

油气集输站场工艺设备橇装化设计探讨

李金凤（四川省天宇锐集团有限公司，四川 成都 610041）

李金龙（中密控股股份有限公司，四川 成都 610045）

刘佳意（北京达美盛软件股份有限公司成都分公司，四川 成都 610095）

摘要：随着油气田开发向集约化、标准化方向发展，传统站场建设模式在施工周期、运行维护及安全控制等方面暴露出诸多不足。橇装化设计作为一种高效、模块化的工程集成技术，逐渐在油气集输系统中得到广泛应用。通过将关键工艺设备集成于标准橇体内，实现功能单元的预制、模块化运输及快速部署，不仅显著提升了施工效率与运行可靠性，同时也促进了站场建设的标准化与工业化。围绕橇装化设计的模块拆分、结构优化、系统集成及工程应用等方面进行系统分析，对典型设备进行案例剖析，并结合实际运行经验，提出当前设计中存在的关键问题与优化建议。

关键词：油气集输；橇装化设计；模块化；工艺设备；系统集成；工程应用

中图分类号：TE866 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）023-0129-03

Skid-Mounted Design of Process Equipment in Oil and Gas Gathering Stations

Li Jinfeng (Tianyurui Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610041, China)

Li Jinlong (China Meheco Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610045, China)

Liu Jiayi (Beijing Damsensoft Co., Ltd., Chengdu Branch, Chengdu, Sichuan 610095, China)

Abstract: As oil and gas fields evolve toward more compact and standardized development, conventional station construction faces inefficiencies in build time, maintenance, and safety. Skid-mounted design, a modular engineering approach, has gained traction in gathering systems by integrating core process units into prefabricated skids. This enhances construction speed, operational reliability, and industrial standardization. This study analyzes module division, structural layout, and system integration, illustrated by case studies of typical equipment. Key design issues and improvement strategies are proposed based on real-world operational feedback.

Keywords: Oil and gas gathering; Skid-mounted design; Modularization; Process equipment; System integration; Engineering application

油气集输站场作为油气田地面工程的重要组成部分，其功能涵盖了原油、天然气及伴生产物的初步处理、计量与输送等关键环节，是保障油气稳定外输与安全运行的核心节点。传统站场建设通常采用现场分散安装方式，存在施工周期长、工序复杂、质量控制难度大、受气候环境影响显著等诸多问题，难以满足现代油气开发“高效、集约、模块化”发展的需求。近年来，随着橇装化技术在油气集输领域的不断推广，工艺设备橇装化设计因其施工快捷、结构紧凑、调试便捷、适应性强等优势，已逐步成为提升站场建设效率与运行可靠性的有效手段。

1 橇装化设计的概念与适用性分析

橇装化设计是指将某一工艺流程或功能单元的设备、管道、阀门、仪表、控制系统等集成于同一底座（橇架）上，构成可整体运输、吊装及快速就位的功能模块的一种工程设计方式。该模式最早应用于油田早期生产保障装置，随着工程建设标准化、模块化理念的

发展，逐步在油气集输、天然气处理及终端站场等领域得到广泛应用。橇装化技术的核心在于实现设备集成化、结构模块化、功能标准化。相较于传统现场逐一安装的方式，橇装设备可在制造厂预制、组装和调试，大幅度缩短现场施工周期，降低高危环境下的作业强度，同时提高施工质量的一致性与可控性^[1]。此外，橇装装置的移动性强，具备良好的重复利用性和适应性，适用于地质条件复杂、施工环境恶劣或工期紧迫的油气集输站场建设项目。在油气集输系统中，适宜采用橇装化设计的设备类型主要包括三相分离器、天然气计量橇、加热炉橇、脱水装置橇、过滤器橇等。这些设备的工艺边界清晰、功能相对独立，便于实现整体模块化集成设计。尤其在边远地区或非常规油气资源开发过程中，橇装化可显著提升项目实施的灵活性与建设效率。因此，开展橇装化设计的适用性分析，不仅有助于明确不同设备模块的集成边界与工程约束，还能为后续标准化设计体系的构建提供基础依据，

进而推动油气集输站场工程建设由“项目制”向“产品化”方向转型。

2 工艺设备橇装化设计的关键技术要点

2.1 工艺流程模块化拆分原则

在橇装化设计过程中,首要任务是对整体工艺流程进行合理的模块化拆分。应以功能单元划分为基础,遵循“功能完整、接口清晰、边界明确”的原则,将复杂系统划分为具备独立运行能力的工艺模块,如分离、计量、加热等,并兼顾辅助系统(如电气、仪控、给排水)。模块划分优先考虑运行独立性强、适合标准化的设备单元,如三相分离器、过滤器等,并结合不同工况下的通用性和适配性。此外,需评估吊装重量、运输尺寸及现场安装空间,确保方案具备良好的可实施性与工程经济性。

2.2 橇体结构设计、安全间距与布置优化

橇体结构设计作为橇装化系统的核心组成,需满足承重、安全、运输与设备安装多方面要求。结构设计应依据各模块所承载设备的重量、重心分布及运行振动特性,选择适宜的钢结构型式,常见形式包括槽钢与方管焊接框架式结构。橇架结构需进行强度、刚度及稳定性计算,确保在运输、起吊及运行过程中具备足够的安全裕度。

在安全间距方面,应严格依据《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183)、《石油化工装置设备布置设计规范》等相关行业标准,合理设置设备间最小安全间距,确保操作、维修、通风与消防安全需求。特别是涉及高温高压、易燃易爆介质的橇装设备,更应设置隔热、防爆、防泄漏措施,确保在橇体内部实现本质安全。

设备布置应优先考虑“流程顺畅、操作便利、占地最小”的原则,结合橇体尺寸对关键设备进行紧凑化布置^[2]。同时,应为关键阀门、仪表、接线箱等组件预留足够的操作和维护空间,避免因紧凑布置造成运行后维护难度增大。此外,应结合重心稳定性及应力分布优化布置结构支撑位置,必要时增加减震支撑装置,提升系统整体运行稳定性。

2.3 管道连接、配电及自动化控制集成设计要点

橇装化系统的高效运行离不开完善的工艺管道连接、供配电系统及自动化控制系统集成。工艺管道设计应优先采用焊接与法兰连接结合方式,确保在满足密封性与强度要求的同时,具备良好的现场安装适应性。橇内管道需严格按照介质特性、压力等级、流量参数及维护要求合理布线,避免交叉布设及死角空间的产生。所有管道接口应符合统一标准,便于橇间对接快速实施。在配电系统设计方面,应依据橇体内设

备功率与用电类别(动力、照明、仪表)合理设置配电盘、接线箱与电缆敷设路径。应尽量采用预埋电缆桥架或穿线管布线方式,避免电缆裸露及交叉干扰,确保防水、防爆、防电磁干扰性能达到行业标准要求。各电气端口均需设有明确标识与接地保护装置。自动化控制系统的设计应实现橇内各设备运行状态的监测与控制集成化,配置独立的PLC或DCS子站模块,通过总线或光纤与主站系统进行通信。橇体应具备基本的本地控制功能,并预留远程接口,实现现场操作与远程调度的有机结合。传感器、变送器、阀门执行器等应优先采用高可靠性与耐腐蚀型产品,并针对不同工艺参数设置双路冗余配置,提高系统稳定性与故障容错能力。

2.4 运输、吊装及就地安装的协调设计要求

橇装设备的运输与现场安装是其能否顺利投运的关键环节,设计需充分考虑运输条件、吊装路径、安装精度及橇间接口匹配性等因素。运输设计应满足公路运输法规要求,确保橇体尺寸、重量符合标准,并设置吊装环、叉车槽、限位挡块等辅助结构,防止运输过程中的滑移与位移^[3]。吊装设计应根据橇体重量与重心配置吊耳、吊点及受力结构,并明确操作规程与安全控制措施。对于大型或联合模块橇,建议进行吊装仿真与重心校核,确保就位过程平稳安全。现场安装时,各橇间的管道、电缆及控制接口应实现标准化快速连接,优选快接法兰、预制插头等连接方式以提升施工效率。同时应预设基础锚固点与导向装置,确保橇体准确就位,避免接口错位问题。安装完成后,需依次完成压力测试、电气连通性测试与逻辑调试,确保系统满足运行条件。

3 典型橇装设备设计案例分析

为深入探讨橇装化设计在油气集输站场中的具体应用效果,本文选取天然气三相分离橇与原油加热橇两类典型设备模块进行设计案例分析,分别从工艺构成、结构布置、集成要点及运行表现等方面阐述其橇装化设计实施过程与技术成效。

3.1 天然气三相分离橇设计分析

天然气三相分离装置是集输站场中用于油、气、水初步分离的重要设备,具备介质处理连续性强、运行压力等级高、控制精度要求严等特性。橇装化设计方案中,分离器本体、进出口管道、液位调节阀、自动放空阀、压力变送器、温度监测器及本地控制柜等关键部件均集成于一个标准橇架之上,整体结构紧凑,功能配置齐全^[4]。该橇装模块的尺寸控制在长8m、宽2.5m、高3.2m以内,以适应常规道路运输与现场吊装条件。橇体采用型钢焊接底座,配设8个固定吊点

及4个移动轮座,便于装卸与定位。分离器本体设于橇体中轴线上,两侧布设控制元件及操作通道。所有工艺管线在橇内预制完成,采用不锈钢材料,并按照ASME B31.3标准进行强度校核与焊接质量检验。在控制系统方面,橇装分离器配置本地PLC控制单元,可实现液位自动调节、压力超限报警与应急停机功能。控制逻辑通过冗余型总线连接至集控站,具备远程监控与参数调整能力。橇装设计显著提升了系统的集成度与运行稳定性,项目实施后现场安装时间由传统方案的20天缩短至7天,运行调试时间缩短50%以上。

3.2 原油加热橇设计分析

原油加热橇广泛应用于低温、高粘度原油集输系统中,用以提升油品温度、改善流动性。典型加热橇系统包含电加热炉、温控装置、热媒循环泵、温度传感器及绝热保温系统等,设计重点在于热能传递效率与控温精度。橇体采用复合型钢结构,顶部设有绝热护罩,底部布设隔热层与泄漏收集盘,增强系统的安全性与环境适应性。电加热元件选用防爆型PTC加热棒,额定功率180kW,具备温升快速、能效高等特点。全系统通过集中控制面板实现加热启动、温控反馈与故障报警等功能。某边远站点应用中,橇体从制造厂整体运输至现场,仅用1天完成吊装定位,显著减少了现场作业强度。运行表现稳定,满足了低温地区原油输送的连续性与可靠性要求。

3.3 应用成效与经验总结

以上两个典型橇装设备在实际工程中的成功应用,充分验证了橇装化设计在油气集输站场中的技术可行性与工程实用价值。通过橇装集成方式,不仅显著缩短了现场建设周期、减少了交叉作业风险,还有效提升了系统的整体可靠性与模块标准化程度。同时,橇装设备的工厂预制属性也为后续维保提供了更高的一致性和规范性基础。值得注意的是,在设计与实施过程中,应特别关注各橇之间的接口兼容性、现场布置协调性及模块运输协调性等问题。建议未来在橇装化应用推进过程中,结合不同站场的地理条件与工艺特征,构建覆盖全生命周期的橇装设备标准设计与评价体系,进一步推动油气集输工程建设向集约化、智能化方向发展。

在橇装化设计实践中,系统性设计方法的引入尤为关键。应从工程全生命周期角度出发,强化“前期方案—中期建造—后期运维”的一体化协同策略。在方案设计阶段,需同步考虑橇体制造工艺、施工装配便利性与未来维保条件,避免出现“设计优先、施工受限”的脱节问题。同时,应基于典型站场工况,构建标准化设计参数库与可复用模块模型,提升方案通

用性与设计效率。在制造环节,建议引入模块化装配线及数字化质量控制体系,实现结构、管道、电气系统的一站式集成。为提升后期运维效率,可在橇体中预设智能诊断接口与工业物联网节点,结合云平台实施运行状态实时监测与远程维护支持。

4 橇装化设计面临的挑战与改进建议

尽管橇装化设计在油气集输站场建设中具有显著优势,但在实际应用中仍面临诸多挑战。首先,橇体尺寸受运输与吊装条件限制,导致空间布局紧凑,设备布置与维护操作矛盾突出,部分关键部件难以接近。建议在设计阶段采用三维建模与碰撞检测技术,优化空间利用,并合理预留操作维护通道。其次,橇间接口标准不统一限制了模块化施工效率。目前多由不同厂商生产设备,接口型式、电气接头与控制协议常缺乏统一标准,增加了现场连接难度。应构建覆盖机械、仪电、控制系统的橇装接口标准体系,推动模块标准化与互换性。第三,运行可靠性易受复杂现场环境影响,特别是在高寒、高腐蚀区域,易出现密封失效、电气老化等问题。建议优先选用耐腐蚀、高可靠性工业元件,并引入生命周期管理,构建运行监测与远程诊断平台,实现预测性维护^[5]。最后,橇装设计的人才储备与多专业协同仍显不足。企业应强化工艺、电气、结构与控制等专业的协同机制,并开展橇装化专项培训,提升设计人员的系统集成与模块优化能力。

5 结论

橇装化设计作为油气集输站场工程建设的重要发展方向,凭借其集成度高、施工周期短、标准化程度高等显著优势,已在工程实践中展现出良好的应用前景。通过合理的工艺流程模块划分、结构布局优化、系统集成强化及施工安装协同,橇装化设计有效提升了站场建设的效率与运行的可靠性。通过不断优化与推广,可推动油气集输工程向模块化、智能化方向持续迈进。

参考文献:

- [1] 吴伟,罗献尧.橇装化设备在普光气田集输工程中的应用[J].化工时刊,2012,26(08):41-43.
- [2] 张凯,吴鹏.石化项目生活营地LNG瓶组气化站橇装化设计[J].石油化工建设,2021,43(S2):91-95.
- [3] 张朋轩.井站集输设备的橇装化设计及应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(16):95-96.
- [4] 张庚兴,晁宏洲,黄明基.天然气干法三塔脱硫工艺及橇装化研究[J].石油工业技术监督,2021,37(08):49-50+64.
- [5] 张朋轩.井站集输设备的橇装化设计及应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(16):95-96.