

# 水泥混凝土路面施工技术及质量控制

裴德友

湖南常德路桥建设集团有限公司

**摘要：**与其他路面结构相比，水泥混凝土路面属于刚性路面，其承载强度、抗变形刚度及耐久性均优于其他路面，且水泥混凝土路面有效服役年限较长，后续养护成本低廉，工程性价比极高，在路面工程中得到大量应用，尤其在重载混凝土路面中，其综合优势更加显著。但水泥混凝土路面也存在一定的缺陷，其对施工阶段的质量要求较高，一旦施工工艺应用不当，必将严重影响水泥混凝土路面的固有性能。综上，本文特以农村公路水泥混凝土路面为研究对象，重点就施工工艺开展深入研究，以期进一步提高农村公路的总体施工质量。

**关键词：**农村公路；水泥混凝土路面；施工技术

伴随“乡村振兴”战略的不断落实，农村基础设施建设迎来重要发展契机，农村公路作为农村基础设施的重要组成部分，理应得到充分的重视和关注；为了满足农村交通运输日益多样化的现实需求，必须更新优化现有的农村公路设计及施工水平，以切实提高农村公路的总体质量。水泥混凝土路面形式被广泛应用于农村公路项目中，其凭借优异的承载强度及抗变形刚度能够满足各类车辆荷载工况，非常适用于我国农村公路的交通运输实际；但受到施工工艺、质控措施不足等因素影响，水泥混凝土路面容易出现各种结构性和非结构性病害，严重削弱了水泥混凝土路面的功能，在后续的工程应用实践中，必须引起足够重视。

## 一、工程概况

本项目中涉及的水泥混凝土路面共穿越4574个自然村落，累计里程达5274.24km，线路采用双向四级标准设计施工，路基净宽不低于4.5m，行车路面净宽不低于3.5m，路面采用水泥混凝土结构形式，面层厚度不低于200mm，现浇混凝土标号C30，其他技术标准以现行农村公路设计规范为准。

## 二、原材料的选择

### （一）水泥

（1）为了兼顾原材料成本和施工和易性，建议使用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥作为混凝土基材；

（2）落实原材料进场抽检制度，保证水泥材料标号、类型满足设计要求，且保质期在允许范围内，严禁过期、结块水泥进场施工；

（3）水泥从生产厂商运输至施工现场过程中必须做好必要的防护措施，避免水泥材料受潮，运输全程应使用防水篷布妥善遮盖。

（4）水泥原材料进场后应及时分类架空码放，保证存料场所的干燥通风，严禁不同标号及类型的水泥交叉混合存放；

### （二）集料

（1）混凝土集料在保证粒径、硬度、级配及表面清洁度满足设计要求的前提下，应尽量控制材料成本，提高集料的工程性价比；

（2）通过现场配合比试验确定不同粒径砂石材料的组分，其中细粒径砂石的杂质比率不能超过3%；

### （三）水和外加剂

（1）拌和用水应控制杂质比率，为了降低拌和成本，混凝土拌和可直接使用生活饮用水；

（2）为了控制混凝土拌和用水量，提高现浇混凝土路面的早期强度，建议适当添加减水剂及早强剂等外加剂，以优化混凝土施工和易性，提高混凝土整体质量。

## 三、农村公路水泥混凝土路面施工技术要点

### （一）工艺流程

农村公路水泥混凝土路面施工工艺流程见以下图1：

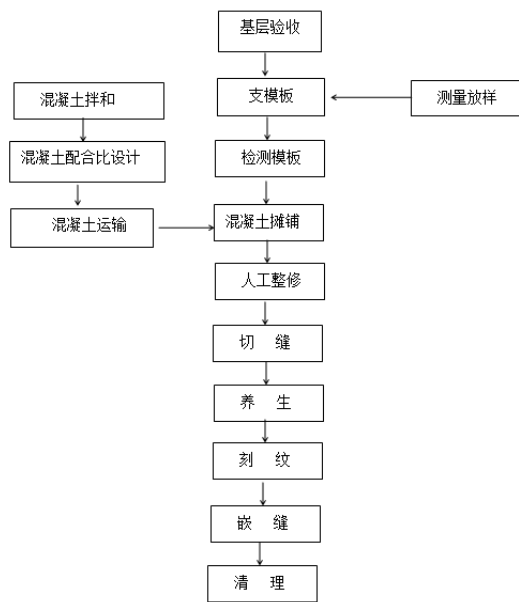


图1 水泥混凝土面层施工工艺流程图

### （二）模板安装

（1）施工前应先在对对应标段内放样，彻底清理路基层面垃圾，在浇筑面层前应保持基层湿润；

（2）支设混凝土浇筑模板，为了保证混凝土浇筑质量，避免因混凝土振捣出现漏浆、模板失稳等问题，应保证单个模板的抗变形刚度及模板之间的连接强度和密封性满足施工要求；

（3）以1m为间距增设混凝土模板加劲肋，异提高模板的整体性和刚度，应保证模板内侧的平整性和光滑度，浇筑前应均匀涂抹润滑油，以便于后期拆模。

### （三）设置拉杆和传力杆

（1）为了提高不同浇筑块体之间的变形协调性和受力均匀性，不同浇筑块之间应沿行车方向增设拉杆，拉杆长度及布置间距应与设计图纸一致；

（2）考虑到现场施工条件，为了解决施工中中断导致的非结构性开裂问题，应根据施工能力对施工标段进行分块，并设置施工接缝；

（3）横向接缝应与混凝土干缩缝重合，且应在横向接缝内增设传力杆，以提高路面横向的抗变形刚度及变形协调能力，横向带传力杆接缝建议设计成企口缝形式。

### （四）拌和运输混凝土

（1）浇筑用混凝土采用集中拌和，小型水泥砼罐车运输，按照设计配合比将水泥、集料、砂石一次性添加至拌和罐体内，拌和应按干拌和湿拌两步进行；拌和后应同步浇筑混凝土试验试块，以明确后期浇筑路面的各项力学参数；

（2）严格控制浇筑混凝土的水胶比，确保混凝土施工和易性满足施工要求；混凝土湿拌时间不宜小于1.5min，以保证混凝土的均一性满足施工需要；

（3）混凝土拌和区域应尽量设置在施工现场附近，以缩短混凝土运输距离，混凝土运输应采用专用的拌和罐，防止长时间运输导致混凝土变性，影响后期路面功能；

(4) 混凝土在运输阶段应做好密封处治，最大程度避免外界环境因素对混凝土材料的不利影响；

(5) 为了解决运输阶段可能出现的渗漏，建议使用防水篷布彻底包裹运输罐；夏季炎热环境下，混凝土从出罐至浇筑过程的时间不宜超过0.5h，冬季寒冷环境下，可适当延长运输时限，但原则上不能超过1.5h。

**(五) 摊铺和振捣混凝土**

(1) 应在天气条件良好的前提下开展混凝土路面摊铺作业，摊铺前应保证路基层表面清洁、湿润，防止因基层表面不平整诱发路面层应力集中，最终造成应力开裂病害；

(2) 混凝土摊铺应使用专用的摊铺机械，摊铺过程中应控制好摊铺高度和松铺系数两大指标；

(3) 摊铺机械推进速率应结合混凝土强度、施工和易性、混凝土坍落度及混凝土振动压实特性综合决定，摊铺机械应匀速行进，严禁中途折返、停机、加速。不同混凝土材料对应的摊铺速率详见下表1所示：

表1 不同施工性能混合料摊铺速度选用

坍落度 (mm)	10—30	30—50	50—70	70—90
振动时间 (s)	45—30	30—20	20—15	15—10
摊铺速度 (m/min)	0.60—1.0	1.0—1.5	1.5—2.0	2.0—3.0

(4) 施工现场应遵循机械与人工协调配合的原则，采用振捣横梁完成摊铺平整作业。横向振捣梁应与路面中线保持正交，振捣平整次数不应低于2次，平整标准以表面均匀泛浆为准；

(5) 横向干缩缝间距为4m，板长最大值不宜超过6m，最小值应大于板宽；板与行车道中心线保持正交，混凝土路面切缝宽度应介于3mm~8mm范围内，深度应介于40mm~50mm范围内。工作缝应布置在干缩裂缝位置，且与行车道中心线保持正交；

(6) 摊铺完成后应立即使用路面刻纹机刻纹，刻纹目的是提高后期路面的抗滑能力，刻纹宽度应介于3mm~5mm之间，深度应介于2mm~4mm之间；

(7) 混凝土振捣采用人工振捣法，振捣形式为插捣，插捣阶段应坚持“慢插慢提”的原则，以降低振捣棒在插拔过程中对混凝土的扰动，振捣强度及时间应结合现场施工条件综合确定，避免欠振和过振问题出现；

(8) 振捣过程中应尽可能避免振捣棒直接接触混凝土模板，振捣棒与混凝土模板的安全距离应保持在200mm左右；此外，振捣前应仔细查看设计图纸，尽量避免振捣棒与拉杆、传力杆及配筋直接接触。

**(六) 平整及压纹**

(1) 振捣施工完毕后，应使用板式振动机提浆，并使用打磨机械处理混凝土表面；

(2) 混凝土彻底凝结硬化前可使用揉压法平整，压实度达到设计标准后，应彻底清理表面多余泌水，平整施工不能破坏混凝土砂浆的均匀性；为了提高路面的整体密实度和平整性，建议结合现场天气条件确定二次平整时机；

(3) 混凝土表面抹面施工应把控好力度，力求抹面均匀。

(4) 混凝土表面刻纹应在终凝前完成，混凝土路面刻纹目的是增强路面的抗滑性能，刻纹深度应控制在2mm~3mm范围内；

(5) 对于长大纵坡路段，应适当增加刻纹深度，若常规刻纹机无法满足设计要求，可对刻纹机施加配重；为了加快刻纹效率，可考虑使用格栅刻纹，格栅布置间距宜介于80mm~120mm之间；

(6) 针对纹路设计宽度大且存在边缘缺陷的路段，可使用全机械化刻纹，以保证压纹的均匀性和标准性，提升路面整

体的抗滑能力和行车舒适性。

**(七) 接缝、养护、填缝**

(1) 受一次性施工能力所限，施工前应对标段内混凝土进行分块，相邻块体之间由纵横向施工接缝连接；

(2) 若单次摊铺宽度超过4.5m，应并列布置纵缝，纵缝内应埋置拉杆；单次摊铺作业完成后，为了避免因新旧混凝土浇筑造成的非结构性开裂，应布置横向接缝，横向接缝尽量布置在干缩缝位置；

(3) 干缩缝位置的接缝应埋置传力杆，若干缩缝位置为胀缝，则该位置的接缝构造应与胀缝一致。

(4) 摊铺后的混凝土路面应及时养护，以保证混凝土强度达到设计标准，可在摊铺混凝土表面覆盖潮湿的塑料薄膜，并加盖潮湿草垫，每天定期向草垫表面洒水，保证草垫湿度；

(5) 水泥混凝土路面养护周期一般为4周，前1周养护对于混凝土强度形成至关重要。

(6) 切缝完工后，应及时填缝，填缝前应保证缝隙内清洁、无杂物，填缝可使用密封效果良好的乳化沥青材料。

**四、农村公路水泥混凝土路面施工质量控制措施**

**(一) 施工前期的质量控制措施**

(1) 原材料是保证公路施工整体质量的前提和基础，必须做好原材料质量控制工作，尤其是大用量基材的质量把控，明确所使用水泥的类型及标号，严禁过期、结块水泥进场施工；(2) 控制粗、细骨料的粒径范围，优化骨料级配设计方案；(3) 优选功率、性能达标的施工机械，组织技能过硬，经验丰富的施工队伍，切实提高现场施工效率。

**(二) 施工过程的质量控制措施**

(1) 按照设计要求划分拌和流程，按照先干拌再湿拌的顺序充分拌和，严格控制拌和顺序和时间，确保拌和均匀性；单块水泥混凝土摊铺作业应保持连续，避免遗留摊铺空隙；

(2) 强化旁站监理工作质量，重点做好后期养护，遇到短时强降雨天气应及时做好积水外排工作；

(3) 落实第三方检测工作，借助各类检测仪器，测定水泥混凝土路面各项指标，保证水泥混凝土路面性能达到正常行车要求。

(4) 项目负责人应落实主体责任，强化与现场驻地总监的配合，保证每一道施工流程均达到设计要求。下图2为施工现场质检工作流程示意图：

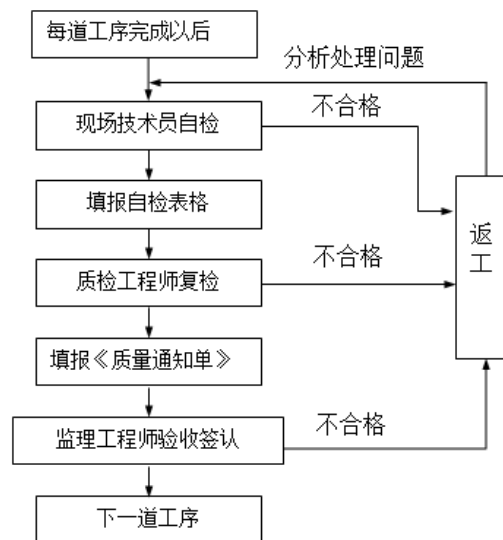


图2 每道工序完成后，质量检验流程图

(5) 强化现场施工技术人员管理，定期组织施工人员进行展技术培训，从思想意识层面提高施工人员对工程质量及施工

安全的认识，杜绝人为因素造成的工程质量缺陷。

**(三) 施工后期质量控制措施**

(1) 主体工程完工后，应做好交竣工检测对接配合工作，落实好施工后期的质量控制；

(2) 制定常态化的施工监测方案，一旦发现监测数据异常，应立即停止施工作业，及时排查异常原因。

(3) 路面综检：测定路面弯沉指标可定量判定路面承载强度。目前采用的检测技术是贝克曼梁检测技术，能够实现无损检测路面，并且可以通过检测出的弯沉值判断路面的综合承载能力。除了使用贝克曼梁检测技术，还有其他常用的几种方法，比如FWD检测法、地质雷达检测法等，以上测试方法的优劣详情见以下表2所示：

表2 混凝土路面弯沉检测技术汇总

检测技术	优势	缺陷
肉眼观测法	观测凭借个人经验	精度不足，检测效率低
贝克曼梁法	弯沉检测技术理论成熟	主观性因素较强，检测效率低
FWD法	检测效率高、精度好	基于有限元分析技术，直观性较差
地质雷达法	效率高、精度好、自动化程度高	测试受到信号接收的限制
声波振动法	检测效率高、精度受检测环境影响	精度不足

(4) 通过测试水泥混凝土的综合承载能力，能够得到水泥混凝土的错台和接缝处的荷载传递情况。所以，需要进行两次路面弯沉测试，第一次测试的是不同混凝土板跨中位置的弯沉值，第二次测试的是不同混凝土板接缝处的弯沉值。需要详细的记录试验数据，通过试验数据的分析，可以判断混凝土板是否存在错台，从而能够计算出试验混凝土板的弹性模量。通过试验测试出的接缝弯沉值可以判断混凝土板的边缘支撑情况，同时，通过前后两次的弯沉值数值差，可以用于评价接缝处的荷载传递能力。

(5) 路面平整度及抗滑性指标检测：由于平整度测试时的实验面积较大，为了能够快速准确的获取试验数据，可以进行抽样检测，此时的试验方式应该参照国际平整度的检测标准指标。除此之外，通过对车轮和混凝土的摩擦系数进行检

测，可以判断路面的抗摩擦能力，检测设备是摩擦系数测定仪（BPN）及路面横向作用力系数测定仪（SFC）。

**五、环境保护、水土保持保证措施**

(1) 路面施工应做好环境保护工作。坚持以人为本、人与自然相和谐的理念，按照“安全、环保、舒适、和谐”的原则，积极主动与当地环保部门联系，取得支持和指导，重视环境保护的文明施工；

(2) 冲刷水及水体污染：间断性的冲刷水和污水外排应与本项目中约定的处治工程相结合，以便于施工期内和运营期间有效、经济、持续地控制水冲刷和水污染。

(3) 废弃油液及生活污水：强化机械维保，对于漏油，漏水的机械必须修好后方可继续参与施工，生活污水应处理后统一收集排放；

(4) 工程垃圾及废弃物：会同环保部门在施工现场选定工程垃圾及废弃物临时堆放点，并及时清运；若短时间内无法清运，应妥善覆盖，以防止大风扬散；

(5) 施工噪音：严格控制施工作业时间段，禁止夜间施工；如遇必须施工的情况，施工噪音不应超过55分贝，运输车辆及施工机具应增设消音设备，并做好定期保养维修，储料仓、货仓应远离居民区；

(6) 现场卫生管理：施工人员生活区应强化卫生管理，杜绝出现群体性卫生事件。

**六、结论**

综上所述，在农村低等级水泥混凝土路面施工实践中，必须予以充分的重视和关注；施工前，先制定科学可行的施工方案，优化现场施工组织管理；施工过程中，应强化施工监测和施工质量控制工作；施工后，应配合完成交竣工检测，以保证通车后的行车舒适性和安全性。

**参考文献**

[1] 张建彬. 水泥混凝土路面施工质量控制方法[J]. 交通世界, 2017(15):76-77.  
 [2] 刘红堂. 水泥混凝土路面施工应注意的问题[J]. 工程建设与设计, 2019(03):231-232+236.  
 [3] 李心平, 王宇云, 王延伟. 水泥混凝土路面质量快速检测的研究与应用[J]. 中南公路工程, 1990(02):23-27.

(上接第196页)

**(三) 合理制定区域水利建设规模**

制定水利规划前，应实地考察当地经济和发展规模，确定其经济发展能力和各行各业对水资源的需求量，进而做出科学合理的规划方案。水利调查的信息要保证其真实性，可靠性，准确性，综合分析，多方面商讨研究后做出比较全面的统计。不可出现水利工程规模较小，无法满足区域的发展需要，遏制其经济进步的现象，也不可虚报调查数据，造成浮夸建设，浪费社会资源。规划人员在水利规划时应综合考虑人民利益和政府财政承受能力，既要科学合理，又要人性实用，把水利设施建设看作经济发展的助推力量，使其具有可扩展性，可符合当下时局需要，又满足未来发展需求，便于未来的城市建设和生态治理。

**(四) 水资源合理配置，水利现代化规划**

水资源的不平衡已成为地区一大特征，在进行水利规划时，应综合考虑社会，生态，环境以及各个区域的经济发展前景等相关因素，最终制定符合时代特征，科学合理化的水资源配置方案。水资源不仅影响着民生问题，同时关乎着国民经济，社会生态，自然环境的稳定和谐。所以对其进行可持续的利用，可长期发展的规划是社会所期待的最优化目标。同时，对于防洪防旱来说，水资源的把控更要充分考虑区域水资源的可利用量和生态环境对水资源的需求量。对于水利项目的规划

切不可急功近利，目光短浅，只注重眼前利益而不顾长远的发展，造成不可逆的损失和破坏。规划人员应将水利规划和生态治理有机结合，抛弃传统的水利措施，借鉴国内外先进经验，创造属于自己的现代化水利工程。水利现代化不仅是设施的先进精良，更是思想的卓越提升，行为方式的现代化，只有贴合实际，大胆创新，才可制定出最优的水利规划。

**结语**

水资源配置，水资源治理，水利工程建设和规划是一项有机统一的工作，对我国的民生和经济建设有着举足轻重的影响力。不断地完善，优化水利规划方案，协调其与地域、自然的关系，使其有利于地区建设，有利于生态保护。以认真负责的态度和发展的眼光将我国的水利规划工作做得更好。

**参考文献**

[1] 平伯瑜. 水利规划设计的技术分析[J]. 科学技术创新, 2019(08):109-110.  
 [2] 李玉红. 面向生态文明区域水利经济规划的综合调控研究[J]. 财经界(学术版), 2018(04):18-19.  
 [3] 王娟. 生态水利工程规划设计的基本要求和措施分析[J]. 农技服务, 2017, 34(20):159.  
 [4] 杨艳辉. 水利规划建设项目实施效益探究[J]. 黑龙江水利科技, 2016, 44(03):154-156.