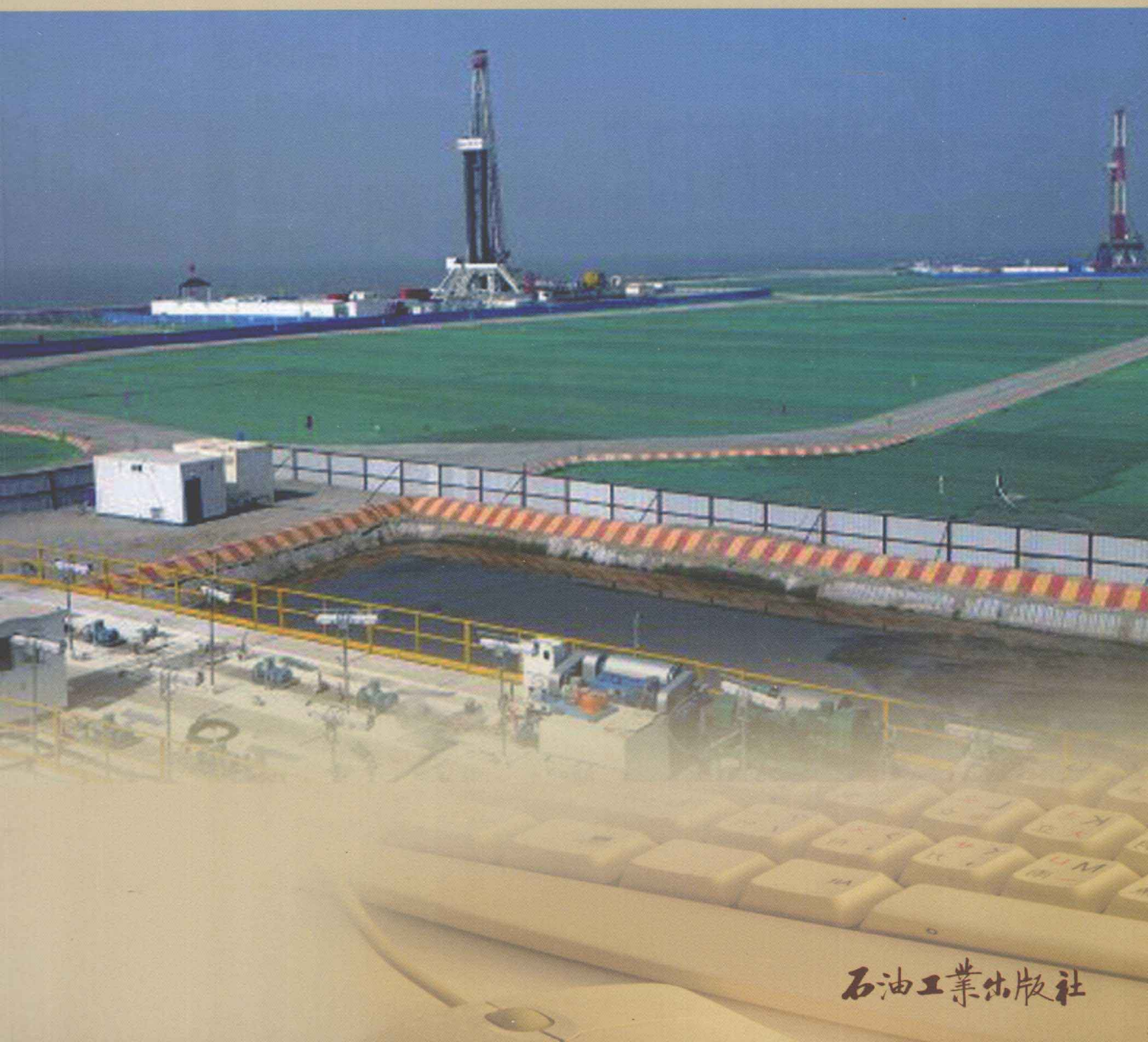


The Theory and Methods of Engineering Cost  
for Oil and Gas Well Drilling

# 石油天然气钻井工程造价 理论与方法

黄伟和 刘文涛 司光 魏伶华 著



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书论述了石油天然气钻井工程造价管理的概念及其全过程的造价计算体系、计价标准体系、造价控制方法等，建立了一套钻井工程造价理论与方法。

本书可作为石油勘探钻井专业全国建设工程造价员资格考试和继续教育的培训教材，也可作为石油天然气钻井工程投资管理、项目管理及工程造价管理专业人员的业务工具书，还可作为高校石油与天然气工程专业学生和相关研究人员的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

石油天然气钻井工程造价理论与方法/黄伟和等著.

北京:石油工业出版社,2010.5

ISBN 978-7-5021-7677-8

I. 石…

II. 黄…

III. 油气钻井-工程造价

IV. F407.226.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 035826 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

发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

---

2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:32.75

字数:837千字 印数:1—2000册

---

定价:128.00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

# 前 言

基于科学造价的理念，通过分析借鉴国内外工程造价管理研究的相关理论和方法，本书建立了一套满足全过程造价管理的钻井工程造价理论与方法。这套理论与方法是随着工作实践中对钻井工程造价管理认识的不断深入，经过 10 年的不懈探索而形成的。

《石油天然气钻井工程造价理论与方法》总体上分成三大部分。第一部分为概论，是这套理论和方法的基础内容和核心，主要论述了钻井和钻井工程造价管理概念、钻井工程造价与钻井工程成本的关系、全过程的钻井工程造价计算体系、一整套的钻井工程计价标准体系、钻井工程造价项目分类。第二部分包括钻前工程、钻进工程、固井工程、录井工程、测井工程、完井工程、建设单位管理的造价理论与方法，以及钻井工程造价预算和指标编制，主要是规定和介绍各项工程的基本概念、工程造价构成要素、工程造价计算方法、工程计价标准编制方法，并举例说明工程量清单模式下的造价计算。第三部分为钻井工程造价控制方法，主要论述了全过程钻井工程造价控制方法、6 个钻井单项工程造价控制措施和钻井工程计价标准动态调整。

《石油天然气钻井工程造价理论与方法》基于中国石油天然气钻井市场化发展的需求。钻井工程技术服务市场化是适应社会主义市场经济的必由之路。基于此，这套理论和方法主要体现在以下三个方面：一是建立了一套市场条件下的钻井工程量清单计价模式，替代了适应企业内部财务管理需要的钻井工程成本计价模式；二是建立了一套市场条件下基础标准、消耗标准、费用标准、预算标准、概算标准、概算指标、估算指标、投资参考指标、钻井造价指数的钻井工程计价标准编制方法；三是建立了一套适应钻井市场需要的钻井工程计价标准动态调整的基本原则和方法。

《石油天然气钻井工程造价理论与方法》基于全过程工程造价管理的思想和理论。全过程工程造价管理是工程造价管理的发展方向。基于此，这套理论和方法主要体现在以下三个方面：一是建立了一口石油天然气井从工程预算到结算的钻井工程造价管理基本方法；二是建立了一个石油天然气勘探开发项目中从投资估算到决算的钻井工程造价管理基本方法；三是建立了一项石油天然气勘探开发规划或某一年度计划编制中的钻井工程造价管理基本方法。

《石油天然气钻井工程造价理论与方法》基于标准化工程造价管理的理念。标准化管理是复杂大系统工程管理的发展趋势。基于此，这套理论和方法主要体现在以下三个方面：一是建立了标准井的概念，尽管每口井的实际具体内容有所差别，但是同类井存在着很强的共性和一致性，以一口标准井来代表某一类井是可以做到的，并且能够大幅度减少工程造价管理的工作量；二是建立了一套标准化的工程造价项目，在综合分析各油田现有工程造价项目相同点和差别的基础上，给出了钻前工程、钻进工程、固井工程、录井工程、测井工程、完井工程、建设单位管理等 7 项工程的造价项目和编码，并说明了进一步扩展的原则和方法；三是建立了一套标准化的钻井工程造价计算方法和模式，包括各分部分项工程量清单计价方法和模式、各单项工程计价方法和模式，以及工程概算投资、工程估算投资、规划计划投资的计算方法。

参加编写工作的还有周建平、张新兰、吴贤顺、陈毓云、李臻、孙立国、郭正、胡勇、吕雪晴、孙晓军、王伟、毛祖平、马建新、郝明祥、严学文、赵林生、王元成、赵连起、种德俊、张满仓、王少贤等。感谢中国石油大学（北京）罗东坤教授的指导。

由于石油天然气钻井市场非常复杂，加之编者水平和知识有限，书中的缺点和不足在所难免，敬请广大读者批评指正，以便今后不断完善。

# 目 录

<b>1 概论</b> .....	(1)
1.1 钻井工程概念 .....	(1)
1.2 钻井工程造价管理概念 .....	(11)
1.3 钻井工程造价管理需求分析 .....	(15)
1.4 钻井工程造价计算体系 .....	(16)
1.5 钻井工程计价标准体系 .....	(24)
1.6 钻井工程造价项目分类 .....	(27)
<b>2 钻前工程造价理论与方法</b> .....	(40)
2.1 钻前工程基本概念 .....	(40)
2.2 钻前工程造价构成要素 .....	(56)
2.3 钻前工程造价计算方法 .....	(60)
2.4 钻前工程计价标准编制方法 .....	(64)
2.5 钻前工程造价计算举例 .....	(79)
<b>3 钻进工程造价理论与方法</b> .....	(81)
3.1 钻进工程基本概念 .....	(81)
3.2 钻进工程造价构成要素 .....	(112)
3.3 钻进工程造价计算方法 .....	(123)
3.4 钻进工程计价标准编制方法 .....	(128)
3.5 钻进工程造价计算举例 .....	(148)
<b>4 固井工程造价理论与方法</b> .....	(151)
4.1 固井工程基本概念 .....	(151)
4.2 固井工程造价构成要素 .....	(165)
4.3 固井工程造价计算方法 .....	(183)
4.4 固井工程计价标准编制方法 .....	(191)
4.5 固井工程造价计算举例 .....	(214)
<b>5 录井工程造价理论与方法</b> .....	(219)
5.1 录井工程基本概念 .....	(219)
5.2 录井工程造价构成要素 .....	(236)
5.3 录井工程造价计算方法 .....	(239)
5.4 录井工程计价标准编制方法 .....	(241)
5.5 录井工程造价计算举例 .....	(253)
<b>6 测井工程造价理论与方法</b> .....	(256)
6.1 测井工程基本概念 .....	(256)
6.2 测井工程造价构成要素 .....	(284)
6.3 测井工程造价计算方法 .....	(294)

6.4	测井工程计价标准编制方法	(300)
6.5	测井工程造价计算举例	(312)
<b>7</b>	<b>完井工程造价理论与方法</b>	<b>(316)</b>
7.1	完井工程基本概念	(316)
7.2	完井工程造价构成要素	(366)
7.3	完井工程造价计算方法	(390)
7.4	完井工程计价标准编制方法	(398)
7.5	完井工程造价计算举例	(423)
<b>8</b>	<b>建设单位管理</b>	<b>(426)</b>
8.1	建设单位管理主要内容	(426)
8.2	建设单位管理费计算方法	(434)
<b>9</b>	<b>钻井工程造价预算和指标编制</b>	<b>(440)</b>
9.1	钻井工程造价预算编制	(440)
9.2	概算指标编制方法与应用	(455)
9.3	估算指标编制方法与应用	(463)
9.4	投资参考指标编制方法与应用	(465)
9.5	钻井造价指数编制方法与应用	(467)
<b>10</b>	<b>钻井工程造价控制方法</b>	<b>(471)</b>
10.1	全过程钻井工程造价控制方法	(471)
10.2	钻井单项工程造价控制方法	(482)
10.3	钻井工程计价标准动态调整	(489)
<b>附录 A</b>	<b>钻井工程费用预算模式</b>	<b>(492)</b>
<b>附录 B</b>	<b>完井工程施工工序及操作规程举例</b>	<b>(505)</b>
<b>附录 C</b>	<b>石油天然气钻井工程造价理论体系及架构</b>	<b>(514)</b>
	<b>参考文献</b>	<b>(516)</b>



# 1 概 论

## 1.1 钻井工程概念

### 1.1.1 石油天然气钻井工程概念

井，是人类探查地下资源并将它们采出地面的必要通道（信息和物质通道）。钻井，就是围绕井的建设与信息测量而实施的资金与技术密集型工程。

石油与天然气埋藏在地下几十米至几千米深的油气层中，把地下的石油与天然气开采到地面上来，需要一个通道，这个通道被称为井眼。利用钻井设备按一定的深度和轨迹向地层钻出一个井眼的工作就叫石油天然气钻井。

石油天然气钻井工程是建设地下石油天然气通道的系统工程的总称，即利用专用设备，按一定的方向和深度向地下钻井，通过在井内下入测井、测试仪器，采集录取地下的地层性质和石油、天然气、水等资料，并且建立石油天然气生产的安全通道。

### 1.1.2 石油天然气钻井技术发展简介

人类的钻井活动已有两千多年的历史，公元前 250 年在四川成都双流凿成中国第一口天然气井，公元 1303 年以前在中国陕北延长、延川等地钻成油井，公元 1521 年在四川乐山也钻成油井。钻井方式的历史变革归结为四种方式：人工掘井、人工冲击钻、机械顿钻（绳索冲击钻）、旋转钻井。1859 年德拉克（E.H.Drake）上校在美国宾夕法尼亚州的石油湾采用绳索冲击钻方法钻出第一口具有商业开采价值的油井，井深只有 21.64m，这被普遍认为是现代石油工业的开始。1901 年采用特制工具（钻头）加压旋转、以机械破岩方式为主的旋转钻井方式问世，在全世界被广泛应用。

1901—1920 年为旋转钻井概念时期，将钻进与洗井结合在一起，开始使用牙轮钻头和注水泥固井技术；1921—1948 年为旋转钻井发展时期，牙轮钻头、固井工艺及钻井液技术进一步发展，同时出现大功率钻井设备。

1949—1969 年为科学化钻井时期。钻柱力学与井斜控制技术、喷射钻井技术、无固相不分散钻井液及固控技术、钻井参数优选、地层压力检测和井控技术及平衡钻井技术等得到迅速发展。

1970—1999 年为自动化钻井时期。在工具方面开发出 PDC 钻头和螺杆钻具，使得井下动力钻井比重逐步上升，转盘旋转钻井比重逐步下降；测量技术方面引入计算机技术，1979 年开发出无线随钻测量系统（Measurement While Drilling，简称 MWD），1989 年开发出无线随钻测井系统（Logging While Drilling，简称 LWD）；在装备方面开发了用于深井超深井的自动垂直钻井系统（VDS）和顶部驱动装置。这些高新技术的开发极大地提升了钻井水平，20 世纪 70 年代突破定向井、80 年代突破水平井、90 年代突破深井、大位移井、多分支井和小井眼，1992 年 7 月在前苏联科拉半岛钻成世界最深井 CY-3 井（12200m）。1999 年 7 月英国 BP 公司在英国 Wytch Farm 油田钻成的 1M-16SPZ 井，水平位移已达 10728m，保证了石油工业快速发展。

2000 年后进入到智能钻井和完井时期。占全球钻井数量 40% 以上并处于世界领先地位的

美国于 1995 年启动了一项重大长期研究和开发计划,称为“国家先进的钻井与掘进技术(The National Advanced Drilling & Excavation Technologies, 简称 NADET)”,致力于研究与开发一种智能钻井系统(The Smart Drilling Systems),2000 年后开始大规模现场实施。斯伦贝谢(Schlumberger)公司研制出测传马达和遥控可变径稳定器,开发出自动旋转导向钻井系统(Rotary Steering Drilling System),传感器距钻头仅 2m 左右,解决了薄油层精确测量问题。同时,贝克休斯(Baker Hughes)公司到 2001 年初采用自动跟踪旋转闭环钻井系统钻进了  $71 \times 10^4$ m 进尺,在 15 个国家共打了 486 口井,节省  $3 \times 10^8$  美元。随着石油天然气勘探开发难度越来越大,大位移井技术、欠平衡钻完井技术、多分支井完井技术、完井投产和增产措施等突飞猛进,斯伦贝谢公司下属的 Schlumberger Cambridge Research 和 Schlumberger Doll Research 两个科研机构与多家大学合作,研究最大限度提高多分支水平井产量的完井方法,完井的概念也从钻井工程的最后一道工序逐渐分离出来,成为一个独立的完井工程。1999 年哈里伯顿(Halliburton)公司组织一批美国的油田技术服务公司、大学及研究机构的技术专家完成了《石油建井工程——钻井和完井》(Petroleum Well Construction——Drilling & Well Completion)一书。该书分两大部分 21 章,第一部分 1~6 章为钻井工程,第二部分 7~21 章为完井工程。我国专家也分别在 1996 年和 2000 年出版了《现代完井工程》第一版和第二版,认为完井工程是衔接钻井和采油工程而又相对独立的工程,是从钻开油层开始,到下套管注水泥固井、射孔、下生产管柱、排液,直至投产的一项系统工程。

### 1.1.3 石油天然气井分类

石油天然气井分类形式很多,分类的标准也有所不同。石油天然气井的类型不仅体现了钻井的目的,而且是加强钻井工程管理和施工的重要依据。因为探井和开发井、直井和定向井的钻探工艺要求不同,考核的项目不同,各项技术经济指标的水平也不同,风险程度也不同,所以对石油天然气井进行分类是非常必要的。

根据中国石油天然气股份有限公司统计核算研究组编制并于 2004 年出版的《统计核算指标解释》,石油天然气井的 4 种分类见图 1-1。

#### 1.1.3.1 按照地质设计目的分类

按照地质设计目的分为探井和开发井两大类。

##### 1.1.3.1.1 探井

探井指为查明地层及油气藏情况所钻的井,包括地层探井、预探井、详探井和地质浅井等。

(1) 地层探井(也有称区域探井,国外一般称野猫井)。又称参数井或基准井,指以了解构造的地层年代、岩性、厚度、生储盖层组合等,并以为提供各种地球物理解释参数为目的所钻的探井。

(2) 预探井。指在地震详查和地质综合研究后所确定的有利圈闭上,以发现油气藏为目的所钻的探井,以及在已知的油气田上,以发现未知的新油气藏为目的所钻的探井。

(3) 详探井。又称评价井,指在已发现油气的圈闭上,以探明含油气面积和储量,了解油气层变化结构和建产能为目的所钻的探井。

(4) 地质浅井。又称剖面探井、制图井或构造井,指为配合地面、地质和地球物理勘探工作,以了解区域地质构造、地层剖面和局部构造为目的所打的探井。



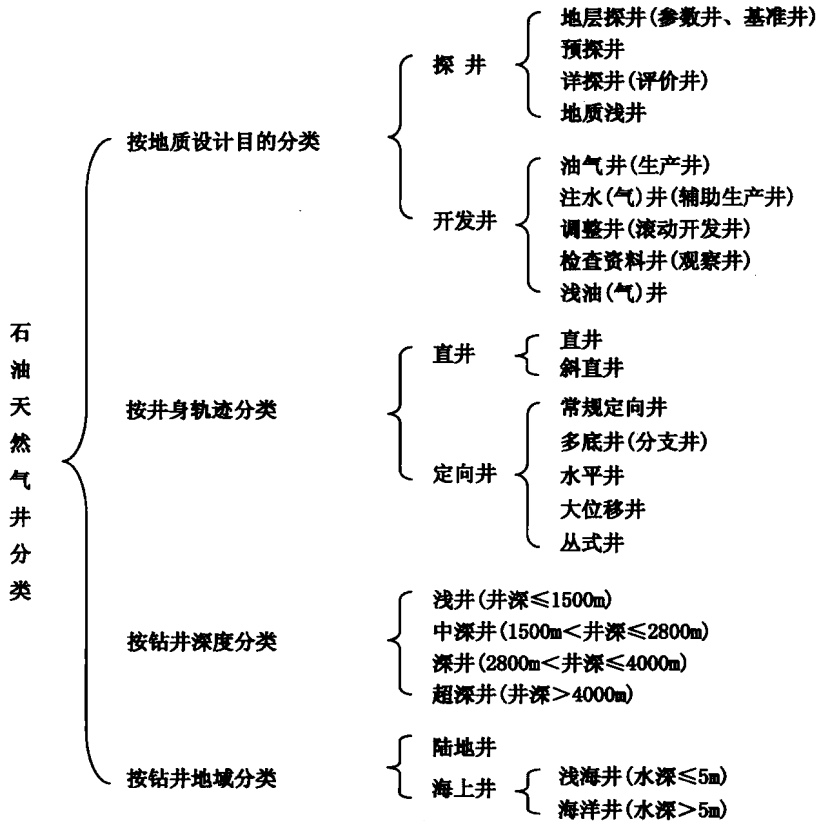


图 1-1 石油天然气井分类

### 1.1.3.1.2 开发井

开发井指为开发油气田、补充地下能量及研究已开发地下情况的变化所打的井，包括油气井、注水井、调整井、检查资料井及浅油气井等。

(1) 油气井。又称生产井，指为开发油气田，用大中型钻机所打的采油井、采气井，包括生产井、基础井、生产探边井、生产评价井、扩边井、控制井、完善井、加密井、更新井、挖潜井、基础准备井等。

(2) 注水(气)井。又称辅助生产井，指为合理开发油气田，有计划有目的地给地层补充能量，所钻的用于注水、注气和开采稠油的注气井。

(3) 调整井。又称滚动开发井，指在油田开采过程中，为提高采收率而在老油田上按新井网所打的井。

(4) 检查资料井。又称观察井，是指在已开发的油气田内，为了解、研究开发过程中地下情况变化所打的井。

(5) 浅油(气)井。指为开发浅油气层，一般用轻便钻机所打的 500m 以内的采油井、采气井。

### 1.1.3.2 按井身轨迹分类

按照井身轨迹轴线方向分为直井和定向井两大类。

### 1.1.3.2.1 直井

(1) 直井。指井眼轴线大体沿铅垂方向，其井斜角、井底水平位移和全角变化率均在要求范围内的井，见图 1-2。

(2) 斜直井。是根据设计井斜角和方位角的要求，从地面一开始就钻出一条斜直井眼轨迹的井，见图 1-3。

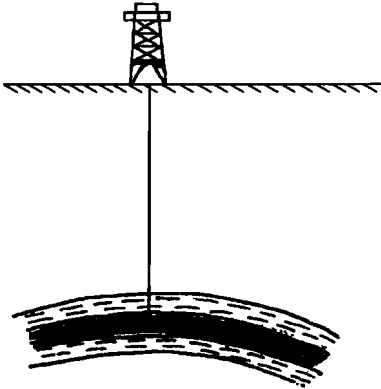


图 1-2 直井

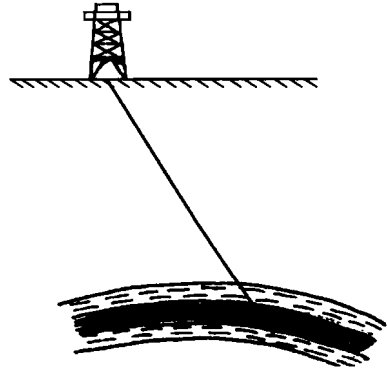


图 1-3 斜直井

### 1.1.3.2.2 定向井

定向井指采用特殊的钻井工艺，按设计的井斜角和方位角钻达目标点的井，特点是井眼轨迹为倾斜状。定向井又分为常规定向井、多底井（分支井）、水平井、大位移井和丛式井。

(1) 常规定向井。按设计给定的井斜角和方位角，井眼轴线在某一个给定平面内变化，见图 1-4。

(2) 多底井。又称分支井，采用特殊的钻井工艺，在一个井筒内，按设计要求，向不同的方向和距离钻两个以上的井眼。特点是下部有多个井底（眼），并呈放射状向不同方向展开，地面只有一个井口，见图 1-5。

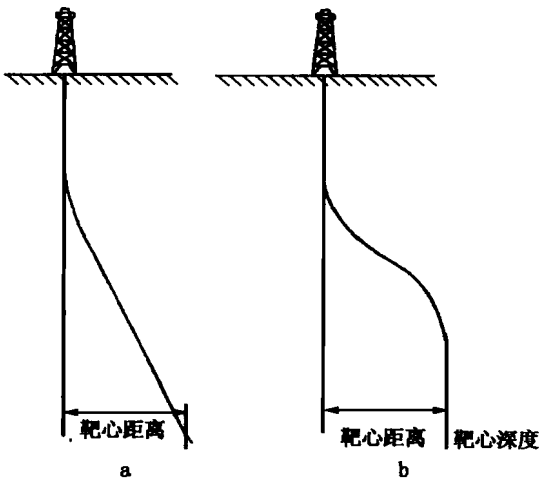


图 1-4 常规定向井

a—直接造斜；b—S型弯曲

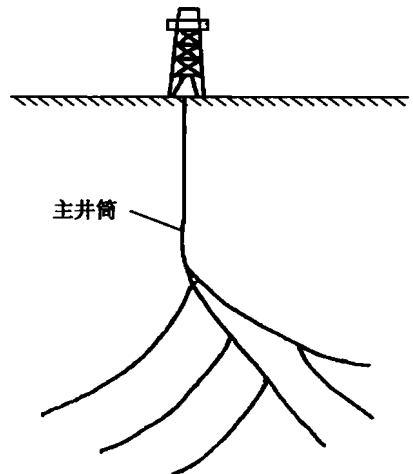


图 1-5 多底井（分支井）

(3) 水平井。井斜角等于或大于  $86^\circ$ ，达到水平段以后，井眼在目的层中继续延伸一定长度的定向井，见图 1-6。

(4) 大位移井。通常是指井的水平位移与井的垂深之比等于或大于 2 的定向井，见图 1-7。

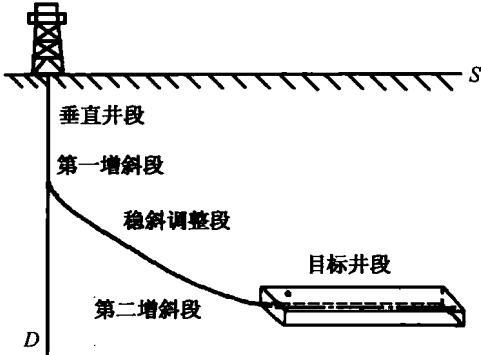


图 1-6 水平井

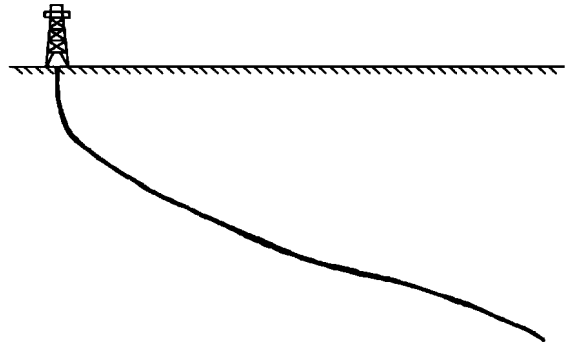


图 1-7 大位移井

(5) 丛式井。按照钻井设计规定，采用特殊的钻井工艺和手段，在一个井场内，按照预定的要求，向不同方位和距离钻两口以上的井，地下有几个井底，地面就有几个对应的井口，见图 1-8。

### 1.1.3.3 按照钻井深度分类

按照钻井深度分为浅井、中深井、深井和超深井四类。图 1-1 中给出了一种按钻井深度的分类情况。此外还有 3 种分类情况，见表 1-1。前两种主要是国内的分类情况，后两种主要是国外的分类情况。

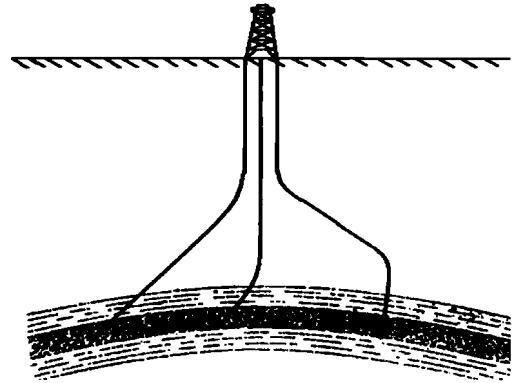


图 1-8 丛式井

表 1-1 按钻井深度 ( $H$ ) 分类情况

类别	分类 1	分类 2	分类 3	分类 4
浅井	$H \leq 1500\text{m}$	$H \leq 2000\text{m}$	$H \leq 2000\text{m}$	$H \leq 2500\text{m}$
中深井	$1500\text{m} < H \leq 2800\text{m}$	$2000\text{m} < H \leq 4000\text{m}$	$2000\text{m} < H \leq 4500\text{m}$	$2500\text{m} < H \leq 4500\text{m}$
深井	$2800\text{m} < H \leq 4000\text{m}$	$H > 4000\text{m}$	$4500\text{m} < H \leq 6000\text{m}$	$4500\text{m} < H \leq 6000\text{m}$
超深井	$H > 4000\text{m}$		$H > 6000\text{m}$	$H > 6000\text{m}$

### 1.1.3.4 按照钻井地域分类

按照钻井地域分为陆地井和海上井两大类。

- (1) 陆地井。指在陆地范围内所钻的井，包括在湖泊和沼泽地区所钻的井。
- (2) 海上井。指在海洋范围内所钻的井，可分为海洋井和浅海井。

①海洋井。指在水深超过 5m 的海域内所钻的井。

②浅海井。指水深在 5m 以内（含 5m）海域所钻的井，包括在海滩、滩涂和潮汐波及区内所钻的井。

### 1.1.4 钻井方法

钻井方法主要有顿钻钻井和旋转钻井两大类，旋转钻井又分为转盘旋转钻井、井下动力钻具旋转钻井、顶部驱动钻井 3 种方法。旋转钻井是从顿钻钻井演变而来的，但旋转钻井比顿钻钻井优点多，已被世界各国广泛应用。

#### 1.1.4.1 顿钻钻井

顿钻钻井也叫冲击钻井，它是通过地面提升设备将钢丝绳拉起，使钻头脱离井底，再向下冲击，岩石随之破碎；再不断地向井内注水，将岩屑和泥混成泥浆；再下入捞砂筒捞出岩屑，使井眼不断加深的一种钻井方法，见图 1-9。

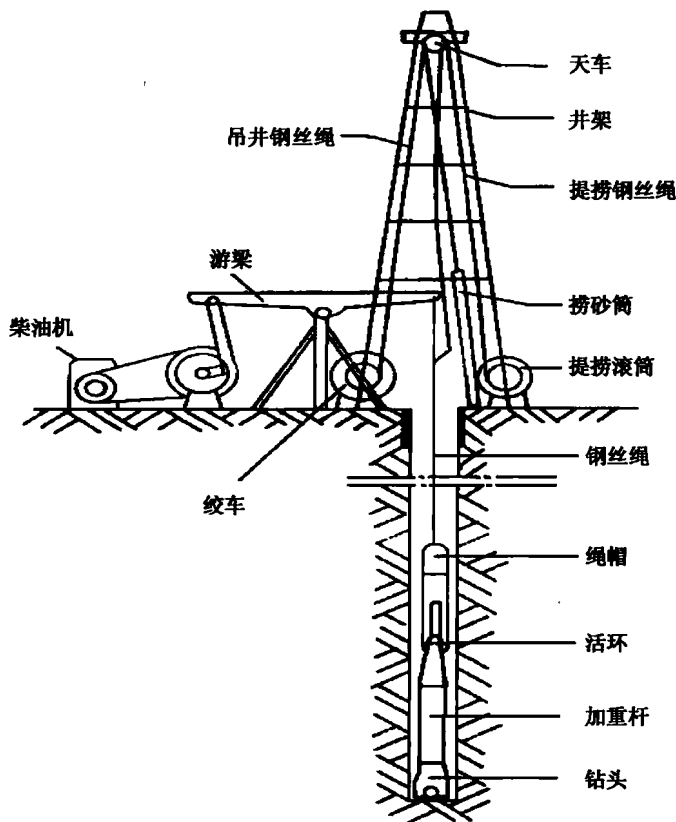


图 1-9 顿钻钻井示意图

顿钻钻井是一种古老的钻井方法，功率小，速度慢，只适用于几十到几百米的浅井，这种钻井方法虽然早被淘汰，但在陕北地区有些埋藏浅的油层，用顿钻去钻井，成本很低；如果用旋转钻机，钻井成本就会大幅度上升。

#### 1.1.4.2 转盘旋转钻井

转盘旋转钻井是通过地面一套设备，即钻机、井架以及一套提升、旋转系统，将井下钻具提起、下放、转动，使钻具带动钻头旋转，不断破碎岩石；破碎了的岩屑被泵入井内的钻

井液沿着循环系统带到地面；钻头磨损以后，将钻具起出来换上新的钻头，再重新下钻钻进，使井眼不断加深，见图 1-10。

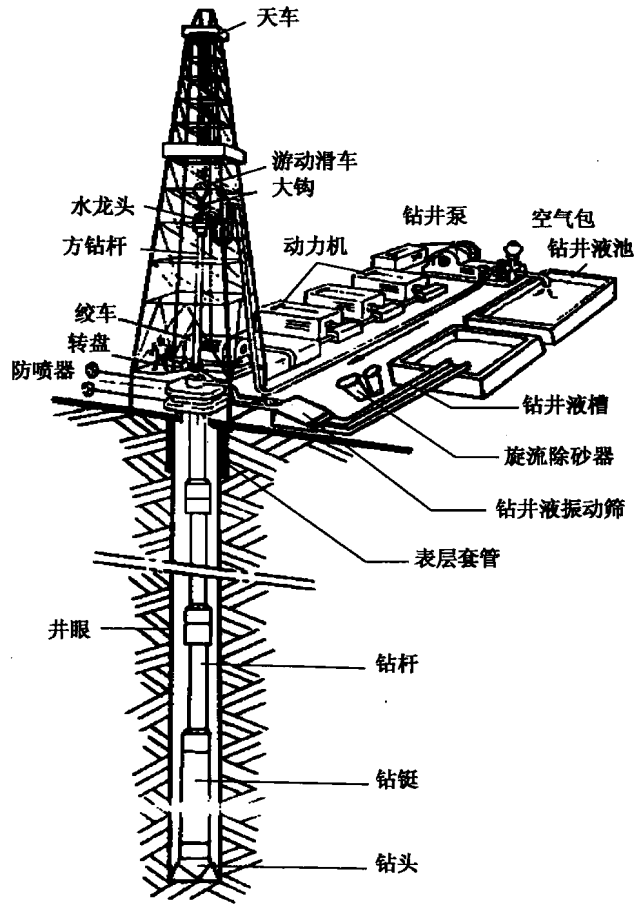


图 1-10 转盘旋转钻井示意图

#### 1.1.4.3 井下动力钻具旋转钻井

井下动力钻具旋转钻井就是在钻头上接上井下动力钻具，以钻井液循环作动力，通过井下动力钻具的转子旋转带动钻头破碎岩石，使井眼不断加深。井下动力钻具包括涡轮钻具和螺杆钻具，由于其转速高，配合使用金刚石钻头后，大大提高了钻井速度。这种钻井方法特别适用于钻定向井。

#### 1.1.4.4 顶部驱动钻井

顶部驱动钻井是通过安装在水龙头上的顶部驱动装置（TDS），从井架空间上部直接旋转钻柱，并沿井架内专用导轨向下移动，完成钻柱旋转钻进。顶部驱动钻井不仅比转盘旋转钻井具有更大的功率，而且可以节省接单根时间，提高钻井效率。同时顶部驱动钻井还可以进行倒划眼操作，解除在起下钻过程中出现的卡钻等复杂情况，从而大大缩短了钻井周期，使得这种钻井方法在最近几年得到了较快发展。

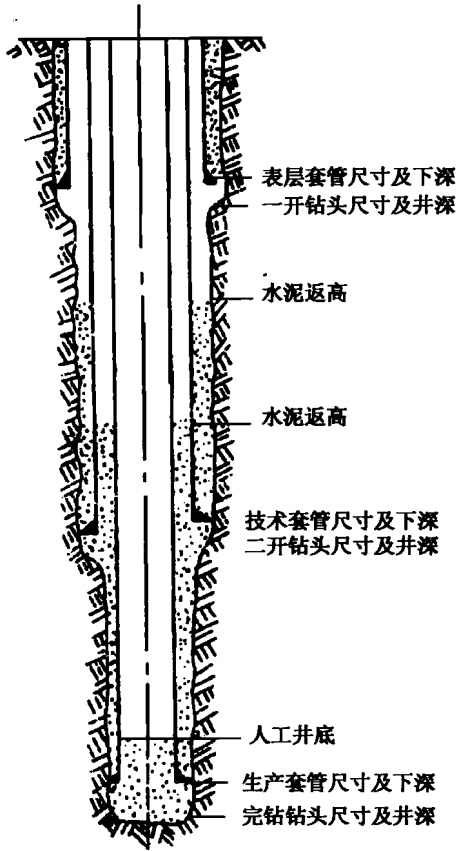


图 1-11 井身结构示意图

## 1.1.5 钻井工程内容和工艺流程

### 1.1.5.1 井身结构

井身结构指一口井下入的套管层次和每层套管的深度以及套管和井眼尺寸的配合，又称套管程序，见图 1-11。钻井工程建设的对象是以某种井身结构显现的一口井。

井身结构确定了一口井下入套管的层次、各层套管的直径、下入的深度以及各层套管相对应的钻头尺寸和套管外水泥浆封固高度，决定了钻井工程主要材料消耗量和钻进、测井、下套管、注水泥等作业的工作量，是控制钻井速度、质量、安全和消耗量的最关键因素。井身结构设计得科学合理，就会使井打得快、质量高、事故与复杂情况少、周期短、费用低；反之，井身结构设计得不科学、不合理，不仅钻井速度慢，而且会使事故和复杂情况频频发生，周期延长，井身质量受到影响，油气层受到污染，甚至造成井的报废，致使钻井工程费用大幅度增加。

常用井身结构的推荐方案见表 1-2。

### 1.1.5.2 钻井工程内容和工艺流程

钻井工程内容包括钻前工程、钻进工程、固井工程、录井工程、测井工程、完井工程等 6 个单项工程，建设单位管理贯穿于建设

全过程，钻井工程内容和主要工艺流程如图 1-12。

表 1-2 常用井身结构推荐方案

井型	方案	钻头序列 (mm)	套管序列 (mm)	备注
浅井 开发井	方案 1	311.1×215.9 (12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	244.5×139.7 (9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 2	346.1×215.9 (13 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	273.1×139.7 (10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 3	400.1×215.9 (15 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	324×139.7 (12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 4	444.5×241.3 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	339.7×177.8 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×7in)	
	方案 5	444.5×215.9 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	339.7×139.7 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
探井	方案 1	444.5×215.9 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	339.7×139.7 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 2	444.5×311.1×215.9 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	339.7×244.5×139.7 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 3	444.5×311.1×215.9 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	339.7×244.5×177.8 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×7in)	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in 钻头与 7in 套管环隙小
	方案 4	444.5×241.3×152.4 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×6in)	339.7×177.8×127.0 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×7in×5in)	6in 钻头与 5in 套管环隙小



续表

井型	方案	钻头序列 (mm)	套管序列 (mm)	备注
深井超深井	方案 1	444.5×311.1×215.9×152.4 (17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×6in)	339.7×244.5×177.8×127 (13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×7in×5in)	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in 钻头与 7in 套管, 6in 钻头与 5in 套管环隙小
	方案 2	660.4×444.5×311.1×215.9 (26in×17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	508×339.7×244.5×139.7 (20in×13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in)	
	方案 3	660.4×444.5×311.1×215.9×152.4 (26in×17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> in×8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in×6in)	508×339.7×244.5×177.8×127 (20in×13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> in×9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in×7in×5in)	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in 钻头与 7in 套管, 6in 钻头与 5in 套管环隙小



图 1-12 钻井工程内容和主要工艺流程  
标“√”表示此工程内容与该工序相关

## 1.1.6 钻井工程特点

石油天然气钻井工程与一般地面建设工程有很大不同，主要有以下 6 个特点。

### 1.1.6.1 施工对象隐蔽性

钻井工程施工对象在地下，施工范围是直径几十厘米到十几厘米、深度数百米到一万多米的圆柱形井筒，看不见，摸不着，是个隐蔽性工程。

### 1.1.6.2 施工手段集成性

钻井工程以大型设备和高精密仪器为主要施工手段，必须是成套的钻井设备、固井设备、测井设备，每一套都是数百万元至数千万元，甚至于上亿元。

### 1.1.6.3 专业技术密集性

施工队伍人员一般以设备为前提设置，钻井队按钻机型号编制队号，如 ZJ50 钻井队、ZJ70 钻井队等；测井队按测井仪器系列编制队号，分为 CSU 测井队、3700 测井队、5700 测井队、EXCELL2000 测井队等。每一套设备的操作和使用都需要很强的专业知识和专业技能，各专业之间不能互相替换，需要共同完成一口井建设。

### 1.1.6.4 生产组织连续性

石油天然气井一旦开钻后，施工过程一般不能中断，必须每天 24h 连续施工。各工种之间配合必须按程序连续作业，如钻井队打完进尺后，必须马上由测井队进行裸眼测井，测井完必须固井队紧接着下套管固井。

### 1.1.6.5 工程投资大额性

钻井工程投资额度大，每口井的投资一般都在数百万元至数千万元，有些井的投资在亿元以上。根据美国《石油基础数据手册》(Basic Petroleum Data Book) 资料分析，2000-2005 年美国陆上平均每口井投资分别为 48.05 万美元、58.80 万美元、71.07 万美元、78.66 万美元、133.81 万美元、133.50 万美元，海上平均每口井投资分别为 735.52 万美元、914.36 万美元、1259.91 万美元、1405.67 万美元、1583.39 万美元、2307.40 万美元。

### 1.1.6.6 风险因素多样性

钻井工程涉及地质风险、环境风险、技术风险、经济风险、政治风险等各种各样的风险。

(1) 地质风险。主要是因为地下情况复杂而对钻井工程造价造成的影响，如设计地层厚度与实际钻遇地层厚度的变化很大、设计地层压力与实际地层压力差异大等。根据美国《石油基础数据手册》(Basic Petroleum Data Book) 资料分析，由于地下地质条件复杂，1987—2003 年美国干井率为 32.3%到 12.1%，平均每年为 22.5%，美国平均每年约有 42 亿美元投资花费在干井上，无法回收。

(2) 环境风险。一方面是自然环境影响，因为石油天然气钻井常常是在无人区的野外露天施工，暴风雨、暴风雪、洪水等恶劣天气影响施工，以及环保要求导致钻井工程造价发生变化；另一方面社会关系协调量大，租用土地、开通道路、供水等都需要同当地政府和群众打交道，某个环节出了问题，都会直接影响到施工，甚至可能造成停工，发生额外费用。

(3) 技术风险。技术风险主要是由于设计、施工操作和测量的不完善，可能导致工程报废，甚至发生井喷、火灾等恶性事故。据近年统计分析，处理复杂情况和钻井事故的时间约占钻井施工总时间的 6%~8%，一个拥有上百台钻机的油田，一年之中就相当于有 6~8 台钻机全年都在处理复杂和事故。胜利油田 1964 年会战到 1992 年底，共发生各类上报事故 2458 起，损失时间达 22612 天 23 小时，折合 754.02 钻机月。按年工作 10 个钻机月计算，相当于 75.4 台钻机一年没有生产。如果按处理一起事故平均需用 50 万元计算，则上报的 2458

起事故的经济损失累计为 12.29 亿元。

(4) 经济风险。主要是考虑市场价格变化对钻井工程造价的影响,油料、化工材料、工具等价格变化直接影响到工程成本。

(5) 政治风险。主要考虑油气资源是战略资源,政治经济政策的变化甚至政府的更替都对工程产生直接影响。

### 1.1.7 钻井工程成果及作用

#### 1.1.7.1 钻井工程成果

钻井工程的最终成果是两种形态的资产。第一种是有形资产,即具有石油、天然气开采价值的探井、开发井和做其他用途的地质报废井。第二种是无形资产,即反映地下地质情况,反映油气藏的生、储、盖、运、圈、保等信息的资料。

#### 1.1.7.2 钻井工程作用

钻井工程是石油天然气勘探开发项目中的一个关键工程,其作用主要表现在:

(1) 钻井工程是勘探部署最终决策的落脚点,是发现油气田的最终手段。所有通过地质调查、重力、磁力、电法、化学、地震等地球物理化学勘探得到的对地下认识,所有经各种论证而确定的勘探部署方案,都要钻探井来证实,通过钻开地层,直接从地层取得地下信息资料,发现油气层。因此,决定勘探效益的关键环节落在钻井工程上。

(2) 钻井工程是油气田增储上产的主要手段。每年都需要钻大批的评价井、开发井来保证油气田增储上产。根据美国《世界石油》相关资料分析,1999—2006 年全球钻井数量从 51376 口上升到 104009 口,平均每年钻井 78847 口,8 年累计增长 102.4%,年均增长 10.6%。2008 年,中国钻井数量已经超过 30000 口,仅次于美国,居世界第二位。

(3) 钻井工程是石油天然气勘探开发项目中投资最大的工程,钻井工程造价的高低决定了石油天然气勘探开发项目投资的高低。根据有关资料分析,全球钻井投资从 2000 年的 650 亿美元增加到 2004 年的 980 亿美元,2008 年超过 2500 亿美元,2008 年比 2000 年增长 385%。近几年全球钻井市场总投资一直占全球石油天然气勘探开发投资的 60%左右。钻井工程投资一般占国际大石油公司每年总投资的 40%~50%,甚至达到 60%~70%。

## 1.2 钻井工程造价管理概念

### 1.2.1 钻井工程造价概念

钻井工程造价指石油天然气勘探项目或油气田开发建设项目中的钻井工程投资,即完成一个石油天然气勘探开发建设项目中的钻井工程预期开支或实际开支的全部费用的总和。表示石油天然气勘探开发建设项目中的钻井工程所消耗资金的数量标准。

### 1.2.2 钻井工程造价特点

#### 1.2.2.1 工程造价的差异性

每一口探井或开发井都有其特定的地理位置、井身结构、完钻井深、用途、功能,因此工程内容和实物形态都具有个别性、差异性,进而决定了每一口探井或开发井的造价也不同。

#### 1.2.2.2 工程造价的动态性

石油天然气勘探项目和油气田开发建设项目从决策到竣工交付使用,都有一个较长的工程建设期间,由于不可控因素影响,钻井工程造价在整个建设期间处于不确定状态,直至竣工决算后才能最终确定钻井工程的实际造价。