

# 城市有轨电车 59R2 钢轨 6 号单开道岔设计开发及加工工艺研究

张小龙

铁科(北京)轨道装备技术有限公司 北京 102202

**摘要:** 为满足沈阳现代有轨电车工程运营需求,开展了有轨电车59R2槽型钢轨6号单开道岔研制工作。本文主要论述城市有轨电车59R2钢轨6号单开道岔设计开发及重点加工工艺。首先根据有轨电车机车车轮对参数及道岔设计相关指标,完成了道岔平面线形及零部件结构设计、尖轨轮廓优化和动力学分析、产品试制铺设等工作;并按照相关标准要求对有轨电车道岔产品检测,产品各项检测指标均满足设计要求。道岔经现场铺设验证,并已通车试运行。

**关键词:** 有轨电车; 设计开发; 现场实验; 59R2 钢轨; 加工工艺; 单开道岔

## Design, development and processing technology of urban tram 59R2 rail No. 6 single switch

Xiaolong Zhang

CARS (Beijing) Railway Equipment Technology CO., LTD., Beijing, China

**Abstract:** In order to meet the operational requirements of the Shenyang Modern Tram Project, the development of the 59R2 grooved steel rail No. 6 single turnout for the tramway has been carried out. This paper mainly discusses the design and development of the 59R2 steel rail No. 6 single turnout for urban trams, as well as key manufacturing processes. Firstly, based on the parameters of the tram wheelsets and the design-related indicators of turnouts, the work of designing the planar alignment and component structure of the turnout, optimizing the profile of the switch rail, conducting dynamic analysis, and conducting product trial laying has been completed. The tram turnouts have been tested according to relevant standards, and all the test indicators meet the design requirements. The turnouts have been verified through on-site laying and have undergone trial operation.

**Keywords:** Streetcars; Design and development; Field experiment; 59R2 steel rail; Processing technology; Single switch

城市有轨电车能够有效解决由于城市机动车辆猛增导致的交通阻塞、汽车尾气排放量剧增、噪音超标,严重污染城市空气质量、环境质量的问题。并且城市有轨电车具有实用廉宜的优势,一公里城市有轨电车所需的投资仅是一公里地下铁路的三分之一;相较其他交通工具,城市有轨电车更能有效减少交通意外的比率;城市有轨电车因依靠电力推动,车辆不会排放废气,是一种无污染的环保交通工具。

### 3.轨道基本要求

(1) 道床结构: 混行区段为整体道床; 专有路权区段采用绿化道床

(2) 不设轨道电路

(3) 连接钢轨采用 59R2 钢轨

(4) 区间采用 YG-1 型扣件系统, III型弹条扣压

### 4.制造的标准依据

## 一、设计原则及标准

### 1.基本参数要求

(1) 辙叉角度  $9^{\circ} 27' 44''$

(2) 导曲线半径 50m, 前长  $a \leq 4800\text{mm}$ , 后长  $b \leq 10900\text{mm}$ 。

### 2.运行条件

(1) 允许通过速度分别为: 直向 80km/h、侧向 20km/h

(2) 轴重  $\leq 12\text{t}$

(3) 司机操控扳动道岔

(4) 按设融雪和不设融雪两种方案设计

(5) 转辙器自行考虑排水

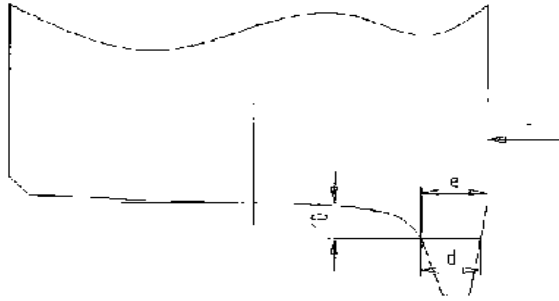
沈阳轻轨系统								
注: 标准轨距								
序号	名称	符号	动力转向架			非动力转向架		
			尺寸	上公差	下公差	尺寸	上公差	下公差
1	名义轮对内侧距	r	1380	1	0	1377.7	1	-1
	空车状态轮对内侧距	R空	1378.8	1	0	1378.56	1	-1
	重车状态轮对内侧距	R重	1378.3	1	0	1379.17	1	-1
2	轮缘宽度	e	23	0	-0.5	0	0	-0.5
3	轮缘厚度	d	21.33	0	-0.5	0	0	-0.5

北京城建设计院《沈阳项目相关标准》、《标准轨距铁路道岔技术条件》——TB/T412、《沈阳有轨电车道岔技术条件》——Q/GDZB 102

表 1 轻轨系统

5. 车轮踏面形式

图 1 轮缘示意图



二、设计参数的确定

1. 查照间隔、护背距离

$D_x$ (叉心工作边至护轨工作边距离)

$D_x \geq T_{max} + d_{max} = (1379.17 + 1) + 23 = 1403.17$  取整后为 1404mm

$D_y$ (翼轨工作边至护轨工作边距离)

$D_y \leq T_{min} - \epsilon = 2 = (1378.56 - 1) - 2 = 1375.56$  取整后为 1375mm

2. 转辙器最小间隔

$$t_{min} \geq S_{max} - (T + d)_{min} = 1438 - (1380 + 23) = 35mm$$

3. 过岔速度安全性校核

(1) 动能损失

车体由直线进入曲线

$$\omega = \frac{2\delta}{R} V^2 = \frac{2 \times 0.009}{50} \times 20^2 = 0.144 < 0.4$$

旅客无不良感觉

(2) 未被平衡离心加速度 (无超高)

$$a = \frac{V^2}{3.6^2 R} = \frac{20^2}{3.6^2 \times 50} = 0.62 < 0.8$$

旅客无不良感觉

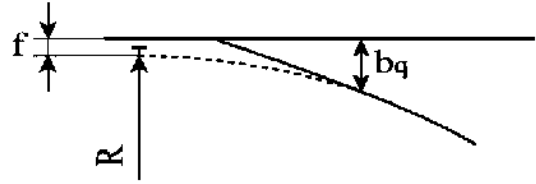
(3) 未被平衡离心加速度增量 (无超高)

$$\phi = \frac{V^3}{3.6^3 R l} = \frac{20^3}{3.6^3 \times 50 \times 19} = 0.18 < 0.65$$

旅客无不良感觉

三、总图方案设计

1. 尖轨线形方案



采用相离半切曲线型尖轨。导曲线半径  $R$  为 50m，相离值  $f=10mm$ ，相切点轨头宽度  $bq=33.3mm$ 。

图 2 相离半切曲线尖轨

(1) 可减小逆向进岔时车轮与尖轨的冲击角，也可减缓顺向出岔时车轮对基本轨的冲击；

(2) 可增加尖轨前部轨头粗壮度，提高耐磨性。

2. 道岔平面尺寸

(1) 道岔全长 15250mm，前长 (a) 4800mm，后长 (b) 10450mm。

(2) 导曲线半径  $R50m$ 。

(3) 采用固定型辙岔

(4) 直侧股轨距均为 1435mm。

(5) 基本轨长度 7324mm，尖轨长度 5056mm。

四、转辙器主要结构设计

1. 尖轨设计

(1) 尖轨采用 50AT 钢轨，长度为 5056mm 弹性可弯式结构，尖轨尖端为藏尖式，补充刨切 3mm。尖轨跟端采用新型斜接头。工作边轨头做补充刨切。

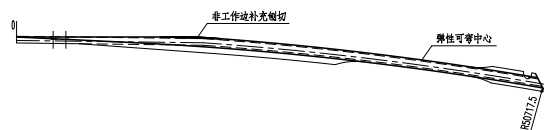


图 3 尖轨示意图

2. 转辙器跟端设计

转辙器跟端采用新型钩式整体间隔铁设计，固定基尖轨横向支距位置可以使尖轨磨损后，拆卸方便，解决有轨电车道岔尖轨跟端间隔铁水平螺栓更换困难的问题。

间隔铁 (绿色) 外侧勾住 50AT 尖轨轨底，限制尖轨向道岔中心方向水平位移及垂直方向跳动；间隔铁内侧设置扣板 (蓝色)，扣板利用压嘴达到扣压 50AT 轨底的作用，后端与间隔铁侧立面密贴，实现防止尖轨向道岔中心反向移动，将有轨电车通过时尖轨所受扩张力传递到间隔铁上，由间隔铁传递至基本轨。

扣板下设圆柱键（黑色），圆柱键一半压在扣板下，一半压在尖轨轨底，限制尖轨纵向位移。

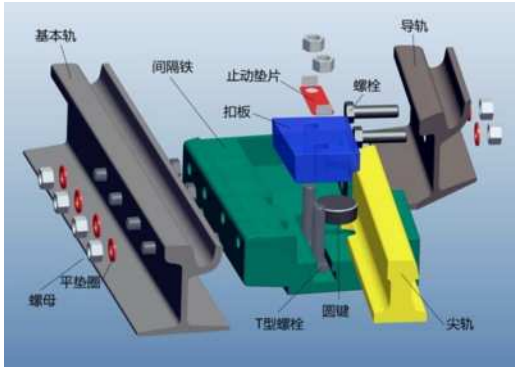


图 4 转辙器跟端结构爆炸图

## 五、固定型辙叉结构

### 1. 辙叉结构形式

(1) 辙叉采用高锰钢整铸辙叉，具有成本低，冲击硬化的特点。

(2) 主要结构尺寸：全长 3480mm、趾端长 1700mm、跟端长度 1780mm。

### 2. 辙叉区几何尺寸

$D_x$ (叉心工作边至护轨工作边距离)

$1406 > D_x$  值: 1404mm

合格

$D_y$ (翼轨工作边至护轨工作边距离)

$1364 < D_y$  值: 1375mm

合格

当护轨轮缘槽宽及翼轨轮缘槽宽均取极限公差时，查照间隔均能满足要求。

## 六、重点加工工艺

### 1. 钢轨件加工

#### (1) 钢轨锯切、钻孔工艺优化

基本轨与护轨使用联合锯钻机床加工完成，该机床从奥地利进口，主要用于高速重载铁路道岔关键部件——钢轨件的自动锯切和钻孔。可通过自动化控制系统和自动化装置自动完成 2~50m 长钢轨件任意长度锯切和轨腰上钻孔、孔倒角、孔冷膨。AT 钢轨钻孔主要是通过数控钻床实现自动化加工，取代原有的号孔和样板钻孔的加工工艺。以上两种加工工艺最大限度的降低了人为因素对工件质量的影响，提高了产品生产效率和质量的稳定性。

#### (2) 钢轨件铣削工艺优化

钢轨件轨头、轨底轨腰、59R2 钢轨采用数控铣床铣削

加工，设计制作多种成型铣刀铣刀，保证了轨件的断面轮廓加工精度，设计多种成型铣刀专用刀片，可以很方便的更换刀片提高机加工的表面质量。

### 2. 钢轨件加工工艺流程

#### (1) 基本轨加工工艺

下料→锯切→钻孔→淬火→调直→铣削下颚→铣削轨底→曲基本轨按样板顶弯。

基本轨的加工难点在于下颚铣削，59R2 钢轨与普通 60kg/m 钢轨不同的是工作边一侧存在轮缘槽，想要加工下颚首先要铣掉轮缘槽，由于铣削轮缘槽的铣刀直径比较大，轮缘槽两头加工不到位，因此设计了一把清根专用铣刀，提高加工效率减少人工打磨量。另外由于 59R2 钢轨轨腰厚只有 12mm，钢轨高度 180mm，刚性较差，铣削 59R2 钢轨时的震动要比 60kg/m 钢轨要大，只能减小每刀吃刀量来减小震动。

#### (2) 尖轨加工工艺

下料→锯切→（铣削跟端 R40 定位销孔）→铣削二刨→铣削后端非工作边轨头→铣削三刨→铣削后端工作边→铣削五刨→铣削后端轨顶 1:40 斜→淬火→调直→（铣削跟端 R40 定位销孔）→铣削工作边侧轨底→铣削非工作边侧轨底→铣削跟端 45° 斜接头→顶弯（曲尖轨调圆顺、直尖轨工作边调直）→刨切补充刨切。

跟端 45° 斜接头这是一个全新设计，与正常的跟端锻压式尖轨不同，锻压式尖轨跟端端面是垂直于钢轨轴向方向，只需要在带锯下料锯切就可以，但是这个尖轨跟端端面是和钢轨轴向方向成 45° 夹角，我公司的带锯机床还不能锯切 45° 斜面，因此将这一部位的加工放到数控铣床铣削，在钢轨下料时先按图纸长度进行下料，将钢轨吸附在数控铣床的电磁吸盘上，通过程序控制刀具走一个斜线，与钢轨轴向方向成 45° 夹角，由于只能采用滚铣的方式铣削，加工表面刀棱比较大，需要后期人工打磨处理。

#### (3) 钢轨热处理工艺

道岔钢轨件热处理采用中频感应器加热，感应器改进了轨头圆角部位的仿形设计，使轨头断面加热温度梯度减少。冷却方式完全喷风冷却装置，冷却装置结构紧凑，配置高速流线形喷嘴，取消了喷雾或二次喷雾冷却，实现了单一的喷风软介质冷却，保证轨头断面硬度分布均匀，避免了马氏体和贝氏体组织的产生，同时废除了喷雾，节省了水资源，实现了清洁热处理。工艺控制实现了在线测温，各项工艺参数数显，使产品质量得到了有效控制，并且各项技术指标达到或优于铁标或相关技术要求。（如图 5 所示）

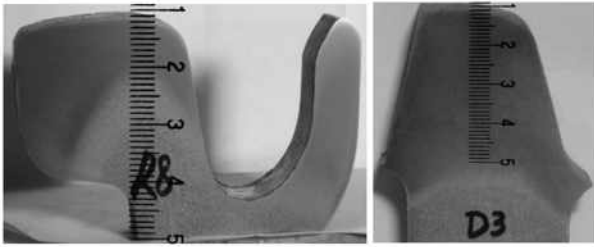


图 5 基本轨、尖轨热处理帽形图

## 七、结束语

城市有轨电车 59R2 钢轨 6 号单开道岔是我国首次采用槽型轨制造道岔,并且首次引用到城市轨道交通线路上。针对其设计及加工相对单开道岔困难等多种因素,我们突破传统的设计思路及加工工序,保证了产品质量。目前该道岔已完成全线铺设,并顺利交付使用。

## 参考文献:

[1]李晓辉,叶志仁.数控机床及加工中心的编程与操作,机械工业出版社,2006年7月第1版第3次印刷。

[2]王键石.机械加工常用刀具数据速查手册,机械工业出版社,2009年9月第2版第1次印刷

[3]李志群.常用道岔主要参数手册,中国铁道出版社,2007年10月第2版第2次印刷。

[4]杨西.铁路道岔参数手册,中国铁道出版社,2009年9月第1版第1次印刷。

**作者简介:** 张小龙,男,工程师职称,本科学历,主要从事道岔的质量管理工作。

邮箱: [15210228388@139.com](mailto:15210228388@139.com)

中图分类号 U213.6 文献标识码: A