

火电机组哈蒙式间接空冷系统散热器运行维护与故障诊断研究

李鹏飞, 周玉斌, 杨伟光

(中电神头发电有限责任公司, 山西省朔州市, 036800)

摘要 我国煤炭资源丰富, 火力发电在我国电力系统中占据重要地位。由于我国煤炭资源分布在西北干旱地区, 水资源匮乏, 火电机组哈蒙式间接空冷系统作为一种高效的节水型冷却技术, 因其卓越的节水性能、出色的运行稳定性以及对环境风速不敏感等突出优势, 得到广泛应用。本文分析了哈蒙式间接空冷系统技术特点, 指出了其散热器精细化运行维护策略, 提出了常见故障诊断、处理与预防, 希望能够构建一套科学、完备的哈蒙式间接空冷系统散热器运维体系, 提升火电机组运行的安全性、经济性与可靠性, 为推动行业绿色转型提供理论参考与实践指导。

关键词 哈蒙式间接空冷; 散热器; 运行维护; 防冻技术; 故障诊断

中图分类号: TM621.3 文献标识码: B

文章编号: 1008-0899(2026)10-0034-02

1 哈蒙式间接空冷系统技术解析

1.1 系统构成与工作流程

哈蒙式间接空冷系统是一个复杂的热力-水力耦合系统, 其核心设计理念是建立两个完全独立的密闭循环回路: 汽轮机排汽-凝结水回路和循环冷却水回路, 两者通过表面式凝汽器进行热量交换。哈蒙式间接空冷系统主要包括: 表面式凝汽器、空冷散热器、循环水泵、膨胀水箱、空冷塔、百叶窗及其执行机构。哈蒙式间接空冷系统主要工作流程如下: 汽轮机排汽后, 在表面式凝汽器一侧通过冷凝完成放热, 加热管内的水通过吸热后将循环水经循环水泵输送至空冷塔。空冷塔中的散热器通过母管分配, 将循环热水输送至冷却三角的翅片管束中, 水中的热量通过管壁和翅片传递给横向掠过环境冷空气, 水温得以下降。冷却后的循环水汇集至回水母管, 流回凝汽器完成闭式循环。被加热的空气密度减小, 在空冷塔的巨大抽力作用下向上流动, 从塔顶排入大气。

1.2 主要技术特点与比较优势

相较于其他冷却方式, 哈蒙式系统优势显著: 耗水近乎零损耗, 较传统湿冷机组节水85%以上, 适宜西北缺水地区; 散热器受塔壁防护, 抗风性强、散热工况稳定; 汽水回路相互独立, 可差异化开展水处理, 借助循环水泵转速与百叶窗调节, 实现冷却强度宽范围精准调控。但其存在不足: 装置结构复杂、建设投资高, 换热效率低于直接空冷; 寒冷地区冬季管道易冻, 运维要求高, 散热器清洗维护工作量较大。

2 散热器精细化运行维护策略体系

2.1 基础运行监控与参数调整

建立全面、准确的监控体系是运行维护的基石。关键监控参数包括: 温度参数群、水力参数群、电气与控制参数、水质参数。在参数调整中, 要寻找最优的背压经济性, 过低的背压虽然能够降低汽轮机热损耗, 但是会导致循环水泵和百叶窗执行机构电耗增加。基于历史数据与人工智能, 绘制不同负荷、不同环境温度下的“最佳背压曲线”, 指导运行。在循环水流量控制中, 根据环境温度与机组负荷, 制定运营策略。既要保证最大散热能力, 同时也要保证管道水温高于结冰温度, 避免出现结冰影响冷却水循环。百叶窗控制中, 应设定自动控制模式, 自动调整开度以维持回水温度在设定值。在异常天气或特殊工况时, 运行人员需及时干预。

作者简介: 李鹏飞(1987~), 男, 山西朔州人, 本科, 工程师, 研究方向: 火电机组检修与运维管理。

2.2 季节性运维重点工作

夏季高温大负荷期运维主要是确保具有最大散热能力,发电机组能够稳定运行。要对散热器提前清洗,采用高压水枪将表面杂质清洗干净。要加强凝汽器及负压系统的查漏堵漏工作。同时做好应急预案,包括机组限负荷预案。春秋过渡季运维,主要是对百叶窗进行测试校准,确保动作灵活准确。优化循环水水质,定期进行排气。在入冬前,需要对低温保护、低流量保护、低水温保护逻辑进行静态和动态传动试验,验证其动作的可靠性。冬季严寒期防冻运维,需要从温度与流量两个方面控制。在温度控制上,应当确保回水温度不低于防冻温度设置。在流量控制上,确保流经每个冷却三角的循环水流量都高于其防冻最小流量。极端寒冷天气时,可以停止运行部分扇区,将有限的循环水流量集中于更少的扇区,从而大幅提高运行扇区内的水流速度,从根本上杜绝滞流冻结的可能。

3 常见故障诊断、处理与预防

3.1 散热器管束冻结与破裂

散热器管束冻结与破裂时,扇区回水温度会显著降低,在进行管路检查时,会出现管束表面严重结冰,故障严重时,甚至会从破裂处漏水。出现管束冻结与破裂,主要原因是局部水流过低,热量补充不足以抵消外界散热。百叶窗未打开或者循环水泵水量调节过低。当管道内部出现气体,造成水循环不畅,也可能出现冻裂。出现散热器管束冻结与破裂,往往是防冻保护逻辑未可靠投入、运行人员监盘疏忽或对异常温度偏差未及时干预。当出现冻裂时,应当在第一时间关闭百叶窗;如果冻裂不严重,这时可以适当增加循环水流量与温度,使冻裂区域的温度得到回升,从而解除冻裂。需要注意的是,不能盲目注入热水,如果已经发生泄漏,需要立即隔离该扇区,启动排水程序。

3.2 散热效率非预期下降

散热效率非预期下降,表现特征就是在相同环境温度和负荷下,机组背压持续缓慢升高,循环水温差减小。出现这种原因,主要是外部脏污与内部结垢与腐蚀。翅片表面积累灰尘、油污、昆虫尸体等,形成隔热层。这是最常见的原因,而循环水水

质控制不当,导致管内壁结生碳酸钙、硅酸盐等硬垢,或发生氧腐蚀、点蚀,增加热阻,容易导致散热效率下降。此外,百叶窗未能完全开启、空冷塔塔筒或散热器支撑结构变形,影响通风流场、水侧气堵等原因也容易引发散热效率非预期下降。针对此问题,需要建立散热器性能定期分析制度,绘制背压-环境温度曲线进行趋势比较。制定并执行严格的定期清洗计划,完善循环水在线化学仪表监测,实现自动加药。定期进行塔筒倾斜测量和内部流场检查。

3.3 循环水系统泄漏与水质异常

循环水系统泄漏与水质异常,出现这种现象,往往伴随着膨胀水箱水位需频繁补充才能维持、补水率异常升高、水质化验显示溶解氧持续超标、pH值变化、浊度增加。出现这种现象,主要是因为法兰、阀门、膨胀节等连接处密封失效,散热器管束因腐蚀或冻损发生微泄漏,膨胀水箱氮气密封压力丧失,空气渗入。在处理过程中,需要首先通过分区隔离、加压查漏等方法定位泄漏点。维持稳定的氮气密封压力是关键预防措施。对于大型系统,可考虑安装基于声学或示踪技术的在线泄漏监测系统。

4 结语

哈蒙氏间接空冷系统十分适合我国西北地区富煤缺水的自然环境,其核心设备散热器的运行维护水平,直接关系到电厂的安全、经济与环保指标。散热器作为核心设备,日常运行状态与汽轮机、凝汽器、水泵、控制系统乃至外部气候紧密相连。在冬季运行时,必须保证系统有均匀的流程,维持安全的回水温度。未来,火电机组哈蒙式间接空冷系统维护,要持续进行技术创新与管理优化,这样才能为保障我国能源安全、推动电力行业绿色低碳转型做出更大贡献。

参考文献

- [1] 赵耀.1000 MW火电机组间接空冷散热器单双层布置比较[J].电力勘测设计,2019,31(8):56-59.
- [2] 李满,韩敬钦,李陆军,等.660 MW机组间接空冷主辅共塔方案影响分析[J].中国电力,2020,53(5):155-163.
- [3] 高建成,郭林,张松文,等.SCAL型间接空冷循环水复合防腐处理研究[J].电力勘测设计,2020(6):27-31+48.