# Research on Lean Maintenance Management of Supercritical Boilers under the New Situation

**Chuanji Deng**

Guizhou Jinyuan Chayuan Power Generation Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 551802, China

**Abstract**

With the continuous advancement of the construction of the new power system in China, the thermal power industry has gradually shifted its focus from power supply to flexible peak regulation and reliable power guarantee. As the core equipment of thermal power units, supercritical boilers are confronted with new challenges including increased start-stop cycles, drastic load fluctuations, complex operating conditions and stringent environmental requirements. The traditional extensive maintenance management mode can no longer meet the demands for high-quality equipment operation. Supercritical boilers operate under high temperature, high pressure, large capacity and precise parameters, featuring complex structures and closely interconnected systems. Even minor maintenance errors may lead to equipment failures, higher energy consumption and excessive pollutant emissions. To address the drawbacks of traditional maintenance, such as low efficiency, potential safety hazards, high costs and recurring faults, thermal power enterprises must adopt lean management concepts to restructure the maintenance management system for supercritical boilers. This transformation shifts the working mode from passive emergency repair to active pre-control, and from extensive maintenance to refined quality improvement, which is an inevitable choice for thermal power enterprises to break through development bottlenecks and enhance core competitiveness. Based on the industrial requirements under the new situation and the characteristics of supercritical boilers, this paper systematically studies the value and implementation approaches of lean maintenance management, providing theoretical and practical references for the modernized management of boilers in thermal power plants.

**Keywords**

new situation; supercritical boiler; lean maintenance; equipment management

# 新形势下超临界锅炉精益化检修管理研究

邓传记

贵州金元茶园发电有限责任公司，中国·贵州 毕节 551802

**摘　要**

随着国内新型电力系统的建设不断推进，火电行业逐渐由原来的以供电为主转变为以灵活性调峰、兜底保供为主，超临界锅炉作为火电机组的核心主力设备，面临着启停次数增多、负荷变化大、运行环境复杂、环保要求严格等新的情况，传统的粗放式检修管理模式已经不能满足设备高质量运行的要求。超临界锅炉具有高温、高压、大容量、参数精密的运行特点，设备结构复杂、系统联系紧密，微小的检修失误都会造成设备故障、能耗增加、环保超标等状况。为了破解传统检修模式效率低、隐患多、成本高、重复性故障突出的难题。在此情况下，引进精益化管理思想，重新塑造超临界锅炉检修管理体系，由“被动抢修”变为“主动预控”，由“粗放检修”转变为“精细提质”，成了火电企业冲破发展瓶颈、加强核心竞争力的必然之路。本文根据新形势行业需求和超临界锅炉设备特性，对精益化检修管理的价值及实施途径进行系统地研究，给火电锅炉设备现代化管理提供理论和实践的支撑。

**关键词**

新形势；超临界锅炉；精益化检修；设备管理

## 1 引言

在“双碳”目标与新型电力系统快速构建的行业新环境下，风电、光伏等新能源大规模并网，其间歇性、波动性、随机性等特点使电网供需平衡压力急剧增大，火电机组的功能定位也发生了根本性的变化，由原来的常态化带基荷运行转变为电网调峰调频、兜底保供的核心支撑电源。超临界锅炉具有热效率高、能耗低、容量大等优点，是目前 300MW 到 1000MW 主力火电机组的主要设备，担负着保证电网稳定、弥补新能源发电缺口的任务。

## 2 新形势下超临界锅炉精益化检修管理价值

### 2.1 筑牢设备安全防线，降低机组故障风险

超临界锅炉运行参数高、承压部件多、系统耦合性强，水冷壁、过热器、再热器、省煤器等受热面设备，以及燃烧系统、风烟系统、制粉系统任一环节出现隐患，都会引起泄

【作者简介】邓传记（1990–），男，中国云南宣威，本科，助理工程师，从事超临界火电厂锅炉检修研究。

漏、爆管、灭火、超温超压等重大安全事故，造成机组非计划停机，甚至造成设备损坏、人员安全风险。传统的定期检修方式存在着检修周期固定、排查范围小、隐患识别不准等缺点，很多隐性问题不能被及时发现，设备长时间处于带病工作状态，发生故障的可能性非常高。精益化检修管理以“零缺陷、零隐患、零故障”为最终目的，依靠标准化、精细化、全过程的管控手段，达到对设备隐患全方位排查、准确识别、彻底治理的效果。通过细化检修项目、规范作业流程、严格控制检修质量，准确消除受热面裂纹、管道磨损、支吊架异常、辅机老化、控制系统偏差等各种隐患，从源头上避免设备故障的发生。精益化管理重视全过程风险控制，对机组调峰、启停工况下设备的薄弱环节进行预判，有针对性地开展预防性检修，大大减少由于设备突然发生故障或者安全事故造成的危害，筑牢了机组安全稳定的运行核心防线。

### 2.2 优化机组能耗水平，实现节能降碳增效

在电力市场的竞价机制中，供电煤耗、厂用电率、水耗等能耗指标直接决定着火电企业的盈利能力，超临界锅炉是机组能耗的主要设备，它的运行状况会直接影响到整个机组的能耗水平。传统的粗放式检修存在着检修精度不高、设备匹配性差、遗留缺陷多等弊端，容易造成锅炉燃烧效率低、排烟温度高、漏风率高、受热面换热效果差等问题，使机组煤耗、电耗居高不下，不但会增加运行成本，而且不能满足“双碳”目标下的节能降碳要求。精益化检修以设备最佳运行状态为目标，依靠精细化检修调整来改善锅炉燃烧工况、密封状况、换热性能、辅机运行效率。精准修复受热面磨损、积灰、腐蚀缺陷，提高换热效率；规范炉膛、烟道、风门检修，降低设备漏风率；优化制粉系统、风烟系统设备配合精度，实现燃料充分燃烧，大幅度降低供电煤耗和厂用电率。同时精准控制检修耗材、优化检修方案来减少检修过程中出现的资源浪费，达到设备运行节能和检修降本的效果，从而实现企业节能降碳的目标，符合行业绿色转型发展要求。

### 2.3 规范检修流程体系，提升设备运维质量

超临界锅炉结构复杂、检修项目繁多、技术标准严格，传统的检修方式缺少标准化的流程控制，作业随意性强、检修工艺不统一、质量验收松懈、责任不明晰等问题时有发生，容易造成检修质量缺陷、重复检修、过度检修等现象。部分检修工作只是对表面进行修复，没有从根本上消除设备的根源性故障，造成故障反复出现，增大了检修的工作量和成本，并且还会不断缩短设备的使用寿命。精益化检修管理依靠标准化体系、精细化控制、全流程追溯的管理模式，重新塑造锅炉检修作业规范。细化各个设备、各个工序的检修标准、工艺要求、验收指标，使检修作业标准化、规范化；建立责任到人、全程追溯的管控机制，杜绝违规作业、敷衍检修问题；对设备状态进行精准评估，区分出必要的检修和过度的检修项目，合理安排检修方案，防止隐患留置，减少无效检修作业。长期实行可持续提高锅炉设备检修质量、规范运维管理、延长设备使用寿命、提高设备健康水平的措施。

### 2.4 适配行业转型趋势，提升企业核心竞争力

在新的形势下，火电行业由原来的粗放式发展转向了精细化、智能化、绿色化、高效化的方向，电网调峰的要求越来越高，环保排放的标准越来越严格，电力市场的考核标准也越来越高，对火电设备运维管理能力提出了新的挑战。传统的检修管理模式效率低下、质量低劣、不相适应，不能满足机组灵活运行、高标准环保、低成本经营的要求，成为企业高质量发展的瓶颈。精益化检修管理是火电企业转型升级的主要抓手，依靠设备运维精细化、管理体系标准化、技术应用智能化，全面提高超临界锅炉设备的工况适应性、环保达标性、经济运行性。一方面可以很好地适应机组频繁启停、深度调峰的复杂工况，保证设备在变负荷工况下稳定运行；另一方面可以准确控制烟气排放、粉尘、氮氧化物等环保指标，避免环保超标的风险；并且通过降本增效来提高机组竞价的优势，使火电企业在电力市场竞争中占据主动地位，全面提升企业的安全生产、经营管理、绿色发展综合竞争力。

## 3 新形势下超临界锅炉精益化检修管理路径

### 3.1 完善标准化检修体系，夯实精益化管理基础

标准化是精益化检修的基础，针对目前超临界锅炉检修标准不具体、流程不规范、责任不明晰的问题，要创建起全方位、分层次、可操作的标准化检修管理体系。首先，根据超临界锅炉设备技术规范、行业规程、机组运行特性，对专项检修标准体系进行修订完善，细化水冷壁、过热器、再热器、制粉系统、风烟系统、燃烧系统等各个模块设备的检修项目、工艺标准、精度要求、验收指标，摒弃笼统化、经验化的传统检修标准，使每一道工序、每一项作业都有标准可依。其次，规范全流程检修作业流程，创建起“检修策划—方案审批—现场作业—质量验收—复盘归档”的全流程闭环管理体系。检修前根据设备的历史故障记录、运行数据、状态监测结果，准确制定出个性化的检修方案，确定检修的重点、风险点、质量控制点；检修时严格按照工艺标准执行，做好安全技术交底工作；检修结束后进行分级质量验收，防止出现不合格的检修作业。建立岗位职责标准化体系，明确管理人员、检修人员、验收人员的岗位职责和考核标准，把检修质量、隐患治理、设备状态与绩效考核挂钩，压实管理责任，从制度上保证精益化检修的落实。

### 3.2 推行状态化精准检修，替代传统定期检修

传统的固定周期定期检修方式不能适应新形势下机组变工况运行特点，容易造成过修浪费、漏修留患的问题，精益化检修核心转型方向为状态检修、精准预控。依靠超临界锅炉在线监测系统、振动监测、温度监测、壁厚检测、烟气分析等各种监测数据，创建设备状态评价模型，及时剖析设备运作的健康状况，准确找出设备老化的趋向、隐蔽的毛病

和潜在的危险点。根据设备状态评价结果来动态调节检修周期和检修项目，抛弃固定检修模式。运行状态稳定、性能良好、需要定期维护的设备，可适当延长检修周期，避免因过度检修造成资源浪费、设备损坏；对调峰工况中故障率高、性能下降快、存在隐性隐患的薄弱设备，应尽快实施预防性检修，准确排除早期故障，防止故障蔓延。同时建立故障溯源分析机制，对锅炉的各种故障、异常工况做深层次的分析，找出管理和技术上的不足，改进检修方案，由原来的“事后抢修”变为现在的“事前预控、精准施治”，大大提高检修效率和治理效果。

### 3.3 依托数字化技术赋能，提升检修智能化水平

智能化、数字化是精益化检修升级的新形势下强有力的支撑，可以很好地解决传统检修人工排查精度低、数据追溯难、管控效率低的问题。首先创建超临界锅炉设备的数字化运维管理平台，把设备运行数据、检修记录、隐患台账、试验数据、备品备件信息等整合起来，从而达到设备全生命周期数据可视化的目的，给检修决策赋予准确的数据支撑。其次，采用智能化检修技术及设备，使用无人机炉膛巡检、管道无损检测、红外测温、振动在线监测、AI 故障识别等新技术代替传统的手工巡检，准确找到炉膛积灰、管壁裂纹、设备过热、管道磨损等人工无法察觉的潜在危险，从而提高隐患排查的精确度和速度。借助大数据以及人工智能技术，对设备的运行规律加以分析，并预估设备故障的发展趋向，从而提早制订检修计划，达成智能化预控的目的。另外建立数字化检修管控系统，对检修方案实行线上审批，对作业过程实施实时监控，对质量验收实行线上留痕，对检修数据实行自动归档，提高检修全流程的管控效率，促进精益化检修向智能化发展。

### 3.4 强化人才与运维管控，构建长效精益机制

精益化检修要落实到具体的操作中去，必须有专业的技术人员和持续的管理机制。依照超临界锅炉高温高压、精密化运作的设备特性，展开专项技术培训，包含设备结构、检修工艺、精益管理、数字化操作、故障剖析等关键内容，提高检修人员的专业水平和精细作业意识，防止人为的检修问题。建立技术考核和技能比武制度，培养高素质、专业化运维检修队伍，给精益化管理提供人才保障。同时，创建起常态化的运维管控体系，把精益化思想嵌入到日常巡检、定期保养、故障处置、设备保养的全部环节当中。细化日常巡检清单，重点针对调峰工况下设备的薄弱环节开展巡检维护工作，规范设备日常保养流程，定时开展清灰、润滑、校准、密封修复等基础保养活动，减缓设备的老化速度，建立起检修复盘机制，每次检修完毕之后，对作业亮点和不足之处加以总结，改进检修方案和管理流程，不断更新升级精益化检修体系。加强备品备件精细化管理，精准储备、规范管控，保证检修作业顺利进行，创建起常态化、长效化的精益检修管理格局。

## 4 结语

新形势下电力行业转型升级，对超临界锅炉设备运维管理提出更高的、更精细的要求，传统的粗放式检修管理模式已经不能适应机组安全、经济、环保、灵活运行的发展需要。精益化检修管理是以标准化、精准化、智能化、常态化为特点，可以很好地解决传统检修隐患治理不到位、检修效率低、设备能耗高、故障重复出现等难题，具有较好的设备安全稳定运行保障能力、降低机组能耗成本、提高设备运维质量、增强企业市场竞争力的应用价值。通过采用该管理模式可以明显改善超临界锅炉设备的健康状况，缩减非计划停机次数，削减能耗和检修费用，助力火电机组适应灵活性调峰工况，践行绿色低碳发展思想，给火电行业高质量、可持续转型升级赋予关键的设备管理支撑。

## 参考文献

[1] 吴志强,李海波,廖升,高捷,吴建群,韩金克,于敦喜.660MW超超临界燃煤锅炉掺烧超级芦竹颗粒试验研究[J].煤炭学报,

[2] 陈科峰,郭隆真,孟晓超.超临界对冲锅炉最低稳燃过程参数变化及经济性分析研究[J].山西电力,2026,(02):62-67.

[3] 汪瑞平,梁顺.基于磨损机理分析的350MW超临界循环流化床锅炉格栅防磨技术优化研究[J].电力设备管理,2026,(08):116-118.

[4] 刘崇政,权新发,李大中,熊活进,史永庆.超临界锅炉高效化学清洗技术研究[J].化学工程师,2026,40(04):91-95.