

超低能耗建筑的中央空调系统调适

裴 媛

浙江联泰建筑节能科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：与常规建筑相比，超低能耗建筑对其能耗占比较高的中央空调系统提出了更高的节能减排要求。为满足超低能耗建筑的低能耗指标要求，中央空调系统应结合建筑特点、使用功能以及人员密度进行全生命周期的系统调适。通过不断的优化和匹配使中央空调系统在超低能耗建筑不同的使用状态中实现最佳运行状态和最高的经济效益。

关键词：超低能耗建筑；中央空调系统；调适；节能

在超低能耗建筑中，中央空调系统的运行能耗占建筑总能耗50%以上，是建筑能否达到超低能耗标准的重要指标。因此，对中央空调系统进行调适，保证中央空调系统的安全高效运行，是大力加速超低能耗建筑的推广速度的重要路径。然而，我国对超低能耗建筑中央空调系统调适的重要性尚未引起足够的重视，有关调适的概念也未有效落实到实际项目中，使得批量超低能耗建筑仅达到设计和竣工阶段标识，而无法取得项目落地后的运行标识，无法实现节能减碳的预期效果。因此，本文着重介绍了超低能耗建筑在满足设计目标和使用要求、以及保障室内环境的舒适性和安全性前提下，通过对中央空调系统全过程的核查、检测、调整、验证、优化等工作，使其在相应工况状态下以最低的耗能代价达到超低能耗建筑的运行需求^[1]。

1 超低能耗建筑中央空调系统调适参照标准

随着我国超低能耗建筑行业不断发展，中央空调系统调适的内容陆续被编写入标准当中指导项目的实践活动。如《近零能耗建筑技术标准》GB/T51350-2019明确到，超低能耗建筑正式投入使用的第一年度应对能源系统进行调适并连续持续三年，范围应覆盖建筑所有功能区域，并且当建筑功能区发生较大改变时也应进行能源系统的调适^[2]。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021指出中央空调系统调适是提升建筑品质、提高空调系统实际运行能效的重要手段，并借鉴国外经验与我国的实际需求，要求对建筑面积大于100000m²的公共建筑应定期开展中央空调的系统调适工作^[3]。除以上相关设计标准外，《绿色建筑暖通空调系统调适技术导则》T/CABEE-JH2020007、《绿色建筑运行维护技术规范》JGJ/T391、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规

范》GB50736、《公共建筑节能设计标准》GB50189、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242等同样可用于指导超低能耗建筑中央空调系统的调适工作。通过对中央空调系统的调适，使得超低能耗建筑在全寿命期内，节约资源、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用、高效的使用空间，最大限度地实现人与自然和谐共生的高质量建筑。

2 超低能耗建筑中央空调系统调适与传统“调试”的区别

目前，我国常规建筑中央空调系统项目的调试主要以达到验收目标为主要目的^[4]，调试过程持续时间相对较短，影响效果存在片面性。而超低建筑则要求考虑系统的全局性、舒适性以及高效性，重点结合建筑特点、使用功能、人员密度不断完善空调系统的运行过程，逐步达到最佳的节能运行状态。因此，二者的区别主要体现在四个方面：第一，目标不同：传统“调试”是保证单一设备和系统满足设计和规范要求；超低能耗建筑“调适”是保证中央空调系统的整体性能和实际效果满足设计和使用要求。第二，侧重点不同：传统“调试”侧重于设备功能和系统的平衡性调试；超低能耗建筑的“调适”侧重于系统整体性能和有效性的验证。第三，实施主体不同：传统“调试”主要由施工安装单位负责组织实施；超低能耗建筑的“调适”主要由建设单位、调适咨询单位、设计单位、施工安装单位以及设备和系统供应商共同组建的调适团队负责实施。第四，实施周期不同：传统“调试”主要在竣工验收之前实施；超低能耗建筑的“调适”除了竣工验收之前的工作外，覆盖设计、施工、交付和运行全过程，尤其在运行过程中随着建筑功能和使用需求的变化可能进行多次调试。所以，超低能耗建筑的调适是一份基于项目需求层面的整体性能匹配工作，作用于项目的全生命周期。

作者简介：裴媛，女，1984年1月28日，310012，山西省晋中市，硕士，汉族，浙江联泰建筑节能科技有限公司，中级工程师，近零能耗建筑

3 超低能耗建筑中央空调系统的调适目标

超低能耗建筑中央空调系统的调适以提高室内环境舒适性、降低空调系统运行能耗和节约运行费用为主要目标^[2]，通过对空调系统冷热源、系统输送管网、自控系统的资料复核、现场性能测试，提出对设计、施工、运营等各个阶段的系统优化和性能完善方案，使中央空调系统在全生命周期内以最低的能耗水平发挥最大的功能作用，同时提高使用人员的满意度水平。在项目实施过程中调适目标及调适需求应不断根据新的需求和实施情况进行调整、更新、完善，通过不断的优化和匹配使得中央空调系统在超低能耗建筑使用中始终实现最佳运行状态和最高的经济效益。

4 超低能耗建筑中央空调系统调适的准备工作

超低能耗建筑中央空调系统调适工作开始前，建设单位应首先确定调适咨询单位，由调适咨询单位负责组建一支职责明确、分工清晰的调适团队，负责调适工作的组织安排、计划实施、结果验证等相关工作，并明确调适的时间要求、调适方案、培训要求、成果标准、验收内容等项目。除调适咨询单位外，可能参与的单位尤建设单位、总承包单位、设计单位、监理单位、空调设备供应商、物业管理单位等，具体情况需要根据调适所处的阶段去确定调适参与单位。

5 超低能耗建筑中央空调系统调适的不同阶段

超低能耗建筑中央空调系统宜从设计阶段实施首次调适工作，后续逐步发展到施工交付和运行阶段^[1]。其中，设计阶段调适工作应包括设计方案优化、图纸和资料的核查等。施工交付阶段的调适工作包括符合性检查、缺陷检查、单机设备和系统性能调试、联合调试等工作。通过对施工阶段的调适，调适咨询单位对施工质量是否与设计和相关规范相符做出评价，将评价结果以书面形式提交至相关责任方，并跟踪相应的问题在下一阶段工作开展前是否得到有效处理和解决。运行阶段调适工作应包含对中央空调系统性能的季节性验证和持续跟踪、验证，处理前期调适遗留及运行过程中产生的问题，对运行调适结果进行评估，并提出优化运行策略。调适结束后项目交付前调适团队需对建设单位相关人员进行培训和资料的交接，保证调适成果长期持续。

6 超低能耗建筑中央空调系统仪表调适要求

中央空调系统的调适以数据检测作为基础依据，检测仪表须具有在有效期内的检定、校准或检测证书。当检测仪表受环境影响较大时，还需进行仪器仪表的校准或者检定。调适过程中检验检测数据应具有真实性、客观性和准确性，相关参数可参考《通风与空调工程施工

质量验收规范》GB50243、《居住建筑节能检测标准》JGJ/T132、《公共建筑节能检测标准》JGJ/T177等现行标准的规定^[7]。调适时检测检验工作过程及结果应以表格、照片等各种形式详细记录并可溯源，同时，所有调适记录文件和资料应由调适团队统一整理归档并交由建设单位保管备查。

7 超低能耗建筑中央空调系统调适内容和调适顺序

超低能耗建筑应在正式投入使用的第一个年度开始进行中央空调系统的调适。调适应覆盖主要的季节性工况和部分负荷工况。调适对象主要包括冷热源系统、循环输配系统、控制系统。在过程中调适项目包括单机设备查验和单机试运转、设备性能调适、系统平衡调适、联合性能调适、季节性验证。调适结果应以提高健康舒适性和系统节约性为目标。

7.1 单机安装查验

单机安装查验应首先检查各设备供应商提供的原始资料、运营保养记录等设备基础信息。

(1) 冷热源机组：主机、控制柜的安装、管道附件安装数量及安装、冷媒充注量、设备自控执行机构和控制器的安装。

(2) 冷却塔：冷却塔四周通风情况、各类阀门启闭性能、风机运行电流和电机转动方向、叶轮转动情况、内部填料、电加热器位置、自控执行机构等。

(3) 循环水泵以及系统补水泵：过滤器内滤网的清洁情况、水泵进出口阀门的启闭和方向性、水泵进出口压力、水泵输出电流、水泵运行逻辑等。

(4) 自控系统：1) 传感器、执行器和现场控制器；2) 通讯线路；3) 控制程序。

7.2 设备性能调适

中央空调系统的单机试运转应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2016及《制冷设备、空气分离设备安装工程及是验收规范》GB50274-2010相关规定要求。

(1) 制冷机（热泵）：在运行工况不低于额定工况的80%时连续测量60min时的测试结果，包括机组的冷冻水/热水进、出水温度、瞬时流量、冷量、机组有功功率，蒸发器侧和冷凝器侧电动阀门开关有无反馈信号、机组实际运行性能等。

(2) 冷却塔：冷却塔风机启动电流和运行电流、各相电流平衡情况和超载情况、不同室外气象参数时进出口水温、飘水情况、噪声、电流、电压和输入功率、多台组合冷却塔的水量平衡性。

(3) 循环水泵（冷却水、冷冻水和热水）：水泵的

进、出水压力、瞬时流量、轴功率等。

(4) 自控系统的性能验证包括三个环节: 1) 制冷机(热泵)、循环水泵、补水泵、各类阀门就地单点调适; 2) 制冷机(热泵)、循环水泵、补水泵、各类阀门远程监控单点调适; 3) 中央空调系统整体联合运行和调适。系统联调后应实现冷水(热泵)机组和冷冻水泵/热水泵、冷却塔、冷却水泵等连锁运行控制功能以及系统管网负荷侧各级水泵变流量控制功能。

7.3 系统平衡调适

冷热源机组、系统相关设备及自控设备的安装符合规范、且设备单机试运转和性能调适已完成并且满足调适要求后方可开展中央空调系统的平衡调适,且在调适过程中,所有阀门的启闭状态均应正确^[7]。通常状况下,系统以实际运行最大需求工况作为系统平衡调适的目标,并且优先通过调节管路系统上的手动阀门、增加局部阻力部件的措施实现系统平衡调适。即系统平衡调适首先需完成静态平衡,因静态平衡是动态平衡的基础和前提,只有静态平衡满足各项要求的情况下,动态平衡才能在负荷变化的情况下实现自动控制的动态性能测试^[5]。系统平衡不仅调节各类流量阀件,还需在调节流量阀的基础上反复调节冷冻泵和冷却泵的电机频率,不断匹配用户侧、主机侧的流量,从而达到超低能耗建筑空调系统的最佳性能。系统平衡调适完成后,需根据调适结果编制空调系统的平衡调适报告,包括:水平衡系统图、平衡调适初始状态下和最终状态下各支路的流量、调节阀状态、调适过程中发现的问题、解决过程和针对超低能耗建筑使用需求所呈现的调适结果。

7.4 联合调适

在各单元性能调适结束后开始中央空调系统的联合调适,包括中央空调系统综合性能调适、系统自控功能验证、末端负荷需求匹配和综合效果验证^[5],确保整个空调系统的运转情况良好以及各项功能均可以正常实现。调适过程中记录同期建筑使用的人员情况、室外环境参数等建筑运行信息。根据建筑每年的能耗数据、建筑的使用情况记录表和气象数据,对建筑的年度运行情况进

行分析,及时调整运行策略或使用方式。需要注意的是联合调适还需开展至少包括冬季和夏季的典型工况下季节性验证,验证连续持续时间在5天以上。验证工作应包括系统控制功能、系统实际效果、系统能效。通过以上措施确保超低能耗建筑的中央空调系统能够高效、节能地运行,同时也为建筑的长期性能和舒适度提供保障。

8 调适验收

参与调适验收的单位有调适咨询单位、总承包单位、机电专业承包单位、设计单位、监理单位、机电设备供应商和运行管理单位等^[1]。调适完成后由调适咨询单位根据项目需求编制验收方案,确定验收时间、方式,并提交调适计划、方案、最终调适需求、各专业调适检查记录、各阶段调适、复验记录、问题日志、阶段调适报告、调适总报告、培训记录、以及调适过程中形成的其它资料,最终由建设单位组织验收。验收完成后各单位签字确认,所有调适资料应完整、有效,并留有电子档备查。

9 结论

由于超低能耗建筑的低负荷特性,传统的中央空调冷热源和末端形式可能无法很好地匹配实际负荷,需要选择更适应低负荷的设备和系统。而通过对中央空调进行系统化的调适和优化,可以全面评估建筑在不同工况下的能耗表现,找出潜在的节能空间,并与超低能耗建筑的末端需求相匹配,对各系统进行逐一比对和调整适应,从而最大限度的实现超低能耗建筑的节能和减少碳排放量。

参考文献

- [1]《中国工程建设标准化协会标准-公共建筑机电系统调适技术导则》T/CECS764-2020/P3
- [2]《近零能耗建筑技术标准》GB/T51350-2019/P25; P120
- [3]《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021/55
- [4]《供暖与空调系统节能调适方法》GB/T35972——2018