

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

汽车连接线焊接设备安全操作规程

Safety Operation Regulations for Automobile Wire Harness Welding Equipment

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2026 - 5 - 12)

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	II
1 引言	1
2 范围	1
3 规范性引用文件	1
4 术语和定义	2
4.1 汽车连接线	2
4.2 焊接设备	2
4.3 联锁装置	2
5 通用安全要求	2
5.1 人员资质管控	2
5.2 作业环境管控	3
5.3 电气安全管控	3
6 超声波焊接机安全操作规程	3
6.1 开机前检查核验	4
6.2 参数调试与试焊管控	4
6.3 运行过程安全防护	4
7 电阻点焊机安全操作规程	4
7.1 开机前系统检查	5
7.2 标准化作业规范	5
7.3 设备异常处置	5
8 激光焊接机安全操作规程	5
8.1 危险区域安全管控	5
8.2 光路与冷却系统检查	6
8.3 标准化操作流程	6
8.4 紧急停机处置	6
9 应急处置管理	6
9.1 触电事故急救	7
9.2 火灾事故处置	7
9.3 高温烫伤处理	7
10 日常维护与档案管理	7
10.1 分级点检管控要求	7
10.2 维修移交规范	8
10.3 档案留存管理	8
11 附则	8

前 言

本文件依据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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

汽车连接线焊接设备安全操作规程

1 引言

当前我国汽车产业加速向智能化、新能源化转型升级，汽车连接线是整车电路与信号系统的核心零部件，焊接质量与作业安全直接影响整车可靠性及生产安全管控水平。为落实国家安全生产法规，完善智能制造安全标准体系，本文件针对汽车连接线加工所用超声波、电阻、激光三类主流焊接设备进行规范化编制。

2 范围

规范了汽车连接线焊接设备的专业术语、基础通用安全准则、设备共性安全技术要求，明确超声波焊接机、电阻点焊机、激光焊接机专项安全操作规范，同时界定应急处置流程、日常点检维护标准等核心内容。适用于广西产学研科学研究院及下属产学研合作基地内，汽车线束生产加工车间、研发测试实验室中各类连接线焊接设备的全过程操作、管控与维护。同时，本规程可为国内从事金属、非金属线束焊接作业的制造企业、科研机构提供标准化参考依据，助力行业统一安全管控标准，推动汽车线束加工行业安全合规化发展。

3 规范性引用文件

下列文件为本文件应用的必备依据。凡是标注日期的引用文件，仅对应标注版本适用于本文件；未标注日期的引用文件，其最新修订版本（含所有修改单）均适用本文件。

GB 9448-1999 焊接与切割安全

GB 23821-2009 机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离

GB 5226.1-2019 机械电气安全机械电气设备第1部分：通用技术条件

GB/T 18831-2017 机械安全与防护装置相关的联锁装置设计和选择原则

GB 7247.1-2012 激光产品的安全第1部分：设备分类、要求

GB 2894-2008 安全标志及其使用导则

GB/T 3805-2008 特低电压（ELV）限值

JB/T 8896-2019 电阻焊机电极和辅助设备

GB 50169-2016 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

4 术语和定义

下列术语和定义统一适用于本文件，贴合汽车制造行业及焊接工艺通用专业规范。

4.1 汽车连接线

应用于汽车整车电路系统，用于电能传输、电信号交互的一体化导线组件，涵盖横截面积 0.35 mm² 至 120 mm² 的铜芯、铝芯绝缘导线，同时包含屏蔽线、绞合线等特种连接线材，广泛适配传统燃油汽车、新能源汽车电路架构。

4.2 焊接设备

依托超声波振动、电阻热能、激光辐射等物理能量，实现汽车连接线导体与连接端子、导体之间永久性冶金结合的专用加工设备，主要包含超声波焊接机、电阻点焊机、激光焊接机三类主流设备。

4.3 联锁装置

机械设备核心安全防护机构，当设备可移动防护罩、防护门处于开启状态时，可自动触发设备停机、切断能量输出，规避人员误触危险作业区域引发的安全事故，符合国家机械安全防护设计标准。

5 通用安全要求

规定所有汽车连接线焊接设备通用管控要求，从人员、环境、电气三大维度建立基础安全管控体系，落实国家安全生产分级管控、隐患排查治理双重预防机制。

5.1 人员资质管控

5.1.1 作业人员必须通过广西产学研科学研究院或行业权威认证机构的专业化、系统化岗前培训，考核合格并取得上岗资质后方可独立操作设备；人员培训档案、考核记录需电子化+纸质双重留存，存档期限不少于 2 年，实现人员资质全程溯源管理。

5.1.2 操作人员必须熟练掌握所用焊接设备官方使用说明书，明晰设备结构、工作原理及安全风险

点，精准识别红色紧急停止按钮（按钮突出控制面板 3 mm 至 5 mm），熟练掌握急停触发、故障复位操作流程。

5.1.3 鉴于激光辐射对人体感官及神经系统的影响，严禁器质性心脏病、癫痫症、重度神经衰弱、色盲、色弱等感官及身体机能异常人员从事激光焊接设备操作工作，从源头规避人员作业安全风险。

5.2 作业环境管控

5.2.1 标准化管控作业区温湿度，环境温度恒定维持在 5℃至 40℃，相对湿度不高于 85% RH；湿度超标时，必须启动工业除湿设备，杜绝潮湿环境引发电气短路、设备锈蚀等安全隐患，保障设备稳定运行。

5.2.2 严格划分作业安全隔离区域，焊接设备周边 1.2 米范围内禁止堆放易燃易爆危险品，重点管控汽油、低闪点酒精（闪点 13℃）、脱模剂气雾罐等高危物料；作业现场必须配置合规消防器材，最低配置标准为 1 具 4 kg 及以上二氧化碳灭火器，或 2 具 3 kg 及以上干粉灭火器，常态化保障火灾应急处置能力。

5.2.3 作业工位照明严格执行 GB 50034-2013 照明设计标准，工作台面照度最低不低于 300 lx，优化作业视觉环境，降低人员操作失误率，适配精密线束焊接加工作业需求。

5.3 电气安全管控

5.3.1 焊接设备供电系统优先采用 TN-S 三相五线制，亦可采用 TN-C-S 供电制式；设备金属外壳实行独立接地保护，接地电阻不得大于 4 Ω，每半年开展一次专业接地检测，留存检测报告，防范漏电触电事故，符合国家电气安全强制性规范。

5.3.2 设备供电电缆选用耐油、耐磨、抗老化橡胶套软电缆，电缆全程无中间拼接接头；若发现电缆绝缘层破损、铜芯裸露等缺陷，需在 2 小时内完成更换，临时处置需使用耐压等级不低于 500 V 的绝缘胶带密封包扎，杜绝漏电隐患。

5.3.3 开展焊头更换、电极检修等设备维保作业前，必须切断设备总电源，将断路器调至“OFF”断电档位，同时关闭压缩空气主阀门并完成管路泄压，确保压力降至 0 MPa；作业区域悬挂“有人工作，禁止合闸”安全警示标识，落实断电上锁管理制度。

5.3.4 规范保护接地线（PE 线）截面积选型：相线截面积 $S \leq 16 \text{ mm}^2$ 时，PE 线截面积与相线一致； $16 \text{ mm}^2 < S \leq 35 \text{ mm}^2$ 时，PE 线截面积最小为 16 mm²； $S > 35 \text{ mm}^2$ 时，PE 线截面积不低于相线截面积的 1/2，保障电气接地保护效能。

6 超声波焊接机安全操作规程

超声波焊接机适用于轻量化线束精密焊接，具有无烟尘、低污染优势，契合绿色制造发展理念，本章结合设备结构特性，明确全流程安全操作规范。

6.1 开机前检查核验

6.1.1 外观检查超声波发生器壳体完整性，排查壳体开裂、线路松动等缺陷；启动设备前置测试散热风扇，风扇需运转平稳、无卡顿、无异响，保障设备散热性能，避免高温过载故障。

6.1.2 采用专业扭矩扳手检测焊头、变幅杆连接螺栓紧固状态，M10 螺栓标准紧固扭矩区间为 35 N·m 至 45 N·m；严禁螺栓松动状态下启动设备，防止高频振动引发焊头开裂、碎片飞溅，造成机械伤害。

6.1.3 检查底模（砧座）表面平整度与光洁度，及时清理表面金属熔渣残留；清理作业专用铜刷，禁止使用钢锉、砂纸打磨，防止破坏底模原始硬度（HRC 55-60），保障焊接加工精度。

6.2 参数调试与试焊管控

6.2.1 依据汽车连接线规格（2.5 mm²、5 mm²、20 mm²等）差异化设定焊接工艺参数，通用参考标准：振幅 30 %至 80 %、焊接压力 0.2 MPa 至 0.6 MPa、焊接时长 0.1 s 至 0.8 s；正式生产必须严格遵循工艺评定记录，严禁随意篡改工艺参数。

6.2.2 每批次生产前完成首件试焊，并开展专业撕拉力性能检测；针对横截面积≤6 mm²的铜质导线，单点撕拉力不得低于导线断裂强度的 80%，保障焊接结构稳定性；焊接完成后焊点表面最高温度可达 150 °C，需静置冷却 3 秒以上，严禁徒手直接接触高温焊点，防范烫伤事故。

6.3 运行过程安全防护

6.3.1 设备焊接作业期间，操作人员手部必须远离危险作业区域，置于安全光幕、机械防护罩防护范围之外；安全光幕技术指标需满足：响应时间≤20 ms、分辨率≤30 mm，实现极速安全防护。

6.3.2 设备运行中若出现高频啸叫突变的“炸音”异常现象，需立即松开启动开关、松开脚踏控制板，设备需在 0.1 秒内切断能量输出；该故障多为焊头破损、负载短路导致，出现异常必须停机报备检修，禁止带故障运行。

6.3.3 定期维护空气过滤减压阀，油雾器加注 ISOVG32 专用透平油，标准滴油速度控制在 5 滴/分钟至 10 滴/分钟，油位维持在刻度线 1/3 至 2/3 区间，保障气动系统稳定运行。

7 电阻点焊机安全操作规程

电阻点焊机凭借大电流、高效率优势，适配中粗线束批量加工，设备存在高温、大电流安全风险，需严格执行电气、冷却、操作专项管控标准。

7.1 开机前系统检查

7.1.1 采用 500 V 兆欧表检测焊接变压器次级线圈对地绝缘性能，绝缘电阻必须大于 2.5 MΩ，杜绝绝缘失效引发漏电、短路故障。

7.1.2 全面排查冷却水循环系统，进水温度管控在 10 °C 至 30 °C，供水水压稳定维持在 0.15 MPa 至 0.3 MPa；进水、出水温差不得超过 15 °C；严禁无水、断水状态下持续焊接作业（单次时长不得超过 10 秒），防止电极杆 90 秒内高温烧毁。

7.1.3 检查铬锆铜材质电极头损耗情况，当端面直径磨损量超过原始直径 20 % 时（例：原直径 8 mm，磨损至 6.4 mm），必须及时修磨或更换电极，保障焊接接触精度与导电性能。

7.2 标准化作业规范

7.2.1 针对气动加压式电阻点焊机，调节焊接气压过程中，严禁将手指伸入上下电极间隙测试压力，规避挤压伤害；依据线束线径匹配压力参数，常规压力区间为 0.1 MPa 至 0.5 MPa。

7.2.2 设备工作特性为低电压、大电流，次级工作电压 4 V 至 12 V，工作电流 3 kA 至 30 kA；焊接过程会产生 1000 °C 高温金属飞溅物，操作人员必须佩戴专业防护眼镜，防止飞溅物灼伤眼部黏膜。

7.2.3 根据焊接基材差异化调整脉冲焊接时长，适配不同材质线束焊接工艺要求：铜-铜焊接脉冲时长 5 ms 至 15 ms；铜-镍焊接脉冲时长 8 ms 至 20 ms；铝-铝焊接脉冲时长 10 ms 至 25 ms，铝材焊接需同步匹配大电流参数。

7.3 设备异常处置

7.3.1 焊接作业中出现电极与工件粘连、电流无法自动切断的故障时，立即按下急停按钮切断主回路电源，严禁带电使用金属工具撬动工件，防止触电、设备损坏。

7.3.2 单班次作业结束后，依次关闭设备总电源、冷却水进水阀门；湿热地区夏季水压波动较大，管路水压最高可升至 0.6 MPa 以上，关闭阀门可规避高压导致水管爆裂漏水风险。

8 激光焊机安全操作规程

激光焊机适配高精度、高稳定性高端汽车线束加工，属于高危光学设备，存在激光辐射、高温灼伤、光路损坏等风险，需严格落实分级管控、封闭式作业要求。

8.1 危险区域安全管控

8.1.1 本规程所用激光焊接机为 GB 7247.1-2012 界定的 4 类激光产品，激光辐射危害性较高；激光作业室入口必须设置合规警示标识，采用黄底黑字“当心激光辐射”警示牌，标识尺寸不小于 300 mm×200 mm，明确危险警示。

8.1.2 作业区域采用不透光防护防护罩、激光防护帘全封闭隔离，防护帘针对 1064 nm 激光波段 OD 防护值 ≥ 5 ；防护门未完全闭合状态下，禁止启动激光出光焊接，杜绝激光外泄辐射风险。

8.1.3 操作人员及作业区域 5 米范围内所有人员，必须佩戴专用激光防护眼镜，防护眼镜技术要求：1064 nm 波长光密度 OD ≥ 4 ，可见光透过率 $\geq 40\%$ ，兼顾防护效果与作业视野。

8.2 光路与冷却系统检查

8.2.1 设备采用 200 W 至 2000 W 光纤激光器，作业前检测冷却系统去离子水品质，水体电导率不得高于 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；水质超标时需立即更换滤芯、置换纯水，防止水质劣化造成激光器泵浦源永久性损坏。

8.2.2 定期检查焊接头保护镜片，表面存在灰尘、金属飞溅物时，采用纯度 $\geq 99.7\%$ 的无水乙醇搭配专用擦镜纸清洁；禁止使用普通棉签、纸巾擦拭，避免划伤镜片镀膜（镀膜损伤阈值 15 J/cm^2 ），保障光路传输精度。

8.3 标准化操作流程

8.3.1 严格遵循分级上电流程：先接通设备总电源，启动温控系统预热 15 分钟至 30 分钟，待冷却水温度控制精度达到 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 、激光器内部工况稳定后，再开启激光出光使能开关。

8.3.2 调试焊接焦点时，显示屏观察曝光时长不得超过 2 秒；禁止将铜、铝等高反材质放置对焦区域，防止反射光回流损坏光纤头，返光功率超过 10 mW 即可造成探测器不可逆损伤。

8.3.3 焊接加工过程中，工件夹具采用内循环水冷方式控温；设备连续工作 2 小时后，必须停机检查焊枪喷嘴，喷嘴处铜锌合金飞溅物堆积高度超过 1 mm 时，需彻底清理杂物，保障焊接质量与设备通畅运行。

8.4 紧急停机处置

作业期间若出现指示光消失、焊接激光持续输出的“暗光”故障，或现场发生火情，需立即按下操作台、作业室门口的蘑菇头旋转复位式远程急停按钮；触发急停后，380 V 激光主电源可在 0.5 秒内完全切断，快速规避安全事故扩大。

9 应急处置管理

结合汽车连接线焊接作业高频风险隐患，建立触电、火灾、烫伤三类突发事件应急处置体系，遵循

“快速响应、科学处置、以人为本”原则，贴合国家安全生产应急管理规范。

9.1 触电事故急救

9.1.1 发生触电事故时，第一发现人优先切断设备就近电源开关、总闸；无法直接断电时，选用干燥木棍、专用绝缘棒隔离电源线，10 kV 及以下电压等级作业场景，绝缘棒长度不得小于 1.5 m，严禁徒手接触带电体及伤者。

9.1.2 伤者脱离带电区域后，快速判断呼吸、心跳状态；若心跳呼吸骤停，需在 4 分钟黄金救援时间内实施心肺复苏，胸外按压频率控制在 100 次/分钟至 120 次/分钟，按压深度 5 cm 至 6 cm，人工呼吸吹气量 500 ml 至 600 ml，同步拨打 120 急救电话，联动专业医疗救援。

9.2 火灾事故处置

9.2.1 电阻焊机初级线路短路起火时，严格遵循“先断电、后灭火”原则，禁止直接用水扑救；断电后使用二氧化碳灭火器对准火焰根部喷射灭火，隔绝氧气阻断燃烧。

9.2.2 光纤激光器起火时，立即切断压缩空气管路，阻断助燃气体供给，采用干粉灭火器灭火；严禁肉眼直视光纤端口，防止残余激光灼伤视网膜，造成永久性视觉损伤。

9.3 高温烫伤处理

接触高温焊头（最高温度 200 °C）引发轻度红斑烫伤时，立即使用 15 °C 至 25 °C 流动自来水持续冲洗创面 15 分钟以上，快速降温舒缓；禁止涂抹牙膏、酱油等非医用物质，避免创面感染，冲洗完成后涂抹磺胺嘧啶银乳膏等专用烫伤药膏。

10 日常维护与档案管理

为保障设备长期稳定运行、延长设备使用寿命、构建全生命周期管控体系，建立分级点检、规范维修、档案留存的常态化管控机制，契合工业智能制造设备精细化管理发展要求。

10.1 分级点检管控要求

10.1.1 每日点检（班前 10 分钟）：完成紧急停止按钮功能测试、安全光幕遮挡防护测试，校验气压表读数，压力误差需控制在 ± 0.02 MPa 以内；清理焊头表面杂物，检查设备外观完好性，做好班前点检记录。

10.1.2 每周点检：专业检测设备接地电阻，检测值不得超过 4 Ω ；针对超声波焊接机，检测换能器系统电容参数，电容容量衰减幅度超 10 % 时，立即报备维修更换配件。

10.1.3 每月点检：断电开启电阻焊机控制柜，采用防爆型吸尘器清理柜内积尘；重点观测可控硅

模块外观色泽，正常状态为金属原色，模块发黑氧化判定为过热故障，需及时检修更换。

10.2 维修移交规范

10.2.1 维修人员进入激光器谐振腔、超声波发生器机箱等高压密闭区域作业前，需等待高压警示灯完全熄灭，且静置放电不少于 60 秒，确保滤波电容（最高直流电压 400 V）彻底放电，规避高压触电风险。

10.2.2 所有设备维修作业完成后，填写标准化《设备维修验收单》，详细记录故障原因、维修配件、维修流程；设备空载连续试运行 30 分钟无异常故障，经操作人员签字确认验收后，方可投入正式生产使用。

10.3 档案留存管理

建立设备全生命周期管理档案，统一留存点检记录、维修验收单、接地检测报告、人员培训档案等资料，纸质档案分类归档、电子档案云端备份，档案留存期限适配行业监管要求，为行业安全生产溯源、工艺优化、技术迭代提供数据支撑，助力汽车线束加工行业标准化、智能化、安全化高质量发展。

11 附则

本标准由广西电子商务企业联合会负责解释。本标准自发布之日起试行，试行期为一年。试行期满后，根据实施反馈情况进行修订和完善。各相关单位可依据本标准制定具体的实施细则。若本标准与国家新颁布的法律法规或强制性标准有不一致之处，应以国家法律法规和强制性标准为准。本标准所引用的规范性引用文件如有更新，其最新版本适用于本标准。广西电子商务企业联合会将根据技术发展和应用需求，适时组织对本标准的复审与修订工作，以保障其持续的先进性和适用性。本标准的有效实施，有赖于各级医疗机构、主管部门、技术服务商和各相关方的共同努力，通过规范智慧医院数据互联互通共享技术，推动医疗健康数据资源有效整合与安全共享，提升医疗服务质量和效率，促进智慧医院建设规范化发展，为推进健康中国建设提供技术支撑。