

# 公路工程施工中水泥混凝土面层施工技术分析

文 / 徐丹 平阳县交通投资集团有限公司

**摘要：**公路建设是国家基础建设体系中的关键环节，作为交通网络的核心组成部分，其施工质量直接影响公路的耐久性和通行安全性。水泥混凝土材料凭借经济实惠、成型灵活及力学性能优越等特点，在公路建设中占据重要地位。但水泥混凝土施工工艺涉及多个环节，质量控制难度较大，若操作不规范极易产生结构裂缝或强度不达标等问题。针对这一情况，系统研究公路面层水泥混凝土施工工艺对确保公路工程质量具有决定性作用。

**关键词：**公路工程；水泥混凝土；路面施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.052

## 引言

当前我国经济持续向好，公路基础设施建设迎来了前所未有的发展机遇，在各类工程项目中占据着核心位置。作为公路建设的重要组成部分，公路面层水泥混凝土施工技术的优劣直接决定了公路工程的整体品质。为此，在具体施工过程中，必须严格执行相关技术规范，积极探索创新施工方法，通过技术革新改善作业环境，提升施工效率，确保公路工程按期优质完成建设任务。

## 一、水泥混凝土施工技术在公路工程面层施工中的重要性

### （一）确保结构强度、刚度与稳定性

公路基础设施在运营阶段需要持续承受来自车辆行车荷载，其中公路面层为直接接收应力并传递荷载的主要承重层，起着承上启下的作用。在实施公路面层时，通过科学的水泥混凝土浇筑技术，可使混凝土材料达到预定强度指标，同时借助合理的工艺增加混凝土的刚度，以此保证交通设施在全生命周期内保持可靠的结构性能与安全状态。

### （二）提高公路的耐久性

公路面层长期暴露于自然环境中，经受温差变化、降水侵蚀及车辆荷载等多重考验。通过优化水泥混凝土配合比设计，严格落实规范的拌合、浇筑、养生流程，可使水泥混凝土达到设计强度；也可掺入特定功能的外掺料，可以改善材料微观构造，显著提升路面渗透、冻融及化学腐蚀的抵御能力。这种工艺优化能有效延缓材料性能退化，减少因耐久性不足导致的工程缺陷发生概率。

## 二、公路工程水泥混凝土施工管理要点

针对水泥混凝土面层施工的关键环节，如原料配比、振捣工艺及养护措施等，均需结合工程实际进行专项技术把控，确保水泥混凝土结构的长期性能符合规范要求。通过组织专业培训、强化现场监管等手段，切实提升施工工艺水平。作为公路建设的关键工序，路面施工质量直接影响工程整体品质，必须严格把控水泥混凝土施工质量，以实现工程综合效益最大化。同时，还需重点预

防施工过程中的典型问题，如“重浇筑、轻养护”、“重进度、轻质量”等问题，力争保质保量按期完工，有效改善区域交通运行状况。

## 三、公路工程水泥混凝土原材料与配合比设计

### （一）原材料的选择

公路面层对水泥混凝土原料的质量标准与适用条件有着明确的技术规范。作为主要胶结物质的水泥必须达到设计规定的强度标准与环境耐受性要求，特别是在海洋环境或高盐碱地带，必须选用具有优异抗硫酸盐特性的水泥产品来抵抗化学腐蚀作用。骨料的质量直接关系到水泥混凝土内部构造的紧密度与综合力学表现。粗骨料需要具备良好的级配特性，其破碎指数必须达到行业标准要求；细骨料则应当优先选择纯净的天然河砂或人工砂，以确保混合料具备优良的工作性能与尺寸稳定性。合理添加矿物掺料能够优化水泥的水化反应过程并改善微观孔隙分布。矿渣微粉与粉煤灰等材料在减少水化放热的同时，还能增强水泥混凝土对氯离子渗透的长期抵抗能力。外加剂的选择需要根据施工季节和结构位置进行针对性配置。高性能减水剂能够保证在低水灰比条件下混合料的泵送性能，而引气剂的加入则能有效提升寒冷地区水泥混凝土在冻融交替环境中的耐久性能。搅拌用水的质量必须经过严格检测，防止有害离子对钢筋保护层造成破坏性影响。

### （二）水泥混凝土配合比设计

水泥混凝土配比方案制定需统筹考虑建筑结构使用环境、施工技术特点及长期耐久性要求，以构件标度强度等级为关键指标。水灰比初始值应在符合强度增长特性的前提下严格控制上限阈值，为水泥混凝土抗渗透能力和耐腐蚀性能奠定基础。胶结料总量应在确保充分填充集料间隙的同时防止过量富余导致裂缝隐患，活性掺料与主材的配比关系需参照实际工程案例进行合理配置。粗细骨料级配方案通过调控各粒级颗粒的质量占比构建最密实堆积体系，含砂量选取应协调浆体覆盖效果与拌合物均匀性的相互关系。标准配比须经实验室模拟施工环境进行流动度检测和力学指标测试，根据实测坍

落度衰减速率、强度发展规律及耐久参数实施实时修正，最终施工配比需结合现场骨料含水波动特性形成可调节的生产控制指标。

#### 四、公路工程面层施工中水泥混凝土施工技术

##### （一）水泥混凝土搅拌与运输

水泥混凝土制备是通过机械混合使各类组分均匀分布的关键工序，其混合效果对最终成品品质具有决定性影响。操作过程中需精确把控混合时长、设备转速及投料流程等参数。对于强制式混合设备，建议运行时间不低于 60 秒；而重力式混合装置则需保持 90 秒以上的运转周期。设备转速的设定需综合考虑机型特性与配方要求，以实现物料的充分融合。投料流程通常遵循粗骨料优先、胶凝材料次之、最后添加液体组分及化学添加剂的原则。此外，应建立设备巡检制度，确保混合装置始终处于最佳工作状态。

在水泥混凝土输送环节需确保拌合料的匀质性与施工性能，防止发生分层析水和泌浆问题。水泥混凝土运输的最大允许时间应根据试验提供的初凝时间和施工时的气温来确定，输送时长要尽可能压缩，以此控制坍落度指标的衰减幅度。针对远距离输送或高温工况，宜选用带有搅拌装置的专用运输车辆，同时保持搅拌筒以低速持续运转。实验数据表明，拌合料坍落度在输送期间的衰减幅度与输送时长及环境温度呈正相关。当环境温度达到 30℃ 时，每增加 1 小时输送时间，坍落度指标将下降 20 ~ 30 毫米。基于此，工程实施阶段需结合运距和气候条件科学调配运输设备，优化行车路线，保证拌合料在限定时间内送达作业面。

##### （二）摊铺与振捣

摊铺作业前，需对基层进行全面检查，确保基层表面平整、干净且无松散颗粒，同时要对施工机械进行调试，保证其性能良好。采用混凝土摊铺机进行摊铺施工，根据路面宽度和厚度合理调整摊铺机的参数，如布料速度、摊铺厚度等。在摊铺过程中，要控制好混凝土的供应速度，保证摊铺机连续、均匀地摊铺，避免出现停机待料或供料过快导致混凝土堆积的情况。为了保证混凝土的均匀性，混凝土从搅拌站运输到施工现场时，需尽量缩短运输时间，且在运输过程中要对混凝土进行适当的搅拌，防止混凝土发生离析。

摊铺完成后，紧接着要进行振捣作业。振捣采用插入式振捣棒与平板振捣器相结合的方式。首先使用插入式振捣棒，按照梅花形布置的方式插入混凝土中，插入深度要达到下层混凝土 5 ~ 10cm，以保证上下层混凝土的良好结合。振捣时要快插慢拔，每次振捣时间以混凝土表面不再显著下沉、不再出现大量气泡、表面泛出灰浆为准，一般控制在 20 ~ 30 秒。插入点间距不宜大于

振捣棒作用半径的 1.5 倍，通常为 30 ~ 40cm。插入式振捣棒振捣完成后，使用平板振捣器在混凝土表面进行全面振捣，平板振捣器的移动间距应能保证振捣器的平板覆盖已振实部分的边缘，一般为 20 ~ 30cm。通过插入式振捣棒与平板振捣器的协同作业，能够有效排出混凝土中的空气，使混凝土更加密实，提高路面的强度和耐久性。振捣过程中，要安排专人对混凝土表面进行检查，对于出现的蜂窝、麻面等缺陷及时进行处理。同时，要注意避免振捣棒触碰模板和钢筋，防止模板变形和钢筋移位，影响路面的整体质量。

在水泥混凝土振捣环节，施工单位应选用插入式振捣设备，及时填补振捣过程中产生的空隙，提升水泥混凝土分布的均匀程度。需特别注意保持摊铺、振捣及收面工序的连贯性，如遇施工中断情况，必须规范设置施工缝，并对接缝区域进行专项处理。浇筑完成后，要及时开展切缝和刻槽工作。切缝应在混凝土有一定强度时进行，用切缝机按要求切出合适深度与宽度的缝，之后清理缝内杂物。刻槽是为增加路面抗滑性，用刻槽机按设计间距和深度操作，保证槽纹清晰顺直，且槽内干净。



图 1 混凝土路面施工

##### （三）水泥混凝土养护

水泥混凝土养护的关键阶段应控制在初凝向终凝转化的过程中，过早进行喷水作业会造成表层水泥浆体流失，进而产生砂纹状表面缺陷。混凝土板抗滑构造制作完毕后应立即养生。宜采用喷洒养生剂及保湿覆盖的方式养生。昼夜温差大的地区，路面摊铺后 3d 内宜采取覆盖保温措施防止发生裂缝和断板。养生剂养生时，养生剂喷洒剂量、成膜厚度、适宜的喷洒时间应通过现场试验确定。盖膜养生时，盖塑料薄膜的时间，以不破坏外观抗滑构造为准，养生期间应始终保持薄膜完整，薄膜破裂时应立即补盖或修补。覆盖洒水湿养生时，使用麻袋、草袋等覆盖物养生，同时洒水，在任何气候条件下，均应保证覆盖物底部在养生期间始终处于潮湿状态。养生时间应根据混凝土弯拉强度增长情况而定，当大于等于

设计弯拉强度的80%时,可停止养生。一般养生天数宜为14~21d,不应少于14d。掺粉煤灰的水泥混凝土路面,最短养生时间不宜少于28d。

## 五、公路工程水泥混凝土面层施工质量控制

### (一) 施工过程中的质量检测

原材料检测上,需核查水泥的凝结时间、强度等级是否达标,避免因水泥性能问题影响路面强度;检测粗细集料的颗粒级配与含泥量,含泥量过高会降低混凝土耐久性,级配不合理则影响和易性;同时检验外加剂性能,确保其能有效改善混凝土工作状态。混凝土性能检测中,现场通过坍落度测试判断拌和物和易性,一般控制在30~50mm,保障摊铺振捣顺利;还要制作试块,标准养护后检测7天、28天的抗压和抗折强度,确保满足设计承载力要求。

### (二) 常见质量问题、产生原因及防治措施

水泥混凝土常见质量问题有:裂缝(横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝等)、蜂窝、麻面及断板等。

水泥混凝土常见质量问题产生原因:1. 原材料质量不合格或原材料用量未按配合比严格控制。2. 配合比设计不合理,水泥用量过多,致使水化热过大。3. 未按规范要求切缝,切缝时间太迟、切缝深度不够,导致混凝土收缩产生的实际拉应力大于混凝土的容许值,而在切缝附近开裂。4. 未及时灌缝,杂物嵌入缝中致使接缝附近的混凝土板开裂、断板,使得雨水进入基层,长时间浸泡路基。

水泥混凝土常见质量问题预防措施:根据上述原因,严格按规范要求控制,避免类似问题产生。

水泥混凝土常见质量问题治理措施:1. 裂缝:对裂缝宽度 $\leq 1\text{mm}$ 不进行处理;对 $1\text{mm} < \text{裂缝宽度} \leq 3\text{mm}$ 或裂缝长度 $\leq 2\text{m}$ 的裂缝,采用扩缝灌浆的方式:适当把缝扩成V字形,顶宽5~15mm,深度为板厚1/3左右用空压机将板缝吹洗干净后,采用密封胶改性沥青、密封胶、贴封胶等进行修补;对 $3\text{mm} < \text{裂缝宽度} \leq 15\text{mm}$ 或 $2\text{m} < \text{裂缝长度} \leq 3\text{m}$ 的裂缝,采用条带补缝的方式:先切割破损混凝土路面厚度为7cm,然后间隔50cm凿耙钉孔,安装耙钉,耙钉为 $\Phi 16\text{mm}$ 的螺纹钢筋,接着浇筑混凝土填平并且灌注填缝料;对于宽度 $> 15\text{mm}$ 或裂缝长度 $> 3\text{m}$ 的裂缝,采用全深度修补的方式:将破损的混凝土块凿除,然后设置拉杆、传力杆与正常的路面连接。2. 蜂窝麻面:先将蜂窝麻面处的松动石子清除,使用凿子轻轻剔凿到密实的混凝土,再对于麻面部分,湿润后用水泥砂浆进行修补,及时进行养护。如蜂窝较小,可以用水泥砂浆修补,如蜂窝较大,需将松动石子剔掉,冲洗干净后用提高一级标号的细石混凝土进行重新浇筑。3. 断板:轻微断裂,需要保留大块的混凝土板,小范围挖出

病害区域并进行修复即可。如果是由地基沉降导致的路面断板,那么就需要将整个混凝土板挖除。如果是板块破碎得比较严重,则需要击碎移除处理。如果连同基层一并受到严重的损伤,那么便需要对基层进行更换,之后重新浇筑水泥混凝土模板。

### (三) 质量控制体系与管理措施

质量体系架构设计兼顾垂直层级与跨部门流程,在项目部层面安排专职试验工程师承担规范更新及仪器校准职责,工区层面配置水泥混凝土作业督导员24小时把控工艺实施要点。过程监管文档构建工序可追溯闭环机制,水泥混凝土浇筑许可制度规定模板验收报告与钢筋隐蔽工程记录必须同步签署生效,运输单据需明确拌合出料时刻及坍落度检测数值作为施工区域验收凭证。人员技能培养采用课堂讲授与现场实操并重模式,新入场劳务人员必须完成振捣作业死角三维模拟训练考核,技术负责人每季度参与专项培训着重提升裂缝诱因分析及修补方案优化能力。

### 结语

在公路工程建设过程中,水泥混凝土施工工艺发挥着不可替代的关键作用,其工艺水准直接影响着公路结构的承载能力、安全性能和使用年限。科学选用水泥混凝土组成材料、精确设计配比方案、规范执行施工工序以及强化质量管理体系等举措,能够显著提升水泥混凝土工程品质,保障公路工程建设水准和服役周期。针对当前水泥混凝土施工工艺实施过程中暴露的各类问题,需要制定针对性解决方案,持续优化施工技术体系,为公路基础设施建设提供坚实的技术保障。伴随着工程技术的持续突破和施工方法的持续革新,水泥混凝土施工工艺必将迎来新的发展机遇,在推动我国公路交通网络建设方面发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1] 侯艳艳. 水泥混凝土施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 汽车画刊, 2024, (12): 135-137.
- [2] 赵玉敏. 公路工程路桥施工中水泥混凝土施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2022, (17): 201-203.
- [3] 史红香. SBS改性沥青水泥混凝土路面施工技术在公路工程施工中的运用[J]. 四川建材, 2024, 50(12): 175-177.
- [4] 夹卫民. 公路工程施工中的沥青水泥混凝土公路施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2024(29): 13-15.
- [5] 李洪斌. 沥青水泥混凝土公路施工技术在公路工程施工中的实践探究[J]. 汽车周刊, 2024(11): 141-143.
- [6] 陈航. 綦江北连接线公路工程项目施工质量评价研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2020.