

# 百万机组大面积断煤应急处置技术研究

曾春峰

郑州裕中能源有限责任公司, 河南 郑州 452375

DOI:10.61369/EPTSM.2026040009

**摘 要：** 本文基于百万机组大面积断煤异常事件应急处置全过程，系统分析事件发生原因与演化规律，详细阐述应急处置关键操作要点，重点针对自动控制功能存在的短板提出优化改进措施，包括优化控制系统逻辑、增设极端工况自动应急处置功能、构建断煤异常提前预警体系等，并结合设备治理与人员培训形成综合防控策略。研究结果表明，通过完善自动控制功能的自适应、容错与联动补偿能力，能够显著提升百万机组应对大面积断煤极端工况的应急处置能力，减少人工干预依赖。本文研究成果可为同类型百万机组应对类似极端工况提供理论参考与工程实践借鉴，对提升火电机组安全生产水平具有重要意义。

**关 键 词：** 百万机组；满负荷运行；大面积断煤；应急处置

## Research on Emergency Response Technology for Large-Scale Coal Shortage in Million-MW Units

Zeng Chunfeng

Zhengzhou Yuzhong Energy Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 452375

**Abstract：** Based on the entire process of this abnormal incident, this paper systematically analyzes the causes and evolution patterns of the event, elaborates on the key operational points of emergency response, and proposes optimization measures targeting the shortcomings of the automatic control function. These measures include optimizing the control system logic, adding automatic emergency response functions for extreme operating conditions, and establishing an early warning system for coal supply interruption. Combined with equipment management and personnel training, a comprehensive prevention strategy is formulated. The research results demonstrate that by enhancing the adaptability, fault tolerance, and coordinated compensation capabilities of the automatic control function, the emergency response capability of the million-ton unit in dealing with large-scale coal supply interruption under extreme conditions can be significantly improved, reducing reliance on manual intervention. The findings of this study can provide theoretical references and practical insights for similar million-ton units facing analogous extreme conditions, holding significant importance for enhancing the safety production level of thermal power units.

**Keywords：** million-unit power generation; full-load operation; large-scale coal supply interruption; emergency response

## 引言

2026年01月20日，某电厂#3百万机组发生5台给煤机同时断煤的极端异常事件，事件中暴露出自动控制系统在燃料量骤变时的调节短板，经过现场运行人员的快速响应与科学处置，成功避免了机组不安全事件的发生，积累了宝贵的实践经验。本文以该事件为研究对象，系统梳理事件发生、应急处置及机组恢复的全过程，深入分析处置过程中的关键技术要点与注意事项，重点围绕自动控制功能存在的问题提出针对性优化建议，总结处置经验并形成综合防控策略，为同类型机组应对类似极端工况提供技术支撑，具有重要的工程实践价值与学术参考意义<sup>[1-3]</sup>。

## 一、事件概况与背景

### （一）机组基本参数

#3机组为百万千瓦级超超临界直流炉机组，锅炉采用单炉膛

塔式布置、四角切向燃烧、一次中间再热、平衡通风方式，配备6台双进双出磨煤机、12台给煤机（每台磨煤机对应2台给煤机），制粉系统采用正压直吹式。机组协调控制系统（CCS）采用机炉协调控制方式，具备自动发电控制（AGC）功能，各主要调节

作者简介：曾春峰（1980.03-），男，河南商水人，汉族，本科，工程师，研究方向：火电厂锅炉技术管理。

回路自动投运率保持100%。事件发生时，#3机组满负荷稳定运行，主汽压力25.2 MPa，主汽温度605℃，热负荷1015 MW，6台磨煤机全部投运。

### （二）事件发生过程

2026年01月20日08:30，#3炉3B1、3B2、3E1、3E2、3F2共5台给煤机同时发生断煤现象，短时间内入炉燃料量急剧下降，导致锅炉燃烧出现明显扰动，主蒸汽压力开始快速下滑。监盘人员发现异常后立即启动手动干预，快速降低机组负荷，锅炉负荷由1015 MW降至874 MW时，主汽压力由25.2 MPa降至21.6 MPa，主汽压力与设定目标偏差超过2 MPa，触发机组协调控制系统（CCS）自动退出逻辑，自动发电控制系统（AGC）随之被迫退出运行。CCS系统退出后，监盘人员立即投入汽机跟随（TF）控制方式，继续降低机组负荷以匹配入炉燃料量。

## 二、断煤事件机理分析

一是燃料量骤减导致锅炉热负荷不足。5台给煤机同时断煤使得入炉燃料量短时间内大幅下降，锅炉燃烧释放的热量无法满足机组满负荷运行所需的热需求，导致锅炉蒸发量减少，主蒸汽压力快速下滑。主汽压的急剧波动超出了CCS系统常规调节范围，触发保护退出逻辑，导致系统失去自动调节能力。

二是燃烧扰动引发一次风压异常。燃料量骤减后，锅炉主控系统切换为跟随模式，一次风压设定值随实际燃料量同步突变下降，而一次风机自动调节回路存在调节滞后性，无法及时响应设定值的剧烈变化，导致一次风母管压力快速降低。一次风压不足将影响磨煤机煤粉输送效率，进一步加剧燃烧不稳定，形成“燃料量不足—一次风压下降—燃烧恶化”的恶性循环。

三是煤水比失调威胁汽水系统安全。燃料量骤减后，给水自动调节回路未设置燃料量骤变的超前补偿逻辑，给水流量调整滞后，导致煤水比严重失调，锅炉过热度、主汽温等参数出现剧烈波动。过热度过高可能导致受热面超温损坏，过热度过低则可能引发水击等事故，严重威胁汽水系统的安全稳定运行。

## 三、应急处置关键操作要点

### （一）机组控制方式快速切换

一次风压快速下降对锅炉稳燃构成严重威胁，监盘人员立即投入一层大油枪，补充锅炉热负荷，防止锅炉灭火。同时，将3A、3B一次风机动调由自动切至手动控制，手动调整一次风母管压力，并调节各磨煤机负荷风门开度至60%左右，保障煤粉输送稳定。为防止煤水比失调导致主汽温、过热度波动过大，给水调整人员同步将给水流量自动控制切至手动控制，根据锅炉热负荷变化实时调整给水流量，维持煤水比平衡。

### （二）锅炉稳燃核心操作

#### 1. 规范投油稳燃操作

当运行磨煤机中有3台及以上给煤机同时持续断煤，严重影响锅炉燃烧稳定时，需立即投入微油或4支以上大油枪进行稳燃。

投油过程中，需安排专人监视燃油压力，严禁多人同时投油，防止燃油压力波动过大或出现误操作。油枪退出后，必须严格检查进、回油流量是否平衡，排查油角阀内漏隐患，防止燃油持续进入炉膛，避免引发安全事故。

### 2. 主汽压精准控制

主汽压快速下降时，需立即降低机组负荷，或解除协调控制并投入汽机跟随方式，使汽机负荷跟随锅炉热负荷变化。同时，解除燃料主控自动控制，手动调整磨煤机负荷风门，根据主汽压滑压曲线，控制主汽压稳定跟随目标值，避免主汽压波动过大超出允许范围。在手动调整过程中，应遵循“小幅、多次、渐进”的原则，防止参数大幅波动。

### （三）关键参数全面监视与调整

应急处置期间，安排专人负责关键参数的监视与调整，确保各参数处于设计允许范围内，重点关注三类参数：一是风烟系统参数，重点监视炉膛负压、氧量、一次风压，及时调整引风机、送风机开度，维持炉膛负压稳定在-50—100 Pa，氧量控制在3.5%~4.5%，确保燃烧充分且稳定；二是汽水系统参数，密切跟踪过热度、过热度变化率、各级受热面管壁温度、主汽温保护余量及水冷壁出口温度保护余量，防止受热面超温或过热度异常波动；三是环保指标参数，监视脱硝系统入口烟温及脱硫出口NO<sub>x</sub>排放浓度，根据燃烧状态及时调整脱硝喷氨量，确保环保排放达标。

### （四）磨煤机来煤后的有序控制

磨煤机恢复来煤后，需遵循“缓慢调整、循序渐进”的原则，逐步开大负荷风门并增加给煤量，同时对调整磨煤机二次风门开度，使煤粉与空气充分混合，防止燃料突增导致炉膛爆燃，或燃烧剧烈增强引发受热面超温、过热度急剧上升等问题。

若出现过热度快速升高需立即解除给水自动控制，手动增加给水流量，同时解除一次风机动调自动，手动降低一次风压，将过热度变化率控制在5℃/min以下；若过热度连续升高至70℃以上，且变化率仍≥10℃/min且无下降趋势，必须立即停止最上层一台磨煤机（两台给煤机全停），并全关其负荷风门，操作过程中需密切调节一次风机出口压力，避免因负荷风门快速关闭引发一次风机喘振。

## 四、处置经验总结与优化建议

### （一）应急处置经验总结

本次百万机组满负荷大面积断煤事件能够成功处置，核心在于以下三点：一是响应迅速，监盘人员及时发现异常参数波动，第一时间启动手动干预，弥补了自动控制系统失效后的调节空白，避免了事故进一步扩大；二是操作规范，严格遵循应急处置流程，精准执行控制方式切换、投油稳燃、参数调整等操作，保障了锅炉燃烧稳定与参数合格；三是协同配合，运行、维护等各岗位人员密切协同，形成处置合力，有效提升了应急处置效率。

### （二）针对性优化建议

#### 1. 全面优化自动控制系统逻辑，提升自适应与容错能力

优化一次风压及各调节回路设定值修正逻辑，增加燃料量骤

变超前补偿模块，当检测到单台及以上给煤机断煤、入炉燃料量波动超过预设阈值（如 20 t/h）时，一次风压设定值不再随燃料量同步突变，而是根据燃料量变化速率进行平滑修正，并增加调节死区与延时，防止一次风压大幅波动。

完善自动控制回路退出与错误兼容保护机制，将各回路参数超限退出值由固定值改为机组工况自适应分级值，针对机组满负荷、50%负荷等不同工况设置不同的偏差允许范围；优化 CCS 系统退出后的自动联动切换逻辑，当 CCS 因参数超限退出后，系统自动判断故障类型（如燃料量骤减、主汽压骤降），并自动投入已经设定好的极端工况汽机跟随优化模式，而非常规汽机跟随模式，该模式可根据燃料量实际值自动调整机组负荷目标，同时自动限制一次风压、给水流量的调整速率，减少人工操作的难度。

#### 2. 增设极端工况自动应急处置功能，减少人工干预依赖

开发多台给煤机断煤自动识别与稳燃功能，在 DCS 系统中增加给煤机断煤判别逻辑，当检测到 2 台及以上给煤机同时断煤时，系统自动发出预警信号，当断煤数量达到 3 台及以上时，自动投入一定的微油枪或大油枪稳燃，投油完成后自动监视调整燃油压力与油枪运行状态，出现异常时及时报警。

增加过热度异常自动调节功能，当判断过热度达到 70 °C 且变化率  $\geq 10$  °C /min 时，自动解除给水与一次风机动调自动调节功能，按照预设目标进行定量调整，将过热度变化率控制在安全范围。

#### 3. 构建断煤异常提前预警体系，实现自动前置干预

在给煤机、原煤仓等设备加装在线监测传感装置，实时监测给煤机给煤量、原煤仓料位、煤流速度等参数，构建给煤机断煤自动预警功能，通过断煤数据分析识别断煤前兆（如煤流速度骤减），在断煤实际发生前 5~10 s 发出提前报警，为运行人员与自动系统争取更多处理时间。

#### 4. 加强人员培训与演练，实现自动与手动操作的高效衔接

定期开展极端工况事故演练，重点围绕多台给煤机断煤、自动控制系统部分 / 全部退出等模拟自动报警、自动应急处置、手动干预全流程衔接的操作，培养运行人员对自动控制系统状态的判断能力、自动功能失效后的手动处理能力，以及自动功能恢复时的无缝切换能力。

#### 5. 强化设备治理与源头防控，从根本上减少断煤事件发生

深入排查多台给煤机同时断煤的根本原因，重点分析煤质特性、原煤仓设计合理性、空气炮运行可靠性、给煤机设备状态等因素，针对性采取改进措施。优化原煤仓结构，可以采用增加防

堵衬板、优化原煤仓仓斗内壁角度，防止原煤结拱、堵塞；加强煤质管控，严格控制入厂煤有关指标，避免因煤质过硬、过湿导致给煤机断煤；定期对给煤机、空气炮、煤流监测设备等进行检修维护，及时排查并消除设备缺陷及隐患。

## 五、结论与展望

### （一）结论

本文以某电厂 #3 百万机组满负荷运行中发生的大面积断煤异常事件为研究对象，系统分析了事件发生的过程、变化原理，详细阐述了应急处置的关键操作要点，重点围绕自动控制功能优化总结问题并提出针对性优化建议，得出以下结论：

（1）百万机组满负荷运行中，多台给煤机同时断煤将导致入炉燃料量骤减，引发主汽压快速下降、CCS 与 AGC 系统退出、一次风压异常等系列反应，核心威胁在于锅炉燃烧不稳定与汽水系统参数失去平衡，而自动控制功能的适应性、容错能力与联动补偿能力不足是加剧参数波动、扩大事故风险的重要因素。

（2）本次事件的成功处置，关键在于人工手动干预的快速性与规范性，同时也证明了自动控制功能并非万能，但其优化完善能够大幅降低极端工况下的处置难度与风险，应急处置的核心应是实现“自动预警、自动处置、手动兜底、高效衔接”。

（3）针对自动控制功能的优化，需从逻辑自适应、容错保护、自动应急、提前预警四个维度入手，通过增设补偿模块、完善分级机制、开发自动稳燃与调控功能、构建预警体系，能够显著提升自动控制系统在极端工况下的调节能力，减少对人工干预的依赖。

### （二）展望

随着百万机组智能化水平的不断提升，未来可进一步开展以下研究工作：一是结合现场实际断煤数据，不断优化断煤预警逻辑控制功能，实现基于负荷变化的动态预警控制调整，提升预警的准确性与提前量；二是研究百万机组极端工况自动应急处置系统，结合多参数多重分析等技术，实现断煤事件的“识别—预警—处置—恢复”全流程处置，进一步减少人工干预，提升应急处置的精准度与效率。三是探索实时数据技术在断煤应急处置中的应用，构建机组数字控制模型，模拟不同断煤情况下的参数变化与处置效果，为自动控制系统优化与人员应急演练水平提升提供实操仿真平台。

## 参考文献

- [1] 中国电力企业联合会. 中国火电发展报告 2025[R]. 北京：中国电力企业联合会，2025.
- [2] 谢诞梅，李刚，王兵. 超超临界机组协调控制系统优化设计与应用 [J]. 中国电机工程学报，2024，44(15): 4892-4901.
- [3] 杨勇平，张树芳，李聪. 百万千瓦超超临界机组运行优化关键技术研究 [J]. 动力工程学报，2023，43(8): 601-608.