

道路与桥梁工程试验检测技术

文 / 张惠敏 国投工程检验检测有限公司 云南昆明 650000

【摘要】道路桥梁工程是我国基建项目的重要组成部分，在促进经济一体化方面发挥基础保障作用。随着路桥施工技术的进步，基于道路工程及桥梁工程质量的试验检测技术也同步取得了可观发展。本文结合相关实践经验，从道路与桥梁常见施工质量通病入手，分析阐述有效控制道路与桥梁工程建造水平的相关试验检测技术，以期提供参考借鉴。

【关键词】道路；桥梁；试验；检测技术

【DOI】10.12334/j.issn.1002-8536.2022.27.045

引言：

道路桥梁是城市的血脉，也是城市化建设中不可或缺的组成构件。我国早期道路桥梁建设施工时间较早，随着时间的推移，一方面路桥数量趋于增多，另一方面也不可避免出现了各种质量通病问题^[1]。基于此，立足新时期基建事业发展背景，有必要探究道路与桥梁工程的试验检测技术，从而提高道路桥梁工程使用周期寿命。

1、现阶段我国道路与桥梁工程建设应用现状

在现代化建设及区域经济贯通中，道路与桥梁作为基建项目的毛细血管，承担了重要的运输功能，是现代经济结构体有机运转的重要部件。但从众多道路桥梁建设应用中看，其中不乏一些质量通病问题，如道路桥梁局部倒塌等，反映出道路与桥梁工程施工环节相关试验检测工作的不足，体现在以下几方面：

第一，道路与桥梁设计阶段欠缺合理性。道路与桥梁

工程带有极强的专业性，需要遵循严格的建造施工规范，但在早期阶段，出于经济发展的考量及现实因素的制约，道路与桥梁设计欠缺精准性这一问题较为普遍，由此导致道路桥梁施工建设及项目上马随意性强，技术标准符合率不高，进而带来道路桥梁工程项目施工阶段的无序化。第二，道路与桥梁施工阶段质量标准过低。道路与桥梁考虑到后期使用年限，需要在施工质量标准上满足相关规范要求，但出于成本及施工建设周期等因素考虑，在实际建设道路桥梁工程时，往往忽略了必要的前工序环节，如道路桥梁的承载力及寿命周期试验等，导致道路桥梁在经年使用时出现车辙、裂缝、跳桥等一系列问题。第三，道路桥梁工程如涉及到较长长度及较大跨度，不同区域的建造要求有所差异，这时需要跟进精确的测量，如对相关部位疏于测量或单纯依循固有经验，极易导致道路桥梁的重点负荷部位未得到全面准确试验，久而久之，引起道路的局部坍塌等质量病害。第四，道路与桥梁试验测量环节，相比

西方国家，我国在相关技术应用上尚存在一定缺陷不足。例如，在试验测试中局限于道路桥梁工程一角，忽视整体性或后期荷载量的增量，可能增加道路桥梁运行环节的强度损伤^[2]。



图1 道路桥梁试验检测流程

2、道路桥梁试验检测的主要内容

道路桥梁试验检测技术需要覆盖整个道路桥梁设计使用周期，这就决定了道路桥梁试验检测的内容范围要延伸到路桥设计、施工、使用、维保等多个环节。具体而言，道路桥梁试验检测的内容主要有以下几方面：

首先，道路桥梁整体结构型式性能方面的试验检测。确定道路桥梁工程项目施工范围后，应先期对施工区域的地质地貌及水文地理条件进行勘测分析，通过勘察试验及样本提取等方式，获取道路土层信息及相关附属信息，从而对道路桥梁设计方案的编制提供参考。在这一环节的试验检测上，主要选取路桥主结构的参数值，根据参数值及实际施工环境，确定道路桥梁需要使用的材料及工艺。需要注意的是，对道路桥梁的主要应力承接部位，如路桥的梁柱等，应进行更加深入细致的检测。

其次，针对道路桥梁不同部位的受力特征的试验检测。道路桥梁构造有一定型式，在不同的面积区间，其受力数值不同，一些重点受力部位在长期通行过程中极易导致路桥裂缝问题产生，例如，道路面层及桥梁主梁连接处。特别是随着路桥建造施工技术的发展进步，大跨度路桥施工较为常见，各类新材料新工艺也陆续应用到具体实践中，

这就需要尤其关注路桥重点施工部位的质量^[3]。这一环节考虑到道路桥梁主要构成原料是钢筋和混凝土，此时就需要对以上两者的性能指标及强度参数值进行专项检测，以便及时发现并消除质量问题。

第三，基于道路桥梁细部结构的试验检测。道路与桥梁在主体及附属结构上的构成较为复杂多样，一般而言主要由上下部组成，涉及到桥梁项目还需要兼顾其附属部分。这些部分的受力特征有所差异，在结构性能上不尽相同，如不对其进行试验检测，容易导致路桥安全隐患发生。因而，在道路桥梁试验检测中，需要围绕道路桥梁细部结构进行质量病害的重点检查，记录检测数据，根据损耗几率建模计算，从而确定需要经常更换的路桥损耗件。例如，在混凝土强度的试验上，应将试验范围全面覆盖，采用回弹仪、重锤等设备对混凝土表面进行弹击，根据反弹距离数值大小，对混凝土强度进行推算。

3、道路与桥梁试验检测技术具体应用及要点

3.1 道路的试验检测技术及要点

道路主要由基层面层等构成，所用施工材料多为沥青混凝土。在沥青面层厚度的确定上主要参考道路的等级而定，一级公路或高速公路往往需要多层铺筑，如不少于2层。在试验检测道路施工质量时，常用的几种检测技术有：

- (1) 沥青混料压实度检测。按照相应的规范标准及方法选取混料试件，对其毛体积密度数值进行测试，之后比对标准密度参数，从而界定道路沥青混料面层压实度(K)。
- (2) 使用专用的测试仪器。在道路沥青混料压实度检测上，使用核子密度湿度仪等专用的压实度测试仪器，辅助仪器设备及工具采用台秤、天平、毛刷等，通过测试参数的分析，可以推断材料属性功能是否符合预期要求。根据实践经验，密度范围区间一般为 $1.12\text{--}2.75\text{g/m}^3$ ，含水率范围区间一般取值 $0.1\text{--}0.65\text{g/m}^3$ ，前者的测量误差值应小于 0.3g/m^3 ，后者则为 0.015g/m^3 。而在沥青混料细砂粒径数值上，则以 $0.15\text{--}0.30\text{mm}$ 为宜。
- (3) 多种检测技术的综合应用。在试验检测道路沥青混料压实度及质量标准表现时，也可以综合采用钻芯法、灌砂法、环刀法等检测技术。钻芯法主要是从待测试的沥青路面中对沥青混料芯样试样进行钻取，测试其密度值，然后对道路面层压实度系数进行计算和评定；灌砂法主要适用于对道路沥青路面砂土、细粒土所组成的基层、底基层、压实层等部位的沥青压实度进行提取和测试；环刀法在现场测量沥青无机结合料及细粒土等材料密度上较为常用，需要注意选取细粒土作为测试样件时，其龄期应小于2d，以此确保压实度测试数值精准。

(4) 路基路面压实度具体评定参数核验。道路路基、基层及底基层的单点压实度数值 \geq 规定数值并减 2 个百分点时, 则道路路段压实度最佳; 如单点压实度 \geq 规定极值, 根据各部位检查点数统计计算相应的扣分值, 则路段压实度相应受影响; 如压实度 $<$ 规定极值, 则评定道路路段压实度不符合施工标准要求。而在道路路堤部位的试验测试上, 在对其分层压实度进行测试时, 一是严格遵守点位数要求, 二是确保具备足够的样本数, 一般应多于 5 个。在测试评定道路路面平整度时, 把握如下几个要点: 第一, 单位长度区间的最大间隙; 第二, 单位长度区间间隙是否超出定值; 第三, 单位长度区间的间隙积累数值; 第四, 路面纵断面及路面斜率; 第五, 路面测试时获取的振动指标及加速度参数。(5) 道路路面回弹模量及构造深度试验。道路路基部位的回弹模量主要是指路面及路面材料经由荷载力作用产生释放的应力与相关回弹应变之间的比值。当道路土基荷载力越大时, 则代表其回弹模量数值越大, 通过测试道路路基回弹模量能够评价道路土基抗压强度^[4]。在具体实践中进行路基回弹模量测定时, 多采用贝克曼法, 这一方法在不大于 1m 的土基粒料上较为适用, 在回弹弯沉值的测量上适用弯沉仪完成数值取值, 然后通过模型计算的方式得出路基部位材料回弹模量的具体数值大小, 进而测定其在行车作用下, 是否在弯沉、垂直回弹变形、总弯沉等方面存在隐患问题。在道路路面构造深度环节的试验中, 可主要采用手工铺沙法。具体操作要点有: 将路面先用毛刷或扫帚等进行彻底清扫, 留出不小于 30×30cm 的区间; 准备圆筒并适用小铲在圆筒中注入砂, 然后将圆筒在道路路面进行 3~4 次叩打, 当砂处于密实状态并确保被刮平后, 将砂倒出, 适用推平板进行先里后外的重复摊铺, 使砂摊开并在路面空隙中充分填入; 使用钢尺工具对由砂构成的圆的垂直直径进行测量, 记录数值后计算出平均值, 误差应小于 3mm; 最后使用摆式仪对摆值大小 (BPN) 进行测量。

3.2 桥梁的试验检测技术及要点

桥梁试验检测技术的应用目的是分析桥梁的各类参数, 找出桥梁病害的成因及主要规律, 然后给桥梁施工作业提供参考。试验检测的主要手段是对桥梁进行荷载试验, 对桥梁不同受力状态下动态数值进行记录, 以此确定桥梁是否处在安全的承载力区间。需要涉及到计算时, 可同步采用相关软件等辅助。具体而言, 桥梁试验检测技术的要点有: 第一, 产性试验。主要是对桥梁整体进行性能的鉴定, 这一试验可放在桥梁竣工结束后进行。第二, 模型试验。这一试验方法主要根据桥梁的仿真结构型式, 根据比例关

系对桥梁进行对照, 形成试验仿真体, 然后对其主要及重点部位特征进行提取。第三, 桥梁结构部分专项试验。这一试验可分为科研性试验及生产性试验两部分, 各部分按照各自的试验规定进行数值的统计分析。第四, 原型试验。该试验需要对桥梁的实际结构构件进行研究, 试验的成本较高。第五, 桥梁板式及橡胶支座试验。桥梁支座多设置在桥梁的主梁部位及桥梁墩台之间, 主要承担桥梁上部结构荷载力适应及传递功能。桥梁支座多由混凝土材料组成, 因混凝土材料自身受温湿度及环境影响容易出现变形或角度位移问题, 在测试时应结合其受力分析, 套入相应的应力计算模型。根据桥梁型式板式类型的不同选取相应的试验方式, 如桥梁采用橡胶支座, 则以有型式检验为主, 做好材料的施工前检验, 而在桥梁橡胶支座的相关测试上, 主要围绕其极限抗压强度数值及水平位移数值进行, 极限抗压强度大小根据矩形或圆形支座而定, 矩形支座的相关参数为 70MPa, 圆形支座的相关参数为 75MPa。根据橡胶片净厚度参数评定桥梁橡胶支座的水平位移量^[5]。第六, 动力静力试验。动力试验是对桥梁在通车状态下的荷载数值进行记录, 评定桥梁断面部位的动挠度大小及自振特性。静力试验则在桥梁结构试验中较常使用, 具体试验方法参考标准规范说明。在静载加载环节, 把握分级控制的原则, 根据桥梁的最大控制截面内力荷载进行 2~5 级的荷载加载试验, 据此可以对桥梁的动力试验进行验证。第七, 桥梁混凝土试验。桥梁混凝土试验主要集中在混凝土强度的试验测试上。在具体测试中可使用钻芯取样的方法, 从桥梁混凝土结构中抽取混凝土芯样, 然后采用试验方法对其劈裂抗拉及抗压强度参数进行测定。相关细则有: 在混凝土芯样参数上, 应选取混凝土最大粒径集料, 然后根据其粒径大小的 3 倍选择测试芯样, 在数值上可选定 150mm。在混凝土钻芯的数量上, 应设置不少于 3 个的混凝土钻芯构件, 如构件规格较小, 则应不少于 2 样。检验混凝土构件细部时, 应结合检测规定及具体检测部门的补充要求确定数量及取芯的位置。需要注意的一点是, 在选取桥梁混凝土立方体试件时, 把握的要点要更多: 对桥梁基础及桥梁墩台等结构物, 应选取不少于 2 组; 桥梁属于大跨度及大体积混凝土连续浇筑时, 每隔 80m³ 选取 2 组; 桥梁上部结构在构件选取上要根据其长度而定, 一般以 16m 作为选取参数, 如超出 16m, 应进行至少 2 组试件选取, 而超出 30m 时, 则选取 3~5 组; 在钻孔桩的数量上, 则应不少于 2 组, 如桩长大于 20m, 则选取 3 组, 如因大桩径需要长时间进行灌注, 则应选择 4 组及以上试件。

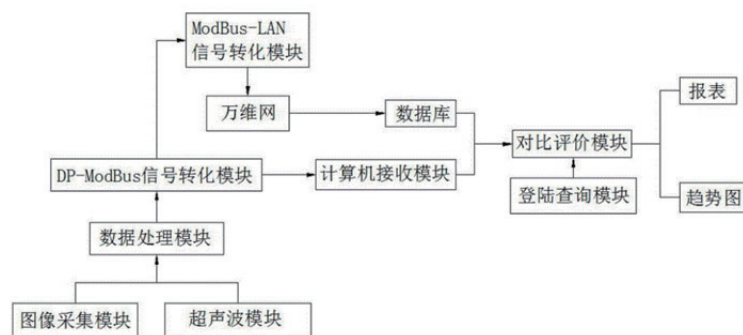


图2 超声波检测技术在道路桥梁裂缝检测应用流程

4、道路桥梁试验检测技术的创新应用

第一，道路桥梁试验检测中应用超声波检测技术。随着道路桥梁施工技术的不断发展进步，各类新兴的技术形式开始应用到具体检测实践中，例如，超声波检测技术在测定道路桥梁是否存在缺陷方面效果较为明显。超声波检测技术的原理主要是借助超声波检测仪器装置及声波转换器等，在超声波理论指导下实施对路桥结构及性能的检测。具体实现上，通过对道路桥梁内超声波的传播速度参数、传播频率数值、传播波幅等数据指标，对道路桥梁的具体形态变化及内在规律进行分析。超声波检测能够有效穿透道路桥梁混凝土结构，可以对道路桥梁的主体及细部进行详细检测。该技术的应用为提高准确性，可设置多个检测点，通过对各个检测点数据的比对，找出误差及背后的成因，如此可更为精准地实现道路桥梁缺陷的查找及处理。

第二，道路桥梁试验检测中应用雷达检测技术。道路桥梁雷达检测技术的优势较为明显，这一技术主要借助地质雷达装置，能够在无损状态下高精度地测量道路桥梁的性能表现。原理是通过地质雷达装置，对道路桥梁结构体内部进行高频电磁波发射，根据内部的反射来反映出道路桥梁结构体具体情况及指标参数。该技术可辅助配合计算机系统及智能模糊控制系统进行，通过后两者的指令响应，对天线信号及电磁波发射信号等进行接收分析，最后传输到控制单元中，将其转换为可视化较强的图形波状等，得出道路桥梁试验检测的相关结论。

第三，道路桥梁试验检测中应用声发射法检测技术。声发射法检测技术主要适用于查找道路混凝土细部结构的缺陷，例如，混凝土材料在使用过程中出现的断裂及塑性变形等。当道路桥梁结构材料在经年使用及荷载应力下出现变形迹象或实际发生变形

时，通过声发射法检测技术的介入，能够在具体待检测部位设置声发射器，从而实现精准定位桥梁缺陷部位的目的。

结语：

道路桥梁工程作为基建工程项目，在我国经济发展及区域联通上起到关键作用。随着道路桥梁施工项目数量及规模的增加，其建设及使用的等级要求也不断提高。在此背景下，尤其需要做好路桥的先期测试试验工作。在具体进行测试试验时，应结合道路桥梁的基本情况，合理选用检测技术，细致全面地对道路桥梁的设计、材料、施工、应用等环节展开测试，提高道路桥梁的使用周期寿命。

参考文献：

- [1] 周锋. 关于道路桥梁路基工程的试验检测方法及其特征的研究与分析[J]. 运输经理世界, 2020(17):56-57.
- [2] 李东明. 基于道路与桥梁工程试验检测技术分析研究[J]. 中国科技投资, 2019(9):26.
- [3] 刘开发. 试验检测技术在道路桥梁检测中的应用探析[J]. 中小企业管理与科技, 2021(5):192-193.
- [4] 柏乐. 道路与桥梁工程试验检测技术分析研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(35):2279.
- [5] 孙芄. 道路桥梁试验检测常见问题及解决对策[J]. 城镇建设, 2021(7):139-141.

作者简介：

张惠敏(1969.03-), 女, 汉族, 四川仁寿人, 本科, 高级工程师, 主要从事建筑材料检测、主体结构检测、公路市政道路检测、体系管理工作。