

中央空调系统调试常见故障及处理方法

刘佳荣

中国五冶集团有限公司 广东 惠州 516300

摘 要：本文围绕中央空调全系统调试工作展开研究，梳理水系统、主机、末端风系统及电气自控系统调试基础流程与工况标准，剖析设备质量、施工工艺、参数设置、管路杂质四类故障核心诱因，分类总结主机报警、管路堵塞、送风失衡、自控失灵等高频调试故障，配套标准化故障处置方案，同时从施工管控、人员作业、长效运维层面提出前置防控策略，可为暖通现场调试作业、故障快速消缺与系统长效稳定运维提供实操技术参考。

关键词：中央空调系统调试；常见故障；处理方法

引言：中央空调是建筑暖通核心配套设施，系统调试是保障机组换热效率、自控联动、温湿度调控达标与长效运行的关键工序。现阶段项目调试中，受安装工艺、设备品质、操作规范、现场工况多重因素影响，机组启停异常、水循环不畅、末端送风失调、自控通讯故障频发，延误工程交付且埋下运维隐患。基于此本文结合现场调试实操经验，拆解系统架构与调试流程，深挖故障成因，优化处置与防控方案，助力提升暖通空调调试施工质量。

1 中央空调系统调试基础概述

1.1 中央空调系统核心组成与调试原理

(1) 中央空调主机水循环系统结构构成：主机（压缩机、蒸发器、冷凝器、膨胀阀）、冷冻水循环泵、冷却水循环泵、冷却塔、膨胀水箱、分集水器及管网阀门等。水系统承担冷热量的输送与交换，其密闭性、流量平衡及水质清洁度直接影响调试成败。(2) 风路末端及自控配套系统运行机理：末端设备包括风机盘管、空气处理机组、新风机组、风管及风口；自控系统含温度传感器、电动阀、压差开关、控制器及 BA 接口。末端通过表冷器换热，由自控调节水阀与风机转速，实现室内温湿度精准控制。(3) 系统调试核心工作原理与工况标准：调试旨在验证制冷/制热循环、水流量分配、风量平衡及自控联动的正确性。标准工况下，冷冻水进出口温差 5°C （制冷）或热水温差 10°C （制热），末端风量误差 $\leq 10\%$ ，房间温度波动 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内。

1.2 中央空调标准调试流程

(1) 调试前期设备、管路、电路预检工作：核对主机、泵组、末端型号参数；检查管路焊接质量、排污冲洗、水压试验记录；确认配电柜接线、电机绝缘电

阻、控制信号线路通断；清理系统内焊渣、铁屑等杂质。(2) 单机空载分步调试实施流程：先对水泵、冷却塔风机、末端风机进行点动转向确认，再连续运行 2 小时监测电流、振动、温升；主机空载启动检查油压、吸气/排气压力，逐步加载至额定工况。(3) 系统联动负荷调试作业步骤：充水排尽空气，开启水泵循环，调节平衡阀使各支路流量达标；启动主机，逐步投入末端负荷，测试总供水温差；同步调节风阀与新风比，检测房间温湿度及噪声。(4) 调试参数核验与数据归档要求：记录各测点的温度、压力、流量、电压、电流、功率因数，对比设计指标偏差；形成调试报告，附 PID 图标注实测值，经各方签字归档^[1]。

1.3 调试故障诱发核心诱因

(1) 设备出厂零部件质量缺陷：如压缩机内部磨损、换热器铜管砂眼、风机叶轮动平衡超标、电动阀执行器卡死，导致泄漏、异响或控制失灵。(2) 现场安装施工工艺不达标问题：管路错接或坡度反向、保温层破损、配电相序错误、减振垫缺失、过滤器安装方向颠倒，造成水流短路、凝露滴水或电机反转。(3) 调试参数设置失误与操作违规：主机控制参数（如回水温度设定、防冻保护值）输入错误；水泵变频器恒压值偏离设计；未按顺序启动设备导致水锤冲击或压缩机液击。(4) 管路杂质、环境工况干扰因素：管道内焊渣、麻丝堵塞过滤器或电子膨胀阀；冷却塔进风短循环、室外机散热不良；电网电压波动超出主机允许范围，引发保护停机。

2 中央空调系统调试各类常见故障剖析

2.1 制冷主机调试核心故障

(1) 压缩机无法启动、频繁启停故障：常见原因包括供

电缺相、电压不稳、控制回路保险熔断或接触器吸合不良；高压/低压保护开关动作未复位；油压差保护、电机过热保护触发。频繁启停多因回液导致油温过低、吸气压力波动大或控制参数（如温差回差）设置过小^[2]。（2）机组高低压保护、油温异常报警故障：高压保护源于冷却水流量不足、冷却塔散热差、系统内有不凝性气体或冷凝器结垢；低压保护因制冷剂泄漏、膨胀阀开度过小、过滤器堵塞。油温异常报警多为油加热器失效、油冷却循环不畅或压缩机回气带液稀释润滑油。（3）主机制冷制热出力不足、换热效率偏低：蒸发器侧冷冻水流量偏低或水温设定不当；冷凝器换热面积脏堵；压缩机内部磨损导致容积效率下降；制冷剂充注量偏差过大（过多或过少）；换热器水侧结垢或油膜附着。

2.2 水循环管路系统调试故障

（1）冷冻水、冷却水管道渗漏、接口滴水故障：常见于法兰垫片老化、螺纹连接密封胶未涂均匀、焊接存在砂眼；管道支架松动造成接口受力变形；试压后未复紧螺栓。调试初期发现滴水应立即隔离排空，补焊或更换垫片。（2）管路气堵、水垢杂物堵塞水循环故障：气堵表现为水流声明显、压力表剧烈摆动，多因系统高点未设自动排气阀或注水速度过快；杂物堵塞主要发生在Y型过滤器、电动阀阀芯、换热器小通道，表现为泵出口压力高而末端流量小，拆洗过滤器可解决。（3）循环水泵异响、扬程流量不达标故障：异响来自泵内气蚀（入口滤网堵塞或水位过低）、轴承磨损或叶轮与泵壳刮擦；扬程不足常因叶轮磨损、电机转向错误或并联泵未同时运行产生回流；流量不达标需复核管路阻力曲线与泵选型匹配性。

2.3 末端风系统调试典型故障

（1）风机盘管风量不均、局部区域送风异常：风管支路手动调节阀开度不匹配导致水力失调；风口格栅脱落或过滤网堵塞；软连接脱落或风管漏风。调试时需风速仪逐口测量，调整阀门使各风口风量偏差控制在 $\pm 10\%$ 以内。（2）末端设备凝水盘溢水、机身结露滴水故障：凝水盘排水坡度不足或堵塞；保温层与机身贴合不严出现冷桥；风机盘管进水温度过低（低于露点）且风量太小。处理措施包括疏通凝水管、加厚保温、调节水阀提高回水温度^[3]。（3）风管共振、机组运行噪音超标问题：共振源于风机叶轮动平衡不良、风管吊杆刚度不足或机组减振器失效；噪音超标还包括电磁噪声、气流涡流声。调试时可增加消声器、调整风机转速或加固管路支架消除共振频率。

2.4 电气自控系统调试故障

（1）温度、压力传感器数据失真故障：传感器安装位置不当（如在管路死角或靠近热源）导致测温偏差；变送器量程设置错误或信号线受强电干扰；探头结垢或冰堵造成压力读数漂移。调试时需标准仪表校准，检查屏蔽接地。（2）PLC控制器、线路通讯中断故障：通讯中断多因总线接线端子松动、通讯协议参数（波特率、站号）不一致或中继器故障；PLC自身死机或电源模块输出电压不稳。处理时先检查物理连接，再重启控制器并重载程序。（3）电动阀门执行器卡滞、调控失灵故障：执行器卡滞通常由阀杆生锈、水垢或焊渣卡在阀芯轨道引起，手动测试无法转动；调控失灵表现为主机发出0~10V信号但阀位反馈不变，需检查控制线断线、执行器电机烧毁或限位开关设置错误。

3 中央空调系统调试故障针对性处理方法与防控优化措施

3.1 主机设备故障标准化处置方案

（1）压缩机电气故障、机械故障快速检修方法：电气故障优先测量三相绕组电阻及对地绝缘电阻，若发现匝间短路或接地，更换压缩机并彻底清洗系统；接触器触点粘连或烧蚀应立即更换。机械故障如卡缸、抱轴，先尝试断电后手动盘车，若无法转动则采用点动反转法（调换相线瞬时通电）冲击，仍无效则必须解体修理。所有检修前需回收冷媒、切断电源并挂锁，确保安全。（2）机组压力、温度报警故障闭环处理流程：高压报警时依次排查冷却水流量、冷凝器脏堵及不凝性气体，清理换热管、重新抽真空充注冷媒；低压报警先检漏补漏、更换干燥过滤器芯，检查膨胀阀开度。油温或排气温度报警需确认油加热器通电时间、回油过滤器及冷却电磁阀状态。故障排除后连续运行2小时无复发方可闭环，记录原因及处置方法形成档案。（3）冷媒异常、换热衰减故障整改技术手段：冷媒混入空气或水分时，须全量回收后多次抽真空至 -0.1MPa 以下，更换冷冻油和干燥过滤器，重新充注合格冷媒。换热衰减因水侧结垢采用化学清洗（弱酸加缓蚀剂）或胶球在线清洗；氟侧油膜可通过反向冲洗、更换高效油分离器解决。严重时拆解换热器机械除垢，恢复传热系数至设计值95%以上^[4]。

3.2 水循环与末端系统故障解决措施

（1）管道渗漏封堵、管路排气除垢施工工艺：渗漏点小可带压打卡或使用高强度环氧树脂封堵；法兰或螺纹渗漏需泄压后更换垫片并重新涂密封胶。排气采用系

统高点自动排气阀或手动排气,注水时控制流速。除垢采用循环水冲洗配合弱酸清洗(对碳钢需加缓蚀剂),严重堵塞处拆下过滤器或支管分段冲洗。(2)水泵、风机异响降噪与参数校准方法:水泵气蚀异响应提高进水水位、清理入口滤网;轴承异响需加注润滑脂或更换轴承;叶轮刮擦则调整叶轮与泵壳间隙。风机异响应重新做动平衡、更换损坏叶片。参数校准包括用转速表实测转速、钳形表测电流,对比铭牌值,调整变频器或皮带轮改变速比。(3)末端凝水、送风失衡问题调试优化方案:凝水盘溢水先疏通排水管(用压缩空气吹或铁丝疏通),调整盘体坡向排水口 $\geq 5\%$;机身结露应检查保温棉厚度,加贴橡塑保温板,并提高进水温度(调节电动二通阀最小开度)。送风失衡通过风阀平衡法:将所有风口风量调至设计值的120%,再按最不利环路依次调节达标,最后锁定风阀开度。

3.3 电气自控故障修复与参数调试技巧

(1)传感设备校准、破损更换实操方法:温度传感器置于冰水混合物(0°C)及恒温槽(50°C)中,比对PLC显示值,偏差 $>\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 则更换;铂电阻采用三线制接线消除导线误差。压力传感器用标准压力校验仪加压,修正零点及满量程。破损更换时注意屏蔽层单端接地,安装位置避开管路死水区及振动源,密封性试验合格后方可投运。(2)自控线路检修、通讯故障修复策略:通讯中断优先检查RS485总线A/B线极性 & 终端电阻(120Ω 是否接入),用万用表测线间电阻(正常约 60Ω)。分段排查松动端子或断点,更换破损屏蔽双绞线。PLC死机则断电重启,检查程序完整性及电源模块输出电压;通讯模块故障直接更换,修复后通过上位机逐节点轮询确认全部在线,通讯误码率 $<10^{-6}$ 。(3)系统联动控制参数优化整定方式:冷冻水出水PID参数初设比例带20%、积分时间120秒、微分时间0秒,观察阶跃响应,若无震荡且调节时间 <5 分钟则固化;若超调过大则增大比例带至30%。冷却塔风机启停温度设定为 37°C 启、 32°C 停,回差 2°C 。压差旁通阀设定值取系统最不利环路压差设计值(通常 $0.05\sim 0.1\text{MPa}$),死区 $\pm 0.01\text{MPa}$ 。整定后记录曲线,备份参数至PLC。

3.4 调试故障前置防控与运维优化建议

(1)施工安装阶段质量管控优化对策:严格执行管

道焊接氩弧焊打底、充气保护,焊后100%探伤抽查;管路冲洗采用高速水流(流速 $\geq 1.5\text{m/s}$)分段进行,直至排出水清洁度达标。设备安装前开箱检查,核对出厂测试报告。保温施工要求胶水满涂、接缝错开,杜绝冷桥隐患。(2)调试人员标准化作业管控要求:调试人员须持制冷与电气双证上岗,调试前召开技术交底会,明确分工及应急预案。严格执行调试检查表(共8大类56项),每步操作需两人复核——一人操作、一人监护。禁止擅自更改主机控制参数,如需调整必须经技术负责人书面确认。调试全程佩戴安全防护用品,挂牌上锁^[5]。(3)系统调试后长效运维故障预防方案:建立月度巡检制度,检查过滤器压差、冷媒视液镜颜色、电气端子紧固扭矩。每季度清洗冷却塔填料及冷凝器进出水口,每半年校验一次传感器。建立故障数据库,统计分析高频故障点,针对性改进。每年开机前进行一次模拟联动测试,防止长期停机后启动故障。运维人员需留存整套调试报告及图纸,便于后续快速定位问题。

结束语

综上,中央空调调试故障覆盖主机、管路、末端、自控全模块,故障根源多集中于施工疏漏、参数错配与运维管控缺失。落实故障快速处置、优化全流程调试工艺,能够有效解决调试痛点,保障系统参数贴合设计标准。后续工程需落实安装质控、标准化调试作业与周期性运维管理,打通故障前置防控闭环,减少调试返工与后期停机故障,全面提升中央空调运行稳定性、节能性与项目整体施工交付质量。

参考文献

- [1] 黄浩.建筑中央空调系统调试要点及试运行故障处置研究[J].机电工程技术,2025,54(8):267-269.
- [2] 林晓东.水冷中央空调机组调试常见故障分析与解决措施[J].制冷与空调,2024,24(5):72-75.
- [3] 王健.商用中央空调水力调试问题及系统运行故障优化处理[J].设备管理与维修,2024,11(12):89-91.
- [4] 陈凌霄.中央空调VAV系统调试缺陷、常见故障及整改措施[J].科海故事博览,2025,13(26):45-47.
- [5] 赵志远.中央空调系统竣工验收调试故障成因及防控对策[J].建筑热能通风空调,2023,42(7):112-114.