

建筑工程质量检测中混凝土的检测技术

杜娜娜

隆德县建筑材料试验室（有限责任公司） 宁夏 固原 756300

摘要：本文聚焦于建筑工程质量检测中混凝土的检测技术，阐述了传统混凝土检测技术的原理、应用及局限性，同时对新兴的混凝土检测技术，包括无损检测技术、智能化检测技术等展开深入探讨。并提出混凝土检测技术应用的优化策略。旨在为提升建筑工程中混凝土检测的准确性和可靠性，保障建筑工程质量提供理论支持和实践指导。

关键词：建筑工程；质量检测；混凝土检测技术；无损检测；智能化检测

1 引言

建筑工程质量关乎民众生命财产安全与社会稳定。混凝土作为常用建材，在一般工程中用量占结构材料总量的70%-80%，其质量对建筑结构安全和使用寿命起决定性作用。因此，准确检测混凝土质量是工程检测的关键。随着建筑行业发展和科技进步，混凝土检测技术不断创新完善，从传统方法到无损、智能化检测，各有优势与适用范围。深入研究这些检测技术，对提升工程质量、推动建筑行业健康发展意义重大。

2 传统混凝土检测技术分析

2.1 回弹法

2.1.1 原理

回弹法利用回弹仪测混凝土表面硬度来推算抗压强度。回弹仪弹击杆冲击混凝土表面致其塑性变形，指针指示的回弹值与混凝土强度相关。其原理基于表面硬度与强度的经验关系，通过大量试验数据建立换算曲线或公式。如普通混凝土回弹值为30时，对应强度可能在20-25MPa（依换算曲线和类型而定）。

2.1.2 应用

回弹法具有操作简便、快速、经济等优点，广泛应用于建筑工程现场对混凝土强度的快速检测。它可以对大量构件进行普查，能够及时发现混凝土强度可能存在的问题，为后续的进一步检测和处理提供依据。在实际工程中，对于一栋多层住宅楼，采用回弹法可以在一天内完成对数百个混凝土构件的强度初步检测。例如，在某学校教学楼工程中，使用回弹法对混凝土梁、板、柱进行检测，共检测了500多个测区，发现部分柱的回弹值偏低，初步判断可能存在强度不足的问题，为后续的钻芯法检测提供了重点检测部位。

2.1.3 局限性

回弹法检测结果受多种因素影响较大，如混凝土的表面状况、碳化深度、含水率等。混凝土表面粗糙、不

平整或存在疏松层时，会影响回弹值的准确性。例如，当混凝土表面存在蜂窝麻面时，回弹值可能会比实际值偏低10%-20%。碳化会使混凝土表面硬度增加，导致回弹值偏高，从而影响强度推算结果^[1]。一般来说，混凝土碳化深度每增加1mm，回弹法推算的混凝土强度可能会偏高2-5MPa。此外，回弹法只能反映混凝土表面的强度情况，对于混凝土内部的质量状况无法准确判断。

2.2 钻芯法

2.2.1 原理

钻芯法是使用专用钻机从混凝土结构中钻取芯样，然后将芯样加工成符合标准要求的试件，在压力试验机上进行抗压强度试验，以芯样试件的抗压强度作为混凝土强度的代表值。根据《钻芯法检测混凝土强度技术规范》（CECS03:2007），芯样的直径一般不宜小于骨料最大粒径的3倍，在任何情况下不得小于骨料最大粒径的2倍，且芯样高度与直径之比应在0.95-1.05之间。

2.2.2 应用

钻芯法是一种直接、可靠的混凝土强度检测方法，其检测结果准确性高，被广泛应用于对混凝土强度有疑问或需要准确测定混凝土强度的场合。例如，在对重要建筑工程的结构验收、质量事故处理等方面，钻芯法可以提供具有法律效力的检测数据。在某大型桥梁工程的质量检测中，采用钻芯法对桥墩混凝土强度进行检测，共钻取了20个芯样，检测结果显示混凝土强度平均值为45MPa，与设计强度40MPa相符，为桥梁的质量评定提供了可靠依据。

2.2.3 局限性

钻芯法属于半破损检测方法，会对混凝土结构造成一定的损伤，钻取芯样后需要在结构上进行修补，增加了工程成本和工作量。据统计，钻取一个直径为100mm的芯样，修补费用大约在200-300元左右。同时，钻芯过程需要专业的设备和技术人员操作，检测周期相对较

长,不适合对大量构件进行快速检测。例如,钻取一个芯样并进行加工和试验,整个过程可能需要2-3天时间。

2.3 超声法

2.3.1 原理

超声法是利用超声波在混凝土中传播时的声学参数(如声速、振幅、频率等)与混凝土内部结构和性能之间的关系来检测混凝土的质量。超声波在混凝土中传播时,遇到缺陷(如裂缝、空洞等)会发生反射、折射和散射等现象,导致声学参数发生变化,通过测量这些变化可以判断混凝土内部是否存在缺陷及其位置、大小等情况^[2]。一般来说,混凝土内部越密实,超声波传播速度越快;当混凝土内部存在裂缝时,超声波传播速度会明显降低,降幅可达10%-30%。

2.3.2 应用

超声法可以用于检测混凝土的均匀性、内部缺陷、裂缝深度等。在混凝土浇筑过程中,通过超声法可以实时监测混凝土的密实情况,及时发现浇筑过程中存在的问题。例如,在某大型地下室混凝土浇筑施工中,采用超声法对混凝土进行连续监测,发现某区域超声波传播速度明显低于其他区域,经检查发现该区域混凝土存在振捣不密实的问题,及时进行了处理,避免了质量隐患。对于已建成的混凝土结构,超声法可以检测结构内部的裂缝和缺陷,为结构的维修和加固提供依据。

2.3.3 局限性

超声法检测结果受混凝土原材料、配合比、含水率等因素的影响较大,不同成分和性能的混凝土对超声波的传播特性不同,需要进行大量的试验和校准才能获得准确的检测结果。例如,对于高强混凝土和轻骨料混凝土,超声波传播速度与混凝土强度的关系与普通混凝土有所不同,需要重新建立换算关系。此外,超声法对于一些微小缺陷的检测灵敏度有限,对于复杂形状的混凝土结构检测也存在一定的困难。有研究表明,超声法对于直径小于50mm的空洞检测效果较差,容易产生漏检。

3 新兴混凝土检测技术研究

3.1 无损检测技术

3.1.1 雷达法

雷达法是利用高频电磁波在混凝土中的传播特性来检测混凝土内部结构和缺陷的一种无损检测方法。雷达天线向混凝土内部发射高频电磁波,电磁波在混凝土中传播时遇到不同介质的界面会发生反射,反射波被雷达天线接收后,通过分析反射波的时间、幅度和相位等信息,可以确定混凝土内部结构的分布和缺陷的位置、大小等。雷达法使用的电磁波频率一般在100MHz-2GHz之

间,频率越高,分辨率越高,但穿透深度越浅。例如,当使用频率为1GHz的电磁波时,分辨率可达几厘米,但穿透深度一般不超过300mm;而使用频率为100MHz的电磁波时,穿透深度可达1-2m,但分辨率相对较低。雷达法具有检测速度快、分辨率高、对混凝土结构无损伤等优点,能够检测混凝土内部的钢筋位置、空洞、裂缝等缺陷,适用于大面积混凝土的快速检测。在某大型体育场的建设中,采用雷达法对混凝土看台进行检测,在一天内完成了对数千平方米看台的检测,准确检测出了看台内部存在的多处空洞和钢筋位置偏差问题,为工程质量提供了有力保障。

3.1.2 红外热成像法

红外热成像法是基于混凝土表面温度分布与内部结构和热性能之间的关系来进行检测的。当混凝土内部存在缺陷(如空洞、裂缝等)时,其热传导性能会发生变化,导致混凝土表面温度分布出现异常。通过红外热像仪采集混凝土表面的红外辐射信息,将其转换为热图像,根据热图像上温度分布的差异可以判断混凝土内部是否存在缺陷^[3]。一般来说,混凝土内部缺陷处的表面温度会比周围正常区域高或低1-3℃。红外热成像法具有非接触、快速、直观等优点,能够在不破坏混凝土结构的情况下对大面积混凝土进行检测,适用于检测混凝土结构的脱空、渗漏等缺陷。

3.2 智能化检测技术

3.2.1 基于机器学习的混凝土强度预测

机器学习算法可以通过对大量混凝土试验数据的学习和分析,建立混凝土原材料性能、配合比、养护条件等因素与混凝土强度之间的复杂非线性关系模型,从而实现混凝土强度的准确预测。例如,利用支持向量机(SVM)算法,输入混凝土的水泥用量、水灰比、砂率、龄期等参数,即可快速得到混凝土强度的预测值。通过收集1000组以上的混凝土试验数据对SVM模型进行训练,预测误差可以控制在5%以内。神经网络算法也是常用的混凝土强度预测方法之一。以BP神经网络为例,构建包含输入层、隐藏层和输出层的网络结构,输入层节点数根据影响混凝土强度的因素确定,一般为5-10个;隐藏层节点数通过试验确定,通常为10-20个;输出层节点数为1,即混凝土强度。通过大量试验数据对神经网络进行训练,训练后的神经网络模型可以准确预测混凝土强度,预测精度可达90%以上。这种方法可以避免传统检测方法的一些局限性,提高检测效率和准确性。

3.2.2 智能传感器在混凝土检测中的应用

智能传感器是一种能够感知混凝土内部物理量(如

应力、应变、温度、湿度等)变化,并将这些信息转换为可传输和处理的电信号的装置。通过在混凝土结构中埋设智能传感器,可以实时监测混凝土的工作状态和性能变化,及时发现混凝土结构的异常情况。例如,光纤光栅传感器具有高精度、抗电磁干扰、耐腐蚀等优点,能够准确测量混凝土内部的应变和温度变化。

4 建筑工程质量检测中混凝土的检测技术应用的优化策略

4.1 加强检测人员培训和管理

检测单位应加强对检测人员的专业培训,定期组织检测人员参加相关技术培训和学术交流活动,提高检测人员的专业素质和业务水平。同时,建立健全检测人员考核机制,对检测人员的操作技能和理论知识进行定期考核,考核不合格的人员不得从事检测工作。例如,某检测机构要求检测人员每年参加不少于40学时的专业培训,并每半年进行一次业务考核,考核结果与绩效挂钩,有效提高了检测人员的专业素质。此外,还应加强对检测人员的职业道德教育,提高检测人员的责任心和敬业精神。

4.2 严格检测设备管理和维护

检测单位应购买质量可靠、性能稳定的检测设备,并定期对检测设备进行校准和维护,确保检测设备的正常运行。建立检测设备档案,记录设备的购置时间、使用情况、校准日期等信息,方便对设备进行管理和追溯^[4]。对于出现故障的设备,应及时进行维修和更换,严禁使用不合格的设备进行检测工作。例如,某检测单位制定了严格的设备管理制度,要求每月对检测设备进行一次全面检查和校准,每半年对设备进行一次维护保养,确保了检测设备的准确性和可靠性。

4.3 完善检测标准和方法

相关部门应加强对新兴混凝土检测技术的研究和探索,及时制定和完善相应的检测标准和方法,为检测工作提供科学依据。在制定检测标准和方法时,应充分考虑新材料的特性和新工艺的要求,确保检测标准和方法具有科学性、合理性和可操作性。同时,应加强对检测

标准和方法的宣传和培训,使检测人员能够熟练掌握和正确应用。例如,针对雷达法检测混凝土内部缺陷,应尽快制定统一的检测标准和操作规程,明确检测设备的性能要求、检测方法、数据处理和结果评判等内容。

4.4 规范检测市场管理

监管部门应加强对检测市场的监管力度,建立健全检测市场准入和退出机制,严格审查检测单位的资质和条件,对不符合要求的检测单位坚决予以取缔。加强对检测过程的监督检查,严厉打击虚假检测等违规行为,加大对违规行为的处罚力度,提高违规成本。同时,应建立检测行业信用体系,对检测单位的信用状况进行记录和公示,引导检测单位诚信经营。例如,某地区建立了检测单位信用档案,对存在违规行为的检测单位进行信用扣分,并在网上公示,对信用等级较低的检测单位限制其业务承揽,有效规范了检测市场秩序。

结语

建筑工程中,混凝土检测技术对保障质量意义重大。传统检测技术有局限性,新兴无损和智能化检测技术更高效准确,前景广阔。但目前混凝土检测技术应用中存在人员素质不一、设备性能不稳定、标准不完善、市场管理不规范等问题。为此,需加强人员培训管理、设备管理维护、完善标准方法、规范市场管理。改进完善检测技术可保障工程质量,推动建筑行业健康发展。未来,混凝土检测技术将更智能、自动、精准,带来新变革。

参考文献

- [1]杨柏健.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术应用[J].广东建材,2025,41(06):75-78.
- [2]许立荣.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析[J].科技创新与生产力,2025,46(06):131-134.
- [3]文光丽.建筑工程中混凝土强度检测技术运用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):62-64.
- [4]马龙祥.建筑工程质量检测中混凝土的检测技术[J].居业,2025,(04):201-203.