



石油高等院校特色规划教材

# 井下作业设备与工艺

杨志 张杰 主编



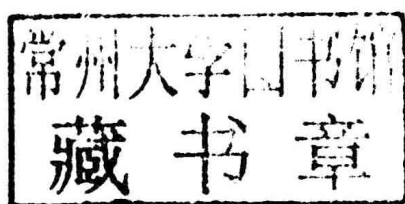
非外借

石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

石油高等院校特色规划教材

# 井下作业设备与工艺

杨志 张杰 主编



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书主要讲述了石油与天然气工程、海洋油气工程专业领域的井下作业设备与工艺,主要包括井下作业地面设备、常用生产管柱与工具、常用修井工具、生产管柱的受力与变形、常规修井工艺技术以及井下作业典型案例,重点介绍了井下作业施工流程及其相关工具的功能和使用。本书融先进性、技术性、实践性于一体,具有较强的实用性。

本书既可以作为石油与天然气工程专业、海洋油气工程专业的本科生教材,也可供与石油工业相关的机械工程及自动化等相关专业使用,还可供油气田企业相关人员培训及自学使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

井下作业设备与工艺/杨志,张杰主编. —北京:  
石油工业出版社,2017. 8.

石油高等院校特色规划教材

ISBN 978 - 7 - 5183 - 1989 - 3

I. ①井… II. ①杨…②张… III. ①井下作业 - 机  
械设备 - 高等学校 - 教材 IV. ①TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 161888 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523579 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京密东科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.75

字数:320 千字

---

定价:29.00 元

(如发现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

# 前 言

井下作业是石油工程中极其重要的内容,其涉及范围很广。一直以来,西南石油大学都没有适合石油与天然气工程专业、海洋油气工程专业本科在校学生的有关井下作业设备与工艺的教材。本教材根据这两个专业学生的知识结构和今后可能从事的工作方向,优选相关内容进行有机整合,使之既体现专业性又注重实用性,以拉近理论知识与现场生产作业的距离。每章后面都有对应习题供读者练习。

本书由西南石油大学海洋油气工程研究所杨志、张杰担任主编。具体编写分工如下:第一章第一节由张杰编写,第二节、第三节、第六节由杨志编写,第四节由赵志红编写,第五节由王国华编写;第二章第一节、第二节由杨志编写,第三节由杨志、刘平礼、曾凡辉、赵志红编写;第三章第一节至第六节由杨志编写,第七节至第九节由王国华编写;第四章由朱海燕编写;第五章第一节至第七节、第十一节由张杰编写,第八节至第十节由杨志编写;第六章第一节至第四节由张杰编写,第五节由王国华编写。全书由西南石油大学海洋油气工程研究所熊友明教授主审。

本书在正式出版之前,已经在西南石油大学石油与天然气工程专业、海洋油气工程专业的本科教学中试用两届,反馈的教学效果比较理想。

在此,要向教材中引用的相关书籍及技术资料的众多同行和前辈们致谢!向有关引用资料涉及的油气田单位表示感谢!本书的出版得到了中央财政资金的资助,在此特表感谢!

因编者水平有限,书中难免存在错误和欠缺,敬请读者批评指正。

编 者  
2017年5月

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一章 井下作业地面设备.....      | 1   |
| 第一节 修井机.....           | 1   |
| 第二节 连续油管作业设备.....      | 7   |
| 第三节 钢丝与电缆作业设备 .....    | 13  |
| 第四节 地面辅助设备 .....       | 17  |
| 第五节 井口及控制设备 .....      | 23  |
| 第六节 辅助作业设备 .....       | 50  |
| 习 题 .....              | 58  |
| 第二章 常用生产管柱与工具 .....    | 59  |
| 第一节 管材 .....           | 59  |
| 第二节 封隔器及控制类工具 .....    | 66  |
| 第三节 典型生产管柱 .....       | 86  |
| 习 题 .....              | 93  |
| 第三章 常用修井工具 .....       | 94  |
| 第一节 检测类工具 .....        | 94  |
| 第二节 打捞类工具 .....        | 96  |
| 第三节 切割类工具.....         | 104 |
| 第四节 倒扣类工具.....         | 106 |
| 第五节 套管刮削类工具.....       | 107 |
| 第六节 挤胀类工具.....         | 108 |
| 第七节 钻磨铣类工具.....        | 110 |
| 第八节 震击类工具.....         | 112 |
| 第九节 套管补接类工具.....       | 114 |
| 习 题.....               | 116 |
| 第四章 生产管柱的受力与变形.....    | 117 |
| 第一节 管柱力学的基础理论.....     | 117 |
| 第二节 主要工况下管柱力学分析方法..... | 124 |
| 习 题.....               | 129 |

第五章 常规修井工艺技术..... 130

第一节 组配管柱..... 130

第二节 起下管柱..... 131

第三节 压井和替喷..... 135

第四节 探砂面及冲砂..... 137

第五节 洗井..... 141

第六节 通井、刮蜡、刮削..... 142

第七节 找窜、验窜..... 144

第八节 气举和液氮排液气举..... 146

第九节 油井(检泵)作业..... 149

第十节 注水井作业..... 163

第十一节 打捞工艺技术..... 168

习 题..... 171

第六章 井下作业典型案例..... 172

第一节 油井维护作业检泵施工设计..... 172

第二节 油井冲砂检泵案例分析..... 177

第三节 井下作业工程典型质量事故案例..... 179

第四节 大修作业井喷事故案例..... 187

第五节 小修作业井喷事故案例..... 192

习 题..... 198

参考文献..... 198

# 第一章 井下作业地面设备

## 第一节 修 井 机

### 一、概述

#### 1. 修井作业与修井机

在石油与天然气勘探开发的各项施工中,修井作业是一个重要环节。油井在生产过程中,随时会发生故障,造成油井减产甚至停产,例如:井下砂堵、井筒内严重结蜡、渗透率降低、油气水层互相窜通、生产油井枯竭等油井本身的故障;油管断裂,油管连接脱扣,套管挤扁、断裂等油井结构损坏故障;抽油杆弯曲、断裂或脱扣,抽油泵工作不正常等井下采油设备故障。出现以上故障后,只有通过修井作业来排除故障,更换设备,调整油井参数,才能使油井恢复正常运行。

修井作业的主要内容,可归纳为以下三个方面:

(1)起下作业,如对发生故障或损坏的油管、抽油杆、抽油泵等井下采油设备和工具的提出、修理、更换、再下入井内,以及抽汲、捞砂、机械清蜡等。

(2)井内的循环作业,如冲砂、热洗循环钻井液等。

(3)旋转作业,如钻砂堵、钻水泥塞、扩孔、磨削、侧钻及修补套管等。

修井作业是油田稳产的重要措施,修井机是修井作业的关键设备。修井机是一台或两台动力机驱动绞车和转盘,绞车用动力机、绞车、井架(含天车、游车大钩、大绳等)均安装在汽车载重底盘、专用底盘或牵引式底盘上的石油修井装置。

修井是在地面操作修井设备,对井下几百米甚至几千米的油气水井进行修理。例如,在油水井维修中,利用绞车、井架、游车大钩和其他工具起下油管、抽油杆和检泵、清砂等;在大修作业中,利用转盘、水龙头和井下工具进行侧钻加深、打捞解卡和套管修理等施工;在增产增注措施中,利用循环设备进行酸化压裂、找窜封窜、堵水等作业。

修井机的分类方式很多,最常见的有以下几种:

(1)按驱动形式,可分为机械驱动、电驱动、液压驱动、复合驱动。

(2)按传动形式,可分为链条传动、皮带传动、齿轮传动、液力传动。

(3)按移运形式,可分为橇装式、自行式、车载式、拖挂式。

(4)按适用地域,可分为常规型、沙漠型、滩涂型、海洋型、极地型。

(5)按结构形式,可分为常规式、斜井式、连续油管式、不压井式。

#### 2. 修井机的基本特点

修井机采用自走式底盘、中空桁架伸缩式井架,具有越野性好、移运方便等特点。车载柴油机输出动力,可单发动机作业或双发动机并车作业,适用于 10000m 以下的修井作业或 3000m 以内的中浅井钻井作业。具体特点如下:

(1)修井机结构标准化设计,产品零部件互换性强,维护保养方便。



(2) 车上发动机分别驱动底盘行驶和为钻修作业时提供动力,无需专用的底盘发动机,降低了整机成本,大型修井机可采用双发动机并车驱动。

(3) 动力采用 CAT 系列柴油机和液力机械传动箱(ALLISON)。

(4) 井架设计制造符合 API-8C《钻井和采油提升设备规范》,经有限元分析和应力试验检测,结构件表面经抛丸处理。

(5) 电、气、液路系统集中控制,关键零部件、组件采用原装进口件,性能可靠,操作方便。

(6) 绞车系统采用单滚筒或双滚筒两种形式。主滚筒采用整体式里巴斯绳槽<sup>①</sup>,可使大绳排列整齐,延长大绳使用寿命;主滚筒刹车毂采用喷水冷却或强制水循环冷却,辅助刹车可选用水刹车或气控水冷盘式刹车。

(7) 采用专门设计制造的自走式底盘,具有载荷分布合理、越野性能好、操作轻便等优点。

### 3. 修井机的主要功能

修井机主要用来完成各种修井和钻井勘探任务,如油井完钻后的试油求产、分层采油以及处理生产井中的检泵修井等起下及旋转作业。

修井机主要通过绞车系统提升及下放钻具,通过转盘旋转系统完成钻井及旋转作业。

修井机一般具备以下三个方面的基本功能:

#### 1) 起下钻具的功能

修井机的起下作业功能主要通过绞车系统和游车系统来完成。

绞车系统动力由车台发动机经液力机械变速箱、分动箱(并车箱)、角传动箱等传动部件来传递。绞车挡位是通过操纵司钻操作箱上的换挡阀控制液力机械变速箱的挡位来实现的。绞车系统有主刹车和辅助刹车两种形式。主刹车一般为滚筒上的轮毂与刹车带摩擦制动;辅助刹车有水刹车和盘式刹车两种形式。

游车系统是提升负荷的承载机构,通过游车大钩和天车滑轮组组成  $2 \times 2$ 、 $3 \times 4$ 、 $4 \times 5$ 、 $5 \times 6$  等形式的绳系来满足各种型号的修井机单绳最大负荷和作业提升负荷的要求。

#### 2) 旋转的功能

旋转功能的实现要求修井机必需配备转盘、钻台、水龙头等设备,给井下钻具提供一定的转速和扭矩,进行钻、磨、套、铣等作业。

转盘传动箱一般采用五正一倒挡和五正五倒挡两种形式。

#### 3) 行驶的功能

修井机的基本特征就是具有机动行驶能力,能适应各种路面的行走,以满足修井作业时间短、搬迁频繁的特点。

修井机通过专用的自走式底盘承载和行驶,与普通车载式底盘不同的是其行驶动力和作业机构的动力共同来自一台(或两台)发动机,通过分动箱把动力分别传到车上(作业)和车下(行驶),也有车上(作业)和车下(行驶)各用一台发动机的。

### 4. 修井机的技术参数

(1) 名义修井深度:在规定的游动系统有效绳数(游动系统中除快绳和死绳外的的工作绳

---

<sup>①</sup> 目前在我国起重行业流行的“折线绳槽”一词,是指从国外引进的一种适合钢丝绳多层卷绕的绳槽形式。由于这种绳槽在卷筒周向的大部分区段上保持与法兰端面平行,只在很小的区段上与法兰端面相交,因此绳槽必然出现转折现象,故而得名“折线绳槽”。折线绳槽起源于美国,是由美国 Lebus 国际有限公司的创始人 Frank. L. Lebus 发明的,故国外一般称这种绳槽为“Lebus Grooves”,即 Lebus 绳槽。



数)下,用不同的管柱修井时的最大修井深度。

(2)最大钩载:规定的最多绳数下起下管柱、处理事故或进行其他特殊作业时允许大钩承受的最大载荷。

(3)额定钩载或公称钩载:在规定的游动系统有效绳数下,匀速提升名义修井深度的管柱时,大钩所承受的载荷。其数值相当于名义修井深度的管柱重量、游动系统重量、附加载荷之和。该数值表示修井机的正常工作能力。

(4)井架高度:指地面到天车的距离。

修井机分为九个级别,其基本参数见表 1-1。其型号含义如图 1-1 所示。

表 1-1 修井机基本参数表

| 修井机型号        |      |           | XJ350    | XJ600     | XJ700     | XJ900     | XJ1100    | XJ1350    | XJ1600    | XJ1800    | XJ2250    |
|--------------|------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 最大钩载,kN      |      |           | 350      | 600       | 700       | 900       | 1100      | 1350      | 1600      | 1800      | 2250      |
| 名义修井深度<br>m  | 小修深度 | 2⅞in 加厚油管 | 1600     | 2600      | 3200      | 4000      | 5500      | 7000      | 8500      |           |           |
|              | 大修深度 | 2⅞in 钻杆   |          |           | 2000      | 3200      | 4500      | 5800      | 7000      | 8000      | 9000      |
|              |      | 3½in 钻杆   |          |           |           | 2500      | 3500      | 4500      | 5500      | 6500      | 7500      |
|              |      | 4½in 钻杆   |          |           |           |           |           | 3600      | 4200      | 5000      | 6000      |
| 额定钩载,kN      |      |           | 200      | 300       | 400       | 600       | 800       | 1000      | 1200      | 1500      | 1800      |
| 绞车功率,kW      |      |           | 80 ~ 150 | 120 ~ 180 | 160 ~ 257 | 257 ~ 330 | 280 ~ 400 | 330 ~ 450 | 400 ~ 500 | 450 ~ 600 | 550 ~ 735 |
| 井架高度,m       |      |           | 18,21    |           |           | 29,31     | 31,33,35  |           |           | 36,38     |           |
| 游动系统绳数       |      |           | 4        |           |           | 6         |           |           | 8         | 8,10      | 10        |
| 提升钢丝绳直径,mm   |      |           | 22       |           |           | 26        |           |           | 26,29     | 29,32     | 32        |
| 大钩最大提升速度,m/s |      |           | 1 ~ 1.5  |           |           |           |           |           |           |           |           |

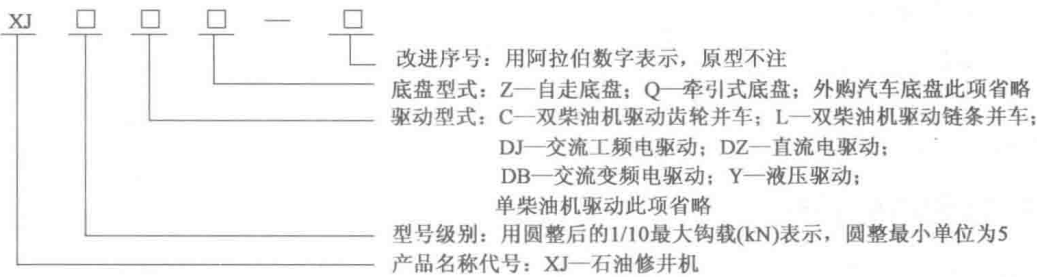


图 1-1 修井机的型号含义

二、修井机的结构

一般修井机的结构主要包括:动力部分、传动部分、绞车部分(包括井架、天车、游动系统等)、液压系统、气路控制系统、电路控制系统、自走底盘、辅助部分等。

(1)修井机的动力部分一般采用高速柴油机,在动力的配置上又分为单发动机和双发动机,单发动机为车上、车下共用,双发动机分为车上、车下共用两台发动机和车上、车下各由一台发动机供给动力。

(2)传动部分一般采用发动机和液力机械变速箱直接连接,如果车上、车下共用两台发动

机,那就需要一个并车箱,液力机械变速箱和并车箱、角传动箱之间用传动轴连接,然后通过链条和捞砂滚筒或主滚筒连接,再通过链条到转盘角传动箱,爬坡链条箱到转盘,也可由并车箱(角传动箱)通过传动轴直接到爬坡链条箱到转盘。捞砂滚筒、主滚筒、转盘一般采用气动轴向气囊推盘离合器控制,也可用气动胎式离合器控制。

(3)绞车分为单滚筒和双滚筒,单滚筒为只有一个主滚筒,双滚筒则为主滚筒和捞砂滚筒,主滚筒为了排绳整齐采用了里巴斯绳槽。

井架一般采用高强度角钢焊制,中空桁架结构,大吨位修井机的井架也可用高强度矩形管焊制,井架可根据修井机型号不同有一节、两节的分别,小吨位的修井机采用一节井架,两节井架中的第二节一般用液压油缸顶出。

天车大都采用班德轮式结构,这种结构可防止大绳打扭。

游动系统由游车和大钩两部分组成,二者用销轴连接。

(4)在修井机中有两套各自独立的液压系统,即主液压系统和液压转向助力系统。

①主液压系统的主要作用是修井机到井场就位后,调平车辆和井架的立放,以及辅助作业如液压小绞车、崩扣液缸、液压钳等。

②液压转向助力系统,用于车辆行驶时减轻驾驶员转动方向盘的力量。

(5)修井机中气路控制系统主要起控制作用,如各离合器接合及脱开、发动机的油门、变速箱的换挡、液压泵的控制、修井机行驶时油门、换挡及刹车的控制。

(6)电路控制系统,主要是供给车辆的仪表显示、车灯及发动机启动用电,为24V直流电。

(7)自走底盘,优化设计专用底盘,具有车身短、转弯半径小、机动灵活等优点;越野能力强,可适应泥泞、戈壁、山区、滩涂等复杂道路行驶;选用重型车桥,桥载能力大,前桥采用液压助力转向,操作轻便,平头单坐金属驾驶室,视野开阔。

(8)辅助部分。

①钻台,包括转盘、水龙头,是油水井的大修及钻井的关键设备,它的传动有链条传动和传动轴直接传动。

②水刹车(盘式刹车),在大吨位修井机中用于下钻时减慢钻具的下降速度,减轻刹车毂及刹车带的磨损。

③液压小绞车,用于起吊工具,配合施工。

④崩扣液缸(锚头绞车),用于卸扣(崩扣)。

### 三、修井机的操作

修井机是大型贵重设备,因此在操作使用过程中,要特别注意遵守操作规程及安全注意事项。

#### 1. 修井机的启动

首先检查发动机的润滑油油面、散热器内的液面及柴油箱内的油面,检查发动机周围有无影响发动机旋转的异物,发动机启动后,首先检查机油压力是否正常,然后仔细听听发动机有无异常响声,发电机是否发电,打气泵打气是否正常,是否达到规定的温度。

检查修井机周围有无影响车辆行驶的障碍物,清理车上的杂物及检查部件是否固定牢固(游动滑车及所有钢丝绳)。

用一档起步,先挂挡,后松手刹,轻踏油门,中速行驶,时速不要超过50km,不要靠路边行驶,以防压垮路基,车辆倾倒,造成事故,转弯时注意道路弯度,不要勉强通过,还要注意车辆上

方,防止挂断空中悬挂的电线。

关于桥间锁和轮间锁,一般情况下不建议使用,尤其是轮间锁。当车辆陷入地下无法行驶时,可接合前桥驱动,在正常道路行驶时,不要接合前桥驱动。

修井机进入井场时一定要注意道路及井场路面情况,防止车辆下陷。

## 2. 修井机的就位及井架的立放

井架的起放必须至少有两人负责观察,井架竖起时,绷绳有无牵挂、上节井架升起时扶正器是否达到规定的位置,及上节井架到位的时间,及时通知操作人。

首先按说明书的要求,平好井场,挖好绷绳坑。如果该井需要动转盘,那就先摆好钻台及井架底座,然后摆好船型底座。车辆倒上船型底座后,发动机熄火,把动力选择手柄移到“绞车”位置。启动发动机,待气压达到规定压力后,挂合液泵,把液路系统“工况选择”阀手柄移到“调整”位置,发动机转速调到 1100 ~ 1300 转左右。此时操纵六联阀中的四个支腿液缸的控制阀手柄,调平车辆后,上紧支腿锁紧螺帽,联结车辆尾部和井架底座的联结杆,从井架上解下所有绷绳,仔细检查井架起升时有无牵挂的地方,然后操纵井架竖起液缸的控制阀手柄,达到 2MPa 压力时,打开针型阀手柄,让油液循环 3min 左右,关闭针型阀,再打开液缸顶部排气帽,进行排气,直到无气泡出现,关闭排气帽,操纵手柄,使井架缓慢升起,井架快立直时,操作一定要慢,以防井架起升速度过快,造成后倾倒塌事故。井架到位后,立即上好井架下体和底座的联结螺栓,在井架起升过程中,一定要注意钢丝绳不要挂坏东西。

上节井架升起前,检查各绷绳悬挂情况,并对伸缩液缸进行排气(液缸压力约 1MPa 左右),然后操纵伸缩液缸控制阀手柄,使上节井架缓慢上升。当第一道扶正器出现时,上节井架停止上升,观察扶正器是否到位,到位后的两个扶正器应该在同一平面。井架继续上升到第二道扶正器出现时再观察第二道扶正器是否到位。上节井架快到预定位置时,应放慢上升速度,听到轻微金属撞击声后,再上升 10 ~ 30mm 后停止,然后操纵伸缩液缸控制阀手柄,使上节井架慢慢下降,坐在锁块上。如果没有坐住,井架继续下降,可操纵伸缩液缸控制阀手柄,使井架重新上升到预定位置后,再使井架下降,直到上节井架坐稳为止。马上上去人插好保险插销(如有必要)及井架照明灯的插头,此时将液路系统“工况选择”阀手柄移到中位,操纵液泵控制手柄,使液泵停止运转,紧接着拉好防风绷绳,紧到规定张度,然后再拉好二层台绷绳及负荷绷绳。

以上操作过程特别要强调的是动作轻柔,不要操之过急,各操纵手柄不可猛提猛放,井架起放前一定要对液缸进行排气,另外井架起升过程中要注意观察绷绳有无牵挂的地方。

双发动机的修井机,在用一台发动机工作时,另一台发动机的动力输出离合器必须处于分离状态。

## 3. 安装附属设备

安装好司钻控制箱、走道、护栏,插好各处定位插销,摆好所有扶梯,调试检查设备。

调试检查设备关系到设备的安全运转及井场工作人员的人身安全,应当由大班司钻专职负责,逐项检查测试。

(1) 检查车上各传动轴紧固螺栓是否扭紧。

(2) 检查各润滑部位,及时添加符合要求的润滑油及润滑脂。

(3) 检查液气路各控制阀手柄是否处在安全位置,液气路管线、接头、仪表是否有松动及泄漏。

- (4) 检查滚筒刹车机构,动作是否灵活可靠。
- (5) 检查大绳有无断丝及压扁等情况,不合格钢丝绳及时更换。
- (6) 应检查天车防碰机构,必须动作灵敏、正确、可靠。

#### 4. 注意事项

- (1) 操作时应注意集中精力,不可疏忽大意。
- (2) 井架起放时各液压手柄要轻提轻放,密切注意井架升降过程。
- (3) 操作动作应平稳,严禁猛提、猛放、猛刹、猛墩。
- (4) 当大钩悬重达到 30t 以上下钻时应使用辅助刹车(水刹车或盘式刹车),以降低大钩下降速度,减轻刹车块及刹车毂的磨损,严禁大钩下放途中挂合水刹车。
- (5) 严格控制大钩下放速度,防止刹车失灵,造成墩钻事故。
- (6) 根据大钩悬重合理选择挡位及提升速度。
- (7) 注意观察循环冷却水的温度,最高不超过 66℃。

### 四、修井机的维护保养

修井机是比较复杂的设备,因此它的维护保养也比较复杂。根据设备的结构,保养工作可分为以下几个部分:动力部分(主要是发动机及相关电路)、传动部分(包括绞车部分)、液路部分、气路部分。

#### 1. 动力部分(包括发动机及电路)的保养

- (1) 检查发动机冷却水,不足应加注至离水箱口 10 ~ 15mm 处。
- (2) 检查化验发动机机油,不足应加注至油面刻度位置,不合格者更换机油、机油滤子。
- (3) 检查清洗柴油粗滤清器,更换柴油细滤清器。
- (4) 检查清洁空气滤清器,滤清器节流损失应不大于 672mm 水压差,不合格者更换。
- (5) 检查燃油、冷却水、润滑管路有无渗漏,如有渗漏应整改。
- (6) 检查紧固发动机、水箱及附件固定螺栓,润滑风扇头轴承。
- (7) 检查风扇、发电机、空压机传动皮带张紧及磨损情况,如长度不一致或有破损应更换,如张紧度不足应调整。
- (8) 校对发动机机油压力表、油温表、水温表、变矩器压力表、温度表。
- (9) 测量进气歧管中冷器压力、涡轮增压器背压(涡轮增压器出口与外界压差不大于 645mm 水压差)。
- (10) 检查调整发动机怠速(630 ~ 680r/min)、高速(2000 ~ 2100r/min)。
- (11) 检查发动机停控装置、紧急熄火装置。
- (12) 清洁电瓶,检查电液,液面应高出极板 10 ~ 15mm。清洁、紧固极桩及连线。检查电路、仪表、灯光,如线路老化应更换,如仪表不灵或不显示应申请设备修保中心检修。
- (13) 检查风扇轴头是否松旷,检查风扇叶片是否干净清洁、有无裂纹,检查散热器有无严重油污灰尘。
- (14) 检查发动机固定螺栓是否固定牢靠。

#### 2. 传动部分(包括绞车部分)的维护保养

- (1) 检查各部链条的磨损情况及链条箱的润滑油面。
- (2) 检查滚筒有无异常响声,给轴承加注润滑脂。

(3) 检查、调整刹把高度,检查、调整刹车毂和刹车带之间的间隙,一般在 3 ~ 5mm 之间,否则会造成刹车刹不住或空游车放不下来的情况。

(4) 检查刹带死端及活端位置是否正确。

(5) 检查各传动轴螺栓有无松动,花键套及十字轴有无松旷、磨损,加注润脂。

(6) 检查角传动箱的润滑油面,检查角传动箱有无异常响声。

(7) 检查天车滑轮轴承有无松旷、磨损,加注润脂。

(8) 检查游车大钩滑轮轴承无松旷、磨损,加注润脂。

(9) 检查各部联结螺栓有无松动。

(10) 检查各部有无漏油。

### 3. 液路部分的维护保养

液压设备具有很多优点,但使用不正确或保养不当,都会出现各种故障,影响设备的正常运转,因此液压设备的正确使用和保养是十分重要的。

(1) 液压系统的压力在车辆出厂时已调好,在现场不允许调整。

(2) 按使用说明书的要求,添加或更换抗磨液压油,在向油箱加油时严禁打开人孔盖。

(3) 检查液压油的温度,35 ~ 65℃ 为正常,当温度超过规定时,应停车检查,排除故障后方可继续工作。

(4) 液压系统的压力表损坏或失灵应及时更换。

(5) 定期检查液压系统管件及接头的紧固情况。

(6) 定期清洗、更换滤芯,正常情况下每半年清洗一次,环境粉尘较大时清洗周期应适当缩短。

(7) 定期清洗液压油箱,更换液压油,正常情况下设备连续工作 2000 ~ 3000h 应清洗液压油箱,更换液压油。

(8) 定期检查液压小绞车内的润滑油平面。

### 4. 气路部分的维护保养

(1) 检查排污阀及干燥器的工作是否正常,有无漏气。

(2) 检查打气泵皮带张度是否合适。

(3) 在冬季给防冻器(如果有)加注酒精。

(4) 检查气路系统的橡胶管线有无老化及龟裂。

(5) 检查气路系统的阀件、管线及接头有无松动和漏气。

## 第二节 连续油管作业设备

连续油管也称为挠性油管,是由若干段长度在百米以上的柔性管通过焊接而成的无接头连续管。连续油管是相对于用螺纹连接下井的常规油管而言的,长度一般可达几百米至几千米。它可以卷绕在卷筒上,拉直后直接下井。

连续油管设备是一种液压驱动的修井设备,有车装和橇装两种。它的基本功能是向生产油管或套管内下入和起出连续油管,既可用于海上平台又可用于陆地油田。它可以代替一般的修井设备和钢丝作业设备进行修井、完井及钢丝作业等,特别是在气举、酸化、冲砂、洗井、打捞作业、打水泥塞、坐封油管封隔器、大斜度井及水平井作业等方面得到越来越广泛的应用。

与常规油管作业相比,连续油管作业具有许多明显的优势和特点,突出表现在以下方面;

(1)作业成本低。由于连续油管作业机设备少,搬迁、安装和作业准备时间短,加上连续油管起下作业速度快、工作量小,因此可直接降低成本,其作业费用可降低 25% ~ 40%。

(2)增加油井产量。通过油管老井重钻或侧钻水平井,连续油管作业技术可使原本没有经济效益的老井增加产量。

(3)保护油层,作业安全。对一些敏感地层,连续油管作业安全可靠,可进行不放喷放压的带压连续作业,有效防止地层污染,保护环境,保护油层,增加产量。

(4)在水平井、定向井作业中方便快捷。在水平井和大斜度定向井中,如电测和钢丝作业,或在水平井段中的冲砂洗井作业,连续油管技术具有方便作业的优势。

(5)海上作业优势明显。连续油管作业机占地面积小,特别适合地面条件受限制的海上平台钻井和过油管作业,可缩短作业周期,增加产量,降低成本。

连续油管不能旋转,这个缺点可通过用于轻负荷钻井作业的井底容积式钻井马达来克服,使连续油管也能连接一动力短节或旋转接头进行剪切或旋转。

## 一、连续油管作业机

连续油管作业机主要由注入头、动力源、卷筒、防喷系统等组成,如图 1-2 所示。

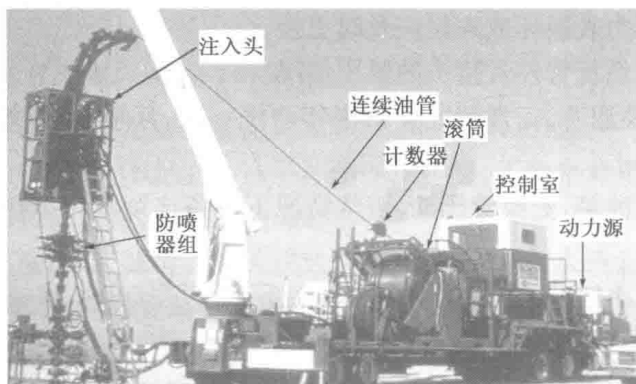


图 1-2 连续油管作业机示意图

### 1. 注入头

注入头是将连续油管下入井内或将连续油管提出井内的装置,如图 1-3 所示。其基本功能有:克服连续油管起下过程中与井壁的摩擦力和井筒中流体的浮力,将连续油管下入或起出井筒;控制连续油管的起下速度;作业过程中悬持油管。

(1)驱动部分。驱动部分由两个相对而视的链条盒构成,每个链条盒中含有两条环形的内链条和外链条,链条盒上装有两个液压动力装置,如图 1-4 所示。连续油管的运动原理如下:液压泵对链条盒提供液压传动力量,由于内链是双向驱动,因而可带动外链产生双向运动。外链紧密压合在连续油管上,产生轴向的摩擦力,这种摩擦力要远大于连续油管本身的自重,使之可自如地对油管进行上提、下放以及震击等作业。以哈里伯顿公司的驱动装置为例,有 30K 和 80K 两种。30K 的最大承载力为 17t (38000lb),最大速度为 26m/min (85ft/min);80K 的最大承载力为 36t (80000lb),最大速度为 52m/min (170ft/min)。

(2)导向部分。该装置位于驱动装置之上,连续油管从滚筒输出后被置于布满滚轴的鹅颈形轨道上,并有一个弯形的护棚,罩在连续油管上,使连续油管能更便捷地沿着所定轨道运

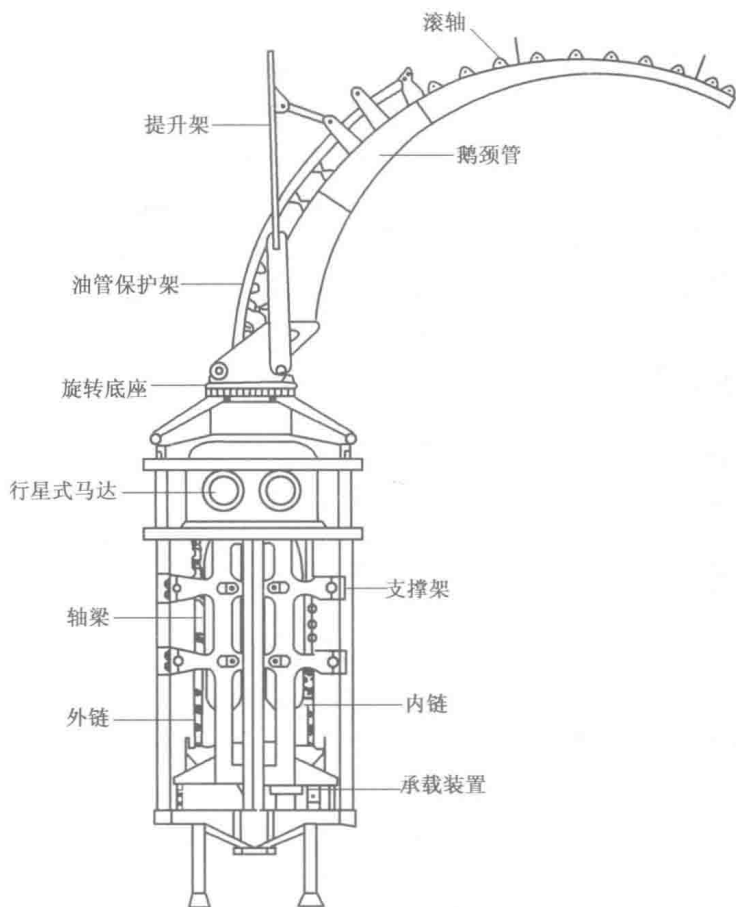


图 1-3 注入头总成

动,避免连续油管在运动中脱离轨道。根据连续油管直径不同选择不同的连续油管导向器。

(3) 负荷传感器。该装置位于注入头下端和支撑架之间,与井口装置相连,注入头的重量和在井内连续油管的重量通过负荷传感器与井口和支撑架分开。油管的负荷传感器通过液压系统传递到操作间的负荷显示表上,指示油管重量和提升力;双作用传感器可以计量轴向推力。

(4) 密封盒。该装置用法兰连接在注入头的底部,并在液压作用下通过弹簧加载进行开关工作,当油管通过时压紧油管可把连续油管的外环空与地面封隔。

## 2. 动力源

动力源由柴油机、液压泵、液压油箱及液压控制系统组成。它能向连续油管的注入头、油管滚筒控制系统、操作间及防喷器控制系统提供液压动力。

## 3. 卷筒

卷筒又称连续油管滚筒,是装载连续油管的部件,其外形尺寸主要由连续油管直径、连续油管长度、限高等决定,其连续油管直径与滚筒芯轴直径的关系为  $1:40$ 。卷筒上前方装有排管器,以保持油管有序地卷绕,并有计数器用于计量连续油管下入和起出的长度。

卷筒轴是空心的,中间由高压堵头隔开。空心轴的一端装高压气液旋转接头,与液体或气体泵送装置的出口连接。连续油管的首端经空心轴与旋转接头相通,在整个作业期间可连续泵送和循环液体或气体。空心轴的另一端装旋转电接头,电接头与轴中间的高压堵头由多芯电缆连接。当连续油管用于电缆作业时,电缆穿入连续油管内部,与油管一起下入井内。电缆



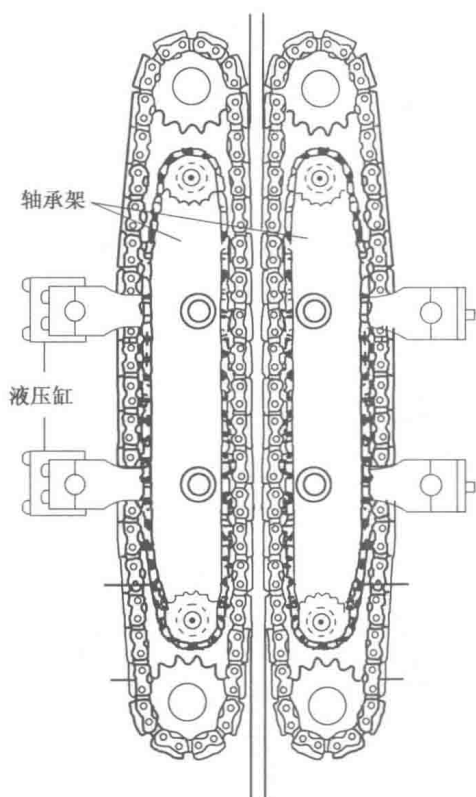


图 1-4 链条驱动装置

的首端与高压堵头相接,以传输电信号。

卷筒的转动由液压马达控制。液压马达的作用是在连续油管起下时在油管上保持一定的拉力,使油管紧绕在卷筒上。当连续油管在卷筒和链条牵引总成间断裂时,可用液压马达或块式制动器制动卷筒。

#### 4. 防喷系统

(1) 防喷器。它是一套由四组闸板组合在一起的防喷装置,即可以用液压控制又可以手动操作。这四组闸板从上到下依次为:全封闸板、剪切闸板、油管悬挂闸板、半封闸板。该系统设有平衡阀来平衡压力。在剪切闸板和油管悬挂闸板之间是一个 50.8mm (2in) 的低扭矩阀,它既可作为油嘴用,也可以接卸压管线。在紧急情况下,还可以接压井管线进行压井作业。

(2) 储能器。连续油管的储能器可分为两种类型:活塞型和助推型。前者多设置在驱动装置上,以防在发动机失灵等情况下,仍能控制外链挤压连续油管,防止连续油管松脱下滑;后者多设置在操作间下方,并与防喷器相连,以备在动力源失控情况下,

仍能提供能量关闭防喷器。所有的储能器都只储存液氮,而且氧气含量不可超过 3%。

(3) 防喷管。防喷管安装在密封盒和防喷器(或防喷器和采油树)之间,下入井下工具或起出井下工具时都需要防喷管,其结构和作用与钢丝作业防喷管一样。

#### 5. 计数器

连续油管计数器采用双滚轮同时计数,使其在某一个滚轮打滑的情况下仍然有一个滚轮起作用,避免由于滚轮打滑造成的计数不准。连续油管计数器可以通过连续油管的尺寸进行调节。

#### 6. 控制室

连续油管的控制室可通过液压控制而升降,坐在控制室内就可以看到连续油管的运动状况和井口的情况。

控制室内的仪表盘上安装了各式的控制阀和仪表。油管滚筒和注入头由双向开关来控制其传输的方向,速度的变化由调压阀控制,其压力显示在仪表盘上的两只压力表上。同样,油管排放器的马达、柴油机的油门、柴油机的紧急关断、井口压力表、油管悬重仪、防喷器等装置的控制开关也都在控制室的仪表盘上。为防止操作失误而造成事故,防喷器开关上装有保护板以保证安全。另外在控制室还有备用的手压泵,以便在液压系统失效时,控制注入头和防喷盒,以及在储能器失效时用于防喷器紧急关断。

## 二、连续油管作业中常用的井下工具

(1) 油管连接器:用于连接连续油管与各种井下工具。

(2) 液压脱手接头:用于将设计需要留在井内的工具脱手后留在井内(如桥塞等),或当由于井下工具遇卡不能取出时,用液压脱手接头将遇卡的工具脱手后留在井内。

(3)扶正器:一般用在大于73mm(2 $\frac{7}{8}$ in)的油管内部,达到扶正工具的作用。

(4)万向节:为球链形连接,其偏转角可达25°,中间为空心,可以进行循环等作业并可以承受内压。万向节主要用于连续油管的打捞作业或通过大斜度井段下入各种工具,使工具串在油管内偏转自如,从而减少工具遇卡的可能性。

(5)震击器总成:包括加重杆、加速器和震击器三部分。

①连续油管用的加重杆一般用于加速器和震击器之间,通过加速器和震击器产生所需的冲击力来进行各种井下工具的投捞作用,加重杆的空心能保证连续不断循环作业。通过增加工具串的重量来产生更大的震击力以保证各种投捞作业的完成。

②加速器是用来储存能量以便进行剪切销钉、开关滑套、打捞落鱼等。加速器(向上和向下两种)连接在加重杆、震击器之上,万向节之下,如果油管尺寸大于73mm(2 $\frac{7}{8}$ in),在万向节和加速器之间应加一个扶正器。在组装工具时必须选择合适的下接头以便产生合适的震击方向(向上或向下)。加速器的能量储存在弹簧中,向下震击弹簧受压,向上震击弹簧受拉。压缩弹簧或拉伸弹簧的力大约需要363kg(800lb),所产生的震击力可达9t(20000lb)。

③震击器(向上或向下)用于重型作业的加速器和加重杆之间,一般采用液压式,是一种延时装置以便将能量存在加速器上,然后将能量转变成很大的震击力。震击器连接于加重杆和加速器之下,其他下入或回收工具之上。震击器在时间延时后产生无任何限制的冲程。当液压油通过活塞环端部的间隙时,产生一定时间的延时,当震击器运动一个短冲程后,旁通槽使震击器产生无阻力冲程,由无阻力冲程和加速器储存的能量一起产生一个大冲击力。震击器内液压油的黏度影响延时时间的长短,如果需要延时时间较长,则选用黏度较高的液压油。

(6)液压喷射工具:是用高压液体来冲砂,清除砂桥,清洗射孔段或裸跟井段,清洗管内壁或滑套、工作筒内的结垢物。液压喷射工具采用外装弹簧的心轴及上、下棘轮的结构。当向液压喷射工具的内部加压时,下部棘轮能使内部心轴和喷嘴头转动15°。当将泵压放掉时,上部棘轮可防止芯轴和喷嘴转动。在作业中,只需将泵压放掉,然后重新加压,即可使喷嘴旋转15°。每重复一次旋转15°,此工具就能向下冲洗、向四周冲洗,以及同时向下和向四周冲洗,可更有效地清洗射孔段及工具的内槽等。喷嘴尺寸的选择与泵压、油管压力、油管尺寸及所用的液体有关。

(7)过油管回压阀(单流阀):包含有一个或两个活门型关闭机构,当通过连续油管泵送液体时,这个机构一直是打开的。当地面有漏失或停泵时,活门自动关闭连续油管通道。回压阀在酸化作业中可作为安全工具使用,可以安装在工具管柱的任何部位,但推荐安装在连续油管连接接头以下。

(8)循环阀:用在处理封隔器上部层位和挤注操作中,在下入工具中提供一循环通道。需打开时,将球坐在内部套筒上,给油管施加压力下移套筒,打开循环孔。阀一旦打开,无法再关闭。下入封隔器作业时,坐封封隔器以后打开循环阀,可处理封隔器以上的层位。一般是在下部层位处理完以后进行。在桥塞作业中,循环阀打开后允许将桥堵剂驱替到坐封桥塞的上面。

(9)管内过滤器:与喷射工具配套使用,一般连接在喷射工具之上,目的是将泵入的液体在进入喷嘴前进行最后一次过滤,防止液体中的颗粒物堵塞喷嘴。一般在泵压过高时,需起出清洗或更换。