

基于石油工程施工质量管理的研究

文峰

克拉玛依市三达有限责任公司, 新疆 克拉玛依 834000

[摘要]在当下全球能源结构正经历转型,地缘政治格局也在不断演变这样的大背景之下,油气资源安全保障已然成为了国家战略方面极为关键的核心议题之一。新疆是我国最大的陆上油气生产基地,并且它还是跨国能源通道的重要枢纽所在,在此情况下,其地面建设工程的质量好坏会直接影响到国家能源命脉是否能够保持畅通以及能否确保安全无虞。文章紧密围绕新疆的地域特征以及能源战略方面的实际需求展开分析,较为全面且细致地剖析油气地面建设工程在质量管理方面所面临的现实困境,并尝试去探索并构建能够与特殊地质环境相适配的技术体系以及管理范式,从而为提升边疆地区能源基础设施的质量给予一定的理论参考以及实践方面的路径指引。

[关键词]石油工程; 质量管理; 地面建设; 新疆油气田

DOI: 10.33142/aem.v7i5.16781

中图分类号: TQ4

文献标识码: A

Research on Quality Management of Petroleum Engineering Construction

WEN Feng

Xinjiang Karamay Sanda Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: Against the backdrop of the current global energy structure undergoing transformation and the constantly evolving geopolitical landscape, the security of oil and gas resources has become one of the most critical core issues in national strategy. Xinjiang is the largest onshore oil and gas production base in China, and it is also an important hub for cross-border energy channels. In this situation, the quality of its ground construction projects will directly affect whether the national energy lifeline can be maintained smoothly and whether safety can be ensured. The article closely analyzes the regional characteristics of Xinjiang and the actual needs of energy strategy, comprehensively and meticulously dissecting the practical difficulties faced by oil and gas surface construction projects in quality management. It attempts to explore and construct a technical system and management paradigm that can be adapted to the special geological environment, providing theoretical reference and practical path guidance for improving the quality of energy infrastructure in border areas.

Keywords: petroleum engineering; quality management; ground construction; Xinjiang oil and gas fields

引言

新疆在我国能源战略中占据重要地位,是国家油气骨干管网以及跨国能源通道建设的关键所在。其区域跨越沙漠、盆地、山脉等多种地貌单元,复杂的地质环境和极端的气候条件相互交织,给地面工程建设带来了特殊的挑战。当下油气开发正不断向沙漠腹地以及生态敏感区域拓展,超深井工程、长距离管道敷设面临着冻土融沉、沙丘迁移、盐渍腐蚀等诸多复合风险。传统质量管理模式在应对特殊环境适应性设计、全生命周期风险防控等方面存在着一定的局限性,迫切需要构建融合地域特征的技术标准体系与管理机制,以此来保障国家能源安全以及边疆地区的可持续发展。

1 石油工程施工质量管理的重要性

1.1 保障国家能源战略安全

新疆是我国陆上油气资源最为丰富之地,肩负着西气东输、中亚油气管道过境等一系列国家战略工程项目。施工质量的好坏,会对油气资源开发效率以及输送系统的稳定性产生直接影响,这和国家能源供应体系的抗风险能力

紧密相关^[1]。在复杂的国际能源形势之下,保障新疆油气工程建设达到标准化、规范化的程度,可切实提升国家能源储备的能力,维护能源战略通道的安全。尤其是中亚油气管道新疆段的建设质量,会直接决定我国能源进口多元化战略的实施成效,对于构建处于“双碳”背景之下的新型能源体系有着基础性的支撑作用。同时,新疆地区作为我国重要的能源产地,直接影响到我国在国际能源市场中的地位和议价能力。因此,加强新疆石油工程施工质量管理,不仅是保障国家能源安全的内在要求,更是提升我国在国际能源领域竞争力的重要途径。

1.2 降低高原、沙漠等特殊地质环境下的工程风险

新疆有着独特的三山夹两盆地理格局,这样的格局塑造出了塔里木盆地、准噶尔盆地等特殊地质构造。高原冻土、流动沙丘以及盐渍土等复杂的地质状况,给管道敷设以及钻井施工带来了极为严峻的挑战。通过强化施工质量方面的管理,是能够有效防范地基出现沉降、管道产生腐蚀以及设备发生失效这类工程风险的。针对沙漠区域昼夜温差比较大的情况,还有风沙侵蚀强度较强的特点,对

防腐材料的选用、焊接工艺标准等关键环节予以严格把控,如此一来便能够大幅度提升油气田地面工程的耐久性能。在阿尔金山等生态较为脆弱的区域施行精细化的质量管理,那么就能更好地兼顾工程安全以及环境保护这两个方面的目标。

1.3 提高油气田开发经济效益

新疆油气资源有着埋藏较为深厚以及开发成本相对较高的特性,这就要求务必要借助质量管理来促使资源利用效率得以提升。在塔里木地区开展超深井施工的时候,若能精准地对井身质量加以控制,那么就能够使钻井复杂率有所降低,并且还能让建井周期得以缩短。针对稠油热采工程,对其实施涵盖全过程的质量监控举措,如此便可以对蒸汽吞吐效率起到优化的作用,进而提高采收率。尤其是在对页岩油、致密气这类非常规资源展开开发活动的过程中,要是能够强化对于压裂施工质量的管控工作,那么这将直接对单井产量以及开发经济性产生决定性的影响。这样一种质量效益所形成的累积效应,对于提升新疆油气产业的整体竞争力而言,是有着乘数一般的效果的。

1.4 促进边疆地区产业技术升级与就业

油气工程质量管理迈向现代化转型,这一方面客观上促使新疆工程技术服务实现提质增效的目标。借助引进数字化检测设备以及智能化监控系统这两项举措,可带动本地施工企业达成技术层面的升级。而质量标准得以严格执行的情况,催生对于高素质技术工人的需求,进而推动职业教育和产业需求有效对接起来。在像南疆这样的重点地区,规范化的质量管理体系给少数民族群众参与工程建设开辟了技术准入的通道,如此一来,既能保障工程施工的质量,又能达成就业帮扶以及技能提升所具有的社会效益。

2 新疆石油天然气地面建设工程质量管理突出问题

2.1 特殊地质条件对地面设施稳定性的挑战

天山山脉和昆仑山系交汇之处发育着断层破碎带,这使得地面工程基础在选取持力层时面临诸多困难,常规的桩基施工也很难达到不均匀地层所要求的承载力标准。准噶尔盆地南缘存在着盐岩蠕动地层,致使地面设施出现缓慢位移的情况,现有的监测手段对于毫米级形变累积效应难以准确捕捉。塔里木盆地北缘有钙质胶结层与松散沙层相互交错形成的互层结构,由此造成了管道沟槽开挖时边坡稳定性控制标准的缺失^[2]。在高原冻土区,冻胀力计算模型没有考虑到气候变化所引起的多年冻土退化速率,这就使得设备基础抗冻拔设计的安全裕度显得不足。

2.2 长距离管道敷设中的材料与工艺适配性问题

多地貌单元连续穿越这一情况使得焊接工艺参数需要频繁地做出调整,然而现有的工艺规程当中缺少能够实现动态适配的机制,在山区段,管道应力补偿装置和在平

原段所采用的标准化设计并不匹配,这就导致出现了局部应力集中的现象,在沙漠区,针对管道外防腐层与沙粒之间摩擦系数匹配性的研究做得不够充分,这加速了涂层的磨损进程,在高寒区,低温韧性钢管在现场加工时的性能与设计指标之间存在着一定的偏差,这种偏差对环焊缝质量的稳定性产生了影响,现有的工艺文件没有建立起专门针对新疆特殊环境的三维参数化焊接模型库。

2.3 沙漠地区设备防腐与保温技术标准滞后

在强紫外线辐射环境下,高分子材料的老化机理研究还不够深入,现有的加速试验方法也没能很好地模拟复合气候条件。设备保温层缺少针对热桥效应防控的技术标准,使得能源损耗率超过了设计时的预期。沙尘侵入防护密封体系在设计时没有建立起多级过滤的标准,所以精密仪表的故障率一直处在比较高的水平。现有的规范没有明确不同矿物成分的沙尘对金属表面微磨损的具体量化影响参数,这在一定程度上制约了防腐方案的优化。

2.4 生态脆弱区施工环保控制体系不完善

荒漠生态系统恢复力的评估方法还没有形成标准化的体系,并且生态补偿措施也缺少长效的维护机制,在高海拔区域进行施工时,扬尘控制技术没有考虑到低气压环境下粒子的悬浮特性,导致除尘设备的运行效率未能达到预期的效果,跨境河流施工的环保标准和国际标准的接轨程度不够,这给跨国管道项目的联合验收带来了影响,生物多样性保护红线区施工准入机制存在着管理方面的盲区,而且生态监测网络的覆盖密度也不够。

2.5 少数民族地区技术工人专业培训不足

传统技艺传承和现代工程标准融合的机制有所缺失,本土工艺工法创新受到限制。质量意识培养没有融入民族文化认知体系,过程管控措施执行时存在理解偏差。特种设备操作培训缺乏双语考核认证体系,关键岗位人员技能衔接存在断层。质量文化传播载体单一,没有充分利用民族艺术形式开展可视化安全教育。技术交流跨语言屏障解决方案不够完善,这制约了先进管理经验的本土化移植。

3 提升新疆油气地面建设工程质量管理的对策

3.1 构建地质适应性地面工程技术体系

考虑到新疆地区呈现出复杂的地貌特点,有必要去构建起一个能够实现动态交互的地质工程数据库系统。要把遥感勘测所获取的数据、地质雷达扫描得到的信息以及原位测试的相关数据都整合到一起,进而打造出一个可以进行三维地质模型可视化的平台。在着手研发模块化且具有可调特性的基础结构的时候,应当选用液压调节方面的装置,并且配备上智能沉降监测模块,以此来达成让沙漠与戈壁过渡地带的地基具备自主调平这一功能的目的。在湿陷性黄土区域对微型桩群复合地基技术加以推广运用之际,得制定出有关桩径、桩距以及桩长的优化配置方面的算法。并且要结合土体含水量可能出现的变化情况,去建

立起能够对承载力进行动态计算的模型。就地震活跃地区的管道工程来讲,其中的柔性连接补偿装置务必要拥有能够吸收多向位移的能力,而且其橡胶轴承还得符合在-40℃这样的低温环境下仍能保持弹性的相关要求。在研发专门针对盐渍土的纳米改性混凝土时,需要借助分子结构的设计手段来强化其抗氯离子渗透的性能,与此同时还要掺入有机硅烷类的憎水剂,借以提高其抵抗结晶盐侵蚀的能力。

3.2 建立沙漠管道全生命周期质量监控系统

构建起基于多源感知的智能监测网络,在管道的关键节点去部署光纤光栅应变传感器以及微震监测阵列,以此来达成对应力异常达到毫米级的检测精度^[3]。开发沙丘移动预测模型的时候,得把气象卫星数据同地面激光雷达扫描所得数据融合起来,并且要建立起三维沙丘运动的动力学方程。在建设材料性能退化模型库方面,应当囊括金属疲劳裂纹扩展数据库、涂层老化图谱集以及复合材料界面失效案例库等。无人机光谱扫描系统需要配备高光谱成像仪以及热红外相机,进而建立起管道沿线地质特征的光谱指纹库。

3.3 制定差异化防腐保温技术规范

要建立起矿物成分图谱,得采用 X 射线衍射以及电子探针方面的技术,并且要构建起关于不同区域沙粒的矿物组成的数据库。在梯度保温系统的研发过程中,需要去突破异质材料界面结合的相关技术,同时还要去开发像陶瓷涂层等离子喷涂这样的工艺,还有气凝胶真空复合的工艺。就动态防腐设计指南而言,应当去建立沙尘暴频率的预测模型,把防护等级划分成常态防护、应急强化以及灾后修复这样一个三级的体系。在自修复防腐材料的研发方面,重点是要对微胶囊技术加以优化,要去设计那种有着压力响应特性并且可以实现修复剂缓释的系统,另外还要去开发光催化型的涂层,以此来达成裂缝的自愈合效果。

3.4 推行生态敏感区“绿色施工”管理模式

生态系统敏感性评价矩阵要确定植被覆盖度、土壤侵蚀模数以及生物多样性指数等关键指标,进而建立起多因子加权评估模型。模块化拼装施工得研发快速连接节点方面的技术,同时还要开发具备自锁功能的预制构件系统。寒区生态修复材料包应当包含超吸水保水剂、抗冻微生物菌剂还有耐盐碱植物种子,从而形成一个立体化的生态修复技术体系。流域水文模型需要耦合冰雪融水预测算法,构建起施工废水处理工艺参数的自适应调节系统。生态物联网监测网络要部署 LoRa 无线传感节点,并且建立起生态指标出现异常波动时的智能预警机制。

3.5 实施“双语+”技能人才定向培养计划

三维交互式培训系统的开发过程当中,需要去构建起虚拟焊接实训方面的场景,进而达成 ASME 标准条款以增强现实形式进行可视化展示的目的。在与企业联合打造的实训基地里面,应当设置有专门用于模拟施工的沙漠管道区域,并且要配备上自动焊机操作仿真的平台以及能够

检测防腐层的虚拟现实设备。就“1+1”双语质量督导制度而言,得去编制一本专业技术术语的双语对照手册,另外还要开发出能够在移动端使用的即时翻译辅助系统。对于特殊岗位津贴政策的设计来讲,需要建立起一种把技能等级和津贴额度相互挂钩的机制,同时要设立起专门针对南疆工程特殊贡献的奖励基金。与此还应当构建起少数民族技术骨干的晋升通道,要把双语能力纳入到职称评审的加分指标当中去^[4]。经过系统性对策的施行,能够形成一个完整的解决方案,其内容涵盖了工程技术革新、智能监控的应用、标准体系的优化、生态保护的强化以及人力资源的提升等方面。地质适应性技术体系主要针对基础性技术瓶颈展开解决工作,全生命周期监控系统可强化对过程质量的控制能力,差异化技术规范能提升标准体系在区域层面的适配性,绿色施工管理模式促使工程与生态达成协调发展,双语人才培养计划则可破解边疆地区人才方面存在的结构性矛盾。这些对策彼此间相互给予支撑,从而形成了管理上的闭环,一方面体现出新疆地区的地域特色,另一方面也契合现代工程质量管理的发展走向,进而为保障国家能源战略得以顺利实施给予技术和管理两方面的有力支撑。

4 结语

新疆油气地面建设工程质量管理有必要构建契合地域特性的技术体系以及管理模式。借助地质数据库方面的建设工作、针对全生命周期展开的监控举措以及制定出的差异化标准等一系列颇具创新性的办法,能够切实有效地去应对那种由特殊环境所引发的质量方面的诸多挑战。在人才培养这个层面上,应当着手建立起与文化适配相关的培训机制,把现代质量管理领域里的理念和边疆的实际状况紧密且充分地融合到一起。在未来的发展过程当中,还得进一步推进数字技术在质量管控环节当中的运用,促使新疆油气地面工程的质量管理体系朝着智慧化的方向不断向前演进发展。

【参考文献】

- [1]赵亚平,刘振,尚元元.提高石油固井施工质量的技术措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(4):34-36.
- [2]于皓,郑纯亮,谢伟,等.基于精益生产的海洋石油工程项目建设质量控制研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(13):41-43.
- [3]燕传亮,王洁光.石油化工安装工程施工质量管理的有效措施[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(2):48-50.
- [4]许磊磊.石油化工电气工程施工质量控制措施探析[J].石化技术,2025,32(4):396-398.

作者简介:文峰(1987.7—),毕业院校:西南石油大学,所学专业:石油工程,当前就职单位名称:克拉玛依市三达有限责任公司,就职单位职务:总经理助理,职称级别:工程师。