

396007

高等学校试用教材

钻探工艺学

上册

钻进方法及钻探质量

武汉地质学院（主编）

中南矿冶学院 长春地质学院

成都地质学院 河北地质学院

合 编

地质出版社

高等学校试用教材

钻 探 工 艺 学

上 册

钻进方法及钻探质量

武汉地质学院(主编)

中南矿冶学院 长春地质学院
成都地质学院 河北地质学院
合 编

地 质 出 版 社

内 容 简 介

“钻探工艺学”教材共分上、中、下三册。上册主要内容为钻进方法及钻探质量,包括岩石性质及破碎机理、硬质合金钻进、金刚石钻进、钻粒钻进、冲击回转钻进、岩矿心采取、钻孔弯曲与定向钻进等部分;中册主要内容为钻孔冲洗及护壁堵漏,包括冲洗液种类和功用、钻孔冲洗水力计算、乳状冲洗液、各种类型泥浆、水泥和化学浆液的组成、性能及作用机理等部分;下册主要内容为水文、水井及工程地质钻探,包括水文水井钻探的钻井工艺和成井工艺、工程地质孔的钻进方法、取样、压水试验、灌浆工艺等部分。本册为上册。

本教材是解放多年来为探工专业编写的第一本公开出版的教材,内容较系统和全面,反映了国内外钻探先进水平,特别对钻探工艺的理论问题,如岩石破碎理论、钻孔冲洗和护壁堵漏机理、测斜纠斜原理等加强了分析研究,并收集了大量实际资料,归纳总结了目前钻探生产中的经验;教材中图表较多,便于阅读和理解。

本书作为高等院校探工专业学生的试用教材。也可供地质、冶金、煤炭、二机、水利电力、铁道等部门从事钻探工作的技术人员参考使用。

钻 探 工 艺 学

(上 册)

钻进方法及钻探质量

武汉地质学院(主编)

中南矿冶学院 长春地质学院

成都地质学院 河北地质学院

合 编

责任编辑:高 森

*

地质出版社

(北京和平里)

冶金胶印厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 22 插页: 2 页 字数: 522,000

1980年12月北京第一版·1990年11月北京第二次印刷

印数: 3321—5825册 定价: 4.40元

ISBN 7-116-00708-3/P·605

前 言

《钻探工艺学》是为适应地质类高等院校探工专业的专业教学需要而编写的，是在各院校以往探工专业教材的基础上，由地质部归口组织武汉地质学院，中南矿冶学院、长春地质学院、成都地质学院、河北地质学院等五院校共同讨论统一编写的公开出版的第一部专业统编教材。

本书贯彻教育部教材会议有关精神，力求做到用唯物辩证法观点阐述科学技术问题，加强基本理论、基本技术、基本方法的训练，反映先进科学技术和最新成就，在着重于理论分析的同时，尽力联系生产实际，取材和阐述努力做到由浅入深，贯彻少而精的原则。本书在岩石物理力学性质和破碎机理，各种钻进方法，钻孔测量，钻孔冲洗及护孔堵漏，水文水井及工程地质钻探等章节都加强了理论分析，反映了国内外先进技术成就，同时综合了国内行之有效的生产经验。为便于学习和实际参照，书中附有较多的图表。考虑到国内在钻探工程方面尚缺乏系统的公开出版的专业书籍，为适应从事钻探工程有关人员的需要，在原有教材的基础上，从取材等方面作了必要的调整和取舍。各院校在讲授中，可按具体情况有所增减。

按探工专业教育计划，在《钻探工艺学》课程进行之前，应有《钻探工程概论》课程，后续有《石油钻井》和《岩石破碎原理及新破碎方法》等课程，并都编有相应的教材。为避免重复，在本书中就不包括：钻孔结构设计，钻探设备安装，开钻前准备工作，孔内事故预防及处理，保安技术，石油钻井，岩石破碎新方法等内容。

本书由武汉地质学院主编，分上、中、下三册。上册为钻进方法及钻探质量，中册为钻孔冲洗及护孔堵漏，下册为水文水井及工程地质钻探。编写过程是共同讨论编写大纲，分工负责编写，相互审阅，集体讨论修改，主编最后修改定稿。为使读者阅读方便，采取分册出版。

本书编写分工是：武汉地质学院李世忠同志编写绪言，上册第一篇第二、四、五章和结束语，杨学涵同志编写上册第一篇第一章，戎信同志编写下册第六篇。中南矿冶学院曾祥熹同志编写中册第四篇。何玉明同志编写上册第三篇。长春地质学院张祖培同志编写上册第一篇第三章，李永信同志编写中册第五篇。成都地质学院汤顺德同志编写下册第七、八两篇。河北地质学院罗发祯同志编写上册第二篇。

本教材（上册）由中南矿冶学院高森同志编辑加工。

本书在编写过程中，除参阅五院校以往编写的教材、参考资料外，不少科研单位，省地质局和勘探公司及所属勘探队，有关厂矿提供了宝贵资料或科研成果，特此表示感谢。

由于编者的水平所限，加之时间仓促，书中缺点错误，在所难免，希读者批评指正。

编 者

1979年11月

目 录

(上 册)

钻进方法与钻探质量

绪 言

第一篇 钻 进 方 法

第一章 岩石物理力学性质及其在外力作用下的破碎机理	5
第一节 岩石及其物理性质	5
一、岩石的分类	5
二、岩石的矿物组成	7
三、岩石的结构和构造	7
四、岩石的物理性质	8
第二节 岩石的力学性质	10
一、岩石的强度	10
二、岩石的硬度	15
三、岩石的弹性、塑性和脆性	21
四、各向压缩下岩石的力学性质	27
五、岩石的研磨性	31
第三节 岩石的可钻性及其分类	38
一、概述	38
二、岩石可钻性的确定及其分类	39
第四节 岩石在外力作用下的破碎机理	44
一、工具压入时的压力分布和应力状态	44
二、岩石在外载作用下的破碎发展过程	47
三、岩石破碎效果与破碎过程各参数间的关系	51
第二章 硬合金钻进	51
第一节 概述	55
第二节 硬合金钻进的井底碎岩过程	55
一、塑性岩石的碎岩情况	58
二、脆性岩石的碎岩过程	58
三、切入与切削同时作用下的井底碎岩情况	59
第三节 关于切削具的磨损与钻进	60
一、切削具的磨损	60
二、关于切削具沿高度的磨损和钻进问题	60
三、在不同碎岩形式下切削具的磨损和钻速问题	62
四、切削刃在井底磨损的实际状况	64

第四节 钻探用的硬质合金及硬合金切削具	65
一、硬质合金的特性	65
二、钻探用的硬合金切削具的形状及规格	66
第五节 取心式硬合金钻头的结构要素	68
一、钻头体	68
二、切削具出刃	68
三、切削具的镶焊角	71
四、切削具在钻头底面的排布	72
五、切削具在钻头上的数目	73
六、钻头的水口和水槽	74
第六节 取心式硬合金钻头	75
一、取心式硬合金钻头的类别	75
二、磨锐式硬合金钻头	76
三、自磨式硬合金钻头	83
第七节 全面硬合金钻头	85
一、全面钻进的特点	85
二、现用的全面硬质合金钻头	85
第八节 硬合金钻头的制造工艺	87
第九节 磨锐式硬合金钻头的钻进规程	87
一、硬合金钻进规程	87
二、钻压的确定	88
三、转速的确定	90
四、泵量的确定	92
五、各钻进参数间的配合关系	93
六、最优回次钻程时间的确定	94
第十节 自磨式硬合金钻头的钻进规程	96
一、钻压的确定	96
二、转速的确定	96
三、泵量的确定	97
四、钻进工艺要求	97
第十一节 各类地层的硬合金钻进	98
一、根据岩层合理选用钻头	98
二、不同地层的钻进	98
第三章 金刚石钻进	100
第一节 概述	100
一、金刚石钻进的发展	100
二、金刚石钻进的优越性	101
三、金刚石钻头破碎岩石的基本概念	102
第二节 钻探用金刚石	105
一、金刚石的分类	105
二、金刚石的品级和粒度	106
三、金刚石的晶形和性质	108

四、人造金刚石的合成	112
五、其它超硬材料	117
第三节 金刚石钻头和扩孔器	118
一、钻头的类型和规格	118
二、钻头的组成部分	121
三、金刚石钻头的结构分析	123
四、扩孔器	129
第四节 金刚石钻头和扩孔器制造工艺	131
一、金刚石钻头的制造工艺	131
二、金刚石扩孔器制造工艺	137
三、金刚石钻头和扩孔器的机械加工和质量检查	138
四、提高钻头质量的措施	138
五、金刚石的回收	140
第五节 金刚石钻进规程	141
一、钻压	142
二、转速	144
三、冲洗液量	146
第六节 金刚石钻进技术	148
一、钻具的组配	148
二、钻头的选择和使用	149
三、操作工艺技术	153
四、钻进中的振动问题	155
第四章 钻粒钻进	159
第一节 概论	159
一、钻粒钻进	159
二、钻粒钻进的井底工作过程	159
三、钻粒钻进的特点及应用	160
四、关于钢粒钻进的碎岩方式	161
第二节 钢粒	162
一、钢粒的材质	162
二、钢粒的热处理	163
三、钢粒的粒度	164
第三节 钢粒钻头	165
一、钢粒钻头的功用和结构	165
二、钢粒钻头的材质与性能	166
三、钢粒钻头的壁厚	167
四、钢粒钻头的水口	168
第四节 钢粒钻进规程	169
一、投砂方法及投砂量	169
二、钻压	171
三、转速	173
四、冲洗液量	174

五、钻进规程参数的判断和掌握	175
第五节 钢粒钻进的先进经验和措施	176
第五章 冲击回转钻进	178
第一节 概述	178
一、冲击回转钻进的特点和实质	178
二、冲击回转钻进的应用范围	179
三、冲击回转钻进的发展概况	179
四、冲击回转钻进的技术经济效果	180
第二节 液动冲击器	181
一、阀式正作用液动冲击器	181
二、阀式反作用液动冲击器	184
三、阀式双作用液动冲击器	185
四、射流式液动冲击器	187
五、喷射式液动冲击器	190
第三节 风动冲击器	191
一、国外风动冲击器	192
二、国内风动冲击器	194
第四节 冲击回转钻的碎岩工具	197
一、硬合金刀具的工作条件	197
二、冲击回转钻进用的钻头	199
三、冲击回转钻头的材质	204
四、冲击回转钻头的镶焊	205
第五节 冲击回转钻进工艺	206
一、冲击回转钻进的碎岩特征	206
二、影响冲击回转碎岩效果的因素	207
三、钻进规程参数的选择	209
第六节 提高冲击回转钻进的措施	211
一、冲击功对钻速的影响	211
二、冲锤重量和冲击末速对钻速的影响	212
三、岩心和岩心管的影响	212
四、钻孔直径的影响	212
五、孔底气囊反射器的应用	213
六、冲击回转钻进用的一些附属装置	215
第七节 液动冲击回转钻进的发展方向	215

第二篇 岩矿心采取

第六章 概述	217
第一节 对岩矿心采取的基本要求	217
一、岩矿心的代表性	217
二、岩矿心代表性所应具备的内容	217
第二节 影响岩矿心采取质量的因素	218

一、地质因素的影响	218
二、机械破坏作用	218
三、钻进方法与规程	218
四、钻具结构	219
五、操作技术	220
六、管理组织及规章制度	220
第三节 岩矿层取心难度的分类	220
第七章 单、双层岩心管钻具	222
第一节 单层岩心管钻具	222
一、概述	222
二、提高单管取心率的措施	222
第二节 双层岩心管钻具	225
一、双动双管钻具	225
二、单动双管钻具	226
三、金刚石钻进单动双管钻具	231
第八章 局部反循环钻进	235
第一节 无泵反循环钻进	235
一、工作原理	235
二、适用范围	235
三、几种不同结构的无泵钻具	326
四、无泵钻进的操作规程及注意事项	237
第二节 喷射式孔底反循环	237
一、喷反钻具的基本结构及工作原理	238
二、喷反元件的作用及其尺寸的选择	240
三、喷反钻具及其工作性能	242
四、通用型喷反钻具	245
五、喷反钻具的使用	246
六、金刚石钻进用喷反钻具	249
第九章 特种取心方法	250
第一节 绳索取心钻进	250
一、绳索取心的优点	250
二、绳索取心钻具的结构原理	250
三、附属设备、工具及钻杆	252
四、绳索取心钻具的使用	255
五、国外绳索取心钻具简介	256
第二节 连续取心钻进	258
一、概述	258
二、连续取心钻进方法	259
第三节 定向取心法	262
第四节 岩矿心的补取	264
一、捞取岩矿心的方法和工具	264

二、物探测井与孔壁取样·····	264
------------------	-----

第三篇 钻孔弯曲及定向钻进

第十章 钻孔弯曲 ·····	270
第一节 概述 ·····	270
一、钻孔设计简介·····	270
二、钻孔弯曲的类型·····	271
三、钻孔弯曲的影响·····	271
第二节 造成孔斜的地层结构方面的原因 ·····	272
一、钻进地层的影响·····	272
二、钻孔和岩层的遇层角对孔斜的影响·····	274
三、地层、构造等其它因素对孔斜的影响·····	274
第三节 造成孔斜的一般工艺技术方面的原因 ·····	274
一、设备安装方面·····	275
二、钻进方法及钻进参数的影响·····	275
第四节 井底钻具组结构及其工作状况的分析和对孔斜的影响 ·····	276
一、钻具的稳定性·····	276
二、井底钻具组结构对孔斜的影响·····	280
三、钻具与孔壁的间隙·····	284
四、井底钻具组与井壁接触状况及扶正器位置的计算·····	284
第十一章 钻孔弯曲的测量 ·····	284
第一节 测量钻孔弯曲的基本原理 ·····	286
一、钻孔顶角测量原理·····	286
二、方位角测量原理·····	287
第二节 钻孔弯曲的有关计算 ·····	288
一、钻孔弯曲的解析几何表示方法·····	288
二、钻孔弯曲的球面几何表示方法·····	290
三、钻孔弯曲的赤平投影表示方法·····	291
第三节 非磁性矿体的全测法 ·····	293
一、单点测量仪器·····	293
二、多点测量仪·····	295
第四节 磁性矿体的全测法 ·····	298
一、间接法测量·····	298
二、直接法测量·····	303
第五节 测斜仪的校正 ·····	309
第六节 确定钻孔的空间位置的计算和作图法 ·····	310
一、计算法·····	310
二、作图法·····	311
第十二章 钻孔弯曲的预防 ·····	314
第一节 钻孔弯曲的预防措施 ·····	314

一、根据地层规律设计钻孔	314
二、确保设备安装质量, 把好开孔关	319
三、选择好钻进工艺措施, 减小孔壁间隙	319
四、正确选择钻具结构, 增强钻具的导向性和稳定性	320
第二节 钻孔弯曲的纠正 (纠斜)	321
一、一般纠斜方法	321
二、特殊纠斜方法	323
第十三章 定向钻进	324
第一节 偏心楔	324
一、固定式偏心楔	324
二、取出式偏心楔	325
三、活动式偏心楔	326
四、无楔体连续导斜器	326
第二节 定向导斜计算及其修正	327
一、计算法	327
二、图解法	328
三、图算法	329
四、实际导斜的参数修正	332
第三节 偏心楔的定向方法	332
一、钻杆、套管定向	332
二、简便式偏重定向楔子	333
三、电测重锤找眼定向活楔子	335
四、ZDX-1型钻孔定向仪	336
五、仪器测键槽定向法	337
第四节 偏心楔的固定	338
一、孔内架桥的方法	338
二、楔子的固定	338
第五节 导斜钻进	341
一、导斜钻具	341
二、导斜钻进方法	342

绪 言

(一)

钻探工艺学是探矿工程专业的一门主要的专业课程。通过该课程的教学,使学生获得必要的专业智能和技术专长。因此,该课程的任务是讲授有关的钻探专业的理论,综合分析钻探技术方面的先进经验,并使学生了解和掌握钻进工艺的工作过程和一般规律;熟悉施工的有效方法和合理程序;还应对本专业可能采用的新技术、新方法及发展动向有所了解。通过专业课程的学习,应使学生在将来的工作中,能够运用所学的知识和技能,对阻碍生产的主要问题,经过分析研究予以合理解决,达到充分发挥技术工作的效能,不断提高劳动生产效率。并应根据所需,对新工艺、新技术进行试验研究,能动地改造技术方法,不断提高本专业的科学技术水平。为达到此目的,必须在教学过程中,通过各个教学环节,着重于培养学生的分析问题和解决问题的能力。并且为了适应现代科学技术的飞速发展的形势,还必须重视培养学生的自学能力和独立思考能力,以便使自己的知识不断更新、不断提高。

《钻探工艺学》统编教材就是根据上述要求和原则,适应该专业课的教学需要而编写的。

钻探工艺学的特点是一门实践性较强的应用技术课程。目前,“钻探工艺”做为一门课程虽然已经教学多年,但就其现有的科学水平来看,它本身尚未形成一门具有完整体系的独立学科。这些特点和现状给我们编写教材带来了不少的困难。我们五个兄弟院校,根据多年教学实践经验,共同讨论、确定了本教材的系统和编写大纲。本着以满足该门课程教学的目的、任务和要求为主旨,以加强专业理论和便于学生学习为原则,并且注意处理教材内容的新与旧、中与外、深与广、点与面以及典型和一般,描述和分析诸关系,编写了这本教材,以应教学的急需。

钻探工艺学内容涉及的知识领域较广,学习前应有必要的先修课程和知识:(1)基础理论知识。除了必要的数、理、化一般基础理论知识外,还应有技术基础理论知识,如:理论力学、材料力学、流体力学、工程热力学、机械原理及零件、有机化学、胶体化学、电工学、电子学等。在学习钻探工艺学中有时要应用到它们的基本概念和原理,才能深入理解问题的实质;(2)钻探工作的基本知识。应通过钻探概论课程及相应的实习,了解钻探工作的基本程序和主要环节,了解有关的钻探设备和必要的钻具及工具,熟悉设备的安装方法及过程、晓得钻孔结构、开孔要求、钻进工序、事故的预防和处理、终孔封孔的步骤和要求。

我们认为:一本教材应该是教学的主要依据。但是,为了提高教学质量,在教学中应当根据具体情况,灵活运用才能发挥教材的积极作用。特别是对一门专业课程,更应当鼓励学生自学、启发其独立思考能力,调动学习的积极性和主动性,这是值得重视的一个问题。

在教学过程中,还要注意努力贯彻辩证唯物主义的认识论,使学生遵循由感性到理性,由个别到一般、由浅入深的认识规律,认识事物的实质。并且应根据本课程的特点,

贯彻理论联系实际的原则,把讲授和实习、实验结合起来。同时还必须贯彻少而精的原则,着重于基本内容、基础理论、基本概念的学习,以便在有限的教学时间内,获得最主要的知识。此外,在教师指导下,指定一些必要的参考资料,以便因材施教,扩大学习的知识面,充实学习的内容,也是十分必要的。多年来,各院校在钻探工艺课的教学方面积累了许多宝贵的经验,发挥了各自的专长,体现了各校的特色。对一门专业课来说,发扬这些特点是有好处的,以便相互取长补短,共同提高。

(二)

探矿工程又称勘探技术。从现在的工作状况来看,探矿工程包括钻探工程和坑探工程。不过有些地方把山区运输机械化问题,甚至把机械设备的维修问题以及发电、输配电等工程技术问题也划归探矿工程技术人员的职责范围,所以探矿工程的实际工作业务范围是相当广泛的,这就要求一个探矿工程技术人员应具备较广泛的知识。

探矿工程是获得直接的、真实的地质资料的必要手段。它是地质勘探工作不可缺少的一环,是对矿产资源做出最终评价的依据。在普查找矿和矿产勘探中,为了揭示地质界限,了解地质构造和查明矿床产状、含矿品位、矿产储量、埋藏、开采条件等,以便对矿产资源做出确切的评价,就必须进行大量的探矿工程工作。据估计,要探明一亿吨铁矿,需要钻探十万里;要探明十万吨铜矿,需要钻探几万里;而要生产一千万吨石油就需钻探几百万里。所以根据当前的实际施工状况及工作量来看,在探矿工程领域中大都以钻探为主。

钻探工程包括钻探工艺和钻探机械两方面的内容,分为两门专业课讲授。从地质勘探实际工作内容和要求来看,对探矿工程专业学生来说,应当以学习钻探工艺为主。

钻探工程在国民经济中已占有相当重要的地位。并且随着工农业建设的发展,钻探工程的应用范围愈来愈广。在地质工作中钻探工程主要用于下列各方面:

1. 普查找矿钻探 为了揭露表土,探索基岩的性质及产状,了解地层及地质构造,或验证物探资料等而进行普查找矿钻探。在普查找矿中常用的有地表取样钻或轻便浅孔钻等。
2. 矿产勘探钻探 详细查明一个矿区的地质构造,探明矿体的产状、品位,求得矿产的储量,为矿产的开采提供必要的地质资料。通常在矿区布置一定的勘探网或勘探线,以比较集中的固定式机台进行钻探。
3. 水文地质及水井钻探 查明地下水的赋存状态、水质水量及其运动规律等水文地质情况。根据探采结合的精神,有时在进行了水文地质勘察后,下管成井做为供水井。有时为开发地下水源专打供水井。
4. 工程地质钻探 为查明桥基、坝基、路基或水库、港口及大型设备、高层建筑的地基基础和地基承载能力而进行的专门钻探工作称工程地质钻探。从深度而言,工程地质钻孔多属100米以内的浅孔;从地层而言,它主要钻进冲积地层。但它有特殊的取样要求和须在孔内进行专门的测试工作。
5. 油、气田钻探 为勘探石油及天然气矿产而进行的钻探工作称油气田钻探,通称石油钻井。实际上,石油及天然气的勘探钻井和开发钻井常常结合在一起。由于石油及天然气矿藏的特殊条件,现在油气田钻井已经形成一支拥有专门设备和专门钻井工艺的专业化队伍。

随着科学技术的不断发展,对矿产资源的品种、质量以及开发途径也有了新的要求,因而促进了钻探工程又开辟了许多新的领域,例如:为了找寻新的能源品种和基地,从六十年代以后许多国家(如美国、意大利、冰岛、日本、新西兰及我国等二十多个国家)大力进行地热钻探以开发地热资源;为了勘探和开发大陆架海底蕴藏的石油和天然气,迅速发展起海洋(石油)钻探,利用了许多新技术,创建了大型新设备。现在北海、阿拉伯半岛沿海,美国西部及阿拉斯加南部沿海以及非洲沿海等地区正在进行海洋石油钻井。据统计,美国1977年在海上的油气钻井占总生产井的35%,可见海洋钻井发展之快。同时,为了开发海洋资源,现在开展了滨海钻探和海底地质钻探工作。为了了解新地区的地下情况,进行了南极大地钻探和月球表层钻探。为了了解地球深部的地质及构造,现正进行深达10公里的“超深井钻探”。这些情况说明,钻探工程的应用领域有了许多新的扩散。

钻探工程发展中值得注意的另一分支是利用钻探技术进行工程施工,称为工程施钻。例如:在大型桥墩建筑中,采用钻探技术创立了先进的“管柱”建墩方法,避免了水下作业;为了了解地面升降情况及其变化规律,进行了专门的标(基岩标及分层标)孔钻探,以便获得精确的测量;为了加固水坝、增强地基;为了疏导地下水、散发矿层气,或为了安设地下电缆或管道以及修筑地下围幕等都采用了钻探技术,这就简化了施工程序,改善了作业条件。

现在,在工程施工钻方面已设计制造了许多专用设备并发展了特殊的钻进工艺。

(三)

目前在钻进中所采用的破碎岩石的方法,就其性质而言,主要是机械的碎岩方法。至于其它物理的或化学的碎岩方法则处于试验研究阶段,尚未有效地用于生产。

采用机械的碎岩方法进行钻进已有悠久的历史。这种方法是利用某种碎岩工具,向岩石施加一定的外力,使工具着力点处的岩石破碎下来,达到钻进的目的。

通常根据碎岩工具(或称磨料)的材质,把钻进方法分为:硬合金钻进、钢粒钻进、金刚石钻进等。

有时也根据施加外力的性质和方式,把钻进方法分为:冲击钻进、回转钻进、冲击回转钻进等。

为使钻进工作连续进行,使钻孔向地层深部不断地延伸,钻到预定(一定深度)的地点,必须进行破碎岩石、清除岩屑、维护孔壁三项必要的工作。因此,这三者是钻探工作的基本内容。

十分明显,为了向岩层中钻进,必须破碎岩石。如何有效地破碎岩石,是钻进工艺的一个首要问题。在钻进过程中,破碎下来的岩屑假如仍然留存在原地,则会严重影响继续往下破碎岩石,甚至不能继续钻进。所以,必须及时把破碎下来的岩屑清除出孔。实践证明,钻孔底面清洁的程度是影响钻进效率的一大因素,特别是在深孔钻进的时候,必须十分重视清除孔底岩屑的环节。随着钻进,孔底工作面不断地延伸到地壳深处。此时,上部孔段就成为破碎孔底岩石和清除孔底岩屑必经的通道。为此,保持上部孔壁稳定,维持通道畅通则是继续钻进的必要条件。可见,破碎岩石、清除岩屑和维护孔壁是钻进工作的不可少的内容。但是,在实际钻进工作中,不能把三者等量齐观,它们随着所钻的地层、所

用的设备和钻具以及钻进的技术水平之不同所表现出来的问题也有很大差异。因此,要根据具体情况,抓住关键问题,加以研究解决。

在地质钻探中,为了确切了解地下情况,必需获得真实的岩石样品。所以在钻进过程中要求采取岩心或收集岩样。这是地质钻探必要的工作环节。如何保证取得满足地质要求的岩心是地质钻探的一个专门课题。在地质钻探中,还要求知道所取的岩样在地壳中的确实位置,因此需要了解钻孔在空间(地内)的真实位置及状态。所以必须进行钻孔弯曲的测量(简称测斜)和研究钻孔弯曲的规律。通常,人们把采取岩心和钻孔弯曲及其测量称为地质钻探工作的两项质量指标。它们也是地质钻探的重要工作内容。

在水文地质钻探、工程地质钻探、石油钻井以及水井钻、施工钻中都有碎岩、排粉及护壁的问题。它们有许多共同之处,但又都有各自的特点和要求,因而形成不同的钻探分支。

总之,钻探工艺研究的内容比较广泛,并且随着科学技术的发展和工程施工的需要还会增加不少新的内容,也会逐渐成熟起来,形成一门专门的技术学科。

(四)

钻探技术在我国已有悠久的历史。早在二千二百多年前,在四川地区钻凿盐井及火井(天然气井),汲取卤水,熬煮成盐,以供民食。据历史记载,到了唐代,在四川一地就有盐井六百多口。明朝宋应星著的《天工开物》一书,对钻凿盐井的技术工艺进行了详细的记述。当时人们采用了简便的冲击钻进方法,并充分利用了竹材对凿井工作的有利特点,创造了相当完善的凿井工艺。并且还创造了许多有效的处理事故和修补井壁的方法,为钻井技术的发展做了许多贡献。

但是由于长期封建制度的束缚,我国的钻井技术在近一千年来,未得到什么发展。特别是在解放前,由于封建买办阶级的反动统治,我国的地质勘探工作十分薄弱,钻探技术极其落后。据了解,解放前夕,全国只有十几台破旧钻机,钻探人员不及数十人。

解放后,三十年来,我们的钻探事业取得了巨大的发展。现在地质系统已经形成一支拥有钻机六千余台、钻探工人及技术人员达十余万人的专业技术队伍。并且还建立起许多探矿机械、仪器专业工厂,为国家提供了大批成套钻探设备及仪器。组织起一支力量齐备的勘探技术研究和设计队伍,并取得了许多重要的科研成果。在地质院校中建立了探矿工程专业,为国家培养了许多探矿技术专业人材。总之,解放后我国的探矿工程的技术队伍迅速成长,技术水平逐步提高,并已成为一个独立的专业部门,为我国地质事业做了一定的贡献。

党的十一届三中全会把全党工作的着重点转移到社会主义现代化建设上来,从而开创了一个新的历史时期。在这新的历史时期内,从探矿工程现在的具体情况来看,它的发展是不平衡的。它远远不能适应四个现代化建设的需要,不能满足生产发展的要求。

为了迅速提高钻探工程的水平,我们必须大力开展科学研究工作。研究专业理论,揭示事物的实质,提高认识能力,要及时总结先进经验,推广先进技术,努力提高生产水平。

钻探工程是一门应用技术。因此,必须大力引用其它学科领域的新技术和新成就,这是提高钻探工程科学水平的一条重要途径。

探矿工程技术人员任务是艰巨的、也是光荣的。我们必须认真学习和工作,要为我国的社会主义现代化建设做出新的贡献。

第一篇 钻进方法

第一章 岩石物理力学性质 及其在外力作用下的破碎机理

钻探的对象是岩石。其目的是直接从地表深处取出部分岩石——样品，供人们研究矿产存在的性质和分布规律。在钻探生产过程中，钻进破碎岩石是钻探生产过程的主要工序。因此，研究影响破碎岩的各种因素并找出其规律，无疑对进一步加快和完善钻探工作是十分重要的。

目前生产上，国内外使用的破碎岩石的方法主要是机械破碎。机械破碎是对岩石施加性质不同的外加集中机械载荷，使岩石的一部分从整体上分离下来。例如，生产中广泛使用的机械回转钻进，机械冲击钻进，以及冲击回转钻进等，都是机械破碎。机械破碎岩石的进一步完善和提高其效率，在很大程度上，取决于我们对岩石物理力学性质的认识程度，尤其是与机械破碎方式有关的岩石的主要力学性质。

本章将着重讨论与机械破碎方式相联系的、尤其是与岩心回转钻进有关的物理力学性质，同时简要叙述机械破碎的基本概念。

第一节 岩石及其物理性质

地质勘探钻进遇到的岩石是多种多样的，包括全部岩浆岩，沉积岩和变质岩。组成这些岩石的矿物成分，颗粒度大小，结构，构造，胶结物性质，以及岩石的破坏和变质程度等都各不相同，这些因素反映在岩石的物理力学性质上便有很大差别。因此在研究岩石的物理力学性质之前，必须对岩石的矿物成分、结构、构造有一粗略的认识。

一、岩石的分类

组成地壳的岩石，按其成因特征可分成：岩浆岩，沉积岩和变质岩。如果把变质岩包括在岩浆岩和沉积岩中，那末，地壳内，岩浆岩占95%，沉积岩占5%（其中泥质页岩占4%，砂岩占0.75%，碳酸盐类岩石占0.25%）。上述三类岩石，岩心钻探几乎都会遇到，而煤田和石油天然气和地热井勘探，则遇到的主要是沉积岩。

岩石是矿物颗粒的集合体。岩石按矿物组成可分为：单矿物岩，如岩盐，石膏，无水石膏，灰岩，白云岩等；和多矿物岩石，如各种岩浆岩。

岩石按其力学特性可分为：坚固的，塑性的和松散的。坚固岩石和塑性岩石（如粘

主要造岩矿物

表 1—1

序 号	矿 物 名 称	密 度	莫 氏 硬 度	晶 形
I, 硅 酸 铝 (长石群)				
1	正长石	2.57	6	单斜晶系
2	钾微斜长石	2.54	6—6.5	三斜晶系
3	钠长石	2.62—2.65	6—6.5	三斜晶系
4	钠钙长石	2.65—2.67	5.5—6	三斜晶系
5	中长石	2.68—2.69	5—6	三斜晶系
6	钙钠斜长石	2.70—2.73	5—6	三斜晶系
7	钙长石	2.74—2.76	6—6.5	三斜晶系
似 长 石 类				
8	霞 石	2.55—2.65	5.5—6	六方晶系
9	白榴子石	2.45—2.50	5.5—6	等轴晶系
II, 云 母				
10	白云母	2.76—3	2—2.5	单斜晶系
11	黑云母	2.70—3.1	2.5—3	单斜晶系
III, 铁 镁 硅 酸 盐				
12	辉 石	3.3	5—6	单斜晶系
13	普通辉石	3.26—3.43	5—6	单斜晶系
14	普通角闪石	3.05—3.47	5—6	单斜晶系
15	橄榄石	3.27—3.37	6.5—7	斜方晶系
IV, 氧 化 矿 物				
16	石 英	2.60—2.66	7	六方晶系
17	石髓 (玉髓)	—	7	隐 晶
18	蛋白石	1.9—2.3	5.5—6.5	非 晶 体
19	氧化铁磁铁矿, 赤铁矿和其他	—	—	—
V, 碳 酸 盐 类 矿 物				
20	方解石	2.71—2.72	3	六方晶系
21	文石 (霏石)	2.93—2.95	3.5—4	斜方晶系
22	白云石	2.8—2.9	3.5—4	六方晶系
VI, 硫 酸 盐 类 矿 物				
23	无水石膏	2.9—2.99	3—3.5	斜方晶系
24	石 膏	2.31—2.33	1.5—2	单斜晶系
VII, 氯 化 物				
25	岩 盐	2.13	2—2.5	等轴晶系
VIII, 泥质矿物 (含水硅酸铝)				
26	高岭石	2.6—2.63	1—2.5	单斜晶系
27	微晶高岭石	—	—	—