

日本办公楼建筑 标准层空调方式综述

同济大学 范存养[☆]

摘要 介绍了日本近 30 年来办公楼建筑标准层空调方式的演变过程及现状——从传统的内外区分设空调系统方式到现在提倡的不专设外区空调系统且能改善窗际热环境的各种简化方式。此外,还介绍了内外区采用不同能源的空调方式等。

关键词 办公楼标准层 内外区空调方式 通风窗 空气屏障方式

Review of air conditioning modes for standard floor of office buildings in Japan

By Fan Cunyang[★]

Abstract Presents the development process and existing state of air conditioning modes for standard floor of office buildings in Japan in recent 30 years—from the conventional mode of air conditioning systems individually for the outer zone and inner zone to various simplified modes without dedicated air conditioning systems for the outer zone but helpful in improving the thermal environment around the windows. Also presents the modes of air conditioning systems using different energy sources for outer zones and inner zones.

Keywords standard floor of office building, air conditioning modes for outer zone and inner zone, ventilation window, air barrier mode

★ Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

近 30 年来,随着我国经济建设的突飞猛进,在各大城市先后建成了数以千计的具有空调装置的大型高层办公楼建筑。由于建设速度快、缺乏经验总结,影响了空调设计理念的发展和技术创新。本文介绍了日本近几十年来围绕环保与节能,在高层建筑空调设计技术方面取得的进展,供我国暖通界借鉴。

1 建筑特征与负荷^[1]

1.1 建筑布局

房间具有较大的进深,一般达 15~20 m,标准层的面积趋向于扩大,一般大于 1 500 m²,且希望是大统间的无柱空间,图 1 是日本的一个统计结果。另外,随着追求外围护结构通透化,窗户面积逐步扩大,层高 4 m 的建筑,窗高约在 2 m 以上,甚至超过 3 m 者亦不少见。图 2 是若干办公楼的标准层高度、窗高度及窗墙比的统计。由于窗户面积占外墙面积的比例较大,因而在一般情况下,

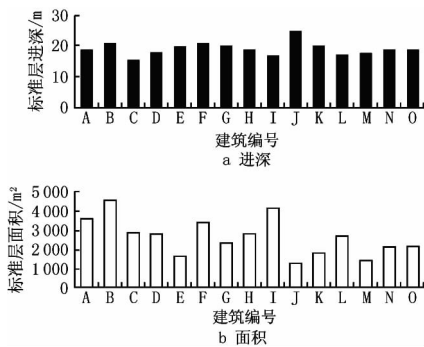


图 1 超高层建筑标准层面积和进深

窗际的热舒适环境较差。

1.2 负荷概况

除了建筑围护结构的影响之外,室内办公设备的自动化在很大程度上影响着室内负荷,且办

①☆ 范存养,男,1933 年 12 月生,大学,教授
200092 上海四平路同济新村 618-3
(021) 65134726
收稿日期:2008-05-23

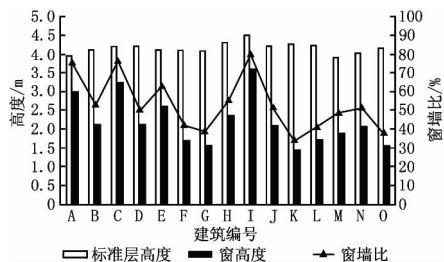


图2 超高层建筑办公楼的标准层高度、窗高度及窗墙比

办公楼的内热源有逐步增多的趋势,所以一般冷负荷比热负荷大,图3为实测的办公楼月空调负荷。图4为东京地区若干超高层办公楼近年的空调负荷实测值(平均 $400 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)。另据统计^[2],随着办公楼、商场规模的增大,能量消费有增大的趋势(见图5)。

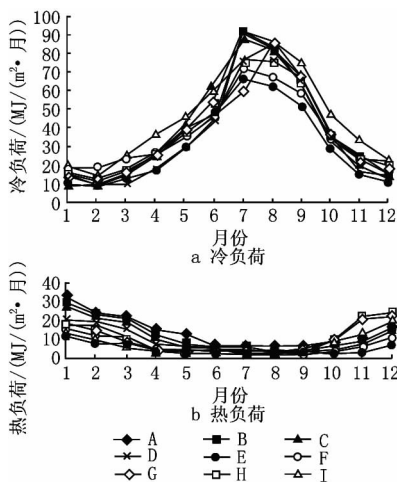


图3 超高层办公楼的实测月空调冷、热负荷

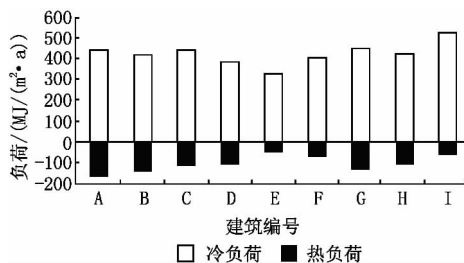


图4 东京地区若干超高层办公楼实测全年空调负荷

2 空调划分内外区的必要性

2.1 周边热环境

办公楼围护结构的特殊性(不确定性)和内部区域因办公自动化发展出现的产热量单一的特征使对于空调设施的需求有一定的差异。图6表示了被测窗表面温度与空气温度温差引起的窗面冷气流流速的大小^[3]。与此同时,玻璃内表面温度引

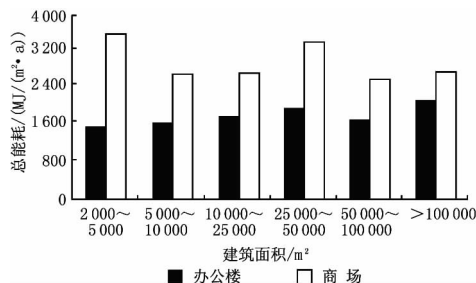
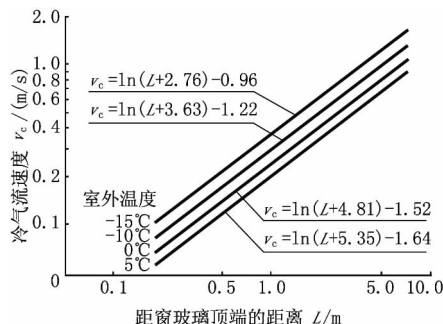


图5 不同建筑面积办公楼、商场的总能耗

起的辐射对在窗附近工作的人员的热舒适有很大的影响。近几年来,随着窗玻璃结构与性能的改善,这种影响大大减小。

图6 玻璃窗内表面冷气流流速与距窗玻璃顶端距离 L 的关系(室内温度 22°C , 窗玻璃传热系数 $64 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

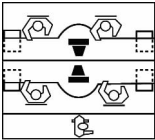
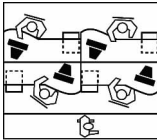
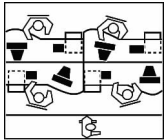
2.2 室内负荷

室内办公设备的负荷在冷负荷中占很大比例。平均来说,电源容量(插座)约 $50 \text{ W}/\text{m}^2$,其中作为空调负荷的约达 $35 \text{ W}/\text{m}^2$ 。表1^[1]表示了国外办公室办公自动化要求下的设备配置变化,它分为3个阶段。今后的发展可能是一人两台电脑。此外,照明负荷因灯具发光效率的提高而有所下降;而人员密度减小使人体热负荷亦有所减少。

2.3 空调内外分区

一般将沿窗 $3\sim 4 \text{ m}$ 的地带作为外区(周边区)。图7^[4]是一个典型的标准层平面内区和各朝向外区的负荷情况。由于各区的负荷不同,故各区的单位面积空调风量显然不同(并影响人均新风量)。不仅如此,在实际空调运行中,外区因受室外温度和日照变化的影响,对空调系统的适应性要求更高,所以分设内外两个系统是通常的选择。当采用两个系统时,一般外区系统应夏季可以供冷、冬季可以供热;而内区系统则全年供冷。但在一个办公室内同时有供冷与供热的要求时,不可避免地容易造成冷热混合损失而浪费了能量。

表 1 办公室内办公设备的增加情况

	第 1 阶段	第 2 阶段	第 3 阶段
人员	0.125 人/m ²	0.125 人/m ²	0.125 人/m ²
照度/lx	600	600	600
办公设备	1 台/人	1 台/人	2 台/人
电话	1 台/人	1 台/人	1 台/人
办公室布局			
电源			
照明负荷/(W/m ²)	18	18	18
办公设备负荷/(W/m ²)	36	45	54
合计/(W/m ²)	54	63	72
空调			
负荷/(W/m ²)	人员 6+照明 18+办公设备 22	人员 6+照明 18+办公设备 30	人员 6+照明 18+办公设备 35

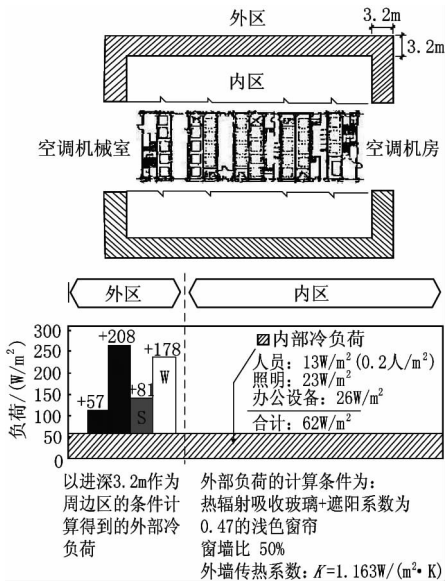


图 7 典型办公室内、外区负荷

如上分析,根据日本经验,从经济上考虑,对建筑面积小于 10 000 m² 的办公楼建议不进行空调内外分区。

3 传统的内外区空调方式

长期以来,日本办公建筑标准层的内区空调不采用风机盘管系统,以避免水系统可能产生的水患,而大多采用变风量或定风量的单风道方式。而因外区空调的复杂性,其方式有一个演变过程。图 8 是日本对 1968—1994 年间面积大于 30 000 m² 的 137 个办公楼工程实例空调方式的统计^[4]。可以看出相当长时间内采用的是立式风机盘管(FCU)方式(布置在周边,水患影响较小)。从 20 世纪 90 年代起则以变风量 VAV 等方式为主体。

表 2 给出了日本 1968—1998 年间建设的若干高层办公楼中内区采用单风道(定风量)、变风量

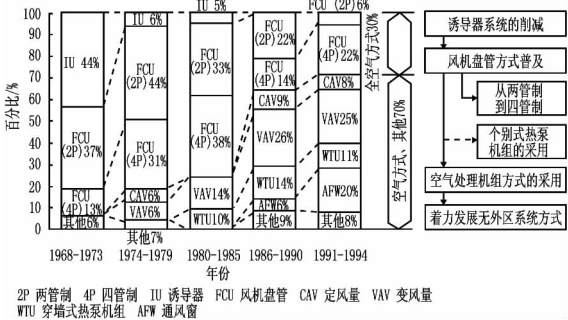


图 8 外区空调方式的演变

以及外区采用诱导器(IU,直至 20 世纪 90 年代仍有这种做法)和 FCU 的部分实例(参见文献[5])。类似的搭配在我国的工程实例(都有日方参与设计)中亦不少见,如上海国际贸易中心(单风道+FCU,1987 年)、上海瑞金大厦(单风道+FCU,1987 年),将于 2008 年建成的环球金融中心(101 层)则采用了内区 VAV+外区四管制 FCU 的方

表 2 日本部分办公楼采用的空调方式

办公楼名称	建成年份	地上层数	建筑面积/万 m ²	外区空调方式	内区空调方式
霞关大厦	1968	36	15.32	IU	SD
神户贸易中心	1969	26	5.037	IU	SD
世界贸易中心	1970	40	15.38	IU	SD
朝日东海大厦	1971	29	5.06	IU	SD
东京 IBM 大厦	1971	22	3.8	FCU	SD
NHK 广播大厦	1972	23	6.49	四管制 FCU	SD
大阪大林大厦	1973	32	5.03	四管制 FCU	SD
大阪国际大厦	1973	32	6.50	FCU	SD
东京三和大厦	1973	25	9.46	四管制 FCU	VAV
东京海上火灾大厦	1974	25	6.31	四管制 FCU	SD
新宿住友大厦	1974	52	17.65	FCU	SD
国际通讯中心	1974	32	12.38	FCU	SD
京セラ本部大厦	1998	20	4.518 1	FCU	VAV
大日本印刷 C&I 大楼	1998	10	1.656 7	FCU	SD

注:SD 表示下送风方式。

式。从运行的可靠性来说,FCU 是稳妥的。

4 办公楼标准层空调方式的演变

随着对空调节能和室内空气质量的要求日益提高以及控制技术的发展,高层办公楼空调技术不断进步,诸如适用于内区的各种系统,或是满足外区热环境的各种技术,以及新的送风方

式。此外,还有直接与冷热源装置相关的空调方式。

4.1 内区空调方式的演变^[1]

表 3 是日本近十几年来采用较多的内区空调方式。各设计部门根据工程性质与自身的经验来确定方案,不求一律。

表 3 日本内区空调方式的演变

分类	名称	图示	<i>h-d</i> 图	系统特点	实例
I	新风 AHU + 分散循环风 AHU			- 新风在循环 AHU 出口混合,循环 AHU 控制 - 循环 AHU 风量约 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 新风 AHU 风量约 $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ - 新风、排风间可设全热交换器 - 外区亦用全空气系统	NS 大厦 面积约 200 m^2
II	新风 AHU + 双风管方式			- 新风 AHU 内不混入回风 - 新风在送风口前混合 - VAV 控制面积约 70 m^2	日本东京 TBS 赤坂大厦
III	双末端混合方式			- 属二次回风方式 - 新风 AHU(一次空气 AHU 中有回风)必要时可独立运行 - 新风末端为 CAV, 循环风末端为 VAV, 两末端在送风口前混合, 控制面积约 50 m^2	IL 大厦、品川 Intercity

对表 3 中各方式说明如下。

1) 新风空调机与末端循环空调机组相分离的方式(表中 I)。该方式中新风空调机保证必要的新风量,并负担室内的湿负荷;末端空调机组主要负担显热负荷,且主要处理循环空气。为了能在过渡季节实现新风冷却,可将设计新风量定为最小新风量的 2 倍,循环空调箱因处理显热为主,可采用显热(干)盘管冷却,对卫生有利。设计中新风空调机除考虑平面分区外,高层建筑可竖向多层合用一个系统;循环空调机组大多独立并按平面分区设置(负担面积 $200 \sim 500 \text{ m}^2$)。循环空调机组制作成紧凑型立柜式。图 9 为采用此方式的东京 NS 大厦(1986 年建成)的空调系统示意图^[6]。这种方式相对于采用一次回风并需再热的全空气系统,其节能性要好得多。

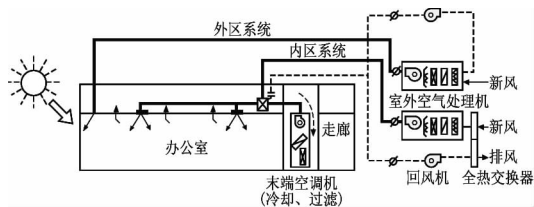


图 9 NS 大厦空调系统示意图

2) 新风空调机 + 双风管方式(表中 II, 又称

pair duct 方式)。该方式不同于冷热风双风道系统,而是为由确保最小新风量的新风管(末端设通一断阀)和处理室内负荷用的循环风管(设 VAV 末端)组成的双风管系统。新、回风在两个末端装置内混合后被送到送风口。该系统与第 I 种系统原理相近,但由于设置了 VAV 末端,在节能上有了改进。

3) 双末端混合方式(表中 III, 又称 pair unit mixing 方式)。该方式基本原理与第 II 种系统相近,同样是将空调的功能分开,即一方面确保新风量供给和房间换气次数,人员、照明等稳定的内区负荷由一次空气处理机组负担,另一方面由二次空气处理机组对多变的办公设备发热进行处理,所以系统上分别采用 CAV(也有采用 VAV 的)及 VAV 末端混合后送风。此外,新风处理机组也引入部分循环回风。当办公设备负荷较小时,单独运行一次空气 AHU 亦能工作(满足一定的换气次数),这是它的优点。但这两种方式由于双重设置风道与 AHU,初投资较高,且输送动力亦增加,仅适用于高品位要求的办公楼。图 10 为该方式在新宿 IL 大厦(1995 年建成)中应用的示意图^[7]。从图 10 中可以看出,新、回风在 CAV, VAV 末端混合后被分送到多个风口,回风经吊顶进入 AHU,

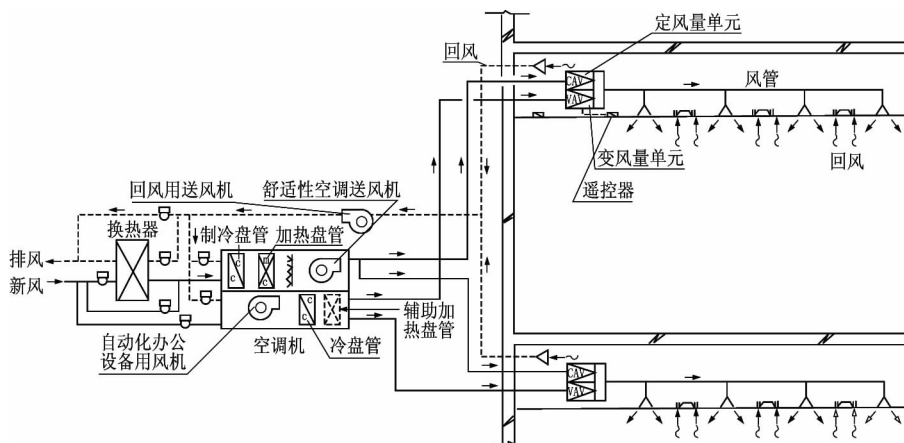


图 10 新宿 IL 大厦空调系统示意图

一次空气 AHU 与二次空气 AHU 组合成一体,以少占空间,此外,排风与新风间设有全热交换器,且过渡季节空气可经旁通管路出入系统。

除以上诸方式外,现在还有在内区采用所谓“SMART VAV”系统的^[8]。该系统可确保各区新风比不同而系统总新风比为定值。即在新风 AHU 和循环风 AHU 的出口分管路路上安装两套 VAV 装置,既可以满足各区总风量的分配又可以满足新风比的实际需求。这种空调系统方式和传统 VAV 方式的比较如图 11 所示。该系统已在日本品川三菱大厦(2003 年建成)、明治安田生命大厦(2004 年建成)中应用。

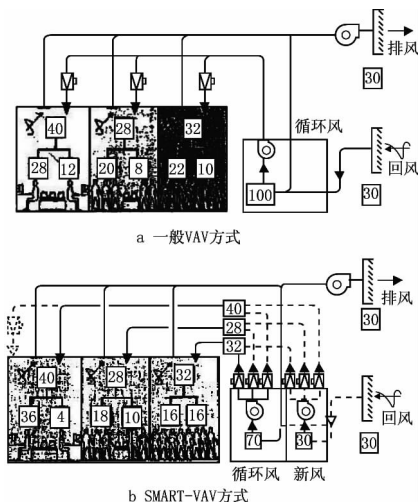
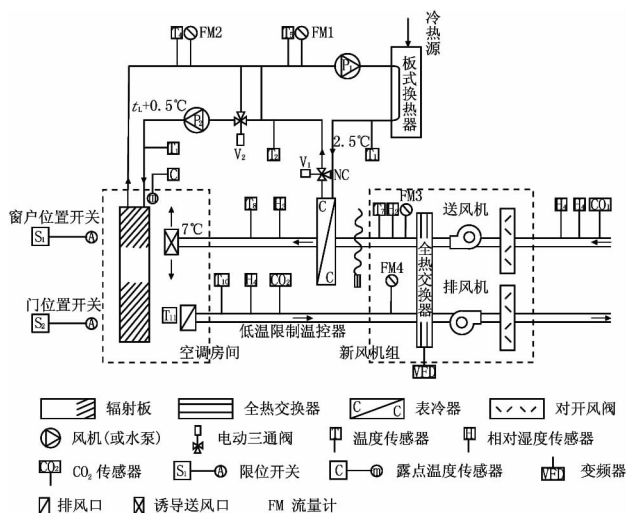


图 11 SMART VAV 空调系统与传统 VAV 系统

4) 关于独立新风系统。从以上几种内区空调方式来看,对新风和室内循环风分开处理是它们的特点。这与现代欧美提倡的独立新风系统(DOAS)的概念是相近的。独立新风系统强调采用置换送

风方式(下部或下侧壁送风),室内侧则用冷却顶板(辐射板)来负担室内显热负荷,相当于采用干盘管的室内循环机组(对流方式),由于辐射冷吊顶承担的负荷有限(盘管水温宜 $>16\sim18\text{ }^{\circ}\text{C}$),故新风在负担室内湿负荷的同时还需负担部分室内显热负荷。图 12 为该系统的典型形式。



注: 1) 独立新风系统负担新风负荷及室内湿负荷——大焓差、去湿、新风温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下(属低温送风的出风口结构)。
2) 室内显热负荷由室内末端负担。室内末端为 FCU 或辐射板(水温 $>16\text{ }^{\circ}\text{C}$)。
3) 室外污染全靠新风稀释,若风量不足或过滤不足,IAQ 就达不到要求。

图 12 独立新风系统(DOAS)的典型形式

实际上,对于水-空气方式的空调系统来说,如风机盘管(FCU)与诱导器(IU)系统,在一定意义上也有新风独立系统的概念,特别是当室内盘管采用干冷却的时候(IU 系统一般均用干盘管)。当然,其新风送风方式与其他方式有明显的不同。

4.2 简化外区空调的设计动向

前已述及外区受日射和室外气温的直接影响,

具有冷热负荷随方位、时间、季节而多变的特征,因此如何确保和控制窗际热舒适环境越加显得重要。此外,因内区全年需供冷,故也有将周边区的供冷与之合用一个空调系统的,而周边区仅单独设置供热的装置。

另一方面,前已述及,当分别设置外区、内区时,由于可能在同一空间同时供冷及供热,从而引起冷热混合损失^[10-11]。冷热混合损失的形成机理见图 13。为避免出现这种情况,应对外区空调方式进行改进。另外值得注意的是,近几年来,建筑业主与建筑师希望扩大窗户面积,以获得视野上的通透感,同时对使用遮阳、保温等与空调相关的认识普遍有所提高;建筑材料特别是玻璃的热工性能有很大的改进。因此,工程上可采用设备手法与建筑

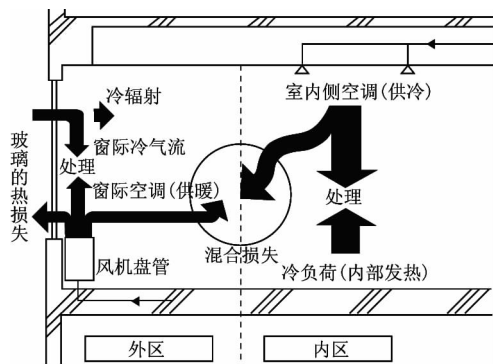


图 13 冷热混合损失的形成

手法相结合的各种技术来实现这种需求。表 4 给出了部分窗际建筑处理与外区空调的结合手法^[12],表 5 则列举了几种窗际建筑处理的主要方式。

表 4 窗际建筑处理与外区空调的结合手法

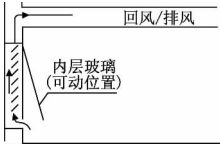
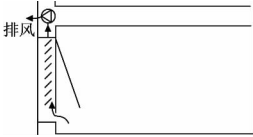
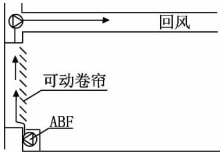
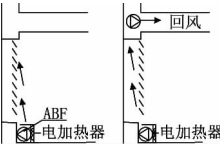
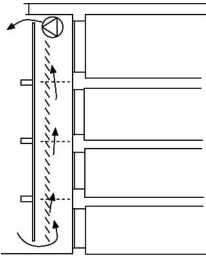
		窗面积				
		小				大
		低	热特性(隔热性、遮阳性)			高
窗系统	隔热					
	遮阳				低辐射玻璃	
空调系统	外区专用方式		合用方式		无周边区方式	
	1) FCU 2) TWU(穿墙型热泵)方式 3) 周边区空调机方式 (设置专用空调机)		1) 屏障风机 2) 辅助供暖设备 (蓄热式加热器/辐射板)		内区与周边区用相对应的同一系统(不设周边专用设备)	

对于表 5 中的各种方式进一步说明如下。

1) 通风窗方式(AFW, air flow window)。早在上世纪 60 年代北欧国家就采用过这种方式。它由内层玻璃窗(可开启,以便清扫)、外层玻璃窗、遮阳百叶以及排气系统组成。供冷季节,百叶窗有遮阳隔热效果,百叶窗吸热升温产生的长波辐射被内层玻璃遮挡(对红外线为不透明体),可使室内侧玻璃的表面温度接近室温,冬季则冷辐射小,从而可以不设置外区系统,房间的使用面积可以更有效地利用。图 14 为其工作原理,一般采用的通风量为 $80 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$,两层玻璃间的距离为 20 cm,实测的不同风量下的遮阳系数和传热系

数见表 6。由表 6 可见,内部通风的存在大大提高了遮阳性能和降低了传热系数。从房间抽取的空气根据要求可以直接排放,也可以经热回收后排放,或者作为回风,部分回入系统。日本在 1985 年竣工的晴海花园大楼最早采用该方式,经实测,冬季室外温度为 0°C 、室温为 22°C 时,用单层玻璃窗的房子的内表面温度为 9°C ,而用 AFW 的房子的内表面温度为 19°C ,消除了窗际的冷感,大大提高了热舒适度。日本曾对 2000 年建成的采用 AFW 的品川东楼做过试验^[13]。该楼 AFW 的外层玻璃为 10~15 mm 厚的高性能热反射玻璃,内层为 6 mm 厚的强化透明玻璃,间距为 180 mm。

表 5 几种窗际处理主要方式

名 称	图 示	系统特征	实 例
通风窗	循环型 	设两重窗,间隔 0.15~0.2 m,设内遮阳;室内回风经层间空间回入 AHU 或排走	东京 NEC 大厦 三菱石油大厦 品川东楼
	排热型 	室内排风从双重玻璃窗间直接排走	上海久事大厦 东京香港上海银行 (HSBC)大厦
空气屏障方式	普通型 	用卷帘代替内层玻璃,并以专用风机送、排风,防止气流对窗际的影响	东京 JT 大厦 圣路加花园大厦
	加热板型 	除上述设备外,在窗台下加设电热装置,供冬季补热	品川三菱重工大楼
	双重立面型 	外层幕墙与内窗之间距离约 0.6 m,每层间隔处设格栅地板,可通行清扫 夏季排除内窗外热量,冬季利用两层窗之间的热空气(日射影响)保暖,过渡季可与室内组织自然通风 层数多,效果明显,不需采用机械通风	日本 TV Tower 大厦 日本 NTT 武藏野研发中心大厦 日本近电大厦

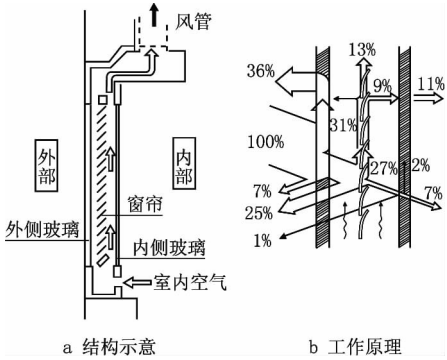


图 14 AFW 原理

表 6 AFW 不同通风量下的遮阳系数和传热系数

	AFW 通风量/(m³/(m·h))			
	0	40	80	120
遮阳系数 S _c	0.33	0.24	0.20	0.19
传热系数/(W/(m²·℃))	2.60	1.60	1.30	1.00

通过 CFD 模拟得到了如图 15 和图 16 所示的冬夏季采用和不采用 AFW 的室内气流分布和温度分布以及热舒适性的比较,可以清楚地确认采用

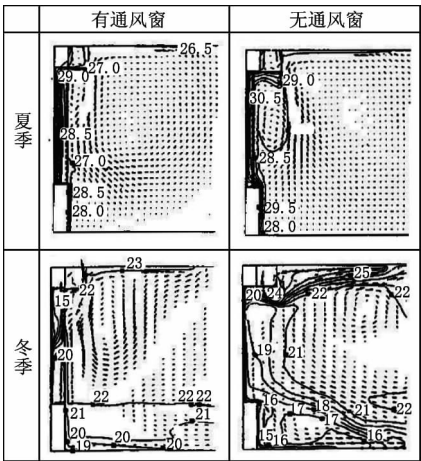


图 15 室内气流、温度模拟比较结果示例

AFW 的有效性。根据日本三菱地所设计公司提供的环境试验室试验资料(见图 17)可知^[14],南向条件下,冬季空调负荷可减少到 1/4~1/3。此后,1990 年竣工的 NEC 本部大厦全面采用 AFW,取

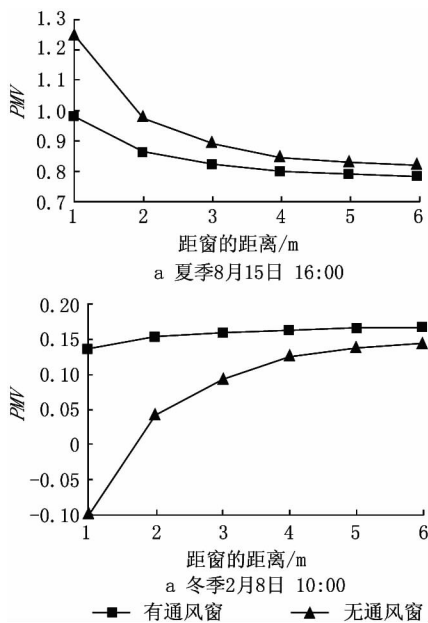


图 16 周边区舒适度

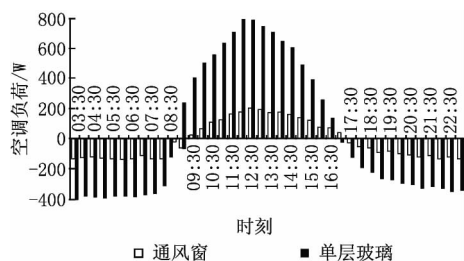


图 17 AFW 与单层玻璃窗的负荷比较 (冬季、南向)

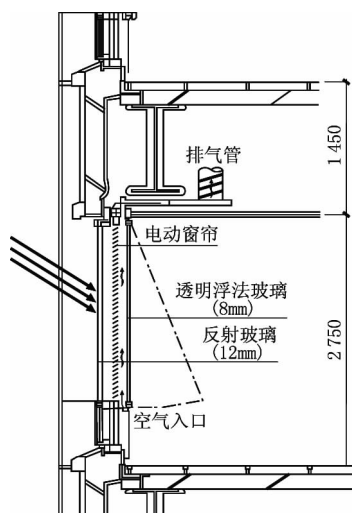


图 18 AFW 的构造

得了瞩目的效果,图 18 为其 AFW 的构造图。日本采用 AFW 的大楼(东西朝向的居多)已达数十栋。我国 1999 年建成的上海久事大厦(总建筑面积 6.14 万 m^2 ,地上 40 层)也采用了 AFW 方式。

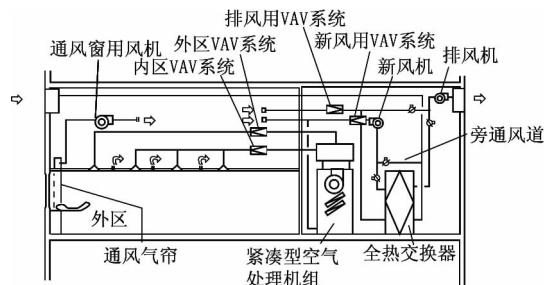


图 19 采用 AFW 方式的办公楼空调系统

图 19 为采用 AFW 方式的办公楼标准层空调整体系统之一例^[15]。对于标准层进深较大的办公楼,在采用 AFW 的同时,空调系统仍分内外区设计,这样的实例也是不少的。

应该指出,AFW 方式存在大面积内窗,对结构节点有专门要求,同时费用较高;此外,要为开启内层玻璃留出空间,所以有的建筑采用“简易 AFW”方式,即以透明的遮阳卷帘代替玻璃板,可以获得相近的效果。

2)空气屏障方式(ABW, air barrier window)。该方式利用专设的风机系统或局部贯流风机等下送出的气流与吊顶内的吸风管气流将窗面的冷热负荷带走,也有称为吹-吸(push-pull)式的。通过调整吹出和吸入的风量和风速以及合理布置设备位置,可以有效地减弱窗的辐射影响。根据需要,可在窗台下设辅助电热(板)装置。也有的工程在冬、夏季采用气流相反的方向(夏:下→上,冬:上→下)。具体分类如表 7 所示。

图 20 为圣路加花园大厦所采用的空气屏障方式的构造图^[16],图中给出了主要参数。通过对窗内空气全部排出(新风量相当)、部分循环以及是否采用全热回收装置等工况的实际测定可知,部分排风并设置全热交换器的方式最为有利。

图 21 为东京丸之内大楼周边区处理方式,该方式由空气屏障系统+局部排热系统构成^[17],可在供冷期由窗台罩内的条缝风口均匀送风,从窗上部窗帘箱处将附近热空气有效排走;严寒季节时作供暖用,由窗台罩内的条缝风口吸风,即使冬季不送热风,也可起到防止冷气流的作用。该方式既考虑到窗际热环境的改善,又防止了产生冷热混合损失。

图 22 为大阪市交通局新办公楼标准层周边区的空调处理方式^[12],根据朝向的不同采用不同的

表 7 3 种空气屏障方式的构造与特点

	窗台罩风管型	独立送风型	辐射供暖结合型
示意图			
构造原理	窗台罩内为空调风管,送风从窗台处送入,吊顶处排走	利用室内空气经风机自窗台处吹出,去除窗际负荷,回风从沿窗的吊顶处吸入	在窗台罩前设辐射加热板,用于冬季供暖时改善周边区热舒适条件
特点	相当于一个简化的外区系统,在控制窗际负荷时有较高效率	可有效控制窗际负荷的影响,灵活性较好	防止冬季临窗人体下部产生冷感,冬季内区供冷的场合不会产生冷热混合损失

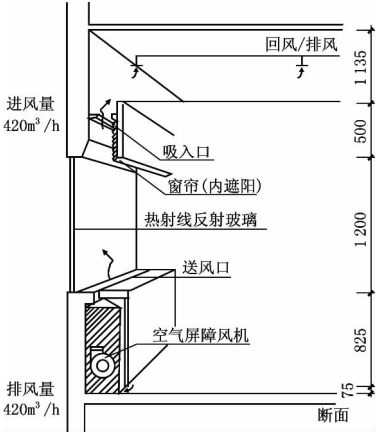


图 20 空气屏障方式

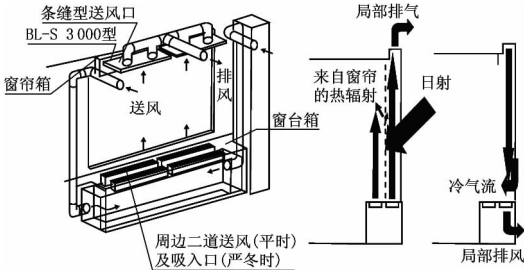


图 21 东京丸之内大楼周边区处理方式

处理方法。南向采用冬夏季相逆的窗际周边气流,而东西向则采用蓄热式放热器控制其加热状况。

此外,也可以设周边区 AHU,仅在窗际形成空气屏障,以简化送风系统(在窗台罩处向上送风)。对于要求确保视觉通透感的办公室建筑,设有落地的玻璃窗,故不能设置窗台罩,此时可安装特殊的风机罩壳(内设贯流风机),每 3 m 长度设 1 台风机,对于采用 Low-e 玻璃的双层窗用每 m 窗宽 90~100 m³/h 的室内空气已足以在周边区形成屏障气流。图 23 为东京 Sunki 大厦(2000 年建成)的空气屏障方式,图 24 为空气屏障专用风机的安装情况^[19]。

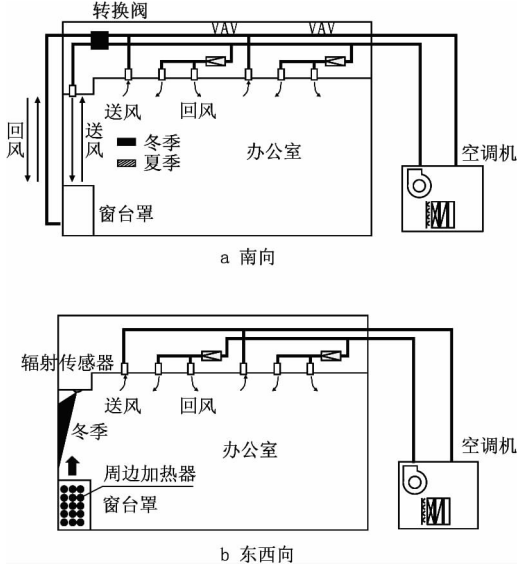


图 22 大阪市交通局办公楼标准层周边区空调处理方式

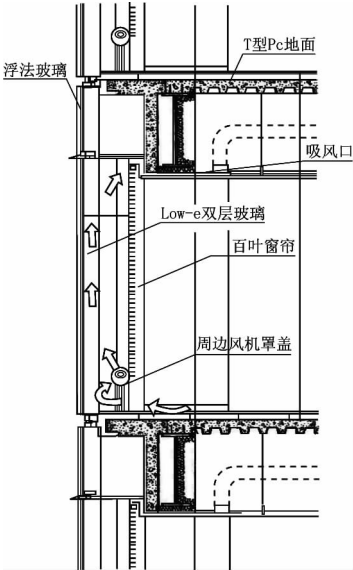


图 23 Sunki 大厦的空气屏障方式

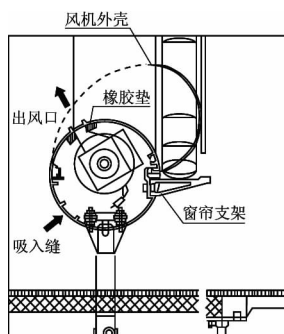


图 24 空气屏障专用风机的安装

由此可见,采用空气屏障方式时应根据建筑

所在地点、朝向等诸多因素做出合理的设计。日本采用 AFW 及 AB Fan(空气屏障风机)的部分工程见表 8。

3) 双重立面型(DSF, double skin facade)。增设一道玻璃幕墙作为外围护结构,两墙间距在 0.6 m 以上,内设遮阳百叶,多层与高层建筑均可采用该方式。与 AFW 不同的是,DSF 主要利用自然通风(热压作用为主),由室外空气将遮阳的热量带走,多一层外置幕墙则可以减少进入室内的冷热量。这种方式从上世纪 90 年代开始在欧洲(德国、荷兰)盛行,仅德国已有近 30 个工程实例。在高层

表 8 日本采用 AFW 及 AB Fan 的工程简例

型式	工程名称	规模(总建筑面积)	地点	竣工年份	内外分区	备注
AFW	日比谷タイ大厦		东京	1989	不分内外区,全空气 VAV,部分回风进入 AFW	外窗为热射线吸收、反射玻璃,两层窗间设遮阳百叶
	NEC 大厦	14.5 万 m ² 地上 43 层,地下 4 层	东京	1990	不分内外区,单风道 CAV+分散型 AHU,部分回风进入 AFW	外窗为热射线吸收、反射玻璃,两层窗间设遮阳百叶,内层玻璃 5 mm,玻璃高 1.2 m
	JT 大厦	7 万 m ² 地上 35 层,地下 3 层	东京	1995	不分内外区,全空气 VAV,部分回风进入 AFW	外窗为热射线吸收、反射玻璃,两层窗间设遮阳百叶,风量为 50~100 m ³ /(m ² ·h)可调(即最小新风量到新风供冷的范围)
	日本生命保险大厦		日市	1995	不分内外区,全空气 VAV,部分回风进入 AFW	窗墙比为 0.3,用 AFW 窗
	三菱石油虎之门大厦	1.8 万 m ² 地上 13 层,地下 2 层	东京	1997	空调用内外区结合型机组,VAV 方式,分内外区送风	通风量 60 m ³ /(m ² ·h), $\alpha=0.115$, $K=2.07$ kJ/(m ² ·h),外窗为 AFW,实验室测定结果与单层窗的空调负荷比较(冬季、南向),负荷仅 1/3~1/4(进行过实测)
	品川 East One Tower	11.86 万 m ² , 地上 23 层,地下 3 层	埼玉县	2003	VAV 方式,设内区 AHU(新风为 CAV),外区 AHU(无新风)用于适应冬季空调之启动负荷	外窗采用高性能热反射玻璃 10~15 mm,两层间隔 180 mm,AFW 排气 50 m ³ /(m ² ·h),窗墙比 38%,有效果测定
	埼玉县新都心合同厅舍 1 号馆	12.26 万 m ² 地上 31 层,地下 2 层	东京	1999	不分内外区,全空气 VAV 方式,设回风机,可全新风运行	用 AFW,内层玻璃 8 mm,AFW 通风量为 100 m ³ /(m ² ·h),窗台处有自然通风进风阀,两层玻璃窗间隔 524 mm
	电通新社大楼	23.2 万 m ² 地上 48 层,地下 5 层	东京	2002	末端 AHU 为内、外区组合型。送风系统仍分区布置,新风 AHU 中设 2 台风机,1 台将热湿处理后空气送入内外区系统,1 台专用于新风供冷	两层间隔 400 mm,窗内空气可回可排,内层玻璃 8 mm,通风量最大 100 m ³ /(m ² ·h)
	富士软件 ABC 东京大楼	1.94 万 m ² , 地上 16 层,地下 1 层	东京	2000	空气处理不分内外区,全空气 VAV 方式,内外区分路送风,用全热交换器	内层用卷帘代替玻璃,吊顶内设 AFW 抽风机
	圣路加花园大厦	地上 51 层,地下 4 层	东京	1994	设新风处理机组,内外区组合型 AHU 以及内区专用 AHU,全空气 VAV 方式	窗际设空气屏障风机,通风量为 130 m ³ /(m ² ·h),内侧有卷帘
AB Fan	River Side 读卖大楼	5.5 万 m ² 地上 20 层,地下 2 层	东京	1994	不分内外区,VAV 方式,新风 AHU 集中处理新风,各层分设末端 AHU	窗台下设空气屏障风机,沿窗面送风,无内帘
	东京丸之内大楼	15.97 万 m ² 地上 37 层,地下 4 层	东京	2002	设内区 AHU 机组,VAV 方式,另设专用 AHU 空气屏障系统与局部排热系统	窗台处分内外双重送风,其间为百叶卷帘。冬季在窗台处直接从下方排除气流
	大阪市交通局新办公大楼	3.49 万 m ² 地上 17 层,地下 2 层	大阪	2004	不设外区 AHU,根据朝向采用不同的周边处理方式,南向采用夏、冬季气流相逆的窗际气流(夏季下→上,冬季上→下)	东西向窗际采用蓄热式电加热器
	东京 Sunki 大楼	7.48 万 m ² (一期) 地上 31 层,地下 4 层	东京	2000	不分内外区,单风道 VAV 方式,外区设空气屏障用风机,属简易型 AFW 方式	内层为可调百叶(可全闭或全开),层间设贯流风机,风量 90~100 m ³ /(m ² ·h),与外窗面呈 30°角,作过效果实测
	夕溜住友大楼	9.99 万 m ² 地上 27 层,地下 3 层	东京	2004	采用风冷柜机(制冷剂方式),冷热自由调节,沿窗采用空气屏障风机,属简易型 AFW 方式	落地长窗,底部设 AB Fan,出风口离地 150 mm,内层为卷帘
	明治乳业本部大楼	2.1 万 m ² 地上 14 层,地下 2 层	东京	2001	VAV 方式,用内外(周边用)结合型 AHU,从窗台处向上送风(CAV),窗口吊顶处回风	用卷帘代替内层玻璃,属系统型空气屏障方式
	品川三菱重工大厦	6.87 万 m ² 地上 28 层,地下 3 层	东京	2003	分 8 区采用下送风方式,用全热交换器,周边采用辐射加热型空气屏障方式	窗台下设带辐射板(电热)的 AB Fan,在外窗玻璃与窗帘间构成气流通道,送风量为 160 m ³ /(m ² ·h)
	新丸之内中心大厦	5.56 万 m ² 地上 25 层,地下 3 层	东京	2004	分设内区与周边区 AHU,VAV 送风(内区),周边区 AHU 送风仅在窗台处构成空气屏障方式	未用专设的 AB Fan,窗台处有自然通风进气口
	日本生命丸之内大楼	9.55 万 m ² 地上 28 层,地下 4 层	东京	2004	单风道 VAV 方式,分区用简易 AFW 方式	建筑外围有良好的遮阳结构,窗际采用空气屏障风机,窗台有自然进风口
	Poltensharl 大楼	7.66 万 m ² 地上 38 层,地下 3 层	东京	2002	不分内外区,单风道 VAV 方式,外区设空气屏障风机,属简易型 AFW 方式	设大温差送风区,屏障空气由窗台上部进入回风系统
	赤坂 Garden City	4.8 万 m ² 地上 20 层,地下 2 层	东京	2006	内区用 VAV 系统,外区采用内区与外区混合调节送风	周边设窗台罩,有内帘及百叶,有 AF 风机,风量约 80 m ³ /(m ² ·h)(属简易 AFW)
	神泉 Plase 大楼	4 054 m ² 地上 9 层,地下 1 层	东京	2002	办公标准层进深小,不分内外区	用墙体蓄热和冰蓄热的分体机组,周边区采用空气屏障系统(有局部机组),室内有遮阳卷帘

建筑中比较常用的是廊道型(人可通行)DSF 方式,其示意图见图 25。该型式在立面上设有通风腔的开口,各层能够独立通风,进、排风口在水平方向上间隔设置,以避免因进、排气口在竖直方向上相邻而形成短路。通过调节内层窗户的开启程度,DSF 能使室内形成良好的通风气流(见图 26, 27)^[20-21]。在此情况下,可以在室内侧设通风竖井,根据季节、气候进行通风调节。2003 年建成的日本近电大厦、2004 年建成的清华大学节能示范楼以及上海张江大厦、烟草科技大厦等均采用了 DSF 方式,但有的未能使室内构成贯穿的通风气流而影响了自然通风作用的发挥。

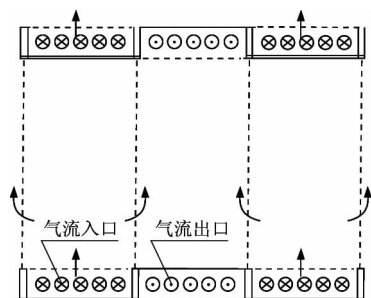


图 25 廊道型 DSF 方式示意图

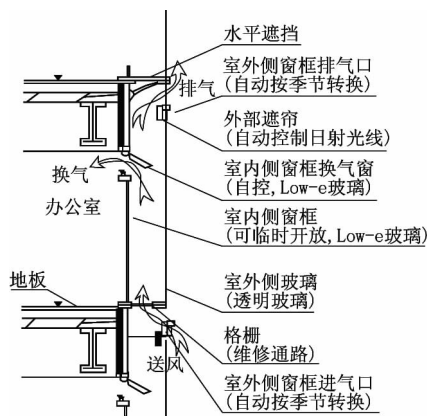


图 26 通过在 DSF 内侧设通风竖井使室内形成过渡季良好通风气流的示意图(日本近电大厦)

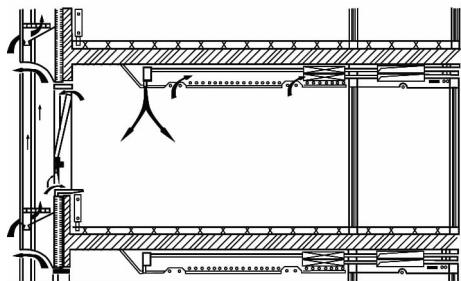


图 27 欧洲采用的 DSF 换气方式与室内空调的结合

虽然采用 DSF 会使建筑初投资明显增加,但它能减小空调负荷,减小冷热源装置容量,同时可简化外区空调系统的设置。国内外在最近 10 多年间作了大量 DSF 的性能研究工作,图 28 为普通玻璃窗、AFW 及 DSF 的负荷模拟计算结果比较^[21]。一般认为,该方式用于冬冷夏热地区,可发挥其冬、夏两季的应用特性,同时也可在过渡季节利用自然通风(风压作用)来改善室内空气质量。

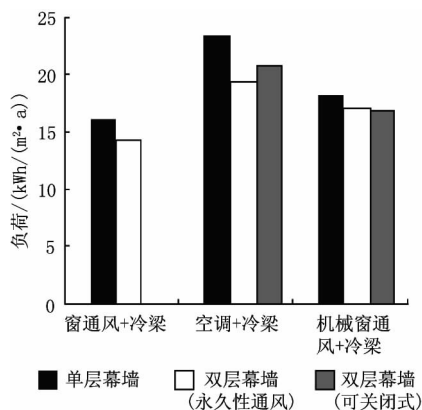


图 28 DSF 与其他结构的负荷比较

以上几种设施都是实现免外区空调(perimeter-less)的实践,是值得关注的。

4.3 局部空调机组在外区的应用

另一种简化外区设计的方法是采用局部空调机组,而非传统的全空气系统或空气-水系统。其特点为:

1) 适应能源多元化,内区可采用集中能源机房(如 DHC)的冷水供冷。在有些国家(如日本)大型冷热源以燃气吸收式机组为主,而外区则以电力为冷热源,当然内区用电制冷集中空调的方式也是有的。

2) 外区有全年供冷、供热的需求,以电力为能源的直接供冷(热)机组(热泵)灵活性大,可适应工作时间外(加班)的使用。

3) 如采用风冷设备(嵌墙式热泵机组 WTU),则要与建筑专业紧密协调、配合。

4.3.1 外区应用局部机组的方式(见表 9)

表 9 中所列 WTU 与传统的窗式空调器不同,因其设在整机内的风冷冷凝器采用离心风机,故可安装在窗台下,在外窗下部的墙上开设进、排风口,其应用前提是必须与建筑专业协调配合。

水环热泵(WLHP)方式的优点是对建筑无特

表 9 外区应用局部机组的方式

名 称	图 式	特 点	工程实例
窗台式 WTU		由电驱动的空气源热泵机组、室内机与室外机组成 外墙有进风口和排风口,可提供新风 可内置全热交换器	后乐森大厦 茨城县政府 新大阪第 2 森大厦
吊顶型 WTU		设备、结构同窗台式 WTU 机组置于沿窗的吊平顶上,进、出风口可布置在挑檐口	大阪松下 IMP 大厦
水环热泵 WLHP		因系水源热泵,外墙不需进、排风口 该机组不能提供新风	新宿オーク city

殊要求,但因仅用于周边区,系统的热回收功能不能充分发挥。

同一个标准层中,当外区与内区因利用不同的冷热源而采用不同的空调方式(集中和分散)时被称为混合式(hybrid 方式)空调方式,其分类见表 10。

4.3.2 混合式(冷热源)空调方式的应用

表 10 内外区冷热源不同的混合型空调方式

分 类	空调方式		备注	实例
	内区	外区		
独立型	I 全空气空调方式,AHU 设冷/热水盘管;以燃气为能源的集中冷热源	TWU(电气)	内区冷热源可为以燃气为能源的 DHC 方式,亦可用复合能源(燃气/电力)	茨城县政府大楼 新大阪第 2 森大厦
	II 多联机制冷剂方式(电气)	FCU(燃气或电力制冷、热水的集中式冷热源)	外区冷热源可为以燃气为能源的 DHC 方式,亦可用复合能源(燃气/电力)	大手町 Urbenet 大楼(东京)
	III 全空气空调方式,AHU 冷热源来自 DHC 系统	WLHP(电气为能源的水源热泵方式)	内区冷热源可为一般的集中供能系统(或用复合能源)	新宿オーク city (东京)
	IV 全空气空调方式(如 VAV),设 AHU 冷热水盘管,集中冷热源	多联机方式(变频或变容控制)	热源可用城市热网,冷源可用吸收式冷水机组等	三星公司研发部 R-4 大楼(韩国)
结合型(指内区用双能源结合型 AHU)	I 全空气空调方式,AHU 内冷热水盘管+直接膨胀式盘管	多联机方式(热泵型)	利用内区的复合型 AHU,可通过单用或同时使用两种盘管调节负荷	读卖大阪大厦 CANONS 塔楼(东京)
	II 全空气空调方式,AHU 内冷热水盘管+直接膨胀式盘管	全空气空调方式,AHU 内冷热水盘管+直接膨胀式盘管+热泵单元机组(加班用)	冷热源用复合能源(电及燃气)	日立关西大厦

为了对内外区冷热源不同的混合式空调方式作工作原理说明,图 29 及 30 分别给出了两个实例

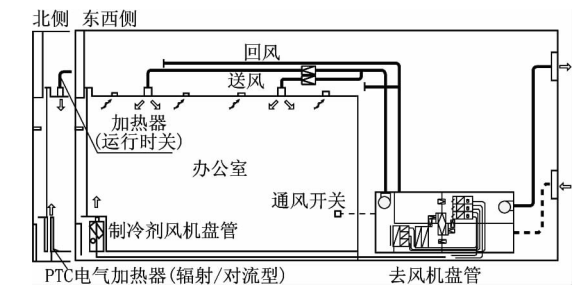


图 29 内外区冷热源不同的混合式空调实例(之一)

的系统图。图 29 为 CANONS 塔楼(2003 年建成)标准层的空调方式,图 30 为日立关西大厦(1996 年建成)标准层的空调方式。

这种根据能源情况、使用特点、造价、运行的灵活性与经济性,因地制宜地设定空调方式和系统的做法是有创新意义的,值得提倡并在工程设计中实践。

综上所述,日本在超高层办公楼的空调设计方面是有多种型式可选的。随着地球环境问题日益突出,在空调设计思路,在改善窗际热环境要

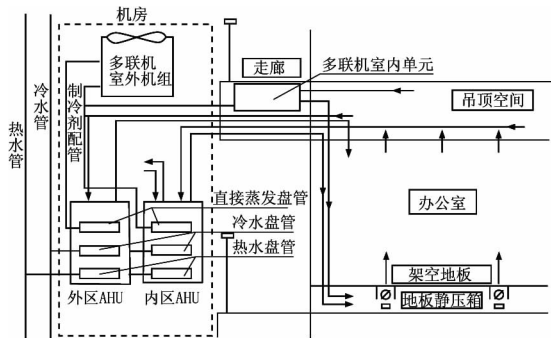


图 30 内区外区冷热源不同的混合式空调实例(之二)

求的同时,通过提高围护结构的热工性能以节约空调投资和运行费用是总的发展方向。另外,其设计方案的多样化、勇于创新和实践值得我们学习。

参考文献:

- [1] 柳井崇. 超高層建築の空調設備[J]. 空気調和・衛生工学, 2003, 77(3)(特集)
- [2] 日本空気調和・衛生工学会地球環境に関する委員会報告書[R], 1997
- [3] 空気調和・衛生工学会. 室内気流分布[G]//空気調和・衛生工学便覧. 13 版. 東京:丸善出版社, 2001
- [4] 佐藤信孝. ペリメーター空調方式の變遷と現状[J]. 建築設備と配管工事, 1995(12): 51—59
- [5] 井上宇市. 冷凍空調史[M]. 東京:日本冷凍空調設備工業聯合会, 1993
- [6] 析原明男, 他. 新宿 NSビルの空調設備[J]. 空気調和・衛生工学, 1984, 58(12)
- [7] 佐野武仁. 日本における超高層事務所建築の環境

設備[R]. 上海, 1997

- [8] 伊藤文秋. 設備の計画事例(4)三菱品川ビル[J]. 空気調和・衛生設備, 2003, 77(4)(特集)
- [9] 殷平. 室内环境的安全性和独立新风系统[J]. 暖通空调, 2003, 33(SARS 特辑)
- [10] 范存养, 李小平. 办公楼建筑窗际热环境的改善和节能[J]. 暖通空调, 1997, 27(2)
- [11] 叶大法, 杨国荣. 变风量空调系统设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007
- [12] 柳井崇. 窓と室内環境設備計画[J]. 空気調和・衛生工学, 2001, 75(10)
- [13] 大串辰雄. 品川イーストワンタワー(設備計画の事例)[J]. 空気調和・衛生工学, 2003, 77(4)
- [14] 佐佐木邦治. エアフローウインドウ[J]. 空気調和・衛生工学, 2001, 75(10)
- [15] 沼田和清. 富士ソフト ABC 東京ビル[J]. 空気調和・衛生工学, 2001, 75(10)
- [16] 關五郎, 他. エアバリア方式の實測による評價[J]. 建築設備と配管工事, 2000(10)
- [17] 東條隆郎. 丸の内ビルディングの省エネルギー[J]. 建築雑誌, 2004, 119(3)
- [18] 高橋俊宏. 大阪市交通局新廳舎[J]. 建築設備, 2004(9)
- [19] 佐野武仁. ガラスの建築学[M]. 東京:学芸出版社, 2004
- [20] 平岡雅哉, 他. ダブルスキンファサードを利用した自然換氣并用冷房に関する研究[C]//日本空気調和・衛生工学会學術講演會講演論文集, 2003
- [21] Oesterle, et al. Double-skin facades integrated planning[M]. London: Prestel Verlag, 2001
- [22] 小倉良友. 日立關西ビル[J]. 建築設備, 1996(546)

· 简讯 ·

“全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试”培训班在北京举行

7月10~14日,《暖通空调》杂志社在北京举办了为期5天的“全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试”培训班,来自全国各地的20余名设计师参加了此次培训。

培训班授课紧扣《注册公用设备工程师(暖通空调)执业资格考试专业考试大纲》,采用《全国勘察设计注册公用设备工程师(暖通空调专业)考试复习教材》(第2版)及相关规范作为教材,并结合《暖通空调》杂志社组织专家、教授编写的《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试模拟题》(2008年版)进行讲解。

培训班邀请到了北京市建筑设计研究院张锡虎教授级高工讲授采暖、民用建筑房屋卫生设备和燃气供应部分,北京建筑工程学院王随林教授讲授采暖部分,总装备部工程设计研究总院李兆坚研究员讲授空气调节部分,中元国际工程设计研究院教授级高工李著萱讲授通风部分,

中国电子工程设计院郑纯友教授级高工讲授空气洁净部分,清华大学石文星教授讲授制冷技术部分。这些专家和教授具有丰富的工程设计和教学经验,且多为《模拟题》出题组成员,他们对注册考试相关的理论知识和标准规范进行了全面的讲解,并与学员们共同探讨了如何应对考试中遇到的具体问题。由于学员们兴趣浓厚,不少专家、教授都倾囊相授,将自己多年的工程设计经验与大家分享。由于本次授课采用小班教学模式,学员与教师之间形成了良好的互动,学员们普遍感觉受益匪浅,为备战2008年注册考试提供了很大的帮助。

由于近日仍然有不少工程师要求报名参加培训班,本社拟定于9月初开设注册考试考前精讲班,请大家注意本刊和暖通空调在线网站(www.ehvacr.com)的最新通知和消息,或致电010-68316357, 68302899咨询。

(本刊)