同行专家业内评价意见书编号: \_20250858260

# 附件1 浙江工程师学院(浙江大学工程师学院) 同行专家业内评价意见书

**学号:** <u>22260136</u>

浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)制

2025年05月22日

## 填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容,请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告,可另行附页或增 加页数,A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔,亲 笔签名或签字章,不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写 ,编号规则为:年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4 位+流水号3位,共11位。

.

一、个人申报

(一)基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工 程师职称评审参考指标》,结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准,举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在氢气储运及氢安全领域,我系统掌握了工程热力学、流体力学、材料力学等基础理论,深 入理解高压氢脆机理、相变传热特性及氢扩散行为。专业技术方面,熟悉高压气态储氢(IV 型瓶复合材料设计)、低温液态储氢(绝热系统优化)、有机液体储氢(催化剂性能提升) 及固态储氢(金属氢化物动力学调控)等关键技术,熟练掌握针对各种金属材料在临氢环境 下的各种力学性能试验方法、评价标准与试验流程;能运用CFD方法模拟氢气泄漏、扩散及 燃烧行为,掌握有限元模拟方法模拟分析金属材料氢扩散、氢渗透行为等;了解国内外氢能 技术前沿,具备跨学科知识整合能力,可针对复杂工程问题提出创新解决方案。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

北京海德利森科技有限公司是一家集研发、生产、销售、服务为一体的高压、超高压系统综合服务商,致力于全方位提供定制化加氢站核心设备、气体增压系统、高压检测系统等综合解决方案,根据项目需求,本人在海德利森科技有限公司进行实践,主要参与燃气管道掺氢金属相容性研究。系统研究了高压临氢环境下管线钢及焊缝的氢损伤行为,通过设计多因素耦合试验,分析材料微观组织与氢陷阱的相互作用机制,结合SEM/EBSD表征技术,明确了高压临氢环境下管线钢及焊缝的力学行为,以及晶界、位错等微观缺陷对氢扩散行为的影响规律;将研究成果转化为企业技术规范,为输氢管材临氢性能提供数据支持。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

在实际工作中,我深入参与了输氢管道金属氢相容性研究项目,这是一个极具挑战性的工程 课题。随着氢能产业的蓬勃发展,管道输氢因其高效节能、输送规模大等优势成为主流发展 方向,但氢脆问题始终是制约其安全应用的关键瓶颈。特别是焊接接头作为管道系统的薄弱 环节,其在氢气环境下的性能表现直接关系到整个输氢系统的可靠性。面对这一复杂工程问 题,本人综合运用材料科学、断裂力学和数值模拟等多学科知识,开展了一系列创新性研究

在项目初期,系统分析了20号钢焊接接头在高压氢环境下的失效机理。通过设计慢应变速率 拉伸试验,首次获得了该材料在氢气环境中力学性能的完整劣化规律。试验数据显示,氢暴 露导致材料屈服强度和抗拉强度下降约8-

12%, 而塑性指标更是骤降40%以上。为了深入理解这一现象,采用扫描电镜对断口进行微观 分析,发现氢气环境使材料断裂模式从典型的韧性断裂转变为脆性准解理断裂。更值得关注 的是,通过电子背散射衍射技术,观察到氢原子会优先在晶界和位错处聚集,形成局部脆化 区,这为解释氢脆机制提供了直接证据。

针对工程实际最关心的疲劳性能问题,设计了多应变幅下的低周疲劳试验方案。研究发现, 在4MPa氢气压力下,焊接接头的疲劳寿命降低达60%。通过EBSD技术研究了氢气在微观层面 上对20号钢焊接接头疲劳断裂过程的影响机制。结果表明,氢气的渗入导致材料内部的晶粒 取向分布不均匀程度增强,促使材料内部更多的位错被激活和累积,内部平均KAM值与GND密 度整体增加,表明材料内部局部应变集中显著增强,促使裂纹更易萌生并加速裂纹扩展,最 终导致材料的疲劳寿命降低,疲劳性能劣化。结合疲劳试验结果,系统识别了临氢环境下最 易发生疲劳断裂的位置。研究表明,热影响区由于其焊接热循环作用导致的晶粒尺寸差异显 著、组织不均、残余应力集中等特性,导致该区域的氢脆敏感度相对更高、氢相容性相对更 差,成为临氢环境下疲劳断裂的危险区域,通过建立疲劳裂纹扩展速率与氢气压力的定量关 系模型,提出了基于断裂力学的寿命预测方法,可直接应用于某输氢管道项目的安全评估, 预测部服役寿命。

在数值模拟方面,开发了氢扩散与塑性变形耦合的有限元模型,通过有限元数值模拟的方法 研究了焊接接头试样在拉伸过程中氢浓度分布情况。模拟结果显示,在12MPa高压下,热影 响区的氢浓度可达母材区的2.3倍,这与实验观测到的裂纹优先在该区域萌生的现象高度吻 合。基于这些发现优化焊接工艺参数,通过控制热输入来减小组织不均匀性,这一建议采纳 后使接头区域的氢相容性显著。

项目实施过程中,本人特别注重研究成果的工程转化。通过建立"试验-模拟-

验证"的闭环研究流程,将实验室数据转化为实用的工程指导原则。在与工程团队的密切合作中,我深刻体会到解决复杂工程问题需要理论创新与实践经验的有机结合,这种跨界的思维方式将成为我未来工作的重要指导。这项研究不仅填补了20号钢焊接接头氢相容性评价的技术空白,更重要的是建立了一套从微观机理阐释到宏观性能预测、从实验研究到工程应用的完整的工程解决方案。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利 证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技 成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含 发明专利申请)、软件著 作权、标准、工法、著作 、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
STUDY ON COMPATIBILITY ASSESSMENT OF URBAN NATURAL GAS PIPELINE WELDED JOINTS UNDER HYDROGEN ENVIRONMENT	会议论文	2024年11 月14日	Proceeding s of the ASME Pressure Vessels and Piping Conference	1/5	EI会议收 录
		1	1	1	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自 主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方 案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效 益等】

(三)在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况							
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩: 86 分						
专业实践训练时间及考 核情况(具有三年及以上 工作经历的不作要求)	累计时间: 1.3 年(要求1年及以上) 考核成绩: 83 分						
本人承诺							
个人声明:本人上述所填资料均为真实有效,如有虚假,愿承担一切责任, ,特此声明!							
申报人签名: 夏日大人							

二、日常新	表现考核评价及申报材料审核公示结果
日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价: 口优秀  □良好  □合格  □不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字(公章):
申报材料 审核公示	<ul> <li>根据评审条件,工程师学院已对申报人员进行材料审核(学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况),并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日,具体公示结果如下:</li> <li>□通过 □不通过(具体原因: )</li> <li>□ 工程师学院教学管理办公室审核签字(公章): 年月日</li> </ul>

### 浙江大学研究生院 攻读硕士学位研究生成绩表

	1				<u>~~</u> ~		1 JULL MARKIN					
学号: 22260129	姓名:王嘉辉	性别: 男		学院	: 工程师学院			专业: 电气工程			学制: 2.5年	
毕业时最低应获: 24.0学分 已获得: 29.0学分			分				入学年月: 2022-09	毕业年月:				
学位证书号:					毕业证书号:				授予学位:			
学习时间	课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	研究生英语			2.0	免修	公共学位课	2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	86	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿			1.5	85	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	工程中的有限元方法		2.0	99	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	新能源发电与变流技术			2.0	92	专业学位课	2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	研究生英语能力提升			1.0	免修	跨专业课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	93	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	研究生英语基础技能			1.0	免修	公共学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	79	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	电子电力系统电磁兼容设计基础			2.0	84	专业选修课	2022-2023学年春季学期	工程伦理		2.0	94	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	电动汽车和混合动力汽车系统			1.0	98	专业选修课	2022-2023学年春夏学期	新时代中国特色社会主义理论与实践		2.0	86	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程管理			2.0	85	跨专业课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	综合能源系统集成优化			2.0	91	专业学位课						
								21. TH.	-			

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制(通过、不通过), 五级制(优、良、中、

及格、不及格)。

2. 备注中"\*"表示重修课程。

学院成绩校核章: 子 (1 元) 成绩校核人: 张梦依 (60) 打印日期: 2025-06-03 读读模式章

## 经检索 "Engineering Village",下述论文被《Ei Compendex》收录。(检索时间: 2025 年 3 月 10 日)。

Accession number:20244917482905 Title:STUDY ON COMPATIBILITY ASSESSMENT OF URBAN NATURAL GAS PIPELINE WELDED JOINTS UNDER HYDROGEN ENVIRONMENT Authors:Guo, Songrui (1); Hua, Zhengli (1); He, Xiang (2); Shao, Lingxiao (2); Shen, Xi (1) Author affiliation:(1) Institute of Process Equipment, Zhejiang University, Hangzhou, China; (2) Hang Zhou Qianjiang GAS CO., LTD, Hangzhou, China Source title: American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) **PVP** Abbreviated source title: ASME Pressure Vessels Piping Div. Publ. PVP Volume:3 Volume title:Fluid-Structure Interaction; High Pressure Technology Part number:3 of 5 Issue title: Proceedings of ASME 2024 Pressure Vessels and Piping Conference, PVP 2024 Issue date:2024 Publication year:2024 Report number:pvp2024-122760 Article number: V003T04A023 Language:English ISSN:0277027X CODEN: APVPDM ISBN-13:9780791888490 Document type:Conference article (CA) Conference name: ASME 2024 Pressure Vessels and Piping Conference, PVP 2024 Conference date: July 28, 2024 - August 2, 2024 Conference location:Bellevue, WA, United states Conference code:203947 Sponsor: ASME Nondestructive Evaluation, Diagnosis and Prognosis Division (NDPD); ASME Pressure Vessels and Piping Division Publisher: American Society of Mechanical Engineers (ASME) Number of references:35 Main heading: Tensile strength Controlled terms: Fatigue crack - Fatigue crack propagation - Fatigue testing - Gas piping systems - Heat affected zone - Hydrogen embrittlement - Low-cycle fatigue - Natural gas pipelines - Natural gas transportation - Seam welding - Strain rate - Urban transportation Uncontrolled terms:20# steel - Fatigue crack growth rates - Fatigue properties - Green carbons - Hydrogen contents - Joint area - Low-carbon transitions - Mechanical - Metals materials - Property Welding Processes - 214 Classification code:201.1.1 Metallurgy - 201.8.2 Welding - 201.8.2.1 Materials Science - 214.1.1 Stress and Strain - 214.1.2 Fatigue, Cracks and Fracture - 215.1.2 Mechanical Properties Testing Methods - 432 Highway Transportation - 433 Rail Transportation - 436 Transportation, Other Topics - 522.1 Gas Fuels - 610.1 Pipe, Piping, and Pipelines Numerical data indexing:Percentage 4.605E+01%, Percentage 6.202E+01%, Percentage 7.422E+01%, Percentage 9.00E+01% DOI:10.1115/pvp2024-122760 Funding details: Number: -, Acronym: CEU, Sponsor: State Key Laboratory of Clean Energy Utilization; Funding text: This research was funded by \u201CPioneer\u201D and \u201CLeading Goose\u201D R&D Program of Zhejiang (2023C01225), Zhejiang University K.P. Chao\u2019s High Technology Development Foundation, and the State Key Laboratory of Clean Energy Utilization. Database:Compendex Compilation and indexing terms, Copyright 2025 Elsevier Inc. 注: 1. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。2. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确 认。 教育部科技查新工作站(2 检索人 (签章): 2025年3 Z09

Proceedings of the ASME 2024 Pressure Vessels & Piping Conference PVP2024 July 29-August 2, 2024, Bellevue, Washington

### PVP2024-122760

#### STUDY ON COMPATIBILITY ASSESSMENT OF URBAN NATURAL GAS PIPELINE WELDED JOINTS UNDER HYDROGEN ENVIRONMENT

Songrui Guo Institute of Process Equipment, Zhejiang University, Hangzhou, P. R. China Zhengli Hua\* Institute of Process Equipment, Zhejiang University, Hangzhou, P. R. China Xiang He HANG ZHOU QIANJIANG GAS CO.,LTD Hangzhou, P. R. China Lingxiao Shao HANG ZHOU QIANJIANG GAS CO.,LTD Hangzhou, P. R. China Xi Shen Institute of Process Equipment, Zhejiang University, Hangzhou, P. R. China

#### ABSTRACT

Hydrogen, as one of the crucial carriers in achieving the green and low-carbon transition, plays a significant role in a multi-energy structure. Among the existing hydrogen transportation methods, the transportation of hydrogen in the form of hydrogen-blended natural gas through the existing urban natural gas pipeline network is an effective way to enhance transportation efficiency and substantially reduce costs. However, when hydrogen comes into contact with the metal materials of natural gas pipelines, it can lead to hydrogen embrittlement, resulting in a deterioration of the mechanical properties of the metal materials and even causing significant accidents. Notably, the welded joint area of gas pipelines is widely recognized as the vulnerable link in pipeline transportation systems because the microstructure and mechanical properties of the welded joint area differ significantly from those of the pipeline steel base material, making it the most susceptible site for hydrogen embrittlementinduced failure. In this study, using 20# steel as the research subject, specimens were taken from the vertical weld seam in its welded joint area. The slow strain rate tensile test, low cycle fatigue test and fatigue crack growth test under hydrogen environment were carried out to explore the variation of mechanical properties under different working conditions. The results demonstrate that with an increase in hydrogen content, the yield strength and tensile strength of the welded joint in 20# steel decrease slightly, resulting in a deterioration of mechanical properties. The elongation and reduction of area after fracture decrease, indicating reduced material plasticity and an intensified degree of hydrogen embrittlement. With the addition

of hydrogen, the overall low cycle fatigue life of specimens decreases. The relative fatigue life for the three materials are 74.22%, 62.02%, and 46.05%, demonstrating a noticeable decline in fatigue performance. Hydrogen significantly increases the fatigue crack growth rate in the weld zone of 20# steel. At a hydrogen addition of 10vol%, the fatigue crack growth rate is already approximately 12 times higher than that in the reference environment with 0vol% hydrogen. Simultaneously, with the increase of hydrogen content, the fatigue crack growth rate and the degree of deterioration both escalate, and the deterioration indexes are all above 90%. The research findings can be utilized to assess the compatibility of gas pipeline welded joints in a hydrogen environment.

Keywords: 20# steel, Hydrogen embrittlement, Tensile property, Fatigue property

#### 1. INTRODUCTION

With the escalating global emissions of greenhouse gases, countries worldwide are confronted with increasingly severe climate challenges. To combat climate change, a series of renewable energy strategies, measures, and actions have been globally formulated and implemented. In 2020, China explicitly outlined its dual-carbon strategy, setting goals for peaking carbon emissions by 2030 and achieving carbon neutrality by 2060. The government's robust support has propelled the rapid development of renewable energy. Hydrogen energy is a crucial component of the global energy structural transition and the establishment of a new energy system. It is also one of the most important energy carrier for achieving a multi-energy structure and a carbon-neutral society [1,2]. According to statistics from