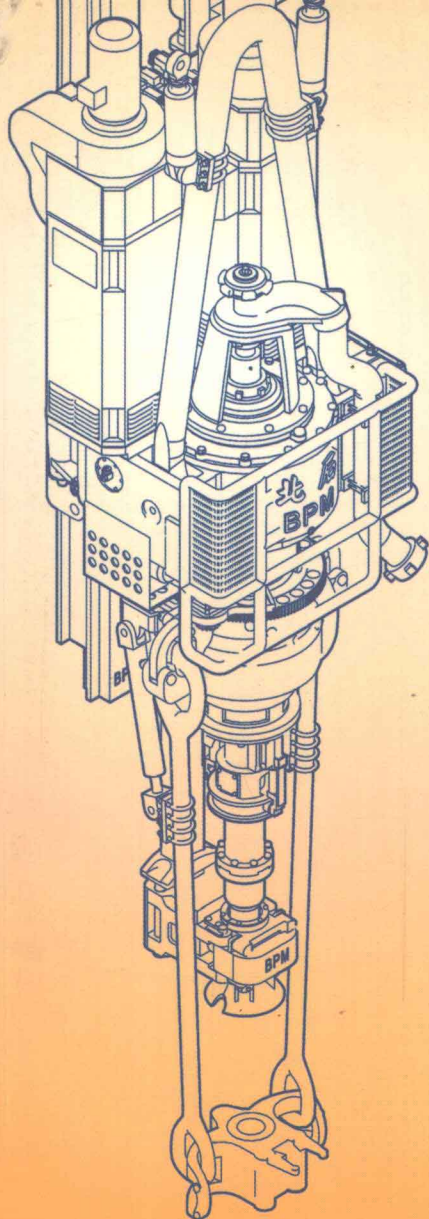


DINGBU QUDONG
ZUANJING ZHUANGZHI
CAOZUO ZHINAN



刘广华 主编

顶部驱动钻井装置 操作指南

石油工业出版社

顶部驱动钻井装置操作指南

刘广华 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书结合北石顶驱详细介绍了顶部驱动钻井装置的结构、工作原理，总结了现场使用经验，重点介绍了顶驱装置的安装、调试、拆卸以及顶驱装置的操作、维护、保养与故障诊断等。

本书既可作为顶驱装置现场作业人员操作和维护的参考资料，也可以作为培训教材，同时可供相关技术人员、管理人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

顶部驱动钻井装置操作指南 / 刘广华主编 .
北京: 石油工业出版社, 2010.3
ISBN 978-7-5021-7472-9

I . 顶…
II . 刘…
III . 油气钻井 — 机械设备 — 指南
IV . TE92-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 194861 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: 石油工业出版社印刷厂

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11.5
字数: 197 千字 印数: 1—2000 册

定价: 50.00 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

《顶部驱动钻井装置操作指南》

编 写 组

主 编 刘广华

成 员 邹连阳 刘新立 贾勤斌 谢宏峰 赵 静
李美华 陕小平 齐建雄 张红军 王昆鹏
王 博 马 瑞 谢海欢 庞辉仙 孙明寰
赵建辉 马芳沁

前 言

自 20 世纪 90 年代初我国引进第一台顶部驱动钻井装置（简称顶驱或顶驱装置），特别是进入 21 世纪以来，顶驱装置的应用以及顶驱钻井技术取得了快速的发展。

我国自 1992 年开始研制国产顶部驱动钻井装置，2003 年开始在中国石油北京石油机械厂实施国产顶驱装置产业化。2004 年初，第一台国产交流变频驱动顶驱装置出厂应用。至今，北石顶驱已在国内外石油钻井领域中应用超过 240 台，其中 50% 在国外应用。

顶部驱动钻井装置是机械、电气、液压、信息等技术高度集成的钻井装备，其使用和维护都需要专业的机、电、液知识。

为了使钻井工程技术人员和管理人员更好地了解和使用顶驱装置，发挥顶驱装置安全、高效等诸多优点，我们总结了现场使用经验，并结合我们研发、制造和维修的体会，编写了本书。

本书内容涵盖了顶部驱动钻井装置的原理、结构、使用和维护保养等方面的内容，以及与顶驱装置相关的参考资料。本书既可以作为顶驱操作和维护的参考资料，也可以作为顶驱技术培训的教材。

全书共分为 6 章，具体编写分工为：第一章概述由刘广华、谢宏峰、赵静、陕小平、马芳沁编写；第二章顶驱装置主体结构由刘新立、谢宏峰、张红军、贾勤斌编写；第三章电气传动与控制系统由邹连阳、谢海欢、马瑞、王昆鹏、王博编写；第四章液压传动与控制系统由邹连阳、齐建雄、庞辉仙、孙明寰编写；第五章顶驱装置的安装、拆卸与储运由刘新立、李美华、张红军、赵建辉编写；第六章顶驱装置的操作、维护与故障排除由邹连阳、谢宏峰、张红军、王昆鹏、马芳沁编写。全书承马家骥、董杰、赵国珍三位专家审阅，提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于我们的水平不高，掌握的资料和业务知识有限，书中难免存在不足，诚恳希望各位钻井同仁给予批评指正。

本书所涉及的有关公司的名称、专利和技术等均为该相关公司所有。

编 者

2009 年 10 月

目 录

第一章 概述	1
1.1 顶部驱动钻井装置简介	1
1.2 顶驱装置的类型及主要技术参数	4
1.2.1 顶驱装置的类型	4
1.2.2 顶驱装置的主要技术参数	5
1.3 顶驱装置的优点	5
1.4 顶驱装置的发展历程	6
1.4.1 国外顶驱装置的发展历程	6
1.4.2 国内顶驱装置的发展历程	7
1.5 国内外典型顶驱装置产品	8
1.5.1 北石顶驱	8
1.5.2 Varco 顶驱	14
1.5.3 MH 顶驱	16
1.5.4 Tesco 顶驱	17
1.5.5 Canrig 顶驱	18
第二章 顶驱装置主体结构	21
2.1 动力水龙头	22
2.1.1 提环总成与平衡系统	22
2.1.2 电机总成	28
2.1.3 减速箱总成	32
2.2 管子处理装置	35
2.2.1 旋转机构	35
2.2.2 吊环倾斜机构	37
2.2.3 背钳	39
2.3 钻井液循环通道	42
2.3.1 鹅颈管总成	43
2.3.2 内防喷器及其控制装置	45

2.3.3	保护接头	47
2.3.4	防松装置	48
2.4	导轨与滑车	48
2.4.1	导轨	48
2.4.2	滑车	50
2.4.3	反扭矩梁	52
第三章	电气传动与控制系统	53
3.1	概述	53
3.2	北石顶驱电控系统	53
3.2.1	系统结构	53
3.2.2	电控房	54
3.2.3	驱动系统结构	55
3.2.4	控制部分结构	56
3.2.5	控制子站	62
3.2.6	连接附件	63
3.3	交流变频传动系统	65
3.3.1	电动机	65
3.3.2	变频调速	67
3.3.3	北石顶驱交流变频传动系统	70
3.4	电气控制与监控系统	82
3.4.1	可编程控制器	82
3.4.2	网络通讯	85
3.4.3	顶驱自动控制及监控系统	86
3.4.4	监控记录功能	89
3.5	顶驱电控系统扩展内容	94
3.5.1	输入电源电压及频率对顶驱电控系统的影响	94
3.5.2	谐波对顶驱电控系统的影响及解决办法	95
第四章	液压传动与控制系统	98
4.1	液压源	99
4.1.1	液压源系统结构与工作原理	100
4.1.2	北石顶驱液压源系统的基本参数	103
4.1.3	液压源主要元器件	104

4.2	主阀块组及各系统回路	106
4.2.1	主阀块组	106
4.2.2	平衡系统	107
4.2.3	倾斜系统	109
4.2.4	内防喷器液压系统	111
4.2.5	回转系统	112
4.2.6	刹车系统	112
4.2.7	背钳系统	114
4.2.8	锁紧系统	114
4.3	辅助件	115
4.3.1	蓄能器	115
4.3.2	过滤器	116
4.3.3	油箱	117
4.3.4	热交换器	117
4.3.5	顶驱微循环系统	119
4.3.6	管线与接头	121
第五章	顶驱装置的安装、拆卸与储运	122
5.1	安装准备	122
5.1.1	设备清点	122
5.1.2	工作计划	122
5.1.3	井场布置	123
5.1.4	井架改造	123
5.1.5	其他改动	127
5.2	顶驱安装	127
5.2.1	电控房的安装	127
5.2.2	司钻台的安装	127
5.2.3	辅助操作台的安装	128
5.2.4	液压源的安装	128
5.2.5	导轨与本体的安装	129
5.2.6	管线的安装	130
5.2.7	其他部分的安装	132
5.2.8	检查	132
5.3	调试	133

5.3.1	导轨滑车调试	133
5.3.2	电控系统调试	133
5.3.3	主电动机冷却风机调试	133
5.3.4	主电动机运行调试	133
5.3.5	液压系统调试	134
5.4	拆卸及存放	134
5.4.1	拆卸前的准备	134
5.4.2	拆卸过程中注意事项	134
5.4.3	拆卸与存放	135
5.5	运输	137
第六章	顶驱装置的操作、维护与故障排除	138
6.1	顶驱装置的操作	138
6.1.1	起下钻作业	138
6.1.2	钻进	139
6.1.3	倒划眼	141
6.1.4	用顶驱装置上卸扣	142
6.1.5	下套管作业	143
6.1.6	特殊操作	143
6.1.7	井控操作	145
6.2	顶驱装置的维护保养	148
6.2.1	检查路线	148
6.2.2	电气系统的维护与保养	148
6.2.3	液压系统的维护与保养	150
6.2.4	顶驱本体的维护与保养	156
6.2.5	维护保养周期	160
6.3	常见故障诊断与排除	162
6.3.1	查找和处理故障的原则	162
6.3.2	顶驱装置常见故障	163
附录一	液压系统图符号说明	167
附录二	钻杆接头尺寸	169
附录三	螺栓扭矩表	170
附录四	推荐顶驱用壳牌油（脂）型号选配表	173

第一章 概 述

1.1 顶部驱动钻井装置简介

石油钻机顶部驱动钻井装置，简称“顶驱装置”或“顶驱”，是 20 世纪 80 年代出现的一种新型钻井装备。它能从井架空间上部直接驱动钻柱并沿专用导轨向下送进，可完成旋转钻进、循环钻井液、接立根、上卸扣和倒划眼等多种钻井操作。

安装顶驱装置后的典型井架界面如图 1-1 所示。

由图可知，顶驱装置一般包括以下几部分：

(1) 顶驱装置本体。本体是顶驱装置实现其功能的核心部分，包括为钻井提供旋转动力的动力水龙头、用于拆卸和连接管柱的管子处理装置、为钻井液循环提供通道的钻井液循环通道及其他用于系统监测或保护的辅助装置（包括刹车装置、测速编码器、温度传感器等）。典型的电驱动顶驱装置本体结构如图 1-2 所示。

(2) 导轨与滑车。导轨与滑车的主要功能是使顶驱装置在井架范围内上下滑动，在钻井作业过程中保持其相对于井架的正确位置，并承受反扭矩。

(3) 传动与控制系统。顶驱装置的传动与控制系统主要为钻井提供动力、设备检测、操作控制等，是顶驱装置自动化程度的集中体现。

其主运动（即动力机旋转）的传动与控制方式，一般有电气和液压两种。电气传动与控制系统主要包括交流变频驱动系统（VFD）或 AC—SCR—DC 驱动系统、自动化控制系统（PLC/MCC）、司钻操作台、本体站、动力电缆、控制电缆等。液压传动与控制系统主要包括动力站、司钻操作台、连接管缆、电控系统等。

辅助运动，如本体重量平衡、上卸扣、背钳夹紧与松开、吊环前后倾、旋转头旋转与锁紧、内防喷器开关、主电机制动与松开等，一般均采用液压系统远程控制，它使顶驱装置的各种功能得以充分展现。

在顶驱装置具体钻井作业时，本体通过提环与钻机的游车或大钩相连，操

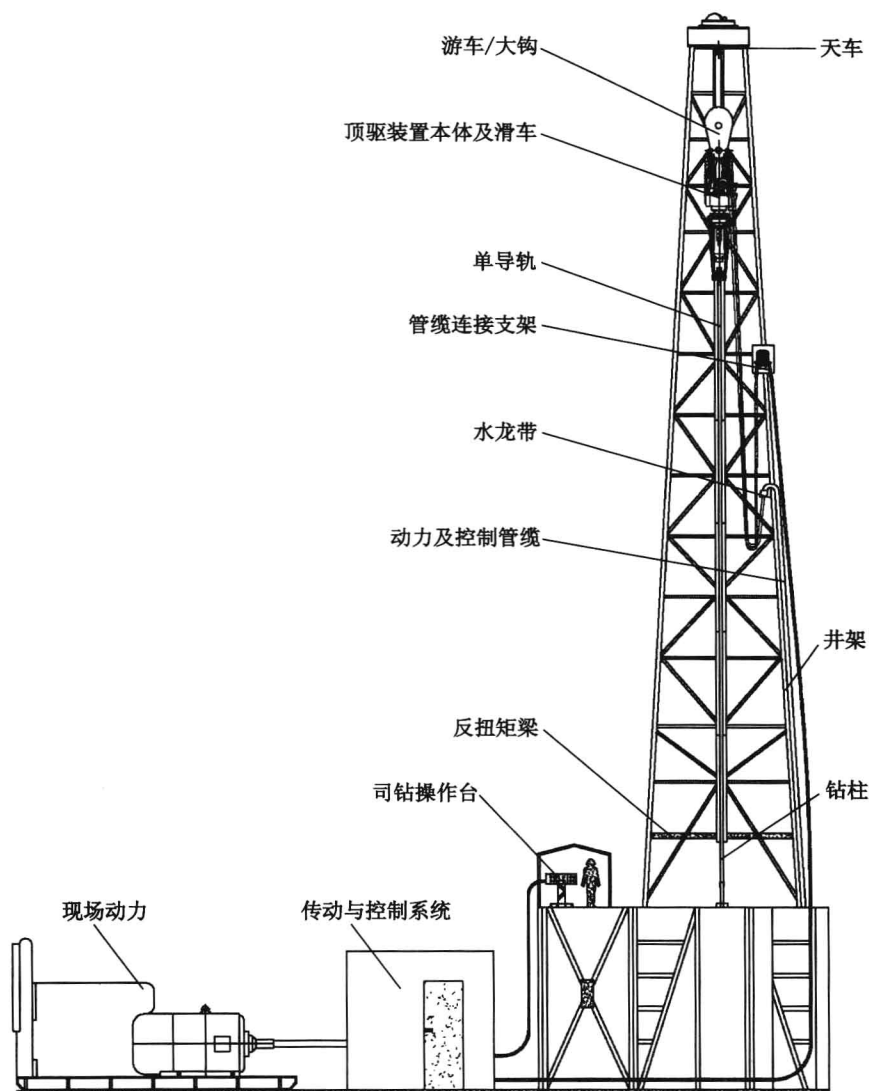


图 1-1 安装顶驱装置后的典型井架界面

作人员自司钻操作台给出指令信号，通过信号线反馈给传动与控制系统，系统做出判断后通过动力及控制管缆传输给本体，配合钻机的提升系统、循环系统等实现各种钻井操作。

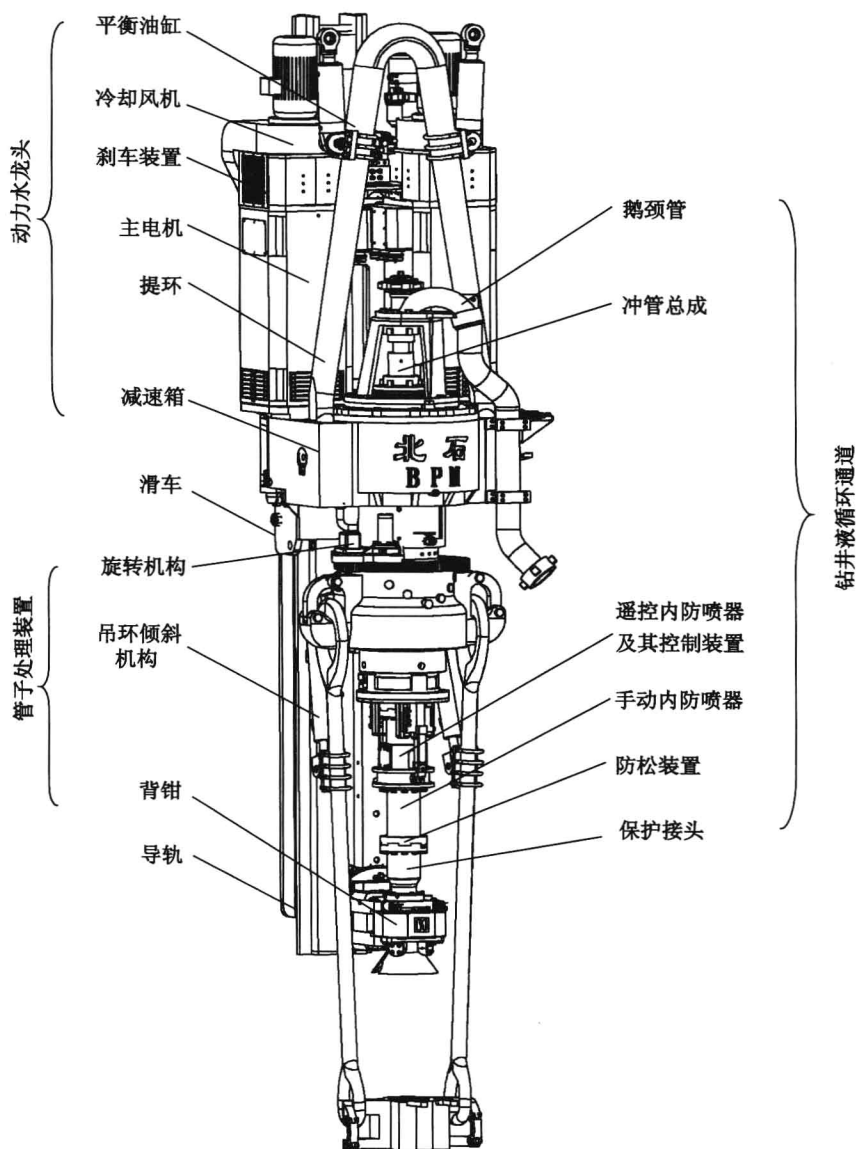


图 1-2 典型电驱动顶驱装置本体

1.2 顶驱装置的类型及主要技术参数

1.2.1 顶驱装置的类型

1.2.1.1 按驱动方式分类

顶驱装置按驱动方式（指主运动的驱动方式）分类，有电驱动（动力机为电动机）和液压驱动（动力机为液压马达）两大类。其中电驱动又可分为直流（AC-SCR-DC）电驱动和交流变频（AC VFD）电驱动两种型式。

直流电驱动的主要优点是成本低、谐波干扰少。但由于一些诸如碳刷会产生火花，采用可控硅系统接口复杂、价格高、体积大等不足，目前使用不多。

交流变频电驱动是一种成熟的调速技术，可精确地调节和控制电动机的工作转速和扭矩，有调速范围宽、过载能力强、工作效率高等优点，具有更好的钻井适应性、经济性、可靠性及先进性，易与钻机配套，因此广泛应用于海洋、陆地等钻机上，是顶驱装置的主要发展方向。

液压驱动的主要优点是质量轻、体积小，可以直接通过对液压马达的控制，在低转速下以大扭矩连续运行。其不足之处在于传动效率低、维护要求高、过载能力差。因此液压驱动顶驱装置主要适用于大型车装设备不能进入的地区或小型钻机和修井机上。

1.2.1.2 按承载能力和钻井深度分类

按承载能力来分，顶驱装置一般分为 1000t^①，750t，500t，350t，250t，150t 等，均指美制短吨。

国内，习惯以与承载能力对应的名义钻井深度表示：12000m、9000m、7000m、5000m、4000m、3000m 等，一般指使用 4¹/₂in 钻杆的名义钻井深度。

1.2.1.3 按作业区域分类

按作业区域来分，顶驱装置可分为陆地顶驱和海洋顶驱。陆地顶驱整机尺寸小，便于安装拆卸，适合陆地钻机频繁更换井位的需要，应用多，分布广；海洋顶驱要求能够在海洋或沿海地带使用，通常在同一钻井平台的作业时间较

① 这里指载荷。

长, 因此具有钻井能力大、结构紧凑、安全、可靠性高等特点。同时还必须满足海洋环境下防盐雾、防腐蚀、阻燃、防爆等要求, 并通过船级社(如中国船级社 CCS、美国船级社 ABS 等)认证。

1.2.2 顶驱装置的主要技术参数

顶驱装置的主要技术参数包括名义钻井深度、额定载荷、连续钻井扭矩、最大旋松螺纹扭矩、钻井液通道直径、钻井液循环工作压力、背钳夹持范围、转速、输入功率、工作高度等, 其内涵如下:

名义钻井深度——与钻机设计钻井深度相对应, 按 $\phi 114\text{mm}$ ($4\frac{1}{2}\text{in}$) 钻杆标注, 单位 m。

额定载荷——顶驱装置的设计载荷, 它表明了顶驱装置的最大承载能力, 单位 kN (或 tf)。

连续钻井扭矩——正常钻井时, 顶驱装置所能提供的最大扭矩, 单位 $\text{kN}\cdot\text{m}$ (或 $\text{lbf}\cdot\text{ft}$)。

最大旋松螺纹扭矩——亦称最大卸扣扭矩, 是顶驱装置卸扣时的最大扭矩, 即短时最大扭矩, 单位 $\text{kN}\cdot\text{m}$ (或 $\text{lbf}\cdot\text{ft}$)。

钻井液通道直径——指鹅颈管、主轴、内防喷器等用于钻井液循环的通道内孔直径, 单位 mm (或 in)。

钻井液循环工作压力——钻井液循环通道在正常钻井条件下规定能承受的最大压力, 单位 MPa (或 psi)。

背钳夹持范围——指管子处理装置所能夹持的钻杆范围, 单位 mm (或 in)。

转速——主轴转速, 单位 r/min 。

输入功率——动力机的输入功率, 单位 kW (或 hp)。

工作高度——顶驱装置提环与钻机提升系统连接处的下平面到吊卡上平面的高度, 是计算安全高度的重要参数, 单位 m 或 mm。

1.3 顶驱装置的优点

顶驱装置的优越性主要体现在以下几个方面:

(1) 及时旋转钻柱和循环钻井液。采用顶驱装置钻井, 在起下钻遇到阻卡时可以在任意位置使顶驱装置与钻柱连接, 开泵循环钻井液, 进行划眼或倒划眼, 从而降低了起下钻的事故率。

(2) 立根钻进。与转盘钻井使用方钻杆钻进相比，顶驱装置采用立根钻进，减少了接单根及停泵的次数，节省接单根时间 50% ~ 70%，作业效率提高。在取心作业过程中，可以一次连续钻进 24 ~ 27m，中间无需接单根，不但减少了作业时间，而且由于连续作业保证了长筒取心的质量。

(3) 内防喷器功能。顶驱装置一般都装有内防喷器 (Inner Blowout Preventer, 简称 IBOP)，在钻进时遇井涌等情况，可以随时停泵，并遥控关闭内防喷器，避免事故发生。起下钻遇到井涌等情况，可以在任何位置连接顶驱装置与钻柱，遥控关闭内防喷器和井口防喷装置控制井涌，并可以循环钻井液压井，减少井喷事故的发生，缩短井涌的处理时间。

(4) 机械化程度提高。顶驱装置具有管子处理功能，通过其自身的管子处理装置方便的实现抓放钻杆、上卸扣和下套管等操作，并可在任何时候、任意位置完成上卸扣作业。一般只需要工人在二层台处开扣吊卡或钻台面提放卡瓦，因此大大改善了工人的操作条件，提高了机械化程度。

(5) 安全性提高。顶驱装置的使用，降低了事故发生率及工人的劳动强度，减少了钻台工人操作的危险程度，使得人员更安全；能够及时处理井涌、遇阻、遇卡等情况，提高井下安全；控制上卸扣扭矩，运行平稳，提高设备安全。

综上所述，顶驱装置在节省时间、处理井下复杂、机械化程度、安全等各方面均明显优于转盘钻井，逐渐成为钻机的标准配置之一，应用前景十分广阔。

1.4 顶驱装置的发展历程

1.4.1 国外顶驱装置的发展历程

国外生产顶驱装置的公司主要有美国 Varco 公司、挪威 MH 公司、加拿大 Tesco 公司和加拿大 Canrig 公司等。

美国 Varco 公司根据市场需要，自 20 世纪 70 年代开始研究开发顶驱装置。80 年代初研制出 TDS-1 型顶驱装置，随后设计了 TDS-2 型顶驱装置。1983 年生产了单速 TDS-3 型顶驱装置，并由此形成了工业标准。1988 年研制开发了具有新标准的双速 TDS-4 型顶驱装置，同年还生产了单速 TDS-5 型顶驱装置。至 80 年代末，在 TDS-3H 型及 TDS-4 型上应用了新式高扭矩马达。20 世纪 90 年代开始应用整体式水龙头，1990 年首先装配在 TDS-3S、TDS-4S 两种型号的顶驱装置上，并得到了广泛应用。随着钻井深度的增加，要求驱动更大

重量的钻柱，于是设计了双马达驱动的 TDS-6S 型顶驱装置，它具有单速传动，用于深井钻机。1991 ~ 1992 年间，先后研制出 TDS-3SB、TDS-4SB、TDS-6SB 等型号的顶驱装置。1993 年研制的 IDS 型整体式顶驱装置，是一种具有紧凑行星齿轮驱动的先进装置。1994 年开发的 TDS-9SA 型顶部驱动钻井装置，起升能力为 400tf，为第一台双交流电动机驱动方式。1996 年研制出载荷为 500tf 的 TDS-11SA 型及载荷为 250tf 的 TDS-10SA 型顶部驱动钻井装置。在 Varco 公司先后研制的 10 多种型号的顶驱装置中，以 TDS-11SA 和 TDS-10SA 顶驱装置最具有代表性，也是进入我国市场最多的产品。

挪威 MH 公司从 1984 年开始研制顶驱装置，以海上钻井平台用的 DDM 系列重型顶驱装置为主，如 DDM650 型、DDM750/1000 型等，采用液压驱动或电驱动方式。另外，为适应陆地钻井的要求，MH 公司还研制了 PTD 系列的轻便式顶驱装置，形成了 PTD 410 HY 型和 PTD 500 HY 型等规格系列顶驱装置，都是全部采用液压驱动。

加拿大 Tesco 公司从 1993 年开始研制陆地钻机使用的顶驱装置，早期生产液压驱动顶驱装置，由于电驱动顶驱装置具有更好的钻井性能和适应性，从 1996 年开始 Tesco 生产交流变频电驱动顶驱装置。目前 Tesco 公司生产这两种驱动方式的顶驱装置已经形成了多种规格系列。

加拿大 Canrig 公司开始只生产直流电驱动顶驱装置，分别形成 6027E、8035E、1050E、1165E 等 4 种规格单速传动和 6027E-2SP、6170E-2SP-HELI、1050E-2SP、1165E-2SP 型等 4 种规格双速传动的顶驱装置产品。1998 年以来，为适应交流变频钻机的使用，开始生产交流变频电驱动顶驱装置，目前基本上形成了 175tf、275tf、500tf、750tf 等规格系列。

1.4.2 国内顶驱装置的发展历程

我国从 20 世纪 90 年代初开始研制顶驱装置，1993 年中国石油天然气总公司立项，由中国石油勘探开发科学研究院机械所、宝鸡石油机械厂等单位联合承担试制开发任务。1997 年 4 月 DQ60D1 样机由在塔里木油田作业的胜利钻井公司 60501 钻井队进行了工业性试验，完成了 5590m 深井的钻井作业，经受了阻卡等井下复杂情况的考验。1997 年底，国产顶驱装置通过技术鉴定，使我国成为继美国、加拿大、挪威等国家后少数可以制造顶驱装置的国家之一。

随后先后推出的 DQ60P 直流电驱动顶驱装置、DQ30Y 液压驱动顶驱装置等不同型号的样机，分别在国内和国外钻井作业中使用，均取得了较好的效果。

随着石油工业的发展,国内深井、复杂井不断增多,出国钻井作业的队伍大量增长,使得顶驱装置在国内外的需求量急剧增加。同时由于国外的顶驱装置价格贵、服务不及时,维护使用成本高等限制,中国石油天然气集团公司于2003年1月正式立项,组织中国石油勘探开发科学研究院与北京石油机械厂实施国产顶驱装置产业化,在北京石油机械厂研制生产交流变频电驱动顶驱装置。2004年初,拥有中国石油天然气集团公司自主知识产权的国产首台500tf交流变频电驱动顶驱装置DQ70BS出厂,并在新疆霍001井成功应用。经中国石油天然气集团公司组织的专家测试组试验检测,认为“DQ70BS技术性能先进,功能齐全,运行安全可靠,能满足设计要求和钻井作业需要”,从而使我国的顶驱装置设计制造技术水平跻身于国际先进行列。

顶驱装置的成果产业化,打破了国外公司对其技术的垄断,不仅性能先进,可与国外产品媲美,而且具有价格优势,服务更加周到。它结束了顶驱装置依赖进口的历史,具有里程碑式的意义。

1.5 国内外典型顶驱装置产品

1.5.1 北石顶驱

北石顶驱是国内起步最早,生产规模最大,产品规格最全的顶驱装置。产品先后通过美国石油学会API Spec 8A/8C、中国船级社CCS认证。获中国石油天然气集团公司“技术创新一等奖”、“第九届中国专利优秀奖”、“深圳高交会优秀产品奖”,入选“2007年度国家重点新产品计划”,获“2008年度中国机械工业科学技术奖”等殊荣。北京石油机械厂作为牵头单位还组织编制了《石油钻机顶部驱动装置》石油行业标准。

北石顶驱自2004年3月推出国内首台交流变频顶驱装置DQ70BS,并在新疆霍001井成功使用后,又相继研制生产出了DQ40BC、DQ90BSC、DQ70BSD、DQ50BC、DQ40Y、DQ120BSC、DQ90BSD、DQ40BCQ、DQ70BSE、DQ30Y等系列顶驱装置,目前在数十个国家和地区成功应用,可与国内外3000~12000m钻机配套使用。

1.5.1.1 技术特点

北石顶驱(以DQ70BSC为例)技术特点主要包括: