



施工作业安全丛书

石油钻井现场作业 安全管理与监护

SHIYOU ZUANJING XIANCHANG ZUOYE ANQUAN GUANLI YU JIANHU

刘涛 郭义昌 曲波 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

施工作业安全丛书

石油钻井现场作业 安全管理与监护

刘 涛 郭义昌 曲 波 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书涵盖了陆上石油钻井生产过程中存在的动火作业、进入受限空间作业、高处作业、起重作业、钻前工程及钻机搬迁和安装作业、钻进作业、完井作业及设备检修和保养作业等直接作业环节,对各直接作业环节的范围、存在的危害因素、一般程序及内容、采取的防范措施、监护人的职责及注意事项等进行了详细的描述,列举了大量的各直接作业环节发生的事故案例。对于每一个事故案例,本书都阐述了事故经过,分析了事故原因,并提出了防范措施和标准操作。

本书内容简洁、通俗易懂,既可用作陆上石油钻井生产现场安全管理人员进行安全管理、基层岗位人员进行施工作业的指导资料,也可供其他相关行业安全管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

石油钻井现场作业安全管理与监护/刘涛,郭义昌,
曲波主编. —北京:中国石化出版社,2008
(施工作业安全丛书)
ISBN 978-7-80229-626-8

I. 石… II. ①刘…②郭…③曲… III. 油气钻井-
安全管理 IV. TE28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 088051 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 32 开本 7 印张 152 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价:20.00 元

《石油钻井现场作业安全管理与监护》

编 委 会

主 任：郭义昌

副主任：薄和秋 曲 波 刘 涛

编 委：（按姓氏笔画排序）

王卫彬 刘 涛 孙义堂 孙少光

曲 波 张大奋 练 钦 胡金震

徐富修 郭义昌 薄和秋

编 写 组

主 编：刘 涛 郭义昌 曲 波

编 者：（按姓氏笔画排序）

刘 涛 孙义堂 曲 波 李洪阁

李振民 练 钦 胡金震 徐杰善

郭义昌 郭长镇

前言

安全生产是衡量企业管理水平的重要标志，更是企业可持续发展的基础。钻井行业具有野外独立施工、流动分散、多工种、多工序、立体交叉、连续作业、环境复杂的特点，由此决定了钻井行业是一个相对高风险行业，所以必须把安全生产工作放在各项工作的首位。从历年来国内外钻井行业发生的事故来看，钻井现场施工作业过程中发生的事故占了很大的比例，分析这些事故发生的主要原因，大多是现场人员违章作业以及现场管理和监督不到位造成的。

钻井行业搬迁安装、起放井架、吊装作业、交叉作业、工业动火、高处作业等各种直接作业十分频繁，在钻井施工过程中，由于设备、人员、环境和管理上的缺陷，存在着众多的危险因素，发生事故的几率也较高。而避免事故发生的关键在于正确识别作业过程中存在的危害和风险，采取适当的防范措施，强化现场监督管理，同时做好现场监护。

鉴于此，我们编写了本书，旨在提高钻井作业现场安全管理人員和监护人員的知识和技能。该书用簡明易懂的语言，阐述了石油钻井施工现场主要施工作业过程中存在的危

害，列出了应该采取的防范措施和各种作业过程中出现过的事故案例，从而可以帮助基层管理人员和现场监护人员掌握必要的知识和技能，能够迅速地识别现场存在的危害，检查现场是否符合安全要求，及时采取相应的防范措施，会在突发情况下正确应对，从而及时排除危险，避免事故的发生。

本书由中国石化胜利油田的同志们在多年工作经验总结的基础上编写而成，理论联系实际。第一章至第四章及第六章由刘涛编写，第五章由郭长镇编写，第七章由李洪阁编写，第八章由郭义昌编写，第九章由曲波编写。郭义昌、曲波对全书内容进行了审定。在本书编写过程中，胡金震、孙义堂、李振民、徐杰善、李月福、鞠华丽、郭长镇、陈大庆、姚东等同志参与了审稿和资料提供，在此表示感谢！

由于钻井作业是一项系统工程，现场管理和监护工作涉及面广、技术强，现有大量的安全规定和详细的分解要求无法全部涵盖在该书中，同时编者受经验和知识水平的限制，该书难免存在不足之处，恳请广大读者和钻井界的同行批评指正。

目 录

第一章 钻井工艺过程及现场作业要求 (1)

- 1 钻井方法及钻井工艺过程简介 (2)
- 2 钻井生产施工特点 (10)
- 3 存在问题 (13)
- 4 基本要求 (16)
- 5 钻井施工危害识别方法简介 (16)

第二章 动火作业 (21)

- 1 范围 (21)
- 2 危害因素 (21)
- 3 一般程序及内容 (22)
- 4 防范措施 (24)
- 5 涉及的其他作业及防范措施 (29)
- 6 监护人职责及注意事项 (40)
- 7 案例分析 (40)

第三章 进入受限空间作业 (45)

- 1 范围 (45)
- 2 危害因素 (46)
- 3 防范措施 (49)
- 4 监护人职责及注意事项 (52)
- 5 案例分析 (53)

第四章 高处作业	(55)
1 范围	(55)
2 危害因素	(56)
3 防范措施	(57)
4 监护人职责及注意事项	(60)
5 案例分析	(66)
第五章 起重作业	(72)
1 范围	(72)
2 危害因素	(72)
3 防范措施	(76)
4 监护人职责及注意事项	(83)
5 案例分析	(85)
第六章 钻前工程及钻机搬迁和安装作业	(89)
1 范围	(89)
2 危害因素	(90)
3 一般程序及内容	(90)
4 防范措施	(120)
5 涉及的其他作业及防范措施	(129)
6 案例分析	(134)
第七章 钻进作业	(143)
1 范围	(143)
2 危害因素	(143)
3 一般程序及内容	(146)
4 防范措施	(153)
5 涉及的其他作业及防范措施	(159)
6 监护人职责及注意事项	(164)
7 案例分析	(165)

第八章 完井作业	(174)
1 范围	(174)
2 危害因素	(174)
3 一般程序及内容	(175)
4 防范措施	(186)
5 监护人职责及注意事项	(197)
6 案例分析	(197)
第九章 设备检修与保养作业	(201)
1 范围	(201)
2 危害因素	(201)
3 一般程序及内容	(202)
4 防范措施	(206)
5 案例分析	(209)
参考文献	(214)

第一章 钻井工艺过程及 现场作业要求

钻井是利用一定的工具和技术在地层中钻出一个较大孔眼的过程。石油工业中所钻井直径一般为 100 ~ 500mm, 深为几百米到几千米深的圆柱形井眼。石油钻井是油、气勘探开发的重要手段。要直接了解地下的地质情况, 要证实用其他方法勘探得到的地下油气构造和其含油、气情况及储量, 要将地下的油气资源开发利用, 都要通过钻井工作来实现。钻井工作始终贯穿在油、气田勘探开发的地质勘探、区域勘探和油田开发的三个阶段中。钻井的速度和质量, 直接影响着油、气田的勘探和开发的速度和效益。

石油钻井是一个多工种、多工序、立体交叉、连续作业的系统工程。在钻井施工过程中, 因为设备、人员、环境和管理上的缺陷, 存在着高温、高压、有毒、有害、易燃、易爆等众多的危险因素, 并由此决定了钻井是石油勘探行业中一个相对高危的行业, 钻井过程中事故发生概率相对较高。本章首先对钻井方法及钻井工艺过程进行简单的介绍, 然后总体阐述了钻井生产施工的特点; 列举了钻井现场作业、直接作业环节许可证管理以及现场监控方面存在的问题, 并提出了基本要求, 最后对钻井现场使用的危害识别方法做了简单的介绍。



1 钻井方法及钻井工艺过程简介

1.1 钻井方法

钻井方法是为了在地下岩层中钻出所要求的孔眼而采用的钻孔方法。钻井方法分为人工掘井、人力冲击钻井法、顿钻钻井法、旋转钻井法、连续管钻井法。以下就顿钻钻井法和旋转钻井法进行详细介绍。

1.1.1 顿钻钻井法

顿钻钻井又名冲击钻井。相应的钻井设备称为顿钻钻机或钢绳冲击钻机。周期地用钢丝绳将钻头提到一定高度向下冲击井底，破碎岩石。在不断冲击的同时，向井内注水，将岩屑、泥土混合成泥水浆。等井底泥浆碎块积累到一定量时，便停止冲击，提出钻头，下捞砂筒捞出井内的泥水浆，暴露新井底。然后再开始冲击作业。如此交替进行，加深井眼，直至钻到预定的设计井深为止。

用这种方法钻井的优点是起、下钻费时少，设备简单；缺点是破碎岩石，取出岩屑的作业都是不连续的，钻头功率小、效率低、速度慢，不能进行井内压力控制，只适用于钻直井。远不能适应现阶段石油钻井中优质快速打深井的要求。代之而起的便是旋转钻钻井法。

1.1.2 旋转钻井法

旋转钻井法包括地面发动转盘旋转钻井法和井下动力钻具旋转钻井法。

(1) 转盘旋转钻井法 井架、天车、游车、大钩及绞车组成起升系统，以悬持、提升、下放钻柱。接在水龙头下的方钻杆卡在转盘中，下部承接钻杆柱、钻铤、钻头。钻杆柱



是中空的，可通入清水或钻井液。工作时，动力机驱动钻盘，通过方钻杆带动井中钻杆柱，从而带动钻头旋转。控制绞车刹把，可调节由钻杆柱重量施加到钻头上的压力（俗称钻压）大小，使钻头以适当压力压在岩石上，钻头吃入地层，转盘连续旋转破碎岩石。与此同时，动力机驱动钻井泵，循环洗井液，以连续带出被破碎的岩屑，清洗井底，保护井壁，逐渐加深井眼，直至钻到预定的设计井深为止。

转盘旋转钻井法特点是：钻杆完成起下钻具、传递扭矩、为钻头施加钻压、提供洗井液的人井渠道等任务；钻头在一定的钻压作用下旋转破岩，提高了破岩效率；在破岩的同时，井底岩屑被清除出来；提高了钻井速度和效益。目前这种方法在世界各国被广泛使用。

20 世纪 80 年代研究开发了顶部驱动钻井系统，首先成功地应用于海洋钻机，目前已迅速扩展用到陆地深井、超深井钻机上，呈现良好的发展前景。

（2）井下动力钻具旋转钻井法 从顿钻到转盘钻，是钻井方法上的一次革命。但随着钻井深度的增加，钻杆柱在井中旋转不仅要消耗过多的功率，且容易引起钻杆折断事故，这就促进人们朝钻杆不转或不用钻杆的方向去寻求驱动钻头的方法。将动力装置放到井下去，从而诞生了井下动力钻具旋转钻井法。目前常用的井下动力钻具有涡轮钻具、螺杆钻具和电动钻具三种。

① 涡轮钻具钻井 它下接钻头，上接钻杆柱。工作时，钻井泵将高压钻井液经钻杆柱内腔泵入涡轮钻具中，驱动转子并通过主轴带动钻头旋转，吃入地层，实现破岩钻进，循环洗井液清洗井底，保护井壁，逐渐加深井眼，直至钻到预



定的设计井深为止。

涡轮钻具钻井的地面设备与转盘钻相同。但钻杆柱是不动的，节约了功率，磨损小，事故少，特别适用于定向井和水平井。

涡轮钻具转速偏高，不易配用牙轮钻头，若采用 PDC 钻头及 BDC 钻头，可在高速旋转和高温下钻井。因此，PDC 和 BDC 钻头的出现，以及近年来钻测技术的发展，为涡轮钻具的应用开辟了广阔的前景。

② 螺杆钻具钻井 螺杆钻具是一种由高压钻井液驱动的容积式井下动力钻具。钻井液驱动（螺杆）转子，在衬套中转动，带动装在它下端的钻具破岩钻进。

螺杆钻具钻井，钻杆柱也是不转动的，特别适用于定向井、水平井和其他特种作业钻井。小尺寸螺杆钻具，用于小井眼和超深井钻井。

螺杆钻具结构简单，工作可靠；能提供大扭矩、低钻速的特性。适用于配用普通牙轮钻头，也可配用金刚石钻头，可提高钻头进尺和使用寿命，这些性能优于涡轮钻。因此，螺杆钻具也是一种钻定向井、水平井、深井的很有发展前途的井下动力钻具。

井下动力钻具旋转钻井法的特点主要是转动钻头的动力由地面移到井下，直接接在钻头之上；钻柱的功能只是给钻头施加一定的钻压、形成洗井液通路和承受井下动力钻具外壳的反扭矩；井底动力钻具的动力是由电源或地面泥浆泵提供的、通过钻柱内孔传递到井下的具有一定动能和压力的洗井液流体或交流电。



1.2 钻井工艺过程

在石油钻井中，尽管钻井目的不同，井的深浅各异，不论在陆上还是海上，目的都是用旋转方法钻井，包括转盘旋转钻、井下动力旋转钻及顶部驱动旋转钻。

一口井的建井过程从确定井位到最后的试油、投产，要完成许多作业，按其顺序可分为三个阶段，即钻前准备、钻进和完井，而每个阶段都包括许多具体工艺作业。

1.2.1 井身结构与钻具组合

(1) 井身结构 井身结构指的是下入井中套管层数、尺寸、规格和长度以及各层套管相应的钻头直径。一口井的井身结构是根据已掌握的地质情况和要求的钻井深度在开钻前拟订的。

① 导管 防止地表土层垮塌，引导钻头入井，并引导上返的钻井液流入净化系统。导管的下深一般为 30 ~ 50m。导管的下入深度主要取决于岩层的漏失层、含水砂层，非胶结地层或浅气层的深度。导管下深还取决于政府的特殊规定。例如美国政府规定：在墨西哥湾，导管必须下到泥线以下 152 ~ 300m 之间，在阿拉斯加、太平洋和太平洋大陆架则要求导管下到泥线以下 91 ~ 305m。在钻井许可证上必须写明表层套管的设计下入深度。而大多数政府规定导管必须封住淡水层。

② 表层套管 下入表层套管的目的在于加固上部疏松岩层的井壁，封住淡水砂层、砾石层或浅气层；安装井控设备并支撑后下入的技术套管重量。一般深度为 100m，最深可达 300 ~ 400m。



③ 技术套管 位于表层套管以内的套管。下技术套管是为了隔绝上部的高压油、气、水层或漏失层及坍塌层。深井、超深井及地质情况复杂时，需要下入若干层技术套管。

④ 油层套管 下入井内的最后一层套管，形成坚固的井筒，使生产层的油或气由井底沿这层套管流至井口。

在各层套管与井壁的环行空间，都应注入水泥加固(固井)。为节省钢材，降低钻井成本，在满足钻井工艺要求的前提下，应少下或不下技术套管；有的井在技术套管下部下入尾管即衬管。

正常压力井和异常压力井套管类型见图 1-1。

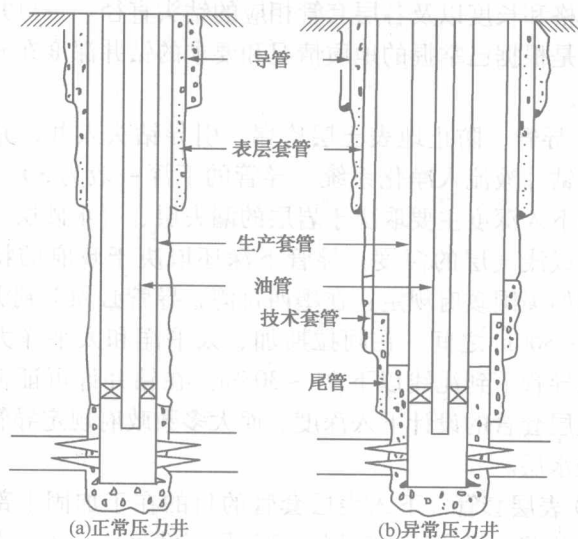


图 1-1 套管类型



(2) 钻具组合 钻具组合,或称钻具配合,是指根据地质条件与井身结构、钻具来源等决定钻井时应采取何种规格的钻头、钻铤和钻杆、方钻杆配合连接起来组成钻柱。合理的钻具组合是确保优质快速钻井的重要条件。

入井钻具应尽量简单。能够满足要求时,尽量只用一种尺寸钻杆,以简化钻井器材的准备,便于起下作业和处理井下事故。但在深井时,由于钻柱自身很重,钻杆强度不够,便采取复合钻杆,两种钻杆尺寸可相差一级,大尺寸者在上部。

一口井的井身结构和钻具组合可以在钻井过程中根据具体的情况做适当调整。选择钻机时,必须保证该钻机的起重能力能够满足提升最重钻柱和下最重套管柱的要求。

1.2.2 钻前准备

一口井开钻前应做以下各项主要的钻前准备工作:定井口位置、修路及平整井场,打水泥基础、备足各种钻井器材,如钻杆、钻铤、钻头及钻井泵配件等。在确定井位、完成井的设计后,钻前工程是钻井施工中的第一道工序,它主要包括:

(1) 修公路 修建通往井场的运输用公路,以便运送钻井设备及器材等。

(2) 井场及设备基础准备 根据井的深浅、设备的类型及设计的要求来平整场地,进行设备基础施工(包括钻机、井架、钻井泵等基础)。

(3) 钻井设备搬运及安装 包括设备就位、找正、调整、固定;钻井液循环管线和油、气、水、保温管线及罐、保温锅炉的安装等。



(4) 井口设备准备 包括挖圆井(或不用), 下导管并封固、钻大鼠洞及小鼠洞等。

1.2.3 钻进

钻进是以一定压力作用在钻头上, 并带动钻头旋转使之破碎井底地层岩石, 井底岩石被破碎所产生的岩屑通过循环钻井液被携带到地面上来, 这一过程称为洗井。加在钻头上的压力是利用部分钻柱(钻铤)的重力来完成的, 钻头的旋转是由转盘或顶驱动力水龙头带动钻柱及钻头旋转来实现的, 在使用井下动力钻具时, 钻柱不旋转。在钻进过程中, 只要钻具在井内, 就应不断循环钻井液以免造成井下事故。

在钻进过程中, 钻头不断破碎岩石, 井眼逐渐加深, 则钻柱也需要接长, 因而需要不断加接钻杆(接单根)。

由于钻头在井底破碎岩石, 钻头会逐渐磨损, 机械钻速下降, 当磨损到一定程度需要更换新钻头。为此需将全部钻柱从井内起出(起钻), 更换新钻头后再将新钻头及全部钻柱下入井内(下钻), 这一过程称为起下钻。有时为了处理事故、测井等也需进行起下钻作业。

在钻井过程中, 井眼不断加深, 所形成井眼的井壁应当稳定, 不发生复杂情况以保证继续钻进。在钻进中要钻穿各种地层, 而各种地层的特点不同, 其岩石强度有高有低, 有的地层含高压水、油、气等流体, 有的含有盐、石膏、芒硝等成分, 这些对钻井液都有不良影响。强度低的地层会发生坍塌, 或被密度大的钻井液压裂等复杂情况, 妨碍继续钻进, 这需要下入套管并注入水泥予以封固, 然后用较小的钻头继续钻出新的井段。每改变一次钻头尺寸(井眼尺寸), 开始钻新的井段的工艺叫开钻。一般情况下, 一口井的钻进