



编者按：建筑机电系统全过程调试技术在我国是一个较新的调试技术领域，随着建筑业的发展和新技术的开发与应用，建筑行业对该技术的运用也会越来越广泛。本期科技专题推出的是中建三局安装工程有限公司践行的建筑机电安装工程的全过程调试理念，并详细介绍了该技术在丰台区丽泽金融商务区F03地块和中建光谷之星项目中的实践经验，公司推行的全过程调试技术确保了机电工程品质的实质性提高。

# 建筑机电安装工程全过程调试管理实践

裴以军 余亮 闵恒

(中建三局安装工程有限公司 武汉 430043)

**摘要：**本文从全过程调试体系、管理细则与实施、成果介绍、不足与展望等方面详细介绍了中建三局安装工程有限公司全过程调试的管理实践，其调试体系文件的设置，展示了有效的文档资料、成熟的模块化工具集；依据问题日志进行大数据分析；提出加强方案调试和持续调试的工作展望。

**关键词：**全过程调试 管理实践 调试体系 模块化工具集 问题日志

**中图分类号：**TU745.5 **文献标识码：**B **文章编号：**1002-3607(2019)04-0018-03

## 1 引言

为谋求业主需求功能的实现，我国建筑采用的功能设计、施工、集中联合调试分离模式，远未达到预期目的，主要存在运行能耗高，维护费用高、机电系统自控失效、寿命短等缺点。该分离模式在设计阶段埋下祸根，施工单位“按图施工”带来建筑功能无法弥补的缺陷；施工方采购错误的部件产品，部分指标达不到设计要求，整改产生额外成本，或降低标准验收；施工中采用错误的施工方法及检验、调整方法，也是重要原因。这与行业长期不重视或没有“全过程调试(Commissioning)”理念有关<sup>[1]</sup>。中建三局安装工程有限公司(以下简称“三局安装”)致力于成为国际机电安装领域的标杆企业，在国内

率先践行了建筑机电安装工程的全过程调试理念。

建筑业中的“全过程调试”，作为一种确保能够实现设计意图和满足业主使用要求的工作程序和方法，贯穿于方案设计、图纸设计、安装、单机试运转、性能测试、运行和维护等建筑全生命周期<sup>[2]</sup>。其理念是确定业主需求，量化成各项可检测、核查的指标，分解落实到设计、施工的每个环节中进行检测、核查，按照严谨的准则方法操作维护，确保满足既定目标<sup>[1]</sup>。

## 2 建筑机电安装工程全过程调试管理实践

### 2.1 全过程调试体系

全过程调试须建立与之适应的

项目管理体系。我国机电工程行业品质管理的现状是“重结果不重过程”“重检测方法不重调试组织”，未见“以承包商为主导的全过程调试”案例、指南和规范<sup>[1]</sup>。三局安装已编制机电工程全过程调试管理体系文件，分《调试管理手册》《调试流程和方法》《调试管理及记录表格》《范例》四个层次，其中《调试流程和方法》《调试管理及记录表格》采用结构化管理，为每个经过实践检验被证明是适用的标准文本赋予唯一代码，方便检索、引用和维护。

依托全过程调试试点项目实施和优化本体系文件，积累企业全过程调试技术成果，完善企业知识库；企业层面设置调试管理中心，组建调试专家顾问团队；项目层面设置专门调试



部门（岗位），适度授权，负责协调生产管理、深化设计、物资、质检等各岗位参与全过程调试，依靠全过程调试这把金钥匙，实现机电工程品质的实质性提高。

### 2.2 调试管理细则与实施

全过程调试在企业层面的管理工作，分管理体系建设和实施两部分。管理实施聚焦过程管控和技术积累。必须使用有效的文档资料、成熟的模块化工具集，对每个调试试点项目做重点管控，不断地形成企业调试技术积累知识库，将全过程调试的思想落实进企业经营和发展中。

#### 2.2.1 调试试点项目双周报

三局安装创新性地将管控手段明确为调试试点项目双周报（见图1），双周报是全过程调试试点项目的工作记录，每两周报公司一次，对问题日志中记录的问题进行实时跟踪和及时解答。

问题日志 (YL-WT-001)

记录编号 (此处为记录编号的条码或二维码)

问题编号	YL-WT-001	发生日期	月 日
系统编号	施工清单项目编号		
问题详细描述			
解决问题的措施或方法			
解决问题的单位	中建三期安装水利项目	解决问题责任人	
要求完成时间		问题发出人签字	
问题处理结果	完全解决	自检人签字	
复查检测记录编号	复查见证人签字		
影响评估	对 OPR 的影响	无影响 轻微 严重	业主签字:
	对造价影响	无影响 轻微 严重	项目经理签字:
	对质量影响	无影响 轻微 严重	质量总监签字:

注：表格中灰色填写部分由调试负责人填写，无填写部分由问题处理责任单位（人）填写。

---

全过程调试试点项目双周报

自 年 月 日至 年 月 日		
1 调试计划修订情况	未修订 <input type="checkbox"/> 有修订 <input type="checkbox"/>	新版日期
修订内容简述:		
2 业主的项目要求修订情况	未修订 <input type="checkbox"/> 有修订 <input type="checkbox"/>	新版日期
修订内容简述:		
3 问题日志管理	本周共解决 条调试问题，其简要描述如下:	
	(1) 编号	提出人 问题描述
	(2)	
填报人:	审核人:	

图1 全过程调试试点项目双周报、问题日志、试点管理评价标准

#### 2.2.2 问题日志

日志（见图1）记录项目设计、建造、验收、运行全过程的问题，问题来自业主要求（OPR）的更新和实施过程的发现，对其进行跟进、追踪和解决，形成完整的技术成果。

#### 2.2.3 管控手段

全过程调试试点管理评价标准见图1。问题日志管控见表1。

表1 问题日志管控台账 (ZJSJ.CMS.T0000007)

序号	问题编号	发生日期	发出人	问题描述	责任人	要求完成时间	完成情况			核查人
							完全解决	持续解决	忽略	

### 2.3 全过程调试成果介绍

#### 2.3.1 全过程调试大数据统计分析

自2016年3月1日至2018年4月30日，累计1451条问题日志，提炼273例经典问题，统计见表2。

结论：入选日志中，深化设计、施工质量管控、设备与材料、检

测对全过程调试的影响权重分别为：38.5%、37%、7.3%、17.3%，设计和建造阶段总占比达82.7%。图2显示累计报送日志中检测阶段之前解决了84%的问题，证明全过程调试前置性地解决建筑机电施工问题，减少后期拆改、变更成本。深化设计、施工质量对全过程调试至关重要。

#### 2.3.2 企业知识库

三局安装调试体系文件在多个项目试点，前瞻性解决各类问题2000余条，甄选代表性373例汇编成《问题日志300+例》，全方位展示全过程调试的问题及解决方案。术业有专攻，建筑机电工程涉及专业技术众多，引进覆盖各专业领域的行业专家困难，三局安装致力于自身调试经验和成果的积累，丰富企业知识库，为调试项目实施和人才培养保驾护航。

全过程调试试点管理评价标准

序号	考核项	考核标准	分值	得分
1	调试组织管理 (30分)	1. 试点项目调试组织架构齐全，责任明确，责任不明扣3分，无相关组织架构不得分。 2. 调试系统编制与方案编制及时，方案内容完整、实用，每缺一项方案扣2分，最多扣5分。 3. 调试器具准备齐全，仪器经校验且更新及时，合格无更新扣2分，无校验扣2分，不得分。 4. 现场服务人员（管理人员、劳务队伍、供货商等）组织充足，人员分工合理，调试前培训工作推进有序，现场调试组织合理，工作有序推展，得分系数1；现场组织欠位，但基本满足项目需求，得分系数0.8；现场组织勉强满足项目需求，得分系数0.6；不满足现场需求的，不得分。	5	5
2	培训 (5分)	1. 梳理全年组织调试组织管理、调试计划、调试方法、调试案例分析、调试系统文件整理等内部培训相关工作不少于30人次。	5	5
3	调试管控与输出文件 (20分)	1. 新开工项目调试试点3个月内完成《调试计划》并报批审批，竣工项目竣工验收前整理完成《调试报告》并报批审批，移交调试系统《调试手册》并报批审批，过程控制措施按项目进度完成调试工程清单、调试设备清单、变更管理台账等内容并报批审批。 2. 以上内容需按《调试管理手册》相关要求完成，未按时按质完成扣1分，得分系数0.9；完成内容不完整的，得分系数0.7；未完成的不得分。	20	20
4	调试成果 (45分)	1. 每月15日、30日前报送《调试问题管理台账》每部至少扣0.25分，最多扣5分。 2. 每次交周报告中，业主问题需求（OPR）更新及时，问题日志数量不少于2条，不定扣0.25分，最多扣3分。 3. 符合全年问题日志完成情况，问题日志全部完成相关问题相关情况，问题跟踪记录完整，问题解决方案清晰，责任人明确，证据文件完整，得分系数1；问题跟踪及时，思路清晰，但缺乏跟踪记录完整，得分系数0.7；问题跟踪不及时，得分系数0.5。 4. 每季度撰写一篇与全过程调试相关的科技成果（论文、专利、工法、科技进步奖等），未获奖不得分。 5. 调试成果在治理范围内进行交流分享每二次加2分，事业部范围内交流分享每二次加5分，外部交流或投稿获奖加2分，此项上限10分。	15	15
5	其他 (加分项)	1. 其他加分项	10	10
	合计			

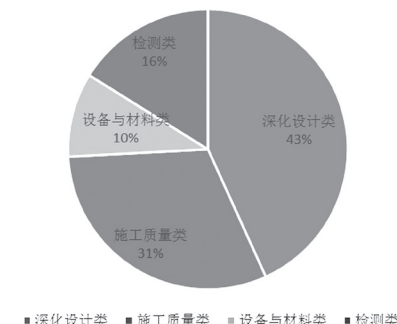


图2 各章节累计报送日志占比

### 3 不足与展望

与传统狭义“调试”相比，全过程调试是全新理念，其创新地为机电工程系统品质低下的困境提出解决方案，逐渐为业界接受。依据ASHRAE指南1-1996中对Commissioning的定义<sup>[3]</sup>，将其归纳为如下三个层次：



# 丽泽金融商务区F03地块 变风量空调系统(VAV系统)的全过程调试

丛洋 吴欣 杨光琴 陈炬元 白智栋

(中建三局安装工程有限公司 武汉 430043)

**摘要:** 本文以丰台区丽泽金融商务区F03地块为例,阐述了变风量空调系统(VAV系统)从设计、建造到测试阶段的全过程调试,详细分析了测试阶段出现的典型问题并提出了解决方法,为VAV系统的工程应用提供了实践参考。

**关键词:** 变风量 VAV系统调试 全过程

**中图分类号:** TU745.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2019)04-0020-05

## 1 工程概况

该项目位于北京市丰台区丽泽金融商务区核心区二、三环间。总建筑面积221,102m<sup>2</sup>,地下四层,建筑面积61,102m<sup>2</sup>,地上42层,建筑面积160,000m<sup>2</sup>。建筑高度200m,是集办公、商业和地下车库于一体的丽泽商务区地标建筑。办公楼标准层用VAV系统。

VAV系统由空调处理设备(AHU)、风道系统、变风量末端(VAV Box)及自控系统组成<sup>[1]</sup>。VAVBox调节风量,满足室内空调需求。机组出风温度恒定,VAV Box制冷、热季送风温度分别为14~16℃和28~21℃。办公楼层的空调末端按轴线分南、北对称区,各区含内外区,内区单风道VAV Box,外区为内置热水盘管的并

联风机动型VAV Box,夏季供冷,冬季供热。

新风由室外进入设备层的热回收机组,再由新风竖井进入标准层AHU(每层两台),与室内回风混合,经AHU处理后,由主风管、支风管、VAV Box、分风箱及灯槽式风口送至空调区域,回风由灯槽式回风口、回风管(消声器)回机房,一部

表2 问题日志200+例入选统计

章节	中国尊	迈科	高铁	嘉德	来福士	永利	光谷之星	首创	华侨城	厦门医院	金臣联美
深化设计类	10	31	10	6	20	17	5	3	2	1	0
施工质量类	30	30	0	3	1	21	11	4	0	0	1
设备与材料类	1	3	0	1	1	10	2	0	0	2	0
检测类	2	13	3	8	1	4	6	4	0	0	6
入选占比	15.8%	28.2%	4.8%	6.6%	8.4%	19.0%	8.8%	4.0%	0.7%	1.1%	2.6%
累计报送日志数量	191	195	111	189	230	202	159	57	17	73	27
入选日志数量	43	77	13	18	23	52	24	11	2	3	7
入选概率	23%	39%	12%	10%	10%	26%	15%	19%	12%	4%	26%

(1) Pre Commissioning (PC) 方案调试;

(2) Commissioning调试;

(3) Continuous Commission-

ing (CC) 连续(持续)调试。

在第二个层次上,三局安装做了以上描述的很多工作,取得了技术积累,并不断地向前迈进。但在第一

个和第三个层次上,希望加强技术人才的储备,加强制度、体系的建设,加强项目实践,让每一个三局安装建造的大楼,都是极致绿色、舒适的。

## 参考文献:

- [1] 中建三局安装工程有限公司.调试管理手册[Z]. 2015-06-05.
- [2] N.Djuric, V.Novakovic, Review of possibilities and necessities for building lifetime commissioning, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 486-492.
- [3] 曹勇,魏峥,廖滢. Commissioning 在建筑领域中的应用现状分析[J].建筑科学, 2013, 29 (10): 97-105.

分经排风立管、转轮式热回收机组排至室外。

AHU风量采用定静压控制，VAV Box根据实际需要调整开度，致主风道内静压变化。比较风道静压实测与设定值调节风机变频。

## 2 变风量空调系统（VAV系统）的全过程调试技术

### 2.1 设计阶段

#### 2.1.1 系统校核工作

楼宇空气环境系统受人员、设备散热和气候干扰，调节过程、执行器的非线性和滞后，各参量和调节过程的动态性，楼内人员活动的随机性等诸多因素影响<sup>[2]</sup>。

以回风气流组织校核为例。标准层各分区设置1台AHU。两分区空调回风在同一侧，回风效果不理想，应用CFD软件进行气流模拟。

塔楼低区东南侧回风风速小，回风气流不均匀，回风效果不理想。上述报告发送给设计院，对回风管道布置进行调整以保证回风达到要求（见图1）。

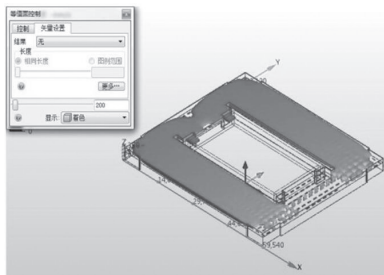


图1 以0.2m/s、0.5m/s为基准回风平面气流动向

#### 2.1.2 图纸深化设计

用BIM技术对各专业设备、管线进行整体规划，优化层高，减少管线冲突，为设备安装及维修预留空间，

现场美观。机房深化，合理排布设备管道。

BIM深化建模过程中，发现屋顶全热回收机组顶部与屋面插窗机轨道冲突，改变机组结构形式（由上下式改为左右式），降低机组高度。

#### 2.1.3 设备水力工况复核

深化调整管道路由、标高，增加翻弯，沿程阻力增大。根据管综图复核设备的水力工况参数，包括AHU压头、水系统的水力平衡及水泵选型见表1。

表1 空调风系统水力计算校核

环路编号	风量G	矩形风管 尺寸a	矩形风管 尺寸b	直径/当量 直径D	管长L	实际 断面面积S	单位比摩 阻R	实际 流速V
	m <sup>3</sup> /h	mm	mm	mm		m <sup>2</sup>	Pa/m	m/s
A	25969	2800	600	988	2.25	1.68	0.19	4.29

注：表中数据仅示例，未示全。

### 2.2 建造阶段

(1) 漏风量检测。VAV系统对漏风量要求严格，系统管道进行漏风量检测。

(2) 内法兰施工工艺。送、排风立管为镀锌钢板风管，外角钢法兰连接，保温层为30mm厚铝箔离心玻璃棉，外缠玻璃丝布、刷防火漆。

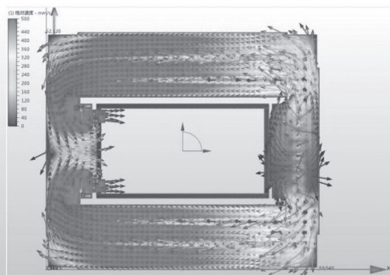
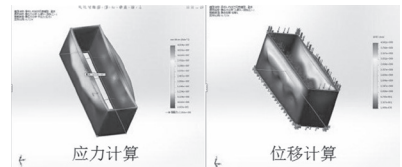


图2 风管受力分析

考虑20%富裕，则 $F_1=552 \times 1.2=662\text{kg}$ （6600kN）。风管受力分析见图2。



应力计算：最大应力为 $4.93 \times 10^7$ ，小于钢材屈服应力。位移计算：最大位移为4mm。

### 2.3 测试阶段

#### 2.3.1 单机测试

##### 2.3.1.1 空调机组单机测试

(1) 机组控制盘电压及电流测试：万用表测量机组三相电压、运行电流，与额定值比较。

(2) 风机转速测试：激光测速仪测量机组正常运行风机转速，测三次取均值，与额定值比较。

(3) 机组总风量: 送风总管上打测量孔, 测孔沿风管高度方向100、200、300mm设测点, 热敏式风速仪测量测点风速, 算平均风速, 据风管截面积算总风量, 与设计值对比, 偏差 $\leq \pm 10\%$  (见表2)。

表2 总风量测量记录

项目	测点高度			平均风速	风管长*宽	风量	平均风量	末端风量总和	机组额定风量	设计风量
	100	200	300							
单位	mm			m/s	mm	m <sup>3</sup> /h				
测孔	1									

注: 表中数据仅示例, 未示全。

(4) 机组外静压测试: 微压计测机组进、出口管道静压, 相加为机组外静压, 与设计值比较。

(5) 变频器测试: 连接笔记本电脑与BA系统网络控制器NAE端口, 开启风机, 手动改变变频器设定值, 查看系统界面反馈是否与变频器设定值一致。

(6) 机房噪声测试: 关闭机房所有门窗, 用噪音仪测出开启机组前、后机房噪声值, 计算差值。

### 2.3.1.2 VAV Box的单机测试

VAV Box通讯状态测试: 检查VAV Box控制箱内通讯线端子接线正确; 编码VAV Box, 设置其地址码; 连接VAV Box、网络控制器NAE及笔记本电脑后通电进入系统程序, 查看VAV Box上线, 地址码显示正确; 电脑界面显示数字完整, 说明系统VAV Box已上线, 否则用网络测试仪及万用表检查线路。

VAV Box控制器功能动作测试: 进行VAV Box电动风阀动作与反馈、温控器测温与反馈、VAV电动阀与温度变化动作、VAV Box热水盘管热水

阀开关动作测试及并联风机动作测试。将VAV Box、网络控制器NAE及笔记本电脑连接, 开启系统。

VAV Box电动风阀动作与反馈功能测试: 在系统界面手动设置风阀开度, 观察风阀实际开度反馈是否正

确, 设置开度需与反馈一致。

温控器的测温与反馈功能测试: 比较VAV温控器面板显示的温度值、界面反馈的温度值及温度仪实测值, 三者需相近。

VAV Box电动阀与温度变化动作功能调试: 设为普通模式, 电脑界面上查看室内温度反馈值, 界面设定室内温度使其小于当前室内温度反馈值, 电脑查看电动风阀开度反馈值自动调大, 现场风阀实际开度增大; 相反设定时, 风阀开度减小。

VAV Box热水盘管热水阀开关动作测试及并联风机动作测试: 设为“加热模式”, 冬季状态, 盘管水阀处关闭状态, 并联风机处停止状态。改变室温设定值使其大于室温反馈, 界面上查看电动水阀反馈为开启, 并联风机启动; 反之, 水阀关闭, 并联风机停止。

### 2.3.2 楼宇自控系统测试

编制楼宇自控系统的逻辑控制流程图。根据逻辑流程图编写系统程序, 模拟检测程序的准确性, 无误后保存。

用蓝牙适配器将编写好的程序下

载到DDC控制器, 将笔记本电脑、网络控制器NAE及DDC控制器之间通讯网络搭建好, 通电开启, 进入系统程序界面, 启动机组风机。

在系统界面上查看如下点位信号反馈: 回风湿度; 回风CO<sub>2</sub>浓度; 初、中效过滤器压差报警信号; 静电过滤器故障报警信号; 紫外线杀菌装置信号; 冷热盘管供回水温度; 冷热盘管电动阀开度; 加湿单元信号; 送风湿度; 送风管道信号; 变频信号。

(1) 回风CO<sub>2</sub>浓度与新风定风量箱CAV控制的调试。改变回风CO<sub>2</sub>浓度设定值, 观察新风CAV定风量箱的开度变化。当回风CO<sub>2</sub>浓度设定值低于当前回风管道CO<sub>2</sub>浓度反馈值时 (上下浮动范围可通过程序设定), CAV新风需求量为设计最大值; 反之, 新风CAV按设定最小值运行。

(2) 送风温度与机组冷热水盘管电动调节阀控制的调试。改变送风温度设定值, 观察冷热水盘管电动调节阀的开度变化。以夏季模式为例, 当送风温度设定值低于当前送风温度反馈值时, 冷水阀开度增大; 反之减小。

(3) 机组初、中效过滤器压差报警调试。改变初、中效过滤器压差开关设定值, 观察界面上过滤器压差报警信号反馈。当设定值低于实际压差时, 界面反馈信号为报警“Alarm”; 反之为正常“Normal”。

(4) 回风湿度与加湿控制调试。改变回风湿度设定值, 观察界面上加湿动作信号反馈。设为“冬季模式”, 当回风湿度设定值小于当前回风管道湿度反馈值时 (上下浮动范围

可通过程序设定),界面上加湿状态反馈为“OFF”,关闭状态;反之,为“ON”,开启状态。

(5)防冻报警反馈。改变防冻开关设定值,观察信号反馈。设为“冬季模式”,当防冻开关设定值小于当前盘管温度反馈值时,界面上防冻状态反馈为“Normal”,正常状态;反之为“Alarm”,报警状态。

(6)送风风道静压与变频控制调试。VAV系统采取“定静压”控制方式,VAV Box根据实际需要调整送风量,末端送风量变化导致主风道内压力变化,比较实测最不利点处风道静压与设定值进行变频调节。

### 2.3.3 风平衡测试

F03塔楼空调系统结构详见工程概况,结构原理见图3。

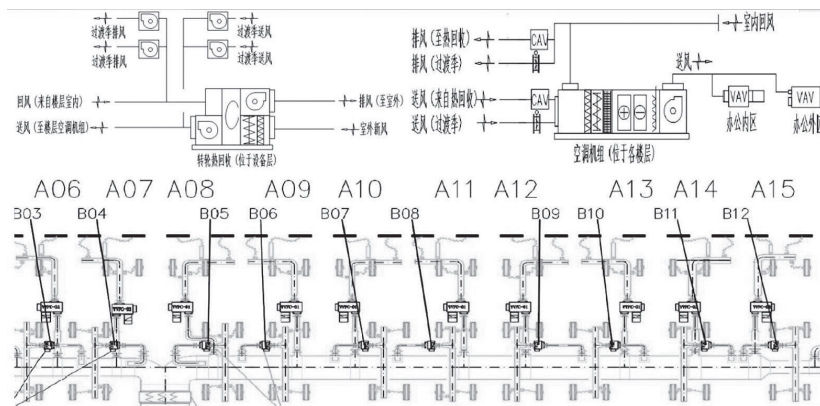


图3 F03塔楼空调系统结构原理、风平衡调试风口编号图

F03塔楼标准层两分区,分区风平衡调试,每分区共35台VAV Box。21台内置热水盘管的并联风机动力型VAV Box,服务外区;14台单风道VAV Box,服务内区。根据VAV Box排布情况编号(见图3)。

1台VAV Box对应1台分风箱末端送风,由VAV Box一次风量计算分风

箱各出口风量和设计风速。

风平衡调试时风口尚未安装,采用转轮风速仪在软管末端出口处测量风速,测量五次取平均值即为该出口风速。比较同一分风箱各出口软管末端风速,手动调节分风箱出口处的调节阀,使各出口软管末端风速相同,再与设计风速比较,调节VAV Box前端手动调节阀,使各风口风速达到设计风速偏差 $\leq 15\%$ (见表3)。

表3 F03塔楼风平衡调试末端风口风速测量

VAV Box 编号	VAV Box 总风量 (m <sup>3</sup> /h)	风口设计风量 (m <sup>3</sup> /h)	合格风速 (m/s)	风口编号	实测风口风速	实测风口风速	实测风口风速	实测风口风速	实测风口风速	风口编号	实测风口风速	...
				平均风速	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	平均风速	(m/s)		
				1	101	102	103	104	105	2	201	...
A01	1134	283.5	2.51	2.58	2.7	2.6	2.6	2.4	2.6	2.58	2.7	...

注:表中数据仅示例,未示全。

计供回水温差及冷热负荷计算各管道设计水流量,形成水平衡调试表格(见表4)。

(2)测试方法。应用静态加压差方案,供水管设静态平衡阀,回水管设动态压差平衡阀。将压差传感器接入静态平衡阀两个测试插口,与专业调试仪表TA SCOPE通过无线连接,测量平衡阀流量。调节静态平衡阀开度(设定支路差压,使静态平衡阀能

够达到设计流量),锁定静态平衡阀和压差平衡阀开度,完成本支路的调试,进行下一支路。

水泵设计工况运行,用此法对水系统从有利端到最不利环路依次调试(可保证最不利环路有足够的资用压差和流量),并提供调试报告。报告表格包括阀门口径和位置、设计流量、调试流量、阀门开度和压降、压差设定、流量百分比等。

需说明水力平衡不精调,到最不利环路时,前面支路流量已偏离设计值,但偏差小,且回水管上的动态平衡阀自动补偿相当于精调。

### 2.3.4 水平衡测试

(1)计算设计水流量。根据设

表4 空调水系统平衡调试表

名称	位置	末端设备	型号	设计流量	调试流量	开度	压差	压差阀设定值
				m <sup>3</sup> /h		%		kPa
静态平衡阀+压差平衡阀	17F	AHU-F03-L17-01	STAF100+STAP100	25.67				

注:表中内容仅示例,未示全。

### 2.3.5 测试典型问题举例

(1) 楼宇自控系统测试, 界面无回风管道湿度反馈的原因: 湿度传感器为电流输出型(4~20mA), 现场DDC控制器(FAC3611)只接收电压型信号(0~10V)。

解决方法: 控制器端子上增设500Ω转换。采购前明确信号类型是电压型/电流型, 保持传感器与控制器信号类型一致。

(2) 消防电源监控系统调试, 中控室主机显示部分位于楼层配电箱内的末端模块未上线, 通讯故障。原因: 回路距离较长, 模块直流24V电源衰减, 不足以提供模块正常工作电压。

解决方法: 回路中间加设24V变压器, 提供电源。系统深化设计考虑模块的工作电压衰减, 控制回路长度。

(3) 水平衡测试, 手持机显示流量数据不稳定的原因: 水系统管道存气体。

解决方法: 自动排气阀放气; 调试前用压差阀顶端放气孔放气。水平衡测试前, 充分放气。

(4) 空调热水电动阀, 电脑界面设置开度100%, 阀门实际未全开, 万用表测量阀门端子电压已达10V(调节电压0~10V), 楼控系统已输出10V。原因: 阀门出厂行程整定错误。解决方法: 返厂更换。复核电动调节阀要行程, 确保0~10V对应开度为0~100%。

(5) 完善控制程序, 增加AHU盘管防冻。原因: 设计未考虑AHU盘管冬季防冻。

解决方法: 加冬季防冻控制程序, 设置机组停机/运行热水阀最小开

度, 停机30%/运行10%。加防冻报警功能, 防冻开关敷设于盘管翅片处, 热媒温度低于设定温度(5℃), 低温报警, 连锁热水阀至最大开度, 新风阀关闭。图纸会审考虑各工况机组运行状态。

(6) 修改控制程序, 调整新风阀。原因: 新风阀受回风CO<sub>2</sub>浓度控制开关, 仅全开、全关状态。全关时, 卫生间等区域排风机仍运行, 室内负压。

解决方法: 修改程序, 新风阀关闭时保持最小开度(计算开度为50%), 室内微正压。图纸会审考虑各工况机组运行状态。

(7) 空调水管满水后焊口断裂的原因: 水泵出口至第一个三通口处, 水管为簧减吊架, 其余为木托吊架, 空调水管满水沉降量不一致。

解决方法: 弹簧减震器处加限位块。管道设弹簧支吊架考虑受力不均沉降。

(8) 泵房内空调水管法兰连接处漏水的原因: 法兰垫片为非金属。冬季未供暖, 试压冲洗合格后考虑防冻, 泄水。一段时间后垫片损坏。

解决方法: 更换金属法兰垫片, 确保法兰垫片强度。

(9) 电动风阀连锁风机启停, 部分风阀在风机启动后无动作。原因: 电动风阀执行器处接线错误, 正负极接反; 阀开、关均为“+24V”; 电动风阀执行机构扭矩不够: 风阀面积低于1m<sup>2</sup>, 执行器扭矩5Nm; 大于1m<sup>2</sup>, 执行器扭矩10Nm。

解决方法: 阀体执行器校线, 更换扭矩不满足要求的执行器。风阀

和电动执行器分开供货时, 核查执行器扭矩。

(10) 灯盘风口处测得的风量较设计风量偏小的原因: 转轮风速仪测末端风口风速, 计算风量小于设计值; 软管处测得风速, 计算风量与设计吻合。可能灯盘风口静压箱阻力过大。

解决方法: 风量罩测量末端风量, 增加测量点位, 若测量结果仍小于设计值, 可确定灯盘风口静压箱风阻过大。测量末端风口风量宜用风量罩, 用叶轮式风速仪应增加测点保证精度。

## 3 结语

做好定压调试, 才能保障系统定压输送, 实现送风机传风压力增加<sup>[3]</sup>。定静压控制模式在全世界的使用占主导地位, 但最佳静压难设定。过低出现饥饿的VAV Box, 过高风机不停高速运行, 噪音大, 能耗大<sup>[4-5]</sup>。

VAV系统严格要求施工质量。施工前会审施工图, 复核设备参数, 完善设计缺陷。施工过程中, 检测风系统管道漏风量, 水系统压力试验及管道冲洗。风、水系统的平衡调试至关重要, 合格后进行楼宇自控调试及综合联动调试, 实现系统功能。

## 参考文献:

- [1] 蒋红梅, 李战明, 唐伟强, 等. 变风量空调系统的优化控制研究[J]. 暖通空调, 2016(3): 84-89.
- [2] 刘作军, 董砚. 智能建筑VAV空调系统的节能控制[J]. 自动化与仪表, 2000(5): 33-35.
- [3] 张良. 基于Lonworks的VAV空调系统实验平台设计[J]. 通讯世界, 2017, 42(17): 250-251.
- [4] 陈向阳. 变风量空调系统的前沿技术[J]. 暖通空调, 2015, 45(8): 1-9.
- [5] 刘超, 赵天怡, 张吉礼, 等. 变风量空调系统新风控制研究综述[J]. 建筑热能通风空调, 2016, 35(7): 47-102.

# 机电工程全过程调试技术在中建光谷之星工程中的应用

裴以军 余亮 孟亮 闵恒

(中建三局安装工程有限公司 武汉 430043)

**摘要:** 本文以中建光谷之星项目为例,从设计、施工、测试、交付等阶段详细介绍了全过程调试技术在该项目中的应用及实践经验,该技术在保障机电系统品质方面发挥了重要作用,可为类似工程提供实践参考。

**关键词:** 机电工程 全过程调试 中建光谷之星

**中图分类号:** TU745.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2019)04-0025-02

## 1 工程概况

中建光谷之星 H-1号为中建三局总部办公楼,总建筑面积118,279.76m<sup>2</sup>,建筑高度87.3m,地下二层,建筑面积31,167.01m<sup>2</sup>,地上20层,建筑面积87,112.75m<sup>2</sup>。质量目标是中国建设工程鲁班奖(国家优质工程)。

该工程机电包含强弱电、给排水、消防、通风空调等专业,对使用品质要求高。在项目前期运用全过程调试理念对机电系统进行了深化设计优化,中期对机电系统进行详细的测试,后期编制调试成果及报告,并对物业人员进行相关培训。

## 2 全过程调试技术在中建光谷之星工程的应用分析

### 2.1 设计与深化设计阶段

设计与深化设计阶段要组建项目调试团队,识别业主需求,编制施工清单及调试计划,进行系统的复核计算及深化设计<sup>[1]</sup>。该阶段对以下四

个案例进行了分析,并提出了相应的对策。

(1) 分析机电系统,评估空调系统的整体效果和负荷指标,优化局部区域负荷均匀性,增设中水系统。考虑现场实际,系统运行安全、节能、智慧和经济。

无中水系统。优化方案在地下二层设中水机房,回收楼内废水、空调凝结水。用于大便冲洗、绿化浇灌、车库冲洗。

精装变更、拆改影响空调系统。优化方案对每一个区域重新核算。保证系统功能,降低能耗,控制拆改成本。

冷库无通风系统。优化方案增设通风管路,不增设动力设备。

大讲堂送风采用屋顶球喷,效果不好。优化方案采用座椅送风。CFD数值模拟,气流组织满足舒适度要求。

屋面采光顶雨水直接排走。优化方案雨水统一收集至G地块雨水回收池。

室外雨水直接排至市政雨水管网形成浪费。优化方案增设雨水回收池。

电梯运行产生活塞风。优化方案地下二层及屋面墙面各设排风口。核心筒内电梯井道之间做连通。

食材仓库运输需重点监控。优化方案地下二层仓库增设安防监控,南侧通道设卷闸门。

未设计通道至钢连廊。优化方案钢连廊两侧18层通道处增设防火门,方便检修,作救援平台。

档案室档案见水会损坏,自动喷淋不适用。优化方案设气体灭火。

(2) 业主对室内空气PM2.5、苯、细菌等指标有要求,原设计新风机组无中效过滤段,过滤功能仅为G4标准,风盘只有过滤网。

对策:初效过滤段由无纺布袋式过滤改为板式粗效过滤,增加中效过滤段,中段过滤器采用平板静电过滤器,空气达到F7标准。出风管增设

纳米光子空气净化器, 去除苯、二甲苯、TVOC、细菌。

(3) 设计空调冷凝水管采用UPVC管, 有使用缺陷。长时间使用粘接口易脱落漏水; 强度差, 易开裂; 伸缩性能强, 热胀冷缩影响大, 造成管道倒坡, 影响冷凝水排放。

对策: 全部更换为镀锌钢管。

(4) 计算各区域空调负荷, 考虑维护结构及空间位置的因素, 部分区域空调负荷设计偏小。

对策: 根据计算负荷调整风机盘管的型号及数量, 计算平层所有管段的设计流量, 修改干管大小, 现场实测和平衡阀调节, 保证四个主干管水流量平衡、各分支管段与最不利环路的压降不平衡率均 $\leq 15\%$ 。

## 2.2 建造与测试阶段

项目建造与测试阶段持续维护业主需求。该阶段对以下三个案例进行了分析, 并提出了相应的对策。

(1) 因使用功能变化及二次装饰修改对机电系统的影响分析(见表1)。

表1 装饰修改对机电系统功能的影响

风险项	解决措施
喷头点位及数量	重新排布
喷淋支管管径	管径更改
区域空调负荷	据装修图纸复核
楼层空调冷热水、冷凝水管	重新深化, 调整管径
风机盘管数量	重新深化, 调整风盘数量和规格
空调检修口位置90%被占用。	优化装修龙骨位置, 杜绝线管占据维修空间
楼层新风量	会议室数量增加, 核算新风量, 新风机组相应调整
区域新、排风量	据区域功能调整
板式排烟口位置	面积大于50m <sup>2</sup> 的房间已增设排烟口

注: 表中内容仅示例, 未示全。

(2) 原设计冷却塔位于73.6m高空钢结构连廊上。若连廊提升完成后安装冷却塔, 施工难度及安全风险大。原设计冷却塔无检修平台, 冷却塔本体检修维护、阀门操作不便, 高处作业危险。

对策: 冷却塔及附属管道、阀门等附件与钢结构连廊在地面整体预制拼装, 提升至设计标高。冷却塔设检修马道(见图1)。

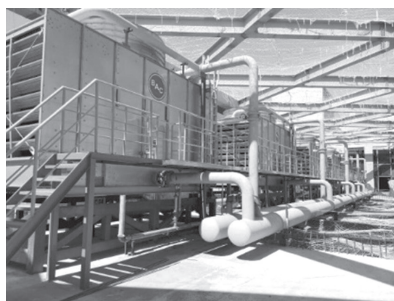


图1 冷却塔与钢连廊整体提升

(3) 风盘位于吊顶内, 检修不便。风盘过滤网需经常清洗, 方便拆卸。

对策: 风盘回风箱过滤网用可拆卸的过滤器; 回风口用带过滤网的门铰式风口, 风口过滤网可拆卸清洗, 风口兼做检修口。

## 2.3 工程交付和运维阶段

工程交付和运维阶段编制调试报

告、建立系统手册, 季节测试, 系统培训和移交<sup>[2]</sup>。

(1) 螺杆压缩机回油不畅。在运行过程中, 润滑油与制冷剂气体混合, 螺杆机组有油加热系统。当断电超过半个月, 在特定的温度下润滑油与制冷剂融合, 以气雾和微滴气态形式排入冷凝器, 润滑油油位过低, 油位过低保护, 机组不能正常运行。

对策: 制冷机组不启动时, 对设备通电加热。冬季机组长时间不用时关回油阀, 避免润滑油与制冷剂融合气化进入冷凝器。

(2) 制冷机房电动阀为220V常闭阀门。阀门只有电源箱的220V电源接口, 未设控制箱, 群控系统无接口, 无法控制电动阀开度。

对策: 增加阀门控制箱, 控制箱预留群控接口。

## 3 结语

通过在深化设计、施工、运行维护阶段的全过程调试管理, 避免设计缺陷、施工质量和设备问题, 确保建筑按设计、用户要求, 实现安全、高效的运行和控制。

## 参考文献:

- [1] 中建三局安装工程有限公司. 调试管理手册[Z]. 2015-06-05.
- [2] 中建三局安装工程有限公司. 中建三局项目集成管理系统(PIMS) 调试管理[Z]. 2017-10-01.