

跨座式单轨小曲率（曲线）PC 轨道梁线形精确调整

魏洪亮

中铁八局第一工程有限公司，重庆 400000

[摘要]文章结合芜湖市轨道交通 1 号线工程实例，跨座式单轨 PC 轨道梁（连续刚构）架设，详细介绍小曲率 PC 轨道梁线形调整技术。连续刚构梁的线形调整连续刚构轨道梁架设完成后，由于没有正式支座，线形调整必须一步到位，此时线形调整主要利用盖梁两侧的调整支撑来实现轨道梁的纵横向偏位和倾角调整。由于小曲率（曲线）PC 轨道梁重心偏移梁体中心线，普通调整工序不满足曲线段线形调整施工需加强相应措施。

[关键词]轻轨；连续刚构；曲线轨道梁；线形调整

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15507

中图分类号: U270

文献标识码: A

Precise Adjustment of PC Track Beam Shape with Small Curvature (Curve) for Straddle Type Monorail

WEI Hongliang

No.1 Engineering Company of China Railway No.8 Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: Based on the example of Wuhu Metro Line 1 project, this article introduces in detail the alignment adjustment technology of small curvature PC track beams (continuous rigid frame) with a straddle type monorail. The linear adjustment of continuous rigid frame beams After the installation of continuous rigid frame track beams is completed, due to the lack of formal supports, the linear adjustment must be done in one step. At this time, the linear adjustment mainly uses the adjustment supports on both sides of the cover beam to achieve the longitudinal and transverse deviation and inclination adjustment of the track beams. Due to the deviation of the center of gravity of the PC track beam with a small curvature (curve) from the centerline of the beam body, the ordinary adjustment process does not meet the requirements for adjusting the curve line shape during construction, and corresponding measures need to be strengthened.

Keywords: light rail; continuous rigid structure; curved track beam; linear adjustment

引言

线形调整是轨道梁桥线路建设的关键工序，必须在这一工序消除建造误差，把单榀的轨道梁连接成连续、平直、圆顺的线路，最终达到线路运行的合格要求，才能保证轻轨列车运营的安全性、经济性和舒适性。

曲线轨道梁侧向垂直度大，梁体呈一定倾斜角度，重心已偏移出梁体中心线，架设及精调都需谨慎操作。

单轨交通简支 PC 轨道梁国内最大的跨径为 24m，国外最大跨径为 30m，本项目简支 PC 轨道梁的最大跨径为 45m；连续刚构梁国内目前没有该形式的结构，国外最大的跨径为 5×30m，本工程一般采用 3×30m 形式进行施工。

国外对于连续钢构 PC 轨道梁的线形控制有一定的技术，但在国内该技术处于起步阶段，该形式的轨道梁的线形调整在国内没有现成的技术可以借鉴。

1 工程概况

芜湖市轨道 1 号线位于安徽省芜湖市市区，芜湖市轨道交通 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。单榀连续刚构 PC 轨道梁标准梁长有 20m、25m、30m 等，一般采用 3×30m 形式为一联，梁体为实心矩形截面，跨

中梁高 1.6m，支点梁高 2.2m，梁宽 0.69m，30m 单片 PC 轨道梁最重约 88t。轻轨车辆直接在 PC 轨道梁上运行，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。

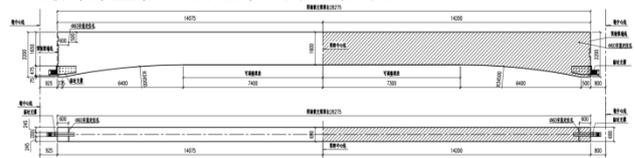


图 1 单榀连续刚构 PC 轨道梁结构示意图（单位：mm）

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，其中连续刚构 PC 轨道梁结构为后张法预应力混凝土连续刚构，采用先简支后连续的施工工艺。PC 轨道梁采用工厂预制、现场吊装架设，PC 梁与桥墩固结段采用现浇施工。

2 施工技术

2.1 总体方案

轨道梁安装前，在盖梁顶放样出轨道梁中心线、端线位置及高程，在临时支撑垫块根据允许标高进行加设后，还需将三维千斤顶放置调梁支撑处。

采用汽车吊双机抬吊架设轨道梁，一端的吊带利用栓

扣将吊带固定卡死轨道梁,防止翻滚。由于没有正式支座,线形调整必须一步到位,此时线形调整主要先利用伸缩丝杠+吊车来实现轨道梁的纵横向偏位和倾角调整,后再利用调整支撑上放置的液压三维千斤顶对轨道梁进行精调,全程吊车辅助防护。

预制轨道梁精确就位后,将中墩对应轨道梁内预埋支撑和盖梁临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,浇筑中墩顶现浇混凝土,再行张拉通长纵向预应力筋,之后将边墩对应轨道梁内预埋临时支撑和盖梁预埋临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,浇筑边墩顶现浇混凝土。

2.2 工艺流程

测量数据→临时支撑调坡块焊接→调整支撑安装→三维千斤顶安装→运梁→落梁→临时支撑+伸缩丝杠固定→测量数据→三维千斤顶+伸缩丝杠梁体精调→伸缩丝杠及垫块固定→浇筑中墩后浇段砼→张拉轨道梁一联纵向预应力筋→测量数据→边墩支撑及垫块固定→浇筑边墩后浇段砼。

3 技术控制要点

3.1 测量控制

3.1.1 设备配置

平面控制网测量 CPIII 采用的仪器设备为:瑞士徕卡 TS30 型全站仪进行测角量距,该仪器标称精度为 $0.5''$ 、 $\pm 0.6+1.0\text{ppm}\times D$;高程控制网测量时所使用的仪器设备为:徕卡 LS10 型精密数字水准仪(标称精度为 $0.3\text{mm}/\text{km}$)及配套钢瓦尺 1 套;CPIII 数据采集采用通过评审的中铁一院的 CPIII 精密控制测量数据采集系统;高程平差软件采用铁三院自主开发并经铁道部评审通过的“客运专线轨道设标网(CPIII)测量系统 V2.6.0”。

所有使用的仪器设备均经过国家计量检定部门检定合格,且在有效期内,用于符合相应等级精度要求的测量工作。

3.1.2 控制网复测

(1) 平面控制点复测。按照《城市轨道交通工程测量规范》三等精度要求进行,并采用精密导线网测量方法施测。精密导线网采用附和导线、闭合导线等形式。

(2) 高程控制点复测。高程控制点复测按照《城市轨道交通工程测量规范》一等精度要求进行。

3.1.3 PC 轨道梁架设控制网布设及测设方法

鉴于 PC 轨道梁架设精度要求极高,采用自由设站方法,将仪器安置在墩顶或地面上,棱镜安置在墩身距地面 1 米处预埋件上及既有路缘石边控制点上,通过实时测设梁顶平面和高程,从而实现轨道梁的精确定位。

(1) PC 轨道梁架设控制网布设

① PC 轨道梁架设控制网布设技术要求

PC 精调控制网平面及高程采用共点形式,沿线路走向布设两排,在每个墩身右侧及既有路缘石边埋设布置。墩身点埋设在距地面 1m 处,路缘石边点埋设在地面上,

高度 0.5m。纵向点间距为 30~60m,横向垂直距离约 20m。采用自由测站边角交会方法具体埋设位置如下表所示:

表 1 PC 架设控制网布网要求

控制网级别	测量方法	网点间距	备注
PC 梁架设控制网	自由测站边角交会	纵向 30~60m, 横向垂直距离约 20 米。	墩身距地面 1m, 地面点埋设高度 0.5m。

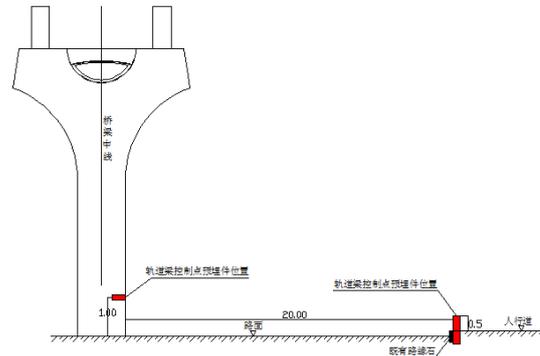


图 2 预埋件埋设位置图

② 墩顶控制点布设要求

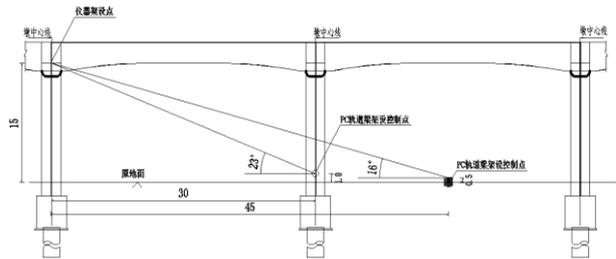


图 3 控制点架设示意图

为保证架梁控制精度,减小仪器俯仰角较大时(一般不大于 28°)对平面控制的误差影响,在条件许可的情况下,全站仪自由设站时,尽可能在边墩顶架设仪器控制架架设。墩顶控制点采用型钢制作,各支架腿利用膨胀螺栓固定在墩顶,支架顶部焊接圆盘采用强制对中装置。

③ 墩顶控制点安装位置要求

墩顶控制点每 100~200m 安装一个固定装置,位置安装在每一联轨道梁后的第 1 个或第 2 个中墩上,与地面设计控制点形成闭合或附和导线形式。采用精密导线控制网或 GPS 静态精确测量平面坐标。采用三角高程往返对向观测法测量高程,利用长钢尺传递高程进行复核。

(2) 平面控制网测设方法

PC 梁架设平面网采用自由测站边角交会法施测,附和到精密导线控制点上,每 400m 左右(300~600m)联测一个精密导线控制点,自由测站至精密导线控制点的观测边长应小于 300m。

PC 梁架设平面网观测的自由测站间距一般约为 120m 左右,测站内观测 4~6 个 PC 梁架设控制点,全站仪前后方各 2~3 个 PC 架设控制点,自由测站到 PC 梁架设控制点的最远观测距离不应大于 180m,每个 PC 梁架设控制点至少应保证有 3 个自由测站的方向和距离观测。

架设平面控制网可根据施工需要分段测量,分段测量的区段长度宜大于1km,区段间重复搭接点不少于3个点,每一独立测段首尾必须封闭(保证每一个架设控制点被自由设站测量三次)。观测网图如下图所示:

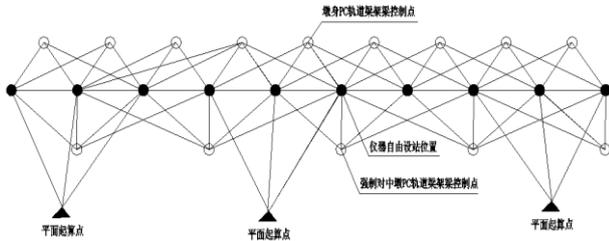


图4 任意设站控制网平面布设形式

(3) 高程控制网测设

轨道梁架设专用高程控制网测量方法采用附和水准线路进行测量,从控制点A引入,沿着墩身埋设点及路缘石边控制点测设,中间带入设计控制点B,最终闭合到设计控制点C。单路线往返观测时,应沿同一路线进行。测量过程对视距长度、前后视距差、视距累计差、视线高度等各项限差,是否符合《城市轨道交通工程测量规范》的要求进行检查。复测开始前应对使用的仪器进行i角检测,水准仪i角均不超过15"。观测成果的重测和取舍按《城市轨道交通工程测量规范》有关要求执行。测量线路示意图如下图:

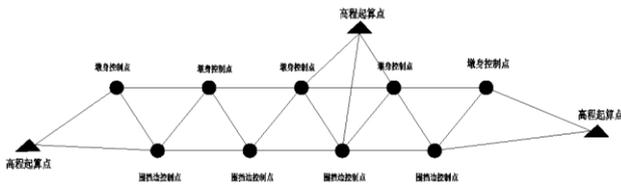


图5 水准线路形式示意图

3.2 单榀刚构PC轨道梁的线形调整

3.2.1 轨道梁的运输及落梁

根据芜湖市城市环境条件,架梁前由测量人员在盖梁顶放样出轨道梁中心线、端线位置及高程。轨道梁吊装前,安装临时丝杆及调整支撑(安放1000KN液压三维千斤顶作为轨道梁调整支撑),利用Φ60安装定位孔及配套结构将丝杆下端固定在盖梁上,利用与Φ50预埋螺栓套筒配套的螺栓将调整支撑固定在盖梁上。

穿入盖梁丝杆(采用45型的直径为50mm的圆钢,两端做普通外螺纹的型号为M42)

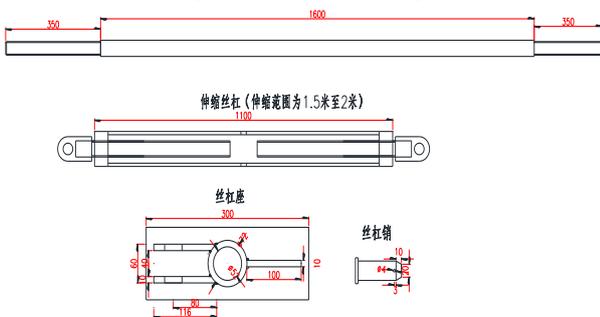


图7 临时支撑丝杆图

由梁场运梁车将轨道梁运至架设地点,采用汽车吊双机抬吊方式架设。每跨两榀架设完成后,挪动吊车位进行下跨架设。

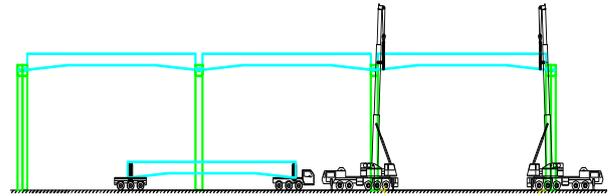


图6 吊车架梁示意图

3.2.2 轨道梁初调

梁片的初调利用吊车架设梁片时,根据已标好的梁端线,将轨道梁吊装就位后,利用两端Φ60安装定位孔及配套结构将丝杆另一端固定在梁片上。

初调的目的是轨道梁落梁在调整丝杠临时固定完成后,调整轨道梁下方设置的三维千斤顶,使之开始受力。千斤顶顶起轨道梁后,梁体极易与千斤顶产生滑动,梁体有侧翻风险,吊车全程需要进行辅助防护。

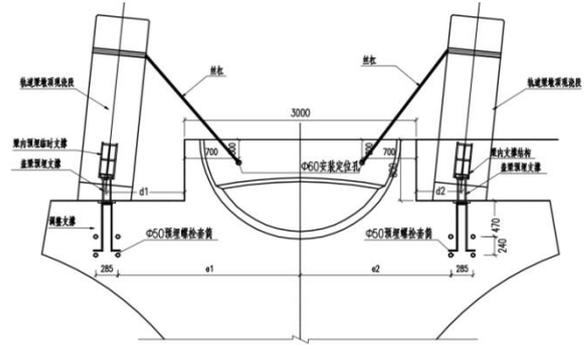


图8 线形初调示意图

3.2.3 轨道梁精调

将调整丝杠适当调松,利用梁片两端调整支撑上放置的液压三维千斤顶对梁片进行支撑,吊车辅助防护,配合测量人员对梁片的纵横向偏位和倾角反复进行调整。精调完成后,对应梁内预埋螺栓支撑和盖梁临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,吊车脱钩,并进行后续后浇带施工。

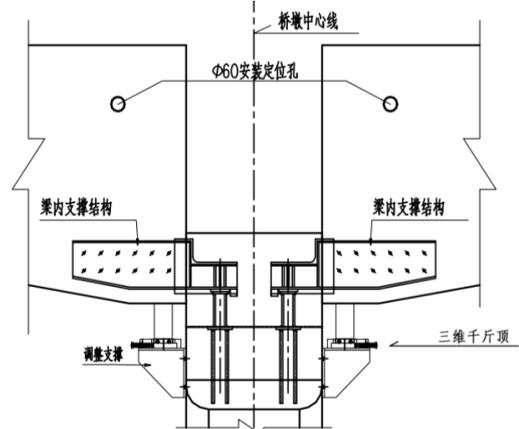


图9 线形精调示意图

3.3 线形调整要求

(1) 轨道梁架设测量使用全站仪采用 CPIII 进行施测, 施测后进行检查测量。轨道线路中心横向允许偏差为 $\pm 25\text{mm}$, 轨道梁线间距允许偏差为 $0\sim+25\text{mm}$, 轨道梁高允许偏差为 $-15\sim+30\text{mm}$, 轨道超高允许偏差为 $\pm 7\text{mm}$, 各项测量工作的测量中误差, 应为相应允许偏差的 $1/2$ 。

(2) 轨道梁架设完成后, 应对轨道梁连接处线形和错台进行测量。轨道梁连接处水平线形用 20m 弦长测量的矢距与设计值的允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$, 直线用弦长测量的矢距与设计值的允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$; 轨道梁竖向线形用 4m 弦长测量的矢距与设计值允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$; 轨道梁竖向线形用 4m 弦长测量的矢距与设计值允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$; 顶面和侧面错台允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。测量中误差应为相应允许误差的 $1/2$ 。

表 2 安装完毕后公差表

距离轨道梁中线的水平距离偏差(站台处)	$\pm 3\text{mm}$
距离轨道梁中线的水平距离偏差(道岔处)	$\pm 3\text{mm}$
距离轨道梁中线的水平距离偏差(线路其他地段)	$\pm 12\text{mm}$
轨道梁中心的水平面的变化率要求	1.5mm in 1.5m
轨道梁侧面距离中心的偏差要求(站台处)	$\pm 3\text{mm}$
轨道梁侧面距离中心的偏差要求(道岔处)	$\pm 3\text{mm}$
轨道梁侧面距离中心的偏差要求(线路其他地段)	$\pm 6\text{mm}$
轨道梁中心的侧面的变化率要求	1.5mm in 1.5m
纵断面处的满足线路超高情况下角度公差	$\pm 1/8^\circ$

数据测量贯穿整个线形调整过程, 需边调整边测量, 直至满足规范的每一项要求。对于不满足要求的部分, 需反复调整, 直至达到要求为止。

4 施工效果

芜湖市轨道交通一号线严格依据上述相关施工技术和控制要点开展线形调整施工, 目前已良好运行 3 年。根据已施工路段的各项监控数据显示, 各项指标总体趋势一致, 线形总体状况良好。该技术在确保施工质量与安全的基础上, 施工工序简洁且实用, 取得了显著的成果效益。

5 结语

城市轨道交通不仅能够有效缓解城市交通压力、切实

解决城市交通问题, 还会带来民众效益、企业效益、地方效益以及环境效益等诸多社会效益。自 20 世纪 90 年代以来, 交通需求的增长速度明显高于道路设施的增长速度。城市中心区经济的高速发展、土地的高强度开发以及中心区道路改造的困难, 使得中心区城市交通问题愈发严峻。地面交通方式逐渐趋于饱和, 轨道交通由此逐渐成为城市发展的重点关注领域。

芜湖轨道交通采用 PC 轨道梁, 其中连续刚构结构轨道梁采用先简支后连续的结构形式, 这在国内尚属首例。鉴于跨座式单轨交通的特点, 轨道梁既是承重结构, 也是轨道结构。因此, PC 轨道梁在制造和架设过程中, 需按照线路的平、纵、竖曲线及横向设计要求形成精准的轨道线形, 此外, 梁端还需预设如指形板座、接触轨等预埋件及组配件。

跨座式单轨交通具备爬坡能力强、转弯半径小; 能够有效节约城市用地, 充分利用城市有限空间; 噪音低、乘坐舒适度高; 城市景观性好等诸多优点, 在二、三线城市具有广阔的发展前景。

[参考文献]

- [1] 苏明辉. 重庆跨座式单轨 PC 轨道梁架设方案研究及应用[J]. 城市轨道交通研究, 2005, 8(4): 3.
 - [2] 王宏亮, 朱尔玉, 黄鑫, 等. 单轨交通先简支后刚构轨道梁施工线形调整装置设计研究[Z]. 北京: 北京交通大学土木建筑工程学院.
 - [3] 赛铁兵. 跨座式单轨 PC 轨道梁线形调整施工技术[J]. 铁道标准设计, 2007(1): 3.
 - [4] 桑勇, 范正述. 跨座式单轨交通系统 PC 轨道梁架设与安装技术[J]. 山西建筑, 2010, 36(9): 2.
 - [5] 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, 21(1): 4.
- 作者简介: 魏洪亮(1990.10—), 毕业院校: 西华大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 中铁八局集团第一工程有限公司, 就职单位职务: 总工, 现职称级别: 工程师。