

# 陆地石油钻井管柱自动化处理系统研究及发展建议

陈国新

中石化中原石油工程有限公司物资装备管理中心 河南 濮阳 457001

**摘要：**本文全面剖析了陆地石油钻井管柱自动化处理系统，该系统由管柱输送、立根处理、排放及集成司钻控制等子系统构成，依赖先进自动化控制技术实现高效安全作业。文章深入探讨了关键技术，并指出设备可靠性、系统兼容性及技术复杂性与维护难度等问题。为此，提出研发新型设备、提升系统稳定性、简化操作流程、提升用户体验及加强人才培养等建议，为系统的进一步发展提供有益参考。

**关键词：**陆地石油钻井；管柱自动化处理系统；关键技术；发展建议

## 1 陆地石油钻井管柱自动化处理系统概述

### 1.1 系统组成与功能

陆地石油钻井管柱自动化处理系统是现代石油钻井作业中的重要组成部分，它显著提高了钻井作业的效率与安全性。该系统主要由管柱输送系统、建立根系统、立根排放系统以及集成司钻控制系统等几个关键子系统构成。管柱输送系统负责将存放在井场指定区域的钻杆、套管等管柱自动输送到钻台面，通常包括动力猫道、排管架和缓冲机械手等设备。建立根系统则负责在钻台上将输送来的管柱进行精确对接和固定，以便进行后续的钻井作业，这一环节通常涉及铁钻工、液压吊卡和液压卡瓦等设备的协同工作。立根排放系统则负责将已经使用过的管柱从钻台上自动排放到指定区域，以备后续处理或回收。集成司钻控制系统则是整个自动化处理系统的神经中枢，它集成了气、液、电等多种控制信号，通过监控视屏、触摸控制与操作按钮等界面，实现了对整个系统的远程控制和智能管理。

### 1.2 系统工作原理及流程

陆地石油钻井管柱自动化处理系统的工作原理主要基于先进的自动化控制技术和机械传动技术。在作业过程中，系统首先通过管柱输送系统，将存放在井场指定区域的钻杆或套管等管柱，利用动力猫道和排管架进行自动抓取和输送，将其输送到钻台面指定位置。随后，建立根系统启动工作，通过铁钻工等设备对输送来的管柱进行精确对接和固定，形成立根。在钻井过程中，随着钻进的进行，已经使用过的管柱需要及时替换，此时立根排放系统开始工作，将旧管柱从钻台上排放到指定位置，同时新的管柱通过输送系统被输送到钻台进行替换。整个作业过程中，集成司钻控制系统对整个流程进行实时监控和智能管理，确保各个环节的顺畅运行和作业安全<sup>[1]</sup>。同时，系统还可以根据实际需求进行灵活配

置和定制化设计，以满足不同钻井作业场景的需求。

## 2 陆地石油钻井管柱自动化处理系统关键技术分析

### 2.1 管柱输送技术

管柱输送技术是陆地石油钻井管柱自动化处理系统中的关键环节之一。它主要负责将存放在井场各处的钻杆、套管等管柱安全、高效地输送到钻台面，为后续的钻井作业提供必要的支持。这一技术主要包括动力猫道的设计与应用、排管架的布局与自动化控制以及缓冲机械手的功能实现等。动力猫道作为管柱输送的主要设备，通过其灵活的运行机制和精确的抓取能力，能够实现在复杂环境条件下对管柱的稳定输送。排管架则通过科学的布局和自动化控制，确保了管柱在输送过程中的有序排列和高效管理。而缓冲机械手则起到了缓冲和过渡的作用，它能够在管柱输送过程中提供必要的支持，确保管柱在输送过程中的平稳过渡和准确定位。这些关键技术的综合应用，不仅提高了管柱输送的效率和准确性，还大大降低了人工操作的难度和风险。

### 2.2 立根处理技术

立根处理技术是陆地石油钻井管柱自动化处理系统中的另一个重要环节。它主要负责在钻台上对输送来的管柱进行精确对接和固定，形成立根，以便进行后续的钻井作业。这一技术涉及到铁钻工、液压吊卡、液压卡瓦等多种设备的协同工作和精确控制。铁钻工作为立根处理的主要设备，通过其强大的夹持能力和精确的对接机制，能够实现对管柱的稳定夹持和精确对接。液压吊卡和液压卡瓦则起到了辅助固定和支撑的作用，它们通过液压系统的精确控制，能够实现对管柱的牢固固定和稳定支撑。这些关键技术的综合应用，不仅提高了立根处理的效率和准确性，还确保了钻井作业的安全和稳定。

### 2.3 集成司钻控制技术

集成司钻控制技术是陆地石油钻井管柱自动化处理

系统中的核心部分。它主要负责对整个自动化处理系统的远程操控和智能管理。这一技术主要包括监控视屏的集成应用、触摸控制与操作按钮的设计以及气、液、电等多种控制信号的集成与传输等。监控视屏作为集成司钻控制技术的核心设备之一,通过其高清的显示效果和实时的监控能力,能够实现对整个作业流程的直观监控和精确指导。触摸控制与操作按钮则提供了便捷的操作方式,使得操作人员能够轻松实现对系统的远程操控。而气、液、电等多种控制信号的集成与传输,则确保了系统各个部分之间的信息交流和协同工作<sup>[2]</sup>。这些关键技术的综合应用,不仅提高了系统的智能化和自动化水平,还大大提升了钻井作业的效率 and 安全性。

### 3 陆地石油钻井管柱自动化处理系统现存问题分析

#### 3.1 设备可靠性问题

在陆地石油钻井管柱自动化处理系统中,设备可靠性是一个不容忽视的重要问题。尽管现代制造技术已经有了长足的进步,但系统中的关键设备,如动力猫道、铁钻工、液压吊卡等,在长时间高强度的工作环境下,仍可能出现故障或性能下降。这些设备的可靠性问题不仅会影响到整个系统的正常运行,还可能导致钻井作业的中断,甚至对人员和设备的安全构成威胁。例如,动力猫道在长时间连续工作后,可能会出现传动部件磨损、电气系统故障等问题,导致管柱输送不稳定或中断。另外,液压系统中的密封件、泵阀等组件也容易因老化、磨损等原因而失效,影响到液压吊卡和液压卡瓦的稳定性和准确性。

#### 3.2 系统兼容性问题

陆地石油钻井管柱自动化处理系统在设计和实施过程中,往往需要与多种不同类型的钻井设备和工具进行配合使用。在实际应用中,系统兼容性问题时有发生。这主要是由于不同厂商、不同型号的钻井设备和工具之间在接口、通信协议、数据格式等方面存在差异,导致自动化系统难以与这些设备进行无缝对接和协同工作。系统兼容性问题不仅会增加系统的复杂性和不确定性,还可能导致设备之间的冲突和数据传输错误,从而影响到整个钻井作业的效率 and 安全性。此外,随着钻井技术的不断进步和新设备的不断涌现,系统兼容性问题可能会变得更加突出和复杂。

#### 3.3 技术复杂性与维护难度

陆地石油钻井管柱自动化处理系统集成了多种先进的技术和设备,其技术复杂性较高。体现在系统的设计和实施过程中,也体现在系统的维护和保养上。由于系统涉及多个学科领域的知识和技术,如机械工程、电气

自动化、计算机科学等,因此要求维护人员具备较高的专业素养和综合能力。然而,在实际应用中,往往难以找到具备全面技能和经验的维护人员,导致系统维护和保养工作难以得到有效开展<sup>[3]</sup>。随着系统的不断升级和更新,维护人员需要不断学习和掌握新技术和新设备的使用方法,增加系统维护和保养的难度和成本。技术复杂性与维护难度的问题不仅会影响到系统的正常运行和稳定性,还可能限制系统的进一步发展和应用。

### 4 陆地石油钻井管柱自动化处理系统发展建议

#### 4.1 积极研发新型自动化工具与设备

在陆地石油钻井管柱自动化处理系统的发展过程中,积极研发新型自动化工具与设备是至关重要的。随着科技的进步和工程需求的不断提升,现有的工具和设备在性能和效率上可能已经无法完全满足实际需求。一方面,应关注自动化工具与设备在技术创新上的突破。例如,研发具有更高精度和更强稳定性的动力猫道和排管架,以提升管柱输送的效率和准确性。还可以探索利用机器视觉和人工智能技术来改进缓冲机械手和立根处理设备,使其能够更智能地识别、抓取和放置管柱,减少人工干预,提高作业效率;另一方面,新型自动化工具与设备的研发也应注重环保和节能。在石油钻探过程中,设备的能耗和排放是一个不容忽视的问题。因此,在研发过程中,应积极探索节能技术和环保材料的应用,以降低系统的能耗和排放,实现可持续发展。另外,针对特定作业场景和特殊需求,还可以定制研发专用自动化工具与设备。例如,在深海钻井或极地钻井等极端环境下,可能需要特殊的设备来适应这些特殊条件。通过定制研发,更好地满足这些特殊需求,推动自动化处理系统在不同领域的应用。

#### 4.2 提高系统的稳定性与可靠性

稳定性与可靠性是衡量陆地石油钻井管柱自动化处理系统性能的重要指标。在实际应用中,由于作业环境的复杂性和作业条件的多样性,系统可能面临各种挑战和考验。因此,提高系统的稳定性与可靠性是系统发展的必要条件。首先,从硬件和软件两个方面入手,提升系统的整体性能。硬件方面,选用更优质的材料和更先进的制造工艺来制造关键设备,以提高其耐久性和可靠性。还可以对设备进行定期维护和保养,及时发现并排除潜在故障,确保设备的正常运行。软件方面,优化算法和控制逻辑,提高系统的响应速度和准确性,加强系统的安全防护措施,防止外部干扰和攻击对系统造成影响。其次,注重系统的冗余设计和容错能力。在关键设备和控制环节中设置冗余备份,可确保在设备出现故障

或控制逻辑出错时,系统仍能保持正常运行。还可以设置故障报警和故障隔离机制,以便在出现故障时能够迅速定位并隔离故障点,防止故障扩散和影响整个系统的运行。最后,加强系统的测试和验证工作。在研发过程中,应对系统进行严格的测试和验证,确保其能够满足实际作业需求并具有较高的稳定性和可靠性。实际应用中,定期对系统进行测试和评估,以便及时发现并改进系统中存在的问题和不足。

#### 4.3 简化操作流程,提升用户体验

在陆地石油钻井管柱自动化处理系统的发展过程中,简化操作流程和提升用户体验同样具有重要意义。一个易于操作、用户体验良好的系统可以大大提高作业效率并降低操作难度;为了简化操作流程,可以从以下几个方面入手:一是优化系统界面设计,使其更加直观、简洁,让操作人员能够快速上手并熟悉系统功能;二是整合冗余的操作步骤,通过智能化算法和自动化流程,减少人工干预和重复操作,提高作业效率;三是提供完善的操作指南和帮助文档,以便操作人员在遇到问题时能够快速找到解决方案。在提升用户体验方面,应注重系统的人性化和易用性设计。例如,可根据操作人员的习惯和需求,定制个性化的操作界面和功能布局。还可以增加系统的交互性和反馈机制,让操作人员能够实时了解系统的运行状态和作业进度,提供远程监控和操控功能,让操作人员能够在安全舒适的环境下进行作业,降低劳动强度和安全风险;进一步提升用户体验,还可以加强与操作人员的沟通和交流<sup>[4]</sup>。通过定期收集操作人员的反馈意见和建议,了解他们对系统的使用体验和变化,不断改进和优化系统功能。组织培训和技术交流活动,提高操作人员的专业技能和综合素质,让他们更好地掌握和使用自动化处理系统。

#### 4.4 加强自动化技术人才的培养与引进

在陆地石油钻井管柱自动化处理系统的发展过程中,人才是不可或缺的关键因素。一个具备高素质、专业技能和创新能力的自动化技术团队,可推动系统不断

创新和发展,提高系统的性能和竞争力。加强自动化技术人才的培养与引进,可以从以下几个方面入手:一是加大对自动化技术专业教育的投入和支持,培养更多具备扎实专业知识和实践能力的自动化技术人才;二是加强与企业、高校和科研机构的合作与交流,建立产学研合作机制,推动技术创新和成果转化;三是建立健全人才激励机制,为优秀人才提供广阔的发展空间和良好的薪酬待遇,吸引和留住更多优秀人才。通过定期组织内部培训和技能提升课程,让团队成员不断更新知识和技能,跟上技术发展的步伐,鼓励团队成员参与外部培训和学术交流活动,拓宽视野和思路,提高综合素质和创新能力;注重引进具备丰富经验和专业技能的自动化技术专家和高层次人才。通过提供有竞争力的薪酬待遇和良好的工作环境,吸引他们加入团队并发挥重要作用。还可以与他们建立长期合作关系,共同推动自动化处理系统的创新和发展。

#### 结束语

陆地石油钻井管柱自动化处理系统在提升钻井效率与安全性方面意义重大。尽管当前面临设备、兼容性及技术维护等挑战,但通过积极研发新设备、提升系统稳定性、简化操作流程及加强人才培养引进等举措,有望实现系统的优化升级,推动陆地石油钻井行业自动化水平进一步提升,为行业发展注入新动力。

#### 参考文献

- [1]白尚懿,杨小亮,何生兵,孔令雄.自动化钻机管柱处理系统研究现状与发展趋势[J].机械研究与应用,2020,33(05):203-207.
- [2]李建亭.推扶式管柱自动化处理系统优化及发展建议[J].机械制造与自动化,2020,49(04):192-195.
- [3]杨星宇,尹艳仓,朱开斌,等.我国海洋石油平台仪表控制系统的现状与未来发展[J].化学工程与装备,2020(4):3-4.
- [4]李占柱,李满江,宋尧.管柱自动化多设备高效联合作业研究[J].设备管理与维修,2022(13):91-93.DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.07.40.