

# 新形势下防磨防爆检查管理

高 赫<sup>1</sup>, 傅恩敏<sup>2</sup>, 张华德<sup>2</sup>, 庞凯杰<sup>1</sup>, 华 毅<sup>1</sup>, 陈双全<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国能神皖安庆发电有限责任公司, 安徽 安庆

<sup>2</sup>苏州热工研究院有限公司, 江苏 苏州

收稿日期: 2022年11月1日; 录用日期: 2022年11月21日; 发布日期: 2022年12月5日

## 摘 要

火电厂锅炉运行中常常因为锅炉“四管”的泄漏爆管而出现非计划停机, 而防磨防爆检查是控制锅炉“四管”泄漏的有效手段之一。但防磨防爆检查是一个复杂的系统工程, 涉及管理、运行、历次检查数据、图档资料、人员水平等各个方面。传统的防磨防爆依靠人为制定计划实施检查经常会发生过检或缺检情况。随着近年来大数据智能化发展, 可视化信息化防磨防爆管理系统被越来越多电厂认可。本文通过两者比较, 突出可视化信息化防磨防爆管理系统的优越性, 提升防磨防爆检修管理水平。

## 关键词

防磨防爆, 可视化, 信息化

# Inspection and Management of Anti-Wear and Anti-Explosion under the New Situation

He Gao<sup>1</sup>, Enmin Fu<sup>2</sup>, Huade Zhang<sup>2</sup>, Kaijie Pang<sup>1</sup>, Yi Hua<sup>1</sup>, Shuangquan Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CHN ENERGY ANQING Co., Ltd., Anqing Anhui

<sup>2</sup>Suzhuo Nuclear Power Research Institute Co., Ltd., Suzhou Jiangsu

Received: Nov. 1<sup>st</sup>, 2022; accepted: Nov. 21<sup>st</sup>, 2022; published: Dec. 5<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

During the operation of boilers in thermal power plants, unplanned shutdown often occurs due to the leakage and explosion of “Four Tubes” of boilers. The anti-wear and anti explosion inspection is one of the effective means to control the leakage of the “Four Tubes” of the boiler. However, anti-wear and anti-explosion inspection is a complex system engineering, involving management, operation, previous inspection data, drawings and documents, personnel level and other aspects.

文章引用: 高赫, 傅恩敏, 张华德, 庞凯杰, 华毅, 陈双全. 新形势下防磨防爆检查管理[J]. 管理科学与工程, 2022, 11(4): 427-431. DOI: 10.12677/mse.2022.114053

The traditional anti-wear and anti-explosion inspection relies on manual planning and inspection, which often leads to over inspection or lack of inspection. With the intelligent development of big data in recent years, more and more power plants have recognized the visual information anti-wear and anti-explosion management system. Through the comparison of the two, this paper highlights the advantages of the visual information anti-wear and anti-explosion management system, and improves the anti-wear and anti-explosion maintenance management level.

## Keywords

Anti-Wear and Anti-Explosion, Visualization, Information

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

防磨防爆检查是防止锅炉承压部件泄漏减少非计划临修的重要手段,通过对锅炉承压部件设备易磨损、易爆漏部位的检查,找出存在的问题并消除隐患以保证设备的长周期安全运行。有数据显示,国内机组由于锅炉四管泄漏引起的停运时间占机组非计划停运时间的40%左右,占锅炉设备非计划停运时间的70% [1]。尤其是近年来在国家提出“双碳”目标的背景下,新能源装机容量持续增加,各火电机组均参与调峰运行,深度调峰时只有正常负荷的30%~40%,而调峰时要求负荷变化快、启动迅速灵活,这与火电机组早期的基建设计与设备选型相差很大,经常导致机组运行中各种受热面问题频出,如何通过防磨防爆检查来提高机组受热面运行的可靠性和稳定性,成为摆在各电厂面前急需解决的难题。

## 2. 防磨防爆检查常见缺陷形式

### 2.1. 磨损

烟气中携带灰粒和未完全燃烧的燃料颗粒的高速烟气对受热面管撞击冲刷使管壁减薄。一般磨损分飞灰磨损和吹灰磨损。飞灰磨损多发生在后竖井尾部烟道区域,此区域烟气流速快,在一些局部烟气走廊位置很容易磨损管子,有些位置还很隐蔽。吹灰磨损指受热面管受到蒸汽吹灰器吹损而减薄,这跟吹灰器使用频率、吹灰器压力、吹灰器是否卡涩、吹灰器管是否带水有关。磨损减薄失效是锅炉最常见最普遍的失效方式,也是最容易出问题的地方,有些部位很难发现或很容易漏检。

### 2.2. 超温

有燃烧调整不当造成火焰中心偏移的原因,有烟气温场和速度场分布不均产生管屏热偏差的原因,有管内工质流量不均等多种情况。一般的超温现象有水冷壁内壁结垢引起超温,高温过热器、高温再热器等管屏氧化皮增厚或脱落引起的超温,节流孔堵塞、水循环不畅引起的超温等情况。管子超温爆管也是锅炉常见的失效方式,超温现象跟日常运行有关,但是很多时候运行的超温数据不为防磨防爆人员检查利用。

### 2.3. 高温腐蚀

机理复杂,目前流行说法,煤灰在管壁上沉积,高温下附着在管壁上的碱土金属氧化物( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ )

与烟气中  $\text{SO}_3$ 、 $\text{SO}_2$  生成硫酸盐，硫酸盐再与管壁上氧化铁烟气中  $\text{SO}_3$  反应生成硫酸盐络合物，而高温下(538℃~704℃)呈液态硫酸盐络合物有很强的腐蚀性[2]。一般来说前后墙对冲燃烧布置的锅炉左右侧墙高温腐蚀较多，高度在燃烧器至燃尽风范围之间，而且一旦有高温腐蚀，面积都较大。原因可能是一次风量过大造成前后墙一次风碰撞后煤粉气流冲向两侧水冷壁，从而导致煤粉在水冷壁附近燃烧，产生较高温度或煤粉直接冲刷水冷壁。如果没有贴壁风或贴壁风效果不好，很容易产生高温腐蚀现象。有些电厂的高温腐蚀现象较严重，每次检修都会更换大量水冷壁管以确保不会爆管泄漏，经济代价较大。

## 2.4. 应力集中

主要是由于设计或安装原因使某些锅炉部件存在应力集中现象。如异种钢焊缝、炉墙角部密封焊接部位、介质温度不同管子密封焊接部位、刚性梁张力板等膨胀受阻部位等。上述部位经常会由于拉伸应力或焊接应力导致管子产生裂纹而泄漏，这需要检查者有丰富的经验和认真严谨的态度才能发现。

## 2.5. 焊接原因

有焊接过程中产生的遗留缺陷如咬边、裂纹的情况，有焊接材料本身可焊接性较差(如 T23 材料)的情况，有在返修中无意误伤附近管件等情况，随着运行时间增加这些缺陷都会逐渐暴露出来。上述有些位置在检查过程中是很容易漏检的。

## 3. 传统防磨防爆的检查模式

一直以来防磨防爆检查都是锅炉停机检修时重要的检查手段之一，一些电厂有自己的锅炉班组自行组织检查，一些电厂是向外委托承包商进行防磨防爆检查。基于前面阐述的缺陷形式，防磨防爆检查很容易出现漏检的情况，这就要求检查队伍需要反复查，仔细查，查的越细越好，而且要长周期坚持。但是在检查过程中往往由于各种原因最终还是会出现漏检情况，原因总结如下：

### 3.1. 固定的计划检修模式

当前流行的防磨防爆检查方式是以问题和事故为导向，“头痛医头脚痛医脚”，治理一段时间又会归于平静，又去重视其他问题，但是机组的运行条件总是在不停的变化，煤质、运行方式、人员、调峰等方面的一些变化，或者治理不彻底、工作阶段性放松，都会使问题和原因重新出现和积累，导致再次爆发。有时问题存在不同层面，也有不同的作用机理和方式，由于认识和重视不足，会使问题向深层次和另一个侧面转化。而一般电厂的专工在制定检修计划时只会依据自己的管理经验加上集团内其他电厂的事故案例作参考，防磨防爆检查效果的好坏很大程度上受限于专工个人水平的高低，这种检查方式局限性大而且容易发生过检和缺检情况。

### 3.2. 承包商水平参差不齐

目前大部分电厂防磨防爆检查项目都会采取招投标方式委托承包商来进行检查，但防磨防爆检查目前国内没有对公司或个人有相应的资质认定，很难判断防磨防爆承包商队伍能力水平。有的承包商队伍专业但价格较贵，有的承包商队伍业余但价格低廉，在当前流行“低价中标”的机制下往往是价格低廉更占优势。再者防磨防爆检查虽然是以经验为主，但其实对检查人员的综合能力要求较高，不仅要熟悉锅炉，还要懂运行、焊接、材料、设计、力学、无损等各种专业知识，而且还要会分析问题并找出解决措施，很多承包商队伍可能缺少这样的人。所以在承包商队伍能力无法保证的情况下，检查质量自然大打折扣。

### 3.3. 检修周期过短

目前大部分电厂除了 4~6 年一次大修外, 其余检修均为小修, 小修周期一般在 20~25 天左右, 除去前期停炉冷却时间、检查完后的返修整改处理时间和检修末期的水压试验、调试运行时间, 留给防磨防爆检查的时间窗口其实是比较紧张的。检查时间不充分自然导致检查效果不理想。

### 3.4. 检查结果延续性

防磨防爆检查讲究的是对检查结果的延续性跟踪、对比和反馈, 这就要求防磨防爆检查队伍相对固定。比如某承包商队伍检查发现某一块受热面管子受烟气冲刷减薄, 由于未超标只是后期跟踪检查, 但由于第二年更换了承包商队伍, 可能因该承包商队伍不专业而没有对以前检查记录进行有效跟踪或根本就没有查阅以前缺陷记录最后导致漏检。另外承包商队伍不同, 防磨防爆检查资料的记录方式也是各不相同, 这会造成历年的检查资料无法延续性跟踪统计利用。

### 3.5. 图档资料不齐全

锅炉防磨防爆要查好需要大量数据支撑, 这就涉及到大量设备台账数据、检修记录数据、图纸资料等相关信息数据, 然而有时候由于电厂岗位人员流动、管理混乱等原因经常缺少一些必要的检查资料, 如强度计算书或受热面图纸信息等。必要资料的缺失对防磨防爆工作检查有几点影响: 一是影响结果判断的准确性, 比如承包商由于不熟悉管材分布信息又没有图纸资料参考出现误判导致爆管泄漏; 二是影响检查记录的准确性, 没有图纸资料参考承包商很有可能会记录错误的管材信息而一直沿用下去, 这样的检查记录没有参考价值; 三是影响检查目的明确性, 没有以往检修数据记录资料作参考, 很可能使承包商在检查过程中充满疑惑和盲目性, 没有办法做到有的放矢。

## 4. 可视化信息化防磨防爆管理系统

可视化信息化防磨防爆管理系统, 是一套面向锅炉设备的管理系统。它以 1:1 三维高保真模型为基础[3], 将锅炉系统设备的基础台账数据、检修数据、设备风险分析数据、运行监督数据等进行三维数据交互与展示, 达到通过信息技术赋能传统防磨防爆管理的目的。系统设计效果如下:

### 4.1. 三维模型展示

整体模型可根据不同需求展示想要的信息。如模型界面有查询功能、导航功能、设置功能、信息展示功能等。例如查询功能可根据设备列表信息直接查询模型中的某一零部件信息, 也可通过输入关键字直接查询或点击模型查询所需信息。模型可放大缩小拉近调远旋转平移, 可展示总图、分图、甚至零件图, 层层剥离, 逐级显示, 也可根据颜色展示系统材质分布快速查找设备部件, 总之使用者能直观立体的找到想要查询的位置, 方便管理者与各承包商沟通交流确认锅炉位置, 省去了跑现场的麻烦。当然使用者也能用便携式移动展示设备在现场核对确认模型中的相关零部件缺陷位置, 将模型与现场无缝结合。

### 4.2. 设备台账

设备台账管理用于对设备基础信息台账数据管理与查询等。设备涵盖锅炉各个受热面系统, 可实现对各系统基本参数快速查询, 支持锅炉设备相关图档资料、改造记录、检修记录、检修报告等文件资料统一归档集成于该管理系统中, 并可随时查询与下载, 极大方便了工作且提供的资料准确可靠, 同时避免因人员流动而流失重要资料。

### 4.3. 检修管理

在制定检修计划时,该系统会基于历史检查中遗留问题、历史超温数据、历史测厚数据、历史检查区域记录、氧化皮检测数据等多个维度依据某种算法对各个受热面区域进行风险评估打分进而形成重点检查区域推荐[4],可帮助专工制定有针对性的检查计划,达到精准检修目的。

在检修过程中,管理者也可通过该系统查询检查进度,缺陷处理情况等信息有效掌控现场检修情况,确保现场不漏检不过检,不遗漏任何一个缺陷的处理与闭环。检修结束后,该系统可根据检修过程中产生的缺陷数据和处理情况生成检查总结报告。

承包商队伍可根据专工制定的精准检修计划对重点隐患区域有针对性地进行检查跟踪,既避免了漏检和过检又提高了效率缩短了检查工期。同时承包商队伍根据该管理系统的应用要求,统一了检查记录和报告格式,可实时将检查数据信息输入到该系统中存储,成为数据库的一部分,方便以后数据统计利用。

### 4.4. 数据分析

防磨防爆检查的数据分析可由两种方法来实现。一是通过分析缺陷成因统计、缺陷时机产生、缺陷位置对比三块内容的不同组合方式,再根据历史检测数据横向纵向对比,能挖掘出多种隐藏的价值信息。二是以热力图为主要数据展现手段,通过接入电厂 SIS 系统结合温度场计算模型,呈现系统空间温度分布状态[5]。通过上述两种方法可生成报警数据和趋势分析,为锅炉运行和检修提供参考。

## 5. 结束语

通过对可视化信息化防磨防爆管理系统的应用,培养和提高了一批专业的防磨防爆管理队伍,使电厂的管理经验得到积累和传承。管理者与承包商通过使用该系统进行高效的沟通与配合,更好地掌握设备健康状态,在有限的检修时间内,实现精准高效检修与管理。

## 参考文献

- [1] 赵晓鹏,赵飞,倪永中. 锅炉受热面风险评估与信息化管理的研究[J]. 华电技术, 2018, 40(5): 21-24.
- [2] 章德龙. 锅炉设备及其系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 289-290.
- [3] 金德恒. 三维可视化在电厂锅炉防磨防爆中的应用[J]. 设备管理与维修, 2017(11): 56-57.
- [4] 张俊东,郭枫,周潮涌. 锅炉防磨防爆可视化信息化管理[J]. 电力系统装备, 2019(23): 220-221.
- [5] 黄正来,李小磊,陈阿小,等. 锅炉防磨防爆工作信息化管理[J]. 电力系统装备, 2021(1): 141-142.