

# 燃煤电厂发电设备安全及可靠性管理研究

薛 隽 朱伟男

华能国际电力江苏能源开发有限公司南京电厂 江苏 南京 210035

**摘要：**电力系统绿色低碳转型大势所趋，各种新质生产力和革命性发展技术更加需要安全、稳定、可靠的电力系统支撑。发电设备分为发电机组及其附属的各种辅助设备，提升发电设备安全就是在两者的基础上开展可靠性管理研究，达到发电设备零非停、辅助设备零故障长周期安全运行的目的。提升发电设备安全，要通过科学的方法标本兼治，那么必然离不开发电设备可靠性管理“五要素”。随着新能源大规模、高比例上网的态势更加明显，煤电机组“大容量挂网、低负荷运行、高频率调峰”将成为常态，面临机组经济性和安全性下降的双重风险，要结合机组健康状况和检修计划，通过可靠性管理研究，结合各项数据分析，明确年度检修计划并下达年度可靠性管理完成目标，全方位掌握可靠性管理的能力和水平，找准问题、细化措施、弥补短板，坚持不懈地做好发电设备安全及可靠性管理工作。

**关键词：**新质生产力；电力系统支撑；可靠性研究；管理“五要素”；目标引领

## 1 概述

电力系统安全作为现代社会发展的关键基础，涵盖了发电、输电、变电、配电、用电等各个环节，为社会生产和生活保障提供不可或缺的能源支持。进入21世纪，电力系统绿色低碳转型大势所趋，各种新质生产力和革命性发展技术更加需要安全、稳定、可靠的电力系统支撑，尽管可再生能源发展迅速，但燃煤机组具备较强的调峰及顶峰能力，仍然是电力系统供应的“主力军”。对于电力行业而言，可靠性指设备在规定条件、规定时间内完成规定功能的能力。从世界来看，电力可靠性的发展可以追溯到20世纪中叶。20世纪50年代，可靠性概念开始在军事电子工业中形成，主要用于解决军用雷达准确性等问题，利用定量的方法评价军事装备的可靠性；到60年代中期，美国、西欧、日本、前苏联等国家电力系统陆续出现稳定性破坏的事故，导致大面积

用户停电，促使可靠性管理和相关技术进入电力系统。从我国来看，电力可靠性的发展源自20世纪70年代中后期，当时国内开始广泛收集国际上有关电力可靠性资料，电力部门和大学机构启动了可靠性管理工作的前期研究，直至1983年成立了中国电机工程学会可靠性专业委员会，可靠性管理体系逐步形成<sup>[1]</sup>。

## 2 研究目的

可靠性管理既是电力工业现代化发展的客观需要，更是与现代化生产相适应的更高水平的科学管理方法。以燃煤电厂为例，发电设备分为发电机组及其附属的各种辅助设备，提升发电设备安全就是在两者的基础上开展可靠性管理研究，通过提升发电机组及辅助设备的可靠性，达到发电设备零非停、辅助设备零故障长周期安全运行的目的。

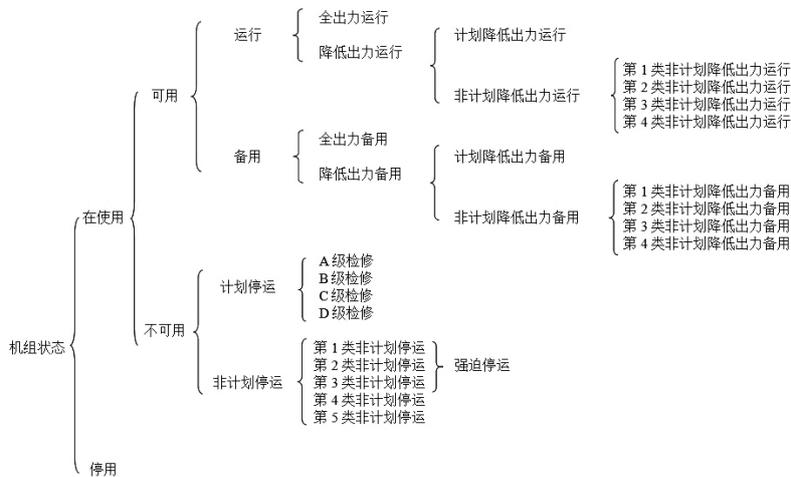


图1 燃煤电厂发电机组的状态划分

按照发电机组的状态划分，可靠性管理研究主要围绕两个部分，一是如何提升发电机组可用状态的占比，包括增加机组全出力运行、全出力备用的有效时长，减少机组降低出力运行、降低出力备用的有效时长；二是降低发电机组不可用状态的占比，包括减少机组因计划检修而停运的有效时长，减少因设备故障或者机组异常造成机组非计划停运的有效时长。对于发电机组而言，通过等效可用系数（EAF）、可靠性综合评价系数（GRCF）等机组可靠性指标进行对比，系数越高，说明发电机组可靠性管理水平越高。

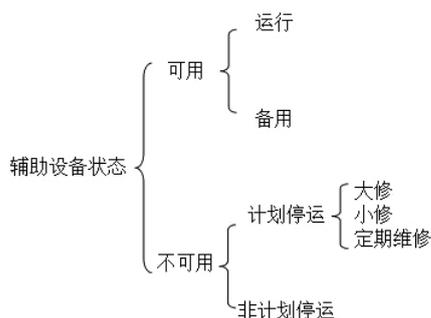


图2 燃煤电厂辅助设备的状态划分

按照辅助设备的状态划分，可靠性管理研究同样围绕两个部分，一是如何提升设备可用状态的占比，二是降低辅助设备不可用状态的占比。对于辅助设备而言，通过运行小时、平均无故障可用小时、辅助设备故障率等设备可靠性指标进行对比，小时越高、故障率越低，说明辅助设备可靠性管理水平越高<sup>[2]</sup>。

### 3 提升“五要素”

提升燃煤电厂发电设备安全，要通过科学的方法标本兼治，那么必然离不开发电设备可靠性管理“五要素”：建立高素质人才队伍、强化设备健康管理、创造良好的生产环境、科学创新的管理制度和设备可靠性提前决策（简称为人、机、环、管、策）。

#### （1）建立高素质人才队伍

高素质人才队伍建设是安全生产长治久安的根本要素，更是保障电厂稳定运行、高效生产的关键基础。高素质人才具备扎实的专业知识、丰富的实践经验以及良好的职业素养，他们往往能够更加熟练地操作先进的设备，及时解决生产过程中遇到的各种技术难题，为电厂的技术创新和发展提供有力支持。电厂生产管理人员、专业从事人员、运行生产班组、检修运维班组及外包队伍致力于维系机组的正常运转、设备消缺、计划检修及技术改造等工作，依托自上到下的生产管理体系，确保发电设备安全及可靠性管理工作有序开展。

#### （2）强化设备健康管理

设备健康就像人的身体健康，小故障随“治”随用，大事故预防为主，设备使用超出设计标准、运行年限即将期满甚至超期服役后，不得不面临设备老化可能带来疑难杂症的实际问题，对于发电设备安全来讲是值得长期研究探索的课题。燃煤电厂由于燃料本身具有的理化性质，要持续开展锅炉煤粉管及锅炉“四管”防磨防爆管理、设备隐患排查与整治、强化“降缺陷、控非停”，实现设备状态检修管理，利用RCM技术开展设备分级动态评估，合理缩减其他非必要的检修项目，并且将对电力系统规划设计优化、设备家族性设计缺陷改进、设备运维策略优化等领域形成技术支撑，从根本上提升发电设备可靠性水平，引领电厂设备可靠性管理创新与技术提升<sup>[3]</sup>。

#### （3）创造良好的生产环境

良好的生产环境不仅能保障设备稳定运行，还能确保人员安全和身体健康，进一步提升了安全生产管理水平，促进了电厂可持续经营发展。对于封闭厂房、电子间、电气开关室等室内场所，保持适宜的温度、湿度、洁净程度等环境条件，一是可以有效降低设备零部件的磨损和腐蚀程度，特别是对环境要求较高的电气设备，从而减少因环境因素导致的设备故障，延长设备使用寿命；二是良好的生产环境，有助于设备保持最佳运行状态，使设备的性能得以最大程度地发挥，进而提高设备效率或发电效率，保障发电环节的稳定性和可靠性；三是有效控制生产环境中的粉尘、噪声、有害气体等，可以降低生产一线员工患职业病的风险，保障人员的身体健康。对于室外场所布置的设备，结合地区季节和气候的变化特点，制定防雨、防大风、防尘、防煤粉自燃等防护措施及场所，要加强风机滤网、油站过滤器、煤粉管、汽水管等室外设备的巡回检查次数，及时采取有效手段消除设备缺陷和隐患，确保设备安全、高效、可靠地运行。

#### （4）科学创新的管理制度

孟子云：“离娄之明，公输子之巧，不以规矩，不能成方圆”，比喻做任何事情都需要有一定的规则、规范或标准，否则就难以达到预期的目标或效果。电力系统作为高度自动化、技术密集化、人员专业化的重点行业，必须建立行之有效的、科学性的、符合实际的、不断创新的管理制度，保障安全生产体系有效运转，各级人员将“两票三制”、防止电力生产事故的二十五项重点要求等作为安全操作及作业指南，防止人身伤亡及设备损坏事故的发生。通过科学的管理制度，进一步明确了各部门和岗位在安全生产中的职责，严格按照运行操

作标准、检修工艺标准、安全监督标准、生产管理标准等标准化制度,让每个人都清楚自己的安全职责和岗位责任,避免出现推诿扯皮现象,一旦发生问题可迅速追溯到责任人。制度到位并明确后,可以大幅降低人为失误因素造成的异常事件或重大事故,切实提升了发电机组及辅助设备运行、维护及检修方面的可靠性管理水平。

#### (5) 设备可靠性提前决策

提前制定决策的前提是电厂针对发电机组和辅助设备的有关可靠性数据,已经有了大量积累、统计和分析的数据,熟悉设备本身易发生缺陷和隐患的部位,了解设备生产厂家系列产品的家族性问题,明确下一步预防和治理工作的任务及要求。通过对可靠性管理各项数据进行整理汇总形成可靠性日报、周报、月报或年报,利用信息化手段分析机组出现故障的设备、概率、周期及合适的检修周期,通过设备状态检修管理,开展设备分级动态评估,确保每次检修后设备的可靠性水平切实得到大幅提升。针对运行中的机组或设备,通过可靠性数据分析研判不同季节、不同天气、不同保供时段下的风险预控及工作要求,及时下发工作提示并落实执行,例如:《关于煤电机组深度调峰的工作提示》、《防止汽轮机超速事故风险预控的工作提示》、《关于高压架空线及电缆周边安全作业的工作提示》等,防止因人员不到位、措施不完善、应急处置不当等原因引发机组非计划停运、设备非计划故障或人身伤亡事件<sup>[4]</sup>。

#### 4 结论与展望

随着新能源大规模、高比例上网的态势更加明显,煤电机组“大容量挂网、低负荷运行、高频率调峰”成

为常态,机组经济性和安全性面临双重下降的风险,由于长期燃烧偏离设计值的煤种、长周期保供运行等客观因素,导致设备可靠性显著降低,特别是金属应力疲劳引发锅炉“四管”泄漏、深度调峰运行下锅炉水动力和燃烧稳定等典型问题要加以重视,所以发电设备安全及可靠性管理成为了关键性因素。随着机组服役年限延长,每次机组检修中发现部分主设备存在缺陷和隐患,导致生产安全性和经济性均有所下降,如不及时维修或更换,则设备可靠性必然无法得到保障。所以电厂要结合机组健康状况和检修计划,综合各项数据进行可靠性分析,明确年度检修计划并下达可靠性管理完成目标,每月分析机组可靠性指标完成情况,查找指标实际值和计划值的偏差原因,未达到控制指标要制定补救措施,确保年度可靠性管理目标实现。通过可靠性管理目标引领,全方位掌握可靠性管理的能力和水平,找准问题、细化措施、弥补短板,坚持不懈地做好发电设备安全及可靠性管理工作。

#### 参考文献

- [1]米建华,周宏等,发电设备可靠性评价规程第2部分:燃煤机组,中华人民共和国电力行业标准(DL/T 793.2-2017),2017.
- [2]集团公司编写组,中国华能集团有限公司电力可靠性管理办法,华能集团企业标准,2022.
- [3]集团公司编写组,中国华能集团有限公司发电设备状态检修管理实施办法,华能集团企业标准,2021.
- [4]谢良辰,薛隽,中国华能集团有限公司可靠性管理和技术分析报告,华能集团系统培训,2023.