

冷却塔迎风侧随动堆积帘工程运行管理研究

李军萌

大唐国际发电股份有限公司陡河热电分公司, 中国·河北 唐山 063000

摘要: 冷却塔迎风侧随动堆积帘属于冷却塔的重要构成, 该装置具有实时调节冷却塔迎风侧气流分布的功能, 可显著提升整个装置的运行效率, 对降低冷却塔的设备能耗也具有积极影响。一般情况下, 冷却塔迎风侧随动堆积帘应包括柔性帘体、随动调节机构、自动传感器、系统控制单元等, 以上各模块都发挥了不可替代的作用。为实现冷却塔迎风侧随动堆积帘设备使用目标, 项目管理部门需加强工程全生命周期的运行管理, 在延长设备使用寿命的同时优化资源配置。

关键词: 冷却塔迎风侧随动堆积帘; 运行管理; 实现要点

Research on the Operation and Management of Windward Side Synchronous Stacking Curtain Project in Cooling Towers

Li Junmeng

Datang International Power Generation Co., Ltd. Douhe Thermal Power Branch, China Hebei Tangshan 063000

Abstract: The windward side dynamic piling curtain of a cooling tower is an important component of the cooling tower. This device has the function of real-time adjustment of the airflow distribution on the windward side, which can significantly improve the overall operational efficiency of the device and also has a positive impact on reducing the energy consumption of the cooling tower. Generally, the windward side dynamic piling curtain of a cooling tower should include a flexible curtain body, a dynamic adjustment mechanism, automatic sensors, and a system control unit, each of which plays an irreplaceable role. To achieve the operational objectives of the windward side dynamic piling curtain equipment, the project management department needs to strengthen the operational management throughout the entire engineering life cycle, while optimising resource allocation and extending the equipment's service life.

Keywords: Windward side of the cooling tower follows the stacked curtains; Operation management; Key points for implementation

0 引言

冷却塔迎风侧随动堆积帘的结构精密度较高, 旨在通过改变冷却塔迎风侧的局部流场结构, 减少横向风对塔内气流运行的干扰。冷却塔迎风侧随动堆积帘经过一定时间的持续运行, 设备结构内部有可能存在短路或积灰的安全隐患, 不利于冷却塔维持良好的使用工况。如何在精准施工的基础上加强冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的维护、排查与检修力度, 应当视为冷却塔项目运维管理部门面临的关键问题。

1 冷却塔迎风侧随动堆积帘的技术原理及其结构组成

1.1 技术原理

冷却塔迎风侧的随动堆积帘旨在通过改变冷却塔迎风侧的局部流场结构, 减轻塔内气流运行过程中的不良影响, 使得冷却塔的內部与外部气流处于均衡状态。安装在冷却塔迎风侧的随动堆积帘还能避免塔体被外部气流穿透, 避

免“风短路”的后果形成, 促进空气与塔内冷却介质实现有序的热交换。随动堆积帘还能够在冷却塔的迎风侧形成局部屏障, 推动气流沿着塔体表面有序流动, 在改善冷却工况或效果的同时延长了塔内气流的热交换路径^[1]。

目前广泛应用的冷却塔随动堆积帘主要设计为从上至下关闭、从下往上开启的作用机制, 位于装置内的控制单元可自动判断环境温度以及循环水温, 当环境温度有所下降时关闭堆积帘, 避免循环水温呈现急剧下降的趋势。等到外部环境温度有所回升, 堆积帘就会在 PLC 机构的驱动下再次开启, 确保整个机组始终处于平稳的运行工况。

1.2 结构组成

冷却塔迎风侧随动堆积帘主要包含柔性帘体、随动调节机构、自动传感器、系统控制单元、滑道等组成部分, 一些冷却塔迎风侧的随动堆积帘还安装了智能温控设备。其中, 具备良好结构柔性的帘体通常采用聚酯纤维的复合材料加工成型, 可显著改善整个装置的抗腐蚀性, 使得装

置更好适应复杂、极端的自然气候条件。PLC 原理下的随动调节机构一般可以设计为机械传动系统或者液压传动系统，该机构负责实现帘体的自动展开以及收拢操作^[2]。PLC 控制下的液压传动或者机械传动模块能够实时监测风向、风速等特征指标，以此作为调节帘体开启角度的重要依据。

另有一些冷却塔迎风侧的随动堆积帘采取如下的结构形式：首先将不锈钢支架布置在整个冷却塔下部的进风口外侧，然后在支架表面开设多个门洞作为通风口，并且将电动调风帘安装于各洞口（每个洞口安装一组调风帘）。基于此，进入洞口的循环风速将会实时发生改变，利用电动调节装置灵活改变风向与风速，使得进入冷却塔的风量大小适宜。以上形式的随动堆积帘还通过控制循环水温，将其控制于最佳的温度变化范围，避免由于水温过高而导致冷却塔设备加速老化。

如下图，为冷却塔迎风侧随动堆积帘装置的平面结构图：

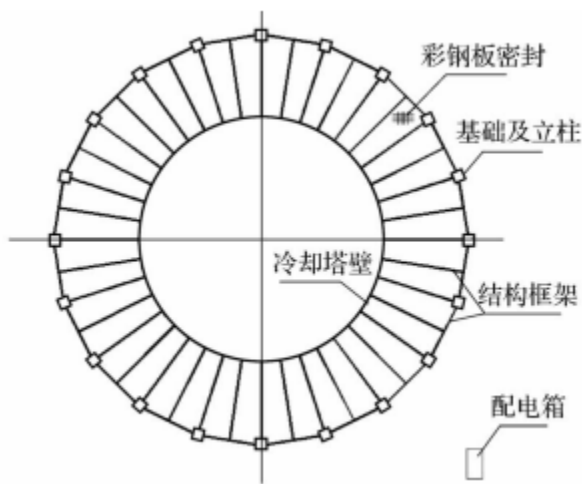


图1 冷却塔迎风侧随动堆积帘装置的平面结构图

2 冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的运行管理要点

2.1 项目概况

某 2×660MW 国产超超临界燃煤热电联产湿冷汽轮发电机组工程属于 EPC 项目，项目总承包部门拟同步建设烟气除尘、脱硫及脱硝装置。上述工程中的主机冷却采用自然通风冷却塔的二次循环冷却系统；工程拟采用东北郊污水处理厂中水作为电厂生产的供水水源，备用水源取自陡河水库水。

冷却塔迎风侧设计安装随动堆积帘的装置，以保证冷却塔在增加堆积帘的情况下仍能满足冷却性能及凝汽器背压（冷却塔的出塔水温不大于 33℃，THA 工况下的平均背压值控制在 4.6kPa，TRL 工况下平均背压值稳定在

9.4kPa）的基本要求。随动堆积帘装置的安装角度如下：1 号塔的安装角度不小于 40°，2 号塔的安装角度不小于 120°，其他位置（不包括冷却塔前池流道和冷却塔隔音墙范围内）安装玻璃钢挡风板。按照现场实际需求，玻璃钢挡风板仅安装顶端三层，两台塔的总计安装角度不小于 400°^[3]。同时，需按照挡风板的数量配置不少于 80 组的挡风板托架，便于挡风板拆卸后利用叉车进行运输。

2.2 管理措施

冷却塔迎风侧随动堆积帘的高效运行依赖于科学的管理体系，该体系应划分为日常监控、维护保养、故障处理及性能评估的几个核心部分。基于冷却塔迎风侧随动堆积帘设备工况的特殊性考虑，项目运维部门安排专业人员负责开展常规的设备故障排查，在察觉设备使用异常的情况下立即反馈给主管部门。健全工程运行管理方面的规章制度，明确各机构、各班组的在落实上述规定中的权限，增进不同专业人员之间的衔接与协调。

具体而言，冷却塔迎风侧随动堆积帘的工程运行管理集中体现在如下方面要点：

2.2.1 日常监控

冷却塔迎风侧随动堆积帘的系统构成存在复杂性，工程管理部门应安排具体负责人员对其实施日常监控，对监测到的设备异常工况应及时进行汇报。现阶段的项目主管部门应充分利用物联网传感仪的智能监测设备，精准采集冷却塔随动堆积帘在不同时段和设备位移、张力变化、风向与风速改变幅度等。技术人员还应当进一步分析冷却塔的风机转速、进口与出口的水温差异等指标。

经过自动采集的设备工况数据将会实时传输给中央控制系统，方便设备管理人员结合各项监测指标展开评估或考核。在综合分析的基础上归纳出随动堆积帘的设备运行异常，发挥设备日常监控手段的安全保障作用^[4]。例如在某一时刻，经过调风帘的风速突然增加至 10m/s 以上，从而表明冷却塔的设备运行工况出现了异常。基于以上的监测数据，物联网传感仪就会自动发出告警提示音，触动 PLC 装置自动收拢帘体，防止设备电机由于运行过载而烧毁。

2.2.2 维护保养

冷却塔迎风侧随动堆积帘在长时间使用后，设备运行工况就会呈现出全面下降的趋势。未得到定期维护与保养的随动堆积帘还有可能发生损坏，增加企业的经济损失。因此，加大系统维护与保养力度可显著延长设备的使用寿命，对维护人员安全以及财产完整具有突出的影响。尤其

是机械轴承的连接处、帘体表面等部位易出现严重腐蚀或者损坏，工程运维人员需加大对以上重点部位的保养力度。

建立完善的设备维护与保养规章制度，关键就是要安排专业人员负责开展该项工作，做到定期清理帘体表面的杂物、油渍、灰尘等，避免影响帘体的气动性能以及透光性能。设备运维人员还要定期检查机械传动机构，对存在松动的机械传动轴连接处予以紧固，并需要判断帘体是否存在严重的老化或腐蚀。工程运维人员应密切监测自然气候环境，对含盐量高、风速大、沙尘天气频发的特殊运行工况应保持高度警惕，结合实际情况加大对设备易损结构件的保养、润滑力度，在根源上降低设备严重损坏的风险。

2.2.3 故障处理

故障处理属于冷却塔迎风侧随动堆积帘工程运维管理的核心环节，相关负责部门需健全设备紧急故障的应对与处置规定，建构行之有效的快速响应流程。一旦帘体出现卡顿或者运行不畅的事故，工程监管部门应立即安排两名以上的专业人员赶往现场进行紧急处理，并通过开启手动应急装置有效解除故障。此外，技术人员应详细记录随动堆积帘的设备故障成因，将其作为系统结构优化设计的重要依据。工程运维人员应充分发挥物联网传感仪、大数据分析模型在设备故障处理方面的保障作用，建构智能化的系统故障应急响应平台，增进相关领域人员之间的协调。

2.2.4 性能评估

冷却塔迎风侧随动堆积帘发挥使用价值的重要前提就在于定期评估设备性能，企业负责人员应建立闭环管理的实施保障机制，安排相关技术人员定期评估随动堆积帘的使用性能^[5]。采取定性评价与定量评估相结合的做法，突破长期以来的经验化或者主观化评价模式，增进企业各班组、各部门在设备性能评估方面的沟通与衔接。通常而言，工程管理部门需间隔半年实施一次大规模的系统性能评估，并结合当时的自然气候环境、设备使用工况等特征指标实施综合分析。健全设备性能评估方面的数字化档案，技术

人员应准确记录冷却塔随动堆积帘的故障发生频率、帘体开闭角度的调节频次、运维成本等指标，为工程管理部门制定科学决策提供有力的支撑。例如在炎热夏季到来时，冷却塔随动堆积帘的节能降耗效应十分显著。基于此，系统运维人员需充分发挥随动堆积帘在替代空凋制冷模式方面的作用。在降低工程运行成本的同时，推动企业朝着降耗节能的趋势转型。

如表 1 所示，为冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的设备关键参数。

3 冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的运行管理效果评价

3.1 成效

冷却塔迎风侧随动堆积帘工程在正式投入运行之后，给项目业主带来可观的工程经济效益以及社会效益。经过结构改进设计的冷却塔迎风侧随动堆积帘不仅延长了设备的运行寿命，还推动了企业朝着绿色节能的方向发展，充分体现了冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的良好综合效益。火电厂在安装随动堆积帘后，平均每年可实现 100 万 kWh 左右的节电量指标，各年度累计节约用电成本超过 35 万元。该帘体结构还显著减少了横向风对塔内填料的冲刷影响，将电厂更换塔内填料的平均周期从 1.5 年延长至 4 年以上。

上述冷却塔迎风侧随动堆积帘项目的投资回报周期约为 2 年，总体上具有显著的经济可行性。随动堆积帘通过提升电厂设备的冷却效率，间接降低了发电厂的碳排放指标，累计减少了 900t 左右的二氧化碳排放量。帘体的结构材料具备良好的柔性，符合绿色发展的企业转型目标。即便是在暴雪、暴雨、沙尘的极端气候条件下，电厂冷却塔也可以维持正常的使用，起到保障电力安全供应的重要作用。

3.2 不足

冷却塔迎风侧随动堆积帘工程虽然体现为诸多的技术

表1 冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的设备关键参数

编号	设备名称	型号与规格	数量	单位
1	随动堆积帘布	与主设备一致 (PVC工业基布, 重量≥800g/m ²)	2	套
2	提升背带	普通规格	100	m
3	提升电机	与主设备一致 (额定功率0.75kW, 电压AC380V)	4	套
4	玻璃钢挡风板	厚度5mm, 单块尺寸1200mm×800mm, 参照F2503S-S0209图纸	60	块
5	玻璃钢挡风板保存托架	尺寸600mm×800mm, 承重≥50kg, 底部带万向轮	80	组
6	减速箱齿轮组	与电动执行机构配套 (模数2.5, 齿数20)	4	套
7	防腐涂料 (补漆用)	环氧底漆+聚氨酯面漆 (与主设备防腐涂层一致)	底漆50kg、面漆30kg	kg
8	高强度螺栓	M20×50mm (8.8级, Q355B钢)	200 (含螺母、垫圈)	套

应用优势,但是在项目全生命周期内仍存在一些不足之处。具体而言,该项目运行初期的投资成本相对较高,其中的单塔改造成本超出80万元。在此情况下,企业只有依靠财政补贴或者采取合同能源管理的模式,才能够有效减轻企业承受的项目改造负担。随动堆积帘工程在进入系统运维阶段后,企业还需安排专业人员定期检查设备的使用缺陷,利用物联网传感仪的智能感测设备作为支撑。

从总体上来讲,冷却塔迎风侧随动堆积帘项目涉及的核心技术仍存在较大的改进空间,集中体现在智能控制算法、大数据模型分析技术、轻量化材料技术等新兴技术手段的推广。在未来时期,冷却塔迎风侧随动堆积帘的设备使用性能将会持续改善,进一步拓宽绿色节能设备的使用范围。

4 结语

综上所述,冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的安全、可靠运行需要建立在常态化运维管理的基础上,项目运行管理部门应当在注重工艺创新的同时,采取有力措施推动冷却塔项目的经济效益、环境效益与社会效益实现同步提升。近些年来,随着冷却塔建设规模的不断扩大,冷却塔迎风侧随动堆积帘出现设备老化或损坏等问题日益突出,这类

问题需引发工程运维部门的高度重视。为更好地发挥随动堆积帘在保障冷却塔正常使用方面的作用,关键就是要加大设备隐患的排查力度,从源头入手解决冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的运行失效问题。工程管理人员应充分利用自动化、智能化的故障排查仪器,降低重大事故的发生率,为冷却塔迎风侧随动堆积帘工程的可持续发展提供有力的保障。

参考文献:

- [1] 杨顺林,黄翔,叶军等.翅片管预冷闭式冷却塔的结构设计与性能研究[J].制冷与空调(四川),2026,40(01):1-10.
- [2] 刘博.电动随动堆积帘执行机构的仪器集成与防冻性能实验分析[J].模具制造,2025,25(12):222-224+227.
- [3] 李文锦,谢晓峰,林谷等.基于BIM技术的大体量冷却塔模块化施工技术的研究[J].广东土木与建筑,2024,31(02):12-15.
- [4] 丁力,陈立贤.中央制冷站(机场)中空调冷却塔系统优化控制策略[J].中国新技术新产品,2023(17):62-65.
- [5] 才延福,金丰,天罡等.电站冷却塔随动堆积帘式节能防寒技术的研究与应用[J].黑龙江电力,2024,36(03):266-268.