

文章编号: 1006—2106(2009)06—0063—04

跨座式单轨轨道梁桥桥墩盖梁设计特点^{*}

于 洋^{**}

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要: 研究目的: 针对我国第一条跨座式单轨交通系统, 结合该轨道交通系统的特点, 介绍了跨座式单轨交通的桥墩盖梁形式的选择, 考虑荷载的种类, 支承垫石的设计特点, 盖梁钢筋布置的设计特点, 排水设计, 以及在消化日本单轨技术基础上的技术突破和技术创新, 为今后跨座式交通系统的桥墩盖梁设计提供参考。

研究结论: 重庆轻轨“较新线”一期工程是首次在我国采用单轨技术, 选用的 T形桥墩结构合理, 适应了单轨的受力特点, 荷载的选择符合单轨的各类施工、运营工况。精确的支承垫石参数的设计满足了架设需要, 突破了日本“先墩后梁”的施工模式。

关键词: 跨座式单轨; T形桥墩; 景观; 支承垫石; 墩梁并举

中图分类号: U44 U23 文献标识码: A

Design Features of Capping Beam for Pier of Straddle—type Monorail Track Beam Bridge

YU Yang

(China Railway ErYuan Engineering Group Co., Ltd. Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Research purposes: The introductions are given in this paper to the design of the first straddle—type monorail transit system in China and its features, including selection of the style of pier capping beam, type of considered loading, design characteristics of bearing pad—stone and reinforcement arrangement for capping beam, drainage design and technological breakthrough and innovation based on the digestion and absorption of the Japanese monorail technology for providing references to the similar works in future.

Research conclusions: The monorail adopted in the Phase I of Jiaoxin Line of Chongqing light rail was the first time for China to use it. The structure of the used T—shaped pier was reasonable, which adapted to the characteristics of monorail pressure. The selected loading met the requirements of the various construction conditions and service condition for monorail. The precise design of the parameters for bearing pad—stone not only met the construction requirement, but also broke through the Japanese monorail construction mode that the pier was constructed first and the beam is constructed late.

Key words: straddled—type monorail; T—shaped pier; landscape; bearing pad—stone; synchronous construction of pier and beam

重庆市轻轨较新线一期工程为我国第一条采用跨座式单轨交通系统的城市轻轨项目, 线路总长 17.47 km。跨座式单轨车辆主要在城市道路的中央隔离带上方高

架运行, 具有爬坡能力强、转弯半径小、占地面积少、对城市环境影响小、桥梁结构体积小等特点。而且由于采用橡胶轮胎, 较钢轮钢轨系统的噪音低, 非常适合在

^{*} 收稿日期: 2008—07—06

^{**} 作者简介: 于洋, 1976年出生, 男, 工程师。

城市中心运行。

1 T形桥墩

1.1 T形桥墩结构形式选择

由于重庆市轻轨较新线一期工程的线路基本位于城市道路的隔离带上方,所以在设计中引入了景观设计的理念。根据 PC轨道梁的形式,以及隔离带的宽度、线路周围的环境等客观因素,墩形的选择在满足结构正常使用功能的前提下,需要满足桥梁的整体景观以及和周围环境相协调的原则。经过反复的计算、比较,从受力的合理性、经济性、景观的要求等方面综合考虑,选择了 T形桥墩(见图 1)作为该线的主要墩形, T形桥墩受力明确,构造简单明快,具有较好的透空性,与 PC轨道梁的构造形式协调统一。

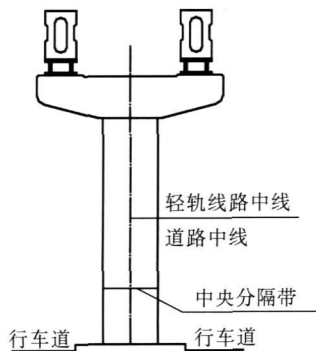


图 1 T形桥墩示意图

1.2 设计荷载

1.2.1 荷载分类

参考日本的单轨规范,结合现行铁路规范和地铁设计规范,考虑荷载种类如下:

1.2.1.1 主要荷载

(1) 结构静载;(2) 动荷载;(3) 冲击荷载;(4) 离心荷载;(5) 车辆横向荷载。

1.2.1.2 附加荷载

(1) 风荷载;(2) 制动荷载及启动荷载;(3) 温度变化的影响。

1.2.1.3 特殊荷载

(1) 地震影响;(2) 车辆撞击荷载;(3) 架桥机架设荷载。

1.2.2 荷载取值

1.2.2.1 静荷载

(1) 圬工结构容重: PC轨道梁和桥墩盖梁取 26.0 kN/m³;桥墩墩柱及桩基础取 25.0 kN/m³。

(2) 二期恒载: 轨道梁下敷缆线和两侧腰部接触轨重量按 280 0 kg/m计算。

1.2.2.2 动荷载

(1) 单轨车辆设计荷载图式如图 2所示。

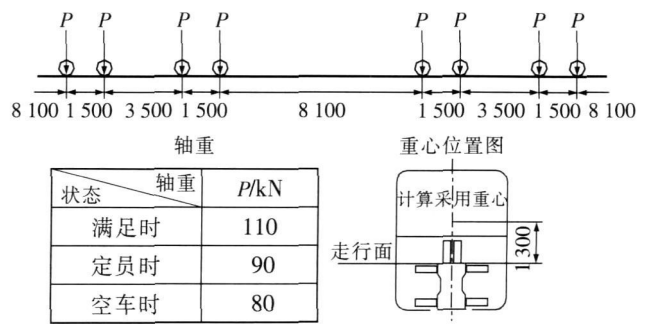


图 2 单轨车辆设计荷载图(单位: mm)

1.2.2.3 冲击荷载

钢筋混凝土梁和预应力混凝土梁的动力系数按下式计算:

$$\mu = 20 / (50 + L) \tag{1}$$

式中 L——计算跨径(m)

对于桥墩墩柱,按考虑及不考虑列车动力作用 2种工况,取对截面强度不利者控制设计。

1.2.2.4 离心荷载

曲线上车辆的离心荷载作用于车辆的重心高度并水平的作用于垂直轨道的方向,其大小按下式计算(不计冲击力):

$$F = (V^2 / 127 R) \cdot P \tag{2}$$

式中 F——离心荷载(kN);

V——行驶在该曲线上单轨车辆的最高速度(km/h);

R——曲线半径(m);

P——单轨车辆设计荷载(kN)。

轨道梁设计时,考虑超高的影响,以容许欠超高值(5%)计算离心荷载;以容许过超高值(3%)计算向心荷载;并按设计超高值考虑列车停止状态对轨道梁的影响。

下部结构设计时,不考虑超高影响,但当轨面计算超高值大于 12%时,以 12%超高值所对应行车速度计算离心荷载。

$$F_{\text{离}} = P \times \sin(\arctan 12\%) \tag{3}$$

1.2.2.5 车辆横向荷载

在行驶面高度处水平地作用于垂直轨道轴线方向的单轴移动集中荷载,其大小为单轨车辆设计荷载单轴重的 25%。

1.2.2.6 风荷载

基本风压值取 500 Pa。风荷载强度按《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—99)的规定办理。梁上有车时,风荷载强度按 80%计算。迎风面结构体的风荷载按 100%计算,背风面结构体的风荷载按 50%计算。

1.2.2.7 制动荷载和启动荷载

制动荷载及启动荷载是单轨车辆重心位置上作用于轨道方向的力,取单轨车辆设计荷载的 15%。对于

区间轨道梁桥墩,考虑制动荷载和启动荷载同时发生,其作用点为支座中心处。考虑制动荷载或启动荷载在固定支座和活动支座上的分配,参照日本资料按下述办理:

$$\text{固定端: } P_1 = T - 0.1R \quad (4)$$

$$\text{活动端: } P_2 = 0.1R \quad (5)$$

式中 T ——作用于梁跨内的水平荷载;

R ——作用于活动支座上的上部结构反力;

0.1 ——摩擦系数,且 $0.1R \leq T/2$

1.2.2.8 温度变化的影响

混凝土结构随温度升降用月平均气温为参照来确定取 $\pm 20^\circ\text{C}$ 。不均匀日照按温差考虑取 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

1.2.2.9 地震荷载

重庆地区地震基本烈度为 VI 度,本线高架桥构造上考虑设置防落梁措施。

1.2.2.10 碰撞荷载

可能被汽车直接碰撞的桥墩,应考虑碰撞荷载的作用,其作用点为路面以上 1.8 m 高度处,大小为:与车道平行的方向: 1000 kN ;与车道垂直的方向: 500 kN 。

1.2.2.11 架设荷载

按全线采用架桥机架梁、跨座式运梁车运梁的架运方案考虑。

1.2.3 工程材料

混凝土:盖梁: C40 级;墩柱: C35 级;

1.2.4 设计方法

(1) 按一个独立的桥墩,将最不利荷载作用于相应位置,曲线墩计算时,考虑曲线加宽和超高对荷载着力点的影响。

(2) 采用 SAP 系列结构分析程序,进行桥墩结构内力和变形计算;采用“钢筋混凝土任意形状受弯截面正应力计算程序 (SECO)”进行截面配筋设计。

1.2.5 墩柱主要计算结果

本设计墩柱混凝土压应力在 $13.5 \sim 14.4\text{ MPa}$ 之间,钢筋应力在 $160 \sim 204\text{ MPa}$ 之间,裂缝宽度控制在 0.20 mm 内,满足《铁路桥涵设计规范》的有关规定;墩柱面积配筋率在 $1.18\% \sim 2.0\%$ 之间,体积配筋率在 170 kg/m^3 左右,可见,设计是合理的。

1.3 位移控制

由于单轨车辆转向架的性能要求,相邻两跨梁片横向水平折角不能超过 $9/1000\text{ rad}$ 扣除施工误差 $5/1000\text{ rad}$ 由于运营产生的位移造成的横向水平折角不能大于 $4/1000\text{ rad}$ 由此可见,一般 20 m 跨度的最大位移应控制在 40 mm 以内。

2 倒 L 形桥墩、门式刚架墩

由于线路基本走行城市中心地带,受城市的路口、建筑、各类管线等条件的影响很大,在某些位置设置 T 形桥墩无法满足各方面的要求,于是当线路中线偏离

城市道路中线 0.5 m 以内时,采用倒 L 形桥墩 (见图 3);当轻轨线路中线偏离城市道路中线超过 0.5 m 时,或左右线间距由于设岛式站台或设折返线较大时,采用门式刚架墩 (见图 4)。对这 2 种墩形计算荷载的考虑同 T 形桥墩。这 2 种墩型,对城市中的高架桥,在孔跨布置和避让管线上提供了成功的实例。

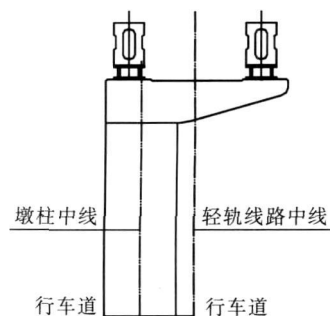


图 3 倒 L 形桥墩示意图

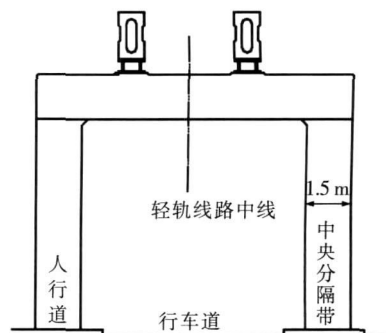


图 4 门式刚架墩示意图

3 支承垫石

3.1 支承垫石的特点

对于跨座式轻轨的桥墩,其特点还体现在支承垫石的设计上。单轨交通系统中的轨道梁,既是承重的结构物,同时又是车辆的运行轨道。所以线路的纵坡、横坡、平曲线、竖曲线均要通过轨道梁来体现,为了使轨道梁能将平纵面上的曲线线性体现出来,每个支承垫石的中心坐标、垫石顶标高、方位角、横坡都必须与其上的轨道梁一一对应,由于每一片轨道梁的梁高,线性不完全相同,因此,每一块支承垫石的各项数据均需要根据与之对应的轨道梁的参数进行计算。在设计过程中,对于支承垫石各项参数的计算精度都很高,根据 PC 轨道梁支座处的梁高、线路纵坡 i 、曲线半径 R 、线间距 S 等参数计算出支承垫石顶面的横坡 j 及支座法线与梁缝中心线间夹角 α (见图 5)。对每一块支承垫石用坐标、标高、方位角进行了准确的定位。

3.2 墩梁并举

通过设计过程中的反复论证,发现在直线地段,支承垫石的各项参数能通过设计精度和施工精度进行控

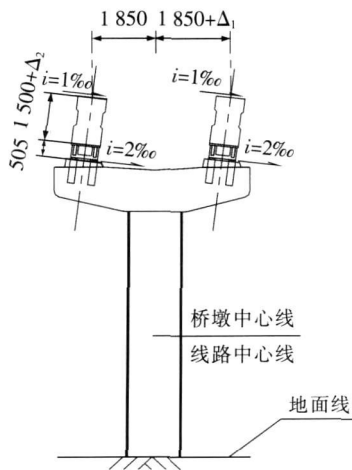


图 5 桥墩支承垫石 (单位: mm)

制,因此重庆轻轨“较新线”一期工程中采用了“墩梁并举”,即在直线上的PC轨道梁的施工与桥墩的施工是同时进行,而不象日本的单轨工程是先施工完桥墩,再根据对已施工完的桥墩的测量,确定轨道梁的线性后再预制PC轨道梁。从重庆轻轨“较新线”一期工程铺设的过程和结果来看,设计是完全达到了预期的目的。同时也突破了日本的“先墩后梁”的模式。大大缩短了施工周期。

4 盖梁钢筋布置

对于跨座式轻轨的桥墩,其特点还体现盖梁内部的钢筋布置。由于每一个铸钢拉力支座的锚箱(见图6)和支座固定支架是预埋在盖梁内一定深度,而且通过上述可知,锚箱位置的要求是十分准确的,因而在盖梁的计算及钢筋的布置中,就不得不考虑支座锚箱对盖梁钢筋布置的影响。因而在锚箱位置处,布置了竖向的架立筋,既满足了钢筋构造上的要求,也使锚箱与盖梁内的钢筋联为整体,增强了支座锚箱的稳定性。

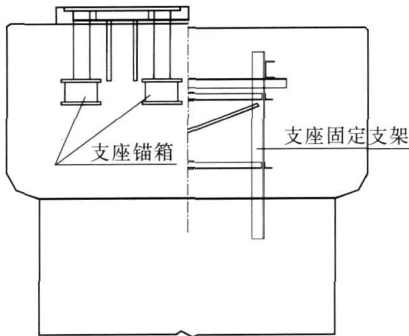


图 6 盖梁内部锚箱构造

5 排水设计

在区间桥墩的设计中,排水系统的设计也是十分重要的。由于采用的支座为铸钢支座,而且埋设在盖

梁中,需保证支座锚箱内的干燥。在设计过程中,在盖梁顶设置排水坡,将水汇集到盖梁中心处,在盖梁中心设置一根 $\phi 50$ 的PVC主排水管,在盖梁内部将支座锚箱套管排水管与盖梁中心的排水管连接,将盖梁顶面和支座锚箱的排水汇流到 $\phi 150$ 的PVC主排水管道中,主排水管通过墩柱,在靠近地面处弯出墩柱,将水排到路面的水沟(见图7)。

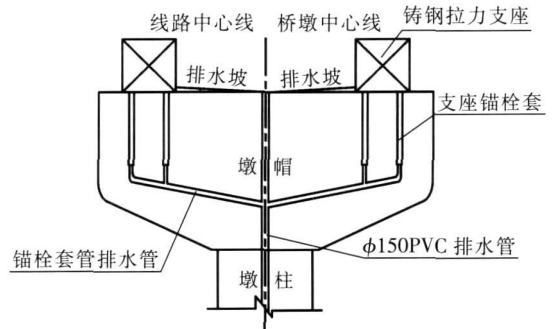


图 7 排水系统示意图

6 外专业接口

跨座式单轨是一个多系统的交通体系,电力、通信、信号等系统的各种管线及预埋件众多,设置在盖梁和桥墩上的预埋件同样也是影响设计的一个重要因素。因此在土建设计过程中,必须与各系统专业紧密配合,明确各种预埋件的位置。由于其他设备的安装总是在土建工程施工完毕之后,若事先各专业沟通不够,等到木已成舟,造成的损失将是巨大的。

7 结论

通过重庆轻轨“较新线”一期工程轨道梁桥墩盖梁的设计和施工实践,以及建成后的综合景观来看,虽然是首次在我国采用单轨技术,但盖梁和墩柱的设计,适应了单轨交通的特点,满足了施工的要求。为我国的城市轨道交通建设,在高架桥梁的结构、施工工艺要求、景观上,积累了一定的建设经验。并且通过精确的支承垫石参数的设计,实现了“墩梁并举”,突破了日本单轨工程“先墩后梁”的施工模式。

参考文献:

- [1] 日本道路协会. 单轨构造设计指南(中译本)[S].
- [2] TB 10002.1—2005 铁路桥涵设计基本规范[S].
- [3] TB 10002.3—2005 铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范[S].
- [4] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].
- [5] 陈扬义, 胡京涛, 于洋, 等. 重庆轻轨较新线一期工程施工图设计[Z]. 成都: 铁道第二勘察设计院, 2002

(编辑 赵立兰)