

关于高层建筑采暖和空调的气象参数的讨论^①

王兴荣 刘惠敏 王玉兰 吴可军

(安徽省气象科学研究所,合肥 230061)

提 要

针对高层建筑的建筑特点,探讨了涉及高层建筑采暖和空调问题的若干气象参数的计算和修正。为充分利用高层建筑气候资源,保证室内标准环境,降低能耗提供了有益的结果。

关键词:高层建筑 采暖和空调 气象参数 室外计算温度 热负荷修正率

引 言

针对一般建筑,所有有关气象参数的定义、取值方法、取值标准在已有的规范中都有了比较科学、合理的规定^[1~5]。然而,对于高层建筑,气象要素垂直变化以及高层建筑特殊环境对有关气象参数的影响有多大?会不会因不注意这些影响造成设施成本和能耗的浪费,或者造成不能满足环境标准的后果?对于这些问题,很少见到有关的文献论及。本文将就这些问题对若干气象参数作一探讨,以便为广大工程设计人员能够充分利用高层建筑气候资源,保证室内环境标准要求,节约成本,降低能耗提供一定的科学依据。

1 气象参数垂直变化对高层建筑不同层次室外计算温度的影响

根据我国规范,采暖和空调室外计算温度都是采用历年平均每年不保证5天的日平均温度。而对于高层建筑不同层次的室外计算温度,如果要考虑气象参数垂直变化影响,严格地说,必须对远大于不保证5天的日平均温度样本的气象参数垂直变化都要有所了解,由于观测条件的限制,这在目前是不可能

实现的。比较可行和合理的办法是:先根据地面气象站的气候资料,算出低层建筑室外计算温度 T_0 ,然后从历年记录中找出所有日平均温度接近 T_0 的样本,接着对这些样本的所有观测记录进行Pasquill稳定度分类,得到这些样本的各种稳定度类型出现的百分比 f_s ,然后根据历史探空和低探所获得的相同季节各种稳定度类型下的气温直减率的平均值 r_s ,利用下式:

$$T_h = T_0 + h \sum f_s \cdot r_s \quad (1)$$

求取高层建筑不同层次室外计算温度 T_h ,其中 h 为不同层次楼层的高度(单位:m)。例如,根据1984~1993年合肥气象站资料,算出冬季采暖期室外计算温度 $T_0 = -1.6^\circ\text{C}$,然后再根据这10年中日平均温度在 $-1.0 \sim -2.0^\circ\text{C}$ 的23个样本的92次观测记录,进行Pasquill稳定度分类,得到 f_s (见表1)。

表1 合肥 f_s 计算值/%

稳定度	B	C	D	E	F
f_s	6.5	8.7	52.2	18.5	14.1

接着用合肥站近10年内所作的二次低探结

① 中国气象局科技应用开发研究资助项目《高层建筑气候应用问题的开发研究》内容之一。

果得到的冬季各种稳定度条件下气温直减率的平均值 r_s ，由式(1)可得到合肥市高层建筑不同层次采暖室外计算温度 T_h ：

$$T_h = -1.6 + h \sum f_s \cdot r_s = -1.6 + hr \quad (2)$$

其中：

$$\begin{aligned} r &= -0.0015 & h \leq 100 \\ r &= -0.15 - 0.0024(h - 100) & 100 < h \leq 200 \\ r &= -0.39 - 0.0018(h - 200) & 200 < h \leq 300 \\ r &= -0.57 - 0.0008(h - 300) & 300 < h \leq 400 \\ r &= -0.65 & h > 400 \end{aligned}$$

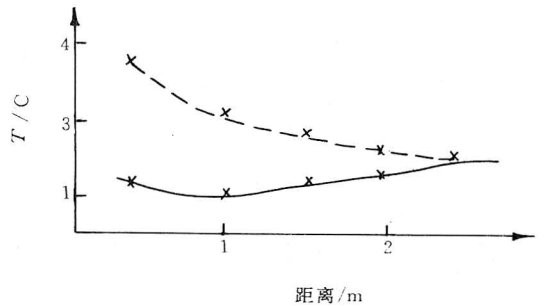
从计算结果可以看出：由式(2)得到的高层建筑不同层次的采暖室外计算温度与一般低层建筑的值相差不大，即 $T_h - T_0$ 一般不超过 0.5°C ，除了对于特高的（比如说大于 200m）高层建筑，其高层的室外计算温度需要加以修正外，一般用 T_0 代替 T_h 不会产生多大的误差。之所以会出现这个结果，是因为气温的直减率虽然在不同地区、不同季节、不同高度不太一致，但除了逆温现象外，数值一般均在 $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 左右，变化不大，而逆温现象则有助于使直减率的日平均值变小。

2 高层建筑特殊环境对热负荷朝向修正率的影响

在建筑物冬季的采暖失热计算中，由于房间朝向不同，外围护结构的外表面温度有差异，太阳辐射热的作用也不同。因此，即使对于相同的室外计算温度，建筑物各向房间热负荷也将有明显的差别。目前，对于一般的低层建筑，为了使各向房间室温大致平衡，采暖设计时一般都针对朝向进行修正。然而，目前所采用的朝向修正率的规定都是针对一般低层建筑物的。对于高层建筑，虽然不同朝向太阳辐射热对室内温度的作用可以认为各个层次高度都是相同的，但是，由于高层建筑很高，加上风速是随着高度增加的，因此，不同层次外围护结构的外表面与自由空间的热交换能力是不同的，这就造成了不同朝向外表

面温度的差别在高层建筑不同层次高度是不同的，从而导致了不同热负荷的差别在不同层次高度也是不同的。

根据 1994 年 1 月 20~24 日在合肥九洲大厦各种平台上进行的外围护结构距外表面不同距离的温湿度微气候观测，可以看出，除了绝对湿度变化不大外，无论清晨还是午后，无论底层还是高层，向阳面的温度一般均是从墙面处向外单调递减，在 3~5m 处与自由空间的温度相一致，而背阴面的温度则从墙面处最初向外递减，大约在 1m 处达到最低，然后开始缓慢回升，到 3~5m 处也与自由空间温度相一致。附图是这种微气候特征的例子。



附图 合肥九洲大厦外围护结构外表面温度微气候特征(1994.1.20.15s,64m 平台)
虚线：向阳面温度；实线：背阴面温度

根据上述微气候特征，可以把外围护结构外表面 1m 处的温度定义为外表面温度，按此定义，对虽然不完全同步但大致同步（在 30min 内）各层次外围护结构向阳和背阴面外表面温度（观测次序为先高后低，先向阳后背阴）进行观测比较，结果见表 2。

从表 2 可以看出，外围护结构向阳面和背阴面外表面温度差 ΔT 大致随高度呈指数衰减，即有：

$$\Delta T_h = \Delta T_0 e^{-ah} \quad (3)$$

其中 ΔT_0 为底层向阳面和背阴面外表面温度差， a 为常数，取决于各地的地理特

征。假定九洲大厦的观测对合肥来说具有一定的代表性,则通过回归分析,可求得合肥 $\alpha=0.01102$ 。

表 2 各层次高度向阳面和背阴面外围护结构外表面温度比较表(冬季)

日期	时 间	底层(1m) T / °C			9层(32m) T / °C			18层(64m) T / °C		
		阳面	阴面	差值	阳面	阴面	差值	阳面	阴面	差值
1月20日	8:30	-0.6	-1.6	1.0	-1.0	-1.7	0.7	-1.9	-2.5	0.6
	15:30	5.6	3.0	2.6	4.3	2.7	1.6	3.2	2.2	1.0
1月21日	8:30	-0.4	-1.0	0.6	-1.2	-1.6	0.4	-2.0	-2.3	0.3
	15:30	5.8	3.4	2.4	4.6	3.0	1.6	3.8	2.7	1.1
1月22日	8:30	2.0	1.0	1.0	1.5	0.8	0.7	1.2	0.8	0.4
	15:30	8.0	5.8	2.2	7.1	5.6	1.5	6.5	5.5	1.0
1月23日	8:30	-0.6	-1.5	0.9	-1.5	-2.2	0.7	-2.1	-2.6	0.5
	15:30	9.6	6.7	2.9	8.7	6.5	2.2	7.5	6.0	1.5
1月24日	8:30	4.3	3.0	1.3	2.9	2.0	0.9	2.0	1.3	0.7
	15:30	13.3	10.1	3.2	12.3	10.0	2.3	11.5	9.8	1.7

此外,根据热负荷定义,可以得到南北向房间热负荷的差大致为:

$$\Delta Q_h = \Delta J_F \tau_w S_w + \Delta T_h (\sum S_n \lambda_n) \quad (4)$$

其中 ΔJ_F 为南北净辐射强度之差, τ_w 为窗户的透射系数, S_w 为窗户面积(假定南北窗户面积相同), λ_n 为墙壁和窗户的传热系数, S_n 为墙壁和窗户的面积。从式(4)可以看出,对某固定建筑物而言, $\tau_w, S_w, S_n, \lambda_n$ 均为与建筑的有关的常数,与层次高度无关,而 ΔJ_F 是与地理环境有关的常数,也与层次高度无关, ΔT_h 跟高度有关,因此, ΔQ_h 也与高度有关。由于 $Q \gg \Delta Q_h$,故可以把式(3)代入式(4),并除以热负荷 Q ,则得到不同朝向热负荷朝向修正率 η_h 。

$$\eta_h = \eta_0 [k + (1-k)e^{-\alpha h}] \quad (5)$$

其中, η_0 为地面建筑物的热负荷朝向修正率,为

$$\eta_0 = \eta_J + \eta_{T_0} \quad (6)$$

其中, η_J 为净辐射强度之差引起的热负荷修正率:

$$\eta_J = \Delta J_F \tau_w S_w / Q \quad (7)$$

η_{T_0} 为地面建筑物因不同朝向外表面温度不

同导致散热不同而引起的热负荷修正率。

$$\eta_{T_0} = \Delta T_0 (\sum S_n \lambda_n) / Q \quad (8)$$

$$\text{而 } k = \eta_J / \eta_0 \quad (9)$$

根据对合肥市若干情况的粗略估算, k 值一般在 0.3~0.7 之间,如果取平均值 $k = 0.5$,则对合肥市高层建筑而言,热负荷朝向修正率随高度的变化大致可简化为:

$$\eta_{h\text{合肥}} = 0.5 \eta_0 (1 + e^{-0.01102h}) \quad (10)$$

由式(10)可以算出,当 h 为 60m 高时, $\eta_{60} = 0.76 \eta_0$ 。也就是说,如果按我国《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》的规定,低层建筑南向热负荷率为 -15%~-25% 的话,那么,在 60m 高层,南向热负荷修正率应为 -12%~-19%。

3 高层建筑特殊环境对夏季空调负荷设计影响

根据 1994 年 7 月 20~24 日在合肥九洲大厦各层外围护结构外 1m 左右温度观测结果,由于夏季太阳高度角较高,建筑物南部阴影面积很少,因此向阳面和背阴面温湿度差别都非常小,无论清晨还是午后,温度向阳面与背阴面之差一般少于 1.0°C,而湿度则少

于 1.5hPa。但是,向阳面和背阴面温度之差随着高度呈指数的规律大致还可以看出来,在有些样本的记录里,这种规律还很明显。表 3 给出 1994 年 7 月 20 日上午 8:30 左右和下午 15:30 前后的向阳面和背阴面的温湿度的观测结果,清楚地反映了这一点。不过需要指出的是:由于向阳面和背阴面的温度差值很小,基本上可以与观测误差相比较,因此向阳面和背阴面温度差值随高度呈指数衰减

的规律远不如冬季采暖期的相应观测数据反映得明显。此外,从观测结果还可以看出,向阳面和背阴面绝对湿度差值明显大于冬季(冬季一般不超过 0.5hPa),并且大致呈如下规律:清晨,背阴面绝对湿度大于向阳面,午后则反之,10 层以下(35m 以下)绝对湿度差别较大,有可能大于 0.5hPa,10 层以上差别较小,一般小于 0.5hPa。

表 3 夏季各层次向阳面和背阴面外围结构外表面温湿度比较(1994.7.20)

时 间	层 次	温 度 $T / ^\circ\text{C}$			绝对湿度 E / hpa		
		向阳面	背阴面	差值	向阳面	背阴面	差值
8 : 30	底	32.5	31.6	0.9	31.6	32.3	-0.7
	6	32.5	32.0	0.5	31.6	32.0	-0.4
	9	32.0	31.6	0.4	31.7	32.6	-0.9
	15	31.9	31.5	0.4	31.8	32.1	-0.3
	18	32.2	32.0	0.2	31.6	31.7	-0.1
15 : 30	底	35.4	34.4	1.0	34.1	32.9	1.2
	6	33.8	33.3	0.5	33.2	31.8	1.4
	9	33.9	33.5	0.4	33.5	32.3	1.2
	15	33.8	33.5	0.3	32.3	32.3	0.0
	18	33.8	33.6	0.2	32.3	32.2	0.1

由上述分析可以看出,虽然高层建筑特殊环境对向阳面和背阴面的温湿度微气候特征造成一定的影响,但是,由于影响的程度很小,因此,即使对空调负荷不加修正,也不会引起多大的误差。

4 结论

4.1 气象参数的垂直变化对高层建筑不同层次室外计算温度的影响很小,除了超过 200m 的高层建筑,其高层的室外计算温度要加以修正外,一般都可用地面值代替,不会产生很大误差。

4.2 高层建筑特殊环境使得不同朝向的外表面温度的差值随高度呈指数衰减。在冬季,由于太阳高度角较低,建筑物阴影较大,这种影响比较明显,因此对冬季采暖期高层建筑

不同层次热负荷朝向修正率应作必要的修正;而在夏季,由于太阳高度角较高,建筑物阴影较小,这种影响比较弱,因此,对夏季空调负荷不加以修正不会产生多大的误差。

参考文献

- 1 毛慰国. 国内外采暖室外计算温度标准的比较,暖通规范管理工作简讯. 1977.2
- 2 李海林. 采暖、通风和空调室外计算温度简化统计方法的探讨. 暖通规范管理工作简讯,1970.1
- 3 霍秀英等. 温度预报在集中供热采暖中的应用. 气象, 1990,16(3):51.
- 4 朱瑞兆. 应用气候手册. 北京:气象出版社,1991:130~134.
- 5 谭冠日,严济远,朱瑞兆. 应用气候. 上海:上海科学技术出版社,1985:117~124.

Some Meteorological parameteres related to heating and conditioning of tall building

Wang Xingrong Liu Huiming Wang Yulan Wu Kejun

(Ahhui Research Institute of Meteorological science, Hefei 230061)

Abstract

pointed to the construct characteristics of tall building, the calculation and the correction of some meteorological parameteres related to heating and conditioning of tall building is studied so that scientific basis is proved to make sufficient use of climatic resources of tall building.

Key Words: tall building heating and conditioning meteorological parameteres