

机械工程

浅谈钢结构行业检测技术

汪勇 贾俊清 戴明

江苏中钢检测有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7238

[摘要] 随着现代建筑技术的迅猛发展, 钢结构因其高强度、重量轻、施工速度快等优点, 在工业与民用建筑中得到了广泛应用。然而, 钢结构的安全性是设计、施工及使用过程中必须严格考虑的问题。因此, 钢结构检测技术的研究成为了确保结构安全的重要环节。

[关键词] 无损检测; 破坏性检测; 监测; 鉴定

Discussion on Testing technology of steel structure industry

Wang Yong, Jia Junqing and Daiming

(Jiangsu Sinosteel Testing Co., LTD.)

[Abstract] With the rapid development of modern building technology, steel structure has been widely used in industrial and civil buildings due of its advantages of high strength, light weight and fast construction speed. However, the safety of the steel structure is a problem that must be strictly considered in the design, construction and use process. Therefore, the research of steel structure detection technology has become an important link to ensure the structural safety.

[Keywords] non-destructive testing; destructive testing; monitoring and identification

引言:

当前, 钢结构检测技术主要包括无损检测技术和破坏性检测技术两大类。无损检测技术能够在不损伤结构的前提下, 评估结构的完整性和性能, 包括超声波检测、磁粉检测、渗透检测、射线检测等方法。破坏性检测技术则是通过对钢结构样本进行力学测试, 如拉伸、压缩、冲击和硬度测试、高强螺栓紧固轴力、扭矩系数、拉力载荷、螺母的楔负载试验等, 来获取材料的力学性能数据^[1]。此外, 近年来还涌现出一些新的检测方法和技术, 如数字图像处理技术、红外热像技术、声发射技术等。

本文将对以上三种检测形式来进行论述。

一、无损检测

1、超声波检测

超声波检测技术利用超声波在材料中的传播特性来检测材料内部的缺陷。在钢结构的制造过程中, 超声波检测可以用于焊缝质量的评估。通过对焊缝进行全面扫描, 能够及时发现焊接缺陷, 如气孔、未熔合、裂纹等, 从而确保焊接接头的可靠性和安全性。此外, 对于大型钢结构件, 如桥梁钢箱梁、高层建筑的钢柱等, 超声波检测还能用于监测材料的均匀性和

内部缺陷, 为结构的安全运行提供保障^[2]。

超声波检测还广泛应用于钢结构的现场安装和后期维护中。例如, 在钢结构桥梁的定期检查中, 通过超声波检测可以评估桥梁关键部位的疲劳损伤情况, 提前发现潜在的安全隐患。同时, 对于一些难以直接观察或接近的结构部位, 超声波检测提供了一种有效的检测手段。

2、磁粉检测

磁粉检测是一点利用铁磁性材料在磁场作用下表面或近表面缺陷处会产生漏磁场的原理, 通过施加磁粉来显示这些缺陷。在钢结构行业中, 由于钢材的广泛应用和对结构安全的严格要求, 磁粉检测成为了一种重要的质量控制手段。

在进行钢结构的焊接、加工和组装过程中, 可能会产生裂纹、夹杂、未焊透等缺陷。这些缺陷如果不能及时发现并处理, 将严重影响结构的强度和使用寿命。磁粉检测能够有效地发现这些表面及亚表面的细微缺陷, 从而确保钢结构的质量和安

全。此外, 磁粉检测设备便携, 操作简便, 检测结果直观, 使其成为现场快速检测的理想选择。随着技术的不断进步, 磁粉检测的灵敏度和准确性也在不断提高, 为钢结构行业的发展提

供了有力的技术支持。

3、渗透检测

渗透检测是一种利用液体渗透的物理现象来检测材料表面开口缺陷的方法。该技术特别适用于检测钢结构中的裂纹、气孔、疏松等表面或近表面缺陷。

在钢结构行业中，渗透检测的应用主要集中在焊接接头的质量评估、腐蚀损伤的早期发现以及疲劳裂纹的监测等方面。例如，在焊接过程中，不当的操作或材料问题可能导致焊缝处产生微裂纹，这些裂纹如果不及时处理可能会扩展成更大的结构缺陷。通过渗透检测，可以有效地识别出这些潜在的危险点，及时进行修复，避免事故的发生。

此外，钢结构在长期使用过程中，不可避免地会遭受环境侵蚀，特别是暴露在恶劣环境下的构件更易发生腐蚀。渗透检测能够快速定位腐蚀区域，评估其严重程度，为采取防腐措施提供科学依据。

4、射线检测

射线检测主要是利用射线穿透被检测物体后，根据不同材料、不同厚度对射线的吸收和散射程度不同，通过成像设备捕捉这些差异，从而发现钢结构内部的缺陷，如裂纹、气孔、夹杂等。这种方法不仅可以用于成品的最终检测，还可以在生产过程中进行实时监控，及时发现问题并采取补救措施。

在钢结构行业，射线检测的应用主要体现在以下几个方面：首先，对于焊接接头的检测，可以有效识别焊缝中的缺陷，确保焊接质量；其次，对于原材料的检验，能够发现材料内部的缺陷，保证材料的使用安全；再次，对于复杂结构或关键部件的定期检查，可以评估其在使用过程中可能出现的问题，预防潜在的安全隐患。

尽管射线检测具有高灵敏度和可靠性的优点，但在操作过程中也需注意安全防护，避免辐射对人体健康造成影响。此外，随着技术的发展，数字化射线检测技术逐渐取代传统的胶片射线检测，提高了检测效率和图像解析度，为钢结构行业的发展提供了更强大的技术支持。

二、破坏性检测

1、拉伸试验

钢结构因其高强度、良好的塑性和韧性，被广泛应用于现代建筑、桥梁、塔架等领域。为确保结构的安全性与可靠性，拉伸试验成为不可或缺的一环。该试验通过测量材料在受到拉力时的性能变化，为工程设计和施工提供了科学依据。

拉伸试验主要测定钢材的屈服强度、抗拉强度及伸长率等关键参数。屈服强度是指材料开始发生塑性变形的最小应力值；抗拉强度则是材料能承受的最大拉力；而伸长率反映了材料的塑性变形能力。这些数据对于评估钢材是否适用于特定工程至关重要。

例如，在高层建筑设计中，通过拉伸试验确定钢材的力学

性能，工程师能够计算出所需钢材的规格和数量，确保建筑的稳定性和耐久性。此外，拉伸试验还帮助检测材料的一致性，避免因材料缺陷导致的安全事故。

2、弯曲试验

弯曲试验是检验钢结构材料力学性能的重要方法之一，尤其在钢结构行业中，其应用至关重要。通过模拟实际工况下的受力状态，弯曲试验能够评估钢材的抗弯强度、塑性变形能力以及断裂韧性等关键性能指标，为钢结构的设计、施工和安全运营提供科学依据。

在钢结构设计阶段，通过进行不同规格材料的弯曲试验，工程师可以准确掌握材料的性能参数，从而优化设计方案，确保结构的安全可靠。例如，对于承受较大荷载或特殊环境下工作的构件，选择具有更高塑性和韧性的材料，可以有效避免脆性断裂的风险。

施工过程中，弯曲试验同样不可或缺。它用于验证进场材料的合格性，保证所有使用的钢材均符合设计要求。此外，对于焊接、冷加工等工艺过程可能影响材料性能的情况，通过后期的弯曲试验检测，能够及时发现问题并采取补救措施。

在钢结构的维护与检修中，弯曲试验也是评估结构健康状态的有效手段。定期对关键承重构件进行弯曲试验，可以早期发现疲劳损伤、腐蚀等问题^[3]，及时进行加固或更换，保障结构的长期稳定运行。

3、冲击试验

冲击试验是一种评估材料抵抗突然负载能力的重要方法，尤其在钢结构行业中具有不可替代的作用。通过模拟实际工况下的冲击载荷，该试验能够有效预测和评估钢材在受到撞击或动态负荷时的响应和性能。

首先，在建筑、桥梁等工程项目中，钢材不仅要承受静态的重力荷载，还可能面临如地震、风载等突发性动力作用。通过进行冲击试验，可以评估钢材在这些极端情况下的表现，确保结构设计的安全性与可靠性。

其次，冲击试验有助于优化材料选择和结构设计。不同类型的钢材对冲击载荷的承受能力各异。通过对多种钢材进行冲击试验，工程师可以根据项目需求选择最合适的材料，实现成本与性能的最佳平衡。同时，试验结果还能为结构设计提供科学依据，指导设计人员合理布置构件，提高整体结构的耐冲击能力。

再者，冲击试验对于提升钢结构行业的标准和规范具有推动作用。随着技术的不断进步和新材料的开发应用，行业内的安全标准和施工规范需要不断更新。冲击试验的数据和分析结果可以为这些标准的制定和修订提供重要参考，促进行业健康发展。

最后，冲击试验还有助于钢结构的维护和寿命评估。通过定期对已建成的钢结构进行冲击试验，可以及时发现潜在的安

全隐患，制定相应的维护和加固措施。此外，试验结果还能帮助评估结构的使用寿命，为后续的维修、改造或拆除提供决策支持。

4、硬度试验

硬度试验常用的试验方法有洛氏硬度试验、布氏硬度试验和维氏硬度试验。这些测试方法能够在不破坏材料的前提下，对钢材表面或内部进行硬度测定。硬度值的大小直接反映了材料的抗压入能力，间接显示了材料的强度、韧性等机械性能。

在钢结构生产中，虽然硬度试验较少，但是在焊接工艺评定时，对于一些T型接头的硬度试验却扮演着不可或缺的角色。通过硬度测试可以有效评估焊缝及热影响区的硬化情况，预防因硬化过高导致的脆性断裂。此外，对于经过热处理的钢材，通过硬度试验可以确保其达到了预期的硬度范围，保证结构的安全性和可靠性。

5、化学成分检测

在钢结构行业中，化学成分检测是确保材料质量和工程安全的关键步骤。化学成分检测主要涉及对碳、硅、锰、磷、硫等元素的测定。这些元素的含量直接影响钢材的硬度、韧性和抗腐蚀性。例如，碳的含量增加可以提高钢的强度，但过多的碳会使钢材变脆。因此，控制合理的碳含量对于制造出既坚固又具有一定韧性的钢结构至关重要。

现代化学成分检测技术如X射线荧光光谱法(XRF)、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)等，能够提供快速准确的分析结果。这些技术不仅提高了检测效率，也保证了检测结果的可靠性。

此外，化学成分检测还有助于识别和防止材料混淆或替代。在供应链管理中，通过化学成分分析可以确保所使用的钢材符合项目规范，避免使用不合标准材料，从而保障工程质量和延长使用寿命。

三、监测与鉴定检测

1、监测

首先，通过安装应变传感器、位移传感器等设备，可以实时监测钢结构在施工和使用过程中的应力与变形情况。这些数据对于评估结构的承载能力、预测潜在的风险点以及制定维护计划至关重要。例如，当监测到某一部位的应力超过安全范围时，就可以及时采取措施进行加固或更换，避免事故的发生。

其次，利用无损检测技术如超声波检测、磁粉检测等，可以在不破坏材料的前提下，发现钢结构中的裂纹、腐蚀等缺陷。这类技术的应用大大提高了检测效率和准确性，为钢结构的维修和保养提供了科学依据。

再者，随着物联网技术的发展，将传感器网络与云平台结合，可以实现钢结构健康状态的远程监控。工程师可以通过智能终端设备随时获取结构的健康数据，及时调整施工方案或运营策略，实现智能化管理。

最后，监测技术还能够帮助优化钢结构的设计。通过对实际工程中钢结构性能的长期跟踪研究，可以为未来的工程设计提供宝贵的参考数据，促进设计理念的创新和优化。

2、鉴定

鉴定技术的应用已成为确保结构安全、提升工程质量的重要手段。随着科技的进步，鉴定技术也在不断地发展和创新，为钢结构行业带来了革命性的变化。

首先，鉴定技术在材料检测方面的应用至关重要。通过对钢材的化学成分、机械性能等进行精确分析，可以确保使用的材料符合工程要求，避免因材料不合格导致的安全隐患。此外，通过无损检测技术如超声波、磁粉检测等，可以在不破坏材料的情况下发现内部缺陷，进一步保障了材料的可靠性。

其次，结构健康监测是鉴定技术的另一重要应用领域。通过安装传感器收集结构在使用过程中的数据，比如应力、变形、振动等，可以实时监控结构的健康状况。这些数据不仅可以用来评估当前结构的安全状况，还可以预测潜在的风险，从而实现预防性维护，延长结构的使用寿命。

再者，鉴定技术在工程质量控制中也发挥着重要作用。通过先进的测量和检测技术，可以对钢结构的制作和安装过程进行精确控制，确保各个部分严格按照设计要求执行，从而提高整个工程的质量水平。

最后，随着数字化技术的发展，鉴定技术也开始向智能化、自动化方向发展。利用大数据、人工智能等技术对收集到的数据进行处理，不仅可以提高鉴定的效率和准确性，还可以为钢结构的设计、施工和维护提供更为科学的决策支持。

在钢结构检测技术的应用过程中，还需要考虑到多种因素的影响，如环境条件、结构特点、使用历史等。因此，检测方案的设计需要根据具体情况进行定制，以确保检测结果的准确性和可靠性。同时，检测数据的分析和解读也是一项专业性很强的工作，需要由经验丰富的工程师来完成。他们通过对数据的深入研究和理解，能够为钢结构的安全使用提供科学依据和建议。

总之，钢结构检测技术的研究对于保障建筑安全、延长使用寿命具有重要意义。随着科技的进步和研究的深入，未来的钢结构检测技术将更加高效、精准，为现代建筑业的发展提供坚实的技术支持。通过不断探索和应用新的检测方法和技术，我们可以更好地保障钢结构的安全性和可靠性，为人们创造更加安全、舒适的生活环境。

[参考文献]

- [1] GB 50205-2020, 钢结构工程施工质量验收标准[S].
- [2] 王陆英, 王青山. 无损检测技术在建筑钢结构行业中的应用[J]. 图书情报导刊, 2009, 19(20): 202-203.
- [3] 严梓榕, 沿海钢结构栈桥的腐蚀安全评定研究[J]. 2017-01-16/2017-02-15