

中国石油“十五”科技进展丛书

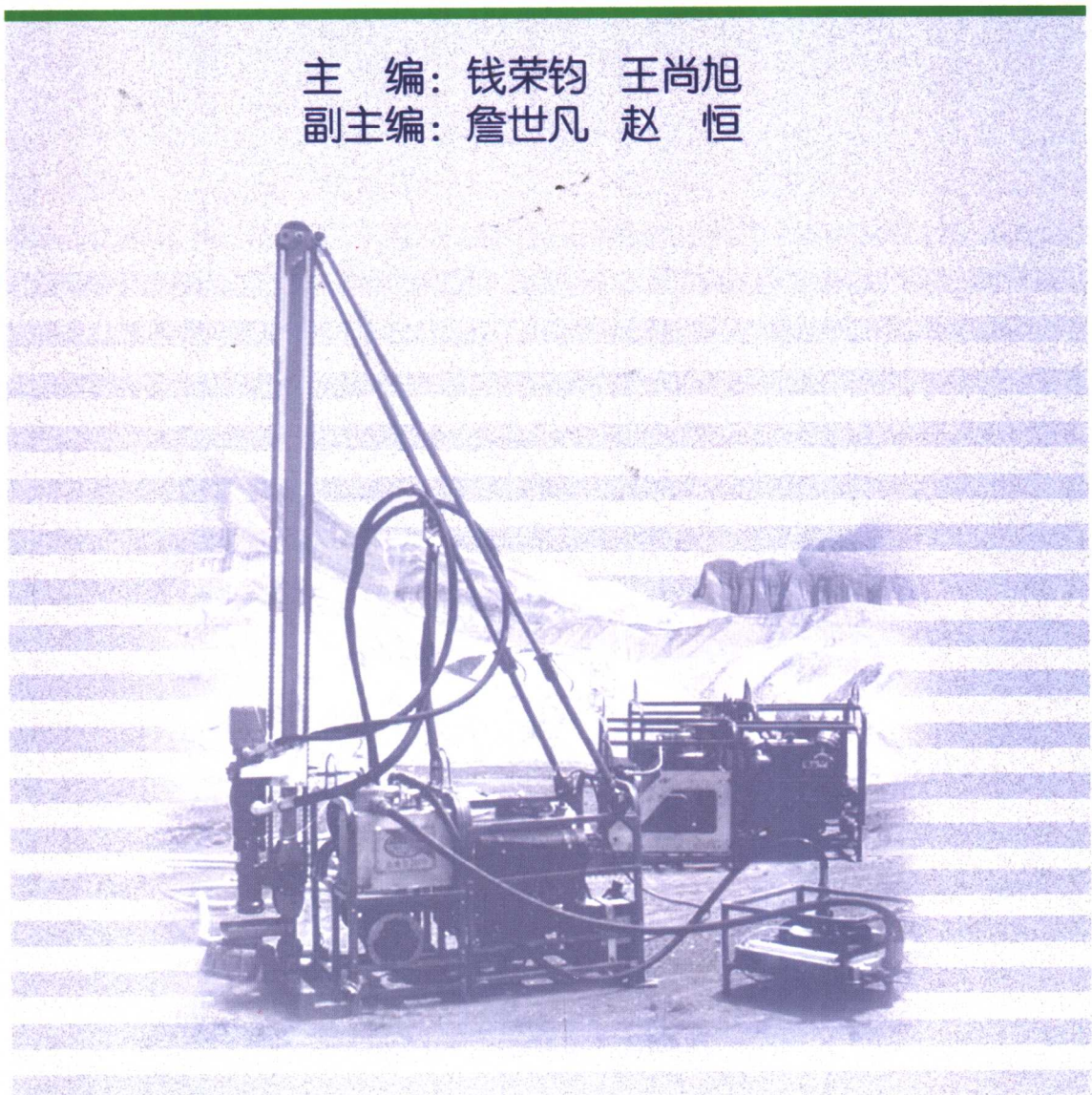
DEVELOPMENTS IN PETROLEUM SCIENCE & TECHNOLOGY, CNPC

丛书主编：周吉平

石油地球物理勘探技术进展

Developments in Petroleum Geophysical Exploration Technology

主 编：钱荣钧 王尚旭
副主编：詹世凡 赵 恒



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

中国石油“十五”科技进展丛书
丛书主编：周吉平

石油地球物理勘探技术进展

主 编：钱荣钧 王尚旭
副主编：詹世凡 赵 恒



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书在总结中国石油天然气集团公司近年来石油地球物理勘探科技发展技术创新成果的基础上,概述了“十五”以来地震勘探数据采集、处理、解释、地球物理软件、模型、储层地球物理、重磁电综合勘探等技术,并对“十一五”石油地球物理勘探技术作了展望。

本书可供从事石油物探的科技人员和管理人员使用,也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油地球物理勘探技术进展/钱荣钧,王尚旭主编.
北京:石油工业出版社,2006.9
(中国石油“十五”科技进展丛书/周吉平主编)
ISBN 7-5021-5653-4

I. 石…

II. ①钱… ②王…

III. 油气勘探:地球物理勘探

IV. P618.130.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第089362号

石油地球物理勘探技术进展

Shiyou Diqiu Wuli Kantan Jishu Jinzhan

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:28.75

字数:731千字 印数:1—5000册

定价:96.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油“十五”科技进展丛书》编委会

主任：周吉平

副主任：刘振武 白泽生 赵文智 袁士义 李庆平

成员：（按姓氏笔画排序）

于建宁 卞德智 方朝亮 牛嘉玉 王同良 王尚旭
王敬农 叶先灯 刘玉章 孙 宁 孙为群 孙星云
张 镇 张卫国 杨 龙 沈平平 苏义脑 迟尚忠
周家尧 胡永乐 赵 明 徐春明 钱荣钧 高泽涛
董国永 窦立荣 鲍晓军 鞠晓东

《石油地球物理勘探技术进展》编写组

主 编：钱荣钧 王尚旭

副主编：詹世凡 赵 恒

主要编写人员：（按姓氏笔画排序）

王守东 王润秋 冯许魁 卢学琪 全海燕 刘云祥
严又生 何展翔 张延庆 张振生 李生杰 李彦鹏
李培明 汪廷璋 邵永梅 陈小宏 易昌华 罗福龙
郑 莉 姚逢昌 赵 波 赵振文 倪 逸 徐礼贵
柴玉璞 陶知非 曹孟起 蒋先艺 撒利明 戴晓云

序

人类进入 21 世纪，能源的全球供求矛盾呈现日益突出的态势。石油是世界能源消费的重要组成部分。近年来，随着国民经济的持续、快速发展，中国已经成为世界第二大石油消费国。如何保障我国石油安全和有效供给，已经成为我们面临的巨大挑战。

中国石油担负着保障国家油气安全供给的责任。长期以来，面对国内外竞争环境的变化，面临资源有限与需求不断增长的现实矛盾，中国石油实施技术创新战略，努力建设创新型企业，把提升自主创新能力放在突出的位置，围绕主营业务发展的需求，一手抓关键技术的攻关，一手抓技术创新能力建设，通过技术研发培育创新能力，依靠创新能力的提升，实现技术突破，使技术创新成为实现持续有效较快协调发展的重要支撑，成为建设具有较强国际竞争力跨国企业集团的重要支撑。“十五”期间，在勘探开发、炼油化工、油气储运、工程技术和软件、装备等研发领域，取得了一大批创新成果，在日益复杂的条件下，实现了石油储量和产量的稳步增长。

创新固然重要，技术的集成、有形化和共享同样重要，总结和提高非常有意义，这些都是提高科技竞争力所必须做的工作。国外的许多大型石油公司就有各专业系统、详尽、实用的技术手册，并且经常在修订。正是出于总结和提高的目的，中国石油天然气集团公司科技发展部以创新的思路，提出了组织《中国石油“十五”科技进展丛书》编写的计划，系统、全面总结中国石油五年来的科技工作，包括应用基础研究、技术开发、技术引进、技术推广与应用和装备研制等。这是十分有益的尝试，也是一项非常重要的工作，应该做好并继续做下去。

我十分高兴地看到，现在这项工作得到了大家的充分重视，进展得很顺利。《丛书》的阶段成果已经为我们编制“十一五”科技发展计划提供了重要的基础和依据；《丛书》的审稿结果也表明，我们的科技成果得到了很好的总结，体现了我们自己的专有技术、特色技术和技术集成；《丛书》的出版，我们预期也会对培养一批优秀专业人才起到重要的作用。

今年是“十一五”的开局之年，中国石油的发展也处于重要的战略机遇期。中国石油天然气集团公司召开科技大会，总结“十五”，部署“十一五”的科技工作，我们要以此为契机，进一步贯彻落实全国科技大会精神，要全面理解自

主创新的科学内涵，做好原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新。要坚定信心，坚忍不拔地建设创新型企业。在中国石油全面建设具有国际竞争力的跨国企业集团的进程中，科技工作要率先与国际接轨。值此《丛书》出版之际，我真切地希望这套书能成为记载中国石油科技发展的重要的里程碑，真诚地感谢参与研究和编撰工作的广大科技工作者。让我们继续努力，使中国石油的科技工作更加辉煌！

周群

2006年4月

丛书前言

“十五”期间，中国石油天然气集团公司（以下简称中国石油）在石油天然气勘探开发、炼油化工、石油工程技术服务、石油化工产品储运和贸易以及国际业务等方面都取得了长足的发展。中国石油的规模实力和可持续发展能力显著增强，成为历史上最好的发展时期之一。

随着半个多世纪石油天然气的勘探开发，近年来我国石油工业不得不面对越来越复杂的石油地质条件和高难度的油气生产、加工环境，而中国石油“十五”以来之所以能够取得令人瞩目的成就，得益于科技发展对主营业务的技术支持。为了应对国内外竞争环境的变化，中国石油实施建设一流社会主义现代化企业和具有国际竞争力的跨国企业集团的发展战略，全面落实科学发展观，紧密围绕主营业务发展的技术需求，以“两个转变”（由跟踪模仿向自主创新的转变，由主要为国内业务提供技术支持向立足国内、大力为海外业务提供技术支持的转变）和“四个加强”（加强重大工程技术瓶颈的攻关、加强对具有自主知识产权核心技术的开发、加强对海外业务的技术支持、加强应用基础研究）的创新思路，集中组织了重大科技攻关、重大现场试验、新技术推广应用和超前储备技术研究。“十五”期间，共承担实施国家级科技项目 15 项，安排公司级科技项目 359 项，获得国家级科技奖励 29 项和一批集团公司级重大科技成果，这些创新成果有力地支持了中国石油的生产经营和各项业务的快速发展。

为了系统全面反映中国石油“十五”的科技发展和技术创新成果，中国石油天然气集团公司科技发展部决定组织编写《中国石油“十五”科技进展丛书》（以下简称《丛书》），通过系统总结，以期形成专有技术的集成，形成中国石油具有共享性质的知识体系，从而构成企业有载体的无形资产和企业文化的重要组成部分。

《丛书》以总结中国石油科技研发活动的进展为主，兼顾国内其他部门和国外的进展；以科技计划为基础，以重大研究项目或攻关项目为重点。各分册既有重点成果，又形成相对完整的知识体系，具有先进性、系统性、实用性。它是科研成果的集成，是集体智慧的结晶，是整个科技创新的精华提升和综合性总结。

从 2003 年四季度开始调研至今的两年多时间里，中国石油天然气集团公司科技发展部组织了《丛书》项目组，在充分调研的基础上设计了 14 个分册，明

确了各分册的牵头单位及负责人，讨论确定了各分册构成内容、编写大纲，提出了各分册编写及审稿工作要求。分别于2004年8月、2005年7月和2006年3月召开了三次编委会。

《丛书》编委会主任、中国石油天然气集团公司周吉平副总经理非常重视《丛书》的组织编写工作，做出了重要指示，提出了具体要求，指出《丛书》编写也是科技集成创新的一个方面：①《丛书》是对“十五”科技成果的总结、提高，是编制“十一五”科技发展规划的重要基础和依据；②《丛书》应体现出自己的专有技术和特色技术；③《丛书》对提高科技自主创新能力要发挥重要的作用；④《丛书》对培养优秀专业人才要起到重要的指导作用。

具体来说，我们组织这套《丛书》的目的，一方面是总结中国石油阶段性的科技进展，为“十一五”的工作打好基础，另一方面且更重要的是为了扩散传播和推广应用这些成果和技术。《丛书》的编写是由行政单位牵头，把学术带头人、知名专家和有学术影响的人融合在一起组成编写团队。《丛书》的编写工作有如下特点：①各单位领导高度重视，抽调精兵强将参与分册编写工作；②各分册负责人高度重视，精心组织；③编写队伍中凝聚了一大批高水平的专家，基本代表各个专业领域的最高水平；④各分册既有重点成果，又形成了相对完整的体系，体现了先进性、系统性和实用性；⑤《丛书》展望未来科技发展方向，对编制“十一五”科技计划有很好的指导作用。

经过两年多的组织编写，到2005年底，经过多次审稿、修改，各分册都达到了预期目标。各分册的主要内容如下。

(1) 石油科技进展综述：由中国石油天然气集团公司科技发展部牵头，负责人为刘振武。该分册综述中国石油“十五”期间在石油科技各个方面的进展以及对“十一五”的展望。

(2) 石油地质理论与方法进展：由中国石油勘探开发研究院牵头，负责人为赵文智。内容包括陆相层序地层学理论与方法、岩性地层油气藏理论与方法以及前陆盆地、被动裂谷盆地、叠合盆地的油气富集规律和勘探技术的新进展，油气资源评价方法体系建立与应用，前瞻性地对非常规油气资源进行了展望并总结了石油地质综合研究方法。

(3) 石油地球物理勘探技术进展：由东方地球物理勘探有限责任公司和中国石油天然气集团公司物探重点实验室牵头，负责人钱荣钧、王尚旭。内容包括地震勘探数据采集技术、处理方法、解释技术，地球物理软件、模型技术，油藏地球物理、重磁电综合勘探技术、勘探实例，以及今后技术发展方向等。

(4) 石油地球物理测井技术进展：由中国石油天然气集团公司测井重点实

验室和中国石油大学（北京）牵头，负责人王敬农、鞠晓东。内容包括测井应用基础研究、测井新技术开发、测井装备研制、测井新技术推广与应用等。

(5) 钻井工程技术进展：由中国石油天然气集团公司科技发展部和中国石油勘探开发研究院牵头，负责人孙宁、苏义脑。内容包括水平井钻井技术、深井超深井钻井技术、欠平衡钻井与气体钻井技术、大位移井与分支井钻井技术、固井和完井技术、钻井液与储层保护技术、海外钻井实践、钻井装备与工具，以及钻井工程应用基础与前沿技术等方面的新进展。

(6) 采油工程技术进展：由中国石油勘探开发研究院牵头，负责人刘玉章。内容包括采油工程方案编制、完井、人工举升、注水工艺、油田堵水调剖技术、低渗透油藏压裂酸化工艺技术、热力采油、防砂工艺技术、套损机理分析及修复防护技术、采气工艺等方面的新进展。

(7) 油气藏工程技术进展：由中国石油勘探开发研究院牵头，负责人袁士义。内容包括油层物理与渗流力学的理论进展，以及油气藏精细描述与精细数值模拟技术、勘探开发一体化油气藏评价技术、不同类型油气藏开发与调整方案优化设计技术、剩余油分布预测研究形成的改善水驱技术和油气田开发规划与经济评价研究取得的新进展。

(8) 提高采收率技术进展：由中国石油勘探开发研究院牵头，负责人沈平平。内容包括油藏精细描述技术，聚合物驱油技术、化学复合驱油技术，热力采油技术，注气提高采收率技术、微生物提高采收率技术，以及其他提高采收率技术等方面的新进展。

(9) 石油地面工程技术进展：由中国石油集团工程设计有限责任公司牵头，负责人迟尚忠。内容包括油田地面工程、气田地面工程、滩海油气田工程、腐蚀与防护、地面工程新设备与应用、计量仪表与自动化、化学药剂等方面的新进展。

(10) 油气输送管道工程技术进展：由中国石油天然气集团公司管材研究所和中国石油天然气管道局牵头，负责人杨龙、高泽涛。内容包括油气管道勘察设计技术、高性能管材国产化技术、管道施工技术、管道输送技术、管道检测与完整性评价技术、腐蚀与防护技术、施工和运行管理技术等方面的新进展。

(11) 石油炼制与化工技术进展：由重质油国家重点实验室、中国石油天然气集团公司催化重点实验室和中国石油炼化化工技术研究开发中心牵头，负责人徐春明、鲍晓军。内容包括重油加工、清洁油品生产和润滑油、石蜡、沥青等特色产品的生产技术等石油炼制技术方面取得的进展，基本有机原料、三大合成材料、天然气化工和化肥以及精细化工等石油化工领域的进展，以及在催

化材料、催化剂、石油化工装备和先进控制技术方面取得的新进展。

(12) 石油信息技术进展：由中国石油天然气集团公司石油经济技术研究中心牵头，负责人王同良。内容包括信息技术在石油工业上游、下游中的应用，中国石油计算机网络建设、管理信息系统、电子商务以及信息网站和门户建设等。

(13) 石油环保技术进展：由中国石油天然气集团公司质量安全环保部和环境工程技术中心牵头，负责人董国永。内容包括环保技术、石油相关污染及其控制、清洁化生产、环境影响评价等。

(14) 勘探开发集成配套技术及应用实践：由中国石油天然气集团公司科技发展部、中国石油勘探开发研究院和中国石油天然气勘探开发公司研究中心牵头，负责人方朝亮、牛嘉玉、卞德智。主要内容是围绕岩性地层油气藏、前陆盆地、老油区挖潜、边际油田、被动裂谷、复杂碳酸盐岩油气藏、复杂小断块、低渗透油藏等重大勘探开发领域，系统分析和总结了使油气勘探和开发取得重大突破的各项配套技术与方法。

以这样一个思路来组织编写这样一套《丛书》，是一个新的尝试。期待通过我们的努力，这套《丛书》能够达到预期的目的，能够得到大家的认可。我们计划今后每五年总结编写一次，形成一个模式。对每五年的科技进展进行总结、提炼、积累，让后人站在这个平台上继续攀登，加快企业对已有技术的应用和加快技术创新的步伐。

《丛书》的组织编写和出版工作也是一项任务量很大的工程。在两年多的时间里，组织数十个科研单位、数百名科研人员投身于其中，在完成紧张的科研和生产任务的同时，认真落实周吉平副总经理的指示和要求，以高质量高标准完成了各个分册的编写工作，并不厌其烦的进行修改，达到了最终的出版要求；石油工业出版社组织一流的编辑出版力量，高质量、高标准完成《丛书》的编辑出版工作，力争把这套《丛书》出成精品图书。值此《丛书》出版之际，对所有参与这项工作的院士、专家及科研人员辛勤而杰出的工作深表感谢。

《丛书》的出版又使我们迈向了新的起点。我们在期望《丛书》发挥应有效用的同时，也真诚地希望广大科技界的同仁能不吝赐教，使《中国石油“十一五”科技进展丛书》能够编得更好。

《丛书》编委会

2006年4月

前 言

根据中国石油天然气集团公司科技发展部的总体要求，东方地球物理勘探有限责任公司牵头组成了以钱荣钧为组长、以中国石油天然气集团公司物探行业专家为成员的编写组，包括中国石油大学、中国石油勘探开发研究院及其西北分院，以及东方地球物理勘探有限责任公司的物探专家。

2004年9月1日召开《石油地球物理勘探技术进展》分册编写组第一次会议暨启动大会。会上传达了中国石油天然气集团公司科技发展部组织编写《中国石油“十五”科技进展丛书》的要求。经过本分册编写组成员讨论确定了编写提纲、编写分工与进度安排，并安排布置了编写工作，各章节的负责人、执笔人按编写大纲进行初稿编写，要求综合、全面、系统反映石油地球物理勘探专业近五年的技术进步情况，在2004年11月底前提交初稿。

2004年12月，各节初稿完成，由各章负责人及执笔人进行交流讨论，并在2004年12月底由各章负责人完成本章全部文稿的审定。

2005年1月7日，编写组召开了第二次会议。会上，由各章负责人介绍了编写情况和主要内容，编写组成员针对每章内容进行了讨论，提出了修改意见。确定由钱荣钧、王尚旭、詹世凡、赵恒进行全书的统稿、审稿工作。

2005年6月，安排各章节负责人根据总审稿人的意见，对本章节进行修改、完善。

2005年9月，对全书进行审定，完成送审稿。

全书由钱荣钧、王尚旭担任主编，由詹世凡、赵恒担任副主编，并负责人员组织、章节确定及审稿等工作。

本书第一章由汪廷璋、赵恒执笔，共分三节；第二章由李培明负责，共分五节，邓志文、唐东磊、张慕刚、全海燕、易昌华、陶知非、罗福龙、冯泽元、邹雪峰、胡永贵、蔡希伟等人参与了本章的编写工作；第三章由曹孟起负责，共分六节，赵波、王润秋、陈殿卿、徐子伯、黄丽丽、王守东、高军、郭向宇、李振春、倪逸、戴晓云等人参与了本章的编写工作；第四章由张延庆负责，共分三节，姚逢昌、张振生、冯许魁等人参与了本章的编写工作；第五章由赵振文负责，共分五节，蒋先艺、卢学琪、倪逸、陈小宏、撒利明、姚逢昌、戴世坤等人参与了本章的编写工作；第六章由王尚旭负责，共分三节，王守东、狄帮让参与了本章的编写工作；第七章由詹世凡负责，共分四节，李生杰、李彦鹏、陈小宏、严又生参与了本章的编写工作；第八章由何展翔负责，共分三节，柴玉璞、郑莉、刘云祥、陈秀儒参与了本章的编写工作；第九章由徐礼贵负责，共分十节，郑良合、刘永雷、冯许魁、倪宇东、严峰、黄永平、李廷辉、王鹏、王乃建、崔全章、张慕刚、李振勇、李建林等参与了本章的编写工作；第十章由汪廷璋负责，共分三节。

本书在初稿完成后，熊翥教授审阅了全书并提出了修改意见，邵永梅同志承担了初稿、修改稿及终稿的整理和文字、图件的校核工作。在此一并向为本书的编写付出辛勤工作的

同仁表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 石油地球物理勘探技术发展现状	(1)
第一节 石油地球物理勘探解决复杂地区地质问题的能力	(5)
第二节 各种地球物理信息的综合应用	(8)
第三节 石油物探装备研制	(11)
第二章 地震勘探数据采集技术	(14)
第一节 石油物探测量技术	(14)
第二节 观测系统及其设计方法	(24)
第三节 激发与接收技术	(36)
第四节 近地表结构调查与野外静校正技术	(45)
第五节 地震采集装备	(63)
参考文献	(79)
第三章 地震数据处理方法	(81)
第一节 静校正技术	(81)
第二节 去噪技术	(101)
第三节 时频域大地吸收衰减补偿与反褶积技术	(117)
第四节 速度分析与叠加技术	(130)
第五节 叠前偏移成像技术	(149)
第六节 海底电缆地震数据处理技术	(163)
第七节 地震数据处理配套技术及应用效果	(168)
参考文献	(176)
第四章 地震资料解释	(178)
第一节 构造解释	(178)
第二节 层序地层分析	(186)
第三节 地震属性分析与储层预测	(196)
参考文献	(207)
第五章 地球物理软件	(208)
第一节 KLSeis 地震采集工程软件系统	(208)
第二节 GRISYS 地震数据处理系统	(215)
第三节 GRISStation 解释系统	(222)
第四节 GeoEast 地震数据处理解释一体化系统	(227)
第五节 特色软件	(237)
第六章 模型技术	(250)
第一节 数学模型技术	(250)

第二节	物理模型技术	(268)
第三节	复杂介质模型实例	(271)
	参考文献	(283)
第七章	储层地球物理	(284)
第一节	岩石物理	(284)
第二节	多分量地震	(298)
第三节	时移地震	(308)
第四节	井中地震	(315)
第五节	小结	(328)
	参考文献	(328)
第八章	重磁电综合勘探技术	(330)
第一节	重磁勘探	(330)
第二节	电法勘探	(342)
第三节	综合物化探应用实例	(354)
	参考文献	(366)
第九章	地球物理技术应用实例	(368)
第一节	塔里木盆地迪那 2 气田山地三维地震勘探	(368)
第二节	塔里木盆地塔中 30 井大沙漠区三维地震勘探	(374)
第三节	鄂尔多斯盆地子洲—清涧黄土塬区多线地震勘探技术	(379)
第四节	塔里木盆地轮南奥陶系潜山储层地震解释与预测	(384)
第五节	哈萨克斯坦肯基亚克油田盐下构造三维地震勘探	(389)
第六节	大港滩海埕北断阶带三维地震勘探	(394)
第七节	冀东老油区二次三维地震勘探	(399)
第八节	准噶尔盆地莫北开发三维地震勘探	(405)
第九节	苏南金坛储气库三维地震勘探	(411)
第十节	扶余油田浅目的层三维地震勘探技术及效果	(416)
	参考文献	(421)
第十章	技术发展策略	(423)
第一节	地球物理技术发展趋势	(423)
第二节	我国油气勘探面临的主要问题	(429)
第三节	勘探对策	(431)
	参考文献	(437)
附录	大事记	(438)

Contents

1	Current Status of Petroleum Geophysical Technology Development	(1)
1.1	Petroleum geophysics improvement in dealing with geological problems in complex areas	(5)
1.2	Comprehensive application of all kinds of geophysical information	(8)
1.3	R&D of geophysical equipment	(11)
2	Seismic Data Acquisition Techniques	(14)
2.1	Surveying	(14)
2.2	Seismic survey design	(24)
2.3	Shooting and receiving	(36)
2.4	Near-surface survey and field statics	(45)
2.5	Seismic equipment	(63)
	References	(79)
3	Seismic Data Processing Techniques	(81)
3.1	Static corrections	(81)
3.2	Noise suppression	(101)
3.3	Earth absorption and attenuation compensation in the time and frequency domains and deconvolution	(117)
3.4	Velocity analysis and stacking	(130)
3.5	Pre-stack migration and imaging	(149)
3.6	OBC seismic data processing	(163)
3.7	Seismic data processing auxiliary techniques and applications	(168)
	References	(176)
4	Seismic Data Interpretation Techniques	(178)
4.1	Structural interpretation	(178)
4.2	Sequence stratigraphy analysis	(186)
4.3	Reservoir prediction and description	(196)
	References	(207)
5	Geophysical Software Systems	(208)
5.1	GRISStation—Seismic data interpretation system	(208)
5.2	KLSeis—Seismic survey design system	(215)
5.3	GRISYS—Seismic data processing system	(222)
5.4	GeoEast—Integrated seismic data processing and interpretation system	(227)
5.5	Special software systems	(237)

6 Modeling Techniques	(250)
6.1 Numerical modeling	(250)
6.2 Physical modeling	(268)
6.3 Example models for complex media	(271)
References	(283)
7 Reservoir Geophysics	(284)
7.1 Petrophysics	(284)
7.2 Multi-component seismic	(298)
7.3 Time-lapse seismic	(308)
7.4 Borehole seismic	(315)
7.5 Summary	(328)
References	(328)
8 GME Surveys	(330)
8.1 Gravity and magnetic surveys	(330)
8.2 Electric survey	(342)
8.3 Applications of geo-chemical techniques	(354)
References	(366)
9 Applications of Geophysical Techniques	(368)
9.1 3D mountain seismic exploration in Dina 2 gas field, the Tarim Basin	(368)
9.2 3D desert seismic exploration, Well 30 in Tazhong, the Tarim Basin	(374)
9.3 Multi-line seismic exploration in Zizhou-Qingjian loess land, Erdos Basin	(379)
9.4 Seismic interpretation and reservoir prediction for the Ordovician buried hills in Lunnan, the Tarim Basin	(384)
9.5 3D subsalt seismic exploration in Kenjiyak oil field, Kazakhstan	(389)
9.6 3D seismic exploration in the fault bench area of Chengbei, Dagang transition zone	(394)
9.7 High-density 3D seismic exploration in Jidong oil field	(399)
9.8 3D production-oriented seismic exploration in Mobei, Junggar Basin	(405)
9.9 3D seismic exploration for the gas pool in Jintan, south of Jiangsu province	(411)
9.10 3D seismic exploration in Fuyu with shallow target layers	(416)
References	(421)
10 Technology Development Strategies	(423)
10.1 Trend of geophysical technology development	(423)
10.2 Major problems in oil and gas exploration in China	(429)
10.3 Solutions	(431)
References	(437)
Appendix Sequence of Events	(438)

第一章 石油地球物理勘探技术发展现状

石油地球物理勘探（简称石油物探）是基于地球物理学和石油地质学理论，采用相应的地球物理仪器和装备在地球表面（包括陆地与海洋），或者在空中、井中记录地下信息，并通过相应的数据处理和解释获取地下地层的物性（弹性、电性、磁性、密度、放射性）及结构，寻找隐藏在地层中的石油及天然气的方法。

自19世纪末匈牙利人巴朗·罗兰德·封·艾维发明扭称用于测量储油构造至今，石油物探已经走过了100多年的历程。

在1915—1924年期间，一些勘探先驱先后利用扭称详查了捷克的埃格贝尔单井油田、德国哈尼格森的盐丘构造、埃及的霍尔加达油田、美国得克萨斯州的斯平德托普油田及纳什穹隆状构造。

在1915—1924年期间，英国人J. C. 卡彻尔在俄克拉荷马州开始了地震反射法试验工作，并首次绘出了该区的1个浅层反射剖面。1919年，德国人明特罗普（Mintrop）获得了折射初至波法专利。1922年，明特罗普勘探公司正式组建两个地震队在墨西哥湾沿岸地区进行折射法地震勘探。1923年，苏联人B. C. 伏尤斯基获得了反射法专利。1927年，卡彻尔利用光点地震仪在俄克拉荷马州进行了大规模勘探工作，从此地震反射法成为工业生产中的一种常规勘探方法。1928年，在水域石油勘探中开始应用物探方法。1932年出现了新型重力仪。1933年，在反射法勘探中开始使用组合检波方法。1938年，苏联人N. C. 贝尔宗提出了应用反射横波与反射转换波进行勘探的可行性。1939年，苏联人A. A. 达兹凯维奇提出了井中地震记录法。

我国的石油物探工作始于1939年。当时，我国石油物探创始人之一翁文波博士从英国伦敦大学应用地球物理专业学成回国，首先在重庆原中央大学物理系开设地球物理勘探课程，并于次年开始用自己组装的零长式重力仪在中国第一个油田——玉门油田开始了试验工作，同时还开展了电测井试验。

第二次世界大战以后，各石油公司、地球物理公司和仪器制造商在改造原有与研制新型地球物理勘探仪器方面取得了很大进展，其中以地震勘探仪器和设备的发展最令人瞩目。

自1927年地震反射波法用于工业生产以来，地震勘探大体经历了3个发展阶段：

第一阶段为“光点记录”阶段（1927—1952年）。使用光点地震仪，采用电子管元件，把接收的地震波位移转变成光点的摆动，记录在照相纸上。记录的地震道数由最初的5道（1935年）增至12道（1940年），20世纪50年代初增至24道，后发展为48道。由这种光学照相方法得到的记录既不能复制，又无法长期保存，而且不具备再处理条件，只能用手工作方式进行时间标定、对比、制图和解释。

第二阶段为“模拟磁带记录”阶段（1953—1962年）。使用模拟磁带地震仪，采用晶体管元件，将接收的地震波录制在磁带上，然后在室内通过模拟电子计算机（又称模拟磁带回放仪）对地震记录进行处理，得到地震时间剖面。由于“模拟地震仪”比“光点地震仪”