

ASME 电站锅炉项目中相控阵超声演示试块的准备及规程演示

任 通

(山东电力建设第三工程有限公司, 青岛 266100)

摘 要: 随着业主对相控阵超声检测技术的接受, 该技术在电站项目中应用得越来越多。如何依据 ASME(美国机械工程师协会)相关标准及公司内部质量控制手册对电站锅炉进行相控阵超声检测变得尤为重要。对于 ASME 锅炉钢印项目, 现场一般会有 AI(授权检验师)监督验收全部的过程文件。根据 ASME 钢印项目相控阵超声检测现场的演示经验, 对演示试块的准备及规程演示做出了介绍。

关键词: 相控阵超声检测程序; 人员要求; 演示试块和相控阵现场演示; 缺陷评判标准

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号: 1000-6656(2021)02-0086-04

Preparation of phased array ultrasonic testing block and specification demonstration in ASME power station boiler project

REN Tong

(SEPCOIII Electric Power Construction Co., Ltd., Qingdao 266100, China)

Abstract: The application of phased array ultrasonic testing in power plant projects are more popular and acceptable by the owner, and therefore how to use it in boiler power stations according to relevant ASME standards and internal quality control manual of the company has become particularly important. If it is an ASME boiler stamp project, AI (Authorized inspector) will supervise and accept all process documents. According to the previous experience of phased array ultrasonic testing demonstration in the ASME stamp project, the preparation of demonstration block and demonstration of rules are introduced.

Key words: phased array ultrasonic testing procedure; personnel requirement; demonstration block and phased array field demonstration; defect evaluation standard

电站锅炉本体管道(BP)的壁厚大多在 30 mm 或 50 mm 以上, 大型机组锅炉管道的壁厚甚至在 90 mm 以上, 如果对其执行射线检测, 就底片黑度和像质计灵敏度而言, 很难满足 ASME(美国机械工程师协会)标准的相关要求。在 ASME 标准中如需使用超声检测代替射线检测, 需使用可记录的超声检测设备。基于此, 相控阵技术开始应用于电站管道焊缝的检测中。相控阵检测需满足 ASME 相关标准及公司内部质量控制手册的要求, 并接受现

场 AI(授权检验师)的监督。

1 相控阵在钢印项目中的实施介绍

1.1 程序文件准备和相控阵人员资格要求

公司承建 ASME 锅炉电站项目时, 公司首先依据 ASME 标准编写质量控制手册, 其中所有操作必须满足标准、用户和质量控制手册管理要求。质量控制手册可确保该公司所有工作区域动力锅炉的安全性和可靠性。依据规范和公司质量控制手册要求, 该节重点介绍项目中相控阵检测程序的准备和人员资格要求。

无损检测人员培训、考核、资格鉴定和证书颁发细则具体依据现行规范认可的 SNT-TC-1A—2016 (ASME 第 I 卷 2017 版和 2019 版都是按 SNT-TC-

收稿日期: 2020-08-11

作者简介: 任 通(1990—), 男, 工程师, 主要从事特种设备、电力系统的无损检测和理化分析工作

通信作者: 任 通, rentong@sepco3.com

1A—2016 版进行人员资格评定的)和 ASME 第 V 卷第 1 章强制性附录 II 的相关要求进行编制、保存和执行。

当无损检测工作由分包商执行时,应按公司内部质量控制手册要求,所有的无损检测工作必须按照分包商无损检测 III 级人员批准的无损检测程序执行。无损检测程序应按照 ASME 规范第 1 卷、第 5 卷中的 T-150 要求进行演示,并应得到现场 AI 的认证。当程序中 1 种或者 1 种以上的重要变素发生变化时,程序需要进行重新演示,重新认定。以上内容在不同公司的质量控制体系里要求不同,不作为通用要求。

现场相控阵超声检测工作分包给分包商时,依据公司内部质量控制手册要求,无损检测 III 级人员应确保无损检测人员按照分包商的实施细则评定为合格。分包商需要提供其单位的无损检测人员实施细则,无损检测程序以及无损检测 I, II, III 级人员资质(包括所具有方法的资格证、视力检测表、学历证书、培训记录、工作经历和考试的试卷),由公司的无损检测 III 级人员审核以上资料。批准后的无损检测人员应由公司的无损检测 III 级人员记录在“已有资格 NDE(无损评价)人员表”中,每半年更新一次。公司的无损检测 III 级人员应将这些文件妥善存档以供 AI 审核。

在准备相控阵程序文件时,首先要确定标准的使用年限,一般标准年限需依据合同签订日期或者合同规定来确定,当合同中对标准年限使用没有规定时,可依据合同签订日期执行。ASME 设计标准使用年限,必须符合 ASME 第 I 卷强制性附录 VI 的要求,例如 ASME SEC I—2019 于 2019 年 7 月 1 日发布,2020 年 1 月 1 日强制性使用;若合同签订日期为 2019 年 7 月 1 日~2020 年 1 月 1 日,则可使用 2017 版,也可以使用 2019 版;合同签订日期在 2019 年 7 月 1 日之前的,则只能使用 2017 版。必须要理解合同签订日期和标准年限的前后对应关系。ASME 第 I 卷 2019 版对使用相控阵技术的要求改动较大,尤其是重要变素和非重要变素的改动,对编写程序文件的要求较高,对人员资格授权培训的说明也相应增加很多内容,有新签订合同的业主应注意。

标准有要求时,AI 有权力要求参与检测的人员进行演示。对于程序的演示,ASME 第 I 卷 PW—52 规定,按 ASME 第 V 卷第 4 章强制性附录 VII 进行,该附录中要求对相控阵程序进行鉴定,但没有

给出如何鉴定的相关依据,可能给以后的 ASME 联检带来一定的麻烦。当采用 ASME 第 I 卷的非强制性附录 E 进行验收时,鉴定程序非常清晰。附录 E 要求相控阵检测程序按 ASME 第 V 卷第 4 章强制性附录 VIII 进行鉴定,附录 VIII 中明确提出了程序鉴定按 ASME 第 V 卷第 4 章强制性附录 IX 进行,与表 1(在重要变素处打“√”,即说明该要求为重要变素,反之,为非重要变素)中重要变素规定的数值或数值范围发生变更时,应要求对书面规程进行重新鉴定。

表 1 超声检测规程要求

要求	重要变素	非重要变素
被检焊缝几何形状,包括尺寸、母材产品形式(管、板)	√	
进行检测的表面	√	
技术(直射波、斜射波、接触法或液浸法)	√	
声波在材料中传播的角度和波形	√	
探头型式、频率、晶片尺寸和形状	√	
专用探头,楔块、衬垫或鞍座(使用时)	√	
超声波探伤仪	√	
校验(校验试块和技术)	√	
扫查方向和范围	√	
扫查方式和范围(手工和自动)	√	
缺陷信号鉴别方法(几何形状)	√	
测定信号大小的方法	√	
计算机数据采集(用到时)	√	
扫查覆盖(仅指覆盖减少)	√	
人员操作要求(有要求时)		√
人员资格要求		√
表面状况		√
耦合剂牌号或类型		√
检测后清理技术		√
自动报警和/或记录装置(用到时)		√
记录,包括最少记录的校验数据(如仪器设定)		√

1.2 相控阵试块

ASME 锅炉钢印项目中的焊口需进行体积检测时,依据标准要求进行射线和超声检测,而中厚壁以上的管道焊口射线检测图像难以满足像质要求。标准允许使用超声检测技术时,应使用可记录数据的超声设备,且其应具有计算机采集和分析能力,具有自动或半自动扫查系统。依据标准,目前在电站项目中使用最多的就是相控阵技术。针对 ASME 电站锅炉钢印项目(电站锅炉由本体管道和本体外管道等组成),首先应依据 ASME B31.1 表 136.4(见表 2,表中 RT 为射线检测,UT 为超声检测,包括相控阵超声检测,PT 为渗透检测,MT 为磁粉检测,VT 为目视检测)和 ASME SEC I(PW-11)(见表 3)

表 2 ASME B31.1 表 136.4 承载焊缝或受压部件焊缝最低限度强制性无损检测要求

焊缝类型	管道设计工况和无损检测方法		其他工况
	温度大于 750 °F(400 °C)；压力不限	温度为 350 °F(175 °C)~750 °F(400 °C)； 压力大于 7 100 kPa	
对接焊缝(纵向及环向)	尺寸大于 DN50 时采用 RT 或 UT， 不大于 DN50 时采用 MT 或 PT	尺寸大于 DN50，壁厚大于 19 mm 时采用 RT 或 UT，壁厚不大于 19 mm 的所有尺寸焊缝采用 VT	对任何尺寸和壁 厚的管道均采用 VT
焊接的支管接头	尺寸大于 DN100 时采用 RT 或 UT， 不大于 DN100 时采用 MT 或 PT	尺寸大于 DN100，支管壁厚大于 19 mm 时采用 RT 或 UT，尺寸不大于 DN100，支管壁厚大于 19 mm 时采用 MT 或 PT，对于壁厚不大于 19 mm 的所有尺寸支管采用 VT	
角焊缝、承插焊缝、附件 焊缝和密封焊缝	对于任何尺寸和壁厚，采用 MT 或 PT	对于所有尺寸和壁厚采用 VT	

表 3 ASME SEC I(PW-11)中体积检测的受压部件对接接头最低限度强制性无损检测要求

对接焊缝型式	受到炉膛的辐射热	未受到炉膛的辐射热	
	介质为蒸汽和(或)水	介质为水	介质为蒸汽
纵向焊缝	RT	RT	RT
锅筒(壳)筒体的 环向焊缝	尺寸大于 DN250 或壁厚大 于 29 mm 时采用 RT	尺寸大于 DN250 或壁厚大 于 29 mm 时采用 RT	尺寸大于 DN250 或壁厚大 于 29 mm 时采用 RT
管子、管道和集箱 的环向焊缝	尺寸大于 DN100 或壁厚大 于 13 mm 时采用 RT	尺寸大于 DN250 或壁厚大 于 29 mm 时采用 RT	尺寸大于 DN400 或壁厚大 于 41 mm 时采用 RT

中的规定确定焊口是否属于钢印范围内的必检焊口。所有焊缝除了用规定的无损检测方法进行检测外，还应进行目视检测。

部分锅炉本体和锅炉外管道 ASME 钢印焊口

及使用试块参数如表 4 所示[当焊口外径不小于 500 mm 时，可用平板试块校准设备，但厚度需满足一定的要求，表中材料均为美国材料实验协会 (ASTM)规定牌号]。

表 4 部分锅炉本体和锅炉外管道 ASME 钢印焊口及使用试块参数

mm

序号	焊口尺寸	管道厚度	材料	试块外径	试块厚度	最小适用 外径	最大适用 外径	最小适用 厚度	最大适用 厚度
1	88.9	7.62	ASTM A106Gr.B	60.3	8.74	54.2	90.4	6.9	11.6
2	88.9	17.00	ASTM A106Gr.C	88.9	15.20	80.0	133.3	12.1	20.2
3	114.3	21.00	ASTM A106Gr.C	114.3	17.12	102.8	171.4	13.6	22.7
4	168.3	34.00	ASTM A335 P91	168.3	34.00	151.4	252.4	27.2	45.2
5	219.1	22.23	ASTM A106Gr.C	168.3	25.00	151.4	252.4	20.0	33.2
6	457.2	45.24	ASTM A106Gr.C	355.0	46.00	319.5	532.5	36.8	61.1

依据规范 ASME SEC V 卷第 4 章附录 VIII 规定，校准试块和演示试块可用于覆盖工件曲率为其 0.9 倍~1.5 倍的工件，演示试块的厚度应不大于被检产品厚度的 25%，接头两边的材料厚度不同时，应依据较小一边的厚度选择演示试块的厚度。演示试块焊接接头的结构应为现场产品焊缝的典型结构。演示试块中各缺陷的参数如表 5 所示。项目所使用的校准试块及演示试块的结构分别如图 1、2 所示。校准试块中的核槽宽度均为 2 mm。

依据 ASME SEC 第 V 卷第 4 章附录 IX 规定，除非标准另有规定，否则演示试块在至少包含 3 个真

表 5 演示试块中的缺陷参数

mm

缺陷 编号	分类	性质	缺陷上表面距试 块上表面距离	缺陷 高度	缺陷 长度
1	表面缺陷	未熔合或咬边	0.0	1.5	10
2	表面缺陷	未熔合或咬边	0.0	1.5	10
3	近表面缺陷	坡口未熔合	10.0	3.0	10
4	近表面缺陷	坡口未熔合	25.0	3.0	10
5	表面缺陷	未熔合	34.5	1.5	10

实的平面缺陷或 3 个 EDM(电子刻槽)，其方向平行于产品的焊缝轴线或坡口面的缺陷应在试块内、外表面及下表面都有分布。如果扫查计划将焊缝划分

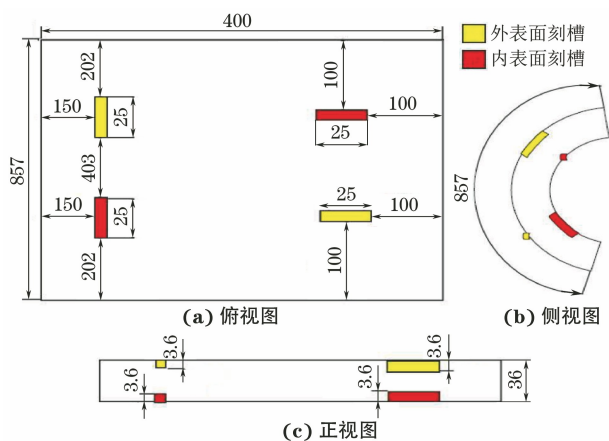


图1 校准试块结构示意图

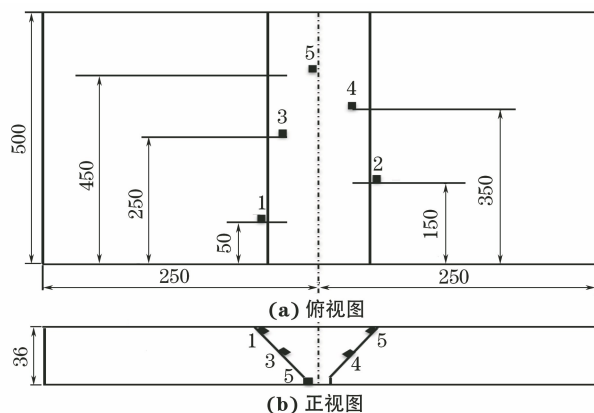


图2 演示试块结构示意图

为多个检测区域,则每个区域应至少有1个缺陷。

现场进行相控阵演示应依据标准和程序文件进行,重要的是演示试块的准备,在国内可以委托工厂加工,在国外,多数需要在项目现场焊接完成后送到当地工厂加工,完全依据标准允许的缺陷长度和高度去加工试块,超过标准允许的范围会被现场 AI 拒收。

现场应根据待检钢印焊口的规格,编制相应的扫查计划,然后在符合条件的试块上进行演示。相控阵演示过程应重点注意扫查时中心偏置距离的改变。依据标准,扫查计划改变时还需要进行重新演示。项目现场一般可用1块演示试块覆盖多种规格的焊口。根据预先制作的扫查计划进行检测,不能完全检出演示试块上的缺陷时,必须调整扫查计划,或者根据待检焊口规格重新加工演示试块,直到能检出全部缺陷。

相控阵演示结束后,出具演示报告。根据标准要求,对拒收缺陷的信号进行定性检测,记录其信号类型(表面缺陷或者近表面缺陷)及缺陷的位置和长度。

1.3 缺陷评判标准

现场钢印焊口分为2个部分,其中一部分为本体管道,依据标准 ASME SEC I 要求,本体管道焊缝厚度为6~13 mm 时,其验收标准为 code case 2816;厚度大于13 mm 时,依据 ASME SEC I 附录 E 进行验收;本体外部管道依据 ASME B31.1 进行验收。对于厚度为6~13 mm 的焊缝,当用相控阵超声技术代替射线检测技术进行检测时,应将 code case 2816 的相关内容加入到相控阵程序文件中。

2 结语

依据标准,项目为 ASME 钢印项目并进行相控阵超声检测时,应重点考虑演示试块的准备和及现场演示规程。介绍了演示试块的准备和规程演示中需要注意的事项及缺陷评判标准,为顺利高效地完成现场相控阵超声检测的相关工作提供参考。

(上接第20页)

- [7] 刘想. 基于X射线图像的输油管道焊缝缺陷检测与识别[D]. 成都:电子科技大学,2016.
- [8] 杨理践,耿浩,高松巍. 长输油气管道漏磁内检测技术[J]. 仪器仪表学报,2016,37(8):1736-1746.
- [9] 杨理践,郭晓婷,高松巍. 管道内表面缺陷的涡流检测方法[J]. 仪表技术与传感器,2014(10):78-81.
- [10] 许亚星. 磁记忆技术在焊缝检测中的应用研究[D]. 兰州:兰州理工大学,2014.
- [11] 祖瑞丽. 基于金属磁记忆对焊缝质量的评价研究[D]. 南昌:南昌航空大学,2018.
- [12] 鲁欣萌. 金属磁记忆检测系统的研究与设计[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2015.
- [13] 龙媛媛,谭晓林,刘丽,等. 金属磁记忆检测技术用于

- 长输管道应力检测[J]. 油气田地面工程,2013,32(4):28-29.
- [14] DUBOV A A, KOLOKOLNIKOV S M. Non-contact magnetometric diagnostics of potentially hazardous sections of buried and insulated pipelines susceptible to failure[J]. Welding in the World,2017,61(1):107-115.
- [15] 任吉林. 金属磁记忆检测技术[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [16] 范振中. 金属磁记忆检测特征值的提取与应用[D]. 南昌:南昌航空大学,2008.
- [17] 焦杨. 非接触式磁记忆检测技术在埋地管道上的应用[J]. 全面腐蚀控制,2017,31(11):23-25.