



中国石油天然气集团公司统编培训教材

装备制造业务分册

石油钻机

《石油钻机》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

装备制造业务分册

石 油 钻 机

《石油钻机》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书简要介绍了石油钻机的配置、技术参数和井场布置等；详细介绍了石油钻机主要设备和控制系统的结构、工作原理、主要技术参数和操作维护等内容；最后给出了与石油钻机相关的国内外标准与规范。

本书为中国石油天然气集团公司统编培训教材，可作为所属各装备制造企业及油田石油钻机用户员工培训用书。也可作为相关技术人员的自学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

石油钻机 / 《石油钻机》编委会编 .

北京：石油工业出版社，2012.12

（中国石油天然气集团公司统编培训教材）

ISBN 978-7-5021-9231-0

I . 石…

II . 石…

III . 油气钻井 - 钻机 - 技术培训 - 教材

IV . TE922

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 191623 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）64523589 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

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本：1/16 印张：29

字数：502 千字

定价：100.00 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

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

《石油钻机》编委会

主 任：张晗亮

副主任：何 京 孙宝福

委 员：韩忍之 李明光 牛宏飞 王连才 王进全

杨忠文 李树生 郭孟齐 朱旭光 雷 涛

刘 欣 刘鼎恒 叶大建 李 萌

《石油钻机》编审人员

主 编：王进全

副 主 编：黄悦华 龚惠娟

编写人员：黄悦华 龚惠娟 张 福 骆宏骞 晋小庆

杨海学 王世军 张志伟 徐小鹏 贾秉彦

姚爱华 李凌霄 秦万信 栾 苏 陈思祥

蒲容春 祖慧玲 张 鹏 刘宏亮 樊春明

张文英 文绍成 丛万生 张国山 王 兵

范亚民

审定人员：黄悦华 龚惠娟

序



企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一组织出版。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编写的主体，按照

《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编写，循序推进，计划编写 300 余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批 39 门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011 年 4 月 18 日

前言



石油钻机是石油与天然气勘探开发作业中的基本设备，是石油钻井装备中的主要设备，它服务于钻井工程。钻井工艺技术的提高在一定程度上依赖于钻井装备技术的发展，多年来，各级领导和部门一直高度重视石油钻机技术的发展，从全方位、多方面给予大力支持和指导。

为了使全行业相关技术与操作岗位人员全面系统地了解石油钻机，特编写了本教材。本书在理论上未做深入探讨，而是侧重于阐述钻机的结构和工作原理，强调现场使用与维护，注重实用性和指导性。为了便于读者了解与石油钻机有关的标准，本书还给出了石油钻机有关标准与规范内容介绍。

本书为中国石油天然气集团公司统编培训教材，适应于所属各装备制造企业及油田石油钻机用户员工的培训，同时也可作为石油院校石油工程专业师生的参考用书。

本书主编王进全、副主编黄悦华与龚惠娟对全书进行了审查和统稿。编写工作分工为：第一章主要由黄悦华、龚惠娟完成；第二章主要由龚惠娟、张福完成；第三章主要由骆宏骞完成；第四章主要由骆宏骞、晋小庆、杨海学完成；第五章主要由王世军、张志伟、徐小鹏完成；第六章主要由贾秉彦、姚爱华、李凌霄、杨海学完成；第七章主要由秦万信完成；第八章主要由栾苏、陈思祥完成；第九章主要由晋小庆完成；第十章主要由蒲容春、祖慧玲完成；第十一章主要由张鹏、刘宏亮完成；第十二章主要由樊春明、张文英、文绍成完成；第十三章主要由丛万生完成；第十四章主要由张国山完成；第十五章主要由王兵完成，第十六章主要由范亚民完成。此外，宝石机械公司的其他专业部分技术人员也参与了相关章节的编写工作。

在本书的编写过程中得到了中国石油装备制造分公司领导与相关处室的

大力支持，同时也得到了业内多位专家的指导，在此一并深表感谢。

由于水平有限，难免有错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

第一章 钻机概述	1
第一节 钻机组成	1
第二节 钻机类型	3
第三节 钻机工作与载荷特点	4
第四节 钻机技术发展	5
第二章 钻机技术参数、配置与井场布置	8
第一节 钻机基本技术参数	8
第二节 钻机基本配置	15
第三节 典型钻机井场布置	19
第三章 天车、游车及大钩	32
第一节 天车	32
第二节 游车	36
第三节 大钩	38
第四章 井口工具	42
第一节 吊环	42
第二节 吊卡	44
第三节 卡瓦	49
第四节 钻杆动力钳	55
第五节 铁钻工	68
第五章 井架与底座	77
第一节 基本功能、结构型式与技术参数	77
第二节 典型结构与特点	79
第三节 套管扶正台	88

第四节	井架与底座的安装、拆卸及包装运输	91
第五节	使用与维护	94
第六章	传动装置与绞车	102
第一节	传动装置	102
第二节	绞车	110
第三节	刹车装置	121
第四节	使用与维护	132
第五节	常见故障与分析	147
第七章	石油钻井钢丝绳	155
第一节	概述	155
第二节	基本要求与技术参数	158
第三节	使用与保养	162
第八章	转盘、补心及转盘驱动装置	185
第一节	转盘、补心的特性和结构	185
第二节	转盘驱动装置	195
第九章	水龙头与水龙带	202
第一节	水龙头	202
第二节	水龙带	210
第十章	钻井泵及钻井液循环管汇	212
第一节	钻井泵基本技术参数	212
第二节	钻井泵工作原理、结构与特点	215
第三节	钻井泵使用与维护	219
第四节	钻井泵异常噪声排查	225
第五节	钻井泵常见故障与排除方法	227
第六节	钻井泵主要易损件	228
第七节	钻井液循环管汇	229
第十一章	固控系统及设备	232
第一节	系统构成	233
第二节	典型系统介绍	238

第三节	固相控制系统设备及工作原理·····	244
第十二章	钻机气动控制系统·····	272
第一节	概述·····	272
第二节	气源及净化系统·····	273
第三节	气动控制元件·····	282
第四节	几种常见气动控制回路·····	298
第五节	气动控制系统维护保养·····	316
第十三章	钻机电气控制系统·····	325
第一节	概述·····	325
第二节	电气控制系统基本构成·····	331
第三节	电气控制系统常见故障分析·····	346
第四节	钻机电气控制系统安全用电·····	357
第十四章	钻井仪表系统及井场供电系统·····	360
第一节	钻井仪表系统·····	360
第二节	井场供电系统·····	376
第十五章	其他设备·····	398
第一节	指重表·····	398
第二节	防喷器吊装装置·····	405
第三节	倒绳机·····	416
第四节	辅助提升小绞车·····	418
第十六章	石油钻机相关标准与规范介绍·····	422
第一节	国内标准·····	422
第二节	国外标准·····	441
参考文献 ·····		449

第一章 钻机概述

石油钻机是用来进行油气勘探和开发的钻井装备，它为钻井服务并随钻井技术的发展而发展。应该说油气资源的开发水平取决于钻井工艺的技术水平，而钻井工艺技术水平在一定程度上又依赖于钻井装备的技术水平。

随着油气勘探难度的日益增加，促使各石油公司不得不采取措施降低油气勘探开发成本，依靠科技进步积极采用新技术和新装备，尤其是近年来，在交流变频电驱动钻机、液压驱动钻机、连续管钻机、智能一体化控制钻机以及井下动力钻具等方面有了较大发展。同时，为了适应各种不同地域的环境要求，在沙漠钻机、拖挂钻机、丛式井钻机、斜井钻机及直升机吊运钻机等特种钻机技术上，也有了较大发展。

本章主要介绍石油钻机的组成、类型、工作与载荷特点及技术发展。

第一节 钻机组成

为满足钻井工艺要求，一套钻机一般由以下几部分组成。

一、提升系统

为了起下钻具、下套管以及控制钻头送进等，钻机配有一套提升系统，它主要由绞车、天车、游车、大钩、井架和底座等组成。另外还包括起下钻具用的工具设备：吊环、吊卡、卡瓦、大钳或铁钻工以及钻具处理系统。

二、旋转系统

为了旋转井中钻具以不断破碎岩石，钻机配有转盘和水龙头（顶部驱动钻井装置）。

三、钻井液循环系统

为了随时用钻井液清除井底已破碎的岩石以保证连续钻进，钻机配有钻井液循环系统。它包括钻井泵、地面管汇、钻井液池与钻井液槽、钻井液固相处理设备（包括钻井液振动筛、除砂器、除气器以及离心机等）以及调配钻井液设备。在进行喷射钻井及井底动力钻井中本系统还担负着传递动力的任务。

四、传动系统

传动系统的主要任务是将发动机的能量传递和分配给各工作机。由于发动机的单一特性和工作机所要求的多变特性不相适应，要求传动系统必须满足减速、变速、并车及倒车等功能，该系统可以是机械传动、液压与液力传动或电传动等。

五、动力及控制系统

动力主要指用来驱动各工作机的发动机或柴油发电机组及其支持与控制设备。按钻机驱动类型分柴油机或柴油发电机组及电动机等。为了指挥各系统协调一致地工作，在整套钻机中还装有各种控制设备，如机械、液压或电控设备，以及集中控制操作台和各种检测记录仪表等。

六、辅助设备

一般有辅助发电设备（为机械化装置、井场照明、固控系统以及供油与供水等辅助系统的交流异步电动机提供动力）、空气压缩机及空气净化装置、

井口防喷装置、钻鼠洞设备、辅助起重设备、活动房屋（材料房、修理间和值班房等），在寒冷地区钻井时还需配备保温设备。

第二节 钻机类型

石油钻机可按以下特征进行分类。

一、按钻井深度分类

- (1) 特深井钻机：井深 $> 9000\text{m}$ ；
- (2) 超深井钻机：井深 $7000 \sim 9000\text{m}$ ；
- (3) 深井钻机：井深 $5000 \sim 7000\text{m}$ ；
- (4) 中深井钻机：井深 $2000 \sim 5000\text{m}$ ；
- (5) 浅井钻机：井深 $< 2000\text{m}$ 。

二、按动力机驱动型式分类

- (1) 机械驱动钻机；
- (2) 电驱动钻机：又可分为直流电驱动、交流工频驱动及交流变频驱动；
- (3) 液压驱动钻机；
- (4) 复合驱动钻机：又可分为机械 + 电驱动、机械 + 液压驱动、电 + 液压驱动。

三、按动力并车传动方式分类

- (1) 皮带传动钻机；
- (2) 链条传动钻机；
- (3) 齿轮传动钻机；
- (4) 液力传动钻机；
- (5) 电传动钻机。

四、按搬家移运方式分类

- (1) 块装式钻机;
- (2) 拖挂式钻机;
- (3) 自走式钻机。

五、按使用环境和特殊用途分类

- (1) 陆地常规钻机;
- (2) 海洋钻机;
- (3) 丛式井钻机;
- (4) 斜井钻机;
- (5) 连续管钻机;
- (6) 直升机吊装钻机;
- (7) 极地钻机;
- (8) 沙漠钻机。

第三节 钻机工作与载荷特点

一、钻机工况特点

为了完成钻进和起下钻等钻井作业,钻机必须是由提升、旋转及循环三个系统联动的工作机组。在不同的施工过程中各工作机有不同的组合联动工况:在正常钻进中,钻井泵和转盘(顶驱)工作,在井底动力钻具钻进时只有钻井泵工作,只在起下钻接单根(立根)的短时内才开动绞车和动力大钳;在起下钻具中则只开动绞车,偶尔短时开动钻井泵向井中灌注钻井液;在划眼施工过程中则以低参数同时开动绞车、转盘和钻井泵。钻机从发动机到各工作机以及到钻头有着非常长的传动路线和不同的能量转换方式,这就形成了操作控制的复杂性。