

引用格式: 曹宇堃, 吕晓春.我国焊接领域标准体系现状及优化建议[J].标准科学, 2025(8):143–149.

CAO Yukun, LYU Xiaochun. Current Status and Optimization Strategies for China's Welding Standards System [J]. Standard Science, 2025(8):143–149.

我国焊接领域标准体系现状及优化建议

曹宇堃^{1,2} 吕晓春^{1,2*}

(1. 中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司; 2. 全国焊接及相关工艺标准化技术委员会)

摘要: 【目的】焊接标准体系的完善对提升行业技术水平和产品质量具有重要意义。【方法】通过文献分析、对比研究、统计分析和案例研究等方法,系统梳理了国内外焊接标准体系的现状,并从标准更新、实用性提升、缺失标准补充及监督机制等方面探讨了标准化需求。【结果】研究发现,国内焊接标准存在内容滞后、与行业适配性不足等问题,而国外标准在更新频率和国际化方面具有优势。通过统计分析国家标准,发现现有标准在要素分布、工艺覆盖和制造环节衔接上存在不均衡现象。针对这些问题,提出建立层次化的标准结构模型,并搭建包含基础通用、材料、工艺、设备、管理及跨领域融合的体系框架。同时,建议通过加强宣传培训、建立动态监督机制和定期评估反馈,推动新版标准的高效实施。【结论】该研究为优化我国焊接标准体系提供了理论依据和实践路径。

关键词: 焊接标准体系; 优化建议; 国家标准统计; 结构模型; 实施建议

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.08.019

Current Status and Optimization Strategies for China's Welding Standards System

CAO Yukun^{1,2} LYU Xiaochun^{1,2*}

(1. Harbin Welding Institute Co., Ltd.; 2. National Standardization Technical Committee on Welding and Allied Processes)

Abstract: [Objective] A well-structured welding standards system is essential for enhancing technical capabilities and ensuring product quality across the industry. This study aims to evaluate the current status of China's welding standards and propose optimization strategies. [Methods] Using literature review, comparative analysis, statistical evaluation, and case studies, this research systematically examines both domestic and international welding standards systems. It explores key standardization needs, including timely updates, improved applicability, supplementation of missing standards, and the establishment of effective supervision mechanisms. [Results] The study identifies several shortcomings in China's welding standards, such as outdated content and poor alignment with industrial applications, whereas international standards

基金项目: 本文受中国工程院战略研究与咨询项目“面向新型工业化的我国焊接制造发展研究”(项目编号: 2024-XZ-01)资助。

作者简介: 曹宇堃, 硕士, 工程师, 研究方向为焊接领域的工程管理和相关标准化。

吕晓春, 通信作者, 博士, 研究员, 研究方向为新型钎焊材料开发和相关标准化。

show advantages in terms of update frequency and global applicability. Statistical analysis of national standards reveals imbalances in factor distribution, process coverage, and integration across manufacturing stages. In response, the study proposes a hierarchical model for standard structuring and suggests a comprehensive framework encompassing general fundamentals, materials, processes, equipment, management, and interdisciplinary integration. To support the effective implementation of updated standards, the study recommends enhanced training and outreach, a dynamic supervision mechanism, and regular performance evaluation. [Conclusion] These measures provide both theoretical guidance and practical pathways for advancing the welding standards system in China.

Keywords: welding standards system; optimization strategies; national standards analysis; structural model; implementation recommendations

0 引言

近年来,国家对装备制造业提出了多方面且深入的标准化工作要求,围绕核心基础零部件、关键基础材料、先进基础工艺等“瓶颈”领域,强化关键环节、关键领域、关键产品的技术攻关和标准研制。焊接作为基础制造工艺之一,在国民经济各领域广泛应用,尤其在能源装备、航空航天、新能源汽车、船舶、轨道交通、海洋工程装备、高性能医疗器械、集成电路等高端装备制造业中发挥着重要的基础支撑作用。经过二十余年的发展,国内焊接全产业链涵盖了从原材料供应、焊接材料制造、焊接设备制造、焊接技术应用到焊接产品检验与评估等多个环节。本文对焊接领域标准体系进行系统分析和梳理,聚焦焊接产业数字化,加强行业创新体系建设,促进高端工艺装备研发推广,解决重点领域被国外产品“卡脖子”的问题,提升焊接材料质量,全面提升高质量焊接材料自主化程度,满足国家重大装备更高要求,推广绿色焊接技术,适应环保法规要求,推动焊接技术向更加环保和节能的方向发展。按照持续创新、不断拓展的原则,从既保持标准体系整体架构的相对稳定,又顺应新技术的发展趋势,满足创新发展需求的角度出发,提出标准体系优化发展方向,完善技术标准体系,为制定相关标准、提高我国焊接标准化质量水平和助力装备制造业高质量发展奠定基础。

1 焊接领域标准体系现状及需求分析

1.1 焊接领域标准体系现状

1.1.1 国内焊接领域标准体系现状

国内焊接领域标准体系目前形成了多层次架构,主要包括国家标准、行业标准、地方标准和企业标准4个层级。现行国家标准共有221项,其中已发布实施187项,机械行业标准49项,覆盖了焊接材料、工艺方法、质量管理等多个方向^[1],如图1所示。从内容完整性看,传统熔化焊、钎焊材料及工艺标准较为全面^[2],但对于电阻焊、手持激光焊接、增材制造等新技术,相关标准仍处于研制阶段^[3-4]。在技术先进性方面,部分标准已引入数字化检测要求^[5],但绿色低碳指标仅参考国际通用条款,缺乏针对本土产业特点的量化规定^[6-7]。在标准适配性上,现有设备标准难以适应智能焊接机器人的操作规范^[8],数据接口要求尚未明确^[9-10]。标准缺失环节突出表现在特殊作业环境领域,如水下焊接标准仅引用船舶行业通用条款^[11]。值得注意的是,焊接健康防护标准仅覆盖基础要求,对金属烟尘防护、电磁辐射监测等新型职业危害缺乏具体规范^[12]。

1.1.2 国外焊接领域标准体系现状

国外焊接领域标准体系的建设呈现出多样化和动态更新的特点,以美国、欧洲和日本为代表的国家和地区形成了较为完善的技术规范框架。美国焊接协会(AWS)制定的标准覆盖了从材料选择

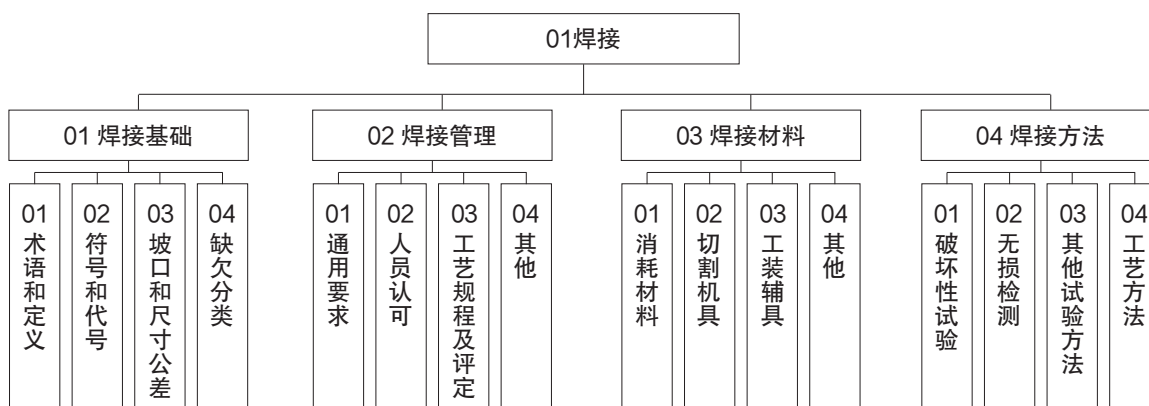


图1 国内现行焊接标准体系

到工艺验证的全流程，在焊接人员资格认证方面强调实践技能与理论考核的结合^[13]；欧洲标准在焊接领域建立了分级的质量要求体系，通过明确不同应用场景下的检测指标，强化了标准的可操作性^[14]，针对数字化焊接设备的接口协议，欧美标准在2020年后增加了数据采集格式的统一规范^[15]。在结构框架层面，国外标准通常采用“基础规范+专项附录”的模式，将焊接质量管理细分为人员、设备和工艺3个独立模块^[16-17]，这种模块化设计便于企业根据生产需求灵活组合使用。值得注意的是，日本在焊接健康与安全标准领域建立了超前于国际水平的规范，JIS Z 3801标准不仅规定了焊接烟尘的排放限值，还细化了作业场所的通风系统配置参数^[6]，这种将环境保护与职业健康相结合的理念值得借鉴。国际标准体系的实践经验表明，建立开放式的标准修订机制和增强与产业需求的对接能力是提升标准适用性的关键路径，引入企业联合工作组模式，使标准内容更贴合实际生产条件^[18]。这些经验对我国优化标准体系具有启示作用，在完善标准配套实施细则和增强企业参与度方面需要重点突破。

1.2 目前焊接领域标准化需求分析

对比国内外焊接标准体系，目前国内焊接领域标准化需求主要体现在以下3个方面：

(1) 标准应依据焊接技术进步趋势提前布局，主要体现在产量、自动化率和新技术普及上，而标准体系滞后布局表现为部分标准待制定、停留

在传统阶段和修订周期长。这种脱节导致企业缺乏统一规范，影响生产效率，形成技术壁垒，还造成“标准孤岛”现象。同时，新型焊接需求需要同步制定标准。标准更新需紧跟技术前沿并守住质量红线，以支撑行业高质量发展。

(2) 标准在实际应用中存在的脱节现象亟待解决，部分标准文件虽内容详尽但操作性较弱。例如，部分焊接机器人操作规程沿用传统手工焊接标准，造成程序参数设置与实际工况不匹配的问题^[15]，钛合金焊接标准无法覆盖近年出现的3D打印等新型焊接工艺要求^[2]。

(3) 标准缺失问题不容忽视。以新型焊接材料为例，高强度铝合金和复合材料已广泛应用于航空航天领域，但针对其焊接接头性能评价的标准尚未形成系统化规范^[2]。在特殊焊接工艺方面，摩擦焊和真空激光焊等先进技术虽已实现产业化应用，但工艺参数控制、设备验收关键环节仍缺乏统一指导^[3]。针对这些问题，完善标准应聚焦2个方向：1) 加快新型焊接材料标准的研制，结合材料特性制定差异化技术指标^[19]；2) 建立先进焊接工艺的全流程标准，覆盖从设备参数设置到质量检测的每个环节^[20]。

2 焊接领域国家标准统计与分析

2.1 从标准要素的角度

在分析焊接领域国家标准的要素构成时，首先

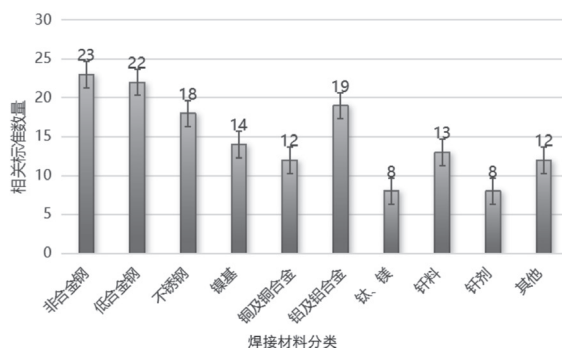
需要明确标准文本中各类要素的分布特征。根据表1所示的现行221项国家标准分布情况,技术规范要素占比最高,约为56.3%,主要涉及焊接工艺评定、焊接材料、工装辅具性能指标等内容;基础要素占标准总篇幅的13.4%,包括术语定义、符号代号、坡口尺寸和缺欠;安全防护类要素仅占4%;焊接烟尘防护等安全议题尚未形成系统规范。各要素间的逻辑关系呈现“技术要求主导型”特征,如焊接设备标准中技术要求与试验方法形成闭环验证,但工艺标准与管理标准之间缺乏有效衔接,导致质量追溯体系存在断层^[20]。

表1 标准在原标准体系中的分布

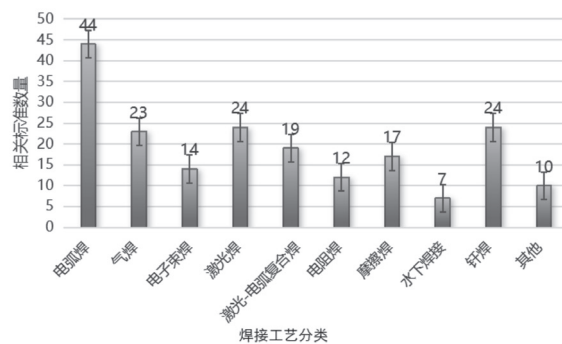
标准体系位置	现行国家标准	在研国家标准制定项目	总计
术语定义	6	0	6
焊接基础 (25)	符号代号	0	2
	坡口尺寸	0	7
	缺欠	0	10
焊接管理 (56)	通用要求	0	11
	人员认可	1	12
	工艺规程及评定	4	26
	其他	4	7
焊接材料 (52)	消耗材料	1	39
	切割机具	0	2
	工装辅具	0	9
	其他	2	2
焊接方法 (88)	破坏性试验	0	20
	无损检测	8	22
	其他实验方法	9	27
	工艺方法	5	19
总计	187	34	221

2.2 从焊接材料和工艺分类的角度

我国焊接领域国家标准在材料和工艺分类上的差异。图2统计数据显示,焊接材料类标准主要集中于传统焊条、焊丝和气体保护焊材料,新兴材料的标准尚处于空白状态^[21]。在工艺分类方面,手工电弧焊和气体保护焊等传统焊接工艺的标准化



(a) 不同焊接材料



(b) 不同焊接工艺

图2 相关标准数量统计

程度较高,相关标准占比超过60%,而自动化焊接工艺,如机器人焊接的标准仅覆盖基础操作规范,缺乏针对智能化参数优化的细则。

3 焊接标准体系优化建议

3.1 建立标准结构模型

建立标准结构模型需要明确构建目标和基本原则。目前,传统的标准分类方式已经难以适应数字化和智能化趋势。本文采用霍尔三维结构建模方法,遵循“层次清晰、覆盖全面”的原则,将标准分为基础层、技术层和应用层。采用这种方法可以将复杂的系统分成若干组成部分,各组成部分再依次分解出构成单元,各构成单元包含若干元素。基础层包含术语、定义等,区分材料、设备和工艺三大板块;技术层需要识别当前焊接领域新兴连接技术,为其标准接口预留空间;应用层要衔接具体场景^[21]。可扩展性体现在模型能兼容焊接大数据等前沿技术。建立的焊接标准三维结构如图3所示。

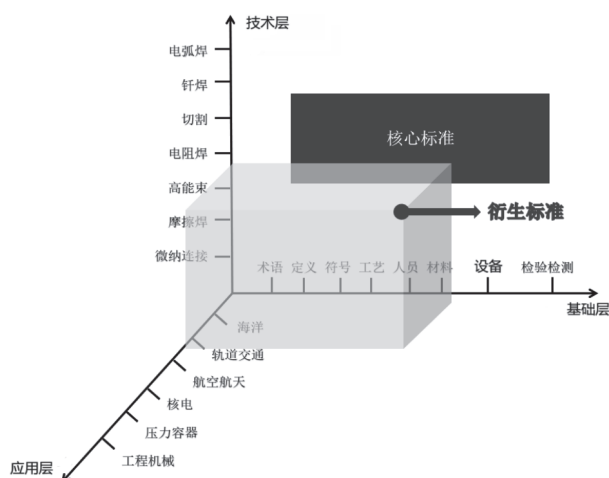


图3 焊接标准三维结构模型

3.2 搭建标准体系框架

本文对于焊接标准体系优化提出了横向分类与纵向分层的标准体系结构设计思路。根据焊接技术发展与应用现状，按照基础、材料、工艺、设备、方法和管理横向划分为6类，在不同类别中根据标准内容进行了分层，明确各类、各层标准的适用范围，形成了一个完整、协调的标准体系。根据行业技术发展趋势，新版焊接国家标准体系对先

进焊接材料和工艺、高端焊接装备及更科学的评价方法进行了重点布局，旨在构建从通用到特殊、从基础到应用的有序标准体系，重点解决了已有标准分类模糊和新技术标准接口不兼容等问题，强化了焊接健康与安全的地位，如图4所示。

3.2.1 基础通用标准

基础通用标准主要规定焊接领域的基本概念、术语定义和符号系统，为其他子标准的制定提供统一框架。新版体系将基础标准子体系作为优先建设内容，重点整合原有分散的术语条目，优化后焊接基础标准主要用于统一焊接领域相关概念，为标准体系其他部分的建设提供支撑和参考，包括术语、符号、接头、缺欠和计算。术语主要规范焊接领域相关概念，包括各种工艺及其参数等；符号包含焊接领域各工艺的表示方法；接头主要规范焊接施工接头的通用要求，包括尺寸、材料、形式等方面；缺欠主要规定焊接接头的缺欠分类以支撑有关质量水平的指导；计算主要规范焊接领域的计算机模拟设计方法和要求。

3.2.2 焊接材料标准

焊接材料标准是确保焊接质量的重要基础，

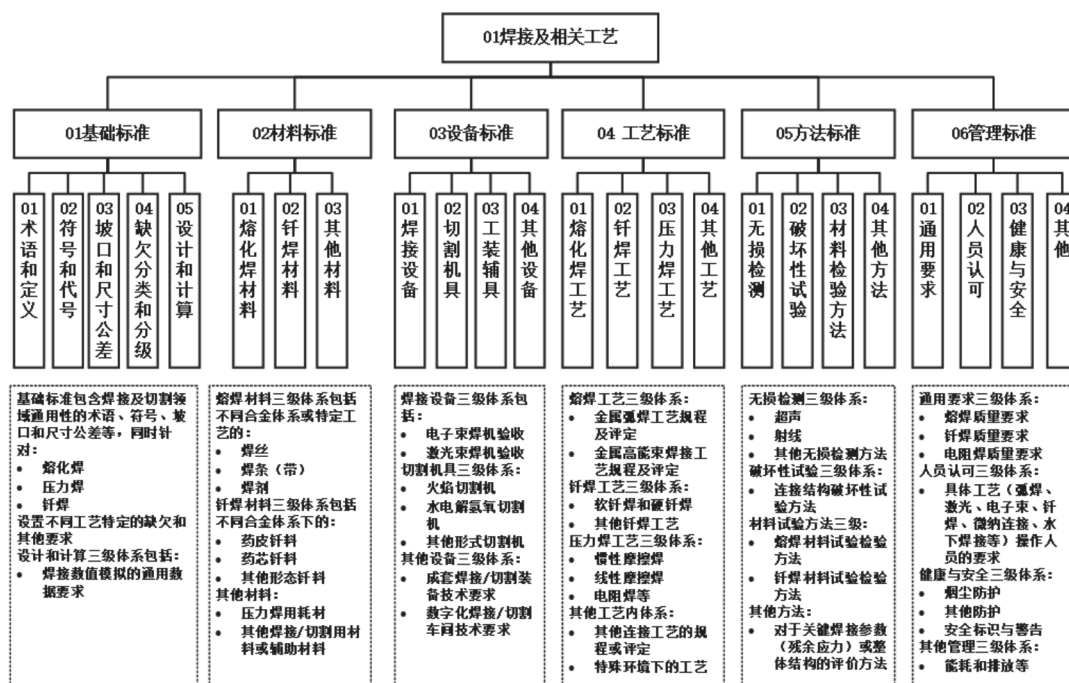


图4 优化后焊接标准体系框架图

内容需要明确材料的质量要求和性能指标,与工艺标准相协调。优化后的材料标准子体系在原有材料子体系基础上,提升了焊接消耗材料的体系层级,解决原有体系中焊接材料部分分支中的标准存在分类尺度不统一、颗粒度过于细小的问题,按照技术方向规范了熔化焊、钎焊和其他工艺的材料,扩展了焊接材料标准体系,更加精准地支撑新型焊接材料标准。

3.2.3 焊接设备标准

焊接设备标准是确保焊接质量的重要依据,需要明确设备的性能参数和安全要求。设备标准既要保持技术先进性,也要增强可操作性,这样才能真正推动行业进步。优化后的设备标准子体系在原有基础上,提升了工具和设备的标准层级,增加了新型热源焊接设备、焊接产线、车间的标准布局,旨在确保焊接设备产品具备高性能、高可靠性、高效率和高安全性,以满足高端焊接制造的需求。

3.2.4 焊接工艺标准

焊接工艺标准是保证不同焊接方法质量的重要基础。优化后的工艺标准子体系在原有基础上,细分了熔化焊、压力焊、钎焊及其他特殊制造工艺规程及评定标准,这种分类方式契合了焊接类型日益多样化的发展趋势,包括熔化焊、压力焊和钎焊等大类,以及激光焊、电子束焊、电弧焊、电阻焊等多种具体工艺。新版焊接工艺标准体系充分考虑到这些焊接类型的差异性和特殊性,对它们进行了更为细致的划分。这种细分有助于更准确地描述和规定各种焊接工艺的技术要求、操作规范和评定标准,从而提高焊接工艺的标准化水平。

3.2.5 焊接方法标准

焊接方法标准作为焊接标准体系的重要部分,主要规定了不同焊接技术的操作要求和评价指标。优化后的方法标准子体系在原有基础上,增加了新材料、工艺的实施指南,以及面向智能制造的焊接过程数字化检测和复杂精密焊接结构的可靠性、服役能力评价方法,与基础共性中计算设计方法以及新材料、工艺方法相互衔接,支撑焊接制造

过程数字化、智能化。

3.2.6 焊接管理标准

焊接管理标准是保证生产过程稳定 and 产品质量合格的关键工具。优化后的质量管理子体系在原有基础上,重新规划了供货技术条件,加入了安全体系。一方面修订焊接切割安全管理类标准,另一方面完善对防护材料、设备及其试验方法的标准布局,同时计划按碳达峰、碳中和标准要求,布局能耗及排放核算标准,实现在原有质量管理的基础上,进一步对焊接制造的碳排放、碳足迹进行管理规范,并针对新型焊接技术,提供技术实施的指导。

3.3 焊接与其他领域交叉融合标准

焊接技术和其他领域的结合越来越紧密,这使得制定跨领域标准变得特别重要。焊接与机械、电子、建筑等领域的交叉点往往存在标准空白,需要建立专门的接口规范。制定交叉标准需要重点考虑3个方面:(1)技术接口,如焊接设备与智能控制系统的数据交互协议;(2)焊接与连接材料的扩展,涉及传统金属材料焊接以外的无机材料和传统焊接工艺以外的连接工艺;(3)检测方法,像数字孪生技术在焊接质量监测中的应用就需要重新定义验收指标^[22]。未来需要重点制定焊接与物联网、大数据等新兴技术的融合标准,比如规定焊接机器人通信协议或工艺数据库架构,这样才能真正实现智能焊接系统的互联互通^[10]。

4 结论

本文通过对比国内外焊接标准体系现状发现,我国现有标准体系存在分类框架不满足现有行业发展需求、新技术接口缺失等问题。根据以上问题提出了新版焊接标准体系优化建议,主要体现在以下方面:

(1)新体系主要优化了标准体系框架的逻辑结构,优化了“焊接材料”“焊接工艺”“焊接设备”体系设置,提升了焊接消耗材料和焊接工艺、设备的层级,整合丰富了焊接设备体系,解决了新

技术标准定位不明确、接口不清晰的问题。

(2) 设置了“焊接健康与安全”体系,对国家职业安全与健康标准体系进行了充分的补充,强化了焊接切割健康与安全标准行业引领作用和对法律法规的支撑作用。

(3) 进一步明确了标准体系接口,完善了先进焊接材料、焊接工艺、焊接设备、检验检测技术在标准体系中的定位,各子体系对应的技术方向更加明确。可推动焊接制造向智能化转型,为高端装备制造提供技术支撑。

参考文献

- [1] 余晓野,朱志众. 焊接企业国际资质认证咨询的重要作用及应用发展[J]. 电焊机, 2024, 54(S1):97-101.
- [2] 苏金花,徐锴,武鹏博,等. 钛及钛合金熔焊系列国家标准概述[J]. 电焊机, 2022, 52(6): 62-69.
- [3] 冯宽,杨桂茹,邓义刚. 激光焊工艺及人员的国际认证[J]. 电焊机, 2024, 54(S1): 60-64.
- [4] GANGIL N, SIDDIQUEE A N, YADAV J, et al. Friction stir welding and processing of pipes: a status report on joining, materials, and industry applications[J]. World Journal of Engineering, 2024,22(3):540-557.
- [5] 陈大军,陈宇,杨高,等. 开创高效绿色低碳的企业服务新模式:基于云平台的焊接质量服务系统[J]. 电焊机, 2024, 54(1):30-34.
- [6] 薛瑞娟,黄祖广,刘志峰,等. 绿色机床标准体系研究[J]. 制造技术与机床, 2023 (5): 81-93.
- [7] 陈大林,魏延宏,宋学平,等. “岗课赛证” 融通模式下智能焊接技术专业课程体系的构建与实践[J]. 电焊机, 2022, 52(9): 107-112.
- [8] 陈宇,陈大军,杨高,等. 焊接企业国际认证与焊接生产制造高质量发展[J]. 电焊机, 2022, 52(1):25-34.
- [9] WANG B,LI Y,FREIHEIT T. Towards intelligent welding systems from a HCPS perspective: A technology framework and implementation roadmap[J]. Journal of Manufacturing Systems,2022,65:244-259.
- [10] 周剑琴,杨旸,彭琳,等. 基于国外技术运用的智慧管网标准体系研究[J].天然气与石油, 2024, 42(2):125-130.
- [11] 夏齐强,杨光付,邢少华. 舰船铜镍合金海水管路系统腐蚀防护标准体系研究[J]. 舰船科学技术, 2023, 45(19): 89-93.
- [12] 袁喆. 民用核安全设备焊接人员资格管理发展及建议[J]. 电焊机, 2023, 53(10): 131-135.
- [13] 邵辉,王绍国,钱强. 国际焊工考试标准或规程的分析与应用[J]. 电焊机, 2024, 53(12): 133-138.
- [14] 高欣,朱志众. 欧洲轨道车辆及其部件的焊接最新标准解析[J]. 电焊机, 2024, 54(S1): 50-53.
- [15] 焦琳,储继君,齐万利. 焊接标准的数字化[J]. 焊接, 2023 (11): 62-64.
- [16] 余鹏腾,吴崇志. AWS 焊接标准的管辖边界与应用实践[J]. 电焊机, 2022, 49(4): 368-370.
- [17] 陈宇,陈大军,杨高,等. 国际焊接质量体系研究进展[J]. 电焊机, 2024, 54(1): 1-5.
- [18] 刘建波,封官斌. 基于风险管控的EPC项目三维质量体系研究[J]. 工程管理学报, 1-6.
- [19] SOLTAN H,OMAR M. A roadmap for selection of metal welding process: a review and proposals[J]. Welding in the World, 2022,66:2639-2675.
- [20] 汤旭祥,葛佳棋,钟奎,等. 轨道交通装备行业焊接技术标准体系构建研究与实践[J]. 金属加工(热加工), 2024 (6):87-90.
- [21] 曹权,王洪建,秦业美,等. 纯氢管道输氢技术发展现状与分析[J]. 力学与实践, 2024,46(1): 18-27.
- [22] 贾晓雯,蹇雪梅. 我国土方机械领域可持续发展标准现状及体系建设[J].工程机械,2022,53(7):117-123.