

水泥混凝土配合比设计方法及配合比优化

杨 忠

新疆北新科技创新咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 随着建筑行业对混凝土性能要求的提升,科学的水泥混凝土配合比设计与优化成为保障工程质量的关键。本文聚焦水泥混凝土配合比设计及优化。首先阐述其基本原则,涵盖强度适宜、耐久性、工作性、经济性、固定低用水量等方面。接着介绍设计方法,包括初步配合比计算、基准配合比调整、试验室配合比验证、工地配合比换算以及智能算法辅助设计。最后探讨配合比优化策略,涉及胶凝材料体系、骨料体系优化,外加剂精准选用及全链条协同优化。旨在为水泥混凝土配合比设计提供全面指导,提升混凝土性能与质量,满足不同工程需求。

关键词: 水泥混凝土; 配合比设计; 设计方法; 优化策略

引言: 水泥混凝土作为现代建筑工程中应用最为广泛的材料之一,其性能优劣直接影响工程结构的质量与耐久性。而配合比设计是决定水泥混凝土性能的关键环节,科学合理的配合比设计能确保混凝土在强度、耐久性、工作性等方面满足工程要求,同时兼顾经济性。随着建筑行业不断发展,对水泥混凝土性能要求日益提高,传统配合比设计方法面临挑战。在此背景下,深入探究水泥混凝土配合比设计的基本原则、方法以及优化策略,对于提升混凝土质量、推动建筑行业可持续发展具有重要意义。

1 水泥混凝土配合比设计的基本原则

1.1 强度适宜原则

强度是水泥混凝土的核心性能指标,强度适宜原则要求根据工程结构的设计要求,精准确定混凝土的强度等级。在设计配合比时,需充分考虑原材料的性能、施工工艺以及使用环境等因素对强度的影响。通过合理选择水泥品种、强度等级,确定合适的水胶比,保证混凝土在规定龄期达到设计强度。既不能强度不足,影响结构安全;也不能强度过高,造成材料浪费与成本增加^[1]。

1.2 耐久性原则

耐久性是水泥混凝土长期性能的重要体现,关乎工程结构的使用寿命。耐久性原则要求混凝土在各种环境因素作用下,如冻融循环、化学侵蚀、碳化等,仍能保持其性能稳定。为满足该原则,需合理选择原材料,控制水泥用量与水胶比,降低混凝土内部孔隙率,提高其抗渗性。选用优质骨料,增强混凝土骨架的稳定性。根据工程所处环境,有针对性地添加外加剂,如抗冻剂、防腐剂等,提升混凝土抵抗环境侵蚀的能力,确保其在设计使用年限内安全可靠运行。

1.3 工作性原则

工作性反映了水泥混凝土在施工过程中的操作难易程度,良好的工作性是保证混凝土施工质量的关键。工作性原则要求混凝土具有适宜的流动性、粘聚性和保水性。流动性使混凝土能顺利填充模板,均匀分布;粘聚性保证混凝土在运输与浇筑过程中不离析、不分层;保水性防止混凝土泌水,避免表面出现泌水通道影响强度与耐久性。

1.4 经济性原则

经济性原则在水泥混凝土配合比设计中不容忽视,它要求在满足强度、耐久性与工作性等要求的前提下,尽可能降低材料成本与施工成本。通过合理选用原材料,优先选择当地丰富且价格低廉的材料,降低材料采购费用。优化配合比,减少水泥等高价材料的用量,提高工业废渣等替代材料的使用比例。同时,考虑施工的便捷性与高效性,减少施工过程中的损耗与浪费,提高施工效率,从而从材料与施工两个方面实现成本控制,提高工程项目的经济效益。

1.5 固定低用水量原则

固定低用水量原则旨在通过控制用水量来优化水泥混凝土的性能。在保证混凝土工作性的前提下,尽量降低用水量具有重要意义。较低的用水量可以减少混凝土内部孔隙,提高混凝土的密实度,进而增强其强度与耐久性。同时,降低用水量还能减少水泥用量,降低成本。在实际操作中,通过合理选择外加剂,如高效减水剂,在减少用水量的同时保持或改善混凝土的工作性。并且,固定低用水量原则有助于稳定混凝土的质量,减少因用水量波动带来的性能差异,提高施工质量的可控性。

2 水泥混凝土配合比设计方法

2.1 初步配合比计算

初步配合比计算是水泥混凝土配合比设计的首要环

节,为后续精确调整提供基础依据。计算时,先依据混凝土设计强度等级以及水泥的实际强度,并考虑施工环境、强度富裕系数等因素,通过特定公式算出水胶比。水胶比是影响混凝土强度和耐久性的核心参数,需严格把控其取值范围。接着,根据混凝土的工作性要求,如流动性、粘聚性等,参考相关规范和经验数据,初步确定单位用水量。用水量过多,混凝土易产生离析、泌水现象;过少则会导致混凝土干硬,难以施工。然后,依据计算得到的水胶比和单位用水量,可算出水泥用量。同时,综合考虑骨料的种类、粒径、级配以及混凝土的性能要求,确定合理的砂率。砂率大小对混凝土的和易性和强度影响较大。最后,根据砂率和骨料的表观密度,分别计算出粗、细骨料的用量,从而得出初步配合比,为后续的基准配合比调整做好准备^[2]。

2.2 基准配合比调整

初步配合比计算得出结果后,需进行基准配合比调整,以此更精确地契合工程实际需求。调整过程中,工作性是首要考量因素。通过坍落度试验等方法,检测混凝土的流动性、粘聚性与保水性。若坍落度不满足施工要求,流动性差,可适当增加用水量或外加剂掺量;若出现离析、泌水现象,保水性与粘聚性不佳,则需减少用水量、调整砂率或更换骨料级配。强度检验也至关重要。按照调整后的配合比制作试件,进行标准养护后测定其强度。若强度未达到设计要求,可在保证工作性的前提下,降低水胶比,增加水泥用量;若强度过高造成浪费,则适当提高水胶比。同时,要兼顾耐久性要求。根据工程所处环境,如是否受冻融、化学侵蚀等影响,对配合比进行优化。例如在冻融环境中,需降低水胶比、增加引气剂用量以提高抗冻性。经过多轮调整与试验,确定满足各项性能指标的基准配合比。

2.3 试验室配合比验证

在完成基准配合比调整后,进入试验室配合比验证阶段,这是确保水泥混凝土配合比科学合理、性能达标的关键步骤。试验室需严格按照调整后的基准配合比进行混凝土拌合物的制作。在拌制过程中,精确控制各种原材料的用量,保证称量的准确性,同时遵循规定的搅拌制度和搅拌时间,确保混凝土拌合物均匀一致。制作好的混凝土拌合物要进行多项性能检测。工作性方面,通过坍落度试验、维勃稠度试验等,评估其流动性、粘聚性和保水性是否满足施工要求。强度检测上,按规定制作标准试件,在标准条件下养护至规定龄期后,进行抗压强度试验,验证其是否达到设计强度等级。此外,还需根据工程实际需求,检测混凝土的耐久性指标,如

抗渗性、抗冻性等。若检测结果不符合要求,需分析原因,重新调整配合比并再次验证,直至各项性能指标均满足设计和规范要求,此时确定的配合比才可作为试验室配合比用于后续工地配合比换算。

2.4 工地配合比换算

试验室配合比确定后,由于工地现场原材料的实际情况与试验室存在差异,需要进行工地配合比换算,以确保混凝土质量稳定。工地所用骨料通常含有一定水分,其含水率会随气候、堆放环境等因素变化。若不进行换算,按试验室配合比称料,会使实际用水量改变,进而影响混凝土的工作性和强度。所以要根据工地实测的骨料含水率,对试验室配合比中的用水量和骨料用量进行调整。具体换算时,先测出砂、石的含水率。以干燥状态为基准,将试验室配合比中的砂、石用量分别乘以 $(1+ \text{含水率})$,得到工地实际所需的湿砂、湿石用量;同时,从原用水量中扣除砂、石带入的水分,得到工地实际用水量。水泥用量一般保持不变。经过这样换算后的工地配合比,能更准确地反映现场施工情况,保证混凝土在工地拌制时,其各项性能指标与试验室结果相符,满足工程设计和施工要求。

2.5 智能算法辅助设计

在水泥混凝土配合比设计领域,传统方法虽成熟但存在效率低、依赖经验等局限,智能算法辅助设计应运而生,为配合比优化提供了新途径。智能算法如遗传算法、神经网络算法、粒子群优化算法等被广泛应用。遗传算法模拟生物进化过程,通过选择、交叉、变异等操作,在庞大的解空间中搜索最优配合比,能快速找到满足强度、耐久性等多目标要求的方案。神经网络算法可建立原材料性能、配合比参数与混凝土性能之间的复杂非线性映射关系,利用大量试验数据训练模型,实现配合比的精准预测与优化。粒子群优化算法则通过个体间的协作与竞争,不断调整配合比参数,逐步逼近最优解。智能算法辅助设计不仅能提高设计效率,减少试验次数,降低研发成本,还能挖掘传统方法难以发现的潜在优质配合比。随着人工智能技术的不断发展,智能算法在水泥混凝土配合比设计中的应用将更加深入,推动混凝土技术向智能化、精准化方向迈进。

3 水泥混凝土配合比优化

3.1 胶凝材料体系优化

胶凝材料体系对水泥混凝土性能起着决定性作用,其优化是提升混凝土质量的关键。在水泥选择上,依据工程需求挑选合适品种与强度等级。如高强度工程可选用高标号水泥,大体积混凝土则宜用低热或中热水泥,

以减少水化热,避免开裂。同时,合理确定水泥用量,过多会增大收缩、提高成本,过少则影响强度。积极引入矿物掺合料,如粉煤灰、矿渣粉、硅灰等。粉煤灰可改善混凝土工作性,降低水化热;矿渣粉能提高后期强度与耐久性;硅灰可显著增强混凝土强度与抗渗性。通过调整矿物掺合料的种类与掺量,形成复合胶凝材料体系,发挥各组分协同效应。此外,优化胶凝材料颗粒级配,使不同粒径颗粒相互填充,提高体系密实度,进而提升混凝土强度与耐久性,实现胶凝材料体系的高效利用与性能提升^[3]。

3.2 骨料体系优化

骨料作为水泥混凝土的重要组成部分,其体系的优化对混凝土性能提升意义重大。在粗骨料方面,优先选择质地坚硬、级配良好的碎石。合理控制其最大粒径,使其既满足施工要求,又能保证混凝土内部结构的密实性。同时,注重粗骨料的颗粒形状,尽量选用近似立方体的颗粒,减少针片状颗粒含量,以增强骨料间的嵌锁作用,提高混凝土的强度与稳定性。对于细骨料,选用级配良好、质地洁净的中砂。合适的细度模数能保证混凝土具有良好的工作性,避免过粗或过细导致的和易性问题。此外,严格控制细骨料的含泥量与泥块含量,过多的杂质会削弱骨料与胶凝材料之间的粘结力,降低混凝土强度与耐久性。

3.3 外加剂精准选用

外加剂是改善和调节水泥混凝土性能的关键材料,精准选用外加剂对提升混凝土质量至关重要。在减水剂方面,根据工程需求选择合适类型。高效减水剂能显著降低用水量,提高混凝土强度与耐久性,适用于高强、高性能混凝土;聚羧酸系减水剂则具有高减水率、低坍落度损失等优点,在大型工程和预拌混凝土中应用广泛。引气剂可引入大量微小气泡,改善混凝土工作性,提高抗冻性与抗渗性,在寒冷地区和有抗冻要求的工程中必不可少。缓凝剂能延缓混凝土凝结时间,便于夏季施工和长距离运输。早强剂可加速混凝土早期强度发展,适用于紧急抢修工程。选用外加剂时,要考虑其与水泥、掺合料的相容性,通过试验确定最佳掺量。同时,关注外加剂的质量稳定性,避免因质量波动影响混凝土性能。精准选用外加剂,能有效优化混凝土性能,满足多样化

工程需求。

3.4 全链条协同优化

水泥混凝土配合比优化需实现全链条协同,涵盖原材料生产、配合比设计、施工应用及后期维护各环节,以达成整体性能与效益的最优。原材料生产环节,水泥、骨料、外加剂等生产企业应严格把控质量,依据市场需求与工程特点,优化生产工艺,提供性能稳定、适应性强的产品。配合比设计时,设计人员要综合考虑原材料特性、工程要求与环境因素,运用先进技术与理念,制定科学合理的配合比。施工过程中,施工人员需严格按照配合比进行操作,精准控制投料顺序、搅拌时间与浇筑工艺,确保混凝土质量均匀稳定。后期维护阶段,针对不同工程结构与环境条件,制定合理的养护方案,防止混凝土出现开裂、腐蚀等问题。通过全链条各环节的紧密协作与信息共享,及时反馈问题并调整优化,能够充分发挥各环节的优势,提升水泥混凝土工程的整体质量与耐久性,实现经济效益与社会效益的双赢^[4]。

结束语

水泥混凝土配合比设计方法与优化研究,是保障工程建设质量、提升混凝土性能与效益的关键所在。从初步配合比计算到实验室、工地配合比的确定,每一步都严谨细致,为混凝土性能奠定基础。而配合比优化中,胶凝材料、骨料体系的优化以及外加剂的精准选用,进一步挖掘了混凝土性能潜力,全链条协同优化则实现了各环节的有机联动。未来,随着材料科学与工程技术的发展,我们需持续探索创新,让配合比设计更科学精准,优化手段更高效智能,为各类工程建设提供更优质、可靠的混凝土材料。

参考文献

- [1]杨毅.浅谈快硬早强水泥混凝土配合比优化及其应用[J].低碳世界,2021,9(05):206-207.
- [2]魏军杰.水泥混凝土配合比设计方法及配合比优化[J].四川水泥,2022,000(002):16-16.
- [3]王喆,富尔康.简述水泥混凝土配合比设计的实验优化[J].建筑与装饰,2020(5):198-198.
- [4]陈喜泉.路面沥青混凝土配合比优化设计探析[J].江西建材,2023(06):227-228.