

零散气回收橇内化工压力管道安全风险防控

林相如¹ 蒋军² 吴传国³ 汪刚² 李文艺²

(1. 四川省质量和标准化研究院, 四川 成都 614000)

(2. 西南油气田成都天然气化工总厂, 四川 成都 610213)

(3. 达州玖源新材料有限公司, 四川 达州 635000)

摘要:自2018年以来,中国石油西南油气田采用“油公司”模式,以页岩气评价井试采放空天然气回收利用为突破口,优选橇装LNG和橇装CNG工艺技术进行试采放空天然气回收,将化工压力管道集中布置在橇结构内,实现放空天然气的资源化利用。本文结合法律法规和应用实践,探讨橇装设备在设计、制造、安装、使用等环节的规范化管理措施,并提出针对性改进建议,以期为相关企业提供参考,提升设备安全运行水平和风险防控能力。

关键词:化工压力管道,橇装特种设备,零散气回收,风险防控

中图分类号: TE88 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 028-0166-03

Safety Risk Prevention and Control for Pressure Pipelines in Scattered Gas Recovery Skids

Lin Xiangru¹, Jiang Jun², Wu Chuanguo³, Wang Gang², Li Wenyi²

(1. Sichuan Institute of Quality and Standardization, Chengdu Sichuan 614000, China)

(2. Southwest Oil and Gas Field Company Chengdu Natural Gas Chemical General Plant, Chengdu Sichuan 610213, China)

(3. Dazhou Jiuyuan New Materials Co., Ltd. Dazhou Sichuan 635000, China)

Abstract: Since 2018, PetroChina Southwest Oil & Gas Field Company has adopted the “oil company” operational model. Using the recycling of vented gas from shale gas appraisal well testing as a breakthrough point, it has selected skid-mounted LNG and skid-mounted CNG process technologies for the recovery of this vented gas. By concentrating chemical pressure pipelines within the skid structure, the resource utilization of vented gas has been achieved. This paper, based on relevant laws, regulations, and practical application, discusses standardized management measures for skid-mounted equipment during the design, manufacturing, installation, and usage phases. It also proposes targeted improvement suggestions. The aim is to provide reference for relevant enterprises, thereby enhancing equipment safety operation levels and risk prevention and control capabilities.

Keywords: Pressure pipeline; Skid-mounted special equipment; Scattered gas recovery; Risk prevention and control

零散气回收业务是基于油气田新井测试、评价井试采、分散单井等产出的不具备外输条件,不满足地面集输系统或处理设施最低进气条件的天然气资源化利用^[1]的新兴业务,零散气回收为提高经济性,将化工管道集中布置在橇结构内,由于设备安装地点和场景不固定、流动性大,并呈现大型化和多元化发展趋势,风险防控压力日益增加。国家特种设备监管部门尚未制定明确的规范要求,各地执法标准不统一,给企业管理带来困扰。

西南油气田结合质检总局办公厅《关于压力管道气瓶安全监察工作有关问题的通知》《福建省市场监督管理局关于开展压力管道元件组合装置及橇装设备隐患排查整治工作的通知》等相关法规和技术规范,在零

散气回收橇装设备出厂验收、使用管理中发现,橇装特种设备的设计、制造和使用过程均存在合规风险,由于风险化解周期较长,导致零散气回收装置投产偏离计划、特种设备注册登记超过时限,给业务的高质量发展带来困扰。为规避风险,西南油气田通过行业交流合作、建立合规识别机制、寻求行业协会支持、加强监管部门沟通等方式开展管理实践,对零散气回收工艺橇相关设备开展全面排查,查找存在的问题,分析橇装设备特点,提出了相关建议。

1 槌装特种设备

依据《中华人民共和国特种设备安全法》、《特种设备安全监察条例》、其他行政法规和地方性法规、相关安全技术规程对工艺橇内容器、换热器、管道、

阀门、管件及其组合装置和导热油炉进行了排查，共有3类设备应按特种设备中“机械设备系统”进行管理。

一类是“橇装式承压设备系统或机械设备系统”，即将压力管道元件、压力容器与可移动橇体进行安装连接，形成具有天然气液化和天然气压缩功能的系统的工艺橇；另一类是集成锅炉^[2]或移动式锅炉^[3]，即锅炉本体和辅助设备及系统由锅炉制造单位集成在一个底盘或者框架上的橇装锅炉；还有一类是工厂化预制管段^[4]，即制造单位在工厂内根据施工设计图将压力管道元件焊接组装整体出厂的管道元件产品，包括汇管、过滤器、分离器、凝水（气）缸、除污器、混合器、缓冲器、收发球筒、鹤管等。

这些设备的设计、制造、安装、使用和维护均需严格遵守国家特种设备相关法规和技术规范，以确保其安全性和可靠性。

2 槌装设备特点

橇装设备的优点在于其化工压力管道集成化、便于运输和安装、节省空间和成本、提高可靠性和安全性等特点，特别适合临时性、流动性或空间受限的场景。然而，其定制化成本高、运输限制、灵活性不足和初期投资大等缺点也限制了其在某些场景中的应用。在选择时，需根据具体需求和应用场景进行权衡。

2.1 化工压力管道集中布置优点

①焊接质量易于受控。由于是工厂车间制造，消除了温度、湿度、风速、清洁度对焊接质量影响，降低了泄漏和故障风险，质量更加受控。②无损检测可靠性高。由于是在工厂车间检测，机具工装齐备，在检测过程中可以通过行车改变焊件空间位置，机位角度调整便捷，更易于找到被检测物体的形状和预期缺陷方向，检测结果准确性提高。③有利于工期控制。降低了生产现场射线风险作业频率，减少了检测期间需要人员清场密度，工期控制难度降低。④集成化程度高。将控制仪、流量计、阀门、管道、附属设备等集成在一个橇体上，减少了现场安装和调试的工作量。简化了现场施工流程，缩短了建设周期。⑤便于运输和安装。设备整体性好，可在工厂预制完成，整体运输到现场，安装时只需连接工艺管线和电源。适合频繁搬迁和临时使用场景，如油气田的临时开采、应急电源等。⑥操作和维护方便。配备完善的仪表和控制系统，可实时监测设备运行状态。整体维护简单，适合现场快速维修。

2.2 槌装设备缺点

①成本较高。虽然标准化生产可以降低成本，但特定需求的定制化可能会增加设计和制造成本。②运输限制。设备整体体积较大，可能受运输条件限制（如

公路、铁路的限高、限宽）。③灵活性差。一旦预制完成，设备的修改和扩展可能较为困难。④投资较大。尽管长期使用成本较低，但橇装设备的初期购置成本可能较高。⑤场景有限。橇装设备更适合临时性、流动性或空间受限的场景，对于大规模、固定式的长期项目可能不是最优选择。

3 存在的问题与法规要求

3.1 设计制造厂家

①设计、制造厂家资质不足。由于橇装设备的管理通过国家监管部门通过质检特函、修改单等方式发布，识别需要专业性，导致部分化工管道设计、制造厂未取得相关资质。《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG 21-2016）的实施意见明确要求安装在“设备系统”上的压力容器和压力管道，应当由具有相应资质的单位设计和制造。②未开展制造监督检验。制造厂家未识别到橇内管道需要开展制造监检的法规要求。《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG 21-2016）的实施意见明确要求包含压力容器或压力管道的“设备系统”，其制造单位应当持有相应级别的压力容器制造许可证、压力管道元件制造许可证或压力管道安装许可证，系统经过制造监督检验（其中安全技术规范中未规定制造监督检验的压力管道元件可参照安装监督检验的要求进行）。③设备空间设计不合理。橇块内空间过于紧凑，不便于操作、检修和应急。橇块内空间应参照《机械设备安装工程施工及验收通用规范》《工业企业安全卫生设计规范》留足人员通过、检修的空间，原则上空间宽度不应小于0.8m，若现场空间紧张，空间宽度不能小于0.6m要求^[5]，保证压力容器人孔打开、过滤器等管道元件抽芯要求。④部分未按集成锅炉制造监督检验的导热炉，未进行安装告知，未进行安装监督检验，违反特种设备安全法的规定。⑤工厂化预制管段施工现场前未进行安装告知，未进行安装监督检验，违反特种设备安全法的规定。

3.2 使用单位

3.2.1 设备系统未注册登记

使用单位特种设备安全管理人员不熟悉法规和技术规范，没有按照特种设备安全法要求对橇装式承压设备系统投入使用前或者投入使用后三十日内，向负责特种设备安全监督管理的部门办理使用登记，取得使用登记证书，部分橇内管道未注册；违法反特种设备安全管理的法律法规。

质检总局办公厅关于压力管道气瓶安全监察工作有关问题的通知（质检办特〔2015〕675号）“一、关于压力管道安全监察工作有关问题（七）关于压力管道元件组合装置”明确了，橇装天然气加注装置中

包含压力容器且压力管道总长度小于等于10m的，可随压力容器一并办理使用登记；不包含压力容器或压力管道总长度超过10m的，应单独办理压力管道使用登记。根据行业应用和特种设备专家意见，橇装式承压设备系统也按此标准执行。

3.2.2 使用单位落实特种设备主体责任落实不到位

部分使用单位对特种设备相关法规的理解和执行不到位，存在侥幸心理，把橇装设备当做单一压力容器管理，忽略了橇内的压力管道类特种设备管理，技术档案未建立，月度检查未开展，年度检查未实施，导致设备运行存在安全隐患。主要表现在，未按照国家市场监督管理总局令第74号《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》配备相应资质和知识的安全总监、安全员；未推动特种设备“日管控、周排查、月调度”工作机制的落实，化解特种设备安全风险。

4 风险防控建议

西南油气田通过技术创新和标准化管理不断提高承压橇装设备的适应性，参加了《零散天然气橇装回收安全技术规程》地方标准起草，发布了《井口零散气橇装回收试验站投运前检查》等团体标准，探索出“西南模式”在川渝地区和其他省市得到广泛应用，针对零散气回收橇装类特种设备合规性管理提出建议。

4.1 建立合规识别机制

提高全员法律意识，树立依法决策的意识，决策要讲程序，按照法治的原理和机制管理企业，采取适当方式定期评估合规体系运行的有效性，并对定期评估结果进行反馈和回应，持续更新和完善合规体系。

4.2 加强选商和招投标管理

选取符合特种设备法规要求资质的承包商，确保橇装特种设备本质安全。根据《国家市场监督管理局2021年第41号公告》的要求，特种设备的设计单位和人员、制造厂家要根据橇装中特种设备的种类、级别取得相应及以上的设计、制造资质。

4.3 加强出厂验收和投用前检查

设备出厂前要对设计、制造相关文件以及制造质量等设计、制造的合规性进行检查，投用前重点检查安全附件、使用合规性检查。

4.4 宣传教育和培训

承压橇装设备中特种设备的合规性管理是保障设备安全运行的关键，通过多种方式，如内部宣传栏、企业内刊、专家讲座等，加强特种设备知识、法规和合规管理宣传，提升全员合规意识，营造合规管理氛围，提高业务人员能力，防范事故风险。

4.5 加强行业合作

邀请有关部门或者委托第三方机构对合规体系运

行情况进行评估，确保合规管理的持续改进。

4.6 完善法规标准体系

建议国家相关部门加快制定针对橇装设备的专门法规和技术规范，统一各地执法标准。

4.7 推进智能化管理

按照“两化融合”和“数智化转型”要求，推动橇装特种设备管理信息化，利用物联网技术实时监控设备状态，并通过二维码或电子标签关联检验报告，实现数据可追溯，及时发现和化解风险。

4.8 经济性评价驱动

①构建全生命周期经济性评价框架。开展成本量化分析防控投入成本。可以涵盖智能监控系统部署、合规人力配置（安全总监/安全员）、定期检验维护费用等。可以减少事故潜在损失，包括停产损失（日均气量回收价值×停机天数）、环境赔偿（泄漏污染）、行政处罚（监管罚款）、设备损毁成本。可以直接产生效益，如规避罚款、减少非计划停产损失（如因未注册登记导致的强制停用）。还可以产生长期效益，延长设备使用寿命（通过预防性维护降低损耗）、提升企业合规声誉（增强政府/合作伙伴信任）。②实施动态决策优化机制。投入产出比（ROI）优先排序，对各项防控措施进行ROI测算，优先实施高回报项目（如：资源精准配置依据评价结果动态调整预算，将资金倾斜至 $ROI > 1$ 的防控环节（如强化出厂监检而非后期补救））。③集成评价结果至管理体系。年度安全预算联动，将经济性评价纳入企业年度安全规划，基于成本效益分析分配风控资源（例如：将智能监控节省的费用转投合规培训）。风险防控KPI量化设定可量化的经济性指标（如“单位气量风控成本下降率”“事故损失占营收比”），纳入部门考核。

实现价值点，通过经济性评价将风险防控从“被动合规”转向“主动增值”，实现安全投入与经济效益的平衡，支撑零散气回收业务的可持续扩张。

参考文献：

- [1] 王显宇.橇装零散气回收站防爆电气设备管理探究[J].电气防爆,2024(5):33-35.
- [2] 何兆军.天然气橇装调压装置制造监督检验方法探讨[J].化工管理,2020(10):2.
- [3] 赵志明.锅炉安全技术监察规程中关于合金材料水压试验温度标准化的分析与研究[J].中国标准化,2018(10):2.
- [4] 邵华,邹晶雯.橇装式零散天然气压缩回收装置应用研究[J].内蒙古石油化工,2013,39(12):3.
- [5] 王健.橇装装置布置分析[J].化工管理,2016(32):1.