



现代有轨电车枕梁焊接 工艺及质量控制

高博 吴振华 褚宏宇

【摘要】介绍了枕梁的焊接工艺，系统地分析了梁枕焊接缺陷及质量问题产生的原因，并提出了切实可行的解决方案，保证了焊接质量，大幅提高了生产效率。

关键词：枕梁；焊接缺陷；焊接变形；焊接工艺

1. 概述

枕梁是现代有轨电车车体结构的关键部件，为车下主要承载件，其焊接质量和尺寸精度对车辆运营安全性和使用寿命都有着极为重要的影响，因此对其焊接质量有严格要求。在生产过程中，由于焊前装配间隙小、焊工操作方法不合理、工艺参数匹配性低等原因，故导致焊后射线及渗透检测时发现多处缺陷，有根部未熔合、链状气孔等严重的焊接缺陷等，且焊后工件变形较大，需进行大量的返修和调修，严重影响工件的焊接质量和生产效率。因此，很有必要研究和优化枕梁的焊接工艺，有效防止焊接缺陷的产生，控制焊接变形，最大限度地提高生产效率。

2. 焊接工艺

(1) 结构简介 枕梁是由五块枕梁型材组焊而成，包括一块中部型材、两块弯曲型材及外部型材。枕梁正反面的V形焊缝，具有正反装焊缝形式不对

称、焊接填充量大的特点，如图1所示。其中，弯曲型材与中部型材之间的焊缝需要进行100%射线探伤，焊缝表面磨平后需要进行100%渗透检测，机加工后需要对弯曲型材与外部型材之间的10mm V形焊缝背部进行100%去垫板渗透检测。

(2) 焊接工艺 枕梁型材的材质为EN AW—6005A—T6，用熔化极惰性气体保护焊接。焊接填充金属选用 $\phi 1.2\text{mm}$ 的ER5087焊丝，其化学成分见国际标准ISO 18273。焊接保护气体选用70%Ar+30%He混合气体。焊接电源采用福尼斯TPS5000，焊接时采用直流反接。焊前对焊接坡口区域进行充

分清理去除油污和氧化膜，采用角磨机打磨直到露出金属光泽，以防止在焊接过程中产生气孔和夹渣。

3. 枕梁典型焊接质量问题分析

枕梁焊接过程中，由于焊接顺序不合理、工艺参数匹配性低、焊工操作不熟练等原因，所以出现了一些质量问题。为此，我们针对其中出现的主要焊接缺陷及焊接变形的原因进行了分析。

(1) 焊缝根部未熔合 根据焊接检测计划，对加工后弯曲型材与外部型材之间的10mm V形焊缝背部进行去垫板渗透检测。

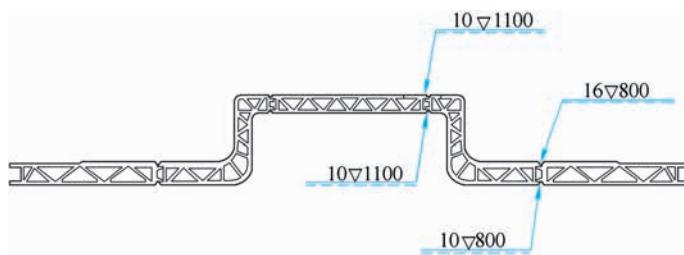


图1 枕梁结构及主要焊缝

检测发现焊缝根部出现线性显示，经分析确定为焊缝根部未熔合缺陷（见图2）。

产生未熔合缺陷的原因主要有以下几点：①焊接时热输入量小，容易造成未熔合、未焊透。②焊缝坡口母材表面或者层间清理不干净。③焊前预热温度和工件的预热范围控制不当。④焊工操作方法不规范，焊接速度过快，焊枪角度指向不对等。同时，工艺参数匹配性对焊缝的熔合性也有影响。未熔合属于面状缺陷，焊缝金属在未熔合处形成明显的分界面，在交变载荷的工作状态下，极易造成应力高度集中而开裂，危害性很大（类同于裂纹）。未熔合是严重的焊接缺陷，焊接技术条件中不允许焊缝存在未熔合。

（2）焊缝气孔 焊缝中的气孔可分为球形气孔、条形气孔、虫形气孔以及缩孔等。气孔可以是单个的或者链状成串（见图3）沿焊缝长度分布，也可以是密集或弥散状分布。枕梁焊接气孔产生的原因是多方面的，氢是产生气孔的主要原因。焊接坡口面清理不干净（如残留的油污、氧化膜和水分等）、焊接电弧过长导致焊接区域保护受到破坏，以及焊接填充材料和环境的湿度过大都会诱发气孔的产生。

（3）枕梁焊接变形 枕梁组成由于与转向架直接相连，故对尺寸的精度要求也较高，平面平行度公差要求2mm，凹槽中尺寸为 (660 ± 1) mm，如图4所示。而且这两个尺寸没有焊后加工工序，只是靠焊接工艺和焊接工装来保证。图5a为上下平面

平行度超差，图5b为凹槽尺寸超差。导致枕梁焊接结构变形的原因：焊接顺序不合理；装配间隙过大，使焊接填充量增加，从而提高了工件焊接时的热输入量；焊接参数不匹配等。

一般的焊接变形都是有害的，焊接结构中出现的变形，其危害基本表现在尺寸与形位、强度和经济性等几个方面。其中尺

寸与形位的变形，主要是影响整体组装精度与使用性能，常见的调修方式包括机械调修、火焰加热调修。对于现代有轨电车枕梁，采用火焰加热的调修方式进行尺寸矫正，调修过程中需要严格控制火焰加热的温度，调修工作量大，严重影响了枕梁的生产效率，造成生产力的浪费。

除上述问题外，枕梁的生产

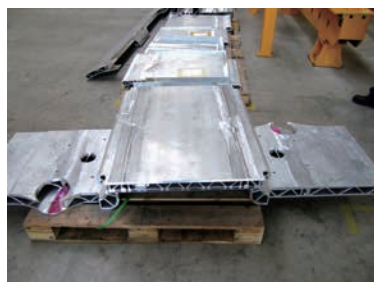


图2 去除垫板后渗透检测



图3 焊缝内部气孔

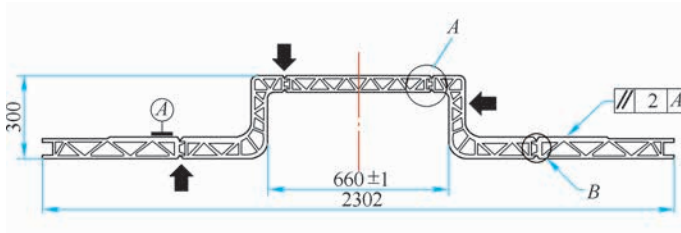


图4 枕梁焊接尺寸公差要求



(a) 上下平面平行度超差

(b) 凹槽尺寸超差

图5 枕梁焊接变形

过程中,还出现了未焊透、接头熔合不良、侧壁未熔合等焊接缺陷,严重制约着枕梁的生产。

综合文中对枕梁焊接缺陷及变形原因分析,枕梁焊接缺陷产生的主要原因如下:①焊前清理不彻底。②焊接参数不合理。③预热温度、层间温度控制不当。④焊接环境或者焊接填充材料不满足要求。⑤焊工操作方法不规范。同时由于焊接顺序和预制反变形量不合适也会导致工件产生较大变形。

4. 枕梁焊接工艺优化

针对枕梁焊接质量问题,结合原因分析,制定了相应的工艺措施,对焊前装配及焊接参数等工艺进行了优化,具体焊接工艺措施主要分为以下几个方面。

(1) 提高焊前装配质量 在焊前及焊接过程中严格把关,用机械或化学方法,彻底清除了工件坡口及周围部分和焊丝表面的氧化物和油污。严格按照焊接工艺规程要求,控制装配后的焊接间隙,保证焊前的间隙为3~4mm,焊缝坡口均匀一致,坡口角度控制在70°,焊缝坡口保留1mm钝边。装配与焊缝坡口形式相同的引弧板、引出板,并指导焊工操作,可以保证操作者以相同的操作手法一次性顺利完成焊接,最大限度的降低起弧端、收弧端的焊接缺陷,改善焊缝成形质量。

(2) 保证焊接热输入 焊接时焊接电流过小或者焊接速度过快,都会造成焊接热输入不足。为避免出现未熔合等缺陷,严格按照焊接工艺规程要求的焊接参数(见附表)进行焊接。

(3) 培训和指导焊工 在实际生产中,现场指导操作者把握焊接细节,如观察熔池形状及熔化区的位置,在保证工艺要求的情况下适当调节电弧,从而控制热输入量。在焊接时,严格控制焊枪角度和弧长,保证各处受热均匀。

为了保证在一定的焊接参数条件下,焊接接头的热循环曲线要保持一定的形状,进而获得合格的焊接接头。在厚板焊接之前,对焊接区域及周围母材进行预热,并控制合理的预热温度,以减小热量的损失。用大面积预热的方式且将预热温度提高至100~120℃,严格控制层间温度 $\leq 120^{\circ}\text{C}$,同时优化工艺参数,调整焊接参数的匹配性,保证各层道间焊缝完全熔合。

(4) 优化焊接顺序与反变形量 在尽量降低翻胎次数,节约翻胎时间的前提下,采用图6所示的焊接顺序进行焊接。在

焊接10mm V形焊缝时,由于正反两面焊缝形式一样,不预制反变形,通过调整焊道焊接顺序控制工件变形(见图6a)。在焊接10mm/16mm V形焊缝时,在16mm方向预制4mm反变形量,使得工件在焊接开始前有向10mm方向的变形趋势,同时结合先焊接焊道的变形大的特点,采用图6b的焊接顺序进行焊接。

5. 结语

本文总结了现代有轨电车枕梁生产过程中出现的典型焊接缺陷及焊接变形,深入分析了问题产生的原因,并提出了预防与改进措施,为保证枕梁焊接质量、减少焊后返修率和调修量提供了一定的帮助,大大缩短了枕梁的生产周期。

参考文献:

[1]魏桂花,赵素君.常见焊接缺陷及应对措施[J].机械管理开发,2007,7:83-84.

枕梁焊接参数

焊道	焊接方法	焊材规格/mm	电流强度/A	电弧电压/V	电流种类/极性	焊接速度/mm·s ⁻¹	热输入/kJ·mm ⁻¹
10V	1	t131 φ1.2	220~240	23.8~24.1	DCEP/+	15~16	0.26~0.31
	2		225~245	23.8~24.1	DCEP/+	8~9	0.48~0.59
	3-4		210~230	23.7~24	DCEP/+	8~9	0.44~0.55
16V	1		230~260	24~24.4	DCEP/+	14~15	0.29~0.36
	2-4		235~255	24~24.3	DCEP/+	8~9	0.5~0.62
	5-6		210~230	23.7~24	DCEP/+	8~9	0.44~0.55

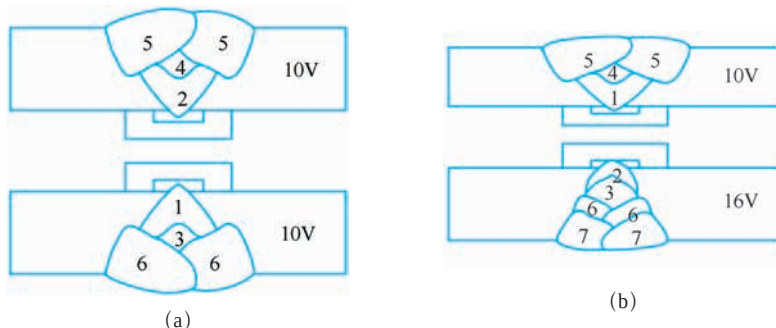


图6 枕梁焊缝焊接顺序

作者简介:高博等,唐山轨道客车有限责任公司制造技术中心。

MW 20160428