

水工钢闸门焊缝超声波无损检测要点

刘 涛,何启莲,江显群,黄 立

(水利部珠江水利委员会珠江水利科学研究院,广东 广州 510611)

摘要:结合检测经历,从准备工作、检测方法和缺陷分析 3 个方面对水工钢闸门焊缝超声波无损检测的要点进行总结和归纳,可供广大检测人员参考。

关键词:水工钢闸门;超声波;无损检测;焊缝

中图分类号:TV698.1⁺5 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2012)S2-0104-03

水工钢闸门是水闸、船闸、水库、水电站等水利工程的重要钢制活动结构物,闸门形式虽多种多样,但归根到底均是以优质钢板作为基材,采用焊接手段制作而成^[1],因此,焊接质量决定了钢闸门的整体加工质量。焊缝检测是判断钢闸门质量的重要手段,也是水工建筑物质量考核的重要组成部分,最主要的焊缝内部结构检测方法就是无损检测。

现在常用的无损检测方法有:超声波检测、射线检测、磁粉检测、着色检测、涡流检测和声发射等,其中超声波检测法在水工钢闸门无损检测中占相当重要地位。超声波检测利用材料本身和内部缺陷的不同声学性质对超声波传播的影响,非破坏性地探测材料内部和表面的缺陷(如裂纹、气孔、夹渣、未焊透、漏焊、挂滴焊瘤等)的大小、形状和分布状况,其优点是灵敏度高、指向性好、穿透力强、检验速度快、成本低、设备简单轻便和对人体健康无害等;但是它对操作人员经验技术要求高,难以检测形状不规则或较薄的工件,对发现的缺陷作十分准确的定量、定性表征仍很困难。

水工钢闸门焊缝的无损检测在其制造及在役运行环节均可进行,超声波无损检测方法因其优点显著而成为首选。根据参与的粤、桂两地多座水闸、水电站大坝钢闸门焊缝的制造检测及在役安全鉴定检测工作的现场经验,笔者从准备工作、检测方法和缺陷分析 3 个方面对钢闸门焊缝超声波无损检测要点做简要小结。

1 准备工作

钢闸门焊缝检测前的各项准备工作能占到检测

总工作量的 60% 以上,是检测必不可少的环节。检测准备工作需要注意的事项点多且杂,不仅要完成无损检测通用准备事项,还需针对钢闸门焊缝的具体特点做一些特殊的准备,因此务必结合实际情况,做好每一个细节,为现场检测的顺利进行打好坚实基础。

1.1 标准选用

水利、水电行业标准和国家通用标准,虽然大同小异,但是在某些具体的技术要求上仍然会有一些区别,因此要特别注意。一般来说,有行业标准的,优先选用行业标准,无行业标准的,则选择国家标准。选用标准前应该清楚检测对象所属行业,并优先选用此行业对应的标准。

因此,首先要了解图纸或者标准对钢闸门焊接质量的要求,清楚是按照什么标准进行检测和质量验收。确定了适用的验收规程,针对此验收规范有对应的检测规范,据此可确定适用的检测标准及验收等级。选择标准时务必将验收规范和检测规范对应,避免错用。例如在 GB/T14173—2008《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》的 4.4.9 条中提到“超声波检测按 GB11345 进行,检验等级为 B 级,一类焊缝 I 级为合格,二类焊缝 II 级为合格”。因此,以 GB/T14173 作为验收标准的钢闸门,务必使用 GB11345 作为其超声波检测标准。

验收规范对检测方式、检测比例等也做了相应规定,除合同文件和图样上有特殊规定外,均应按其执行。对于一些特殊材料、水头较高或结构特别复杂的闸门,应加大检测比例。实际工程中,有时会遇到闸门管理方出于经济或其他方面的考虑,而造成检测比例达不到最低要求的情况,检测人员应依据规范向其提出建议,尽量做到按规范规定比例检测。

1.2 资料收集及现场查勘

基础资料的收集和现场查勘可以帮助检测人员全面了解待检对象情况,为开展检测工作做好技术准备,是检测前必不可少的一个环节。基础资料包括钢闸门的水头、尺寸、结构形式、材质、焊接方法、坡口形式、焊缝宽度、焊缝厚度、检测总长度及焊缝位置等内容。

- 现场查勘需确认的事项包括以下几个方面:
- a. 检测环境如何,是否具备检测条件,需准备何种安全用具,或采取何种安全措施。
 - b. 检测工作量的大小,大致估计检测所需时间,需配合的人员数量,是否需要外接电源。
 - c. 所有待检焊缝能否全部检测,若有被水淹没或受结构限制等无法检测的情况,应采取何种措施弥补。
 - d. 焊缝表面状况如何,有否漆层,需要打磨还是带涂层检测。

1.3 仪器选用及调试

常规的超声波检测仪器分为数字式和模拟式,目前广泛使用的均为数字式检测仪,它相对于传统模拟式仪器具有检测速度快、检测精度高、结果可记录、牢靠性高、可重复性好、便携性好等优点。

根据具体检测对象,确定检测仪后,需校准检测仪器的各项性能,查看灵敏度余量、垂直线性、水平线性、分辨力等参数是否满足检测要求。不同的仪器在检测前需要根据检测对象情况制作检测曲线,通常称为 DAC 曲线。需要选用合适的试块进行仪器调节和 DAC 曲线绘制。其中标准试块用于调节仪器的各项参数;对比试块用于绘制曲线并确定检测灵敏度和耦合补偿等参数,有时还需使用和被检测对象材质及表面状况相近的自制对比试块。根据不同的标准、检测不同部件所使用的试块不同,要依据具体情况及检测标准确定。

与仪器配套的是探头,对探头参数的选择合适与否,直接影响缺陷检测结果的准确性,选择探头参数不当,严重的情况甚至会发生漏检。探头参数包括入射声束方向、前沿距离、尺寸、探头材质、K 值(折射角)、频率、波形等。对于不同的工件,配合检测面和检测方法的选择,每个参数均应单独确定。GB11345—89《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》推荐了针对斜探头的检测面和折射角选择,可参见该标准中的图 5 和表 2。

2 检测方法

2.1 检测区域

做好检测前的各项准备工作后,方可以进行现

场检测。检测时,一般采用探头直接接触工件的方法,采用此方法应将探头移动区域的焊接飞溅、铁屑、油垢及其他外部杂质清除掉,使检测表面光滑平整,便于探头的自由移动扫查,表面粗糙度一般不能大于 $6.3\text{ }\mu\text{m}$,必要时应进行打磨。根据现场情况要求,有时必须带涂层检测,这就需要做带涂层试件的对比试验,绘制检测 DAC 曲线,确定各项检测基准,才能对缺陷做出准确的判断。根据超声波在工件中的反射次数,检测可分为直射法和反射法,其探头移动区域应符合规程相关要求。

若采取直射法和一次反射法混合检测,则必须保证在探头移动区域内,两种方法的检测区域能够完整覆盖焊缝的整个厚度,不能有遗漏,这就需在探头选用时根据规程提前做好计算,选取合适大小和 K 值的探头。对于 T 型焊接接头,通常选用不同形式的探头检测,如图 1 所示,在翼缘板外侧(位置 1)采用直探头探测腹板和翼缘板间未焊透和翼缘板侧焊缝下层裂纹等缺陷;在腹板上(位置 2)利用直射、反射法探测未焊透、未熔合等缺陷;在翼缘板外侧或内侧(位置 3)探测,在内侧采用反射法,外侧采用直射法探测^[2]。综合选择多个方式和区域,以提高缺陷检出率。

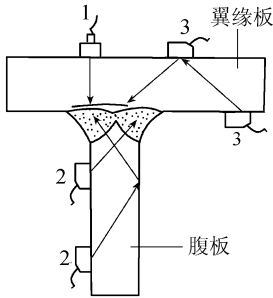


图 1 T 型焊缝检测

2.2 焊缝选定

根据钢闸门焊缝的重要程度,选定检测焊缝。一般只需选定一、二类焊缝中的一部分比例进行检测,其中一类焊缝的要求最严格,检测时应格外注意。按照规程要求,一类焊缝的检测比例在 50% 以上,且不允许出现未焊透的缺陷;而对于二类焊缝来说,其重要程度相对较轻,检测比例一般要求为 30% 以上。

笔者建议在检测焊缝选取时,尽量全面覆盖各种类型的焊缝,选取有代表性的区域检测。例如弧形闸门检测,面板、主梁、边梁的腹板和翼缘板对接焊缝和相互间的组合焊缝较多,可尽量覆盖整个闸门,多段均布检测;对于支臂的腹板和翼缘板对接焊缝,其量少,重要性高,可以全部检测。

2.3 扫查方式

超声波检测时,检测人员需要操纵探头在检测区域移动,操作探头移动的手法即为扫查方式,扫查

方式的正确运用,对于焊接缺陷检出有重要作用。钢闸门焊缝缺陷多为纵向缺陷,即平行于焊缝方向的缺陷,扫查时多采用锯齿形扫查。一般来说,扫查速度不得大于 150 mm/s,且两次探头移动间隔应保证至少有探头宽度 10% 的重叠,如图 2 所示。

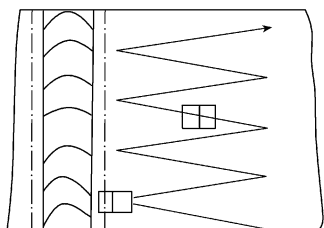


图2 锯齿形扫查

对于某些横向缺陷的检测,可辅助采用平行和斜平行扫查方式,分别如图 3 和图 4 所示。

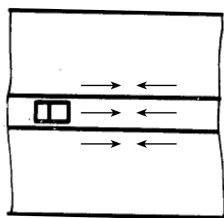


图3 平行扫查

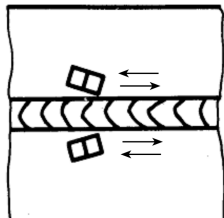


图4 斜平行扫查

3 缺陷分析

3.1 缺陷产生原因及回波特征

钢闸门中的焊缝内部缺陷一般来说有气孔、夹渣、未焊透、未熔合、裂纹等,在使用仪器检测时,根据其所在位置和波形进行判断,对于各种内部缺陷产生的原因及其性质的估判大体有以下几点^[3]:

a. 气孔。①产生原因:焊材未烘干或表面未清理干净,焊接产生的气体来不及逸出而留在焊缝内部形成空穴。②回波特征:单个气孔回波高度低,波形为单峰,较稳定,从各个方向探测反射波大体相同,但稍一动探头就消失,密集气孔会出现一簇反射波,波高随气孔大小而不同,当探头作定点转动时,会出现此起彼落的现象。

b. 夹渣。①产生原因:焊缝清理不干净,焊接电流过小,速度过快,熔渣来不及浮出而留在焊缝内部。②回波特征:点状夹渣回波信号与点状气孔相似,条状夹渣回波信号多呈锯齿,波幅不高,波形多呈树枝状,主峰边上有小峰,探头平移波幅有变动,从各个方向探测时反射波幅不相同。

c. 未焊透。①产生原因:坡口钝边间隙小,焊条角度运用不当,运条速度过快等,造成母材与母材未完全熔透。②回波特征:反射率高,波幅也较高,探头平移时,波形较稳定,在焊缝两侧检测时均能得到大致相同的反射波幅。

d. 未熔合。①产生原因:坡口不干净、运条过快、电流过小等原因,造成焊道与母材或焊道与焊道之间未完全熔化结合。②回波特征:探头平移时,波形较稳定,两侧探测时,反射波幅不同,有时只能从一侧探到。

e. 裂纹。①产生原因:焊接工艺不当,焊材含氢量过高,焊接刚性过大,产生集中应力,造成焊缝或母材裂开。②回波特征:回波高度较大,波幅宽,会出现多峰,探头平移时反射波连续出现,波幅有变动,探头转时,波峰有上下错动现象。

具体探测时,应根据焊接工艺、焊缝位置、缺陷位置、回波特征等情况做综合判断。对焊接缺陷的判断是检测人员技术水平高低的重要体现,需要在实际工作中不断的积累,并参考前人经验,理论与实践结合进行。

3.2 缺陷记录和返修

检测时要做好缺陷的位置、深度、回波大小及性质等内容的记录。对于超标的缺陷,在焊缝的相应位置做好标记,联系相关人员及时返修。遇有重大的缺陷,还应及时联系闸门管理部门,说明严重程度及需采取的应急措施。探测时根据回波波形判断各种缺陷类型,需要检测人员靠技术水平、经验来区分辨别伪缺陷或端角反射。对于需要返修的缺陷,应该验证后再提交,避免检测失误带来额外的工作量,造成不必要的浪费。对于闸门面板的 T 型焊缝来说,规程允许存在不大于 4 mm 且不大于 25% 板厚的未焊透,有时发现二类焊缝的未焊透,只要在标准允许范围,也不必返修,只需做好相应的检测记录即可。

4 结 语

焊缝的质量是闸门制作质量优劣的一个决定性因素,最终影响闸门的运行和使用寿命。超声波检测作为应用最多的钢闸门焊缝无损检测技术,因其原理复杂,对技术水平、现场实际经验要求高,因此,检测中的重、难点较多。笔者仅就自己的检测工程实际经验,归纳总结其中要点,希望能对焊缝的超声波检测起到些许促进作用。

参考文献:

- [1] 刘礼华,欧珠光,陈五一. 水工钢闸门检测理论与实践[M]. 武汉:武汉大学出版社,2008.
- [2] 姚亮. 水工钢闸门 T 型焊缝超声波探伤方法和结果评定标准[J]. 治淮,1999(4):19-21.
- [3] 吴伟. 超声波探伤在钢闸门检测上的应用[J]. 科技风,2008(20):199.

(收稿日期:2012-07-10 编辑:熊水斌)