

# 锅炉水压试验中压力保持与泄漏检测的关键技术研究

虞刚

南京南锅动力设备有限公司

**摘要：**本文主要研究锅炉水压试验里压力维持和漏点检查的核心技术。先从锅炉水压试验的基础内容讲起，把这些基础内容弄明白，后面的研究才能顺利推进。接着仔细分析压力维持技术，这里面包括支撑这项技术的理论知识、操作过程中需要重点把控的参数，还有技术本身的新改进和实际用在哪些地方。另外，也会对漏点检查技术做详细探究，像检查时用到的原理和方法、相关设备与技术最近有哪些新发展，以及这些技术在水压试验里具体怎么用。除了这些，还会聊聊水压试验的自动化和智能化发展，比如自动化控制系统是怎么设计出来并投入使用的，还有智能化监测技术在试验中的应用情况。

**关键词：**锅炉水压试验；压力保持技术；泄漏检测技术；自动化控制

## 一、锅炉水压试验基础

锅炉水压试验是保障锅炉安全运行的关键步骤，具体操作是给锅炉的受压部件施加比正常工作时更高的水压，以此检查锅炉够不够结实、有没有漏水的地方。做这个试验的时候，得严格按照相关的标准和规定来，还得把试验过程里的各项数据控制得很精准，这样才能让试验结果更准确、更可信。锅炉水压试验的基础内容挺多的，像试验的基本原理、要达到的目的、需要满足的条件，还有试验开始前要做的准备工作等等都包含在内。这些基础内容也为后面研究怎么保持压力、怎么检测泄漏等技术打下了扎实的底子。

## 二、压力保持技术研究

### 2.1 压力保持的理论基础

压力保持的理论基础需要结合流体力学、热力学和材料力学等多学科知识。在锅炉水压试验中，要让压力稳定住，就得先搞清楚试验系统里压力变化的规律。从流体力学的角度来看，封闭系统里的压力变化和系统体积、介质温度、外部作用力这些因素都有关系。所以试验时得把试验介质的温度、系统体积、外部加载力这些参数控制好，这样才能让系统压力保持稳定。另外，材料力学的知识也很重要。锅炉里那些承受压力的部件，它们的强度和刚度会直接影响能承受多大压力。所以在做试验之前，得仔细检查这些部件的强度够不够、刚度达不达标，确保它们能满足试验的要求。

### 2.2 压力保持过程中的关键控制参数

在压力保持过程中，几个关键参数需要重点关注，比如试验用的介质温度、系统体积有没有变化，还有外部加载力的大小和稳不稳定。试验介质的温度得控制得特别准，这是最基础的一步。因为温度要是忽高忽低，介质的膨胀程度就会跟着变，系统里的压力自然也会受影响。所以得用精度高

的温度控制设备，尽量让温度在设定的范围里波动很小。

系统体积的变化也不能大意，它和系统内部压力怎么分布直接相关。这就得靠精密的测量工具实时盯着体积变化，再用补偿装置及时调整。

外部加载力的大小和稳不稳定同样会影响压力保持的效果。得用精度高的加载设备，还要配上稳定的动力来源，这样才能保证加载力既准确又持续稳定。

除了这些参数，试验介质干不干净也很重要。要是介质里有杂质，可能会改变它的物理特性，比如粘度、密度之类的，这对压力稳定没好处。所以试验前得好好过滤和净化介质，确保它的纯净度符合要求。另外，试验环境的温度、湿度这些外部条件也可能对压力保持有影响。试验的时候得实时监测和记录这些条件，方便及时调整参数，让压力能稳定保持住。

具体操作的时候，控制试验介质温度不仅要选对高精度的设备，还得结合不同锅炉的特点和试验要求，把温度范围设定得精准些，同时明确温度波动的允许范围。监测系统体积变化时，测量装置的精度要足够高，补偿装置也得能快速反应体积变化并及时调整，这样才能维持系统压力稳定。

### 2.3 压力保持技术的创新点与应用

在锅炉水压试验里，压力保持技术的创新和实际使用，对试验能不能准确进行、有没有安全保障影响很大。过去常用的压力保持技术，大多靠人工盯着数据、手动操作设备，这样做不仅花时间多、效率低，还容易因为人为操作出问题。不过现在科技发展快了，压力保持技术也有了新变化。比如说智能化控制系统的加入，就是压力保持技术里一个新的重要尝试。把先进的传感器、控制器和执行器组合起来用，就能随时盯着试验时的压力、温度这些关键数据，还能自动

调整参数。这种系统不用人总盯着操作, 试验的自动化水平提高了, 人为操作带来的误差和风险也少了很多。

另外, 用新的密封材料和优化过的密封结构, 也让压力保持的效果好了不少。这些新材料能承受更大的压力, 不容易被腐蚀, 密封效果也更可靠, 能有效避免试验时出现泄漏的情况。同时, 调整后的密封结构设计, 也让整个试验系统运行起来更稳定、更可靠。这些新方法在实际试验里已经用了很多次, 效果都经过了验证。像大型锅炉做水压试验时, 用上智能化控制系统和新型密封材料, 试验完成得更快、结果更准, 试验过程也更安全。

还有远程监控和数据分析技术结合起来用, 也给压力保持技术增加了新的功能。通过物联网技术, 试验时产生的数据能实时传到云端平台, 工程师不用在现场, 也能随时查看试验的情况, 发现可能存在的问题。而且用大数据分析还能推测设备接下来的性能变化, 提前做好预防措施。这种技术结合的方式, 让试验的操作更灵活, 也能给之后设备的维护和改进提供有用的参考。有一家电力公司就试过用远程监控和数据分析技术, 结果锅炉水压试验花的时间缩短了, 设备维护的成本也降低了, 能看出来这些新技术在工业领域能发挥很大的作用。

### 三、泄漏检测技术研究

#### 3.1 泄漏检测的原理与方法

泄漏检测的核心逻辑, 是通过捕捉系统运行中的压力波动、进出流量的不一致, 或是声波、温度这类物理信号的异常来实现的。具体操作时会用到不同方法。比如直接压力法, 就是盯着系统内部的压力数值变化——要是压力突然下降, 大概率是有地方漏了, 这种方法常用来检查储气瓶、输送管道这类设备。流量平衡法的思路不一样, 它会对比系统入口和出口的流量数据。如果进来的量比出去的多, 就说明中间可能有泄漏点, 液体输送管网常用这种方式排查问题。

声发射检测法则更关注声音信号。泄漏发生时会产生特定频率的声波, 用专用设备捕捉这些信号, 就能精准找到泄漏的位置, 这种方法反应快、能及时发现问题。红外热成像检测法的原理是温度变化。泄漏会导致周围区域温度异常, 比如高温管道漏了会让附近温度升高, 用红外设备扫描就能看到温度异常区域, 进而定位泄漏点, 这种方法在高温高压的工业场景里用得比较多。

#### 3.2 泄漏检测设备与技术的最新进展

在锅炉水压试验里, 泄漏检测设备和技术的变化对试验准不准、安不安全影响很大。现在科技发展快, 泄漏检测领域出现了不少好用的设备和技术, 让锅炉水压试验做得更快、更靠谱。新型高精度传感器技术用在检测设备上, 能捕捉到特别小的压力变化、流量差异, 还有声音、温度相关的信号, 让泄漏检测更灵敏、更准确。这些传感器分辨率高、噪声少, 在复杂环境里也能稳定工作, 能帮着早点发现泄漏问题。

智能化检测系统的开发也是泄漏检测技术的一个亮点。把先进算法和人工智能技术加到系统里, 系统能自动分析检测数据, 快速判断有没有泄漏, 还能确定泄漏的位置和程度。这种系统不用人手动分析, 减少了人为因素的影响, 检测结果更客观。

无线传输技术的加入让泄漏检测更方便。通过无线方式把检测数据实时传到监控中心或者手机、平板上, 操作人员不管在哪都能知道试验里的泄漏情况, 及时采取措施。这种远程看数据的方式, 不仅提高了工作效率, 还让试验过程更安全。

多传感器融合技术在泄漏检测里也挺有用。把不同传感器的数据合起来分析, 比如压力、流量、温度、声音这些信息一起看, 能更全面地判断有没有泄漏, 减少误报和漏报的情况, 让检测更可靠。

虚拟仪器技术在泄漏检测设备里用得越来越多。虚拟仪器以计算机为核心, 用软件实现仪器功能, 灵活度高、开发快、容易升级维护。在锅炉水压试验泄漏检测中, 用虚拟仪器技术做的检测系统, 可以根据试验需求调整检测参数和功能模块, 适合不同规模和复杂程度的试验。

新型材料在泄漏检测设备制造中的应用也不能忽视。一些高性能、耐腐蚀、抗干扰的材料被用来做传感器和设备的关键部件, 让设备在恶劣环境里更稳定、用得久, 保证设备长期使用时性能可靠。

#### 3.3 泄漏检测在水压试验中的应用

在锅炉水压试验里, 能不能及时发现泄漏特别关键。像现在常用的一些先进检测工具和技术, 要是能用到水压试验的流程里, 就能随时盯着有没有可能漏的地方, 还能准确找到漏点在哪儿。这些工具和技术能很快察觉到泄漏带来的变化, 比如压力不稳、水流不对劲之类的信号, 然后马上发出提醒。操作人员拿到这些准确信息, 就能赶紧采取办法, 不

让泄漏的问题变得更严重。要是再配上智能检测系统，还能自动分析泄漏的情况，看看问题到底有多大，这也能给后面修锅炉或者改进试验方法提供靠谱的依据，让整个水压试验更安全、更稳当。

实际用的时候，泄漏检测技术可以根据锅炉水压试验的具体情况调整。比如说处理大型锅炉的时候，就可以用分布式的传感器网络，在容易出问题的地方装很多高精度的传感器，这样每个角落都能监测到。要是碰到小型锅炉或者有特殊要求的试验场景，选那种方便携带的检测设备就行，拿起来就能用，还能随便移动着检测。另外，把这些检测工具和数据收集系统、监控软件连在一起，就能形成一套完整的泄漏检测办法。这样不仅能从头到尾盯着试验的整个过程，还能分析收集到的数据，让泄漏检测的速度更快、结果更准。

#### 四、水压试验的自动化与智能化

##### 4.1 自动化控制系统的设计与实现

自动化控制系统在水压试验里起着关键作用，它的设计和搭建得把试验的特殊要求和复杂环境都考虑进去。这套系统的核心是先进的控制算法，通过把传感器、执行器和通信模块整合到一起，形成了一套高效又稳定的自动化控制网络。在设计的时候，得先把试验的整个流程摸清楚，搞明白每个环节要控制什么、参数范围是多少，这样系统才能准确应对试验过程中出现的各种变化。而且系统还得能灵活调整、方便扩展，这样才能满足不同大小、不同压力等级的锅炉水压试验需求。在实际搭建的时候，用了模块化的设计思路，把系统分成数据采集、控制决策、执行控制等好几个功能模块，这样开发和维护起来都更方便。另外，系统还做了容易操作的人机界面，操作人员能直接看到试验的情况，随时调整控制参数，保证试验能顺利进行。

##### 4.2 智能化监测技术在水压试验中的应用

智能化监测技术把高精度传感器、智能算法和数据分析平台结合起来，能实时掌握水压试验的整个过程，还能根据情况动态调整优化。它可以自动收集压力、温度、流量这些不同方面的参数，再通过边缘计算模块先处理一遍数据，把干扰信号过滤掉，让数据更可靠。用机器学习算法搭建的故障预测模型，能提前发现可能存在的泄漏风险，再配上数字孪生技术生成的三维可视化报告，操作人员就能更快找到问题点。系统还支持多个终端一起监控，管理人员用手机或者平板就能远程看试验状态，收到自动发过来的预警信息，让

试验过程的安全管理更到位。

智能化监测技术还有自己调整的能力，试验环境变了，它能自动优化监测的方法。比如温度变化大的时候，系统会调整传感器收集数据的频率，保证数据采集不断、准确。通过深度学习算法分析过去的试验数据，系统能让故障预测模型越来越准，形成“感知数据-分析情况-做决策-反馈结果”的循环控制体系。这种智能化的监测方式，不仅让试验时间变短，还减少了人为操作的错误，给锅炉水压试验提供了全面的数字化支持。

#### 结语

在锅炉水压试验这个领域，压力维持和泄漏检查技术的不断更新，对保证试验安全、提高试验效率来说意义重大。像智能化监测技术用得越来越多后，我们不光能对试验过程进行实时、准确的监控，还慢慢形成了一套高效又靠谱的故障预判和处理办法。这些技术的结合与发展，推动了锅炉水压试验技术的整体进步，也给相关行业的安全生产提供了有力支持。未来，随着科技的不断进步，我们有理由相信，锅炉水压试验技术将迎来更加广阔的发展前景。

#### 参考文献

- [1] 蒋鹤清;李斌;王旭东;余峰. 超超临界锅炉水压试验实践[J]. 工程机械文摘. 2024(06):7-11.
- [2] 董艳红. 浅谈锅炉安装压力试验及漏风试验工艺[J]. 中国设备工程. 2021(15):203-204.
- [3] 栾东存;焦昌锋;魏荣荣;吕军飞. 关于电站锅炉四大管道水压试验重要问题的探讨[J]. 西部特种设备. 2023,6(02):30-38.
- [4] 李发潜;成兴;李雨风. 基于风险评估的锅炉检验方法研究. 中国质量监管, 2024(04):104-105.
- [5] 吕守春;马登攀;崔文涛. 锅炉检验检测技术创新研究. 中国质量监管, 2024(12):98-99.