

# 建筑钢结构焊缝无损检测技术研究

李德周

武汉中和工程技术有限公司 湖北武汉 430080

**摘要:** 建筑钢结构焊缝无损检测技术与超声检测技术进行有效结合,通过设定超声探头参数、设计超声探头电路,提高了检测精度。在识别建筑钢结构缺陷类型的基础上构建出了完整的检测机制,实现对建筑钢结构焊缝的合理检测。有利于对缺陷进行精准定位,识别出不同的缺陷类型,从而提高钢结构的焊接质量。该检测技术操作简便,可在不同环境下对焊缝进行检测,同时检测效率较高,可为修补焊缝争取更多时间。

**关键词:** 建筑钢结构;焊缝检测;无损检测技术

## 引言

目前,建筑工程无损检测技术应用受到关注,相对于传统检测方法,这种新的检测理念不会破坏建筑原始结构,可保障检测效率和质量。有学者认为传统的钻芯检测技术会破坏结构的自重,影响结构的承载力,而应用无损检测技术可以消除这方面的顾虑。有学者认为利用无损检测可降低检测技术应用对结构性能的影响,与此同时检测结果还可以通过图像等表示,检测数据较为直观和精准。有学者认为无损检测技术在建筑施工控制中的重要性也日益提高,使用无损检测技术是确保建筑工程质量的重要条件。有学者认为无损检测技术的应用标准高,为达到理想检测目标,及时找出结构隐患,应提高技术人员的水平,确保其能够胜任检测工作。本文在此基础上,总结了无损检测技术特征和类型等,并提出了合理措施,以供参考。

## 一、无损检测技术及技术特征

### 1. 无损检测技术的内涵

所谓无损检测,就是可以保障被检测对象不会发生损坏的前提下,利用材料内部结构异常性能诱发的热、声、光、电等系列反应,以物理或化学方法,对试件内部及表面实施缺陷诊断的方法。检测过程中,尽管和检测项目发生接触,也不会形成巨大的冲击,更不会破坏结构的受力平衡。目前,建筑工程建设质量要求严格,建筑工程检测技术应用频繁<sup>[1]</sup>。传统的检测技术会破坏建筑结构,埋下技术隐患。在此背景下,无损检测受到推广,无损检测是借助超声波以及红外线等完成检测,达到结构无损的效果,在不损害结构基础的前提下,及

时发现结构问题。在建筑工程领域,无损检测技术针对的对象主要是钢结构和混凝土结构的内部检测。现实施工中,无损检测技术凭借其技术优势得到了广泛使用。为达到理想的检测效果,需结合实际需求和建筑结构特征,灵活选择无损检测技术,提高技术应用质量。

### 2. 无损检测技术的特征

无损检测技术的特征可总结为以下几点:(1)无损性。无损检测技术应用具有一定的穿透功能,可在技术保障下实现目标内部的精准检测。建筑结构检测中,这种检测理念的优势突出,实际应用效果显著<sup>[2]</sup>。(2)高效性。因为无损检测技术具有无损性,所以无需花费大量时间进行破坏性检测作业,设备安装操作简便。为实现无损检测,要先进行采集和接受设备的安装,借此收集结构内部的信息,在信息技术的保障下,确保无损检测数据的可靠性。在检测中,可协助相关的设备查看检测信息,判断结构损伤程度,为后期施工方案的优化提供合理借鉴。

## 二、建筑钢结构焊缝无损检测技术的应用问题

### 1. 缺欠和显示

无损检测大都采用声、光、电、磁等物理学方法实施检测,所形成的通常为显示,这些显示并非缺陷,而是缺陷在这些物理学方法实施后所表现出的信号/影像,GB/T20737-2006对其的定义为“不连续的信号或表现,其形式随所用的NDT方法而变化”。应用ISO23278等焊缝无损检测验收标准是否会出现和设计要求不对等的情况?对于这个问题,ISO17635给出了解释“焊缝无损检测验收等级不能直接解释为在ISO5817中定义的质量等级”。例如,对某碳钢焊缝进行磁粉检测,其性能等级

为CPB, 缺欠质量分级对应ISO5817的B级。磁粉检测验收等级对应ISO23278的2X级。ISO5817的B级不允许存在诸如裂纹、未熔合、未焊透等缺欠, 而ISO23278的2X可以允许长度不大于1.5mm的线性显示。通常, 裂纹、未熔合、未焊透的磁痕显示为线性。这是否意味着磁粉检测的验收要求较或ISO5817焊缝缺欠要求放宽了? 这会不会影响焊缝的整体质量? 这是设计人员、焊接工艺人员和无损检测人员争论最频繁的问题, 难以统一看法。该问题有两个切入点: (1) 无损检测方法相对于肉眼目视观察的差异性; (2) 验收依据的对象是缺欠自身还是缺欠的表征。通常, 人的视觉极限很难达到微米级, 因此微米级宽度的缺欠很难被识别。然而, 缺欠经磁化后可以产生较大范围的漏磁场, 进一步吸附磁性颗粒后可形成较大的磁痕显示区域, 无法识别的缺欠随即变为宽度较大、容易识别的磁痕显示。可见, 应用磁粉检测方法可以发现很多目视检测无法识别的小缺欠。同时, 磁粉检测亦能覆盖一定的深度范围, 检出一些位于近表面的缺欠, 这类缺欠目视检测也无法检出。因此, 相对于目视检测, 磁粉检测可以检出更多的缺欠, 从而在初始检测中获得突出的效果<sup>[3]</sup>。虽然线性显示通常为危害性缺欠产生的(平面状态下为线性的缺欠, 在三维空间状态下通常表现为平面型缺欠, 平面型缺欠更易定向扩展和导致失效), 但由于磁粉检测的缺欠检出率明显高于目视检测, 且1.5mm的显示长度相对较短, 综合地看, 可以认为这种情况下的磁痕显示验收要求不比ISO5817的B级要求宽松。

## 2. 检测频次及检测比例

EN15085规定了检验规则: 对于焊缝性能等级是CPB2或CPC1的焊缝, 如果不能进行内部检测(由于非全熔透、厚度极限或可达性等原因), 需要进行100%表面检测。如果连续5个部件验收合格, 表面检测的比例可降至25%。这条规则的设计由来是, 在各种因素均为客观的条件下, 批次全检和部分抽检可以监控焊接工艺的可靠性和焊工焊接过程的稳定性<sup>[4]</sup>。因此, 在执行该条规定时, 无损检测人员应如实反映检测情况, 即: (1) 连续5个部件均验收合格方可执行后续抽检; (2) 抽检前并不事先明确待检焊缝, 而是随机抽选; (3) 抽检发现不合格焊缝随即调整抽检为全检, 如此循环。然而, 受到产能压力、检测任务较重、焊工焊接状态等各种因素影响, 检测客观性和真实性不一定能够保证, 容易导致产品质量出现较大隐患。而检测客观性和真实性

难以评价, 缺陷去除、焊修等操作难以还原, 对标准执行的有效性有很大影响。对于这种情况, 无损检测监督人员应当介入批次全检、抽检的全过程, 且无损检测监督应独立于生产单位(如车间)外, 保证其监督的可靠性。

## 三、建筑钢结构焊缝无损检测技术的应用

### 1. 检测探头参数设定及耦合剂选取

由于建筑钢结构缺陷波形的主要特点为波形稳定且浮动变化较低, 所以将检测探头的频率调低更利于检测出不同的建筑钢结构缺陷波形, 频率范围在3 ~ 6MHz, 对于波形较高且变化浮动较大的焊缝缺陷, 在检测时可以将超声检测探头的频率适当调高<sup>[5]</sup>。在对建筑钢结构焊缝进行超声检测时, 探头与焊缝平面的角度应保持在45° ~ 75°, 每次检测出一个缺陷波形后需重新调整角度, 使其能够对建筑钢结构焊缝的波形进行精准检测。在使用2个检测探头对同一个焊缝进行检测时, 除了需要注意单个探头与焊缝平面的角度以外, 还应注意2个探头之间的角度, 角度之差最好在20°以上。超声检测探头的晶片尺寸一般与探头频率和工作声程有关, 薄板和中厚板超声检测的探头晶片尺寸一般选取25 ~ 112mm<sup>2</sup>, 对于厚板的检测, 探头晶片尺寸也需相应扩大, 一般选取112 ~ 440mm<sup>2</sup>。

### 2. 超声检测探头发射电路设计

通常情况下, 为了使检测声波穿透建筑钢结构焊缝, 不仅对传输功率的要求较高, 对声功率的要求也较高。而声功率的大小与电功率的具体值有关, 在电容量与放电时间不变的情况下, 只能通过提高放电电压值来提高电功率。但是, 放电电压的范围是有限的, 如果超过额定限度会对压电晶片造成影响, 缩短压电晶片的寿命, 不利于检测工作进行。综合判定后, 将超声放电电压设为400V, 在此基础上对超声探伤仪的发射电路进行设计<sup>[6]</sup>。为了传输大瞬时功率、减少输出阻抗, 本次发射电路选用MOSFET电路作为探伤仪的主要电路, 超声探头的内部电路是由光耦隔离驱动实现信号发射功能。电容器通过电阻Rd放电, Rd两侧会产生高压, 促进脉冲信号发射, 以此穿透建筑钢结构焊缝的内部, 捕捉内部缺陷信号。通过检测仪内部的电路相互转换, 展示缺陷信号和底波信号。根据超声波的反射次序将缺陷信号和底波信号分开。通过标准试块定标可实现缺陷的定位和定量检测, 缺陷内含物的电阻抗对缺陷回波高度具有影响<sup>[7]</sup>。白点、气孔等内含气体, 声阻抗小、反射回波高。非金属或金属夹渣声阻抗较大, 反射回波低。

另外，不同类型缺陷反射波的形状也有一定的差别。

### 3. 建筑钢结构缺陷波形识别

由于建筑钢结构中的焊缝在形状上存在差异，当检测仪从各个方向对钢结构焊缝进行探测时，其反射的波形也会有所不同，若对建筑钢结构的焊缝进行无损检测，需先识别出建筑钢结构焊缝的波形，将波形数据作为检测时的主要支撑数据，对焊缝类型进行判定。建筑钢结构的焊缝主要包括气孔缺陷、夹渣缺陷、未熔合缺陷、未焊透缺陷、内凹缺陷、焊瘤缺陷、裂纹缺陷等，具体缺陷波形识别步骤如下。对气孔缺陷波形的特点是波形较为稳定<sup>[8]</sup>。在缺陷处使用检测探头进行定点移动，若波形循环起伏，且回波波幅较低，说明是气孔缺陷。夹渣缺陷与气孔缺陷类似，波幅均较低且波形稳定，区别在于夹渣缺陷的波形一般为规律的锯齿状，而气孔缺陷的波形一般为有弧度的波浪状。将探头对准焊缝缺陷，从左到右平移进行探测，如果此刻焊缝的波形出现变动，且每个波峰的左右两侧均存在2~3个小型波峰，说明此刻探测的焊缝缺陷为夹渣缺陷。未熔合缺陷的波形多变，将检测探头分别置于焊缝缺陷的两端，如果检测探头两端检测到的波形存在不同或某一侧无法检测出波形说明此刻探测的焊缝缺陷为未熔合缺陷<sup>[9]</sup>。未焊透缺陷的波形特点不同于前面几个波形，其波形的走势较抖，并且回波较高，缺陷两侧的波形呈现对称的特点。利用探头对未焊透缺陷进行探测时，两侧的反射波幅基本一致，并且波峰与波谷的对应频率始终保持一致。内凹缺陷的波形特点为波谷呈现规律性且波峰无规律性变化。

### 4. 超声检测机制

先测量焊缝区域熔深的最大深度，在深度范围内对焊缝进行无损检测。对于不同的焊缝类型，可以采用直射波测试法或反射波测试法测量出熔深的最大值。在确定了检测最大值后，需对检测面进行划分<sup>[10]</sup>。先根据划分的探伤面对焊缝进行初步扫查。将检测探头放置在焊缝的一端，垂直于焊缝裂开方向进行循环扫查，扫查宽度要在1.75p（p为全跨距）以内，以保证声束可以穿透所有检测区域。在扫查时应保持较慢的速度，同时探头宽度的重叠率应保持在5%~15%。如果出现高于额定值的回波信号，需进行记录，为后续的精扫查提供基础。焊缝的方向不同其扫查的方向也有所不同，对于横

向焊缝，最好平行于焊缝平面进行扫查；对于纵向焊缝，可按照锯齿形的方向进行扫查。将该机制与上文提到的检测探头参数设定及耦合剂选取、超声探头电路设计以及焊缝缺陷判定进行结合，至此，建筑钢结构焊缝无损检测技术设计完成。

### 结束语

总之，超声检测通过超声探头发射反射波，对焊缝内部进行检测，根据反射信号的波长判断焊缝开裂的程度，在检测方式上摆脱了检测环境的限制，可以在任意环境下对焊缝进行检测，检测精度也高于常规的检测手段。由于声波在不同介质中传播的速度都较快，因此超声检测的检测效率与检测速度具有较大优势，能满足焊缝的无损检测需求。

### 参考文献

- [1] 马文博. 建筑钢结构工程焊缝无损检测技术研究[J]. 房地产世界, 2022, (14): 97-99.
- [2] 孙勇. 桥梁钢结构工程及焊缝无损检测技术研究[J]. 运输经理世界, 2022, (20): 80-82.
- [3] 武建鹏. 钢结构工程焊缝无损检测技术应用探讨[J]. 科技与创新, 2022, (12): 29-31+34.
- [4] 常云山. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用[J]. 建材发展导向, 2022, 20(12): 94-96.
- [5] 骆登万. 无损检测在建筑结构工程质量检测中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022, (06): 32-34.
- [6] 陈薇, 蒋科, 张振忠, 王黎. 无损检测方法在钢结构工程焊缝中的应用[J]. 中国金属通报, 2022, (06): 84-86.
- [7] 陈再文. 钢结构焊缝无损检测方法的应用[J]. 冶金与材料, 2022, 14(01): 179-180.
- [8] 顾国威. 土木工程中无损检测技术的应用策略[J]. 散装水泥, 2022, (01): 166-168.
- [9] 李海娥, 张宝川. 无损检测技术在钢结构焊接接头质检中的应用[J]. 四川水泥, 2022, (02): 198-199+202.
- [10] 何建煌. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用[J]. 房地产世界, 2022, (03): 131-133.