

基于 PMV 的空调外区进深确定

奥雅纳工程咨询(上海)公司深圳分公司 余卓滨[☆] 周建松

摘要 利用室内外温差和围护结构传热系数等参数,计算室内温度的变化,提出用表征人群对热环境平均投票值的 PMV 确定不同条件下空调房间内外分区界线。

关键词 PMV 空调内外分区 外区进深 热舒适性

Determination of peripheral zone depth in air conditioned space based on PMV

By Yu Zhuobin[★] and Zhou Jiansong

Abstract Analyses the indoor temperature changes based on the indoor and outdoor temperature difference and the heat transfer coefficient of the building envelope. Puts forward applying PMV (predicted mean vote) value to determination of the boundary between inner zone and peripheral zone in air conditioned spaces.

Keywords PMV , inner and peripheral zoning in air conditioned space, depth of peripheral zone, thermal comfort

★ Arup International Consultants (Shanghai) Co. Ltd. Shenzhen Branch, Shenzhen, Guangdong Province, China

①

现代办公商业建筑通常具有体量大、房间面积大、进深较大、围护结构大量采用玻璃幕墙、室内人员密集和照明设备发热量大等特点。在设计此类建筑的空调系统时,涉及到的一个问题是建筑分区。内区由于很少受外围护结构负荷的影响,空调负荷较为稳定,而内围护结构冬季的计算热负荷也是有限的,因此内区常年都有冷负荷。而外区一般有较大的外窗面积,受外围护结构的负荷变化影响较大。因此根据两区的空调负荷差异性,合理地确定其边界,才能使空调系统有效地跟踪负荷变化,改善室内热环境和降低空调能耗^[1]。

现有设计手册和参考文献中通常只是提出建筑物平面面积大、进深较大时,空调系统设计需要考虑内外分区,并推荐外区进深为 4~6 m,但是没有提到内外分区的具体计算思路和方法^[2]。笔者参考国内外一些研究资料,提出采用 PMV (predicted mean vote) 作为确定空调内外分区边界的依据的设计方法。

1 确定外区进深的设计思路

建筑物划分内外区后,夏季时外区空调系统将比内区承担更多的冷负荷;冬季时内外区的空

调工况正好相反,外区供暖而内区需要供冷,两者相比较,冬季工况时内外区在空调需求上的矛盾更为突出。在此前提下,确定外区进深时应以冬季工况进行分析。在利用冬季工况确定外区进深后,可以通过调整空调末端的设计,使系统在夏季工况时满足供冷需求。假设外区不采取任何供暖措施,由于室外低温的影响,在靠近外窗和外墙等外围护结构区域会形成一个温度低于室内设计温度的地带。在此地带内,距围护结构越近的地方室温越低。可以采用导热基本定律(傅里叶定律)按稳态传热的方式计算围护结构内表面温度。远离外围护结构,室内空气温度逐步升高,最终在某位置达到室内设计温度,此位置即为内外分区理论上的温度分界点。

室温受以下三个因素影响:1) 围护结构表面

①☆ 余卓滨,男,1979 年 10 月生,大学,工程师,注册公用设备工程师

518026 深圳市福田区福华一路 6 号免税商务大厦 6 楼奥雅纳工程咨询(上海)公司深圳分公司

(0755) 82031516

E-mail: Zhuo-bin.yu@arup.com

收稿日期:2009-06-15

修回日期:2009-08-08

温度;2) 室内设计温度;3) 与围护结构的距离。室温与这些因素并非是单纯的线性关系,所以很难利用简单的方程式进行推断,需要结合实验采用半经验、半理论等方式进行推导。笔者查找国内外文献资料后发现,文献[3]在外部环境对室内温度的影响方面有详细的研究和总结,故本文引用文献[3]中下列经验公式作为计算公式:

$$v_{\max} = 0.055(h\Delta t_{rw})^{0.5} \quad (\text{当 } L \leq 0.4 \text{ m 时}) \quad (1)$$

$$v_{\max} = 0.095(L + 1.32)^{-1}(h\Delta t_{rw})^{0.5} \quad (\text{当 } 0.4 \text{ m} < L < 2.0 \text{ m 时}) \quad (2)$$

$$v_{\max} = 0.028(h\Delta t_{rw})^{0.5} \quad (\text{当 } L \geq 2.0 \text{ m 时}) \quad (3)$$

$$\Delta t_{\max} = (0.3 - 0.034L)\Delta t_{rw} \quad (4)$$

式(1)~(4)中 $v_{\max}$ 为室内设定点风速, m/s; h 为设定点距室内地面高度, m; Δt_{rw} 为外围护结构内表面温度和室内设计温度之差, °C; L 为外围护结构与设定点的距离, m; $\Delta t_{\max}$ 为设定点温度和室内设计温度之差, °C。

预先设定室内外设计温度、围护结构传热系数等边界条件,可以利用上述公式求出与围护结构内表面不同距离情况下室内各点的温度和由温差引起的空气对流速度。

但仅以室内温度和空气对流速度还很难确定供暖和不供暖的临界温度。设置空调系统的目的是使人员活动区域达到良好的热舒适性。ISO 7730 标准给出了舒适热环境应满足的条件。笔者引入描述和评价环境热舒适性的 PMV 作为判断供暖和不供暖临界点的指标。

在 ISO 7730 标准中, PMV 用于表示空调区域内人员对热舒适性的感觉,可用 PMV 预测热环境下人体的热反应。PMV 代表了同一环境下绝大多数人的感觉,但是人与人之间存在生理差别,因此 PMV 并不一定能够代表所有人的感觉。ISO 7730 标准对 PMV 的推荐范围为: $-0.5 \sim +0.5$, 即 PMV 在该范围内时,舒适性空调可视作为可满足绝大多数人的使用要求。对于冬季条件下的外区热环境而言,达到人体热舒适性冷感的下限可视为空调系统的基本目标,显然 PMV 小于 -0.5 时空调系统需要供暖以提高热舒适性。故 PMV 等于 -0.5 可以认为是内外区分界比较合理的指标。

2 外区 PMV 计算

下面以广州、上海和北京 3 个办公商业建筑较为集中的城市分别作为夏热冬暖地区、夏热冬冷地区和寒冷地区的代表进行模拟计算和分析。相关的气象参数和室内设计参数见表 1。

表 1 气象参数和室内设计参数

	上海	北京	广州
冬季室外计算干球温度/°C	-4	-12	5
冬季室外平均风速/(m/s)	3.1	2.8	2.4
围护结构外表面传热系数/(W/(m ² ·K))	24.6	23.5	21.6
室内设计温度/°C	20	20	20
室内相对湿度/%	40	40	40
围护结构内表面传热系数/(W/(m ² ·K))	8.7	8.7	8.7

假定研究的对象为一平面尺寸为 45 m×45 m 的高层写字楼,层高 4 m,外窗为全透明玻璃幕墙,窗墙面积比为 0.7,体形系数为 0.4。结构类型为框架核心筒结构,核心筒尺寸为 15 m×15 m,办公区为全开放式大开间,进深为 15 m,按照文献[1] 3.3.2.6 节要求,内区和外区应分设系统。根据 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》中对夏热冬冷地区围护结构热工性能的最低要求,可得围护结构传热系数均为 2.05 W/(m²·K)。根据式(1)~(4)计算得到 3 城市写字楼外区的温度和风速变化曲线,如图 1,2 所示。

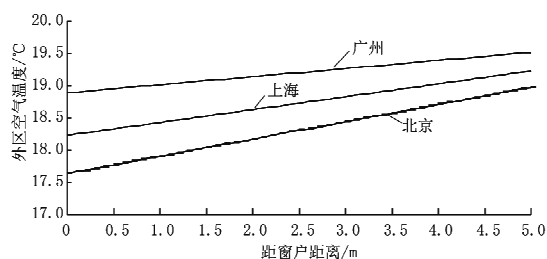


图 1 外区温度与窗户距离的关系

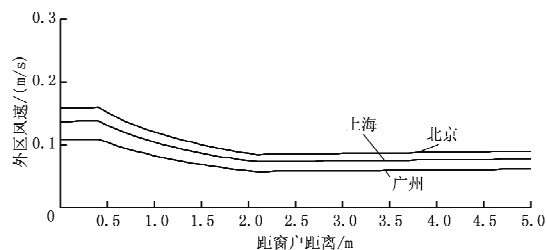


图 2 外区风速与窗户距离的关系

图 1,2 反映了距窗户 5 m 范围内室内温度和风速的变化。从图 1,2 可知,广州市建筑物温度变化范围为 18.9~19.45 °C,风速变化范围为 0.06~

0.11 m/s;上海市建筑物温度变化范围为 18.3~19.2 °C,风速变化范围为 0.08~0.14 m/s;北京市建筑物温度变化范围为 17.6~19.0 °C,风速变化范围为 0.09~0.16 m/s。随着室外温度的降低,与窗户相同距离处的空气温度越低,由温差引起的空气对流越明显。

根据以上外区温度和风速变化,可以计算出 PMV,见图 3。

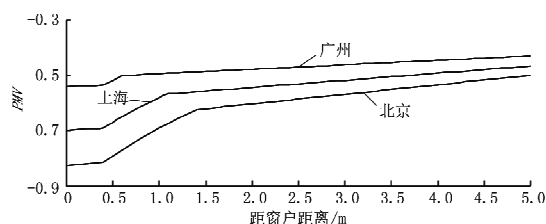


图3 PMV与窗户距离的关系

从图3可以看出,围护结构传热系数设定为 $2.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, PMV 达到 -0.5 时,不同城市建筑与窗户的距离分别为:广州 0.6 m,上海 3.6 m,北京 4.9 m。以上数据也可认为是该建筑物在不同地区的外区进深,可见在围护结构传热系数相同的前提下,建筑物的外区进深随室外温度的下降而加大。从上述数据可以看出,广州市由于冬季室外温度较高,PMV 小于 -0.5 的区域进深仅为 0.6 m,且最不利处的 PMV 为 -0.54 ,所以基本上可不设供暖的外区;上海市由于冬季室外温度较低,PMV 小于 -0.5 的区域进深为 3.6 m,此区域需设供暖的外区,此进深也基本上和实际工程设计中选择 3~4 m 外区进深相近;北京地区由于冬季室外温度最低,PMV 小于 -0.5 的区域进深达 4.9 m,此区域也需设供暖的外区。由于示例中围护结构传热系数设定为 $2.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,不满足 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》对北京地区相应建筑物的最低要求,如把围护结构传热系数调整为 $1.41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,则可满足 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》对北京市的最低要求,此时外区温度及风速与 $K=2.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时的比较见图 4,5。

从图 4,5 可知,当围护结构传热系数从 $2.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 提高到 $1.41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 后,距窗户距离相同处的温度均有所提高,外区的温度变化范围从 17.6~19.0 °C 提高为 18.4~19.3 °C;相应的

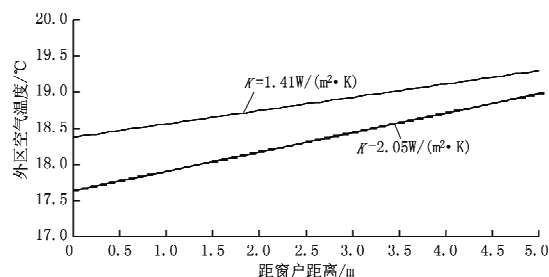


图4 不同围护结构 K 值时外区温度与窗户距离的关系

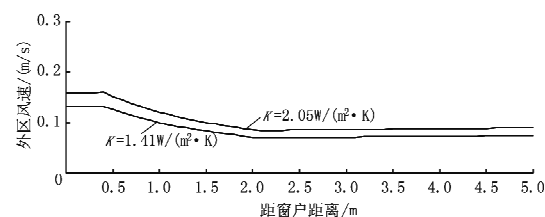


图5 不同围护结构 K 值时外区风速与窗户距离的关系

风速也有所降低,风速变化范围从 0.09~0.16 m/s 降低为 0.07~0.13 m/s。

将以上外区温度和风速变化代入 PMV 的计算式,可得如图 6 所示结果。

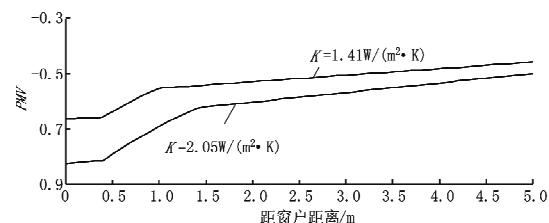


图6 不同围护结构 K 值时 PMV 与窗户距离的关系

由图 6 可见,随着围护结构热工性能的提高,室外气温对室内温度的影响逐渐减小,PMV 得到整体提高,从而外区进深从 4.9 m 减小为 3.1 m。这正说明围护结构的节能和热舒适性的改善具有一致性^[4]。

3 不同条件下的外区进深

笔者以我国 5 种典型气候分区的代表城市为例,在围护结构热工性能满足 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》最低要求前提下,按照上述计算方法,计算得到各代表城市建筑物空调外区的进深,结果见表 2。

4 结语

以 PMV 作为依据可以合理地划分空调系统内外分区界线,改善空调环境的热舒适性和提高能

(下转第 56 页)