

浅析别墅项目空调系统的舒适性与能耗

时丕云

中铁建设集团有限公司

摘要：运用专业的建筑能耗分析软件Energyplus建立常规空调系统的仿真模型，比较冬冷夏热区域别墅建筑空调系统的热舒适度及整年间的运行能耗。统计结果表明，和风机盘管加新风系统（FC）相比，温湿度独立控制空调（THIC）能更好的满足广大用户在舒适度方面提出的要求，并且运行能耗相对较低，未来将会有更大的应用空间。

关键词：别墅项目；空调系统；热舒适性；能耗模型

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.055

引言

伴随我国各地人们经济收入的增加，他们在消费体验方面提出更高、更多的要求，建筑空调评价是建筑项目评价体系内的重要构成部分，该项工作实施情况得到社会群体的高度关注，特别是空调制冷、采暖效果不够及能耗高等问题。客观上讲，空调舒适性与能耗之间存在着对立性，要综合分析。传统空调系统基于冷凝形式冷却除湿空气，普遍运用5~7℃低温冷源进行^[1]。温湿度独立调控空调最大的特征是运用低温冷源处置高温空气导致的部分高品质冷源损失问题，减少冷量损失，使人体主观舒适度得到保障的基础上取得良好的节能成效。

一、建模及参数分析

（一）模型介绍

模型运用处于冬冷夏热区域V市的民用住宅项目，

包含58栋合院别墅，共334户，以及地下二层车库。占地面积60489m²，总建筑面积为138196.63m²，其中地上建筑面积为73466.63m²，地下建筑面积为64730m²。地上3层，地下2层，建筑高度9.3m。

（二）参数设计

设计了卧室、客厅与餐厅的人员、照明、设施各自功率以及对应的运行时间表。没有罗列出时间段的使用率均是0。晚间20：00~22：30是书房的集中使用时间，人数最多为2。

（注：卧室、客厅与餐厅各自最多人数是2、2、8）。

（三）空调的设计参数

夏季温度高、湿度高，冬季阴冷潮湿是冬冷夏热区域的主要气候特征，年均相对湿度65%~75%，为了降低建筑空调系统运行过程中发热能耗量，依照建筑室内环境温度、湿度情况及空调本体特征，把温湿度独立调控空调细分成不同“季相”，即通风、供暖、供冷以及除湿季，空调控制系统被分成通风、供暖以及供冷季。供冷季空调有降温、除湿的双重功能，进入到除湿季时空调仅调控室内湿度指标。各“季相”的时间分段见表1^[2]。

依照现行技术规范设定各个建筑房间的室内参数：夏季时卧室、书房与客厅室内设计温度均是26℃，相对湿度对应值为60%，进入到冬季时将室内温度设计为19℃。结合建筑用户群体的日常生活习惯设置不同房间内空调系统的运行时间，见表2^[3]。

表1 别墅建筑季节划分

系统类型	通风季	供冷季	除湿季	供热季
THIC	4.20~5.10	6.24~8.24	5.20~6.25	1.10~4.20
	10.14~11.10		8.25~10.15	11.11~12.30
FC	4.20~5.10	5.20~10.16	—	1.10~4.22
	10.14~11.10			11.13~12.32

表2 空调的启停时间表

	卧室	客厅	餐厅	书房
工作日	24：00~7：30	9：30~11：00		20：00~22：30
	21：30~24：00	15：30~21：30	7：00~8：00	
周末	24：00~9：30	9：30~11：30	12：00~13：00	
	20：30~24：00	15：30~22：30	19：30~20：30	

二、建筑的热舒适性分析

关于热舒适性的研究只要分成实验室与现场调查研究, 早期进行的热舒适性研究的侧重点是理论与测评指标, 相应的研究工作多在实验室内进行。后期因不同国家、地区、种族人们本体对环境表现的适应能力有差异, 所以国内外陆续有很多学者对不同地区、客观环境进行了建筑室内热环境与个体舒适性的实地测试与调研。Houghton等^[4]在气候实验室内研究分析了半裸体男子的主观舒适性, 结合实验结果提出了有效温度指数(ET), 这一指标通过了解受试者对冷暖温度的感知情况, 据此测评环境的热舒适性。也有国外学者构建了PMV热舒适评价指标, 并提议用PPD指标表示个体对热环境的不满意率。我国在制定建筑舒适性有关规范时参考了ISO7730标准, 科学预估了人体于中等热环境内的热感受与不舒适程度, 并合理设定了个体可接受的热舒适条件, 规定了I、II级热舒适度要求分别是PMV: $-0.5 \sim 0.5$, $PPD \leq 10\%$, $-1 \leq PMV < -0.5$, $0.5 \leq PMV < 1$, $PPD \leq 27\%$ ^[5]。

两种不同空调的热舒适结果

结合建筑季节划分时间的差异, 分析热舒适性时一部分数据来源于供热季、制冷季内的代表日(1月15日和7月15日), 另一部分数据是建筑各个房间整年间空调运行的PMV-PPD数值。鉴于本建筑工程为别墅住宅的现实状况, 选择平常生活应用频率较高的房间, 即客厅和卧室。

在供热季代表日客厅空调运行时间集中在10:00~12:30和15:30~22:00, THIC、FC两种空调系统的舒适性指标均没有抵达我国规范内II级热舒适度相关标准。但运用THIC带来的舒适性优于FC, 并且于18:30~22:00时间段中安装THI建筑房间的PPD值 $< 30\%$ 。观察7月21日客厅内空调系统的运转情况, 布置THIC、FC空调系统的房间热环境舒适度均达到了很高水平, PMV值范围 $0 \sim 0.5$, $PPD \leq 10\%$, 抵达规范内II级热舒适度要求。

别墅卧室1-1空调运转过程中21:30~24:00与0:00~9:30时间段配置THIC室内的热舒适性更加贴近技术规范要求, 对应的PMV值范围是 $-1.2 \sim 0.7$, PPD值最大值是36%。FC建筑室内的 $PMV \leq -1.7$, $PPD \geq 60\%$ 。经比较发现, THIC、FC两种空调的室内热环境均很舒适, 并且均符合规范I级要求。

在全年空调运行过程中, FC房间在供热季、制冷季绝大多数时间段内PMV值分别低于-1以及介于 $1 \sim -1$ 之间, 而在5~6月中旬、9~10月份大多数时间内建筑室内的 $PMV < -1$ 。THIC运行过程中, 建筑室内大部分时间段中的PMV值介于 $1 \sim -1$ 之间, $PPD \leq 28\%$, 和II级热舒适度要求相吻合。

全年空调运行期间, FC房间于供热季内绝大多数时间的PMV值均在-1以下, 室内人员自感偏冷; 供冷季房间中PMV值基本维持在 $-1 \sim 1$ 之间, 预测室内不满意人数百分数 $PPD \leq 28\%$, 进入到5~6月、10月份时房间内人员的主观热感受整体偏冷。THIC运行期间, 建筑房间中的PMV与PPD值仅有些许时间是处于II级热舒适度要求范畴之外的^[6]。

综合分析以上内容, 结合供热典型天气日论述情况, THIC、FC两种空调既有的热舒适性均和规范设定的II级热舒适度要求之间有出入, 但别墅项目内若运用THIC取得的舒适性效果会好于常规空调; 观察制冷季典型天气日的整体分析情况, 以上两种类型的空均能够为建筑房间创造舒适度很高的热环境。综合分析整年间空调运行PMV-PPD的结果, 和FC相比较, THIC能更好的为别墅建筑室内创造舒适环境条件。

三、建筑能耗分析

建筑的负荷量决定了建筑冷热源类型的选择情况, 而建筑物的负荷特征对其能耗情况起到决定性作用。为达到建筑节能, 了解建筑的能耗特点是必须进行的基础工作, 也必须掌握建筑的负荷特征。为便于阐述建筑负荷, 先划分季节。

采暖季: 室外日平均温度 $< 5^\circ\text{C}$ 时就被定义成采暖期。结合本地室外气象资料的采暖季为是11月15日—次年3月15日, 共有131天。

空调季: 室外日平均气温(t_{wp}) $> 28.5^\circ\text{C}$ 。5月15日—9月15日被认定是空调季, 共有124天。

过渡季: 一整个年度中排除采暖季与空调季, 其他的时间段都是过渡季。过渡季的日平均温度 $5^\circ\text{C} < t_{wp} < 28.5^\circ\text{C}$ 。

结合空调系统的运行状况去划分季节能更好的管理空调的使用情况, 节省能源。依照不同季节气候特点与建筑物本体负荷多少, 合理设定空调系统的运行方式, 科学运用自然冷源, 以上是实现建筑节能的一种可行办法。进入到过渡季时要科学运用自然通风,

一方面能确保新风量的充足性,改善建筑室内空气质量,另一方面还能较为快速的带走房建内的余热,降低室内环境温度,较好的满足了人体在舒适性方面提出的要求。在空调季,结合建筑物的最大热负荷,科学设定冷水机组的大于具体台数;依照不同时间段内建筑的负荷特征,科学设计空调系统的运行形式,从设备运行管理方面节约能源,延长机组的使用寿命。既往有学者在研究发现,建筑空调冷水机组基本上所有时间均处于40%~100%的负荷状态下运作,换句话说就是均处于高

效率段运做,机组cop值相对较高。如果能为空调系统配备小冷量螺杆机,能够规避整体运用离心式冷水机组的情况,明显降低了设备部分负荷,提升运行效率,有助于节能。供暖季时,一定要依照室内环境热负荷的大小,科学选择锅炉型号,有针对性的完善锅炉的运行模式。

本课题研究中利用专业软件开展运算分析,获得了运用THIC、FC两种空调下的能耗情况(表3):

表3 空调全年运行能耗(kWh)

类型	供热	制冷	照明	设备	风机	水泵	总计
THIC	14100.65	9828.34	2870.36	3057.80	615.1	3242.26	33714.70
FC	11257.15	15875.15	2870.36	3057.80	3242.82	798.22	37086.99

观察分析表3内数据^[7]:

(1) THIC比FC的供热能耗多出2843.5kWh,主要是因为FC设计应用了辐射吊顶作为换热末端设备,冬季供热过程中这种辐射板正常运作过程中需要先加热加温建筑周边墙体和楼板或屋顶等外围结构,随后再基于对流形式和空气进行热量交换,而FC主要通过被加热的空气和环境内空气进行对流换热。

(2) 和THIC相比较,FC内的供冷能耗多出6047.01kWh,主要是由于THIC全年运行过程中被分成了制冷、供冷、通风以及除湿季四个“季相”,而FC仅有制冷季、供热季和通风季。

(3) 表3内THIC、FC两各系统的风机能耗与水泵能耗指标数值上存在着较大的差异,其原因可以归咎为以上两各系统的构造形式有差异,FC室内的末端运用的风机盘管提高了风机的耗电量,THIC、FC末端安装了低温热水辐射吊顶导致水泵耗电量较高。

(4) 结合表3数据,和FC相比,THIC全年耗电量减少3372.3kWh,THIC、FC耗电量分别是120.41kWh/m²、132.45 kWh/m²。

结束语:

通过模拟发现,与FC相比,THIC能更好的满足广大用户在舒适度方面提出的要求,并且运行能耗相对较低,未来将会有更大的应用空间。笔者建议建筑用户结合房间内真实的湿热状况选择最适宜的空调运行模式,

比如通风、除湿制热或者制冷等,满足主观舒适性需求,降低电能消耗量。

参考文献

[1]朱龙佳,唐旭东,夏树高,王冠群.基于多源数据的轨道交通能耗异常原因分析[J].中国资源综合利用,2022,40(05):182-184.

[2]李磊.医院空调系统节能管理研究[J].中国医院建筑与装备,2022,23(05):87-89.

[3]王刚,马力,王建凯,等.热回收系统在涂装车间空调系统中的应用分析[J].汽车实用技术,2022,47(08):60-64.

[4]Houghton F C, Yaglou C P. Determination of the comfort zone[J]. Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers, 1923.

[5]卢君,雷波,余涛.高铁客运站空调系统节能设计指标研究[J].制冷与空调(四川),2022,36(01):111-114+139.

[6]陈旭,林忠平,张万毅.复合辐射空调系统供冷季地区适用性分析[J].制冷与空调,2022,22(01):75-79.

[7]程梦凡,梁珍,尹雪芹,于英娜.单冷源与双冷源的毛细辐射空调系统的能耗分析[J].制冷与空调,2022,22(01):84-89.