

160 公里动力集中动车组裙板结构及制造工艺研究

田雪娇¹ 王野²

(1 唐山华达轨道交通装备有限责任公司 河北 唐山 063000;
2 中车唐山机车车辆有限公司 河北 唐山 063000)

摘要: 160 公里动力集中复兴号动车组是复兴号“家族”的重要组成部分, 最高运行速度为 160km/h, 适用于普速电气化铁路, 是普速列车的迭代升级产品, 其平面布置、内部装饰和人机界面等方面参照既有复兴号动车组进行优化设计, 采用流线型外形设计。为提高车辆外观美观度, 增强设备防护效果和优化车辆外部流畅, 在列车下部设置裙板。裙板为车下悬挂件, 对其他车下配件有防护、保护作用。使车辆美观的同时, 也保护了车下件, 有利于车辆的平稳运行。本文研究 160 公里动力集中动车组裙板优化设计及制造工艺的研究, 对列车行驶安全具有实际意义。

关键词: 动车组; 裙板; 优化设计; 制造工艺

0 引言

随着轨道车辆研发水平和制造工艺的不断提升, 对轨道车辆车体结构的要求也在逐渐提高, 不仅要求其具有足够的结构强度, 同时要求产品外观的一致性。裙板是车下悬挂系统重要配件之一, 由裙板、裙板锁、安全链和气弹簧等部分组成, 各部件协同配合保证裙板在车辆运行过程中的安全、稳定。裙板的结构复杂、工艺要求较高、各种性能相当完善, 对其进行优化设计需要一个循序渐进的过程。改进后的裙板结构及制造工艺需满足设计要求, 既要保证车辆行驶安全, 又要安装拆卸方便, 同时还要做到外形美观统一。

1 裙板结构介绍

目前, 随着轨道车辆运行速度的提高, 为节省列车车厢的内部空间, 并且为了方便地安装和配置设备的电气线路和空气管路, 已经投入运营的动车组普遍将车辆设备的安装布置到车体底架下部。但动车组在线路上高速运行时, 尤其是在动车交汇或高速通过隧道时, 车体下部会产生很强的空气压力波, 石块、冰块或其他物体与车下设备发生高速撞击的意外情况时常发生, 对高速列车的运行安全造成了严重的影响。为了减少空气阻力、保护车下设备和检修方便, 通常设计的裙板具有导流、防护和检修功能。

160 公里动力集中动车组裙板一般分为端部裙板组成、固定裙板组成及活

动裙板组成等部分。其中: 固定裙板通过安装座和安装梁与车体进行连接; 活动裙板通过铰链与车体连接, 同时通过气弹簧与固定裙板连接。下面先重点介绍一下 160 公里(鼓型车)动力集中动车组的裙板结构。

1.1 端部裙板主要组成结构

端部裙板主要组成结构如图 1 所示。

1.2 固定裙板主要组成结构

固定裙板主要组成结构如图 2 所示。

1.3 活动裙板主要组成结构

活动裙板主要组成结构如图 3 所示。

活动裙板安装后应开启灵活, 裙板锁闭到位后, 裙板不应晃动, 确保车辆运行中裙板不产生异响。

裙板所用板材和压型件材料按厚度不同选择。厚度 ≤ 2.5mm 的, 采用牌号 Q350EWL1 耐候钢; 厚度 3 ~ 6mm 的, 采用牌号 Q350EWR1 耐候钢。Q350EWL1 及 Q350EWR1 作为新型耐候钢材料, 相比 Q310NQL2

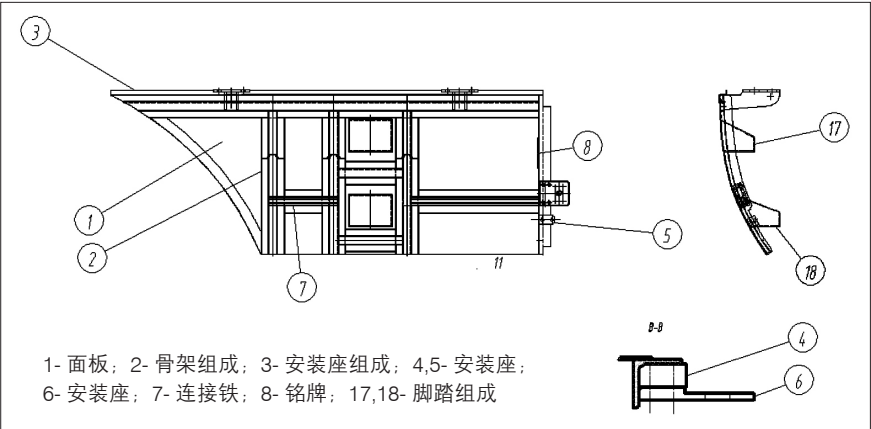


图 1 端部裙板主要组成结构

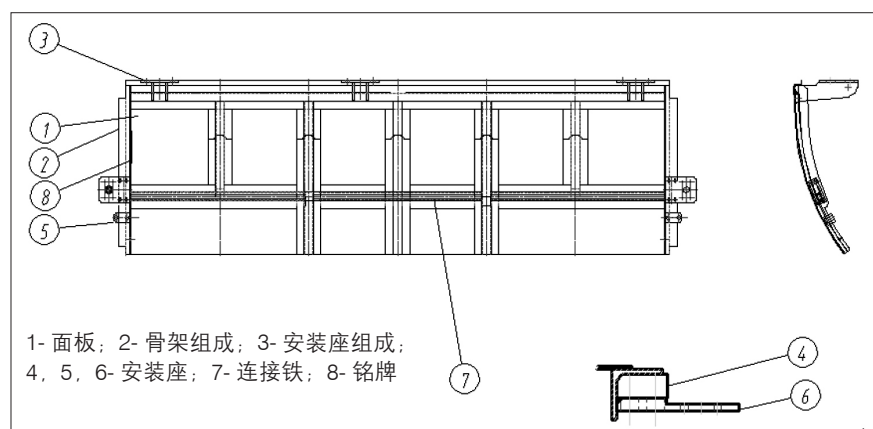


图2 固定裙板主要组成结构

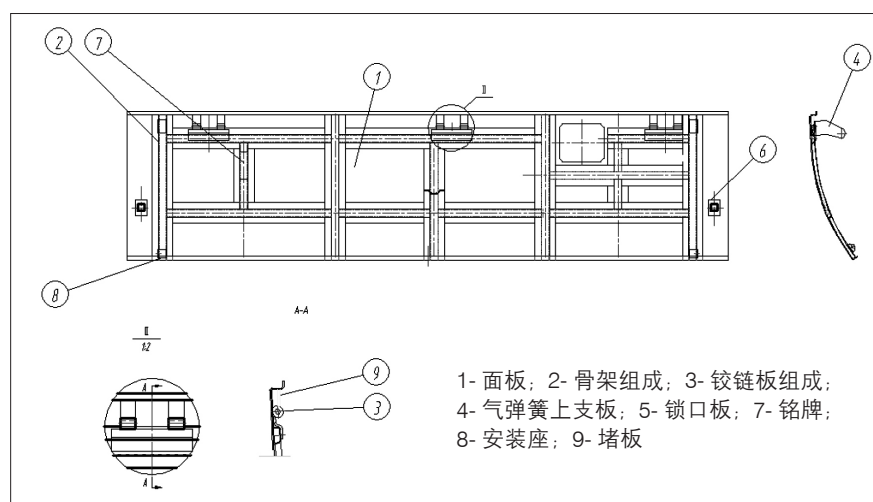


图3 活动裙板主要组成结构

和 Q345NQR2 增加了耐腐蚀性和吸能性，有助于提升产品的强度和耐久能力。厚度 $> 6\text{mm}$ 的采用 Q235 或镍铬系耐候钢，钢材材质应符合 TB/T 1979-2014、GB/T 4171-2008 和 GB/T 700-2006 标准的相关要求。

2 裙板优化设计

2.1 骨架结构优化

原有裙板的骨架弯梁由帽型梁结构组成。列车经过长时间运行后，弯梁内部容易积水等，从而导致裙板锈蚀等问题。经过结构设计优化和强度计算验证，将帽型梁结构改为筋板结构，避免在运行过程中杂物在梁内积蓄，减少腐蚀问题的发生，提升裙板的整体强度。同时，筋板结构的焊接量远低于帽型梁结构，能够有效降低裙板焊接变形等问题。图 4 所示为骨架结构优化前后对比图。

2.2 解决固定裙板边梁与活动裙板的干涉问题

根据活动裙板打开轨迹，增加固

定裙板边梁的开豁尺寸，可以有效解决固定裙板边梁与活动裙板的干涉问题。

3 裙板制造工艺要求

裙板成品外形结构尺寸应符合图纸要求，未注公差的线性尺寸应符合 GB/T 1804-2000 中 m 级要求。裙板外表面的直线度公差每 m 不超过 1.5mm，单个裙板对角线之差不大于 2mm，裙板样板检测外轮廓间隙不大于 1mm，形位公差按 GB/T 1184-K 执行。焊接结构的一般尺寸公差和形位公差按 GB/T 19804-BF 执行。裙板成品重量偏差不应超过图样规定重量的 $\pm 5\%$ 。活动裙板安装后应开启灵活，锁闭到位后，裙板不应晃动，确保车辆运行中裙板不产生异响。

裙板骨架采用热轧等边角钢和耐候钢板冷弯成型后拼焊而成，原裙板结构耐候钢冷弯成型后断面为帽型结构，改进后为筋板结构，新结构拼焊后的强度和刚度优于帽型梁结构。焊接完成后不允许出现明显扭曲变形等缺陷。裙板安装后，表面平面度 $\leq 1.5\text{mm}/\text{m}^2$ ，每两块裙板接缝处错位不大于 2mm。

安全链应采取防丢失措施，一端为吊环螺栓，另一端为挂钩。安全链应选用不锈钢材质的钢丝编织。缓慢加载至 2kN 载荷后，安全链挂钩、吊环应不变形，钢丝绳应不断裂。

气弹簧应选用压缩气弹簧，其性能应符合 GB 25751-2010 的规定；公称力不应小于 450 N，接头形式为球头型。气弹簧长度及行程的选用应能确保裙板打开角度不小于 150° ，且活动裙板打开后不应碰擦表面油漆。

4 裙板制作工艺流程

裙板制作工艺流程为：裙板外面板制作—裙板骨架制作—裙板小件制作—裙板体焊接—焊后调修（打

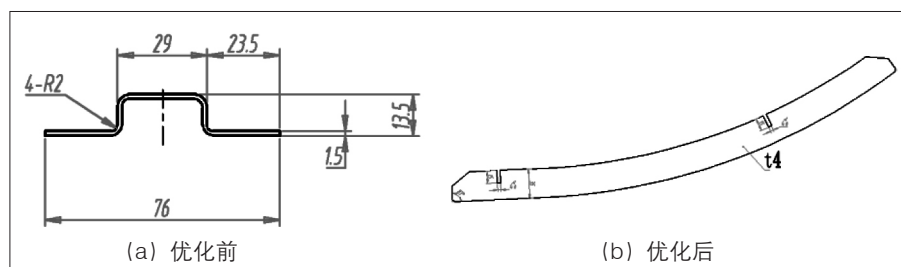


图4 骨架结构优化前后对比

磨、标识、紧板和调平等)一表面处理(喷砂、喷漆)一打胶。

4.1 裙板外面板制作

根据图纸计算展开尺寸和图样,进行激光切割下料,将不同物料分别码放,对区分码放的物料进行打磨,去除飞边毛刺。根据图纸尺寸进行折弯编程并调试机床,尺寸合格后方可继续加工。在折弯机上用专用压弯模具对外面板进行压弯,压弯后用样板进行检测。每加工完成 10 个外面板核对一次尺寸,注意 Z 字弯 26.5mm 的尺寸,以保证定位工装的适用。

4.2 裙板骨架制作

竖筋、横筋及弯梁等下料并根据图纸要求对部件进行切豁,豁口一定要清角,以免搭接时无法贴合。对物料进行打磨后分别码放整齐。固定裙板与活动裙板的竖筋、横筋、弯梁等长度不同,加工时应注意。将竖筋、横筋及弯梁等摆放到骨架组装焊接工装并固定,尺寸、角度核对无误后再进行焊接,焊接质量要求执行 EN 15085-2,焊缝质量等级执行 EN 15085-3 中 CP C2 级。骨架焊接完成后,需要进行打磨、调修,保证骨架轮廓尺寸和角度满足图纸要求。图 5 所示为骨架焊接工装设计图。

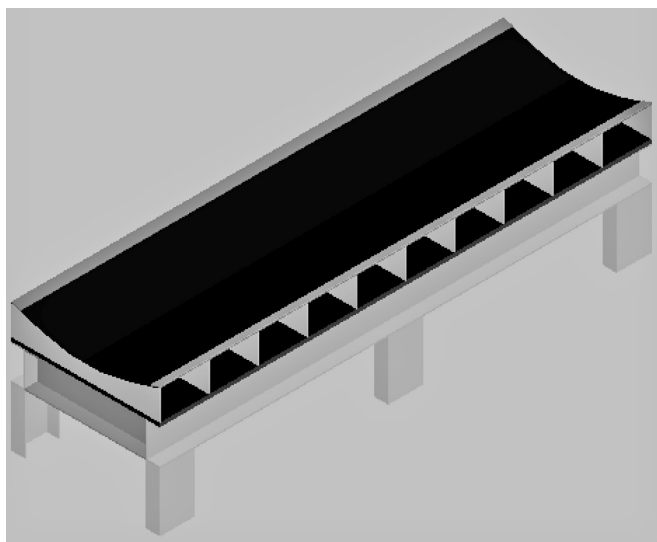


图 5 骨架焊接工装

4.3 裙板小件制作

裙板小件主要包含铰链座组成、安装座组成、锁座组成、气簧座支座和斜撑组成等。

铰链座组成:下料、打磨后,铰链座立板进行折弯,注意角度 110° 满足图纸要求,在组焊工装上进行焊接,保证轴套的中心位置和轴心的相对位置。

安装座组成:下料、打磨后,在组焊工装上进行焊接,保证两块筋板的中心位置。

锁座组成:安装座 1、2、锁口垫,采用等离子切割

或激光切割下料,机加工。安装座 1 钻孔攻丝,安装座 2 机加工,打磨光滑,无锐边毛刺,尺寸符合图纸要求,安装牢固。

气簧座支座:上下支板及安装座,采用等离子切割或激光切割下料,机加工,安装座 3 钻孔攻丝,打磨光滑,无锐边毛刺,尺寸符合图纸要求,安装牢固。

斜撑组成:上、下筋板用激光切割,斜撑用带锯切割斜度,在组焊工装上压紧后进行焊接,保证斜撑组成角度满足图纸要求。

4.4 裙板体焊接

将外面板及骨架放在总组装焊接工装上压实,根据图纸要求参数及位置进行焊接,将小件放入工装相应位置,定位压紧后进行焊接,焊接顺序符合反变形需要。

4.5 焊后调修

焊接完毕后打磨飞溅、调平,经过平尺、塞尺等量具检验后,对弧度、平面度超差的板面,进行加热速冷,使相应松弛鼓包的板面收紧平整。对于局部弧度、平面度超差的板面,利用木槌等工具进行调平。调平后,要求平面度不大于 $1.5\text{mm}/\text{m}^2$ 。最后,按照采购技术规范要求及标识方案做好标识。

4.6 表面处理

涂装符合采购技术规范要求,色调符合美工要求,不得与车体存在色差。

4.7 打胶

底漆喷涂完成后,骨架朝上水平放置,在骨架与蒙板外框一侧使用气动胶枪进行打胶,胶体尺寸 $a3$,胶体均匀,无断条,无起皱,与基材两侧结合无漏缝。

5 振动及冲击试验

裙板按照 GB/T 21563-2018 中 I 类 A 级要求进行振动及冲击试验。

5.1 试验情况

(1) 试验前室温下对样品外观、结构进行目视检查。

(2) 将裙板样品通过夹具刚性固定在 DC-5000-50/ST-1212 电动振动试验系统的水平台面上,按照型式试验大纲要求对样品进行纵向、横向的模拟长寿命振动试验、冲击试验、功能性随机振动试验,振动试验采用三点加权平均控制,冲击试验采用单点控制,详见图 6 中的照片 1、照片 2。

(3) 将裙板样品通过夹具刚性固定在 DC-5000-50/ST-1212 电动振动试验系统的垂直台面上,按照型式试验大纲要求对样品进行纵向、横向的模拟长寿命振动试验、冲击试验、功能性随机振动试验,振动试验采用三点加权平均控制,冲击试验采用单点控制,详见图 6 中的照片 3。

(4) 试验后室温下对样品外观、结构进行目视检查,详见图 6 中的照片 4。

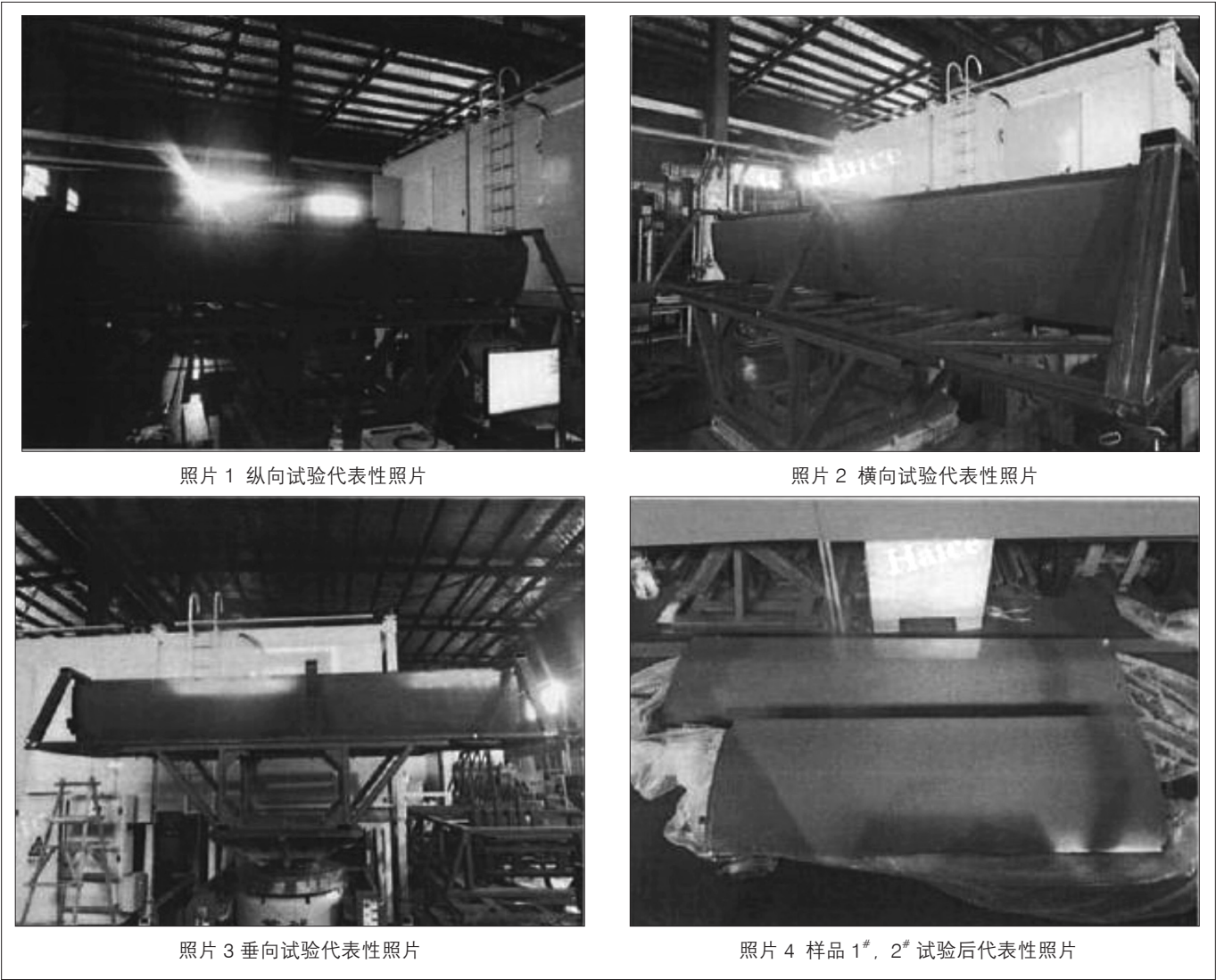


图 6 裙板振动及冲击试验

5.2 试验结论

振动、冲击试验后在室温下对样品外观、结构进行目视检查：裙板结构、吊装组成、所有焊缝及紧固件无裂缝、无松脱、无明显变形。

6 结语

通过对 160 公里动力集中动车组裙板结构介绍及制造工艺研究发现，新型裙板可有效减少腐蚀情况的发生，同时，提升了裙板整体强度、平面度。实现了保证车辆行驶安全，安装拆卸方便，外形美观统一等目的，对其他车型裙板具有良好的参考意义。

参考文献：

[1] 张慧国. 25T 型客车裙板设置综合分析及建议 [J]. 铁道车辆, 2019, 57(7): 7-11.
[2] EN15085-2:2007, 轨道应用 - 轨道车辆及部件焊接 [S].
[3] GB/T 21563-2018, 轨道交通机车车辆设备冲击和振动试验 [S].

作者简介：田雪娇（1987-），女，汉族，黑龙江齐齐哈尔人，本科，工程师，研究方向：轨道车辆配件；王野（1986-），男，汉族，辽宁铁岭人，本科，工程师，研究方向：轨道车辆研发设计。