

石油钻机自动化智能化技术的应用经济性

王昌力（中海油田服务股份有限公司湛江分公司，广东 湛江 524057）

摘要：为了提高石油开采工作效率，更大程度创造经济效益，石油钻井应用自动化智能技术已成必然。本文将概述我国石油钻机的技术现状，包括管柱自动化处理系统、远程电子双集成司钻技术以及钻机集成控制系统。结合某石油钻井自动化智能化技术应用实例，不仅提高了钻机作业的自动化水平与安全性，减少人员伤亡降低人力成本投入，并且有效减少了人力劳动强度，对石油钻井作业环境有效优化，提高钻井工作效率的同时，为石油单位创造更大的经济效益。

关键词：石油钻机；自动化；智能化；经济效益

1 引言

我国目前的钻井装备已经基本在钻深能力方面，在国际间位居前列，可是钻机的自动化、智能化水平，与国外发达国家相较依然存在较大进步空间^[1]。为了实现我国石油钻机朝向自动化、智能化发展，将立足石油行业寒冬期、投资减少这一行业背景，结合某石油工程单位的钻机自动化智能改造进行分析，旨在提升我国石油钻井装备的市场竞争水平。

2 管柱自动化处理系统

基于开发铁钻工、动力猫道、自动井架工等自动化工具设计的控制系统，可以改变传统钻井工作中的人力方式，装配自动化机械组件提高管柱处理工作效率。与钻机管柱输送、排放具体工艺流程，设计多个设备在自动化运作中协调配合，真正解放人力投入，实现管柱输送、建立根、立根排放自动化作业流程^[2]。

2.1 管柱输送系统

在管柱输送系统中应用动力猫道机械设备，特别设计了带有液压排管架组件，对钻台面、拍管架之间高效输送管柱。改变传统风动绞车逐根拉钻杆的方法，无需大量人工配合操作，解决了可能面临的安全风险问题。动力猫道主要组成包括底座、送钻柱装置、液压拍管架、液压系统、支架还有电控系统等，整个输送过程自动化、机械化，远程一键式操控即可，有效提高管柱作业效率与安全性。

2.2 建立根智能系统

在对根系统的研究过程中，选用缓冲机械手、铁钻工等先进技术，完成钻井口的管柱在单根、立根之间的连接、拆卸。具体钻井作业过程中，起下钻的频率极高，这就要求建立根与拆卸立根的过程需要频繁重复，如果单凭人工配合操作，劳动强度较大且工效不高。通过运用伸缩臂式铁钻工，此机械结构可以固

定于钻台面任意合适位置，对常规液气钳、钻杆钳能够同步取代达到同样工作效果，进行钻研上扣、卸扣作业^[3]。还可以整体旋转一键式上卸操作，提高了建立根的自动化工作水平。另外还设计缓冲机械手等辅助组件，更好的配合管柱作业。

2.3 立根自动排放

立根排放系统以能够对二层台、井口之间，实现投递、排放钻杆和立根的操作流程，所用机械化设备包括自动井架工、气动指梁设备，在起下钻作业中拆除各立根向立根台面逐一排放，在这个作业过程中，需要由井口所在位，移动各个立根直至；立根台和指梁中间。解决了传统人工排放的繁琐问题，降低工人参与二层台和钻台面作业风险。应用自动井架工包括伸缩、旋转、夹持、升降、扶正等多机构，满足井口、指梁二者之间的精准定位与操控。气动指梁二层台则负责对钻机的作业立根存放，提供了安装自动井架工的机械基础，还负责在钻机作业过程中的具体在和作用力，在这样自动化立根排放中，有效减少人员配置，降低作业风险的同时，提升了钻井作业效率^[4]。

2.4 井口作业自动化

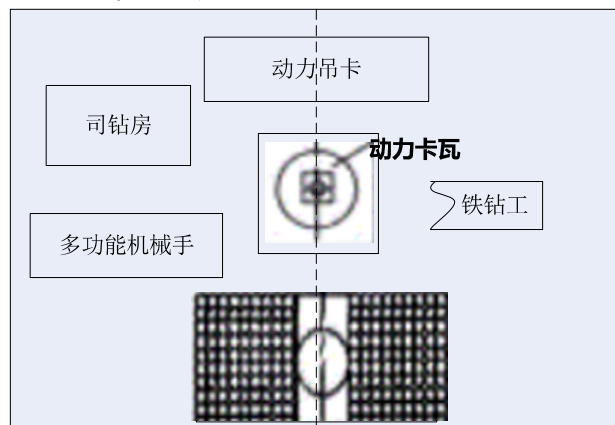


图1 井口自动化工具整体布置方案

实现钻机井口作业自动化,涉及的配套机械工具包括动力吊卡、动力卡瓦、铁钻工等设备,同步还要配套辅助机械组件,负责输送钻柱、立根排放与上卸扣。通过将原本液气大替换为铁钻工,安装于铁台面上,进行钻井管柱上扣、卸扣的作业过程。将原本需要手动完成的“两吊卡”轮换起吊下放作业方式,转变为“一卡一吊”液压动力吊卡、动力卡瓦这样的自动化机械组(见图1)。

3 集成控制系统

3.1 远程电子双集成司钻

随着近年来钻机作业自动化智能化发展,以实现减员增效为长期目标,保证钻机全作业过程安全性,集成控制系统发挥重要作用。传统的钻机控制由于缺乏统一调度系统,司钻房的具体设备布局不够合理,影响了钻机作业安全性,单纯依靠人力无法做到精准操控每一个设备。而集成司钻控制系统的应用,通过将此系统安装在司钻设备控制间,可以做到钻机电气、液压、气孔多系统一体化集成管理,全面监控钻机作业过程^[5]。双集成司钻系统主要包括1个设备公共操作台2把一体化操控座椅,即可对钻井内的全部设备进行远程统一操控。这样的石油钻机作业过程,实现了一键多能协作操控的目标,极大的提升了远程操控的可行性与便捷性。

3.2 钻机集成控制系统

我国目前钻机自动化控制系统研究虽然已经取得一定成效,实现了交流变频控制,可是依然在钻机自动化控制技术方面存在较大发展空间。设计石油钻机集成控制系统,主要系统运作内容包括控制整套钻井包,通过机械、视频采集、电控、仪表一体化操控。利用工业无线通信与系统编程技术,集成石油钻机变频、仪表、监控、顶驱多个子系统统一管理,高效整合了石油钻机的各个独立管理单元,解决独立单元控制重复作业的缺点。(见表1)作为集成控制系统检测设备。

表1 钻机集成控制系统检测设备详情

设备序号	设备名称	控制	监视
1	液压站	✓	✓
2	CCTV 系统	✓	✓
3	液压猫头	✓	✓
4	钻井液接收盒	✓	✓

5	液压卡瓦	✓	✓
6	液压翻转吊卡	✓	✓
7	缓冲机械手	✓	✓
8	动力鼠洞	✓	✓
9	指梁	✓	✓
10	钻井泵	✓	✓
11	转盘	✓	✓
12	顶驱	✓	✓
13	MCC	✓	✓
14	液压盘刹	✓	✓
15	绞车	✓	✓
16	自动井架工	✓	✓
17	铁钻工	✓	✓
18	动力猫道	✓	✓
19	钻井仪表	/	✓

在钻机集成控制系统日常运作中的通信,主要经太网环形控制网络实现,经网络发布系统控制相关信息指令,之后各个控制站点接收指令并执行。在指令执行过程中,如果个别设备出现通信故障,依然不会对系统运作产生影响,这时系统总线会自动切换,直至排除通信故障,才会由总线型通信结构切换至冗余环状态通信。在日常环状通信过程中,还可对各个控制场级数据进行交换,达到保护钻井系统作业逻辑的目的。为了保障集成控制系统的安全稳定运行,针对此系统构建冗余容错工作机制,多套冗余方案搭配设计于系统核心控制单元^[6]。

4 钻机自动化智能技术应用实例

4.1 钻机自动化机械配套内容及费用

表2 钻机自动化智能技术改造投入

序号	改造机械设备	成本费用 / 万元	原本钻机机械配套
1	动力猫道	100	滑道、坡道
2	动力卡瓦	29	普通卡瓦
3	动力吊卡	32	普通吊卡
4	铁钻工	130	液气大钳
5	钻台机械手	25	原本无此套设备

6	集中控制司钻房	60	原本无此套设备
7	二层立根 自动排放装置	110	电控房

与原本石油钻机的机械配套应用情况相结合,本次自动化智能技术设备改造主要包括两部分:首先,将原本钻机配套机械组件,替换为先进的自动化设备,从而提升石油钻机自动化作业效率,保证设备运作过程安全性。其次,新增高水平自动化仪表设备,确保钻井作业质量在原本基础上明显提升,通过改造机械运作功能,本次钻机改造项目共计投入 486 万元,具体的机械配套自动化技术应用(见表 2)。

4.2 应用经济性效果评价

通过本次针对石油钻机的自动化智能机械配套改造,在顺应钻井机械设备自动化、智能化发展方向的前提下,更是为了真正在钻机作业环节,贯彻落实石油公司的战略方针,将公司现有资产成功盘活,不断加速技术设备配套智能化进程,向高效、高质量、高水平市场发展,创造的经济效益包括以下几方面:

首先,本次自动化智能技术改造,通过上述分析很大程度提升了石油钻机工作自动化水平,为钻机作业现场及人员安全提供技术保障。如今改造升级后的石油钻机作业现场,已经无需大量人工协作处理,仅需自动化设备一体操控即可完成管柱处理,有效避免了作业现场出现管柱滑落、夹伤、滚动、砸伤甚至死亡安全事故,因此使得石油企业的作业安全等级大幅度提升,现场作业人员伤亡情况的有效避免,变相创造了安全生产效益与社会效益。

其次,可以减少石油单位在钻机作业工序的人力投入,减少人力资源配置相应降低了人力成本,根据上述总结本次钻机自动化智能技术改造升级,共计投入 486 万元,将原本配套设备折旧时间按照 10 年计算,设备的残存价值根据原本设备购入资产总值的 3% 计算,年折旧费用计算可得 $(486-486 \times 3\%) \div 10=47$ 万元。而如果不进行优化升级,每年需要在钻机配套设备保养、运输、更换易损配件方面都要投入 8 万元,共计需要总支出 55 万元,因此本次机械自动化智能技术改造经济效益显著。在人力方面进行本次自动化智能技术改造之后,每次人员排班与原本相较可以减少 3 人,以每支井队统一配备 2 个班组人员标准,计算可得本次改造之后每支井对可以减少 6 名人员分配。此石油公司每年在井队作业人员的人力投入费用为 15 万元,6 名作业人员计算可得每年可以节省井队人力

成本 90 万元。以此石油公司共计 140 支作业井队计算,可得公司每年可减少 1.26 亿元的人力成本。

最后,通过对石油钻机进行自动化智能技术改造升级,利用智能技术配套设备取代人力,因此作业人员的劳动强度明显降低,无需多名人员来回操控移动,整个钻井作业环境也有效优化。目前利用管柱自动化处理系统、远程电子双集成司钻技术以及钻机集成控制系统,即可完成钻机作业各工序,包括管柱处理、上吊卡、下吊卡、二层台排管以及缓冲钻具等作业操作,这类需要反复进行较大强度的作业类型,以及在恶劣天气依然需要完成的作业,都可以通过自动化智能技术来实现,降低了作业风险,也可避免人工操控失误导致损坏钻机构件的情况,简化了后期设备维护工作。各作业设备可以实现单元协同作业,对于管柱地面之间,井口二层台之间,均可操控自动化智能设备,即可自动化输送、上扣与卸扣等,对于提升石油钻机作业安全性与经济性作用明显。

5 结语

综上,在未来石油钻机自动化、智能化机械发展中,钻井技术水平将不断提升,积累成熟的配套设备智能技术改造经验,无需人为干预凭借大批智能化自动机械设备,即可完成石油钻机所有地面及井下作业任务。通过本文分析结合某石油企业对钻机进行自动化智能机械改造升级,发现经济效益明显,实现了远程一体化操控,作业现场自动规划与智能引导,促进未来石油企业自动化智能化技术水平可以获得更好的发展,并为石油企业创造更多的经济效益。

参考文献:

- [1] 张利光,王金广,王海燕,等.陆地石油钻井装备技术现状及发展方向探讨[J].中国化工贸易,2020,012(030):93-94.
- [2] 裴红军.石油钻机自动化技术的问题和建议分析[J].科学与信息化,2021,000(009):81-82.
- [3] 张东海,王昌荣.智能石油钻机技术现状及发展方向[J].石油机械,2020,48(7):7.
- [4] 李联中.石油钻机电气控制系统功能优化分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020(14):2.
- [5] 朱小辉,刘宝民,张静.我国石油钻机自动化技术现状及对策思考[J].石油石化物资采购,2022(12).
- [6] 李占柱,王瑞成,李勇,等.在役钻机管柱自动化排放装置配套技术研究与应用[J].石油矿场机械,2020,49(4):5.