

# 铁路现浇十字连续梁支架稳定性优化方案研究

王欢

中国水利水电第七工程局有限公司轨道交通分公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i4.6693

**[摘要]** 本论文针对铁路现浇十字连续梁施工中的支架稳定性问题，系统地分析了影响支架稳定性的关键因素，并通过理论计算、数值模拟与现场试验相结合的方法，提出了全面的支架稳定性优化设计方案。首先对现有支架体系进行了深入概述和评估，随后从结构布局、材料选择、节点连接、预应力技术应用以及施工工艺等方面实施了一系列创新性改进措施。研究成果不仅显著提升了支架系统的承载能力及稳定性，而且兼顾了经济效益与施工便捷性。本文所提出的优化方案在实际工程中表现出良好的适用性和可靠性，为类似铁路桥梁建设项目提供了重要的参考价值。

**[关键词]** 铁路桥梁；现浇十字连续梁；支架稳定性；结构优化设计；施工过程控制

## Study on the stability optimization scheme of railway cast-in-place cross continuous beam support

Wang Huan

Sinohydro No.7th Engineering Bureau Co., LTD

**[Abstract]** This paper analyzes the support stability in the construction of railway cast-in-place cross-continuous beam, systematically analyzes the key factors affecting the stability of the support, and puts forward a comprehensive bracket stability optimization design scheme by combining theoretical calculation, numerical simulation and field test. Firstly, the existing bracket system is deeply summarized and evaluated, and then a series of innovative improvement measures are implemented from the aspects of structural layout, material selection, node connection, application of prestressed technology and construction technology. The research results not only significantly improve the carrying capacity and stability of the support system, but also take into account the economic benefits and construction convenience. The optimization scheme proposed in this paper shows good applicability and reliability in practical engineering, which provides an important reference value for similar railway bridge construction projects.

**[Key words]** railway bridge; cast-in-place cross continuous beam; support stability; structure optimization design; construction process control

## 1. 引言

### 1.1 研究背景与意义

随着我国高速铁路网络的快速发展和既有线路改造升级的需求增加，铁路桥梁工程中的复杂结构形式愈发常见，其中现浇十字连续梁因其跨越能力大、受力性能优良等特点，在铁路立交桥、交叉口及枢纽等重要节点得到广泛应用<sup>[1][2]</sup>。然而，此类梁体在施工过程中需依赖大型支架系统以确保其结构形态和承载安全，支架系统的稳定性和可靠性对整个施工过程的安全控制以及后期桥梁运营阶段的耐久性具有决定性影响。

近年来，国内外在铁路桥梁施工中多次发生由于支架失

稳引发的重大安全事故<sup>[3]</sup>，不仅造成经济损失，更严重威胁到施工人员的生命安全和铁路运输的正常运行。因此，深入研究并提出有效的铁路现浇十字连续梁支架稳定性优化方案，不仅是解决施工安全隐患的关键，也是提升我国铁路建设技术水平和安全保障能力的重要课题。

本研究通过探索新型材料应用、结构优化设计、荷载合理配置等一系列技术手段，旨在提高铁路现浇十字连续梁支架的稳定性能，推动铁路桥梁施工技术的创新与发展，为行业标准规范的完善提供技术支持，在经济层面实现建设工程项目的经济效益最大化，对于构建高效、安全的现代综合交通运输体系具有重要的社会价值。此外，研究成果的应用推

广也有助于提升我国铁路基础设施建设的国际竞争力。

## 1.2 国内外研究现状

近年来,我国在铁路桥梁施工支架稳定性的研究方面取得了显著进展。针对现浇十字连续梁支架体系,许多学者和工程技术人员进行了大量实践探索与理论研究。例如,武相坤等人<sup>[4]</sup>对我国铁路建设中常用的支架类型、受力特点及失效模式进行了深入分析,并提出了相应的安全控制措施。另外,也有研究通过有限元模拟和现场实测相结合的方式,探讨了不同工况下支架的变形规律以及影响其稳定性的关键因素<sup>[5]</sup>。然而,在如何实现支架结构优化设计以提高整体稳定性,同时兼顾施工便捷性和经济效益等方面的研究尚存在一定的发展空间。

国际上,发达国家在铁路桥梁支架系统的设计与稳定性研究领域同样积累了丰富的经验。例如,欧美等国家早在上世纪就已开始运用先进的计算方法和材料技术来提升桥梁施工支架的安全性能<sup>[6]</sup>。随着工程技术的进步,诸如预应力技术<sup>[7]</sup>、新型复合材料的应用<sup>[8]</sup>以及智能化监控系统的集成<sup>[9]</sup>等先进技术在支架设计中的应用日益广泛。尽管如此,面对复杂环境条件下的铁路现浇十字连续梁施工,尤其是在高荷载、大跨度等特殊工况下的支架稳定性问题,国际研究虽取得一定成果,但依然面临诸多挑战,如如何进一步量化并有效降低非线性效应、风荷载等因素对支架稳定性的影响<sup>[10][11]</sup>。

然而,针对特定复杂工况下的支架优化设计及其稳定性的精确评估,以及如何将研究成果转化为更加经济、安全、高效的施工方案,仍需持续深化研究与实践创新。本文将基于在现有研究的基础上,提出一套具有针对性的铁路现浇十字连续梁支架稳定性优化方案,以期填补当前研究的空白,为行业提供新的理论指导和技术支持。

## 2. 理论基础与计算方法

### 2.1 铁路现浇十字连续梁支架体系概述

铁路现浇十字连续梁因其结构复杂、受力性能优越,在跨线立交、交通枢纽等场合被广泛应用。其施工过程中,支架体系作为临时支撑结构,对于保证混凝土浇筑时的几何尺寸精度和结构整体稳定性至关重要。

支架体系包括地基处理及支架底部的基础构造,确保支架能够安全稳定地坐落在地基上,承受来自上部结构及其自重的各种荷载。主体结构采用碗扣式钢管支架、贝雷片组合支架或其它新型材料制成的主体框架,根据设计要求形成适宜的竖向和横向支撑体系,为模板系统提供稳定的支承平台。支架的模板是实现梁体形状和尺寸精确成型的关键,包括侧模、底模以及预留孔洞和预应力管道位置的特殊模板,与支架紧密结合以形成完整的工作面。支架之间的连接节点采用高强度螺栓或焊接等方式固定,同时配备必要的斜撑、剪刀撑等构件以提高整

个支架体系的整体刚度和稳定性。

设计铁路现浇十字连续梁支架体系时,需要遵循安全性、经济性、施工便捷性和环境适应性等原则,综合考虑桥梁跨度、梁体重量、施工顺序、温度效应、风荷载等因素的影响。其中,针对大跨度铁路连续梁,支架需具有足够的强度和刚度以抵抗巨大的弯矩和剪力;同时,要确保模板安装精度以满足混凝土浇筑后梁体线形和尺寸的严格要求。在施工过程中,要考虑列车运行可能带来的振动影响以及气候变化对支架变形的影响,合理设计和采取相应措施以保持支架的稳定状态。

### 2.2 支架稳定性影响因素分析

支架稳定性是铁路现浇十字连续梁施工过程中的一项关键指标,其安全性直接关系到整个桥梁结构的质量和施工安全。本节将深入探讨影响支架稳定性的主要因素,为后续的优化方案提供理论依据。主要影响因素如下:

(1) 立杆间距与步距:立杆的布置方式及其间距、水平杆的步距决定了支架整体的刚度和承载能力。过大或过小的间距可能导致局部失稳或材料浪费。

(2) 连接节点强度与刚度:扣件、焊接点等连接部位的力学性能对支架的整体稳定性至关重要,连接失效可能导致支架在受力时产生局部破坏。

(3) 竖向支撑体系:竖向剪刀撑、斜撑等构件的设计与布置直接影响支架侧向稳定性,缺乏有效竖向约束会导致支架在侧向荷载下失稳。

(4) 搭设顺序与方法:支架的搭建顺序以及每一步骤的操作质量均会对最终稳定性造成影响,合理的施工流程可以减少累积误差和非预期变形。

(5) 预压与加载过程:预压荷载的选择和加载方式对于检查支架体系的实际承载能力和潜在缺陷具有重要作用。

(6) 模板系统安装精度:模板与支架之间的相互作用同样会影响支架稳定性,如模板偏位、固定不牢会增加额外的不稳定因素。

(7) 荷载:包括支架自重、模板重量、混凝土浇筑后的自重及可能的附加设备重量等,需要确保支架有足够的承载能力来承受这些静态荷载。还包括如施工人员、机械、物料堆放等引起的活荷载,以及混凝土浇筑过程中产生的冲击荷载和泵送压力等动态荷载。也需要考虑环境荷载,包括风荷载、温度变化导致的热胀冷缩效应、地震作用等自然条件对支架稳定性的影响也不容忽视。

(8) 钢管材质与规格选择:钢管作为支架的主要承重部件,其材料强度、壁厚、防腐蚀处理等性能都会对支架长期使用中的稳定性有直接影响。

### 2.3 支架稳定性评估

对于稳定性的评估,本文运用结构力学原理,建立铁路现

浇十字连续梁支架体系的力学模型,包括线性静力分析、非线性分析以及动力学分析,计算在施工过程中不同阶段的受力状态和变形情况。借助 ANSYS 等专业有限元软件,模拟实际工况下的荷载传递路径和应力分布,评估支架在各种复杂荷载组合下的稳定性和承载能力。对搭设完成的支架进行预加载试验,观察其变形特性并记录相关数据,确保支架在设计荷载下满足刚度和强度要求。通过安装传感器实时监控支架在施工过程中的应变、位移等参数变化,为支架稳定性提供实测依据。还通过计算支架构件的安全储备及整体结构的安全系数,以确保其满足规范要求 and 工程实践经验,防止因超载或突发荷载导致的失稳问题。

### 3. 支架稳定性优化方案设计

在设计铁路现浇十字连续梁支架稳定性优化方案时,本文遵循安全性优先原则,以保证支架体系能够在施工过程中承受各种预期和非预期荷载而不发生失稳现象;经济性原则,以通过合理选材、结构简化和标准化设计,降低支架的建造成本和后期维护费用;施工便捷性原则,考虑支架的快速安装、拆卸以及可重复使用,减少现场施工周期和劳动强度;适应性原则,根据工程实际条件(如地质、气候、施工工艺等)及桥梁结构特点进行定制化设计。

对于结构形式的优化设计,本文提出通过对原有支架系统中立柱间距、横杆步距和剪刀撑布置的优化调整,提高整体结构刚度和承载能力,同时满足变形控制要求。采用高强度、高耐久性的连接节点,并结合有限元分析优化节点力学性能,减少应力集中,增强局部稳定性。针对十字交叉处梁体受力复杂的特点,设计特殊临时支撑装置,确保关键部位的稳定。

对于材料选择与组合的优化,本文探索并采用了高性能钢材、铝合金或其他复合材料作为主要承重部件,减轻支架自重,改善其动力性能。研究了将预应力技术应用于支架结构的可能性,以提高结构的整体稳定性及抵抗疲劳破坏的能力。

对于施工过程控制的优化,本文制定了科学合理的预压加载程序,模拟施工阶段可能遇到的最大荷载状态,检验支架系统的安全储备。利用智能传感器实时监控支架的应力、应变和位移变化,通过数据分析预测潜在风险,及时采取补救措施。

通过上述结构优化、材料选择、施工工艺控制等方面的综合设计,形成了一套完整的铁路现浇十字连续梁支架稳定性优化方案,旨在实现施工过程的安全高效,提升工程质量,降低工程风险。

### 4. 结论

本文针对铁路现浇十字连续梁支架稳定性问题,进行了

深入的理论分析与实践探索,并提出了切实可行的优化方案。在对支架体系进行详细概述的基础上,论文重点分析了影响支架稳定性的主要因素,包括结构设计参数、施工工艺与操作、荷载效应以及材料性能等,为后续的优化工作提供了理论依据。系统地评估了现有支架体系的稳定性表现,并基于此提出了一系列结构优化措施。这些措施涵盖了改进立柱与横杆布局、创新节点连接方式、选择更优材料以降低自重、应用预应力技术、强化施工过程控制等方面,旨在提高支架的承载能力、刚度及整体稳定性。

本研究丰富了铁路现浇十字连续梁支架稳定性的理论研究内容,为我国乃至国际上同类桥梁工程的设计与施工提供了重要的参考与借鉴。然而,也应注意到,随着新材料、新技术的不断发展,未来还需持续关注新型支架结构的研发与应用,以及环境因素对支架稳定性的影响,进一步推动铁路桥梁施工技术的进步与完善。

### 【参考文献】

- [1]杨峰.连续梁现浇支架组合方案在现场的应用与分析[J].安徽建筑,2018,24(02):143-146.
  - [2]吴洪举.单线铁路现浇连续梁满堂脚手架施工技术[J].价值工程,2015,34(06):127-129.
  - [3]康霄汉.平单轴光伏支架扭转气动失稳特征试验研究[D].石家庄铁道大学,2023.
  - [4]武相坤,王小兵,张元师等.市域铁路双线筒支箱梁支架预压技术研究[J].价值工程,2023,42(33):73-76.
  - [5]陈建军,刘延昭,吴高创等.杭州某国道明挖下穿对既有市政高架桥墩影响分析[J].地基处理,2023,5(06):527-533.
  - [6]Hayashi, K., Okura, M., Fukuda, K. Safety Construction Management for a Long-span Arch Bridge erected by means of the Cable Erection Method[J]. Journal of Construction Management, 1995, 3, 185-194.
  - [7]李超,张科研,李建等.浅析预应力技术在桥梁施工中的应用[J].四川建材,2023,49(11):135-136+139.
  - [8]郭晨明,赵启林,张利伟等.轴压荷载下新型复合材料圆柱壳破坏机理[J].工业建筑,2023,53(S2):682-685.
  - [9]何洪洋,白昕,张乐斌等.工程项目中的全过程智能监控技术应用[J].电子技术,2023,52(01):328-330.
  - [10]郑小雨.大跨径斜拉桥成桥及施工阶段的几何非线性影响分析[D].北京交通大学,2019.
  - [11]马文勇,柴晓兵,马成成.柔性支撑光伏组件风荷载影响因素试验研究[J].太阳能学报,2021,42(11):10-18.
- 作者简介:王欢,工程师,从事铁路技术管理工作。