

# 低温高湿度天气下核岛施工现场渗透检测的质量控制

杨佳法

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 浙江 杭州 311100

**摘要:**核岛安装结构复杂,检测空间受限,对于渗透检测方法一般采用II-C-d。而国和一号核岛安装现场常会遇到雨雪天气,此时的渗透检测不仅要考虑低温条件下对检测工艺及操作的影响,也要考虑外部高湿度环境对检测工艺的影响,以及在以上双重因素叠加下的影响。针对此类问题,通过研究试块的温湿度环境状态对检测灵敏度的影响来确定现场检测工艺所需的改进方向,使之达到渗透检测灵敏度,满足现场质量要求和保障工程进度。

**关键词:**安装质量、低温高湿、渗透检测

## 引言

核岛安装质量要求高,结构复杂,检测时往往需要高处作业和受限空间作业,且对设备的可靠性要求高,因此对于渗透检测方法一般采用灵敏度较高、携带和操作方便的II-C-d。国和一号核岛安装现场受暖温带湿润季风气候影响,年平均气温仅为12°C左右,冬季寒冷漫长,夏季潮湿多雨,且地下层核岛厂房和SC结构内空间和光照受限,雨雪积攒后往往难以快速排干。尤其在雨雪天气下进行渗透检测时,往往会遇到受检部件表面温度低于标准检验温度范围(5°C~52°C)和环境湿度较大的情况。在这类低温、高湿度下的渗透检测,对检测人员如何保障评定结果,保障核岛安装质量提出了更高的要求。

### 1 渗透检测的优缺点

渗透检测是利用毛细作用检查非多孔性材料的表面开口性缺陷,所使用的渗透检测剂性能受温湿度影响较大。

液体渗透检测的优点是可以检测试件表面开口性缺陷,如裂纹、气孔、夹渣、疏松等缺陷,具有较高的灵敏度,且操作简单、快速、检测费用低、适用性广。液体渗透检测的局限性是难以检测多孔性材料,同时因为液体渗透检测只能检测表面缺陷,无法确定缺陷的深度,不能对缺陷进行全面评价。

## 2 渗透检测工艺控制

### 2.1 渗透检测材料选择

渗透剂是一种含有染料或荧光的具有很强渗透力并容易被显像剂吸附出来的溶液。渗透剂是渗透检测中的关键材料,直接影响渗透检测的灵敏度;显像剂是液体渗透检测中另一关键材料,它能将缺陷中的渗透液通过毛细作用吸附出来,将形成的缺陷在被检工件表面扩展,放大到肉眼足以观察的程度,并提供与缺陷有较大反差的背景。<sup>[1]</sup>

检测过程要加强渗透检测材料质量控制,不允许将不同种类或不同制造厂生产的渗透材料相互混用。除其

他设计文件中有规定外,对于镍基合金、奥氏体不锈钢材料,一定量渗透检测剂蒸发后,残渣中的有害元素氟、氯的总含量的重量比不得超过1%,硫的含量的重量比不得超过1%。每批渗透材料应有有害元素的分析报告,分析报告中应包括渗透材料生产厂、产品型号及批号、分析方法及结果,这些分析报告应妥善保存。所使用的渗透材料应在保质期内,应有供应商提供的合格证。

### 2.2 被检工件表面状态控制

检测前,检测人员应对被检表面作外观检查,被检区域表面及相邻的区域不应有任何污垢、油脂、纤维屑、锈皮或其他有碍检测的物质。如有这些物质,应对受检工件表面进行打磨或抛光,去除影响渗透操作和评判的锈蚀、飞溅物、金属细屑或细末、砂末等可能堵塞缺陷等杂物,以保证渗透液对零件表面的润湿,并减少虚假显示的出现。在清洗过程中也要注意不要将白布上的线等钩挂到工件上,这些杂物也会影响检测显示。

### 2.3 检测灵敏度控制

每班开始工作时以及更换渗透材料(包括不同牌号、批次)时,应使用B型试块放在受检区域一起进行渗透操作,试块上标准要求的辐射状裂纹应清晰可辨,否则应停止操作,查明原因后从头开始重新检测。

### 2.4 渗透剂施加及多余渗透剂的清除

渗透剂在渗透过程中,工件表面应始终保持润湿状态。在清洗工件被检表面以去除多余的渗透剂时,应注意防止过度去除而使检测质量下降,同时也应注意防止去除不足而造成对缺陷显示识别困难。溶剂去除型渗透剂用清洗剂去除。一般应先用干燥、洁净不脱毛的布依次擦拭,直至大部分多余渗透剂被去除后,再用蘸有清洗剂的干净不脱毛的布或纸进行擦拭,直至将被检面上多余的渗透剂全部擦净。但应注意,不得往复擦拭,不得用清洗剂直接在被检面上冲洗。<sup>[2]</sup>

2.5 施加显像剂

使用溶剂悬浮显像剂时，在被检面经干燥处理后，将显像剂均匀地喷洒或刷涂到整个被检表面上，然后进行自然干燥。显像剂的施加应薄而均匀，不可在同一地点反复多次施加。禁止在被检面上倾倒湿式显像剂，以免冲洗掉渗入缺陷内的渗透剂。

2.6 观察

应在施加显像剂干燥后，在显像时间内连续进行。

3 低温、高湿度条件情况下渗透检测的控制

在核电系统的无损检验过程中，往往会遇到被检工件表面温度低，外部湿度环境过高等情况。如图1.CAP1400某模块内返修管道焊缝渗透检测时，正值山东沿海冬季，海边冬季湿度较大、温度较低，并且模块内部施工空间比较封闭、空气流通不畅等，对渗透检测的实施及检测灵敏度都造成了一定的影响。为研究该工况条件下的渗透检测工艺参数及检测注意事项，通过分析不同低温条件下的渗透检测工艺的条件，同时结合现场实际工况，通过相关实验对检测工艺进行一定的优化，保证质量的前

提下，不耽误工程进度。

在ASME标准第V卷《锅炉及压力容器规范第V卷无损检测》(2007)标准T-652章节规定：标准温度条件下，渗透剂系统和被检测部件的表面温度在整个检测过程中都为5~52℃。检测过程中允许进行局部的加热或冷却，但被检部件的表面温度必须保持在5~52℃。当检验温度超出标准温度范围时，需要对其利用对比试块进行鉴定。

在标准温度条件下，ASME标准第V卷给出了不同材料、不同成型方式、不同缺陷类型所需要的最小渗透时间。对于非标准温度条件下，当检验温度低于5℃时，其检测工艺参数(渗透时间、干燥时间、显像时间等)需要在低温条件下用对比试块进行鉴定试验。在低温条件下，试块上显示的痕迹和标准温度范围检验时的痕迹基本相同，则可认为该低温条件下的渗透检测工艺是经过鉴定且可行的，允许现场应用。<sup>[3]</sup>

为了验证不同温度条件下检测工艺检测结果的差异，拟采用同一B3型试块分别在室内湿度为30%~40%的不同温度条件下进行检测工艺验证

表1 B3型试块不同温度下渗透检测对比试验结果

检测温度范围/℃	实测温度/℃	渗透时间/min	显像时间/min	检测结果(裂纹缺陷数量)	裂纹显示清晰度
10~52	13	10	10	3	清晰
5~10	8	10	10	3	清晰
0~5	2	10	10	2	一般清晰
0~5	2 <sup>注1</sup>	21	15	3	清晰
-5~0	-2 <sup>注1</sup>	21	15	3	清晰

注1：两次试验是将渗透剂及显像剂进行加热后进行检测所得的结果。

为了进一步对渗透检测工艺操作方式进行鉴定，在铝合金对比试块上按照ASME标准低温条件下进行渗透检测操作的鉴定要求，按照上述渗透检测工艺，对2℃和-2℃两种低温条件下进行对比试验，试块A区的检测温

度为13℃。结果如图1所示。

标准温度条件下，13℃试块的痕迹显示清晰可见。

2℃和-2℃条件下，2℃痕迹显示优于-2℃检测温度下的痕迹显示。

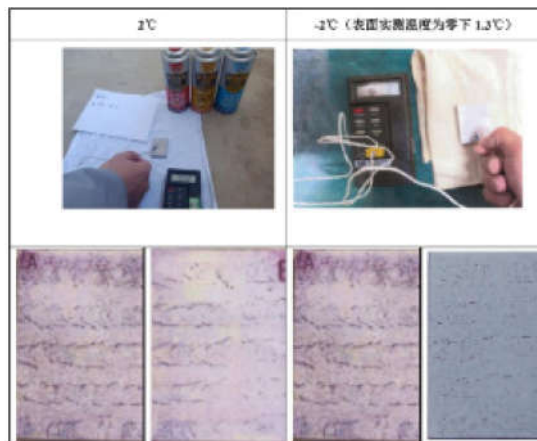


图1 A型试块不同温度下渗透检测对比试验结果

温度相仿不同湿度环境条件下试块对比图2所示:

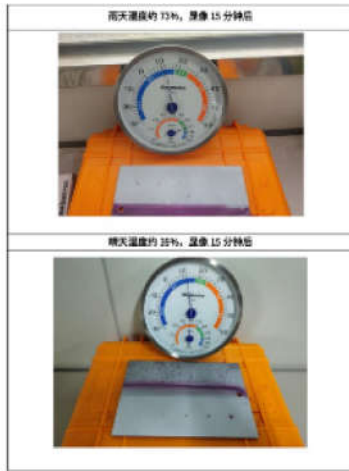


图2 温度相仿不同湿度环境条件下试块对比

从以上三组实验可知,当温度低于标准温度时(5℃以下),渗透液黏度大、分子运动速度慢、渗透速度慢、表面张力大等将导致渗透剂渗入缺陷能力下降,最终影响缺陷的检出率和检测灵敏度。

低温或高湿度时,显像干燥时间较长,且难以形成薄而均匀的显像层,灵敏度较低。低温且湿度过大时更会放大以上影响,尤其对被检部件表面干燥及显像剂的干燥速度的影响,此时若不及时采用暖风干燥就会影响检测效率及缺陷观察鉴别(显像变模糊),对检测灵敏度造较大影响。<sup>[4]</sup>

如图3通过以上实验进行针对性的工艺参数改善,在保证质量的前提下顺利完成了该模块内焊缝渗透的检测。



图3 焊接渗透检测

#### 4 总结

通过上述现场检验实例可知,为了解决雨雪环境下管道焊缝渗透检测问题,重点是控制渗透剂及显像剂温度、渗透时间、被检部件表面温度及被检部件周围的环境湿度等来提高渗透检测灵敏度。

根据以上结论,我们现场可采用以下几个措施:

(1) 现场处于低温条件下的被检部件,采用热风对部件表面加热,使其表面温度在整个检测过程中维持检测标准要求,这样基本消除因温度低给渗透检测带来的不利影响。在整个渗透时间内,检测表面的温度应尽量不低于10℃,若低于10℃则需要提高渗透剂的温度同时相应的增加渗透时间,在此过程中要使用灵敏度试块进行验证;(2) 用不高于40℃的热水或采用空调房对所需渗透剂和显像剂提前加热,使其温度升高至20℃~30℃,以增加喷罐内压力,降低渗透剂黏度,提高渗透能力,并使显像剂细微颗粒成均匀喷雾状,加热后的渗透剂及显像剂放置于有保温功能的手提箱内携带到现场使用;(3) 显像剂干燥过程可采用充电式手持暖风设备(30℃~50℃)进行吹干,干燥过程就持续观察表面缺陷的形成并进行详细记录;(4) 在低温及湿度较大的空间内时,可以采用小型暖风机增加空间温度,同时改善环境湿度。

检测人员应根据现场环境和受检部件的差异合理改善检验条件、严格规范操作步骤、努力优化检测工艺从而保障评定结果,保障核岛安装质量。

#### 参考文献

- [1]肖仲谊,汪扬.低温条件下渗透检验工艺改进措施[J].安装.2011.(4).
- [2]季龙华,许遵言,相海清.低温下不同渗透材料渗透检测灵敏度对比[J].无损检测.2014,(10).
- [3]胡学知.渗透检测[M].中国劳动社会保障出版社,2007
- [4]NB/T47013.5-2015.承压设备无损检测[S].新华出版社,2015.