

工程材料检测中无机非金属材料质量控制研究

石 亨 张盛豪 赵玉东

北京紫衡轩建筑工程检测有限公司, 北京 102499

[摘要]无机非金属材料是现代建筑领域中的基本原料之一, 而无机非金属材料的质量控制直接影响建筑物的安全性和耐久性。因此, 掌握无机非金属材料的种类及特性, 了解其物理力学性质、化学成分及微观结构以及其耐久性、环境适应力等都是十分必要的。同时还要研究影响材料质量的各种因素如原材料质量及比例、生产过程和成型工艺、养护情况及龄期效应、外界环境以及荷载的作用等。

[关键词]无机非金属材料; 工程检测; 耐久性; 检测方法

DOI: 10.33142/ec.v9i2.19072

中图分类号: TU502

文献标识码: A

Research on Quality Control of Inorganic Non-metallic Materials in Engineering Material Testing

SHI Xiang, ZHANG Shenghao, ZHAO Yudong

Beijing Zihengxuan Construction Engineering Testing Co., Ltd., Beijing, 102499, China

Abstract: Inorganic non-metallic materials are one of the basic raw materials in the field of modern architecture, and the quality control of inorganic non-metallic materials directly affects the safety and durability of buildings. Therefore, it is necessary to master the types and characteristics of inorganic non-metallic materials, understand their physical and mechanical properties, chemical composition, microstructure, durability, environmental adaptability, etc. At the same time, it is necessary to study various factors that affect material quality, such as raw material quality and proportion, production process and molding technology, curing conditions and aging effects, external environment, and the effect of loads.

Keywords: inorganic non-metallic materials; engineering testing; durability; detection method

引言

无机非金属材料与有机高分子材料、金属材料并列为三大类材料, 在建筑、交通、水利工程等许多方面得到广泛应用。传统的无机非金属材料如水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料是现代建筑施工必不可少的物质基础, 而先进的陶瓷、非晶态材料、无机纤维等新型无机非金属材料的应用也大大丰富了无机非金属材料的应用范围。伴随着工程规模越来越大以及工程所处的环境越来越苛刻, 人们对材料的质量也越来越高。

1 无机非金属材料的主要类型及其工程应用

无机非金属材料种类很多, 目前学者们一般将其分为传统和新型两大类。传统无机非金属材料主要是由硅酸盐组成的, 如水泥、陶瓷、耐火材料、玻璃、搪瓷、铸石、碳素材料以及各种非金属矿产品等, 在建筑领域起到重要作用, 而水泥是混凝土的胶结剂, 其性能对整个建筑物的安全影响很大。新型无机非金属材料是 20 世纪中期以来由于科技的进步而发展起来的, 主要有先进的陶瓷、非晶态材料、人工晶体、无机涂层、无机纤维等。这类材料一般都拥有特殊性能或者用途, 比如高温氧化物材料有很好的耐高温氧化能力, 氧化铝陶瓷有很好的高频绝缘性, 光导纤维有很好的传输光的能力。

2 无机非金属材料的质量检测方法与技术

2.1 物理性能检测

物理性能检测是评定无机非金属材料的基本内容, 内容包括密度、孔隙率、强度、硬度、热膨胀系数等, 密度一般使用阿基米德排水法或是气体置换法进行测定, 而对于多孔材料还需要测量其表观密度以及真密度, 孔隙率可以通过压汞法或者气体吸附法得到, 这样就可以知道该材料内部孔隙大小及分布情况以及是否相通, 从而判断材料致密性和耐久性; 拉伸试验用来测得材料的屈服强度、抗拉强度以及断裂伸长率, 而冲击试验则是以夏比 V 型缺口冲击功来衡量材料韧性^[1]。在做强度试验的过程中, 试样准备情况、加载速度、环境温度等因素都会影响到实验结果, 必须按标准规定操作。硬度试验对于陶瓷、玻璃这类脆性材料非常重要, 维氏硬度、洛氏硬度等都可表征材料的耐磨损性和切削性。热膨胀系数测定使用热膨胀仪, 在设定好加温程序后, 测量样品尺寸变化以得到线膨胀率。

2.2 化学组成与微观结构分析

材料组成测试是用于确定材料组成及其物理相组成的主要方法, 在此过程中对材料所含元素种类、含量、物相分布以及微观形貌都要进行详细测量, 其中元素成分分析可以使用光谱法、能谱法或者化学分析法来确定材料中

有多少种元素和这些元素分别占多大比例,这对于材料鉴定或品质检测非常重要;物相组成分析主要是利用 X 射线衍射技术,通过对 X 射线经样品晶粒发生的衍射角和衍射峰强来进行测量得到样品中晶型种类、数量以及它们各自所占的比例从而判断出样品的物相组成是否稳定。微观形貌观察是用扫描电子显微镜等高分辨成像设备对材料表面或内部微观结构、晶粒大小、孔隙位置以及缺陷等进行观察以研究材料性质形成原因和破坏原因。化学成分分布观察可以反映元素在材料中局部范围内分布是否均匀有助于判断是否存在偏析、扩散或者界面成分变化等情况。而在进行化学成分以及微观结构观察时样品处理质量非常重要,不当样品处理方式会导致结果出错。

2.3 耐久性与环境适应性测试

无机非金属材料在长时期内要承受各种外界条件的影响,在这方面对其耐久性和环境适应性的检测是衡量一种无机非金属材料能否满足工程要求的重要手段。这类检测主要包括抗冻融循环试验、干湿交替试验、化学腐蚀试验、碳化试验等,都是为了尽快使材料老化以便及时判断其耐久性。而对于处于户外环境中混凝土构件,抗冻融循环的能力尤为重要,在试验中通过不断的冷冻和融化对材料进行破坏,以观察材料内部损伤积累情况以及强度下降趋势。化学腐蚀试验主要是研究材料受酸、碱、盐等腐蚀性物质的影响其耐久性问题,如硫酸盐侵蚀造成水泥石体积增大而开裂,氯离子渗入引起钢筋锈蚀。盐雾试验用来检测材料在含有盐分潮湿大气中腐蚀速度,应力腐蚀开裂试验是用来测量材料在有拉应力以及腐蚀介质共同作用下发生断裂时所需要的最小应力。

3 影响无机非金属材料质量的主要因素

3.1 原材料品质与配比

原材料品质是决定无机非金属材料质量基础条件,它变化一般会在后续加工过程中被放大并且最后反映到成品品质上。对于水泥而言,石灰石中氧化钙含量、黏土中硅铝比、铁质校正原料纯度会影响熟料矿物构成以及烧成效果。而在混凝土施工过程中,水泥种类及强度等级、粗细骨料粒径级配与含泥量、外加剂种类及其与水泥相容性都相互关联,一起影响拌合物工作性和硬化后力学性能^[2]。陶瓷材料坯体配方要充分考虑到不同种类的矿物原料其成分、可塑性、收缩率以及烧结温度等因素,哪怕一点点的变化都会造成产品的变形、开裂或者颜色上的差异。而在钢铁生产中,非金属夹杂种类、大小、分布以及含量对钢的可加工、焊接及使用可靠起着至关重要的作用。而原材料质量的把控并不仅仅是进厂检测的问题,还包括选择合适的供应商、合理保存及运输以及使用前预处理等一系列的工作。

3.2 生产工艺与成型技术

生产工艺稳定性和成型技术合理与否直接影响产品质量一致性。无机非金属材料制造一般要经过粉碎、配料、

混炼、成型、烧结、后处理等环节,在每一个环节中所采用方法和条件都会对成品造成一定影响。如以陶瓷制品为例,坯料越细越有利于成型及提高其烧结活性,成型时压力越大坯体越密实强度也越高;而烧成时不同升温速度以及最高温度都会导致不同的晶型、晶粒尺寸以及最终性能。因此严格遵守操作规程以及保持良好工作习惯是非常必要的,对违反操作规程或不符合要求情况要及时进行纠正。在混凝土搅拌时,投料顺序、搅拌时间、运输距离、泵送情况等都会对面团均匀性和工作性造成一定影响,而任何一个方面控制不当都会造成质量问题。成型工艺的选择要从产品的形状、精度、产量等方面进行考虑,注浆成型适合复杂制品,干压成型适合大量生产标准件,而等静压成型可以得到密实度较好的坯体。

3.3 养护条件与龄期影响

养护条件以及龄期也是影响无机非金属材料性能发展的关键因素,尤其是对于水泥基材料来说尤为重要。水泥的水化作用需要一定温度和湿度环境,在温度较高情况下会导致水泥早期强度增长迅速而后期强度提升缓慢,在温度较低情况下就会降低水泥水化进程。湿度对水泥基材料也起很大作用,如果缺乏足够水分,则会造成水泥石内部发生自干燥,不但会影响水泥石强度而且还会造成收缩开裂等质量问题,在混凝土工程施工中往往只注重施工而忽视养护工作,有些地方为了抢工期过早拆模或者养护时间短,都会给工程质量埋下祸根。龄期对材料性能影响主要表现在材料微观结构不断密实以及材料强度随龄期增加而提高,混凝土 28d 强度是建筑工程中所采用标准,但是实际上强度会在之后一段时间内继续增大。而对于蒸压养护加气混凝土产品而言,养护压力、养护时间等都会影响最终产品体积密度和强度大小,因此质量管理体系建设与运行必须覆盖整个生产过程,在全体员工共同努力下不断提升产品质量。

3.4 环境作用与荷载效应

无机非金属材料在使用中免不了要受到外界条件及荷载综合作用,而且这两种因素相互之间的影响要比单一因素的影响复杂的多,温度变化会使材料发生热胀冷缩,在受限制的情况下就会产生温度应力,而温度反复变化又会导致材料疲劳损伤。湿度改变对于多孔性无机非金属材料来说则主要表现为干缩湿胀,这一体积变化与温度应力叠加起来会使材料更容易损坏。冻融循环对于无机非金属材料破坏主要是由于孔隙中的水在结冰时产生的体积膨胀造成内应力,当内应力大于材料抗拉强度时就会出现微裂纹甚至发展成宏观裂缝。荷载效应有静载作用下徐变、松弛,动载作用下疲劳损伤,冲击荷载作用下脆性断裂等,而环境因素对材料的损害又会促进材料损伤的发生和发展。材料性质与其成分、结构有着密切的关系,不同性质之间也会相互影响和相互制约,所以要准确把握它们之间

的关系还需要进一步的研究。在实际应用中一般无法严格区分环境作用和荷载效应,两者往往是同时发生并且相互影响,在进行材料评估时也要考虑到这一点。

4 无机非金属材料质量控制策略

4.1 全过程质量控制框架

建立涵盖材料整个生命周期的质量管理体系是保证有效管理的前提条件。这个体系必须始于材料生产的源头,贯穿至最终产品使用维修的全过程,形成一个完整体系。全过程质量管理和控制包含:设计研发期的质量管理、原辅料采购的质量控制、生产过程的质量监控、成品出厂的质量检查与验收,以及售后的客户服务与质量信息反馈等。在设计研发期就要确定产品的质量目标及技术指标,并将其转化为可以实施的质量标准和检测手段,在原辅料采购上应该有合格供方评定机制,对于重要的原辅料其生产能力、质量稳定性和质保体系都要有所了解。生产过程中的质量管理要编制详细的操作规程及作业指导书,规定各个工序的质量控制指标和检查频次,让工作人员明白自己该干什么、干到什么程度才是合格。出厂检验应根据产品的标准和合同的要求来进行,保证出厂的产品都满足相应的质量要求。质量信息的采集、分析、反馈是全过程的质量管理中必不可少的一部分,通过对质量数据的统计分析找出质量波动的原因及方向,从而达到改善质量的目的。

4.2 关键工序监控与检验要点

关键工序识别与重点控制是质量管理中成本效益较好的一个方面。不同无机非金属材料产品有不同的关键工序,这就要求根据各自的生产工艺特点来判断。以水泥为例,生料配料、熟料煅烧、水泥粉磨是三个影响水泥质量的关键工序,而熟料煅烧过程中温度控制以及熟料在窑内停留时间长短决定了熟料矿物成分及活性^[3]。对于混凝土搅拌站来说,其关键工序是配料称量、搅拌时和出厂坍落度是否合格,这几个因素都会影响混凝土强度以及均匀性。关键工序应由经过培训的技术熟练工人完成,工艺条件控制应遵守工艺纪律,并且一旦出现异常情况应及时报告并采取相应措施。检验要点要突出以防为主的原则,除了对最终产品进行检查外,还要加强过程中的检查半成品检查。

4.3 质量评价标准与规范依据

质量评价应以科学合理标准进行评价,这些标准是生

产单位技术基础,是供需双方质量约定依据。我国无机非金属材料领域有国家标准、行业标准、地方标准以及团体标准,在此基础上企业还可以根据自身情况制定更严格企业标准。检测过程中需使用国际或国家标准,使用如光谱、色谱、能谱等设备对样品进行处理、对仪器进行标定以及对结果进行分析。水泥产品质量评价以 GB 175《通用硅酸盐水泥》为依据,该标准对各种不同种类水泥化学成分、物理性质及强度做出了要求。混凝土的质量评定应符合强度、工作性、耐久性的要求,涉及到的相关标准有《混凝土结构工程施工质量验收规范》《普通混凝土配合比设计规程》等。对于标准的理解以及应用必须到位,不能照搬照抄。

5 结束语

工程材料检测中无机非金属材料的质量管理是一项综合性很强的工作,不仅要求有扎实的材料科学理论基础,而且要有一定的工作经验,更要有合理的制度来保障。只有充分了解各种材料的特点以及它们所具有的性能,才能正确选择合适的检测手段及方法,才能准确找出影响质量的各种原因,从而制定出有效的措施进行质量控制。目前我国建筑业正由粗放型的发展模式转向集约化发展模式,在此过程中对于建筑材料的要求也越来越严格,相应的材料的质量检验和管理工作也面临着新的困难和机遇。未来,随着检测技术和水平不断提高以及质量要求越来越高,无机非金属材料的质量控制会越来越趋于精确化、智能化、全面化。

[参考文献]

- [1]谭晓宇.建筑工程无机非金属材料水泥与混凝土的检测分析[J].全面腐蚀控制,2026,40(1):364-366.
 - [2]江龙.建筑材料非破坏性检测技术研究[J].石材,2025(10):161-163.
 - [3]董静,冯凤,贾润宇,等.资质认定在检验检测机构发展中的核心驱动作用与实施问题研究[J].质量与安全与检验检测,2025,35(6):1-9.
- 作者简介:石享(1993.7—),毕业院校:北京交通大学燕郊职业技术学院,所学专业:道路与桥梁工程技术,当前就单位:北京紫衡轩建筑工程检测有限公司,职务:检测事业部检测三室室主任,职称级别:初级。