

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2026.05.09

储气库工程站场管道设计施工标准对比 及焊接工艺评定分析

刘慧超, 王旭锋, 刘向薇*, 杜明俊, 陈世璐, 苗恩博

中国石油工程建设有限公司华北分公司, 河北 任丘 062552

摘要: 天然气储气库站场涉及井场、集配站、集注站、阀室及分输站等类型, 各类站场管道分属集输管道、工业金属管道和长输管道三类, 分别适用 GB 50349、GB/T 20801 和 GB/T 34275 等不同设计标准。本文对比了三类管道在设计、施工验收及焊接工艺评定方面的核心差异: 设计方面, GB 50349 在长输管道壁厚计算基础上额外计入了介质腐蚀影响, GB/T 20801.3 则计入了出厂负偏差及加工偏差; 施工验收方面, 长输管道站场要求 100% 无损检测, 集输管道根据设计压力和介质特性确定检测比例, 工业金属管道按 GC1/GC2 等级划分检测比例; 焊接工艺评定方面, SY/T 0452 和 NB/T 47014 将评定因素分为重要因素、补加因素和次要因素, GB/T 31032 分为基本要素且未明确分三类, 在预热温度变更规则上, SY/T 0452 规定降低 50℃ 以上需重新评定, 而 NB/T 47014 将其视为补加因素。依据 TSG 31-2025, 建议阀室和分输站暂按长输管道要求执行。同一项目内同类管道宜统一标准与材料规格, 以降低运维复杂度。

关键词: 储气库; 站场管道; 标准对比; 焊接工艺评定; 施工验收

中图分类号: TE973, TK91 文献标识码: A 文章编号: 1001-2303(2026)05-0080-08

Comparative Analysis of Design and Construction Standards for Station Pipelines in Gas Storage Projects and Welding Procedure Qualification

LIU Huichao, WANG Xufeng, LIU Xiangwei*, DU Mingjun, CHEN Shilu, MIAO Enbo

North China Company, China Petroleum Engineering & Construction Corp., Renqiu 062552, China

Abstract: Gas storage station pipelines involve well sites, gathering and distribution stations, injection-production stations, valve chambers, and distribution stations. The pipelines at various stations fall into three categories — gathering pipelines, industrial metal pipelines, and long-distance pipelines — which are governed by different design standards including GB 50349, GB/T 20801, and GB/T 34275, respectively. This paper compares the core differences among the three pipeline categories in terms of design, construction acceptance, and welding procedure qualification. In design, GB 50349 additionally accounts for medium corrosion effects on the basis of long-distance pipeline wall thickness calculation, while GB/T 20801.3 incorporates manufacturing minus tolerance and machining tolerance. In construction acceptance, long-distance pipeline stations require 100% non-destructive testing, gathering pipelines determine testing ratios based on design pressure and medium characteristics, and industrial metal pipelines classify testing ratios by GC1/GC2 grades. In welding procedure qualification, SY/T 0452 and NB/T 47014 classify qualification factors into essential, supplementary, and non-essential factors, whereas GB/T 31032 uses the concept of basic elements without explicitly defining three categories. Regarding preheat temperature changes, SY/T 0452 requires re-qualification when the temperature is reduced by more than 50 °C, while NB/T 47014 treats such changes as supplementary factors. In accordance with TSG 31-2025, it is recommended that valve chambers and distribution stations temporarily follow the requirements for long-distance pipelines. Within the same project, unified standards and material specifications should be adopted for the same category of pipelines to reduce operation and main-

收稿日期: 2025-10-16 修回日期: 2026-03-18

基金项目: 国家重大科技专项—储气库安全监测与工程新技术装备研究(FL4025S078)

通讯作者: 刘向薇(1992—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事油气田地面工程设计研究。E-mail: 970285652@qq.com。

tenance complexity.

Keywords: gas storage; station pipeline; standard comparison; welding procedure qualification; construction acceptance

引用格式:刘慧超,王旭烽,刘向薇,等. 储气库工程站场管道设计施工标准对比及焊接工艺评定分析[J]. 电焊机,2026,56(5):80-87.

Citation: LIU Huichao, WANG Xufeng, LIU Xiangwei, et al. Comparative Analysis of Design and Construction Standards for Station Pipelines in Gas Storage Projects and Welding Procedure Qualification[J]. Electric Welding Machine, 2026, 56(5): 80-87.

0 引言

天然气储气库在调峰保供和应急储备方面发挥着不可替代的作用。近年来我国储气库建设加速推进,2024年中国地下储气库调峰有效工作气量约占年消费量的6.2%,但与国家要求的10%储气能力建设目标仍有显著差距。国家能源局在《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》中将供气企业的储气义务从原来年供气量的10%降至5%,将地方政府应急储备天数从3天延长至5天,这些政策变化凸显了储气库建设的紧迫性和重要性。在“十四五”规划期间,国家大力推动石油天然气基础设施发展,鼓励社会资本参与油气储备库、液化天然气接收站等基础设施建设,并支持省级管网以市场化方式融入国家管网体系。进入“十五五”,我国储气库建设将进一步加强,现有设施的扩能改造工程已经取得了显著成效,这些进展标志着我国储气库建设进入了快速发展阶段^[1-5]。

储气库工程站场管道系统是一个复杂而庞大的网络,其站场类别种类繁多,管道设计界面错综复杂。以采气期为例,地下湿天然气从井口产出后进入井场,随后输送至集配站,经过初步处理后需要增压才能进入集注站,在集注站处理至合格商品气标准后,最终接入天然气管网中的阀室、分输站,这一流程几乎涉及了全部的油气站场类型。每种站场都有其独特的功能定位和工艺要求,因此管道设计参数、材料选择、施工标准存在显著差异。同时,储气库运行过程中注采交替的工况使管道承受交变应力,对材料的疲劳性能和焊接质量提出了更高要求。这种复杂性不仅增加了设计难度,也为施工验收的统一规范带来了挑战^[6-10]。

本研究目的在于系统厘清储气库工程中不同类型站场管道需执行的设计及施工验收要求,重点分析其差异点,建立统一的设计及施工验收标准体

系。目前,我国储气库站场管道设计涉及多个标准体系,包括长输管道、集输管道和工业金属管道等不同类别,这些标准在适用范围、技术要求和安全系数等方面存在差异,容易导致工程实践中的执行混乱。通过对这些标准的对比分析,明确各类标准的适用范围和技术特点,可以为储气库工程站场管道的建设提供参考依据,形成规范化的标准执行体系。这一研究不仅有助于提高储气库工程建设质量,还能促进储气库设施的安全运行和高效管理,为我国储气库事业的规模化发展奠定技术基础。

1 储气库工程站场管道类别划分

储气库工程从采气到外销全过程涉及井场、集配站、集注站、阀室及分输站等多种类型的站场,每类站场中的管道根据介质特性、操作参数和功能需求,适用不同的设计标准和规范要求。储气库工程站场管道类别划分如表1所示。

表1 储气库工程站场管道类别划分

Table 1 Classification of station pipeline categories in gas storage projects

站场类型	管道类别	主要设计标准	特点说明
井场	集输管道	GB 50349	直接连接气井,压力温度变化大
集配站	集输管道	GB 50349	汇集多口井气流,初步分离处理
集注站	工业金属管道(GC)	GB/T 20801.3	气体处理、增压、注采核心环节
阀室	长输管道(GA)或工业金属管道(GC)	GB/T 34275	管网关键控制点,干线组成部分
分输站	长输管道(GA)或工业金属管道(GC)	GB/T 34275	天然气外输接口,计量调配功能

按照SY/T 0071《油气集输管道组成件选用规范》的适用范围,油气井井口至油气处理站场的集输管道按GB 50349《气田集输设计规范》或GB 50350《油田油气集输设计规范》的规定计算壁厚,

油气处理站场管道按 GB/T 20801.3《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》的规定计算壁厚。基于这一原则,井场和集配站的管道主要用于收集来自井口的天然气并输送至处理站场,其管道类别应划分为集输管道,适用 GB 50349《气田集输设计规范》。而集注站中的管道,因为涉及天然气的处理、增压和注采操作,其功能更接近工业设施内的工艺管道,因此应划分为工业金属管道,适用 GB/T 20801《压力管道规范—工业管道》系列标准。

2025年新颁布实施的 TSG 31—2025《工业管道安全技术规程》对输油输气站场内的工艺管道提出了新的规定:输油输气站场内的工艺管道应当采用 GB/T 34275《压力管道规范长输管道》或者 GB/T 20801.3 进行设计。这一规定使得阀室和分输站内的管道类别划分出现了灵活性:既可以定义为长输管道(GA),也可定义为工业金属管道(GC)。当阀室和分输站按照工业管道设计时,可参照集注站要求执行;而按照长输管道设计时,则需遵循 GB/T 34275《压力管道规范长输管道》的要求。考虑到阀室和分输站作为干线管网组成部分的特性,以及与其他长输管道段的一致性,本文建议将阀室和分输站暂按长输管道要求执行。

这种管道类别的划分不仅影响设计标准的选择,也直接关系到施工验收要求和焊接工艺评定标准的确定。例如,集输管道强调对气田特定工况的适应性,工业金属管道关注工厂化条件下的精确设计,而长输管道则注重长距离输送的安全性和可靠性。不同规范对同一技术参数要求可能存在差异,如管道壁厚计算、材料选择原则、安全系数取值等,这些差异点需要在设计初期就予以明确,以确保工程的整体性和一致性。

在实际工程中,储气库站场管道的类别划分还需考虑项目整体性和运行维护的便利性。在这种情况下,应当优先确保同一储气库项目内同类管道采用统一的设计标准和材料规格,以减少备品备件种类,降低运维复杂度。同时,随着储气库技术的不断发展,如复杂地质条件储气库动态密封性评价技术、油藏型储气库次生气顶形成与控制技术等的应用,站场管道的类别划分也需要与时俱进,不断优化完善。

2 管道设计标准分析

2.1 标准分析

储气库工程站场管道设计涉及三大主要标准体系:长输管道执行 GB/T 34275《压力管道规范 长输管道》和 GB 50251《输气管道工程设计规范》;集输管道遵循 GB 50349《气田集输设计规范》;工业金属管道则依据 GB 50316《工业金属管道设计规范》和 GB/T 20801.3《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》。这些标准在设计理念、安全系数和计算方法上各有侧重。长输管道注重长距离输送的公共安全,集输管道侧重气田特定工况的适应性,工业管道强调工厂化条件下的精确设计。TSG 31—2025《工业管道安全技术规程》建议长输管道和工业金属管道的设计标准优先执行 GB/T 34275 和 GB/T 20801.3,与最新的安全技术规程形成良好的衔接^[11-14]。

2.2 壁厚计算

钢管壁厚计算方面,不同标准体系有着显著不同的计算模型和安全要求。GB/T 34275 对于长输管道站场内的管道,采用与干线管道基本一致的壁厚计算公式,考虑因素包括设计压力、钢管外径、材料最小屈服强度和焊缝系数,并针对不同地区等级采用不同的设计系数。GB 50349 在长输管道的基础上额外计入了介质腐蚀的影响,体现了集输管道对含硫等腐蚀性介质的适应性。而 GB/T 20801.3 对于工业金属管道的壁厚计算,则采用了更为精细的计算模型,不仅考虑了压力荷载,还计入了出厂负偏差及加工偏差的影响。

2.3 管材选型

管道材料选型方面,不同标准体系也存在明显差异。GB/T 34275 强调材料在长输工况下的适应性和耐久性,对材料的韧性要求尤为严格,特别注重防止裂纹扩展和脆性断裂。GB 50349 则更关注材料对气田特定介质(如含硫天然气)的耐腐蚀性能,要求根据天然气气质、气井产量、压力、温度和气田构造形态等因素综合确定材料选择。GB/T 20801.3 建立了完整的材料分组、认证和使用体系,对材料在复杂工业环境下的适用性进行了细致的规定。

在储气库工程实践中,管材选型应考虑项目整体性,在满足整体设计标准的前提下,尽量统一管材规格。例如,对于同样输送天然气的管道,在不同站场内应尽可能选用相同或相近的钢级和材料类型,以减少材料种类,简化供应链管理。同时,储气库注采交替的运行特点使管道承受交变应力,在材料选择时应特别关注材料的疲劳性能和韧性储备。此外,随着储气库建设地质条件的日益复杂,如复杂泛连通低渗气藏、深层盐穴老腔等特殊环境,管道材料也需要有针对性的特殊考虑。基于已建储气库扩容达产的经验,短期内快速提高储气库调峰能力最有效的手段是优化现有系统,包括管道网络的优化设计。因此,在管材选型时应当具有前瞻性,充分考虑储气库未来扩容和改造的可能性,为后续发展留出适当余量。

表 2 施工标准中的外观检测验收要求

Table 2 Acceptance requirements for visual inspection in construction standards			
项目	GB 50819	GB 50540	GB/T 20801
焊缝宽度	每侧应超出坡口 1.0~2.0 mm	宽度宜为每侧盖过坡口 2 mm	未明确
焊缝余高	上向焊≤3 mm; 下向焊≤2 mm (局部≤3 mm, 连续长度≤50 mm)	余高一般不应超过 2 mm, 局部不得超过 3 mm	不同接头等级下的要求各不相同, 整体要求较高, 详见 20801.5 表 2
咬边要求	深度≤壁厚 12.5%, 且≤0.5 mm, 连续长度≤100 mm, 累计长度≤焊缝全长 10%	深度≤0.5 mm, 连续长度≤100 mm, 累计长度≤焊缝全长 10%	不同接头等级下的要求各不相同, 整体要求较高, 详见 20801.5 表 2

GB 50540 对高压、大口径管道的错边量和焊缝余高有明确限制,要求较为严格。GB 50819 更注重管道在油气田环境下的适应性,包括防腐层质量、埋地管道的沟槽处理等内容。GB/T 20801.5 建立了从材料入场到管道安装全过程的目视检查体系,特别强调对工业管道组成件的标识和追溯性管理,,对不同接头等级分别规定验收指标。

3.3 无损检测

无损检测是管道施工验收的核心内容,各标准在检测方法、检测比例和合格等级等方面的差异尤为明显,如表 3 所示。

GB 50540 规定长输管道站场管道焊缝应进行 100% 无损检测,检测方法优先选用射线检测或超声波检测,体现了长输管道对安全性的高度重视。GB 50819 要求集输管道的无损检测根据设计压力和介质特性确定检测比例,针对严苛设计工况规定了更严格的检测要求。GB/T 20801.5 对工业金属管道的无损检测采用了分级方法,根据管道等级和工况

3 施工验收标准分析

3.1 标准分析

储气库工程站场管道的施工验收是确保工程质量的关键环节,不同类别的管道适用不同的施工验收标准。长输管道(GA)站场执行 GB 50540《石油天然气站内工艺管道工程施工规范》,集输管道遵循 GB 50819《油气田集输管道施工规范》,而工业金属管道(GC)则按照 GB/T 20801.5《压力管道规范 工业管道 第 5 部分:检验与试验》的要求进行验收。这些标准在检测要求、合格指标和验收程序上各具特点,对储气库工程的质量控制有直接影响。

3.2 外观质量

外观检测是管道施工验收的基础环节,各标准要求略有差异,如表 2 所示。

表 3 施工标准中的无损检测验收要求

Table 3 Acceptance requirements for non-destructive testing in construction standards			
项目	GB 50540	GB 50819	GB/T 20801
检测方法	RT 或 UT	RT 和 UT	RT 或 UT
检测比例	100%	$P>16\text{ MPa}; 100\%UT+100\%RT$ $16\geq P>10\text{ MPa}; 100\%UT+50\%RT$ $10\geq P>4\text{ MPa}; 100\%UT+20\%RT$ $4\geq P>1.6\text{ MPa}; 100\%UT+10\%RT$	I 级检测等级 (GC1):100%; II 级检测等级 (GC2):20%
技术等级	未明确	未明确	RT:AB 级 UT:B 级
执行标准	SY/T 4109	SY/T 4109	NB/T47013
合格等级	II 级	II 级	II 级

条件确定检测要求,强调基于风险的控制理念^[15-18]。

在检测比例的确定上,各标准采用了不同的方法论。GB 50540 要求 100% 无损检测,GB 50819 按压力分档,GB/T 20801.5 按管道等级划分,方法更加

精细化,但也增加了标准执行的复杂性。在合格等级方面,GB 50540和GB 50819参考了SY/T4109《石油天然气钢制管道无损检测》,GB/T 20801.5参考了NB/T 47013《承压设备无损检测》,一般要求射线检测及超声检测达到II级合格。

在不合理处理上,各标准规定有所不同。GB 50540要求最为严格,任何不合格部位都必须返修并重新检测直至合格。GB 50819对集输管道允许在特定条件下进行局部修复,而不必整段更换。GB/T 20801.5对工业金属管道则建立了更为系统的缺陷评定体系,允许对某些非临界缺陷进行免修复处理。

储气库工程中,管道施工验收的特殊性在于需要充分考虑注采交替工况对管道的影响。这种特殊的运行模式使管道承受周期性的压力和温度变化,容易导致疲劳损伤和应力集中。因此,在施工验收阶段就需要关注那些可能影响管道疲劳性能的质量因素,如焊缝形状、几何不连续性和材料表面状态等。这些要求可能超出常规标准的规定,需要在工程规范中特别明确。另外,随着储气库建设技术的发展,如盐穴储气库地面设施扩能工程的实施,新的施工验收挑战也随之出现。例如,一缸两

段式电驱离心式压缩机组的应用,对连接管道的施工精度提出了更高要求;三甘醇脱水处理装置的使用,需要特别关注脱水系统管道的特殊材料要求和安装工艺。这些新技术、新设备的引入,要求施工验收标准保持一定的前瞻性和适应性,必要时可通过编制项目专用规范来补充现有标准的不足。

4 焊接工艺评定标准分析

4.1 标准分析

焊接是储气库站场管道施工的关键工序,焊接工艺评定是确保焊接质量的基础。不同类别的管道对应不同的焊接工艺评定标准:长输管道(GA)站场适用SY/T 0452《石油天然气金属管道焊接工艺评定》,工业金属管道(GC)执行NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》,集输管道依据GB/T 31032《钢质管道焊接及验收》。这些标准在评定规则、试验要求和覆盖范围等方面存在显著差异,直接影响储气库工程焊接工艺的选择和质量控制^[19-21]。

4.2 评定规则

评定规则是焊接工艺评定的核心,各标准对评定因素分类和变更处理有不同方法,如表4所示。

表4 焊接工艺评定标准中的评定规则要求

Table 4 Qualification rules requirements in welding procedure qualification standards

项目	GB/T31032	NB/T47014	SY/T0452
因素分类	分为重要因素、补加因素、次要因素(表4.2.2)。重要因素影响抗拉强度和弯曲性能;补加因素影响冲击性能;次要因素无显著影响。	分为基本要素(表1和表2),变更需重新评定。类似重要因素概念,但未明确分三类。	分为重要因素、补加因素、次要因素(表5)。重要因素影响拉伸和弯曲性能;补加因素影响冲击韧性。
评定规则	变更重要因素需重新评定;变更补加因素需增加冲击试验;变更次要因素只需修订规程。	基本要素变更需重新评定;其他变更可修订规程。	变更重要因素需重新评定;变更补加因素需增加冲击试验;变更次要因素需修订规程。

在母材评定方面,NB/T 47014将母材按类别和组别划分,同一类别组别的母材可相互覆盖,高组别号母材评定合格的工艺适用于该高组别号与低组别号母材相焊。SY/T 0452基本沿用这一原则,但对未列入标准的母材要求根据化学成分、力学性能和焊接性能确定归入相应类别组别。GB/T 31032对母材评定规则相对宽松,更注重焊接工艺在实际工况下的性能表现。

在预热温度变更规则上,SY/T 0452规定比评定值低50℃以上需重新评定,而NB/T 47014将预热温度变更视为补加因素而非重要因素,二者处理

方式不同。GB/T 31032将评定因素分为基本要素且未明确分三类,基本要素变更需重新评定,其他变更可修订规程。

4.3 试验项目及验收要求

试验要求是焊接工艺评定的关键内容,各标准对试验项目和合格标准的规定各自不同,如表5所示。

SY/T 0452的试验项目针对石油天然气金属管道的特点,注重焊接接头的韧性和塑性,包括拉伸试验、弯曲试验和冲击试验等。NB/T 47014的试验要求更为全面和系统,包括拉伸、弯曲、冲击、硬度

表 5 焊接工艺评定标准中的试验要求对比

Table 5 Comparison of performance differences in welding procedure qualification standards

试验类型	SY/T 0452—2021	GB/T 31032—2023	NB/T 47014—2023
拉伸试验	1. 抗拉强度不低于母材标准下限值。 2. 异种母材时, 取抗拉强度较低材料的标准下限。 3. 若使用低强度焊缝金属, 则不低于焊缝金属标准下限(5.3.1)。	1. 抗拉强度不低于母材规定最小抗拉强度(SMTS)。 2. 断在母材时, 强度≥95% SMTS 合格。 3. 异种母材时, 取较低 SMTS(6.6.2.3)。	1. 抗拉强度不低于母材规定值(如标准下限)。 2. 断在母材时, 强度≥95% 规定值合格。 3. 异种母材时, 取较低值(6.4.1.5.4)。
刻槽锤断试验	1. 断裂面完全焊透和熔合。 2. 气孔最大尺寸≤1.6 mm, 累计面积≤断裂面 2%。 3. 夹渣深度<0.8 mm, 长度≤壁厚 1/2 且<3 mm; 相邻夹渣间距≥13 mm(5.3.2)。	类似 SY/T 0452 要求: 完全焊透熔合; 气孔和夹渣限制相同(6.6.3.3)。	未规定 (承压设备标准不常用此试验)。
背弯和面弯试验	弯曲 180°后, 拉伸面任意方向无长度>3 mm 的裂纹(棱角裂纹不计, 但内部缺陷引起需计入)(5.3.3)。	弯曲后, 缺陷尺寸≤公称壁厚 1/2, 且≤3 mm; 边缘裂纹≤6 mm 合格(6.6.4.3)。	弯曲后无开口缺陷>3 mm(6.4.1.6.4)。
侧弯试验	要求同背弯/面弯: 无长度>3 mm 的裂纹(5.3.3)。	要求同背弯/面弯(6.6.5.3)。	要求同背弯/面弯: 无开口缺陷>3 mm(6.4.1.6.4)。
夏比冲击试验	试验温度按设计文件; 三个试样平均值>规定值, 允许一个试样低于规定值但不低于 70%(表 5.3.4)。钢质接头参考表 5.3.4 指标(5.3.4)。	试验温度≤最低设计温度; 合格指标按设计要求(6.6.6.3)。	试验温度按设计; 钢质接头平均值≥27 J(锅炉), 允许一个试样低于 70%(表 13)。
宏观金相试验	根部完全焊透, 无裂纹、未熔合; 焊脚高度差≤3 mm(5.3.5)。	无裂纹和未熔合。	无裂纹、未熔合(6.4.2.4.2)。
硬度试验	按设计文件要求(5.3.7)。	最大硬度值符合表 4 要求(6.6.8.3)。	堆焊部分有要求(7.3.1.4), 但对焊缝未明确规定。

等多种试验, 特别关注焊接接头在承压设备工况下的综合性能。GB/T 31032 的试验要求相对简化, 主要关注焊接接头的基本力学性能, 如拉伸强度和弯曲性能, 更适合集输管道的施工特点。这些标准在技术细节上也存在差异, 如试件形式、试样尺寸和试验方法等。以拉伸试件为例, SY/T 0452《石油天然气金属管道焊接工艺评定》和 NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》均采用带肩的试样, 而 GB/T 31032《钢质管道焊接及验收》则使用不带肩的试样。这些差异虽然看似微小, 但对试验结果有直接影响, 在评定过程中需要特别注意。

对于储气库工程, 焊接工艺评定的特殊性在于需要充分考虑交变载荷工况对焊接接头性能的影响。储气库管道在注采交替过程中承受周期性的压力变化, 容易在焊接接头处产生疲劳损伤。因此, 在焊接工艺评定时, 除了满足标准规定的基本试验要求外, 还应考虑接头的疲劳性能和韧性储备。特别是对于高压、大口径管道, 建议增加焊接接头的疲劳试验和断裂韧性试验, 以确保接头在交变载荷下的长期可靠性。焊接工艺评定的最终目的是为现场焊接提供可靠的技术支持, 因此在评定

过程中应充分考虑储气库现场的实际条件。例如, 野外施工的环境控制、冬季施工的低温防护、现场焊接口的组对误差等因素, 都应在工艺评定时予以模拟和验证。只有通过科学的焊接工艺评定, 才能确保储气库站场管道的焊接质量, 为储气库的安全运行奠定坚实基础。

5 结论

本文系统梳理了天然气储气库工程站场管道适用的标准体系, 从管道类别划分、设计标准、施工验收标准和焊接工艺评定标准四个方面进行了对比分析, 主要结论如下:

(1) 储气库工程站场管道涉及集输管道、工业金属管道和长输管道三类, 分别对应 GB 50349、GB 50316/GB/T 20801.3 和 GB/T 34275/GB 50251 等设计标准。阀室和分输站依据 TSG 31—2025 可按长输管道或工业金属管道设计, 建议暂按长输管道要求执行, 以确保安全裕度。

(2) 三个设计标准体系在壁厚计算上存在差异: GB 50349 在长输管道基础上额外计入介质腐蚀

影响,GB/T 20801.3 额外计入出厂负偏差及加工偏差。管材选型应考虑项目整体性,在满足设计标准的前提下尽量统一管材规格。

(3)施工验收标准中,GB 50540 要求长输管道站场焊缝 100% 无损检测,GB 50819 按设计压力分档确定检测比例,GB/T 20801.5 按管道等级(GC1/GC2)划分检测比例。在不合格处理上,三个标准的严格程度依次递减。同一工程内不同站场适用不同验收标准,需在项目规范中明确统一要求。

(4)焊接工艺评定标准中,SY/T 0452 和 NB/T 47014 将评定因素分为重要因素、补加因素和次要因素,而 GB/T 31032 采用基本要素的概念且未明确分三类。在预热温度变更规则上,SY/T 0452 规定低 50 °C 以上需重新评定,NB/T 47014 将其视为补加因素,处理方式不同。试验项目设置上,SY/T 0452 包含刻槽锤断试验和宏观金相试验,NB/T 47014 试验项目最为全面,GB/T 31032 相对简化。

(5)建议在储气库工程项目内部优先保证同类管道标准的统一性和材料规格的一致性,以提升工程建设质量、保障安全运行、降低运维复杂度。

参考文献:

- [1] 郑得文,完颜祺琪,赵凯. 中国天然气地下储气库发展现状与前景展望[J]. 国际石油经济,2025,33(07): 37-45.
ZHENG D W, WANYAN Q Q, ZHAO K. Development status and prospect of underground natural gas storage in China[J]. International Petroleum Economics,2025,33(07):37-45.
- [2] 马新华,郑得文,申瑞臣,等. 中国复杂地质条件气藏型储气库建库关键技术与实践[J]. 石油勘探与开发,2018,45(03):489-499.
MA X H, ZHENG D W, SHEN R C, et al. Key technologies and practice for gas field storage facility construction of complex geological conditions in China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45 (03):489-499.
- [3] 刘进博,赵志卫,王庆,等. 地下储气库输气管线腐蚀影响因素分析及防范措施[J]. 化工管理,2017(31):123.
LIU J B, ZHAO Z W, WANG Q, et al. Analysis of Factors Affecting Corrosion of Gas Transmission Pipelines in Underground Gas Storage and Preventive Measures [J]. Chemical Management,2017(31):123.
- [4] 李龙,刘浩生,秦垦,等. 中国盐穴地下储气库技术现状及发展趋势[J]. 盐科学与化工,2025,54(04):1-5.
LI L, LIU H S, QIN K, et al. Technical Status and Development Trend of Salt-cavern UGS in China [J]. Journal of Salt Science and Chemical Industry,2025,54 (04):1-5.
- [5] 张春奇. 双碳背景下中国天然气产业发展概况及前景展望[J]. 能源与节能,2024(06):6-9.
ZHANG C Q. Overview and Prospect of China's Natural Gas Industry Development under Background of Dual Carbon [J]. Energy and Energy Conservation, 2024(06):6-9.
- [6] 糜利栋,曾大乾,刘华,等. 天然气地下储气库智能化建设关键技术及其发展趋势[J]. 石油与天然气地质,2024,45(02):581-592.
MI L D, ZENG D Q, LIU H, et al. Key technologies and development trends for intelligent construction of underground gas storage facilities[J]. Oil & Gas Geology,2024,45(02):581-592.
- [7] 姚威,肖恩山. 我国盐穴储气库建设技术发展现状及趋势[J]. 中国井矿盐,2024,55(04):7-10.
YAO W, XIAO E S. The Present Situation and Trend of Salt Cavern Gas Storage Construction Technology in China [J]. China Well and Rock Salt, 2024, 55 (04): 7-10.
- [8] 刘洁莹,毕智高. 盐穴型储气库风险评价的应用研究[J]. 价值工程,2022,41(31):117-119.
LIU J Y, BI Z G. Application Research on Risk Assessment of Salt Cavern Gas Storage [J]. Value Engineering,2022,41(31):117-119.
- [9] 吴张帆,赵艳杰,姜炜. 储气库技术标准发展建议[J]. 石油工业技术监督,2022,38(09):19-21.
WU Z F, ZHAO Y J, JIANG W. Suggestions on Development of Technical Standards for Underground Gas Storage [J]. Technology Supervision in Petroleum Industry,2022,38(09):19-21.
- [10] 王乐乐,李莉,张斌,等. 中国油气储运技术现状及发展趋势[J]. 油气储运,2021,40(09):961-972.
WANG L L, LI L, ZHANG B, et al. Current status and development trend of oil and gas storage and transportation technologies[J]. Oil & Gas Storage and Transportation,2021,40(09):961-972.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB 50349-2015 气田集输设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.

- [12] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T 20801.3—2020 压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [13] 国家市场监督管理总局. TSG 31—2025 工业管道安全技术规程[S]. 北京:中国标准出版社,2025.
- [14] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T 34275—2024 压力管道规范 长输管道[S]. 北京:中国标准出版社,2024.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50540—2009 (2012年版) 石油天然气站内工艺管道工程施工规范[S]. 北京:中国计划出版社,2012.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50819—2013 油气田集输管道施工规范[S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [17] 国家能源局. SY/T 4109—2020 石油天然气钢质管道无损检测[S]. 北京:石油工业出版社,2020.
- [18] 国家能源局. NB/T 47013 承压设备无损检测[S]. 北京:新华出版社,2015.
- [19] 国家能源局. NB/T 47014—2023 承压设备焊接工艺评定[S]. 北京:北京科学技术出版社,2023.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T 31032—2023 钢质管道焊接及验收[S]. 北京:中国标准出版社,2023.
- [21] 国家能源局. SY/T 0452—2021 石油天然气金属管道焊接工艺评定[S]. 北京:石油工业出版社,2021.

编辑部网址: <http://www.71dhj.com>

☞ 上接第60页

- 摩擦学学报(中英文),2024,44(7):893–902.
- LI K, LIN Y M, WANG F, et al. Effect of Solution Treatment on Microstructure and Wear Resistance of Directed Energy Deposited Super Duplex Stainless Steel[J]. Tribology, 2024, 44(7): 893–902.
- [22] Ronneberg T, Davies C M, Hopper P A. Revealing relationships between porosity, microstructure and mechanical properties of laser powder bed fusion 316L stainless steel through heat treatment[J]. Materials & Design, 2020, 189: 108481.
- [23] 王晨. 电弧增材制造316L不锈钢热处理前后的组织与性能及各向异性[D]. 北京:北京科技大学,2023.
- WANG C. Microstructure, properties and anisotropy of 316L stainless steel fabricated by wire and arc additive manufacturing before and after heat treatment[D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2023.
- [24] Kong D, Dong C, Ni X, et al. Mechanical properties and corrosion behavior of selective laser melted 316L stainless steel after different heat treatment processes [J]. Journal of Materials Science & Technology, 2019, 35(7): 1499–1507.
- [25] Kurzynowski T, Gruber K, Stopyra W, et al. Correlation between process parameters, microstructure and properties of 316 L stainless steel processed by selective laser melting [J]. Materials Science and Engineering: A, 2018, 718: 64–73.
- [26] Chen Y, Zhang J, Gu X, et al. Distinction of corrosion resistance of selective laser melted Al–12Si alloy on different planes[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 747: 648–658.

编辑部网址: <http://www.71dhj.com>