

# Research on the Transformation Plan of Deep Peak Regulation for Domestic Million-unit Generating Units

Dapeng Gu Zhen Li

State Power Investment Group Xiexin Binhai Power Generation Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224500, China

## Abstract

This paper deeply studied the necessity, different technical schemes and the expected implementation effect of the deep peak shaving retrofit of one million units in China. With the rapid development of power market and renewable energy, the efficiency and environmental protection performance of one million units decrease at low load. This paper analyzes the advantages and disadvantages of various retrofit schemes based on the investigation of domestic and foreign technology development, and puts forward some retrofit proposals based on the actual situation of domestic power market. In addition, the paper also detailed the implementation plan and predicted the transformation of the economic, environmental and technical benefits. On the whole, it is very important to improve the flexibility and adaptability of power system, and it is of great significance to the sustainable development of power industry.

## Keywords

million units; power market; environmental protection; technical solutions; economic benefits; environmental benefits

## 国内百万机组深度调峰改造方案研究

顾大鹏 李震

国家电投集团协鑫滨海发电有限公司, 中国 · 江苏 盐城 224500

## 摘 要

论文深入研究了国内百万机组深度调峰改造的必要性、不同的技术方案及预期实施效果。在电力市场和可再生能源快速发展的背景下, 百万机组在低负荷运行时效率下降, 环保性能降低, 迫切需要进行深度调峰改造以提升运行效率和环保性能。报告通过对国内外技术发展现状的调研, 分析了各种改造方案的优缺点, 并提出了基于国内电力市场实际情况的改造建议。此外, 论文还详细规划了实施计划, 并预测了改造带来的经济、环保和技术效益。总体而言, 深度调峰改造对于提高电力系统的灵活性和环境适应能力至关重要, 对于实现电力行业的可持续发展具有重大意义。

## 关键词

百万机组; 电力市场; 环境保护; 技术方案; 经济效益; 环保效益

## 1 引言

随着全球能源转型和可再生能源的快速发展, 电力系统正面临前所未有的挑战和机遇。此背景下, 中国对电力调峰能力的需求显著增加。百万机组作为电力系统的关键组成部分, 需要应对电网负荷变化和环境保护的要求。传统百万机组在低负荷运行时效率下降, 污染物排放增加, 影响电力系统经济运行和环境保护。

深度调峰改造是提升百万机组运行效率和环保性的关键。此改造可提高机组在宽负荷范围的调节能力, 降低污染物排放, 适应电力市场和环保需求。但改造技术复杂, 投资成本高, 且存在技术和经济风险, 需要全面研究和规划。

论文综合研究国内百万机组深度调峰改造的必要性、

技术方案和实施效果。通过调研现有技术, 结合国内电力市场实际, 提出符合国内特点的改造方案。研究涵盖技术设计、经济分析、环境影响评估及实施计划, 旨在为决策者和专家提供参考和建议。

## 2 国内外技术调研

### 2.1 国际技术发展概述

全球范围内, 电力行业正经历着深刻变革, 深度调峰技术的发展成为重要趋势之一。在发达国家, 由于电力市场的成熟和环保要求的严格, 深度调峰技术已经取得了显著进展。这些国家在提高传统燃煤电站调峰能力方面投入了大量研究和实践, 取得了包括热力系统优化、燃烧优化、低负荷运行技术等多方面成果。

### 2.2 国内技术发展现状

在中国, 随着电力市场的快速发展和清洁能源比重的不断提升, 深度调峰技术也越来越受到重视。国内多家电力

【作者简介】顾大鹏(1990-), 男, 中国江苏滨海人, 本科, 工程师, 从事电力工程技术研究。

企业和研究机构积极开展了相关技术的研发和应用试验。主要包括热力系统改造、智能控制系统引入、排放控制技术改造等，旨在提高机组的调节范围和环境性能。

### 2.3 技术路线比较

深度调峰技术的不同路线具有独特特点和适用条件。热力系统改造通过优化设备和流程，提升宽负荷范围内的效率和灵活性。智能控制系统利用先进策略增强响应速度和操作灵活性。排放控制技术则通过脱硝、脱硫设备改进，有效减少低负荷运行时污染物排放。

每种技术都有优势和局限。热力系统改造虽提升整体性能，但成本高，施工周期长。智能控制系统增强灵活性，但要求操作人员技能较高。排放控制技术改造有助于环境保护，但可能影响运行效率。选择技术路线需综合考虑技术成熟度、经济性、安全性和环境影响。

## 3 改造方案的具体设计

### 3.1 省煤器高温烟气旁路烟道

省煤器旁路烟道的设置在低负荷运行时，目的是将未经省煤器加热的高温烟气（不超过 292℃）与省煤器出口烟气混合，以此提高 SCR 入口烟气温度。这一方案通过调节烟道上的挡板开度来控制烟气流量，有效调节 SCR 系统入口的烟气温度。其优势是投资成本较低、现场施工量小，且能显著提高 SCR 入口烟温。当锅炉低负荷运行时，SCR 入口烟温低于 292℃，通过抽取高温烟气与 SCR 入口烟气混合以提高温度。旁路烟道的设计包括设置关闭挡板和调节挡板，以便根据 SCR 入口烟气温度反馈调整烟量，实现精确温度控制。在实施方案时，需对锅炉尾部烟道进行局部改造，并采取烟气均流措施，以减少旁路烟气在 SCR 进口主烟气流中的温度分层现象（见图 1）。

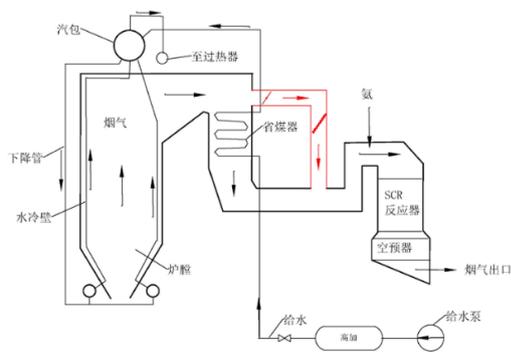


图 1 增加省煤器旁路烟道改造示意图

### 3.2 省煤器烟道风格挡板

在省煤器内增加分隔隔板将烟道分为 3 路并行通道，左右两侧烟道下部加装调节烟气挡板。低负荷时，逐步关闭两侧烟气挡板，减少省煤器换热面积的同时减少参与换热的省煤器给水流量，提高 SCR 进口烟温。

该方案系统简单，可利用锅炉原有烟气调节挡板和电

动执行机构，投资较少。田集电厂采用该方案后，发现如下弊端：

- ①挡板积灰和挡板卡涩。
- ②内部烟气温度较高，烟气隔板易变形。
- ③省煤器悬吊管受热温差较大，省煤器管排易变形。
- ④局部烟气流速过高，省煤器磨损严重，存在省煤器泄漏隐患。
- ⑤加装隔板后省煤器难以检修。
- ⑥隔板在炉内，出现故障后难以检修。

省煤器烟道分隔挡板改造示意图见图 2。

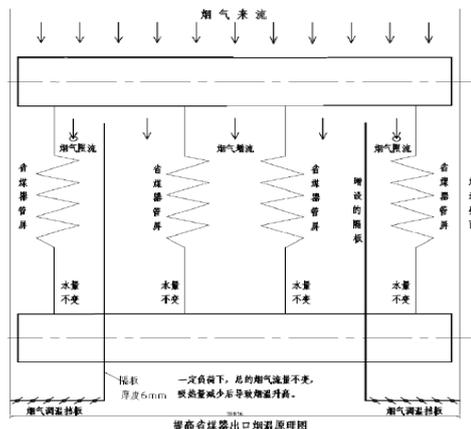


图 2 省煤器烟道分隔挡板改造示意图

### 3.3 分级省煤器布置

将 SCR 反应器前的一部分省煤器割除布置在 SCR 反应器之后，形成两段式省煤器。通过调节两级省煤器给水流量，保证 SCR 反应器入口烟气温度在适当范围，从而保证了低负荷时脱硝催化剂所需的温度要求。

省煤器分级布置改造示意图见图 3。

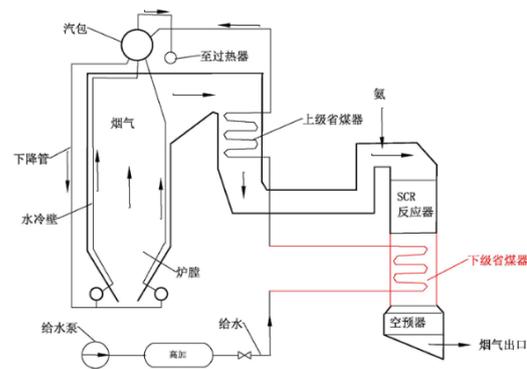


图 3 省煤器分级布置改造示意图

本方案兼顾了提温效果和安全可靠，也不影响锅炉效率。但该方案投资较大，对空间要求高，其布置难度较大，脱硝装置包括构架和基础都需要改造，也涉及省煤器系统水侧的改造，一次气阻力略有增加。

该方案实施后，烟气经过 SCR 反应器脱氮后，继续通过 SCR 反应器后的省煤器来吸收烟气中的热量，以维持空

气预热器进出口烟温基本不变。它在保证 SCR 最低稳燃及以上各种负荷正常运行的同时,保持了锅炉的热效率和其他性能指标不受影响<sup>[1]</sup>。改造后,烟气温度升高幅度较大,完全满足脱硝设备所需的工作烟温,确保脱硝设备在各种负荷下正常运行,并且改造后的催化剂脱硝反应温度位于高效温度窗口。此外,由于没有引入额外设备,只是将省煤器分为两级,因此安全性与改造前基本相同,并且对锅炉的运行方式没有任何影响。

由于该方案不改变锅炉整个热量分配和运行、调节方式,随负荷变动可调节范围大,排烟温度基本保持不变,锅炉运行经济性能得到保证<sup>[2]</sup>。

此方案缺点:一是确定了拆分受热面比例,便无法变动,设计施工时需核算高负荷下省煤器出口烟温,防止超过催化剂允许的最高喷氨温度;二是与其他几种方案相比,此方案现场施工量较大,工期较长,改造初投资较高;三是 SCR 出口烟道布置空间有限,需要另行校核脱硝构架载荷。

### 3.4 省煤器水侧再循环

省煤器水侧再循环加旁路方案,在利用炉水循环泵将炉水注入给水管道的同时,增加省煤器水侧旁路,用炉水实现省煤器的给水温度升高且省煤器流量基本不变,更大程度地减少了省煤器水侧的吸热,达到提高脱硝装置进口烟温的目的。该方案需增加高压水管路、阀门、相应控制逻辑等,系统相对较复杂,投资较大。该方案的缺点是在确保省煤器出口烟温满足脱硝运行需求时,省煤器出口温度无法保证汽蚀的安全裕度,这可能对其安全运行构成威胁。此外,再循环水通过锅炉循环泵的压力抽取,其流量控制较为困难。实施此方案还会进一步提高排烟温度,相比省煤器水侧旁路,可能导致机组热效率下降约 1.2%,影响经济性。此外,还需要改变电厂的运行控制模式,包括旁路流量调节、再循环水量调节和疏水系统的切换等。

### 3.5 0 号高加

在高压系统的 1 号高温加热器前增加一个抽汽可调式的给水加热器,低负荷时省煤器进口水温提高,降低省煤器传热温差,从而达到提升 SCR 入口烟温。该方案投资较大,对空间要求较高。

增加 0 号高加改造示意图见图 4。

在选择最合适的方案时,应综合考虑各方案的优缺点、可靠性及成功案例。如果预算有限,可以选择省煤器高温烟气旁路烟道,因为它的投资成本低且可靠性高。而如果预算充足,对安全性和长期运行效率有较高要求,分级省煤器布置可能更为合适。

每个方案都需要针对特定的运行条件和目标进行调整优化。在决策之前,建议进一步详细评估每种方案的可行性、成本效益和长期影响。

关于改造后的效果预测,首先期望的是机组调峰能力

的显著提升,这将使机组能更灵活地应对电网负荷的变化,特别是在可再生能源并网和负荷波动的情况下。环保效益方面,预计改造能有效降低污染物排放,尤其在低负荷运行时,有助于满足更严格的环保标准。最后,从经济效益的角度来看,虽然初期需要一定投资,但长期看,通过提高燃煤效率和减少维护成本,改造将降低运营成本,实现经济效益。

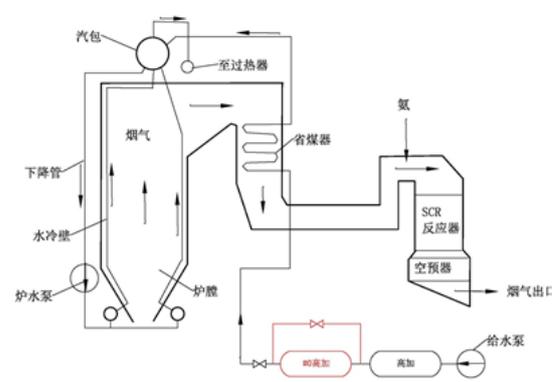


图 4 增加 0 号高加改造示意图

## 4 结论与建议

通过对电力机组深度调峰改造项目的全面分析,得出以下结论:深度调峰改造对于提高机组的运行效率至关重要,尤其是在适应电力市场需求、应对可再生能源并网和负荷波动的背景下。这种改造显著提升了机组的灵活性和环境适应能力,在降低环境污染方面发挥了重要作用。

改造过程需要综合考虑技术可行性、经济性、安全性和环境影响。选择最合适的改造方案是基于机组具体情况、运行环境和预算限制的决策过程。实施过程中,方案的调整和优化至关重要。对深度调峰技术的长期研究和开发,特别是智能控制系统和高效低排放技术的发展,将不断提升技术水平和经济效益。

在保证环保效益的同时,改造的经济性不容忽视。确保投资的合理性和长期经济效益是项目成功的关键。改造完成后,持续的性能监测和评估将确保改造效果达到预期,定期检查和维修也是确保机组长期稳定和高效运行的必要条件。

综上所述,这些结论和建议为国内电力行业的可持续发展提供了重要指导,帮助其满足日益严格的环境保护要求,从而推动行业向更高效、环保的方向发展。

### 参考文献

- [1] 康学占.提高SCR脱硝装置负荷适应性的可行性分析[J].发电设备,2015(5):225-230.
- [2] 张杨,裴煜坤,洪志刚,等.燃煤机组宽负荷脱硝技术分析[J].化工管理,2019(11):109-112.