

# 团 体 标 准

T/CCTAS XX—2025

## 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)

2025年2月

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发布



## 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
6 焊接设备 .....	2
7 技术要求 .....	3
附录 A（规范性）焊机功能试验 .....	5
附录 B（规范性）激光焊搭接接头焊接工艺评定检验项目 .....	6
附录 C（规范性）激光焊搭接接头试件试验方法 .....	7
附录 D（规范性）激光焊搭接接头熔宽确定方法 .....	12

## 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。

请注意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。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 不锈钢轨道车辆激光焊技术条件

## 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。

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)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**部分熔透搭接接头** partial penetration lap joint

叠焊接头接近焊接光源侧的母材熔透，背离光源的母材有部分熔深的搭接接头。

### 3.2

**熔透搭接接头** full penetration lap joint

叠焊接头接近焊接光源侧的母材熔透，背离光源的母材也完全熔透的搭接接头。

## 4. 材料

### 4.1 母材

母材应无伤痕等缺陷，有锈、灰尘、油垢等有害附着物时，应彻底清除。

4.1.1 母材力学性能与化学成分应符合GB/T 3280-2015的规定。

4.1.2 母材应附有质量合格证书，材料入厂应经复验合格方可投入使用。

4.1.3 焊接工件板厚不同时，试件尺寸和拉伸剪切载荷应以薄板尺寸及强度要求作为基准。

### 4.2 焊材

填充用不锈钢焊丝应符合 TB/T 2374 的规定，每批（同一规格、牌号和同一炉批次）焊丝均应进行入厂复验，复验合格后方可投入使用。

## 5 人员

### 5.1 焊接人员

5.1.1 焊接操作工应进行焊接理论的学习和实际操作培训，经考试合格后，持技术资格证上岗操作。

5.1.2 应通过工作试件对焊接操作工的技能进行考核，工作试件按照 GB/T 25343.4 执行。

### 5.2 焊接检验人员

从事无损检验的人员应进行无损检验理论的学习和实际操作培训，经考试合格后，持技术资格证上岗操作。

## 6 焊接设备

6.1 设备应定期进行焊机检查，状态符合 GB/T 10320 的规定。

6.2 激光器的输出功率应根据被焊工件的厚度和外观质量要求进行选择。

6.3 焊机功能试验的接头形式以及对应的检验项目和试样数量应按附录 A 执行。搭接接头的试验方法按照附录 C 执行。以下情况应进行焊机功能试验：

- a) 新安装的焊机；

- b) 焊机经大修后；
- c) 电源设备变更后；
- d) 激光模块故障恢复时。

## 7 技术要求

### 7.1 工艺评定及规程

7.1.1 激光焊应按照 ISO 15614—11 的规定进行焊接工艺评定。搭接接头的检验项目及要求的附录 B 进行，检验方法按附录 C 执行。

7.1.2 焊接工艺规程应符合 GB/T 19867.4 的规定，应包含设备规格、母材类型、母材厚度组合、接头类型、激光功率、焊接速度、离焦量、保护气体、工作距离等信息。

7.1.3 在焊接工艺评定认可范围内，依据焊接工艺评定结果（welding process qualification record, WPQR）制定焊接工艺规程（welding process specification, WPS）。对于搭接接头，WPS 应采用实际使用材质、板厚、表面状态相同的材料以及实际作业时使用的设备。

### 7.2 焊前准备

7.2.1 应确认焊机的工作状况良好，并检查激光功率、焊接速度、离焦量的设定与 WPS 的要求保持一致。

7.2.2 应确认冷却水的通水状态、设备的动作状态正常。

7.2.3 应检查待焊工件表面清洁度。

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。

7.2.5 应准确定位和夹紧工件，避免划伤、变形，无填丝焊板间隙要求控制  $0.1t$ （搭接焊时  $t$  为上板厚度，对接、角接时为薄板厚度）以内，最大不应超过  $0.3\text{mm}$ 。需进行填丝焊时，装配间隙要求控制在  $0.2t$  以内，最大不应超过  $0.5\text{mm}$ 。

### 7.3 焊接

7.3.1 应合理安排焊接顺序，避免因离焦量变化引起焊缝强度的下降以及工件局部出现变形。

7.3.2 焊接时，激光束与待焊板面应保持垂直，激光束焦点与工件位置相对稳定，避免焊接运动时焊接头与工件间距离发生变化而造成离焦量的变化。

7.3.3 应检查焊接头的保护镜片，出现污损现象及时更换镜片。

7.3.4 焊接过程中出现异常情况时应中止施焊、排查原因，并采取对应措施。重新开工前应按WPS参数进行焊接试验，确认工作试件合格方可施焊。

7.3.5 对表面有美观要求的工件进行对接焊时，激光束与工件接触面可采用纯氩气体（纯度不低于99.99%）进行焊接保护，使用的纯氩气体应符合 GB/T 4842—2017 的规定。

7.3.6 应检查激光功率、焊接速度、离焦量的设定与WPS的要求保持一致。

## 7.4 质量检测

### 7.4.1 外观检查

7.4.1.1 应进行外观检查，焊缝缺陷及限定值应满足GB/T 22085.1的要求。

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。

### 7.4.2 超声波检测

部分熔透搭接接头的熔宽应进行超声波检测，具体方法应按附录 E 执行。

## 7.5 焊接修复

7.5.1 出现虚焊缺陷时，搭接接头允许在距原焊道 5mm 范围内补加焊道，补加应不超过 2 道。断续焊缝，补焊长度与原断续焊缝长度一致；连续焊缝，补焊长度与虚焊长度一致。

7.5.2 出现单侧烧穿、未焊满等缺陷时，根据缺陷位置可采用 TIG 或者手动激光焊补焊的方式，仅限一次。

7.5.3 出现漏焊时，可根据实际情况采用点焊、手动激光焊或塞焊方式进行补焊。

7.5.4 修复时其焊接工艺规程可根据实际情况进行适当调整，并应通过工作试件验证。

7.5.5 修复后按照本文件5.4进行检测。

## 附录 A

(规范性)

## 焊机功能试验

接头形式、检验项目和试样数量按表 A.1。

表 A.1 检验项目及试样数量

试件类型	试验种类	试验内容	试验方法和要求
部分熔透搭接接头	外观检验	100%	对于部分熔透搭接接头，检验要求按照 ISO 15614—11 执行，另增加外板焊接变形量的检验。应采用连续焊、未切断处理的试件，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%。
	金相试验	5 个试样	金相试验按附录 C.2 执行，搭接接头熔深不小于 0.2mm，熔宽要求参见附录 D。
	拉伸剪切试验	50 个试样	试件的取样和试验按照附录 C.1 执行。
熔透搭接接头	外观检验	100%	外观检查要求按照 ISO 15614—11 执行。
	金相试验	5 个试样	金相试验按附录 C.2 执行，熔宽要求参见附录 E。
	拉伸剪切试验	50 个试样	试件的取样和试验按照附录 C.1 执行。
对接接头	外观检验	100%	检验要求按照 ISO 15614—11 执行。
	金相试验	5 个试样	
	拉伸剪切试验	20 个试样	
角接头	外观检验	100%	检验要求按照 ISO 15614—11 执行。
	金相试验	5 个试样	
	硬度试验	2 个试样	

## 附 录 B

(规范性)

## 激光焊搭接接头焊接工艺评定检验项目

检验项目及试样数量应符合表B.1的规定。

表B.1 激光焊搭接接头焊接工艺评定检验项目

试件类型	试验种类	试验内容	备注
部分熔透搭接接头	外观检验	100%	对于部分熔透搭接接头,检验要求按照 ISO 15614—11 执行,另增加外板焊接变形量的检验。应采用连续焊、未切断处理的试件,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%。
	金相试验	5 个试样	金相试验按附录 C.2 执行,搭接接头熔深不小于 0.2mm,熔宽要求参见附录 E。
	拉伸剪切试验	20 个试样	试件的取样和试验按照附录 C.1 执行。
	疲劳试验	有要求时	疲劳试验按照附录 C.3 执行。
熔透搭接接头	外观检验	100%	外观检查要求按照 ISO 15614—11 执行。
	金相试验	5 个试样	金相试验按附录 C.2 执行,熔宽要求参见附录 E。
	拉伸剪切试验	20 个试样	试件的取样和试验按照附录 C.1 执行。
	疲劳试验	有要求时	疲劳试验按照附录 C.3 执行。

附 录 C  
(规范性)  
激光焊搭接接头试件试验方法

### C.1 拉伸剪切试验

#### C.1.1 部分熔透搭接接头试样制备

单段试件应按图 C.1 制作，焊接长度 30mm。

多段试件应按图 C.2 制作，至少 10 段以上，每段试样宽度 30mm。宜采用剪床、线切割方法等适宜方法制备试样。

图 C.1 单段试件

单位为毫米

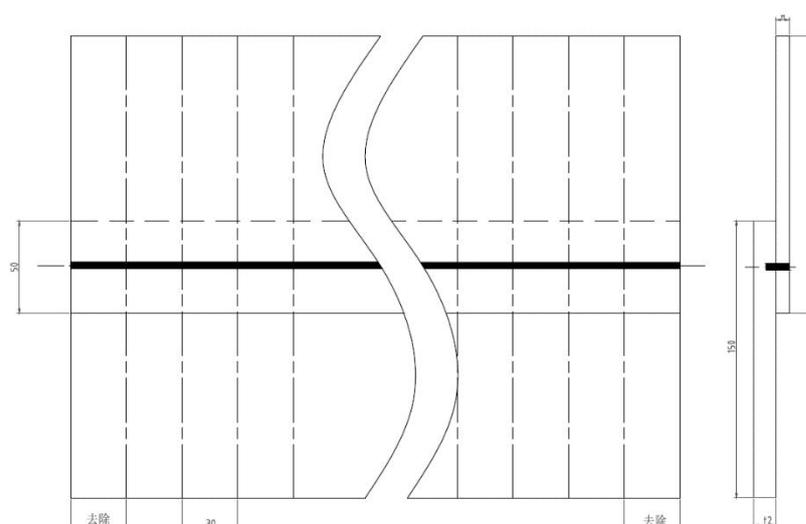


图 C.2 多段试件

多段试件应连续焊接，取样应避开第 1 段及最后 1 段。

#### C.1.2 试验装置及试验顺序

对试样进行拉伸直到拉断为止，测出最大的拉伸载荷，计算剪切力。

板厚大于 3mm 或两块板厚比大于 1.4 时，按图 C.3 所示使用补板。补板板厚与试样相同。采用点焊或激光焊等方法固定补板。

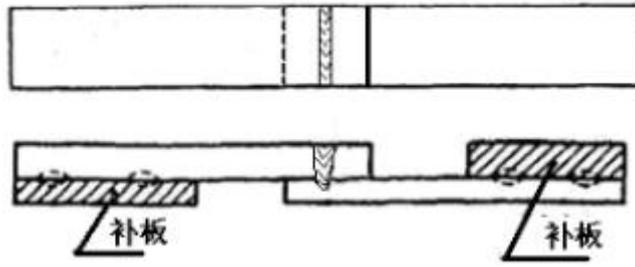


图 C.3 使用补板的试件

## C.2 金相试验

### C.2.1 试样制备

单段试件取焊缝中间断面进行试验。多段试件的取样要求按照 ISO 15614—11 执行。

### C.2.2 搭接焊缝熔深及熔宽的测定

焊缝区的熔深及熔宽，按图 C.4 所示各部位进行测定。

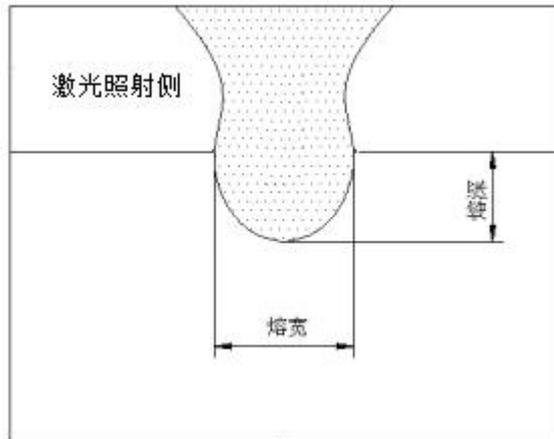
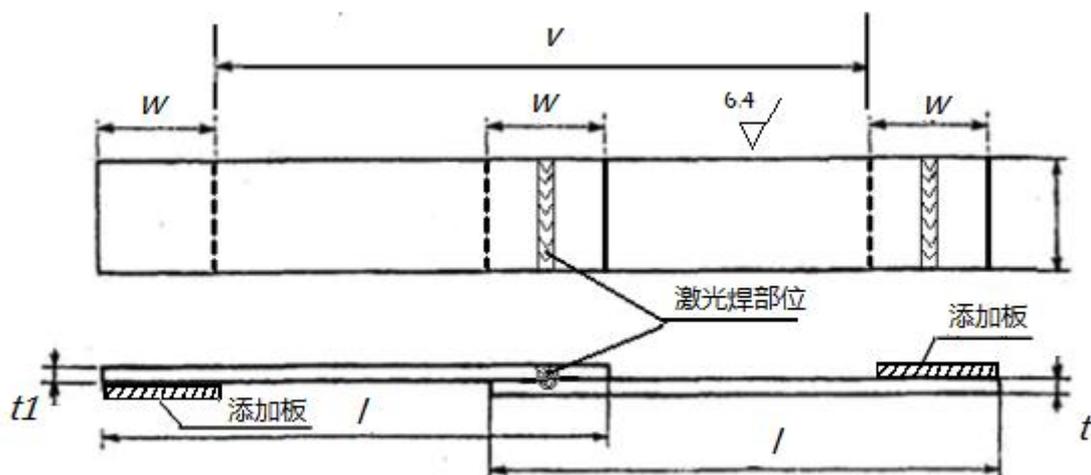


图 C.4 部分熔透搭接接头焊缝断面 熔深

## C.3 疲劳试验

### C.3.1 试样制备

搭接接头试样形状及尺寸见图C.5。



说明:

$t$ ——试样厚度;

$t_1$ ——上板试样厚度,  $t_1 \leq t$ ;

$w$ ——试样宽度;

$v$ ——试样试验段长度。

图 C.5 试样形状及尺寸

单位为毫米

$t$	$w$	$v$
0.4~2.5	30	160以上
2.5~5.0	40	200以上

应采用适当的夹具保证焊道处于试件重叠部份的中心线上。

为避免试件在受载时载荷轴线与试件中心线发生偏离, 按图C.5所示使用补板, 补板长度应符合图C.5中 $w$ 的数值。补板板厚与试样相同。采用点焊或激光焊等方法固定补板。

### C.3.2 试验要求

C.3.2.1 试验开始阶段应迅速将载荷调整到规定范围, 且不应超过规定的最大载荷。

C.3.2.2 试验中的载荷参数应同步调整。

C.3.2.3 试验机的载荷轴线应与试件的中心线一致。

C.3.2.4 试验机因停电或其他原因停止时, 不应再次自动启动。

C.3.2.5 安装时不应在焊缝部分施加过大应力, 例如锤击等动作。

C.3.2.6 绘制F—n曲线的要求如下, 示意图见图C.7:

- 一条F—n曲线至少需要12根试件, 如需增加, 可根据具体情况而定;
- 载荷比应小于或等于0.1;

- c) 相邻两个载荷范围的比:  $F-n$  曲线的倾斜部分 1.1~1.5, 水平部分 (疲劳极限) 为 1.05~1.2;
- d) 循环数从达到指定载荷范围开始计数。

C.3.2.7 确定疲劳极限的要求如下:

- a) 载荷比应小于或等于 0.1;
- b) 载荷范围可选择几个, 并且使试件破坏的循环次数在指定的循环次数附近;
- c) 每个载荷范围需要 2 个以上有效试样。

C.3.2.8 在如下条件下试验应终止:

- a) 同一试样, 试验不应中断。如果由于试验机故障或其他原因试验中途必须停机时, 应记录停机时循环次数和停机时间, 该试样的数据供参考;
- b) 试样表面焊缝或其附近产生与焊缝宽度相当的裂纹或表面未见裂纹而试件断裂, 该情况视为试样破坏;
- c) 已试验过的试样, 不允许再次使用。

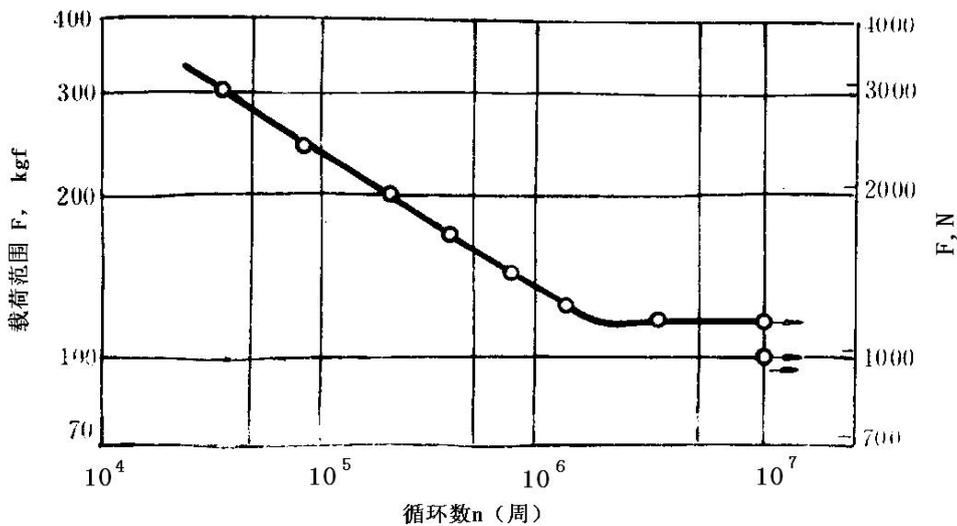


图 C.7  $F-n$  曲线

C.3.3 试验记录

试验记录可包含以下内容:

- a) 试验材料的种类、名称及名义厚度;
- b) 试验材料的力学性能;
- c) 试样焊接参数, 按表 C.1 记录;
- d) 试验机种类 (定载荷型、定位移型)、型号、容量;
- e) 试验的载荷范围、最大载荷、最小载荷、载荷比、平均载荷、试验机频率;
- f) 疲劳试验条件及结果。

表 C.1 焊接参数

激光焊机		焊接条件		焊接结果	
额定功率/kW		激光功率/kW		焊缝宽度/mm	
频率/kW (脉冲激光器)		焊接速度/mm/s			
持续时间/ms (脉冲激光器)		离焦量/mm			
波形					
焦距/mm					
光斑直径/mm					

## 附录 D

(规范性)

## 激光焊搭接接头熔宽确定方法

## D.1 确定最优焊接参数

根据表E.1中强度标准，调整激光功率、焊接速度及离焦量，明确剪切拉伸强度接近但不低于强度标准值的焊接参数。

按图C.2多段试件焊接试样，保证试样段数不少于20。

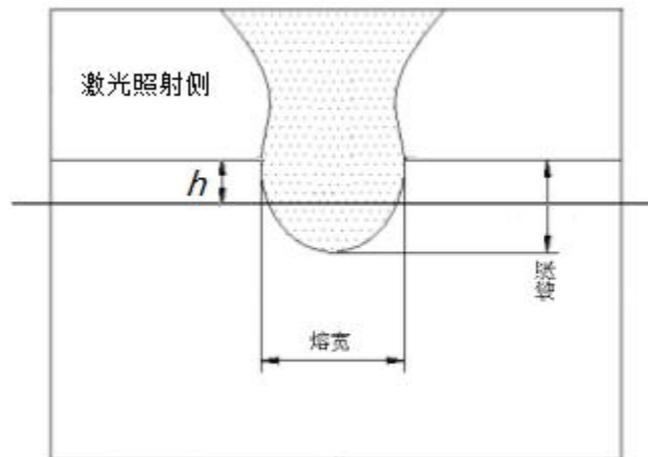
拉伸剪切试验按C.1执行，要求所有测试试样强度均高于标准值，如出现不满足要求接头，应重新调整参数试验。

## D.2 断面试样制备

采用最优焊接参数焊接断面试样，按C.2中多段试样制备方法制备断面试样。

## D.3 熔宽测量

按图E.1测量焊缝熔宽，测量距离两板搭接面 $h$ 距离内焊缝宽度， $h$ 不小于0.1mm，该区域内焊缝宽度应大于焊缝熔宽。制备20个金相试样，测量焊缝熔宽。



图D.1 搭接接头断面熔宽测量

表D.1 激光焊搭接接头熔宽确定试验要求

试板厚度 <sup>a</sup>	强度标准	试验内容	试验数量/个	熔宽值	备注
0.6	3.334	金相试验	20	20个试样熔宽平均值	试样焊接时采用相同焊接参数(最优焊接参数)。
0.8	5.001		20		
1.0	6.865		20		

1.5	12.06		20		
2.0	18.42		20		
2.5	24.713		20		
3.0 <sup>b</sup>	31.97		20		
4.0 <sup>b</sup>	47.856		20		
4.5 <sup>b</sup>	56.388		20		
5.0 <sup>b</sup>	65.312		20		
<p>注：a 对于不同双层板厚组合或大于等于三层的组合，按照承受主载荷的最薄板厚选择强度标准。</p> <p>b 3.0mm 以上板厚不建议进行部分熔透焊接。</p>					

T/CCTAS XX—2025