

无人驾驶轨道梁线型控制关键技术

闫春勇

中铁八局集团第一工程有限公司, 重庆 405000

[摘要] 文章以芜湖轨道交通 1 号线无人驾驶单轨交通工程为例, 研究单轨交通轨道梁的线型控制施工技术, 着重介绍了简支预制单轨梁和连续刚构轨道梁的线型控制调整施工工艺和方法, 经工程实践效果良好, 可供类似工程施工借鉴参考。

[关键词] 轨道交通; 轨道梁; 线型控制

DOI: 10.33142/sca.v6i3.8792

中图分类号: U29-39

文献标识码: A

Key Technologies for Linear Control of Unmanned Rail Beams

YAN Chunyong

China Railway No.8 Engineering Group No.1 Engineering Co., Ltd., Chongqing, 405000, China

Abstract: The article takes the unmanned monorail transit project of Wuhu Rail Transit Line 1 as an example to study the linear control construction technology of monorail transit track beams, focusing on the construction technology and methods of linear control adjustment for simply supported prefabricated monorail beams and continuous rigid frame track beams. The engineering practice has shown good results, which can be used as a reference for similar engineering construction.

Keywords: rail transit; track beam; linear control

引言

近年跨座式轨道梁在我国大量建设, 从国外情况看, 单轨交通系统在日本应用最广泛、技术最成熟。目前国内投入运营的跨座式单轨城市轨道交通有重庆轨道交通二号线和三号线, 此外, 还有北京国际机场的航站楼摆渡车, 西安曲江旅游观光轻轨(实为单轨)和深圳华侨城旅游区的欢乐干线, 也利用了单轨技术(简支梁形式)。就目前已建的跨座式单轨 PC 轨道梁中, 除巴西圣保罗轨道梁采用连续刚构形式外, 其余均为简支结构形式, 并且圣保罗跨座式单轨设计施工为先墩后梁, 而目前在建芜湖市轨道交通 1 号线、2 号线为“墩梁并举”式的设计施工方式, 这样可以加速施工进度, 但同时也加大了施工难度。

线形控制是轨道梁施工中关键, 国内桥梁架设技术研究(如铁路、公路、轻轨)仅有重庆二号线、三号线有实际参考意义, 但其作为简支体系, 轨道梁在施工及后期运营过程中还有可调整余地, 而本项目芜湖市轨道交通 2 号线轨道梁则不然, 它采用连续刚构 PC 轨道梁形式, 为国内首例采用连续刚构体系的跨座式单轨工艺, 具有梁体横向刚度小、施工精度要求高、安装工艺复杂、多次线形调整等特点, 简支节段一经固结, 无法进行后期调整。

1 工程概况

芜湖市轨道 1 号线位于安徽省芜湖市市区, 1 号线全长 30.410km, 全线高架敷设, 共设车站 25 座, 均为高架站, 设计运营时速为 80km/h。

轨道交通 1 号线为无人驾驶单轨交通, 全线采用 PC 轨道梁、钢-混结合梁等, 梁体主要的体系为简支及连续刚构体系, 由于车辆是直接 PC 轨道梁上运行, PC 轨道

梁既作为承重梁, 又作为导向梁, 其线形的好坏直接影响到轻轨车辆运营的平稳性和乘坐的舒适性。单轨交通轨道梁为单线梁, 线路的平、纵、竖曲线以及横向超高都直接在轨道梁线形上实现。

芜湖跨座式单轨 PC 轨道梁主要结构形式有: 连续刚构 PC 轨道梁(一般 2~3 跨一联)和简支 PC 轨道梁两种, 标准跨径为 30m、25m、20m 三种(曲线半径大于等于 1000m 时采用 30m 跨度轨道梁, 曲线半径大于等于 400m 小于 1000m 时采用 25m 跨度轨道梁, 曲线半径小于 400m 时采用 20m 跨度轨道梁), 非标准跨径为 10m~28m。



图 1 连续刚构体系与简支体系

2 工程技术重难点

(1) 多榀轨道梁的误差积累消除。单榀轨道梁的允许制造误差在连续架设多榀后形成的积累误差或导致整体线形难以保证, 如何有效的消除积累误差同样是保证运行后车辆舒适度要求的技术难度。

(2) 有线路超高下满足横坡的姿态调整。对于有线路超高段落的轨道梁, 其顶面横坡的调整是线形的重要控制要素, 但曲线梁系偏心构件, 如何保证安全稳定的前提下准确实现轨道梁的姿态调整是技术难点。

3 施工关键技术

3.1 总体施工方法

(1) 简支 PC 梁线型调整

简支 PC 轨道梁的线型调整分三次进行。第一次在 PC 轨道梁架设过程中进行,采用精密测量仪器将梁体线型调整到设计位置,完成支座安装。第二次在特殊大跨度 PC 轨道梁、钢轨道梁、PC 轨道梁连续架设完成一定数量并形成一定长度的连续区间后,进行第二次线型精确调整。第三次是轨道梁的线型微调,在车辆试运行 6 个月以上后进行线路的线型综合检查。全阶段线型调整过程中轨道梁的平面位置及高程的位移都是通过三维千斤顶来实现的。

(2) 连续刚构 PC 轨道梁线形调整

连续刚构 PC 轨道梁线形调整工艺流程:准备工作→初调→临时固定→精调→PC 轨道梁锁定→施工后浇带→检查验收。

此种轨道梁的线形调整是在后浇带施工前完成的,线形调整采用三维千斤顶+伸缩丝杠同步调整的方式。

3.2 简支 PC 轨道梁线形调整关键技术

最终线形调整的精度直接影响列车行驶安全及乘客舒适度,结合国内已施工的重庆轨道交通 2 号线、3 号线及芜湖市轨道交通试车线相关简支 PC 轨道梁的线形调整施工经验,确定简支梁主要流程如下图所示:

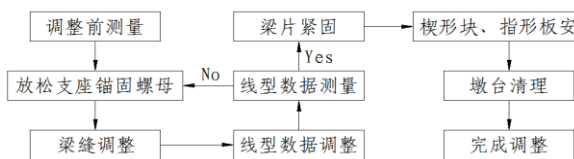


图 2 简支梁线型调整流程图

(1) 准备工作

测量控制点布置、调控点理论数据计算整理、测量仪器检查、安装梁底千斤顶、准备调整楔形块、制作轨道梁测量控制工装架等。

在轨道梁两端安装测量工装如下图所示:



图 3 测量工装示意图

(2) 梁片调整

初次线型调整前的主要准备工作有:轨道梁指形板间的错台测量检查、侧面垂直度、梁端间伸缩缝、线间距、高程等的测量检查。

在对每一榀轨道梁进行调整前,需首先将指形板拆卸后取出楔形块,调松锚固螺栓上的螺母,防止指形板在顶

升移动梁片的过程中碰撞梁片及擦伤梁体。

轨道梁纵向的梁缝调整通过在距离铸钢拉力支座内缘 20cm 处(距梁端约 80cm)设置三维千斤顶顶升实现。每次顶升使梁片的位移量控制在 2mm~3mm,直至达到要求。

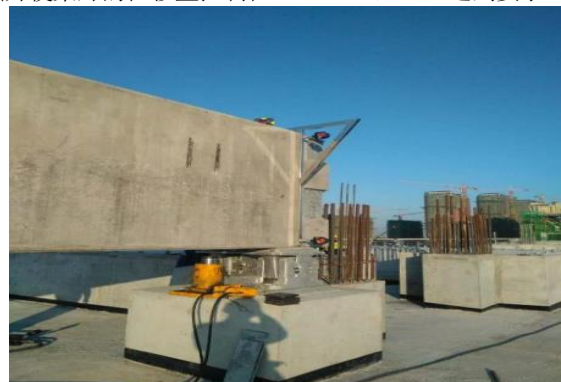


图 4 简支梁梁体线形纵横向及高程调整实例图

高程每次顶升亦控制在 2mm~3mm,轨道梁高程方向的调整通过增减垫片实现,调整垫片的规格选用 0.15mm、1mm、1.5mm、2mm 和 5mm 共 5 个调整级别的厚度。

(3) 数据测量

数据测量是一个动态的过程,贯穿整个轨道梁的线型调整施工过程,从架设粗定位到精确定位和锁定,边调整边测量边反馈修正,直到每一项都满足规范要求。

(4) 楔形块紧固及指形板安装

楔形块紧固的目的是使梁片支座下摆与抗剪榫密贴。根据轨道梁支座下摆与抗剪榫的间隙选择合适的平垫板和楔形块,按照拟定的安放顺序进行,然后用铁锤敲紧。安装指形板前需将板座清理干净,以保证安装后两者的密贴,指形板的螺栓全部采用力矩扳手进行紧固。

(5) 楔形块焊接

简支梁最终线型调整完成后对楔形块与锚箱抗剪榫焊接牢固。施焊前需首先检查确认楔形块是否紧固,楔形块与抗剪榫高差是否满足要求。楔形块焊接的目的是使楔形块与抗剪榫、楔形块与楔形块之间焊接在一起,防止营运车辆在行驶过程中可能会造成楔形块松动脱落的风险。在楔形块焊接完成后要认真清理焊渣,仔细检查焊缝质量,防止出现漏焊、气孔、裂纹等缺陷。

按照前面所述步骤逐一调整同一区段内的 PC 轨道梁片,调整完后及时清理盖梁,待本区段内轨道梁全部调整完成后移至下一区段。

(6) 简支梁线型调整的注意事项

①终调完成后,需要将调整用的楔形块与支座板进行焊接成为整体,避免营运车辆通过时引起松动。

②线型调整时,上下行线路的轨道梁宜同时进行,有利于轨道梁线型和线间距的控制,以及垂直度和平面横坡超高误差的控制。

③在平曲线段,应从圆曲线部分位置开始向两端分别

顺序进行线型调整，特别是在大横坡区段，必须先从圆曲线段向两端的缓和曲线段延伸进行，然后再调整与缓和曲线相连接的直线段，以消除横坡累积误差，把大横坡值控制在设计范围内，有助于减少列车轮系通过该区段时产生的磨损。

3.3 连续刚构 PC 轨道梁线形调整关键技术

连续刚构轨道梁架设完成后，利用在盖梁端部预埋调梁工作牛腿上放置三维千斤顶调整轨道梁纵向、横向、竖向位置，线形调整具体步骤如下：

(1) 准备工作

平面及高程控制网布设，复测成果已报监理单位批复，线形调整测点的设计数据已计算并复核，测量仪器已检验并标定，盖梁预埋支撑、调整支撑、线形调整工装中心线均已放线完成，调坡块、调高垫板已进场，测量工装架已安装在梁端指定位置。盖梁预埋临时支撑预埋位置超出允许偏差范围外，需调整临时支撑位置，并重新与临时支撑底部预埋钢板焊接牢固。丝杠已与盖梁及轨道梁之间形成有效拉结。

(2) 高程及平面位置调整

轨道梁架设形成多跨连续（长度不少于 300m）后，对此范围内所有轨道梁梁端工作面的线形参数及倾角进行采集，根据实测结果与路线设计线形参数进行拟合，综合考虑确定每榀梁最佳姿态及准确的空间位置。最终形成所需进行线性调整的参数。

线形调整时首先用千斤顶顶升 2mm~3mm，确保轨道梁可以横桥向移动。然后通过三维千斤顶和丝杠等对轨道梁横桥向位置进行调整，当轨道梁横桥向位置的精度满足要求后，拧紧两侧的调节螺杆，固定横桥向工装位置。在轨道梁横桥向位置确定后，实测工装架上标记的测点数据，再根据该数据对轨道梁的横桥向定位进行精确调整，然后利用千斤顶对轨道梁纵桥向进行精确调整，最后利用千斤顶及调高垫块对轨道梁的高程进行精确调整。在高程精调后再次复测控制点的三维坐标，利用线形调整工装多次微调，直至轨道梁安装精度满足设计要求。

千斤顶每次顶升不得超过 2~3mm，千斤顶使用前需试验顶升 2~3mm 所需手压次数，确定次数后，每次顶升手压次数不得超过此值。顶升过程中丝杠必须随之松动或拧紧，千斤顶和丝杠施工必须匹配协调，轨道梁平面位置及高程的调整需单端多频调整。（即一次只调整一端，每次调整幅度控制在 2mm~3mm，严禁一次调整幅度过大）待一端调整到位后再进行另外一端的调整，交替进行，以防止两端同时调整不同步导致梁体重心偏移发生倾覆。

曲线梁线形架设时平面位置需控制在合格范围内，轨道梁的高程控制通过增减垫片来实现，然后通过伸缩丝杠调整梁的倾斜度，必要时需安排吊装设备配合。

待梁调整到位以后，立即将临时支撑与支撑型钢焊接。

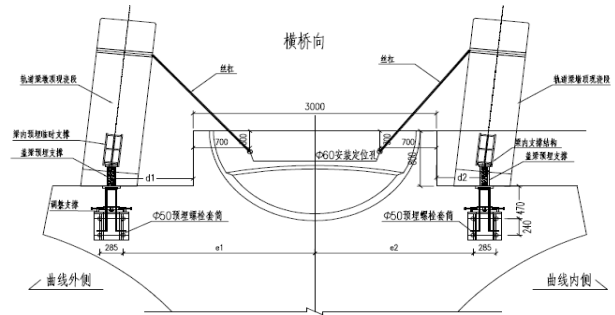


图 5 线型调整横断面图

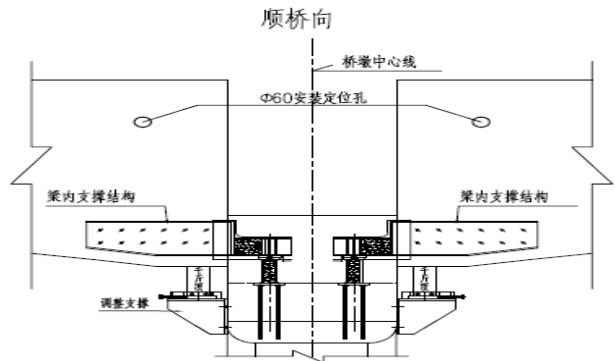


图 6 线型调整纵断面图

4 施工效果

该研究在芜湖市轨道交通 1 号线一期工程港湾路站（不含）~赭山路站（不含）段 PC 连续钢构梁工程施工过程中应用，在现场 PC 轨道梁精调完成后，对单个区间内的轨道梁整体线形进行复测，线形控制实测结果都在误差允许范围内，其中平曲线（线间距）的规范允许误差为（0mm~25mm），实测单个区间内的 PC 轨道梁平曲线偏差为 5mm~8mm；竖曲线规范误差为（-15mm~30mm），实测单个区间内的 PC 轨道梁竖曲线偏差为 -3mm~3mm。平曲线、竖曲线线形控制精度高，得到业内各界人士系列好评，同时在施工期间，工程业主单位多次组织相关单位到现场学习交流，芜湖轨道交通 1 号线工程建设中赢得了良好的声誉，也为以后在跨座式单轨施工领域中奠定了基础。

【参考文献】

- [1] 顾刘东, 朱亚强, 彭翔, 等. 一种连续刚构 PC 轨道梁线形调整施工方法: 2020103913089[Z]. 2020.
- [2] 游励晖, 朱敏, 李乔, 等. 重庆轻轨较新线倒 T 形 PC 轨道梁设计研究[J]. 铁道标准设计, 2004(6): 126-130.
- [3] 赛铁兵. 跨座式单轨 PC 轨道梁线形调整施工技术[Z]. 铁道标准设计. 2006.
- [4] 雷慧锋, 刘永锋. 跨座式轨道交通建设中的关键技术[J]. 铁道标准设计, 2001(1): 1-4.
- [5] 刘永锋. 重庆轻轨较新线一期工程 PC 轨道梁结构设计[J]. 铁道标准设计, 2003(12): 74-77.

作者简介: 闫春勇 (1975.10-), 男, 大学本科, 高级工程师, 从事道路桥梁工程技术管理