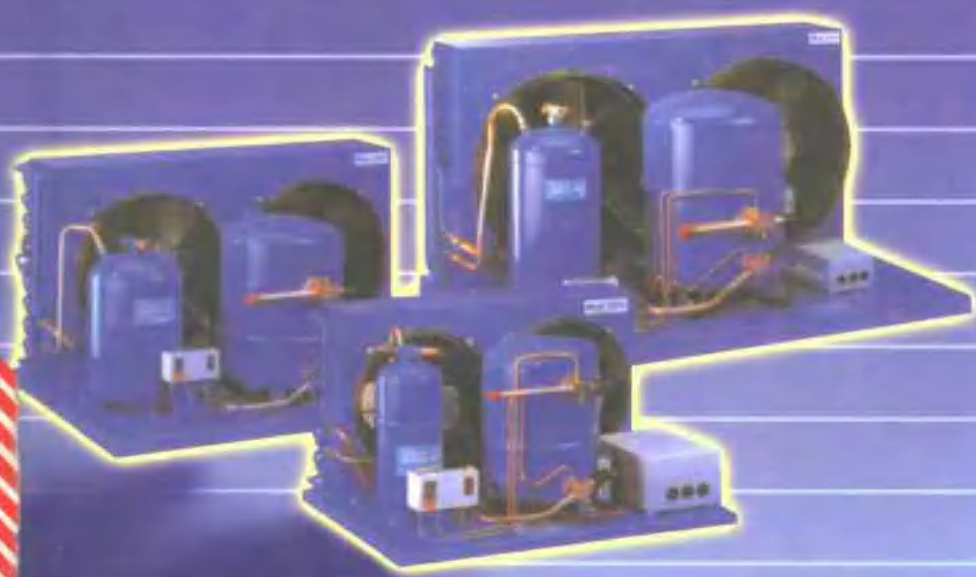


实用空调技术精华

——设计、安装与维修实例大全

北京旭龙美优乐制冷设备组 编
刘旭 冯玉琪 主编



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

实用空调技术精华

——设计、安装与维修实例大全

北京旭龙美优乐制冷设备组 编
刘旭 冯玉琪 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用空调技术精华:设计、安装、维修实例大全/《实用空调技术精华》编写组编. —北京:人民邮电出版社,2001.1

ISBN 7-115-08682-6

I. 实… II. 实… III. 空气调节器 IV. TM925.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 41090 号

内 容 提 要

本书是集空调设计、安装、运转和维修等诸多技术精华的专业书籍,内容全面、实用、新颖。

本书介绍了建筑物空调设计、安装的最新资料和实例,在设备的安装、运行和维修方面以实例为介绍重点;在制冷空调的无污染技术和智能化控制与管理等方面,介绍了大量新技术和新型产品,供参考。

本书适合广大的空调设计、安装和维修人员阅读。

实用空调技术精华——设计、安装与维修实例大全

◆ 编 北京旭龙美优乐制冷设备组

主 编 刘 旭 冯玉琪

责任编辑 邹文波

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptph.com.cn

网址 <http://www.ptph.com.cn>

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:33.25

插页:1

字数:835 千字

2001 年 1 月第 1 版

印数:1—5 000 册

2001 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-08682-6/TN·1620

定价:42.00 元

前 言

当前,空气调节已成为具有普遍实用意义的专业技术。随着科技生产的发展及生活环境的改善,空调设备的社会拥有量和相应的技术需要呈现出前所未有的快速增长。无论是大型的中央空调系统还是家用空调器都成为市场上受欢迎的产品。不仅如此,空调设备的品种不断增加,功能日趋完善。环保型及智能型的空调机和制冷机成为开发的重点,伴随着这些新型设备的出现,新型无污染制冷剂 and 微型计算机也得到广泛的应用。空调自动控制及智能化管理使得空调制冷设备的节能、舒适得以实现。

面对社会各界对空气调节综合知识与实际技能的需要,我们特编写了这本书,以满足各方面、多层次读者的要求。本书理论联系实际,从空调设计、工程实例入手,详细讲解了空调设计、安装、运转和维修等方面的知识。众所周知,无论是大型建筑物的中央空调系统还是中、小型的商用及家用空调都要在选用设备以前对空调冷、热负荷进行计算或估算,这一点是非常必要的。因此,本书特将具有实用价值的设计资料及工程实例放在第一、二章。本书第三章对空调设备的性能及其在不同季节中的使用调节的原理、结构进行介绍。如何安装、操作、维护、保养设备及各种类型空调制冷设备的故障分析及排除方法,在本书第四章至第六章中有较详细的叙述。

本书第七章“空调自动控制及智能化管理”独具特色,其内容与其他同类书中所没有的,可以说本书填补了这方面的空白。这对于从事高层建筑中央空调系统设计和管理工作的技术人员是不可多得的。

本书适用面广、新颖实用,深入浅出,辅以实例,且理论联系实际。本书适用于空调技术人员安装施工、运行管理及维修工人阅读,也可作为培训的参考用书。

本书由北京旭龙美优乐制冷设备组编,参加本书编写和提供资料的有冯玉琪、刘旭、常欣、孙志华、王玉芝、王强、韩力、刘景秀、宋涛、吴光华、冯梅、周永强、冯倩、于晓明、牟灵泉、肖显明、王师白、吴凡、赵小平、陈伟宇、底世涛、单寄平、尤维定、吴德纯、康虹、邢振喜、林平等,在本书编写中参考了一些技术资料,在此对相关的作者表示感谢。由于水平有限,书中难免有不足之处,诚恳地希望广大读者批评指正。

刘旭 冯玉琪

目 录

第一章 空调系统设计资料及实例	1
第一节 空调设计计算资料	1
一、建筑物外表面所接受的太阳辐射强度	1
二、室外空气综合温度	2
三、室外空气计算参数	3
四、室内温、湿度设计标准	4
五、室内空气计算参数	7
六、湿空气的焓湿图及其应用	13
七、空气线图	17
八、查表确定湿空气的状态参数	21
九、空调系统设计主要注意事项	23
十、空调制冷系统常用计算公式	23
十一、常用计量单位及其换算	24
第二节 高层建筑空调负荷计算的项目和内容	26
第三节 空调冷负荷估算法	26
一、计算式估算法	26
二、单位面积冷负荷指标法	27
三、查表法	27
第四节 空调房间湿负荷的计算	29
一、人体散湿引起的湿负荷	29
二、其他湿源散湿量	29
第五节 中、小型建筑物空调设计	30
一、银行	31
二、百货商店	31
三、超级市场	31
四、旅馆	31
五、餐厅或饮食店	31
六、公民会馆	31
七、图书馆	31
八、医院	32
九、剧场	32
十、最大冷热负荷	32
十一、各项修正	32
十二、地区修正	34
第六节 高层建筑空调的设计步骤和内容	35
第七节 相关资料和实例	37

一、各类型玻璃对日射得热的分配和性能	37
二、空调方式的分类	38
三、空调房间人数和照明的冷负荷估算指标	38
四、一些电气设备用具的发热量	38
五、100座建筑物制冷量负荷实例	39
第八节 风量及风速设计资料	40
一、空调系统通风量设计	40
二、空气平衡	42
三、查表法估算空调送风量	43
四、空调系统的风速及风口	48
第九节 风道阻力计算	52
一、假定流速法风道设计计算方法	52
二、气流组织	68
第十节 空调水系统的设计资料	70
一、管道水力计算	70
二、空调水系统的流速设计	71
三、溴化锂空调系统冷媒水、冷却水的闭式循环	75
四、不同水系统方式的选择	76
五、水系统的竖向分区	76
六、风机盘管水系统计算例题	77
七、水在钢管中的摩阻损失(调整系数)	79
八、管道材料	79
第十一节 空调整冷设备的选择	84
一、空调冷、热源系统的选择要点	84
二、空调整冷设备具体选择	89
三、高层建筑物的空调冷热源	89
四、制冷机容量的选配与布置	98
五、国内高层旅馆制冷装机容量实例	100
第十二节 多区空调方式	102
一、多区域空调特点	102
二、空调分区的划分	104
三、负荷特点	104
四、多分区空调器的送风量和设计容量	104
五、自动控制	105
第二章 空调工程设计实例	107
第一节 某豪华服务中心工程实例	107
一、友谊商场	107
二、旅馆	108
三、公寓/办公楼	108
四、通风系统	108

五、供冷和供热系统	109
第二节 某豪华国际大厦工程实例	109
第三节 某大酒店空调工程实例	115
一、空调方式与系统特点	116
二、冷水系统与自控	120
三、冷却水系统与自控	122
四、安全疏散、楼梯防火、增压送风及排烟系统	123
第四节 假日饭店空调工程实例	124
第五节 科技交流中心空调工程实例	125
第六节 某大厦空调设计有关资料	128
第七节 体育馆水蓄冷空调实例	131
第八节 各类商业和公共建筑物的空调设计参数实例	132
第九节 酒店空调室内设计参数实例	133
第十节 影剧院空调冷负荷实例	134
第十一节 计算机房空调设计参数实例	136
第十二节 蓄冷空调资料	136
第三章 空调设备的性能及空气调节原理	139
第一节 空气处理机及冷水机组	139
一、设备选用	139
二、FPX-W 系列新风卧式空气处理机	141
三、G-D 系列立柜式空气处理机	141
四、KCD-CZ 系列吊装抽出式空气处理机	142
五、KCW-CZ 系列卧式、立式抽出式空气处理机	144
六、变风量空调器	146
七、风机盘管空调器	148
八、模块屋顶式空调机	154
九、风冷柜式空调机	163
十、小型中央空调的制冷机组	171
十一、小型别墅空调机	173
十二、风冷式成套热泵机组	176
十三、水源热泵机组	179
十四、直燃型吸收式制冷机	184
十五、风冷管道式分体空调机	191
十六、蓄冷空调技术	195
十七、SXZ 系列蒸汽双效溴化锂吸收式冷水机组	201
十八、离心式冷水机组	208
第二节 空气调节原理	213
一、空调系统的划分	213
二、空调系统的分区处理	214
三、直流式空调系统	215

四、一次回风空调系统	217
第四章 空调制冷设备的安装技术	222
第一节 空调设备的安装	222
一、空气处理室的安装	222
二、金属网格浸油过滤器的安装	222
三、自动浸油过滤器的安装	222
四、风机盘管的安装	223
五、通风机的安装	223
六、减振器的安装	225
第二节 通风管道及配件的安装	226
一、安装前的准备	226
二、风管的安装	226
三、风管的连接	227
四、风管安装的要求	229
五、配件安装	230
第三节 通风管道的制作和保温	232
一、风管及配件	232
二、金属板材的连接	234
三、通风配件的展开下料	237
四、空调通风管道的保温	244
第四节 制冷管道的安装	248
一、常用管材和配件	248
二、制冷管道的布置原则	254
三、制冷机组的安装	258
四、直燃型溴化锂吸收式制冷机的安装	279
第五节 冷却水设备的布置和安装	293
第五章 空调制冷设备的运转和保养	299
第一节 制冷设备的运转	299
第二节 制冷机的保养	313
一、溴化锂吸收式制冷机的运行管理和保养	313
二、离心式制冷机的运行管理及保养	323
三、螺杆式制冷机的维护保养	330
第六章 制冷空调设备常见故障的分析与排除	332
第一节 常见故障的分析	332
第二节 活塞式冷水机组的常见故障及排除	332
第三节 溴化锂吸收式制冷机的常见故障及排除方法	335
第四节 离心式制冷机的故障分析与排除	339
第五节 螺杆式制冷压缩机的故障分析与排除	343
第六节 冷却水塔的故障分析与排除	345
第七节 制冷设备的检修	347

一、小型活塞式氟利昂压缩机的检修	347
二、蒸发器的检修	350
三、冷凝器的检修	350
四、阀的检修	352
五、制冷系统的吹污	352
六、制冷管道的检修	353
七、泵的检修	354
第八节 中央空调系统的检修与保养	356
一、设备的维修内容	356
二、设备的保养与维修	358
三、风管风量的测定	365
四、风口风量的测定	368
五、系统风量的调整方法	370
第七章 空调自动控制及智能化管理	373
第一节 空调制冷电气控制电路图形及符号	373
第二节 新型空调制冷的自控方式	383
第三节 当代建筑物自动化系统的结构图	387
第四节 空调制冷自控系统	388
第五节 自控器件的性能及选用	405
一、空调自控应用方案	405
二、温控器件	417
三、阀门驱动器	427
四、压差开关及断路控制器	454
五、TR-40型变压器	461
六、控制阀选型方法	462
第六节 三维自动控制器件(电脑控制器)	463
第七节 电磁四通阀、电磁阀、热力膨胀阀	464
一、电磁四通阀	464
二、FDF-M型电磁阀	469
三、热力膨胀阀	470
四、调节器	473
五、变换器	478
六、风机盘管 TJ600 系列温控器及 VJ200A、B 型调节阀	480
第八节 综合 BA 系统	483
第九节 功能分散概要	486
第十节 操作人员援助功能和数据管理功能	488
一、操作人员援助功能	488
二、数据管理功能	490
第十一节 空调、热动力、电气照明和卫生管理	492
一、空调管理	492

二、热动力管理	493
三、电气照明管理	494
四、卫生管理	495
五、防灾	495
六、远程数据服务	497
第十二节 中央监控装置操作人员接口概要	497
第十三节 智能型触摸式小型管理面板	502
附录一 北纬 40°太阳总辐射强度	514
附录二 北纬 40°透过标准窗玻璃的太阳辐射强度	515
附录三 夏季空气调节大气透明度分布图	518
附录四 大气透明度等级	519
附录五 部分城市室外气象参数	520
参考文献	521

第一章 空调系统设计资料及实例

空调房间内的热、湿负荷计算(或估算)是非常重要和必要的。无论是现代化的豪华建筑(星级饭店、公寓、别墅等)还是公共建筑(商厦、商场、医院、体育馆、展示厅等)以及待改造的旧建筑物,在设计空调系统以前必须了解建筑物的室内外气候条件,室内温、湿度要求、室内空调热湿负荷等。空调房间内的热湿负荷的大小对空调系统的规模、设备的选择、调节方案的确定以及日后的运行管理都有着不可低估的意义和决定性的影响。因此,为了设计好一个空调系统,为了选用既节能又运转可靠的空调机组,为了顺利地安装和运行管理,就必须首先进行一系列的设计性的计算,如:空调房间内的热、湿负荷,送风量,新风比例,送风状态参数等等。这些先期的工作对于专门从事设计任务的人员来说固然重要,但对于空调的使用一方也同样重要和必不可少的。空调使用一方的有关主管人员、项目专职人员、空调制冷运行工人、维修保养人员也都应该具备一些设计和选型的基本理论知识,只有这样才从根本上对本单位的空调系统有所了解,使日后的工作有所依据,做到心中有数。否则将会遇到一些预想不到的困难,甚至带来一些不必要的麻烦和损失。

在空调房间热湿负荷的诸多因素中,除通过房间建筑围护结构(墙、顶、门窗等)传热和太阳辐射为室外热量来源以外,其他均为室内热、湿负荷。因此计算空调的室内、外负荷是必不可少的一步。一般而言,建筑物空调房间热、湿负荷的计算必须按一定程序和方法进行,但在实际工作中也可采用空调概算法来进行估算,这种估算法是通过大量的实际数据统计和综合以后的结果,与精确的设计计算相比具有快捷、实用而又在允许条件之内的诸多优点。

本章在参考大量最新资料的基础上,从理论与实际相结合这一点出发,介绍有关空调设计的一些相关资料及方法,供参考。

第一节 空调设计计算资料

一、建筑物外表面所接受的太阳辐射强度

到达地面的太阳辐射能有一部分被地面反射出去,而形成地面的反射辐射。另一部分被地面所吸收。地面吸收太阳辐射热后温度升高,形成一个辐射源,而发出长波辐射。所以一个建筑物体受到的太阳辐射热,除太阳的直射辐射与散射辐射外,还接受地面的反射与长波辐射。同样,建筑物表面由于受辐射而提高了表面温度,也变成了辐射热源,散出辐射热,称为有效辐射,这样,建筑物表面所受到的辐射强度 J 可用下式表示。

$$J = J_L + J_S + J_D + J_C - J_Y$$

式中: J_z ——太阳直射辐射强度, W/m^2 ;
 J_s ——太阳散射辐射强度, W/m^2 ;
 J_D ——地面反射辐射强度, W/m^2 ;
 J_C ——地面长波辐射强度, W/m^2 ;
 J_N ——建筑物表面有效辐射强度, W/m^2 。

建筑物各个不同朝向的外表面(屋顶、各墙面)所受到的辐射热强度是各不相同的。

附录一和附录二给出了北纬 40° 不同朝向各小时的太阳总辐射强度值和透过标准窗玻璃的太阳辐射照度值,供计算空调负荷时选用。其他纬度的太阳辐射照度值见暖通规范。

应用附录一和附录二时,当地的大气透明度等级,应根据当地夏季大气压力和附录三、四确定。

太阳射线当照射到非透明的围护结构外表面时,一部分被反射,另一部分被吸收,两者的比例取决于表面材料的种类、粗糙度和颜色。表面愈粗糙,颜色愈深,吸收的太阳辐射热愈多。同一种材料对于不同波长的辐射光的吸收率也是不同的。黑色表面对各种波长的辐射几乎全部吸收,而白色表面对不同波长则吸收率不同,对于可见光线几乎 90% 都反射回去。所以在外围护结构上刷白或玻璃窗上挂白色窗帘可减少进入室内的太阳辐射热。

各种材料的围护结构外表面对太阳辐射热的吸收系数 p 值见表 1-1-1。

表 1-1-1 围护结构外表面的太阳辐射热吸收系数 p

面层类别	表面性质	表面颜色	吸收系数
石棉材料:			
石棉水泥板		浅灰色	0.72 ~ 0.78
金属:			
白铁屋面	光滑,旧	灰黑色	0.86
粉刷:			
拉毛水泥墙面	粗糙,旧	灰色或米黄色	0.63 ~ 0.65
石灰粉刷	光滑,新	白色	0.48
陶石子墙面	粗糙,旧	浅灰色	0.68
水泥粉刷墙面	光滑,新	浅蓝色	0.56
砂石粉刷		深色	0.57
墙:			
红砖墙		红色	0.72 ~ 0.73
硅酸盐砖墙	旧	青灰色	0.41 ~ 0.60
混凝土块墙	不光滑	灰色	0.65
屋面:			
红瓦屋面		红色	0.56
红褐色瓦屋面	旧	红褐色	0.65 ~ 0.74
灰瓦屋面	旧	浅灰色	0.52
石板瓦	旧	银灰色	0.75
水泥屋面	旧	青灰色	0.74
浅色油毛毡	旧	浅黑色	0.72
黑色油毛毡	粗糙,新	深黑色	0.86

二、室外空气综合温度

由于围护结构外表面同时受到太阳辐射和室外空气温度的热作用,外表面单位面积上得到的热量为:

$$q = \alpha_w(t_w - \tau_w) + \rho J = \alpha_w \left[\left(t_w + \frac{\rho J}{\alpha_w} \right) - \tau_w \right] = \alpha_w(t_z - \tau_w)$$

式中: α_w ——围护结构外表面与室外空气间的换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

t_w ——室外空气计算温度, $^{\circ}C$;

τ_w ——围护结构外表面温度, $^{\circ}C$;

ρ ——围护结构外表面对太阳辐射的吸收系数;

J ——围护结构外表面接受的总的太阳辐射强度, W/m^2 。

为计算方便, 称 $t_z = t_w + \frac{\rho J}{\alpha_w}$ 为综合温度。

所谓综合温度是相当于室外气温由原来的 t_w 值增加了一个太阳辐射的等效温度 $\left(\frac{\rho J}{\alpha_w}\right)$ 值, 显然这只是为了计算上的方便所得到的一个相当的室外温度, 并非真实的空气温度。

此公式只考虑了来自太阳对围护结构的中短波辐射, 没有考虑围护结构外表面与天空和地面之间存在的长波辐射。

近年来对上式作了如下修改:

$$t_z = t_w + \frac{\rho J}{\alpha_w} - \frac{\varepsilon \Delta R}{\alpha_w}$$

式中: ε ——围护结构外表面的长波辐射系数。

ΔR ——围护结构外表面向外界发射的长波辐射和由天空及周围物体向围护结构外表面的长波辐射之差, W/m^2 。

ΔR 值可近似取用下值:

夏季: 水平面 $\frac{\varepsilon \Delta R}{\alpha_w} = 3.5 \sim 4^{\circ}C$,

垂直面 $\Delta R = 0$ 。

由以上分析可知, 考虑了长波辐射作用后, 综合温度 t_z 值下降了。若不考虑长波辐射对围护结构外表面的热作用, 夏季空调冷负荷计算偏安全。

由于太阳辐射强度因朝向而异, 吸收系数 ρ 因外围护结构表面材料而有别, 所以一个建筑物的屋顶和各朝向的外墙表面有不同的综合温度值。

三、室外空气计算参数

作为空调设计用的室外气象参数称室外空气计算参数, 我国主要城市的室外空气计算参数见表 1-1-3。

在空调设计中, 计算通过围护结构传入室内或室内传至室外的热量时, 都要以室外空气计算温度为计算依据; 另外, 空调房间一般使用部分新鲜空气供人体需要, 加热或冷却这部分新鲜空气所需热量或冷量也都与室外空气计算干、湿球温度有关。

室外空气干、湿球温度都随季节、昼夜和时刻在变化, 如全国各地大多在 7~8 月气温最高, 而 1 月气温最低; 如北京地区夏季白天 14~15 点钟温度最高, 而清晨 3~4 点钟温度最低; 同样, 由于空气的相对湿度取决于干球温度和含湿量, 若视一昼夜含湿量不变的话, 相对湿度的变化规律与干球温度变化规律相反。

室外空气计算参数的取值, 直接影响室内空气状态和设备投资, 若夏季取用很多年才出现一次而且持续时间较短(几小时或几昼夜)的当地室外最高干、湿球温度, 会因设备庞大而造成

投资浪费。因此,设计规范中规定的室外计算参数是按全年少数时间不保证室内温度标准而制定的。若室内温、湿度必须保证时,另行规定。

下面介绍我国《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19-87)中规定的室外计算参数。

(1) 夏季空调室外计算干、湿球温度

夏季空调室外计算干球温度应采用历年平均不保证 50 小时的干球温度;夏季空调室外计算湿球温度应采用历年平均不保证 50 小时的湿球温度,见附录五。

(2) 夏季空调室外计算日平均温度和逐时温度

夏季计算经围护结构传入室内的热量时,应按不稳定传热过程计算,因此必须已知设计日的室外平均温度和逐时温度。

夏季空调室外计算逐时温度,可按式确定:

$$t_{sh} = t_{wp} + \beta \Delta t_r$$

式中: t_{sh} ——室外计算日的逐时温度,℃;

t_{wp} ——夏季空气调节室外计算日平均温度,℃,见附录五;

Δt_r ——夏季室外计算平均日温差,℃;应按下式计算:

$$\Delta t_r = \frac{t_{wk} - t_{wp}}{\beta}$$

式中: t_{wk} ——夏季空气调节室外计算干球温度,℃,见附录五;

β ——室外温度逐时变化系数,见表 1-1-2。

表 1-1-2 室外温度逐时变化系数

时刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
β 值	-0.35	-0.38	-0.42	-0.45	-0.47	-0.41	-0.28	-0.12	0.03	0.16	0.29	0.40
时刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
β 值	0.48	0.52	0.51	0.43	0.39	0.28	0.14	0.00	-0.10	-0.17	-0.23	-0.29

(3) 冬季空调室外计算温度、湿度的确定

空气调节系统冬季的加热、加湿所耗费用远小于夏季的冷却去湿所耗费用。为便于计算,冬季可按稳定传热方法计算传热量,而不考虑室外气温的波动。因而可以只给定一个冬季空调室外计算温度作为计算新风负荷和计算围护结构传热之用。

冬季空调室外计算温度应采用历年平均不保证 1 天的日平均温度。若冬季不使用空调设备送热风,仅采用采暖装置补偿房间失热时,计算围护结构传热应采用采暖室外计算温度。由于冬季室外空气含湿量低于夏季,且变化量很小,不必给出湿球温度,只给出冬季室外相对湿度值即可。冬季空调室外计算相对湿度应采用历年 1 月份月平均相对湿度的平均值。

四、室内温、湿度设计标准

空调房间室内温度和湿度的要求,用两组指标来反映,即空调温度、湿度基数和空调精度(室内温度、相对湿度允许波动范围)。

空调房间的温度、相对湿度基数是指空调区域内按设计规定所需保持的空气基准温度与基准相对湿度(或干球温度一定时的湿球温度);空调精度是指在空调区域内,在要求空调的工件旁所设一个或数个测温(或测相对湿度)点上水银温度计(或相对湿度计)在要求的持续时间

内,所示的空气温度(或相对湿度)偏离室内温(湿)度基数的最大差值。例如 $t_N = 20^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$, $\Phi_N = 50\% \pm 5\%$, 表示室内空调温、湿度基数为 $t_N = 20^\circ\text{C}$, $\Phi_N = 50\%$, 而空调精度为 $\Delta t_N = \pm 0.5^\circ\text{C}$, $\Delta \Phi_N = \pm 5\%$ 。

空调区域一般是指离外墙 0.5m, 离地面 0.3m 至高于精密设备 0.3m~0.5m 范围的空间。

根据空调所服务对象的不同可分为舒适性空调和工艺性空调,前者主要从人体舒适感出发确定室内温、湿度设计标准,而无空调精度要求,后者主要满足工艺过程对温、湿度基数和空调精度的特殊要求,同时兼顾人体的卫生要求。

人体靠食物的化学能来补偿因肌体活动(做功)所消耗的能量,并将多余的能量以热量的形式排至体外,保持热平衡(产热量与散热量相等),使体温恒定(36.5°C)。人体的散热过程是随着人体的新陈代谢过程不断进行的。人体热平衡可用下式表示:

$$q_W - q_{W_0} = q_d + q_E + q_F + q_{oh}$$

式中: q_W ——人体新陈代谢过程产生的热量,它决定于人的活动量大小;

q_{W_0} ——用于做功而消耗的热量;

$q_W - q_{W_0}$ ——必须由体内排出蓄存的多余热量,它因人体的活动强度不同而异;

q_d ——人体对流散热量,当空气温度低于人体表面平均温度时,人体对流散热量 q_d 为正值,反之则 q_d 为负值;

q_E ——汗液蒸发和呼出的水蒸汽所带走的热量;

q_F ——人体与周围表面间的辐射换热量, q_F 可能是正值,也可能是负值;

q_{oh} ——蓄存于人体内的热量。

在正常的热平衡情况下, q_{oh} 应为零,这时,人体因保持了能量平衡而感到舒适。如果周围环境温度(空气温度及围护结构表面温度)提高,则人体的对流和辐射散热量将减少;为了保持热平衡,人体会运用自身的自动调节机能来加强汗液分泌。这样,由于汗量和消耗在汗液蒸发上的热量的增加,在一定程度上会补偿人体对流和辐射散热的减少;不过,这时即使有可能维持人体热平衡,但实际上人体并不一定感到舒适。当环境温度高于人体表面温度时,对流换热和辐射换热都是由外界环境传向人体,有时,当人体余热量难以全部散出时,余热量就会在体内蓄存起来,于是式中 q_{oh} 为正值,导致体温上升,人体因热平衡遭到破坏会感到很不舒适,甚至可能生病。体温即使比正常体温高出 1°C (或少于 1°C),也会损害人体健康。体温增到 40°C 时,出汗停止,如不采取措施,则体温将迅速上升,当上升到 43.5°C 时,人即死亡。

汗的蒸发强度不仅与周围空气温度有关,而且和相对湿度、空气流动速度有关。在一定温度下,空气相对湿度的大小,表示空气中水蒸汽含量接近饱和的程度。相对湿度愈高,空气中水蒸汽压力愈大,人体汗液蒸发量愈少。所以,增加室内空气湿度,在高温时,会增加空气对人的热作用;在低温时,由于空气潮湿增强了导热,会加剧空气对人的冷作用。

周围空气的流动速度是影响人体对流散热和水分蒸发散热的主要因素之一。气流速度大时,由于提高了对流换热系数及湿交换系数,使对流散热和水分蒸发散热随之增强,亦即加剧了空气对人体的冷作用。

在冷的空气环境中,人体散热量过多,体内温度下降,人开始发生颤抖,当体温降到 $25 \sim 28^\circ\text{C}$ 时,人停止呼吸。

周围物体表面温度决定了人体辐射散热的强度。在同样的室内空气参数条件下,围护结构内表面温度高,人体增加热感;表面温度低,则会增加冷感。综上所述,人体舒适感与下述因

素有关;

室内空气温度;

室内空气相对湿度;

人体附近的空气流速;

围护结构内表面及其他物体表面温度。

人的舒适感除与上述几种客观因素有关外,还和生活习惯、人体活动、衣着情况以及年龄、性别有关。不可能用一个单一的物理量来表示空气条件以及衡量该条件对人体是否舒适,而应采用有关影响舒适的所有效应的一个综合指标来表示和衡量空气条件才比较合理。很早以前卫生学家们曾提出一个有效温度(等效温度),就是这样一种综合指标。它是结合干球温度、湿球温度和空气流速的效应来反映热和冷的感觉的。为给出同样的舒适感觉,湿度越低,干球温度就需越高;湿度越高,干球温度则需越低。图 1-1-1 为有效温度图。

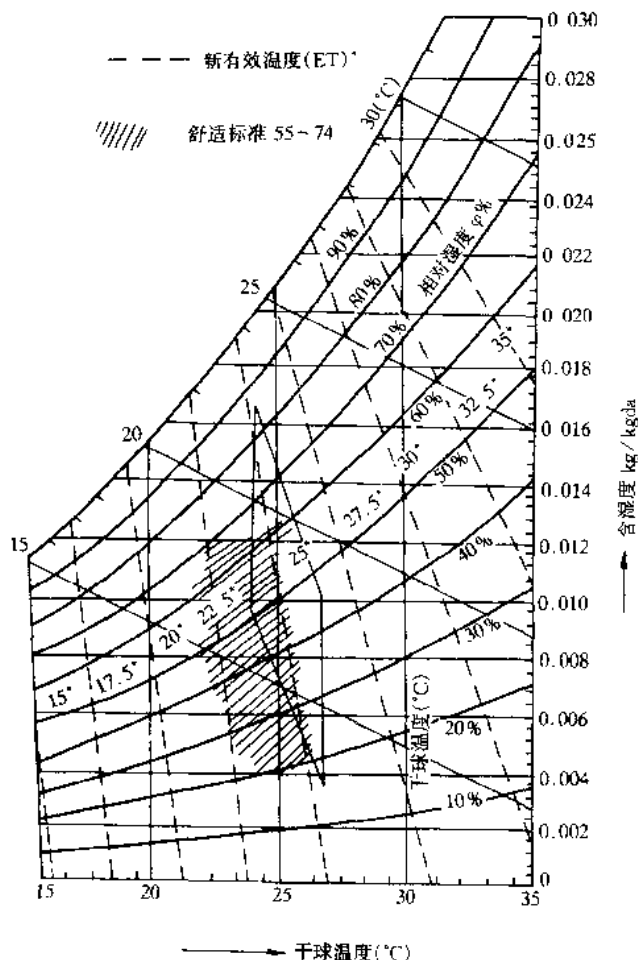


图 1-1-1 新有效温度线图

图 1-1-1 中斜画的一组虚线即为等效温度线,它的数值是在 $\phi = 50\%$ 的相对湿度线上所标注的对应的温度值。例如,通过 $t = 25^\circ\text{C}$, $\phi = 50\%$ 两线交点的虚线即为 25°C 等效温度线,该线上各点所代表的空气状态的实际干球温度、相对湿度均不相等,但各点空气状态给人体的冷热感都相同,都相当于 $t = 25^\circ\text{C}$ 、 $\phi = 50\%$ 。这些等效温度是在室内空气流速为 0.15m/s 时,

对静坐着、服装热阻为 0.6clo ($1\text{clo} = 0.155\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 的被试人员实测所得的。

该图中还画出了两块舒适区,一块是菱形面积,另一块是平行四边形面积。两者实验条件不同,前者适合身着 $0.6 \sim 0.8\text{clo}$ 服装坐着的人,后者用于身着 $0.8 \sim 1.0\text{clo}$ 服装也是坐着的人,但活动量稍大些。 25°C 的等有效温度线正好穿过两块舒适区重叠的中心。对于热环境的舒适条件,PMV 指标综合考虑了人体活动程度、衣服热阻(衣着情况)、空气温度、平均温度、平均辐射温度、空气流动速度和空气湿度等七个因素。

PMV(预期平均评价)指标作为一种度量热感觉的尺度,从心理生理学主观热感觉作为出发点,采用7点热感觉标尺,即 PMV 为:

- +3 热(hot);
- +2 暖和(warm);
- +1 稍微暖和(slightly warm);
- 0 适中、舒适(newtral);
- 1 稍微凉快(slightly cool);
- 2 凉快(cool);
- 3 冷(cold)。

PMV 指标代表了对同一环境绝大多数人的冷热感觉。因此可用 PMV 指标预测热环境下人体的热反应。由于人与人之间的生理差别,仍有少数人对该热环境并不满意,故用预期不满意百分率(PPD)指标来表示对热环境下不满意的百分数。

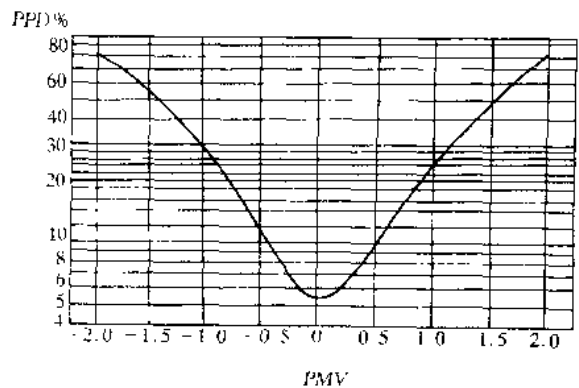


图 1-1-2 PPD 与 PMV 的关系

PPD 和 PMV 之间的关系可用图 1-1-2 表示。从图中可知,在 $PMV = 0$ 处,PPD 为 5%。这意味着,即使室内环境为最佳热舒适状态,由于人们的生理差别,还有 5% 的人仍然感到不满意。ISO7730 对 PMV-PPD 指标的推荐值为 $PPD < 10\%$,即 PMV 值在 $-0.5 \sim +0.5$ 之间。相当于在人群中允许有 10% 的人感到不满意。

在实际应用中,丹麦有关公司已研制出模拟人体散热机理直接测得室内环境 PMV 和 PPD 指标的仪器,可以很方便地对房间热舒适性进行检测和评价。

五、室内空气计算参数

室内计算参数的确定是比较复杂的问题,除了要考虑室内参数综合作用下的舒适条件,还应根据室外空气参数、冷源情况、经济条件和节能要求综合考虑。

1. 舒适性空调室内温、湿度标准

《采暖通风空气调节设计规范》(GBJ19-87)规定,舒适性空调室内计算参数如下:

- | | |
|-------|----------------------------------|
| 夏季:温度 | 应采用 $24 \sim 28^\circ\text{C}$; |
| 相对湿度 | 应采用 $40\% \sim 65\%$; |
| 风速 | 不应大于 $0.3\text{m}/\text{s}$ 。 |
| 冬季:温度 | 应采用 $18 \sim 22^\circ\text{C}$; |
| 相对湿度 | 应采用 $40\% \sim 60\%$; |
| 风速 | 不应大于 $0.2\text{m}/\text{s}$ 。 |

2. 工艺性空调室内温、湿度标准

工艺性空调可分为一般降温性空调、恒温恒湿空调和净化空调等。