

# 高速铁路构造设计及监测技术

尹 钟

成都锦城学院 土木与环境工程学院 四川成都 611731

**摘要:** 通过对中国高速铁路研究现状及发展战略的介绍, 结合国内轨道监测技术发展和应用情况, 通过构造措施、基于车辆检测的检测技术及轨道结构安全服役状态论述高速铁路基础设施体系的发展构架和设想。

**关键词:** 高速铁路; 构造设计; 检测技术

## 引言:

中国高速铁路近年来的建设发展有目共睹, 充分利用中国的高速铁路优势构建连接丝绸之路经济带的交通运输网络, 将有利于促进国家战略构想的早日实现, 中国高速铁路“走出去”战略与“一带一路”倡议不谋而合。近年来, 先后推进了莫喀、伊安等高速铁路项目, 其中雅万高速铁路更是中国高速铁路从技术标准、勘察设计、工程施工、装备制造和运营管理全方位整体走出去的第一单。在“一带一路”建设和未来运维过程中将会遇到火山灰沉积区、深季节冻土区、高温沙漠区、构造活跃区等不良地质条件与极端气候, 高速铁路线下基础运营安全已经成为制约工程建设和运维的关键难题<sup>[1-3]</sup>。

基于现有的研究, 充分发挥合作各方技术力量及优势资源的原则, 实现“一带一路”沿线典型复杂环境条件下路基、轨道、边坡等安全服役状态演化规律与评估方面的重大理论与技术突破, 建立服务于时速400公里及以上标准的高速铁路轨道-路基实时在线监测安全评估技术和评估预警系统, 提升我国高速铁路技术在“一带一路”沿线的适应性, 对完善和输出我国高速铁路技术、引导和推动相关国家参加“一带一路”建设具有重要意义。

## 一、构造措施

为使高铁的运行速度最大化, 高速铁路系统的轨道子系统应确保车辆在轨道上行驶, 包括在空旷的区域移动和引导车辆, 并安装安全设备以确保这一功能的执行。应设置的永久性固定装置包括: 不设方向开关和十字路口的路段, 用于改变车辆运动方向的道岔和平交道口, 允许在特殊条件下通过障碍物的桥梁和隧道等结构, 必要的安全设备和保护设备。

高铁线路的轨道彼此应保持较大的间距, 两列火车通过后, 可能的速度总和将为800公里/小时, 轨道中间之间的最小间距应进一步增大, 建议为6米。双轨线路

路基顶层宽度应至少为14.5米。高速线路的路基比常规线路的路基要深。为了进行可行性研究, 路堤和支路应按照3/2(基高)的比例建造。次压层应采用粒状材料。这样可以避免刺穿子层排水, 使荷载沿路基均匀分布。路基应选用颗粒状材料, 还应注意冬季深层土壤冻结的效果。在自然土质条件不理想的地区, 为了增加路堤的稳定性, 需要加一层土工布, 并在路堤下部加一层土工格栅。在容易发生沉降的地区, 为了加固路堤, 必须打桩在邻近的桥涵处建立过渡结构。冬季应注意土壤深层冻结的影响<sup>[4]</sup>。

在设计高速线路时, 所选曲线的最小半径应保证所考虑曲线的外轨不超过曲线, 不超过列车以最高速度通过时的计划水平。曲线轨道的最小半径, 以及轨道的高程, 决定了在给定速度下, 曲线中外轨的最大不足。外轨在曲线上的过盈不足是决定轨道荷载的因素之一。基础设施设计应考虑车辆的性能和技术限制。加速和列车制动和停车要求是确保潜在速度的非常重要的问题。高速线路的推荐标高应限制在180毫米以内。对高速线路设计阶段直线段外轨超限的不足应加以限制。

与传统铁路相比, 高速铁路允许更高的坡度和上升角。这一事实有两个主要原因。首先, 这条线应该尽可能的直, 不包含曲线, 这样可以减少它的长度。其次, 列车行驶的越快, 由于列车所积累的运动能量, 它在上升时的减速越少。新高速线路的下降和上升角度应限制在35毫米/米。大于0km路段的断面边坡平均坡度应小于25‰。

## 二、高速铁路监测技术

### 1. 基于车载检测的监测

高速铁路的路基都采用多层结构, 我国目前为进一步提高高速铁路的路基设计水平, 正在逐步的完善高速铁路的多层系统设计理论。与普通的铁路路基相比, 高铁路基压实度有显著的提高, 尤其是路桥的过渡段, 路基变形存在较大的不同<sup>[5]</sup>。对于高铁路基的变形监测,

需要考虑铁路全线的地质地层特征,重点分析特殊的、病害多的路基区域,以此为突破,对典型路基分层观测,掌握路基的结构特征。总结现有的研究发现,目前高速铁路路基变形主要包含沉降变形、路基应力变化和路基水平位移<sup>[6]</sup>。

在深季节冻土区、构造活跃区、火山灰沉积区以及高温沙漠区等“一带一路”沿线存在不良地质的环境条件下,需要充分调研高速铁路路基工程状态和现状,分析不同环境条件下路基长期变形规律,研究其变形发生发展机理及特性,结合高速铁路运营和病害整治需求,构建针对性的监测体系。明确典型高速铁路路基变形关键监测参数和监测要求,综合优化纵向连续变形监测、土体分层监测等监测传感技术,提出适用于高速铁路的、长效的监测技术和设备<sup>[7]</sup>。基于实时在线监测技术,结合高速铁路路基病害特点、环境条件、运营及维护要求,实时分析其发展趋势及影响特性。

综合检测列车动态检测和路基变形地面监测数据融合分析方法,建立地面监测参考点的技术要求,研究线路沿线连续的变形监测技术。聚焦沉降变形数据反演和预测技术,分析车载检测空间线形形态特征及影响因素,提出车载检测空间线形误差分析及校准体系,研究基础工程与车载系统相对位置的检测分析技术,提出基于车载检测数据的基础工程沉降变形评估体系,开展车地检测数据的融合与相对控制体系研究,形成车载监测与地面监测相融合的全线路基变形在线监测技术。

基于高速铁路高标准平顺性要求,以安全运营为目标,研究路基长期变形风险识别,系统分析不同地质环境条件下的风险因子来源、类型与多因子联动影响机制,进行灾害风险分级,提出路基长期平顺状态预测预报模型,建立路基全寿命服役状态统一标准、指标体系、评价模型,构建路基安全服役状态监测系统。

## 2. 轨道结构安全服役状态

研究高速铁路轨道结构在路基沉降上拱、冻融循环、温度荷载等复杂条件下与路基结构相互作用机理,揭示复杂环境耦合下轨道变形规律。考虑高速铁路轨道结构在复杂环境下的病害特征及影响因素,引入多层结构间相互作用关系的精细化模拟方法,研究建立轨道-路基系统的有限元模型,研究温度往复荷载、路基沉降/上拱、冻融循环等条件下轨道与路基结构相互作用,探讨不同温度荷载、不同路基变形、不同冻融条件下高速铁路轨道结构变形规律,研究确定高速铁路轨道变形对不

同影响因子的敏感度,揭示单因素或耦合因素作用下高速铁路轨道变形规律。

复杂环境下光纤光栅传感器、振弦式传感器、压电传感器等在高速铁路轨道结构中的适用性,研究多类型传感器的异构融合组网技术及数据智能分析技术,研究无砟轨道、道岔关键参数综合监测系统。

研究建立基于分级原则的轨道结构安全状态评价指标体系,提出关键参数的安全阈值,形成适应“一带一路”环境的高速铁路轨道安全状态评估预警技术。基于动态检测、静态监测数据深入挖掘,研究建立高速铁路轨道结构服役状态与监测参数指标之间映射关系,提出高速铁路轨道结构安全状态分级评价及预警指标体系。研究不同参数指标对轨道结构服役状态敏感性,提出关键参数的分级评价阈值,形成高速铁路轨道安全状态评估预警技术。

## 三、结语

中国高速铁路建设工程飞速发展,高速铁路轨道监测技术正在向更加智能、全面、高速、高校的方向进步。随着我国高速铁路网的进一步全面覆盖,建立服务于时速400公里及以上标准的高速铁路轨道-路基实时在线监测安全评估技术和评估预警系统,提升我国高速铁路技术在“一带一路”沿线的适应性,对完善和输出我国高速铁路技术、引导和推动相关国家参加“一带一路”建设具有重要意义。

## 参考文献:

- [1]朱成飞,王解先.浅谈我国高速铁路路基监测技术发展[J].建筑工程技术与设计,2018,000(021):3955.
- [2]张楠楠,徐逸伦.高速铁路对沿线区域发展的影响研究[J].地域研究与开发,2005(03):32-36.
- [3]王姣娥,焦敬娟,金凤君.高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响[J].地理学报,2014,69(12):1833-1846.
- [4]林春虎.高寒地区高速铁路检测监测技术研究[J].哈尔滨铁道科技,2019, No.257(03):3-6.
- [5]罗强,蔡英,翟婉明.高速铁路路桥过渡段的动力学性能分析[J].工程力学,1999,16(5):63-70
- [6]刘家锋,刘春彦.秦沈客运专线桥梁综述及高速铁路桥梁建设的思考[C]//全国桥梁学术会议.2004.
- [7]翟婉明,金学松,赵永翔.高速铁路工程中若干典型力学问题[J].力学进展,2010,40(4):358-374-95.