

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2025.08.11

汽车车身自动线点焊的质量控制

张国旺, 何 秋, 王伟斌

广汽本田汽车有限公司, 广东 广州 510700

摘要: 随着全球对于环保和节能的日益重视,以及消费者对于汽车安全性及可靠性愈发关注,市场对汽车提出越来越高的轻量化、安全性及耐蚀性等多目标要求,这推动了超高强度钢、轻合金、镀层材料及结构胶等的大量应用。材料的可焊性下降,焊接不良率上升,使汽车车身自动线点焊工艺质量管理面临诸多难题。本文从焊接质量源流保证角度,分析了点焊的主要影响因素及控制措施,包括焊接参数(如采用“马鞍形”通电波形、中频自适应焊接技术)、电极条件(如规范更换安装、引入修磨视觉监测)、焊枪性能(如定期检证输出、优化打点姿态)、工件状态(如管控配合状态与清洁度)等关键要素的管控;同时从焊接缺陷防止流出的角度,探讨了强度检查体制的完善,包括多种检查方式(目视检查、半破坏检查、超声波无损检查等)的应用及创新性的焊点分级管控体系(A级全检、B级高频抽检、C级常规抽检),旨在为汽车行业的车身点焊质量管理提供参考与借鉴。

关键词: 电阻点焊;汽车车身;质量控制;自适应焊接;分级管控

中图分类号: TG453+.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-2303(2025)08-0100-07

Quality Control of Automatic Spot Welding for Automobile Body

ZHANG Guowang, HE Qiu, WANG Weibin

GAC Honda Automobile Co., Ltd, Guangzhou 510700, China

Abstract: With the increasing global emphasis on environmental protection and energy conservation, and consumers' growing concern for automobile safety and reliability, the market has set increasingly high requirements for vehicles in terms of lightweighting, safety, and corrosion resistance. This has driven the extensive application of ultra-high-strength steels, light alloys, coated materials, and structural adhesives. The decline in material weldability and the increase in defective welding rates have posed many challenges to the quality management of automatic spot welding processes in automobile bodies. This paper analyzes the main influencing factors and control measures of spot welding from the perspective of ensuring welding quality at the source, including the control of key elements such as welding parameters (e.g., using a "saddle-shaped" power waveform, medium-frequency adaptive welding technology), electrode conditions (e.g., standardizing replacement and installation, introducing grinding visual monitoring), torch performance (e.g., regular verification of output, optimizing spotting posture), and workpiece conditions (e.g., controlling matching state and cleanliness). At the same time, from the perspective of preventing welding defects from leaving the process, the paper discusses the improvement of the strength inspection system, including the application of various inspection methods (visual inspection, semi-destructive inspection, ultrasonic non-destructive inspection, etc.) and an innovative welding spot grading control system (A-level full inspection, B-level high-frequency sampling inspection, C-level routine sampling inspection), aiming to provide reference and guidance for the quality management of spot welding in the automobile industry.

Keywords: resistance spot welding; automotive body; quality control; adaptive welding; graded management

引用格式: 张国旺, 何秋, 王伟斌. 汽车车身自动线点焊的质量控制[J]. 电焊机, 2025, 55(8): 100-106.

Citation: ZHANG Guowang, HE Qiu, WANG Weibin. Quality Control of Automatic Spot Welding for Automobile Body[J]. Electric Welding Machine, 2025, 55(8): 100-106.

收稿日期: 2024-12-21 修回日期: 2025-01-15

作者简介: 张国旺(1991—),男,硕士,工程师,主要从事焊接技术研究和质量管理等工作。E-mail: zhangguowang@foxmail.com。

0 引言

汽车车身作为保障车辆安全性的主要承载结构,不仅决定了车辆的整体刚度,而且在碰撞时能有效吸收并分散冲击力,从而保护乘员安全。白车身焊接作为保证整车结构强度与安全性的关键工序,其质量控制直接影响汽车产品的稳定性和耐用性。电阻点焊因其简便高效的特点,已成为汽车制造业中最广泛应用的焊接技术之一,点焊在车身焊点总数中占比高达90%^[1],单台白车身上的点焊焊点数量通常超过5 000个。因此,控制点焊质量对于确保白车身焊接质量至关重要。

近年来,消费者对汽车安全性、耐蚀性及轻量化的需求推动了高强度钢、轻合金、镀锌板材和结构胶的应用。这些新材料的使用虽提升了车身性能,却降低了可焊性并增加了焊接难度。同时,汽车制造行业正朝着更高效率和更低制造成本的方向发展,车身焊接实现了高度自动化。当点焊过程中受到外部干扰时,容易产生表面缺陷(如缩孔、压痕过深、毛刺等)和内部缺陷(如焊核尺寸不足、假焊等)。这些点焊缺陷一方面会降低汽车外观品

质,引起客户不满和投诉;另一方面,还会削弱车身结构强度,危及乘员安全。鉴于汽车生产线的高度自动化,深入研究并改进点焊工艺的质量控制措施,增强焊接过程的稳定性,提升焊接质量水平尤为重要和紧迫。

1 过程影响因素和管控措施

电阻点焊通过电阻热与电极压力的协同作用形成焊点,该工艺受到电、热、压力、磁、流体动力学、冶金等多因素的交互影响,并且由于焊接过程的不可见性和瞬时性特征,给质量管理带来了较大的挑战。故障树分析法(Fault Tree Analysis, FTA)是一种图形演绎方法,以系统故障为分析对象,通过分析可能造成故障症状的各种原因,用图形表示其发生原因的逻辑关系,列出故障症状与故障原因的相互关系图,可实现车身点焊故障的定性和定量分析^[2]。参考故障树分析法,对4M1E(人Man,机器Machine,材料Material,方法Method,环境Environment)五大要素进行全面排查,分析点焊缺陷影响因素,如图1所示。

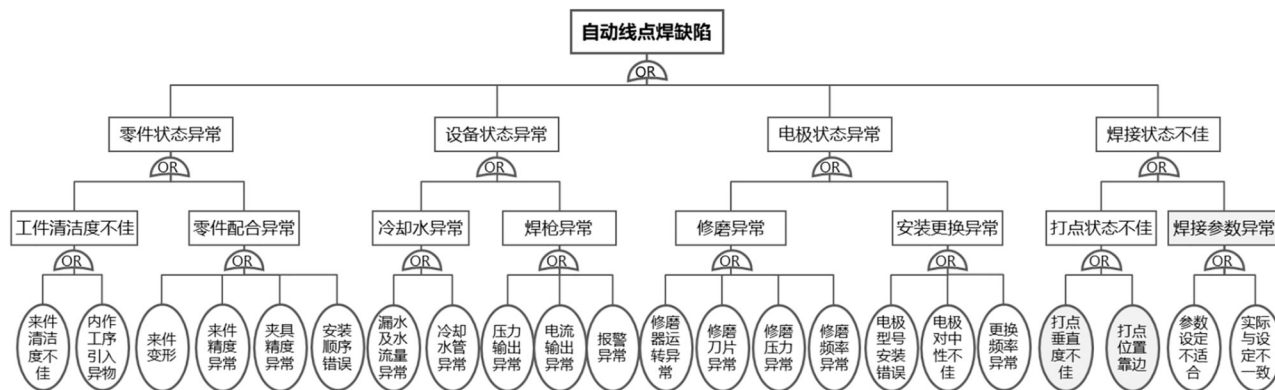


图1 点焊不良影响因素分析

Fig. 1 Analysis of factors affecting spot welding defects

实践表明,单个因素的异常或多因素不利耦合均可能导致焊接缺陷。结合汽车车身自动线点焊的品质管理经验,焊接参数、电极条件、焊枪性能及工件状态是主要影响因素,需要进行重点研究。为了减少焊接缺陷的数量和发生频率,需从源头实施控制改善,并将主要影响因素纳入日常和定期管理项目之中,同时设定相应的控制措施及管理基准。

1.1 焊接参数

焊接参数是对点焊质量影响最为明显的要素。点焊产热来自于电阻发热,遵循公式 $Q=I^2Rt$,产热总量由焊接电流 I 、电阻 R 及通电时长 t 决定。从微观而论,任何导体的表面都是凹凸不平的,电极与工件的接触为非理想平面,实际接触区域仅为宏观接触区的极小部分^[3],而氧化膜、油污或其他异物的存

在会形成额外接触电阻,阻碍电流传导。电极压力的增大会扩大接触面积,从而降低接触电阻,因此电阻热与焊接电流、通电时间呈正相关,与电极压力呈负相关。其中,焊接电流对产热的影响最为显著:电流或通电时间不足易导致焊核偏小、假焊;而热量过剩则会引发缩孔、过烧、压痕过深等缺陷。

点焊参数的设定需依据工件材质、厚度及板材组合特性,通过焊接试验优化调整焊接电流、电极压力和焊接时间,直至焊点质量完全符合技术要求。例如,两层薄板或“薄板+厚板”的组合通常采用“硬规范”(大电流、短时间),两层厚板的组合则适用“软规范”(小电流、长时间)。对于可焊性较差的板材组合,如“薄板+厚板+厚板”,由于薄板和厚板之间、厚板与厚板之间需适配不同的焊接规范,焊接难度较大;尤其是镀锌薄板与两层热成型钢板组合,因镀锌钢板表面存在低电阻率、低硬度、低熔点的锌层,使接触电阻减小,电流场分布不均匀^[4],通常需要更大的焊接电流来保证熔核尺寸,而热成型钢表面粗糙易因电流密度过大产生焊接飞溅、毛刺等,两者调节需求矛盾,使得焊接参数的可调范围极窄。针对此类难题,可通过调整焊接通电策略解决:除优化电极压力、焊接电流与时间外,可采用“马鞍形”通电波形焊接,或者尝试增加预压、预热阶段,采用多脉冲焊接、调整冷却时间等方法。“马鞍形”通电波形如图2所示,第一次通电采用大电流短时间,优先促进薄板侧焊核的生长;第二次通电采用低电流长时间,降低飞溅倾向并确保厚板侧焊核的生长;第三次通电采用中等电流短时间,进一步促进薄板侧和厚板侧焊核的生长。此外,通过调整焊接通电之间的冷却时间,可以增强或减弱过程中的冷却效果。通过平衡电阻点焊发热和冷却,一方面使焊点处产生足够的焊接热量形成较大的熔核以保证焊接强度,另一方面可以避免因焊接热量短时间积聚过多而导致的飞溅倾向增加。

此外,可以应用具有动态电阻自适应控制技术的中频电阻焊技术,即自适应焊接技术。自适应焊接技术通过监控焊接电源二次侧电压和实际焊接电流,实时计算焊点动态电阻,根据动态电阻的变化情况,判断是否存在焊接飞溅、分流等外部干扰,再调整焊接电流和焊接时间以保证焊接热量,从而

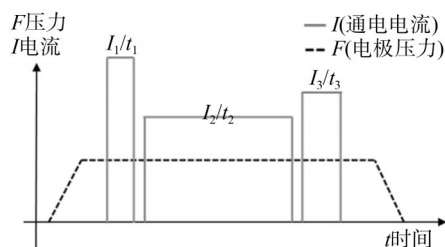


图2 马鞍形通电波形

Fig. 2 Saddle-shaped electrical waveform

实现点焊过程闭环控制,如图3所示^[5]。自适应焊接技术能有效提升对外部扰动的抵抗能力,增强焊接质量的稳定性,因此在设定焊接参数时可减少裕量,从而有效降低焊接飞溅。目前行业中应用较广泛的自适应技术主要有博世的UIR和那电WinTB3 AHC。

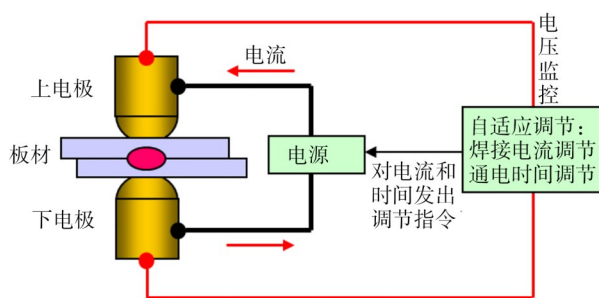


图3 自适应控制系统示意

Fig. 3 Adaptive control system diagram

1.2 电极

电极的主要功能是对焊接接头施加压力,传导焊接电流,并将热量从工件中导出^[6],是点焊过程中最重要的部件。电极一般采用分离式设计,安装在焊枪电极握杆上。随着打点次数增加,电极端面逐渐墩粗劣化,电极与工件接触面积增大,焊接电流密度降低,易造成焊核偏小乃至假焊不良。电极修磨主要是对焊接生产中端面恶化的电极帽进行切削使其恢复原来的形状、尺寸并去除氧化物^[7],以保证焊接质量。

1.2.1 电极更换安装

电极经多次修磨后可用长度逐渐缩短,达到极限时需进行更换。更换操作不当会直接影响焊接质量:若安装时敲击过重,会导致电极端面凹凸不平(见图4a),使点焊时与工件形成局部接触,造成电流分布集中,易产生焊接缺陷;若电极安装不对中(见图4b),则会减小端面重叠区域,降低电流有

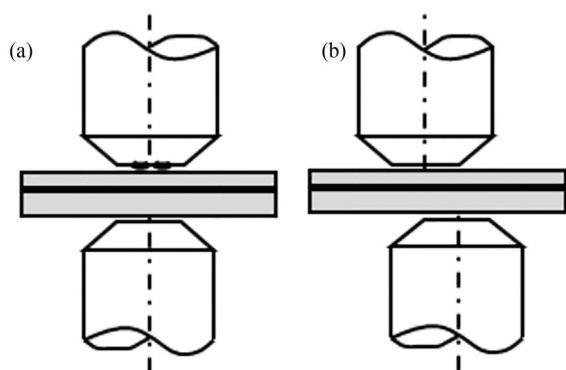


图4 (a)电极端面不平整,(b)电极端面不对中

Fig. 4 (a) Uneven electrode end face, (b) Misalignment of electrode end face

效通过面积,导致电流密度过大,同样引发质量问题。

电极更换应严格遵循作业流程及操作规范;避免大力敲击电极端面,确保上下电极端面对中,轴心错位控制在1 mm以内。电极安装后,需检查上下电极端面的平整性和对中度,对于异常状态及时对策改善。例如,针对电极安装后端面凹凸不平,可额外增加电极自动修磨次数,保证端面光洁平整。

1.2.2 电极修磨

当电极修磨效果不佳时,其端面易残留有氧化层、铜屑或电极端面存在突起,导致局部接触电阻增大,使电流密度分布不均,易引发焊接飞溅或电极粘脱。传统电极修磨效果确认需进入自动线操作,这会干扰正常生产流程,因此仅能在生产暂停时段进行抽查,这使得电极修磨异常存在难以被及时发现的风险,而此类异常可能导致批量性质量问题,故需作为管控重点。

电极修磨频率管理。电极帽的修磨间隔取决于电极帽的实际污染程度,电极修磨频率必须根据实际情况现场确定^[8]。由于不同焊枪的打点位置,对应焊点的板材材质、配合方式及焊接参数存在差异,故电极的实际污染程度难以统一预判。为减少电极修磨对生产节奏的干扰,某一工序内通常以焊点数量最大的焊枪为基准,以“连续焊接不超过特定点数”的原则初始设定修磨频率,再根据实际焊接质量不断优化调整。

电极修磨检查及监测管理。应定期检查电极修磨器组件状态、运转情况及修磨参数(如压力、时

间),确认电极修磨状态(电极端面直径、平整性和光洁度)。对于修磨异常,如修磨不平整、不干净,应检查修磨器硬件是否存在异常,如修磨刀盘被铜屑堵塞、修磨刀片钝化或崩刃等,并确认修磨参数(修磨压力和时间等)设定是否合理,从软硬件方面全面排查原因并对策改善。此外,可引入电极修磨视觉监测技术,每次修磨后均由机器视觉采集端面图像,由AI软件系统智能分析,通过对比电极端面直径、氧化层残留百分比与管理基准的偏差,判定电极修磨效果是否符合要求,如图5所示。该技术将修磨确认频率提升至100%,可大幅增加工序保障能力,降低因修磨异常导致的批量质量风险。

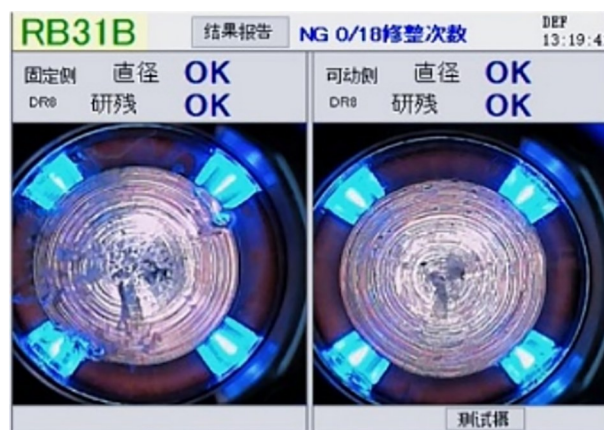


图5 电极修磨视觉检测

Fig. 5 Visual inspection of electrode dressing

1.3 焊枪

1.3.1 焊枪输出

点焊过程是电极与工件在焊枪加压作用下通电焊接的过程,当焊枪输出异常时会直接引发缺陷:电流偏大易导致飞溅、缩孔及毛刺;电流偏小则因热输入不足造成焊核偏小或假焊;压力过大会减小板材接触电阻、降低热输入,可能引发焊接缺陷;压力过小则易产生飞溅,导致强度不足或焊点毛刺。因此,焊枪的压力和电流输出需定期检验,通常每年至少一次;对于超出管理基准的焊枪,可通过调整设备参数(如匝数比)或更换备件,确保焊枪输出在正常范围内。此外,焊枪维修及备件更换后,必须进行输出确认,始终保持焊枪稳定输出的能力,维护焊接过程稳定。

1.3.2 焊枪打点姿态

车身自动化焊接中,点焊机器人的轨迹与打点

姿态(如打点位置和垂直度)需通过编程示教确定。若焊接轨迹与姿态示教不佳时,如焊枪与工件不垂直,或者焊枪固定侧电极未接触工件,在焊枪加压时,活动侧电极会将工件向固定侧电极挤压,进而造成电极与工件扭曲。如图 6a 所示,当焊枪打点姿态不垂直时,两者呈现一定的倾斜角度,电极与工件表面不能完全贴合,接触面积减小,电流集中在局部接触区域,点焊时容易因局部接触区域温度骤升引发焊接飞溅。此外,如图 6b 所示,若焊枪打点位置偏离预设位置时,如靠近板材边缘,点焊时焊核极易从板材边缘区域飞溅而出,影响焊接质量稳定性。

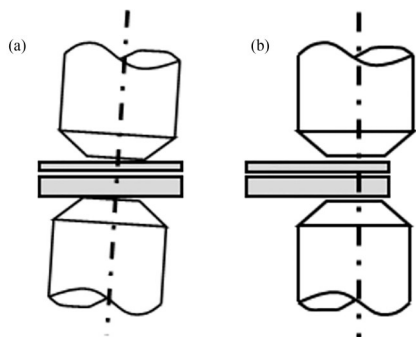


图 6 (a)焊接不垂直,(b)焊接偏位

Fig. 6 (a)Non-perpendicular welding, (b)welding misalignment

对此,应加强焊点检证。在日常强度检查或定期专项检证(每周一次或每月一次)中,发现焊点存在偏位、扭曲等打点不良时及时示教调整。偏位焊点需调整至距离边缘 3 mm 以上;对于扭曲焊点,应修正焊枪打点姿态以保证电极与工件的垂直度(按 $90^\circ \pm 3^\circ$ 管理)。通过日常检查和定期的专项焊点检证,持续改善焊接质量。

1.3.3 焊接异常报警功能

点焊过程中,外界影响因素较多,如电极端面恶化、间隙波动、位置偏差、异物污染及电流分流等,均可能导致实际焊接输出偏离设定值。必须实时监控输出的异常状态,并及时报警乃至停机,以降低批量制造焊接缺陷风险。然而,若设备的报警功能未开启,或者报警参数设定不合理,将会引发一系列焊接质量问题。例如,未设定焊接电流上下限报警功能,在有异物粘附时,实际焊接电流极小乃至无焊接电流,此时会导致漏焊;当电流下限设定偏低时,电流输出在设定范围内,但此时实际焊

接热量已偏低,易造成核小、假焊不良。应妥善设定焊接控制器的异常报警功能,并且当出现异常报警时,班组和品质检查员应对相关焊点进行双重确认,防止焊接不良流出。

1.4 工件的控制

在焊装生产线中,大量外供与内作零件需通过焊接组装成白车身。点焊工艺下,工件的配合状态与清洁度对焊接过程稳定性及焊接质量影响显著,因此需重点管控。

1.4.1 工件配合状态

工件以搭接形式配合,经点焊形成焊接接头。若工件配合状态不良时,如板间间隙过大或装配存在偏差,会导致焊接参数不适用甚至无法焊接到板材的状况,最终引发焊接质量问题。工件配合不良主要源于两方面:一是供应商来件变形或尺寸精度欠佳;二是内作过程中零件安装不到位或安装次序错误。针对供应商来件问题,应强化接收检查,并定期测量来件精度,密切监控尺寸变化趋势。员工在安装前,应检查确认零件是否有明显变形,坚决避免不合格品上线安装。对于内作零件安装操作规范性问题,应强化培训和监督,提升岗位员工的质量意识和操作技能,确保严格按标准作业。

1.4.2 工件清洁度

当工件焊接区域存在影响导电性的物质时,如锈迹、油污、油漆、粉尘或密封胶等,会增大接触电阻,导致电流密度分布不均匀,易引发飞溅、表面烧损或击穿现象,严重时甚至会使电流无法通过,触发焊接异常报警停机。外供零件可能因防锈措施不完善而生锈,或者在制造及物流输送过程中粘附油污、油漆、粉尘等异物。内作工序中,如涂胶工序,若密封胶或结构胶涂布过多并溢出到工件表面时,也会成为影响焊接质量的异物来源。

对于供方来件,应严格接收检查,杜绝接收不良品。每个零件上线前,操作人员均应检查是否存在锈迹或其他异物,及时识别并隔离不良品。针对不良品,深入调查产生原因及制定实施改善对策,同时将经验教训水平展开,防止问题再发。对于可能引入异物的内作工序,如涂胶工序,定期检证涂胶位置和尺寸,严格按设计基准进行管理,减少溢胶情况。若出现焊枪移动轨迹与密封胶干涉的情

况,要重新示教焊枪移动轨迹,避免焊枪刷蹭并粘附密封胶。

2 焊接强度检查

点焊工艺受多因素耦合影响,尽管通过源头控制可降低焊接不良风险,但在汽车大批量自动化生产条件中,人、机、料、法、环等各个方面会不断产生变化点,难以保证100%的标准和稳定,焊接缺陷仍不可避免。因此,建立有效的强度检查机制以防止不良流出,通过检出缺陷、解析原因、完善管控措施形成PDCA循环,对提升点焊管理水平至关重要。

2.1 强度检查措施

目前汽车行业中,焊接强度的确认目前主要依赖人工检查。常规的强度检查方式包括目视检查、半破坏检查、无损检查、全拆解检查及拉剪试验等,这些方法在作业方式、检查内容、检查效率和适用情况等方面各有差异:

(1)目视检查。由人工目视检查焊点,确认焊点数量、位置及外观质量,是否存在裂纹、针孔、毛刺、偏位、扭曲等不良。该方法的优点是不破坏工件,检查效率高、成本低;缺点是无法检测焊点内部质量。

(2)半破坏检查。用锤子敲击凿劈,嵌入焊点附近的板材贴合面,根据贴合面熔核的状态,确认焊点是否形成,有无熔核偏小、假焊等不良。此方法能确认焊点内部质量,检查效率较高,且不破坏焊点;缺点是会在高强度钢焊点熔核边缘产生微裂纹,大幅降低其疲劳耐久性能^[9],因此不适用高强钢焊点的检查。

(3)超声波无损检查。利用材料及其缺陷的声学性能差异,根据超声波传播波形的反射情况和穿透时间的能量变化,来检验材料内部缺陷。可用于识别合格焊点、脱焊、熔核偏小及气孔等焊点内部情况^[10]。其优点是不破坏工件、能确认焊点内部质量;缺点是设备成本较高,检查效率一般。

(4)全拆解检查。将白车身焊点拆解破坏,以检验车身焊点质量,检查是否存在假焊、焊核尺寸不足、气孔等焊接缺陷。该方法能够全面检查焊点内部质量及焊核直径,但属于破坏性检查,劳动强

度大,检查成本高且效率较低。

(5)拉剪试验。对点焊试片进行拉伸试验,以确定焊点的剪切力和焊核直径。通常用于焊接参数和焊接试片的性能验证,一般不用于常规的强度检查。

汽车白车身由地板、侧围、前围、后围、顶棚、四门、两盖等部件拼装组成,由于部分焊点在拼装后就不具备检查条件,因此需根据白车身焊点的工艺分布及板材信息,合理设置强度检查岗位,如地板焊点检查岗、侧围总成焊点检查岗、顶棚检查岗、四门两盖检查岗等。由于汽车生产线节拍较快,强度检查可分为在线检查与离线检查两种方式。在线检查是在生产主线上直接进行检测,能快速发现并解决问题,但要求单次检查时间不超过生产节拍,以保证生产线的连续性和效率;离线检查则是将车身从生产线上移出,在专门的检测区域进行详细检查,虽不受生产节拍限制,可进行更全面细致的检测,但可能影响生产的流畅性。实际应用中,通常会结合在线和离线检查的优势,形成互补的检测策略。一般来说,目视检查、半破坏检查能够满足在线检查要求,而无损检查因效率等因素通常适用于离线检查,常用于高强度钢板焊点的无损检测。

当前,汽车行业的点焊质量检测高度依赖于人工,这不仅导致整体检测效率低下,而且检测结果的可靠性亦受到操作人员的精神状态、技能水平等主观因素的影响。因此,提升检测自动化程度与标准化水平,减少人为误差,是提高焊接检测质量和效率的关键。近年来,汽车行业逐渐探索和应用了多种新的点焊在线检测手段,主要分为两类:一是基于对焊点的实际结果检测,如超声波在线检测、焊点视觉检测等;二是结合人工智能、大数据等新技术,建立点焊质量检测模型来预测焊接质量。超声波在线检测可评估焊点内部质量,但在线检测的准确性与可靠性还仍存在挑战,且与高度自动化生产线的集成难度较大^[11]。焊点视觉检测一般采用检测相机获取焊点图像,经图像处理提取焊点缺陷特征,再与标准数据库对比分析,从而自动判定焊点外观与位置是否符合要求,该方法因无法获取焊点内部信息,更适用于关键外观焊点的检查。电阻点焊质量预测模型通过传感器采集焊接参数(如压

力、电流、电压和动态电阻等),利用机器学习算法预测焊接质量。该模型可实时监控焊接过程,提前预警潜在缺陷,并通过人工验证反馈持续优化,提高预测精度。尽管如此,模型预测的准确性仍有待进一步研究,目前尚无法完全替代人工检查,但作为传统检测手段的补充,具有重要的应用价值。

2.2 焊点分级管控

汽车车身焊点数量庞大,无法对每台车进行焊点全检,因此通常实行抽样检查。此外,不同焊点在车身中的分布位置、受力情况和作用各不相同,其重要性也存在差异。重要焊点是指那些关乎人身安全,或是满足法规要求的焊接部位的焊点,在车身中对关键部件起承载和连接作用,对整车的安全性、性能及可靠性影响显著,例如地板总成的安全带支座与座椅支座焊接处、中立柱总成以及四门锁牌部位等焊点。一般焊点则是除重要焊点之外的其他焊点,主要起结构连接和尺寸固定作用,对安全和性能的影响相对较小。

首先,企业需依据内部的重要工序、关键质量管理项目以及重要保安零件,来确定重要焊点,并对其实施严格的质量控制与检查措施。可通过增加检查环节、提高检查频率或引入设备监控等方式,确保重要焊点的质量处于受控状态。以四门锁牌焊点为例,作为外观焊点,若出现焊点不良并流入后续工序,将导致返修困难,耗费大量时间和人力。为保证其焊点品质,可设置三重检查保障:一是岗位员工进行全数自检;二是品检工按一定频率抽样检查;三是在打磨工序增加检查环节,以提升不良检出能力,杜绝焊点不良流入下一道工序。

其次,对于整车焊点的抽样检查,应综合考虑焊点的重要性,平衡好检查覆盖率与检查频率,以提高强度检查的整体效率。针对白车身焊点,可实施分类管理措施,具体如表1所示。这种管理方式既能覆盖所有焊点,确保焊点质量得到有效控制,防止批量焊接不良流出,又能将更多检查资源投入到重要焊点上,保证重要焊点无不良流出,进而提升整体检查效率和质量管理水平。

经过多年的持续改进,广汽本田在焊装领域已构建起一套行之有效的车身焊点检查管理体系。通过焊点分级管理,有效提升了资源分配的有效性

表1 焊点分级管理

Table 1 Weld Point Classification Management			
管理 分级	检查对象	检查 方式	焊点选择原则
A级	特别管理 焊点,数量极少	全检	对安全、性能影响特别大的焊点;曾经发生过批量不良流出的焊点;发生过市场投诉的焊点;可能对于顾客造成伤害的焊点;外观焊点。
B级	重要管理 焊点,数量较少	高频 率抽 检	对安全、性能影响较大的焊点;板组组合、材质和厚度不同的代表性焊点;焊接性较差的板材和配合处的焊点;试制阶段多发不良的焊点;每支焊枪至少有一点。
C级	除A级、B 级外的焊 点,数量多	一般 频率 抽检	一般焊点

和强度检查的针对性,增强了对重要焊点的检查保障能力,成功防止了重要焊点不良流出,降低了返修成本。同时,批量焊接不良流出数量大幅减少,对后续工序的影响也得到明显缓解。

3 结论

本研究聚焦于汽车车身自动线点焊质量控制,深入剖析了点焊工艺中的关键影响因素,包括焊接参数、电极条件、焊枪性能以及工件状态,并阐明了这些因素对焊接质量的作用机制。通过系统性管理和控制这些关键要素,为保证点焊质量奠定了坚实基础。同时,鉴于焊接缺陷可能对生产效率与产品质量产生负面影响,本研究对焊后强度检查体制进行了完善,涵盖强度检查措施的优化及焊点分级管理策略的实施,以有效预防焊接缺陷流出。提出的相关管理措施主要来源于广汽本田焊装领域多年来的持续改善与实践经验总结,并结合了行业发展现状与趋势,为汽车制造企业提升车身点焊质量管理提供一定的参考与借鉴。未来研究可聚焦于提高检测技术的稳定性与准确性。一方面,开发更为精准的传感器与算法,优化预测模型的参数与结构,以实现对接焊接质量的高效、精准控制;另一方面,进一步深化对接过程中复杂物理现象的理解,建立更完善的理论模型,为点焊质量控制技术的持续进步提供理论支撑,推动汽车点焊质量控制技术不断发展。