ~ 1.2	1.2 ~ 1.25	1.3 ~ 1.5	1.3 ~ 1.5	< 1.2

二、岩石的力学性质

1. 岩石的强度特性

在外力作用下，岩石首先会发生变形，当外力继续增大到超过某一数值时，便会导致岩石破坏。但岩石破坏前的变形很小，尤其是脆性岩石，其破坏是突然发生的，有时还会发生

巨响，并使岩石碎块强烈弹出。

岩石发生变形破坏，是由于岩石强度小于变形时的应力所致。对于裸体巷道来说，如围岩的强度小于它所承受的应力，则围岩就会发生破坏，如发生冒顶、片帮、底鼓等现象；如围岩强度大于它所承受的应力，则巷道可以不支护而长期保持稳定。因此，岩石强度对于巷道掘进具有重大意义。

岩石强度与受力状态有关，岩石因受力状态不同，其强度也不同，而且相差悬殊，一般符合下列顺序：

三向等压抗压强度 > 三向不等压抗压强度 > 双向抗压强度 > 单向抗压强度 > 抗剪强度 > 抗弯强度 > 单向抗拉强度。

岩石受单向力作用时，抗压强度大于抗剪强度，抗剪强度大于抗弯强度，抗弯强度大于抗拉强度，并且岩石的抗剪强度和抗拉强度只有抗压强度的 $1/20 \sim 1/10$ 。岩石在外力作用下，一般都由拉应力引起破坏，而塑性岩石抗剪强度最小，一般由剪切应力引起破坏。因此，采用机械方式破岩时，最理想的破碎方法是使岩体处于受拉伸或受剪切的状态。

2. 岩石的硬度

岩石的硬度，一般可理解为岩石抵抗其他较硬物体侵入的能力。硬度与抗压强度既有联系又有区别。对于凿岩而言，岩石的硬度比岩石单向抗压强度更具有实际意义，因为钻具对孔底岩石的破碎方式多数情况下是局部压碎，所以，硬度指标更接近于反映钻凿岩石的实质和难易程度。

3. 岩石的可钻性和可爆性

岩石的可钻性表示岩石被破岩工具钻碎的难易程度。岩石可爆性表示爆破岩石的难易程度。它们是岩石物理性质在钻眼或爆破的具体条件下的综合反映。

岩石的可钻性和可爆性常用工艺性指标来表示，例如：可以采用钻速、钻每米炮眼所需要的时间、钻头进尺（钎头在变钝以前的进尺数）、钻每米炮眼磨钝的钎头数或破碎单位体积岩石所消耗的能量等来表示岩石的可钻性；可以采用爆破单位体积岩石所消耗的炸药，爆破单位体积岩石所需炮眼长度或单位重量炸药的爆破量及每米炮眼的爆破量等来表示岩石的可爆性。显而易见，上述工艺性指标必须在相同条件下（除岩石条件外）测定，才具有可比性。

第二节 岩石的工程分级

为了提高破岩效率，合理地进行井巷维护，选择合理的钻眼爆破参数，井巷断面形状、大小及支护形式，需对小范围内的岩石加以区分，即围岩分类。习惯上采用“岩石分级”一词。

对于岩石分级（类）的要求是：指标明确、简单，易于掌握使用。现国内外的岩石分级方法很多，用以对岩石分级的指标也很多。下面介绍常用的按岩石坚固性分类的普氏围岩分类法、煤矿锚喷支护围岩分类法以及煤巷顶板围岩稳定性分类法。

一、普氏围岩分类

普氏是前苏联的一位学者，他对大量岩石进行了测试，得出了一个重要结论：大多数岩

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，容易破碎的岩石用各种方法都容易破碎。这就是坚固性系数的基本概念。但它属于单一指标围岩分类，既不能反映围岩的整体性和裂隙性，也不能反映不同应力作用下的围岩的稳定性。它应用岩石的强度指标即“坚固系数 f ”来表示岩石破碎的难易程度，通常也称 f 为普氏系数。

f 值可用岩石的单向抗压强度 R_0 (MPa) 除以 10 求得，即

$$f = \frac{R_0}{10}$$

根据 f 值的大小，将岩石分为十级十五种，这种岩石分级法来自于实践，提出的分级指标——坚固性系数 f 值十分简明，所以至今在采掘工程中仍在沿用，生产中常把 f 值作为编制各种定额的依据。普氏岩石分级见表 1—2。

表 1—2 普氏岩石分级表

级别	坚固性程度	岩石	坚固性系数 (f)
I	最坚固的岩石	最坚固、最致密的石英岩及玄武岩，其他最坚固的岩石	20
II	很坚固的岩石	很坚固的花岗岩类：石英斑岩，很坚固的花岗岩，硅质片岩；坚固程度较 I 级岩石稍差的石英岩；最坚固的砂岩和石灰岩	15
III	坚固的岩石	致密的花岗岩和花岗岩类岩石，很坚固的砂岩和石灰岩，石英质矿脉，坚固的砾石，很坚固的铁矿石	10
III a	坚固的岩石	坚固的石灰岩，不坚固的花岗岩，坚固的砂岩，坚固的大理岩，白云岩，黄铁矿	8
IV	相当坚固的岩石	一般的砂岩，铁矿石	6
IV a	相当坚固的岩石	砂质页岩，泥质砂岩	5
V	坚固性中等的岩石	坚固的页岩，不坚固的砂岩及石灰岩，软的砾岩	4
V a	坚固性中等的岩石	各种不坚固的页岩，致密的泥灰岩	3
VI	相当软的岩石	软的页岩，很软的石灰岩，白垩，岩盐，石膏，冻土，无烟煤，普通泥质岩，破碎的砂岩，胶结的卵石和粗沙砾，多石块的土	2
VI a	相当软的岩石	碎石土，破碎的页岩，结块的卵石和碎石，坚固的烟煤，硬化的黏土	1.5
VII	软岩	致密的黏土，软的烟煤，坚硬的表土层	1.0
VII a	软岩	微砂质黏土，黄土，细砾石	0.8
VIII	土质岩石	腐殖土，泥煤，微砂质黏土，湿砂	0.6
IX	松散岩石	沙，细砾，松土，采下的煤	0.5
X	流沙岩石	流沙，沼泽土壤，含水黄的黄土及其他含水黄的土壤	0.3

- 注：1. 将每一种岩石划分为某种等级时，不只单独地按照其名称，还必须按照岩石的物理状态，并将它的坚固性与分级表中列出的诸岩石进行比较。一般来说，风化的、破碎的、经断层挤压过的、接近于地表的岩石，应当划分到比处于完整状态的同种岩石稍低的等级中。
2. 上述的岩石普氏系数，可以认为是各种不同岩石相对坚固性的表征，它在采矿中的意义在于：手工开采时的采掘性、浅眼以及深眼孔的凿岩性、应用炸药时的爆破性、在冒落时的稳定性、作用于支架上的压力等。
3. 分级表中的数值，是对某一类岩石中所有岩石而言的（如页岩类、石英岩类、石灰岩类等），而不是对此类个别岩石而言的。因此，在特定情况下确定 f 值时，必须十分慎重， f 数值在不同情况下是不一样的。

二、煤矿锚喷支护围岩分类

为合理选择锚喷联合支护类型，科学确定支护参数，及时指导设计与施工，根据煤矿岩石性质的特点和构造情况，我国制定了煤矿锚喷支护围岩分类方法，见表 1—3，把围岩稳定性分为五类。

表 1—3 锚喷支护围岩分类

围岩分类		岩层描述	巷道开掘后围岩的稳定状态 (3~5 m 跨度)	岩种举例
类别	名称			
I	稳定岩层	①完整的坚硬岩层， $R_b > 60$ MPa，不易风化 ②层状岩层，层间胶结好，无软弱夹层	围岩稳定，长期不支护 无碎块掉落现象	完整的玄武岩，石英质砂岩，奥陶纪灰岩，茅口灰岩，大冶厚层灰岩
II	稳定性较好岩层	①完整比较坚硬岩层 $R_b = 40 \sim 60$ MPa ②层状岩层，胶结较好 ③坚硬的块状岩层，裂隙面闭合，无泥质充填物， $R_b > 60$ MPa	围岩基本稳定，较长时间不支护会出现小块掉落	胶结好的砂岩、砾岩，大冶薄层灰岩
III	中等稳定岩层	①完整的中硬岩层， $R_b = 20 \sim 40$ MPa ②层状岩层，以坚硬岩层为主，夹有少数软岩层 ③比较坚硬的块状岩层， $R_b = 40 \sim 60$ MPa	围岩能维持 1 个月以上稳定，有时会产生局部岩块掉落	砂岩，砂质页岩，粉砂岩，石灰岩，硬质凝灰岩
IV	稳定性较差岩层	①较软的完整岩层， $R_b < 20$ MPa ②中硬的层状岩石 ③中硬的块状岩层， $R_b = 20 \sim 40$ MPa	围岩的稳定时间仅有几天	页岩、泥岩，胶结不好的砂岩，硬煤
V	不稳定岩层	①易风化潮解剥落的松软岩层 ②各类破碎岩层	围岩很容易产生冒顶片帮	炭质页岩，花斑泥岩，软质凝灰岩，煤，破碎的各类岩石

注：1. 岩层描述将岩层分为完整的、层状的、块状的、破碎的 4 种。

(1) 完整岩层：层理和节理裂隙的间距大于 1.5 m。

(2) 层状岩层：层与层的间距小于 1.5 m。

(3) 块状岩层：节理裂隙间距大于 0.3 m，小于 1.5 m。

(4) 破碎岩层：节理裂隙间距小于 0.3 m。

2. 当地下水影响围岩的稳定性时，应考虑适当降低围岩级别。

3. R_b 为岩石的单轴饱和抗压强度。

三、煤巷顶板围岩稳定性分类

现场常采用的分类指标包括三个强度，即煤层顶板、底板岩石及煤层的单向抗压强度；三个距离，即巷道埋深、护巷煤柱宽度、直接顶初次垮落步距（岩体完整指数）；一个比值，即直接顶厚度与采高之比。将煤巷的围岩稳定性分为五类：

I 类：非常稳定；

II 类：稳定；

III 类：中等稳定；



钻 眼 爆 破

井巷施工首先要破碎岩石,破碎岩石是巷道掘进中最主要的、占时较长的工序,它直接影响巷道掘进的质量、速度和成本。

常用的破岩方法有机械破岩和钻眼爆破破岩两种。

钻眼爆破破岩法是目前国内外普遍采用的方法。这种方法操作简单、所用设备轻巧、适应性强、成本低,但机械化程度低、劳动强度大。

第一节 钻 眼 机 械

进行爆破破岩,须先钻出炮眼,安放炸药,然后爆破。井巷掘进中,在岩石上钻眼,主要采用冲击式钻眼法,在煤上钻眼,主要采用旋转式钻眼法。冲击式钻眼法使用的钻眼机械是凿岩机,旋转式钻眼法使用的钻眼机械则多是电钻。凿岩机以使用的动力不同,分气动凿岩机(一般简称凿岩机或风钻)、液压凿岩机及电动凿岩机等。

一、气动凿岩机

1. 主要构造

使用压缩空气作为动力的凿岩机为气动凿岩机,通常又称为风钻。它是岩石巷道掘进时最常用的凿岩机械。

气动凿岩机由机头、机身(缸体)和机尾三部分组成,并用螺栓连为一体。图2—1所示为气腿式凿岩机外形,气腿式凿岩机是气动凿岩机的一种。

2. 动作原理

冲击式凿岩机动作原理示意如图2—2所示,它由冲击、转钎和排粉三种动作组成。

当配气阀4堵住配气装置3的右方(图示位置)时,压缩空气由配气装置的左方进入活塞1左侧的气缸2,推动活塞向右移动冲击钎尾,这一过程称为冲程。当活塞右移至排气孔6的右侧位置时,活塞左侧气缸内的气体经排气孔排出,压力下降,而气缸右侧的气体,因为受活塞挤压,压力上升。此时,配气阀右侧的压力大于左侧的压力,使其左移堵住左侧进气孔,压缩空气由右侧进入活塞右侧的气缸,将活塞向左推动,同时由于棘轮7和转动套筒8,使钎尾转动,这一过程称为回程。活塞如此往返一次,就对钎尾完成一次冲击转钎动作。

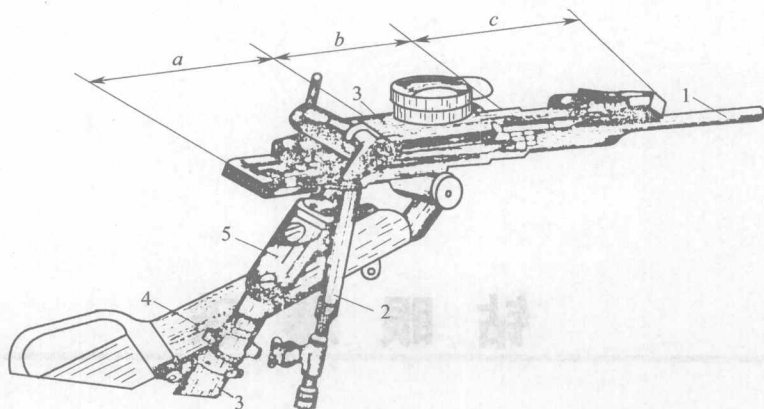


图2—1 气腿式凿岩机外形

1—钎子 2—水管 3—风管 4—气腿 5—注油器
a——机头 b——机身 c——机尾

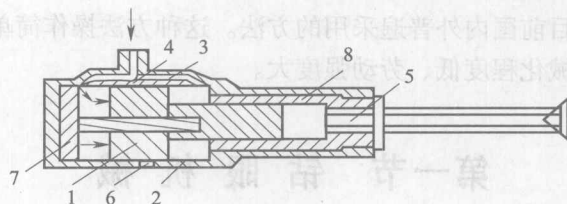


图2—2 冲击式凿岩机动作原理示意图

1—活塞 2—气缸 3—配气装置 4—配气阀 5—钎尾 6—排气孔 7—棘轮 8—转动套筒

眼底的排粉动作，是使压缩空气从钎尾进入钎杆中心孔，经钎头进入眼底吹出岩粉。如是湿式岩粉，则是利用压力水，经钎杆中心孔进入眼底冲洗岩粉。

3. 破岩原理

冲击式凿岩机的破岩原理如图2—3所示。钎子在冲击力 F 的作用下切入岩石，凿出深度为 h 的一条沟槽 $I-I$ ，然后钎子转动一个角度 β ，第二次冲击时，不但凿出第二条沟槽 $II-II$ ，而且由二次冲击时产生的水平力 H 将两条沟槽之间的三角岩块（见图中阴影部分）破坏。如此循环下去，炮眼就可以逐渐加深。

4. 气动凿岩机的类型

按支持的方式，气动凿岩机可以分为气腿式、向上式、导轨式和手持式4类。

(1) 气腿式凿岩机

这种凿岩机使用最为广泛，在凿岩机的下面有一气腿附件（见图2—1），工作时，将气腿支于地面，起支撑和推进作用。它最适合于掘进水平和倾斜巷道。必要时，也可用来向上或向下打眼。

(2) 向上式凿岩机

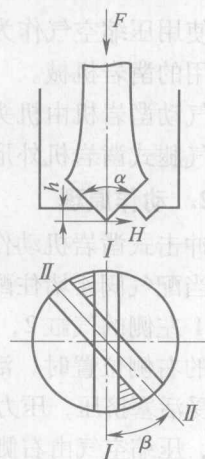


图2—3 冲击破岩原理

向上式凿岩机将气腿和凿岩机在同一轴线上连成一体，专门用于打 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的炮眼，可用于掘进反井或打巷道顶部的锚杆眼。

(3) 导轨式凿岩机

这种凿岩机的质量比较大，需放在带有导轨的托盘上，连同机械推进设备一起放在台车或钻架上使用。适用于钻直径为 60 mm 左右、深达 10 m 的炮眼。

(4) 手持式凿岩机

工作时它靠人力支撑和推进。由于工作时体力消耗大、效率低，目前仅在立井掘进和小煤矿中使用。

现将国产有关凿岩机的类型列于表 2—1。

为了提高凿岩速度，国内外都在研制高频（高冲击次数）凿岩机，以使冲击频率达 2 500 ~ 3 500 次/min，甚至更高。但随着冲击频率的增加，凿岩机的振动亦会加大，故高频凿岩机最好放在钻架或钻车上使用。

5. 凿岩机的操作、使用和故障处理

(1) 钻眼前的准备

1) 开机前，敲帮问顶，撬掉顶、帮和工作面上的浮石，引标出巷道中、腰线，检查工作面有害气体。

2) 检查气、水压是否正常，水压要低于气压，以防气进入机体。将压气管连接于凿岩机前，应先吹净管内和接头上的泥沙。

3) 检查注油器的油量，调好油阀，准备好足够的水针、钻头、钎子、机油、活动扳手、管子钳等。

4) 将压力气体接通后，先开小气量让凿岩机空转片刻，检查凿岩机运转和声音是否正常。

(2) 开眼

1) 由班长按爆破说明书定好眼位，开眼时应先供气、后供水，使凿岩机轻打慢转。调整气腿使之与底板保持 $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 的夹角，以减小向前的推力，加大支撑力。

2) 待钻进 5 ~ 10 cm 后，加大凿岩机和气腿的进气量，调整气腿和底板的夹角（一般调整为 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ），以加大轴向推力。

(3) 正常钻进

1) 使钎子、凿岩机和气腿保持在同一垂直面上，在钻进的同时，调节气腿的长度，使气腿保持适当的轴向推力（一般约 784 ~ 980 N），这时，气腿与底板的夹角不应超过 50° ，以免卡钎。

2) 随时注意钎杆与眼壁的接触情况，当钎杆磨眼壁上方时，应减少气腿进气量，当钎杆磨眼壁下方时，应增加气腿进气量，使钎杆始终在炮眼中心位置旋转。

3) 排粉给水量以流出稀糊状的岩浆为宜，水量过大会降低转速，反之，排粉不畅会造成钻头堵孔或夹钎。

4) 拔钎时，可先停水但不能停气，然后将气腿稍向后移，随之双手紧握凿岩机手把，慢慢后退即可拔出。若拔不出，可把气腿反向前移至钎子下面，利用气腿反力顶出钎子，或加大压力，强力吹出岩粉。若凿岩机卡钎严重拔不出钎子，可用活动扳手或管子钳夹紧钎子，帮助凿岩机转动扫眼拔钎。

表 2-1

国产气动凿岩机

技术特性	单位	气腿式					向上式		导轨式			手持式	
		YT-23 (7655)	YT-24	YS-26	YTP-26	ZFI	YS-70	YSP-45 (9549)	YG-35	YG-40	YGZ-70	YGZ-90	改进 01-30
机体质量	kg	24	24	26	26.5	25	25	44	35	36	65	90	28.2
最大钻眼直径	mm	34~38	34~42		36~54		38~42	35~42	45~60	40~55		60~80	43
最大钻眼深度	m	5		5		5	4	6		15	5~8	30	7
气缸直径	mm	76	70	75	95	80	70	95	100	85	110	125	65
活塞行程	mm	60	70	70	50	50	74	47	48	80	50	62	50~55
冲击功	J	>58.8	>58.8	>68.6		>58.8	54	>58.8	98	>98	98	>196	50
冲击频率	次/min	2100	1800	2050	2600	2300	1750	>2700	2650	1600	3000	2000	1800
回转扭矩	N·m	>14.70	>12.74	>14.70	17.64	>14.70	11.76	>17.64	>49.00	37.24	78.40	>117.60	11.76
使用气压×10 ⁸	Pa	4.9	3.9~5.9	4.9	3.9~5.9	4.9	4.9	4.9					4.9
耗气量	m ³ /min	<3.6	<2.9	<3.5	<3	<3.5	2.4	<5	6.1	<5	7	≤11	3.85
气胶管直径	mm	25	19	25	25	25		25					19
水胶管直径	mm	19	13	13	12	13		13					13
钎尾规格 (六角钢对 边尺寸×长度)	mm	22.2×108	22×108	22×108	25×108	22×108	22×108	22.2×108	25.4×159	φ32×97	25×159	φ32×97	25.4×108
	mm	全长628	全长678	全长690	680×250	全长640	630×380 ×120	1240×390 ×120			778×230 ×280		

(4) 使用注意事项

1) 凿岩机工作时要及时加油，供水要正常，操作时保持平稳，磨损零件及时更换。

2) 气压要充足，工作面气压应保持在 $3.9 \times 10^5 \sim 4.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，防止漏气。

气动凿岩机常见故障及处理方法见表 2—2。

表 2—2 气动凿岩机常见故障及处理方法

故障类别	原因	处理方法
凿岩机速度降低	工作气压低	①核算压气管路的负载，如超负载，应适当减少同时工作的凿岩机台数或其他耗气作业 ②消除管路漏气，检查管径及气阀规格是否太小 ③若输气胶管过长应适当截短
	气腿推力不足、伸缩不灵，机器跳动	①加大气腿与凿岩机的角度 ②检查气腿内活塞胶碗松脱及磨损情况，进行相应处理并清除内部杂物 ③横臂环形胶圈磨损，缸体与柄体连接处的密封圈损坏或丢失，应及时更换 ④架体与外管螺纹连接不紧，气腿内气管端部两个小密封胶圈损坏或丢失，应及时更换 ⑤柄体手把扳机及换向阀卡死不动，应及时更换
	润滑不足	①注油器缺油，应立即加油 ②注油器油路堵塞，应清洗，采用压力气体将孔吹通 ③润滑油太浓、太脏，应更换
	发生“洗钻”现象	①水压高于气压，造成高压水倒灌机腔，破坏机体润滑，此时应降低水压 ②注水系统失灵，气、水混合进入机体，应及时修理
	主要零件磨损	①缸体和活塞配合表面擦伤，可用油石磨光 ②配气阀磨损，应及时更换 ③主要零件如活塞、螺旋棒、螺旋母、回旋爪、转动套、钎套磨损过了极限，应及时更换
不易启动	水针被撤掉	补装水针
	润滑油太浓、太多	将润滑油调节适当
	水灌入机体	检查原因并及时处理
水针折断	活塞小头端部严重损坏和钎尾中心不正	更换活塞和钎子
	钎尾和钎套（转动套筒）配合间隙过大	钎套内六角对边尺寸磨损至 25 mm 就应更换，否则不仅容易折断水针，而且也易损坏活塞和钎子
	水针太长	修短水针
	针尾大孔太浅	应重新制作