



团 体 标 准

T/CWAN 0176—2025

熔化焊焊接工艺生成大模型技术要求与评估规范

Fusion welding process generates large model technical requirements and evaluation
specifications

2025-12-31 发布

2026-02-01 实施

中国焊接协会 发布

目 录

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 模型架构	2
6 数据规范	3
7 性能指标与评估	4
8 应用场景	4
9 安全合规	4

团体标准

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：江苏北人智能制造科技股份有限公司、北京博清科技有限公司、中焊科技发展（哈尔滨）有限公司、上海昇视唯盛科技有限公司、中国兵器工业集团航空弹药研究院有限公司、山东奥太电气有限公司、上海中巽科技有限公司、广西柳工机械股份有限公司、黑龙江科技大学、北京理工大学（珠海）、哈尔滨华德学院、坤智大数据科技（哈尔滨）有限公司、哈尔滨职业技术大学。

本文件主要起草人：林涛、冯消冰、林晓辉、王德钊、许萍、严华、张方义、王铭秋、武鹏博、郭敬、侯国清、王永东、于兴华、郝亮、于修和、崔元彪、牛董山钰、方乃文、于春洋、范东辉。

熔化焊焊接工艺生成大模型技术要求与评估规范

1 范围

本文件规定了焊接工艺生成大模型的基本要求、模型架构、数据规范、性能指标与评估、应用场景及安全合规等方面的内容。

本文件适用于金属材料熔化焊焊接工艺生成大模型的开发、评价和应用，主要针对电弧焊焊接方法的工艺参数生成与优化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中、注日期的引用文件、仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件、其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则

GB/T 19867.1 电弧焊焊接工艺规程

GB/T 42131 人工智能知识图谱技术框架

GB/T 45081 人工智能管理体系

GB/T 45288.1 人工智能大模型第1部分：通用要求

GB/T 45288.2 人工智能大模型第2部分：评测指标与方法

3 术语和定义

GB/T 3375 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焊接工艺生成大模型（large model for welding process generation）

基于工艺数据、人工智能技术，融合经焊接工艺评定合格的焊接理论、工艺参数及机器人实操数据构建的智能模型。它具备自主学习、推理和预测能力，可系统实现焊接工艺方案推荐、焊接工艺规程（WPS）智能生成、焊接质量实时预判等功能，在符合安全规范和人类监督的前提下，为焊接机器人提供全流程自主策支持，适配 电弧焊接的多行业应用场景。

3.2

多模态（multimodal）

模型具备同时处理、整合并关联多种牌接领域异构数据的能力，核心模态包括但不限于：焊接工艺

参数（数值型）、焊接缺陷图像/视频（视觉型）、焊接过程传感器信号（如电弧电压信号、温度信号）、焊接标准/教材文本（语言型）、材料成分表（结构化数据）。

4 基本要求

4.1 通用要求

焊接工艺生成大模型所具备的通用基础能力包括以下内容

- 1) 能够理解焊接工艺相关自然语言指令的能力；
- 2) 能根据输入的材料类型、焊接方法、接头形式等条件生成合理的焊接工艺参数；
- 3) 能够持续学习和优化的能力，根据现行有效的焊接相关标准和实践经验更新知识库；
- 4) 构建工艺参数推理过程可解释性分级评估指标体系，采用知识图谱技术，生成可视化关联图谱，使用户理解工艺参数生成的依据。

4.2 专业性要求

- 1) 焊接工艺数据表达应遵循焊接标准中的专业术语和概念；
- 2) 大模型能够了解各类焊接设备的特性和应用范围；
- 3) 能识别不同行业对焊接质量的特殊要求。

4.3 实用性要求

- 1) 生成的焊接工艺应具有实际可操作性，考虑焊接操作的安全性和环保性。
- 2) 提供工艺参数的允许范围，以适应实际操作中的波动，能针对异常情况提供处理建议。

5 模型架构

5.1 基础模型要求

- 1) 基于 Transformer 或其改进架构，应具备足够的参数量以支撑多模态焊接工艺理解与生成任务；
- 2) 采用多模态输入设计，支持文本、图像、工艺参数、声音、信号等多种形式的输入，全面地捕捉焊接过程中的各种特征，提高模型的理解和预测能力；
- 3) 具备跨模态理解和关联能力，多模态数据的协同处理和分析能力，将理论知识（如焊接标准和教材）与实际操作数据（如图像和工艺参数）相结合，从而更准确地预测焊接结果，提高预测精度。

5.2 知识库要求

- 1) 应包含焊接材料数据库，包括但不限于常见的焊丝、焊条、焊剂等焊接材料及其性能特征；
- 2) 应包含焊接工艺数据库，包括但不限于激光焊、激光复合焊、电弧焊等各种焊接方法的工艺参数范围和最佳实践；
- 3) 应包含焊接缺陷数据库，包括常见焊接缺陷的成因、预防和修复方法；
- 4) 构建焊接工艺知识图谱，建立各知识点之间的关联关系。

5.3 预训练要求

- 1) 预训练语料应包含通用语言语料和焊接专业语料，且比例需适当，通用语言语料能够为模型提

供广泛的语言知识和上下文理解能力，焊接专业语料有助于模型在特定领域内的精准理解和生成。

2) 专业语料应覆盖焊接标准、教材、期刊论文、技术报告等多种来源，为模型提供准确的专业信息。

3) 预训练任务应包括语言建模、多模态对齐、跨模态表示学习等任务。

5.4 微调要求

1) 使用具有代表性的焊接工艺案例进行监督微调，使模型更好地理解和预测焊接过程中的各种关系。通过不同焊接工艺参数组合下的焊接结果，以及焊接质量评价指标，更好的训练模型，提升焊接参数与焊接质量之间的映射关系，

2) 采用强化学习(RLHF)方法，引入焊接专家评价，根据焊接专家的评价反馈优化焊接模型；

3) 为了使焊接模型能够适应新的焊接标准和技术，需进行持续微调，定期更新模型，定期收集新的焊接数据和专家评价新型，对模型进行重新训练和优化，提高准确性和可靠性。

5.5 推理要求

1) 合理范围的工艺参数生成，能够根据焊接领域的知识和经验，生成符合实际操作要求的工艺参数，确保生成的工艺参数在合理范围内；

2) 能进行不确定性估计，对于无法确定的参数，模型应能够给出可能的范围和置信度，使用户了解模型预测的可靠性；

3) 能提供推理过程的可视化，利用可视化工具展示模型如何根据输入数据（如图像、工艺参数等）生成工艺参数，帮助用户理解参数选择的依据。

6 数据规范

6.1 数据来源

1) 国际标准、国家标准、行业标准和企业标准中的焊接工艺规范；

2) 经过验证的焊接工艺评定记录(PQR)和焊接工艺规程(WPS)；焊接领域的学术论文、技术报告和专业书籍；

3) 实际焊接生产中的工艺参数记录和质量检测数据，焊接模拟软件生成的参数-质量关系数据，实验室数据、工业现场数据以及公开数据集等。

6.2 数据质量

1) 准确性：焊接工艺数据须于实际操作中数据一致，准确反映实际焊接工艺和结果；

2) 完整性：工艺数据应包含焊接任务中所有的工艺参数、操作条件及最终的质量检测结果，能够处理和记录所有的必要信息，避免因字段缺失或未采集导致的数据不完整。

3) 一致性：相同条件下的数据应具有一致性，包括但不限于数据格式和单位的统一，冲突数据应有明确的处理机制；

4) 时效性：数据应及时更新，以确保工艺参数和质量评价能够反映当前的最佳实践及最新的焊接技术和标准。

6.3 数据处理

- 1) 数据清洗：去除异常值、重复值和错误数据；
- 2) 数据标准化：不同来源的数据应统一格式和度量单位；
- 3) 数据增强：通过合理的数据增强技术扩充训练数据集；
- 4) 数据保密：涉及企业机密的数据应进行脱敏处理。

7 性能指标与评估

7.1 基础性能指标

- 1) 响应时间：系统生成完整焊接工艺方案的平均耗时不应超过 5 s；
- 2) 稳定性：连续运行 24 小时，性能波动不应超过 5%；
- 3) 可扩展性：应支持至少 10 种主流焊接方法，并能方便地扩展到新的焊接方法中。

7.2 专业性能指标

- 1) 合规性：生成的焊接工艺参数应 100%符合相关标准规定的允许偏差范围；
- 2) 适应性：能够处理重钢、船舶等行业小批量，多品种作业的常见焊接工况；
- 3) 优化能力：在满足质量要求的前提下，能够优化工艺参数以提高生产效率或降低成本。

7.3 评价方法

宜符合 GB/T 45288.2—2025 中第 6 章评测方法中的要求：

- 1) 专家评价：由焊接领域专家（具备焊接工程相关专业高级及以上职称，拥有不少于 10 年焊接工艺设计与评审相关工作经验）对模型生成的工艺方案进行评分；
- 2) 对比测试：将模型生成的工艺与现有工艺进行对比测试；
- 3) 实际应用验证：在实际生产环境中应用模型生成的工艺并检测结果；
- 4) 持续评价：建立定期评价机制，跟踪模型在长期应用中的表现。

8 应用场景

- 1) 工艺设计包括但不限于新产品焊接工艺开发，材料替代时的工艺调整，复杂结构焊接工艺优化，多道焊接序列规划等。
- 2) 生产辅助包括但不限于焊接机器人编程辅助，焊接工艺参数实时调整建议和焊接缺陷预防指导，以及工艺文件自动生成等。
- 3) 培训教育包括但不限于焊工培训内容生成，焊接工艺问题解答和焊接案例分析，虚拟焊接实训指导等。
- 4) 质量管控包括但不限于焊接质量预测，焊接缺陷原因分析，焊接质量改进建议，焊接质量标准解读等。

9 安全合规

1) 数据安全

符合个人信息安全规范的要求，建立数据访问权限控制机制，对敏感数据进行加密存储和传输，并建

立数据备份和恢复机制。

2) 模型安全

防止模型被恶意利用生成危险或不合规的焊接工艺，建立模型访问认证机制，对模型进行定期安全评估，建立模型版本控制和回滚机制。

3) 应用合规

生成的焊接工艺应符合国家法律法规和相关标准，明确模型生成内容的知识产权归属，建立责任划分机制，明确模型开发者、运营者和使用者的责任，并提供合规性证明文件。