

高等学校规划教材

爆破工程

高尔新 杨仁树 主编

中国矿业大学出版社

高等学校规划教材

爆 破 工 程

高尔新 杨仁树 主编

中国矿业大学出版社

责任编辑 张乃新 赖应得

图书在版编目 (CIP) 数据

爆破工程/高尔新主编. - 徐州: 中国矿业大学出版社,
1999.7

ISBN 7-81070-025-1

I. 爆… II. 高… III. 爆破技术-高等学校-教材
IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 27808 号



中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

北京科技印刷厂印刷 新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 21 字数 511 千字

1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷

印数 1~2 000 册 定价 27.00 元

前 言

工程爆破的发明和应用,对人类社会的文明和发展起着巨大的推动作用。在我国的国民经济建设中,工程爆破一直占有比较重要的地位。据统计,目前我国共有416家工业炸药厂,4家检测中心和检验站,年产炸药120万t,年产雷管20亿发(1996年),工程爆破年工业产值达53亿元(1994年)。我国工程爆破的特点是应用面广,爆破方式繁多,从移山填海、开山筑路、凿洞引水、采矿筑坝,到炸石烧灰,爆破工程技术日新月异。大到1992年12月28日珠海炮台山12000t炸药的大爆破,小到几十毫克的模型试验,中国的现代化建设为工程爆破提供了最广阔的天地,为爆破器材、爆破技术和爆破理论的发展创造了机遇。

目前,高等教育正面临新的变革,原有的教学计划已不适应新的形势。为此,由中国矿业大学主编,太原理工大学、山东矿业学院、焦作工学院、淮南工业学院、黑龙江矿业学院、河北建筑科技学院和西安矿业学院参编,8个院校合编了这本教材。在众多的有关爆破工程的教材中,我们力求突出本书的特色。本书的一个主要特点是既有理论分析和实验研究,也有工程实践,坚持了科学性、先进性和实用性。本书的前半部分偏重于理论,后半部分偏重于实践。由于工程爆破的应用范围很广,所以书中尽量囊括了工程爆破的各个领域,比较系统地概括了近年来爆破工程的研究成果,提供了一些实例及分析计算方法,目的是力求使读者能够对工程爆破及近年来的发展有一个比较全面的了解。本书的另一个特点是,考虑到不同读者的需求,在内容编排上,力求由浅入深、通俗易懂,理论公式推导避免过于深奥,计算实例和工程实例阐述尽量详尽。为了帮助读者加深对教材的了解,书中每章都附有思考题,供以练习。

本书由高尔新、杨仁树任主编。具体编写分工如下:第一章:高尔新;第二章:高尔新,张世平;第三章:林丛谋;第四章:杨小林;第五章:宗琦;第六章:胡刚;第七章:东兆星;第八章:张世平;第九章:蓝成仁;第十章:胡刚;第十一章:杨仁树;第十二章:张琦。

由于工程爆破的理论尚不十分成熟,目前主要还是以经验为主,加上我们水平有限,时间仓促,在编写的系统性和连贯性以及对材料的选择及理解等方面,错漏之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1999年6月

内 容 提 要

本书共分十二章。第一章概述了爆破工程的基本特点；第二章介绍了主要的钻孔方法及机具；第三章比较全面地介绍了工业炸药、起爆器材和起爆方法；第四章是关于炸药爆炸的基本理论，包括起爆机理和爆轰理论；第五章阐述了炸药在岩土中爆炸的基本理论，这是目前正在不断发展和完善的一个研究领域，也是爆破工程设计的理论基础；第六章扼要地介绍了水中爆炸的物理现象及特点；第七章比较详细地介绍了地下爆破工程中的掏槽爆破、光面爆破、微差爆破及相应的施工技术；第八章介绍了露天爆破工程的工程地质问题、台阶爆破、硐室爆破和边坡控制爆破；第九章对基础、烟囱、水塔、钢筋混凝土框架结构、楼房等的拆除爆破进行了详细地论述；第十章介绍了在爆破工程中应注意防范的危险及应采取的安全技术措施，介绍了爆破工程中常用的仪表；第十一章介绍了有关的爆破测试技术，其中动光弹、动云纹和焦散线法是近年来新采用的测试方法；第十二章介绍了特种爆破技术。

本书是高等学校规划教材，可供煤炭、冶金、铁道、军工和城建等系统院校土木类专业的师生使用，同时可供从事科研、设计和施工的工程技术人员参考使用。

目 录

第一章 爆破工程概论	(1)
第一节 爆破工程的现状与发展.....	(1)
第二节 爆破工程的基本特点.....	(2)
第三节 爆破工程的方法.....	(3)
思考题.....	(4)
第二章 钻孔方法与钻孔机具	(5)
第一节 钻孔方法及其分类.....	(5)
第二节 浅孔钻孔机具.....	(7)
第三节 深孔钻孔机具.....	(19)
思考题.....	(29)
第三章 爆破器材与起爆技术	(30)
第一节 工业炸药.....	(30)
第二节 起爆器材.....	(41)
第三节 起爆方法.....	(52)
思考题.....	(63)
第四章 爆炸及炸药的基本理论	(65)
第一节 爆炸及炸药的基本概念.....	(65)
第二节 爆炸反应的有关参数.....	(67)
第三节 炸药的起爆与感度.....	(77)
第四节 炸药的爆轰理论.....	(85)
第五节 炸药的爆炸作用.....	(98)
思考题.....	(102)
第五章 岩土中爆炸的基本理论	(104)
第一节 岩石的动态特性和可爆性.....	(104)
第二节 岩土中爆炸应力波.....	(111)
第三节 岩石爆破破碎机理.....	(120)
第四节 爆破漏斗及利文斯顿爆破漏斗理论.....	(125)
第五节 装药量计算原理.....	(134)
思考题.....	(137)
第六章 水中爆炸的基本理论	(138)
第一节 水中爆炸的物理现象.....	(138)
第二节 水中爆炸冲击波的参数计算.....	(140)
思考题.....	(142)

第七章	地下工程爆破	(143)
第一节	掏槽爆破	(143)
第二节	井巷掘进爆破施工技术	(148)
第三节	光面爆破	(158)
第四节	微差爆破	(163)
第五节	立井冻结段控制爆破	(165)
	思考题	(168)
第八章	露天工程爆破	(169)
第一节	爆破工程地质	(169)
第二节	露天台阶爆破	(175)
第三节	露天硐室爆破	(181)
第四节	边坡控制爆破	(199)
	思考题	(210)
第九章	拆除爆破	(211)
第一节	拆除爆破设计原理及药量计算	(211)
第二节	基础拆除爆破	(215)
第三节	烟囱、水塔的拆除爆破	(218)
第四节	钢筋混凝土框架结构的拆除爆破	(222)
第五节	楼房的拆除爆破	(227)
第六节	水压爆破	(229)
第七节	静态破碎方法	(234)
第八节	工程实例	(238)
	思考题	(241)
第十章	爆破安全技术	(242)
第一节	爆炸空气冲击波	(242)
第二节	爆破地震效应	(246)
第三节	爆破飞石	(249)
第四节	爆破噪声	(253)
第五节	早爆及其预防	(256)
第六节	瞎炮及其处理	(259)
第七节	瓦斯和煤尘工作面的爆破安全技术	(260)
第八节	爆破工程中常用的仪表	(262)
	思考题	(266)
第十一章	爆破测试技术	(267)
第一节	爆破模型试验相似理论简介	(267)
第二节	动态应变的电测法	(272)
第三节	爆破震动测试	(278)
第四节	高速摄影	(281)
第五节	动态光弹性法	(284)

第六节	动云纹·····	(288)
第七节	焦散线法·····	(291)
	思考题·····	(295)
第十二章	特种爆破技术·····	(296)
第一节	聚能爆炸切割技术·····	(296)
第二节	巷道定向断裂控制爆破新技术·····	(300)
第三节	石材开采爆破技术·····	(304)
第四节	爆破疏通技术·····	(307)
第五节	爆炸加工技术·····	(309)
第六节	地基爆破处理技术·····	(312)
	思考题·····	(324)
	主要参考文献·····	(326)

第一章 爆破工程概论

第一节 爆破工程的现状与发展

我国是拥有四大发明的文明古国，早在公元 7 世纪，我们的祖先就首先发明了火药。唐代炼丹家孙思邈在《丹经》一书中，详细地记载了用硝、硫、碳三种成分配制黑火药的过程。宋代，火药被用于军事。公元 13 世纪，火药经印度、阿拉伯传入欧洲。1627 年，匈牙利将黑火药用于采掘工程，从而开拓了工程爆破的历史。

受爆破器材的限制，早期的爆破很不安全。1831 年才出现了导爆索，1867 年瑞典人诺贝尔发明了火雷管，同年又制成以硅藻土为吸收剂的确化甘油炸药，并由瑞典化学家德理森和诺尔宾首次研制成功硝铵炸药，至此，工程爆破的安全性才有了一定保障。进入 20 世纪，爆破器材和爆破技术又有了新的进展。1919 年，出现了以泰安为药芯的导爆索；1927 年，在瞬发电雷管的基础上研制成功秒延期电雷管；1946 年，研制成功毫秒延期电雷管；50 年代初期，铵油炸药得到了推广应用；1956 年，库克发明了浆状炸药，解决了硝铵炸药的防水问题；80 年代，又研制和推广了导爆管起爆系统。

在新中国成立以后，我国才有了自己的工业炸药。新中国的第一代建设者们，利用简单的爆破器材，开山修路，筑坝建矿，为共和国建立了不可磨灭的功勋。特别是改革开放以来，工程爆破以其工期短、见效快等特点，在国家建设中占有比较重要的地位。目前，我国工业炸药的生产已有了比较完整的体系，建立了 416 个炸药加工厂，品种达数十种。新中国成立以来，我国已进行过装药量在万吨以上的土石方爆破两次，千吨级的土石方爆破十余次，百吨级的土石方爆破百次之多，创造出许多爆破新技术和新工艺，解决了许多工程建设中的难题。

工程爆破在国民经济建设中有着广泛的用途，在煤矿、金属矿、建材矿山等工业领域，爆破方法是破碎矿岩的主要手段。我国年采煤约 12 亿 t，其中除少量用水力或机械开采外，绝大部分都是用爆破方法开采的。在冶金行业，我国年产钢 1.05 亿 t，消耗矿石量在 8 亿 t 以上；在非金属行业，我国年产水泥 1.8 亿 t，消耗石灰石在 2 亿 t 以上。这些矿石都是以爆破方法为主要施工手段而开采的。

在铁路、公路和水利工程中，采用定向抛掷爆破可将土石方抛掷到预定的位置，从而加快车场、公路或大坝的建设速度。例如，湘黔线凯里车站在 1971 年进行的一次非对称双侧抛掷爆破，按设计要求将抛方量中的 63.4% 抛弃到一侧，加快了调车场的建设速度。1969 年，广东省南水水电站定向爆破筑坝，总装药量 1 394 t，土方量 105 万 m³，堆积平均坝高 62.3 m，与设计值相比，准确度达 96%，这一先进经验曾在第十一届国际大坝大会上作了介绍。1973 年，陕西省石砭峪水库又成功地进行了 1 575 t 炸药的定向爆破筑坝，准确度已达到 98%。

在机电工程中，爆炸加工技术发展迅速，利用爆炸能可以将金属冲压成形、将两种金

属焊接在一起、将金属表面硬化和切割金属或者人工合成金刚石等。另外，采用高温爆破法还可以清除高炉、平炉和炼焦炉中的炉瘤或爆破金属炽热物等。

在城市建筑物、构筑物和基础等拆除爆破中，控制爆破得到了空前的发展和应 用。在城市进行工程爆破，技术上的要求与野外的爆破工程有着很大差别。它首先要求保证周围的人和物的安全，其次是装药量不能过多，而装药的炮孔数量却远远超过野外的土石方爆破，我国至今已积累了一次准确起爆 12 000 个炮孔的经验。城市控制爆破技术的发展，不仅把过去危险性大的爆破作业由野外安全可靠地推进到了人口密集的城镇，更重要的是创造了许多新技术、新工艺和新经验。1982 年，湖北省爆破学会在高达 221 m 的武汉市电视塔基础开挖工程中，应用控制爆破开挖了近 8 000 m³ 岩石，确保了距爆源仅 3 m 的发射塔、周围建筑群及百米处长江大桥的安全。可以认为，现代爆破技术已深入应用到我国国民经济的各个部门，并取得了喜人的成就。

第二节 爆破工程的基本特点

工程爆破的最基本特性在于对安全的高度重视。工程爆破是利用炸药爆炸产生的巨大能量作为施工手段，为工程建设服务的一种技术。炸药是易燃易爆物品，在特定条件下，其性能是稳定的，储存、运输和使用都是安全的，但如果使用不当或意外爆炸时则将会给人们带来灾难。据统计，在我国企业职工伤亡事故中，各类爆炸事故总数（包括由爆破引起的事故）占伤亡事故总数的 40% 以上。为此，我国有关部门制定了一系列有关工程爆破的规程，例如，民用爆炸物品管理条例、爆破作业人员安全技术考核标准、爆破安全规程、大爆破安全规程、拆除爆破安全规程、乡镇露天矿爆破安全规程等。上述爆破行政法规和技术法规是每一位爆破工作者必须掌握并遵守的法律。只有严格按照规程施工，才能确保施工的安全。

工程爆破的另一特点在于对爆破作业人员的素质有较高的要求。对爆破事故的统计分析发现，造成爆破事故的主要原因是人为因素，而人为因素造成爆破事故的主要原因是爆破作业人员素质差、安全意识差和违章作业。因此，所有爆破人员都应参加安全技术培训和考核，每个爆破人员都应明确自己的职责和权限。在《爆破安全规程》中把爆破作业人员分成：爆破工作领导人，爆破工程技术人员，爆破段（班）长，爆破员，爆破器材库主任，爆破器材保管员和爆破器材试验员。他们之间的关系如图 1-1 所示。《爆破安全规程》中规定，进行爆破工作的企业必须设有爆破工程领导人，爆破工程技术人员，爆破段（班）长和爆破器材库主任。

工程爆破还有着严格的规章制度，对炸药的使用、运输、保管及施工每一个步骤都有着严格

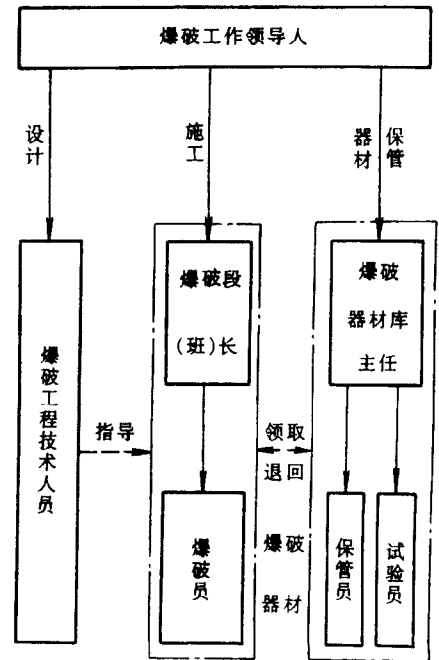


图 1-1 爆破作业人员关系

的规定。这些规定都是从成千上万例事故中总结出来的，是血的教训，每一个爆破工作者都应严格遵守。

第三节 爆破工程的方法

爆破方法可分为三类：

一、按药包形状分类

按药包形状可分为四种爆破方法：

(1) 集中药包法。当药包的最长边长不超过最短边长的4倍时，称为集中药包。集中药包通常应用在药室法爆破和药壶法爆破中。集中药包起爆后产生的冲击波以均匀辐射状作用到周围的介质上。

(2) 延长药包法。当药包的最长边长大于最短边长或直径的4倍时，称为延长药包。实践中通常使用的延长药包，其长度要大于17~18倍药包直径。延长药包常常应用于深孔爆破、炮眼爆破和药室中的条形药包爆破中。延长药包起爆后，爆炸冲击波以柱面波的形式向四周传播并作用到周围的介质上。

(3) 平面药包法。当炸药包的直径大于其厚度的3或4倍时，称为平面药包。人们通常预先把炸药做成油毛毡或毛毡形状，应用时将其切割成块，包裹在介质表面，用于机械零件的爆炸加工。平面药包起爆后，大多数能量都散失到空气中，只是在与炸药接触的介质表面上受到爆炸作用，爆炸冲击波可以近似为平面波。

(4) 异形药包。为了某种特定的爆破作用，可以将炸药做成特定的形状。其中，应用最广的是聚能爆破法。它是将装药的一端加工成圆锥形的凹穴或沟槽，使爆轰波按圆锥或沟槽凹穴的表面聚焦在它的焦点或轴线上，形成高能射流，击穿与它接触介质的某一部位。这种药包可用来切割金属板材、大块岩体的二次破碎以及在冻土中穿孔等。

二、按装药方式与装药空间形状的不同分类

按装药方式与装药空间形状的不同可分为四种爆破方法：

(1) 药室法。这是大量土石方挖掘工程中的常用方法。它的优点是，需要的施工机械比较简单，不受气候和地理条件的限制，工效高。一般来说，药室法可分为集中装药药室和条形装药药室。每个药室的装药量小到几百公斤，大到几百吨。

(2) 药壶法。即在普通炮孔底部，装入少量炸药进行不堵塞的爆破，使孔底部扩大成圆壶形，以求达到装入较多药量的爆破方法。药壶法属于集中药包类，适用于中等硬度的岩石，能在工程量不大、钻孔机具不足的条件下，以较少的炮孔爆破，获得较多土石方量。随着机械化施工水平的提高，药壶爆破的应用面有所缩小，但仍为某些特殊条件的工程所采用。

(3) 炮孔法。通常根据钻孔孔径和深度的不同，把孔深大于4 m、孔径大于50 mm的爆破称为中深孔爆破，反之称为浅孔爆破或炮眼法爆破。从装药结构看，这是属于延长药包一类，是工程爆破中应用最广、数量最大的一种爆破法。

(4) 裸露药包法。这是一种最简单最方便的爆破施工方法。进行裸露药包法爆破作业不需钻孔，直接将炸药数设在被爆破物体表面上并加简单覆盖即可。这样的爆破法对于清除危险物、交通障碍物以及破碎大块岩石的二次爆破是简便而有效的。虽然它的炸药爆炸

能量利用率不高，应用数量不大，使用的机会也不多，但至今仍不失其使用价值。

三、按爆破技术分类

按爆破技术大体可分为四种爆破方法：

(1) 定向爆破。使爆破后土石方碎块按预定的方向飞散、抛掷和堆积，或使被爆破的建筑物按设计方向倒塌和堆积的爆破，都属于定向爆破范畴。它的技术关键是要准确地控制爆破所要破坏的范围以及抛掷和堆积的方向与位置。对大量土石方的爆破，通常采用药室法或条形药室法。对于建筑物的定向倒塌爆破，除了合理布置炮孔位置外，还应考虑起爆时差和受力状态等。

(2) 预裂、光面爆破。预裂和光面爆破的爆破作用机理基本相同，其目的都是为了在爆破后获得平整的岩面，以保护围岩不受破坏。二者的不同在于预裂爆破是要在完整的岩体进行爆破开挖之前，施行预先的爆破，使沿着开挖部分和不需要开挖的保留部分的分界线裂开一道裂缝，用于隔断爆破作用对保留岩体的破坏，并在预裂爆破后形成新的平整岩面；光面爆破则是在主爆体爆破之后，利用密集钻孔和减弱装药进行的爆破，以求得到平整的坡面或轮廓面。

(3) 微差爆破。微差爆破是在相邻炮孔或排孔间以及深孔内以毫秒级的时间间隔顺序起爆的一种起爆方法。由于相邻炮孔起爆的间隔时间很短，先爆孔为相邻的后爆孔增加了新的自由面，以及由于爆破应力波在岩体中的相互叠加作用和岩块之间的碰撞，使爆破的岩体破碎质量、爆堆成形质量均较好，从而可以降低大块率，降低炸药单耗，降低地震效应，减少后冲，提高施工效率。在拆除爆破中，合理的微差爆破可以控制建筑物的倒塌方向。

(4) 其他特殊条件下的爆破技术。爆破工作者有时会遇到某种不常见的特殊情况，用常规方法难以解决，或因时间紧迫以及工作条件恶劣而不能进行正常施工，这时我们需要根据所掌握的爆破作用原理与工程爆破的基本知识，大胆设想采用新的爆破方案，仔细地进行设计计算，解决工程难题。例如，森林灭火、抢堵洪水和泥石流、疏通河道、水下压缩淤泥地基等。

对于爆破工作者来说，掌握上述几种爆破方法并不困难，但要灵活运用这些方法去解决工程中的各种复杂问题，却有相当的难度。要熟练地掌握爆破技术，既要有一定的数学、力学、物理、化学和工程地质知识，还要有一定的施工经验的积累。一个合格的爆破工程师，首先要熟悉各种介质的物理力学性质、爆破作用原理、爆破方法、起爆方法、爆破参数计算原理、施工工艺方面的知识，同时还要掌握爆破时所产生的地震波、空气冲击波、碎块飞散和破坏范围等爆破作用规律，以及相应的安全防护知识。

思 考 题

- 1 我国目前的爆破行政条例和技术法规有哪些？
- 2 通过对爆破事故的统计分析发现，造成爆破事故的主要原因有哪些？
- 3 工程爆破主要有哪些方法？

第二章 钻孔方法与钻孔机具

第一节 钻孔方法及其分类

爆破技术的改进或爆破效率的提高往往有赖于施工机具。例如，在用人工打眼或绳索式冲击钻机钻孔的年代，推广深孔微差爆破就有很多困难，更不用说采用光面爆破、预裂爆破等需要密集钻孔的爆破新技术了。自从 50 年代出现了高效率的潜孔钻机以及稍后的牙轮钻机和高频冲击的风动钻机以来，钻孔效率成倍提高，使爆破工程中的钻孔作业变得容易多了，大大改善了爆破效果，提高了爆破效率，一些新的爆破技术也应运而生。

根据钻孔直径和钻孔深度可将钻孔方法分为浅孔钻孔、中深孔钻孔和深孔钻孔三种。通常将孔径小于 50 mm，孔深不超过 3~5 m 的炮孔称为浅孔或浅眼；孔径为 50~70 mm，孔深为 5~15 m 的炮孔称为中深孔；深孔孔径一般不小于 80 mm，孔深大于 12~15 m。

根据破岩机理，可将钻孔方法分为冲击式、旋转式、旋转冲击式和滚压式四种。

一、冲击式钻孔法

冲击钻孔过程如图 2-1 所示。钻头在冲击力 p_D 的作用下，侵入岩石并形成一条凿痕 AB，随后将钻头转动一个角度再次冲击时，钻头在岩石上形成一个新的压痕 A'B'，当转动角度和冲击与岩石的强度相匹配时，则在第二次冲击形成凿痕 A'B' 的同时将剪切掉 AOA' 和 BOB' 两个扇形体积。不断重复上述动作，即可完成圆形面积的破碎并前进一个深度 h 。破碎后的岩屑要不断利用风压或水流排出孔外，以避免重复破碎。这样，冲击一转动一排粉，连续不断地循环下去，即构成冲击式钻孔过程。冲击式钻机一般适用于硬岩的钻孔过程，凿岩机是冲击式钻孔法的代表机具。

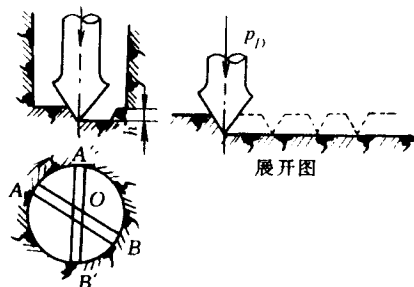


图 2-1 冲击式钻孔过程

二、旋转式钻孔法

旋转式钻孔过程如图 2-2 所示。切割型钻头在轴压力 p 作用下侵入岩石某一深度 h ，同时在回转力矩 p_C 作用下克服岩石抗切削强度将岩石一层层地切割下来，钻头运行的轨迹是沿螺旋线下降，破碎下的岩屑被排出孔外而完成钻孔。这样，压入一回转切削一排粉，连续不断地进行，即构成旋转式钻眼过程。旋转钻孔法一般适用于软弱岩层或煤层的钻孔过程，电钻是旋转式钻孔法的代表机具。

三、旋转冲击式钻孔法

旋转冲击式钻孔是旋转式和冲击式钻孔的结合，其过程如图 2-3 所示。钻头在回转切削的同时，既有轴压力 p 的作用，又有冲击力 p_D 和回转力矩 p_C 的作用。它与冲击式的区别是钻头连续旋转，与旋转式的区别是增加了冲击作用。这样，压入一回转切削一冲

击一排粉，连续不断地进行，就构成了旋转冲击式钻眼过程。旋转冲击式钻孔法适用于大孔径中硬岩的钻孔过程，潜孔钻机是旋转冲击式钻孔法的代表机具。

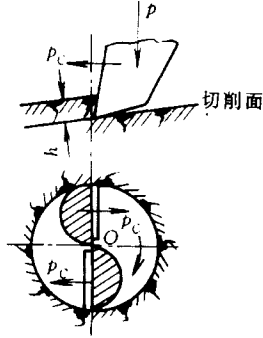


图 2-2 旋转式钻孔过程

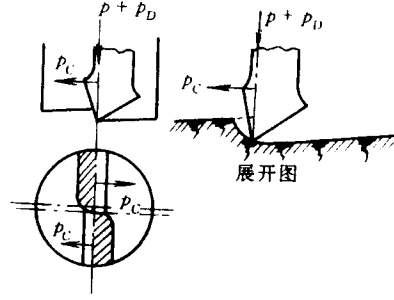


图 2-3 旋转冲击式钻孔过程

四、滚压式钻孔法

滚压式钻孔是以牙轮钻头的滚压作用破碎岩石的，如图 2-4 所示。通过钻杆给牙轮钻头施以轴压 p ，同时钻杆绕自身轴转动，使得牙轮钻头绕钻杆做公转。而牙轮又绕自身轴做自转，即在岩石上形成滚动。在滚动过程中，牙轮是以一个齿到两个齿又到一个齿地交替接触岩石，这样，牙轮的轴心便上下振动，引起钻杆周期性地弹性伸缩，这个弹性能不断地传给岩石成为牙齿冲击破碎岩石的能源。在滚动过程中，牙轮的牙齿压入一定深度后将对周围产生挤压作用，钻杆的振动引起的冲击又加强了对岩石的破碎。破碎下的岩屑通过钻头上喷嘴喷出的压缩空气排出孔外。这样，压入一回转（牙齿的压入和冲击）一排粉，连续进行而完成钻眼过程。滚压式钻孔法一般适用于大孔径硬岩的钻孔过程，牙轮钻机是滚压式钻眼法的代表机具。

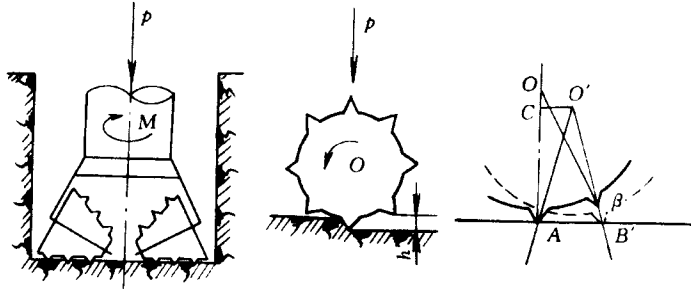


图 2-4 牙轮钻头滚压钻眼过程

各钻眼法和相应钻机类型如下：

冲击式钻眼	风动凿岩机	手持式	质量在 30 kg 以下	架钻设备	台车 伞形钻架和环形钻架
		气腿式			
		导轨式	质量 35~80 kg		
	电动凿岩机	向上式	质量 40~45 kg		
		水（气）腿式	质量 25~30 kg		
		架钻式			
	液压凿岩机	导轨式	质量 130~360 kg		
内燃凿岩机		质量 30 kg 以下			

旋转式钻眼	电钻	煤电钻 手持式 质量 18 kg 以下 功率 1.2 kW	
		岩石电钻	
	液压钻	导轨式 架钻式	质量 35~40 kg 功率 2 kW
旋转冲击式钻眼	潜孔钻机	架钻式	质量 150~360 kg
		台车式	质量 6~45 t
液压式钻眼	牙轮钻机		质量 80~120 t

除上述钻孔方法外，还有热能钻孔、微波钻孔、激光钻孔、水射流钻孔以及氟氧化学反应钻孔等。

第二节 浅孔钻孔机具

浅孔钻孔机具主要应用在井巷掘进和拆除爆破中，采用的动力主要是风动、液压、电动、内燃等。下面介绍几种主要的浅孔钻孔机具：

一、风动凿岩机的构造和工作原理

风动凿岩机是以压缩空气为动力，其构造应满足冲击式钻眼过程的冲击、转钎和排粉三个基本动作的钻孔机具。此外，为保证凿岩机的正常工作，风动凿岩机还有润滑系统和操纵系统等部分。风动凿岩机可分为手持式、气腿式、向上式（伸缩式）和导轨式几种。按冲击频率分，风动凿岩机又可分为低频、中频和高频三种。冲击频率在 2 000 次/min 以下的为低频，2 000~2 500 次/min 为中频，超过 2 500 次/min 的为高频。国产气腿凿岩机，除 YTP-26 等少数为高频外，均为低、中频凿岩机。

手持式凿岩机目前使用很少。气腿式凿岩机因重量和手持式差不多，但有气腿支撑，可减轻体力劳动，在岩巷掘进中应用较广。

与气腿轴线平行（旁侧气腿）或与气腿整体连结在同一轴线上的凿岩机，称为向上式凿岩机，专供掘进反井、煤仓和打锚杆使用。

导轨式凿岩机是大功率凿岩机，质量在 35 kg 以上，配备有导轨架和自动推进装置。在巷道内钻眼时，需将导轨架连同自动推进装置和凿岩机安设在起支撑作用的钻架上，或与凿岩台车、钻装机配合使用；在立井内钻眼时，与伞钻或环形钻架配合使用。

凿岩机的类型很多，但主机类型和动作原理大致相同。现以 YT-23（7655）型气腿凿岩机为例进行介绍。

YT-23（7655）型气腿凿岩机的外形如图 2-5 所示。

YT-23（7655）型气腿凿岩机由柄体 1、缸体 2 和机头 3 组成，用两根螺栓 4 将它们固装在一起（见图 2-6）。

YT-23（7655）型凿岩机的工作系统由冲击机构、转钎机构、排粉系统和润滑系统组成。

（一）冲击机构

YT-23（7655）型气腿凿岩机的冲击机构由气缸、活塞和配气系统构成。借助配气系统可以自动变换压气进入气缸的方向，使活塞完成往复运动——冲程和回程。当活塞做冲程运动时，活塞冲击钎尾将冲击功经钎杆、钎头传递给岩石，完成冲击做功过程。其工作原理如图 2-7 所示。

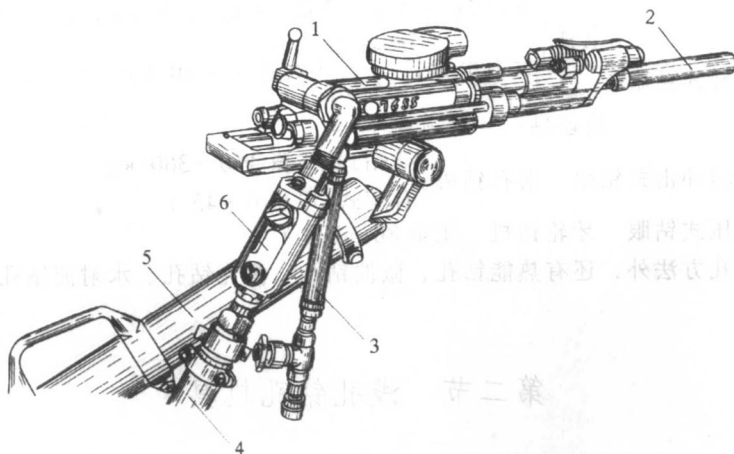


图 2-5 YT-23 (7655) 型气腿凿岩机外形图

1—凿岩机主机；2—钎子；3—水管；4—压气软管；5—气腿；6—注油器

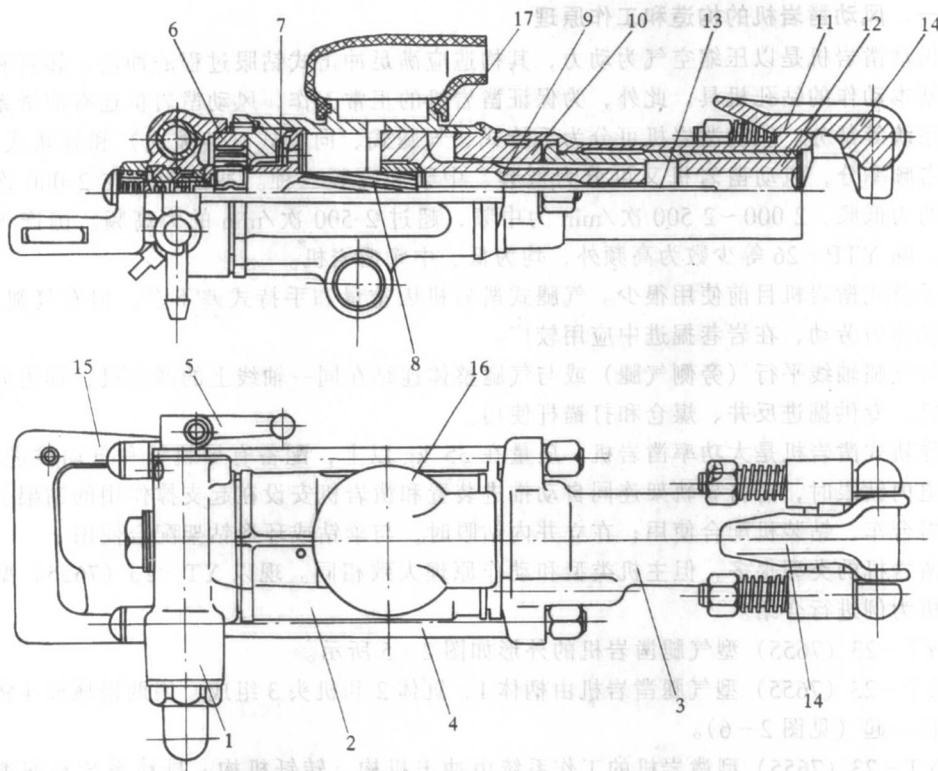


图 2-6 YT-23 (7655) 型凿岩机构造图

1—柄体；2—缸体；3—机头；4—螺杆；5—操纵阀；6—棘轮；7—配气阀；8—螺旋棒；9—活塞；10—导向套；11—转动套；12—钎套；13—水针；14—钎卡；15—把手；16—消音罩；17—螺旋母

(1) 冲程运动。压缩空气从操纵阀经气道进入滑阀的前腔再进入气缸的后腔施加于活塞的左端面，此时，活塞的右端即气缸的前腔与大气相通，所以，活塞左右两端面的压力不同，从而推动活塞自左向右运动，开始冲击行程。当活塞右端面越过排气口时，气缸前腔被封闭，前腔的余气受活塞压缩，被压缩的余气压力逐渐升高，并经回程气道至滑阀的

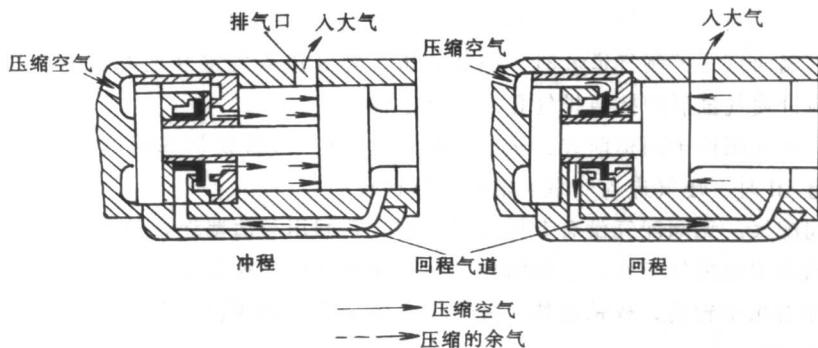


图 2-7 冲程和回程示意图

后腔，使滑阀的左端面压力逐渐升高。当活塞的左端面越过排气口后，气缸后腔与大气相通，压缩空气突然逸出造成压力骤然下降，这时，作用在滑阀左端面上的余气压力大于右端面上的压力，滑阀被推向右运动，关闭了原来压缩空气的通道。同时，活塞冲击钎尾，结束冲程，开始回程。

(2) 回程运动。当滑阀移至右端，封闭与气缸后腔的通路后，压缩空气将沿滑阀左端的气路经回程通路进入气缸前腔推动活塞做回程运动。当活塞左端面越过排气口，活塞将压缩气缸后腔的余气，使压力逐渐升高，并使滑阀右端面所受余气压力增高。当活塞右端越过排气口后，气缸前腔与大气相通，压缩空气突然逸出，压力骤然下降。这时作用在滑阀右端的压力高于左端的压力，从而推动滑阀向左端运动，封闭了回程气道的通路，回程结束，压缩空气又从滑阀右端进入气缸后腔，开始又一个冲程运动。

由此可见，活塞的往复运动是靠配气系统来实现的。配气系统是控制压缩空气反复进入气缸前腔、后腔的机构，它的形式主要有环阀配气装置和控制阀配气装置和无阀配气。前面介绍的是环阀配气装置，下面简单介绍一下其他几种配气装置。

(1) 控制阀配气。控制阀配气装置主要应用在 YT-24 凿岩机上。它的特点是配气阀的换位是由压气推动的，这样，可以保证活塞走完全部冲程，但是，在缸体上要多加工两条控制气道，阀的加工也比较复杂。它的工作原理如图 2-8 所示。

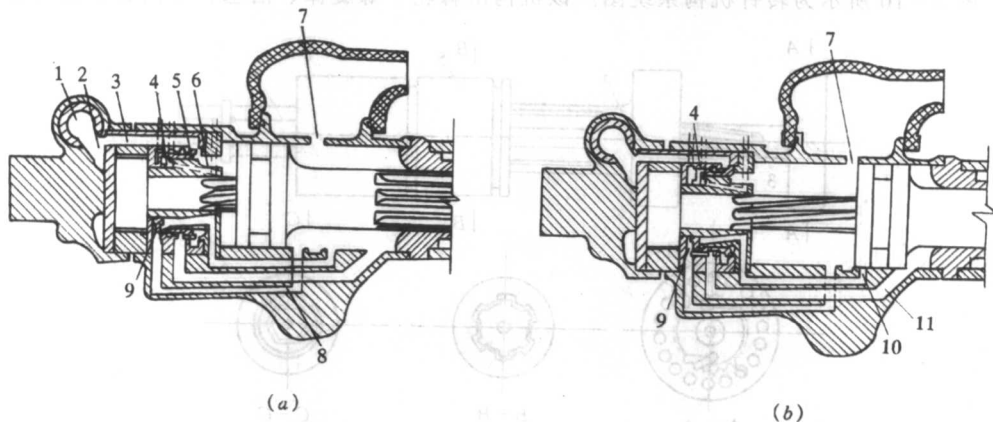


图 2-8 控制阀配气原理

a—冲程；b—回程