

CBWA

团体标准

T/CBWA 00XX-202X

电站锅炉高温管道不停机检验与安全评估
技术导则

The technical guide for non-stop inspection and safety assessment of high
temperature pipe of power plant boiler

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国锅炉与锅炉水处理协会 发布

目 次

前言 II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义..... 1

4 总体要求..... 1

5 检测通用流程..... 2

6 检测方法及要求 3

7 安全评估通用要求 4

8 安全评估准则..... 6

9 安全评价报告..... 8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由中国锅炉与锅炉水处理协会提出并归口。

本标准起草单位：略。

本标准主要起草人员：略。

本文件为首次发布。

电站锅炉高温管道不停机检验与安全评估技术导则

1 范围

本标准规定了在火力发电机组正常运行状态下，对电站锅炉高温管道进行检验的推荐方法和流程、安全评估的指标体系及准则。

本标准适用于蒸汽温度大于或等于 450℃的主蒸汽管道、再热蒸汽管道、蒸汽母管的检验及安全评估。电站锅炉连接管及汽轮机导汽管等管道的检验及安全评估可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 16507.4 水管锅炉 第 4 部分：受压元件强度计算
- GB/T 30580 电站锅炉主要承压部件寿命评估技术导则
- DL/T 438 火力发电厂金属技术监督导则
- DL/T 5366 发电厂汽水管道应力计算技术规程
- NB/T 47013 承压设备无损检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不停机检验 non-stop inspection
电站锅炉高温管道正常运行状态下的检验。

3.2

电磁超声相控阵检测 electromagnetic ultrasonic phased array testing
根据设定的延迟法则激发阵列探头各独立压电晶片（阵元），合成声束并实现声束的移动、偏转和聚焦等功能，再按一定的延迟法则对各阵元接收到的超声信号进行处理并以图像的方式显示被检对象内部状态的超声检测方法。

3.3

高频电磁超声导波检测 high frequency electromagnetic ultrasonic guided wave detection
通过高频电磁超声波的产生并检测材料中的反射和透射，利用特定的波型和频率，对材料内部结构进行非破坏性检测，从而评估材料的完整性和缺陷的检测方法。

3.4

电磁声多参数检测 electromagnetic acoustic multi-parameter detection
利用电磁声原理，对金属材料金相微观组织进行检测，从而判断材料组织性能的检测方法。

4 总体要求

4.1 检测设备和器材

4.1.1 检测设备和主要器材应附有产品质量合格证明文件。

4.1.2 为确保设备和器材的灵敏度及工作性能，检测单位应定期进行校准或核查，并在检测单位的工艺规程中予以规定。

4.1.3 每次检测前，应按本标准中有关要求进行检查，检查的项目应在检测单位的操作指导书中予以规定。

4.2 检测方法和工艺

4.2.1 检测方法

4.2.1.1 本标准涉及的检测方法包括电磁超声相控阵检测、高频电磁超声导波检测、电磁声多参数检测等。

4.2.1.2 采用电磁超声相控阵检测、高频电磁超声导波检测方法检测管道对接焊接接头，采用电磁声多参数检测方法检测管道母材时，根据技术工艺要求和所需设备器材条件的不同以及检测灵敏度、缺陷检出率和测量准确度的区别，将其检测技术等级分为若干级别。

4.2.1.3 应在遵循相关产品标准及有关技术文件规定的基础上，根据管道的材质、结构、使用条件和失效模式，预计可能产生的缺陷种类、形状、部位和方向，按本标准的规定，选择一种或多种检测方法，确定其检测技术等级、检测比例、质量要求和合格级别等，以形成明确的检测要求。

4.2.2 检测工艺文件

4.2.2.1 检测单位应制定检测工艺文件，检测工艺文件包括工艺规程和操作指导书。

4.2.2.2 应根据产品标准、有关技术文件和本标准的要求，并针对本检测单位的特点和技术条件编制工艺规程；工艺规程应按本标准的规定明确其相关因素的具体范围或要求，如相关因素的变化超出规定时，应重新编制或修订。

4.2.2.3 应根据工艺规程并结合检测对象的具体检测要求编制操作指导书；操作指导书的内容应完整、明确和具体；操作指导书在首次应用时应进行工艺验证，验证可采用对比试块、模拟试块或直接在检测对象上进行。

4.2.2.4 无损检测工艺文件的内容应满足本部分的相关要求。

4.3 检测的一般程序：

编制工艺文件；确定检测人员；检测设备和器材的准备；安全防护的准备；检测对象的准备；检测操作；检测结果的评定；填写检测记录；出具检测报告。

4.4 检测质量管理和安全防护

4.4.1 检测单位应建立检测质量管理制度，加强检测质量控制。

4.4.2 安全防护措施应考虑以下因素：

检测人员在实施检测时应进行必要的防护，避免高温管道烫伤；在高空进行操作时，应考虑人员、

检测设备器材坠落等因素，并采取必要的保护措施。

5 检测通用流程

应用电磁超声相控阵检测、高频电磁超声导波检测及电磁声多参数检测等方法进行现场检验时，应满足以下要求。

5.1 检测面要求

需要进行检验的管道表面应当尽量被打磨清理，特别是腐蚀部位和可能产生裂纹缺陷的部位应当被彻底清理干净。

5.2 检测技术等级

钢制承压设备用原材料、零部件的检测不划分技术等级。钢制承压设备焊接接头的检测技术分为 A、B、C 三个等级。

5.3 扫描类型

电磁超声扫描类型分为电子扫描和扇形扫描。应根据具体情况选择，宜采用扇扫描，也可采用电子扫描或两者组合。

5.4 校准

检测用仪器、探头及编码器等应定期校准。

6 检测方法及要求

检测部位的选取应综合考虑被检工件的结构、制造工艺、缺陷的可能部位和取向以及检测设备的特点等因素，且应重点考虑以下适用情况。

6.1 电磁超声导波检测

- 1) 制造成型时壁厚减薄部位；
- 2) 设置高温监督段的部位；
- 3) 保温层破损严重及可能渗入雨水的部位；
- 4) 穿墙、有遮挡等不便于进行厚度测量的部位；
- 5) 使用中可能存在较大变形、冲蚀及磨损的部位。

6.2 电磁超声相控阵检测

- 1) 运行中曾发现过裂纹甚至发生过泄漏的焊接接头部位；
- 2) 检验检测中发现存在超标埋藏缺陷且未返修的焊接接头部位；
- 3) 发生过高合金钢材料重大修理的焊接接头部位；
- 4) 弯头（弯管）、阀门、三通及异径管等处焊接接头部位；
- 5) 异种钢焊接接头部位；
- 6) 存在应力集中(包括管道安装时冷紧)、承受交变载荷及附加应力较大等焊接接头部位。

6.3 磁声多参数检测

- 1) 制造、安装及检验检测过程中发现母材硬度异常的部位；
- 2) 金相组织异常、蠕变损伤及材料老化的部位；
- 3) 明显胀粗及鼓包的部位；
- 4) 长期超出温度正常范围的部位；

7 安全评估通用要求

电站锅炉高温管道的系统安全性的评估方法，其目的是在电站锅炉系统寿命周期内提出满足系统安全性要求，提高其使用效能。

7.1 电站锅炉高温管道设备状况指标体系

7.1.1 主蒸汽管道

- a) 管道环焊缝；
- b) 管道角焊缝；
- c) 管道材料组织状况；
- d) 管道硬度情况；
- e) 管道元件（弯管、弯头、三通、阀门、遮挡部位等）表面裂纹-高频超声电磁导波；
- f) 壁厚减薄；
- g) 支吊装置；
- h) 安全阀；
- i) 是否发生过危及安全运行的事故，是否查明原因或采取有效措施。

7.1.2 再热蒸汽热段管道

- a) 管道环焊缝；
- b) 管道角焊缝；
- c) 管道材料组织状况；
- d) 管道硬度情况；
- e) 管道元件（弯管、弯头、三通、阀门等）表面裂纹；
- f) 壁厚减薄；
- g) 支吊装置；
- h) 安全阀；
- i) 是否发生过危及安全运行的事故，是否查明原因或采取有效措施。

7.1.3 高温导气管

- a) 管道环焊缝；
- b) 管道角焊缝；
- c) 管道材料组织状况；

- d) 管道硬度情况；
- e) 壁厚减薄；
- f) 支吊装置；
- g) 安全阀；
- h) 是否发生过危及安全运行的事故，是否查明原因或采取有效措施。

7.2 电站锅炉高温管道运行工况指标体系

7.2.1 启停及调峰工况

- a) 冷态启动、温态启动、热态启动、极热态启动以及滑参数停机、异常停机情况；
- b) 深度调峰及快速变负荷情况。

7.2.2 超温超压运行工况

- a) 烟温、壁温记录；
- b) 烟温、壁温测点；
- c) 超温情况；
- d) 超温控制系统；
- e) 超压记录；
- f) 压力测点；
- g) 超压情况；
- h) 超压控制系统；
- i) 安全阀超压保护试验；
- j) 超温超压原因分析。

7.2.3 蒸汽品质

- a) 锅炉蒸汽品质；
- b) 除氧器工作状况；
- c) 定期排污、疏水；
- d) 水循环系统；
- e) 节流装置。

7.2.4 管道阀门系统

- a) 锅炉范围内热力系统管道、阀门及附件；
- b) 锅炉管道及管座以及小管管座；
- c) 定期维护保养；
- d) 阀门控制系统；
- e) 设备资料及检修记录。

7.2.5 热工仪表、控制系统

- a) 热工仪表、控制系统外观；
- b) 计量校验；
- c) DCS 控制系统；
- d) 仪表、控制台装置；
- e) 风门、挡板；
- f) 热工仪表及控制系统设备资料及检维修记录。

7.3 电站锅炉高温管道技术管理指标体系

7.3.1 技术资料

- a) 出厂资料，包括管道质量证明书、技术说明书、图纸、计算书（包括强度、热力计算书、烟风阻力计算书、壁温计算书等）；
- b) 制造、安装、调试、化学清洗资料，主要包括监检报告证书，调试报告，化学清洗报告等；
- c) 运行资料，包括管道运行记录；水处理设备运行记录；管道运行故障及事故记录；
- d) 改造、修理资料；管道损坏和缺陷处理记录；管道历次检修资料；
- e) 保养、锅炉停炉保养资料。

7.3.2 检测、技术监督管理

- a) 规程、规章制度建立
- b) 定期检测
- c) 技术监督制度及岗位责任制
- d) 金属监督资料
- e) 化学监督资料
- f) 热工监督资料

7.3.3 安全与节能管理制度

- a) 岗位责任制
- b) 巡回检查制度
- c) 交接班制度
- d) 操作规程
- e) 验收、采购、修理、保养、报废等制度
- f) 水（介）质管理制度
- g) 安全管理制度
- h) 节能管理制度
- i) 安全附件和仪表校验及试验记录
- j) 运行故障及事故记录

7.3.4 安全管理机构和人员

- a) 安全管理机构
- b) 锅炉使用登记证
- c) 锅炉安全管理人员

8 安全评估准则

8.1 安全评估方法

8.1.1 安全评价模型

采用多层次模糊综合评价模型，如图 1 所示。

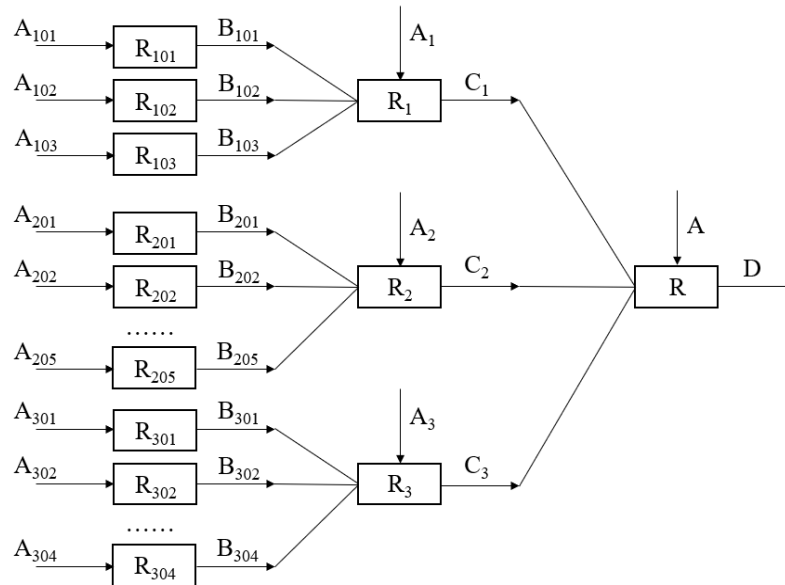


图 1 多层次模糊综合评价模型结构图

8.1.2 安全评价结果计算

进行三级模糊综合，即
一级综合：

$$B_{101} = A_{101} \cdot R_{101}, B_{102} = A_{102} \cdot R_{102}, B_{103} = A_{103} \cdot R_{103}$$

$$B_{201} = A_{201} \cdot R_{201}, B_{202} = A_{202} \cdot R_{202}, \dots, B_{205} = A_{205} \cdot R_{205}$$

$$B_{301} = A_{301} \cdot R_{301}, B_{302} = A_{302} \cdot R_{302}, \dots, B_{304} = A_{304} \cdot R_{304}$$

二级综合：

$$C_1 = A_1 \cdot R_1, C_2 = A_2 \cdot R_2, C_3 = A_3 \cdot R_3$$

其中

$$R1 = \begin{bmatrix} B101 \\ B102 \\ B103 \end{bmatrix}, \quad R2 = \begin{bmatrix} B201 \\ B202 \\ \dots \\ B205 \end{bmatrix}, \quad R3 = \begin{bmatrix} B301 \\ B302 \\ \dots \\ B304 \end{bmatrix}$$

三级综合：

$$D = A \cdot R$$

其中 $R = \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \\ R3 \end{bmatrix}$

经过三级综合，得到模糊合成结果向量 D。

8.1.3 安全评价结果分析

从电站锅炉管道安全性的角度，对模糊合成结果进行分析，从模糊合成结果向量中最危险的因素开始考虑，采用二叉树分类算法判断电站锅炉当前状态下所属安全等级 V。选取 5 个评价等级：V={安全，较安全，安全预警，较危险，非常危险}，并给出最终的评价结果，如图 2 所示。

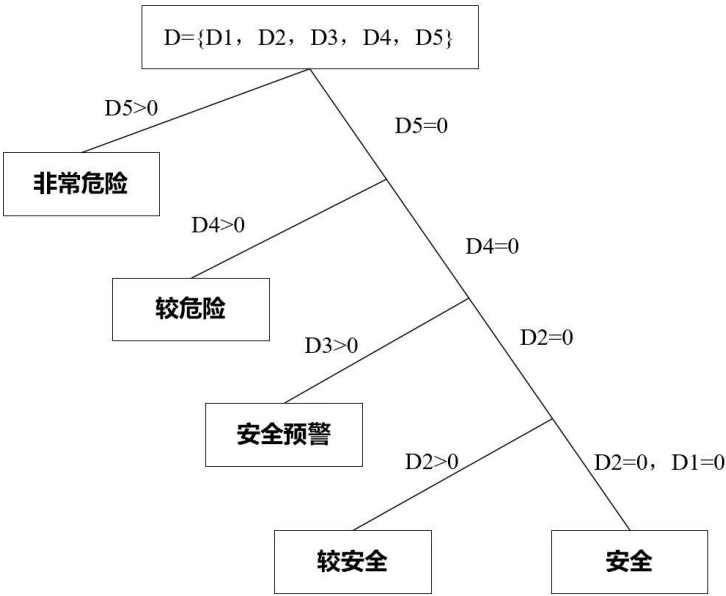


图 2 二叉树分类算法图

9 安全评价报告

电站锅炉范围内高温管道不停机检测与安全评估报告一般包括以下内容：编制、审核、审批人员；

- a) 前言：包括项目单位简介、评估项目的委托方及评估目的；
- b) 安全评估项目概述：项目概况，包括电站锅炉名称、机组编号、锅炉制造企业信息、评估

部件名称、评估依据等；

- c) 评估程序和方法；
- d) 评估结果；
- e) 建议及措施：依据安全评价等级，提出相应的安全管理措施与建议，对于不可接受等级，提出相应的改进措施等。