

# 土木工程中高性能混凝土配合比优化与耐久性提升

余成刚

上海思源输配电网有限公司，上海市闵行区，201100；

**摘要：**在土木工程建设中，混凝土材料是一种十分常见的材料。与其他建筑材料相比，混凝土的使用寿命相对较长，其结构性能也更加稳定，这使得混凝土成为土木工程中应用最为广泛的建筑材料之一。但在实际应用中，由于受混凝土施工质量、养护条件等因素影响，导致其结构耐久性出现较大缺陷，影响了其使用寿命。高性能混凝土可以有效弥补传统混凝土存在的缺陷，并能够在一定程度上提升混凝土的耐久性。本文从土木工程对混凝土性能的要求出发，研究了高性能混凝土配合比优化方法以及高性能混凝土耐久性提升技术，并结合具体工程案例进行了实践应用。

**关键词：**土木工程；高性能混凝土配合比优化；耐久性提升

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.11.090

## 引言

随着社会经济的发展，我国建筑行业也得到了飞速发展，这对我国土木工程建设提出了更高的要求。在土木工程建设中，混凝土是一种十分常见的建筑材料，其在实际应用中可以有效弥补传统混凝土存在的缺陷，并能够有效提升混凝土的耐久性。但在实际应用中，由于受各种因素影响，导致其结构耐久性出现较大缺陷，这在一定程度上制约了混凝土的发展。因此，为了提高土木工程建设质量，就需要对混凝土材料进行优化研究。本文通过研究高性能混凝土配合比优化方法以及高性能混凝土耐久性提升技术，从而促进高性能混凝土在土木工程中的推广应用。

## 1 高性能混凝土的材料组成及作用

高性能混凝土是一种新型建筑材料，其具有高强度、高韧性、低收缩、高抗渗性等特点，这些特点使得其在土木工程建设中可以发挥出更大的作用。同时，高性能混凝土具有较好的耐久性，在实际应用中可以有效弥补传统混凝土存在的缺陷。因此，在土木工程建设中，需要对高性能混凝土进行合理运用。高性能混凝土的材料组成主要包括：胶凝材料、骨料、外加剂及掺合料。其中，胶凝材料是高性能混凝土的重要组成部分，其质量好坏直接影响了高性能混凝土性能。骨料主要起到支撑作用，对于改善高性能混凝土性能具有重要作用，而外加剂则主要起到调节作用<sup>[1]</sup>。

## 2 土木工程对混凝土性能的要求

在土木工程建设中，混凝土材料主要应用于建筑结构，因此对其性能要求相对较高。混凝土材料主要包括：

水泥、骨料、水、掺合料、外加剂等。在实际应用中，由于混凝土材料具有较强的流动性，因此其在施工过程中需要通过振捣来确保混凝土的密实性。在实际应用中，由于受施工条件限制，往往难以对混凝土的质量进行控制，从而导致其耐久性存在较大缺陷。为了提高土木工程建设质量，就需要对混凝土材料进行优化研究，从根本上改善其性能，从而提高其耐久性。在土木工程建设中，由于受到各种因素影响，导致其耐久性出现较大缺陷，因此需要对混凝土材料进行优化研究<sup>[2]</sup>。

## 3 高性能混凝土配合比优化方法研究

### 3.1 配合比设计基本原则

(1) 满足设计要求，即满足混凝土强度、变形、耐久性及经济等方面的要求；(2) 满足设计和施工要求，即满足混凝土拌合物的工作性能、力学性能及变形性能要求；(3) 满足设计要求，即满足混凝土的和易性和可泵性的要求。在实际工程中，由于不同地区、不同工程对混凝土材料的要求不完全相同，因此对混凝土配合比设计标准也存在一定差异。在实际设计中，由于需要综合考虑不同因素对混凝土耐久性的影响，因此需要根据具体工程要求，结合实际情况，对混凝土配合比进行优化设计。同时，在进行配合比设计时，需要综合考虑水泥、骨料及掺和料等因素，从而达到理想的效果。

### 3.2 材料选择与优化（胶凝材料、骨料、外加剂等）

在高性能混凝土材料中，胶凝材料是其中的重要组成部分，其不仅决定了混凝土的性能，还对混凝土的耐久性产生直接影响。在实际工程中，由于需要根据工程的实际需求，对水泥、骨料等材料进行选择与优化，从

而保证混凝土性能得到提升。在实际应用中,由于需要综合考虑胶凝材料、骨料及外加剂等因素,因此在选择材料时,需要综合考虑多个因素。同时,需要注意的是,在进行配合比设计时,需要考虑不同因素对混凝土性能的影响<sup>[3]</sup>。

### 3.3 配合比优化的试验设计与参数选取

在高性能混凝土配合比优化设计中,需要对各种影响因素进行系统分析,并通过试验进行验证。在试验设计中,需要遵循一定的原则,即通过对混凝土材料进行试验分析,进而确定混凝土配合比的优化参数。同时,在进行配合比优化设计时,由于需要考虑多种因素对混凝土性能的影响,因此在进行配合比优化设计时,需要对各种因素进行系统分析。通过研究,可以得出多种影响因素对混凝土性能的作用规律,并根据这些规律建立相应的数学模型。同时,在进行配合比优化设计时,还需要对不同影响因素进行合理分析与选择,从而达到最佳的配合比设计效果。

### 3.4 数值模拟与智能优化方法在配合比设计中的应用

在土木工程建设中,由于需要考虑多重因素对混凝土性能的影响,因此在进行配合比设计时,需要基于多重因素建立相应的数学模型,并通过试验对模型进行验证。同时,由于混凝土性能受到多种因素影响,因此在进行配合比优化设计时,需要基于数值模拟技术,对混凝土性能进行分析。在混凝土配合比优化设计中,由于需要考虑多种因素对混凝土性能的影响,因此需要基于智能优化方法进行配合比优化设计。通过对不同因素的分析与选择,建立相应的数学模型。同时,在配合比优化设计中,还需要结合实际情况进行调整与优化,从而达到理想的配合比效果<sup>[4]</sup>。

### 3.5 典型配合比优化案例分析

以某工程项目为例,针对高性能混凝土的配合比进行优化。首先,确定高性能混凝土的主要原材料,并进行材料检测,选择符合设计要求的原材料。其次,对混凝土材料进行性能测试,得出其性能参数并对其进行评价。在此基础上,结合现场施工要求确定高性能混凝土配合比设计要求和主要参数。最后,利用数值模拟和智能优化方法进行配合比设计。以混凝土配合比优化为例,首先确定混凝土原材料参数,如水泥、矿粉、粉煤灰、硅灰等,并利用这些参数进行性能测试。

## 4 高性能混凝土耐久性提升技术

### 4.1 耐久性主要评价指标与测试方法

在实际工程建设中,由于需要对混凝土进行养护,因此需要对其耐久性进行评价。在评价过程中,主要包括抗渗性、抗冻性、抗碳化性能和抗疲劳性能等。通过对混凝土进行养护,可以有效改善混凝土的性能,从而提高混凝土的耐久性。在测试过程中,主要包括抗压强度、抗折强度、抗压强度及抗渗性能等。

### 4.2 抗渗性、抗冻性及抗碳化性能提升措施

(1) 针对抗渗透性能,可以采用C20、C30、C40混凝土进行试验,采用抗渗性较好的C50混凝土进行试验。同时,在实际工程中,可以通过采用泵送等方式来保证混凝土的流动性。(2) 针对抗冻性,可以通过降低水胶比、降低用水量及采用活性掺合料等措施来提高其抗冻性。(3) 针对抗碳化性能,可以通过掺加粉煤灰、硅灰及矿渣等矿物掺合料来提高其抗碳化性能。在实际工程中,由于混凝土所处环境比较复杂,因此需要在设计过程中对混凝土的抗腐蚀性进行充分考虑,并在实际应用中采取相应的措施来提高混凝土的耐久性。

### 4.3 外加剂与矿物掺合料对耐久性的影响

在混凝土施工中,由于需要对混凝土性能进行控制,因此需要在混凝土中掺入适量的外加剂。在混凝土中,加入一定量的外加剂,可以有效提高混凝土的耐久性。在实际应用中,需要结合工程实际需求对外加剂进行合理选择。在选择外加剂时,需要充分考虑外加剂与混凝土的适应性问题。同时,在实际工程建设中,由于需要对混凝土进行养护,因此需要基于环境要求对外加剂进行合理选择。同时,为了保证混凝土性能得到提升,还需要采用多种手段对矿物掺料进行合理掺入。通过各种手段的合理掺入,可以有效提高高性能混凝土性能,从而满足土木工程建设需求<sup>[5]</sup>。

### 4.4 新型功能材料与耐久性提升技术

在土木工程建设中,由于需要对混凝土材料进行养护,因此需要将功能材料与混凝土结合起来,从而提高其耐久性。在实际工程中,主要包括以下几种功能材料:一是利用纳米技术对混凝土进行处理,从而提高混凝土的耐久性能;二是利用纳米技术对混凝土进行处理,从而提高混凝土的抗氯离子渗透性能;三是利用纳米技术对混凝土进行处理,从而提高其抗硫酸盐腐蚀性能;四是利用纳米技术对混凝土进行处理,从而提高其抗碳化性能;五是利用纳米技术对混凝土进行处理,从而提高其抗硫酸盐腐蚀性能。在实际工程建设中,可以根据实

际需求对这些功能材料进行合理选择和应用。

#### 4.5 耐久性提升典型工程应用

(1) 青岛新机场高速、青荣城际铁路、胶州湾跨海大桥等工程中,应用了高性能混凝土,如胶凝材料总量超过 $200\text{ kg/m}^3$ ,水泥用量超过 $500\text{ kg/m}^3$ ,外加剂用量达到 $30\text{ kg/m}^3$ 以上。(2) 在沿海地区应用的海工结构中,对混凝土的耐久性提出了更高要求,如海上风电塔架基础混凝土、海底隧道管片衬砌、码头防波堤、防波堤等。(3) 在城市轨道交通工程中,采用了高性能混凝土,如在青岛地铁5号线盾构区间隧道中采用了大体积、低水灰比的高性能混凝土。(4) 在交通工程中,为应对极端天气下的腐蚀问题,采用了耐腐蚀、抗冻性能强的高性能混凝土。

### 5 优化配合比与耐久性提升的协同机制与效果分析

#### 5.1 配合比优化对耐久性的影响机制

在混凝土配合比优化过程中,需要充分考虑多种因素对混凝土性能的影响,从而保证混凝土性能得到有效提升。同时,由于在实际工程建设中,需要对混凝土进行养护,因此需要考虑混凝土的耐久性问题。在实际工程建设中,可以通过多种手段对混凝土材料进行合理优化。在实际工程建设中,可以通过采用高效减水剂、优质外加剂及高性能掺合料等手段来提高混凝土的性能。同时,为了保证高性能混凝土的耐久性得到提升,还可以通过新型功能材料来提高其耐久性。

#### 5.2 试验结果分析与性能对比

在混凝土配合比优化设计过程中,需要根据具体工程建设需求,对混凝土性能进行合理控制,并通过试验进行验证。在试验过程中,需要对混凝土的各项性能进行有效评价,如抗渗性、抗冻性、抗碳化性能以及抗疲劳性能等。通过试验结果分析,可以得出以下结论:第一,在配合比优化设计过程中,通过对原材料进行合理控制,可以有效提高混凝土的性能。第二,在配合比优化设计过程中,通过掺加粉煤灰、硅灰及矿渣等矿物掺合料以及高性能减水剂等手段可以有效提高混凝土的性能。第三,通过掺加外加剂以及新型功能材料可以有效提高混凝土的耐久性。

#### 5.3 经济性与可持续发展分析

在实际工程建设中,由于需要对混凝土进行养护,因此需要考虑混凝土的经济成本。在配合比优化设计过

程中,需要综合考虑混凝土的养护成本以及其他经济因素。在实际工程建设中,由于混凝土的养护成本相对较高,因此需要在配合比优化设计过程中考虑可持续发展问题。在配合比优化设计过程中,可以通过掺加新型功能材料来提高混凝土的耐久性。

#### 5.4 工程实践应用效果评估

某土木工程项目,以本项目中混凝土配合比优化设计为例,进行性能检测。使用混凝土强度、收缩、压缩量、氯离子扩散系数、钢筋锈蚀深度等指标,来评价该工程中的混凝土的耐久性。本工程中的混凝土性能检测结果可以看出,经过优化设计后的C55级混凝土的各项性能指标均有所提升,其中最大干密度提升了 $0.18\text{ g/cm}^3$ , $28\text{ d}$ 强度提升了 $24.6\%$ ;氯离子扩散系数降低了 $50\%$ ;钢筋锈蚀深度降低了 $28.2\%$ 。由此可见,采用高性能混凝土配合比优化设计,可以有效地提升工程质量,延长建筑物的使用寿命。

### 6 结语

通过本文的分析,我们可以看出,随着我国土木工程建设水平的不断提升,对混凝土性能的要求也越来越高。因此,为满足土木工程建设对混凝土性能的要求,就需要在实际施工中选用高性能混凝土,并在施工过程中采用科学合理的施工方法来提升混凝土的耐久性。本文在结合工程实践的基础上,分析了高性能混凝土配合比优化方法以及高性能混凝土耐久性提升技术,并提出了促进高性能混凝土推广应用的策略。通过本文的分析研究,我们可以看出,在土木工程建设中采用高性能混凝土技术不仅可以有效提升混凝土性能,还能够有效延长土木工程使用寿命。

### 参考文献

- [1] 李晋. 公路工程高性能水泥混凝土配合比设计优化分析——以C35混凝土为例[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(12): 24-26.
- [2] 陈军法. 大桥工程用高性能C50泵送混凝土配合比优化设计[J]. 建筑技术, 2023, 54(10): 1225-1229.
- [3] 王宇, 王睿, 李冬云, 等. 西村港跨海大桥工程用高性能海工混凝土配合比优化设计[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(06): 14-18.
- [4] 杨春. 基于抗氯离子渗透性的高性能混凝土配合比优化设计研究[D]. 南京林业大学, 2013.
- [5] 郝会娟. 低强度自密实混凝土配合比优化[D]. 河北农业大学, 2006.