

市政道路工程质量控制关键技术探讨

赵 静

宝鸡市蟠龙新区开发建设有限公司 陕西 宝鸡 721000

摘 要：市政道路工程是城市基础设施的重要组成部分，其质量直接关系到城市交通运行效率、行车安全和使用寿命。针对市政道路工程普遍存在的工期紧、地下管线复杂、交通干扰大、质量通病易发等特点，本文系统探讨了市政道路工程质量控制的关键技术，包括路基压实质量控制技术、路基变形监测技术、基层混合料均匀性控制技术、沥青面层施工温度与压实控制技术、检查井周边沉降控制技术、道路附属设施精度控制技术。研究表明，采用先进检测手段、强化过程控制、实施动态反馈是提升市政道路工程质量的有效路径。本研究可为市政道路工程质量管理提供技术参考。

关键词：市政道路工程；质量控制；路基压实；沥青路面；无损检测

引言

与公路工程相比，市政道路工程具有鲜明的特点：施工区域通常位于建成区，地下管线密集，地上交通流量大，施工空间受限；工期受政府计划和市民出行的双重制约，往往较为紧迫；道路沿线存在大量的检查井、雨水口、路缘石等附属设施，对施工精度要求更高。这些特点使得市政道路工程的质量控制面临更大的挑战，裂缝、车辙、沉陷、检查井周边破损等质量通病时有发生。近年来，随着市政工程建设规模持续扩大和市民对出行品质要求的提高，业界对市政道路工程质量控制的重视程度不断上升。新材料、新工艺、新设备的应用为质量控制提供了技术支撑，但如何系统性地识别关键控制环节、采用适宜的技术手段进行管控，仍是当前需要深入研究的问题。本文从路基、基层、面层及附属设施四个层面，探讨市政道路工程质量控制的关键技术，以期同类工程的质量管理提供参考。

1 路基工程质量控制关键技术

1.1 路基压实质量检测与控制技术

传统压实检测多用灌砂法或环刀法，存在频率低、代表性差、反馈滞后等局限。连续压实控制技术（CCC）通过在压路机安装加速度传感器，实时采集振动轮与土体响应信号，计算压实度指标（如CMV、CVR），并以图形化显示于驾驶室，实现全断面全覆盖的动态控制，避免点式抽检漏检。智能压实技术进一步结合GPS，将压实质量与空间坐标关联，生成压实质量云图，后台自动识别欠压区域并指令补压，提升均匀性，形成电子化质量档案。对于市政道路中管线沟槽回填与路基交错的情况，智能压实系统可清晰区分不同区域压实状况，有效避免回填区压实不足。

1.2 路基变形监测技术

在软弱地基处理、高填方路段及新旧路基搭接部位，应开展路基变形监测。传统监测采用沉降板和水准仪进行人工测量，频率低且受天气和现场条件影响大。分层沉降仪和剖面沉降仪可实现路基内部不同深度处沉降量的精细化测量，对于分析沉降规律和评估地基处理效果具有重要价值^[1]。分布式光纤传感技术是近年发展起来的新型监测手段。沿路基纵向或横向布设传感光纤，利用布里渊光时域反射计（BOTDR）测量光纤各点的应变分布，可连续获取路基的沉降剖面。该技术具有抗干扰能力强、可远程自动化采集、使用寿命长等优点，适用于重要路段或施工期长的市政道路工程。监测数据应及时分析，当沉降速率超过控制标准时，应暂停后续施工，分析原因并采取加固或补压措施。

1.3 路基含水率调控技术

路基土体的含水率对压实效果有决定性影响。含水率过高时，土体易出现“弹簧土”现象；过低时，颗粒间摩擦力增大，难以压实。市政道路施工受天气影响大，雨季施工时路基含水率控制尤为困难。快速含水率测定仪可在现场数分钟内完成土样含水率检测，相比烘箱法（需数小时）大大提高了检测效率，便于及时调整施工方案。对于含水率超标的路段，可采用翻晒、掺石灰或水泥进行改良；对于含水率不足的路段，应洒水湿润后及时碾压。石灰剂量或水泥剂量的检测可采用EDTA滴定法或直读式钙镁含量测定仪，确保改良土体的均匀性和稳定性。

2 基层与底基层质量控制关键技术

2.1 混合料均匀性控制技术

基层（水泥稳定碎石、石灰粉煤灰稳定碎石）的均

匀性是保证基层强度、抗裂性和耐久性的基础。混合料均匀性包括级配均匀性和结合料剂量均匀性。级配波动会导致基层不同区域力学性能差异,在荷载作用下易产生应力集中和反射裂缝。在线级配检测技术采用图像分析法,对传送带上的混合料进行实时拍照和粒径分析,当超粒径颗粒或细集料含量超出允许范围时自动报警,便于及时调整破碎或筛分工艺。结合料剂量(水泥剂量或石灰剂量)的均匀性可采用滴定法或直读式测定仪进行现场快速检测。对于摊铺过程中发现的剂量异常区域,应进行局部处理或废弃。在拌和厂,应采用电子计量系统精确控制结合料用量,并定期校准计量装置。运输和摊铺过程中应防止混合料离析,尤其是大粒径碎石容易在卸料时滚落聚集,应通过降低卸料高度、分堆卸料、频繁移动料斗位置等措施减少离析。

2.2 基层平整度与厚度控制技术

摊铺过程中,应使用自动找平装置(如超声波平衡梁或滑靴)控制摊铺厚度和平整度,避免依靠人工拉线经验判断。对于水泥稳定类基层,摊铺后应及时进行初压,并在最佳含水率下完成终压。压实工艺应遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则,压路机不得在已完成碾压或正在碾压的路段上急转弯或急刹车,以免产生推移。基层厚度不足或超厚都会影响结构受力^[2]。探地雷达技术可用于检测基层厚度,通过发射高频电磁波并接收层间界面反射信号,根据波速和双程走时计算厚度。该方法具有无损、快速、可连续检测的特点,可实现对全线基层厚度的普查。对于厚度不满足设计要求的区域,应在铺筑面层前采取局部补强或调整措施。

2.3 基层养生质量控制技术

基层混合料中结合料的水化反应需要适宜的湿度和温度条件。养生期内水分蒸发过快会导致干缩裂缝,降低基层的整体性和抗水损害能力。覆盖养生(土工布、塑料薄膜、养生土等)是常用方法,应保证覆盖物搭接宽度不小于20cm,并保持持续湿润。对于需要尽快开放交通或铺筑上层的路段,可采用喷洒养生剂的方法,在基层表面形成透气的封闭膜,减少水分蒸发。养生剂的质量应进行检测,包括成膜性、保水率和环保性能。养生期间应设置明显的禁行标志,严禁施工车辆在未达到设计强度的基层上行驶。

3 沥青面层质量控制关键技术

3.1 沥青混合料生产与运输温度控制

现代沥青拌和楼均配备温度传感器进行实时监控,但传感器可能存在偏差,因此需要定期使用红外测温枪或插入式温度计进行比对校准。沥青混合料在运输过

程中温度损失显著,尤其冬季施工或运距较长时更为突出。应采用大吨位自卸车运输,车厢覆盖双层帆布或棉被保温,并在车厢内壁喷涂隔离剂防止混合料黏附。到达现场后应逐车检测到场温度,温度不满足要求的混合料不得使用。温拌沥青技术是通过添加化学添加剂或采用泡沫沥青工艺,使沥青混合料的拌和与压实温度较热拌沥青降低20~40℃。该技术降低了施工能耗和有害气体排放,同时拓宽了低温季节的施工窗口。温拌沥青混合料的质量控制需要额外关注添加剂掺量的准确性、降温后的压实性能以及水稳定性指标是否满足要求。

3.2 摊铺质量动态控制技术

沥青面层的摊铺厚度、平整度和均匀性直接影响使用性能。现代摊铺机配备自动找平系统,基准可采用平衡梁(适用于下面层)或滑靴(适用于中上面层)。平衡梁的长度应根据路面平整度要求选择,一般不宜小于12m。摊铺速度应根据供料能力、压实能力和铺筑宽度综合确定,一般控制在2~4m/min,保持匀速、连续作业,避免频繁停机造成横向接缝^[3]。螺旋布料器的料位高度应保持在螺旋叶片轴心线上方2/3处,且布料器转速与摊铺速度匹配,防止离析。红外热成像技术可用于实时监控摊铺后混合料的温度分布。该技术能够在摊铺机后方以热像图形式显示温度场,温度离析区域(温差超过20℃)会以不同颜色突出显示。施工人员可根据热像图指导压路机有重点地进行碾压,对于低温区域适当增加碾压遍数或采取局部加热措施,确保压实均匀性。

3.3 沥青路面压实质量控制技术

不同结构层对压实工艺的要求有所差异:下面层需要更高的压实功,宜采用重型振动压路机;上面层注重平整度和构造深度,应采用胶轮压路机揉搓压实。复压阶段是密实度增长的主要阶段,应在高温下完成;终压阶段只消除轮迹,温度已不宜过高。压实质量的实时监控技术已经成熟。在压路机上安装温度传感器、振动传感器和GPS模块,实时记录碾压轨迹、遍数、速度和温度,通过无线网络上传至管理平台。系统可根据设计要求的碾压遍数自动判别欠压区域,并生成压实报告。这种技术有效解决了凭经验碾压可能导致的漏压或过压问题。压实完成后,可采用无核密度仪现场检测路面密度,计算压实度。无核密度仪采用电磁感应原理,检测速度快、不损伤路面,适用于大范围的压实质量普查,但应与钻芯取样法进行标定,以保证准确性。

3.4 路面平整度与抗滑性能控制

除了摊铺和压实的控制外,接缝处理也是影响平整度的关键环节。横向接缝应采用垂直平接缝,切缝后涂

抹粘层沥青,摊铺时适当提高预热温度,并采用压路机骑缝碾压。纵向接缝宜采用热接缝,两台摊铺机前后错开同步作业,初压后骑缝碾压。抗滑性能通过表面构造深度和摩擦系数来评价。构造深度主要取决于上面层采用的集料粒径和级配,以及碾压时是否过度压实导致细集料上浮。应在铺筑后及时进行摆式摩擦系数测定和铺砂法构造深度检测,不满足要求时应采取铣刨拉毛或树脂封层等补救措施。

4 附属工程质量控制关键技术

4.1 检查井周边沉降控制技术

检查井周边沉陷是市政道路最常见、最令市民诟病的质量通病。其主要原因是井周回填土压实困难、井盖座与路面高差控制不当。针对该问题,近年来发展出一系列控制技术。一是采用混凝土或水稳材料整体浇筑井周加固区,替代传统回填土,加固区直径一般不小于井筒外径加1m,强度不低于基层设计要求。二是采用可调式防沉降井盖,该井盖通过法兰盘与路面结构层结合,在路面碾压时随路面同步沉降,最终与路面平齐^[4]。三是采用精确测控技术,在路面摊铺前使用激光准直仪或水准仪精确测定井盖座高程,预留路面铺筑厚度,铺筑后及时复测调整。井盖安装后应与路面高差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,且不得高于路面。

4.2 路缘石与人行道铺装精度控制

路缘石是道路的“眉毛”,其线形顺直度和顶面高程直接影响道路景观。应采用经纬仪或全站仪放样出缘石顶面控制线,直线段控制桩间距不超过10m,曲线段应加密至2~5m。路缘石基础应密实、平整,安装时采用砂浆座浆,并用水平尺和拉线进行三向校正。相邻缘石的高差不应大于2mm,缝隙宽度均匀(5~8mm),勾缝饱满。人行道铺装质量控制重点是平整度、坡度和块材稳固性。应设置方格网控制桩,确保铺装面坡度与道路横坡一致。采用干硬性水泥砂浆找平层时,虚铺系数应通过试验确定,铺砖后采用平板振动器振实,并用水平尺检查平整度。盲道砖的位置、走向和止步点设置应符合

无障碍设计规范要求,不得被检查井或杆柱截断。

4.3 雨水口与排水设施质量控制

雨水口是道路排水系统的末端节点,其设置高程应低于路面最低点,以保证雨水顺利汇入。施工中应采用定型雨水口模具,控制进水篦子的高程和坡度。进水篦子与路缘石的间距应符合设计要求,便于雨水流入。雨水口周围易发生沉降,应采用与基层同强度的材料回填。施工完成后应进行通水试验,检查排水是否顺畅,是否存在倒坡或堵塞。

5 结语

市政道路工程质量控制是系统工程,涉及路基、基层、面层及附属设施,需材料、机械、检测、管理协同。路基工程侧重连续压实控制与变形监测;基层工程强调混合料均匀性及养生质量;面层工程突出温度控制、压实监控和平整度管理;附属设施聚焦检查井沉降控制和铺装精度。未来发展趋势:检测从人工点式抽检向自动连续普查转变;质量数据从纸质记录向实时上传、云端分析转变;控制从单一指标向多参数关联分析转变;管理从施工自控、监理验收集成至参建方协同平台转变。施工企业应加大先进检测设备和信息化系统投入,提升专业能力,将关键技术落到实处,为建设高品质市政道路工程奠定基础。

参考文献

- [1]吕晓光,张晓磊,李新.市政道路工程施工质量控制标准化体系构建研究[J].中国品牌与防伪,2026,(3):154-156.
- [2]章潇钰.市政道路工程施工管理及质量控制研究[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.2025年第一届数字技术赋能工程建设领域数字化转型学术交流会议论文集.[出版者不详],2025:153-154.
- [3]马红.市政工程道路施工的质量控制及标准化管理[J].大众标准化,2025,(22):13-15.
- [4]薛紫文.市政道路工程施工管理及质量控制研究[J].建筑机械,2025,(9):16-20+24+2.