

# 农村公路桥涵病害检测与微创加固技术的应用效果分析

刘 强

(韶关市曲江区地方公路管理站, 广东 韶关 512100)

**摘要** 为了提升农村公路桥涵病害的处理水平, 本文基于农村公路桥涵病害类型和成因分析, 提出相应的病害检测方法, 同时引用微创加固技术对农村公路桥涵病害进行加固处理, 并结合实际应用案例验证该技术的可行性和经济性, 旨在对有效提升公路桥涵病害处理成效有所裨益, 进而提升农村公路桥涵病害维护处理水平, 为农村公路桥涵的长期稳定运行提供保障, 满足公路桥梁建设和维护需求。

**关键词** 农村公路桥涵; 病害检测; 微创加固技术

中图分类号: U41

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.035

## 0 引言

公路桥涵作为桥梁结构的重要组成部分, 其常见的病害类型较多, 引发病害的原因也比较复杂, 若不能做好农村公路桥涵病害的检测和处理, 必然会导致公路桥梁结构稳定性降低, 甚至引发巨大的事故。为此, 积极采取科学的病害检测方法, 通过微创加固技术的应用, 进一步提升桥涵病害的处理成效, 对提升农村公路桥梁建设质量具有重要意义。

## 1 农村公路桥涵病害类型及成因

### 1.1 桥梁病害类型及成因

#### 1.1.1 上部结构病害

梁体裂缝作为农村公路桥涵常见的上部结构病害类型, 其根据走向可以分为横向裂缝、纵向裂缝以及斜向裂缝。它也是上部结构最常见的病害之一, 按走向可分为横向、纵向和斜向裂缝。梁体中部位置横向裂缝, 出现大于 0.2 mm 的裂缝将会对房屋造成耐久性影响。这主要是由于过长时间的超荷载压力引起的。与此同时, 梁体两侧出现的纵向裂缝是因为在实际浇筑混凝土过程中分段时间过长或没有充分进行振捣和压实所形成的。另外, 混凝土保护层若小于设计值时也易造成该类裂缝<sup>[1]</sup>。

桥面铺装层常见病害有坑槽、车辙以及裂缝三种。坑槽通常情况下是因为防水保护膜失去作用后, 水渗透到基层, 在经过冻融之后引起其强度衰减, 经过车辆反复碾压形成。道路罩面厚度低于设计厚度 90% 的可能更容易产生坑槽现象。另外还有一种常见情况是

轮胎痕迹, 特别是在夏季地面温度高于 50 °C 时, 沥青混合料较软, 经大载荷车辆碾压造成深浅不一的轮胎痕迹, 若其深度超过 15 mm, 会给行车安全带来较大隐患。

#### 1.1.2 下部结构病害

桥墩病害体现在裂缝和混凝土剥落方面。依照其成因将桥梁柱裂缝大致分为下陷引起的垂直或斜裂缝, 若地基不均匀沉降每米超过 5 mm 就有可能产生这种裂缝; 对于地处昼夜温差显著地区的桥梁柱子, 当昼夜温差超过 20 °C 时, 则其表层也会产生细微裂缝, 裂缝大小一般在 0.1 ~ 0.3 mm 之间。至于混凝土剥落则一般都是侵蚀深度超过了保护层, 钢铁生锈后膨胀, 造成混凝土外皮裂碎、脱落, 如果这种剥落面积大于 1 m<sup>2</sup> 就需要及时解决。

桥台病害主要由台体裂缝、台后填充物下陷、翼壁开裂等原因造成。其成因多是由台后填土密实度不达标, 致使车辆荷载横向力过大而形成的, 尤其是在台后填土高度 5 m 且密实度不达标时更加突出。台后填土沉降量超过 50 mm 将使桥梁产生跳车从而使桥梁状况进一步加重。翼壁破损主要是由于基底深度过浅, 土壤压力与流水冲刷造成其发生偏移或破裂, 偏移角度超过 1° 必须进行加固处理<sup>[2]</sup>。

### 1.2 涵洞病害类型及成因

#### 1.2.1 洞身病害

洞身裂缝是隧道常见的病害之一, 钢筋混凝土隧道中常见的裂缝为环形裂缝和直线型裂缝。环形裂缝多是由于隧道内所承受的土壤压力分布不均衡所致, 当填充材料高度达到 6 m 以上, 且侧向土压力大于 0.5

时易出现环形裂缝，其宽度大于0.2 mm将影响构筑物完整性。直线形裂缝多是由于地基不均匀沉降的，当沉降差异大于3 cm时，隧道会出现贯穿性的直线裂缝。隧道漏水多见于接头和混凝土缺陷处。接头漏水是密封材料老化或安装偏差导致尺寸与设计不符；混凝土缺陷漏水是因空洞或粗糙面面积大于0.05 m<sup>2</sup>或开裂宽度大于0.15 mm，致使渗漏明显。

### 1.2.2 洞口及涵底病害

洞口病害常见于洞口铺砌破损、翼墙裂缝以及截水设施失效等问题。一般翼墙裂缝是由于其底部支撑强度不足所致，其底部支撑深度如果少于0.8 m，就会受到土壤的压力形成裂缝，其长度一旦大于0.3 mm就需要进行修补；洞口铺砌破损是水流所导致的，特别是流速在3 m/s并且没有设置足够防护设施的时候很容易被水流侵蚀损坏，而且比例在20%以上才可能对管洞安全造成威胁。另外还有截水设施，其损坏导致水流直冲入管洞内，加重了损坏的严重性<sup>[3]</sup>。

## 2 农村公路桥涵病害检测方法

### 2.1 外观检测法

病害筛选的基本方式是以外观进行判断完成，依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/TH21)规定，一个季度一次的定期检查需要保证定期，主要负责人要采用裂缝宽度仪、测厚仪、全站仪等设备，全面性评价桥梁。要以桥梁的上部构造为例，观察梁体的裂纹、桥面残损部位、支座变形；以桥梁的下部构造为例，计算桥墩的倾覆、桥台台身的裂纹以及基底裸露的面积。

针对路桥检查部分，需测量路桥内部的混凝土腐蚀情况，出入口的墙角改变程度以及底部的淤土情况，实时将数据反馈入路桥检查系统内，然后对超标数据发出警告。这种技术大约需要200~500元/m延长线，适用大型排查，但不能检测到内部钢筋腐蚀、桥墩坍塌等问题。

### 2.2 无损检测技术

采用无损检测技术，通过使用中强度的回弹仪测出混凝土强度，每块测试区域均使用16个探头进行检测，将最大的三个数值、最低的三个数剔除之后，计算剩余数值的平均值。如果碳化深度超过6 mm，则需要对其进行强度调校。同时，还要确保结果误差不超过+/-5 MPa。

梁体的跨缝检测使用非金属超声仪进行。过程中换能器的间距设置为300~500 mm。当声速小于3 500 m/s或波的衰减超过15 dB时，认为有内部缺陷。钢筋锈

蚀的检测使用电磁感应型钢筋探测器，可测出直径大于等于6 mm的钢筋的位置。当钢筋保护层的实际量测值和设计值的差值大于5 mm时，采用极化电阻的方法确定钢筋的腐蚀率。单个无损检测装置的价格在800~1 500元，检测效率为50~80 m<sup>2</sup>/d，能够有效用于深入调查外部病害，但存在环境制约的因素，宜多种方法交叉比对。

### 2.3 荷载试验检测法

依照《公路桥梁荷载试验规程》(JTG/TJ21)中荷载试验的定义，对建筑进行实际的荷载能力评价。先根据理论计算得到重点区域范围，再采用递增方式施压，采用应变片和位移计对反应进行监测，如试验中应变值、位移值超出理论值10%，或存在非线性增加，则停止试验<sup>[4]</sup>。

动力载荷检测主要是通过车辆行驶进行采集建筑物本身的自振频率，当小于设计值的10%时被认为梁的刚度下降。该种方法检测费用较高，且最少要准备7~15天时间，主要用于3级或以上桥梁承压应力鉴定。该测试时需要交通封闭，但因为会影响到村路，因此只有在无其他方案可供选择时使用。

### 2.4 地质雷达探测法

采用地质雷达能够有效地探测桥梁及隧道基础状态和内部构造的破损情况。选用天线的频率为100~500 MHz，且进行无缝的扫描，采样密度为每扫512~2 048点的频率，当桥台背后的填土出现相同的极性和弯或反射强度增长时，则可能代表有空洞的存在。采用此种方法可判定涵洞底部的沉积厚度和侵入深度。

采用时域滤波及反演分析等方法对数据进行处理，形成彩色剖面图，有利于更直观地反映问题出现的位置。地质雷达技术每日可完成检查100~200 m的道路范围，费用为1.5万~3万元/km，特别适宜发现道路基础建设部分的连通问题。但是当遇到强电性物质时其发现深度会减小至1~3 m，还需用钻探手段进一步验证。

## 3 农村公路桥涵病害微创加固应用策略

### 3.1 检测与加固方案的优化设计

为了优化病害检测和加固方案设计，应在病害被准确定位的前提下按照“分级检查、对症下药”的原则进行。若桥梁或涵洞为一级或二级技术状况则可以采用“肉眼观察+每年一季度巡查”这样的简化方法对裂缝变化速度和桥面平整度进行监测。而对于三级以上则应通过“肉眼观察+非破损检测+专项评定”

项目进行干预，例如对梁体横向裂缝进行检测，首先使用裂缝宽度仪对裂缝宽度进行测定，利用超声波检测仪对裂缝深度进行检测，当超过三分之一梁高时应搭配弹性应力分析仪对混凝土强度进行分析，确定加固级别<sup>[5]</sup>。

强化方法设计应使技术可行性和经济合理性达到平衡与统一，如桥梁结构受力小于设计值的 15% 以内，用碳素纤维增强布进行强化；在桥梁结构受力大于 15% 但小于 30% 时，采用外加预应力方式；而大于 30% 采用注射剂治疗的方式。对于隧道墙体渗透治理在裂缝小于 0.2 mm 时采用低压浇灌方式；对于大于等于 0.2 mm 的裂缝，先采用密封剂填充后再进行高强度的浇灌。

工程建设项目必须考虑其对交通的影响，尤其是对乡村道路桥梁的加固，应尽可能地使用“部分施工并临时替代路线”的方法进行交通管制。即临时路面宽度不小于 3.5 m 且轴重大于 10 t，农业车辆通行不受影响。同时计划必须说明测试信息将如何加以利用，如通过地质雷达技术获得的桥台后段土层沉降量可以直接应用到钻孔位置的选择上，可减少额外的检测费用。

### 3.2 施工过程中的质量控制

“材料—工序—环境”全过程必须纳入工程的质量控制系统，执行三层面审核。碳纤布进入现场应提供抗拉强度测定值和弹性测定值，且对每一批产品随机抽选三件进行复验。对于注浆材料也要检验其初凝时间及压力抵抗能力，合格后方能使用。重点工序应设置质量卡控点。在使用碳纤维布时，注意使底材表面平整度不高于 2 m 尺直尺下的偏差值，且底漆厚度控制在 0.2 ~ 0.3 mm 范围内。粘贴完成后还须使用辊轮挤压排除空气气泡<sup>[6]</sup>。在注浆加固过程中，注浆管插入深度不得少于裂缝深度的 2/3，为“先外部后内部”顺序进行灌浆，如果相邻孔出浆应立即停止该孔作业，且各孔注入量不得超过设计的容许量。

为了保证工程质量，将环境因素纳入质量系统控制当中。雨天时，严禁进行桥面铺装作业、碳纤维布粘贴作业。在高温的环境下，必须对混凝土表面喷雾降温，还需适当调节浆液中的固化剂添加量。针对农村公路中工作场地相对偏小的特点，可准备针对性的安全策划方案，如修建涵洞时，需要配备通风设备及有毒有害气体监测装置等。

### 3.3 加固后的效果评估

“短期检测 + 长期监测”是评价加固效果的必需措施，评价的标准应该与加固的目标保持一致。短期检

测是设计完成后一个月内进行，主要是进行荷载试验的检测以验证其加固结构强度的效果；对于灌浆堵缝的效果，要通过渗漏试验的检测进行考量。桥面的修补施工后使用摆式摩擦系数测定仪检验防滑能力、使用水准仪计算国际平整度指数，至少要维持 3 年以上才算长时监测，并且要建立自动化监测台：在桥中部位布设位移传感器，在桥基础部位布置沉降观测台，每月检测数据不能低于 1 次。一旦出现以下现象之一则表明加固效果失效：桥下结构的变形量每年增大超过 100 μm；桥基础的累计沉降 20 mm；新裂缝的开裂宽度大于 150 μm。

从经济效益评估来看，需要将整个使用年限内的投资计算进去，包括初始强化成本、维护成本和对交通造成的损失成本。例如：某乡村道路的桥梁采用碳纤维布进行加强后比传统增大横截面节省了 33% 的经费，且由于施工期间交通造成的阻碍所引起的损失减少了 60%。同时，还需要记录加强后出现问题的次数，例如：若灌浆加强方式第二次出现裂缝的比例在一年内不超过 5%，则说明需要进一步分析问题的产生原因，必要时需再次进行加强。

### 4 结束语

农村公路桥涵病害给公路桥梁稳定运行带来了一定的威胁。为了保障公路桥梁结构稳定性，应充分了解农村公路桥涵病害类型和产生原因，选用科学的病害检测方法，通过外观检测、无损检测、荷载试验以及地质雷达监测等方式，充分掌握公路桥涵病害位置和原因。采用微创病害加固技术可以有效提升公路桥涵的结构稳定性，从源头上避免桥涵病害对公路桥梁结构造成的影响，提高我国公路桥涵病害治理效果。

### 参考文献：

- [1] 黄鲁明.公路桥涵病害防治及养护管理分析[J].科技创新与应用,2025,15(18):154-157.
- [2] 唐勇.高速公路桥涵常见病害特点及原因分析[J].运输经理世界,2025(15):101-103.
- [3] 边新华.公路桥涵病害防治及养护管理分析[J].四川建材,2021,47(12):69-70.
- [4] 张超.高速公路桥涵定期检查常见病害特点及原因分析[J].运输经理世界,2021(32):109-111.
- [5] 张煜,熊治华,罗靖雨,等.陕西老旧石拱桥快速评价体系构建[J].水利与建筑工程学报,2021,19(04):168-174.
- [6] 毛立军.浅析公路桥涵养护措施[J].绿色环保建材,2021(02):111-112.