

专业论坛

办公楼空调冷热负荷的计算分析

——关于北京地区办公楼外区 冬季冷负荷的几点看法

中国建筑科学研究院空调研究所 汪训昌[☆]

中国建筑科学研究院物理研究所 林海燕

北京银谷大厦房地产开发有限公司 杨书渊 李勇

摘要 以北京银谷大厦办公楼为例,围绕着如何改进原建筑与空调系统方案,对其空调冷热负荷作了动态计算分析。给出了遮阳系数分别为0.6和0.3时内外区冬夏季的冷热负荷计算结果,发现外区冬季白天有冷负荷;遮阳系数减小节能效果明显。

关键词 办公楼 空调动态负荷计算 冬季 外区 冷负荷 遮阳系数

Cooling and heating load calculation of air conditioning in office buildings—discussion on outer zone cooling load for Beijing office buildings in winter

By Wang Xunchang[☆], Lin Haiyan, Yang Shuyuan and Li Yong

Abstract With the example of Beijing Yingu Building, aiming at improving original building and air conditioning scheme, calculates and analyses dynamic load of air conditioning. Provides cooling and heating load values in inner and outer zones in winter and summer when shading coefficient is separately 0.6 and 0.3. Finds that there is cooling load in outer zone in winter daytime and reducing shading coefficient has remarkable energy saving effect.

Keywords office building, dynamic load calculation of air conditioning, winter, outer zone, cooling load, shading coefficient

★ Institute of Air Conditioning, China Academy of Building Research, Beijing, China

1 问题的提出

早在十几年前旅游旅馆能耗调查测试中就已经发现,冬季向阳客房在停止一切供暖(关掉风机盘管与切断新风供应)后,白天室温可以上升到29℃,经过夜间散热冷却后在早晨降至26℃。在最近几年的工程调查中,北京的一些高档出租办公楼,不论内区还是外区,工作人员普遍反映冬季过热,甚至开启通风换气窗后,仍感到热。究其原因,可能是因为传统的空调负荷计算,只对夏季考虑冷负荷,而冬季只考虑热负荷。目前有些设计单位计算空调冷负荷时采用动态法,热负荷则按稳定传热计算。而一些赶着出图纸的设计单位一般完全靠采用冷热负荷指标来估算得出建筑物夏季与冬季的设计冷热负荷。

在一些工程的空调设计评审会上,一些专家或物业、工程管理负责人也常常会提出办公楼冬季过热,是否需要供冷的问题,但大家又都拿不出定量的计算依据。因此,对于北京的一些办公楼,一般设计单位冬季除内区考虑有冷负

荷外,外区仍只考虑有热负荷没有冷负荷。后面的空调水系统划分与设置、新排风机房的划分与设置及水系统的切换与控制当然也只能服从于前面这种冷热负荷计算结果。

北京银谷大厦是一栋高档出租办公楼(见图1),坐北朝南,东西长76.35m,南北宽44.8m,建筑高度79.9m,地上25层,地下3层,总建筑面积为69227m²。原设计夏季空调冷负荷指标取100W/m²,空调设计冷负荷为8100kW;冬季空调热负荷指标取80W/m²,空调设计热负荷为6480kW。为了提高空调品质与舒适度,开发商委托中国建筑科学研究院两个研究所对该工程进行空调动态负荷计算与设计方案的调整。

① ☆ 汪训昌,男,1936年3月生,硕士,研究员
100013 北京市北三环东路30号
(010) 84274556
收稿日期:2004-05-09



图1 北京银谷大厦外形图

笔者较详细地给出了该工程的计算结果,并作出一些对比分析,提出几点看法,供同行参考与讨论,旨在提高建筑与空调设计的科学性与准确性,希望工程师们在设计方案与设计计算上多下一些功夫,不要只埋头于画图出图上。

2 建筑结构与空调设计参数

该大厦南向是玻璃幕墙,从4层开始建筑面积逐层减小,南向玻璃幕墙从下而上呈弯弧形。

该大厦的建筑结构为钢筋混凝土框架加剪力墙。中间的13层将整个大楼分成上下两段,即1~12层为下段,中间设有一个中庭,南向4~6层、7~9层、10~12层分设3个空中花园;14~22层为上段,中间也设有一个中庭,北向14~16层、17~19层、20~22层分设3个空中花园。两个中庭周围是走廊。

2.1 外围护结构设计

屋面结构:200 mm 细石混凝土块,三元乙丙防水层,100 mm 聚苯乙烯保温板,180 mm 钢筋混凝土。传热系数 $K_r = 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

外墙结构:27 mm 花岗岩,50 mm 聚苯乙烯保温板,200 mm 陶粒空心砌块,12 mm 水泥砂浆,2 mm 耐水腻子。传热系数 $K_w = 0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

外窗结构:(6+12+6) mm Low E膜浅灰色中空玻璃。传热系数 $K_{wd} = 2.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,遮阳系数 Sc 原设计为0.6,最后改为0.31。

东、南、西、北向的窗墙比分别为53%,99%(为玻璃幕墙),53%,29%。

2.2 空调设计参数取值

室外空气计算参数:按照《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19-87)取值。

室内空气计算参数:夏季,25℃,60%;冬季,22℃,40%。

新风量:40 m³/(人·h);人员密度:0.125 人/m²。

照明电功率密度和办公设备电功率密度见3.2.1节表1。

考虑了室内人员、照明、办公设备的逐时动态变化。

3 计算程序与计算步骤

3.1 计算程序

采用由中国建筑科学研究院物理研究所开发的建筑能耗动态模拟分析计算软件 Doe2IN 计算空调动态负荷。该软件采用美国劳伦斯伯克力国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory)开发的DOE 2程序为计算内核,可以对建筑物的供暖空调负荷及供暖空调设备的能耗等进行全年8760h逐时模拟。计算所需的逐时气象数据采用了典型气象年(typical meteorological year)数据。

3.2 计算步骤

本次计算分析分两个阶段进行。

3.2.1 以改进原建筑与空调系统方案为目的的计算分析

此阶段仅以其中13层为模拟计算对象,划分为4个外区,7个内区(分区平面图见图2,各区参数见表1),分别对其冬夏空调的冷热负荷作了以下几方面的对比计算。

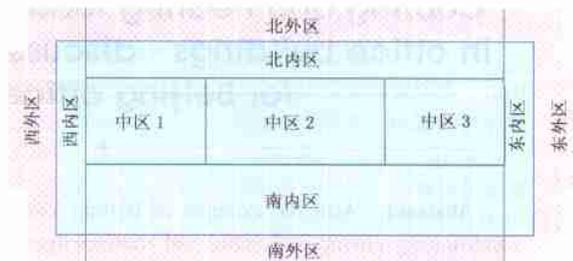


图2 13层空调负荷计算的分区平面图

表1 各区参数

	建筑面积 /m ²	外墙面积 /m ²	窗面积 /m ²	人员 /个	照明 /(W/m ²)	设备 /(W/m ²)
南外区	264.6	205.8	203.4	33.1	10	10
南内区	599.8			75.0	20	10
东外区	251.9	209.0	111.4	31.5	15	10
东内区	117.6			14.7	20	10
北外区	294.0	205.8	59.8	36.7	15	10
北内区	305.8			38.2	20	10
西外区	251.9	209.0	111.4	31.5	15	10
西内区	117.6			14.7	20	10
中区1	211.7			0	10	0
中区2	317.5			39.7	20	10
中区3	211.7			0	10	0

a) Sc 分别为0.6与0.3时,各内外区夏季空调冷负荷的逐时计算;

b) Sc 分别为0.6与0.3时,各内外区冬季空调冷热负荷的逐时计算;

c) K_w 分别为0.6 W/(m²·K)与0.3 W/(m²·K)时(Sc 为0.6),各内外区夏季空调冷负荷的逐时计算;

d) K_w 分别为0.6 W/(m²·K)与0.3 W/(m²·K)时(Sc 为0.3),各内外区冬季空调冷热负荷的逐时计算。

通过上述计算,旨在分析以下问题:

- a) 定量地确定办公楼外区冬季白天, 空调负荷中是热负荷占支配地位还是冷负荷占支配地位?
- b) 定量地确定 S_c 对冬夏季空调冷热负荷值的影响, 从其全年综合能耗看, 应采用怎样的 S_c ?
- c) 对于全年舒适性空调建筑, 当将 K_w 从 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 降至 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时, 对降低全年空调能耗有没有经济价值?
- d) 鉴于北京地区办公楼内外区冬季冷热负荷的这种特殊分布特性, 应如何正确划分空调水系统?

3.2.2 以指导空调运行与能源管理为目的的整座办公楼全年冬夏季空调冷热负荷计算

此阶段都以整座办公楼为单位, 在 S_c 与 K_w 确定的条件下, 计算该楼的逐时、逐天、逐月的空调冷热负荷, 需要求得以下数据:

- a) 每月最大与最小的小时空调冷热负荷值(要知道哪一天, 几点钟);
 - b) 每天、每月的空调冷热负荷累计值;
 - c) 全年的空调冷热负荷累计值。
- 通过上述计算, 旨在分析以下问题:

- a) 冬夏季每个月冷水机组、锅炉的投入运行台数与规律;
 - b) 冬季供冷时, 天然供冷与机组供冷的切换点, 及各自的运行小时数;
 - c) 冬夏季每个月的能耗费用。
- 由于篇幅所限, 本文仅提供第一阶段的计算结果。

4 计算结果与分析

4.1 S_c 为 0.6 时内外区冬季空调冷热负荷

图3、表2给出了 $S_c=0.6$ 时4个外区和7个内区在

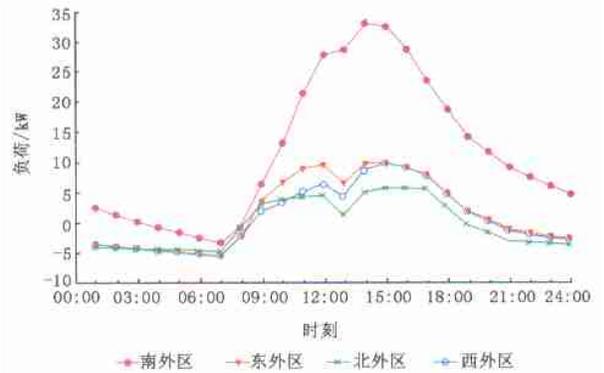


图3 $S_c=0.6$ 时外区冬季空调冷热负荷计算结果(1月15日)

表2 $S_c=0.6$ 时内外区冬季空调冷热负荷计算结果(1月15日)

时 刻	负 荷 / W										
	南外区	南内区	东外区	东内区	北外区	北内区	西外区	西内区	中区 1	中区 2	中区 3
01:00	2 623	3 640	-3 201	714	-3 789	1 856	-3 354	714	1 285	648	1 285
02:00	1 487	3 371	-3 590	661	-3 963	1 718	-3 736	661	1 190	600	1 190
03:00	343	3 121	-4 001	612	-4 148	1 591	-4 132	612	1 102	555	1 102
04:00	-644	2 890	-4 344	567	-4 306	1 473	-4 470	567	1 020	514	1 020
05:00	-1 493	2 676	-4 628	525	-4 427	1 364	-4 736	525	945	476	945
06:00	-2 457	2 478	-4 990	486	-4 600	1 263	-5 094	486	875	441	875
07:00	-3 290	11 656	-5 295	2 285	-4 753	5 942	-5 405	2 285	4 114	1 227	4 114
08:00	-815	19 955	-2 104	3 913	-793	10 173	-2 221	3 913	7 043	1 745	7 043
09:00	6 425	20 376	3 783	3 995	3 265	10 388	1 940	3 995	7 192	1 803	7 192
10:00	13 238	20 766	6 720	4 072	3 795	10 586	3 479	4 072	7 329	1 858	7 329
11:00	21 536	21 127	8 913	4 142	4 269	10 770	5 169	4 142	7 456	1 909	7 456
12:00	27 885	13 336	9 461	2 615	4 684	6 799	6 529	2 615	4 707	1 464	4 707
13:00	28 708	21 511	6 460	4 218	1 285	10 967	4 261	4 218	7 592	1 964	7 592
14:00	33 144	23 054	9 710	4 520	5 076	11 753	8 606	4 520	8 137	2 334	8 137
15:00	32 552	23 423	9 919	4 593	5 673	11 941	10 004	4 593	8 267	2 397	8 267
16:00	28 866	23 765	9 179	4 660	5 696	12 115	9 623	4 660	8 388	2 454	8 388
17:00	23 636	17 812	8 115	3 493	5 596	9 081	7 628	3 493	6 287	2 508	6 287
18:00	18 825	11 707	5 027	2 295	2 594	5 968	4 572	2 295	4 132	2 557	4 132
19:00	14 189	8 636	1 963	1 693	-455	4 403	1 535	1 693	3 048	1 784	3 048
20:00	11 679	5 348	454	1 049	-1 688	2 726	129	1 049	1 888	951	1 888
21:00	9 112	4 952	-1 127	971	-3 036	2 525	-1 431	971	1 748	881	1 748
22:00	7 535	4 585	-1 648	899	-3 254	2 338	-1 925	899	1 618	816	1 618
23:00	5 994	4 246	-2 146	833	-3 474	2 165	-2 448	833	1 499	755	1 499
24:00	4 624	3 931	-2 605	771	-3 670	2 004	-2 886	771	1 388	699	1 388
最大热负荷/W	3 290	2 478	5 295	486	4 753	1 263	5 405	486	875	441	875
单位面积最大热负荷/(W/m ²)	12	4	21	4	16	4	21	4	4	1	4
最大冷负荷/W	33 144	23 765	9 919	4 660	5 696	12 115	10 004	4 660	8 388	2 557	8 388
单位面积最大冷负荷/(W/m ²)	125	40	39	40	19	40	40	40	40	8	40
累计/W	283 701	278 364	40 023	54 581	-4 422	141 911	21 636	54 581	98 246	33 340	98 246
平均/W	11 821	11 598	1 668	2 274	-184	5 913	902	2 274	4 094	1 389	4 094

注: 表中除特别说明外正值为冷负荷, 负值为热负荷。

1月15日的逐时冷热负荷计算值。从中可以看出,7个内区全天24h均为冷负荷,其平均最大冷负荷指标为40 W/m²(除中区2);南外区9:00~3:00、东外区9:00~20:00、北外区9:00~18:00、西外区9:00~20:00时段均为冷负荷,其他时间(主要是夜晚)为热负荷。南、东、北、西外区的最大冷负荷指标分别为125, 39, 19, 40 W/m²,最大热负荷指标分别为12, 21, 16, 21 W/m²。计算结果表明,在晴朗的白天,如果对北京办公楼外区,尤其是南外区,不考虑供冷,必将导致室温过高而不舒适。

4.2 Sc为0.3时内外区冬季空调冷热负荷

图4、表3给出了Sc=0.3时4个外区和7个内区在1月15日的逐时冷热负荷计算值。从中可以看出,7个内区

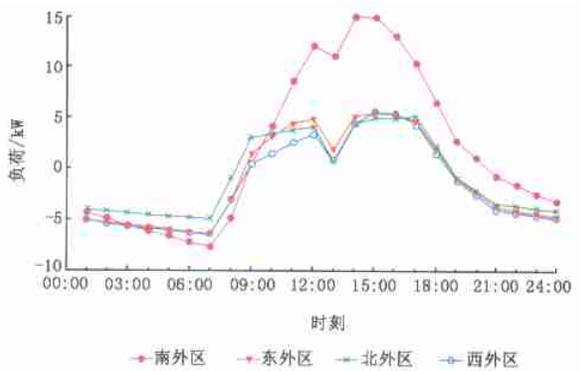


图4 Sc=0.3时外区冬季空调冷热负荷计算结果(1月15日)

表3 Sc=0.3时内外区冬季空调冷热负荷计算结果(1月15日)

时 刻	负 荷 / W										
	南外区	南内区	东外区	东内区	北外区	北内区	西外区	西内区	中区 1	中区 2	中区 3
01:00	-4 245	3 640	-4 959	714	-4 030	1 856	-5 073	714	1 285	648	1 285
02:00	-4 872	3 371	-5 217	661	-4 187	1 718	-5 328	661	1 190	600	1 190
03:00	-5 545	3 121	-5 508	612	-4 355	1 591	-5 606	612	1 102	555	1 102
04:00	-6 096	2 890	-5 740	567	-4 498	1 473	-5 835	567	1 020	514	1 020
05:00	-6 541	2 676	-5 920	525	-4 604	1 364	-6 000	525	945	476	945
06:00	-7 132	2 478	-6 187	486	-4 765	1 263	-6 265	486	875	441	875
07:00	-7 619	11 656	-6 403	2 285	-4 905	5 942	-6 489	2 285	4 114	1 227	4 114
08:00	-4 823	19 955	-3 130	3 913	-934	10 173	-3 225	3 913	7 043	1 745	7 043
09:00	513	20 376	1 493	3 995	3 010	10 388	536	3 995	7 192	1 803	7 192
10:00	4 187	20 766	3 143	4 072	3 422	10 586	1 491	4 072	7 329	1 858	7 329
11:00	8 600	21 127	4 418	4 142	3 800	10 770	2 516	4 142	7 456	1 909	7 456
12:00	12 048	13 336	4 874	2 615	4 146	6 799	3 379	2 615	4 707	1 464	4 707
13:00	11 038	21 511	1 900	4 218	695	10 967	769	4 218	7 592	1 964	7 592
14:00	14 907	23 054	5 151	4 520	4 469	11 753	4 590	4 520	8 137	2 334	8 137
15:00	14 822	23 423	5 524	4 593	5 068	11 941	5 553	4 593	8 267	2 397	8 267
16:00	12 969	23 765	5 185	4 660	5 137	12 115	5 393	4 660	8 388	2 454	8 388
17:00	10 331	17 812	4 695	3 493	5 137	9 081	4 399	3 493	6 287	2 508	6 287
18:00	6 505	11 707	1 861	2 295	2 169	5 968	1 582	2 295	4 132	2 557	4 132
19:00	2 782	8 636	-969	1 693	-848	4 403	-1 233	1 693	3 048	1 784	3 048
20:00	1 116	5 348	-2 261	1 049	-2 052	2 726	-2 434	1 049	1 888	951	1 888
21:00	-669	4 952	-3 641	971	-3 374	2 525	-3 804	971	1 748	881	1 748
22:00	-1 522	4 585	-3 975	899	-3 567	2 338	-4 122	899	1 618	816	1 618
23:00	-2 392	4 246	-4 301	833	-3 763	2 165	-4 483	833	1 499	755	1 499
24:00	-3 141	3 931	-4 601	771	-3 937	2 004	-4 770	711	1 388	699	1 388
最大热负荷/W	7 619	2 478	6 403	486	4 905	1 263	6 489	486	875	441	875
单位面积最大热负荷/(W/m ²)	29	4	25	4	17	4	26	4	4	1	4
最大冷负荷/W	14 907	23 765	5 524	4 660	5 137	12 115	5 553	4 660	8 388	2 557	8 388
单位面积最大冷负荷/(W/m ²)	56	40	22	40	17	40	22	40	40	8	40
累计/W	45 222	278 364	-24 567	54 581	-12 767	141 911	-34 459	54 581	98 246	33 340	98 246
平均/W	1 884	11 598	-1 024	2 274	-532	5 913	-1 436	2 274	4 094	1 389	4 094

注:表中除特别说明外正值为冷负荷,负值为热负荷。

全天24h均为冷负荷,其数值与Sc=0.6时相同,平均最大冷负荷指标也为40 W/m²(除中区2);南外区9:00~20:00,东、北、西外区9:00~18:00时段均为冷负荷,其他时间(主要是夜晚)为热负荷。南、东、北、西外区的最大冷负荷指标分别为56, 22, 17, 22 W/m²,比Sc=0.6时分别减小了69, 17, 2, 18 W/m²;最大热负荷指标分别为29, 25, 17, 26 W/m²,比Sc=0.6时分别只增加了17, 4, 1, 5 W/m²。计算结果表明,即使在冬季,外窗玻璃的遮阳系数Sc

由0.6改为0.3后,在冷负荷减少上所带来的好处超过了在热负荷增加上的损失。

4.3 Sc为0.6时内外区夏季空调冷负荷

表4、图5给出了Sc=0.6时4个外区和7个内区在8月6日的逐时冷负荷计算值。从中可以看出,7个内区(除中区2)全天24h的平均最大冷负荷指标为40 W/m²,而且冷负荷数值与冬季相同。南、东、北、西外区的最大冷负荷指标分别为116, 81, 51, 90 W/m²,高峰冷负荷均出现在

表 4 $Sc=0.6$ 时内外区夏季空调冷负荷计算结果(8月6日)

时 刻	负 荷 / W										
	南外区	南内区	东外区	东内区	北外区	北内区	西外区	西内区	中区 1	中区 2	中区 3
01:00	9 726	3 640	6 304	714	3 564	1 856	8 723	714	1 285	648	1 285
02:00	8 928	3 371	5 837	661	3 326	1 718	8 075	661	1 190	600	1 190
03:00	8 147	3 121	5 371	612	3 085	1 591	7 449	612	1 102	555	1 102
04:00	7 439	2 890	4 945	567	2 866	1 473	6 879	567	1 020	514	1 020
05:00	6 906	2 676	4 624	525	2 697	1 364	6 409	525	945	476	945
06:00	6 429	2 478	4 308	486	2 532	1 263	5 981	486	875	441	875
07:00	10 698	11 656	9 649	2 285	7 138	5 942	9 847	2 285	4 114	1 227	4 114
08:00	15 072	19 955	14 737	3 913	11 260	10 173	13 508	3 913	7 043	1 745	7 043
09:00	17 306	20 376	16 901	3 995	11 876	10 388	14 407	3 995	7192	1 803	7 192
10:00	20 183	20 766	18 498	4 072	12 462	10 586	15 373	4 072	7 329	1 858	7 329
11:00	23 169	21 127	19 337	4 142	13 014	10 770	16 329	4 142	7 456	1 909	7 456
12:00	22 807	13 336	16 500	2 615	9 759	6 799	14 028	2 615	4 707	1 464	4 707
13:00	28 653	21 511	19 786	4 218	13 720	10 967	17 936	4 218	7 592	1 964	7 592
14:00	30 443	23 054	20 447	4 520	14 498	11 753	19 770	4 520	8 137	2 334	8 137
15:00	30 781	23 423	20 510	4 593	14 758	11 941	21 600	4 593	8 267	2 397	8 267
16:00	29 785	23 765	20 264	4 660	14 920	12 115	22 754	4 660	8 388	2 454	8 388
17:00	25 377	17 812	17 109	3 493	11 854	9 081	19 713	3 493	6 287	2 508	6 287
18:00	20 364	11 707	13 399	2 295	8 421	5 968	15 585	2 295	4 132	2 557	4 132
19:00	16 978	8 636	11 033	1 693	6 620	4 403	12 456	1 693	3 048	1 784	3 048
20:00	14 247	5 348	8 957	1 049	4 977	2 726	10 286	1 049	1 888	951	1 888
21:00	12 984	4 952	8 226	971	4 608	2 525	9 468	971	1 748	881	1 748
22:00	11 824	4 585	7 555	899	4 267	2 338	8 711	899	1 618	816	1 618
23:00	10 707	4 246	6 904	833	3 932	2 165	7 981	833	1 499	755	1 499
24:00	9 646	3 931	6 288	771	3 611	2 004	7 286	771	1 388	699	1 388
最小负荷/W	6 429	2 478	4 308	486	2 532	1 263	5 981	486	875	441	875
单位面积最小负荷/(W/m ²)	24	4	17	4	9	4	24	4	4	1	4
最大负荷/W	30 781	23 765	20 510	4 660	14 920	12 115	22 754	4 660	8 388	2 557	8 388
单位面积最大负荷/(W/m ²)	116	40	81	40	51	40	90	40	40	8	40
累计/W	398 600	278 364	287 489	54 581	189 762	141 911	300 555	54 581	98 246	33 340	98 246
平均/W	16 608	11 598	11 979	2 274	7 907	5 913	12 523	2 274	4 094	1 389	4 094

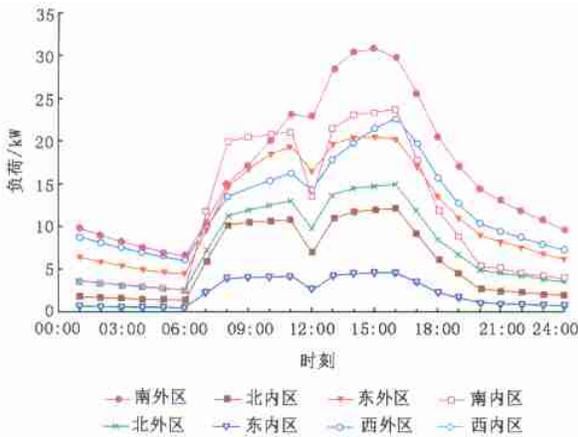


图 5 $Sc=0.6$ 时外区和部分内区夏季空调冷负荷计算结果(8月6日)

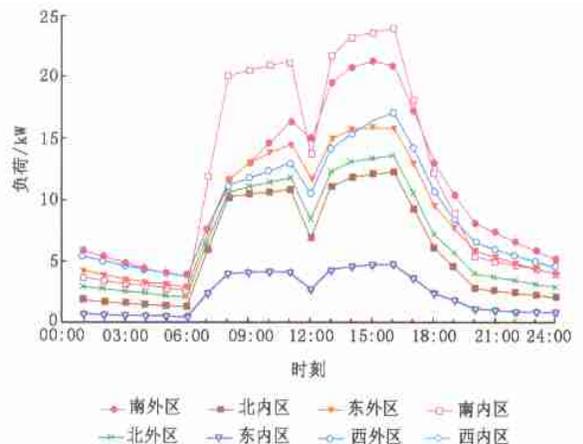


图 6 $Sc=0.3$ 时外区和部分内区夏季空调冷负荷计算结果(8月6日)

15:00~16:00。全天南、东、北、西向最大冷负荷指标比值为 1:0.70:0.44:0.78。13 层全天 24 h 累计冷负荷为 1 935.675 kW。

4.4 Sc 为 0.3 时内外区夏季空调冷负荷

图 6、表 5 给出了 $Sc=0.3$ 时 4 个外区和 7 个内区在 8 月 6 日的逐时冷负荷计算值。从中可以看出,7 个内区(除

中区 2) 全天 24 h 的平均最大冷负荷指标为 40 W/m², 而且冷负荷数值与冬季相同。南、东、北、西外区的平均最大冷负荷指标分别为 80, 63, 46, 67 W/m², 高峰冷负荷仍均出现在 15:00~16:00, 比 $Sc=0.6$ 时分别减少了 36, 18, 5, 23 W/m²。全天南、东、北、西向平均最大冷负荷指标比值为

表 5 Sc=0.3 时内外区夏季空调冷负荷计算结果(8月6日)

时 刻	负 荷 / W										
	南外区	南内区	东外区	东内区	北外区	北内区	西外区	西内区	中区 1	中区 2	中区 3
01:00	5 788	3 640	4 236	714	2 915	1 856	5 474	714	1 285	648	1 285
02:00	5 282	3 371	3 922	661	2 725	1 718	5 067	661	1 190	600	1 190
03:00	4 771	3 121	3 598	612	2 529	1 591	4 664	612	1 102	555	1 102
04:00	4 313	2 890	3 304	567	2 351	1 473	4 300	567	1 020	514	1 020
05:00	4 012	2 676	3 105	525	2 221	1 364	4 021	525	945	476	945
06:00	3 717	2 478	2 891	486	2 083	1 263	3 753	486	875	441	875
07:00	7 676	11 656	7 398	2 285	6 483	5 942	7 532	2 285	4 114	1 227	4 114
08:00	11 522	19 955	11 599	3 913	10 466	10 173	11 013	3 913	7 043	1 745	7 043
09:00	12 916	20 376	12 866	3 995	10 918	10 388	11 648	3 995	7 192	1 803	7 192
10:00	14 582	20 766	13 826	4 072	11 340	10 586	12 287	4 072	7 329	1 858	7 329
11:00	16 301	21 127	14 400	4 142	11 742	10 770	12 924	4 142	7 456	1 909	7 456
12:00	14 743	13 336	11 521	2 615	8 354	6 799	10 309	2 615	4 707	1 464	4 707
13:00	19 420	21 511	14 875	4 218	12 272	10 967	13 968	4 218	7 592	1 964	7 592
14:00	20 688	23 054	15 559	4 520	13 002	11 753	15 231	4 520	8 137	2 334	8 137
15:00	21 091	23 423	15 761	4 593	13 267	11 941	16 311	4 593	8 267	2 397	8 267
16:00	20 703	23 765	15 734	4 660	13 442	12 115	16 985	4 660	8 388	2 454	8 388
17:00	17 067	17 812	12 862	3 493	10 416	9 081	14 142	3 493	6 287	2 508	6 287
18:00	12 808	11 707	9 513	2 295	7 093	5 968	10 590	2 295	4 132	2 557	4 132
19:00	10 248	8 636	7 566	5 481	5 481	4 403	8 265	1 693	3 048	1 784	3 048
20:00	8 015	5 348	5 747	1 049	3 922	2 726	6 404	1 049	1 888	9 51	1 888
21:00	7 213	4 952	5 254	971	3 631	2 525	5 874	971	1 748	881	1 748
22:00	6 480	4 585	4 802	899	3 363	2 338	5 383	899	1 618	816	1 618
23:00	5 759	4 246	4 355	833	3 095	2 165	4 900	833	1 499	755	1 499
24:00	5 064	3 931	3 928	771	2 835	2 004	4 433	771	1 388	699	1 388
最小负荷/W	3 717	2 478	2 891	486	2 083	1 263	3 753	486	875	441	875
单位面积最小负荷/(W/m ²)	14	4	11	4	7	4	15	4	4	1	4
最大负荷/W	21 091	23 765	15 761	4 660	13 442	12 115	16 985	4 660	8 388	2 557	8 388
单位面积最大负荷/(W/m ²)	80	40	46	40	46	40	67	40	40	8	40
累计/W	260 179	278 364	208 622	54 581	165 949	141 911	215 468	54 581	98 246	33 340	98 246
平均/W	10 841	11 598	8 693	2 274	6915	5 913	8 978	2 274	4 094	1 389	4 094

1.0.79:0.58:0.84。其 13 层全天 24 h 累计冷负荷为 1 609.487 kW,比 Sc=0.6 时减少了 16.8%,具有明显的节能效果。

4.5 冬季全天阴无太阳直射时外区空调冷热负荷

有冷负荷的时段和最大热负荷指标均有变化,见表 6。

表 6 冬季全天阴无太阳直射对外区空调冷热负荷的影响

		南外区	东外区	北外区	西外区
Sc=0.6	晴天供冷时段	9:00~3:00	9:00~20:00	9:00~18:00	9:00~20:00
	阴天供冷时段	9:00~17:00	9:00~18:00	9:00~17:00	9:00~18:00
	晴天最大热负荷指标/(W/m ²)	12	21	16	21
	阴天最大热负荷指标/(W/m ²)	30	20	12	21
Sc=0.3	晴天供冷时段	9:00~20:00	9:00~18:00	9:00~18:00	9:00~18:00
	阴天供冷时段	无	9:00~17:00	8:00~18:00	9:00~17:00
	晴天最大热负荷指标/(W/m ²)	29	25	17	26
	阴天最大热负荷指标/(W/m ²)	32	21	13	21

4.6 外墙传热系数对冬夏季冷热负荷的影响

表 7,8 分别为 1 月 15 日与 8 月 6 日四种建筑围护结构方案的外区空调负荷计算结果。对比分析可以得到以下结论:

a) 由于外区冬季冷负荷受太阳照射的影响较大,受温

表 6 说明,阴天时外区所需供冷时间缩短了,尤其是南向,采用了 Sc=0.3 的玻璃后,阴天时就无需再供冷了;对于最大热负荷指标,南外区有了较明显增大,东、北、西外区却稍有减小。总之,按晴天来计算热负荷,遇到阴天后对室内温度也不会有多大影响。

差传热影响较小,故当 Kw 从 0.6 W/(m²·K) 降至 0.3 W/(m²·K),4 个外区全天累计冷负荷只增加了 5.6%(Sc=0.6 时)与 8.6%(Sc=0.3 时)。

b) Sc 对外区冬季热负荷(主要是夜晚)的影响大于 Kw 的影响。当 Kw=0.6 W/(m²·K) 和 Kw=0.3 W/(m²·K)

表7 不同围护结构方案冬季外区空调负荷计算结果的比较(1月15日)

	全天累计冷负荷/W				最大小时冷负荷指标/(W/m ²)			
	Sc=0.6		Sc=0.3		Sc=0.6		Sc=0.3	
	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3
南外区	292 401	292 637	101 420	99 974	125	125	56.8	56
东外区	79 704	87 332	35 621	44 636	39	42	16.5	24
北外区	41 933	52 882	38 348	47 467	19	23	17.7	21
西外区	63 475	71 300	35 251	36 754	40	42	23.8	25
合计	477 513	504 151	210 640	228 831				

	全天累计热负荷/W				最大小时热负荷指标/(W/m ²)			
	Sc=0.6		Sc=0.3		Sc=0.6		Sc=0.3	
	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3
南外区	8 699	8 638	53 063	54 453	12	12	28.5	29
东外区	39 679	32 295	45 337	43 936	21	19	19.7	23
北外区	46 356	33 257	47 644	36 185	16	13	16.3	13
西外区	41 838	34 331	55 893	55 878	21	19	23.3	23
合计	136 572	108 521	201 937	190 452				

表8 不同围护结构方案夏季外区空调负荷计算结果的比较(8月6日)

	全天累计冷负荷/W				最大小时冷负荷指标/(W/m ²)			
	Sc=0.6		Sc=0.3		Sc=0.6		Sc=0.3	
	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3	K _w =0.6	K _w =0.3
南外区	398 600	398 464	260 179	260 043	116	116	80	80
东外区	287 489	282 642	208 622	203 775	81	81	63	62
北外区	189 762	183 981	165 949	160 169	51	50	46	45
西外区	300 555	295 477	215 468	210 389	90	90	67	67
合计	1 176 406	1 160 564	850 218	834 376				

时, Sc 从 0.6 减小至 0.3, 4 个外区全天累计热负荷分别增加 48% 和 76%。

当 Sc=0.6 和 Sc=0.3 时, K_w 从 0.6 W/(m²·K) 降至 0.3 W/(m²·K), 4 个外区全天累计热负荷分别只减少了 20% 和 5.7%。因此, 当 Sc 从 0.6 调整到了 0.3 之后, 再将 K_w 从 0.6 W/(m²·K) 减小至 0.3 W/(m²·K), 其节能意义不大。

c) 由于外区夏季冷负荷主要受太阳照射影响, 当 Sc=0.6 和 Sc=0.3 时, K_w 从 0.6 W/(m²·K) 减小至 0.3 W/(m²·K), 4 个外区全天累计冷负荷分别仅减少了 1.3% 和 1.8%。因此, 将 K_w 从 0.6 W/(m²·K) 减小至 0.3 W/(m²·K), 对降低夏季空调冷负荷所起作用不大。

综上所述, 对外墙传热系数 K_w 仍维持原设计的 0.6 W/(m²·K), 不作任何调整。但玻璃遮阳系数 Sc 由 0.6 降为 0.3, 节能效果明显, 经开发商认真推敲选择, 最后选定 Sc=0.31 的某产品。

5 几点看法

5.1 在北京地区, 由于办公室内部产热量普遍较大, 再加

上办公建筑的窗墙比均较大, 甚至采用了玻璃幕墙, 因此在冬季, 即使在办公楼的外区, 白天办公时也会出现冷负荷, 而不是热负荷。

5.2 对于办公楼建筑的空调负荷计算, 不应该用负荷指标简单套算夏季的冷负荷和冬季的热负荷; 在采用动态负荷计算法计算时, 一定要将内外区、各朝向分开计算, 充分考虑内热与阳光照射的作用。科学、准确地计算冬季的冷、热负荷。

5.3 外窗玻璃的遮阳系数 Sc 从 0.6 降低到 0.3, 不但可以明显减少外区空调房间夏季的冷负荷, 而且还可以有效地降低外区空调房间冬季的冷负荷, 而在冬季热负荷上的增加却有限。总的来说是利远大于弊。

5.4 鉴于北京地区办公楼建筑在冬季不但内区有冷负荷, 而且外区在白天有太阳照射时也存在冷负荷, 办公楼的冬季空调设计必须同时考虑供热供冷两种要求。这种特殊的冷热需求, 应引起同行的重视, 它给空调方式的选择、空调水系统的划分, 以及冬季冷源的选择与设计, 都提出了新的研究课题。