

钢结构无损检测质量控制措施分析探讨

张波

上海市建建设工程质量检测有限公司

摘要：随着我国建筑事业的快速发展，钢结构建筑成为主流的建筑形式，钢结构材料凭借自身的独特性、抗震性、轻质性、坚韧性，被广泛应用于各种类型建筑工程中。在钢结构建筑施工中，多使用焊接的方式进行钢结构组件的连接，并使用无损检测技术对其焊接质量进行全面的检测，用以保证钢结构的完整性。本文将以钢结构无损检测为研究对象，通过阐述常见的无损检测技术及实施步骤等内容，重点探究钢结构无损检测质量控制措施。

关键词：钢结构；无损检测；质量控制措施；建筑材料

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.026

引言：钢结构作为炙手可热的建筑材料，具有诸多优点和较强的经济性，是现代建筑工程绿色建筑发展的重要材料，因此需加强对钢结构的质量检测。无损检测技术是在不损害钢结构的前提下，对钢结构内部及外部进行的全面检测，能够切实保证钢结构的完整性和可用性，各建筑企业需要加大对无损检测技术质量控制的研究，寻求有效的质量控制措施，方能保证钢结构质量安全。

一、钢结构无损检测

（一）概述

无损检测是指用各种技术方法以不损害被检测对象用途和功能的方式，对其内部结构和外部形态进行探测、定位、测量、评价，其中完整性、性能、成分、几何特征等均可作为评估指标。其中对钢结构的无损检测，主要是根据钢结构受检制件的结构、制造方法、工作介质、使用条件、失效模式等，对其存在缺陷的种类、形状、部位、方向进行检测，能够全面的评价钢结构的安全性和可靠性。该技术的运用能够保证钢结构质量充分满足建筑工程的预期要求，并具有一定的经济性，能够为建筑工程节省建设成本。其中无损检测主要分为表面缺陷检测和内部缺陷检测。

（二）实施步骤

无损检测在钢结构中的应用，主要是利用物理或化学的检测方法及先进的检测设备，对钢结构存在的缺陷、不均匀性等问题进行检测，能够提供缺陷的具体大小及位置，并对其成因性质进行初步判定，进而可有效地提供钢结构所处的技术状态。其中无损检测的步骤主要分为：（1）预检测。主要是对钢结构进行全面的视觉检查，了解其表面状态，是否存在裂纹、缺口、腐蚀等情况，进一步帮助后续无损检测提升准确性。

（2）检测。利用各种物理或化学的检测方法进行钢结构的检测，常用的无损检测方法包括射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测等。（3）数据分析。根据检测结果进行数据分析，找出缺陷成因。（4）无损结果判定。根据相关标准对检测结果进行判定。另外，无损检测完成后需要进行检测报告编制，为建筑企业提供后续的处置依据。借助对钢结构的无损检测能够有效的为建筑企业提供施工指导，便于其及时的对钢结构建筑进行修复和维护，切实保证建筑工程的质量安全。

（三）发展现状

无损检测能够对钢结构的整体性和稳定性进行全面的评估，在工程建设中具有重要的应用价值，因此，现阶段我国大部分建筑企业已经能够重视对钢结构的无损检测，并从多方面加强对无损检测的研究，力求能够提升无损检测的质量水平，尤其针对水利、电力工程使用的钢结构组件，更要制定严格的质量要求，切实保证钢结构的质量安全。对钢结构的传统检测中，往往需要对钢结构进行取样，无法得到准确的数据。而运用无损检测技术则可以实现对钢结构整体的检测，精准的定位钢结构的缺陷位置，并对缺陷的性质进行有效的评定。借助无损检测技术的广泛应用，能够有效地增强我国工程建设施工水平。

二、常见钢结构无损检测技术

（一）直接检查技术

该技术主要是对钢结构的表面进行分析，根据钢结构表面状态判定钢结构的质量及可能存在的缺陷，较为适宜应用在大跨度空间建筑钢结构的无损检测中。借助对钢结构表面情况的观察和分析，能够探究出其表面是否存在问题，并以最快速度探测到表面存在的缺陷，且检测成本较低，主要依靠检测人员的工作经验进行判断。作为钢结构建筑无损检测的基本检查技术，其能够快速识别和纠察出钢结构表面存在的气泡、裂纹、咬边等缺陷，实现对钢结构质量的预判断。但该技术应用虽然能够及时的在工程中检查到突发状况，并进行及时的处置和解决，但对细小的缺陷检查缺乏精确性，只可作为无损检测的基础步骤。

（二）渗透检测技术

该技术主要是利用荧光染料或者其他带有颜色的染料作为渗透液，对钢结构表面的缺陷进行检测，其中运用到毛细现象渗透原理，若渗透液渗入钢结构或压力容器管道中，则表明该钢结构材料存在一定的缺陷。其一般的检测步骤为：（1）钢结构表面预处理。（2）渗透液的喷洒或涂抹。（3）清除表面的渗透液。（4）进行

干燥处理。(5)显示缺陷、处理。作为质量检测中较为常用的技术之一,比直接观察技术更具复杂性,但此种检测技术存在着片面性和局限性,仅能对钢结构材料表面缺陷进行检测,且不适用于多孔的建筑材料检测,其检测结果还受到多种因素的影响,如钢结构及压力容器管道质量等。

该技术的使用和控制相对简单,所需渗透操作设备仅为承装渗透液及去除剂等的容器,因此具有操作简单、显示直观、灵敏度高等特点,可检测出开口为 $1\mu\text{m}$ 的裂缝,具有较高的检测精度。现阶段建筑工程中多将该技术应用于塑料、陶瓷、焊接件、铸件、机加工件、铁磁性锻件等的缺陷检测,亦可实现对大跨度空间建筑钢结构的检测,可及时有效的检测出受检件的表面疏松、裂纹、折叠、冷隔等缺陷。另外,该技术在应用中会受到表面孔隙和背景情况的干扰影响,一定程度上存在着污染试件的风险。

(三) 射线检测技术

该技术主要是对被检件投入射线,结合射线的吸收情况,进一步判断钢结构内部的缺陷情况。其运用的工作原理为:射线穿越不同材料的物质,受到各部位密度、厚度差异的影响,会形成不同的光反射情况,用以反映出缺陷的位置和面积。现阶段常使用的射线有X射线、Y射线和高能射线,能够形成对钢结构或压力容器管道等材料的探测,其中X射线是钢结构无损检测中使用的主要射线类型,该技术相比渗透检测技术,能够更全面的展现出钢结构的内部缺陷情况。在射线检测技术的实际应用中,针对不同的射线吸入情况,可使用专用底片进行成像,用以记录射线吸收状况,并进行差别化的鉴别。底片上的影像能够作为明确辨析缺陷分布情况、大小以及形状的基准,对大跨度空间的建筑钢结构存在的体积缺陷检测有极大的应用价值,能够有效的检测出钢结构内部存在的疏松、气孔、夹杂等问题,还可对钢结构是否存在熔合或者未焊接透彻的情况进行检测。钢结构建筑工程中常使用到X线探伤机进行钢结构的缺陷检测,其所需最高电压为450kV,并对最大厚度为70-80mm的钢结构组件进行检测,而使用加速器作为射线源进行探伤检测过程中,可借助高能X线,检测限制在500-600mm厚度的钢材材料。

该技术应用的主要优点是能够清晰直观的检测钢结构的内部缺陷,且不易受外界因素的干扰,能够对各种形状和外观轮廓的钢结构零件材料进行检测,但由于其最终的呈现结果为二维成像,会形成前后图像上的重叠,且针对钢结构裂缝与射线存在 10° 以上夹角的情况,检测结果精准性易受到影响,极大的增加了该技术的应用局限性。另外,该技术使用的射线带有辐射性,对人体有一定的伤害,要对射线仪器进行妥善地保管。

(四) 超声波检测技术

该技术是利用超声波对钢结构或者压力容器管道进

行缺陷分析的技术,其主要借助曲线图进行结果反馈,是现阶段大跨度空间建筑钢结构中使用最多的检测技术,能够对厚钢板和粗钢管等构件进行有效的检测。其检测原理为运用超声波较强的内侵能力及灵敏度,对钢结构存在的缺陷进行检测,通过被检件的反射回波反映出是否存在缺陷及缺陷位置和严重程度。钢结构存在的缺陷会让超声波在传输到钢结构和缺陷交界面后,形成特殊的反射波形,便于检测人员进行不同缺陷类型的判断,借助波形呈现的不同曲线形状和高度,经过深入分析,可对缺陷的不同属性进行识别。

另外,反射回波效果取决于被检材料的物理状态及性能。如,金属材料气体界面可呈现全反射效果;而金属材料的液体和固体界面,则会产生部分反射,若钢结构存在缺陷,则会导致材料处于不连续界面状态,形成超声回波不同的能量值及阻抗差异,从而形成不同的反射波曲线。借助该技术的应用,能够有效地检出被检件的裂纹、分层、缩孔、脱粘等缺陷状况。对于钢结构中存有杂质或不均匀性等隐蔽的问题,使用射线检测技术亦可以有效的检出该类隐蔽缺陷。鉴于该技术的检测精度和复杂程度,较为适合现代检测工作,能够检出建筑工程钢结构中的细小缺陷,达到其他检测技术无法达到的效果。该技术的优点为:可适用于多种材料制件检测,可应用于建筑行业的大厚度构件检测,并实现对钢结构缺陷的定位。超声波发射设备轻便,方便移动和保管。但其局限性在于,超声波检测对材料表面有一定的要求,表面粗糙的材料检测结果精度不高,且该技术对操作要求较高,需要检测人员具备专业的超声波检测技能,方能进行熟练地操作。在众多的无损检测技术中,超声波检测凭借自身的独特优势,受到建筑行业及相关无损检测专业人士的认可。

(五) 磁粉检测技术

磁粉检测技术主要是利用缺陷位置磁粉和漏磁场的相互作用,借助钢结构表面及近表面的磁导率差异,对钢结构缺陷进行反应。其工作原理为:被磁化处理的被检件磁场会发生畸变,而对于表面出现的漏磁场,磁粉会在缺陷位置形成齿痕,并实现缺陷形状和位置成像的效果。利用此种工作原理可针对钢结构表面磁粉堆积的情况进行探究,则可发现具体的缺陷情况。该技术作为自动化的检测方法,检测过程相对复杂,但检测结果更为精准,能够最真实地还原缺陷的状态,现阶段被广泛应用于建筑行业的钢结构检测中。其优点在于具有一定的整体性和可行性,呈现的检测结果较为直观,使用到的设备体积小、易操作,在实际检测中运用磁粉检测法能够形成更快的检测速度,实现对钢结构的实时检测。该技术的局限在于在检测过程中会出现部分被检件被检测后退磁的现象,尤其在对金属表面缺陷位置进行检测过程中,会由于金属的光滑性形成对检测结果的影响。对于部分铁磁材料的表面缺陷,使用该技术很难正确

地判断出缺陷的类型及分布。另外，该技术应用中易受到环境干扰，因此，在该技术的应用中，需要对缺陷引起的各种磁化畸变进行分析和观察，如磁化率、磁通量等，现阶段该技术常用于钢结构角焊缝的缺陷检测中。

三、钢结构无损检测质量控制措施

(一) 渗透检测技术的质控措施

针对该技术的质量控制措施主要包括：(1) 喷涂渗透剂过程中，为了保证检测质量，需要保证其检测部位的湿润度，并根据被检件的材质及可能存在的缺陷程度进行渗透时间设计，需要充分分析渗透剂的性能，方能保证检测结果的精准性和检测时间的充分性。(2) 在渗透检测技术应用的清洗环节，需要使用良好吸湿性的软纸进行擦拭，确保能够将渗透剂充分清除干净，且要保证擦拭过程中沿着一个方向进行擦拭，不可重复使用擦拭纸。在擦拭完成后要利用干净的软布进行再次擦拭，务必保证被检件表面的干燥状态。需要注意不可使用清洗剂对表面进行直接喷涂，防止出现渗透剂稀释回渗的现象。(3) 利用显像剂进行底色覆盖过程中，需要充分的摇匀显像剂，注意显像剂的使用方法，并针对不同的缺陷状况进行针对性的使用。如针对细小裂缝，渗透液渗入较少，所产生的回渗量更少，可使用少量喷涂方式，避免显影剂掩盖裂缝，造成漏检。

(二) 射线检测技术的质控措施

针对射线检测技术的质量控制措施，可采用以下方式优化。(1) 加强对专用工艺卡的抽样检查。为充分发挥射线检测技术的效果，要定期对该技术中运用的各项辅助设施进行抽查检测，其中射线工艺卡可作为重点检测对象，并对工艺卡的内容填写、审核、编制等环节进行严格检查，结合实际检测要求进行工艺卡的要求设计。(2) 合理的选择射线透照几何方式。由于该技术中射线透照的几何方式对射影的质量有直接影响，因此需要科学地选择射线透照方式，主要可依据构件的基本特点、所存在缺陷的特点等，现阶段建筑工程钢结构无损检测中常使用单壁和双壁混合的透照的几何方式。(3) 注重检测操作质量。为确保得到精准的检测结果，需要加强射线检测的操作质量，严格按照检测规范进行检测。相关单位要控制好射线拍片、暗室处理等环节的操作，其中射线拍片要严格按照规范操作进行，不得依照检测人员的工作经验进行主观预判；而对暗室处理过程中，要充分控制好暗室的温度和显影的时间，并高度重视暗室内红灯安全亮度的分布，切实保证成像的质量。另外，还需加强底片质量评定，在初评和复评等不同阶段，若存在结果分歧，要经由不同阶段评定人员的协商方能得出结果认定，并由复评人员签字确认。

(三) 超声波检测技术的质控措施

针对超声波检测技术的质量控制，首先，要去除焊接余高。由于钢结构建筑组件焊接过程中，两焊趾间会存在余高，进而影响超声波检测结果，可通过磨平余高

的方式降低漏检概率，更有利于减少焊缝表面的反射波，进而能够更真实地反映出表面存在的缺陷。其次，要精确定位缺陷位置。可使用水平调控的方式，对已有缺陷进行分层扫描，并进行不同参数的超声波检测，进一步掌握实际的缺陷位置信息，切实实现精准的缺陷定位。针对不易定位的缺陷，可采用多层次扫描的形式获取真实的超声检测数据。再次，要精准的识别缺陷的波形。运用超声波检测技术对钢结构进行无损检测中，存在缺陷的位置会形成不同波形的反馈，要充分掌握不同缺陷的波形，方能精准的识别缺陷类型，如钢结构的单个气孔波形较为稳定、高度较低；而密集气孔的波形则成簇存在，并形成连续性的起伏；夹杂缺陷的波形为锯齿形，具有较大的波形峰谷差异；未焊透缺陷的波形幅度差异不定，要进行不同角度的检测。另外，超声波检测人员的操作水平直接关系到该技术的质量控制，要确保人员具有娴熟的操作手法和丰富的超声操作经验，能够对缺陷类型形成较好的判断，且要保证其具有较强的应变能力，能够针对不同的缺陷进行超声波参数调整。

(四) 磁粉检测技术的质控措施

磁粉检测技术的质量控制措施内容如下：(1) 要保证探伤仪器使用的科学性，确保仪器具有较高的灵敏度，能够对钢结构缺陷进行精准的检测判断。(2) 要合理的选择检测中的灵敏度试片，按照相关检测标准进行选择，进一步保证无损检测结果的准确性。(3) 企业要制定相对严格的质量控制制度，确保开展的无损检测操作能够形成规范化管理，进而达到约束检测结果的效果，增强检测的可靠性。(4) 要加强检测人员对磁粉检测技术的培训，并增强其职业素养，使其能够认真做好无损检测工作，保证无损检测质量。

结束语：综上所述，钢结构无损检测技术在现代建筑行业中具有重要的作用，能够提升建筑行业的施工建设水平，保证工程质量。在各种无损检测技术应用过程中，还需不断加强对检测技术的研究，使其更具精准性和可靠性，且要全面加强对无损检测的质量控制，进一步提升无损检测技术水平，推进钢结构无损检测工作的顺利开展。

参考文献

- [1] 李文乔、朱震宇. 大跨度空间建筑钢结构无损检测质量控制分析[J]. 绿色环保建材. 2021(8): 140-141
- [2] 孙文琦、朱丁丁. 浅析钢结构无损检测质量控制措施[J]. 中国金属通报. 2019(2): 296.
- [3] 刘博、骆强. 钢结构无损检测质量控制措施探讨[J]. 居舍. 2018(22): 214.
- [4] 郭浩霖. 关于钢结构无损检测质量控制措施探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量. 2018(9): 21-22.
- [5] 张富春. 钢结构无损检测质量控制措施研究[J]. 中国高新技术企业. 2017(8): 83-84.