

以自动化技术武装国产精良顶驱

——记北京石油机械厂

北京石油机械厂是一个有着近五十年历史的国有中二型企业，是国内石油行业最早通过 ISO9000 质量体系认证的企业，目前她已经成长为一个集开发、设计、制造、销售、服务为一体的石油钻采装备专业制造企业，并且光荣的成为我国首台交流变频顶驱装置的研制者，仅用短短四年半的时间，完成了 100 台顶驱装置的设计和制造。北石厂自知面临着既要在技术上保证顶驱产品的国际级水准，又要拉大与国内同行间的竞争优势的重要使命。早在 2003 年实施国产顶驱产业化攻关项目伊始，北石厂便开始了与世界一流的自动化系统解决方案提供商——西门子公司的长期合作关系，这一高瞻远瞩的战略选择最终成就了其国内顶驱市场头把交椅的至尊位置。

作为我国首台交流变频顶驱装置的研制者，北京石油机械厂（以下简称北石厂）无时无刻不在感觉着肩负的重要使命。一是面对愈发激烈的国际竞争，国产顶驱需要在不断与国外知名品牌顶驱的“交手”中保持“技高一筹”，一是由于国内民营、国资和外资石油钻采设备制造厂商的快速发展，应对石油钻采设备日益严峻的价格压力。北石厂既要在技术上保证顶驱产品的国际级水准，又要拉大与国内同行间的竞争优势。



图 1：北京石油机械厂概貌

这家有着近五十年历史的国有中二型企业，是国内石油行业最早通过 ISO9000 质量体系认证的企业，先后取得美国石油学会 API SPEC 16D 等证书许可权。目前拥有螺杆钻具系列、地面防喷器控制装置系列、井下单螺杆抽油泵系列、震击器系列、顶部驱动钻井装置等产品，2007 年度实现工业总产值 12 亿元，销售收入 8.82 亿元，是集开发、设计、制造、销售、服务为一体的石油钻采装备专业制造企业。其中北石厂自主研发的交流变频顶部驱动钻井装置，拥有中国石油天然气集团公司（CNPC）自主知识产权，采用了多项国家专利技术，填补了国内空白。

紧握石油钻采的发展契机

近年来我国对石油能源开发力度的加大和石油钻采设备出口的急剧增加，极大地拉动了我国石油钻采设备制造业的需求和发展。根据国家权威资料显示，2006 年 1-10 月，全国石油钻采专用设备制造业共实现销售收入 244.24 亿元，同比增长 75.12%，比去年同期快 33.25%；利润 24.17 亿元，同比增长 115.80%，比去年同期快 40.82%。当前，我国是世界上极少数能成套生产 1000-9000 米钻机的国家，且国产 12000 米的钻机已经面世。

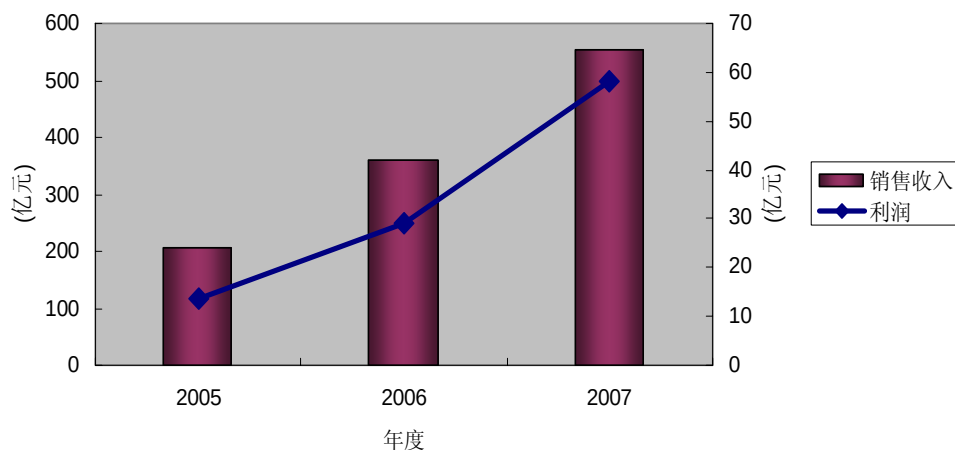


图 2：2005-2007 年度我国石油钻采设备制造业销售收入和利润增长趋势图

北石厂副厂长兼总工程师邹连阳教授相当看好国内的石油钻采市场：“由于石油行业的发展前景良好，我厂每年的产值和利润都在翻倍增长。石油行业良好的大环境同时带动了相关产业的发展，石油行业上游和下游的分布大体是上游以钻井采油为主，下游以炼化化工为主。我们的产品覆盖中石油、中石化所属的陆上油气田和中海油所属海上油田，出口到 40 多个国家和地区，‘北石’和‘BPM’已成为国内外石油界普遍认可的品牌。尤其在‘十一五’规划纲要中，国家更加重视能源质量、安全生产和大型机械制造业的发展，为我厂带来了新的发展契机。”



图 3：北石厂副厂长兼总工程师邹连阳教授

“我们这种提供大型设备产品的厂商，最重要的是要靠质量、靠可靠性、靠竞争能力以取得发展，同时顶住已有的价格压力。用户最基本的设备需求，比如钻采 24 小时不能停机，通过考核每月停机的小时数来确定产品的质量和性能。我厂的设备能够被全球各大国家广泛采用，也是凭借着数年积累的技术、性能和可靠性口碑。”

“在我厂提出的三化战略——也就是科技化、数字化和国际化战略的指引下。作为北京

市数字化示范企业，自动化和信息化是我们非常关心的领域，我厂的数字化和信息化已经涵盖了研发、管理、制造和生产等各个领域。全厂共有职工 600 余名，配备电脑 300 台左右，平均每两人一台计算机的终端拥有率，是同行业内领先的。”北石厂总工程师办公室沈克工程师也对企业取得的成绩充满了自豪。

从首台到百台顶驱的质变

顶驱是顶部驱动钻井装置的简称，是当今油气钻井界的重大前沿技术与装备，被誉为近代钻井装备的三大技术成果之一。曾几何时，这种装置只有美国、加拿大等少数几个发达国家能够生产。为了生产具有自主知识产权的顶部驱动装置产品，北石厂自 2003 年开始研制交流变频顶部驱动钻井装置，并成功实现了产业化。

邹连阳教授介绍说：“顶驱是 2003 年 1 月立项，当时就想把这个项目的整体水平提高，包括设计手段的水平、设计理念的水平，我们希望用最先进的方法设计出最好的产品。”早在实施国产顶驱产业化攻关项目伊始，北石厂便开始了与世界一流的自动化系统解决方案提供商——西门子公司的长期合作关系，共同开发石油钻机交流变频顶部驱动装置，为北石厂提供西门子顶驱电控系统解决方案。目前西门子已顺利交付上百套 DQ70BS 型、DQ90BSC 型和 DQ40BSC 型交流顶部驱动装置的电控系统。



图 4：交流变频顶部驱动钻井装置图片及其应用于石油钻采现场

顶驱中心电气工程师谢海欢详细阐述了顶驱产品的结构与功能：“顶部钻进装置是当今石油钻井中前沿的技术和装备，它节省钻井时间 20%-25%，并可预防卡钻事故发生，尤其是钻斜井和高难度定向井所带来的显著经济效益，也预示着它必将成为 21 世纪钻井机械发展的重要方向。北石顶部驱动钻井系统包括提升系统、旋转动力系统、钻柱自动化处理装置、钻柱内防喷器、智能化控制系统等，是大功率、自动化程度高、集光机电液技术于一体的综合系统。顶驱系统中随游车一起移动，提供泥浆循环通道、钻柱内防喷器及其控制、钻柱连接和拆卸等处理功能，为钻柱提供旋转动力。我们采用了西门子 S7 300 PLC 可编程控制器、PROFIBUS-DP 现场总线控制、光纤通讯、远程监控、人机操作界面(HMI)等诸多先进技术对系统进行全面智能控制，使整机智能化程度和可靠性明显提高。”

项 目	北石 DQ70BS 顶驱	美国 VARCO TDS-11SA 顶驱	加拿大 TESCO500ECI 顶驱
名义钻井深度	7000m (4 1/2 钻杆)	7000m (4 1/2 钻杆)	7000m (4 1/2 钻杆)
最大载荷	4500KN	4500KN	4500KN
系统总量	12t	12.25t	3.3t
电源电压	600VAC 50Hz	600VAC 50Hz	600VAC 50Hz
额定功率	400HP×2	400HP×2	450hp×2
环境工作温度	-35℃~50℃	-35℃~50℃	-35℃~50℃
转速范围	0~220r/min	0~228r/min	0~195r/min
工作扭矩	50KN.m (连续)	50KN.m (连续)	50KN.m (连续)
最大扭矩	75KN.m (间断)	73KN.m (间断)	74KN.m (间断)
速比	10.5: 1 双级减速	10.5: 1 双级减速	18.61: 1 双级减速
数据传输	现场数据总线 (PROFIBUS) 与光缆	现场数据总线 (PROFIBUS)	现场数据总线 (PROFIBUS)

表 1: 国内外三种典型 500 吨顶部驱动装置主要技术参数对比

通过对比主要性能和技术指标（参见表 1），北石顶驱均满足超深井、复杂井的钻井要求，所特有的背钳技术、双负荷通道技术以及光机电液信息技术一体化的综合性能，使其性能更先进，质量更可靠，作业更安全，整体上比国外产品更胜一筹。北石厂仅用短短四年半的时间，完成了 100 台顶驱装置的设计和制造，使我国成为继美国、加拿大、挪威等国家之后，国际上少数能够规模生产顶驱钻井装置的国家之一。

以自动化来武装精良设备

“以科技打造精良装备”这几个字除了显示在北石厂的进门标语上，还深深的印刻在每个人的心里。“十一五”期间，北石厂继续承担和参与了中石油集团重大科技专项“DQ120BSC 顶驱装置”研制项目，助推我国顶驱产品的进一步提升。谢海欢提到了项目的最新进展：“目前 DQ120BSC 顶驱装置已经通过验收，其中主要采用的自动化设备包括西门子 S7 300 PLC，S120 驱动系统，无线传输和 HMI 等方面的技术。从机械角度看，顶驱产品的进一步发展是加大工业扭矩，随着钻井深度的加大，装置的功率也要提高，功能特性需要越来越可靠，设计体积减小、作业效率提升的同时保证更加稳定。此外，防爆应用也是一个重点。根据用户的要求，我们会增强防爆设置，力求把产品做得更好。”



图 5: 交流变频顶部驱动钻井装置生产车间

“北石顶驱电控系统全部采用 SIEMENS 产品，由西门子工厂自动化工程有限公司 SFAE 设计、制造。”作为西门子公司在系统集成方面的合作伙伴，SFAE 工程部石油钻机业务主管刘立伟先生谈到：“顶驱电控系统实现了电控房与司钻操作台、本体控制站之间的智能通讯；方便了钻机维护管理人员与司钻集中监控，具有很好的可视性和可读性。同时使系统结构大大简化，后续功能开发空间很大，无论从设计、安装、运行、维护，还是提高工效等方面，都体现出优越性，为系统的全集成自动化奠定了基础。”

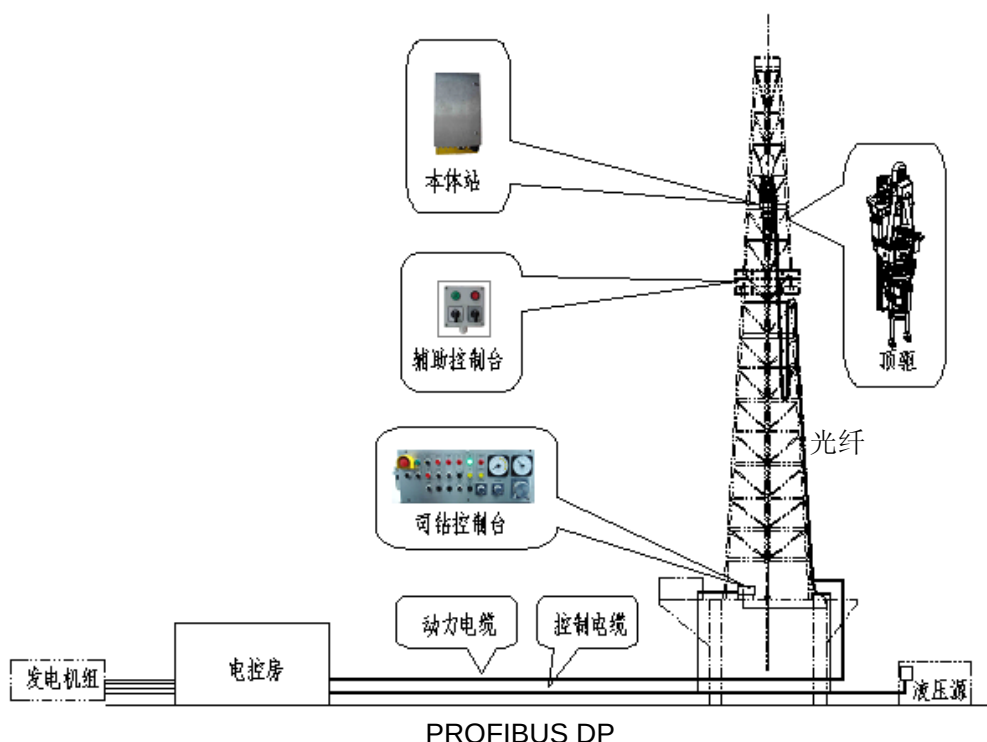


图 6: 顶驱系统组成示意图

值得一提的是，顶驱网络系统采用的是 PROFIBUS-DP 结构，包括所有远程站和变频驱动系统，所有子站、整流器和逆变器都通过 PROFIBUS 协议与 CPU 进行通讯。除 CPU 与本体站以外，所有的通讯电缆均为屏蔽双绞线。CPU 与本体站的通讯为光缆。其中 CPU 机架共使用的信号模块为 5 个 DI、2 个 DO、1 个 AO。数字输入主要将系统的各路电源状态输入到 PLC 以供系统的自诊断及上位工控软件 WINCC 显示使用。在项目中使用的 SIMATIC S7-300 系列 PLC 是西门子全集成自动化 TIA 系统中的控制核心，是其集成与开放特性的重要体现。

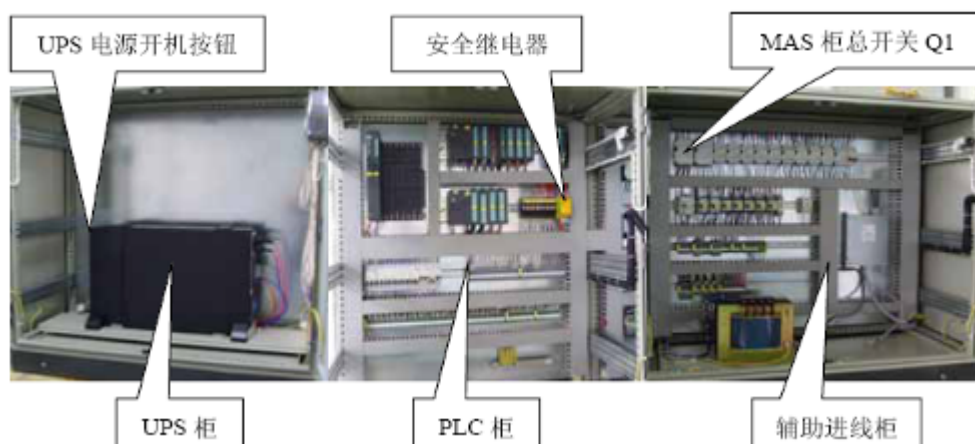


图 7: 交流变频顶部驱动钻井装置测试台

北石顶驱在产品研发的同时，建立了具有国际先进水平的专用全功能、全载荷、全功率试验装置，建设了具有国际水准的现代化生产设施，形成了一套先进的设计研发手段，研究开发了相关的钻井工艺技术，形成了 10 余项国家专利。实现了年产百余套套顶驱的规模生产能力，组建了一支高水平的技术服务队伍。

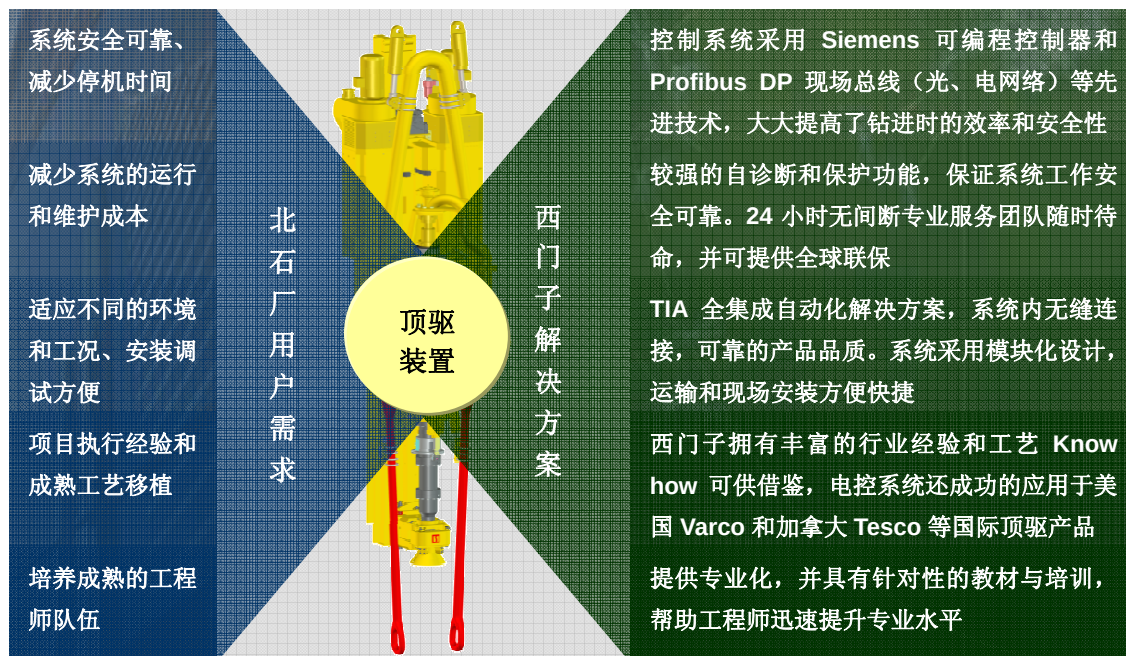


图 8：西门子解决方案充分履行了北石厂对顶驱电控系统的需求

谈到与西门子公司的合作，刘立伟工程师说：“西门子的解决方案充分履行了北石厂对顶驱电控系统的需求，目前我们已经交货的电控系统将近 200 套。”谢工程师的体会是：“顶驱是机电一体化的动力装置，我们的传动和控制部分采用了西门子的产品，在技术含量上占到了一半。西门子的产品在本土化方面做得很好，服务一流，双方合作的非常愉快。尤其在最近发生的四川汶川大地震中，西门子工程师坚守在四川东部的川庆油田进行现场技术支持，胜利完成了川庆油田 120 顶驱项目，赢得了客户的信赖，值得钦佩。”

邹教授补充说：“我们和西门子的合作，是一个在较高层面上的大型产品的合作，和单一项目中的合作有很大不同。我们的顶驱产品会在连续的周期内不断批量生产，这就考验了双方一起克服困难、分享成功、同舟共济的合作意愿。西门子一直全力支持北石，并提供最优的电控系统解决方案，我们非常愿意与西门子一起共续顶驱之梦！”

彭昭

#####

Sidebar/边栏（可选）

顶驱电控系统全集成自动化解决方案：

现场总线： PROFIBUS DP

PROFIBUS DP 开放的结构使众多品牌的自动化产品可以集成在同一个平台上，她的高速传输可以满足实施监控的需要，她在全球范围内已有超过 2,000 万个安装节点，可靠性得到验证

中央处理器： CPU315-2DP

S7-300 系列可编程控制器的逻辑控制功能很好的保证了系统的可靠性和稳定性，模块化编程的方式也减轻了工程师变成的工作量

驱动系统： SIMOVERT MASTDRIVES CUV

监控软件： SIMATIC WinCC

WinCC 强大的网络功能使管理层可以通过浏览器更加方便的了解现场设备的工作状态、故障信息；并可以通过网络或邮件方便的获得包括钻井深度等现场参数的 Excel 报表

分布式 I/O： ET200M

ET200X

SIMATIC_ET200 分布式 I/O 能够保证复杂控制系统的良好通讯，基于开放式 PROFIBUS 总线可实现从现场信号到控制室的数据通讯。ET200 可以给用户带来许多好处：降低接线成本，提高数据安全性，增加系统灵活性

工业控制计算机： PC670 15" TOUCH

司钻控制台： MP37015" TOUCH

远程监控： SINAUT

SINAUT 是 SIMATIC PLC 理想的 GPRS 通讯模块，可在全球范围内使用经由 GPRS 网络的 GSM 移动服务，实现分布式系统的远程无线监控

TIM4R

MC45 GSM Kit

低压配电： 3WL/3VF/5SX 空气断路器

3TF 接触器等

