

中央空调设备 选型手册

周邦宁 主编 吴元炜 主审



中国建筑工业出版社

TU831.3

2000411

中央空调设备选型手册

周邦宁 主编

吴元炜 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中央空调设备选型手册/周邦宁主编.-北京:
中国建筑工业出版社, 1999
ISBN 7-112-03981-9

I. 中… II. 周… III. 建筑-集中空气调节
系统-手册 IV. TU831.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 42305 号

本书全面介绍了广泛用于建筑物中的中央空调系统 (集中式及半集中式) 的各种冷 (热) 水机组、空气处理机组、空气净化设备及管道系统的分类型式、结构、技术特点及选用特点。对不同型式的冷 (热) 水机组的技术经济指标及选型中应注意的基本问题做了分析阐述。并介绍了国内部分生产厂家的详细产品选型资料及名录。可供中央空调工程的选型人员、招 (投) 标人员、使用操作管理人员、暖通和空调设计研究人员、空调制冷设备生产厂家及大专院校中本专业师生使用和参考。

* * *

责任编辑 姚荣华

中央空调设备选型手册

周邦宁 主编

吴元炜 主审

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 49 字数: 1220 千字

1999 年 11 月第一版 1999 年 11 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 67.00 元

ISBN7-112-03981-9

TU·3113 (9384)

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)

前 言

近年来, 在新兴的城市建筑物 (尤其是高层建筑) 中普遍要求采用设备能耗低、符合环境保护要求和智能化操作的中央空调系统。中央空调系统的设计与配套设备 (如制冷机、空调机组、系统末端装置以及风机、水泵、冷却塔等) 的优化选择是密不可分、相辅相成的。

由于社会文明的进步, 广大使用者对空调制冷设备的性能、运行可靠性、节能、经济性、环境保护指标及服务等方面提出了更高更严更科学的要求。面对广阔的中央空调市场, 作为空调制冷工作者负有向社会向市场正确推荐和科学导向的责任和义务。

我国空调制冷设备工业的蓬勃发展, 给广大使用者和设计者提供了广泛而多样化的产品选择良机, 并在设备选型比较方面, 也积累了丰富又切实可行的经验。我们希望在总结实际使用经验的基础上, 对设备的各项技术经济指标予以剖析, 对设备选型工作中应遵循的基本选型原则予以阐述, 对经过多年实际使用的物美质优的产品予以列举, 提供一些正确的思路及科学分析方法, 从而达到优化选型的目的。

“节约能源、保护环境和趋向自然的舒适环境”, 而设备、系统、运行管理的节能, 今后仍将是促进空调制冷业发展的核心。清华大学彦启森教授指出的上述空调发展的总体构思, 我们认为同样适用于设备优化选型的原则。

空调制冷技术的进步, 促进了各类制冷机、空调设备及其他辅助设备的自我完善和更新换代。反过来, 也促进了智能空调、绿色空调的发展及付诸实践。正确、科学地设备选型, 又是实现中央空调系统优化的关键环节之一。

目前我国的空调制冷设备, 型式完善, 品种繁多, 功能大同小异, 在设计选型比较过程中, 应结合当地具体使用条件和要求, 具体分析, 择优取之。

在本手册的选题酝酿过程中, 曾得到吴元炜教授、彦启森教授、田胜元教授、汪训昌研究员、陈涛教授、陆耀庆教授级高工、刘朝贤教授级高工等的指点和帮助; 在编写的个别章节内容中, 曾得到龙惟定教授、张家平教授级高工等的指点和帮助; 在列举产品生产厂家过程中, 得到中国制冷空调工业协会宋国强秘书长、何永恒高工、周瑞民高工的指点和帮助, 谨此向他们表示衷心的感谢。

许多生产厂家及时为本手册提供了最新的产品样本资料, 谨此表示诚挚的谢意。

本手册由周邦宁担任主编, 吴元炜担任主审, 姚荣华担任责任编辑。

由于我们所掌握的资料及水平有限, 敬请各界批评指正。

目 录

第 1 章 中央空调系统的基本知识

1.1 概述	1
1.1.1 舒适性环境条件	1
1. 人体与周围环境的热交换	1
2. 人体散热	2
3. 影响舒适性的因素	3
4. 舒适性标准(条件)	6
1.1.2 不同功能建筑物对空调的要求	8
1. 民用建筑室内空调采暖设计参数要求	8
2. 工业建筑室内温湿度参数要求	9
1.2 中央空调系统	14
1.2.1 概述	14
1.2.2 中央空调系统的分类和选择	14
1. 中央空调系统的分类	14
2. 中央空调系统的选择	16
1.2.3 集中式空调系统的组合分类	19
1. 系统概述	19
2. 集中式空调系统的设备组成	22
3. 集中式空调系统的划区原则	24
1.2.4 中央空调负荷的概算指标	25
1. 国内部分建筑空调冷负荷概算指标	25
2. 国内部分建筑采暖热负荷概算指标	26
3. 日本公布的空调冷负荷概算指标	26
4. 英国公布的空调冷负荷概算指标	26
5. 台湾地区公布的空调冷负荷概算指标	26
1.2.5 中央空调房间送风量和送风状态的确定	28
1. 空调房间的换气次数	28
2. 空调房间内每人所需新风量	28
3. 送风量及送风状态的确定	29
1.2.6 中央空调房间的气流组织	30
1. 概述	30
2. 气流组织的基本要求	31
3. 气流组织的基本形式	32
4. 气流送风口型式和使用特点	33
5. 各种送风口最合适的送风量	37
6. 各种送风口颈部最大允许风速	37
7. 回风口的布置和吸气风速	37

8. 高大建筑物中分层空调房间的气流组织	38
1.3 中央热泵采暖系统	40
1.3.1 中央采暖系统概述	40
1. 采暖系统中热媒的选择范围	40
2. 中央采暖系统的分类型式及应用	40
1.3.2 中央热泵采暖系统及其使用特点	42
1.3.3 中央采暖系统建筑物热负荷的概算方法	49
 第2章 中央空调用冷(热)水机组的选用特点	
2.1 概述	51
2.1.1 中央空调用冷(热)水机组的分类	51
2.1.2 中央空调用冷(热)水机组的循环和工作过程	52
2.2 制冷剂、载冷剂与润滑油	57
2.2.1 制冷剂	57
1. 制冷剂的定义和代号	57
2. 制冷剂的一般分类及应用范围	58
3. 制冷剂应具备的一般性质	58
4. 中央空调常用制冷剂的综合特性比较	64
5. 关于研究 R22 制冷剂的代用问题	64
2.2.2 吸收式制冷机的工质对	65
1. 对吸收式制冷机工质的要求	65
2. 溴化锂水溶液	66
3. 氨水溶液	75
2.2.3 润滑油	77
1. 润滑油在制冷压缩机中的作用	77
2. 制冷机对润滑油的主要要求	78
3. 制冷机油的规格和指标	79
2.3 活塞式冷(热)水机组的选用特点	81
2.3.1 活塞式冷(热)水机组的部件组成及其作用	83
1. 活塞式制冷压缩机	83
2. 冷凝器	105
3. 蒸发器	123
4. 热力膨胀阀(节流机构)	140
2.3.2 普通型活塞式冷水机组的产品型式及生产厂家	146
1. 普通型活塞式冷水机组分类型式及国内生产厂家	147
2. 国内部分生产厂家的普通型活塞式冷水机组产品选型资料介绍	148
2.3.3 模块化活塞式冷水机组的产品型式及生产厂家	175
1. 模块化活塞式冷水机组分类型式及国内生产厂家	175
2. 国内部分生产厂家的模块化活塞式冷水机组产品选型资料介绍	176
2.3.4 风冷式活塞式冷热水机组的产品型式及生产厂家	177
1. 风冷式活塞式冷热水机组分类型式	178
2. 普通型风冷式活塞式冷热水机组部分生产厂家及产品选型资料介绍	179
3. 部分生产厂家的模块化风冷式活塞式冷热水机组产品选型资料介绍	198
2.4 螺杆式冷(热)水机组的选用特点	205

2.4.1 中央空调用螺杆式制冷压缩机的基本特性	206
1. 中央空调用螺杆式制冷压缩机与活塞式制冷压缩机两种机型及使用特点比较	206
2. 双螺杆式制冷压缩机的总体结构组成及作用	207
3. 螺杆式制冷压缩机及机组的型号表示方法	211
4. 螺杆式制冷压缩机及机组的基本参数和名义工况	211
5. 螺杆式制冷压缩机的输气量、制冷量、功率和性能曲线	216
2.4.2 螺杆式冷(热)水机组的系统、部件及自动控制特点	223
1. 螺杆式冷水机组的外形、系统流程及其自动保护装置	224
2. 螺杆式冷热水机组的系统流程、部件特点及自动控制特点	225
2.4.3 螺杆式冷水机组及冷热水机组的产品型式及生产厂家	228
1. 螺杆式冷水机组及冷热水机组分类型式及部分生产厂家	228
2. 国内部分生产厂家的螺杆式冷水机组及冷热水机组产品选型资料介绍	231
2.5 离心式冷水机组的选用特点	267
2.5.1 概述	267
1. 离心式冷水机组与活塞式、螺杆式冷水机组特点比较	267
2. 离心式冷水机组的工作循环系统	268
3. 离心式冷水机组的名义工况及使用工况	271
4. 离心式冷水机组的型号表示方法	272
2.5.2 离心式冷水机组循环系统的热平衡和热力参数计算	273
1. 离心式冷水机组单级循环系统的热平衡概念	273
2. 离心式冷水机组单级和双级循环热力参数计算程序	275
3. 国内外离心式冷水机组的性能系数 EER (或 COP)	277
2.5.3 离心式冷水机组的部件组成、结构特点及作用	279
1. 离心式冷水机组的总体结构型式分类及特点	279
2. 空调用离心式制冷压缩机的结构特点及作用	280
3. 离心式冷水机组的润滑油系统	293
4. 离心式冷水机组的换热设备特点	299
5. 离心式冷水机组的抽气回收装置系统组成	299
6. 离心式冷水机组的泵出系统	306
7. 离心式冷水机组的主电动机	308
2.5.4 离心式冷水机组产品型式及生产厂家	309
1. 离心式冷水机组分类型式及部分生产厂家	309
2. 国内部分生产厂家的离心式冷水机组产品选型资料介绍	310
2.6 溴化锂吸收式冷水机组的选用特点	334
2.6.1 溴化锂吸收式冷水机组形式、基本参数和名义工况	334
1. 溴化锂吸收式冷水机组形式和基本参数	334
2. 机组名义工况和性能	335
3. 技术要求	335
2.6.2 溴化锂吸收式冷水机组的工作循环和热平衡	335
1. 双效溴化锂吸收式冷水机组的工作循环和热平衡	336
2. 两级溴化锂吸收式冷水机组的工作循环	345
2.6.3 双效蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组的总体布置和主要部件结构型式	346
1. 双效蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组的总体布置及其特点	346
2. 双效蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组主要部件的结构型式	348
2.6.4 蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组的产品型式及生产厂家	351

1. 蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组分类型式及部分生产厂家	351
2. 国内部分生产厂家的蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组产品选型资料介绍	352
2.7 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的选用特点	373
2.7.1 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组与蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组的热力特性比较	373
2.7.2 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组型式、工况及性能规定	373
1. 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的型式和基本参数	373
2. 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的变工况范围和部分负荷性能规定	375
2.7.3 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的工作循环	376
2.7.4 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的主要部件结构型式	384
2.7.5 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的节能措施	390
1. 降低直燃型冷热水机组的能源消耗量	390
2. 直燃型冷热水机组排气余热的利用	391
2.7.6 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的产品型式及生产厂家	391
1. 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组分类型式及部分生产厂家	391
2. 国内部分生产厂家的直燃型溴化锂吸收式冷热水机组产品选型资料介绍	393
2.8 中央空调用冷(热)水机组选型条件	435
2.8.1 能源条件和能耗(效)指标	435
1. 能源条件	435
2. 产品的能耗(效)指标	436
2.8.2 产品使用寿命及可靠性	440
1. 产品质量、可靠性和操作维护保养对使用寿命的影响	440
2. 产品型式进步的阶段性对产品使用寿命的影响	442
2.8.3 产品的投资和运行费用	443
1. 产品的投资费用	444
2. 产品的运行费用示例	449
2.8.4 环境保护要求	450
1. 限制和防止臭氧层破坏问题	450
2. 温室效应(地球暖化)问题	453
3. 结论	456

第3章 空气处理设备的使用特点和选用

3.1 组合式空气调节机组的使用特点和选用	458
3.1.1 组合式空气调节机组的工作原理和分类型式	458
1. 组合式空气调节机组的工作原理	458
2. 组合式空气调节机组的类型	459
3. 组合式空气调节机组的型号	459
4. 组合式空气调节机组的名义工况和一般技术要求	459
3.1.2 组合式空气调节机组分段结构和工作特点	463
1. 箱体	463
2. 表面式空气加热器和表面式空气冷却器	463
3. 电加热器	475
4. 加湿器(段)	476
5. 喷水室(段)	481
6. 过滤器(段)	487
7. 通风机(段)	491

8. 新风、回风的混合段	497
9. 消声器(段)	497
3.1.3 组合式空气调节机组选用的注意事项	502
3.1.4 组合式空气调节机组生产厂家及产品选型资料	503
1. 组合式空气调节机组部分生产厂家名录	503
2. 部分生产厂家的组合式空气调节机组产品选型资料介绍	504
3.2 风机盘管机组的使用特点和选用	516
3.2.1 风机盘管空调系统特点	516
1. 风机盘管空调系统与诱导式(器)空调系统的特点比较	516
2. 风机盘管机组的新风供给方式	517
3. 风机盘管冷媒水系统的使用特点	517
3.2.2 风机盘管机组的工作原理和分类型式	518
1. 风机盘管机组的工作原理	518
2. 风机盘管机组的类型	519
3. 风机盘管机组的型号	520
4. 风机盘管机组的基本参数和一般技术要求	520
3.2.3 风机盘管机组的结构及构件特点	522
1. 风机盘管机组的结构型式	522
2. 风机盘管机组的构件特点	524
3.2.4 风机盘管机组的特性曲线和选用	525
1. 风机盘管机组的特性曲线	525
2. 风机盘管机组的选用注意事项	526
3.2.5 其他非独立型的空气调节机组	526
1. 大型风机盘管机组	526
2. 新风空调机组(柜式空气处理机组)	527
3.2.6 风机盘管机组生产厂家及产品选型资料	528
1. 风机盘管机组部分生产厂家名录	528
2. 风机盘管机组部分生产厂家产品选型资料介绍	531
3.2.7 柜式空气处理机组(大型风机盘管机组、新风空调机组)生产厂家及产品选型资料	546
1. 柜式空气处理机组部分生产厂家名录	546
2. 柜式空气处理机组部分生产厂家产品选型资料介绍	547
3.3 变风量末端装置的使用特点和选用	576
3.3.1 变风量中央空调系统	576
3.3.2 变风量末端装置的使用特点	576
1. 变风量末端装置的作用	576
2. 变风量末端装置的分类	577
3. 采用静压调节器的节流型变风量末端装置	580
3.4 除湿机	580
3.4.1 典型除湿方法的对比	580
3.4.2 蒸汽压缩式除湿机	581
1. 冷冻除湿机(去湿机、减湿机、降湿机)	581
2. 调温除湿机	583
3. 三用空调机	584
4. 冷冻除湿机等选用和使用注意事项	586
3.4.3 氯化锂转轮除湿机	587

1. 固体吸湿性材料种类	587
2. 氯化锂转轮除湿机的结构组成和工作原理	587
3. 氯化锂转轮除湿机的性能参数	588
4. 氯化锂转轮除湿机的使用特点和适用范围	591
3.4.4 三甘醇液体除湿机	591
1. 三甘醇液体除湿机的结构组成和工作原理	592
2. 三甘醇液体除湿机的主要技术性能	593
3. 三甘醇液体除湿机的使用特点和适用范围	593
3.5 空气幕	594
3.5.1 空气幕的送风形式和分类	594
1. 空气幕的送风形式	594
2. 空气幕分类和技术参数	595
3.5.2 空气幕的结构尺寸和技术性能	596
1. FM 系列贯流式空气幕	596
2. RM _M ^L -S 系列热空气幕	597
3.5.3 空气幕的选用原则	599
1. 空气幕的设计参数	599
2. 非加热空气幕(等温空气幕)适用范围	599
3. 热空气幕的适用范围	599

第4章 中央空调的管道系统

4.1 通风管道	600
4.1.1 通风管道的规格和形状	600
1. 风管常用材料	600
2. 风管的统一规格	600
4.1.2 通风管道的连接形式	609
1. 风管的弯头、三通、四通等连接形式	609
2. 风管与通风机的连接形式	610
3. 通风管道的各种咬口形式	612
4.1.3 通风管道内的阻力损失	612
1. 摩擦阻力损失	612
2. 局部阻力损失	616
3. 风管系统的总阻力损失	617
4.1.4 送、回风口的技术性能参数	618
1. 常用空气分布器的性能选用简表	618
2. 回风口的性能选用简表	626
4.1.5 通风管道附件	631
1. 调节活门	631
2. 风闸板	631
3. 导流叶片	631
4. 防雨格栅	632
4.1.6 通风管道系统的设计方法	632
1. 一般设计方法	632
2. 估算法	634
4.2 水管系统及其设备	634

4.2.1 水管系统的类型和使用特点	634
4.2.2 水管系统的主要设备和附件的选用特点	637
1. 水泵	637
2. 分水器和集水器	650
3. 膨胀水箱	651
4. 集气罐	652
5. 排污器	653
6. 冷却塔	654
(1) 逆流引风式玻璃钢冷却塔	654
(2) 横流式玻璃钢冷却塔	659
(3) LFCM 无风扇冷却塔	663
4.2.3 水管系统的管材和管件	666
1. 水管系统的管材	666
2. 水管系统的管道连接	668
3. 水管系统的管道阀门	680
4.3 管道保温及防腐处理	681
1. 管道保温	681
2. 管道防腐处理	691
 第 5 章 空气净化处理及其设备	
5.1 概述	697
5.2 空气净化标准	698
5.2.1 一般空气净化处理标准	698
5.2.2 生物洁净室洁净标准	700
5.2.3 各种房间(洁净室)对洁净度级别的要求	701
5.3 洁净室	702
5.3.1 概述	702
5.3.2 洁净室的结构型式及其配套设备	704
1. 装配式洁净室的结构型式和技术参数	704
2. 局部净化设备的结构型式和技术参数	709
3. 洁净隧道	716
5.4 空气过滤器	718
5.4.1 亚高效和高效空气过滤器的过滤材料	718
1. 国产玻璃纤维纸的纤维直径	718
2. 滤料的特性	718
3. 滤纸效率和风速及粒径的关系	720
5.4.2 亚高效和高效空气过滤器的结构型式和技术参数	720
1. 亚高效空气过滤器的结构型式和技术参数	720
2. 高效空气过滤器的结构型式和技术参数	722
中央空调用空调与制冷设备生产厂家一览表	725
附表 1 中央空调用冷(热)水机组产品类	725
附表 2 空气处理、净化及消声减振设备类	736
附表 3 阀门、热交换器、保温材料制品及水系统设备类	756
主要参考文献	771

第 1 章 中央空调系统的基本知识

在各类建筑物中，大量采用由先进设备和手段配套而成的中央空气调节系统、中央采暖系统、通风净化系统等现代化设施，已成为现代化社会及科学技术进步的重要标志之一。

中央空调系统是指在同一建筑物（群）中，以集中或半集中方式对空气进行净化（或纯化）、冷却（或加热）、加湿（或除湿）等处理、输送和分配的空调系统。而每个房间的空气处理分别由各自的整体式空调器（如单元、窗式、分体式等空调器）承担的，称为全分散系统。中央空调的作用就是创造一个标准温度、标准湿度、标准洁净度和新鲜度的室内空气环境，以满足生活舒适性或生产工艺性的空气调节要求。

中央采暖系统亦然。

通风净化系统与中央空调系统密不可分，但有其更广泛的使用范围。通风净化系统的作用是向某一建筑空间提供室外的新鲜空气或将室外的新鲜空气经过设备的处理（粗滤、中滤、精滤、加热、冷却等）后送入室内，并使室内的有害气体经消毒、除害后排至室外，达到一定的标准规定。因此，通风净化系统除用于一般民用建筑物外，更多的使用于生产和特殊设施的建筑物内（如医疗室、生物洁净室、医药工业、实验室等）。

为适应中央空调设备选型的需要，有必要了解中央空调系统的全貌、特点和具备一定的基本知识，了解各种空调及采暖设备在全系统中的作用和地位，这就是编写本章的目的。

1.1 概 述

1.1.1 舒适性环境条件

人的舒适性是人的身心对周围环境的一种感觉概念，是人的主观感觉起支配作用的，因此难以统一在同一个标准定义内。对不同的人，即使处于相同的环境条件下，其感觉也不尽相同。

人的舒适性，还受到许多因素的影响，如衣着、饮食、性别、年龄、体质、健康、工作类别、温湿度、空气流速和噪声等，还包括人的心理因素。

1. 人体与周围环境的热交换

人体受热有两种来源：一种是人体内的新陈代谢产热；另一种是外界环境传输给人体。人体通过对流、传导、辐射、蒸发等方式途径与周围环境进行热交换。

人体与周围环境之间的热交换式如下：

$$M \pm C \pm R - E = S \quad (1.1-1)$$

式中 M ——新陈代谢产热量；

C ——传导和对流热量（人体与周围空气）；

R ——辐射热量（人体与周围围护结构）；

E ——蒸发散热量；

S ——人体蓄热量；

$\pm$ ——人体吸热为 $+$ ，反之为一。

当人体产热与散热相等时，人体的蓄热量 $S=0$ ，导致体温平衡；

当人体产热大于散热时，人体的蓄热量 $S>0$ ，导致体温升高；

当人体产热小于散热时，人体的蓄热量 $S<0$ ，导致体温下降。

人体的生物物理数据见表 1.1-1。

人体的平均生物物理数据 表 1.1-1

质量 60~70kg	呼吸次数 16 次/min
体积 60L	吸入空气量 0.5m ³ /h
表面积 1.7~1.9m ²	皮肤平均温度 32~33℃
体温 37℃	维持量 85W
脉搏 70~80 次/min	二氧化碳呼出量（静止）10~20L/h
基本热量 ^① （静止时）80W	

①是指在舒适状态下完全处于静止的每人每小时所需的最小的热量。

人体内热代谢有关的各种复杂生理过程。调节体温的最高中枢是大脑皮层。

人的舒适性与人体表面的散热状况有密切关系。散热的目的在于调节体内正常温度。

当人体产热大于散热时，也就是式（1.1-1）中的 $(M \pm C \pm R) > E$ （即 $S > 0$ ），也就是人体的活动量增加（新陈代谢产热量 M 增加）；或者是空气温度高于人体皮肤温度，人体吸收热量（ C 为“+”值）；或者是周围围护结构的表面温度高于人体皮肤温度，人体吸收热量（ R 为“+”值）。上述三种因素均导致人体总蓄热量增加。为使体内的散热排出，仅靠对流和蒸发方式已不够，于是就自动通过皮肤的汗腺排汗。蒸发 1L 的汗水，排出热量为 2400kJ。若靠大量排汗仍不足以散热时，就会导致不适，如头疼、疲乏，甚至中暑。高温环境中工作时，尤易发生此状。

人体表面的散热和散湿量平均值见表 1.1-2。

人体表面的平均散热和散湿量 表 1.1-2

空气温度 (℃)	对流与辐射 排出的显热 (W)	蒸发排出的 潜热 (W)	全散热 (W)	散湿量 (g/h)
10	136	21	157	30
12	126	21	147	30
14	115	21	136	30
16	106	21	127	30
18	98	23	121	33
20	92	27	119	38
22	85	33	118	47
24	77	41	118	58
26	69	49	118	70
28	58	59	117	85
30	47	69	116	98
32	33	81	114	116

注：静止空气、相对湿度 30%~70%、轻度劳动、正常衣着、坐着的人。

表 1.1-3 中所列数据可用于一般的空调技术计算。

人的散热和散湿量 (按 VDI2078—1997)

表 1.1-3

空气温度 (°C)	18	20	22	23	24	25	26
非体力劳动: 对流与辐射排出显热 (W)	100	95	90	85	75	75	70
蒸发排出潜热 (W)	25	25	30	35	40	40	45
全散热 (W)	125	120	120	120	115	115	115
散湿量 (g/h)	35	35	40	50	60	60	65
中等体力劳动: 全散热 (W)	270	270	270	270	270	270	270
对流与辐射排出显热 (W)	155	140	120	115	110	105	95

表 1.1-4 给出了各种状态的人的总散热量, 其中主要是经皮肤的蒸发排热。

出汗所排出热量按下式计算:

$$S = 0.42F \left[\frac{Q}{F} \left(\frac{1}{1-\eta} \right) - 58 \right] \quad (\text{W}) \quad (1.1-2)$$

式中 F ——人体表面积, m^2 ;

Q ——人体散热量, W ;

η ——效率, 通常取 $0 \sim 20\%$, 大多数体力劳动 $\eta=0$ 。

对舒适状况静止的人, $S=0$ 。

各种状态的人的总散热量 (按 ISO7730)

表 1.1-4

人的 (工作) 状态	劳动强度	新陈代谢率—散热量		
		W/m^2	$\text{met}^\text{①}$	W
静止	I	46	0.8	80
坐着, 放松	I	58	1.0	100
站立, 放松	I	70	1.2	125
坐着, 轻劳动 (办公室、住所、学校、实验室)	I	70	1.2	125
站立, 轻度劳动 (购物、实验室、轻工业)	II	93	1.6	170
中等体力劳动 (家务劳动、工业劳动)	III	116	2.0	200
重体力劳动 (重工业)	IV	165	2.8	300

① $1\text{met}=58\text{W}/\text{m}^2$ 。

3. 影响舒适性的因素

影响人的舒适性的因素很多, 主要的有空气温度、空气湿度、气流速度、衣着等方面。

(1) 空气温度

气温 (指平均值) 对人体的热调节起着主要作用。

按我国《采暖通风与空气调节设计规范》规定, 冬季室内温度为 $18 \sim 22^\circ\text{C}$, 夏季为 $24 \sim 28^\circ\text{C}$ 。为维持人体热量的排出, 环境温度应低于人体表面温度, 才使人体感到舒适。劳动强度越大, 舒适性温度越低。如:

铸造和锻造车间为 $10 \sim 12^\circ\text{C}$;

装配车间为 $12 \sim 15^\circ\text{C}$;

机械加工车间为 $16 \sim 18^\circ\text{C}$ 。

室内温度场的均匀性很重要, 因此空调及采暖房间的密闭性很必要, 且可减少冷 (热) 损失。

前面已谈到, 人体与空气的对流换热以及人体与周围围护结构 (墙壁等) 的辐射换热, 对人体散热有主要影响, 故人体的散热量可由下式计算:

$$Q = (\alpha_k + \alpha_s)F(t_o - t_l) \quad (\text{W}) \quad (1.1-3)$$

式中 α_k ——对流换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

α_s ——辐射换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

t_o ——正常衣著人体表面平均温度, $t_o \approx 26^\circ\text{C}$;

t_l ——空气温度, $^\circ\text{C}$;

F ——室内墙、窗、加热器等面积, m^2 。

室内墙壁温度对人的舒适性和散热有重要影响, 因此采用平均辐射温度 t_w 的概念:

$$t_w = \frac{\sum(Ft)}{\sum F} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1.1-4)$$

式中 F ——室内各表面积 (墙、窗、加热器等), m^2 ;

t ——各表面温度, $^\circ\text{C}$ 。

图 1.1-1 表示当室外温度 $t_a = -10^\circ\text{C}$, 感觉温度 (壁温与空气温度的平均温度) $t_e = 19 \sim 23^\circ\text{C}$ 的舒适温度范围内的室内空气温度 t_l 与壁温 t_w 之间的关系。 t_w 与 t_l 之间差值应 $\leq 3^\circ\text{C}$ 。

(2) 空气湿度

人体的散热, 一部分是由皮肤表面的蒸发而产生的, 故空气的湿度影响到舒适性。

影响人体舒适性的主要是相对湿度。在空调技术中, 相对湿度控制在 $35\% \sim 70\%$ 之间。当温度适中时, 空气相对湿度的变化对人体影响比较小。在不同的环境温度下, 人的体温随相对湿度的增加而增高, 如图 1.1-2 所示。

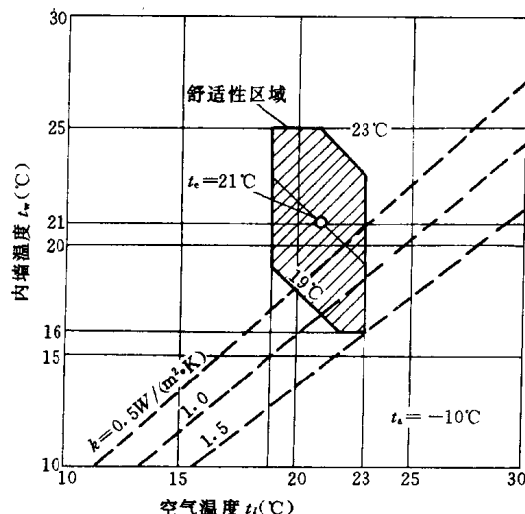


图 1.1-1 舒适性区域与壁温的关系

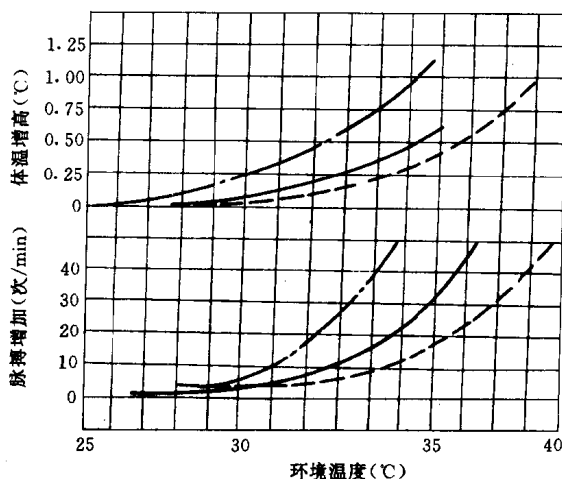


图 1.1-2 相对湿度对体温和脉搏的影响

--- $\phi=60\%$ — $\phi=75\%$ - · - $\phi=90\%$

当室内温度较高时, 相对湿度对人体的热平衡和温热感有很大作用, 会强烈影响到皮肤的蒸发。从图 1.1-3 中可以看出, 空气相对湿度为 60% 时, 25°C 会出汗 (闷热曲线); 若相对湿度降至 40% 时, 则出汗温度可提高到 32°C 。

为保持人体舒适性, 当空气温度为 $20 \sim 22^\circ\text{C}$ 时, 相对湿度宜保持在 $35\% \sim 65\%$; 当空气温度为 26°C 时, 相对湿度应在 55% 左右为宜。

(3) 气流速度

空气的流动促进人体表面的蒸发和散热，在夏季使人感到舒适。当空气环境温度在 20～22℃时，允许的风速为 0.15～0.2m/s。Fanger 提出坐着穿薄衣服的人，空气速度与人体舒适感的关系如表 1.1-5。

空气速度与舒适感 表 1.1-5			
空气速度 (m/s)	0.1		0.2
干球温度 (℃)	25		26.8
空气速度 (m/s)	0.25	0.3	0.35
干球温度 (℃)	26.9	27.1	27.2

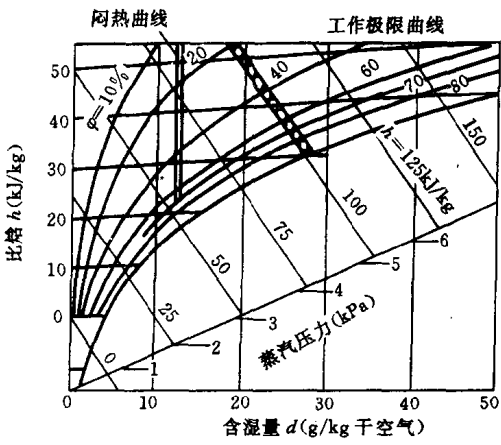


图 1.1-3 当活动强度 I=100W 时闷热曲线和工作极限曲线在 h-d 图上表示

(4) 衣著

衣著对舒适性有很大影响。人体温度在冷或热的环境中要靠衣著的热阻来调剂。不同类型的衣著有不同衣著热阻，热阻单位为 clo，1clo=0.155m²·K/W。某些服装的热阻值 R_y 列于表 1.1-6 (ISO7730 标准)。

人体服装的热阻值 R_y，也可以根据各部分衣著的热阻 r_y(表 1.1-7)按下列公式求出：

$$R_y = 0.82 \sum r_y \tag{1.1-5}$$

式中 r_y——各种衣著的热阻，m²·K/W。

某些服装的热阻值 R_y 表 1.1-6

服 装 形 式	R _y	
	m ² ·K/W	clo
裸体	0	0
短裤	0.015	0.1
典型的炎热季服装：短袖开领衫、短裤、薄短袜和凉鞋	0.047	0.3
一般的夏季服装：短裤、薄长裤、短袖开领衫、薄短袜和鞋子	0.08	0.5
薄型工作服装：薄内衣、长袖棉工作衬衣、工作裤、羊毛袜和鞋子	0.11	0.7
典型的冬季室内服装：内衣、长袖衬衫、裤子、茄克衫或长袖毛衣、厚袜和鞋子	0.16	1.0
厚型传统欧洲服装：长袖棉内衣、衬衫、背带裤、茄克套装、羊毛袜和厚鞋子	0.23	1.5

1clo 代表男人普通著衣的情况，对于妇女可能是 0.7clo。因此在有混合人群的空调房间内，要达到使每人都满意的舒适条件是不容易的。有人提出，著衣的个人舒适感，相当于著衣每增加 0.1clo，周围温度减少约 0.5℃。

影响人的舒适性的因素，除上述主要因素外尚有：

- 1) 噪声。影响人的精力、心力、睡眠、呼吸和新陈代谢。对脑力劳动，环境噪声值应低于 55dB (A)；对一般办公室，应低于 70dB (A)。在中央空调设备选型时，必需考虑到这个因素。
- 2) 有害气体和有害气味。如二氧化碳、氨气、烟草味、硫化物等。应采取通风净化手段解决。
- 3) 含尘空气。易引起呼吸道疾病。

各种衣著的热阻值 r_y

表 1.1-7

衣著	r_y		衣著	r_y	
	$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	clo		$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	clo
短袜: 薄	0.005	0.03	外衣: 薄	0.026	0.17
厚	0.006	0.04	厚	0.098	0.63
内衣: 紧身短衬衫	0.008	0.05	毛衣: 薄、短袖	0.026	0.17
半套	0.020	0.13	厚、长袖	0.057	0.37
全套	0.029	0.19	茄克: 厚	0.076	0.49
短裤	0.008	0.05	裤子: 薄	0.040	0.26
汗衫	0.009	0.06	中等厚薄	0.050	0.32
衬衫: T恤衫	0.014	0.09	厚	0.068	0.44
薄短袖衬衫	0.031	0.20	鞋: 薄	0.006	0.04
薄长袖衬衫	0.043	0.28			
厚短袖衬衫	0.039	0.25			
裙子	0.034	0.22			

4. 舒适性标准 (条件)

(1) ASHRAE (美国供暖、制冷、空调工程师学会) 舒适标准 55—74 中所建议的新舒适区如图 1.1-4 所示。

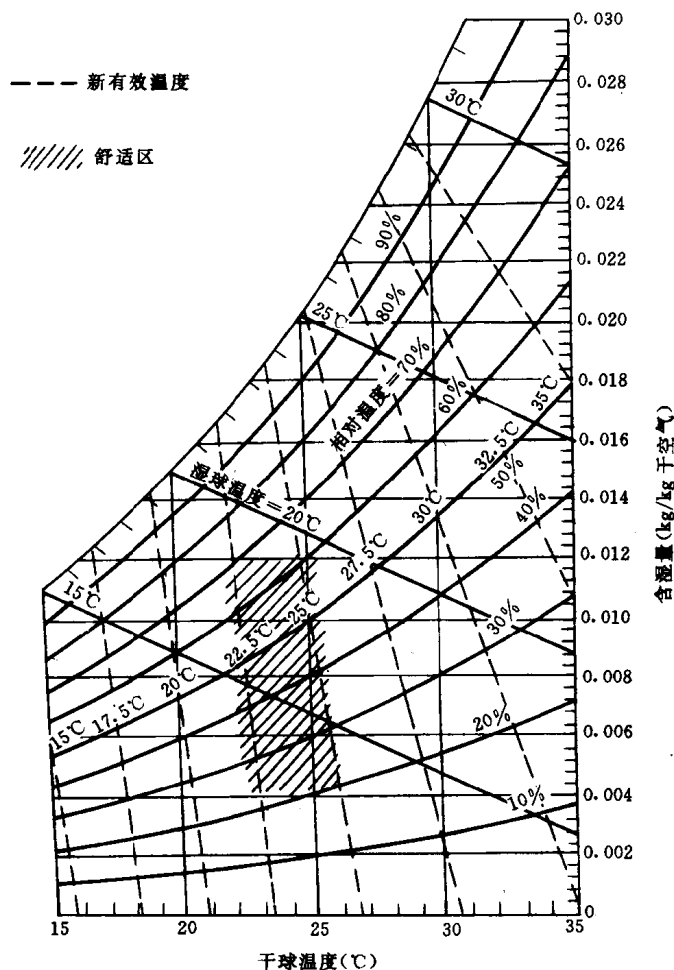


图 1.1-4 ASHRAE 新舒适区及新有效温度