



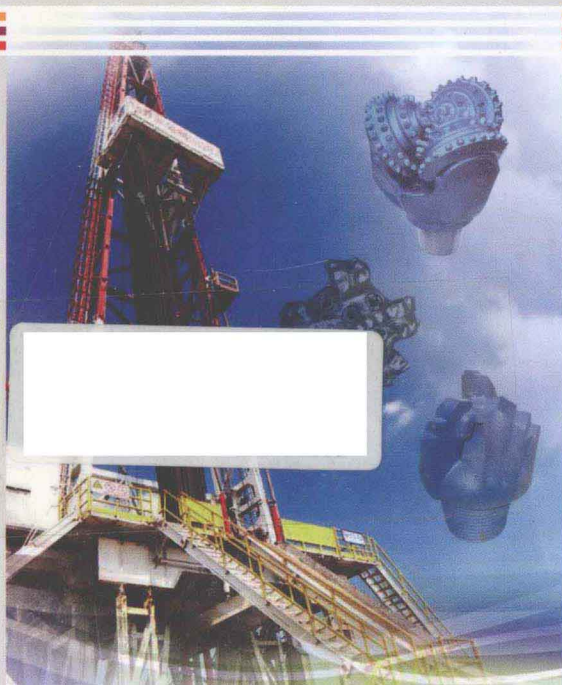
应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程类

主编 赵万春 刘莹

钻井与完井工程

Drilling and Completion Engineering

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社



应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程类

主编 赵万春 刘莹

钻井与完井工程

Drilling and Completion Engineering

哈尔滨工业大学出版社



内 容 简 介

本书共分为10章,内容包括绪论、钻井工程的地质特性、钻井设备与工具、钻井液、钻井参数优选与设计、井眼轨道设计与轨迹控制、井控技术与压井作业、固井工艺、完井工艺、射孔与井口装置。本书在内容的编排上基本符合循序渐进的原则,有利于课堂讲解和学生自学使用。

本书可作为石油工程专业学生的专业课教材,也可供相关科研工作人员和技术人员作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

钻井与完井工程/赵万春,刘莹主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.8

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-3693-0

I. ①钻… II. ①赵…②刘… III. ①油气钻井-高等学校-教材
②完井-高等学校-教材 IV. ①TE2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 167429 号

策划编辑 赵文斌 杜 燕

责任编辑 李长波

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省委党校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 505 千字

版 次 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3693-0

定 价 39.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十二五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

度 莉 韩毓洁 臧玉英

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长



前 言

“钻井与完井工程”一书是根据石油工程专业教学计划和人才培养要求编写的石油工程专业学生用专业课教材。本教材本着理论与实际相结合原则,从解决钻井与完井实际作业当中所涉及的问题出发,讲述钻、完井的基本理论和基本方法,以提高学生分析问题和解决问题的能力。全书是在编者多年教学讲稿的基础上,参考国内外相关教材、专著和文献编写完成的,内容少而精、覆盖面广,结合钻井与完井的最新技术和最新成果,系统地讲述了钻井工程所涉及的基本理论、基本计算、基本设计和基本工艺过程。

本教材共分为 10 章,内容包括绪论、钻井工程的地质特性、钻井设备与工具、钻井液、钻井参数优选与设计、井眼轨道设计与轨迹控制、井控技术与压井作业、固井工艺、完井工艺、射孔与井口装置。本书在内容的编排上基本符合循序渐进的原则,有利于课堂讲解和学生自学使用。

本书主编为赵万春和刘莹,具体编写分工为:赵万春编写绪论和第 2,3,7,8 章;刘莹编写第 1,4,5,6,9,10 章。

在本书的编写过程中,参考了陈涛平主编的《石油工程》、陈平主编的《钻井与完井工程》、万仁溥主编的《现代完井工程》、陈庭根主编的《钻井工程理论与技术》、王建学主编的《钻井工程》等教材,在此对以上图书作者表示感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,其中不免有疏漏和不妥之处,诚请各位读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

绪论	1
第1章 钻井的工程地质条件	11
1.1 地下压力特性	11
1.2 岩石的工程力学性质	25
思考题与习题	41
第2章 钻井设备与工具	42
2.1 钻井工作系统	42
2.2 钻头及其分类	54
2.3 钻柱及受力分析	78
2.4 钻柱的损坏	104
第3章 钻井液	112
3.1 黏土基本知识	112
3.2 钻井液的组成和分类	117
3.3 钻井液的性能	118
3.4 常用钻井液简介	124
第4章 钻进参数优选	136
4.1 钻进过程中各参数间的基本关系	136
4.2 机械破岩钻进参数优选	146
4.3 水力参数优化设计	151
思考题与习题	170
第5章 井眼轨道设计与轨迹控制	172
5.1 井眼轨迹的基本概念	173
5.2 直井防斜技术	177
5.4 定向井造斜工具	183
5.4 水平井钻井技术简介	191
第6章 井控技术与压井作业	195
6.1 井侵与井喷	195
6.2 井控设备	197
6.3 关井与压井	199

第7章 固井工艺	205
7.1 井身结构设计	205
7.2 套管柱设计	212
7.3 下套管工艺	222
7.4 注水泥	233
7.5 复杂类型井的生产套管及注水泥	245
第8章 完井工艺	256
8.1 直、斜井完井方式	256
8.2 水平井完井方式	274
8.3 完井方式选择	292
8.4 保护油气层	304
第9章 射孔	311
9.1 射孔工艺	311
9.2 射孔参数优选	313
9.3 射孔负压设计	313
第10章 油气井井口装置	315
10.1 采油树及油管头.....	316
10.2 井口装置常用部件.....	333
参考文献	342

绪 论

一、钻井与完井工程的技术发展

早期是靠人们在实际钻井中积累下来的经验指导钻井。由于科学技术的发展,钻井技术也步入了科学化发展阶段。1948年出现了喷射钻井技术,1958年前后出现了平衡钻井与井控技术,1962年又出现了优化钻井技术。20世纪80年代后期水平井钻井技术、保护油气层钻井完井技术有了大的发展和提高,特别是最近又出现了地质导向钻井技术。由于这些钻井技术的出现,钻井技术不仅只有定性概念,而且有了定量概念,这就意味着钻井技术从经验钻井阶段进入到科学钻井的新的发展阶段。下面介绍近年来逐渐发展起来的钻井技术。

1. 定向钻井技术

定向钻井指靠使用定向仪器、工具、钻具和技术,使井眼沿着预定的斜度和方位钻达目的层的钻井技术。定向钻井与钻简单直井的主要差别在于要进行井眼轨迹的设计和控制。它包括选择适当的测量技术、确定最好的控制工具、运用适当的管理体系和收集相关的地质资料。另外,定向井的设计程序可增加或影响下套管和注水泥过程、水力参数、扶正作用和完井技术。

很多情况下须采用定向井钻井技术(见图1)。正对目的层的地表位置常常不能作为实际的井场位置,通常包括房屋建筑、河流、高山、港口和道路,在这些情况下,往往需要钻

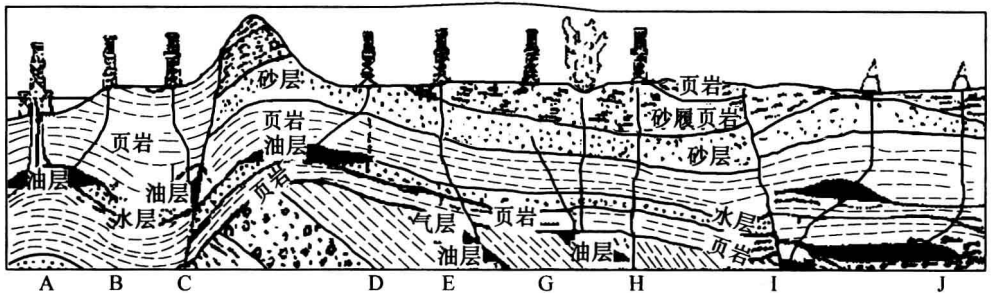


图1 定向钻井应用范围

A—在人工岛上钻丛式井;B—从岸上向水域钻定向井;C—控制断层;D—地面条件限制(高山、建筑物等)不能靠近的钻探;E—地层圈闭;G—定向救援井;H—纠斜或侧钻;I—多目标;J—水平井

定向井达到目的层。定向井最常见的应用是海上平台钻井(见图2)。在大多数情况下,从一个独立的平台上打很多定向井比对每一口直井都建立一个平台经济得多。如在北海油田,一些平台可以钻多达60口定向井。在陆上作业中,从单一井场钻丛式井不太常见。钻丛式井的最基本原则是从经济上考虑,如管线、采油设备等。前苏联西部西伯利亚所钻的井大部分是丛式井。钻定向井另一最常遇到的情况是侧钻,主要目的是使井眼偏移,绕过或离开障碍物,如卡住的钻柱等。然而,通常侧钻不能被称为是有控制的定向钻井,因为它没有预定的靶心。定向井最引人注目的应用是钻救援井,使其与邻近的井喷井在井底相交,以便把压井液注入井喷井内。这类钻井问题中的定向控制是十分严格的,因为与井喷井相交需要极其精确,因此,井喷井定位需要特殊的测井工具。地质学家为了勘探可能确定丛式靶层,来勘探那些不能用直井钻的井,必须钻穿一个靶层后,改变井眼方向达到下一目的层靶心(称为多目标井),目的层可能在二维平面内,这种情况只需改变井斜角;另一种情况,需三维设计,这种情况必须改变井斜角和方位角。

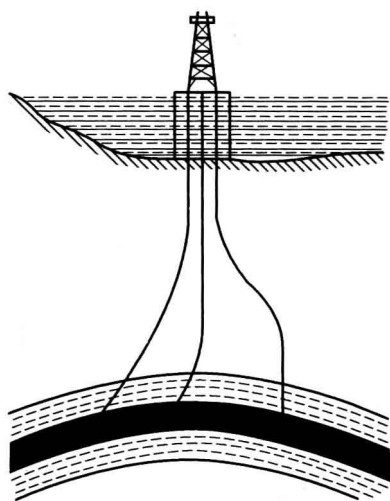


图2 从海上平台钻定向井

2. 喷射钻井与优化钻井技术

喷射钻井技术于1948年出现在美国,20世纪60年代被大量推广应用。因钻井速度大幅度提高,被誉为钻井技术的重大革命。喷射钻井与普通钻井不同,普通钻井要求重压、快转、大排量,而喷射钻井要求高泵压、小喷嘴、喷射速度高、适当排量、使用喷射式钻头。钻井液从钻头喷嘴喷出的速度高、水功率大,冲刷井底好、清岩快、携屑好,喷嘴射流与机械因素起联合破岩作用,从而提高了钻井速度。

喷射钻井要求有大功率的钻井泵,以产生高压高功率射流;喷射钻井要有寿命高的喷射式钻头;喷射钻井还要求有好的钻井液,具有抑制泥岩膨胀、有利于井壁稳定,剪切稀释性能好、黏度低、摩阻小、携屑好等特点。随着喷射钻井技术的发展,喷射钻井理论也在发展。钻井水力学研究了射流的特性与喷嘴结构及水力参数对破岩、清岩的作用,到20世纪60年代已形成了完整的环空水力学理论,在这同时也研究了固控理论。

通过上述工作,基本上弄清了钻井各可变参数在不同地层中与钻速的关系,建立了称之为钻速方程的数学模型,为发展最优化钻井打下了基础。

20世纪60年代后期,美国钻井技术进入自动化钻井阶段。在喷射钻井基础上发展优化钻井技术,同时将计算机技术应用在钻井设计、施工、井斜控制、井眼压力控制中,特别是应用在定向井、丛式井的设计中。计算机扫描技术在监测井眼轨迹、防止井眼相碰等都发挥了前所未有的作用。

我国使用喷射钻井技术始于20世纪60年代,从研究喷嘴结构与钻井水力学入手,1973年通过消化应用喷射钻井理论,研制了喷射式聚晶金刚石钻头,1975年首先在胜利油田组织喷射钻井试验。1978年开始在全国推广喷射钻井、低固相钻井和喷射钻头三大

技术,该项技术的推广使用,给国家节省了大量资金。

优选参数钻井技术即优化钻井技术是我国研究喷射钻井技术的继续和发展。喷射钻井能优选泵压、排量、喷嘴、喷速、钻压等。优化钻井技术不但能优选上述参数,还扩大到钻头选型、钻井液选择、环空流变参数等。因此,优化钻井技术推广后,对钻井规律有了更全面、更深刻的认识,钻井速度提高,成本下降,取得了很好的效果。

3. 平衡压力钻井与井控技术

平衡压力钻井技术是钻井技术的一大进步,它是美国 1948 年间科学化钻井时期发展起来的。平衡压力钻井也称近平衡压力钻井,是指钻井时井筒内液柱压力与地层压力接近平衡,这样钻井速度快,对油气层损害少。钻进时井筒内液柱压力与油气层压力差值的大小代表了钻井水平的高低,这是因为差值越小,对油气层损害越小,但差值越小,钻井越易发生事故。因此要实行平衡压力钻井,又要不发生事故,就要有高水平的钻井技术。在我国每年找到的油气储量中,大部分为低渗透油层,因此实行平衡压力钻井,减少对油气层损害,特别是对探井有利于发现油气层,不丢掉油气层;对生产井也有利于提高单井产量。在“六五”以前,由于我国尚未开展这项技术,对地层压力掌握不够,加上缺少套管,一般裸眼井段长,为了防止井塌,钻进时使用的钻井液密度高,对发现油气层造成不良影响。1980 年我国开始采用平衡压力钻井技术,已取得很大成果。推广平衡压力钻井与井控技术,不但大大减少了井喷失控事故,而且也有利于发现油气层,减少对油气层造成的损害。

4. 水平井钻井

水平井由于能穿过更多的油层,从而提高油井单井产量和提高注入量(注水、注气等)获得很高的采收率(见图 3)。水平井还适合开发一些用直井方法无法开发或开发效益很低的特殊油气藏,如裂缝性油藏、稠油油藏、低渗油藏和底水油藏等。因此,20 世纪 80 年代水平井技术在国际石油工程领域内得到迅速发展。不少人称水平井技术是石油工业技术的一大革命。

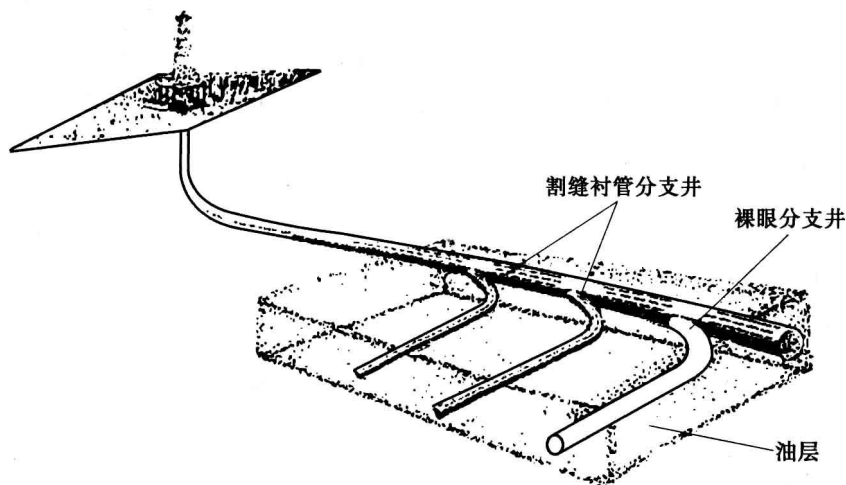


图 3 水平分支井示意图

水平井具有很高的经济效益,其产量一般为直井的4~6倍。一般说来,水平井水平段越长,产量越高。不仅新钻水平井产量高,就是在老油田、枯竭的或废弃的井中钻水平井也可取得明显的增产效果。20世纪80年代后期,水平井每米成本约为邻近直井的1.5倍,但水平井产量却是直井的4~6倍。虽然钻井成本高一些,但水平井总的经济效益还是非常好的。钻水平井开发许多类型的油气藏比直井可大幅度提高产量。适合用水平井开发的油气藏类型有:裂缝性油气藏、低渗透油气藏、薄的或层状油气藏、稠油油藏等。水平井还有利于减缓水、气锥进。

水平井的钻井完井技术主要包括:水平井的优化设计、连续的随钻井测量技术,先进的导向钻井系统,满足水平井钻井需要的优质的钻井液和完井液以及水平井完井技术。20世纪80年代前钻水平井技术还不够成熟、配套,进入80年代后,新的工具工艺技术不断出现,配套的钻具组合、适合水平井使用的(包括弯外壳、铰链、单弯、双弯)螺杆钻具,随钻测量仪器、高效钻头、优质钻井液、固井工具和固井技术、电测射孔技术等。有了上述条件,水平井技术今后一定会有更大发展。

5. 保护油气层的钻井完井技术

油气层保护技术最早是20世纪50年代提出的,至80年代末形成了系列配套的储层评价、工程评价试验技术,发展和应用了一些对地层损害小的钻井液、完井液并在现场使用,90年代更加完善配套。保护油气层技术发展快主要是认识上的提高。开始时,人们认为钻井液密度越高油气层损害越严重,也有的人认为损害油气层主要是钻井施工造成的。这些不全面的认识随着科学技术的进步在逐步改变。目前的研究成果认为对油气层造成损害主要是由于井内液柱压力大于地层压力造成的,这个压力差越大,对油气藏造成的损害越大,而不单纯是钻井液密度大对油气层造成损害大。

对油气层造成的损害还贯穿在整个施工过程中,包括油气层的钻进、测井、固井、射孔、酸化、压裂、洗井、注水、修井等作业施工过程均能对油气层造成损害。认识上另一个提高就是应该针对不同类型油气藏的岩层特点使用不同的钻井液、完井液、射孔液、酸化液。这些工作液要与油气层岩性配伍,才能减少对油气层造成的损害,而不是盲目地降低失水、减少固相含量等。为保护油气层还要使用平衡压力钻井技术,使用合理钻井液密度,这是前提。我国在保护油气层的总体技术上已达到了国际先进水平,这些技术包括岩性测定与分析、储层敏感性评价技术、油气层损害机理研究、矿场油气层损害评价技术、保护油气层的钻井液完井液技术、保护油气层的固井技术、负压射孔技术和保护油气层的酸化压裂投产技术。

6. 欠平衡钻井

所谓欠平衡钻井,就是人为将井中钻井流体的液柱压力控制在低于产层压力下的钻井。早在20世纪五六十年代,为了防止井漏和提高钻速,人们就提出并应用了欠平衡钻井技术,但出于安全方面的考虑,未能引起人们的重视,发展也相应滞后。但20世纪90年代以来,欠平衡钻井却受到了人们的高度重视,国外许多公司在大力研究和应用这项技术。美国能源部近年来还资助了一项旨在研究和开发欠平衡钻井及完井新技术的综合研究计划。欠平衡钻井技术受到人们高度重视的主要直接原因是应用这项技术钻井可以有效地减轻地层损害而提高油气产量,其间接原因则是水平井应用的增加。因为在钻水平井过

程中,生产井段暴露在钻井液中的时间很长,只有在欠平衡压力条件下进行钻井作业,才有利于保护产层。据报道,在加拿大,一些公司应用欠平衡钻井技术钻的水平井,其产量比用常规钻井方法钻井的产量高 10 倍。在巴西,一些公司应用欠平衡钻井技术钻的直井的产量也比用常规方法钻直井的产量高 3 倍。

欠平衡钻井在 20 世纪 90 年代受到人们高度重视的其他原因是:它有利于提高钻速而节省钻井时间,有利于增加钻头寿命,有利于避免压差卡钻,有利于成功地钻穿漏失地层和低压地层。据报道,美国近年来在衰竭油气藏中使用充气钻井液进行欠平衡钻井的结果表明,仅因少损失钻井液和节省时间,就可平均每口井节约钻井费用达 1.25×10^6 美元。英国 BP 公司在哥伦比亚进行欠平衡钻井,仅因节省时间就使每口井节约钻井费用 10% ~ 20%。

由于这些原因,迄今为止,欠平衡钻井技术已遍及世界各地的 20 多个国家,如美国、英国、加拿大、墨西哥、阿曼、阿根廷、巴西、哥伦比亚等。欠平衡钻井井数也正在以前所未有的速度增加。据统计,到 2010 年,全球欠平衡技术钻井数量已超过 20 000 口。在许多发达国家,欠平衡钻井已经成为常规的钻井技术,美国、加拿大两国的欠平衡钻井已经占到本国钻井总量的 1/5 左右。由于欠平衡钻井具有极大优越性,以及水平井应用的迅速增加,为提高油气田开发的总体经济效益,欠平衡钻井已经并且必将继续成为油气开发的一种重要手段。

欠平衡钻井作业的关键技术是产生和维持井下的欠平衡条件。1992 年以来在世界范围内所采用的欠平衡钻井技术主要包括空气和天然气钻井、边喷边钻钻井、雾化钻井、泡沫钻井、氮气钻井、钻井液帽钻井、强行下入钻井和海上欠平衡钻井。

7. 自动化钻井

自动化钻井是 20 世纪 90 年代和 21 世纪世界钻井的重大发展方向。而自动化钻井的发展方向又是闭环钻井。所谓闭环钻井,就是依靠传感器测量钻井过程中的各种参数,依靠计算机及人工智能技术获取数据,并进行解释和发出指令,最终由自动设备去执行,变成一种无人操作的闭环自动控制系统进行钻井。它的主要优点是:可以大大提高钻井安全和效率,节省时间,优化钻井过程,从而获得更好的经济效益。

自动化钻井包括井下自动化和地面钻机自动化两大方面。井下自动化将依靠井下闭环自动控制系统来实现,而钻机自动化将依靠地面闭环自动控制系统来实现。近年来,国外一些公司一直在围绕这两大方面进行大力研究,并取得了重大突破和实质性成果。在井下定向控制自动化钻井系统方面,为了优化钻井和克服目前使用可转向钻井液马达钻定向井存在的问题(例如钻速低、定向费时、井眼净化效果差等),一些公司研究出了井下定向控制自动化钻井系统。

(1) 自动导向钻井系统(AGS)

英国 Cambridge Drilling Automativn(CDA)公司在 1995 年研制出了它的第一代自动导向钻井系统(Automation Guidance System, AGS)。这是一种由计算机控制井斜和方位的智能式自动导向的旋转钻井系统。它可以在钻柱旋转的同时自动按设计井眼轨迹控制井斜和方位。由于是由计算机连续进行定向控制,使用这种工具可以钻出高质量的井眼。目前,CDA 公司正在研制可做井下程序调整的第二代 AGS 钻井系统,以实现不起下钻就能



改变井眼轨迹。

(2) 旋转闭环钻井系统(RCLS)

Baker Hughes INTEQ 公司与意大利的 AGIP 公司合作,从 1993 年中期开始,用三年时间研制出了被称为旋转闭环钻井系统(Rotary Closed Loop System, RCLS)的自动导向钻井系统。这是一种兼收旋转钻具和可转向钻井液马达最佳优点的智能式全新钻井系统(见图 4)。由于它是一种能对井斜和方位控制作闭环决策的旋转钻井系统,故称之为旋转闭环钻井系统。它与前面介绍的英国 CDA 公司研制的第一代 AGS 自动导向钻井系统相比的不同之处在于,它既能在钻柱旋转的同时自动按设计井眼轨迹控制井斜和方位,又能按地面的指令改变井眼轨迹。

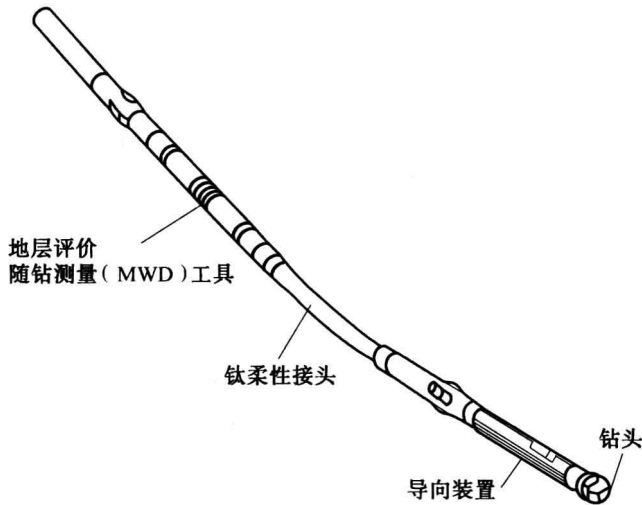


图 4 旋转闭环钻井系统(RCLS)

RCLS 系统的重要组成部分有:地面到井下工具和井下工具到地面的通信系统、自动导向工具,以及地层评价随钻测量工具。自动导向工具是 RCLS 系统自动控制井斜和方位的核心组件,它依靠一个脱离旋转驱动轴的非旋转套上的三个翼片的不同伸出量来控制钻头转向。该转向套内装有测斜仪、转向控制电子仪以及用于调节翼片伸出量的控制阀。

该自动导向钻井系统的最大特点是:地面与井下的通信以及井下自动导向,都采用的是闭环控制。

RCLS 系统于 1996 年通过现场试验,目前已纳入工业应用。

除 CDA 公司和 Baker Hughes INTEQ 公司外, Camco 公司也在研制自动旋转导向钻井系统。

8. 地质导向钻井

地质导向钻井是以井下实时实际地质和油藏特征来确定和控制井眼轨迹的钻井技术。使用这一技术,可以精确控制井下钻具,命中最佳地质油藏目标,使井眼避开地层界面和地层流体界面并始终位于产层内。目前国际上先进的地质导向钻井技术使用具有随钻定向测量、随钻地层评价测井和导向钻井能力的地质导向工具(见图 5)来实时评价和

控制井眼轨迹,即以井下实时实际地质油藏特征来确定和控制井眼轨迹,而不是按预先设计的井眼轨迹进行钻井。

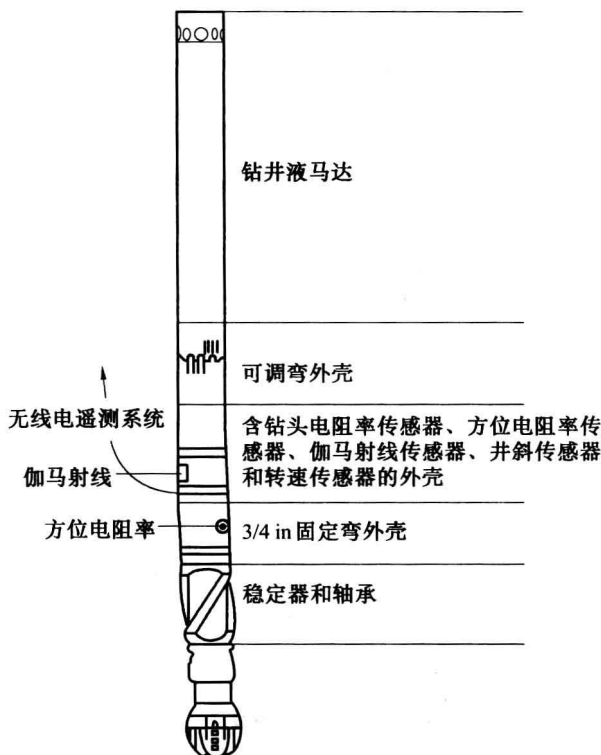


图5 Anadrill公司的地质导向工具

地质导向钻井技术特别适合在薄产层和高倾斜产层中钻水平井。对于这样的产层使用常规方法控制井眼轨迹很难命中最佳地质目标,而使用随钻定向测量和随钻地层评价测井数据进行地质导向钻井,可以随时知道钻头周围几米范围内的地质油藏特征和钻头与地层界面或地层流体的相对位置,因此可以控制钻具始终在产层中间钻进。

地质导向的基本方法是在井的设计阶段使用试验井或邻井的测井数据进行计算机模拟,得出新设计井的模拟测井数据以及对将钻各个地层的各种响应。在钻井过程中将井下随钻测量工具发送到地面的实时测井数据与各个模拟数据相对比,看它们是否一致。如果模拟数据与随钻实测数据一致,就说明井眼命中了最佳地质目标,否则就说明应该按井下实际地质油藏特征修正或改变井眼轨迹。

二、钻井与完井工程主要内容

当今的钻井技术已相当成熟,钻井的旋转钻井方式也已被普遍采用。在旋转钻井方式中,钻井与完井工程的主要内容如下:

1. 钻进

钻进就是用足够的压力把钻头压到井底岩石上,使钻头牙齿吃入岩石中,用钻杆带动钻头旋转破碎井底岩石,从而达到增加井深的目的。加到钻头上的压力称钻压,钻压是靠

钻柱的压力产生的。钻进的快慢用钻速(一般称为机械钻速)表示。它是单位时间里的进尺数,单位为 m/h。另一种表示法是钻时,单位是 min/m。

钻进是钻进工程的主要内容,它是指用钻头破碎岩石,使井眼不断加深的过程。由于钻进,井眼不断加深,钻柱也要及时加长。钻柱主要由钻杆组成,钻进过程中,每当井眼加深了一根钻杆的长度后,就向钻柱中接入一根钻杆,这个过程称为接单根。

钻进时,钻头破碎井底岩石,形成岩屑。随着井的加深,岩屑逐渐增加,它们积存于井底,阻碍了钻头接触新的井底,使钻头形成重复切削,降低钻进效率,为此必须在形成岩屑后,及时把岩屑从井底清洗出来,这就是所说的洗井。洗井(见图6)是用钻井泵把钻井液打入中空的钻柱内,经钻头水眼流入井底。流入井底的钻井液将岩屑冲离井底,然后携带岩屑从钻柱与井眼之间的环形空间中返到地面。在地面上把岩屑从钻井液中分离出来,再把净化了的钻井液用钻井泵注入井内,这样重复使用,往复循环,从而达到随钻洗井的目的。

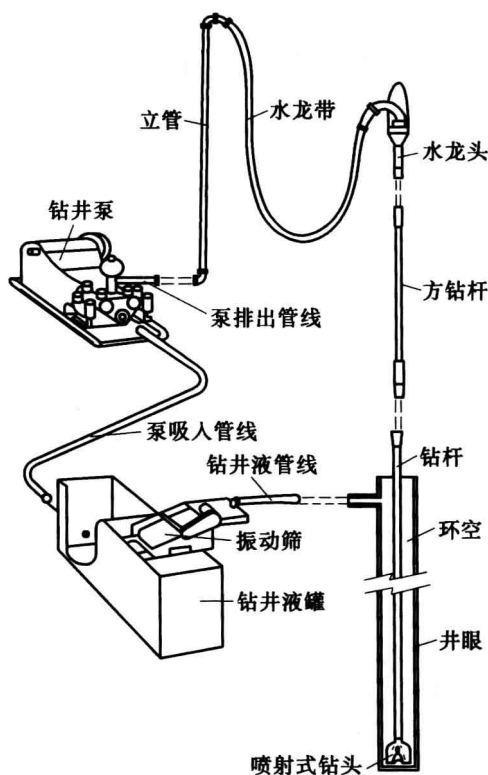


图6 洗井

钻井液还具有保护井壁、控制井内压力等功用。钻井液的性能好坏,直接关系到一口井钻井的成败,如何配制出符合钻井工程要求的钻井液是保证快速、优质、安全钻井的关键,所以钻井液又有“钻井工程的血液”之称。钻井液属于复杂的多相多级胶体-悬浮体分散体系。它既可以是固体分散在液体中或者是液体分散在另一种液体中,也可以是气体分散在液体中或者是液体分散在气体中所形成的分散体系。钻井液的性能与各种胶体性质都有密切的关系。如钻井液胶体的稳定性与破坏,处理剂的吸附、润湿、流变性,电解