

提高办公楼空调冷冻水压力稳定性的改造

卢汉

广西中烟工业有限责任公司，广西南宁 530001

DOI:10.61369/ETQM.2025110009

摘要：本项目旨在提高办公楼空调冷冻水系统稳定性，通过加装改造冷冻水泵手自一体排气阀，针对性解决水泵运行稳定性不足、排气不畅导致压力波动等问题。根据系统管道总体布局，为5台冷冻输泵安装排气阀，可大幅度提高排气效率，减少叶轮受损程度。系统改造后，压力和设备运行效率显著提升，后期设备维护难度和成本随之下降。实际结果表明，该方案可有效解决空调冷冻水失衡问题，创设舒适的办公环境。

关键词：压力稳定性；办公楼；空调冷冻水；系统改造

Renovation to Improve the Pressure Stability of Chilled Water in Office Building Air-Conditioning Systems

Lu Han

Guangxi China Tobacco Industrial Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530001

Abstract : This project aims to enhance the stability of the chilled water system in an office building's air-conditioning system by retrofitting manual-automatic air release valves on the chilled water pumps. This addresses issues such as insufficient operational stability of the pumps and pressure fluctuations caused by poor air venting. Based on the overall layout of the system's piping, air release valves were installed on five chilled water pumps, significantly improving air venting efficiency and reducing impeller damage. Following the system renovation, there was a notable increase in pressure stability and equipment operational efficiency, accompanied by a decrease in the difficulty and cost of subsequent equipment maintenance. Practical results demonstrate that this solution effectively resolves imbalances in the air-conditioning chilled water system, creating a comfortable office environment.

Keywords : pressure stability; office building; chilled water for air-conditioning; system renovation

办公楼空调系统运行是否稳定，很大程度上关系到办公环境舒适性，尤其是冷冻水系统的压力稳定性，如果压力失稳则会降低空调制冷效果。该办公楼由于制冷机组冷冻水泵排气不足，使得大量空气滞留内部，加剧压力波动，并且造成不同程度的叶轮损坏，降低空调整体性能，增加后期维护负担。因此，为了改善此类问题，本项目尝试着在冷冻水泵区域增设手自一体排气阀，优化系统排气结构，尽可能减少人工干预，提高系统自动排气能力同时，为冷冻水压力稳定提供坚实保障。

一、项目背景分析

(一) 现状问题

办公楼空调系统运作制冷，其原理在于冷冻水反复循环过程制冷，因此冷冻水泵运行是否稳定，很大程度上决定了空调整体制冷效果。但是现有办公楼空调冷冻水系统却暴露出诸多问题，主要表现在以下几点：

(1) 内部空气滞留，排气效率偏低。冷冻水泵系统原设计结构较为复杂，排气点数量少，多依靠人工手动排气，工作强度大，使得管道和泵体内部空气未能及时、充分排除。大量空气滞留在叶轮区域，导致叶轮出现不同程度的气蚀现象，缩短设备使用寿命，整体水泵效率大幅度下降^[1]。

(2) 冷冻水压力不稳定，制冷效果不良。由于大量空气滞

留，排出不及时将会增加水循环阻力，系统压力稳定性下降，严重影响空调设备的制冷效果。在连锁反应下，办公区域可能出现不同区域制冷效果差异显著的问题，影响办公环境的舒适度^[2]。

(3) 运行维护成本高，安全性不足。由于冷冻水系统需要人工排气，工作负担重、成本高，并且相较于自动排气装置而言，人工操作方式可能存在排气不充分的情况。如果冷冻水系统长期处于压力频繁波动状态，可能导致接头渗漏或管道振动，大幅度增加系统运行故障风险。

(二) 项目改造的必要性

办公楼空调冷冻水系统由于内部大量空气滞留、无法及时排出，导致系统压力波动，威胁空调设备安全、稳定运行。空气积蓄在系统内部，加剧水泵气蚀现象，系统整体换热效率降低15% ~ 20%，冷冻水流量波动超出标准10%，空调机组制冷

效果大打折扣^[3]。因此，为了改善此类问题，通过加装自动排气装置，致力于从源头上解决管道内部空气滞留问题，增强系统水利工况稳定性，提高末端空调设备制冷效果，创设舒适的办公环境。

现阶段设备采用人工维护方式，成本较高，每个月至少需要人工进行3次~4次排气作业，每次排气消耗时间2h~3h；排气不充分，叶轮会发生气蚀现象，使用寿命平均缩短30%左右，每年由于气蚀导致的机械损坏，大幅度增加后期维护成本。系统自动化改造后，可大幅度降低设备故障率、维护工作量、维护成本^[4]。

摒弃手动排气方式，迎合现代化、智能化建筑物管理要求，加装自动排气装置，在现代化信息技术支持下，实现系统远程监控、故障预警，同楼宇自动化系统紧密对接；丰富系统运行经验，为后续设备运行管控提供可靠的数据依据，最大程度上减少对人工实践经验的依赖性，创造更加理想的经济效益、社会效益。

二、办公楼空调冷冻水压力稳定性改造的优化措施

(一) 优化措施

办公楼空调冷冻水压力稳定性改造中，应针对冷冻水泵运行中的排气缺陷和压力波动等问题，每台冷冻水泵加装一个手自一体的排气装置，安装5个手自一体排气阀，采用自动和手动相结合的排气方式，能够保障冷冻水系统压力稳定，实现高效排气的作用。配件选用方面，结合实际需求综合考量系统参数，将DN20排气阀作为系统主要排气部件，适配现有系统管道规格，可以将管道中滞留的空气快速排出^[5]。配备DN15手动阀，自动排气异常故障时，可手动干预排气，增强排气的可靠性与灵活性。同时，为了实现各部件可靠连接，选用黄铜铸造、承插焊接式的20/15变径直通部件，满足不同管径部件的连接需要，增强管道连接流畅性以及密封性。另外，配备DN20内接及配套接头，借助此类部件可大幅度提高管道连接效果，有效避免冷冻水系统出现渗漏水或是漏气等问题，维护排气装置安全、稳定运行。依据流体力学分析结果，手自一体排气阀适合安装在水泵出口1.5m~2.0m垂直升高管段，气囊高度聚集区域，避开变径管或是弯头等紊流区域，便于人员后期检修和维护。为了保障安装质量，螺栓连接区域需要使用专门的密封胶进行处理，安装后对管道进行气密性测试，逐一验证每台水泵的排气功能是否正常发挥。基于此类手自一体排气装置，可实现冷冻输泵和系统中的空气高效、快速排出，避免空气滞留导致系统压力发生波动，为办公楼空调系统高效运行保驾护航^[6]。

(二) 技术细节

办公楼空调冷冻水压力稳定性改造，适合采用双模式排气系统，配备先进、可靠的手自一体排气阀，提供自动排气和手动排气两种模式。冷冻供水系统正常运行工况下，排气阀的自动模式自动化开启，借助排气阀内部精良结构智能感知系统内部空气滞留情况，空气量达到一定程度后即可自动开启排气口充分排气，排气速度最高为15L/min，内部配备消音装置，增强排气即

时性同时，控制排气产生的噪音强度不超过60dB，有效降低人工操作和维护成本。部分特殊工况下，系统运行初期阶段排气量大，但是自动排气装置存在故障，可调整为手动模式，控制DN15手动阀充分排出系统内部空气。配备1/4转快速排气旋钮，特殊情况下通过该按钮即可强制排气；旋钮提起后旋转即可启动，避免误触；配备可视化窗口，实时观察排气状况，手动排气量最高为20L/min^[7]。

系统改造后，基于排气阀有效排出系统内部滞留空气，提高管道内冷冻水的流动顺畅性，最大程度上消除水锤效应。一般情况下，水锤效应产生，多是由于管道内部水流速度突变，导致管道内部压力骤然升高，诱发管道振动同时，还可能加剧水泵、管道等设备损害，威胁系统压力运行稳定性。及时排出系统内部空气，能够避免空气阻隔诱发的突变问题，提高办公楼空调冷冻水系统运行稳定性。

本次改造采用复合式排气结构，主排气口和辅助排气口分别采用不锈钢浮球阀、锥形喷嘴结构，提供双重密封装置，避免系统运行中发生泄漏问题。系统内部配备自适应控制系统，依托压力传感器实时监控系统运行状态，结合具体压力变化动态预警、调整排气策略；实行模块化维护设计，配备便捷的快拆式阀体结构和标准化接口设计，系统后期维护时可便捷更换配件，缩短维护时间，最大程度上减少损失^[8]。系统兼容性设计，空调冷冻水压力始终处于0.2MPa~1.6MPa范围内，温度范围-10°C~130°C，可兼容乙二醇、水等常见冷媒。另外，系统配备防冻保护以及过压自动关闭等功能，特殊情况下可操控机械式应急手动装置。此种方式能够有效解决现有系统排气问题，适应各类复杂的工况，维护空调冷冻水系统长期稳定运行，提高系统运行效率。

三、办公楼空调冷冻水压力稳定性改造实施步骤

(一) 掌握管道走向，明确排气阀安装位置

办公楼空调冷冻水压力稳定性改造，在明确具体改造方案基础上，充分调查和掌握冷冻水系统管道走向。改造队伍收集办公楼空调系统的设计图纸和施工方案等文件资料，掌握管道布局、管径变化、具体连接方式，以及换热器、冷冻水泵以及末端空调设备的位置数据。配备专业人员前往现场，沿着管道走向勘察，使用激光测距仪收集管道的布局尺寸规格，使用超声波流量计检测不同管段内部液体流速，通常为2.5m/s~3.2m/s，全面记录系统压力波动数据；使用 PipeFlow 软件统计处理数据，在此基础上建立三维模型，精准识别管道气囊高风险区域；结合各台冷冻水泵运行特点和位置，确定最佳的排气阀安装位置，多是冷冻水泵出口管道高点区域，便于水泵内部空气及时、高效排出，避免大量空气积聚在管道内部。安装位置确定时，也要考虑后期检查和维护的便利性，避免安装位置与其他设备、管道冲突，提高系统整体运行稳定性和安全性^[9]。

(二) 采购相关配件，安装手自一体排气阀

依据系统改造要求、优化措施以及技术细节，编制详细、

准确的配件采购清单，其中包括 DN20 排气阀、DN15 手动阀、20/15 变径直通、DN20 内接以及配套接头的规格、数量、质量等要求，同时准备管道切割机、扭矩扳手等专用部件安装工具，如

图 1。充分市场调查，优先选择高资质厂商建立合作关系，并对厂商提供的配件进行质量管控，进入现场的配件需要出具检验报告以及产品合格证等文件，全面保障配件合乎标准和规范要求^[10]。采购相关配件后，编制为期 15d 的施工进度计划，办理施工许可，组织施工人员参加技术和安全培训活动，至少涵盖了 3 项高危作业许可。



图 1 手自一体排气阀部件

现场改造施工环节，确定安装位置，并充分清理管道表面修饰、油垢等杂质，为后续管道安装质量提供保障。依据定位坐标对管道开孔，误差不超过 2mm；采用氩弧焊工艺，焊接 DN20 法兰断管，焊接后进行管道压力测试，保持 1.5 倍工作压力，持续运行 30min，检查管道压力是否稳定。按照变径直通、手动阀、排气阀的顺序进行安装，使用扭矩扳手紧固，螺栓扭矩 65N·m

最佳。排气阀安装后，使用密封胶或是密封胶带保证接口密封性能，降低后期渗漏几率。管道安装后进行系统调试，检查是否能够正常运行。

(三) 机组试运行，检查排气效果和稳定性

手自一体排气阀安装后即可试运行，仔细检查各设备是否牢固、是否泄露，排气阀的双模式是否正常切换，可视化界面显示的各项参数是否准确等。做好系统试运行记录，记录下各项数据指标。冷冻水机组启动后，依据设备运行程序动态调整机组运行负荷，按照低负荷到高负荷循序渐进过度。试运行环节，工作人员现场观察排气阀的排气效果，自动模式下是否将系统内部空气及时、充分排出；手动模式下，控制 DN15 手动阀检查系统内部空气排出以及渗漏水等分情况。实时监测系统压力变化，控制压力波动始终处于 $\pm 0.004 \text{ MPa}$ 以下。检查系统运行过程中有无振动、噪音等异常情况，保证系统压力始终处于稳定状态。试运行 48h 后，根据记录的数据综合评估系统改造效果，如果发现排气效果不理想，组织人员及时排查原因，制定针对性措施予以处置，全面保障系统稳定运行需求。

四、结论

综上所述，办公楼空调冷冻水压力稳定性改造是一项系统工程，本质目标在于提高系统压力稳定性和制冷效果，创设舒适的办公环境。因此，通过调查管道走向和分布情况，在合适位置安装 5 个手自一体排气阀，从而提高管道内部水流顺畅性，保障系统安全、稳定运行。

参考文献

- [1] 肖敏杰,曹勇,毛晓峰,等.基于需求响应的空调冷冻水系统热惯性研究 [J].建筑科学,2025,41(06):205-213+244.
- [2] 周伟杰,何延治,姜军.深圳高密度地区数据中心空调设计探索与实践 [J].制冷,2025,44(03):20-23+34.
- [3] 张长兴,赵光磊,丁卫科,等.基于自然冷却的数据中心空调系统应用特性 [J].科学技术与工程,2025,25(15):6324-6331.
- [4] 连梦雅.基于大型商业综合体的暖通空调节能设计要点分析 [J].节能,2025,44(05):14-16.
- [5] 王峻,李桐,王奕飞.建筑中央空调全局智控节能技术研究 [J].建筑科技,2025,9(04):59-63.
- [6] 罗文林,胡洪.杭州市某办公研发园区空调能源中心规划设计 [J].山西建筑,2025,51(10):94-98+194.
- [7] 杨木和,李志英.某超高层建筑空调冷源系统技术经济性分析 [J].洁净与空调技术,2024,(03):1-5.
- [8] 杨德志,陈飞虎,廖曙光,等.某新型型空调水冷系系统节能能分析 [J].洁净与空调技术,2024,(03):95-98.
- [9] 周伟财.智慧建筑中央空调水系统节能优化设计分析 [J].新城建科技,2024,33(08):68-70.
- [10] 齐宗潮,龙广炜.关于采用下沉式冷却塔的地铁车站增设冷冻水定压补水装置的探讨 [J].制冷,2019,38(04):6-9.