

钻井手册

DRILLING HANDBOOK

(第二版)

《钻井手册》编写组 编

上



石油工业出版社

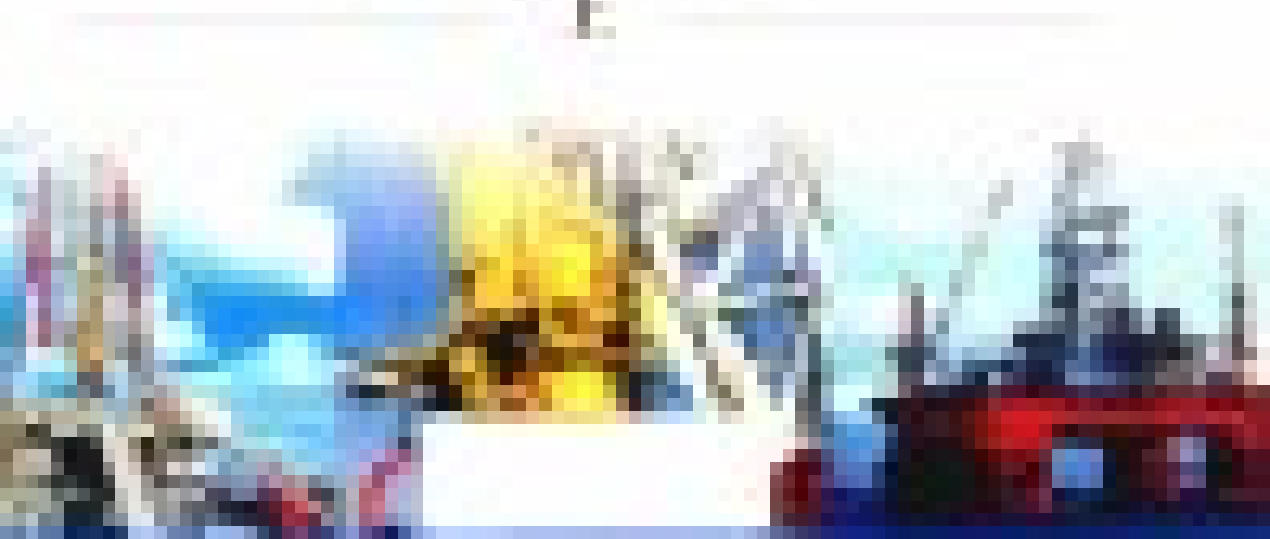
钻井手册

DRILLING HANDBOOK

第三版

（美）J. 史密斯 著

上



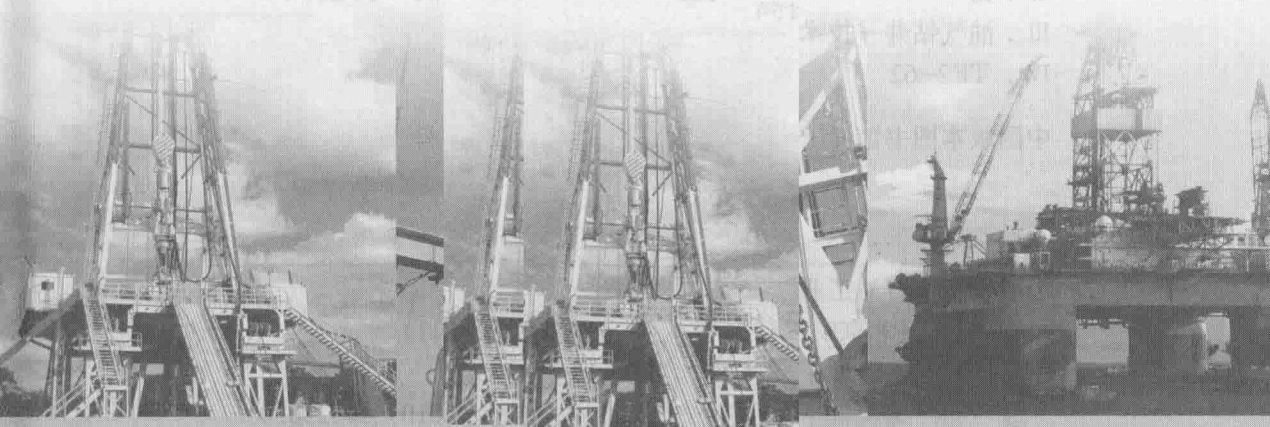
钻井手册

DRILLING HANDBOOK

副主任：孙 宁 杨庆理
(第二版)

《钻井手册》编写组 编

上



石油工业出版社

内 容 提 要

本手册是在 1990 年出版的《钻井手册（甲方）》基础上编修而成，总结补充了石油钻井相关专业 20 多年来取得的成果、经验与认识。本手册以实际应用技术为主，同时既有理论知识，又有实践经验。手册分上、下两册。上册主要内容有：钻井设计、地层压力与井身结构、套管设计与下套管作业、固井与完井、钻井液、钻头与钻井参数设计、井控技术、钻柱与下部钻具组合设计；下册主要内容有：特殊工艺井钻井、欠平衡钻井、海洋钻井、深井与超深井钻井、钻井装备与工具、地质综合评价、钻井 HSE 管理、井下复杂与事故、钻井新技术、附录。

本手册可供从事油气钻井工程的技术人员、管理人员使用，也可供相关专业技术人员、管理人员和相关院校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

钻井手册．上 / 《钻井手册》编写组编．—2 版．
北京：石油工业出版社，2013.8
ISBN 978-7-5021-9391-1

I．钻…

II．钻…

III．油气钻井—技术手册

IV．TE2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 294590 号

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

编辑部：(010) 64523583 发行部：(010) 64523620

经 销：全国新华书店

印 刷：北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 9 月第 2 版 2013 年 9 月第 3 次印刷

787×1092 毫米 开本：1/16 印张：110.75

字数：2620 千字

定价（上、下册）：420.00 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

《钻井手册》编委会

(第二版)

顾 问：沈忠厚 罗平亚 李鹤林 苏义脑

主 任：廖永远

副主任：孙 宁 杨庆理

委 员：(按姓氏笔画排序)

王瑞和 方朝亮 伍贤柱 刘乃震 闫 铁 安文华
杨 龙 杨再生 吴 奇 佟德安 辛俊和 张 镇
张凤民 张宝增 陈 平 陈 刚 郑 毅 郑新权
屈 展 屈建省 孟英峰 赵业荣 钟启刚 秦文贵
高德利 路继臣

编 写 组

主 编：孙 宁

副主编：秦文贵 张 镇

成 员：(按姓氏笔画排序)

毛蕴才 冯耀荣 许树谦 李 琪 李国顺 李根生
余 雷 余金海 汪海阁 宋朝晖 张健庚 陈 勉
胡世杰 查永进 郭小阳 鄢捷年

责任编辑：方代煊

《钻井手册（第二版）》编审人员名单

章	编 写 人	审稿人
第一章 钻井设计	查永进 毕文欣 陈志学 程荣超	孙 宁 汪海阁 朱明亮 董 杰 周煜辉
第二章 地层压力及井身结构设计	陈 勉 金 衍 管志川 樊洪海	刘希圣 查永进
第三章 套管设计与下套管作业	林 凯 王建军 申昭熙 刘文红 王建东 上官丰收	冯耀荣
第四章 固井与完井	郭小阳 刘硕琼 吕光明 马 勇 谭文礼 王兆会 刘 洋 齐奉中 肖崑中	许树谦 查永进 张兴国
第五章 钻井液	鄢捷年 蒋官澄 孙金声 邱正松 蒲晓林 李志勇 叶 艳 刘晓平	罗平亚 樊世忠 张克勤 刘雨晴
第六章 钻头与钻井参数设计	李根生 闫 铁 邹和钧 杨迎新 王镇全 史怀忠	沈忠厚
第七章 井控技术	高碧桦 晏国秀	伍贤柱 陈忠实 晏 凌
第八章 钻柱与下部钻具组合设计	高德利 王新虎	冯耀荣
第九章 特殊工艺井钻井技术	余 雷 喻 晨 陈文森 王廷瑞 白冬青 靳树忠 尹肇学 尚宪飞 刘青云 张 薇 张宏波 丁文正 朱太辉 王 龙 任海洋 张乃彤 王小月	刘乃震 高远文 董 杰
第十章 欠平衡钻井技术	孟英峰 肖新宇 杨 玻 邓 虎 王建毅 伊 明 李永杰 李 皋	孙 宁 查永进
第十一章 海洋石油钻井技术	张贺恩 周树合 邹树江 郑 贤 蔡德军 魏士鹏 张志鹏 孙培东	路继臣 徐珍鑫 黄名召
第十二章 深井、超深井钻井技术	陈 平 蒲晓林 杨远光	施太和

章	编 写 人				审稿人		
第十三章 钻井装备与工具	张健康 黎 勤 秦万信	蒲玲霞 黄悦华 罗西超	苏学斌 龚惠娟 张国田	崔远众 范亚民	王益山 邹连阳	黄悦华	龚惠娟
第十四章 科学钻井地质综合评价及完井技术	张乃彤 姬月凤 李长喜 蒋友强 袁照永 刑 立 李 民	聂上振 王小月 杨延征 陈紫薇 曲庆利 程相志 董建华	董德仁 贾金辉 窦同伟 张海军 韩 斌 齐月魁	杨继军 任永宏 周宝义 陈 虹 陈 立 张东亭	郑新权 尹肇学 周宝义	刘延平 韩烈祥 朱礼斌	单桂栋 周灿灿 李国欣
第十五章 钻井HSE管理	郑 毅 刘雪梅	王计平 金雪梅	许 星 刘勇萍	陈学林	秦文贵	张彦平	李新民
第十六章 井下复杂与事故	宋朝晖 王占珂	王 新 燕 青	刘 灵	林 晶	潘仁杰 查永进	许树谦	陈若铭
第十七章 钻井新技术	余金海 周英操 冯 来	汪海阁 查永进 熊 革	王 辉 王 凯 王 力	贺会群 徐丙贵	孙 宁 马家骥	苏义脑	董 杰
附录	李 琪				田和金		
总编审	孙 宁	查永进	方代煊				

《钻井手册（甲方）》编委会

（第一版）

顾 问：史久光 彭佐猷 蒋麟湘 刘荫藩 郝凤台 侯国珍
马骥祥 张江榕 林祖膺 董中林 张载褒 白家祉
吴华良 王礼钦 杨 录 杨巨谟

主 任：李天相

副主任：李虞庚 李克向

委 员：（按姓氏笔画排序）

万仁溥 刘昌谣 刘希圣 朱兆明 李允子 李丕训
李章亚 严世才 沈忠厚 沈增鑫 杜晓瑞 张克勤
张 镇 陈立性 陆大卫 赵凯民 郑育琪 党文利
高锡五 梅 江 倪荣富 康竹林 郭再根 曹懋炎
谢熙池 蒋希文 解浚昌

编审组名单

主 编：李克向

副主编：解浚昌

成 员：李丕训 倪荣富 曹懋炎 党文利 张 镇

责任编辑：崔允安 张 镇

序

钻井是石油天然气勘探与开发的重要手段。在应用地球物理勘探的基础上，要更为直接地了解地下地质情况，证实已经探明的地质构造是否含有油气，进一步搞清含油气的面积和储量，进而把地下的石油、天然气开采出来，都需要借助钻井工程来加以实现。

多年来，随着石油天然气勘探开发工作的深入，钻井技术在持续进步，钻井所面对的环境也在不断发生变化。一方面从地表环境来看，钻井作业正在朝着条件艰苦的偏远地区、沙漠、高山、深海等领域延伸；另一方面从地下地质结构来说，钻井作业正在向着深层、低渗透、难动用、非常规等储层推进。

石油钻井是一个技术密集、资金密集、高投入、高风险的行业。一般而言，钻井费用要占整个石油勘探和开发总投资的 50% 以上，钻井是影响石油天然气勘探开发整体经济效益最关键的因素之一。与此同时，安全、环保等诸多方面对钻井作业的要求也越来越苛刻。

这些因素对钻井提出了更高的要求，钻井作业必须更加安全、更加经济和更加环保。钻井工程的任务已不仅仅是打开油气层和建立油气生产通道，而是要通过新技术的研发和应用，成为提高探井油气发现率和成功率、提高油气井采收率、增储上产的新途径。因此，钻井技术的进步对石油工业的发展有着举足轻重的作用。钻井方式是否合理、工艺是否先进、钻井速度的高低、井身质量的好坏、油气层保护的效果等，直接关系到油气井产量、油气采收率和勘探开发整体效益。

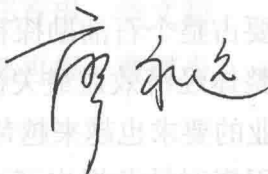
1990 年出版的《钻井手册（甲方）》第一版是一部技术性很强的工具书，由钻井界众多老领导、老专家参与编写，并得到时任中国石油天然气总公司领导的周永康老部长、李虞庚老总等领导的关怀和支持，他们分别为手册的出版题写了致辞。20 多年来，《钻井手册（甲方）》在石油钻井生产、科研中发挥了重要作用，受到广大钻井技术人员、管理人员的欢迎。

随着钻井技术不断进步，许多新的技术取得突破，如水平井、丛式井、大位移井钻井技术，欠平衡钻井技术，地质导向钻井技术等已成为成熟技术，并得到大规模应用。原手册无法很好地适应广大技术人员与管理人员的需要。

在此期间，很多领导、专家都建议对原手册加以修订，李天相老部长在世时还曾多次亲自关心此事。今天，令人非常高兴地看到，在集团公司科技管理部、钻井工程技术研究院、石油工业出版社有关同志的认真组织下，通过相关研究院所、工程技术单位、石油高校数十位专家、教授、学者历时5年多艰苦劳动和辛勤耕耘，《钻井手册》新版正式出版了，这是一件可喜可贺的事情！

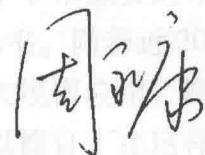
这部手册在原书的结构基础上，删除了过时的内容，对一些内容做了调整，增补了新技术新方法，充分体现了手册的实用性与先进性，可为钻井及相关专业的技术人员、管理人员提供全面的指导。它的出版适应了钻井生产管理与技术工作的需要，具有一定的条例性、法规性以及应用的广泛性，是钻井及相关专业技术人员、生产管理人员必备的工具书。希望各级技术人员和管理人员学好手册，用好手册，让新技术、新方法在钻井生产实践中发挥更大的作用。

中国石油天然气集团公司总经理



2013年6月18日

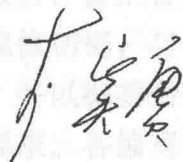
钻井手册（甲方）的出版这在我国石油工业是第一次，这本手册的出版是适应勘探开发钻井实行甲乙双方管理体制改革的需要，它具有条例性和法规性，是今后勘探井、开发井甲乙双方施工的依据，因此手册出版后各油田必须以手册为基本教材，对勘探、开发、钻井各级领导及技术干部进行认真的培训，并在施工作业中认真贯彻执行。



1990年3月16日

编写这部钻井手册（甲方）在我们石油工业还是首次，目的是为了适应勘探、开发、钻井实行甲乙双方改革的需要。为编好这部手册，总公司曾先后组织百余名有丰富实践经验的总工程师、高级工程师和有关大学院校、研究所的教授、高级工程师参加了编写和审定工作，内容主要涉及到一口井的科学钻井技术和经验及与此有关的条例、规定、标准等，因此手册具有一定法规性，是今后勘探开发钻井实行甲乙双方设计和施工质量的依据和准则。也可做为各油田领导干部和技术人员的主要培训教材。

由于钻井手册（甲方）涉及面广、内容多，很难全面反映全国各油气田积累的丰富经验和技術，还需要各油田今后在实践中不断补充修改完善这部手册。



1990年3月于北京

前 言

《钻井手册（甲方）》第一版于1990年出版，是第一部全面反映国内外先进技术成果的手册，具有较强的理论性与实用性，凝聚了老一辈技术专家的辛勤汗水。20多年来，这部手册对钻井生产与科研都发挥了非常重要的作用，成为广大石油钻井技术人员与管理人员重要的参考书和工具书。随着近20多年来钻井技术的进步，特别是一些新技术取得突破，并得到大规模应用，原手册已无法适应钻井技术人员与管理人员的需要，迫切需要加以修订。在这样一个大背景下，中国石油天然气集团公司科技管理部于2008年正式立项，启动《钻井手册》编修工作。

在2008年广泛征求意见和多次召开专题会议进行研讨的基础上，2009年1月组织召开了《钻井手册》编修筹备会议。这次会议对编修任务进行了明确，提出了编委会组成方案与手册编修方案；与此同时，会议讨论提出，手册原名包含“甲方”一词是基于当时管理体制的考虑，而手册面向的使用者不限于甲方人员，因此，本次修订后手册名称定为《钻井手册》，不再出现“甲方”字样。

经请示时任中国石油天然气集团公司副总经理廖永远同意，《钻井手册》编修筹备委员会于2009年4月29日在北京组织召开了《钻井手册》编修启动会。会议确定了编修工作所遵循的原则，确定了编委会和编审组成员名单。会议对编修方案进行了认真细致的讨论，在此基础上，确定了编修方案和编修大纲，明确了各章节内容、各章编修责任单位与责任人，手册编修工作正式启动。

手册编修工作展开后，得到了各参与编修单位和执笔人的大力支持。2010年6月，编委会在北京组织召开手册编修进展情况汇报会，会上各参加编修单位汇报了手册编修进展情况和具体编修成果，提交了编修初稿，与会专家进行了认真审查和充分研讨，形成了各章节具体编修意见，并以编委会会议纪要的形式发给有关编写单位和人员，规范了各章节的编修要求。各编写单位根据会议纪要进行了认真的修改与完善，于2010年底前陆续送交了各章节的修改审定稿。查永进根据手册编修大纲要求对手册进行了统稿和技术初审，苏宁对各章节进行了认真的统稿审查，方代煊对全手册进行了编辑统稿。

本次编修继承了原手册的基本结构与编写特点，针对钻井技术进步，增加了近20年来形成的部分新技术，在原手册章节基础上，进行了适当的删减、合

并、调整、完善和更新，内容由原手册的 14 章扩展为 17 章（另加附录），新增内容有：第十章 欠平衡钻井技术；第十一章 海洋石油钻井技术；第十二章 深井、超深井钻井技术；第十三章 钻井装备与工具；第十六章 井下复杂与事故；第十七章 钻井新技术；附录。原手册中“第四章水泥及注水泥”增加“完井”的内容，章名改为“固井与完井”；原手册“第六章钻井液固相控制”合并到“第五章 钻井液”；原手册“第十章 定向井技术”中增加了“水平井与分支井”内容，章名改为“特殊工艺井钻井技术”，将原手册“第十二章 钻井工程的腐蚀与防腐、第十三章 环境保护”合并为“第十五章 钻井 HSE 管理”。其他各章在原手册内容基础上适当进行编修，并对章节名称加以修改完善。

在继承原手册成果的基础上，本次编修总结了国内外近 20 多年来的钻井技术进展，既有理论也有实践经验，突出为技术应用服务的理念，包括：钻井设计、地层压力与井身结构、套管设计与使用、固井与完井、钻井液、钻头与钻井参数、井控、钻柱与下部钻具组合、定向井与特殊工艺井、欠平衡钻井、海洋钻井、深井与超深井、钻井装备与工具、地质综合评价、钻井 HSE、复杂与事故的预防与处理、钻井新技术等内容。本手册可供油气钻井工程技术人员、管理人员使用，也可供相关专业技术人员、管理人员和相关院校师生参考。

在本次手册编修过程中，得到了石油钻井界各位老前辈、领导、专家、学者的大力支持，他们对本手册编修提出了许多宝贵意见，也得到了各参与编修单位与编写人员的积极响应，他们全力参与，为手册具体编写工作打下了重要基础。中国石油天然气集团公司科技管理部、工程技术分公司、勘探与生产分公司等管理部门为手册的编修与出版做了大量的协调与领导工作，中国石油集团钻井工程技术研究院、石油工业出版社作为手册编修工作牵头单位，有关人员为手册编修完成付出了大量的劳动。手册编修单位除中国石油天然气集团公司所属相关单位外，还有中国石油大学（北京）、西南石油大学、西安石油大学等院校。手册修订编写骨干人员详见“《钻井手册（第二版）》编审人员名单”，此外，还有许多石油钻井技术人员与管理人员为本手册修订编写付出了大量的劳动，由于受篇幅所限，无法将所有人员一一列出，谨此手册出版之际，编委会向所有单位与人员表示衷心的感谢！

《钻井手册》编委会

2013 年 6 月

序

(第一版)

这部钻井手册(甲方)是根据中国石油天然气总公司领导要求编写的,目的是适应改革的需要,实行勘探开发为甲方,钻井等为乙方。钻井要满足勘探开发的要求,做到取全取准资料,有利于发现油气,保护油气层,做到优质高速钻井,交出合格井。因此,凡是勘探开发设计上提出的要求,钻井等乙方要坚决做好。

过去我国钻井手册很多,内容多为套管、钻具、工具、规格、尺寸和操作要求等。这本手册内容不同,它主要是技术、规程、质量标准和施工要求等。它体现甲方利益和甲方要求。手册介绍和规定了在什么作业中,什么情况下应采用什么技术,而不应采用什么技术,应该达到什么标准和要求等。这本手册总结了我国近40年钻井工程、钻井地质、测试和测井等的实践经验和最新技术,也包括国外新技术。该手册既有理论,也有实践经验,且以实际应用技术为主。它包括钻井设计、地层压力预测、套管设计、固井、钻井液、固控、钻井参数设计、井控、钻柱设计、定向井、储集层评价、保护油气层、防腐、环保和安全等。本手册适用于从事勘探、开发和钻井等各级领导干部及广大技术人员、勘探开发项目管理的甲方和乙方参考;亦可作为各石油院校教材的参考资料及各油田在职干部的培训教材。

在手册编写过程中,邀请了我国石油钻井界老前辈和老专家座谈,他们提了许多宝贵意见。在手册编写前聘请有经验的专家、教授反复讨论了编写提纲。再由现场有经验的总工程师、高级工程师、工程师和有关院校研究所的教授、副教授和高级工程师进行编写。编写该手册共邀请了40名同志,43人参加了全面审查,100多人参加了部分章节审查,并先后在北京、大庆石油管理局、胜利石油管理局等地召开了4次大型审查会和42次小型专题审查会。

本书在编写过程中得到我国石油钻井老前辈、老专家及石油各级干部和工程技术人员的热情关心,并得到南海东部石油公司、大庆石油管理局、胜利石油管理局、北京石油勘探开发科学研究院及万庄分院、石油大学、四川石油管

理局、华北石油管理局、中原石油勘探局、辽河石油管理局、长庆石油勘探局、大港石油管理局、新疆石油管理局、江苏石油勘探局以及中国石油天然气总公司勘探、开发、科技发展、财务等部的热情支持，在石油工业出版社的大力协助下得以早日出版，我代表编委会向以上单位表示衷心的感谢！

本手册第一章由倪荣富编写，刘希圣、李允子审定；第二章由陈永生、陈庭根、左新华、高章伟和黄荣樽编写，高华、沙润荣、陈庭根、陆大卫和陆邦干审定；第三章由龚伟安、徐惠峰编写，沈忠厚、吴克信和郭再耕审定；第四章由徐惠峰编写，刘崇健、郭再耕、沈忠厚和吴克信审定；第五章由陈乐亮编写，张克勤、孙万能和樊世忠审定；第六章由褚长青编写，郑甘桐、龚伟安审定；第七章由解浚昌编写，李克向、胡湘炯审定；第八章由高碧华编写，曾时田、李克向、蒋希文和杜晓瑞审定；第九章由杨勋尧编写，施太和、解浚昌和吕英民审定；第十章由颌金铃、许钰编写，韩志勇、蒲健康审定；第十一章由周通宝、李开荣、梁宝昌、王凤鸣、夔复兴、叶荣、邓世文、程金良、樊世忠、应凤祥、谢荣院、周福元、韩孔英、廖周急、田学孟、于绍成、蒋阆和丁谨编写，康竹林、林浩然、王凤鸣、梁宝昌、高华、谭庭栋、陆大卫、高锡五、陈乐亮、李丕训、郝俊芳、万仁溥、朱兆明和孟慕尧、马兴中审定；第十二章由黄纹琴、高文光和路金宽编写，吴永泽、原青民审定；第十三章由洪雨田编写，刘植椿、倪荣富审定；第十四章由党文利、李克向编写，蒋希文、赵凯民审定。

由于第一次编写这样的手册，涉及的内容多、技术领域广，加上我们水平有限、缺乏经验，难免有错误之处，恳请各级领导和广大同志给予批评指正。

李克向

1990年2月于北京

目 录

上 册

第一章 钻井设计	1
第一节 钻井设计的基本要求	1
第二节 钻井设计的基本原则和程序	5
第三节 一般井钻井设计的主要内容	12
第四节 批钻井钻井设计的主要内容	17
第五节 钻井工程的质量要求	17
第六节 钻井施工设计与策划	18
第七节 钻井设计的监督与执行	19
附录一 钻井设计编制规范	20
附录二 中国石油天然气集团公司井筒工程设计资质管理办法	27
附录三 钻井井身质量控制规范 (SY/T 5088—2008)	29
第二章 地层压力及井身结构设计	32
第一节 几个基本概念	32
第二节 地应力	36
第三节 地层孔隙流体压力	46
第四节 地层破裂压力	66
第五节 地层坍塌压力与井眼稳定性	74
第六节 井身结构设计	78
参考文献	90
第三章 套管设计与下套管作业	91
第一节 套管柱类型	91
第二节 套管设计的力学基础	92
第三节 套管载荷分析	116
第四节 API 套管强度计算公式	122
第五节 双轴应力计算	130
第六节 套管特性	134
第七节 套管柱设计	230
第八节 特殊类型井套管柱设计	269
第九节 下套管作业	283
第十节 套管的井口装定计算	303

附录 常用相关标准	321
第四章 固井与完井	327
第一节 油井水泥	327
第二节 水泥浆性能	340
第三节 油井水泥外加剂及外掺料	347
第四节 前置液	365
第五节 水泥浆流变学	378
第六节 水泥浆设计	395
第七节 注水泥工艺	406
第八节 挤水泥及注水泥塞	423
第九节 特殊井固井技术	435
第十节 固井质量评价	448
第十一节 固井设备、工具与附件	459
参考文献	481
第五章 钻井液	482
第一节 概述	482
第二节 钻井液性能	483
第三节 钻井液性能测试仪器与性能测试方法	491
第四节 常用钻井液体系及其应用	515
第五节 钻井液原材料及处理剂	540
第六节 钻井液体系与性能、配方设计	572
第七节 钻井液的使用与维护	579
第八节 保护油气层的钻井液体系	589
第九节 钻井液的主要计算及常用数据表	597
第十节 钻井液固相控制	604
第十一节 钻完井液废弃处理	635
附录 常用相关标准	666
第六章 钻头与钻井参数设计	668
第一节 概述	668
第二节 地层可钻性与钻头选型	671
第三节 影响钻速因素及作用机理	700
第四节 钻井水力参数的设计方法	706
第五节 牙轮钻头钻压和转速优选	717
第六节 PDC 钻头钻压与转速优选	720
第七节 复合驱动钻井技术	724
第八节 高压喷射钻井技术	727
第九节 新型破岩方法与工具	730
参考文献	735
附录 优化参数钻井基本方法及应用（节选自 SY/T 5234—2004）	736