

适用于复杂工况的空冷系统清洗机械结构研究

赵俊¹ 胡圣德² 杨新建²

1. 国能宁夏大坝三期发电责任有限公司 宁夏 吴忠 751601

2. 国能宁夏大坝发电责任有限公司 宁夏 吴忠 751607

摘要: 对适用于复杂工况的空冷系统清洗机械结构进行研究具有重要的现实意义, 这有助于保障空冷系统在复杂环境下的稳定运行与高效工作。本文首先阐述复杂工况对空冷系统的影响及清洗要求, 强调研发适用清洗机械结构的必要性。接着介绍清洗机械结构的关键组成部分, 包括清洗执行、运动传动、支撑定位机构及控制系统。最后针对低温结冰、风沙、腐蚀性气体等不同复杂工况, 分别提出机械结构优化设计措施, 如低温时设计加热装置、改进喷头结构, 风沙时优化密封与选用耐磨材料, 腐蚀性气体工况下应用防腐材料与加强密封防护等以保障清洗机械稳定运行。

关键词: 复杂工况; 空冷系统; 清洗机械结构

引言

在工业领域, 空冷系统发挥着关键作用, 然而其实际运行常面临复杂工况的挑战。北方冬季低温使翅片结冰, 风沙地区沙尘附着改变翅片特性, 工业环境里腐蚀性气体侵蚀金属部件, 这些不仅影响空冷系统正常运行, 还对清洗工作提出更高要求。研发适用于复杂工况的空冷系统清洗机械结构意义重大, 通过优化设计可提升清洗效果, 保障系统稳定运行。本文将深入探讨复杂工况对空冷系统的影响, 剖析清洗机械结构的关键组成部分, 并针对不同复杂工况提出机械结构优化设计方案。

1 复杂工况对空冷系统的影响

实际运行过程中, 空冷系统常面临复杂工况。北方冬季低温环境下, 空冷翅片易结冰, 空气流通受阻, 致使热交换效率降低; 在风沙大地区, 大量沙尘附着于空冷翅片表面, 改变其表面特性, 降低传热性能, 影响整个空冷系统的散热效果; 工业环境里, 腐蚀性气体具有化学侵蚀性, 会与空冷系统的金属部件发生化学反应, 使金属部件逐渐被腐蚀, 结构强度和性能下降, 缩短设备整体使用寿命。复杂工况不仅对空冷系统正常运行构成巨大阻碍, 还对其清洗工作提出更高要求。清洗结冰翅片时, 要快速有效去除冰层且不损伤翅片结构; 清洗附着沙尘的翅片, 需彻底清除沙尘、恢复传热性能, 同时避免沙尘在清洗中对系统其他部位造成二次污染; 清洗受腐蚀性气体侵蚀的金属部件, 不仅要去除表面污垢, 还要关注清洗剂对已腐蚀部位的影响, 防止清洗过程加速部件腐蚀^[1]。因此, 针对复杂工况下空冷系统的特点, 研发适用于复杂工况的空冷系统清洗机械结构十分必要, 通过优化机械结构设计, 提升清洗的针对性、有

效性与安全性, 保障空冷系统在复杂工况下稳定运行。

2 清洗机械结构的关键组成部分

2.1 清洗执行机构

清洗执行机构作为清洗机械结构的关键部分, 包含多个重要组件。其中, 高压水射流喷头是核心部件, 其设计原理是利用高压泵把水加压至特定压力, 再经喷头小孔喷出形成高速水流束, 该水流束冲击力强, 能有效冲击并剥离空冷翅片表面污垢。不同形状和尺寸的喷头适用于不同清洗场景, 扇形喷头可形成大面积喷射扇面, 用于大面积翅片的初步清洗, 旋转喷头能在旋转过程中实现多角度喷射, 提升清洗的均匀性和彻底性。刷洗装置也是常用组件, 通常由刷头和驱动机构组成, 刷头有钢丝刷、尼龙刷等多种材质和形状选择, 钢丝刷清洁能力强, 适合清除顽固污垢, 尼龙刷质地柔软, 不会损伤翅片表面, 驱动机构可带动刷头旋转或往复运动以完成刷洗工作。在实际应用中, 常将高压水射流和刷洗装置配合使用, 先利用高压水射流冲掉翅片表面大部分污垢, 使其在强大冲击力下初步剥离, 再用刷洗装置进一步清除残留污垢, 刷头在驱动机构带动下对细微污垢细致刷洗, 这种方式能充分发挥两种清洗方式的优势, 有效提高清洗效果, 确保空冷翅片表面污垢被彻底清除, 保障空冷系统后续正常运行。

2.2 运动传动机构

(1) 行走机构, 针对大型空冷系统, 多采用轨道式行走机构, 轨道安装在空冷系统支撑结构上, 清洗机械依靠驱动轮在轨道上行进。此方式运动平稳、定位精准, 能确保清洗机械按预定路径开展清洗作业。在一些特殊场景下, 会使用轮式行走机构, 通过轮子滚动带动

机械移动, 不过要解决其在复杂地形上的行走稳定性问题。(2) 升降机构, 升降机构用于应对空冷系统翅片具有一定高度的情况, 以实现对不同高度翅片的清洗。其驱动方式有液压缸和电动推杆等。液压缸输出力大、运动平稳, 适合大型清洗机械; 电动推杆结构紧凑、控制便捷, 适用于小型清洗机械。借助升降机构的调节, 清洗执行机构能达到合适高度, 提升清洗的覆盖范围与效果^[2]。(3) 旋转机构, 旋转机构可实现对空冷翅片的多角度清洗, 它能带动清洗执行机构绕垂直轴或水平轴旋转, 进而改变清洗喷头或刷头的喷射方向与刷洗角度。绕垂直轴旋转时, 清洗喷头可在水平面内全方位喷射, 增强清洗均匀性; 绕水平轴旋转时, 清洗执行机构能适应不同倾斜角度的翅片, 扩大清洗范围。通过合理运用这些运动传动机构, 清洗机械能够根据空冷系统的实际结构和污垢分布情况, 灵活调整自身的位置、高度和角度, 确保清洗工作全面、彻底, 有效提升空冷系统的清洁度和运行效率。

2.3 支撑定位机构

支撑框架作为整个清洗机械的基础结构, 承担着各部件重量以及清洗过程中的反作用力。其设计需着重考虑强度、刚度和稳定性等要素, 以此确保清洗机械在运行期间不会出现变形或晃动情况。在制作材料的选择上, 通常采用钢材或铝合金等, 依据清洗机械的规模和重量, 进行合理的结构设计及尺寸选定。合理的结构设计能充分发挥材料的性能, 使支撑框架在承受重力和反作用力时保持稳固, 为清洗机械的正常运行提供坚实基础。定位装置的作用是保证清洗机械在空冷系统上处于准确位置, 进而确保清洗作业的精度, 它一般采用机械定位与电气定位相结合的方式。机械定位方面, 通过在轨道上设置定位块或限位开关, 对清洗机械的行走范围和停止位置加以限制, 防止其超出规定区域或未到达指定位置。电气定位则借助传感器技术, 如光电传感器、编码器等, 实时监测清洗机械的位置信息, 并将这些信号反馈给控制系统。控制系统根据反馈信息对清洗机械进行精确控制, 使其能够按照预定要求准确移动和定位, 提高清洗作业的精准度, 满足空冷系统对清洗质量的要求。

2.4 控制系统

控制系统作为清洗机械的核心指挥部分, 承担着协调各部件运动与动作顺序的重要职责。其控制方式主要分为手动控制和自动控制两种。手动控制适用于简单清洗作业或调试环节, 操作人员借助操作面板上的按钮或开关, 直接对清洗机械的行走、升降、旋转等动作进行

操控, 这种方式灵活直接, 便于在特定情况下进行人为干预和调整。自动控制则是通过预先编写好的程序, 实现清洗机械的自动化作业。操作人员仅需在控制系统中设定好清洗参数, 涵盖清洗路径、清洗速度、喷射压力等关键要素, 清洗机械便会依照设定程序自动完成清洗任务, 极大地提升了清洗效率与作业精准度, 尤其适用于大规模、标准化的清洗场景。为达成精确控制目标, 控制系统通常配备多种传感器, 构建起完善的反馈机制。压力传感器负责监测高压水射流的压力状况, 保障清洗压力稳定处于合适区间, 避免因压力波动影响清洗效果; 流量传感器可实时测量清洗水的流量大小, 依据流量变化灵活调整清洗参数, 确保清洗过程的稳定性; 位置传感器用于检测清洗机械的实时位置和运动状态, 将相关信息及时反馈给控制系统^[3]。控制系统依据传感器反馈的数据, 迅速调整控制策略, 形成对清洗机械的闭环控制, 有效增强系统的稳定性与可靠性, 确保清洗机械在各种工况下都能稳定、高效地运行。

3 针对不同复杂工况的机械结构优化设计

3.1 低温结冰工况

在低温结冰工况下, 清洗机械的水路系统和执行机构极易结冰, 为解决这一问题, 需设计加热装置。可在高压水泵、水箱、喷头等关键部位安装电加热丝或加热棒等加热元件, 并借助温度传感器对这些部位的温度进行实时监测, 当温度低于预设值时, 自动开启加热装置进行加热, 以此确保水路系统能够正常运行。在设计加热装置时, 要合理匹配加热功率与加热时间, 若加热功率过小, 升温速度会过于缓慢, 无法及时防止结冰情况的出现; 若加热功率过大, 虽能快速升温, 但会造成能源的浪费, 还可能因局部过热而对设备造成损坏。所以, 要综合设备自身的状况以及环境因素, 确定合适的加热功率和加热时间, 实现高效节能的加热效果。为防止喷头在低温环境中结冰堵塞, 还需对喷头结构进行改进, 可设计具有自疏通功能的喷头, 在喷头内部构建特殊的流道结构, 使水流在喷射过程中产生旋转或湍流, 改变水流状态, 让污垢和冰晶难以在喷头内部堆积, 从而保持喷头的畅通。此外, 在喷头表面涂覆防结冰涂层也是有效的措施, 防结冰涂层能够降低冰在喷头表面的附着能力, 减少冰的形成和堆积, 进而降低喷头因结冰堵塞的风险。

3.2 风沙工况

在风沙工况下, 为保障清洗机械稳定运行, 需对其机械结构开展针对性优化, 其中密封结构设计与耐磨材料选用是关键。风沙环境里, 沙尘极易侵入清洗机械内

部干扰正常运转，所以要强化各连接部位密封处理，针对箱体、管道接口等部位运用密封胶圈、密封垫片等密封元件，有效阻挡沙尘从缝隙进入；同时在进风口和出风口设置空气过滤器等过滤装置，对进入机械内部的空气进行过滤，拦截沙尘颗粒，维持内部环境清洁，避免沙尘损害内部零部件、确保设备性能稳定^[4]。另外，风沙会对清洗机械的运动部件造成严重磨损、缩短使用寿命，行走轮作为与轨道或地面直接接触的部件，在风沙作用下磨损明显，应选用具备良好弹性和耐磨性的橡胶轮胎或聚氨酯轮，降低与接触面摩擦、减少磨损程度；传动链条传递动力时会因风沙侵蚀和频繁摩擦受损，采用高强度、耐磨的合金钢链条可增强抗磨损能力、延长使用寿命、降低更换频率，进而减少设备停机时间、提高作业效率和可靠性。通过优化密封结构设计，能有效阻止沙尘进入清洗机械内部、保障内部零部件正常工作；合理选用耐磨材料，能降低运动部件磨损程度、延长设备整体使用寿命。综合这两方面优化措施，清洗机械能更好适应风沙工况，在恶劣环境下稳定高效完成清洗任务、满足实际使用需求。

3.3 腐蚀性气体工况

在腐蚀性气体工况中，要对其机械结构开展针对性优化设计，主要聚焦于防腐材料应用与密封防护加强。防腐材料应用是关键举措，因该工况下清洗机械的金属部件极易被腐蚀，影响设备性能与寿命。对于支撑框架、行走机构等主要结构部件，应选用不锈钢或铝合金等耐腐蚀材料制作，这类材料可有效抵御腐蚀性气体侵蚀，保证部件强度与稳定性；对于部分无法采用整体耐腐蚀材料的部件，则需进行表面防腐处理，可喷涂防腐涂料，在部件表面形成致密保护膜，隔绝腐蚀性气体与金属基体接触，也可进行电镀处理，通过电化学方法在金属表面镀上耐腐蚀金属或合金，增强部件抗腐蚀能力，进而延长设备整体使用寿命。密封防护加强同样必

不可少，除常规密封结构设计防止异物进入外，在腐蚀性气体工况下更要强化密封以阻止气体进入清洗机械内部^[5]。对于电气控制箱、传感器等关键部件，要采用密封性能更优的箱体封装，从物理层面阻挡腐蚀性气体，同时在箱体内部放置干燥剂，吸收可能进入的湿气，降低因潮湿加剧腐蚀的风险，此外还需定期对密封部位检查维护，及时发现并处理密封不严等问题，确保密封效果良好，为清洗机械稳定运行提供可靠保障。

结语

综上所述，适用于复杂工况的空冷系统清洗机械结构研究意义重大。复杂工况给空冷系统运行与清洗带来诸多挑战，通过对其关键组成部分如清洗执行、运动传动、支撑定位及控制等机构的合理设计，能为清洗工作奠定基础。而针对低温结冰、风沙、腐蚀性气体等不同复杂工况，开展机械结构优化设计，从加热装置、密封与耐磨、防腐等方面入手，可有效提升清洗机械的适应性与可靠性。未来，随着技术不断进步，此类清洗机械结构将进一步完善，为空冷系统在复杂工况下的稳定运行提供更有有力保障。

参考文献

- [1]于萌萌,高运,张艳顺,等.塔体构型对钢结构间接空冷系统输运性能的影响研究[J].山西电力,2024(4):37-41.
- [2]李晓庆,吴松松.空冷机组散热器翅片智慧清洗系统设计分析[J].家电维修,2024(8):3-5.
- [3]肖娜,李慧,陈会鸽,等.换热器管程智能清洗机器人机械系统开发应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(8):013-016.
- [4]唐恒蔚,李恒,任瑞武,等.换流站阀水冷系统反渗透膜清洗作业研究[J].设备管理与维修,2024(17):162-166.
- [5]高小伟.新能源模组电芯清洗机械结构设计优化[J].今日制造与升级,2024(9):59-61.