

017771

中国地质志 第三卷



地质出版社

中国钻探科学技术史

主 编 刘广志

副主编 周志彰 林元雄

地 质 出 版 社

• 北 京 •

内 容 提 要

本书自古至今系统地论述了我国钻探科学技术的起源、发展和进步,以及我国在世界上最先发明小口径深井钻探——卓筒井的过程及钻探设备与工艺程序。这套钻探工艺程序不仅在 1835 年钻成了世界上第一口深超千米的天然气卤水井,而且对西方勘探与开发石油天然气起到了启迪促进作用,并沿用至今。新中国成立后,我国的钻探工程科学技术得到迅猛发展,书中列举了多方面的经验、科技成果和收获。

该书由刘广志院士主编,全书由十数位资深钻探老年工程师、研究人员撰写,共分十二章,是一本有较高科技价值的科技史书,可供大学、中专院校师生、工程技术人员参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国钻探科学技术史/刘广志主编, -北京:地质出版社, 1998. 12
ISBN 7-116-02611-8

I. 中… I. 刘… II. 钻探-技术史-中国 N. P634-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 27824 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:屠涌泉

责任校对:黄苏晔

*

北京科技印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 ¹/₁₆ 印张: 23.25 字数: 560 千字

1998 年 12 月北京第一版·1998 年 12 月北京第一次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 50.00 元

ISBN 7-116-02611-8

P·1907

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

《中国钻探科学技术史》撰写委员会

主 编：刘广志

副 主 编：周志彰、林元雄

审 阅：李世忠

编 委：(以姓氏笔划为序)

王子源、刘德林、刘广志、杜祥麟、李世忠、
林元雄、周志彰、周国荣、钟长永、洪伯潜、
耿俊峰、顾心怿、席嘉珍、黄 健

主编助理：桂暖银

各章节撰写人及审阅人名单

前言、绪论

撰写人：刘广志

审阅人：林元雄、周国荣、王子源

第一章 钻探技术的萌芽时期

撰写人：周志彰、王子源

审阅人：李世忠、王子源、刘广志

第二章 钻探技术发展的里程碑——宋代卓筒井

撰写人：钟长永

审阅人：林元雄、周志彰、刘广志

第三章 明代钻探技术的进步

撰写人：黄健

审阅人：林元雄、周志彰、刘广志

第四章 清代钻探技术发展的高峰

撰写人：刘德林（第一、三、四、五、七节）；林元雄（第二、六、八、九、十节）

审阅人：刘广志、周志彰、王子源

第五章 近代井盐油气钻探技术

撰写人：周志彰（第一、二节）；王子源（第三节）

审阅人：李世忠、刘广志

第六章 当代陆上油气钻探科学技术

撰写人：王子源

审阅人：李世忠、刘广志

第七章 当代海上油气钻探科学技术的发展

撰写人：席嘉珍（第一、二节）；顾心怿（第三节）；王子源（第四节）

审阅人：李世忠、王子源、刘广志

第八章 旧中国地质钻探技术

撰写人：周国荣

审阅人：李世忠

第九章 新中国地质钻探科学技术发展

撰写人：刘广志（第一、二、三、四、五、六、十一节）；洪伯潜（第七节）；李世忠（第九节）；周国荣（第八、十节）

审阅人：李世忠

第十章 地质钻探技术装备

撰写人：杜祥麟

审阅人：李世忠、刘广志

第十一章 几段重要历史时期的地质钻探

撰写人：刘广志

审阅人：李世忠

第十二章 科学钻探

撰写人：刘广志（第一、二、四节）；李砚藻（第三节）

审阅人：李世忠

序

刘广志院士酝酿和策划编写一部中国的钻探科学技术发展史为时已很久了。近年来,经过积极筹划,组织编写,现已成书出版。这是我国钻探工程界的一件值得庆幸的盛事。刘院士是我国钻探界的资深学者,涉猎石油钻井、探矿工程各个领域,对我国钻探事业的发展作出了巨大贡献,对我国钻探工程的发展历程知晓甚深。因此,他是《中国钻探科学技术史》一书最理想的主编人。该书全面系统地记述和总结了我国钻探技术发展全貌,为我国全体钻探工作者长期辛勤所获成果作出了肯定。

英人李约瑟很早收集整编了《中国科学技术史》,把我国历史早期在数学、天学、地学等方面的成就业绩作了记述和肯定,成为名扬世界的巨著。由于以往许多专业科学成果缺乏必要的记载,致使失传,十分可惜!《中国钻探科学技术史》详细记述了我国钻探领域从古至今的发展进程和重大成就,实际上是中国科学技术史的一个组成部分。由此,我们希望我国各行各业都能写出本专业的科学技术发展史,那将会汇结成一部全面系统的新的中国科学技术史,这是一个伟大的创举。本书的出版为此伟大事迹起了一个先行的带头作用,这是本书另一隐含的重大意义。

我国的钻探技术在世界范围内既属历史悠久,又具有特色。它一开始就具有鲜明的为生产、生活而奋斗的特点。它的发展与我国的水利、采盐、采气、采水、矿产资源开发等一系列国计民生重大事业密切相连,所以钻探工程的发展与国家繁荣富强息息相关,成为不可少缺的一环。

编写一部科学技术史,其目的不仅仅是为了记述过去,而更重要的是为了发展未来。所以说,一部史书会起到继往开来的作用。继往就是吸取过去发展过程中的经验教训,开来就是力求更加合理地促进本专业的发展和提高。

从《中国钻探科学技术史》中我们可以看出,一门科学技术的发展受当时客观特定条件(社会制度和生产水平)的制约,这是决定性的;与此同时,其发展结果又受人们主观能动性(事在人为)的明显影响。一千多年前,人们为了获取生活必需的水、盐等矿产,采用了钻探技术。当然,限于当时的条件,只能采用简单的冲击方式。但是,我们的能工巧匠充分利用了当地特产竹筒和竹篾索的优越特性和他们的高超技艺,宋代发明小口径卓筒井钻探法在清代打出了当时世界最深的一口超千米盐气井。可是,当时打一口井的难度和耗时耗资是十分巨大的。

全国解放以后,我国的钻探技术有了飞速发展。这与有利的客观条件有关,更是广大钻探工作者辛勤工作取得的。但是,对比 50 年代与 80 年代的发展状态,使我们认识到科学技术不应局限于学习一国的经验,必须广览博采,择优而学,学习各国最先进的经验;同时,应结合本国的实情,走自己发展之路,才能达到更胜一筹的水平。

随着我国改革开放,由计划经济转向市场经济,钻探工作的服务领域发生了巨大变化。钻探技术迅速向水利、建筑的基础工程,地质灾害防治,环境调查保护等领域扩展。这一

41

变革，表面上看是为了生活的权宜之计，不得已而为之；但是实践表明，钻探技术工作领域的拓展是积极的、必然的。它开拓激发了专业的生机和活力，促进了多方面的发展和提高。

新工作领域的拓展并不是对地球资源工作的放弃。实际上，我们正在不断扩展和深化地球科学工作的内容。例如，为了了解大洋底部、大陆深部、极地冰层、湖泊沉积、地面沉降、地震缘由等一系列地球科学的课题，我们正在根据不同条件和要求，研究对策，钻孔取样，为达到地质目的而努力。这些工作统称为地球科学钻探。这也属钻探工作的拓展，前景十分广阔。

科学技术是第一生产力，但科学技术以人为本。所以钻探专业人才的培养是一个影响我们专业能否持续发展的根本因素。实践表明，优秀的专业人才既要靠专门院校培养，也要在生产活动中培养，二者缺一不可。因此，为了我们钻探事业的可持续发展，必须把专业人才的培养作为专业活动的中心工作之一。

《中国钻探科学技术史》的出版为我们提出了许多思考和启迪，愿它在广大的钻探工作者中开花结果，提高我们的认识。

李世忠

1998年8月于中国地质大学（北京）

注：李世忠教授是新中国地质院校中探矿工程系的创建人，是探矿工程学科奠基人之一，曾任中国地质大学探矿工程系系主任达23年。

前言

四川省自贡市，古称自流井，是我国古代钻探科学技术的重要发祥地之一，是蕴育着这项中国古代科学技术第五大发明的摇篮。自贡市拥有逐渐为全世界钻探工程界日益瞩目的“盐业历史博物馆”，其展示的主要内容是围绕中国古代西南地区紧随盐业发展起来的钻井、固井、修井、打捞、防止钻孔弯曲以及卤水集输等全套技术；自贡市还拥有我国古代钻探的绝无仅有的丰富古籍和档案资料；还拥有一批多年从事古钻探史研究的专家；更值得骄傲的是，整个自贡市就是一个古代钻探的大型展览场，树立着高达 50~100 m 各式各样的古钻塔群和建于 1935 年的世界最深的燊海井（深度 1001.42 m），这口井持续生产卤水与天然气达 160 多年（1835~1989 年），堪称世界之最。

此外，近些年来，国内外科学技术史学者有一种新的观点，认为中国古代钻探科学技术的萌芽、诞生、技术突破、成熟与发展传入西方后，对全世界勘探与开发石油、天然气、岩盐、卤井起到了启蒙、奠基、开创性的推动作用，改变了人类燃料资源的结构，从而促进了西方工业的迅猛发展。科学家们回顾，在工业发展的各个阶段性历程中，动力资源的改革（例如从蒸气到石油）使工业水平及与其配套的新工艺、材料都跃上一个新台阶，上升到一个新水平。因此，在美、英、德等工业发达国家出版的石油工程书籍和钻探手册中，开篇总是介绍一些中国的古代钻探史料，有的附图示意，有的将钻探科技的这一伟大创造发明及其对石油天然气、井盐开采和其后对固体矿产探采技术的巨大贡献与影响，誉称为是继指南针、火药、造纸、印刷术之后中国古代的第五大发明。

不仅如此，古代中国人民还先后多方面、多层次、广泛地对世界科学技术进步做出了卓越的贡献。这些科学技术的起源、发展均已载入历代的重要经典史册。上至《周礼》、《管子》、《庄子》、《史记》、《汉书》、《晋书》、《三国志》；中至《华阳国志》、《博物志》、《山海经》、《水经注》、《丹渊集》、《太平广记》、《梦溪笔谈》、《东坡志林》、《资治通鉴》……；下至明朝的《蜀中广记》、《天工开物》、《四川盐法志》以及清朝的四川各地有关《县志》、《州志》、《府志》等等，对许多科学技术的情况都做了记载和描述，其作者涉及到古代享有盛誉的史学家、文学家、诗人和画家。可惜，限于当时的文化出版条件，资料难免显得有不同程度的偏颇与不够完整。但使后人惊异的是：中国古代前人历尽艰辛，留下了如此浩瀚的典籍供后人去发掘参考。

这些历史典籍充分说明，历史上中国科学技术的发明和发现曾居世界领先地位。最近，由美国科学家罗·坦普尔（Robert K. G. Temple）编辑的名为《中国——发明与发现的国度》（CHINA—Land of Invention and Discovery）的一本新书里，他得到英国著名科学史专家李约瑟（Joseph Needham）博士许可，从他的巨著《中国科学技术史》（这套巨著计划出 7 卷 25 部，计约 2000 万字，截止至 1994 年已出版 15 部）中浓缩了中国古代科学技术精华 100 例。坦普尔认为：“迄今为止尚未披露的最大秘密之一是，我们所生活的近代世界原来是中国和西方成分的极好结合。”近代世界赖以建立的种种基本发展和发现，可能有一半以上源

于中国,但却鲜为人知。然而,更令人遗憾的是,当今中国人自己也只知道指南针、火药、纸、印刷术是中国的四大发明,却对100项精华中的96项盲然无所知。例如“公元8世纪初……中国进行南北跨度达4023 km的子午线弧度测度”;“观察到南天极20度之内的南半天球的恒星”;“如果没有从中国引进船尾舵、罗盘、多重桅杆……哥伦布不可能远航到美洲”;“中国人完成了1463 m深井钻探以至全世界最早应用石油产品和天然气为燃料等等”。这些资料,都是他从李约瑟博士新的打印稿中摘出的,至少还要过10年才能出版^①。

看到这些为世界有目共睹并载入国外科学技术史籍的珍贵史料,使我们干了一辈子的钻探工作者深受鼓舞,进一步激发和触动了我们的良知,那就是为什么我们不能组织一批对古代钻探史研究有较深造诣,又亲历当代钻探科学技术大发展的专家学者共同写一部《中国钻探科学技术史》呢!

1996年4月,这些专家学者们在自贡市的一次会面中,都表达了一个共同的心愿:在中国共产党的正确领导下,我们这一代钻探界同行们,共同在钻探工程这个领域中担负着“承前启后”的重任。为了珍集国故,光耀史册,抢救一批“活资料”,组成了撰写委员会,群策群力,团结一致,博集群书,遍读文献,认真考证,以严谨学风、严肃态度,撰写《中国钻探科学技术史》。1997年5月21日,又召开了撰写委员会会议,讨论了撰写宗旨,并达成了几项共识与协议,对全书目录再次进行了具体的研究讨论,进行分工。至此,撰写工作正式启动。该书要力求全面、系统、确切地反映中国古代劳动人民的成就;概括地记载当代钻探工程的重要成果,为我国古代第五大科学技术成就正名;宏扬现代科技进步,普及科学知识,藉以启迪年青一代,激扬前进。

撰写委员会由刘广志、林元雄、周志彰、杜祥麟、李世忠、钟长永、刘德林、黄健、王子源、周国荣、席嘉珍、耿俊峰(翻译)组成。刘广志任主编,周志彰、林元雄任副主编,邀请李世忠教授审阅,桂暖银任主编助理。

经过近一年的努力,1998年4月委员们又齐集北京,对初稿做了初步汇审,于8月初审稿完毕。1998年6月,在中国工程院院士大会期间,又荣幸地请了洪伯潜、顾心怿二位院士参加到本书撰写班子中,并将他们的大作纳入本书。

本书可作为大专院校探矿工程系、工程勘察系的辅助教材,并作为科学技术史的一个重要分支,弥补过去记述之不足。

鉴于主客观多种因素影响,以及撰写人知识领域的局限性,特别是几位作者已届耄耋之年,时间的紧迫,缺点错误难免,诚恳企盼各界专家学者、同行、同志提出宝贵意见,并请谅解。

对支持本书撰写出版的同志们表示深切的谢意。

感谢中国工程院朱光亚院长在百忙中为本书题写书名。

感谢李世忠教授对重点章节做了审阅,并为本书作序。

感谢李常茂、赵国隆、李砚藻等教授的支持。

刘广志

1998年5月4日

① 见《中国——发明和发现的国度》序言P.16, [美] 罗伯特·K.G. 坦普尔, 21世纪出版社, 1996年12月。

目 录

序

前言

绪 论 1

第一章 钻探技术的萌芽 3

第一节 古井的起源和演变 3

一、远古时代井的演变 4

二、夏、商、周（春秋、战国）时期的掘凿井技术 4

第二节 李冰入蜀穿广都盐井 9

一、关于李冰入蜀的记载 10

二、开凿广都盐井的历史条件 11

三、关于开凿广都盐井 11

第三节 汉唐时期（公元前 206～公元 907 年）掘凿井技术的发展 12

一、由于社会的需求和技术的进步盐井的规模和深度迅速增加 13

二、小口径浅井的掘凿 13

三、关于大口径盐井的开发 16

四、水井及矿井的专业分化 20

五、汉唐时代油气井（火井）的掘凿 21

参考文献 22

第二章 钻探技术发展的里程碑——宋代卓筒井 24

第一节 发明卓筒井的历史条件 24

一、北宋社会的相对稳定和盐业政策的调整 24

二、四川人口的倍增与大口径盐井生产的衰退矛盾突出 25

第二节 卓筒井的工艺技术 26

一、卓筒井的发明创造及其主要文献记载 26

二、卓筒井的钻探技术 27

第三节 卓筒井的规模和分布 27

一、卓筒井在艰难岁月中推广 27

二、卓筒井的规模 29

三、卓筒井的分布 29

第四节 卓筒井的卓越成就 30

第五节 现存卓筒井的状况及其技术方法 30

一、现存卓筒井的状况 30

二、现存卓筒井钻探主要设备 31

三、现存卓筒井钻探工艺概述 33

四、现存卓筒井与宋代卓筒井的比较 35

v
6

参考文献	37
第三章 明代钻探技术的进步	39
第一节 明代中叶政治环境及科学技术的发展	39
一、较宽松的社会环境促进了钻探的发展	39
二、经济发展和科技进步为钻探技术进步提供基础	39
第二节 明代钻探规模及其分布	41
一、明初钻探状态及其恢复	41
二、明中叶后钻井技术及规模开始发展	41
三、油气卤水井的开发	42
第三节 明代钻探技术的进步	44
一、钻探工序的逐步规范化	44
二、钻探工艺、器具、设施的改进	45
三、地面设施（井架、卷扬设备及动力）的改进	48
第四节 明代钻探的主要成就及影响	50
一、自流井气水田的发端	50
二、明代钻探技术的进步对生产和社会发展的促进和影响	51
第四章 清代钻探技术发展的高峰	53
第一节 清代钻探技术发展到高峰的社会背景	53
一、清初井盐业的衰败景象	53
二、清初促进井盐业恢复和发展的措施	53
三、清中后期井盐业资本主义手工业工场的发展	55
第二节 清代深钻井技术的辉煌成就	55
一、自流井的腾飞	55
二、精湛的深钻井技术的发展	58
第三节 钻、治井工具的完备	61
一、钻井工具的演变	61
二、修治井工具的主要类型和特点	63
第四节 钻井工艺的完善	74
第五节 宏伟壮观的钻探和采卤井架——井架造型与结构的演进	79
一、井架的创造和演进	80
二、井架的造型与结构	84
第六节 巧夺天工的修治井技术	86
一、修治井技术的发展	86
二、四川自流井修治井工具群	87
三、独特奇巧的修治井技术	87
第七节 世界最早钻成的第一口超千米深井——夔海井	90
一、先进的钻井机械	90
二、夔海井的钻采简史	91
三、精心的修葺复原	92
四、夔海井的重大历史价值	93
第八节 独特的天然气开采技术——窰盆采气	95

一、天然气的发现和开采	95
二、自流井气田的开发	95
三、竈盆采气的机理研究	98
四、东源井——百年低压采气的奇迹	105
第九节 中国与西方钻探工艺和钻探工具的比较	106
一、中国与西方早期绳式冲击钻机的比较	106
二、中国与西方钻探工艺的比较	107
三、中国与西方固井技术的比较	108
四、中国与西方钻头类型的比较	110
五、中国与西方震击器（活环）的对比	115
第十节 中国钻探技术传入西方的若干考证及其对世界石油勘探开发的 巨大贡献	116
一、中国钻井技术的西传	117
二、欧洲仿效古代中国钻井方法的试验	122
三、中国钻探技术对世界石油勘探开发的巨大历史贡献	125
四、钻探技术是中国古代的第五大发明	126
第五章 近代井盐油气钻探技术	128
第一节 引言	128
第二节 近代盐井钻探技术的引进和开发	129
一、钢绳冲击钻探技术的引入	130
二、旋转钻探技术在盐井的应用	131
第三节 近代油气钻探技术的引入和应用（1878~1949）	131
参考文献	146
第六章 当代陆上油气钻探科学技术	147
第一节 钻探领域急剧扩展	147
第二节 钻探管理步入正轨	149
一、建立健全规章制度	149
二、更新改造技术装备	150
三、集中统一管理施工	150
四、培训提高技术骨干	157
五、提供服务、方便基层	157
第三节 钻探工艺日益完善	159
第四节 钻探技术迅速提高	165
一、采用国际行业标准	166
二、采用井眼稳定技术	167
三、采用优质钻井液	167
四、采用地压预测检测	169
五、采用油气储层保护	169
六、采用高压喷射钻井	170
七、采用平衡压力钻井	171
八、采用优选参数钻井	171

九、采用受控定向钻井	172
十、采用多流地层测试	173
参考文献	175
第七章 当代海上油气钻探科学技术的发展	176
第一节 地矿部海上油气钻探	178
一、作业实绩	178
二、黄海钻探 (1974~1979)	179
三、南海钻探 (1977~1980)	179
四、东海钻探 (1980~1996)	179
五、渤海钻井 (1992~1997)	180
六、钻井设备	180
七、海上钻井工艺	182
第二节 海洋石油部门油气钻探	183
一、钻井设备	183
二、作业情况	183
三、海上钻井技术	185
第三节 胜利油田研制的坐底式钻井平台	186
一、胜利一号坐底式钻井平台	186
二、胜利二号步行坐底式钻井平台	188
第四节 台湾省的海域钻探	193
参考文献	194
第八章 旧中国地质钻探技术	195
第一节 近代西方金刚石钻探及其对我国的影响	195
第二节 中国机械岩心钻探萌芽	197
一、初期阶段	197
二、抗日战争以前 (1910~1937)	199
三、日本帝国主义侵华时期 (1931~1945)	200
四、抗日战争时期 (1937~1945)	200
五、解放战争时期 (1946~1948)	200
参考文献	202
第九章 新中国地质钻探科学技术发展	203
第一节 建国初期钻探发展简况	203
一、建国初期 (1949~1952)	203
二、大发展阶段 (1953~1957)	204
三、“大跃进”“文革”期间 (1959~1978)	207
第二节 金刚石钻探与金刚石绳索取心钻探	209
一、研究发展金刚石钻探的有利条件	209
二、金刚石钻探发展的大事记	210
三、金刚石钻探的主要科学技术成就	211
四、金刚石绳索取心钻探	215
五、金刚石钻探与绳索取心的钻探成果	216

六、金刚石钻探钻具管材标准	220
第三节 受控定向钻探	223
一、我国地质定向钻探成就	223
二、机械式连续造斜器	226
三、液动螺杆钻	227
四、螺杆钻定向钻探推广效果	229
五、螺杆钻进行定向钻探的优点	233
第四节 冲击回转钻探	233
一、液动锤发展的历史回顾	233
二、气动潜孔锤的研制	241
三、潜孔锤已成一类新型孔底动力机	243
第五节 反循环钻探	243
一、引起重视与发展的背景	244
二、反循环钻探法设备与工艺	246
三、推广使用效果（部分）	252
第六节 多种钻探工艺	255
一、金刚石多工艺钻探	255
二、多工艺空气钻探	257
第七节 大直径煤矿井筒钻井法	258
一、打井不用下井挖	258
二、中国特色的煤矿竖井大钻机	259
三、破岩刀具	262
四、反循环洗井	264
五、减压钻进与钻孔偏斜控制	265
六、悬浮下沉安装井壁	266
七、壁后充填固井	268
八、废弃泥浆的控制与处理	271
九、不断深化与发展	272
第八节 探矿专业研究所成立	272
一、勘探技术研究所	272
二、探矿工程研究所	274
三、探矿工艺研究所	274
四、石油钻井研究所	275
第九节 探矿工程专业人才培养	275
第十节 钻探工程管理	278
一、有关操作规程	278
二、有关钻探管理办法	279
三、钻探生产定额	280
四、钻探岩石分级方法、分级表和鉴定岩石级别仪器	280
五、探矿工程门类标准化	281
六、《探矿工程》杂志的创办和发展	283
第十一节 “探矿工程学”学科的形成与发展	283

一、“探矿工程学”是一门新兴的工程技术学科	284
二、“探矿工程学”是多学科综合起来的学科	284
三、“探矿工程学”的任务	286
四、“探矿工程学”的主要研究内容	286
五、关于具体落实措施的几点意见	288
参考文献	289
第十章 地质钻探技术装备	290
一、建国初期地质钻探装备的引进及其影响	290
二、地质岩心钻探装备的发展	292
三、水文地质及水井钻探装备	294
四、工程地质钻探装备	295
五、基础桩施工钻进装备	297
六、特种钻探装备	297
参考文献	297
第十一章 几段重要历史时期的地质钻探	298
第一节 “六五”期间(1981~1985)	298
一、技术经济指标持续增长	298
二、管理工作全面加强	299
三、“六五”期间是地质部钻探工程发展最蓬勃、技术进步最显著的时期	300
四、水文地质、水井、地热钻探、工程地质勘探、施工钻探	301
五、冲洗液与护孔、堵漏技术取得显著成绩	301
六、钻探机械形成系列	302
七、在探矿工程中应用电子计算机	303
第二节 “七五”期间(1986~1990)	303
一、探矿工程工作	303
二、推动工程施工钻探(岩土钻掘工程)发展	305
第三节 “八五”期间(1991~1995)	306
一、探矿工程完成任务情况喜人	307
二、科研成果取得重要收获	307
第四节 “九五”期间(1996~2000)远景综述	316
一、90年代发展地质勘查工作的关键技术	316
二、有关探矿工程关键技术十四项	317
参考文献	318
第十二章 科学钻探	319
第一节 科学钻探的目的与未来	319
一、从“上天、入地、下海、登极”说开去	320
二、科学钻探之花开遍全球(从深海、大洋到大陆)	321
三、大陆科学钻探是地球科学的前沿	325
四、近几年大陆科学钻探的几项主要成果	326
第二节 我国科学钻探事业的开创	327
一、中国大陆科学钻探工程(CSDC)选区的确定	327
二、主要科学目的	328

第三节 中国大陆科学钻探工程的施工技术特点及先进钻探技术	329
一、钻探施工设想技术方案	330
二、科学钻探施工技术的特点和面临的难题	330
三、具中国特色的先进钻探技术	330
第四节 地质科学钻探技术国家专业实验室	339
一、实验室的性质和任务	339
二、实验室的课题研究方向	340
三、实验室的组成	340
四、实验室的管理办法和组织机构	341
五、实验室的主要研究成果	343
六、拟建高温高压地学模拟实验装置	343
第五节 中国大陆科学钻探筹备工作大事记	343
参考文献	352
附录 中国古今钻探名词对照表	353
编后话	354