

# 城市轨道交通道岔连续梁设计研讨

王发星

南昌轨道交通集团有限公司地铁项目管理分公司 江西 南昌 330038

**摘要:** 随着城市轨道交通网络的快速发展和复杂化,高架区间道岔桥梁作为线路的关键节点,其设计直接影响行车安全、乘坐舒适性和运营维护效率。本文系统研究了高架段道岔区连续梁的设计理论与工程实践,首先分析道岔区桥梁的功能需求和结构特点,阐明了采用连续梁结构的必要性,然后重点探讨线-桥一体化协同设计方法、结构选型与布置原则、荷载特性与计算模型、刚度控制标准等核心技术问题。最后结合南昌市轨道交通1号线北延31.5+36+36+31.5m道岔连续梁工程案例,总结了设计优化策略和技术发展趋势,为同类工程设计提供参考。

**关键词:** 轨道交通;道岔;结构分析

## 1 引言

城市轨道交通高架线路网络化运营的需求催生了大量的配线设置,如站前站后渡线、车辆段/停车场出入线、正线间的联络线等,这些区域均需铺设道岔。道岔本身结构复杂、几何形态多变,对下部结构的变形和位移极为敏感。若简单采用简支梁跨越,往往会导致道岔被迫分割布置于多孔梁上,产生大量梁缝,不仅加剧了列车过缝时的冲击振动,影响乘客舒适度,更对道岔本身的几何形位保持、轨道电路的通断可靠性构成严峻挑战<sup>[1]</sup>。

道岔作为轨道结构的薄弱环节,其机械部件对下部基础的变形极为敏感。传统简支梁方案在道岔区形成众多梁缝,导致轨道几何不连续,引发列车冲击振动加剧、道岔部件寿命缩短、轨道电路工作不稳定等一系列运营维护难题。采用大跨度连续梁结构整体跨越道岔区,已成为解决上述问题的有效技术途径。道岔连续梁并非普通桥梁与道岔设备的简单叠加,而是承载特殊功能的复杂系统工程,其设计面临多专业交叉、多目标约束、多阶段协同的要求。

## 2 道岔梁设计的基本理论

### 2.1 道岔区桥梁的功能特点

道岔区桥梁具有功能复合性、结构复杂性和变形敏感性三大特点。其功能不仅包括承受列车荷载、保证结构安全,还必须为道岔设备提供稳定可靠的工作平台,确保道岔几何形位、转辙设备、轨道电路等正常使用。道岔设备对桥梁变形极为敏感,特别是尖轨、心轨等关键部件,对桥梁的竖向挠度、横向位移、梁端转角等有严格要求。

从结构力学角度看,道岔区桥梁是一种特殊的空间结构体系。道岔设备的布置决定了桥梁的平面形状,多条轨道的存在导致荷载作用位置变化复杂,桥梁结构需

要适应道岔区轨道线形的特殊要求。这种功能与结构的紧密耦合,使得道岔区桥梁设计必须采用不同于普通桥梁的设计理念和办法。

### 2.2 道岔梁设计要求

2.2.1 满足行车功能与结构安全原则:钢轨接头距梁缝距离应大于2m。为保证运营安全畅通,桥上道岔区范围应采用连续梁,即一组单开道岔、单渡线或交叉渡线应位于一联梁上,高架线道岔两端暂按设置单向钢轨伸缩调节器考虑,当调节器布置在梁端时,尖轨不可跨越梁端,尖轨尖端距梁端不应小于2m。钢轨伸缩调节器应与道岔位于同一联梁上。道岔前18m,道岔后18m不应设置变形缝。

2.2.2 铺设无缝道岔的桥梁应采用连续梁,孔跨宜采用等跨布置,最大跨度不宜大于48m,困难条件下跨度大于48m时应进行车岔桥动力仿真分析。相邻两联连续梁之间宜设置一孔及以上简支梁<sup>[2]</sup>。

## 3 道岔梁设计基本原则

3.3.1 安全优先原则:确保结构在施工及运营期间的绝对安全。

3.3.2 线-桥协同原则:线路平纵断面设计与桥梁结构设计同步进行、迭代优化。

3.3.3 刚度控制原则:将结构变形控制在道岔系统允许范围内。

刚度:控制活载挠度与相邻墩台不均匀沉降之和 $\leq L/2500$ ,以防止轮轨力异常增大。

转角:通过优化边跨比或设置辅助墩,将梁端转角严格限制在 $\leq 1.2\%o$ 内,防止转辙器区域轨排悬空。

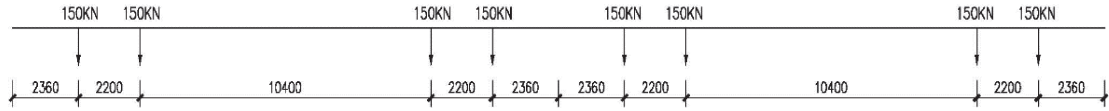
3.3.4 全寿命周期原则:兼顾施工可行性、运营维护便利性和经济性。

3.3.5 环境友好原则:控制振动噪声,注重景观协调<sup>[3]</sup>。

4 工程实践介绍

以南昌市轨道交通1号线北延工程为例，其列车采用

六辆编组B型车，车辆满载荷载列车轴重按150kN，轴距如下图（单位：mm）：



该项目昌北机场站至汇贤大道站正线区间及昌北停车场出入场线共同交汇于汇贤大道站小里程端，正线与出入场线以道岔形式互通。

在道岔区范围内设置道岔连续梁。根据无缝线路设计规范及轨道专业提资要求，道岔始端、终端至梁缝距离不小于18m，铺设无缝道岔的桥梁应采用连续梁，孔跨宜尽量等跨布置，且跨度不宜大于48m为原则，结合线路和限界条件实际，采用31.5+36+36+31.5m四跨预应力混凝土道岔连续梁形式。

4.1 结构形式

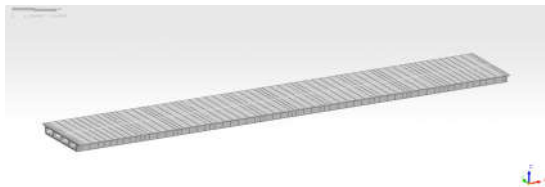
4.1.1 截面类型为单箱四室箱梁，梁端顶板、底板、腹板局部向内侧加厚。

4.1.2 本联等高箱梁，梁高2.5m，梁长135m，计算跨度133.7m，端横梁横桥向支座中心距7.5m，中横梁横桥向支座中心距6.75m；桥梁宽度为21.8m，采用三支座布置。

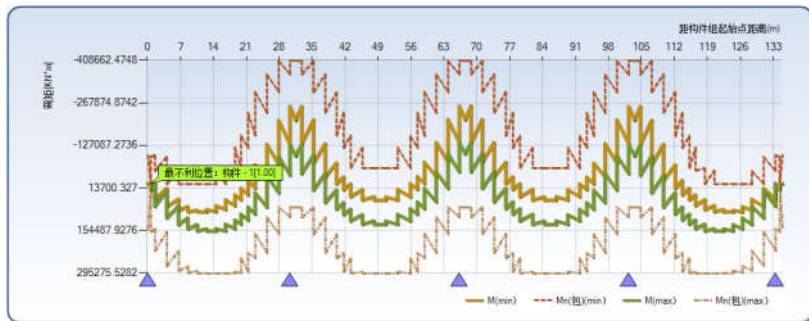
4.1.3 无砟轨道与梁体的连接方式：本设计采用无砟轨道底座直接在桥面设置的方式，在梁体施工时按照轨道专业要求预埋连接钢筋及套筒，连接钢筋应与梁体钢筋牢固连接；连接套筒应加防护盖，防止浇筑混凝土时落入杂物。箱梁灌注完毕后应对套筒进行防锈防尘处理。在底座板施工完毕后，应在底座板外侧铺设防水层，同时注意加强桥面与底座板连接处的防水处理。

4.2 主要设计计算成果

4.2.1 计算模型，如下图所示：



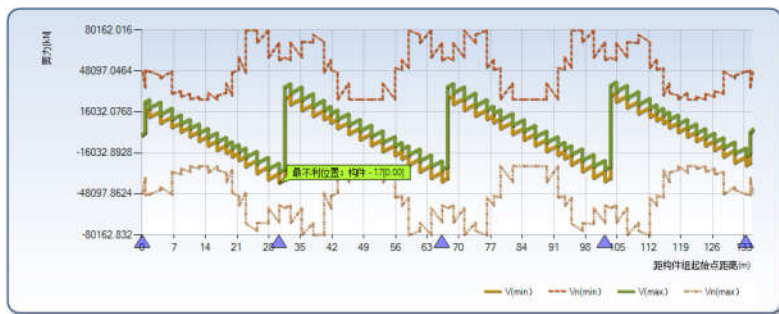
4.2.2 PSC梁正截面抗弯强度验算



图表 2 正截面抗弯强度验算包络图

结论：按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》（TB 10092-2017）第7.2.2、7.2.3条  $KM \leq M_n$  验算， $KM = 0.000 \text{ KN.m} > M_n = 0.000 \text{ KN.m}$ ，满足规范要求。

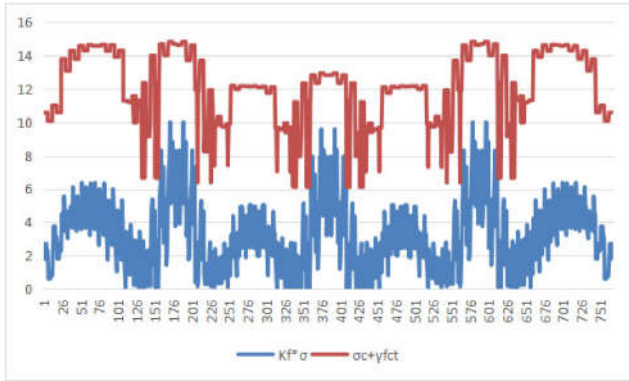
4.2.3 PSC梁斜截面抗剪强度验算



图表 3 斜截面抗剪强度验算包络图

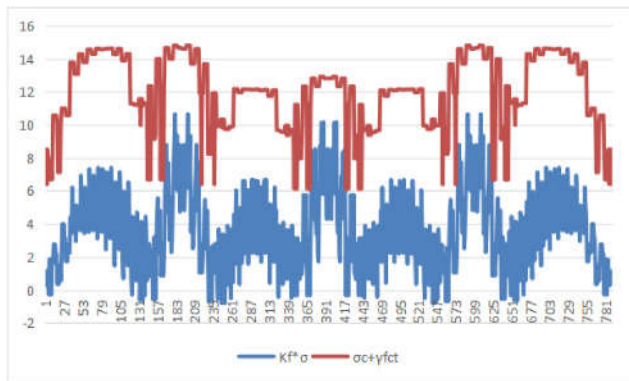
结论：按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092-2017)条第7.2.4条、附录C公式 $KN \leq V_n$ 验算， $KN = -39439.070 \text{ KN} \leq V_n = 56669.716 \text{ KN}$ ，满足规范要求<sup>[4]</sup>。

#### 4.2.4 PSC梁运营阶段正截面抗裂验算



图表 4-1 运营阶段正截面抗裂验算(主力)包络图

结论：按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092-2017)条第7.3.9条公式 $Kf\sigma \leq \sigma_c + \gamma f_{ct}$ 验算， $Kf\sigma = 9.57 \leq \sigma_c + \gamma f_{ct} = 12.93 \text{ MPa}$ ，满足规范要求。



图表 4-2 运营阶段正截面抗裂验算(主+附)包络图

结论：按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092-2017)条第7.3.9条公式 $Kf\sigma \leq \sigma_c + \gamma f_{ct}$ 验算， $Kf\sigma = 8.53 \leq \sigma_c + \gamma f_{ct} = 12.81 \text{ MPa}$ ，满足规范要求。

#### 4.2.5 PSC梁运营阶段混凝土剪应力验算

结论：按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092-2017)条第7.3.15条公式 $\tau_c \leq 0.17f_c$ 验算， $\tau_c = -2.637 \text{ MPa} \leq 0.17f_c = 5.695 \text{ MPa}$ ，满足规范要求。

#### 4.2.6 纵梁竖向挠度验算

结论：按照《城市轨道交通桥梁设计规范》(GB/T 51234-2017)条第6.0.1条规定，经计算，连续梁竖向静活载产生的最大挠度为：1.377mm(边跨)，2.234mm(中跨)，变形值分别为计算跨径的 $1/22512 < 1/1500$ ， $1/16114 < 1/1500$ ，竖向静活载引起的挠度满足规范要求，梁端转角为 $1.6\%o < 3\%o$ ，满足规范要求<sup>[5]</sup>。

#### 4.2.7 残余徐变变形计算

结论：经计算，收缩徐变产生的残余变形为：3.9mm(边跨)、1.7mm(中跨)，均小于5mm满足规范要求。

### 5 结论

(1) 道岔区连续梁设计必须坚持线-桥一体化理念，通过多专业协同、多轮迭代优化，找到结构合理性与功能适用性的最佳平衡点。

(2) 刚度控制是设计的核心，应建立基于可靠度理论的精细化控制标准体系，综合采用结构措施与施工控制手段，确保长期运营条件下道岔几何形位的稳定。

(3) 针对小半径曲线、场地受限等特殊工况，可采用曲梁直做、混合结构等创新解决方案，结合主动减振技术，满足环境友好性要求。

(4) 未来应积极推进智能化设计方法与新材料、新技术的应用，推动道岔区桥梁向更安全、更经济、更智能、更绿色的方向发展。

### 参考文献

- [1] 中国铁道科学研究院. 城市轨道交通高架结构设计关键技术研究[R]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2023.
- [2] 邵旭东, 孔小璇, 邱明红, 等. 先简支后连续混凝土梁负弯矩区UHPC“T形”湿接缝试验研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2021(3): 1-13.
- [3] 邓洁, 李晓林, 曹峰. 基于荷载试验的桥梁检测分析[J]. 工程建设与设计, 2022(12): 159-161.
- [4] 武隽. 多线地铁列车-高架桥耦合系统动力分析[J]. 振动、测试与诊断, 2023, 43(2).
- [5] 张鹏飞, 黄安琪, 胡达贵. 刚构桥上无砟轨道无缝线路静力特性分析[J]. 华东交通大学学报, 2023(2).