

公路桥梁检测技术与公路桥梁测量技术

邱红波

恩施州公路管理局工程处 湖北 恩施 445000

摘要：本文围绕公路桥梁检测技术与测量技术展开研究，阐述两者的核心内涵、分类及常用技术，分析二者融合应用的逻辑与价值，结合工程实例说明技术实践效果，指出当前应用中的不足，并提出针对性优化策略。研究表明，两项技术相辅相成、协同发力，贯穿桥梁全生命周期，其融合应用可提升检测精度与效率，完善安全评估体系，对保障桥梁建设质量、延长使用寿命、筑牢运营安全防线具有重要现实意义。

关键词：公路桥梁；检测技术；测量技术

引言：公路桥梁作为交通基础设施的关键组成部分，其建设质量与运营安全直接关系到交通顺畅与人民生命财产安全。随着我国桥梁数量激增、服役年限延长，荷载压力与环境侵蚀加剧，桥梁结构劣化问题凸显，对技术支撑提出更高要求。公路桥梁检测与测量技术是保障桥梁全生命周期安全的核心手段，二者各司其职又紧密关联，本文系统梳理两项技术的基础内容、应用实践及融合路径，为相关工程应用提供参考。

1 公路桥梁测量技术基础及应用

1.1 公路桥梁测量技术核心内涵与分类

(1) 核心内涵：公路桥梁测量技术是借助专业测量仪器与工具，通过系统观测、数据处理及分析，精准获取桥梁几何参数、空间位置及运行状态等信息的综合性技术。其贯穿桥梁规划、设计、施工、运维全生命周期，是保障桥梁建设合规、施工精准、运营安全的核心支撑，为各阶段决策提供科学、可靠的数据依据。(2) 技术分类：按测量阶段可分为施工测量与运营期测量，施工测量主要用于桥梁基础、墩台、主梁等部位的定位放样，保障施工符合设计要求；运营期测量用于长期监测桥梁变形、沉降等状态，及时排查安全隐患。按测量内容可分为平面测量、高程测量、变形测量等，平面测量确定桥梁平面坐标与轴线位置，高程测量控制桥梁竖向精度，变形测量监测桥梁在荷载、环境作用下的位移与沉降。

1.2 公路桥梁常用测量技术及原理

(1) 传统测量技术：水准测量依据水平视线原理，通过水准仪读取标尺读数，测定两点间高差，广泛应用于桥梁高程控制网布设；角度测量通过经纬仪观测水平角与竖直角，确定点位间方向关系，用于桥梁轴线定位；距离测量采用钢尺、测距仪等工具，测量点位间距与构件长度，适用于中小桥梁现场施工放样。(2) 现代

测量技术：GPS测量依托卫星定位系统，实现全天候、高精度定位，解决复杂地形、大跨度桥梁的定位难题，相比传统技术效率大幅提升；全站仪集测角、测距、测高差于一体，自动化程度高，可快速完成点位观测与数据记录；激光扫描技术通过发射激光获取桥梁三维点云数据，能全面捕捉桥梁结构细节，弥补传统测量数据不完整的短板^[1]。

1.3 公路桥梁测量技术的应用流程与质量控制

(1) 应用流程：以施工阶段为例，先完成仪器校验、设计资料核对等前期准备，再进行现场点位布设、放样观测等作业，随后对观测数据进行整理、校验与分析，最后提交测量成果并完成验收，确保成果符合施工规范要求。(2) 质量控制：影响测量精度的主要因素包括仪器误差、环境干扰（如温度、风力）、人为操作偏差，针对性控制措施为定期校验测量仪器、避开恶劣环境作业，规范操作流程，建立双人复核制度，及时修正数据偏差，保障测量成果精准。

1.4 测量技术在公路桥梁工程中的实例应用

(1) 工程概况：某公路预应力混凝土连续梁桥，主跨60米，全长320米，双向四车道，跨越城市河道，桥梁设计荷载为公路-I级，施工环境复杂，对测量精度要求较高。(2) 测量技术应用：施工中采用全站仪进行墩台定位与主梁放样，水准测量布设高程控制网，GPS技术辅助跨河道点位定位，激光扫描监测主梁施工变形。操作中严格把控仪器校准、点位复核等要点，最终测量成果误差均控制在规范允许范围内，有效保障了施工质量，验证了各类测量技术的实用性与可靠性。

2 公路桥梁检测技术基础及应用

2.1 公路桥梁检测技术核心内涵与分类

(1) 核心内涵：公路桥梁检测技术是通过专业仪器设备，对桥梁结构的外观、性能及受力状态进行系统探

查、数据采集与分析的技术,核心作用是精准识别桥梁结构病害,科学评估结构承载能力与运营状态,及时排查安全隐患,为桥梁维护、加固提供依据,保障桥梁长期安全稳定运营。(2)技术分类:按检测阶段可分为施工检测、运营期检测、病害专项检测,施工检测用于把控施工质量,运营期检测用于常态化监测桥梁状态,病害专项检测针对已出现的病害进行精准排查;按检测方式分为无损检测和破损检测,无损检测不破坏桥梁结构,适用于常规监测与隐患排查,破损检测需破坏部分结构,仅用于精准评估结构性能的特殊场景。

2.2 公路桥梁常用检测技术及原理

(1)无损检测技术:超声波检测利用超声波传播特性,检测混凝土内部缺陷,操作简便,检测精度较高;回弹法通过测量混凝土回弹值,推算其强度,适用于大面积快速检测;雷达检测借助电磁波反射,探查桥梁内部钢筋分布及空洞,效率高;红外热成像检测通过捕捉温度差异,识别混凝土裂缝、渗漏等病害,直观且无接触^[2]。(2)破损检测技术:钻芯法通过钻取混凝土芯样,直接检测其强度,应用于对混凝土强度有精准要求的场景,需注意减少对结构的破坏;拔出法通过测量钢筋拔出力,评估其粘结强度,使用时需控制检测点位,避免影响桥梁结构完整性,其局限性在于会对桥梁造成局部损伤,不宜大面积使用。

2.3 公路桥梁检测技术的应用流程与病害识别

(1)应用流程:首先结合桥梁实际情况制定针对性检测方案,明确检测范围、方法及标准;随后开展现场检测,采集各类结构数据;接着对数据进行整理、分析,判断桥梁状态;最后编制检测报告,明确病害情况、评估结果及整改建议,形成完整检测闭环。(2)病害识别:针对裂缝,通过超声波、红外热成像检测其长度、宽度及深度,判断是否超出安全限值;混凝土碳化通过回弹法、钻芯法检测碳化深度,评估耐久性;钢筋锈蚀通过雷达检测定位锈蚀位置,判断锈蚀程度;支座损坏通过外观观测结合红外检测,识别支座移位、老化等问题^[3]。

2.4 检测技术在公路桥梁病害治理中的应用

(1)病害诊断:结合检测获取的各类数据,分析病害成因,如裂缝多由荷载过大或混凝土收缩导致,钢筋锈蚀由碳化或渗漏引发,同时判断病害发展趋势,评估其对桥梁结构安全的影响程度,划分病害等级。(2)治理指导:检测数据为病害治理方案制定提供依据,如根据裂缝深度确定修补方式;治理过程中,通过检测技术监控施工质量;治理完成后,借助检测验证治理效果,

确保桥梁结构恢复安全性能,实现病害闭环治理。

3 公路桥梁检测与测量技术的融合应用及优化

3.1 检测与测量技术的融合逻辑与核心价值

(1)融合逻辑:公路桥梁检测技术与测量技术存在紧密的内在关联,二者同属桥梁工程全生命周期技术支撑体系,相辅相成、协同发力。测量技术是检测技术的基础,通过精准获取桥梁几何参数、变形数据、空间位置等基础信息,为检测工作提供数据基准,确保检测范围、点位选择的科学性;检测技术是测量技术的延伸,通过对桥梁结构病害、性能状态的探查,解读测量数据背后的结构安全隐患,让抽象的测量数据转化为可指导实践的安全信息。二者贯穿桥梁规划、施工、运维全流程,测量为检测明确方向,检测为测量赋予意义,形成“数据采集—精准解读—安全评估”的协同闭环^[4]。

(2)核心价值:二者融合应用打破了单一技术的局限性,对提升桥梁工程质量与运营安全具有重要意义。一是大幅提升检测精度,依托测量技术的精准定位的优势,可明确检测点位的精准位置,避免检测盲区,让病害检测更具针对性;二是优化技术应用效率,融合后可实现数据共享、流程衔接,减少重复作业,解决传统模式下测量与检测脱节、效率低下的问题;三是完善桥梁安全评估体系,结合测量的变形数据与检测的病害数据,可全面、系统评估桥梁结构性能,精准判断安全隐患的成因与发展趋势,为桥梁养护、加固提供科学依据,筑牢桥梁运营安全防线。

3.2 检测与测量技术在公路桥梁运维中的融合应用实践

(1)运维阶段融合应用:以某运营10年的公路连续梁桥为例,该桥梁主跨50米,长期受车辆荷载、环境侵蚀影响,需开展常态化安全运维。运维过程中,融合应用GPS测量技术与超声波检测技术、红外热成像检测技术,通过GPS测量实时获取桥梁墩台、主梁的沉降、位移等变形数据,精准捕捉结构细微变化;同时,利用超声波检测排查混凝土内部裂缝、空洞,借助红外热成像检测识别桥面渗漏、支座老化等病害,将变形数据与病害数据进行综合分析,明确病害与结构变形的关联,判断病害成因的是荷载变形导致还是材料老化引发,进而开展针对性安全评估,制定差异化养护方案,如对变形超标的梁段进行加固,对局部裂缝进行修补。(2)融合应用效果:相较于单一技术应用,融合应用的优势十分显著。单一测量技术仅能获取变形数据,无法判断变形背后的病害隐患;单一检测技术虽能识别病害,但难以明确病害与结构变形的关联,无法精准评估隐患严重程

度。融合应用后,实现了“变形监测+病害检测”的双向互补,不仅提升了安全评估的准确性,还减少了运维成本与作业时间,避免了盲目养护。实践表明,该融合技术可提前3-6个月发现潜在安全隐患,有效延长桥梁使用寿命,验证了其在公路桥梁运维中的实用性与有效性^[5]。

3.3 现有技术应用存在的问题与不足

(1) 技术层面: 现有融合应用仍存在诸多技术短板。一是复杂环境适应性不足,在暴雨、强风、高温等恶劣天气下, GPS测量精度大幅下降,无损检测技术易受环境干扰,出现检测盲区或数据偏差;二是技术精度不均衡,部分传统测量设备自动化程度低,数据误差较大,部分无损检测技术(如回弹法)对深层病害的检测精度不足,难以精准捕捉隐蔽性病害;三是技术协同性不足,不同检测与测量设备的数据格式不统一,难以实现高效融合与同步分析。(2) 应用层面: 技术应用过程中的规范化程度有待提升。一是操作不规范,部分作业人员未严格遵循技术标准,测量点位布设不合理、检测操作流程不规范,导致数据准确性下降;二是数据共享不足,测量与检测数据分散存储,未建立统一的数据共享平台,数据重复采集、利用率低,难以实现协同分析;三是专业人才短缺,缺乏既精通测量技术、又掌握检测知识的复合型人才,导致融合技术的应用效果未能充分发挥,部分先进设备难以得到规范操作。

3.4 公路桥梁检测与测量技术的优化策略

(1) 技术优化: 针对现有技术短板,采取针对性改进措施。一是引入智能化技术与设备,推广无人机测量、智能化全站仪、高精度GPS等设备,提升复杂环境下的测量精度与作业效率;二是优化检测算法,改进无损检测技术,弥补检测盲区,提升深层病害、隐蔽性病害的检测精度,如优化超声波检测算法,增强对混凝土内部细微裂缝的识别能力;三是统一数据格式,研发兼

容不同设备的数据接口,实现测量与检测数据的无缝对接,提升技术协同性。(2) 应用优化: 完善技术应用体系,提升标准化水平。一是制定统一的融合应用规范,明确测量点位布设、检测操作流程、数据处理标准,规范作业行为,减少人为误差;二是建立一体化数据共享平台,整合测量与检测数据,实现数据实时共享、同步分析,提高数据利用率;三是加强专业人才培养,开展复合型人才培养,重点提升作业人员的测量与检测技能,同时引进高端技术人才,推动融合技术的创新应用,充分发挥技术融合的核心价值。

结束语

综上所述,公路桥梁检测技术与测量技术在桥梁规划、施工、运维各阶段发挥着不可替代的作用,二者的融合应用是破解单一技术局限、提升桥梁安全管理水平的关键。尽管当前两项技术在应用中仍存在环境适应性不足、协同性欠缺等问题,但通过技术升级、规范应用与人才培养,可实现其效能最大化。未来,需持续推动两项技术与智能化手段深度融合,为公路桥梁安全稳定运营提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 李小青.公路桥梁检测与加固技术[J].黑龙江交通科技,2020,42(1):137-138.
- [2] 李平.公路桥梁检测与加固技术研究[J].建材与装饰,2021,(21):78-81.
- [3] 肖位林.公路桥梁检测质量控制与检测技术应用分析[J].运输经理世界,2023(9):30-32.
- [4] 王菲菲.公路桥梁检测质量控制与检测技术应用[J].建筑技术开发,2022,49(24):164-166.
- [5] 张浩男.公路桥梁检测与加固技术研究[J].河南科技,2022,41(22):64-67.