

现代建筑空调技术丛书

变风量空调设计

蔡敬琅 编著

中国建筑工业出版社

现代建筑空调技术丛书

变风量空调设计

蔡敬琅 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

变风量空调设计/蔡敬琅编著. -北京: 中国建筑工业出版社, 1997
(现代建筑空调技术丛书)

ISBN 7-112-03361-6

I. 变… I. 蔡… III. 空气调节系统-设计 N. TU831.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 14515 号

现代建筑空调技术丛书

变风量空调设计

蔡敬琅 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市密云银河商标印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 11 $\frac{3}{4}$ 插页: 1 字数: 261 千字

1997 年 11 月第一版 1997 年 11 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-112-03361-6

TU · 2600 (8505)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书较为详细的介绍了变风量空调系统的设计方法，提供了许多国内外在这方面的经验数据和资料，同时也介绍了国内外常见的一些变风量空调设备。书中还举例说明了变风量空调系统的设计过程。本书是目前国内一本专门介绍变风量空调设计的图书。

本书可供空调设计人员使用，亦可供空调教学、施工及管理人员参考。

* * *

责任编辑：吴文侯

责任设计：何一明

责任校对：骆毓华

目 录

第一章 变风量系统	1
第一节 概述	1
一、什么是变风量系统	1
二、建筑物的内区和外区	2
第二节 变风量系统的基本原理和系统型式	7
一、仅供冷的变风量基本系统	7
二、带有单独供热系统的变风量系统	8
三、再热式变风量系统	9
四、双风道变风量系统	9
第三节 变风量系统的组成	12
一、空气处理设备	12
二、送风系统	13
三、末端装置	14
四、送风散流器	46
第四节 变风量系统的特点	47
第五节 变风量系统的应用	48
第二章 变风量系统设计	50
第一节 收集建筑设计资料和初步划分系统	50
第二节 冷负荷计算	52
一、单个房间（或单个建筑模数）的冷负荷计算	53
二、分区或分系统的冷负荷计算	59
三、水冷式表面冷却器计算参数和送风温差的确定	60
四、单个房间需要的送风量	62

五、通风换气	62
六、室内相对湿度的分析和控制	63
七、负荷差异性	68
第三节 热负荷计算及供热方式	69
一、周边区的辅助供热系统	69
二、再热式变风量系统的供热	71
三、单风道变风量系统的供热	71
四、值班供热	72
第四节 末端装置选择及其平面布置	73
一、房间允许噪声级要求与末端装置选择	73
二、送风散流器的特性	128
三、末端装置及送风散流器与吊顶平面的协调布置	129
四、末端装置空腔尺寸的选择	131
五、控制元件及组件	132
第五节 变风量系统的几种特殊应用	135
一、固定送风量	135
二、最小送风量	136
三、维持送风量	136
四、预防过冷	137
五、湿度控制	137
六、固定新风量	138
第三章 风管系统设计	139
第一节 静压复得法	139
一、概述	139
二、用静压复得法计算低速风管	146
三、用静压复得法计算高速风管	160
第二节 送风系统设计	172

一、送风系统的平面布置	174
二、送风管尺寸的计算	178
三、消声措施	180
第三节 回风系统和排风系统设计	181
第四章 集中空气处理装置	183
第一节 空气处理装置的类型	183
第二节 送风机	184
第三节 回风机和排风机	185
第四节 预热器和再热器	186
第五节 表面冷却器	187
一、冷水式表面冷却器	187
二、直接蒸发式表面冷却器	188
第六节 新风入口和过滤器	189
第五章 变风量系统的控制	191
第一节 概述	191
第二节 房间温度控制——末端装置对风量的控制	192
一、随压力变化的末端装置对风量的控制	192
二、限制风量的末端装置对风量的控制	192
三、不随压力变化的末端装置对风量的控制	193
四、几种常见末端装置的控制方式	194
第三节 空气处理装置的控制	214
一、新风、回风和排风的联动控制	215
二、最小新风量控制	216
三、预热控制	217
第四节 系统静压控制	218
一、风机入口导向叶片调节控制	219
二、送风机转数的调节控制	219

三、改变送风管路特性的调节控制	220
四、正确选择静压控制测点的位置	222
第五节 送风机和回风机的连锁控制——室内正压控制	224
第六节 制冷系统和辅助供热系统的控制	227
一、制冷系统的控制	227
二、辅助供热系统的控制	229
第六章 变风量系统设计例题	231
第一节 建筑设计资料	231
第二节 设计步骤	231
第三节 负荷及送风量计算	235
一、单个房间最大冷负荷及送风量计算	235
二、全空调系统最大冷负荷及送风量计算	240
第四节 末端装置选择及平面布置	242
第五节 计算风管尺寸	246
一、调整送风主管和干管的计算风量	246
二、计算送风主管尺寸	250
三、计算各送风支路风管尺寸	251
四、计算各分支送风干管风管尺寸	252
五、计算回风系统风管尺寸	263
第六节 选择空气处理装置	266
一、集中空气处理装置	266
二、送风机	267
三、表面冷却器	268
第七节 控制系统选择	269
附录	270
附录一 窗玻璃的遮挡系数 C_g 值	270
附录二 窗的有效面积系数 C_a 值	271

附录三	窗的内遮阳系数 C_n 值	272
附录四	夏季各纬度带的日射得热因数最大值	272
附录五	透过玻璃窗的日射得热冷负荷系数	273
附录六	外墙结构类型	291
附录七	屋面结构分类	320
附录八	外墙冷负荷计算温度 t_l ($^{\circ}\text{C}$)	339
附录九	屋面冷负荷计算温度 t_l ($^{\circ}\text{C}$)	345
附录十	I ~ N 型结构地点修正值 t_d ($^{\circ}\text{C}$)	346
附录十一	不同类型窗玻璃的传热系数 K 值	352
附录十二	不同类型窗框的玻璃窗传热系数修正值 $C_{K.1}$	352
附录十三	有内遮阳设施玻璃窗的传热系数修正值 $C_{K.2}$	352
附录十四	玻璃窗的逐时冷负荷计算温度 t_l ($^{\circ}\text{C}$)	353
附录十五	玻璃窗的地点修正值 t_d ($^{\circ}\text{C}$)	353
附录十六	照明散热冷负荷系数	354
附录十七	不同温度条件下的成年男子散热量 (W) 和 散湿量 (g/h)	355
附录十八	人体显热散热冷负荷系数	356
附录十九	某些空气调节建筑物内的群集系数 C_r	357
附录二十	新鲜空气需要量	357
附录二十一	单个房间通过外围护结构的得热量计算表	358
附录二十二	建筑物分区通过外围护结构的 综合得热量计算表	362
参考文献		363

第一章 变风量系统

第一节 概 述

一、什么是变风量系统

全空气空调系统设计的基本要求，是要决定向被空调房间输送足够数量的、经过一定处理的空气，用以吸收室内的余热和余湿，从而维持室内所需要的温度和湿度。

它的基本计算公式是：

$$L = \frac{3.6Q_q}{\rho(I_n - I_s)} = \frac{3.6Q_x}{\rho c(t_n - t_s)} \quad (1-1)$$

式中 L ——送风量， m^3/h ；

Q_q 、 Q_x ——空调送风所要吸收的全热余热和显热余热， W ；

ρ ——空气密度， kg/m^3 ，可取 $\rho=1.2$ ；

c ——空气定压比热， $\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ，可取 $c=1.01$ ；

I_n 、 I_s ——室内空气焓值和送风状态空气焓值， kJ/kg ；

t_n 、 t_s ——室内空气温度和送风温度， $^\circ\text{C}$ 。

从公式 (1-1) 中可以看出，当室内余热 Q_x 值发生变化而又需要使室内温度 t_n 保持不变时，可将送风量 L 固定，而改变送风温度 t_s ，也可将送风温度 t_s 固定，而改变送风量 L 。那种固定送风量而改变送风温度的空调系统，一般便称其为定风量系统，而固定送风温度，改变送风量的空调系统，则称其为变风量系统。

对于服务于多个房间（或区域）的定风量空调系统来说，由于经过空调设备处理过的空气其送风温度一定，为了适应某个房间（或区域）的负荷变化，往往需要设置再热装置，才能维持该房间（或区域）的温湿度在所要求的范围内。否则，因为送到各房间（或区域）去的风量是按它们的最大负荷求得的风量，且送风温度相同，在这些房间（或区域）出现部分负荷时，势必产生过冷现象。迫使经过冷却去湿处理过的空气又需进行再热处理，这种冷热抵消的处理过程，显然是一种能量的浪费。对于多数舒适性空调要求来说，并不需要十分严格的温度和湿度的控制。变风量系统则可以克服上述缺点，它可以通过改变送到房间（或区域）里去的风量的办法，来满足这些地方负荷变化的需要，当然，整个系统的总送风量也在发生变化。因此，变风量系统在运行中是一种节能的空调系统。

在一幢大型民用建筑中，各个朝向的房间一天中最大负荷并不出现在同一时刻。对于定风量系统来说，由于它送到房间去的风量和系统总风量都是固定的，因而只能按各房间的最大负荷来设计送风量。而变风量系统则可以适应一天中同一时间各朝向房间的负荷并不都处于最大值的需要，空调系统输送的风量（实际上输送的是热能）可以在建筑物内各个朝向的房间之间进行转移，从而系统的总设计风量可以减少。这样，空调设备的容量也可以减小，既可节省设备费的投资，也进一步降低了系统的运行费。

二、建筑物的内区和外区

对大多数建筑物来说，只要它可以成功地采用全空气空调系统，都可以采用变风量空调系统。但在单层或多层、且有多个房间的建筑物的内区，应用这种系统则最为理想，因

为在这种内区，任何时候都需要送冷风。不过，当需要时，将一个变风量系统同一个合适的供暖系统结合起来，则变风量系统也可以成功地用在许多建筑物的外区或周边区。

一幢建筑物的内区，其空调负荷是由人员、灯光和各种机械设备产生的得热而组成的。这些负荷在全年都始终是一种冷负荷（见图 1-1），其数量上的变化，仅取决于建筑物内人员情况和使用情况，而与室外气温无关。采用一台变风量末端装置，将在空气处理设备中经过降温去湿处理过的空气，以一个固定不变的温度送至室内，而其送风量则与室内负荷的变化成比例地进行调节，从而维持房间所需要的温度。当室内并不处于最大负荷而出现部分负荷时，不需要像定风量

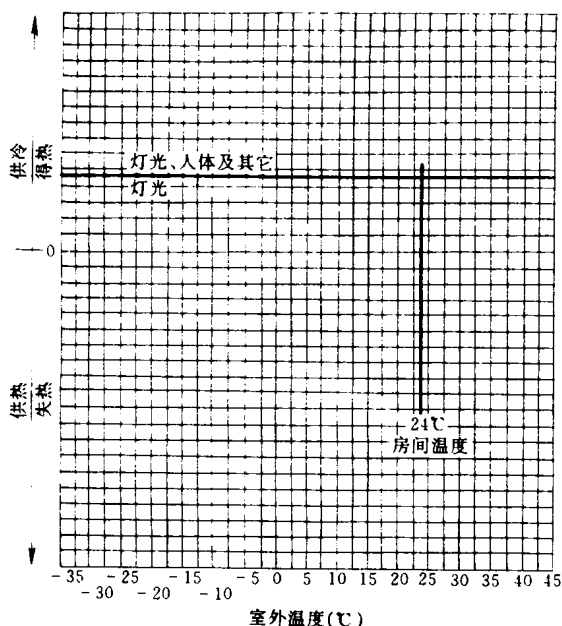


图 1-1 典型办公建筑内区空调负荷

系统那样去将送风再热。

当建筑物内区带有屋顶时（见图 1-2），一般说，只要室内有照明，或有人员停留时，也都总还是需要送冷风的。但是，在室外温度较低，而室内又长时间没有人员停留的期间，由于穿过屋顶会有热损失，为了维持一个规定的室温，这时则需要向房间供热。

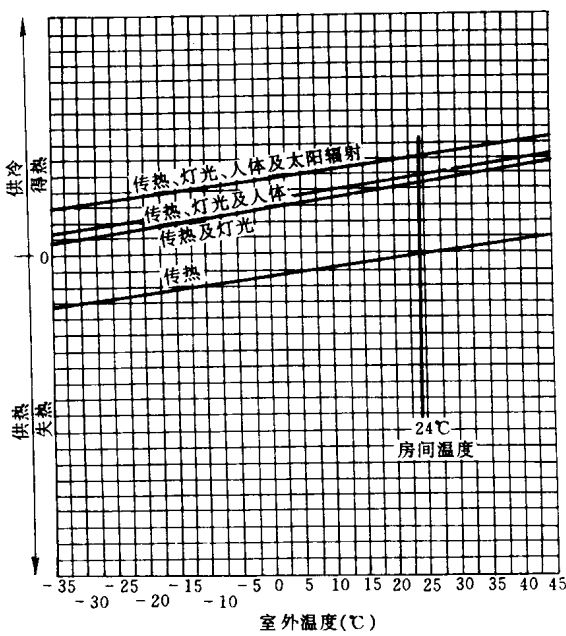


图 1-2 典型办公建筑带屋顶内区空调负荷

在有外玻璃窗和外墙面的建筑物外区(又称周边区),其空调负荷的变化与内区是不同的。因为这些外区,既有灯光、人员和机械设备的得热,又要加上穿过外窗和外墙的太阳得热,从而产生了冷负荷。同时,还有通过外窗和外墙的传热负

荷,不过,这些负荷则可能是得热,也可能是失热,这要取决于室外温度的高低。这些传热负荷与灯光、人员和太阳辐射所产生的负荷无关,正如图 1-3 所示,它的变化只取决于室内外温差。当室外温度高于室内温度时,这种传热是一种冷负荷。反过来,当室外温度低于室内温度时,这种传热就是一种热负荷了。在图 1-3 中,每度温差产生的热负荷比冷负荷值大,这是因为把室外空气的冷风渗透负荷也考虑到热负荷中去了。

当室外温度低于室内温度时,太阳、灯光、人员和传热等各种不同负荷综合作用(见图 1-4a)也可能最终变成冷

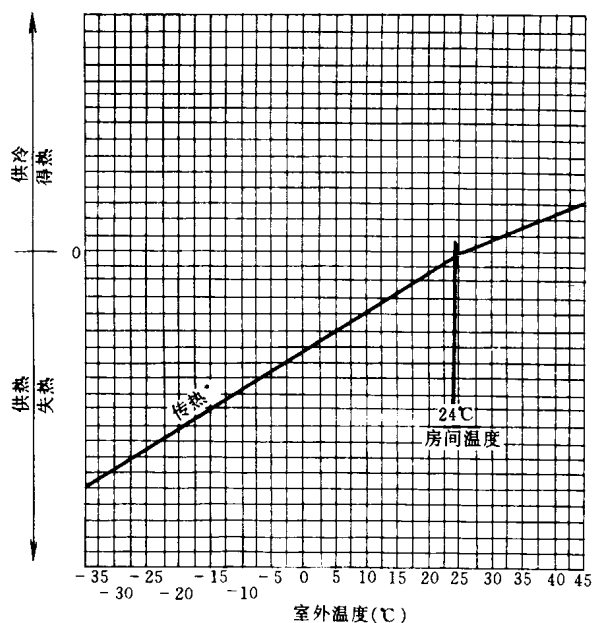
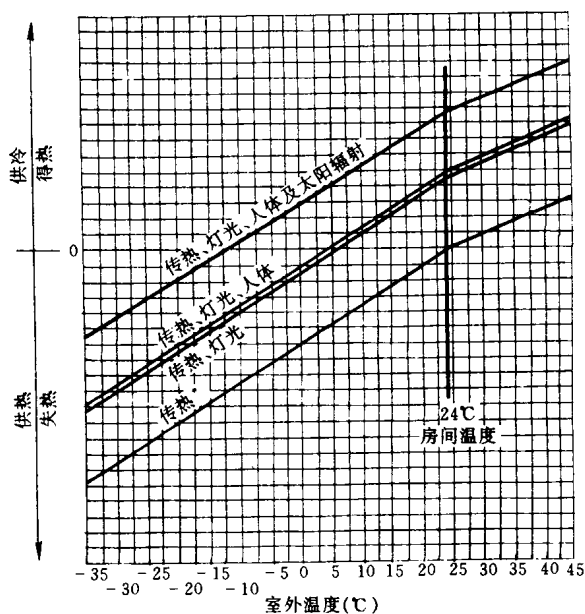


图 1-3 典型办公建筑传热负荷随室外温度的变化

* 传热负荷中包括外玻璃窗的渗透量



* 传热负荷包括从外窗的渗透量。

(a)

图 1-4a 典型办公建筑空调负荷

负荷。

在一幢建筑物里同时存在各种热负荷和冷负荷时，为了在建筑物的整个范围内（包括内区和外区）都维持舒适状态，则需要采用两个系统，一个为供冷服务，另一个为供热服务。变风量系统提供供冷服务来克服由于灯光、人员和太阳得热等所产生的冷负荷，而靠另一个供热系统来为外区的供热服务（见图 1-4b）。

在一幢大型民用建筑中，往往带有大面积的裙楼，其内区和外区并无明显的建筑分界。特别是在建筑设计阶段，业主尚未将裙楼租出去时，其内区和外区更是暂时难以确定。

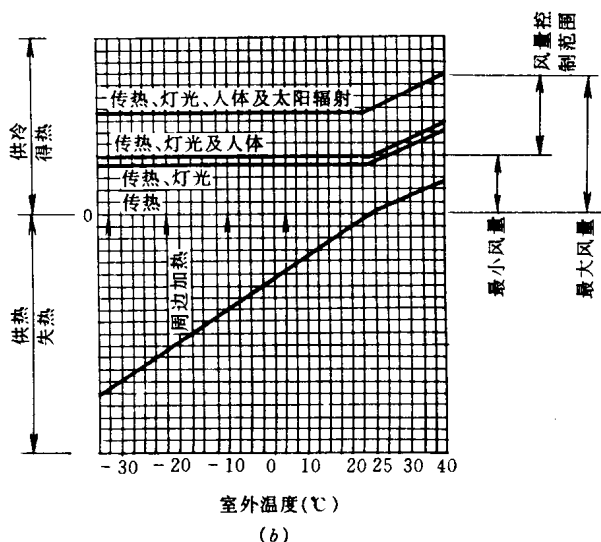


图 1-4b 典型变风量系统负荷（带周边加热）

在这种情况下，通常都可将距外墙 3~8m 以内的区域（多数情况下以不超过 6m 的范围为宜）视作外区，其余区域均视作内区来进行设计。

第二节 变风量系统的基本原理和系统型式

一、仅供冷的变风量基本系统

变风量系统所送出去的空气是在中央空气处理装置中被冷却去湿处理过，通过变风量末端装置送到房间里去的。在过渡季和冬季，制冷系统可以间歇运行，通过对新风和回风的混合控制来维持变风量系统运行的送风温度。

变风量系统将适量的冷空气送到房间里去，使它与房间

的冷负荷相匹配或相平衡。前已述及,这种系统运用到建筑物的内区是最理想的,因为在内区,全年都有冷负荷出现。全年都仅供冷,为建筑物内区服务的变风量系统便是一种基本系统。

一个变风量基本系统的成功运用,取决于采用一种合适的,带有专门的送风散流器的末端装置,当送风量随着室内负荷的变化而变化时,这种装置能使空气分布始终处在满意状态,并维持着很高的诱导率,使送风和室内空气能迅速地很好混合。而一般常规的吊顶散流器和侧墙上安装的百叶式送风口,则在风量变化范围很大时,或系统的静压发生变化时,都不可能取得满意的运行效果,如当风量减少时,会迅速出现下降的冷气流。

二、带有单独供热系统的变风量系统

前已述及,在建筑物的周边区,为了克服在冬季通过外墙、外窗和屋顶所产生的传热损失,往往需要供热。而要实现这种供热,可以在周边区单独设计一个热水采暖系统,也可以设计一个定风量系统,在冬季需要供热时送热风。而在内区(或区域内部),仍然设计一个全年都只供冷的变风量系统。很显然,上述供热系统并不是用额外的加热使送进房间的冷风进行再热,因为冷风量是根据房间的冷负荷大小来进行调节的。

通常,只有当室外温度低于 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 时,才需要开启这类加热系统供热,而且,采暖系统的供水温度或定风量系统的送风温度,都应该可以根据室外温度进行再调,或者根据变风量系统末端装置上的控制开关作单独的区域控制。但根据室外温度进行再调的设备初投资比较低,所以应用广泛。

在寒冷地区,其屋面热损失是一个需要认真考虑的因素,