

# 轨道交通基础设施服役性能智能评定与健康管理\*

毛建锋<sup>†</sup> 余志武 徐磊

(中南大学土木工程学院、高速铁路建造技术国家工程研究中心,长沙 410083)

## 1 科学问题背景

今天的中国已成为世界第一大规模的轨道交通建设“工地”、世界第一大规模的轨道交通装备制造及需求“市场”,例如截至 2022 年底,高铁运营里程突破了 4.5 万公里,已成为我国的世界高铁名片.随着我国轨道交通建设存量的不断增加,相应的养护维修增量不断扩大,导致我国轨道交通基础设施从“建设为主”向“建养并重”和“智能化”转变.但是,在自主感知、智能识别、认知推理、智能评定、智慧管理、绿色养维等技术方面存在多项技术瓶颈和“卡脖子”现象,严重影响我国轨道交通可持续发展和运营品质,亟需集中突破轨道交通基础设施智能养维中的关键核心原创技术.

我国对国外技术依赖度高,存在“卡脖子”现象,无法形成全面、有效的智能化诊断、评估能力,难以实施精细化管理,养维工作量和成本急剧增加,行车安全风险提高.因此,轨道交通行业应与物联网、大数据、云计算、人工智能等战略性产业深度融合,实现轨道交通基础设施全寿命周期内智能检测、诊断、智慧管理、绿色养维.

## 2 科学问题难点与突破

### 2.1 轨道交通基础设施服役性能时空随机分析与智能评定理论

全寿命性能演化与评定理论和安全保障技术

是轨道交通发展的基础和保障.列车—轨道—支承系统属于多重耦合作用系统,其全寿命期服役性能演化具有强时变性、随机性和不确定性特征.开展轨道交通基础设施服役性能时空随机分析与智能评定原创基础理论研究、多场耦合作用下轨道交通基础设施经时性能与服役寿命研究、轨道交通基础设施服役安全智能诊断与预测理论与技术研究,实现轨道交通基础设施“安全性、适用性和舒适性”的“全息、全域、全时”智能分析与评定,为构建轨道交通基础设施智能养维原创技术体系奠定理论基础.

### 2.2 轨道交通基础设施数字孪生技术

亟需突破面向轨道交通服役性能评定的数字孪生技术,设计面向静态要素与动态要素的多尺度表达模型,融合多源异构数据构建轨道交通基础设施和设备等结构的按需数字孪生体构建方法;研究轨道交通基础设施性态的数字化数据结构,物理实体与性能状态数字信息的映射关系;研究轨道交通基础设施数字孪生体的数据挖掘与仿真模拟融合技术,构建轨道交通基础设施结构物性状的精细化、运维全生命周期数字孪生模型.

### 2.3 轨道交通基础设施服役性能智能评估与健康管理综合软件

我国工程结构评估与管理严重依赖国外商用软件,国内相关领域研发显著滞后,亟待解决软件受制于人、卡脖子技术问题.以研发轨道交通基础

2024-01-14 收到第 1 稿,2024-06-04 收到修改稿.

\* 国家重点研发计划磁悬浮专项(2023YFB4302500),中国中铁股份有限公司科技开发计划—重大专项(2021-专项-08,2022-专项-09,2022-重点-06,2023-重点-22),国家自然科学基金资助项目(52478321),湖南省自然科学基金资助项目(2024JJ5427), National Key Research and Development Program of China (2023YFB4302500), Science and Technology Research and Development Program Project of China Railway Group Limited (2021-Special-08, 2022-Special-09, 2022-Key-06, 2023-Key-22), National Natural Science Foundation of China (52478321), Natural Science Foundation of Hunan Province (2024JJ5427).

<sup>†</sup> 通信作者 E-mail:jfmao1@csu.edu.cn

设施服役性能智能评估与健康管理软件为首要任务,基于人工智能和大数据技术,结合复杂条件下轨道交通基础设施服役性能智能监测系统设计策略和多模态数据治理技术,研究物理实验、检/监测系统与数值模拟多模块化接口程序,建立轨道交通

列车—轨道—基础结构系统随机动力与时空演化统一分析平台,研制具有完全自主知识产权的轨道交通基础设施服役性能智能评估及健康管理综合分析软件.