

# 轨道交通关键零部件结构设计对铸件质量的影响

严运涛<sup>1</sup>, 穆彦青<sup>1</sup>, 陈 炜<sup>2</sup>

(1. 中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司, 江苏常州 213025; 2. 中国铁路上海局集团有限公司常州机车车辆监造项目部, 江苏常州 213011)

**摘要:** 分析了轨道交通关键零部件铸件壁厚、肋、铸件壁过渡和连接等结构设计对铸件质量的影响。介绍了结构设计在轨道交通关键零部件中的良好实践。最后总结了需要进一步开展的工作。

**关键词:** 轨道交通; 关键零部件; 结构设计; 铸件质量

轨道交通关键零部件, 包括轨道交通装备配套的机械传动齿轮箱、转向架摇枕和侧架、盘型制动装置、车钩缓冲装置、大功率柴油机铸件, 一般结构比较复杂, 承载复杂, 在装备中作用关键, 产品技术要求高。轨道交通高品质铸件, 受铸造工艺水平、工艺装备、生产过程质量控制等因素影响, 零件结构设计也是影响铸件质量的一个重要因素。本文从以下几个方面阐述轨道交通铸件结构设计对铸件质量的影响。

## 1 铸件壁厚设计对铸件质量的影响

在设计铸件壁厚时, 要考虑合金液的流动性和铸件的轮廓尺寸。为了避免铸件浇不足和冷隔等缺陷, 应使铸件壁厚的设计不小于最小壁厚<sup>[1]</sup>。图1为关键零部件A, 材质为EN-GJS 400-18LT, 有一个挡石板结构, 其壁厚为5 mm。该产品设计评审阶段, 铸造技术人员对该处壁厚提出建议——由5 mm修改成不小于8 mm未被采纳。最终导致浇注过程中该部位出现浇不足, 流转过程中因该处壁薄发生变形、缺损, 而且废品比例较高, 如图2所示。鉴于此, 设计人员最后将挡石板的壁厚调整为8 mm, 未发生上述问题, 结构完整。

作者简介:

严运涛(1982-), 男, 高级工程师, 工程硕士, 主要从事铸造技术、质量方面的工作。E-mail: yanyuntao2004@163.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2023)01-0092-03

收稿日期:

2022-04-29 收到初稿,  
2022-06-01 收到修订稿。

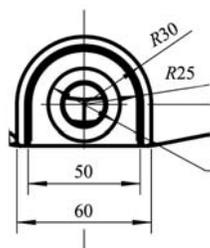


图1 挡石板局部结构

Fig. 1 Local structure of flying stone protective board



图2 挡石板发生变形、缺损

Fig. 2 Deformation and defect of flying stone protective board

## 2 肋设计对铸件质量的影响

在轨道交通关键零部件的结构设计过程中, 为实现零件的轻量化, 同时又不降低零件的结构强度, 在铸件结构设计中大量采用肋。图3为关键零部件B, 材质为

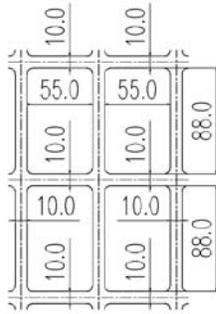


图3 十字交叉的肋  
Fig. 3 Cross-cross distributed ribs

QT450-10, 设计过程中, 在铸件的外壁上采用十字交叉的肋, 与肋连接的铸壁厚度为10 mm。十字交叉肋形成多个热节, 容易产生缩松等铸造缺陷, 铸件质量难以保证。同时, 排布过密, 不利于造型起模, 外模需要增加泥芯, 操作麻烦, 打磨清理工作量大, 外观一致性难以保证。因此更改了肋的厚度设置不合理的设计, 使肋的厚度尺寸小于铸件的壁厚。

### 3 铸件过渡连接的设计对铸件质量的影响

一般情况下, 铸件壁的断面尺寸不可能完全相同, 铸壁有形状各异的接头。在接头连接处, 凝固速度慢, 容易产生应力集中、裂纹、变形、缩孔、缩松等缺陷。关键零部件C (客户设计) 材料为ZL 101A, 设计如图4所示的铸件壁过渡和连接。生产前评审过程中认为该部位铸造工艺性不佳, 请客户修改该部位结构设计, 未获得客户批准。

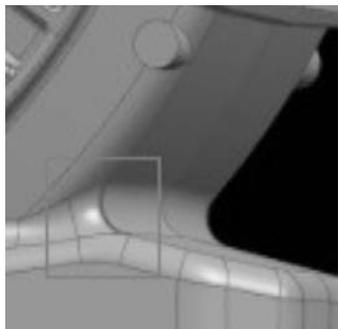


图4 铸件壁的过渡和连接  
Fig. 4 Transition and connection of casting walls

从铸造工艺角度分析, 图4方框部位为多处箱壁汇交处, 存在热节。在凝固过程中, 该部位较其周围其他部位而言, 四周壁厚较薄先行凝固, 其他部位后凝固, 因热节孤立存在, 凝固过程缺少金属液补缩, 最终导致该部位产生显微缩松, 见图5。该零件在长期的服役过程中, 因该部位的缩松缺陷, 降低该区域的有

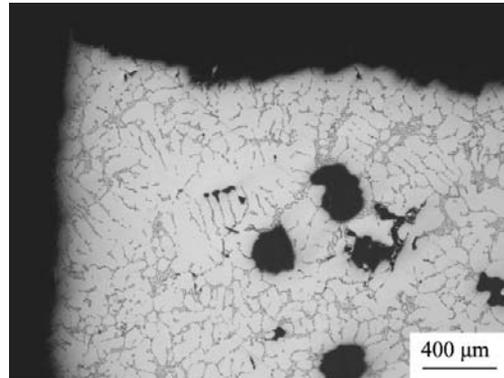


图5 铸件连接壁处的金相组织  
Fig. 5 Metallographic structure of connection of casting walls

效承载面积, 还增加应力集中系数, 降低疲劳寿命, 最终出现疲劳失效。

### 4 结构设计在轨道交通关键零部件中的良好实践

鉴于结构设计对铸件质量的影响等, 笔者所在的公司近年制定了《产品工艺性审查》企业标准, 其中规定了产品工艺性审查的对象和要求, 审查目的, 审查时考虑的主要因素和不同设计阶段的审查内容等。针对自主设计的产品, 设计过程应进行工艺性审查, 产品图样设计定型前应进行工艺会签。外来产品图样在生产前应进行工艺性审查, 与外来文件的评审同步进行。技术文件一般采用CBC (clause by clause) 响应书评审, 图纸标题栏、技术要求逐条响应书如图6所示。另外, 对于设计零件结构的铸造工艺性, 提出了包括铸件壁厚、加强筋等6条要求。

研究发现对于中等以上复杂程度的产品而言,

图纸标题栏

		<b>中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司</b> CRRC QISHUYAN INSTITUTE CO., LTD.	
		(图样名称)	
		(图样代号)	
		(材料标记)	

技术要求逐条响应书 (CBC)

技术条件 (规范) 名称		文件编号			版本号	
序号	条款	技术指标	响应状态			客户评审意见
			响应	不响应	不适用	
1					评审意见 对不响应或不适用条款, 请简要说明理由	
2						
3						
4						

图6 图纸标题栏、技术文件逐条响应书  
Fig. 6 Drawing title bar & technical document CBC response table

40%的零件失效是直接由于设计不当造成的, 30%归咎于现场管理, 只有大约30%归咎于加工问题<sup>[2]</sup>。产品设计要遵循“标准化、模块化、系列化、通用化”原则<sup>[3]</sup>。笔者所在的公司在设计上开展这方面的尝试, 以关键零部件E为例, 铸件材质为QT 450-10, 该铸件实现在多个项目上应用, 仅铸造模具费用一项节省100多万元, 进行多项工艺改进、提升, 工艺出品率提高近10%, 产品综合成品率提升约5%, 同时缩短设计验证周期和生产周期。通过上述活动的开展, 公司轨道交通关键零部件的工艺性更好, 铸件产品的实物质量更优, 并取得显著的经济效益。

## 5 结束语

轨道交通关键零部件的结构比较复杂, 结构设计

的优劣直接影响着铸件的质量好坏。结构设计直接取决于零部件的使用功能, 在满足使用功能的前提下, 具备较好的铸造工艺性, 这样制造出来的铸件质量才能得到保障, 才能保证零部件实现良好的使用功能。为实现这样的目的, 需做好以下工作。

(1) 完善产品工艺性审查制度, 可将工艺性审查列为设计过程和外来文件评审过程中的停止见证点。同时, 明确工艺会签人员的资质, 根据产品族设置工艺负责人, 保证工艺性审查的质量。

(2) 产品设计上, 继续遵循“标准化、模块化、系列化、通用化”原则。将前期设计过程中的经典案例、失败教训等汇编成案例, 在一定范围内进行共享, 开展员工内训、应用学习。

### 参考文献:

- [1] 中国机械工程师学会铸造分会. 铸造手册: 第5卷 铸造工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [2] GRYNA F M, JURAN J M. Quality planning and analysis: from product development through use [M]. New York: McGraw-Hill Science, 2001.
- [3] 严运涛. 轨道交通关键铸件的质量控制 [J]. 铸造, 2018 (10): 903-905.

---

# Influence of Structure Design on Casting Quality of Key Components for Rail Transit

YAN Yun-tao<sup>1</sup>, MU Yan-qing<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2</sup>

(1. CRRC Qishuyan Institute Co., Ltd., Changzhou 213025, Jiangsu, China; 2. Changzhou Locomotive and Rolling Stock Supervision Project Department, China Railway Shanghai Bureau Group Co., Ltd., Changzhou 213011, Jiangsu, China)

### Abstract:

The influences of structure design of key components for rail transit on casting were analyzed, such as the designs of casting wall thicknesses, ribs, casting wall transitions and connections. The good practices of structure design in key components for rail transit were discussed. Finally, the further work was summarized.

**Key words:** rail transit; key components; structure design; casting quality