

火力发电厂噪声控制技术中的应用与效果

陈旭峰 亓继伟 孙贵楠 王圣凯
华能平凉发电有限责任公司 甘肃 平凉 744000

摘要: 本文分析火力发电厂的噪声来源,包括机械、气流、电磁及辅助设备噪声。阐述噪声控制技术分类及原理,涵盖声源控制、传播途径控制、接收端防护技术。探讨设备级、系统级及厂区综合治理的应用策略,评估降噪效果的影响因素与长期运行效果。为火力发电厂噪声控制提供技术参考,以提升降噪成效,改善厂区及周边环境。

关键词: 火力发电厂;噪声控制技术;噪声来源;应用策略;效果评估

引言:火力发电厂在发电过程中,各类设备运行会产生大量噪声,这些噪声不仅影响厂区工作人员的身心健康,还会对周边居民生活和生态环境造成不良影响。随着环保要求日益严格,对火力发电厂噪声控制的需求愈发迫切。深入研究噪声来源,探索有效的控制技术及应用策略,分析其应用效果,对于降低噪声危害、实现电厂可持续发展具有重要意义。

1 火力发电厂噪声来源分析

1.1 机械噪声

汽轮机运行时,转子与定子间的间隙形成周期性气流扰动,轴承转动产生的摩擦振动通过机体结构向外辐射噪声。转子高速旋转产生的离心力使轴系产生径向振动,振动频率与转速倍数相关。发电机内部转子旋转引发的铁芯振动,经外壳传递形成低频噪声,其振动频率随电网频率变化^[1]。定转子间气隙不均匀会加剧电磁振动,叠加机械噪声形成更复杂的声能辐射。泵类设备中叶轮高速旋转与流体相互作用,叶轮不平衡产生的机械振动沿管道传播,与泵体共振放大噪声。叶轮叶片入口处的汽蚀现象会产生额外的脉冲噪声,随流量变化呈现间歇性特征。风机叶片切割空气时产生的湍流,配合轴承运转的摩擦声,形成宽频带机械噪声,叶片形状与安装精度直接影响噪声强度。风机蜗壳内壁的气流分离会产生涡流噪声,与叶片噪声相互叠加。

1.2 气流噪声

锅炉燃烧过程中,高温烟气在炉膛内剧烈扰动,与受热面碰撞产生高频噪声,燃烧强度变化会改变噪声的波动幅度。燃烧器喷嘴结构影响火焰形态,间接导致噪声频谱差异。蒸汽排放时,高速气流从喷嘴喷出形成湍流射流,与周围空气混合产生冲击性噪声,排放速度越高噪声能量越强。排放管道出口的形状改变射流扩散角度,影响噪声的指向性分布。管道内流体流动遇弯头或阀门时产生局部湍流,湍流引发的压力脉动通过管壁振

动向外辐射,管道材质与管径变化会导致噪声频谱特性改变。阀门开度调节过程中,流态变化产生的噪声强度随流量波动而增减。

1.3 电磁噪声

变压器运行时,铁芯硅钢片在交变磁场作用下产生磁致伸缩,引发周期性振动形成噪声,振动频率随电网频率变化。铁芯接缝处的磁密分布不均会加剧局部振动,使噪声呈现明显的频谱峰值。高压开关设备操作过程中,触头分合产生的电弧使周围空气电离膨胀,形成短暂的冲击噪声,操作速度影响噪声的持续时间。开关灭弧室的结构设计改变电弧熄灭过程,导致噪声脉冲特性差异。互感器内部电磁力作用导致绕组振动,振动通过绝缘材料传递至外壳,转化为可听噪声,绕组紧固程度对噪声大小有显著影响。绝缘材料的弹性模量不同,对振动的衰减效果存在差异。

1.4 辅助设备噪声

冷却塔淋水过程中,水流从高处落下撞击水面或填料,形成连续的落水噪声,水滴大小与下落高度决定噪声的尖锐程度。淋水装置的结构形式改变水流状态,间接影响噪声的分布范围。填料层的孔隙率变化会调整水流速度,使噪声强度随之改变。输煤系统中,皮带与滚筒接触产生的摩擦声,配合物料下落撞击皮带的冲击声,形成复合噪声。皮带张紧度调整不当会加剧振动,使噪声强度升高,滚筒表面磨损也会导致噪声频谱发生变化。导料槽与物料的摩擦产生附加噪声,随物料粒度变化呈现不同特征。

2 噪声控制技术分类及原理

2.1 声源控制技术

设备优化中低噪声设备选型侧重运行过程中的振动抑制,通过改进转子动平衡精度减少机械摩擦产生的噪声能量。减振设计采用弹性支撑结构,将设备与基础之间的刚性连接改为柔性接触,削弱振动传递效率^[2]。弹

性元件的材质选择需匹配设备重量,确保在承载范围内保持稳定的减振效果。燃烧优化通过调整燃烧器喷嘴角度,使燃料与空气混合更均匀,减少湍流扰动带来的气流噪声。优化燃料供给速度可降低火焰脉动幅度,间接减少高温烟气流动产生的声能辐射。燃烧室内壁采用导流结构,引导气流平稳流动,避免局部涡流形成额外噪声,喷嘴表面进行光滑处理以减少气流冲击。

2.2 传播途径控制技术

隔声技术中隔声罩采用多层复合结构,内层阻尼材料吸收振动能量,外层高密度板材阻挡声能透射,通过材料特性的组合提升隔声效果。罩体与设备之间预留合理空间,避免振动直接传递引发二次辐射。隔声屏障根据噪声传播方向设置倾斜角度,利用声波反射原理改变传播路径,减少直达声对敏感区域的影响,屏障顶部采用弧形设计,削弱绕射声的传播强度。吸声技术中吸声材料通过多孔结构使声波进入孔隙后发生振动摩擦,将声能转化为热能消耗,材料表面的凹凸纹理增加声波接触面积,提升吸收效率。吸声结构将材料按一定规律排列,形成共振腔体增强特定频率噪声的吸收能力。消声技术中消声器通过扩张室与共振腔的组合,使不同频率的声波在传播过程中相互干涉抵消。消声管道内壁铺设吸声层,设计导流叶片减少气流扰动,在降低噪声的同时避免增加阻力损失,管道弯头处增设消声导流片,减少湍流产生的附加噪声。

2.3 接收端防护技术

个人防护装备中耳塞采用柔软弹性材料,填充外耳道形成密封空间阻隔声能传入。不同规格的耳塞适配不同耳道结构,确保密封效果的同时减少佩戴不适。耳罩通过头带压力使罩体紧密贴合头部,利用腔内空气层与隔声材料的共同作用衰减噪声。罩体边缘的软垫根据头部轮廓设计,提升长时间佩戴的舒适度。厂区布局优化将办公楼等敏感区域布置在噪声源的声影区,借助建筑物遮挡减少噪声影响。道路两侧种植茂密植被,利用枝叶振动吸收部分声能。合理规划设备摆放位置,使高噪声设备集中布置在厂区边缘,通过距离衰减降低对内部环境的干扰。设备之间设置隔声隔墙,避免噪声源相互叠加形成更强的声能辐射,隔墙顶部延伸至适当高度以阻挡高空声传播。

3 噪声控制技术的应用策略

3.1 设备级噪声控制

汽轮机安装时采用弹簧阻尼支座,通过弹性元件吸收转子转动产生的振动能量,减少向基础传递的振动幅度。转子叶片边缘进行流线型处理,降低气流扰动引发

的气动噪声,轴承箱内部填充隔音棉,削弱机械摩擦声的向外辐射^[3]。轴承与轴颈接触部位采用润滑脂润滑,减少干摩擦产生的高频噪声。发电机外壳内侧敷设阻尼涂层,抑制铁芯振动产生的噪声向外辐射,绕组端部采用弹性固定结构,减少电磁力导致的振动传递,机座底部加装橡胶减振垫,进一步阻断振动传播路径。端盖与机壳连接处加装密封胶条,减少缝隙漏声。风机叶轮采用后向型叶片设计,降低叶片与气流相互作用产生的湍流噪声,机壳与叶轮之间保持合理间隙,避免气流回流形成的附加噪声,进风口安装集流器,使气流平稳进入叶轮减少扰动。出风口设置导流片,降低气流分离产生的涡流噪声。泵体进出口安装橡胶软接头,削弱管道振动传递,叶轮进行动静平衡校准,减少旋转不平衡引发的机械噪声,泵壳外侧包裹隔声层,降低内部噪声透射。泵轴与泵壳之间采用机械密封,减少液体泄漏产生的流体噪声。

3.2 系统级噪声控制

锅炉燃烧系统中调整一次风与二次风的配比,使燃料充分燃烧的同时减少火焰脉动,降低高温烟气流动产生的噪声。燃烧器喷嘴采用多孔分流结构,分散气流速度降低湍流强度,炉膛内壁敷设耐火吸声材料,吸收内部高频噪声。炉膛与烟道连接处设置柔性膨胀节,减少振动传递。蒸汽排放系统在排放口安装抗性消声器,利用扩张室对不同频率的噪声进行选择性的衰减,排放管道采用波纹管连接,减少振动传递产生的二次噪声,管道外壁包裹阻尼层,抑制管道振动辐射噪声。排放阀门采用分级开启方式,降低瞬时气流冲击强度。管道弯头处设置导流叶片,降低流体扰动引发的湍流噪声,阀门选型采用低噪声结构,减少节流过程中的噪声产生,阀门前后安装消声静压箱,稳定气流减少噪声。管道支架采用弹性支撑,避免振动通过支架传递至建筑结构。

3.3 厂区噪声综合治理

隔声屏障沿噪声源与敏感区域之间的连线布置,高度根据噪声传播衰减规律确定,屏障表面敷设吸声材料,避免反射声对其他区域造成影响。屏障基础采用减振设计,防止振动传递导致屏障本身成为二次声源,屏障之间采用密封连接,避免缝隙漏声。屏障顶部加装弧形导流板,减少绕射声的影响。冷却塔顶部安装导流板,调整气流分布减少淋水区域的湍流噪声,填料层采用多孔材料,降低水滴撞击产生的冲击噪声,水池底部铺设弹性垫层,减弱落水冲击的振动传递。冷却塔进风口安装消声百叶,降低气流进入产生的噪声。在冷却塔周围种植茂密植被,利用枝叶阻挡噪声传播。输煤系统

皮带机滚筒表面采用橡胶包覆,减少与皮带之间的摩擦噪声,落煤点设置缓冲装置,降低物料撞击产生的冲击声,导料槽内部粘贴耐磨吸声材料,吸收物料摩擦噪声。皮带机两侧安装隔声侧板,侧板内侧粘贴吸声材料,形成局部隔声空间,侧板与地面接触部位设置密封胶条,防止噪声泄漏。输送带接头采用硫化连接,减少接头处的摩擦噪声。

4 噪声控制技术的效果评估

4.1 降噪效果的影响因素

技术适用性体现在不同噪声源需匹配针对性措施,机械噪声以振动控制为核心,采用减振支座与阻尼材料可有效削弱低频振动传递,若用于高频气流噪声则难以阻断空气动力扰动。气流噪声需通过气流组织优化与消声装置组合,降低湍流扰动产生的高频噪声,若仅依赖隔声措施则无法处理气流脉动引发的二次噪声^[4]。电磁噪声需针对磁场变化采取屏蔽措施,单纯的吸声处理难以抑制电磁力引发的振动辐射。对于复合型噪声源,需结合多种技术形成协同作用,单一措施往往只能降低部分频段噪声,难以实现整体效果提升。经济性与可行性需平衡初期投入与运行成本,复杂的复合降噪系统虽能获得显著效果,但安装过程可能延长工期,占用更多空间影响设备检修。简易措施成本较低却难以应对高强度噪声,可能在短期达标后因性能不足需二次改造。需根据噪声强度与传播范围选择技术组合,避免过度投入或措施不足导致的效果波动,同时考虑设备更新换代时降噪系统的适配性,减少重复投入。

4.2 长期运行效果分析

设备稳定性直接影响降噪持久性,减振元件长期受力后弹性性能可能下降,导致振动传递效率回升,吸声材料在高湿环境中逐渐吸湿,孔隙被堵塞后吸声能力减弱。金属构件在振动作用下连接松动,会使隔声结构出现缝隙,声能通过漏声路径传播降低整体效果。柔性

连接部件随使用时间增长可能出现老化开裂,丧失原有的振动隔离功能。维护与管理对降噪效果的影响体现在清洁与调整环节,隔声屏障表面积灰会降低反射声吸收效率,消声器内部积尘可能改变气流路径,削弱抗性消声作用。定期检查弹性元件的形变程度,及时更换老化材料可维持降噪效果,对松动的连接部件进行紧固,能减少因结构缝隙产生的漏声。长期运行中环境因素也会作用于降噪系统,温度变化可能使材料热胀冷缩产生缝隙,雨水侵蚀会加速金属构件锈蚀,影响结构完整性,进而间接降低降噪性能。制定周期性维护计划,清理部件表面附着物,调整松动的连接结构,能减少因设备状态变化导致的降噪效果波动,同时记录维护过程中的性能变化数据,为后续技术优化提供依据。

结束语

火力发电厂噪声控制是一项复杂且长期的工作,涉及多方面的技术与策略。从明确噪声来源,到运用各类控制技术,再到实施不同层面的应用策略,每一环都对降噪效果有着重要影响。虽然在技术适用性、经济性 & 长期运行稳定性等方面存在挑战,但通过合理选择技术、加强维护管理,能有效提升噪声控制效果。未来需持续优化技术与策略,以更好适应电厂发展需求,为构建低噪声的生产环境提供有力支撑。

参考文献

- [1]姜兆杰,王怀亮.火力发电厂风机噪声控制试验研究[J].今日制造与升级,2025(2):24-26.
- [2]丁会成.火力发电厂锅炉输煤系统优化节能控制方法[J].工业加热,2023,52(11):33-37.
- [3]常洪山,胡剑,刘德勇,等.应用隔声屏障技术的火力发电厂冷却塔噪声治理[J].电力设备管理,2025(8):83-85.
- [4]马琪顺,鄢晓忠,林日成,等.火电厂自然通风冷却塔噪声治理研究[J].噪声与振动控制,2022,42(1):200-205.