

中国钢结构协会团体标准

《钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接技术规程》编制说明

1. 标准化对象简要情况

1.1 本标准的行业先进性和市场前景

激光-电弧复合焊接技术是近年来国际焊接领域的前沿技术，它结合了激光焊接高能量密度、高精度和电弧焊接填充能力强、适应性广的双重优势。对于钢结构焊接构件而言，该技术尤其适用于对焊接变形控制、接头质量及生产效率有较高要求的场景。该技术显著提升了焊接效率与经济效益。焊接速度可达传统电弧焊的 3 至 5 倍，且无需开坡口，可节省大量焊材和因开坡口造成的金属损失。实际工程对比数据显示，其在箱型柱焊接中可节省工时约 37%、降低焊丝消耗超 70%、减少总电耗约 44%，综合焊接成本降幅显著。在焊接质量方面，复合热源协同作用使热输入更为集中，焊缝热影响区宽度大幅缩减，有利于控制构件变形、减少矫正工序。高速焊接形成的快速冷却能抑制晶粒粗化，有效减少气孔与裂纹，并显著降低飞溅和烟尘，从而同步提升焊缝质量与作业环境。

激光-电弧复合焊接技术已在高端装备、船舶制造等对结构性能要求严格的领域开展示范应用。然而，国内外在钢结构焊接领域尚未建立针对此项先进工艺的专门标准，导致其设计、施工与验收缺乏统一依据。本标准的制定旨在填补此项标准空白，为技术的规范化推广和可靠应用提供支撑，以促进钢结构焊接行业的产业升级与技术进步。经第三方检测验证，采用该工艺的焊接接头其力学性能完全符合相关国家标准要求。该技术通过工艺革新显著提升了生产效率与焊缝质量，是钢结构焊接构件制造领域的新质生产力。

1.2 主要起草单位的特点

本文件起草单位：武汉予成激光智造有限公司、北京六建集团有限责任公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、中建科工智能科技（深圳）有限公司、武汉一冶钢结构有限责任公司、中建三局钢构科技有限公司、东方诚建设集团有限公司、湖北精工钢结构有限公司、海波重型工程科技股份有限公司、长葛市鑫宽发展科技有限公司、创宇恒（武汉）建设有限公司、上海昕德承船舶贸易有限公司、海德盟数控技术（深圳）有限公司、武汉城市职业学院机电工程学院、武汉

船舶职业技术学院、中冶南方武汉建筑设计有限公司、湖北省焊接协会、湖北省钢结构学会、上海钢管行业协会、湖北省钢结构协会。

武汉予成激光智造有限公司作为本标准的主编单位，是一家专注于激光设备应用于金属加工领域的研发、生产与销售的高新技术企业。公司在钢结构制造装备领域具有深厚的技术积累，其代表性产品“H型钢、箱型柱激光电弧复合焊生产线”自2024年6月推向市场以来，已成功应用于中建钢构、武船工程公司、包头远阳钢结构公司等业内企业，为本标准的编制提供了重要的工程实践与技术支持。

起草单位中不仅有激光电弧复合焊装备用户北京六建集团、中建科工、一冶钢结构、中建三局钢构、东方诚建设集团、湖北精工钢结构、海波重型、鑫宽科技、创宇恒建设、昕德承船舶等钢结构生产企业；还有中冶南方、武汉城市学院、武汉船舶学院等钢结构设计、研究院所；以及武汉锐科光纤、深圳海德盟数控等激光产业链企业和湖北省焊接协会、钢结构协会、钢结构学会和上海钢管协会等行业组织的协助。是一个集制造、用户、设计、院所和相关社会组织各方齐全的团标起草机构。

1.3 本标准化的对象

本文件规定了钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接的一般要求、工艺要求、焊接质量要求等内容。

本文件适用于建筑钢结构，桥梁钢结构和船用钢结构的构件的焊接，如：H型钢，箱型柱。

1.4 主要参考标准

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 159 低合金高强度结构钢

GB/T 712 船舶及海洋工程用结构钢

GB/T 714 桥梁用结构钢

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口

GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验

GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法

GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法

GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体（双相）不锈钢晶间腐蚀试验方法

GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号

GB/T 5313 厚度方向性能钢板

GB/T 5777 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求和用户指南

GB 7247.4 激光产品的安全 第4部分：激光防护屏

GB 7247.14 激光产品的安全 第14部分：用户指南

GB/T 7734 复合钢板超声检测方法

GB/T 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝

GB/T 8165 不锈钢复合钢板和钢带

GB/T 8650 管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评定方法

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB 9448 焊接与切割安全

GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 15313 激光术语

GB/T 15579.1 弧焊设备 第1部分：焊接电源

GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则

GB/T 19867.6 激光-电弧复合焊接工艺规程

GB/T 19879 建筑结构用钢板

GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验

GB/T 29713 不锈钢焊丝和焊带

GB 30863 个体防护装备 眼面部防护 激光防护镜

GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测

GB/T 33645 钢、镍及镍合金的激光-电弧复合焊接工艺评定试验

GB/T 33814-2017 焊接 H 型钢

GB/T 37893 激光-电弧复合焊接推荐工艺方法

GB/T 39255 焊接与切割用保护气体

GB/T 39281 气体保护电弧焊用高强钢实心焊丝

GB/T 40791 钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的射线检测

GB/T 42899 海洋工程结构钢可焊性试验方法

GB50661 钢结构焊接规范

1.5 本标准的转化可能性

激光-电弧复合焊接工艺在钢结构焊接构件制造过程中技术日趋成熟，且国内行业对此存在明确的标准化需求，加之相关政策支持，使其具备升级为国家或行业标准的条件。同时我国在该工艺装备的研发与制造方面已形成较为完整的产业链，以及与国际机构的合作基础，可填补 ISO 在相关领域的标准空白，推动国际标准转化，以此增强我国在该技术领域的国际影响力。

2. 主要工作过程

本标准由武汉予成激光智造有限公司牵头，联合北京六建集团有限责任公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、中建科工智能科技（深圳）有限公司、武汉一冶钢结构有限责任公司、中建三局钢构科技有限公司、东方诚建设集团有限公司、湖北精工钢结构有限公司、海波重型工程科技股份有限公司、长葛市鑫宽发展科技有限公司、创宇恒（武汉）建设有限公司、上海昕德承船舶贸易有限公司、海德盟数控技术（深圳）有限公司、武汉城市职业学院机电工程学院、武汉船舶职业技术学院、中冶南方武汉建筑设计有限公司、湖北省焊接协会、湖北省钢结构学会、上海钢管行业协会、湖北省钢结构协会等单位，成立标准编制组，明确分工与时间节点。

开展全国范围企业调研（覆盖几十家钢结构焊接构件、焊接设备等厂商），分析国际标准与国内技术痛点，确定标准核心指标。

基于技术验证数据和专家咨询意见，完成标准草案框架及技术条款编制，形成《钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接技术规程（征求意见稿）》。

3. 标准编制原则

本标准遵循科学验证、产业需求导向、标准体系协调、前瞻技术兼容及国际话语权提升五大原则，确保标准兼具技术严谨性、应用普适性与国际竞争力，助力产业链降本增效与全球市场突破。

4. 主要技术内容编制说明

本文件规定了钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接的一般要求、工艺要求、焊接质量要求等内容。

本文件适用于建筑钢结构，桥梁钢结构和船用钢结构的构件的焊接，如：H型钢，箱型柱。

本标准主要技术内容涵盖了钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接的完整技术体系，具体包括：术语与定义，设备、焊接操作与检验人员、安全防护、原材料及辅材、焊接作业环境等基础要求，以及核心的工艺要求和焊接质量要求。技术条款的制定充分考虑了石油化工、船舶制造、新能源（氢能储运）等高端装备制造领域的实际需求，确保技术条款科学普适与可操作性，为该项先进技术的规范应用和可靠质量提供统一依据。

5. 预期达到的社会效益

本标准实施后，将为钢结构焊接构件激光-电弧复合焊接工艺提供统一的规范依据。预计将有效降低因标准缺失导致的设备兼容性与工艺验证成本，推动国产专用焊接设备的研发与应用。通过确立先进工艺的技术要求，有助于促进焊接行业绿色制造转型，带动广大企业，尤其是中小企业，实现工艺标准化与技术升级，缩短产品研发周期。长远来看，本标准将为提升石油化工、船舶制造、新能源装备等关键领域高端钢结构产品的制造质量与效率提供支撑，从而增强我国焊接产业的核心竞争力与可持续发展水平。

6. 与国内外对比情况

目前国内外钢结构焊接标准中没有激光-电弧复合焊接工艺标准，导致设计

单位、总包单位和生产单位在使用激光-电弧复合焊接工艺过程中受到应用限制。本标准首次系统规定了钢结构激光-电弧复合焊接的技术要求，为该工艺的规范化应用提供了标准依据，有助于促进其科学推广与工程质量的可靠保证。

7. 标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，不存在抵触现象。

8. 贯彻标准的要求和措施建议

为确保本标准在钢结构焊接构件制造领域有效实施与推广，建议采取“政策引导、技术支撑、示范先行、产业协同”的综合策略。通过重大项目与政策进行市场牵引，配套编制详细技术指南并开展专项培训，遴选龙头企业开展试点示范，同步提供支持引导企业升级，最终推动产业链上下游适配与国际标准接轨，全面提升行业焊接质量与技术竞争力。