

特大桥建设中的设备管理与技术创新研究

杨 涛

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610000

摘 要：在特大桥建设中，设备管理与技术创新意义重大。设备管理是坚实后盾，科学管理可减少故障、保障进度；技术创新是关键引擎，能突破瓶颈、提升效能。当前设备管理存在老化维护不足、信息化低、资源配置不合理、人员技能不匹配等问题。为此，需满足提高施工效率与质量、降低风险与成本、适应复杂环境的技术需求，并采取构建智能化管理系统、全生命周期管理、人员培训提升等创新策略，以推动特大桥建设发展。

关键词：特大桥建设；设备管理；技术创新

1 设备管理与技术创新对特大桥建设的重要性

设备管理与技术创新在特大桥建设中占据着举足轻重的地位，是保障工程质量、提升建设效率、推动行业进步的核心驱动力。第一，科学高效的设备管理是特大桥建设的坚实后盾，特大桥施工涉及大型起重设备、混凝土搅拌输送系统、精密测量仪器等众多高精尖设备，其运行状态直接影响工程安全与进度。通过建立数字化设备台账、实施全生命周期维护计划、运用物联网技术实时监测设备健康状况，能够最大限度减少设备故障率，确保关键施工环节连续作业。第二，持续的技术创新则是特大桥建设突破瓶颈的关键引擎，面对复杂地质条件、超长跨度结构、极端环境挑战，传统技术已难以满足现代桥梁建设需求。通过研发新型高性能材料（如超高强度钢、自修复混凝土）、创新施工工艺（如模块化拼装、智能顶推技术）、应用数字化建造平台（BIM协同设计、数字孪生技术），可显著提升结构耐久性、缩短建设周期、降低环境影响^[1]。第三，协同效应的释放更凸显二者融合的价值，设备管理为技术创新提供应用场景，而技术创新则反哺设备管理智能化升级。例如，基于AI算法的智能巡检机器人可替代人工完成高空设备检测，其分析结果又能优化设备维护策略。这种良性循环不仅提升特大桥建设的整体效能，更推动行业向绿色化、工业化、智能化方向转型。唯有以数字技术为纽带，构建“研发-应用-反馈”的创新闭环，方能持续突破技术边界，打造经得起历史检验的超级工程，为区域经济发展与民生改善注入澎湃动力。

2 特大桥建设中设备管理存在的问题

2.1 设备老化与维护不足

在特大桥建设过程中，设备老化与维护不足的问题较为突出。一方面，由于特大桥建设周期长、施工环境复杂，部分设备长期处于高强度、高负荷运行状态，加

速了设备老化进程。例如，一些大型起重设备在长期吊装重物时，关键部件如钢丝绳、吊钩等容易出现磨损、变形甚至断裂风险，而一些混凝土搅拌设备在连续作业后，搅拌叶片、衬板等易损件磨损严重，影响混凝土质量。另一方面，维护保养工作落实不到位，缺乏科学合理的维护计划和专业的维护人员。部分建设单位为了赶工期、控成本，往往忽视设备的定期保养，导致设备“带病作业”，不仅降低了设备的使用寿命，还极易引发安全事故，给工程带来巨大损失。

2.2 信息化管理水平低

当前特大桥建设中的设备管理信息化程度普遍较低，难以满足现代化建设的需求。许多建设单位仍采用传统的人工记录和管理方式，设备信息分散在纸质档案和不同人员的记忆中，信息传递不及时、不准确，导致设备调度困难。例如，在设备调配时，由于无法实时掌握设备的具体位置、使用状态和维修情况，可能出现设备闲置与短缺并存的现象。缺乏统一的信息化管理平台，无法对设备的运行数据进行有效收集和分析，难以提前发现设备潜在故障，无法为设备的维护和更新提供科学依据。信息化管理水平低还使得设备管理过程中的协同工作效率低下，各部门之间信息沟通不畅，影响整体施工进度。

2.3 资源配置不合理

特大桥建设中设备资源配置不合理的问题主要体现在以下几个方面。首先，设备选型与工程实际需求不匹配。部分建设单位在设备采购或租赁时，没有充分考虑特大桥的规模、结构特点和施工工艺要求，导致设备性能过剩或不足。例如，在一些小型特大桥项目中，使用了大型、高精度的设备，造成资源浪费；而在一些复杂地质条件下的特大桥建设中，设备性能无法满足施工要求，影响工程质量和进度^[2]。其次，设备调配缺乏科学规

划。在施工过程中,设备在不同施工阶段和施工区域之间的调配不合理,导致设备利用率低下。设备资源的区域分布不均衡,一些地区设备过剩,而另一些地区设备短缺,进一步加剧了资源配置不合理的问题。

2.4 人员技能与设备需求不匹配

随着特大桥建设技术的不断发展,新型、智能化设备不断涌现,对设备操作和维护人员的技能水平提出了更高要求。然而目前特大桥建设中设备操作和维护人员的技能水平普遍较低,与设备需求不匹配。一方面,部分操作人员缺乏系统的专业培训,对新型设备的性能、操作规程和安全注意事项了解不够深入,容易出现误操作,导致设备损坏或安全事故。另一方面,维护人员的技术能力有限,难以对新型设备进行及时、有效的维护和维修。当设备出现故障时,往往需要依赖设备厂家或外部专业技术人员,导致设备维修时间长、成本高,影响施工进度。

3 特大桥建设中的技术创新需求

3.1 提高施工效率与质量的技术需求

特大桥建设规模宏大、结构复杂,传统施工方法在效率和精度上已难以满足现代工程需求。在提高施工效率方面,需要研发新型快速施工工艺和自动化设备。例如,针对主梁架设环节,传统的吊装施工受天气、设备性能等因素影响较大,施工周期长。开发智能模块化拼装技术,通过在工厂预制标准化构件,再利用高精度定位系统进行现场快速拼装,可大幅缩短施工时间。引入自动化焊接机器人、智能喷涂设备等,实现焊接、防腐等工序的自动化作业,减少人工操作时间,提高施工效率^[3]。在提升施工质量方面,技术创新需求集中在精准测量、智能监控和新型材料应用上。特大桥的线形控制、结构应力监测等对精度要求极高,采用高精度激光扫描仪、北斗卫星定位系统等先进测量技术,可实现对桥梁结构尺寸和空间位置的实时、精准测量,确保施工精度符合设计要求。智能监控技术则通过在桥梁关键部位安装传感器,实时采集应力、应变、温度等数据,并利用大数据分析和人工智能算法进行预警和诊断,及时发现施工质量问题并采取措施。研发高性能混凝土、新型钢材等建筑材料,提高材料的强度、耐久性和抗腐蚀性,从源头上保障桥梁质量。

3.2 降低施工风险与成本的技术需求

特大桥建设面临诸多风险因素,如地质条件复杂、水上作业安全风险高、施工周期长导致的不确定性等。降低施工风险需要技术创新在风险预警、安全防护和应急救援等方面发挥作用。在水上作业中,研发智能防撞

系统、水上救援机器人等设备,提高船舶航行安全和人员落水救援效率。成本控制是特大桥建设的关键环节,技术创新可从优化施工方案、提高资源利用率和降低维护成本等方面入手。通过BIM(建筑信息模型)技术进行施工模拟和方案优化,提前发现施工中的冲突和问题,减少返工和浪费。研发智能资源调度系统,根据施工进度和设备状态实时调配人力、物力和财力资源,提高资源利用率。采用长寿命、易维护的结构设计和新型防腐技术,降低桥梁后期的维护成本。

3.3 适应复杂环境条件的技术需求

特大桥建设常常面临复杂的地质、水文和气象条件,如软土地基、深水基础、强风、地震等。针对不同环境条件,需要研发相应的施工技术。在软土地基处理方面,传统的加固方法可能无法满足特大桥对地基承载力的要求。研发新型地基处理技术,如真空预压联合电渗加固技术、水泥搅拌桩复合地基技术等,提高软土地基的强度和稳定性。对于深水基础施工,传统的围堰法和沉井法存在施工难度大、工期长等问题。开发智能水下施工机器人、大型深水基础施工平台等设备,实现深水基础的自动化、智能化施工。在应对强风、地震等气象灾害方面,需要加强桥梁结构的抗风、抗震性能研究。通过风洞试验、数值模拟等手段,优化桥梁结构形式和截面尺寸,提高桥梁的抗风稳定性^[3]。研发新型减震、隔震装置,如黏滞阻尼器、橡胶隔震支座等,减小地震对桥梁结构的破坏。建立完善的气象监测和预警系统,实时掌握气象变化情况,提前采取防护措施,确保特大桥在复杂环境条件下的安全施工和运营。

4 特大桥建设中的设备管理技术创新策略

4.1 智能化设备管理系统的构建

在特大桥建设过程中,构建智能化设备管理系统是提升设备管理效能的关键举措。首先,借助物联网技术,为每台设备安装传感器,实时采集设备的运行状态、位置、工作时间等数据,并通过无线通信技术将数据传输至云端服务器。这样,管理人员可以随时随地通过手机、电脑等终端设备查看设备的实时信息,实现对设备的远程监控^[4]。其次,利用大数据分析和人工智能算法对采集到的设备数据进行深度挖掘,通过对设备运行数据的长期积累和分析,建立设备故障预测模型,提前预测设备可能出现的故障,并制定相应的维护计划。利用智能算法优化设备调度方案,根据施工进度和设备状态,自动生成最优的设备调配计划,提高设备的利用率。比如,当某个施工区域需要特定设备时,系统能够快速找到附近可用的设备,并规划出最佳的运输路线。

另外,智能化设备管理系统还应具备设备全生命周期管理功能,从设备的采购、安装、调试、运行、维护到报废,进行全程跟踪和管理。

4.2 设备全生命周期管理

在设备采购阶段,应充分考虑特大桥建设的实际需求,选择性能可靠、质量优良、节能环保的设备。同时建立设备供应商评估体系,对供应商的信誉、产品质量、售后服务等进行综合评估,选择优质的供应商,确保设备的供应质量和及时性。在设备使用阶段,制定科学合理的设备使用制度和操作规程,加强对设备操作人员的培训和管理,确保设备正确使用,减少因操作不当造成的设备损坏。定期对设备进行巡检和维护,及时发现和解决设备运行中的问题。根据设备的运行状态和维修记录,制定个性化的维护计划,采用预防性维护和预测性维护相结合的方式,提高设备的可靠性和使用寿命^[5]。在设备更新改造阶段,随着特大桥建设技术的不断发展和设备性能的不断提升,及时对老旧设备进行更新改造。通过对设备的技术评估和经济分析,确定设备的更新改造方案,采用先进的技术和工艺,提高设备的性能和效率。同时对淘汰的设备进行合理的处置,实现资源的循环利用。在设备报废阶段,建立设备报废评估制度,对达到报废标准的设备进行严格的评估和鉴定。按照相关规定对报废设备进行处置,确保设备的安全和环境友好。对设备全生命周期管理过程中的经验和教训进行总结,为后续的设备管理提供参考。

4.3 人员培训与技能提升

人员是设备管理的核心要素,提升设备管理人员的技能水平是特大桥建设中设备管理技术创新的重要保障。首先,制定全面的人员培训计划,根据设备管理人员的岗位需求和技能水平,开展针对性的培训课程。培训内容包括设备管理理论知识、设备操作技能、设备维护保养方法、智能化设备管理系统的使用等。通过内部培训、外部培训、在线学习等多种方式,为设备管理人员提供丰富的学习资源。其次,建立技能提升激励机

制,鼓励设备管理人员积极参加各类技能培训和竞赛活动,对取得优异成绩的人员给予奖励和表彰。为设备管理人员提供晋升机会和职业发展规划,激发他们的工作积极性和主动性^[6]。另外,加强与设备制造商、科研机构的合作与交流,邀请专家学者为设备管理人员进行技术讲座和指导,及时了解行业最新技术和发展动态。通过开展产学研合作项目,让设备管理人员参与到实际的技术研发和创新工作中,提高他们的实践能力和创新能力。

结束语

特大桥建设中的设备管理和技术创新是推动行业进步的关键力量。面对设备管理的诸多问题和技术创新的迫切需求,应积极采取有效的创新策略,不断提升设备管理水平和技术创新能力。同时借鉴成功的实践案例,持续探索创新路径,为特大桥建设的高质量发展提供坚实保障,助力交通强国战略的实现。

参考文献

- [1]王东辉,何华武.我国铁路跨海大桥建造技术及发展[J].中国铁路,2021,(09):18-25.
- [2]王庆珺,蒋玮.甬江特大桥建设对导标助航效能影响分析与解决措施[J].港口科技,2024(11):13-20.DOI:10.3969/j.issn.1673-6826.2024.11.003.
- [3]符劲超.高速铁路特大桥建设对湖泊水环境影响的综合模拟研究[J].环境与发展,2020,32(11):8-9. DOI:10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2020.11.004.
- [4]罗景辉.双柱式空心薄壁矩形柔性墩施工技术在大桥建设中的应用[J].工程建设与设计,2021(8):94-96. DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2021.04.234.
- [5]李昕懿,刘俊,徐文,等.BIM技术在某跨海大桥项目建设中的应用[J].土木建筑工程信息技术,2023,15(06):20-25.
- [6]冯国伟,张礼强.特大桥连续箱梁挂篮悬臂浇筑施工技术研究[J].黑龙江交通科技,202139(6):103-103.