

跨坐式单轨制式下芜湖轨道交通接触轨端部弯头故障分析及解决措施

马永征

中铁电气化局集团上海电气化工程分公司, 中国·上海 241000

摘要: 论文通过分析芜湖轨道交通接触轨专业在初运营时期遇到的设备故障问题, 以接触轨系统中的关键设备接触轨端部弯头为落脚点, 通过该项设备在生产检修过程中遇到的设备故障现象进行故障原因分析, 结合芜湖轨道交通运营生产实际并给出相应的故障解决措施和方案。根据轨道交通接触轨专业维保生产的相关经验, 对端部弯头设备进行结构参数改造, 优化了设备的结构参数性能, 确保了电客车在通过端部弯头部位处能平滑安全度过, 保证了轨道交通线路运营安全稳定。

关键词: 轨道交通; 接触轨; 端部弯头; 故障分析及解决

Fault Analysis and Solution Measures of Contact Rail end Bend in Wuhu Rail Transit under the Straddle Type Monorail System

Yongzheng Ma

Shanghai Electrification Engineering Branch of China Railway Electrification Bureau Group, Shanghai, 241000, China

Abstract: In this paper, through the analysis of Wuhu rail transit contact rail professional in the beginning of the operation of equipment fault problems, to contact the key equipment in the system of the rail at the end of the elbow, through the analysis of Wuhu rail transit operation production and give the corresponding fault solution measures and solutions. According to the relevant experience of professional maintenance and production of rail transit contact rail, the structural parameters of the end elbow equipment are reformed, and the structural parameter performance of the equipment is optimized to ensure that the electric bus can smoothly pass the head position through the end bend, and ensure the safe and stable operation of the rail transit line.

Keywords: rail transit; contact rail; end bend; fault analysis and resolution

0 前言

在芜湖轨道交通接触轨系统中, 接触轨端部弯头是其重要组成部分, 该设备的服役性能优劣对接触轨系统保持正常稳定起到关键作用。在项目开通运营的前后时间里, 发生了多次和接触轨端部弯头设备有关的故障, 对正常的线路安全运营产生不利影响也给设备正常检修带来不利局面, 因此对相关故障产生的原因进行分析以及研究探讨对应的解决方案措施显得至关重要。为提高接触轨系统设备的安装质量, 消除检修安全隐患等不利因素, 论文对芜湖轨道交通接触轨系统中端部弯头相关的故障问题进行分析研究, 并提出解决方案。

1 接触轨端部弯头基本概念

芜湖轨道交通接触轨供电系统采用的端部弯头设备是由中铁高铁电气装备股份有限公司研制的接触轨供电设备, 设备工艺成熟、性能稳定, 能够在单轨供电系统关键部位发挥重要作用。

端部弯头实质是一种特殊的经过预弯处理的接触轨, 其通常设置在接触轨线路终端断轨处, 为了保证集电靴能顺利平滑通过而按照一定的斜度进行预弯处理。其通过特殊的绝缘底座实现与轨道梁的固定连接, 能够有效地减少集电靴带来的冲击力, 确保电客车集电靴碳滑板能与接触轨实现良好接触与过渡。根据端部弯头设置的具体位置以及列车通过时速度的不同, 端部弯头分为高速端部弯头和低速端部弯头。高速端部弯头通常设置在道岔区段曲线钢梁处, 列车通过此处时实现线路的选择改变, 低速端部弯头通常设置在正线存车线终点位置以及场段内部停车库终点位置。图 1 和图 2 分别是低速端部弯头和高速端部弯头的示意图。

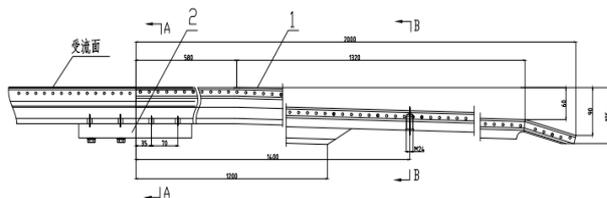


图 1 低速端部弯头

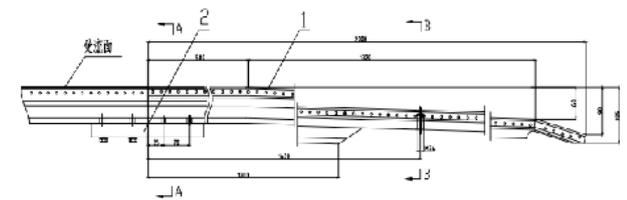


图 2 高速端部弯头

2 端部弯头故障分析

2.1 端部弯头故障概况

在以往发生的端部弯头故障事件中，通常高速端部弯头相关故障占据较大比例。由于高速端部弯头通常安装在曲线钢梁上，而钢梁的曲线半径较小，端部弯头与钢梁之间的 D90 型绝缘底座承受着较大的张力，绝缘底座具有断裂的风险，若日常检修工作不到位，绝缘底座断裂后未及时发现更换或者因为列车集电靴发生故障等原因集电靴与端部弯头发生冲突“钻弓”现象等，可能会造成严重安全事件。

芜湖轨道交通端部弯头设备相关故障在运营以来共发生 3 次，1、2 号线均有涉及，故障发生位置以场段为主，具体故障明细见表 1《端部弯头故障发生情况统计表》。

表 1 端部弯头故障发生情况表统计

序号	故障发生日期	地点	故障类型	备注
1	2021.12.2	白马山车辆段 6-7# 道岔曲梁正极端部弯头	靴轨干涉	1 号线
2	2022.4.27	白马山车辆段 7# 道岔曲梁正极端部弯头	靴轨干涉	1 号线
3	2022.4.27	梦溪路车辆段 7# 道岔曲梁正极端部弯头	靴轨干涉	2 号线

以 2022 年 4 月 27 日的白马山车辆段 7# 道岔曲梁正极端部弯头故障为例，正常状态的端部弯头和现场发生的故障照片如图 3 和图 4。



图 3 正常状态端部弯头

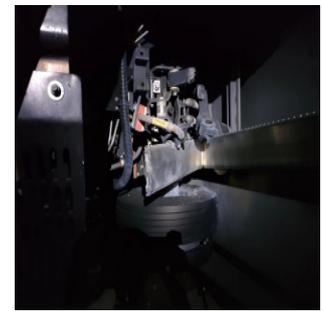


图 4 故障状态端部弯头

2.2 故障原因分析

以上表 1 中三次端部弯头的设备故障发生均是由于端部弯头和列车的集电靴发生靴轨干涉冲突碰撞导致。而导致发生靴轨干涉的原因分析可能是由于支撑固定高速端部弯头的 D90 绝缘底座因为受力过大而导致连接金具与底座断裂分离，端部弯头失去固定后从 S 曲线钢梁外侧往外回弹，回弹距离过大导致端部弯头端部轨面超出列车集电靴与接触轨设备接触的安全间隙，当列车集电靴从 S 曲梁负侧极开往正极侧时将会造成集电靴“钻弓”，必然会导致靴轨故障发生。

为了验证道岔高速端部弯头处 D90 型绝缘底座受力大小是否符合设计要求，排查是否由于 S 曲梁端部弯头受力过大导致固定绝缘底座断裂而造成端部弯头故障事件发生，决定对高速端部弯头处接触轨受力大小进行测量。2023 年 6 月份组织班组人员对 1 号线、2 号线 S 梁曲线半径小于 100m 的接触轨受力大小进行了测量试验，测量结果如表 2 所示。通过测量出的数据分析，道岔 S 曲梁的接触轨受力大小均小于设计提供绝缘底座受力最大值 2KN 的拉力大小，设备受力情况符合设计标准。由此排除了设备本身受力原因导致的端部弯头故障发生，初步判断是车辆集电靴因为特殊原因故障脱位“钻弓”是造成故障发生的关键原因。

表 2 道岔 S 曲梁 D90 型绝缘底座受力大小数据测量统计表

序号	测量位置	道岔类型	测量时间	现场测量数据	设计提供标准
1	保顺路停车场 2# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.18	911.9N	不大于 2KN
2	保顺路停车场 3# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.18	756.6N	不大于 2KN
3	保顺路停车场 4# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.18	719.5N	不大于 2KN
4	保顺路停车场 5# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.18	831.5N	不大于 2KN
5	白马山车辆段 3# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.17	647.1N	不大于 2KN
6	白马山车辆段 4# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.17	780.4N	不大于 2KN
7	白马山车辆段 6# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.17	647.2N	不大于 2KN
8	白马山车辆段 7# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.17	619.5N	不大于 2KN
9	鸠兹广场站 2# 道岔端部弯头曲外正极	R69m	2023.6.17	364.6N	不大于 2KN
10	鸠兹广场站 3# 道岔端部弯头曲外正极	R69m	2023.6.17	584.3N	不大于 2KN
11	梦溪路车辆段 2# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.5.27	917N	不大于 2KN
12	梦溪路车辆段 3# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.5.27	614.2N	不大于 2KN
13	梦溪路车辆段 6# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.10	963N	不大于 2KN
14	梦溪路车辆段 7# 道岔端部弯头曲外正极	R54m	2023.6.10	1260.1N	不大于 2KN

虽然排除了绝缘底座受力过大的原因，然而在故障发生后对端部弯头设备检查中发现 S 曲梁正极侧端部弯头的端部拉出值与安装图中示意的标准距离 50mm 差距较大，普遍在 60~70mm 左右，而列车的集电靴在通过端部弯头端部位置时，其处于释放状态，列车的集电靴根据轨道梁的特性和车辆转向架在水平方向横向偏移时其与轨道梁的距离在 60~140mm 左右，因此会出现一个重叠的区域值，当车辆因为偶发原因集电靴与轨道梁的间距出现在 70mm 以下时，可能会导致端部弯头与集电靴之间发生靴干干涉故障事件，存在较大的安全隐患，这也是本次故障发生较大概率的原因。至于高速端部弯头安装过程中为何会出现较大的拉出值参数差异是因为厂家提供安装图参数 50mm 是在直线区段的安装示意图，而当端部弯头具体安装到 S 曲梁位置后曲梁的结构与端部弯头的结构参数不匹配将会导致端部弯头的端部拉出值与安装图标准 50mm 产生较大的差异，由于安装时期厂家和设计单位提供的安装标准只要求高速端部弯头绝缘底座部位的拉出值满足 80mm 即可，并未对端部弯头的端部拉出值做出明确要求，因此安装是符合设计标准的。为了排除可能存在的安全隐患，通过与设计沟通对端部弯头的安装和检修标准做出优化，再次确认了 50mm 为高速端部弯头端部拉出值的重要要求标准。为了杜绝出现因此项标准未达要求而可能导致端部弯头与集电靴发生干涉故障，决定研究相关解决措施。

3 端部弯头故障解决措施

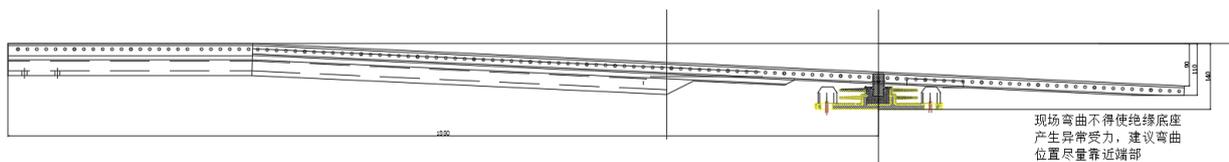
为了消除高速端部弯头本身结构参数等原因导致再次发生此类靴轨冲突故障，研究分析了以下 3 种解决措施，以

期达到降低故障发生概率的目的（见图 5）。

解决措施 1 是对高速端部弯头本体进行预弯，改造其结构参数，使得端部弯头端部拉出值保持在设计标准范围 50mm 以内。

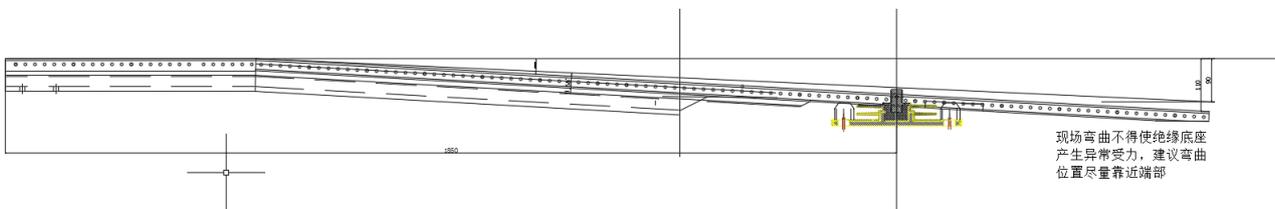
由于初代端部弯头的设计拉出值为距离轨道梁面距离为 50mm，而在实际安装中无法达到此项标准，通过现场测量数据反馈实际拉出值为 60mm，这增加了设备运行的安全隐患，因此考虑对端部弯头的拉出值进行改造，使得其参数满足设计标准要求。通过对端部弯头本体结构进行考虑分析，可以对其进行一定的预弯处理。在 CAD 图纸上通过模拟参数改造发现若在初代端部弯头的原始预弯点进行预弯，当向内（往轨道梁侧）预弯的角度为 0.59° 时，图纸上端部弯头顶部拉出值将从 50mm 缩减至 30mm，场段端部弯头的顶部实际拉出值将从 60mm 缩减至 40mm，满足设计及现场需求，如图 6 所示。

然而现场实际操作中，原始预弯点距离端部弯头端头距离较长为 1980mm，由于端部弯头侧面为钢带，目前采用的预弯手段进行预弯后会产生回弹现象，改造后的结构参数无法保障永久性，因而继续对预弯方法再次改进。考虑端部弯头在预弯时减少对支撑绝缘底座的额外受力，弯曲位置应尽量靠近端部位置。对端部弯头的内部结构深入研究后发现，在距离端部弯头端部 590mm 内侧设置了凹槽，在此处进行预弯后的端部弯头本体结构将保持永久性的改变不会发生回弹现象。再次在 CAD 中于此处对端部弯头进行预弯设计发现，当预弯角度为 1.95° 时，图纸上端部弯头顶部拉出值将从 50mm 缩减至 30mm，场段端部弯头的顶部实际拉出值将从 60mm 缩减至 40mm，满足设计及现场需求，如图 7 所示。



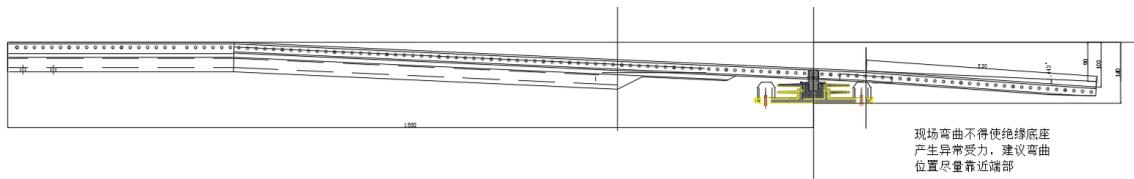
端部弯头原始尺寸图（端部弯头端部距轨道梁侧面距离为50mm，场段端部弯头距轨道梁侧面距离实测为60mm）

图 5 端部弯头原始尺寸图



端部弯头更改后尺寸图（将端部弯头从原始弯曲点向轨道梁侧弯曲0.59度，端部弯头顶部距轨道梁侧面距离从50mm缩减至30mm，场段端部弯头实际距离将从60mm缩减至40mm）

图 6 端部弯头从原始预弯点进行预弯



端部弯头更改后尺寸图（从距端部弯头顶部590mm处（端部弯头在此处有凹槽，厂家建议在此处预弯）将端部弯头进行预弯，预弯角度为1.95度，端部弯头顶部距轨道梁侧面距离从50mm缩减至30mm，场段端部弯头实际距离将从60mm缩减至40mm）

图7 端部弯头从距离端点处 590mm 进行预弯

解决措施2是对高速端部弯头连接处接触轨进行预弯。由于芜湖轨道交通道岔S曲梁的半径有三种型号分别为54米、69米和100米，分别在不同的道岔S曲梁进行对应，因此需要对这些位置的接触轨本体进行预弯处理。通过设备厂家提供的弯轨机对不同预弯半径的接触轨进行一定程度的预弯可以改善S曲梁处的设备运行条件状态，在一定程度上改善了支撑绝缘底座的运行环境，保证了端部弯头设备安装状态的可靠性和安全性。

解决措施3是缩短道岔高速端部弯头检修周期，建议由原先的月检转变为半月检。定期对端部弯头的外部状态进行检查，对其导高、拉出值等安装参数进行测量，确保端部弯头的安装参数稳定不变。同时加强对端部弯头安装处的绝缘底座的状态的观测，防止因为绝缘底座出现断裂等设备本身因素导致端部弯头的故障再次发生。芜湖轨道交通接触轨专业通过采取以上3种措施对接触轨的检修维护工作，目前已经将端部弯头的故障牢牢把控住，在上次2022年4月27日发生故障后目前未再次出现同类故障，端部弯头设备状态目前稳定可控。

4 结语

论文基于跨坐式单轨制式下的芜湖轨道交通接触轨端部弯头在生产检修中遇到的靴轨冲突干涉故障问题，对可能

造成靴轨冲突干涉故障的原因进行多方面的分析探讨，并且为了充分确保规避因为接触轨自身设备的安装调整参数等原因可能会导致故障再次发生而提出故障解决的相应方案和解决措施。为解决端部弯头靴轨冲突干涉故障问题而提出的对端部弯头本体进行预弯来改变端部弯头结构参数以及根据轨道梁半径对接触轨进行预弯进而来实现端部弯头运行需求标准的方法，同时对端部弯头设备的检修周期进行合理调整增加设备巡检频次确保杜绝故障再次发生。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 陈祥.城市轨道交通接触轨故障的应急处置[J].城市轨道交通研究,2017,20(5):161-165.
- [3] 陈健铭.基于贝叶斯网络的接触轨系统故障预测[D].广州:华南理工大学,2023.
- [4] 于春华,杨其振.城轨交通曲线未被平衡离心加速度容许值的探讨[J].铁道标准设计,2007(8):20-23.
- [5] 刘语冰.道岔构造和设计[M].北京:中国铁道出版社,1983.

作者简介：马永征（1990-），男，中国甘肃环县人，助理工程师，从事交通工程或科学技术研究。