

不锈钢轨道车辆激光焊技术条件

Technical specification for laser welding of stainless steel railway
vehicle

(征求意见稿)

编制说明

标准起草组

2024 年 12 月

目录

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人.....	3
二、制订标准的必要性和意义.....	3
2.1 制定标准的必要性.....	3
2.2 制定标准的意义.....	3
三、主要工作过程.....	4
四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系.....	5
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述.....	5
六、重大意见分歧的处理依据及结果.....	9
七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况.....	9
八、贯彻标准的措施建议.....	9
九、其他应说明的事项.....	10

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2023 年度中国交通运输协会团体标准申报工作的通知”（中交协秘字〔2023〕4 号）要求，由中车长春轨道客车股份有限公司作为主编单位，主持《不锈钢轨道车辆激光焊技术条件》编制工作。

本文件起草单位：中车长春轨道客车股份有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、大连交通大学。

主要起草人：王洪潇、闫占奇、冯朝明、钟奎、徐野、刘静、戴忠晨、侯振国、侍光磊、刘桂林、谷晓燕、刘立国

二、制订标准的必要性和意义

2.1 制定标准的必要性

目前激光焊接技术以其高效、质量稳定、变形小等优点已在国内外轨道客车行业得到了广泛的应用。中车长春轨道客车股份有限公司开发了轨道车辆侧墙板激光焊工艺，并通过开展激光焊工艺方法的研究，解决了不锈钢激光焊工艺中各种焊接变形、焊接质量、压紧、控制等难题，提高了焊接接头的强度、改善车体外观质量、提高生产效率，同时在不锈钢、碳钢车体制造中进行了激光焊样品试制。由于激光焊轨道车辆产品需求越来越多，为规范轨道车辆激光焊批量化生产，有必要制定本标准。

2.2 制定标准的意义

我国的不锈钢轨道客车车辆迄今为止一直采用电阻点焊生产，但由于点焊压痕降低了车体的外观化水平，同时，电阻点焊车体结构密封性差，生产效率不高，成为目前不锈钢车体侧墙结构制造中存在的主要问题。为此，提出了用激光焊取代电阻点焊方法，对车体侧墙采用部分熔透的激光叠焊工艺，即采用激光束照射在相互叠加的两层板，使激光熔透上板，在熔入下板的某一深度时，停止激光，这样既保证接头具有足够的强度，同时，焊缝熔深小于搭接工件的总厚度，这样侧墙外板表面没有焊接痕迹，提高了车体

的表面质量。另外，激光焊接的连续性也能够保证不锈钢车体的密闭性。

中车长春轨道客车股份有限公司从 2007 年开始进行激光叠焊技术研发，并先后确立了“不锈钢车辆制造中激光半熔透叠焊工艺研发”、“不锈钢车体激光焊缝缺陷率研究”、“激光焊接技术在不锈钢车体中的应用与推广”等公司内部工艺开发项目，并成功完成了国家科技部国际合作项目：“不锈钢高速动车组薄板激光焊接关键技术”，专家组对长客公司激光焊的研究成果进行评审，专家组一致认为，中车长春轨道客车股份有限公司成功解决了不锈钢薄板激光叠焊关键技术，并填补国内技术空白。国内首创性开发出采用薄板搭接激光焊部分替代电阻点焊方法制造的不锈钢轨道车辆新产品，从而使不锈钢车体结构更加优化，其车体钢结构焊接质量及制造工艺先进性得到明显提高，先进不锈钢车辆进入高端车辆市场。通过十余年相似结构下不锈钢激光焊接替代电阻点焊试验研究，解决了车体外观质量差、密封性差、效率低等难题，建立了涵盖焊接装备要求、焊接过程控制、焊后质量检验等制造环节的不锈钢车体制造工艺体系及质量控制标准体系，目前形成了世界领先的高端不锈钢车辆产品的批量化生产能力，提高了公司国内外竞争力。目前激光焊接技术以其高效、质量稳定、变形小等优点已在国内外轨道客车行业得到了广泛的应用。中车长春轨道客车股份有限公司开发了轨道车辆侧墙板激光焊工艺的研发，通过开展激光焊工艺方法的研究，解决了不锈钢激光焊工艺中各种焊接变形、焊接质量、压紧、控制等难题，提高焊接接头的强度、改善车体外观质量、提高生产效率，同时在不锈钢、碳钢车体制造中进行了激光焊样品试制。由于激光焊轨道车辆产品需求越来越多，为规范轨道车辆激光焊批量化生产，制定本标准。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。具体工作过程如下：

3.1 准备阶段 2023 年 11 月-2024 年 2 月：

- (1) 明确参加人员分工；各相关规范的收集、整理和研究。

(2) 标准立项和标准草案编写。

3.2 大纲评审：2024年7月10日召开大纲评审会，专家组一致同意本标准编制大纲通过审查。按照GB/T 1.1-2020要求和专家意见对标准文本进行编制。

3.3 征求意见阶段 2024年11月-2024年12月：

(1) 征求意见稿编写形成征求意见稿及条文说明。

(2) 2024年11月21日完成标准征求意见稿草案审查会议，专家专家组认为标准征求意见稿草案结构基本合理，内容全面，符合《中国交通运输协会团体标准管理办法》的规定，文本格式符合GB/T 1.1-2020的要求。并对草案提出了修改建议。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

标准项目为焊接领域的工艺管理标准，与现行法律法规和强制性标准没有冲突。在于现行标准协调配套方面，本标准在编制过程中，通过引用、兼顾的方式做到合理衔接。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

GB/T 4842—2017 氩

GB/T 3280-2015 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全

GB/T 19867.4 激光焊接工艺规程（GB/T 19867.4—2008, ISO 15609—4:2004, IDT）

GB/T 22085.1 电子束及激光焊接接头 缺欠质量分级指南 第1部分 钢（GB/T 22085.1—2008, ISO 13919-1: 1996, IDT）

GB/T 25343.4 轨道车辆及其部件的焊接 第4部分：生产要求

TB/T 2374 铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢焊接材料

ISO 15614-11 金属材料焊接程序的规范和鉴定 焊接过程试验 第11部分 电子和激光束焊接(Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 11:Electron and laser beam welding

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 范围

本文件规定了不锈钢轨道车辆激光焊接材料、人员、焊接设备、技术要求等内容。

本文件适用于轨道车辆不锈钢部件及其零部件的激光焊接。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

4. 材料：规定了母材及焊材的基本要求

5 人员：规定了焊接人员及焊接检验人员的要求。

6 焊接设备：规定了焊接设备的日常检查及焊接试验

7 技术要求

7.1 工艺评定及规程：按照 ISO 15614—11 的规定进行焊接工艺评定。搭接接头的检验项目及应要求应按附录 B 进行，检验方法按附录 C 执行。规程应符合 GB/T 19867.4 的规定

7.2 焊前准备：对设备、工件、工装等状态进行检查和确认。

其中“7.2.4 对于部分熔透搭接接头的焊接，每天焊接生产前，均应做日常试验，每组参数焊接 3 个试件并进行拉伸测试，3 个试件均合格方可开工生产。试件按照附录 C 图 C.1 准备，按附录 C.1.2 进行测试。”根据实际生产的具体要求，部分熔透接头生产前需进行日常试验。

7.3 焊接：规定了焊接顺序、激光束角度、镜片、保护、故障排查等的焊接实施过程具体要求。

7.4 质量检测：规定了焊缝外观、变形、表面缺陷、内部尺寸、修复等内容进行了规定。

其中“7.4.1.2 部分熔透搭接接头还应进行以下检查：

- a) 用千分表对外板焊道两侧各 50mm 区域内的焊接变形进行检测，变形量不超过外板板厚的 5%；
- b) 激光焊道表面凹陷量检查，凹陷量不超过 0.1t, 最大不超过 0.1mm。”的规定基于对激光焊接头间隙试验得出。具体试验如下：

在实际工程应用中，由于料件精度、工装精度等问题的制约，难以完全保证上下两板不存在间隙，故本部分主要进行了间隙对激光叠焊成形和性能的影响。焊接参数保持不变的前提下，采用如图所示的方法预制不同的间隙，从而对比间隙对焊接接头的影响规律。主要试验参数如表 1 所示。



图 1 预制间隙及试验试板照片
表 1 不同间隙试验中的焊接参数

焊接功率 (W)	板厚组合 (mm)	焊接速度 (mm/s)	两板间隙 (mm)
1100	0.6+2	30	0、0.05、0.08、0.1、0.12、0.15、0.2、0.3、0.4
1350	1+0.6	30	0、0.05、0.08、0.1、0.12、0.15、0.2、0.3、0.4

试验获得的接头强度及焊缝成形数据如图 2、图 3 所示，当两板装配间隙小于 0.3mm 时，接头强度未发生明显改变，当两板间隙达到 0.4mm 时接头强度明显下降。

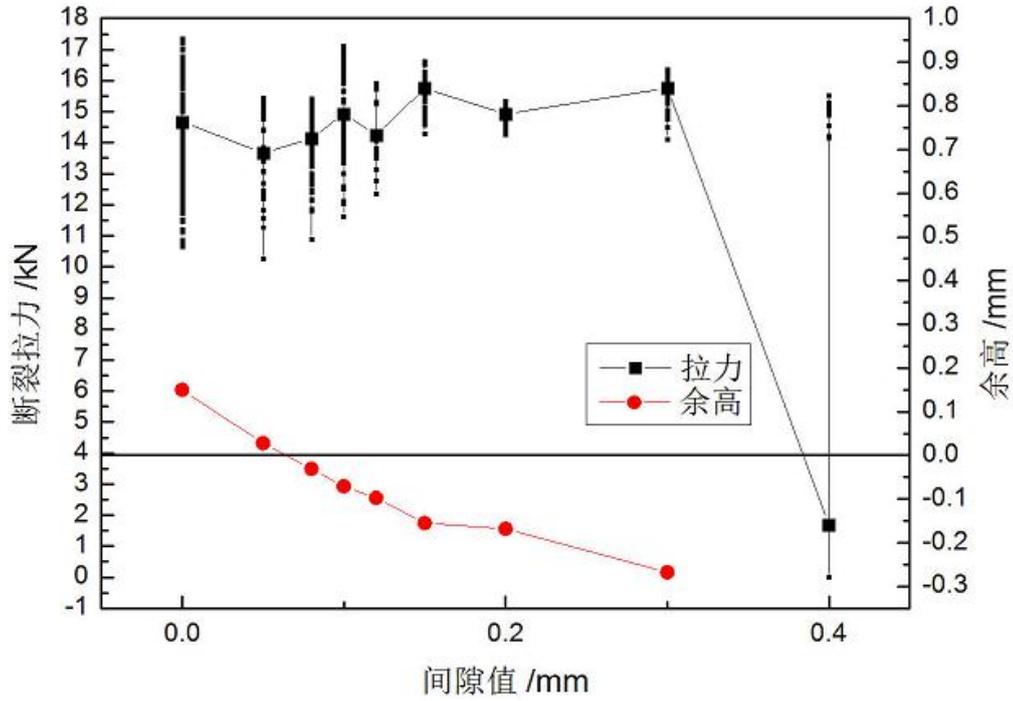


图 2 0.6+2 板厚组合时不同间隙实验结果

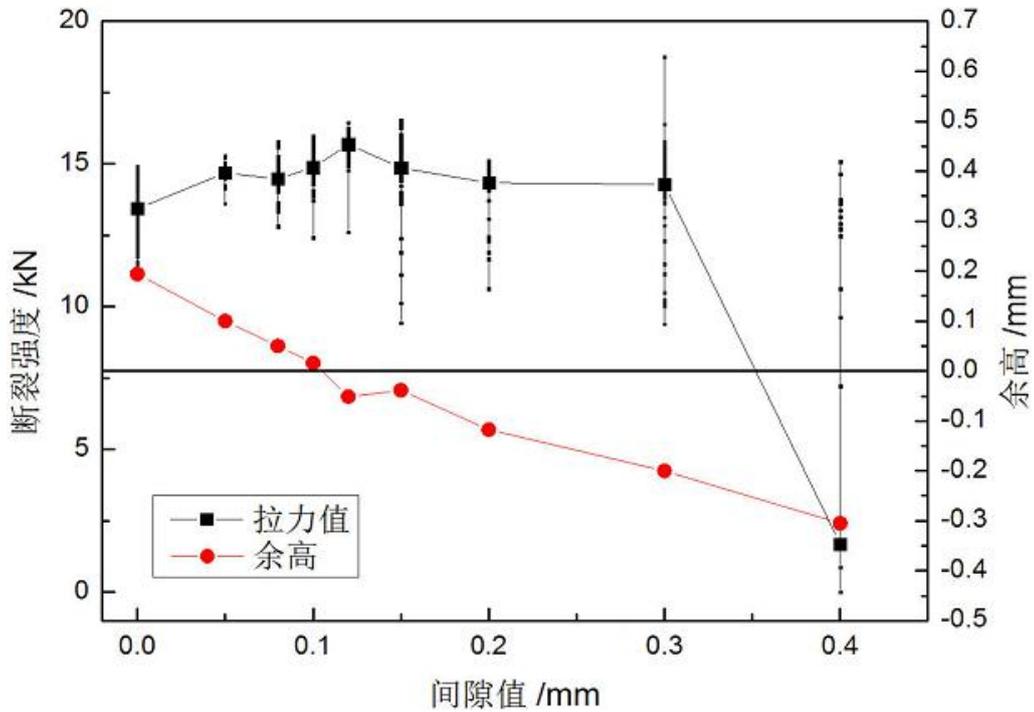
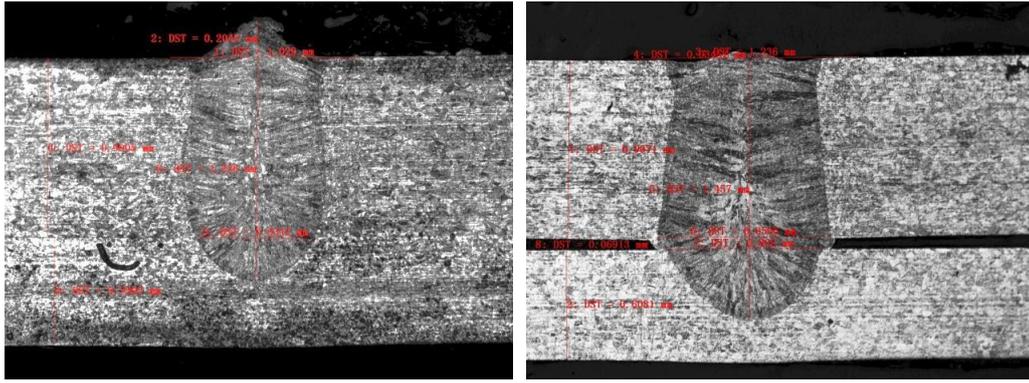


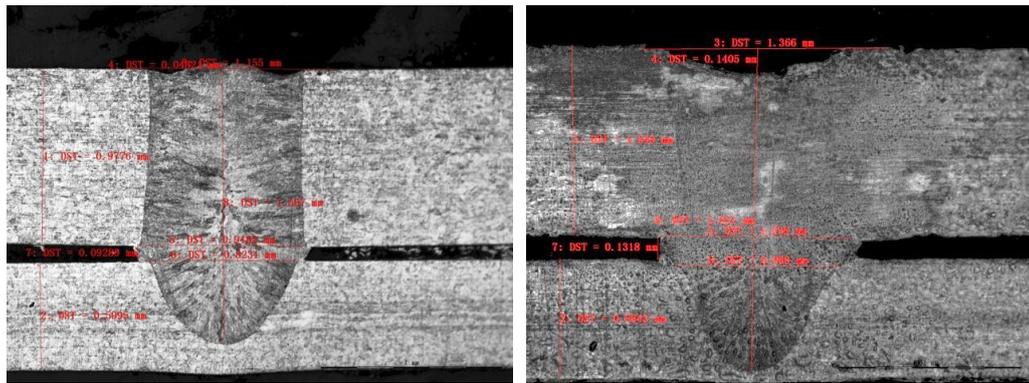
图 3 1+0.6 板厚组合时不同间隙的实验结果

不同间隙时的焊缝成形如图 4 所示，当间隙超过 0.1 倍板厚焊缝的上表面开始出现下凹，，下凹量与间隙量一致，造成母材金属烧损。



(a) 无间隙时

(b) 间隙为 0.08mm



(c) 间隙为 0.1mm (d) 间隙为 0.15mm

图 4 1+0.6 板厚组合时不同间隙的金相照片

故激光焊道表面凹陷量检查，凹陷量不超过 0.1t，最大不超过 0.1mm。

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

八、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的轨道交通装备建主机厂、配套厂等单位开展标准实施培训和宣贯普及。

明确激光焊焊接工艺、焊接检测试验、接头质量评定等等方面的具体要求，指导不锈钢轨道交通装备激光焊工程的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 组织相关人员到施工现场参观学习，直观展示不锈钢轨道交通装备激光焊工程效果及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对不锈钢轨道交通装备激光焊进行改进，保持技术领先、性能优化、档次提升。

九、其他应说明的事项

暂无。