

“十二五”国家重点图书出版规划项目

地质钻探手册

王 达 何远信 等 编著

**GEOLOGICAL DRILLING
HANDBOOK**



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

“十二五”国家重点图书出版规划项目

地质钻探手册

王 达 何远信 等 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内容简介

本手册详细、系统地汇集了地质钻探技术体系的基本概念、数据、资料、常用设备和工具等。全书共 19 章,附录 12 个,内容十分丰富,是 1992 年刘广志院士主编的《金刚石钻探手册》出版 20 年后,由众多后继专家、学者编著出版的一本内容丰富、涵盖全面、体系完善、便于查阅的技术手册。主要内容包括岩石钻进特性,岩心钻探设备,钻探管材,钻头与扩孔器,金刚石与硬质合金钻进,绳索取心钻进,取心技术,液动冲击回转钻进,空气钻进等。

本手册采用了国家已颁布的或即将颁布的最新标准和规范,尽可能采纳最新研究成果,全面系统地概括钻探技术体系的知识、技术和有关资料,属于规范的延伸——细则性的实用手册,可供广大高等院校师生、工程技术人员和行业内技术工人使用。

图书在版编目(CIP)数据

地质钻探手册/王达,何远信等编著. —长沙:中南大学出版社,2014.6
ISBN 978-7-5487-1088-2

I.地... II.①王...②何... III.地质勘探-技术手册
IV. P624-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 106824 号

地质钻探手册

王 达 何远信 等编著

-
- 责任编辑 胡业民 史海燕 刘石年
责任印制 易建国
出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
印 装 长沙超峰印刷有限公司
-

- 开 本 720×1000 B5 印张 61.5 字数 1200 千字
版 次 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-1088-2
定 价 248.00 元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

编写组织机构

主编单位：中国地质调查局

承编单位：北京探矿工程研究所

参编单位：中国地质科学院勘探技术研究所

中南大学

中国地质大学(武汉)

中国地质大学(北京)

吉林大学

中国地质科学院探矿工艺研究所

成都理工大学

中国核工业地质局

中国冶金地质总局

中国地质装备总公司

煤炭科学研究总院西安研究院

中矿资源勘探股份有限公司

北京建材地质工程公司

顾问委员会

主任：刘广志 李世忠

副主任：赵国隆 屠厚泽

委员：刘广志 李世忠 赵国隆 屠厚泽 李常茂 左汝强

邢新田 张祖培 汤国起 汤松然 倪家騷 朱宗培

李振亚 曾祥熹

编写委员会

主任：王 达

副主任：何远信 鄢泰宁 张金昌 殷 琨 叶建良 刘宝林

彭振斌 胡时友 陈礼仪

委员：王 达 何远信 鄢泰宁 张金昌 殷 琨 叶建良

刘宝林 彭振斌 胡时友 蒋国盛 陈礼仪 石智军

隆 威 王平卫 姜德英 张 伟 刘跃进 李 江

李生红 朱恒银 朱文鉴

秘 书：朱文鉴(兼)

责任编辑：胡业民 史海燕 刘石年

序

我国是世界钻探技术的发源地之一。钻探工程是地质工作多工种组合作战的重要方面军，它是以验证地质认识及地球物理勘探资料等直接获取地下实物资料的唯一技术方法。钻探工程在新中国成立后，得到了飞速发展，并且研发、创新和推广了一大批国际先进水平的新技术、新工艺、新设备。科技创新成果丰硕，技术水平达到了一个新的高度。形成了一支经验丰富、实力雄厚的科研、教育、生产的专业队伍。当前我国已跻身于世界钻探强国的行列。钻探工程已经从单一为找矿勘探服务，转向为地球科学发展服务及为国民经济发展、国家战略资源安全、生态环境等众多领域服务，并已做出了重要贡献。目前钻探工程已服务于固体矿产勘查、油气资源和水资源勘探、基础工程勘察与施工、矿山建设及救援以及城建、市政、交通、水利、水电、环保和地质灾害以及地下管线铺设等诸多行业，并继续为地质找矿、地学研究和国民经济建设事业等做出积极贡献。

在 20 世纪之中，钻探领域编辑出版了多部技术手册，因时过境迁如今已不能满足当代钻探工程生产和科研等方面的需要。针对这种现状，王达教授组织了钻探界一大批理论知识扎实、实践经验丰富的专家学者，历时两年编纂出版了《地质钻探手册》。该手册荟萃了我国钻探发展史、碎岩理论、钻探设备与工具、钻探工艺方法、钻探前沿技术、科学钻探和施工管理等成果，是汇集了长期的钻探施工实践经验和先进钻探科研成果的一部内容全面丰富、时效性强、方便实用的指南性工具书。该手册编写既追求内容完整翔实，又避免琐碎冗繁，既注重先进实用，又少有理论探索，不失为一部钻探百科工具书，将对我国钻探工程的不断发展和完善做出新的贡献。

《地质钻探手册》的出版是地质钻探界同仁的殷切期望。谨向钻探界广大科技人员、教育工作者、生产管理者和院校大学生推荐这部手册，愿它成为大家工作学习中的资料信息库、生产施工中的技术指南。

刘广志
李世忠
2013. 11. 12

前 言

新中国地质岩心钻探工作已经走过了六十余年，钻探体系经历了依靠西方、进口设备、学习苏联、仿制改造、创新发展等几个阶段。钻探工程在设备、仪器、机具、工艺、冲洗介质等各个方面均发生了革命性的演进：钻探设备从机械式主传动手动进给到油压给进式发展到全液压动力头式及电驱动顶驱式；钻探磨料从铁砂钢粒、硬质合金发展到人造金刚石和新型超硬复合材料；切削速度从低速到高速、从单纯回转到冲击回转；冲洗液从正循环到反循环；取心工艺从提钻取心发展到绳索取心。钻孔越打越深，工艺日益复杂，从简单的直孔、斜孔到定向孔、水平孔、对接孔；从陆地、海洋到极地、太空。钻探工程的发展给技术数据的采集和查询提出了越来越高的要求，工程技术手册则是工程技术人员交流的重要工具。

钻探技术人员常用的手册大多还是20世纪70—80年代编撰的，最近的也是1992年刘广志院士主编的《金刚石钻探手册》，这本手册内容十分丰富，在钻探界影响十分深远，对我国推广金刚石钻探技术起到了巨大的作用，但是至今也已经出版二十多年了。金刚石钻探技术又有了长足的进展，加之近年来我国地质工作体制发生了根本性的变革，部门分割已经不复存在，钻探技术服务领域极大拓宽，在我国钻探界无论是施工现场或工厂的工程技术人员，还是科研、教学以及管理单位的专业人员都急需一本涵盖全面、内容丰富、题材新颖、科学性与实用性兼备的技术手册。在各方的大力支持下，编委会集中了国内钻探界一批权威人士，分工编写了本手册。

本手册定名为《地质钻探手册》有以下含义：

钻探工程是一门古老而又年轻的工程技术学科，经过近几十年的发展已经形成包含众多分支的复杂系统。其中最核心的是以地质勘探取心为目的的钻探工程。鉴于广义钻探工程系统十分复杂，例如石油天然气钻井就是独立的庞大体系，近年来在工程建设领域的地基与基础工程中兴起的钻进技术也具有独特的技术体系，此外还有露天矿山采矿爆破孔钻探、大型竖井钻凿等特殊领域。这些不是本手册的关注对象，要想在一部手册中包含钻探工程技术所有的常用数据几乎是不可能的。本手册只针对固体矿产资源勘探中使用的地质钻探，将基本的概念、数据、资料、常用工具汇集起来，供行业内工程技术人员和工人查阅之用，故而起名为《地质钻探手册》。

即便如此，本手册的内涵也是十分丰富的。我们确定的编撰方针是：重点在

固体矿产地质岩心钻探的主要方面,适当向横向拓展到地质钻探技术相关的领域,还应包含钻探发展历史进程中仍在沿用的部分数据,考虑到手册使用者的方便,也纳入了少量石油钻井方面的常用数据。编写过程中,尽量采用了国家已颁布的或即将颁布的最新标准,采纳了尽可能新的研究成果。然而工程技术发展日新月异,手册出版后肯定又会出现新的设备、工具、技术和数据;此外,错误和遗漏也在所难免,希望读者能将信息及时反馈给我们,以便再版时修订、补充和更新。

本手册分为19章,第1章概论,由王达编写;第2章岩石钻进特性,由鄢泰宁编写;第3章地质钻探设备,由刘跃进、高富丽等编写;第4章钻探管材,由孙建华编写;第5章钻头与扩孔器,由贾美玲编写;第6章金刚石与硬质合金钻进,由蔡家品、刘晓阳等编写;第7章绳索取心钻进,由孙建华、李政昭编写;第8章取心技术,由吴翔编写;第9章孔底动力钻进,由谢文卫、殷琨、翁炜等编写;第10章空气钻进,由殷琨等编写;第11章钻孔弯曲与测量,由李忠、胡时友等编写;第12章定向钻进,由胡汉月、朱恒银编写;第13章钻孔冲洗,由何远信、陈礼仪编写;第14章护孔与堵漏,由陈礼仪、何远信编写;第15章孔内事故的预防与处理,由王年友、张绍和编写;第16章坑道钻探,由石智军编写;第17章科学钻探,由张伟、鄢泰宁编写;第18章其他钻探方法与技术,由蒋国盛、刘宝林、孙友宏、张永勤等编写;第19章钻探工程管理,由王平卫、李江、刘戌辰编写;附录由朱文鉴编写。

需要说明的一点是:原计划中拟写成20章,其中“水文地质与工程地质钻探”一章考虑到已有专门的《水文地质钻探手册》,而本手册限于篇幅在一章中又无法充分容纳水文地质钻探技术的丰富内容,只能忍痛割爱。

全书由王达、何远信、赵国隆、左汝强、鄢泰宁、萧亚民等组成的审稿专家组负责审核、修改,最后由王达统稿。

参与本手册编写的还有萧亚民、刘秀美、梁健、彭莉、姜德英、彭振斌、隆威、李生红、刘国经、汤国起、周策、姜昭群、向军文、李泉新、宁伏龙、卢春华、杨春、彭视明、王如生、博坤、陈宝义、胡远彪、王瑜、冉灵杰、王胜、吴丽、朱江龙、颜纯文、何磊、马福江、潘飞、沈怀浦、臧臣坤等。

《地质钻探手册》编委会

2014年6月

目 录

第1章 概 论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 世界钻探技术发展简史	(1)
1.3 中国钻探技术发展简史	(5)
1.4 钻探技术体系	(7)
1.5 主要钻探技术体系的特征	(9)
1.5.1 地质岩心钻探技术体系	(9)
1.5.2 石油钻井技术体系	(10)
1.5.3 科学钻探技术体系	(11)
1.6 钻探主要术语	(12)
1.6.1 通用术语	(12)
1.6.2 设备与器具	(13)
1.6.3 钻探工艺	(15)
1.6.4 钻孔弯曲与测量	(16)
第2章 岩石钻进特性	(18)
2.1 岩石基本类别	(18)
2.1.1 固结性岩石	(18)
2.1.2 黏结性岩石	(18)
2.1.3 松散性岩石	(19)
2.1.4 流动性岩石	(19)
2.2 岩石基本物理性质	(19)
2.2.1 密度与容重	(19)
2.2.2 孔隙度	(21)
2.2.3 各向异性	(22)
2.3 岩石基本力学性质	(23)
2.3.1 强度	(23)
2.3.2 硬度	(26)
2.3.3 弹性、脆性、韧性和塑性	(30)

目 录

第1章 概 论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 世界钻探技术发展简史	(1)
1.3 中国钻探技术发展简史	(5)
1.4 钻探技术体系	(7)
1.5 主要钻探技术体系的特征	(9)
1.5.1 地质岩心钻探技术体系	(9)
1.5.2 石油钻井技术体系	(10)
1.5.3 科学钻探技术体系	(11)
1.6 钻探主要术语	(12)
1.6.1 通用术语	(12)
1.6.2 设备与器具	(13)
1.6.3 钻探工艺	(15)
1.6.4 钻孔弯曲与测量	(16)
第2章 岩石钻进特性	(18)
2.1 岩石基本类别	(18)
2.1.1 固结性岩石	(18)
2.1.2 黏结性岩石	(18)
2.1.3 松散性岩石	(19)
2.1.4 流动性岩石	(19)
2.2 岩石基本物理性质	(19)
2.2.1 密度与容重	(19)
2.2.2 孔隙度	(21)
2.2.3 各向异性	(22)
2.3 岩石基本力学性质	(23)
2.3.1 强度	(23)
2.3.2 硬度	(26)
2.3.3 弹性、脆性、韧性和塑性	(30)

2.4	岩石研磨性及其分级	(33)
2.4.1	研磨性	(33)
2.4.2	研磨性测试方法及其分级	(33)
2.5	岩石可钻性及其分级	(37)
2.5.1	可钻性	(37)
2.5.2	可钻性分级	(38)
2.5.3	坚固性系数及其分级	(44)
2.6	岩石完整程度和裂隙性分级	(46)
2.6.1	完整程度	(46)
2.6.2	裂隙性分级	(47)
2.7	岩石稳定性和渗透性	(47)
2.7.1	稳定性	(47)
2.7.2	渗透性	(48)
2.8	岩石钻进特性的应用	(49)
2.8.1	钻探工艺设计依据	(49)
2.8.2	钻进方法选择	(51)
2.8.3	钻孔结构设计	(51)
第3章	地质钻探设备	(53)
3.1	钻探设备组成和分类	(53)
3.2	立轴式岩心钻机	(54)
3.2.1	立轴式钻机结构特点	(55)
3.2.2	典型立轴式钻机主要结构	(55)
3.2.3	其他立轴式钻机结构特点	(65)
3.2.4	立轴式岩心钻机技术参数	(66)
3.3	全液压力头式岩心钻机	(68)
3.3.1	全液压力头式钻机结构特点	(68)
3.3.2	典型动力头式岩心钻机	(68)
3.3.3	动力头式岩心钻机关键部件	(70)
3.3.4	液压力头式岩心钻机技术参数	(74)
3.4	电驱动顶驱岩心钻机	(78)
3.4.1	电驱动顶驱岩心钻机结构特点	(78)
3.4.2	典型电驱动顶驱岩心钻机	(79)
3.4.3	电驱动顶驱岩心钻机关键部件	(81)
3.4.4	电驱动顶驱岩心钻机技术参数	(87)

3.5	坑道钻机	(88)
3.5.1	全液压动力头式坑道钻机	(88)
3.5.2	机械动力头式坑道钻机	(95)
3.5.3	液压给进立式坑道钻机	(96)
3.6	水井钻机	(98)
3.6.1	水井钻机分类	(98)
3.6.2	典型转盘式水井钻机	(98)
3.6.3	转盘式水井钻机主要技术参数	(101)
3.7	工程勘察钻机	(101)
3.7.1	工程勘察钻机的特点	(101)
3.7.2	典型工程勘察钻机	(105)
3.7.3	工程勘察钻机主要技术参数	(105)
3.8	浅层取样钻机	(108)
3.8.1	浅层取样钻机分类	(108)
3.8.2	典型浅层取样钻机	(108)
3.8.3	国内浅层取样钻机型号与技术参数	(116)
3.9	往复式泥浆泵	(117)
3.9.1	往复式泥浆泵分类	(117)
3.9.2	往复式泥浆泵工作原理	(118)
3.9.3	BW 系列泥浆泵	(119)
3.9.4	BW 系列泥浆泵型号与技术参数	(119)
3.10	移动式空压机	(122)
3.11	钻塔	(124)
3.11.1	钻塔类型和特点	(124)
3.11.2	钻塔规格参数	(125)
3.12	动力设备	(128)
3.12.1	地质钻探用动力机种类和特点	(128)
3.12.2	动力机选型及动力计算	(129)
3.13	附属设备	(129)
3.13.1	固控系统	(129)
3.13.2	提引装置	(133)
3.14	国外钻探设备	(148)
3.14.1	国外地表岩心钻机	(148)
3.14.2	国外车装水井钻机	(154)
3.14.3	国外全液压坑道钻机	(158)

3.14.4	国外浅层取样钻机	(160)
第4章	钻探管材	(163)
4.1	地质钻探管材性能要求	(163)
4.1.1	管材钢级和性能	(163)
4.1.2	管材尺寸偏差要求	(163)
4.1.3	管材几何公差	(164)
4.1.4	管材其他技术要求	(165)
4.1.5	管材规格	(165)
4.2	地质钻杆柱	(170)
4.2.1	地质岩心钻探钻具代号	(170)
4.2.2	普通钻杆	(171)
4.2.3	绳索取心钻杆	(181)
4.2.4	地质加重钻杆	(191)
4.2.5	铝合金钻杆	(192)
4.2.6	水文水井管材	(195)
4.3	石油钻柱	(198)
4.3.1	石油钻杆	(198)
4.3.2	石油钻铤	(204)
4.3.3	石油钻杆接头螺纹	(205)
4.4	地质套管	(210)
4.4.1	套管规格	(210)
4.4.2	套管螺纹	(213)
4.5	地质取心钻具管材	(214)
4.5.1	地质取心钻具管材常规匹配	(214)
4.5.2	岩心管规格	(215)
4.5.3	取心钻具螺纹	(220)
4.6	国外钻探管材标准	(221)
4.6.1	DCDMA 钻探系列标准	(222)
4.6.2	国际标准化组织(ISO)钻探标准	(223)
4.6.3	宝长年绳索取心钻杆标准	(224)
4.6.4	日本钻具工业标准(JIS)	(226)
4.6.5	俄罗斯钻具标准	(228)

第 5 章 钻头与扩孔器	(243)
5.1 钻探用切磨材料	(244)
5.1.1 硬质合金	(244)
5.1.2 天然金刚石	(246)
5.1.3 人造金刚石单晶	(248)
5.1.4 人造金刚石聚晶	(250)
5.1.5 金刚石复合片	(252)
5.2 取心钻头	(254)
5.2.1 硬质合金取心钻头	(254)
5.2.2 金刚石取心钻头	(257)
5.3 全面钻进钻头	(282)
5.3.1 牙轮钻头	(282)
5.3.2 硬质合金全面钻头	(287)
5.3.3 复合片全面钻头	(287)
5.3.4 其他型式金刚石全面钻头	(289)
5.4 专用钻头	(290)
5.5 扩孔器	(292)
5.5.1 单管扩孔器	(292)
5.5.2 双管扩孔器	(294)
5.5.3 绳索取心扩孔器	(296)
5.6 美国 DCDMA 标准	(298)
5.7 金刚石钻头制造方法	(300)
第 6 章 金刚石与硬质合金钻进	(301)
6.1 钻头选择和使用	(301)
6.1.1 硬质合金钻头的选择	(301)
6.1.2 金刚石钻头的选择	(302)
6.1.3 钻头的合理使用	(303)
6.2 主要钻进技术参数选择	(304)
6.2.1 钻压	(304)
6.2.2 转速	(311)
6.2.3 泵量	(313)
6.3 钻头的磨损	(314)
6.3.1 正常磨损	(315)

6.3.2	非正常磨损	(315)
6.4	改善钻具稳定性技术措施	(318)
6.4.1	合理选择钻头与钻具级配	(318)
6.4.2	钻具振动原因及预防措施	(318)
6.5	金刚石钻进操作技术要求	(319)
6.5.1	下钻	(319)
6.5.2	钻进	(320)
6.5.3	取心	(321)
6.5.4	复杂岩层钻进	(321)
6.5.5	坚硬致密弱研磨性(打滑)岩层钻进	(321)
6.5.6	其他操作技术要求	(322)
6.6	硬质合金钻进操作技术要点	(322)
第7章	绳索取心钻进	(323)
7.1	绳索取心钻具	(323)
7.1.1	钻具功能及技术要求	(323)
7.1.2	钻具总成结构	(324)
7.1.3	打捞器总成	(328)
7.1.4	主要规格型号系列	(329)
7.1.5	绳索取心钻头和扩孔器	(330)
7.1.6	绳索取心钻杆	(331)
7.2	绳索取心钻探工艺	(333)
7.2.1	适用条件	(333)
7.2.2	钻进技术规程参数	(333)
7.2.3	现场操作要领	(335)
7.2.4	钻进冲洗液要求	(337)
7.3	国外绳索取心钻具	(339)
7.3.1	宝长年公司绳索取心钻具	(339)
7.3.2	利根公司绳索取心钻具	(339)
7.3.3	希斯-舍伍特公司绳索取心钻具	(341)
7.3.4	德国 KTB 超深孔绳索取心钻具	(341)
7.3.5	俄罗斯绳索取心钻具	(343)
7.4	不提钻换钻头钻进	(348)
7.4.1	不提钻换钻头技术	(348)
7.4.2	BH 不提钻换钻头钻具	(349)

第 8 章 取心技术	(354)
8.1 单层岩心管钻具及取心技术	(354)
8.1.1 单层岩心管钻具的结构特点	(354)
8.1.2 单层岩心管钻具卡心方法	(355)
8.1.3 常用单层岩心管钻具	(357)
8.2 双层岩心管钻具及取心技术	(358)
8.2.1 双层岩心管钻具的结构特点	(358)
8.2.2 双动双管钻具	(358)
8.2.3 单动双管钻具	(359)
8.3 三层岩心管钻具及取心技术	(367)
8.3.1 三层岩心管钻具的结构特点	(367)
8.3.2 典型三层岩心管钻具及取心技术	(367)
8.4 孔底局部反循环取心技术	(373)
8.4.1 无泵反循环取心	(373)
8.4.2 喷射式孔底反循环取心	(375)
8.5 复合钻具钻进取心技术	(381)
8.5.1 喷射式局部反循环绳索取心	(381)
8.5.2 孔底动力取心	(382)
8.5.3 螺杆马达液动锤绳索取心	(385)
8.5.4 定向造斜钻进中的绳索取心	(387)
8.6 岩心定向技术	(388)
8.6.1 岩心定向方法	(388)
8.6.2 岩心定向器具	(390)
8.6.3 岩心产状参数复位与测量	(392)
8.7 补取岩心技术	(396)
8.7.1 补取岩(矿)心的方法和工具	(396)
8.7.2 侧壁补样	(397)
8.7.3 偏斜侧钻补样	(402)
8.8 密闭取心技术	(403)
8.8.1 密闭取心工具	(403)
8.8.2 保压密闭取心技术	(406)
8.8.3 保形密闭取心技术	(409)
8.9 天然气水合物取心技术	(410)
8.9.1 取心器类型及技术指标	(410)

8.9.2	天然气水合物保温保压取心工具	(412)
第9章	孔底动力钻进	(418)
9.1	螺杆钻具	(418)
9.1.1	螺杆钻具结构特征	(418)
9.1.2	螺杆钻具工作特性	(424)
9.1.3	螺杆钻具使用方法	(427)
9.1.4	螺杆钻具分类与技术要求	(432)
9.1.5	国内螺杆钻具型号与规格	(435)
9.1.6	国外螺杆钻具型号与规格	(450)
9.2	涡轮钻具	(465)
9.2.1	涡轮钻具结构特征	(465)
9.2.2	涡轮钻具工作特性	(469)
9.2.3	涡轮钻具使用方法	(470)
9.2.4	国产涡轮钻具	(471)
9.2.5	国外涡轮钻具	(478)
9.3	液动潜孔锤	(486)
9.3.1	阀式正作用液动潜孔锤	(486)
9.3.2	阀式反作用液动潜孔锤	(490)
9.3.3	YS 阀式双作用液动潜孔锤	(492)
9.3.4	YZX 系列复合式双作用液动潜孔锤	(494)
9.3.5	射流式液动潜孔锤	(497)
9.3.6	射吸式液动潜孔锤	(500)
9.3.7	绳索取心液动潜孔锤	(503)
9.4	液动冲击回转钻进工艺	(510)
9.4.1	液动冲击回转钻进技术要求	(511)
9.4.2	冲击回转钻头	(511)
9.4.3	冲击回转钻进规程参数	(516)
第10章	空气钻进	(518)
10.1	空气钻进技术体系	(519)
10.1.1	钻机选择	(519)
10.1.2	空压机选择	(519)
10.1.3	地面管汇系统	(521)
10.2	风动潜孔锤	(521)