

承压特种设备无损检测中的常见误区分析

陶曙光 姜伟军 黄文聪 范国林

浙江特富滨特热能科技有限公司 浙江 绍兴 312369

摘要: 本文对承压特种设备无损检测中的常见误区进行了深入分析, 主要包括各种无损检测结果的不相符性、局部无损检测对焊接质量的控制、射线检测双壁单影透照的焦距选择、检测环境对检测结果的影响等问题, 并提出了相应的解决措施。这些措施有助于提高检测结果的准确性和可靠性, 为企业的发展和承压设备的安全运行提供有力保障。

关键词: 承压特种设备; 无损检测; 常见误区

1 承压特种设备无损检测概述

承压特种设备(以下简称承压设备), 如锅炉、压力容器和压力管道等, 在工业生产和生活应用中发挥着至关重要的作用。由于其特殊的工作环境和承载压力, 经常面临各种损伤和潜在的安全隐患, 从而引发安全事故。因此, 对承压设备进行无损检测至关重要。无损检测, 也叫做非破坏性检测, 是指在不损害和改变被检测对象的前提下, 利用现代化的科学技术和设备仪器, 对被检测对象进行检测, 以对其内部或表面的缺陷进行判定的一种方法。目前在承压设备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。

2 承压设备无损检测中的常见误区及其影响分析

2.1 误区一: 各种无损检测的结果都是相符合的

承压设备常用的四种无损检测方法, 所依据的物理原理都不一样, 每一种检测方法有它自身的特点与局限性存在。像射线检测(RT)的灵敏度取决于透照厚度差, 所以适合检测有一定厚度差的体积性缺陷, 而当一些与射线束方向垂直或近似垂直的裂纹、未熔合等面积型缺陷, 由于间隙薄, 透照方向上的厚度差很小, 很难在底片上显示出来。比如我们用射线检测母材内部的夹层, 就检不出来。这是射线检测的不足之处。而超声波检测(UT)适于检测母材内部的夹层和焊缝内的裂纹、未熔合等面积型缺陷, 对面积型缺陷的敏感角度正好与RT相反, 当超声波扫描方向与缺陷面垂直时, 就会收到最大的回波, 所以检出率高, 这也是UT检出率与RT能够互补的地方。UT对气孔、夹渣等体积性缺陷, 由于受波束扩散等因素影响, 接收到的回波少, 缺陷检出率低。而承压设备另外的两种检测方法磁粉检测(MT)和渗透检测(PT)主要承担表面检测这一块, MT适于铁磁性材料制造的承压设备表面及近表面缺陷的检测, 在四种检测方法中, MT对表面缺陷特别是表面裂纹的检测灵敏度最高。但由于受材料限制, 不能在不锈钢或有色金属表

面进行检测。而PT却能对钢、不锈钢或其它有色金属制承压设备进行检测, 这也是PT与MT能够互补的地方, 其缺点是不能检测近表面缺陷, 只能检测表面开口型缺陷, 灵敏度不如MT, 鉴于此, 在相关规范里都有铁磁性材料制的承压设备表面检测优先选用MT的规定。以上分析的四种无损检测方法的特点和不足, 也是它们能够并存发展的主要因素。比如上文所述的母材内部的夹层、焊缝内间隙小的层间未熔合, 我们很难用射线检测出来, 但是用超声波却能轻易检出, 这是两种完全不同的结果。

在无损检测的标准上, 一般会规定检测参数范围, 提供可以选择的空间。比如我们在承压设备对接焊缝的超声检测中, 标准推荐的探头K值有选择的范围。在NB/T47013《承压设备无损检测》标准里规定: 当工件壁厚在25~40范围内时, 可供选择的探头K值范围是: K1.5~2.5, 也就是说, 选择1.5至2.5任何一个K值探头检测都是符合标准的。横波探伤时的声压往复透射率与入射角有关, 对于横波斜探头来讲, 不同K值探头的灵敏度是不同的。这会影响到缺陷的定量, 使获得的缺陷当量因为反射角度的不同而存在一定的差异, 特别是当缺陷当量离判废线较近时, 也有可能得到的是相反的检测结果。从这里可以看出, 就算是同一种检测方法, 由于检测参数和检测条件不同, 缺陷的检出率不是确定的, 检测的结果也在变化, 所以我们没有任何理由和依据要求不同检测方法检测的结果都是相符合的。

无损检测是一项多学科组合的工程应用技术, 在实际检测中首先要对设备的结构、材料及焊接知识有所了解, 选择最适合的无损检测方法, 不要想着用一种检测方法去解决所有的事情, 也不要想着用一种检测方法的结论去验证另一种检测方法的结论, 不同检测方法得到的结论从检测原理上来讲是没有可比性的。多数的时候要用两种或者两种以上检测方法相组合的手段, 这样能

得到更多的信息,找到更多的缺陷,取长补短。比如我们在用UT检测小角度坡口的厚壁焊缝时,焊缝中通常有一些沿坡口边缘的未熔合等面状缺陷由于反射角度的原因很难被检出来;但如果选用TOFD技术则能很有效地检出这种缺陷,但TOFD检测技术也有它的不足,在上表面与根部都存在一定的检测盲区,这个时候再用而磁粉、渗透检测焊缝的表面缺陷,是行之有效的检测方法^[1]。

2.2 误区二:局部无损检测的承压设备,只要在局部比例范围内合格了,焊接质量就合格了

承压设备的无损检测要求,根据设备等级及各部件承压情况,在各自的规范和标准中都有规定,检测比例的划分一般是全部检测和局部检测两种。受压部件的局部无损检测部位一般都由制造单位确定,但其中纵缝和环缝相交的焊接接头以及被其它元件覆盖的焊接接头部位必须包括在内,如果这些必检部位的检测比例还没有达到局部检测的比例要求,那就需要在其它位置再抽检一定长度,直至达到规定比例要求。这里的抽检具有很大的随机性,并不是固定哪个部位。这里有一个认识上的误区,比如,压力容器焊接接头的局部检测比例一般是20%(低温容器除外),并不是说20%检测合格后,焊接质量就合格了,这里所说的局部检测,除了必检部位,必须是任意抽取的检测,虽然规范和标准上没有强调“任意抽检”四个字,但其制定的目的,都有其严格的安全考量,通过层层审核,作为执行者,只需按规定的程序按部就班地去执行就行,而不是去钻空子。之前在搞无损检测的时候,也曾经碰到过这样的焊工,他们在处理A、B类焊缝的时候,对所有的T字焊缝等需要检测的部位都做了清根处理,对检测不到的部位则没有清根,随便应付一下,甚至还在焊缝上画好了标记,哪些部位可检,哪些部位不能检,这简直是拿承压产品质量当儿戏。碰到这样的焊工,当然不会惯着他;也有些无损检测人员,缺少职业道德,局部检测的时候专门挑那些特殊照顾过的部位探伤,结果当然是合格的了;也有些检测人员在抽检的时候,明明检出了超标缺陷,但是为了偷懒,不按正常的返修流程走,没有按规定对该段焊缝进行补充检测,反而通知焊工偷偷返修掉,按未返修处理,这样的操作为设备今后的安全运行留下了很大的隐患,必须明令禁止。

在承压设备无损检测中,不管是全部检测还是局部检测的,规范在焊接质量上的要求其实是一致的。引用“大锅规”释义里的一句话:局部无损检测虽然减少了无损检测的工作量,但并不意味着可以降低焊缝质量的要求。局部无损检测是对焊缝的抽查,并不免除焊缝存在质

量问题的责任,制造单位应保证焊缝的100%的质量^[3]。为此,在对承压设备进行局部无损检测时,必须严格执行相关规范的规定,一旦发现无损检测部位任意一端存在缺陷延伸的可能,应在缺陷延长方向做补充无损检测,补充检测发现有超标缺陷,则需按规定加大无损检测比例,如再发现超标缺陷,说明此条焊缝的焊接质量问题较多,需进行100%无损检测^[2]。同理,在对锅炉等承压设备管接头进行无损检测时,也必须按规程的要求进行抽检和补充检测。只有这样,承压设备的焊接质量才能得到有效的控制。

2.3 误区三:射线检测中,焦距越大,检测灵敏度越高,对检测越有利

在承压设备日常射线检测中,常常会碰到一些管子对接接头或工艺管线之类的环向对接接头需要检测,由于尺寸、结构等原因,这些环向接头往往采取双壁单投影的方法进行检测(管子外径 $D_0 > 100\text{mm}$ 时)。而焦距是这里一项重要的工艺参数,一般在我们日常的认知里,焦距越大,几何不清晰度越小,照相灵敏度越高,这从几何不清晰度公式: $U_g = d \times b / (F - b)$ 就可以得到证明。(其中: d -焦点尺寸; b -缺陷至胶片距离; F -焦距)。但在双壁单影透照中,是否焦距越大越就有利检测呢?其实并非如此。从NB/T47013《承压设备无损检测》标准可知,焦距的选择必须同时满足两个条件:

- 1、射源至工件表面的最小距离: $f \geq 10d \cdot b^{2/3}$;
- 2、环向焊接接头透照厚度比 $K \leq 1.1$ (当 $100\text{mm} < D_0 \leq 400\text{mm}$ 时为 $K \leq 1.2$)

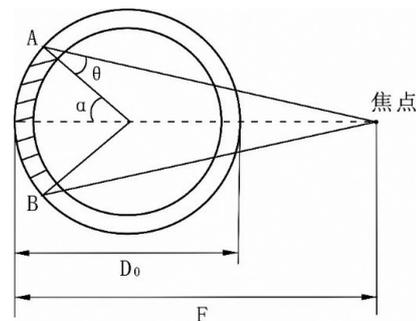


图1

以上条件1其实是规定了最小焦距的尺寸,即几何不清晰度最大限值;条件2规定了环向接头检测时允许的最大横裂检出角。图1是管焊缝双壁单影的透照示意图, θ 是最大横裂检出角($\theta \approx \cos^{-1}K^{-1}$),不难看出,当焦距 F 增大时,要使 θ 角保持不变,最大一次透照长度 AB 段弧长势必缩小,而当 AB 弧长不变时, θ 角必定要增大。从以上分析可以得出,对管焊缝的双壁单影透照来讲,增大焦距确实可以提高透照灵敏度,但同时由于焦距增大

后, 胶片感光量也随之降低, 这就需要延长曝光时间来维持之前的感光量, 加速了射线机的老化; 同时大焦距又缩短了有效透照范围, 100%检测的曝光次数增加, 底片数量也增加, 提高了检测成本, 降低了工作效率;

在几何不清晰度满足要求的前提下, 管焊缝的双壁单影透照尽量选择较小的焦距。对于外径 $D_0 > 100\text{mm}$ 的管接头, 可用射线机窗口直接贴着管子照射, 以得到较大的一次透照长度和较小的横向裂纹检出角, 这样透照的底片不仅在质量上能够满足要求, 也增加了有效评定范围, 100%检测的曝光次数减少, 工作效率有所提升, 节省了人力和物力。

2.4 误区四: 环境因素对检测结果的影响不大

无损检测控制在承压设备质量保证体系几大控制要素中是重要的控制环节, 它是产品质量控制、在役设备安全运行保证的重要手段。对于质量管理者来说, 研究和认识影响无损检测结果可靠性的种种因素是至关重要的一项工作。而环境因素对无损检测结果的影响也是比较大的, 这往往容易被人忽视。

比如射线检测中的暗室和评片室, 对环境的要求比较高。

暗室处理是射线检测中非常重要的一道工序, 暗室处理的好坏直接影响到底片灵敏度, 而暗室环境的好坏是暗室处理的前提条件。一个漏光和反光的暗室会使底片产生灰雾度, 甚至曝光, 又怎么能洗出好的底片来。

评片室的环境设备条件应能提供底片的最大细节对比度为前提。室内应安静、舒适, 尽可能减少各种干扰因素, 以保证评片人员能集中精力。评片室通常应是独立设置的, 室内灯光略暗但又不全暗, 一般亮度稍逊于透过底片光线产生的亮度。室内灯光不应直射于人眼或在底片上形成反射, 观片灯边缘应有放置底片及记录的空间。在周边再准备直尺、放大镜、黑度计等常用工具以方便取用。

表面检测依赖于在被检工件表面的目视判断, 所以

受环境光照条件影响很大。NB/T47013标准上规定了磁粉检测和渗透检测的环境条件: 在非荧光磁粉检测时, 缺陷磁痕的评定应在可见光下进行, 通常可见光照度应在 1000lx 以上; 现场检测由于条件限制可见光照度也应在 500lx 以上。荧光磁粉检测时, 缺陷磁痕的评定应在黑光下进行, 黑光辐照度应在 $1000\mu\text{W}/\text{cm}$ 以上; 暗黑区的可见光照度应不大于 20lx ^[4]。着色渗透检测和荧光渗透检测的光照条件跟磁粉检测的光照条件类似。标准的每一项条款制定都有其科学的依据, 这说明, 在没有合适的环境光照条件下, 一些细小的缺陷(像小的横裂纹)就有可能漏检。

所以说, 检验场地的设施和周围环境对检测结果的影响是巨大的, 检测工作要顺利的进行, 良好的检验环境是首要的保证。根据以往缺陷误判和漏检的统计结果来分析, 高几率的错误发生往往处于环境恶劣的前提下, 所以应该引起我们高度的重视。作为承压设备制造质量管理者, 应该从提高无损检测的准确性和可靠性着手, 切实做好无损检测环境的改善工作, 为承压设备的安全运行保驾护航。

结束语

本文深入分析了承压设备无损检测中的常见误区, 通过按照多种无损检测方法相结合、加强局部无损检测产品的焊接质量控制、正确选择射线双壁单影检测中的透照焦距、改善检测环境以改善检测结果等解决措施, 来有效提高无损检测结果的准确性和可靠性, 为企业的发展和承压设备安全运行提供有力保障。

参考文献

- [1]高毅. 电站设备无损检测中的误区与盲区[J]. 宁夏电力, 2012(4):66-70
- [2]TSG 11-2020《锅炉安全技术规程》4.5.4 无损检测
- [3]《锅炉安全技术规程》释义4.5.4.6 局部无损检测
- [4] NB/T47013.4-2015《承压设备无损检测第4部分: 磁粉检测》6.2