



上海市建筑科学研究院  
Shanghai Institute of Building Science

大型公建机电系统调适实例研讨会-第十届同济建筑能源学术日

# 既有公共建筑机电系统调适 与案例分享

上海市建筑科学研究院 卜震

2018年3月30日

- 1 机电调适在上海地区的发展.....●
- 2 关于建筑机电调适的认识.....●
- 3 既有公共建筑空调系统调适案例.....●
- 4 既有建筑机电调适技术展望与小结.....●

# 1. 建筑机电调适在上海的发展历程

## 上海市建科院建筑机电调适项目发展回顾 (2004~)



● 医疗建筑净化空调调适



● 工业建筑洁净厂房空调调适



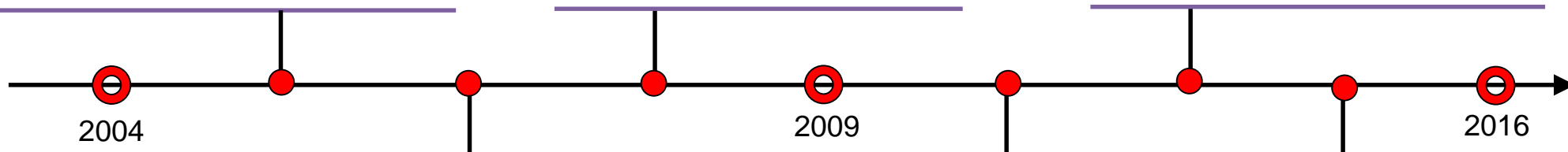
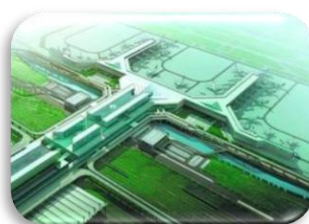
● 绿色建筑LEED调适顾问



● 工业建筑舒适性空调调适

● 公共建筑机电调适顾问

● 竣工调适供应商



# 1. 建筑机电调适在上海的发展历程

## ➤ 建筑机电调适发展趋势

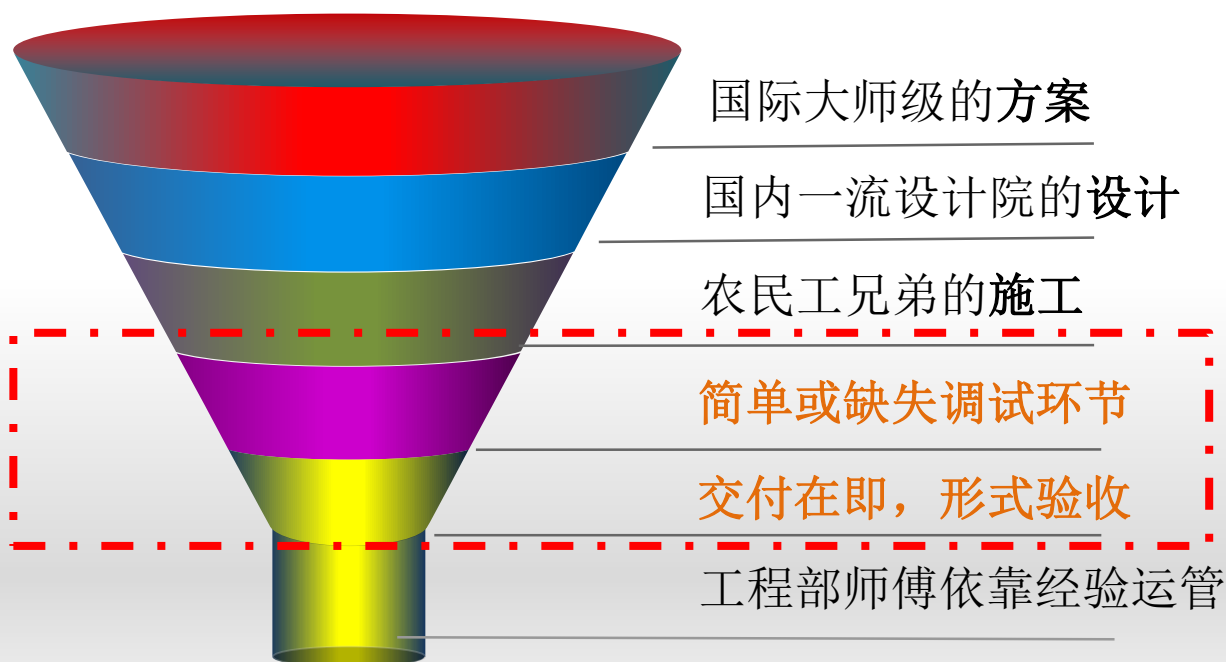
- 领域：工业建筑 → 民用建筑（目前热点）
- 范围：HVAC → MEP（未来+围护结构）
- 内容：HVAC TAB → Commissioning（技术管理）
- 阶段：建设（竣工）→ 全寿命期（重点运营，包含改造）
- 信息化技术在空调调适中崭露头角，发挥越来越大的作用

# 1. 建筑机电调适在上海的发展历程

“几乎所用项目都没有做过很好的调适”

\*《能源管理与节能》第6章 系统调试

“绝大多数建筑在建造过程中没有进行过调适”



建筑 “漏斗效应”

——《中国建筑节能年度发展研究报告2014》清华大学

建筑生命周期全过程

## 2. 关于建筑机电调适的个人认识

### ◆调试 vs 调适

#### ➤ 调试 ( Testing, balancing and Adjusting, TAB )

—— JGJ/T 391-2016 《绿色建筑运行维护技术规范》

- 通过对建筑设备系统测试、调整 and 平衡，使系统达到无生产负荷的设计状态的过程。（包括设备单机调试和系统联合调试）

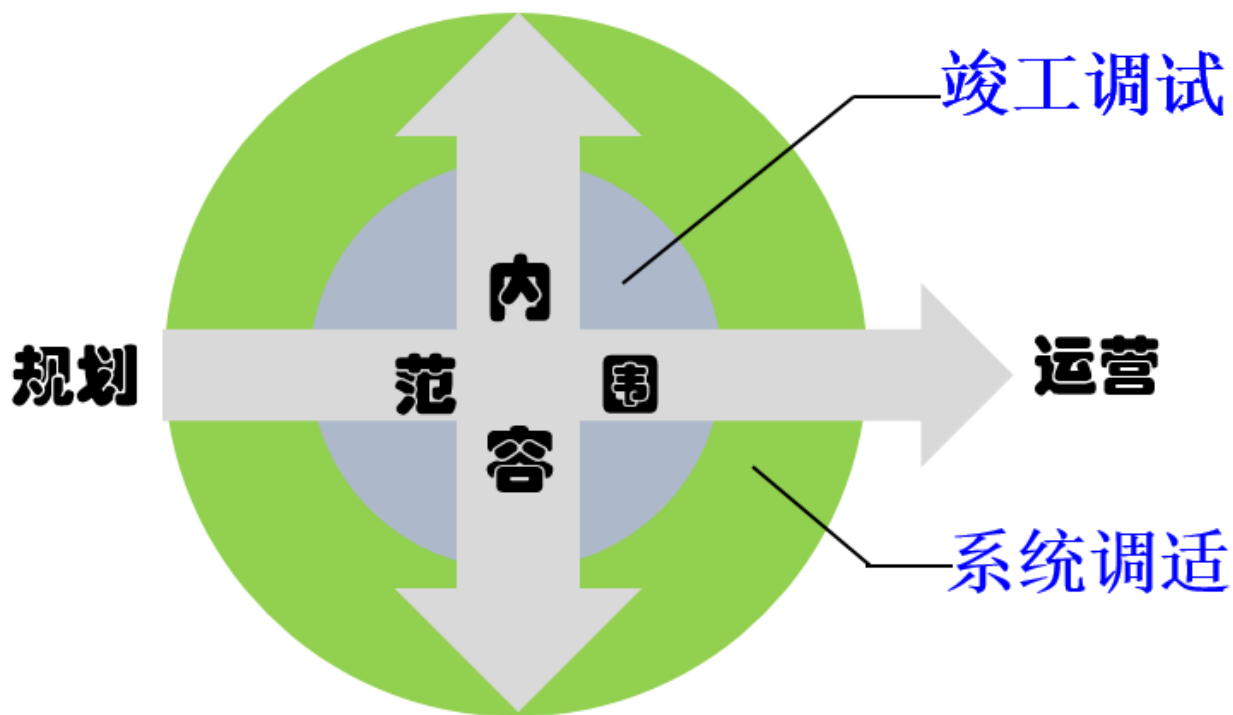
#### ➤ 系统调适 ( Commissioning )

—— GB/T51140-2015 建筑节能基本术语标准（2016.8.1实施）

- 建筑全生命周期，通过设计、施工、验收和运行维护阶段的全过程监督和管理，保证建筑物能够按设计和用户要求，实现安全、高效地运行和控制的工作程序和方法。

## 2. 关于建筑机电调适的个人认识

### ◆调试 vs 调适



- 范围：竣工 vs 全过程
- 内容：HVAC vs 全系统
- 方式：施工 vs 各方
- 目标：静态 vs 动态

◆ 竣工调试仍是全过程系统调适的重要内容和基础

## 2. 关于建筑机电调适的个人认识

### ◆调试或调适的类型

#### □ 新建建筑机电设备和系统调试（无负荷）初次Cx

- 安装完毕后的调试（TAB）
- LEED 基础调适/增强调适
- 竣工交付和试运营阶段 TB-Cx

#### □ 既有建筑机电设备和系统调适 EB-Cx

- 再调适（Retro-Cx）：没有初次Cx
- 重调适（Re-Cx）
- 周期性调适
- 持续性调适（C-Cx）



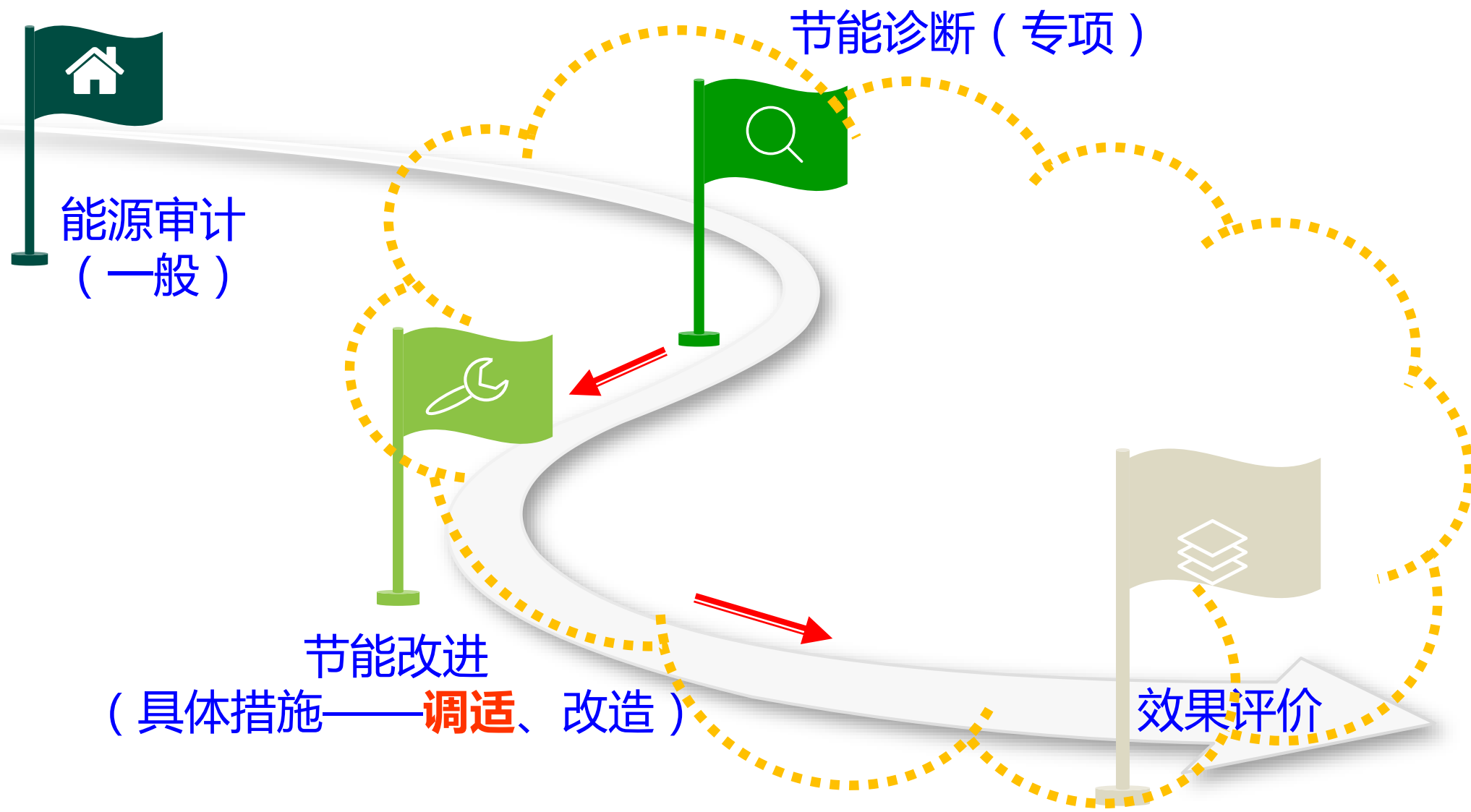
## 2. 关于建筑机电调适的个人认识

### ◆ 既有建筑机电调适

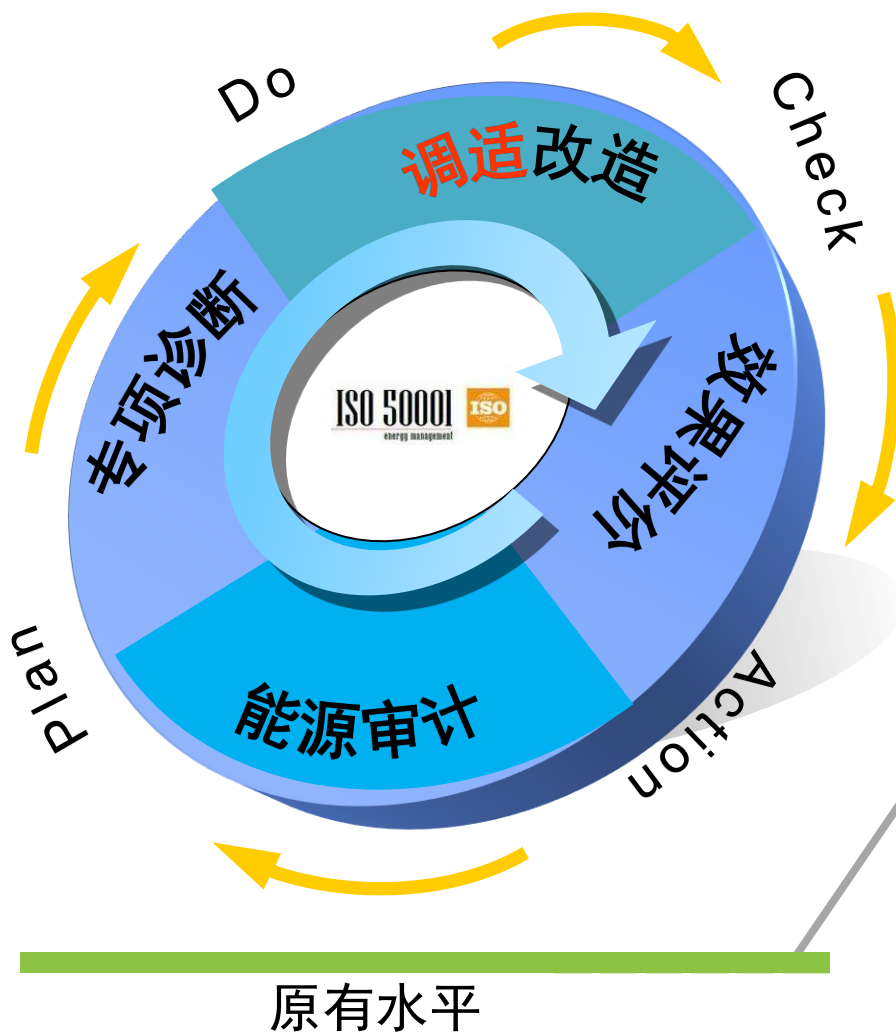
- **调适实质**——通过无成本/低成本的精细化技术手段及管理措施，达到提升建筑实际运营**绩效**目标
- **区别**（与新建调适）——对应真实负荷状态，反映真实功能变化，立足对建筑整体的运营状况分析与诊断；物业的参与必不可少
- **联系**（与新建调适）——新建调适是基础，往往“替新建调适背黑锅”
- **驱动力**——来自使用者（租户或业主）的内在需求（环境投诉，而不仅仅节能），缺乏外部的驱动力、监督和抓手
- **实施难度**——调适工作实施难度大，难以用EMC方式推广调适

## 2. 关于建筑机电调适的个人认识

### 公共建筑能效提升技术路线



## 2. 关于建筑机电调适的个人认识



### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ➤ 建筑概况

- 总建筑面积约为2.38万m<sup>2</sup>，其中地上1.32万m<sup>2</sup>，地下1.06 万m<sup>2</sup>
- 地上8层，地下3层，建筑总高度为44.95m
- 建筑功能：总部办公（投入使用近10年）

#### ➤ 空调系统概况

- 建筑设计冷热负荷：1105kW、525kW；空调冷热指标：108W/m<sup>2</sup>、51W/m<sup>2</sup>
- 空调冷热源：螺杆式冷水机组 燃气热水锅炉
- 空调设计夏季供回水温度：7°C/12°C；空调设计冬季供回水温度：50°C/55°C
- 空调风系统形式：全空气单风道VAV系统，定静压控制方式
- 室内气流组织方式：上送风，吊顶回风
- 空调水系统形式：四管制同程式系统

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 调适实施路线设计

##### 问题

- 冬季：1楼大堂和办公区过冷
- 夏季顶楼办公区过热

##### 诊断

- 开展冬季、夏季工况环境测试
- 围护结构检查
- HVAC性能测试和检查

##### 措施

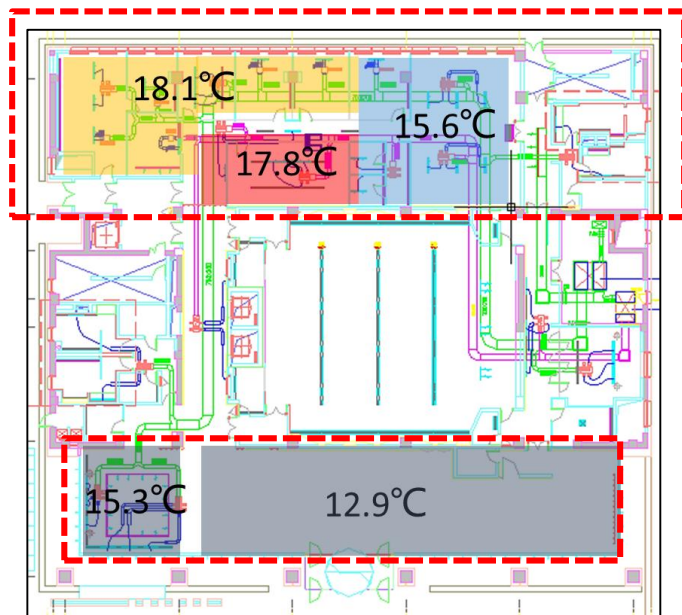
- Retro-TAB
- HVAC设备重新整定
- 局部改造
- 增加设备
- .....

##### 验证

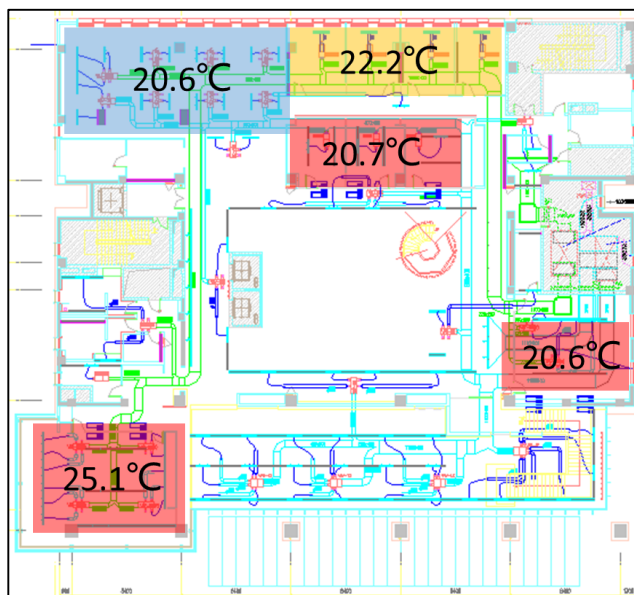
- 设备运行效果测试
- 环境效果检验
- 满意度

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 环境测试（以冬季为例）



1F功能区室内环境温度



2F功能区室内环境温度



- 室内温湿度设计值（冬季）：20°C，45%（办公室）
- 其他楼层温湿度检测与调研，23°C~25°C，体感较为舒适

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

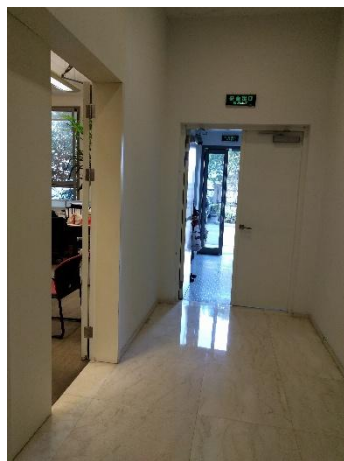
#### ◆建筑内部检查（内区）

##### ➤ 功能区分隔门在使用过程中的启闭状态

- 空调区域与非空调区域的门长时间开启
- 形成了水平自然风道



视角A



视角B

功能区间的通风异常



视角C



1F空调区域划分示意

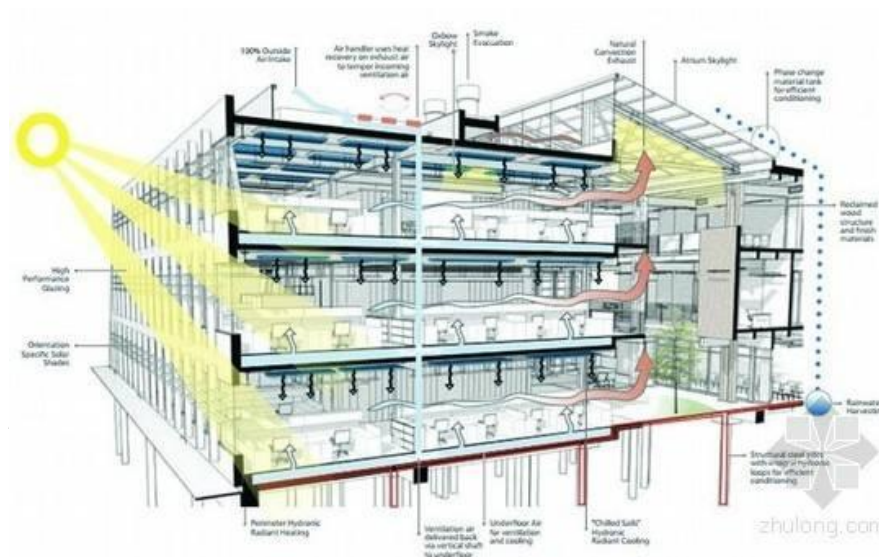


### 3. 既有建筑空调系统调适案例

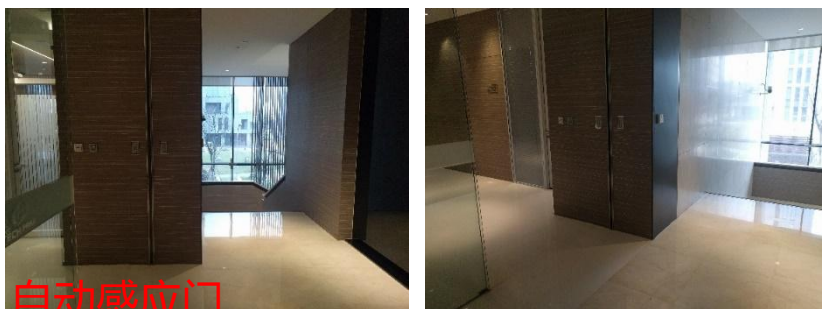
#### ◆建筑内部检查（中庭）

##### ➤ 跃层楼廊及中庭的烟囱效应

- 1F与2F旋转楼梯连接处自动感应门失效，开启通风量达  $27360 \text{ m}^3/\text{h}$ ，2F走廊吹风感强烈，形成了竖向自然风道
- 建筑中庭与2F办公区连通，垂直温度梯度大造成上热下冷现象，烟囱效应十分明显



2F中庭结构示意图



跃层楼廊结构示意图



### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 空调自控系统检查

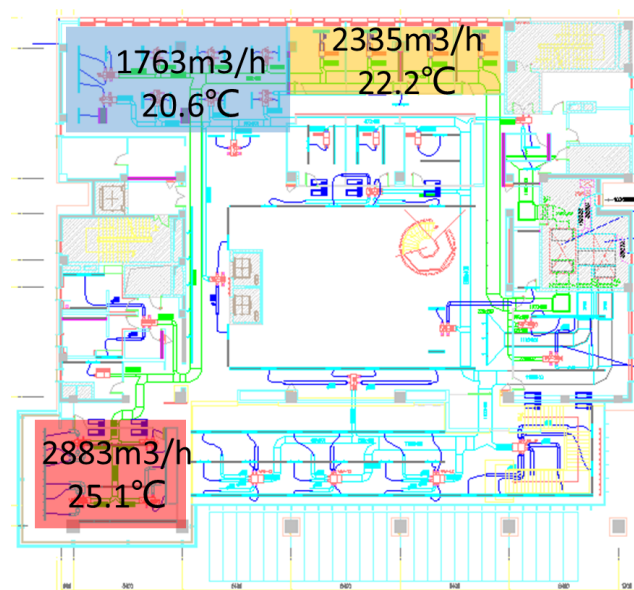
##### ➤ 一次风平衡不到位

- 2F在室人员有升温要求，末端温控普遍为最高档，即VAVbox风阀100%开启。测试结果表明，风系统不平衡问题严重。

##### ➤ VAVbox自控异常

- 当高区房间温度超设定值，VAVbox风阀未有效的关小
- 存在VAVbox风阀实际开启度与反馈值不符合，风阀执行机构存在故障

公共办公区  
独立办公区  
会议室



2F外区室内温度与风口风量

|           | 房间温度  | 设定温度  | 风量     | 风阀控制   | 风阀反馈   | 控制模式   |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| VAV-3-W13 | 26.40 | 19.40 | 101.93 | 58.80  | 58.80  | ACTIVE |
| VAV-3-W14 | 30.88 | 12.40 | 75.50  | 100.00 | 100.00 | ACTIVE |
| VAV-3-W15 | 31.16 | 12.40 | 228.40 | 0.00   | 0.00   | ACTIVE |

高区VAVbox控显参数

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆空调自控系统检查

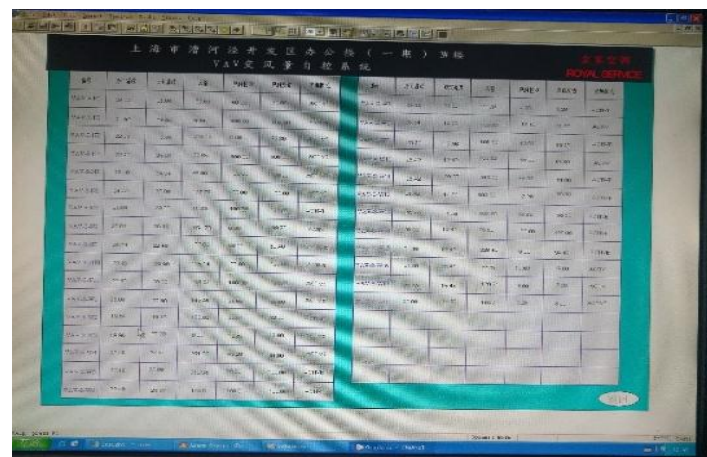
##### ➤ VAV风系统压力控制异常

- 该VAV系统采用定静压风量控制方式——AHU风机的运行频率应由总风管静压值比对确定

例：8F室内平均温度25℃以上，大部分末端温控面板设定温度15℃时（降温要求），且确认VAVBox风阀开启基本正常：  
风管静压294Pa>205Pa（风管静压设定值）  
空调箱运行频率依然为50Hz 未有效联动降频



8F内区空调箱自控状态



8F末端VAVBox自控状态



### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆空调风系统检查（输配管道）

##### ➤ 风管现实状况

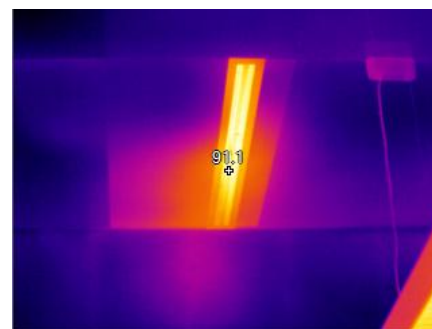
- VAVbox——无风管风口，存在阀门关闭不严，密封胶老化脱落（维保不力）
- 风管连接部分松动，保温老化脱落，风管与风口连接处脱落，吊顶里送风直接短路
- VAVbox——二级风管过长，风阻增加



阀门密封失效



风管漏风



风管（口）漏风

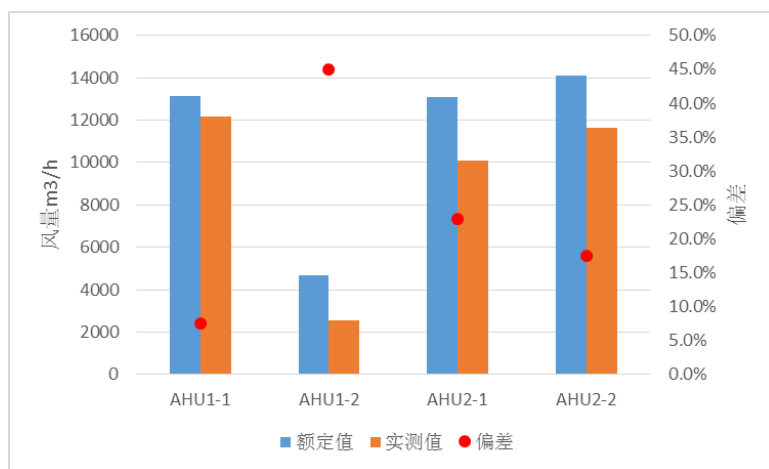


二级风管过长

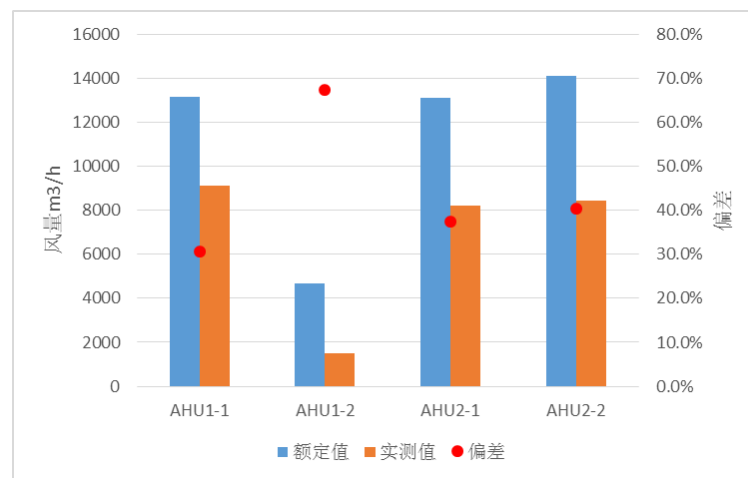
### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 空调风系统检查

- 空调箱总送风量低于设计值（铭牌值）
  - 管道实际阻力大于设计阻力
  - 空调箱内置粗、中效空气过滤器，日常清洁及更换不到位
  - 空调箱传动组件未进行定期检修，传动效率低
- 新风机热回收效率低
  - 板式换热组件堵塞、老化，实测热回收效率47%



空调箱送风总风量实测值



末端风口总风量实测值



### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 诊断——调适方向和建议

##### ➤ HVAC系统的再调试 ( Retro-Cx )

- 风水平衡调试TAB
- VAVBox现场重新整定
- 个别AHU单机重新调试

##### ➤ VAV自控系统

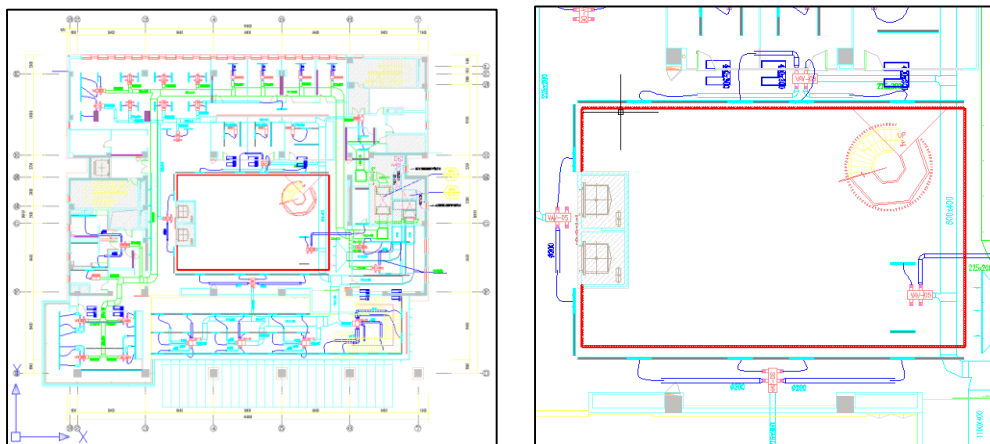
- 排查压力传感器、温度传感器，更换损坏部件
- 排查检修失控VAVbox
- 更换污损的VAV末端控制器

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 调适方向和建议

##### ➤ 加强围护结构气密性

- 增强外门，空调区与非空调区域隔门的气密性
- 加装自动闭门器：卫生间、更衣室、走廊隔门等处
- 空调季启用旋转门、关闭侧拉门
- 空调季停用2F旋转楼梯处的自动门
- 隔离2F办公区域和中庭空间



2F中庭加装透明内围护结构

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 调适方向和建议

##### ➤ 提升空调箱及新风机能力

- 空调箱风机、传动装置、过滤器——检查、维护、更换、升级
- 更换热交换芯体，加强维护
- 更换破损、缺失的风机和风口过滤网

##### ➤ 降低系统漏风率

- 输配风管、风管接头、VAVbox接头、VAVbox未启用风口、末端风口连接处——气密性修补

### 3. 既有建筑空调系统调适案例

#### ◆ 调适方向和建议

##### ➤ 改善室内气流组织

- 大堂顶部送风口——改用散流风口、喷口、旋流风口等高速送风风口
- 提升大堂地板送风AHU能力，固定百叶风口更换为可调式百叶风口，并调整风口宽度避免噪音
- 1F部分区域更换为再热式VAVBox，减小垂直温度差，改善外区热舒适环境
- 拆除办公区送风口玻璃导流板，更换为角度可调风口



## 4. 既有建筑机电调适技术展望与小结

### 技术

- 1 亟待开展空调调适技术应用研究、工程实践和推广
- 2 推进调适技术标准化（施工规范、检测检验规范、验收规范）
- 3 与创新技术（IoT、信息化、BIM、大数据）的融合将逐步颠覆传统HVAC依靠经验的调适

### 管理

- 1 既有建筑调适需要有机融入物业管理工作，特别是加强FM管理
- 2 发挥新建竣工调适的基础作用，工程监管部门应加强竣工验收调适要求和监督落地

### 其他

- 1 加强物业管理人员的调适技能培训、标准宣贯；
- 2 加强专业团体技术交流和宣传，从下至上全面推动机电调适服务业发展



谢谢聆听！

