

钢结构与承压设备无损检测标准差异及适用性研究

刘瑞峰

包头冶金建筑研究院 内蒙古 包头 014010

摘要: 本文聚焦钢结构与承压设备无损检测标准,深入剖析二者在检测方法选择、检测参数要求、质量管理与安全防护等方面的差异。同时,系统研究其在各自领域的适用性及跨领域应用可行性。研究表明,两类标准因结构特点和安全需求不同而存在差异,但部分检测技术在满足条件下可相互借鉴,为合理选择检测标准、保障工程与设备安全提供重要参考。

关键词: 钢结构;承压设备;无损检测;标准差异;适用性

1 钢结构与承压设备无损检测技术概述

1.1 钢结构无损检测技术

钢结构在现代建筑、桥梁等工程领域应用广泛,其质量与安全至关重要。无损检测技术能够在不破坏钢结构的前提下,对其内部缺陷和表面质量进行检测。目前,钢结构常用的无损检测技术包括超声检测、射线检测、磁粉检测和渗透检测。超声检测利用超声波在不同介质中的传播特性,当超声波遇到缺陷时会发生反射、折射等现象,通过接收和分析反射波信号,可确定缺陷的位置、大小和性质。该方法对内部缺陷检测灵敏度高,适用于各种厚度的钢结构检测,且检测成本较低、操作简便,是钢结构内部缺陷检测的主要手段之一。射线检测则是利用X射线或 γ 射线穿透钢结构,根据缺陷部位和正常部位对射线吸收程度的差异,在底片或探测器上形成不同的影像,从而判断缺陷情况。射线检测能直观显示缺陷影像,检测结果准确性高,但检测成本较高,且存在辐射危害,需严格做好防护措施^[1]。磁粉检测适用于铁磁性材料表面和近表面缺陷的检测。通过在钢结构表面施加磁场,使缺陷处产生漏磁场,吸附磁粉形成磁痕,从而显示缺陷位置和形状。该方法操作简单、检测速度快、灵敏度高。渗透检测是利用液体的毛细管作用,将含有染料或荧光物质的渗透液涂覆在钢结构表面,使其渗入缺陷中,然后去除表面多余渗透液,施加显像剂,使缺陷中的渗透液吸附到表面,显示出缺陷痕迹,常用于非多孔性材料表面开口缺陷的检测。

1.2 承压设备无损检测技术

承压设备如锅炉、压力容器、压力管道等,一旦发生事故会造成严重危害,因此对其进行严格的无损检测十分必要。承压设备常用的无损检测技术除了与钢结构类似的超声检测、射线检测、磁粉检测和渗透检测外,还有涡流检测等。超声检测在承压设备检测中同样发挥

着重要作用,尤其是对于厚壁承压设备的内部缺陷检测。其通过调整超声探头的频率、角度等参数,可有效检测不同类型和位置的缺陷。射线检测在承压设备检测中,常用于检测对接焊缝等关键部位的内部缺陷,能够准确判断缺陷的尺寸、形状和分布情况,为承压设备的质量评估提供可靠依据。磁粉检测和渗透检测在承压设备表面和近表面缺陷检测中应用广泛。磁粉检测可快速检测出铁磁性材料承压设备表面和近表面的裂纹等缺陷;渗透检测则对非铁磁性材料承压设备表面开口缺陷检测效果显著。涡流检测是利用电磁感应原理,当载有交变电流的检测线圈靠近被检承压设备时,会在其表面产生涡流,若存在缺陷,涡流的大小和分布会发生变化,通过检测这种变化来发现缺陷。该方法适用于导电材料表面和近表面缺陷的快速检测,尤其在管材、板材检测中应用较多。

2 钢结构与承压设备无损检测标准体系

2.1 钢结构无损检测标准体系

钢结构无损检测标准体系是确保钢结构工程质量的重要支撑,我国在该领域已构建了相对全面的标准框架,主要包括国家层面的标准、行业规范以及地方性的实施细则。在国家标准的范畴内,存在一系列针对钢结构焊缝无损检测的指导性文件,这些文件详细描述了超声检测的技术规程、检测级别的划分标准以及缺陷评估的方法,为钢结构超声检测工作提供了统一且权威的技术指导。同时,还有关于金属材料焊接接头射线检测的国家标准,这些标准对射线检测的操作方法、工艺流程以及质量检测分级进行了详细的要求。为射线检测技术的应用提供了有力的支撑。针对建筑钢结构的焊接技术,还有专门的行业标准对焊接工艺进行了详细规定,并对焊接质量的无损检测提出了明确要求。这些要求涉及检测方法的选择、检测范围及比例等多个方面,为建

筑钢结构焊接质量的全面把控提供了有力保障。另外,考虑到地域差异和实际需求,各地还根据自身情况制定了适用于本地的钢结构无损检测地方标准。这些地方标准在遵循国家标准和行业规范的基础上,进一步细化了检测要求,补充了特定情境下的检测规范,旨在更好地服务于当地钢结构工程项目的实际需求。

2.2 承压设备无损检测标准体系

承压设备无损检测标准体系的建立,对于保障承压设备的安全运行至关重要。我国承压设备无损检测标准体系涵盖多个方面,包括基础标准、方法标准和产品标准等。基础标准如NB/T47013系列标准(承压设备无损检测),是我国承压设备无损检测的核心标准,该系列标准包含了超声检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测等多种检测方法的技术规范,对检测设备、检测人员、检测工艺以及检测结果评定等都作出了详细规定。方法标准进一步细化了各种无损检测方法的操作流程和技术要求,例如NB/T47013.3-2023《承压设备无损检测第3部分:超声检测》,对承压设备超声检测的探头选择、检测面制备、检测灵敏度调整以及缺陷评定等进行全面而细致的规定。产品标准则针对不同类型的承压设备,如锅炉、压力容器、压力管道等,规定了相应的无损检测要求,确保各类承压设备在制造、安装和使用过程中的质量和安全^[2]。

3 钢结构与承压设备无损检测标准的差异分析

3.1 检测方法选择差异

在钢结构和承压设备无损检测中,虽然常用的检测方法有相似之处,但在实际应用中,检测方法的选择存在一定差异。由于钢结构主要应用于建筑、桥梁等工程,其结构形式多样,构件尺寸较大。对于内部缺陷检测,超声检测因其操作简便、成本低且对大厚度构件检测效果较好,成为首选方法;射线检测则多用于对检测结果准确性要求极高的关键部位。在表面和近表面缺陷检测方面,磁粉检测对于铁磁性钢结构应用广泛,渗透检测则适用于非铁磁性材料钢结构的表面开口缺陷检测。承压设备由于涉及高温、高压、易燃易爆等介质,对安全性要求极高。对于内部缺陷检测,射线检测常用于检测对接焊缝等重要部位,以获得准确的缺陷影像;超声检测则在厚壁承压设备检测中发挥重要作用,可检测内部各种类型的缺陷。在表面和近表面缺陷检测中,磁粉检测和渗透检测同样应用较多,但在一些特殊情况下,如对导电材料表面快速检测时,涡流检测也会被采用。

3.2 检测参数要求差异

钢结构和承压设备无损检测在检测参数要求上也存

在不同。以超声检测为例,钢结构超声检测中,对于探头频率的选择,一般根据钢结构的材质、厚度和缺陷类型等因素确定,通常在0.5-10MHz范围内。而在承压设备超声检测中,由于对检测精度要求更高,探头频率的选择更为严格,对于一些薄壁承压设备,可能会选择较高频率的探头以提高检测灵敏度;对于厚壁承压设备,则需综合考虑穿透能力和灵敏度,选择合适的探头频率。在检测灵敏度方面,钢结构无损检测根据不同的检测等级和构件要求,设置相应的检测灵敏度;承压设备无损检测的检测灵敏度要求普遍更高,以确保能够检测出微小缺陷,保障承压设备的安全运行。在检测面制备、检测距离等参数要求上,两者也存在一定差异,这些差异都是基于钢结构和承压设备不同的结构特点和质量安全要求而设定的^[3]。

3.3 质量管理与安全防护要求差异

钢结构和承压设备无损检测在质量管理与安全防护方面的要求也有所不同。在质量管理方面,钢结构工程由于规模较大,涉及的检测项目较多,其质量管理侧重于检测过程的规范性和检测结果的准确性,通过建立质量保证体系,对检测人员资质、检测设备校准、检测工艺等进行严格管理。而承压设备无损检测的质量管理要求更为严格,除了对检测过程进行严格把控外,还需要对检测结果进行追溯和存档,确保检测结果的可查性和可靠性,以保障承压设备的全生命周期安全。在安全防护方面,钢结构无损检测中,射线检测存在辐射危害,需采取相应的防护措施,如设置防护屏蔽、控制辐射剂量等。承压设备无损检测除了要防范射线检测的辐射危害外,还需考虑承压设备内介质的特殊性,如在对盛装易燃易爆、有毒有害介质的承压设备进行检测时,要采取严格的安全防护措施,防止发生泄漏、爆炸等事故,保障检测人员和周围环境的安全。

4 钢结构与承压设备无损检测标准的适用性研究

4.1 钢结构领域的适用性

我国现行的钢结构无损检测标准体系凭借多层次、多维度的规范架构,在钢结构领域展现出显著的适用性。从国家标准层面来看,GB/T11345-2023《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》等核心标准,以严谨的技术参数设定与科学的评定流程,为钢结构内部缺陷检测筑牢技术根基。例如在某超高层钢结构建筑项目中,依据该标准采用超声检测技术,成功检测出隐蔽焊缝中毫米级的裂纹缺陷,避免了重大安全隐患。行业标准如JG/T203-2007《钢结构超声波探伤及质量分级法》,结合建筑工程实际需求,细化检测比例与抽样规

则,保障检测工作的规范性与代表性。地方标准则进一步彰显因地制宜的优势,以北京、上海等建筑产业发达地区为例,其制定的地方标准针对区域内频发的钢结构腐蚀、疲劳损伤等问题,增加了特殊环境下的检测指标与方法,使标准体系更贴合实际工程需求。然而,随着智能建造、3D打印钢结构等新兴技术的崛起,传统标准在检测智能化、新材料兼容性等方面逐渐暴露出不足。如新型高强度钢材的声阻抗特性与常规钢材存在差异,导致超声检测信号识别困难;复杂曲面钢结构的射线检测角度覆盖难题,都亟待标准体系的更新完善,以适应钢结构领域不断革新的技术趋势。

4.2 承压设备领域的适用性

承压设备无损检测标准体系依托NB/T47013系列标准等核心规范,构建起覆盖全生命周期的质量保障体系。在制造环节,NB/T47013.3-2023《承压设备无损检测第3部分:超声检测》对厚壁容器的超声检测工艺进行了精细化规定,通过限定探头K值、扫查灵敏度等参数,确保能精准检出内部未熔合、夹渣等危险缺陷。某石化企业在建造高压反应釜时,严格遵循该标准,成功发现设备筒节环焊缝中的层状撕裂缺陷,避免了潜在的爆炸风险。在安装与定期检验阶段,标准对检测时机、检测范围的明确界定,保障设备运行的安全性与可靠性。随着能源行业向深海、深空等极端环境拓展,承压设备呈现出高温高压、低温深冷、大型薄壁等新特征,对无损检测提出更高要求。例如,深海油气开采装备需承受千米级水压,其复合材料外壳的无损检测尚无成熟标准;新型核电压力容器的中子辐照环境,导致常规检测设备性能衰减。技术上的诸多挑战迫使标准体系加快创新的步伐,这不仅要求在检测方法上采纳相控阵超声、脉冲涡流等前沿技术,还强调在标准制定的过程中需深度融合多学科知识,以期构建一个能够应对极端工况的检测与评价综合体系。

4.3 跨领域应用的可行性分析

钢结构与承压设备无损检测技术的跨领域应用,既存在技术共性的天然优势,也面临行业特性的重重挑战。从技术原理角度,超声检测的波动理论、磁粉检测

的漏磁效应在两大领域具有通用性,为标准互鉴提供了理论基础。实际工程中,某桥梁钢结构检测团队借鉴承压设备的相控阵超声检测技术,成功解决了复杂节点区域的检测盲区问题,检测效率提升40%以上。然而行业差异导致的应用边界不容忽视:钢结构多处于开放环境,对检测速度与经济性要求较高;承压设备运行于密闭、高危环境,更强调检测精度与数据可追溯性^[4]。跨领域应用需建立严格的适应性改造机制。将钢结构标准应用于承压设备时,需参照ASME等国际规范,对检测灵敏度进行3-5dB的提升,并补充缺陷生长率评估模型;反之,承压设备的涡流检测标准应用于钢结构时,需简化高温补偿算法,增加环境干扰抑制措施。另外,人员培训体系的完善至关重要,通过开发“双领域”认证课程,结合虚拟仿真检测平台,帮助技术人员掌握不同领域的检测要点。未来,随着数字孪生、人工智能等技术的发展,构建跨领域的智能检测标准体系,将成为推动无损检测技术协同创新的关键方向。

结束语

综上所述,钢结构与承压设备无损检测标准在多方面存在差异,且在各自领域发挥着关键作用。明确这些差异与适用性,有助于精准选择检测标准,确保检测结果准确可靠。随着相关技术不断发展,两类标准需持续优化完善,以适应新的工程与设备需求。未来,还应进一步探索跨领域应用的优化路径,推动无损检测技术在不同领域的高效应用。

参考文献

- [1]黄永亮.超危大钢结构桥梁施工工艺及焊接质量控制——以西湖大学建设工程三期为例[J].建筑施工,2023,45(09):1858-1861.
- [2]汪海涛.无损检测技术在承压类特种设备检验中的运用分析[J].化工管理,2020(21):175-176.
- [3]吴胤,王汉武.对建设工程钢结构焊缝第三方超声检测比例的理解[J].中国建筑金属结构,2021,(07):56-57+73.
- [4]海涛.无损检测技术在承压类特种设备检验中的运用分析[J].化工管理,2020(21):175-176.