

建筑钢结构无损检测技术的质量控制与管理

●何启发



[摘要] 在建筑钢结构工程里,钢结构的广泛应用使质量控制问题凸显,焊接缺陷对结构安全的影响渐大,无损检测技术作为关键质量检测手段,作用重大。文中阐述渗透、磁粉、射线照相及超声检测的原理、范围与步骤,剖析其焊接质量控制的应用,结合检测标准规范执行,给出提升检测质量与效果的优化策略,有效的无损检测可显著提升钢结构工程检测准确性,有力保障工程安全性。

[关键词] 建筑钢结构;无损检测;焊接质量;检测技术;质量控制

钢结构的焊接质量在整个建筑工程中占据着举足轻重的地位,尤其是焊缝缺陷,这是影响工程安全的关键因素。传统的检测方法,如外观检查、简单测量等,由于受到技术手段的限制,难以实现高精度与全方位的检测要求。而无损检测技术的出现,为钢结构质量保障带来了新的曙光。它以其精确性和快速性脱颖而出,成为把控钢结构质量的核心关键。通过无损检测技术,能够对钢结构进行全面、细致的扫描,无论是隐藏在内部的微小缺陷,还是表面不易察觉的瑕疵,都能在焊接过程中或焊接完成后及时发现并得到妥善处理。本文深入探讨无损检测技术在钢结构质量控制中的具体应用方式、实际成效以及其在提升钢结构工程整体质量方面的重要价值,致力于为钢结构工程提供坚实可靠的技术支撑与全面的质量保证体系。

Q 建筑钢结构工程中无损检测的质量控制挑战

(一)技术人员匮乏与工程质量控制不足

在建筑钢结构工程的全生命周期中,从最初的设计构思,到紧张忙碌的施工建设阶段,再到后续漫长的维护保养时期,每一个环节都高度依赖专业技能精湛且经验丰富的人员来进行精心管理与精准实施操作。然而,审视当下行业的实际状况,专业技术人员数量远远无法满足需求,这种人才短缺的困境直接导致了无损检测技术在行业内的应用范围变得极为狭窄,并且在具体的技术落地执行过程中,也难以企及预期设定的标准和效果。无损检测工作包含多个至关重要的环节,比如在材料遴选环节,需要专业人员甄别材料的优劣与适用性;在焊接过程监控阶段,要求精准把控焊接参数与质量;在结构装配流程中,要确保各部件的精准对接与安装;以及最终的质量核验程序,更需严谨细致地评估

整体结构质量。倘若操作人员缺乏足够的专业技能,极有可能在检测设备的操作上出现失误,无法正确设置参数、选择合适的检测模式等,进而导致无法精确地识别结构内部隐藏的缺陷,甚至可能出现严重的误判情况,将原本存在问题的结构判定为合格,或者反之,这无疑会给整体结构在后续使用过程中的安全性与可靠性埋下巨大的隐患,严重威胁到建筑的稳定性和使用者的生命财产安全。

(二)钢结构质量事故的频发与根本原因分析

关于钢结构质量事故频发状况及其根本原因深度剖析,钢结构质量水准与建筑安全性及使用寿命紧密相连,而无损检测作为保障质量有效途径,其重要地位不言而喻。实际工程实践进程中,因缺乏系统性检测流程规划或检测技术应用失当,致使内部缺陷、焊接瑕疵以及材料缺陷等问题难以被及时察觉并妥善处理。焊接工艺中所产生的裂缝、孔洞与夹杂物,倘若未能借助磁粉检测、超声检测等技术手段予以有效甄别,便会在结构承载重压与环境应力双重作用下持续蔓延拓展,极有可能诱发严重结构损毁后果。钢结构腐蚀难题常因表面检测工作不够周全细致而被疏忽遗漏,若渗透检测与射线照相检测等方法能够得以常态化且系统性地运用,由材料劣化所引发事故数量必将大幅削减。

Q 无损检测技术的角色与应用策略

(一)四种常用无损检测技术的原理与适用范围

在建筑钢结构无损检测方面,常用的渗透、磁粉、射线照相和超声检测各有原理与适用范围。渗透检测依毛细现象,把渗透液涂在材料表面,它会顺着表面开口缺陷(像细小裂纹、孔洞等)渗入,去除多余渗透液后用显像剂使残留的渗透液显现,进而发现缺陷,多用于检测钢结构薄板等对

外观要求高的部件。

磁粉检测靠漏磁效应,将铁磁材料的钢结构磁化,若有表面及近表面缺陷,就会产生漏磁场吸引磁粉形成磁痕暴露缺陷,常用于焊接部位,比如梁柱焊接处,能快速找出表面裂纹、夹渣等问题,保障焊接质量。射线照相检测借助材料对射线吸收率的差异,射线穿透钢结构时,因缺陷处与正常部位密度、厚度不同,吸收射线情况有别,在底片等上形成不同影像,可检测气孔、裂纹等多种内部缺陷,对大型钢结构关键部位如桥梁主钢梁焊缝、高层建筑核心筒焊缝检测很关键,帮助评估内部质量。超声检测依据超声波反射特性,超声波在钢结构内传播遇缺陷等界面会反射回探测器,分析反射波确定缺陷位置、大小等,适用于各类钢结构检测,不管是大型梁柱还是复杂形状部件,都能有效排查内部缺陷,把控整体质量,保障钢结构安全可靠。

(二)无损检测技术在焊接质量控制中的具体应用

在无损检测技术焊接质量管控中的具体应用层面,焊接前,可运用超声检测技术针对焊接材料予以检测,以此确保材料不存在内部缺陷,焊接过程中,借助实时射线照相技术能够对焊缝的形成过程予以监控,及时察觉焊缝形成过程中诸如气孔与未熔合等缺陷,进而即刻对焊接参数予以调整或修正焊接方法。焊接完成后,通常会采用磁粉检测与渗透检测手段来查验焊缝表面及近表面的缺陷状况,磁粉检测适宜于检查焊缝的表面裂纹以及其他微小缺陷,而渗透检测则主要用找寻焊缝表面的细小开口缺陷。

射线照相检测技术检测结构关键部位的焊缝时,具备深入评估焊缝内部质量能力,凭借射线的穿透特性,能够清晰地展现出焊缝内部的各类缺陷,诸如气孔、裂纹、夹渣、未熔合等问题,且具有较高的灵敏度,可探测到微小的内部缺陷。射线检测不但能够有效地评估焊接接头的致命缺陷,还可对曝光时间与射线能量的灵活调整,实现对不同厚度与材质的钢结构焊缝检测的优化处理,进而确保焊接质量得到精确评估。相较其他检测方法,射线照相检测具有更为强劲的深度检测效能,能够覆盖较大范围的焊接区域,对焊接缺陷的定位与判断更为直观且可靠。

Q 无损检测的操作流程与质量管理

(一)无损检测的标准操作程序

在操作正式启动前,有必要针对检测设备开展全面且深入的检查与校准工作,设备的性能必须契合制造商所规定的标准,就超声检测设备而言,其频率范围通常设定在 0.5 至 25MHz 这一区间内,而灵敏度的调整则需确保能够精准探测到直径不大 0.8mm 的平底孔。操作者务必对待检材料的表面予以清洁处理,将任何可能对检测结果产生不良影响的污物或涂层予以彻底移除,进行渗透检测时,需将渗透剂均

匀地涂覆在已清洁的表面上,并维持足够时长以便渗透剂得以顺利进入微小缺陷中,通常这一过程耗时约在 15 至 30 分钟。在此后,运用清洁剂去除表面多余的渗透剂,继而应用显像剂,显像剂的反应时间大致为 10 分钟,以此确保缺陷处的渗透剂能够被充分地显现出来。

磁化的方式可依据对象的形状与尺寸进行灵活抉择,其既可以采用直流方式,可以采用交流方式,在磁化完成后,需即刻撒布磁粉,并仔细观察是否有异常磁迹形成,这些磁迹能够表明表面或近表面缺陷所处的位置。待检测工作全部完成后,必须对被检测对象进行退磁处置,以此避免长期残留磁场所带来的不良影响。射线照相检测则要求在具备专门防护措施的环境下开展。需精心挑选适宜的射线源以及曝光参数,例如可选用不超过 450kV 的 X 射线管来针对厚度处 70 至 80mm 间的钢材进行检测。在曝光完成后,底片或数码接收器将会记录射线穿透被检测件后所形成的图像,再借助图像分析软件对检测结果加以深入分析,进而确定缺陷的种类与位置所在。超声检测则需要审慎地挑选适宜的探头频率以及扫描模式,在脉冲回波技术的应用过程中,探头发送超声波并接收从缺陷处反射回来的回波,依据回波的强度以及时间延迟来确定缺陷的性质与位置。

(二)质量控制中的无损检测技术标准与规范执行

在质量控制环节中的无损检测技术标准与规范执行层面,这些标准和规范明确界定了检测方法、设备要求、操作程序以及合格标准等关键要素,其是确保检测质量以及结果一致性的核心所在。诸如 ASTM、ISO 和 ASME 等技术标准提供了极为详尽的指导细则,其涵盖了针对不同材料以及检测方法的具体应用规范,其中,ASTM E165 标准明确规定了渗透检测的详细流程与质量要求,而 ASTM E1444 标准则对磁粉检测的实施规范予以了明确界定。这些标准有力地保障了无损检测在全球范围内的一致性与可靠性,在执行这些标准时,首先需要针对操作人员开展严格的培训工作,确保他们能够充分理解并精准无误地执行标准中的各项要求,操作人员必须经过专业认证,例如获取 ASNT(美国无损检测协会)的 Level II 或 Level III 资格证书后,方可独立开展检测工作。

在执行无损检测的过程中,必须对所有关键的操作步骤以及结果予以详尽记录,这些记录应当涵盖检测日期、检测对象的具体描述、所使用的设备与材料、检测参数、检测结果以及评估报告等内容。这些细致入微的记录不仅可对质量控制过程进行有效追踪,同时也是对整个检测活动实施质量保证的关键组成部分。在每次检测工作完成后,均应当针对检测结果展开审核工作,对照标准和规范的要求来评估检测的有效性与准确性,应当适时调整检测流程或参数,以此实现对检测质量的持续优化提升。如表 1 所示。

表 1 无损检测设备常用参数及其标准范围

设备类型	参数	标准范围	标准依据
超声检测设备	频率	0.5~25MHz	ASTM E317
射线检测设备	最大管电压	不超过 450kV	ASTM E94
磁粉检测设备	磁场强度	30~60Oe	ASTM E1444
渗透检测设备	渗透时间	15~30 分钟	STM E165
	显像时间	7~15 分钟	
	清洗时间	5~10 分钟	
	磁粉检测设备的磁化电流	100~600A	

(数据来源:ASTM 国际标准)

Q 评估与提升无损检测技术的质量控制效果

(一)评估无损检测在工程中的效果与影响

无损检测在建筑钢结构工程中的效果评估至关重要,主要涵盖敏感度、检出率与误报率测定等方面,这些评估对技术优化和应用意义非凡。超声检测大厚度钢结构裂纹时,其最小检测限能达 0.5mm 宽,此数据经与参照缺陷对比获取。探头与材料表面耦合效率以及钢中约 0.3dB/mm 的超声波衰减率,对检测深度影响显著。耦合效率低会阻碍超声波传入,而衰减率使能量随深度递减。例如在检测高层钢结构建筑关键部位时,若耦合不佳或深度过大,可能遗漏微小裂纹隐患。所以提升耦合技术与补偿衰减的研究极为关键。

射线照相检测效果取决于图像分辨率与对比度。典型检测中 0.1mm 分辨率可辨微小缺陷,图像对比度受射线能量与曝光时间左右。如检测桥梁钢结构复杂焊缝,调整参数能让裂纹、气孔等缺陷在图像上清晰成像,帮助工程师精准判断缺陷性质与程度,以便及时整改修复,避免安全事故。磁粉检测敏感度与磁场强度(30-60Oe 时对微小裂纹呈现最佳)及磁粉特性紧密相连。磁粉颗粒越小越易被缺陷吸引,形成明显磁痕提升检测准确性。在检测工业厂房钢结构表面时,依据钢材特性调好磁场强度,选用合适磁粉,能高效检测出细微表面裂纹,保障厂房结构稳定。

(二)提升措施与技术研究的优化策略

在提升措施与技术研究的优化策略层面,其中包含技术的硬件升级举措、软件算法的改良手段以及操作流程的优化方案,超声检测设备能够借助引入更高频率的探头以及更为

先进的信号处理软件来实现检测分辨率的提高以及噪声干扰的减少。当下,使用高达 50MHz 的探头已具备现实可行性,这一举措可极大地提升对细小缺陷的检出能力,在射线照相检测方面,采用数字化技术以替代传统的胶片技术已然成为提升图像质量以及处理速度的关键手段。

数字射线设备运用高灵敏度的探测器,能够实时获取图像并即刻开展处理分析工作,诸如实时对比度增强以及缺陷自动识别等功能,这些均属优化检测效果的有效方式。磁粉检测技术的提升侧重磁粉以及激发磁场的优化路径。运用具备特定磁性响应的纳米级磁粉能够提高缺陷检出的灵敏度与特异性,采用脉冲磁化技术替代持续磁化技术,可降低磁场对材料的长期影响效应,同时增强检测工作的灵活性与适用范围。

Q 结束语

无损检测技术在建筑钢结构质量控制中占据核心地位,其重要性不容小觑。于焊接质量监督方面更是重中之重。深入探究渗透、磁粉、射线照相以及超声检测技术后可知,依据工程实际情况合理挑选技术手段,并严格按照规范操作流程执行,能够精准地检测出钢结构中的各类缺陷,大幅提升检测的准确性,有力地减少质量事故的发生频率。科技不断进步,无损检测技术也随之持续发展。未来,无损检测设备在性能、精度上会得到进一步优化,检测流程也将更加科学高效,这一系列的变化都将持续强化检测效果,为建筑钢结构的安全性及可靠性提供更为坚实的保障,确保钢结构在建筑领域长期稳定地发挥关键作用,推动建筑行业的高质量发展。

参考文献

- [1]曾超群.建筑钢结构工程及焊缝无损检测技术应用探究[J].消费导刊,2018(47):20.
- [2]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.
- [3]高慧,唐灿.超声检测技术在建筑钢结构焊缝无损检测中的应用[J].中国建筑金属结构,2021(05):92-93.

作者简介:

何启发(1984—),男,汉族,广东韶关人,本科,工程师,深圳市盐田港建筑工程检测有限公司,研究方向:建筑工程检测。