基于影响因素分析法的钢筋混凝土保护层厚度检测研究

伍敬恒

（广东顺融检测科技股份有限公司，广东 佛山 528000）

摘 要 钢筋混凝土结构以其卓越的稳定性和耐久性，已然成为现代建筑行业的支柱结构。在施工过程中，钢筋间距的细微差异、钢筋直径的变化以及检测仪器的性能波动，均会对钢筋保护层厚度的检测结果产生不容忽视的影响。在检测混凝土中钢筋保护层厚度时，主要依赖于一系列科学方法，以确保实体保护层厚度的准确测定。保护层厚度检测数据的精确性已经成为结构实体检验中不可忽视的重要环节。本研究致力于通过影响因素分析法，深入探讨钢筋混凝土保护层厚度的检测问题，以期为相关人员提供借鉴。

关键词 影响因素分析法；钢筋混凝土；保护层厚度；现场破损试验

中图分类号：TU755 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)10-0124-03

钢筋混凝土作为现代建筑的主要结构材料，其性能的稳定性和耐久性直接关系到建筑物的安全和使用寿命。而混凝土保护层作为保护钢筋免受侵蚀的重要部分，其厚度的合适与否直接影响到钢筋混凝土结构的整体性能。因此，对钢筋混凝土保护层厚度进行准确、有效的检测，对于确保工程质量具有重要意义。目前，针对钢筋混凝土保护层厚度的检测方法还没有完全统一。同时，由于施工过程中可能存在的振捣、扰动、踩踏等现象，以及环境因素的影响，保护层厚度往往难以达到设计要求。因此，本文基于影响因素分析法，对钢筋混凝土保护层厚度进行深入研究，旨在找出影响保护层厚度的关键因素，提出相应的检测策略。

1 混凝土保护层厚度的定义和作用

混凝土保护层存在于混凝土构件之中，扮演着至关重要的角色——为内部的钢筋提供防护，避免其直接暴露于外界环境。关于这一保护层的厚度定义，它指的是从混凝土的外层边界开始，直至最外层钢筋外边缘的最短距离。而对后张法预应力筋，保护层厚度是从预应力筋的套管或孔道的外边缘，测量到混凝土表面的那段距离。混凝土保护层厚度的作用主要有以下三个：

1. 在构建混凝土结构时，采用了钢筋混凝土这种独特的复合材料，它巧妙地融合了钢筋与混凝土这两种截然不同的材料。而这两种材料之所以能够共同协作，实现高效的力学性能，其背后的核心因素便是它们之间卓越的黏结性能需确保钢筋与其周围的混凝土能够形成良好的协同作用，确保钢筋在混凝土结构中能够充分展现其应有的强度[1]。

2. 钢筋一旦直接暴露于大气或其他介质中，便会面临腐蚀与生锈的风险。这种锈蚀过程会逐渐侵蚀钢筋的实际有效截面，从而削弱整个结构的承载能力。为了确保结构的安全稳固，有必要根据不同使用环境和耐久性需求，制定明确的混凝土保护层最小厚度标准。此举旨在保障在设计使用期限内，钢筋不会因锈蚀而降低结构的可靠性。

3. 针对需满足防火标准的钢筋混凝土梁、板以及预应力结构元件，对混凝土保护层的设定有如下规定：确保这些结构在火灾发生时，能够按照建筑物所规定的耐火等级所对应的耐火极限内，持续保持其支撑作用，不丧失其支撑能力[2]。

2 影响因素分析

2.1 外界因素

2.1.1 场地因素

在进行操作的过程中，往往面临着难以达到理想中的表面平整度和清洁度标准的挑战，而这些变化的因素会直接导致结果的差异。例如，当检测面存在高低起伏的情况时，会导致检测仪器的读数偏高，进而使得真实的检测结果出现偏差。相反，如果检测表面极其光滑，且没有任何杂质干扰，那么检测仪器的读数将会更加精确，接近实际数值。因此，在挑选需要检测的元件以及确定检测的具体位置时，应尽可能地选择那些表面平整且清洁度高的元件。 一般情况下，

当凹凸量大于等于0.5 mm时，如果不采取更换检测面或磨平的处理，会导致实际值与真值有较大偏差。

2.1.2 人为因素

钢筋保护层检测，借助钢筋探测仪设备，凭人手操作即可进行检测。然而，在实际的检测流程中，操作员对拖曳力把控的微小变化，以及探头与待测表面间磨合状态的千差万别，常常是导致最终检测结果呈现出微妙差异的关键因素。若探头无法紧密且稳定地贴合在被检测表面上，或者在移动的过程中不能保证持续一致的速度，且无法确保始终垂直于钢筋的方向，那么这些因素无疑会对仪器的读数产生不容忽视的干扰，进而可能引入潜在的误差。依据《混凝土中钢筋检验技术规程》的相关规定，两次检验值之间的偏差必须严格控制在1 mm以内。这就要求检验人员在实际操作中，必须保持极高的熟练度和严谨性。

2.2 内部因素

2.2.1 间距密度的影响

在钢筋间距不小于1.5 d的条件下，检测相邻的主筋保护层厚度，并不会影响到精准度，可一旦小于1.5 d的钢筋间距，就会使钢筋在检测断面内密集排列，磁导率产生变化，检测结果显著缩小，减少幅度甚至超过实际保护层厚度20%以上。相关自检情况如表1所示，为了确保检测结果的准确性，我们结合了钢筋探测仪（电磁感应法）和局部开挖（微损伤法）进行，综合判断不同间距情况对钢筋保护层的实际厚度影响[3]。

表1 不同钢筋间距对钢筋保护层厚度的影响

钢筋直径	游标卡尺测量值/mm	检测结果			
		钢筋间距小于1.5 d	实测结果与真值偏差比率/%	钢筋间距大于等于1.5 d	实测结果与真值偏差比率/%
Φ18mm	50.4	40	-20.63	51	+1.19
Φ16mm	46.7	41	-12.21	47	+0.64
Φ14mm	45.3	41	-9.49	45	-0.66
Φ10mm	34.2	30	-12.28	34	-0.58

2.2.2 钢筋种类对检测结果的影响分析

本文着重探讨了保护层厚度检测中光圆钢筋与螺纹钢筋这两种不同钢筋类型的具体影响。为了达到这一目的，特意挑选了直径为12 mm的光圆钢筋和螺纹钢筋作为我们实验的核心对象。通过精确操作校准装置，设定了四个保护层厚度值，分别是25 mm、33 mm、44 mm以及56 mm。在每个厚度设定下，都对光圆钢筋和螺纹钢筋的保护层厚度进行了详细的测试。为了确保测试结果的可靠性，我们针对每组数据都进行了五次重复的测试。通过测试情况可以发现，相较于光圆钢筋，螺纹钢筋的测试结果呈现出更为明显的偏差。然而，这一偏差并非无法接受。事实上，尽管不同类型的钢筋在检测过程中都可能带来些许差异，但可以肯定的是，这两种钢筋类型之间的偏差平均值被严格地控制在了1 mm的范围内，这充分证明了这种差异对整体结果的影响是微乎其微的。

2.2.3 钢筋层数对检测结果的影响分析

为了深入了解钢筋网层数对检测结果的具体影响，本研究通过对比实验，对单层与双层钢筋网进行了详细探究。在实验中，我们借助校准装置，分别设置了30 mm、40 mm和50 mm三种保护层厚度，并对不同层数的钢筋网进行了十次重复测试。通过数据分析，我们得出以下结论：经过对不同保护层厚度下钢筋网测试偏差的对比分析，我们得出了一个显著的模式：在保护层厚度为30 mm时，单层钢筋网的测试偏差均值稳定在较低的0.4 mm，而双层钢筋网的偏差则显著升高至1.6 mm。随着保护层厚度提升至40 mm，单层钢筋网的测试偏差均值略有上升，达到1.3 mm，而双层钢筋网的偏差更是大幅跃升至2.4 mm。进一步观察发现，当保护层厚度增至50 mm时，单层钢筋网的测试偏差均值已上涨至3.2 mm，而双层钢筋网的偏差更是急剧攀升至4.3 mm。这些详尽的数据明确指出了在实际应用中，双层钢筋网的测试偏差普遍高于单层钢筋网的现象。因此，在进行保护层厚度测试时，应尽量避免在多层钢筋网区域进行操作，以规避偏差过大导致的测试不准确。

2.2.4 发射探头角度的影响

在检测钢筋保护层的环节里，关键点是相关角度的完美对齐，即探头中心轴线使之与钢筋纵向轴线的对齐。在实操环节中，维持中心轴线与钢筋轴线的平行性至关重要，任何一丝角度偏差都可能导致测量结果失准。以电磁感应法为例，当我们微调检测仪器探头的中轴线与钢筋轴线之间的夹角，并对不同直径的钢筋进行多次测量时，不难发现，每次的测量结果均会有所出入[4]。

3 基于影响因素分析法的钢筋混凝土保护层厚度检测

3.1 检测仪器设备的校准

为了保障检测结果的精确无误，并规避测试仪器可能带来的误差，首要之务是对检测设备进行精确无误的校准工作。为了达到既定的目标，我们挑选了不

同直径和类型的钢筋，并安置在校准箱内。我们设置了四种不同规格的保护层厚度，它们分别是25 mm、40 mm、60 mm以及80 mm，旨在确保各种应用场景情况下都能实现高精度的操作，保障数据的准确性。

3.2 检测环境校准

校准检测环境的核心目的是精确识别并理解环境因素对结果产生的各种潜在影响。鉴于测试环境如钢筋的具体尺寸、间距以及它们如何被绑定等要素，都有可能对最终的检测结果产生显著影响。在启动校准流程之前，必须根据实际建筑结构中钢筋的布局特点，精心挑选出直径和类型都与之相匹配的钢筋，然后将其精确布置在预先装配完成的校准设备的活动树脂条上。接下来，通过精确调整设备底座，确保钢筋保护层厚度严格符合设计规定的数值，以此作为环境校准的基准[5]。对比由仪器检测得出的数值与校准设备所设定的标准控制值，从而精确计算出两者之间的偏差值，包括正向和负向的偏差。这一偏差值将成为衡量构件在特定测试环境下保护层厚度准确性的重要修正因子。

3.3 检测方法

3.3.1 波形扫描

在进行波形扫描作业时，推荐使用更为精细的波形扫描界面。针对钢筋排列紧密的情况，推荐运用N模式以减缓扫描速度，或选择D型扫描技术。在正式启动扫描程序前，务必对仪表信号进行校准，确保数据的精确性。随后，需确保传感器与待测钢筋保持平行状态，从左侧至右侧平稳移动。在此过程中，屏幕将实时显示捕捉到的信号波形、钢筋间距以及保护层厚度，这些数据应被仔细记录。

为确保结果的可靠性，建议至少重复此操作两次，甚至更多次。若多次试验的结果出现差异，应审视是否存在钢筋遗漏的可能性。此时，可以尝试将传感器旋转180度，同时保持与模具试棒平行，然后从右侧至左侧再次进行扫描，以验证结果的准确性。在进行波形扫描前，必须明确检测过程中应排除金属预埋件的测试，以维护结构的完整性。

3.3.2 做好保护层厚度的确定

按照步骤3.3.1的指示进行反复操作，并首先获取了初步的检测结果。紧接着，在确切确定了钢筋所在位置之后，进一步开展了深入的测试工作。在常规情况下，采取抽样检测法来实施管理策略，这一方法的核心环节在于从全体样本中精心挑选出大约2%的样本进行详尽细致的检测。之所以选择这样的抽样比例，是为了在最大程度上确保保护层厚度的检测结果既准确又可靠。

4 现场破损试验

为验证检测技术的准确性与稳定性，在工程现场选取其中5个构件作为试验对象，实施了详尽的破损试验。此次试验的验证结果如图1，从图中我们可以看出，经过修正后的钢筋保护层厚度检测数值与真实值之间的偏差明显缩小，这充分表明修正工作取得了显著成效[6]。

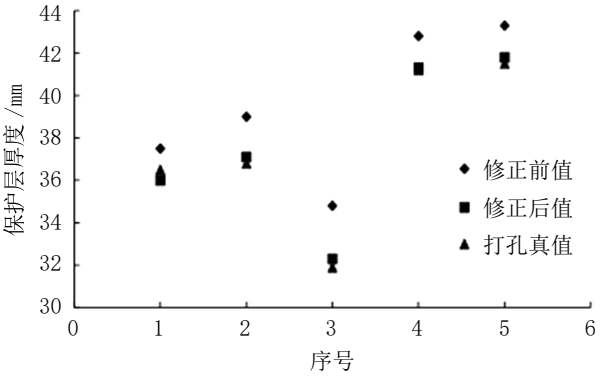

图1 破损验证试验数据分析

5 结束语

本文基于影响因素分析法对钢筋混凝土保护层厚度检测进行了深入研究，并提出了一套有效的检测方法和流程。通过实际应用验证，该方法能够提高检测精度和效率，为工程实践提供有力支持。然而，仍需要不断关注新技术和新材料的发展，进一步完善和优化保护层厚度的检测方法。未来，可以进一步探索将人工智能、大数据等先进技术应用于保护层厚度检测领域，以提高检测的智能化和自动化水平。

参考文献：

[1] 赵阿峰.浅谈钢筋保护层在钢筋混凝土工程施工中的质量控制[J].四川水泥,2021(05):37-38.
[2] 张国栋.钢筋保护层厚度检测精度影响因素及操作要点[J].四川水泥,2021(05):119-120.
[3] 朱木青,谢锡康.电磁法混凝土钢筋保护层厚度检测及评价的探讨[J].公路工程,2016,41(04):207-211.
[4] 刘雨,汪华文,李承谕.电磁法检测高配筋率混凝土钢筋保护层厚度[J].中国港湾建设,2015,35(11):52-55.
[5] 田碧鹏,彭松.《公路桥梁技术状况评定标准》中几个问题的探讨[J].中外公路,2018,38(02):166-168.
[6] 田春艳,葛惠娟,郭晗,等.混凝土旧桥检测评估[J].中外公路,2019,39(06):126-129.