土木工程中钢结构无损检测技术及其应用实践分析

许圆圆
兰州工商学院，甘肃 兰州 730000
DOI: 10.61369/TACS.2026080044

摘　　要： 无损检测技术是一种不破坏构件结构、精准识别缺陷的检测手段，其在土木工程钢结构中应用具有重要的现实意义。对此，本文就土木工程中钢结构无损检测技术及其应用实践进行深度研究，旨在为土木工程中钢结构无损检测工作的规范开展提供一些参考，推动无损检测技术得到更为广泛的应用。

关 键 词： 土木工程；钢结构；无损检测技术；应用实践

Analysis of Non-destructive Testing Technology and Its Application Practice of Steel Structures in Civil Engineering

Xu Yuanyuan
Lanzhou College of Business, Lanzhou, Gansu 730000

Abstract: Non-destructive testing technology is a detection method that can accurately identify structural defects without damaging component structures, which has important practical significance when applied to steel structures in civil engineering. This paper conducts an in-depth research on non-destructive testing technology and its application practice for steel structures in civil engineering. It aims to provide references for the standardized implementation of non-destructive testing for steel structures and promote the wider and standardized application of relevant technologies in the field of civil engineering.

Keywords: civil engineering; steel structure; non-destructive testing technology; application practice

引言

随着我国土木工程行业的不断发展，钢结构凭借其硬度高、安装简便、绿色节能等独特优势，在各类土木工程中得到广泛应用。然而，在钢结构加工、制作、安装以及使用过程中，受环境、材料、工艺等多种因素的影响，极易出现变形、腐蚀、裂纹等问题，这些问题若得不到及时处理，将会对钢结构的承载能力以及运行安全产生直接影响，甚至会引发严重的安全事故。

无损检测技术是一种高效便捷的检测手段，它能够在不破坏钢结构构件完整性、不影响其使用功能的情况下，对钢结构的内部以及表面缺陷进行检测和识别。与传统检测方法相比，无损检测技术不仅不需要对构件进行破坏，具有更高的检测效率，而且使用场景更加多元化，能够为工程质量控制和工程安全评估提供科学依据。

如今，无损检测技术已经逐渐成为土木工程中钢结构质量管控的重要手段之一。因此，深入研究钢结构无损检测技术的类型以及应用实践，探究其未来发展趋势，对提升土木钢结构质量、保障生产安全具有重要现实意义。

一、土木工程中钢结构无损检测技术的通常类型

（一）超声波检测技术

在土木工程钢结构无损检测中，超声波检测是其中最常用、最基础的技术之一。该技术的工作原理是利用超声波检测仪向钢结构构件发送超声波，若存在缺陷，声波在构件内部传播过程中，将会发生折射、反射以及散射现象，检测仪器接收到反射信号后，通过对反射信号的频率、幅度以及传播时间等进行分析，进而准确判断出构件内部是否存在缺陷、缺陷的大小以及位置。在具体实践中，超声波检测技术主要应用于钢结构焊缝、钢板、型钢等构件的检测。检测之前，只需要对构件的表面进行简单处理，涂抹耦合剂，之后将探头贴合构件表面，即可开展检测工作。这种检测技术优缺点明显，优势在于检测速度快、操作便捷，能够检测出构件内部细小的缺陷，并且不损伤构件。劣势在于对操作人员的专业素养要求较高，并且无法精准评估一些形状复杂的构件。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.



（二）磁粉检测技术

磁粉检测技术主要用于钢结构表面及近表面的裂纹、气孔、夹杂等缺陷，适用于铁磁性材料制成的钢结构构件。其工作原理主要是将构件放置在磁场中，使其被磁化，若构件表面或者近表面存在缺陷，将会导致磁场发生畸变，进而形成漏磁场。此时在构件表面喷洒磁粉，磁粉会在漏磁场的作用下，聚集在缺陷处，形成较为明显的磁粉痕迹，使工作人员能够发现钢构件缺陷的位置以及形状。

该检测技术操作简单、成本较低，能够对构件表面缺陷进行快速检测，但也存在一定缺陷。磁粉检测技术只能对构件表面以及近表面的缺陷进行检测，无法对构件内部的缺陷进行检测，且对检测材料也有一定的要求，仅适用于铁磁性材料。



（三）射线检测技术

射线检测是一种能够对钢结构内部的缺陷进行精准检测的无损检测技术。该技术的主要检测原理是利用射线，如 X 射线、γ 射线等，穿透钢结构件，射线在穿透过程中会被构件吸收，若构件内部存在缺陷，则缺陷部位所吸收的射线量将会与正常部位吸收的射线量存在明显区别。通过射线胶片或数字成像设备，能够得到准确的构件内部影像，进而准确评估构件内部是否存在缺陷。这种检测技术主要用于钢结构厚壁构件、复杂焊缝的内部缺陷检测。射线检测技术的优势在于检测结果准确、直观，缺点在于检测成本较高，并且检测过程中存在一定辐射，需要采取严格的防护措施，而且检测速度较慢。



（四）渗透检测技术

渗透检测技术主要用于对钢结构表面的开口缺陷进行检测，适用于各种材料的钢结构构件。其工作原理是：将渗透性强的渗透剂涂抹在钢结构构件表面，渗透剂将会渗透到构件表面的开口缺陷中。之后将多余的检测剂清理干净，再涂抹显像剂，渗透到缺陷中的检测剂会被显像剂吸附，形成明显的缺陷痕迹，从而准确识别缺陷的形状和位置。该检测技术优缺点同样明显。其优势在于操作简单、成本较低，适用范围广泛，不需要特别复杂的设备，检测速度较快。其劣势在于只能检测构件表面的开口缺陷，检测范围有限。



二、土木工程中钢结构无损检测技术的应用实践

（一）钢结构加工阶段的无损检测

钢结构加工阶段是质量控制的关键环节。对此，在该阶段实施无损检测技术，对钢结构进行检测，确保加工制作的构件符合设计要求，避免存在缺陷。在原材料检测方面，主要对钢结构所使用的钢板、型钢、螺栓等原材料进行检测。可以选用超声波检测技术对原材料进行缺陷检测。在零部件加工检测方面，可利用渗透检测技术对钢结构的切割、弯曲、冲压等加工工序进行检测，及时评估零部件表面是否存在冲压缺陷、切割裂纹等。同时，还可以利用磁粉检测技术，对焊缝表面的裂纹进行检测，确保焊缝质量符合设计要求，避免因焊缝缺陷导致钢结构承载力下降。例如，在 ** 桥梁钢结构加工项目中，加工单位运用超声波检测技术，对进场的 Q345qD 钢板进行了全面检测，总共发现3批次钢板存在内部缺陷，及时进行了退换处理。通过这样的方式及时避免不合格材料进入加工环节，进而为工程质量安全提供了保障。

（二）钢结构安装阶段的无损检测

钢结构安装阶段，主要对安装接头、连接部位以及安装精度进行无损检测，确保安装质量符合设计要求。该阶段的重点监测部位是焊缝连接、螺栓连接，常用的检测技术为超声波检测、渗透检测以及磁粉检测。针对焊缝连接的检测，可利用超声波检测技术，对焊缝内部缺陷进行检测；针对焊缝表面，可利用磁粉检测技术进行检测。针对螺栓连接检测方面，可以利用渗透检测技术对螺栓表面进行缺陷检测，确保螺栓符合设计要求。除此之外，还可以运用水准仪、激光测距等设备，对钢结构的安装精度进行检测，评估钢结构的标高、水平度以及垂直度等是否符合设计标准。例如，** 高层商业综合体钢结构安装项目中，施工单位运用超声波检测技术，对核心筒与外框柱之间的环梁焊缝进行检测。该焊缝总长度超过10万米，检测人员采用数字式超声波探伤仪对焊缝进行了全面检测，共发现87处缺陷，均按要求返工处理；在焊缝表面质量检测中。采用磁粉检测技术对焊缝表面及热影响区进行普查，重点检测了梁柱节点、牛腿连接等应力集中部位的表面裂纹，及时发现并处理了10处表面微裂纹，有效消除了潜在的质量隐患。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

（三）钢结构使用维护阶段的无损检测

钢结构在使用过程中，容易受到环境、载荷等因素的影响而出现变形、腐蚀、裂纹拓展等问题。因此，应定期进行无损检测，及时发现相关缺陷，并采取行之有效方式进行处理，确保钢结构的运行安全，为提升土木工程质量奠定基础。在钢结构维护阶段，可运用超声波检测、磁粉检测以及渗透检测等检测技术。具体来讲，在定期检测方面，可利用磁粉检测技术、渗透检测技术，对钢结构关键部位的表面进行检测。可以利用超声波检测技术，对构件部位进行检测。例如，在 ** 桥梁钢结构工程中，每年都需要对桥梁的关键部位，如主梁、桥墩等进行无损检测，及时发现焊缝裂纹、构件腐蚀等缺陷，并采取相关措施进行处理，从而确保桥梁始终处于安全状态。在专项检测方面，当钢结构发生形变、异响、载荷变化等异常情况时，应开展专项无损检测，全面对钢结构进行缺陷排查，评估其安全状态，并制定行之有效的维护方案

三、土木工程中钢结构无损检测技术的未来发展

随着土木工程行业的不断发展以及科学技术的不断进步，钢结构无损检测技术也向着智能化、便捷化、精准化方向发展，进一步提升检测效果和质量，为钢结构工程质量安全提供强力保障。

（一）智能化检测技术广泛应用

未来，随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的不断发展，智能化无损检测技术逐渐成为未来主要发展趋势。通过将智能化技术与无损检测技术深度融合，开发出智能化无损检测设备，能够实现自动化、智能化检测，不仅极大地提升检测效率和精度，同时还能有效降低安全风险。例如，可利用智能超声检测设备，对钢结构构件进行自动检测，该设备能够智能识别缺陷信号，并自动分析缺陷参数，生成检测报告，从而有效提升检测效率；无人机检测技术能够从多个角度，对隐蔽部位的钢结构进行检测，有效降低人工高空作业风险，提升检测的便捷性和安全性。此外，还可以利用大数据技术，构建钢结构缺陷数据库，通过对检测数据进行收集和分析，从而精准预测缺陷的未来发展趋势，从而为维护工作开展奠定基础。

（二）检测技术向精准化、高效化发展

当前，在检测精度、检测效率方面，无损检测技术依旧存在较大提升空间。未来，通过新技术的不断研发和新设备的制造，检测精度和效率也会不断提升。例如，可以对超声波检测技术的信号处理算法进行优化，以此提升钢结构缺陷识别能力；同时，还可以研发更为高效的射线检测设备，以此缩短检测时间，提升检测效率，降低成本；除此之外，还可以开发集多功能为一体的检测设备，通过运用该设备，一次检测即可完成对构件表面、内部的全面检测，以此提升检测效率。

（三）检测范围不断扩大，应用场景更加广泛

随着钢结构在土木工程中的应用越来越广泛，无损检测技术的应用范围也随之不断扩大。不仅能够满足传统工程场景的检测需求，同时还可以将其应用在海洋工程、新能源工程、轨道交通工程等新兴领域的钢结构检测。例如，在海洋环境下，海洋工程中的钢结构极易被腐蚀，因此需要采用耐腐蚀的无损检测技术，长期对钢结构进行全面检测。此外，无损检测技术还将向早期缺陷检测、在线实时监测方向发展，实现对钢结构缺陷的早发现、早处理，进一步提升钢结构工程的安全性和耐久性。

（四）检测标准不断完善，行业规范化水平提升

未来，随着无损检测技术的不断发展和应用，相关的检测标准和规范将不断完善，明确不同类型钢结构、不同检测场景的检测要求和标准，规范检测流程和操作方法，提升行业规范化水平。同时，加强行业监管，建立健全无损检测机构和检测人员的资质认证体系，确保检测工作的专业性和可靠性。此外，加强行业交流与合作，推广先进的无损检测技术和经验，推动无损检测技术在土木工程钢结构中的普及与应用。

四、结束语

总之，无损检测技术是检测钢结构构件缺陷的重要手段，同时也是保障钢结构质量安全的重要手段，在土木工程中发挥着重要的作用。对此，本文详细介绍了钢结构无损检测技术的常用类型，并深入分析了其在加工制作、安装以及维护阶段的应用实践，并对其未来发展趋势进行了合理展望。未来，随着科学技术的不断发展，无损检测技术也会向智能化、精准化、一体化方向发展，检测质量不断提升、检测范围不断扩展，进而为土木工程钢结构工程的高质量发展奠定基础。

参考文献

[1] 蒋洪伟 . 无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用 [J]. 中国住宅设施 ,2025,(09):179-181.

[2] 谷志杰 , 谷文英 . 混凝土结构无损检测技术应用研究 [J]. 城市建设 ,2025,(21):26-28.

[3] 刘远文 . 无损检测技术在钢结构建筑工程中的应用与发展趋势 [J]. 住宅与房地产 ,2025,(26):104-106.

[4] 钱澎 . 起重机承载结构无损检测技术研究 [J]. 中国设备工程 ,2025,(17):182-184.

[5] 盛鸾翔 . 无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用 [J]. 中华建设 ,2025,(09):144-146.

[6] 王文全 , 李翠珍 . 建筑材料无损检测技术在房地产中的应用 [J]. 住宅与房地产 ,2025,(23):107-109.

[7] 魏璟 . 钢结构焊缝缺陷无损检测技术应用 [J]. 住宅与房地产 ,2025,(23):110-112.

[8] 张佳祥 , 侯晨晨 . 钢结构桥梁检测中的无损检测技术 [J]. 工程建设与设计 ,2025,(15):120-122.

[9] 李劲成 . 无损检测技术在钢结构桥梁中的应用研究 [J]. 内江科技 ,2025,46(07):17-18+105.

[10] 朱海旺 . 建筑钢结构工程无损检测技术研究 [J]. 城市开发 ,2025,(14):34-36.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.