

# 高性能混凝土技术在道路桥梁工程施工中的应用

林志杰

保利长大工程有限公司 广东广州 510000

**摘要：**本文聚焦高性能混凝土技术于道路桥梁工程的实践路径，系统阐释其从材料配比到施工控制的全流程技术体系。研究以多维度性能目标为导向，构建涵盖配合比动态优化、搅拌运输精准管控、浇筑振捣协同作业及养护防护一体化的技术框架。通过理论推导与工艺验证相结合的方式，揭示水胶比调控、矿物掺合料适配及外加剂协同作用对混凝土工作性与耐久性的提升机制。针对道路工程特点提出环境自适应的配合比调整策略，建立基于施工条件的实时反馈机制；在桥梁领域重点突破预制梁体质量控制、现浇箱梁支架稳定性及悬臂浇筑平衡技术难点。研究表明，该技术体系可显著改善混凝土均质性，增强结构抗裂性与服役寿命，为复杂工况下的工程质量提供可靠保障。

**关键词：**高性能混凝土技术；道路桥梁工程施工；应用

## 前言

随着基础设施建设标准的不断提升，传统普通混凝土已难以满足现代交通工程对材料性能的综合要求。高性能混凝土凭借其优异的力学性能、良好的工作性和卓越的耐久特性，成为道路桥梁工程建设的理想选择。当前行业面临的核心挑战在于如何将实验室研究成果转化为施工现场的可控工艺，特别是在复杂多变的环境条件下维持混凝土性能的稳定性。本研究立足工程实践需求，围绕材料配比优化、施工过程控制、结构部位适配等关键环节展开系统性探索，旨在建立可复制推广的技术实施体系。

## 一、高性能混凝土在道路工程施工中的应用关键技术

### （一）配合比设计的科学方法与优化原则

#### 1. 基于性能目标的初步配合比计算

高性能混凝土的配合比设计应以明确的性能目标为依据，综合考虑工作性、强度、耐久性和经济性等多方面因素。首先根据设计要求的强度等级和耐久性指标，初步估算水胶比的范围。水胶比是影响混凝土强度和耐久性的关键参数，较低的水胶比有利于提高强度和抗渗性，但也会增加粘性，不利于施工。接着，根据选定的水胶比和假定的单位用水量，计算出单位水泥用量。在此基础上，结合经验数据和试验结果，初步确定砂率，砂率影响着混凝土的工作性和抗离析性。初步配合比确定后，需制作试件进行基本性能测试，包括坍落度、扩

展度、抗压强度等，以此验证初步配合比的可行性，并为后续调整提供基础数据。

#### 2. 试配调整与性能验证

在初步配合比的基础上，需要进行多次试配调整，直至各项性能指标满足设计要求。每次调整后，均需重新制作试件，测试工作性、强度和耐久性等相关性能。工作性测试主要包括坍落度、倒置坍落度筒排空时间和视觉观察，以评估混凝土的流动性、粘聚性和保水性是否适宜。强度测试按照标准养护条件进行，测定不同龄期的抗压强度，必要时还需进行抗折强度测试。耐久性测试则根据工程所处的环境条件，选择相应的方法，如抗渗试验、抗冻融循环试验、电通量试验等，评价混凝土的抗渗性和抗氯离子渗透能力<sup>[1]</sup>。通过不断的试配调整，逐步优化配合比，使混凝土在各项工作性能之间达到最佳平衡。

#### 3. 考虑施工条件的动态调整策略

道路工程施工受天气、温度、湿度等环境因素影响较大，因此在配合比设计时还需考虑施工条件的动态变化。例如，在高温季节施工时，水分蒸发快，可适当增加用水量或采取遮阳降温措施；在低温环境下，水泥水化速率减缓，可考虑使用早强型水泥或添加防冻剂。此外，运输距离和时间也会影响混凝土的工作性，远距离运输可能导致坍落度损失过大，此时可考虑使用缓凝型减水剂或调整初始坍落度。施工单位应根据现场实际情况，建立动态调整机制，及时监测混凝土的状态，对配合比进行微调，确保到达施工现场的混凝土仍具有良好

的工作性和可塑性，便于浇筑成型。

## （二）搅拌、运输与浇筑过程的技术控制要点

### 1. 搅拌工艺的标准化操作流程

搅拌是将各种原材料均匀混合形成均质混凝土的关键步骤。搅拌设备应选用强制式搅拌机，确保搅拌叶片能够充分搅动物料。搅拌前，应对计量设备进行校准，保证各种原材料的称量准确无误。搅拌顺序一般为先投入细集料、水泥和矿物掺合料，干拌均匀后再加入粗集料，最后加水 and 外加剂溶液。搅拌时间应根据搅拌机类型、出机容量和混凝土坍落度要求来确定，既要保证搅拌均匀，又要避免过度搅拌导致离析<sup>[2]</sup>。在整个搅拌过程中，应实时监控混凝土的状态，如发现异常应及时停机检查，调整工艺参数。

### 2. 运输过程中的质量保障措施

混凝土从搅拌机卸料到浇筑地点的过程中，运输环节至关重要。常用的运输工具有搅拌运输车，它具有边运输边慢速搅拌的功能，可防止混凝土分分离析。运输时间应根据气温、路况和混凝土初凝时间合理安排，尽量缩短运输时间，避免因长时间放置导致坍落度损失过大或初凝。运输过程中，罐体应保持缓慢旋转，转速不宜过高，以免加速泌水。到达施工现场后，应在浇筑前快速转动罐体数分钟，使混凝土恢复均匀性。若运输时间过长，混凝土出现轻微离析，可在浇筑前进行二次搅拌，严禁向已离析的混凝土中直接加水。

### 3. 浇筑与振捣的协同作业规范

浇筑是将混凝土注入模板的过程，直接影响结构的外观质量和内在质量。浇筑前，应对模板进行检查，确保其位置准确、支撑牢固、拼缝严密，并涂刷脱模剂。浇筑时应分层连续进行，每层厚度不宜过大，以免造成下部混凝土未及时覆盖而上部落下的混凝土已初凝。振捣是消除混凝土内部气泡、提高密实度的必要手段，应采用插入式振捣器，遵循“快插慢拔”的原则，振捣时间以混凝土表面不再下沉、不再冒气泡、表面泛浆为宜。振捣棒应插入下层混凝土一定深度，以保证上下层结合良好。对于边角部位和钢筋密集区，应加强振捣，但不得触及模板和预埋件。浇筑完成后，应及时收面抹平，排除表面浮浆，并进行适当的二次抹压，以防止表面裂缝的产生<sup>[3]</sup>。

## （三）养护与成品保护的有效措施

### 1. 养护时机与养护方法的选择

养护是保证混凝土强度正常发展和耐久性的重要环

节。养护应在混凝土终凝后立即开始，过早或过晚都会影响养护效果。对于道路混凝土，常用的养护方法有覆盖保湿养护和洒水养护。覆盖保湿养护可采用塑料薄膜、土工布或湿麻袋覆盖，保持混凝土表面湿润，减少水分蒸发。洒水养护适用于气温较高、空气干燥的地区，需频繁洒水，保持混凝土表面始终处于湿润状态。养护时间应根据混凝土的类型、环境条件和设计要求确定，一般不少于规定天数。在养护期间，应定期检查养护效果，及时补充水分，防止混凝土失水干缩。

### 2. 成品保护的必要性与实施要点

道路混凝土在养护期内强度尚未完全形成，容易受到外界因素的损害，因此必须做好成品保护工作。在开放交通前，应设置明显的警示标志，禁止车辆和行人进入。对于已完成的路段，应采取措施防止机械刮擦、撞击和化学物质污染。在冬季施工时，还应采取防冻措施，如覆盖保温材料，防止混凝土受冻损坏。成品保护不仅是对已完成工程的保护，也是对后续施工工序顺利进行的保障，只有做好成品保护，才能确保道路工程的整体质量和使用功能<sup>[4]</sup>。

## 二、高性能混凝土在桥梁工程施工中的应用关键环节

### （一）桥梁上部结构施工中的高性能混凝土应用

#### 1. 预制梁场的生产管理与质量控制

桥梁预制梁生产是桥梁上部结构施工的重要组成部分，高性能混凝土在此环节的应用直接影响梁体的质量和性能。预制梁场应建立完善的质量管理体系，从原材料进场检验到生产过程控制，再到成品验收，每一个环节都要严格执行相关标准。在生产过程中，应特别注意模板的安装精度和清洁度，模板应平整光滑，拼接紧密，涂油均匀，以确保梁体外观质量和尺寸精度。钢筋骨架的绑扎应牢固，位置准确，保护层厚度符合设计要求。混凝土浇筑前，应对模板和钢筋进行检查，清理杂物，湿润模板。浇筑时应采用分层浇筑，振捣到位，避免漏振和过振。预制梁的养护应采用蒸汽养护或自然养护，养护制度应根据混凝土的类型和环境条件制定，确保梁体强度和弹性模量按时增长。

#### 2. 现浇箱梁的支架搭设与模板安装要求

现浇箱梁施工中，支架的稳定性和模板的刚度对混凝土结构的成型质量至关重要。支架应根据梁体重量、施工荷载和地形地貌进行专项设计，确保具有足够的承载能力和稳定性。支架基础应进行处理，防止沉降。模

板应采用大块钢模板，接缝严密，表面平整光滑，涂刷脱模剂。模板安装前应进行预拼装，检查尺寸和线形，安装时应精确定位，固定牢靠。在混凝土浇筑过程中，应加强对支架和模板的监测，及时发现并处理变形和位移，保证梁体的位置和形状符合设计要求。

### 3. 悬臂浇筑法施工中的挂篮设计与混凝土灌注技术

悬臂浇筑法是大跨径桥梁常用的施工方法，其中挂篮设计和混凝土灌注技术是关键。挂篮应具有足够的强度、刚度和稳定性，能够满足对称浇筑的要求。挂篮的设计应考虑梁段的重量、施工荷载和风荷载等因素，并进行详细的结构计算。混凝土灌注时应从前端开始，逐步向后推进，两侧对称进行，保持平衡。灌注过程中应控制好混凝土的下落高度，避免离析。每一梁段浇筑完成后，应及时张拉预应力筋，并进行压浆封锚，确保预应力的有效传递<sup>[5]</sup>。

## (二) 桥梁下部结构施工中的高性能混凝土应用

### 1. 桩基施工中的成孔质量控制与水下混凝土灌注工艺

桥梁桩基是支撑上部结构的基础，其质量直接关系到桥梁的整体稳定性。在成孔过程中，应严格控制孔径、孔深和垂直度，采用合适的护壁措施，防止塌孔。水下混凝土灌注是桩基施工的关键工序，应选用导管法进行灌注。导管应密封良好，内径合适，下端距孔底一定距离。混凝土应具有良好的和易性和流动性，坍落度宜适当加大。灌注过程中应连续进行，不得中断，并控制好灌注速度，防止断桩和夹泥。灌注完成后，应及时清除桩头浮浆，进行无损检测，确保桩身质量。

### 2. 承台与墩柱施工中的模板加固与混凝土浇筑要点

承台和墩柱是桥梁下部结构的重要组成部分，其施工质量影响着结构的受力性能。承台施工前，应对地基进行处理，使其承载力满足要求。模板应采用定型钢模板，加固牢靠，防止涨模。混凝土浇筑时应分层进行，振捣密实，特别是承台与墩柱交接处，应加强振捣，保证混凝土的结合质量。墩柱施工时，应注意控制垂直度和轴线偏差，模板应光滑平整，涂刷脱模剂。混凝土浇筑完成后，应及时进行养护，防止出现收缩裂缝。

## (三) 桥梁附属设施施工中的高性能混凝土应用

### 1. 桥面铺装层的功能性要求与施工工艺

桥面铺装层直接承受车辆荷载和环境作用，对其功能性要求较高。高性能混凝土用于桥面铺装层，应具有较好的耐磨性、抗滑性和平整度。施工前应对桥面板进

行处理，清除浮浆和油污，铺设防水粘结层。混凝土浇筑时应采用真空吸水工艺，提高表面的密实度和抗渗性。表面应进行拉毛处理，增加粗糙度，提高抗滑性能。铺装层厚度应均匀，坡度符合设计要求，排水顺畅。

### 2. 防撞护栏的美学设计与结构安全性保障

防撞护栏不仅具有安全防护功能，还起着美化桥梁的作用。高性能混凝土应用于防撞护栏，应兼顾美学设计和结构安全性。护栏的造型应简洁大方，线条流畅，与桥梁整体风格协调。混凝土应具有较高的强度和韧性，能够承受车辆碰撞时的冲击力。施工时应保证护栏的几何尺寸准确，钢筋布置符合设计要求，混凝土浇筑振捣密实，表面光洁无蜂窝麻面。

## 结语

高性能混凝土技术的推广应用标志着我国道路桥梁工程建设进入品质升级的新阶段。本研究形成的技术体系突破了传统施工经验的局限，通过量化分析与过程控制实现了混凝土性能的精准调控。从配合比设计的动态优化到施工环节的精细管理，再到养护防护的全程保障，整套技术方案有效解决了复杂环境下混凝土性能波动的行业痛点。实践表明，该技术不仅能够提升结构的可靠性与耐久性，更能降低全生命周期维护成本，具有显著的经济与社会效益。未来需进一步加强新材料研发与智能监测技术的融合，完善不同气候区划下的施工指南，推动高性能混凝土技术向数字化、绿色化方向发展。这项技术的深化应用必将为交通基础设施建设的质量革命注入持久动力，助力构建更安全、更耐久的现代化基础设施网络。

## 参考文献

- [1] 苏中松. 高性能混凝土技术在道路桥梁工程施工中的应用研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(08): 125-128.
- [2] 王春晖. 高性能混凝土在道路桥梁工程施工中的应用[J]. 交通建设与管理, 2024, (05): 77-79.
- [3] 唐凌. 高性能混凝土技术在公路桥梁工程施工中的应用研究[J]. 居业, 2023, (11): 10-12.
- [4] 刘腾飞, 陈剑, 李凯. 钢纤维混凝土技术在道路桥梁施工中的应用[J]. 安家, 2024(2): 0061-0063.
- [5] 续波. 高性能混凝土在道路桥梁工程施工中的应用分析[J]. 工程建设(维泽科技), 2023, 6(2): 81-83.