

# 论混凝土配合比优化中原材料质量对优化效果的影响

张玉娟

中铁三局集团建筑安装工程有限公司播明桥梁分公司 山西 太原 030032

**摘要：**混凝土配合比优化是提高混凝土性能和提升经济效益的有效方法。本研究着眼于混凝土配合比中原材料质量对优化效果的影响，系统分析了水泥、骨料、矿物掺合料和外加剂等关键原材料的质量对混凝土性能的影响机理，分析了不同原材料质量对混凝土配合比优化的影响规律，为混凝土配合比设计和优化提供了重要依据。研究发现，合理控制原材料质量能够有效提高混凝土的强度、耐久性和施工性，对于工程质量的稳定性和经济性具有重要意义。

**关键词：**混凝土配合比；原材料质量；优化效果

## 引言

### 研究背景和意义

在建筑工程领域，混凝土是一种广泛应用的重要材料，从工程质量方面，其性能直接影响着工程质量和耐久性；从资源利用率方面，减少原材料浪费，提高资源利用率，降低成本；从环保要求方面，尤其现今环境保护攻坚阶段，减少对环境的负面影响，例如减少水泥用量以减少碳排放；从技术进步角度，新的材料和技术的发展为混凝土配合比的优化提供了更多可能性；从市场竞争角度，在建筑市场中，优化混凝土配合比可以提高产品竞争力；从现有配合比的不足看，可能存在一些已知的问题，如强度不稳定、耐久性能不足等，需要进一步优化；从工程特殊要求方面，某些特殊工程或环境对混凝土性能有特定的要求，需要进行配合比优化，如高速铁路混凝土、高寒地区混凝土<sup>[1]</sup>。

混凝土配合比优化是指通过合理选择水泥、骨料、矿物掺合料和外加剂等原材料，并确定它们的最佳比例，以提高混凝土的强度、耐久性和施工性，从而实现工程的高质量建设。随着建筑工程技术的不断发展，对混凝土配合比优化的需求日益增加。目前，国内外对混凝土配合比优化的研究已经取得了一定的进展。一些学者针对不同工程条件和材料特性，提出了各种配合比设计方法和优化方案。然而，由于不同地区的材料资源、气候条件和工程要求存在差异，对混凝土配合比优化的研究仍面临着挑战和局限性。本研究通过分析水泥、骨料、矿物掺合料和外加剂等原材料的质量对混凝土配合比的优化效果，探讨其对混凝土配合比优化效果的影响机理，为混凝土配合比的合理设计和优化提供理论和实践支持。

### 1 混凝土配合比优化的基本原理

混凝土是由水泥、骨料、矿物掺合料、水和外加剂

按一定比例混合而成的复合材料，其性能直接受到配合比的影响。其性能包括混凝土的强度、耐久性、工作性等<sup>[2]</sup>。根据工程要求和环境条件选择合适的原材料，合理的骨料级配，适当的水胶比，适当的胶凝材料用量，使混凝土达到最佳状态，使混凝土强度、工作性和耐久性满足标准要求。

#### 1.1 混凝土配合比

混凝土配合比是指混凝土中各组分的配比，包括水胶比、骨料配比、矿物掺和料掺量和外加剂掺量等。水胶比是指水与胶凝材料质量的比值，直接影响混凝土的流动性、强度和耐久性。骨料配比包括粗骨料和细骨料的比例，决定混凝土的强度和工作性。矿物掺和料掺量是指胶凝材料中除去水泥外的其他活性矿物掺和料的掺量，如粉煤灰、磨细矿渣粉等<sup>[3]</sup>。外加剂掺量则是指在混凝土中添加的各种外加剂的量，如减水剂、缓凝剂、泵送剂等，用以改善混凝土的性能。

#### 1.2 混凝土配合比优化的原理

混凝土配合比优化的原理涉及性能要求、材料特性和施工条件等方面。其基本原理包括力学性能匹配，即调整水泥、骨料和外加剂比例以满足工程需求；耐久性提升，通过优化配合比减少混凝土的问题，如收缩、开裂和碳化，增加其耐久性；施工可行性，确保混凝土具有良好的流动性和可浇性，以保证施工质量和效率；经济性考量，综合考虑原材料成本和工程性能，通过优化配合比实现经济性最佳化，如控制水泥用量和选用合适的骨料和外加剂品种来降低成本。

## 2 原材料质量对混凝土混合比优化效果的影响

### 2.1 水泥

水泥的强度级别。选择合适强度级别的水泥是混凝土混合比优化的关键之一。若选择低于需求的强度级别，可能导致混凝土强度不达标；而选择过高的强度级

别则可能造成材料和成本增加。

**水泥安定性。**水泥的安定性直接影响混凝土的体积变化和质地均匀度。若水泥安定性不佳,直接导致混凝土强度下降,可能导致混凝土膨胀或收缩,影响混凝土与钢筋的粘结力,削弱结构的整体性,容易产生裂缝、剥落等问题,造成混凝土密实性下降,增加水分和侵蚀性介质的渗透,影响其极限承载能力,降低结构耐久性,进而影响建筑物的结构稳定性和安全性。

**水泥细度。**水泥颗粒的微小尺寸决定了其比表面积,适宜的细度能促进水泥更快地水化,进而增强其强度特性。细度过小会影响水泥地水化速度,影响混凝土早期强度的提高,增加混凝土制品的时间成本。但细度过大的水泥可能会引发过速的水化反应,这会导致自我干燥收缩,容易产生裂纹,对大体积混凝土不利,也会对混凝土的耐冻性和抗裂性能构成不利影响。细度不同对混凝土的工作性也有很大影响,如水泥与外加剂的适应性会有很大的不同,影响混凝土的工作性。凝结时间也会有一定的变化,混凝土的初凝和终凝时间也会相应的增加或者缩短,影响施工进度。

**水泥矿物。**不同矿物成分在水泥中的存在,对混凝土品质产生各异的影响。比如,由于硅酸三钙具有较快的水化速率,主要提供早起强度。其含量过高时,水化反应过于剧烈,容易造成自我收缩,进一步引发电解质裂缝,从而削弱了混凝土的整体质量。硅酸二钙是水泥后期强度发展的重要成分。铝酸三钙水化速度快,放热多,对混凝土水化热影响较大,在使用过程中应限制其用量。铁铝酸四钙对强度也有一定贡献,有较好的耐热性,对硫酸盐腐蚀环境有很好的抵抗作用。

## 2.2 骨料

骨料是混凝土中的主要填料,其质量直接影响着混凝土的密实性、强度和稳定性,从而对混凝土配合比优化效果产生重要影响。

**粗骨料:**粒径超过4.75mm的骨料,是混凝土中的重要组成部分,起到了骨架作用,通常分为碎石和鹅卵石。骨料的品质直接影响混凝土的强度和流动性。优质碎石能够提升混凝土的流动性能,然而,高含泥量的碎石可能造成混凝土的膨胀或收缩,削弱其强度和抗渗性能。在大型混凝土结构工程中一般使用碎石,鹅卵石过用于强度较小的结构。骨料的粒型和级配对工作性和密实度影响很大。骨料的密度对混凝土的容重也有较大的影响,不同密度的碎石对混凝土的单方重量影响也很大,不同碎石的单方重量最大能相差350kg,100方大体积混凝土的质量就会有35吨的差值,对结构的自

重影响较大<sup>[4]</sup>。选择质地坚硬,密度适中的粗骨料对混凝土的结构稳定性及耐久性是很有利的。

**细骨料:**粒径介于75 $\mu\text{m}$ 至4.75mm之间的骨料被称为细骨料,包括天然砂和机制砂。细骨料在混凝土拌合物中起到填充润滑的作用,其品质直接影响混凝土的均匀度、稳固性、密度及流动性。若机制砂含有杂质如矿渣、粘土或有害物质,将使混凝土的状态控制变得非常困难,加大用水量及外加剂用量,从而影响其强度和施工性能,对混凝土配比的最优化构成挑战。

## 2.3 矿物掺合料

矿物掺合料包括硅灰、粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等,它们在混凝土中的应用可以显著改善混凝土的性能,同时降低整体花费成本。以粉煤灰为例,其含有丰富的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ 等成分,与水反应不会产生不良影响,但当与氢氧化钙( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )反应时会出现硬化问题。尽管这种变化不够明显,但其对混凝土的流动性和填充性能有着显著影响,从而提高了混凝土的强度。因此,正确选择和应用矿物掺合料可以优化混凝土混合比,提升混凝土性能,并在一定程度上降低成本。

## 2.4 外加剂

适量引气剂可提高混凝土流动性和可泵性,减少泌水,增加耐久性。但过量会导致气泡过多,影响密实性和强度。防冻剂加速水化速率,防止低温下混凝土受冻,避免裂缝,特别适用于寒冷地区。减水剂提高混凝土流动性和可塑性,降低水灰比,但过量会降低塑性,影响强度和耐久性。缓凝剂可以延缓混凝土的凝结时间,提高混凝土的可塑性和延展性,有利于施工操作。在配合比优化中,适量使用缓凝剂可以调整混凝土的凝结特性,但过量使用可能导致混凝土凝结时间过长,影响工程进度和混凝土的早期强度发展。膨胀剂可以改善混凝土的耐久性和抗裂性能,减少收缩裂缝的发生,对于优化混凝土配合比具有积极意义<sup>[5]</sup>。适量使用膨胀剂可以提高混凝土的体积稳定性,但需注意控制添加量,以避免对混凝土的强度和密实性产生负面影响。

## 3 混凝土配合比优化中原材料质量控制措施

### 3.1 水泥质量控制措施

在建筑工程的初始阶段,首要任务是根据构建组件的具体施工规格和特性来决定所需的混凝土强度等级,这就涉及到了对水泥种类的选择。一般来说,如果对强度没有特别高端的要求,可以选择基础的硅酸盐水泥作为首选。然而,对于那些需承受严酷环境如冻融影响或者追求极高强度的结构部分,我们倾向于选用硅酸盐水泥或者高级别的普通硅酸盐水泥。值得注意的是,市场

上的水泥品牌和批次众多,每家供应商的产品性能都有可能有所差异。因此,在选用任何一家厂商的水泥前,都必须索取其详细的品质保证报告,并且确保这些报告经过试验室的严格性能测试,确认其满足所有标准和预期性能后,才能将其纳入实际施工计划。

### 3.2 骨料的质量控制措施

骨料质量控制主要考虑砂的强度等级和泥含量、氯离子含量的控制。强度大于C60的混凝土选用Ⅰ类砂,C30至C60及其他要求选用Ⅱ类,小于C30选用Ⅲ类。泥含量在不同强度等级的混凝土中有不同要求,如强度 $\geq$ C60时不超过2.0%,C55~C30时不超过3.0%,C30以下不超过5.0%。对于钢筋混凝土和预应力混凝土,氯离子含量分别不超过0.06%和0.02%。碎石选择时需考虑粒形、级配和空隙率,通过试验选取级配良好的碎石以确保混凝土性能,如可泵性、强度、抗渗性和抗冻性<sup>[6]</sup>。

### 3.3 矿物掺合料质量控制措施

在矿物掺合料方面,矿粉和粉煤灰是常见的掺合料。矿粉能替代水泥,增加经济收益并优化混凝土的工作性质。当它与水泥结合后,可以提高泵送效率、控制坍落度损失,同时也能增强混凝土的强度、抵抗冻融和渗透能力。粉煤灰含有丰富的活性组分,填充空隙、提升保塑性、流动性和可泵性,减少泌水问题,增强后期强度。因此,选择高质量的粉煤灰至关重要,以确保供应稳定性。

### 3.4 外加剂质量控制措施

在外加剂方面,应依据工程品质要求挑选适宜的添加剂,同时也需要考虑到工程特性和混凝土的使用场景,以保证混凝土的性能与规定相符。不同厂家生产的外加剂成分和性质差异较大,因此选择适当的外加剂有助于降低成本并保障整体施工质量。为了更好地控制混凝土的凝结过程和微观结构,应严格控制缓凝剂的添加量和质量。合理的缓凝剂使用可以有效调节水泥水化的速率,提高混凝土的早期强度和耐久性,减少可能的开

裂和变形。同时,对于膨胀剂的应用也需要进行精确的质量控制。通过确保膨胀剂的均匀分布和适量添加,可以有效增强混凝土的耐寒性和抗冻融性能,降低在低温环境下的施工风险<sup>[7]</sup>。因此,在外加剂的质量控制方面,除了注意外加剂的选用外,还需要对其添加量、均匀性和对混凝土性能的影响进行全面考量,以确保混凝土在各种工程条件下都能够满足设计要求,并具备良好的工程耐久性。

### 结语

在混凝土配合比优化中,原材料质量控制是确保混凝土性能稳定和优化效果达到预期的重要保障。本文系统探讨了水泥、骨料、矿物掺合料和外加剂等原材料的质量控制措施,强调了合理选择和应用原材料的重要性。通过对原材料质量进行控制,可以调整混凝土配合比,增强混凝土的强度、耐久性和施工性,同时在工程实践中获得最大的经济效益和社会效益。然而,混凝土配合比优化仍然是一个复杂的工程问题,需要工程师和研究人员在实践中不断探索和总结经验,以不断提升混凝土工程的质量和可持续发展水平。

### 参考文献

- [1]李玉华,谢志伟,吴海洋.原材料质量对商品混凝土质量的影响[J].科技信息,2013,5(03):555-556.
- [2]张卫锋.道路桥梁施工中混凝土原材料质量控制技术研究[J].江苏科技信息,2014,20:47+49.
- [3]景会莉.建筑工程混凝土原材料的检测与质量控制[J].科学导报,2015(17):203.
- [4]何蓉.预拌混凝土原材料质量控制措施研究[J].广东建材,2018,3410:32~33.
- [5]《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55-2011.
- [6]张举鹏.原材料质量控制及配合比优化对混凝土结构耐久性影响的试验研究[J].工程质量,2022,40(04):12-15.
- [7]李旭慧.浅谈普通混凝土配合比设计中原材料对混凝土质量的影响因素[J].四川水泥,2020(1):35-35.