

混凝土原材料质量检测技术研究与应用

何婷婷

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810000

摘要：本文旨在探讨混凝土原材料质量检测技术的最新进展及其应用，强调原材料质量对混凝土性能的重要性。通过分析混凝土原材料（包括水泥、骨料、掺合料及外加剂）的关键质量指标，综述现有检测技术的原理、方法，并提出未来发展方向。旨在为混凝土生产、施工及质量控制提供科学依据，确保建筑工程的安全与耐久性。

关键词：混凝土原材料；质量检测；水泥；骨料；掺合料；外加剂

引言

混凝土作为现代建筑中最基础且广泛使用的材料之一，其性能直接关系到结构的安全与耐久性。原材料的质量是决定混凝土性能的关键因素，因此，对混凝土原材料进行严格的质量检测至关重要。本文将从水泥、骨料、掺合料及外加剂四个方面，系统阐述原材料质量检测技术的现状与应用。

1 混凝土原材料：水泥质量检测技术

1.1 水泥物理性能测试

1.1.1 细度检测

一是比表面积法：这是一种通过测定水泥颗粒单位质量所占的表面积来评估细度的方法。比表面积越大，说明水泥颗粒越细，水化反应越迅速，强度发展也越快。该方法通常使用勃氏比表面积仪进行测定。二是筛分法：通过一系列不同孔径的筛子对水泥样品进行筛分，根据各筛上残留物的质量百分比来评估水泥的颗粒分布。筛分法直观易行，但可能受筛孔堵塞、操作技巧等因素影响。细度不仅影响水泥的水化速率，还关系到混凝土的工作性、强度发展以及耐久性。因此，细度检测是水泥质量检测中不可或缺的一环。

1.1.2 凝结时间测定

一是标准稠度试验：首先通过调整水泥和水的比例，制备出标准稠度的水泥净浆。这是测定凝结时间的基础。二是维卡仪测定：在标准稠度试验的基础上，使用维卡仪测定水泥的初凝和终凝时间。初凝时间是指水泥净浆开始失去塑性所需的时间，而终凝时间则是指水泥净浆完全失去塑性并达到一定硬度所需的时间^[1]。凝结时间的准确测定对于施工操作的可行性至关重要，过长或过短的凝结时间都会影响施工效率和混凝土质量。

1.1.3 强度试验

按照标准比例将水泥、标准砂和水混合，制备成水泥胶砂试件。在规定的龄期（如3天、7天、28天等）对

试件进行抗压和抗折强度测定。抗压强度反映了试件抵抗压缩破坏的能力，而抗折强度则反映了试件抵抗弯曲破坏的能力。强度试验是评价水泥质量的核心指标，直接关系到混凝土结构的承载能力和安全性。

1.2 化学成分分析

1.2.1 X射线荧光光谱（XRF）

X射线荧光光谱是一种基于原子内层电子跃迁产生的X射线荧光现象来分析物质化学成分的方法。当X射线照射到样品上时，样品中的原子会吸收X射线的能量并激发内层电子跃迁到外层或更高能级，随后这些电子会回到低能级并释放出特征X射线荧光。X射线荧光光谱可以快速、非破坏性地分析水泥中的主要化学成分，如氧化钙（CaO）、二氧化硅（SiO₂）、氧化铝（Al₂O₃）等。这些化学成分的含量直接影响水泥的性能和稳定性。通过XRF分析，可以确保水泥成分符合标准要求，为混凝土工程的质量提供有力保障。

1.2.2 热重分析（TGA）

热重分析是一种在程序控制温度下测量物质质量与温度关系的技术。通过加热过程中水泥样品的质量变化，可以分析水泥中的水分、碳酸盐含量以及其他挥发性物质的含量。热重分析可以辅助判断水泥的稳定性。例如，水泥中的水分含量过高可能导致水泥结块、强度下降；碳酸盐含量过高则可能影响水泥的碱骨料反应性能。通过TGA分析，可以及时发现并解决这些问题，确保水泥质量的稳定性。

2 混凝土原材料：骨料质量检测技术

2.1 颗粒级配

颗粒级配是指骨料中不同粒径颗粒的分布状况。一个好的颗粒级配能够使骨料在混凝土中紧密排列，形成坚实的骨架，从而显著提升混凝土的密实度和强度。为了确定骨料的颗粒级配，通常采用筛分法。这一方法涉及将骨料通过一系列具有不同孔径的筛子进行筛分，

通过观察各筛上残留物的质量来评估骨料的粒径分布。在实际操作中,需要严格遵循相关标准以确保筛分结果的准确性。同时,根据混凝土的使用需求和性能指标,可以确定理想的骨料级配范围,并尽量选择接近这一范围的骨料,以优化混凝土的性能。

2.2 含泥量与泥块含量

含泥量和泥块含量是衡量骨料中杂质含量的重要指标。泥质物质和泥块的存在会降低骨料的强度,增加混凝土的用水量,并对混凝土的耐久性和工作性产生负面影响。为了准确测定骨料中的含泥量和泥块含量,可以采用洗涤法或沉降法。洗涤法适用于细骨料,如砂,通过洗涤前后的质量差来计算含泥量。而沉降法则更适用于粗骨料,如碎石,通过沉降速度来分离并测定泥质物质的含量^[2]。在实际应用中,需要根据混凝土的使用需求和性能指标,严格控制骨料中的含泥量和泥块含量,以确保混凝土的质量。

2.3 压碎指标

压碎指标是评估骨料机械强度的重要指标,它反映了骨料在受压作用下的抗破碎能力。压碎指标越低,说明骨料的机械强度越高,越能在混凝土中承受施工和使用过程中的各种应力。为了测定骨料的压碎指标,通常采用压碎试验。这一试验涉及将一定量的骨料置于压力机中,施加一定的压力,然后测定压碎后的骨料质量损失百分比,并根据这一百分比来计算压碎指标。在实际应用中,需要根据混凝土的使用需求和性能指标,选择压碎指标较低的骨料,以提高混凝土的强度和耐久性。

3 混凝土原材料:掺合料及外加剂质量检测技术

3.1 掺合料性能评估

掺合料作为混凝土的重要组成部分,其性能对混凝土的整体质量有着至关重要的影响。为了全面评估掺合料的性能,需要进行一系列细致的测试。

3.1.1 活性指数测定

活性指数是评价掺合料火山灰活性或潜在水硬性的关键指标。具体来说,通过制作一系列掺有不同比例掺合料的水泥胶砂试件,并在标准养护条件下进行养护。养护至规定龄期后(通常是7天或28天),对这些试件进行抗压强度测试。通过比较掺合料胶砂与纯水泥胶砂的强度,可以计算出掺合料的活性指数。这个指数反映了掺合料与水泥水化产物反应的能力,指数越高,说明掺合料的活性越好,对混凝土的强度贡献也越大。

3.1.2 密度与比表面积

密度和比表面积是掺合料的两个重要物理性质。密度测试通常采用密度瓶法或其他适用的方法,通过测量

掺合料的真密度或堆密度,可以了解其体积效应,为混凝土配合比设计提供依据。比表面积测定则采用勃氏法(BET法)或其他适用的方法,通过测量掺合料的颗粒细度,即其比表面积,可以评估其填充效应和对混凝土工作性的影响。密度和比表面积的大小直接影响掺合料在混凝土中的分散性、填充效应和反应活性,进而对混凝土的工作性、强度和耐久性产生重要影响。

3.2 外加剂效能试验

外加剂是改善混凝土性能的重要手段,其效能的优劣直接关系到混凝土的质量和施工效率。为了准确评估外加剂的效能,需要进行一系列全面的试验。

3.2.1 减水率测试

减水率是评价外加剂减水效率的关键指标。在试验中,制作一系列掺有不同比例外加剂的混凝土试件,并调整用水量以使混凝土达到相同的工作性(如坍落度)。通过比较掺外加剂混凝土与基准混凝土的用水量,可以计算出外加剂的减水率^[3]。减水率越高,说明外加剂的减水效率越好,能够显著降低混凝土的用水量,提高混凝土的工作性和强度。

3.2.2 凝结时间调节

凝结时间的调节是外加剂的重要功能之一。在试验中,采用标准试验方法(如维卡仪法)测定掺有外加剂的水泥净浆或混凝土的初凝和终凝时间,并与未掺外加剂的基准水泥净浆或混凝土进行对比。通过观察外加剂对水泥凝结时间的影响,可以评估其调节凝结时间的能力。这对于满足特殊施工需求至关重要,如在炎热天气或长距离运输时延长凝结时间以防止混凝土过早凝结,或在寒冷天气或需要快速施工时缩短凝结时间以加快施工进度。

3.2.3 耐久性试验

耐久性试验是评估外加剂对混凝土长期性能改善作用的重要手段。在试验中,针对混凝土可能面临的各种耐久性问题,如抗冻融循环、抗硫酸盐侵蚀等,进行一系列的测试。例如,在抗冻融循环试验中,将掺有外加剂的混凝土试件置于冻融循环试验机中,按照规定的冻融循环次数进行试验,然后观察试件的外观、质量损失和强度变化。在抗硫酸盐侵蚀试验中,将掺有外加剂的混凝土试件浸泡在硫酸盐溶液中,按照规定的时间进行试验,并观察试件的相应变化。通过这些耐久性试验,可以全面了解外加剂对混凝土长期性能的影响,为混凝土配合比设计和外加剂选择提供有力依据。

4 混凝土原材料质量检测技术的发展趋势与应用前景

混凝土作为建筑行业中不可或缺的基础材料,其质

量直接关系到建筑物的安全性和耐久性。因此,混凝土原材料的质量检测技术显得尤为重要。随着科技的进步,混凝土原材料质量检测技术正朝着智能化、绿色化、集成化与标准化的方向发展,这些趋势不仅提升了检测效率和准确性,还促进了混凝土行业的可持续发展。

4.1 智能化检测技术

在人工智能和大数据技术日新月异的今天,智能化检测技术正逐渐成为混凝土原材料质量检测的主流方向。智能化检测系统通过集成传感器、数据采集模块、数据分析算法等先进技术,能够实现对原材料质量的实时监测和动态评估。机器学习算法作为智能化检测技术的核心,其在混凝土原材料质量检测中的应用日益广泛。通过收集大量历史检测数据,机器学习算法可以建立预测模型,对原材料的强度、耐久性、稳定性等关键指标进行精准预测。这种预测不仅基于当前的检测数据,还考虑了原材料的生产过程、存储条件、运输方式等多种因素,从而提高了预测的准确性和可靠性。此外,智能化检测系统还具备自我学习和优化功能。随着检测数据的不断积累,系统可以自动调整预测模型,使其更加适应实际检测需求。这种自我学习和优化的能力,使得智能化检测系统能够不断适应混凝土原材料市场的变化,为混凝土生产企业提供更为精准、高效的检测服务^[4]。智能化检测技术的另一个显著优势是提高检测效率。传统的人工检测方法往往需要较长的时间和大量的人力物力投入,而智能化检测系统则可以在短时间内完成大量数据的采集和分析,大大缩短了检测周期。这对于混凝土生产企业来说,意味着可以更快地获取原材料的质量信息,从而及时调整生产计划,确保产品的质量和稳定性。

4.2 绿色检测技术

随着环保意识的日益增强,绿色检测技术成为混凝土原材料质量检测领域的新热点。绿色检测技术旨在开发环保型检测方法,减少检测过程中的能源消耗和废弃物产生,符合可持续发展的要求。在绿色检测技术的推动下,非破坏性检测技术得到了广泛应用。传统破坏性检测方法往往需要破坏原材料样品,造成资源浪费和环境污染。而非破坏性检测技术则可以在不破坏原材料的前提下,通过物理、化学或光学等方法获取原材料的质量信息。这种检测方法不仅减少了原材料的浪费,还降

低了检测过程中的能源消耗和废弃物产生。此外,绿色检测技术还注重检测过程中的环保措施。例如,采用低毒、无害的检测试剂,减少检测过程中对环境和人体的危害;采用节能型检测设备,降低检测过程中的能耗;对检测过程中产生的废弃物进行妥善处理,防止对环境造成污染。绿色检测技术的应用前景广阔。随着环保法规的日益严格和消费者环保意识的提高,绿色检测技术将成为混凝土原材料质量检测领域的主流方向。这不仅有助于推动混凝土行业的可持续发展,还为保护环境和人类健康做出了积极贡献。

4.3 集成化与标准化

集成化与标准化是混凝土原材料质量检测技术的另一个重要发展趋势。推动检测技术的集成化,可以实现多指标同时检测,提高检测效率。例如,将强度检测、耐久性检测、稳定性检测等多项指标集成在一个检测系统中,通过一次检测即可获取所有指标的信息,大大简化了检测流程。加强国际间检测技术标准的交流与统一,也是推动混凝土原材料质量检测技术发展的重要方向。通过国际间的合作与交流,可以共同制定更为科学、合理的检测技术标准,促进全球混凝土行业的共同发展。这不仅有助于提高全球混凝土原材料的质量水平,还为国际贸易和技术合作提供了便利条件。

结语

混凝土原材料质量检测是确保混凝土性能和安全性的基础。随着科技的进步,检测技术正向着智能化、绿色化、集成化方向发展。未来,应继续加强新技术、新方法的研发与应用,不断提升混凝土原材料质量检测的技术水平,为建筑工程的质量与安全提供有力保障。同时,加强国际合作,推动检测技术的标准化,促进全球混凝土行业的健康发展。

参考文献

- [1] 邹凯.混凝土原材料及施工质量检测技术浅析[J].四川水泥,2022,(01):162-163.
- [2] 刘金保.建筑工程混凝土原材料检测技术及应用[J].建材与装饰,2019,(27):51-52.
- [3] 李冠强.建筑混凝土原材料检测技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(26):79-81.
- [4] 王孜帆.混凝土原材料的检测及质量控制措施探讨[J].散装水泥,2024,(04):219-221.