

# 道路基层含水率对弯沉值影响的现场检测研究

高荣川

重庆北纬建设工程质量检测有限公司 重庆 400000

**【摘要】**：道路基层作为路面结构的承重核心，其含水率变化直接影响自身强度和刚度，进而改变路面弯沉值，关乎道路使用寿命和行车安全。本文结合实际公路工程，采用贝克曼梁法与便携式落锤弯沉仪法，开展基层含水率对弯沉值影响的现场检测研究，分析不同含水率条件下弯沉值的变化规律，明确含水率与弯沉值的相关性，提出基于含水率控制的基层施工质量优化措施，为道路基层施工质量管控和后期养护提供技术支撑。

**【关键词】**：道路基层；含水率；弯沉值；现场检测

DOI:10.12417/2811-0528.26.08.024

道路基层施工中，含水率控制不合理导致的弯沉值超标问题较为普遍，严重影响工程质量。现有研究多集中于室内试验，针对现场实际工况下含水率对弯沉值影响的系统性检测研究较为匮乏，难以准确指导现场施工和质量管控。因此，开展道路基层含水率对弯沉值影响的现场检测研究，明确二者之间的内在关联，制定科学的含水率控制标准，具有重要的工程实践意义。本文结合某新建高速公路基层施工项目，通过现场检测、数据整理与分析，揭示含水率对弯沉值的影响规律，为同类工程提供参考。

## 1 现场检测方案设计

(1) 检测工程概况：本次检测选取某新建高速公路 K12+300-K12+800 段水泥稳定碎石基层作为检测对象，该路段基层设计厚度为 20cm，设计弯沉值为 280 (0.01mm)，基层材料采用 42.5 级普通硅酸盐水泥、碎石和天然砂，配合比为水泥:碎石:砂=5:80:15，最佳含水率为 5.8%。检测路段地处亚热带季风气候区，降雨集中，地下水位较高，基层含水率易受环境因素影响发生波动，具备典型的检测代表性。

(2) 检测仪器与方法：本次检测采用两种方法结合的方式，确保检测数据的准确性和可靠性，分别为贝克曼梁法和便携式落锤弯沉仪法。贝克曼梁法操作简便、成本较低，适用于基层弯沉普查，主要仪器包括标准轴载汽车、贝克曼梁、百分表等，标准轴载汽车后轴载重 10t，单侧双轮荷载 50 千牛，贝克曼梁杠杆比为 2:1，百分表精度 0.01mm，检测时严格按照公路路基路面现场测试规程操作，每个测点重复测试 3 次，取平均值作为最终弯沉值。

便携式落锤弯沉仪法属于无损检测技术，检测速度快，可实现快速连续检测，能够精准获取弯沉值数据，仪器落锤质量

200kg，落高 40cm，产生 50 千牛脉冲荷载，检测时每个测点冲击 3 次，舍弃首锤数据，取后两次平均值作为代表值。同时，采用烘干法检测基层含水率，选取检测点附近的基层试样，通过烘干称重计算含水率，每个检测点对应采集 3 组试样，取平均值作为该点的实际含水率。

(3) 检测点布置：结合检测路段实际情况，沿路线纵向每 50m 设置 1 个检测断面，每个断面设置 3 个检测点，分别位于车道轮迹带中心、距车道线 30cm 处，共计设置 30 个检测点。检测点避开路面裂缝、坑槽等病害部位，确保检测数据能够真实反映基层正常工作状态。检测前对所有检测点进行标记，记录桩号、位置等信息，同时测量检测环境温度，确保温度在 10-35°C 范围内，避免温度因素对检测结果产生干扰。

(4) 检测步骤：检测工作分三个阶段进行。第一阶段，检测前准备，对检测仪器进行校准，确保仪器处于正常工作状态，清理检测点表面杂物，标记检测位置；第二阶段，现场检测，先采用烘干法采集基层试样，测定含水率，再分别采用贝克曼梁法和便携式落锤弯沉仪法检测弯沉值，详细记录每个检测点的含水率、弯沉值、检测时间等数据；第三阶段，数据整理，对检测数据进行初步筛选，剔除异常值，确保数据的有效性，为后续分析提供可靠依据。

## 2 检测结果与分析

(1) 检测数据整理：本次检测共获得 30 个检测点的含水率和弯沉值数据，经筛选后保留 28 组有效数据。检测结果显示，基层含水率范围为 3.2%-8.5%，其中低于最佳含水率的检测点 8 个，接近最佳含水率的检测点 12 个，高于最佳含水率的检测点 8 个；贝克曼梁法测得的弯沉值范围为 220-356 (0.01mm)，便携式落锤弯沉仪法测得的弯沉值范围为

215-350 (0.01mm)，两种检测方法的结果偏差较小，最大偏差不超过6 (0.01mm)，说明检测数据具有较高的可靠性。部分典型检测点数据如下表所示。

表1 典型检测点数据

| 检测点编号 | 含水率 (%) | 贝克曼梁法弯沉值 (0.01mm) | 便携式落锤弯沉仪法弯沉值 (0.01mm) |
|-------|---------|-------------------|-----------------------|
| 1     | 3.2     | 356               | 350                   |
| 6     | 4.5     | 289               | 285                   |
| 12    | 5.8     | 228               | 220                   |
| 18    | 7.2     | 305               | 301                   |
| 28    | 8.5     | 342               | 338                   |

表格中选取了不同含水率区间的典型检测点，涵盖低于、等于、高于最佳含水率的情况，直观反映了含水率与弯沉值的对应关系，与后续分析的变化规律保持一致。

(2) 含水率对弯沉值的影响规律分析：通过对有效检测数据的整理分析，绘制含水率与弯沉值的关系曲线，明确二者的变化规律。当基层含水率低于最佳含水率时，随着含水率的增加，基层材料颗粒间的粘结力增强，强度和刚度逐渐提高，弯沉值呈现明显的下降趋势。当含水率从3.2%增加至5.8%时，贝克曼梁法测得的弯沉值从356 (0.01mm) 下降至228 (0.01mm)，下降幅度达到36%；便携式落锤弯沉仪法测得的弯沉值从350 (0.01mm) 下降至220 (0.01mm)，下降幅度达到37%，此时弯沉值最小，基层承载能力最强。当基层含水率超过最佳含水率后，随着含水率的继续增加，基层材料颗粒间的孔隙被水分填充，有效应力减小，粘结力减弱，强度和刚度显著下降，弯沉值呈现快速上升趋势。当含水率从5.8%增加至8.5%时，贝克曼梁法测得的弯沉值从228 (0.01mm) 上升至342 (0.01mm)，上升幅度达到49%；便携式落锤弯沉仪法测得的弯沉值从220 (0.01mm) 上升至338 (0.01mm)，上升幅度达到54%。这是因为过量的水分会破坏基层材料的内部结构，导致其抗变形能力下降，在荷载作用下易产生较大变形，进而使弯沉值增大。

(3) 相关性分析：采用线性回归分析方法，对基层含水率与弯沉值进行相关性分析，建立二者的线性回归方程。以含

水率为自变量，弯沉值为因变量，结合贝克曼梁法检测数据，得到回归方程为  $y = -32.6x + 462.3$ ，相关系数为0.92；结合便携式落锤弯沉仪法检测数据，得到回归方程为  $y = -33.1x + 468.5$ ，相关系数为0.93。相关系数均大于0.9，说明基层含水率与弯沉值之间存在极强的线性负相关关系，即含水率越高，弯沉值越大，反之则越小，这与实际检测规律一致。

### 3 基层施工质量优化措施

(1) 严格控制原材料含水率：基层施工前，对碎石、砂等原材料进行含水率检测，根据检测结果调整配合比，确保原材料含水率符合施工要求。对于含水率过高的原材料，采用晾晒、烘干等方式降低含水率；对于含水率过低的原材料，适当洒水湿润，使原材料含水率接近最佳范围，为基层混合料含水率控制奠定基础。

(2) 优化基层混合料拌合工艺：拌合过程中，根据原材料含水率和最佳含水率，精准控制加水量，采用集中拌合方式，确保混合料拌合均匀，含水率分布一致。拌合完成后，及时检测混合料的含水率，若偏离最佳含水率，及时调整加水量，避免因拌合不均匀或含水率偏差导致基层强度不足、弯沉值超标。

(3) 加强施工过程含水率管控：基层摊铺过程中，实时检测混合料的含水率，根据环境温度、风速等因素，及时调整摊铺速度和碾压时机。碾压前确保混合料含水率在最佳含水率  $\pm 1\%$  范围内，碾压过程中采用先轻后重、先慢后快的方式，确保基层压实度达标，减少水分散失或积聚。碾压完成后，及时进行覆盖保湿养护，防止基层表面水分快速蒸发，避免出现干缩裂缝，影响基层强度和弯沉值。

### 4 结论

本次现场检测研究通过贝克曼梁法与便携式落锤弯沉仪法结合，系统分析了道路基层含水率对弯沉值的影响，得出结论：基层含水率与弯沉值呈现极强的线性负相关关系，相关系数均大于0.9，含水率的变化直接影响弯沉值的大小；当基层含水率处于最佳含水率时，基层强度和刚度最大，弯沉值最小，承载能力最强；当含水率偏离最佳含水率时，弯沉值会显著增大，且偏离程度越大，弯沉值变化幅度越大；两种检测方法的结果一致性较好，能够准确反映基层含水率与弯沉值的关联规律。

### 参考文献：

[1] 李刚,岑保坪,劳超卫.基于小波变换的沥青路面落锤式弯沉值偏差修正研究[J].粘接,2025,52(08):63-67.  
[2] 陈玉龙.落锤式弯沉仪在市政道路质量检测中的应用[J].工程技术研究,2025,10(13):104-106.