

无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用

莫越元

广西万众工程检测有限公司

摘要：随着科技的不断发展和进步，无损检测技术在钢结构建筑工程中的应用越来越广泛。无损检测技术是一种通过非破坏性手段来评估材料和构件质量的方法，可以有效地检测出钢结构中的缺陷、裂纹、腐蚀等问题，并提供准确可靠的数据支持。本文将探讨无损检测技术在钢结构建筑工程中的应用，着重介绍超声波检测、磁粉检测、射线检测和渗透检测等常用方法及其原理、特点。同时，还将分析无损检测技术的优势和局限性，并展望无损检测技术的发展趋势和前景。

关键词：无损检测技术；钢结构建筑工程；超声波检测；磁粉检测；射线检测；渗透检测；发展趋势

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.03.041

引言

近年来，随着钢结构建筑工程的快速发展和应用范围的扩大，对于结构安全和质量的要求也越来越高。在这样的背景下，无损检测技术成了一种重要的工具，被广泛应用于钢结构建筑工程中。无损检测技术通过利用材料特性与信号相互作用的原理，能够准确地检测出钢结构中的隐蔽缺陷和损伤情况，为工程建设的质量控制提供了有效的手段。本文将对近年来无损检测技术在钢结构建筑工程中的应用进行综述，并介绍超声波检测、磁粉检测、射线检测以及渗透检测等常用方法的原理、特点。同时，还将探讨无损检测技术面临的挑战和发展趋势，为钢结构建筑工程的安全和可靠性提供有力的支持。

一、介绍无损检测技术的概念和原理

（一）定义和目的

无损检测技术是一种通过非破坏性手段评估材料、构件或系统质量的方法。其主要目的是检测材料或构件中存在的缺陷、损伤、腐蚀以及其他隐蔽问题，以便判断其安全性和可用性。与传统的破坏性检测方法相比，无损检测技术不需要破坏或损伤被测物体，从而避免了对正常运行或使用的材料和构件造成不必要的影响。无损检测技术能够提供详尽的关于被测物体内部结构和性

能的信息，包括尺寸、形状、缺陷类型和位置等。通过利用材料的各种物理特性，如声波、电磁波、磁性、渗透性等，无损检测技术能够探测到微小的缺陷，并提供准确可靠的数据支持，以帮助工程师和技术人员做出正确的决策。无损检测技术广泛应用于各个领域，包括航空航天、汽车制造、建筑工程、能源行业等。它在工程质量控制和安全保障方面扮演着重要角色，可以提高生产效率、减少生产成本，并延长材料和构件的使用寿命。

（二）主要原理和方法

无损检测技术主要依靠材料与外部能量或信号的相互作用来获取内部结构和性能信息。以下是几种常见的无损检测方法和其主要原理：（1）超声波检测（UT）：利用材料对超声波的传播和反射特性来检测和评估材料中的缺陷。超声波在物体内部传播时，会受到材料的密度、弹性模量和缺陷对声波的影响而发生变化。（2）磁粉检测（MT）：通过在被测物体表面施加磁场，观察磁力线沿着材料表面的流动情况，以检测出磁性材料中的表面裂纹、气孔和其他缺陷。（3）射线检测（RT）：利用X射线或γ射线穿透被测物体，通过记录和分析射线在材料内部的吸收和散射情况，以检测出材料中的缺陷、异物和密度变化。（4）渗透检测（PT）：先在被测物体表面涂覆一层可渗透的荧光液体或染料，经过适当的处理后，观察材料表面是否有渗透液体渗入，从而发现材料中的表面裂纹和孔洞。以上方法只是无损检测技术中的几个常见方法，根据被测物体的特点和要求，还可以采用其他能量或信号进行检测，如电磁波检测、热像检测等。这些方法都能够在不破坏材料的情况下，提供可靠的检测结果，并帮助确保材料和构件的质量和安全性。

二、无损检测技术在钢结构建筑工程中的应用

（一）超声波检测（UT）

超声波检测（UT）是一种常用的无损检测方法，利用超声波在材料中的传播和反射特性来评估材料的质量。该技术通过发射超声波脉冲并接收其反射信号，以

确定材料内在的缺陷、裂纹、腐蚀等问题。超声波在物质中传播时会受到材料的密度、弹性模量以及声波传播速度的影响。当超声波遇到材料中的界面、缺陷或其他不均匀性时，会产生回波信号。通过分析这些回波信号的特点，可以判断出缺陷的位置、大小、形状等信息。超声波检测具有高分辨率、准确性和敏感性的优点。它可以检测到微小的缺陷，并提供可靠的定量数据。此外，超声波检测还适用于各种材料，如金属、陶瓷、复合材料等。同时，超声波检测设备操作相对简单，不需要接触被测物体，因此具有安全性和非破坏性。在钢结构建筑工程中，超声波检测常用于检测焊缝的质量、确定钢材的强度和厚度、评估腐蚀程度等。通过超声波检测，可以发现隐藏在钢结构中的潜在问题，提供准确的数据支持，保障工程建设的安全性和可靠性。

（二）磁粉检测（MT）

磁粉检测（MT）是一种常用的无损检测方法，主要用于检测磁性材料中的表面或近表面裂纹、气孔以及其他缺陷。该方法利用磁场与材料中存在的缺陷之间的相互作用来发现和评估问题。在磁粉检测中，在被测材料表面涂覆一层可渗透磁粉的液体或粉末。在被测材料上施加一个磁场，使磁力线在材料表面和变形区域周围形成一个磁路。如果材料表面存在裂纹或缺陷，磁力线将在这些缺陷处发生变形，从而在缺陷周围形成一个磁极。将可观察的磁粉施加在被测材料表面或通过涂漆或液体浸润方式，在磁场的作用下磁粉会被吸引到裂纹和缺陷处，形成磁粉沉积或磁粉堆积的痕迹。这些痕迹可以通过目视或使用特殊的照明设备来观察和检测，从而确定缺陷的位置、形状和大小。磁粉检测具有检测速度快、成本低、操作简单等优点，并且可以在室温下进行。然而，它只适用于磁性材料，如铁、钢等。此外，磁粉检测对于小型或浅表缺陷的探测效果更佳。在钢结构建筑工程中，磁粉检测广泛应用于焊缝、支撑结构、桥梁和管道等地方。通过磁粉检测技术，可以及时发现并评估潜在的缺陷，确保钢结构的安全性和可靠性，为工程建设提供重要的质量控制手段。

（三）射线检测（RT）

射线检测（RT）是一种常用的无损检测方法，通过利用X射线或 γ 射线的穿透性质来检测材料中的内部缺陷和异物。该技术可以提供高分辨率和详细的图像，帮助评估材料的完整性和质量。在射线检测中，射线源

（如射线管或放射性同位素）发射出X射线或 γ 射线，并穿透被测物体。当射线经过材料时，会被材料内部的密度、厚度和组织结构等因素所吸收、散射或透射。这些射线在经过材料后，被探测器接收并转化为电信号。通过分析探测器接收到的信号强度和位置信息，可以形成图像，显示材料内部的缺陷、裂纹、异物等情况。这些图像可以提供关于缺陷的大小、形状和位置的详细信息。射线检测具有高灵敏度和广泛的应用范围。它可以检测到微小的缺陷，对于不可见的内部问题具有很高的探测能力。此外，射线检测还可以用于各种材料，包括金属、塑料、陶瓷等。在钢结构建筑工程中，射线检测常用于检测焊接接头、管道、均匀性、厚度等方面。通过射线检测技术，工程人员可以及时发现并评估材料内部的缺陷，提高工程质量和安全性。然而，射线检测需要专业的操作和防护措施，以确保辐射安全。

（四）渗透检测（PT）

渗透检测（PT）是一种常用的无损检测方法，通过利用材料表面张力和毛细作用的原理来检测材料表面裂纹、孔洞和其他表面缺陷。该技术适用于各种材料，包括金属、塑料、陶瓷等。在渗透检测中，将可渗透液体或染料应用在被测材料表面，使其渗入并填充材料表面或裂纹中。将所示过的材料表面进行擦拭或清洗，以去除多余的渗透剂。在被测材料上施加一层显影剂或开发剂，使其渗透剂从裂纹或孔洞中扩散至材料表面，并形成可观察的表面显影。这样，就可以通过目视观察或使用特殊照明设备来检测和识别材料表面裂纹、孔洞等缺陷。渗透检测具有检测灵敏度高、成本低、操作简单等优点。它可以检测到微小的表面缺陷，提供准确的定量数据。此外，渗透检测可以应用于各种形状的材料表面，并且可以在室温下进行。在钢结构建筑工程中，渗透检测常用于检测焊缝、螺栓连接、金属外观等地方。通过渗透检测技术，可以及时发现并评估材料表面的裂纹和孔洞，确保钢结构的质量和安全性。然而，渗透检测通常只能检测到表面缺陷，对于深层和内部缺陷的探测有限。

三、无损检测技术的优势和局限性

（一）优势

无损检测技术具有以下优势：（1）非破坏性：无损检测技术通过使用各种能量或信号与材料相互作用，

不会对被测物体造成任何破坏。这允许对正常运行或使用的材料和构件进行检测，无需拆卸或改变结构。

(2) 高准确性和可靠性：无损检测技术能够提供准确可靠的数据，以评估材料的质量和内部结构。通过分析检测结果，可以确定缺陷的位置、大小、形状，为决策和修复工作提供依据。(3) 快速和经济高效：无损检测技术通常具有快速的检测速度，可以在较短的时间内完成大量的检测工作。此外，相比于传统的破坏性检测方法，无损检测节省了拆卸或重建的成本和时间，提高了工作效率，并减少了生产停机时间。(4) 广泛适用性：无损检测技术适用于各种材料，包括金属、陶瓷、塑料等，并且可以应用于各个行业，如航空航天、汽车制造、建筑工程、能源行业等。这使得无损检测技术具有广泛的应用前景和潜力。无损检测技术具有非破坏性、高准确性和可靠性、快速和经济高效等优势。它在工程质量控制和安全保障方面发挥着重要作用，对于提高生产效率、降低成本以及保障材料和构件的质量是至关重要的。

(二) 局限性

无损检测技术也存在一些局限性：(1) 对材料和构件的特殊要求：不同的无损检测方法适用于不同类型的材料和构件。某些方法可能需要材料具有特定的物理性质，如磁性或可渗透性。这意味着某些材料可能无法适应某种特定的无损检测方法。(2) 检测深度限制：一些无损检测方法只能在浅表层进行有效检测，难以探测到深层或内部缺陷。如果隐藏的问题出现在材料的深层，可能无法被无损检测方法所发现。(3) 专业操作人员的要求：各种无损检测方法都需要经过专业的培训和资质认证的人员操作。他们需要掌握仪器设备的使用方法、数据分析技巧和安全操作程序。因此，需要投入额外的时间和资源来培养和保持合格的操作人员队伍。尽管存在一些局限性，但是无损检测技术仍然是一种非常重要和有效的工具。通过充分了解其局限性并根据实际情况选择适当的检测方法，可以克服这些问题并实现高质量的无损检测结果。

四、无损检测技术的发展趋势和前景

无损检测技术在过去几十年内取得了显著的发展，并在各个领域发挥了重要作用。随着科学技术的不断进步，无损检测技术正朝着以下几个方面发展：随着计算

机技术和数据处理能力的提高，无损检测技术趋向于自动化和数字化。自动化检测系统将更加智能化和高效，能够实现实时监测、快速处理和远程控制，进一步提高工作效率和精确度。为了更全面地评估材料和构件的质量，无损检测技术将趋向于多模式和多参数的综合应用。通过同时采用不同的检测方法和参数，可以获得更详细、准确的检测结果，提高检测的可靠性和灵敏度。人工智能和机器学习的发展为无损检测技术带来了新的机遇。通过将人工智能算法应用于无损检测数据分析和图像识别，可以提高缺陷识别和分类的准确性，进一步优化检测流程和报告生成。无损检测技术也将关注更加环境友好和绿色化的发展。例如，通过使用无毒、可回收和可再利用的检测介质，减少对环境的影响。此外，优化设备设计和能源利用，减少对资源和能源的浪费，也是未来发展的方向。

结束语

无损检测技术的不断发展为各行各业提供了重要的质量控制和安全保障手段。其非破坏性、高准确性和经济高效等优势使其在工程领域得到广泛应用。然而，我们也要认识到无损检测技术的局限性，并且密切关注未来的发展趋势。通过持续研究和创新，无损检测技术将进一步提升，为各个行业带来更安全、可靠和可持续的解决方案。

参考文献

- [1] 倪雷. 基于无损检测技术的钢结构建筑工程检测研究[J]. 城市建筑, 2023, 20(20): 173-176.
- [2] 胡小群. 钢结构建筑工程中的无损检测技术应用研究[J]. 房地产世界, 2023(19): 142-144.
- [3] 马德兆, 朱亮. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(09): 130-132.
- [4] 钟飞鹏. 无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用[J]. 大众标准化, 2023(13): 169-171.
- [5] 岳双令. 无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用[J]. 石材, 2023(01): 118-121.
- [6] 徐万宝, 杨昊, 张炜豪等. 相控阵超声检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用研究[J]. 安徽建筑, 2022, 29(09): 164-166.
- [7] 常嘉玮. 建筑钢结构工程及焊缝无损检测技术应用[J]. 智能城市, 2021, 7(10): 37-38.