

石油工程机械设备智能化升级路径探究与经济效益评估

南 峰（延长石油（集团）有限责任公司（内蒙古）分公司，陕西 延安 716000）

摘要：在科技飞速发展的当下，智能化技术于各行业的应用愈发广泛。石油工程作为国家能源领域的关键构成，其机械设备的智能化升级意义重大。从生产角度来看，能显著提高生产效率，优化生产流程；在成本控制方面，有助于降低人力与设备维护成本；安全层面，可有效保障生产作业安全，减少事故风险。同时，从经济层面分析，智能化升级能提升企业经济效益，增强市场竞争力，促进产业可持续发展。本文深入聚焦石油工程机械设备智能化方向的发展，详细探讨升级进程中的技术应用，全面剖析面临的挑战，诸如技术标准不统一、数据安全隐患、专业人才匮乏以及设备改造升级成本高昂等问题，并提出针对性强的解决策略，涵盖技术标准制定、数据安全防护、人才培养引进以及成本控制等方面。此外，还着重对智能化升级的经济效益进行评估，从成本效益分析、投资回报率测算以及对企业竞争力的影响等维度展开。旨在为石油工程行业的智能化转型提供全面且深入的理论支持与切实可行的实践指导，助力行业在智能化浪潮中实现高质量发展。

关键词：石油工程；智能化升级；经济效益评估；经济发展

1 石油工程机械设备智能化升级的技术应用

1.1 物联网技术

物联网技术是实现石油工程机械设备智能化的基础。在石油开采现场，各类传感器被广泛部署在抽油机、输油管道、油罐等设备上。这些传感器犹如设备的“神经末梢”，实时采集设备运行参数，如压力传感器精准感知管道油压，温度传感器敏锐捕捉设备关键部位温度变化，振动传感器有效监测设备运转振动情况。通过无线或有线通信网络，数据被传输至云端服务器，实现设备间及设备与人的紧密连接。以某大型油田为例，借助物联网技术，实现对上千台抽油机的实时监控，设备故障预警准确率从 60% 提升至 90%，大幅减少设备故障导致的停产时间，有力保障原油生产的连续性。

1.2 大数据技术

大数据技术在石油工程领域发挥着关键作用。在设备运行过程中，物联网采集的海量数据汇聚成数据洪流，大数据分析技术从中挖掘有价值信息。通过对石油钻机长时间运行数据的深度分析，利用机器学习算法建立设备健康模型，不仅能准确预测关键部件的剩余使用寿命，还能提前发现潜在故障隐患。例如，某石油企业运用大数据分析技术，成功预测一台钻机钻头将在一周内严重磨损，提前更换钻头，避免了可能导致数天停产的重大事故。同时，大数据技术对比不同区域、工况下设备运行数据，为设备优化配置提供科学依据，确保设备在复杂环境下保持最佳运行状态。

1.3 人工智能技术

人工智能技术为石油工程机械设备智能化升级注入核心动力。机器学习算法对设备运行产生的海量数据进行学习与分析，实现设备自主控制与智能决策。在石油钻井作业中，强化学习算法根据实时地质数据、钻井参数等信息，自动调整钻井速度、钻压及泥浆排量等关键参数，保障钻井过程高效、安全。深度学习技术在设备故障诊断方面表现出色，通过对大量设备故障图像、声音和振动数据的学习，深度学习模型能准确识别故障类型和严重程度。某石油公司引入深度学习故障诊断系统后，设备故障诊断时间从数小时缩短至几分钟，大幅提高设备维修效率，降低维修成本。

1.4 云计算技术

云计算技术为石油工程机械设备智能化升级提供强大的计算与存储支撑。石油工程企业每天产生海量设备运行数据，云计算平台凭借强大存储能力，安全、稳定地存储数据，实现数据集中管理与高效共享。同时，云计算平台超强的计算能力，能在短时间内完成复杂数据处理任务，为物联网、大数据、人工智能等技术应用提供保障。在进行设备故障预测时，云计算平台快速处理大量历史数据，提高故障预测的准确性和及时性。此外，借助云计算技术，企业管理人员可通过手机、电脑等终端随时随地访问设备运行数据，实现远程监控和操作，提升管理的智能化与便捷性。

2 石油工程机械设备智能化升级面临的挑战

2.1 技术标准不统一

石油工程机械设备智能化升级涉及物联网、大数

据、人工智能等多领域技术，但目前技术标准尚未完全统一。不同厂家生产的设备和系统存在兼容性问题，例如，不同品牌传感器采集的数据格式和通信协议各异，有的采用 XML 格式，有的采用 JSON 格式，通信协议也各不相同。这使得在构建智能化监控系统时，需花费大量时间和精力进行数据格式转换和协议适配，不仅增加系统集成的难度，还会导致成本大幅上升。据统计，在系统集成过程中，因技术标准不统一导致的额外成本占总集成成本的 20%–30%。这种情况限制了新技术在石油工程行业的推广和应用，阻碍了智能化升级进程，从经济效益角度看，额外成本的增加压缩了企业利润空间，且由于升级受阻，智能化带来的生产效率提升、成本降低等经济效益无法有效实现，影响企业的市场竞争力和盈利能力。

2.2 数据安全与隐私保护问题

在智能化升级过程中，大量设备运行数据、生产数据和地质数据等被采集和传输，这些数据包含企业核心商业机密和国家能源安全信息，一旦泄露，将给企业和国家带来巨大损失。例如，石油企业的地质数据涉及油田储量、分布等关键信息，若泄露可能被竞争对手利用，使企业在市场竞争中处于劣势，导致市场份额下降，直接影响企业的经济收益。然而，当前数据安全技术和隐私保护措施存在不足，难以有效应对日益复杂的网络安全威胁，黑客攻击、数据窃取、恶意软件感染等网络安全事件时有发生。

此外，随着数据跨境流动增加，数据隐私保护问题更加突出。在跨国石油企业中，数据需在不同国家分支机构间传输，如何确保数据安全并满足不同国家数据隐私法规成为难题。数据安全问题不仅可能导致企业面临巨额赔偿和罚款，还会因业务中断造成生产停滞，产生额外的经济损失，如设备闲置成本、员工待岗成本等，对企业经济效益产生严重负面影响。

2.3 专业人才短缺

石油工程机械设备智能化升级需要既懂石油工程专业知识，又掌握物联网、大数据、人工智能等新兴技术的复合型人才。目前这类专业人才市场供不应求，石油工程企业普遍面临人才短缺问题。一方面，高校相关人才培养体系不完善，培养的学生知识结构和实践能力与企业实际需求存在差距，高校课程中对新兴技术的实践教学环节较少，学生缺乏实际项目经验，难以快速适应企业工作需求。另一方面，企业内部员工培训和再教育机制不健全，现有员工难以快速

掌握新兴技术，无法满足企业智能化升级需求。据调查，超过 70% 的石油企业表示员工在掌握新兴技术方面存在困难，企业需花费大量时间和资源进行培训，但效果不理想。

专业人才短缺严重制约智能化升级速度和质量，从经济效益角度来看，由于缺乏专业人才，智能化升级项目进度缓慢，无法按时完成，导致项目前期投入资金无法及时转化为经济效益，同时企业可能因无法充分发挥智能化设备的优势，使得生产效率无法有效提升，成本难以降低，错过市场机遇，进而影响企业的经济收益和市场竞争力。

2.4 设备改造与升级成本高

石油工程企业拥有大量传统机械设备，对其进行智能化改造和升级需投入巨额资金。设备改造不仅要购置新的传感器、控制器等硬件设备，还要开发相应软件系统，进行系统集成和调试。对于老旧设备，由于结构和技术落后，改造难度大、成本更高，例如对一台老旧石油钻机进行智能化改造，所需成本可能是购买一台新智能化钻机成本的 60%–80%，但改造后性能可能仍无法与新设备相比。

此外，智能化升级后的设备在运行和维护过程中，需要更高技术水平和成本投入，如定期软件更新和数据维护。高昂的设备改造与升级成本使得约 40% 的石油企业因成本问题推迟或暂停智能化升级计划。这不仅使企业无法及时享受到智能化升级带来的生产效率提升、成本降低等经济效益，还可能因设备老化、效率低下，在市场竞争中处于不利地位，导致生产效益下滑，市场份额被竞争对手抢占，影响企业的长期经济发展。

3 石油工程机械设备智能化升级的解决策略

3.1 加强技术标准制定与统一

政府和行业协会应发挥引领作用，组织行业内龙头企业、科研院所等共同研讨制定智能化升级的技术标准和规范。以传感器通信协议为例，制定统一行业标准，确保不同厂家传感器能与各类智能化系统无缝对接。鼓励企业参与标准制定，如华为、中石油等企业在通信技术和石油工程领域经验丰富，其参与能使标准更贴合实际应用场景。标准制定后，定期评估和修订，以适应技术快速发展，打破设备间的“信息孤岛”，推动智能化升级规模化发展。

3.2 强化数据安全与隐私保护措施

石油工程企业应构建全方位数据安全管理体

从物理安全、网络安全、数据加密等多层面保障数据安全。物理安全方面，严格管控数据中心人员出入，配备先进安防设备；网络安全方面，部署多层防火墙和入侵检测系统，实时监测网络流量，及时阻止异常访问；数据加密方面，采用国密算法对敏感数据加密存储和传输。例如，中海油引入先进加密技术，对海上钻井平台采集的地质数据加密处理，确保数据安全。此外，企业应制定严格的数据访问权限管理制度，按员工岗位和职责划分数据访问级别，防止数据泄露风险。

3.3 加大专业人才培养与引进力度

高校应及时调整石油工程相关专业课程设置，增加物联网、大数据分析、人工智能算法等前沿技术课程。例如，中国石油大学（北京）与华为合作开设“智能石油工程”特色课程，培养学生跨学科思维和实践能力。企业应加强与高校合作，建立实习基地和联合实验室，为学生提供实践机会。同时，企业内部建立完善培训体系，定期组织员工参加智能化技术培训，邀请行业专家讲座和指导。以中石化为例，开展“智能化转型人才提升计划”，鼓励员工自主学习，对取得相关技术认证的员工给予奖励，提升员工技术水平。此外，企业应积极引进外部高端人才，如从互联网企业招聘大数据和人工智能专家，为企业注入新活力。

3.4 合理降低设备改造与升级成本

企业制定改造方案时，需进行充分成本效益分析。对于关键设备，如大型石油钻机，采用先进智能化技术，虽初期投入大，但长期看能显著提高钻井效率，降低事故发生率，实现成本控制。对于非关键设备，如小型抽油机，采用经济实用改造方案，安装简易智能监测模块。企业应与供应商建立长期合作关系，通过集中采购、战略合作等方式降低硬件设备和软件系统采购成本。例如，陕西延长石油集团与多家设备供应商战略合作，获得优惠价格和优质服务。此外，政府应加大扶持力度，设立专项补贴资金，出台税收优惠政策，减免企业设备购置、技术研发等方面税费，减轻企业负担，推动智能化升级全面实施。

4 石油工程机械设备智能化升级的经济效益评估

4.1 成本效益分析

智能化升级初期需投入硬件采购、软件开发、系统集成和人员培训等成本，但长期来看，可降低设备故障率，减少停产损失，提高生产效率，降低人力成本。以某大型石油企业为例，升级后设备故障率降

低 30%，年停产损失减少 5000 万元，生产效率提高 20%，人力成本降低 15%。通过智能化升级，设备维修次数减少，维修成本降低，同时生产效率提升带来产量增加，从而实现成本降低和收益增长。

4.2 投资回报率分析

通过计算智能化升级项目的投资回报率（ROI）评估经济效益。某项目初始投资 1 亿元，升级后每年增加收益 3000 万元，经计算 ROI 为 30%，表明该项目具有良好的投资价值。投资回报率的计算考虑了项目的初始投资和未来收益，为企业决策提供量化依据，帮助企业判断智能化升级项目的可行性和经济效益。

4.3 对企业竞争力的影响

智能化升级提升设备性能和生产效率，降低成本，增强企业市场竞争力。企业能够提供更优质的产品和服务，获取更多市场份额，实现可持续发展。例如，智能化升级后的企业在原油开采和加工过程中，能更精准控制生产流程，提高产品质量，满足市场对高品质石油产品的需求，从而在市场竞争中占据优势。

5 结论

石油工程机械设备智能化升级是行业发展的必然趋势，通过物联网、大数据、人工智能、云计算等技术应用，实现设备智能化运行和管理。尽管面临技术标准不统一、数据安全与隐私保护、专业人才短缺、设备改造与升级成本高等挑战，但通过采取加强技术标准制定与统一、强化数据安全与隐私保护措施、加大专业人才培养与引进力度、合理降低设备改造与升级成本等策略，可推动智能化升级顺利进行。同时，智能化升级带来显著经济效益，通过成本效益分析、投资回报率分析和对企业竞争力的提升，为企业创造更大价值。未来研究可进一步探索智能化技术在石油工程各环节的深度应用，以及如何更好应对智能化升级过程中出现的新问题和新挑战，完善经济效益评估体系，为石油工程机械设备智能化升级提供更有力的理论和实践支持。

参考文献：

- [1] 智能化技术在石油工程设备中的创新应用 [J]. 石油科技前沿, 2021(4):18-25.
- [2] 大数据时代石油企业数据安全保障体系构建 [J]. 信息安全与技术研究, 2022(2):20-28.
- [3] 石油工程机械设备智能化升级的成本效益分析 [J]. 能源经济评论, 2023(1):12-20.