

瓦斯突出矿井中运用区域预抽以及保护层开采的技术,用突出危险预测指标来优化技术参数,从源头减少瓦斯突出的可能性。另一方面,企业要加大技术研发投入,组建专业的技术研发团队,根据矿井实际情况对现有的治理技术进行改进升级,开发出有针对性的瓦斯治理技术方案。同时建立技术试点推广制度,对于引进的新技术先在小范围内进行试验,总结经验后再推广。加强技术交流与合作,组织技术人员参加行业研讨会、培训班等,学习先进的瓦斯治理技术和经验,同同类矿井开展技术共建共享,提高企业的技术创新能力。

4.3 强化安全管理制度执行力度

首先,提高矿井管理层对瓦斯治理安全管理的重视程度,通过定期召开安全专题会议、组织管理层参加瓦斯事故案例警示教育等方式,树立“安全第一、预防为主、综合治理”的理念,摒弃重生产、轻安全的思想,将瓦斯治理安全管理工作纳入矿井的重要议事日程,与生产任务同部署、同考核、同奖惩。健全制度监督考核机制,成立安全、技术、生产等部门人员组成的专门监督检查小组,采取日常巡查和专项检查相结合的方式,定期对瓦斯治理安全管理制度执行情况实施监督检查,建立问题台账并实行闭环管理,对违反制度的行为加大处罚力度,对严格执行制度的班组和个人进行表彰奖励,奖惩分明,发挥制度的约束作用。同时应确定各职能部门及人员在瓦斯治理方面的职责,明确责任清单,从矿长到一线作业人员各个岗位的职责要细化到人,签订安全责任书,定期开展责任落实情况的考核,防止出现责任不明、互相推卸的现象。健全协同配合机制,每月召开跨部门协调会议,加强通风、抽采、采掘等有关部门之间的沟通协调,共享瓦斯监测数据和治理进展信息,形成瓦斯治理工作合力,提高瓦斯治理工作效果。

4.4 提升从业人员综合素养

一是建立完善的从业人员培训体系,根据不同的岗位要求,制定有针对性的培训计划。对一线作业人员开展瓦斯治理专业知识、安全操作规程、应急处置措施等内容的培训,定期组织考核,考核合格后方可上岗作业,建立培训档案记录培训及考核情况,考核不合格者进行补训补考;对专业技术人员开展先进瓦斯治理技术、设备操作与维护等方面的培训,邀请行业专家进行专题授课,提高专业技术能力。同时采用线上和线下相结合的培训方式,用网络课程、现场

实操、模拟演练等多种方式,增设VR虚拟井下场景培训模块,提高培训效果。二是加大人才引进力度,制定优惠的人才引进政策,招聘具有丰富瓦斯治理经验的专业技术人员和高质量的作业人员,优化从业人员队伍结构,建立人才梯队培养计划,给年轻员工提供成长通道。三是加强从业人员安全生产意识教育,用典型瓦斯事故案例分析、安全讲座、应急演练等方式,在每季度组织一次全员安全警示教育,使从业人员充分认识到瓦斯事故的危害性,抛弃侥幸心理。创建安全行为激励机制,对遵章守纪、及时发现隐患的人员进行奖励,促使从业人员自觉执行安全操作规程,提高安全防范意识。推行师傅带徒制度,用有经验的老员工对新员工进行一对一的指导,传授实操技能和安全经验。

5 结语

综上所述,高瓦斯矿井瓦斯治理安全管理属于一项复杂的系统工程,关乎到矿工的生命安全、企业的发展以及国家能源安全。目前,中国高瓦斯矿井瓦斯治理安全管理还存在着监测预警系统不健全、技术应用滞后、制度执行不到位、从业人员素质参差不齐等突出问题,这些问题严重影响了瓦斯治理效果的提高,增大了瓦斯事故的发生风险。因此必须采取有针对性的改进措施,从改善监测预警系统、推广应用先进技术、加强制度执行力度、提高从业人员素质等几个方面入手,全面提升高瓦斯矿井瓦斯治理安全管理水平。

参考文献

- [1] 柴兆庭. 高瓦斯矿井Y型通风瓦斯治理技术研究分析[J]. 山西化工, 2024, 44(12): 173-175.
- [2] 张长远, 张亚波, 汤笑飞. 快速水封技术在高瓦斯矿井工作面瓦斯燃烧事故中的应用[J]. 能源技术与管理, 2024, 49(06): 144-146+195.
- [3] 王向如. 高瓦斯矿井通风技术研究[J]. 能源与节能, 2024, (12): 105-107+111.
- [4] 李鹏飞. 煤矿高瓦斯矿井通风技术研究[J]. 西部探矿工程, 2024, 36(12): 102-104.
- [5] 黄友金, 覃佐亚, 陈滔, 等. 高瓦斯矿井回风隅角瓦斯治理技术应用[J]. 江西煤炭科技, 2024, (04): 149-151+159.
- [6] 王凯. 高瓦斯矿井煤层注水防尘技术研究[J]. 山西化工, 2024, 44(10): 187-188+232.

Analysis of the Mechanical Characteristics of the Construction Process of Long-span High-speed Railway Bridge

Yunnan Gao

China Railway 12th Bureau Group Fourth Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710024, China

Abstract

Large-span high-speed railway bridges play a pivotal role in China's high-speed rail infrastructure development. Their construction processes involve complex stress variations, frequent structural system transitions, and highly sensitive stress states. During the construction phase, these bridges operate under nonlinear stress systems with significant differences in structural stiffness and internal force distribution across stages. Improper control may lead to stress concentration, alignment deviations, and structural safety hazards. This study focuses on a typical large-span high-speed railway bridge, systematically analyzing critical factors including structural system transitions, construction load transfer, temperature effects, and creep impacts based on mechanical characteristics during the construction phase. Through finite element simulations and monitoring data comparison, the stress patterns of main girders, cable towers, and support systems during construction are revealed, with corresponding optimization control strategies proposed. The research demonstrates that rational construction control and phased mechanical adjustments can effectively reduce stress peaks and enhance structural stability, providing significant guidance for safe construction and bridge performance in high-speed railway projects.

Keywords

long-span high-speed railway bridge; construction mechanics; structural system conversion; force analysis; finite element simulation; deformation control

大跨度高铁桥梁施工过程中力学特性分析

高云南

中铁十二局集团第四工程有限公司, 中国·陕西 西安 710024

摘要

大跨度高铁桥梁在我国高速铁路建设中占据重要地位, 其施工过程的受力变化复杂、体系转换频繁、应力状态敏感。桥梁在施工阶段处于非线性受力体系, 各阶段结构刚度与内力分布差异显著, 若控制不当易导致应力集中、线形偏差及结构安全隐患。本文以典型大跨度高铁桥梁为研究对象, 基于施工阶段力学特征, 系统分析了结构体系转换、施工荷载传递、温度效应及徐变影响等关键因素。通过有限元仿真与监测数据对比, 揭示施工过程中主梁、索塔及支撑系统的受力规律, 并提出相应的优化控制策略。研究表明, 合理的施工控制与阶段性力学调整可有效降低应力峰值、提高结构稳定性, 对高铁桥梁的安全施工与成桥性能具有重要指导意义。

关键词

大跨度高铁桥梁; 施工力学; 结构体系转换; 受力分析; 有限元模拟; 变形控制

1 引言

高铁桥梁结构以刚度大、精度高、受力复杂为主要特征, 其中大跨度桥梁因跨越河流、峡谷或城市核心区而成为线路中的控制性工程。施工阶段是桥梁力学特性最复杂的时期, 结构体系尚未闭合, 受力路径不断变化, 环境温度、材料性能、施工荷载及设备支撑均会引起内力重分布。与成桥状态相比, 施工过程中的结构处于非平衡状态, 其力学特征具有明显的阶段性与动态性。若施工控制不当, 可能造成结构残

余应力积累与长期变形, 对成桥后的安全与耐久产生影响。本文从结构受力机理出发, 探讨大跨度高铁桥梁施工全过程的力学特性, 分析影响因素与控制要点, 并通过工程实践验证分析模型的准确性, 为施工监控与优化提供理论依据。

2 大跨度高铁桥梁的受力体系与力学特征

2.1 结构体系的演变规律

大跨度高铁桥梁在施工阶段经历了从单悬臂、对称悬臂到合龙成整体的体系转换过程。在每一施工阶段, 受力体系有所不同, 结构刚度与内力分布随着施工进度的推进而动态变化。在悬臂拼装阶段, 主梁的受弯刚度较弱, 悬臂端产生较大的挠度, 导致索塔承受更大的弯矩和剪力, 结构表现

【作者简介】高云南(1998-), 男, 中国辽宁阜新, 本科, 助理工程师, 从事测绘工程研究。

出明显的非线性特征。随着施工的推进，合龙阶段标志着体系的突变，结构由不平衡的受力状态转变为整体受力，索力及主梁内力重新分配。如果控制不当，这一过程中可能会导致残余应力和线形偏差，影响桥梁的最终结构稳定性与承载能力。因此，必须在每个阶段进行精确的结构分析和监控，确保每一阶段的变形和应力分布在可控范围内，避免因施工不当造成不必要的结构问题。

2.2 施工阶段荷载传递路径

在大跨度斜拉桥或连续梁桥的施工过程中，荷载主要通过临时支架、挂篮和斜拉索传递。每一阶段的荷载传递路径都具有暂时性，并且随着施工进度发生变化。施工荷载与结构自重共同作用，主梁、塔柱和基础之间的力流关系变得复杂。悬臂拼装结构中，挂篮荷载的偏心会导致主梁产生附加扭矩，增加结构的复杂性。此外，塔柱在索力作用下，水平位移趋势明显，进一步增加了荷载传递的不均匀性。在高铁桥梁中，这种不均匀荷载传递问题尤为突出，需要通过精确计算来控制索力与临时支撑反力，从而实现应力的均衡。这一过程的优化能够有效防止施工阶段出现过度变形或力学不平衡，确保桥梁在施工过程中的稳定性与安全性。

2.3 施工材料与环境因素的影响

高铁桥梁施工中，材料的性能对结构的力学状态具有直接影响。高性能混凝土和高强钢是主要材料，其弹性模量和徐变性能对受力特征具有重要作用。混凝土在早龄期弹性模量较低，在张拉索力或合龙阶段可能产生附加应变，影响结构的稳定性。此外，环境温差也是影响结构力学状态的重要因素，日夜温差的变化可引起桥梁结构的非均匀变形，尤其在主梁与索塔的连接处，容易形成附加内力。这种温差引起的应力波动可能影响结构的长期稳定性，因此，施工阶段的温度控制与材料养护成为力学稳定性保障的关键环节。通过有效的温控措施和材料养护，能够减少温差带来的不利影响，确保桥梁施工过程中的结构力学行为得到良好控制，最终实现桥梁结构的稳定与高效运行。

3 施工过程中的力学分析方法与数值模拟

3.1 分阶段施工分析原理

分阶段施工分析是研究施工过程中结构力学行为的重要方法，通常采用分阶段有限元法将施工过程划分为若干独立工况，以模拟结构的逐步加载与体系转换。这种方法能够准确反映内力与变形演化的规律，并且考虑到结构非线性、材料徐变收缩以及温度荷载等因素的影响。通过节点释放与单元激活技术，可以模拟施工过程中各个状态的逐步形成，使得计算模型更加接近实际施工情况。在各个阶段的分析中，关键部位的应力、挠度及索力分布等重要参数被逐步获得，为施工过程中的控制与调整提供了科学依据。此种分析方法能够精确预测施工过程中可能出现的变形与受力变化，确保施工过程的稳定性与安全性，尤其对于大跨度桥梁的悬

臂施工至关重要。

3.2 有限元模型建立与参数校核

有限元模型的建立是施工阶段力学分析的基础，需涵盖主梁、索塔、斜拉索及支撑系统等关键构件。主梁通常采用梁单元或壳单元进行建模，而斜拉索则采用索单元，并考虑几何非线性特性。为了更精确地反映施工过程中的实际变化，模型的边界条件会根据不同施工阶段进行调整，支座与支架节点通常设为弹性约束。材料参数的选取需要基于试验数据与设计标准进行校核，确保模型计算的精度。在实际施工过程中，现场监测数据的对比验证是非常重要的步骤，模型的可靠性通过误差控制在5%以内得以验证。通过合理的有限元建模与参数校核，可以确保分析结果的准确性与可操作性，为后续的施工决策提供可靠依据。

3.3 典型荷载工况的数值分析

在施工阶段，多个关键工况如挂篮加载、斜拉索张拉、合龙封顶及支架拆除等，均会对结构的受力状态产生重要影响。数值模拟结果表明，悬臂段长度每增加10米，主梁端的弯矩约增加15%，而塔柱的横向位移则呈现出非线性增长趋势。这些变化表明，随着施工的推进，结构的受力分布与变形情况会不断变化。尤其是在合龙瞬间，主梁内力会迅速重分布，导致边跨与中跨弯矩发生反向变化。这一过程的分析结果为索力调整和变形控制提供了重要参考，确保合龙后结构的受力得到平衡。通过数值分析，施工团队能够及时发现潜在问题并进行有效调整，优化施工进度与施工质量，确保桥梁结构在整个施工过程中的稳定性与安全性。

4 施工阶段主要结构的力学特征分析

4.1 结构变形监测与反馈控制

在大跨度桥梁的施工过程中，监测与反馈控制技术对确保结构安全与稳定具有至关重要的作用。施工监测系统通常通过全站仪、位移传感器、应变计等设备，实时采集主梁挠度、塔顶位移、索力等关键数据。这些数据会被实时传输到控制中心，与理论计算结果进行比对，形成动态反馈机制。当监测数据与设计偏差较大时，控制系统将根据反馈信息及时采取相应的调整措施，例如改变张拉顺序、增加临时支撑或调整施工节奏等。通过闭环控制，施工中的结构变形可以得到有效修正，从而确保施工过程中的结构稳定性与安全性。动态反馈控制使得施工过程中的潜在问题得以及时识别并加以解决，避免了结构失稳风险，优化了施工质量，提高了工程施工的科学性与准确性。

4.2 温度效应与施工应力控制

温度变化对大跨度桥梁的影响在施工阶段尤其显著。温度梯度变化可能导致桥梁结构的膨胀或收缩，从而影响其力学性能，进而对施工进度和结构安全产生不利影响。因此，施工过程中应特别重视温度的监测工作，设置温度观测点，实时监控梁体与塔柱表面温度的变化。为了有效控制温度对