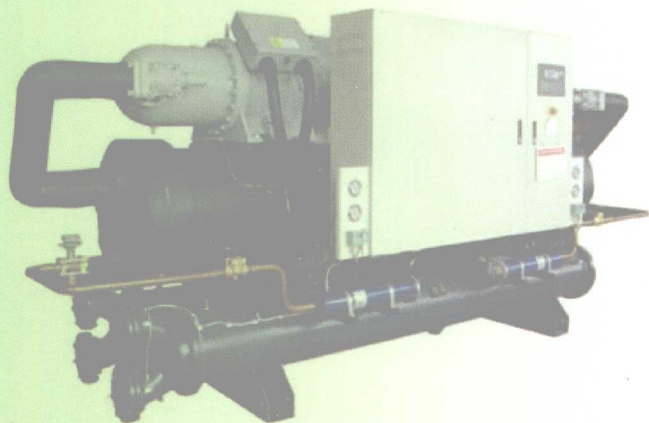
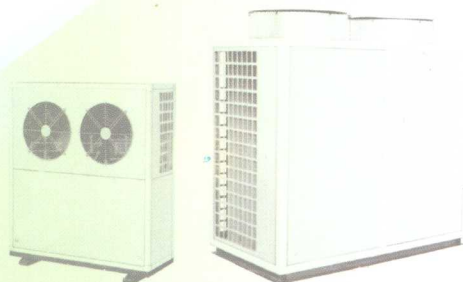


高等学校教材

空调制冷系统 运行管理与节能

唐中华◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等学校教材

空调制冷系统运行管理与节能

主 编 唐中华
副主编 付 腾 李萌颖
参 编 樊 荔 赖 举 李建南 林 松 毛 辉
 漆群富 徐洪池 张光鹏 (按姓氏拼音排序)
主 审 陈海焱



机械工业出版社

本书阐述了空调制冷系统的原理、类型,介绍了空调辅助设备、锅炉、供热系统及各类冷水机组的运行管理与安全维护;详细介绍了冷库、制冷设备、制冷装置的安全运行及维护管理;在节能新技术中首先对供热空调系统节能技术进行介绍,然后详细介绍了制冷机、锅炉、水泵、风机、冷却塔、电动机等各种机器设备的节能;同时还介绍了冷热电联产技术、余热利用等知识。

本书既适用于大学本、专科院校建筑环境与设备专业、制冷空调专业的教学,内容经取舍后亦可用于制冷空调专业中专学生的教学,还可供暖通空调工程技术人员与公用建筑物业管理参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

空调制冷系统运行管理与节能/唐中华主编. —北京:机械工业出版社, 2008.8

高等学校教材

ISBN 978-7-111-24858-3

I. 空… II. 唐… III. 空气调节系统: 制冷系统-高等学校-教材
IV. TU831.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第122601号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:李俊玲 责任校对:申春香

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2008年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.25印张·498千字

0001-3500册

标准书号:ISBN 978-7-111-24858-3

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379050

封面无防伪标均为盗版

序

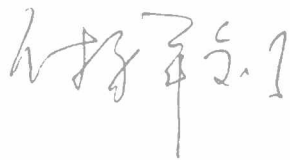
世纪之交，当我们融入经济全球一体化与全球城市化的同时，能源供求矛盾日益突出，能源危机已成为制约我国经济发展的主要障碍。根据近 30 年来能源界的研究和实践，目前普遍认为建筑节能是各种节能途径中潜力最大、最为直接有效的方式，而暖通空调的能耗占建筑能耗的 30%~50%。随着建筑行业 and 市场经济的不断发展，暖通空调系统得以广泛应用，用于暖通空调系统的能耗也将进一步增大，这势必使得能源供求矛盾进一步激化。另一方面，现有的暖通空调系统所使用的能源基本上是高品位的不可再生能源，其中电能占绝大多数。这些能源的大量使用，不仅使得地球资源日益匮乏，同时也带来严重的环境问题。根据暖通空调行业的研究成果，现有空调系统的能耗是惊人的，如果采用相应的节能技术，将现有空调系统节能 20%~50% 是完全可能的。本书以此为着眼点，在空调系统运行管理和制冷系统运行管理等章节充分体现了节能观念，并详细、全面地阐述了供热空调系统中节能新技术的应用。

众所周知，设计方案对暖通空调工程设计的成败乃至整个工程的使用和节能关系重大。暖通空调系统庞大而复杂，系统设计的优劣直接影响到系统的经济运行和耗能情况。所以，设计人员在确定空调设计方案时需结合工程的具体情况，考虑负荷特性、建筑使用功能和环境控制特点等多方因素，采用适当的节能手段，如本书所提到的冷热电联产技术、排风热回收装置、热泵技术等，确保系统的运行与被控制的环境有最佳的配合，以达到在有良好的环境控制质量条件下既经济又节能的目的。

除设计施工外，运行管理也起着重要的节能作用。在实际运行中发现，有些单位的空调系统，一年四季只有开机关机和冬夏季转换操作，显然系统达不到相应的节能效果。但由于空调制冷系统的运行管理是一门综合性技术，需要有空调、机械及电气自控等多方面的技术知识，所以管理起来就比较复杂。为适应行业发展的需要，该书着重介绍了系统的运行管理、设备的维护管理及自动控制系统的运行管理等方面的知识，使读者阅读后能全面了解空调运行管理方面的有关知识，以便在实践中能把各个方面有机地联系起来，协调一致，进行科学管理。

空调制冷行业迅速发展的同时，其节能已成为社会关注的重要课题，这就要求该专业的学生在校期间就应树立“节能降耗”思想，全面掌握节能技术，毕业后不管是从事设计施工还是运行管理都能将节能理念付诸实践，真正做到暖通空调行业的可持续发展。

编者本着从实际需要出发、以适用为目的的原则，编写了此书，内容系统全面，实用性和可读性强，对本、专科学生及空调制冷类工程技术人员富有参考价值。期望该书的出版对暖通空调系统的设计到使用都能提供有益的借鉴，在节约能源、减少环境污染、改善居住环境等方面作出一定的贡献。



前 言

本书以成熟技术和资料为基础，结合 21 世纪对制冷空调及其设备节能技术提出的新要求，使读者在掌握基本理论的基础上学会分析、判断和解决问题的能力，从而大大提高操作技术和管理水平，并从中获得当今最新成就和今后发展方向的信息。本书集基本原理和操作及管理技能为一体，对制冷空调大、中型设备及相应的系统运行论述较多，突出了新技术、新标准和新成果，体现了安全和节能的重点，它主要包括三部分内容，第一篇空调系统运行管理，除了介绍空调系统的原理、类型及各类冷水机组的运行管理外，还介绍了空调辅助设备、锅炉、供热系统、自动控制的运行管理及水质管理；第二篇制冷系统运行管理，着重介绍冷库制冷系统、其他制冷装置、制冷设备的安全运行及维护管理；第三篇节能新技术，首先介绍了供热空调系统节能的概念，然后详细介绍了制冷机、锅炉、水泵、风机、冷却塔、电动机等各种机器设备的节能措施，此外，还介绍了冷热电联产技术、余热利用、低温热水地板辐射采暖技术等知识。

本书既是融理论分析和实际应用于一体的教学用书，也是制冷空调工程技术人员必备的，在制冷空调系统操作、安全运行及维护管理，甚至于系统设计、研究、产品研发和设备使用方面具有实际应用价值的重要参考书籍；既适用于大学本、专科院校建筑环境与设备工程、制冷空调工程专业的教学，内容经取舍后亦可用于制冷空调专业中专学生的教学。

本书由西南科技大学唐中华担任主编，并与付腾、李萌颖共同编写了第十一、十二、十三、十四、十五章；其他编写分工为第一章、第二章和第三章分别由李建南、樊荔和漆群富编写；第四章、第五章和第六章由毛辉和西南交通大学机械工程学院张光鹏共同编写；第七章由林松编写；第八章、第九章和第十章由徐洪池和赖举共同编写。全书由唐中华、付腾、李萌颖统稿。

本书承西南科技大学陈海焱教授审阅，并得到多方面的指正，谨致谢意。

在编写过程中，研究生段莉、温玉杰、冀晓霞、解丽君、文倩为本书稿整理成稿做了较多的辅助性工作，谨致谢意。

由于作者水平有限，难免有错误和不妥之处，恳请批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一篇 空调系统运行管理

第一章 中央空气调节系统的运行管理	1
第一节 空气调节系统的类型	1
第二节 集中式空调系统的运行管理	2
第三节 半集中式空调系统的运行管理	8
第二章 冷水机组的运行管理	13
第一节 螺杆式冷水机组的运行管理	13
第二节 离心式冷水机组的运行管理	20
第三节 活塞式冷水机组的运行管理	27
第四节 溴化锂吸收式冷（热）水机组的运行管理	31
第三章 空调系统辅助设备的运行管理	43
第一节 风机的运行管理	43
第二节 水泵的运行管理	47
第三节 冷却塔的运行管理	51
第四章 供热系统的运行管理	57
第一节 供热系统的起动	57
第二节 供热系统的运行管理	60
第三节 供热系统的计算机自动监控系统	69
第四节 系统故障的诊断	71
第五章 锅炉的运行管理	74
第一节 锅炉及辅助设备运行前的检查和准备工作	74
第二节 锅炉的安全运行管理	75
第三节 锅炉的检查和维护保养	80
第四节 燃油、燃气锅炉与辅助设备运行中常见故障和处理方法	83
第六章 水质管理	86
第一节 冷冻水、冷却水水质管理和水质处理	86
第二节 空调水系统的清洗与预膜	95
第七章 空调自动控制系统的运行管理	98
第一节 概述	98
第二节 空调自动控制系统的监控	101
第三节 空调房间温度自动控制	104
第四节 空调房间相对湿度自动控制	106
第五节 空调自动控制系统运行	109

第六节 空调自动控制系统的故障分析	111
-------------------------	-----

第二篇 制冷系统运行管理

第八章 冷藏库制冷系统	112
第一节 概述	112
第二节 典型冷藏库制冷系统	115
第九章 制冷安全技术及系统运行管理	119
第一节 制冷安全技术	119
第二节 制冷压缩机的操作	123
第三节 制冷设备的操作	129
第四节 制冷系统的其他操作	133
第五节 制冷系统的运行管理	142
第六节 制冷系统运行管理的经济核算与节能措施	146
第七节 制冷系统的常见故障及排除	150
第十章 制冷装置的维护和检修	154
第一节 制冷设备检修前对制冷剂的处理	154
第二节 冷凝器的维护和检修	156
第三节 蒸发器的维护和检修	158
第四节 制冷系统容器、管道、阀门及法兰的检修	159
第五节 制冷压缩机的检修	162
第六节 定期检修制度	178

第三篇 节能新技术

第十一章 供热空调系统节能概述	180
第一节 供热空调系统能耗	180
第二节 供热空调系统的节能	183
第十二章 机器设备的节能	189
第一节 效率	189
第二节 离心式制冷机组的节能	191
第三节 螺杆式冷水机组的节能	196
第四节 吸收式冷热水机组的节能	200
第五节 风冷热泵式机组的节能	206
第六节 锅炉的节能	210
第七节 组装式空调机组的节能	215
第八节 空调机及风机盘管的节能	223
第九节 冷却塔的节能	230
第十节 泵与风机的节能	233
第十一节 电动机的节能	237
第十三章 冷热电联产技术	241
第一节 概述	241
第二节 冷热电联产系统的组成与应用领域	245
第三节 燃气轮机冷热电三联产	248

第四节	楼宇冷热电联供的概念	251
第五节	小型冷热电联供动力设备	253
第六节	楼宇冷热电联供系统 (BCHP) 实例	270
第十四章	暖通空调中的余热利用	275
第一节	空调系统的余热利用	275
第二节	冷凝型锅炉系统的余热利用	279
第十五章	低温热水地板辐射采暖技术	285
第一节	概述	285
第二节	低温热水地板辐射采暖的材料	286
第三节	低温热水地板辐射采暖的设计	293
第四节	采用低温热水地板辐射采暖的住宅小区的热源及室外管网问题	303
第五节	低温热水地板辐射采暖的结构及实施的主要问题	306
附录	308
附录 A	制冷机主要零部件装配间隙参考值	308
附录 B	氟利昂制冷机主要部件配合间隙参考值	308
附录 C	制冷机主要零件形状和相对位置偏差	309
附录 D	制冷机主要部位尺寸及偏差的测量方法	309
参考文献	313

第一篇

空调系统运行管理

第一章 中央空气调节系统的运行管理

中央空气调节系统主要由冷热源、空气处理装置、管道系统、末端装置、控制系统等组成，通常用于有大面积空调要求的场所，其目的是满足人体的舒适性或生产的工艺性要求。它的使用好坏，除了设计、安装、调试必须满足规范及性能参数外，其运行管理也起着重要的作用，如果运行管理工作没有做好，不仅会造成空调效果不理想，还会出现能耗大、设备故障多等问题，从而影响对空调的使用和生产的要求，浪费能源。

第一节 空气调节系统的类型

空气调节系统（以下称作空调系统）按不同的分类方法可以分为以下几种类型。

1. 按空气处理设备的情况分类

(1) 集中式空调系统 集中式空调系统是指在同一空气处理器内对空气进行过滤、冷却（或加热）、去湿（或加湿）等处理，然后进行输送和分配的空调系统。

集中式空调系统的特点是空气处理设备和风机等集中布置在空调机房内，对空气进行集中处理，通过风管系统送至空调场所。其处理空气量大，运行可靠，便于管理和维修，但机房占地面积较大。集中式空调系统需配有集中的冷源和热源，即冷冻站和热交换站。

(2) 半集中式空调系统 半集中式空调系统又称为混合式空调系统，它首先将空调房间需要的新鲜空气进行集中处理，然后由风管系统送入各房间，与空调房间内的空气处理装置如诱导器或风机盘管处理的回风混合后再送入空调区域或房间中，从而使各空调区域或房间可根据各自的要求，获得较为理想的空气调节效果。这种系统适用于空调房间多，且各房间空气参数要求不同的建筑物中。

集中式空调系统和半集中式空调系统也可称为中央空调系统。

(3) 分散式空调系统 分散式空调系统又称局部式空调系统或独立式空调系统。它的特点是将空气处理设备分散放置在各空调房间内。常见的分体式空调器、柜机等都属于此类。

2. 按集中式空调系统处理的空气来源分类

(1) 循环式空调系统 循环式空调系统又称为封闭式空调系统。它是指空调系统在运行过程中全部采用处理循环风来调节的方式。此系统不设新风口和排风口，故只适用于人员很少进入或不进入，只需要保障设备安全运行而进行的空气调节的特殊场所。

(2) 直流式空调系统 直流式空调系统又称为全新风空调系统,是指系统在运行过程中全部采用新风,不用室内空气作为回风使用的空调系统。直流式空调系统多用于需要严格保证空气质量的场所或产生有毒有害气体,不宜使用回风的场所。

(3) 一次回风空调系统 一次回风空调系统是指将来自室外的新风和来自室内的回风按一定比例混合,经过空气处理设备处理后再送入空调房间的空调系统。一次回风空调系统在舒适性空调、工艺性空调中被广泛应用。

(4) 二次回风空调系统 二次回风空调系统是将室内回风分为两部分,其中一部分(一次回风)与新风混合经过空气处理设备处理后,与另一部分没经过处理的空气(二次回风)混合,然后送入空调房间内。二次回风空调系统与一次回风空调系统相比较更为经济、节能。

第二节 集中式空调系统的运行管理

集中式空调系统是典型的全空气系统,它广泛应用于有舒适性和工艺性要求的各类空调工程中,是影剧院、大会堂、星级宾馆、大型商场、高档别墅以及对空气环境有特殊要求(恒温、恒湿、洁净)的各类工业厂房中应用最为广泛的空调系统。

一、集中式空调系统的组成

图 1-1 所示为喷淋式集中空调系统的空气处理装置结构示意图。

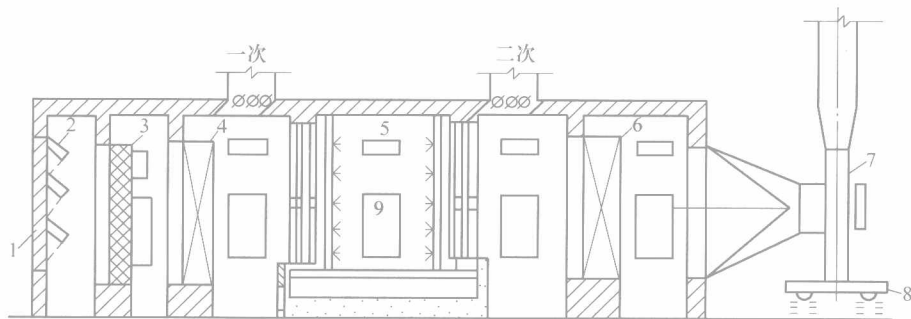


图 1-1 喷淋式集中空调系统空气处理装置结构示意图

1—新风百叶窗 2—保温窗 3—空气过滤器 4—预热器 5—喷水室
6—再热器 7—送风机 8—减震器 9—密封门

1. 空气处理设备

空气处理设备主要包括空气过滤器、预热器、喷水室(或表面换热器)和再热器等,是对空气进行过滤和各种热湿处理的主要设备。其作用是使室内空气到达预定的温度、湿度等。

2. 空气输送设备

空气输送设备主要包括送风机(回风机)、风道系统以及风量调节阀、防火阀、消声器和风机减振器等配件。空气输送设备的作用是将经过处理的空气按照空调房间的要求进行送风或回风。

3. 空气分配装置

它包括设在空调房间内的各种形式的送风口(例如百叶窗口、散流器)和回风口。空

气分配装置的作用是合理组织室内气流,以保证工作区内有均匀的温度、湿度、气流速度和洁净度。

集中式空调系统除了上述三个主要部分外,还有为空气处理服务的冷、热源和冷、热媒管道系统以及自动控制和自动检测系统等。

二、集中式空调系统的基本形式

一般民用建筑和生产厂家使用的集中式空调系统主要有:一次回风空调系统和二次回风空调系统。

1. 一次回风空调系统

一次回风系统的结构示意图如图 1-2 所示。

(1) 夏季空气处理过程 集中式一次回风空调系统,如果采用表冷器来对空气进行热湿处理,其处理过程的焓湿图如图 1-3 所示。

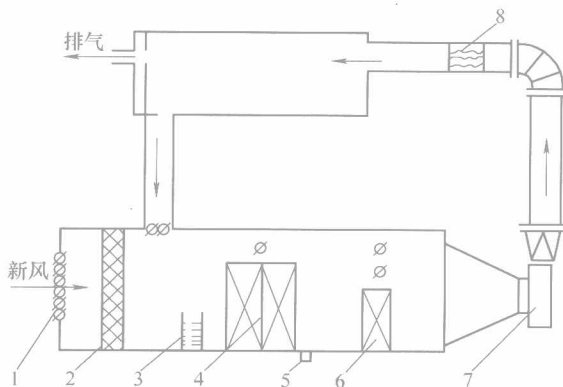


图 1-2 一次回风空调系统结构示意图

- 1—新风口 2—过滤网 3—电极加湿器 4—表面冷却器
5—排水口 6—二次加热器 7—送风机 8—精加热器

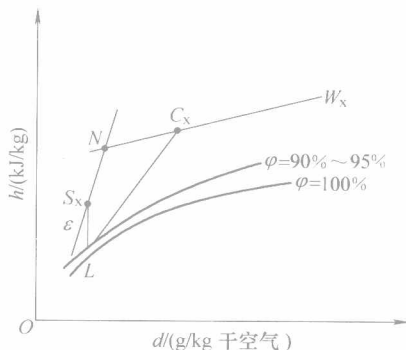


图 1-3 一次回风空调系统夏季空气处理过程焓湿图

W_x 状态的新风经新风百叶窗进入空调系统,首先经过过滤器,然后与室内处于 N 状态的空气(一次回风)进行混合得到状态点 C_x 。混合后的空气与表冷器进行热湿交换,达到机器露点 L 后经过再热器升温到 S_x 状态,送风机将 S_x 状态点的空气送入空调房间后,吸收房间内空气中的余热和余湿,变为室内空气状态点 N 。此时空气分为两部分,一是为了满足房间内卫生要求而被直接排放,另一部分作为一次回风回到空调系统进行再循环使用。

根据焓湿图,为了把一定量的空气从 C_x 点降温去湿到状态点 L 点,所需的制冷量设为 Q_0 ,那么

$$Q_0 = G(h_{C_x} - h_L) \quad (1-1)$$

制冷量 Q_0 由三个方面组成:①室内冷负荷;②室外新风冷负荷;③空气的再热负荷。

空调系统在夏季运行过程中利用回风,可节省系统的制冷量,节省制冷量的多少与一次回风量的多少成正比。但过多的采用回风量,难以保证空调房间内空气的卫生条件,使室内空气的品质恶化,所以回风量必须有上限限制。

室外新风量在空调工程中可以用百分比来表示:

$$m = \frac{G_{wx}}{G} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 G_{wx} ——新风量 (kg/s);
 G ——总风量 (kg/s)。

空调工程设计中,系统的新风量一般控制在 15% ~ 20%。

对于一般舒适性空调系统,在满足空调精度的情况下,为了节能,可采用最大送风温差送风,即用机器露点作为送风状态。这样既可免去再加热过程,使制冷系统负荷降低;又可以减少系统风量,节省空调系统运行费用。

(2) 冬季空气处理过程 冬季,集中式一次回风空调系统的空气状态混合点基本与夏季状态混合点相同,只不过随不同地区的气温差异,有时将新风先加热,然后再与室内回风混合(如北方地区),或先混合再加热;有时是直接和一次回风混合,而取消一次加热过程(如南方)。图 1-4a 所示是我国南方地区冬季空气处理方案示意图;图 1-4b 所示是我国北方地区冬季空气处理方案示意图。

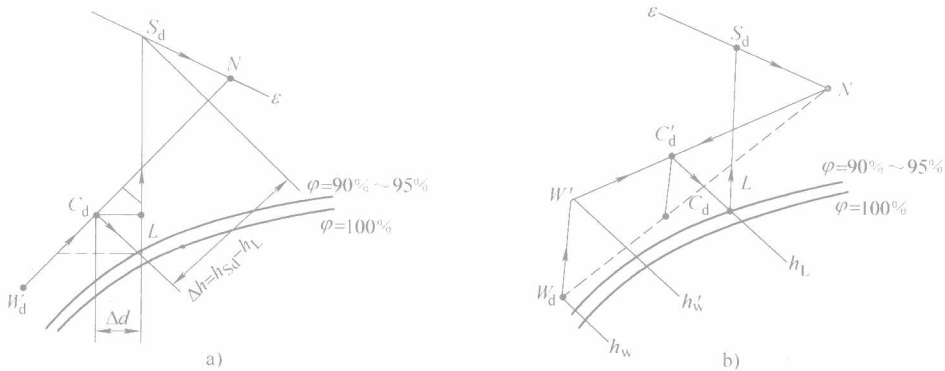


图 1-4 一次回风空调系统冬季空气处理方案

冬季,南方地区在进行空气处理时,要先将室外新风 W_d 与室内回风混合达到混合状态点 C_d ,然后将混合空气等温加湿到状态点 L ,然后等湿升温到送风状态点 S_d 。

若采用喷循环水来处理空气,则应尽可能用改变一次回风与新风比的办法,使混合点 C_d 落在 h_L 线上,这样可以省去一次加热过程。

冬季,北方地区由于寒冷,使室外新风的焓值很低。因此,在进行空气处理时,必须先对新风加热后再与室内一次回风混合,混合后再绝热加湿,达到状态点 L ,然后等湿升温到送风状态点 S_d 。

冬季北方地区的处理方案图中的虚线部分说明空调系统也可以采用先混合再加热,然后再绝热加湿到“露点”的处理办法。

2. 二次回风空调系统

为了提高空调装置运行的经济性,往往采用二次回风空调系统。二次回风空调系统与一次回风空调系统相比,在新风百分比同样的情况下,两者的回风量是相同的。在前面我们分析一次回风夏季处理方案时发现这样一种情况:一方面要将混合后的空气干燥除湿,冷却到机器露点状态;另一方面又要用二次加热器将处于机器露点温度状态的空气升温到送风状

态，才能向空调房间送风。这样“一冷一热”的处理方法造成了能源的很大浪费。二次回风空调系统采用二次回风代替再热装置，克服了一次回风的缺点，减少了系统的能耗。图 1-5 所示为集中式单风道二次回风空调系统示意图。

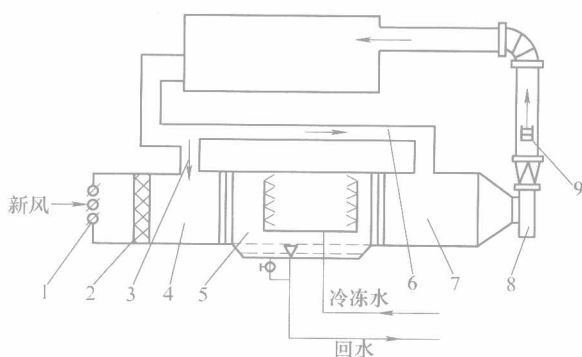


图 1-5 集中式单风道二次回风空调系统示意图

1—新风口 2—过滤器 3—一次回风管 4—一次混合室 5—喷雾室 6—二次回风管 7—二次回风室 8—风机 9—电加热器

(1) 二次回风夏季运行工况 从一次回风系统夏季运行工况图中的虚线可以看出，在夏季运行时，一方面要用冷水进行喷淋或采用表面冷却器把空气处理到露点；另一方面又要用二次加热器把处于露点温度状态的空气升温到 S_x 点后才送风，造成能量的很大浪费。为了解决这一问题，二次回风系统采用了将一部分室内循环空气与一定量的处于露点温度状态的空气混合，直接得到送风状态点 S_x 点，而不用再热器对空气进行加热升温处理。

二次回风空调系统夏季运行工况示意图如图 1-6 所示。过 N 点做热湿比线，并延长与 $\phi = 90\% \sim 95\%$ 的相对湿度线相交于 L' 点， L' 点就是二次回风系统的露点温度。 S_x 点既是系统的送风状态点，又是二次回风混合点 C'' 。这样处理的结果可以将二次加热过程去掉，达到节能运行的目的。

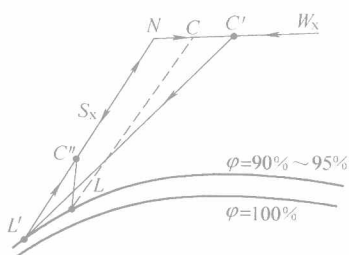


图 1-6 二次回风空调系统夏季运行工况示意图

(2) 二次回风空调系统冬季运行工况 二次回风系统冬季的送风量与夏季相同，一次回风量与二次回风量的比值也保持不变。冬季在寒冷的地区，当室外新风与回风按最小新风比混合后，其混合后空气的焓值还是低于所需要的机器露点焓值时，就要使用预热器加热混合后的空气，使其焓值等于需要的机器露点焓值。其运行工况示意图如图 1-7 所示。

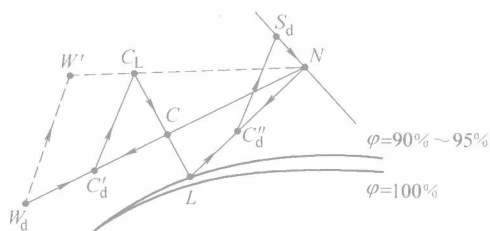


图 1-7 二次回风空调系统冬季运行工况示意图

冬季室外 W_d 状态的空气与室内一次回风混合后达到状态点 C'_d （或先加热再混合，如图中虚线）。由于参与一次混合的回风量少于一次回风系统的回风量，所以 C_d 的焓值也低于一次回风的混合点 C 的焓值。于是 C_d 状态点的空气等湿加热到 h_L 线上，再绝热加湿到冬季“露点”与二次回风混合到 C''_d 点，通过加热到达送风状态 S_d ；若是先加热后混合，则如图 1-7 中的虚线所示。

从前面分析的夏季空气处理方案来看，二次回风和一次回风空调系统都能节约冷量，尤

其是二次回风空调系统可以不使用热源，并省去了冷热量的互耗，节能效果更明显。

三、集中式空调系统的运行调节

一次回风空调系统在室内外空气状态及室内负荷变化的条件下，空调系统的运行调节措施如下。

1. 室外空气状态变化时的运行调节

全年室外空气状态按空调运行调节工况通常分为五区，如图 1-8 所示。

第 I 区域：室外空气焓值低于 h_N 以下的范围，在这一区域，需要预热器对新风进行加热，加热后的空气焓值达到 h_N ，然后与回风混合，再经绝热加湿到机器露点，经再热器加热到送风状态点 O 送入室内。随着室外空气焓值的增加，预热量逐步减小，当室外空气焓值等于 h_N 时，关闭预热器。

第 II 区域：室外空气焓值在 $h_N \sim h_{K0}$ 之间，该区域采用改变新回风混合比进行调节。随着室外空气焓值的增加，应逐渐加大新风量，减小回风量，直至关闭回风阀。

第 III 区域：室外空气焓值在 $h_{K0} \sim h_K$ 之间，这一区域可以采用改变室内参数的设定值，调节新回风比进行调节。

第 IV 区域：室外空气焓值在 $h_K \sim h_B$ 之间，该区域的调节方法是采用全新风，改变喷水温度，随着室外空气焓值的增加，喷水温度逐渐降低，这一阶段需要使用冷冻水。

第 V 区域：室外空气焓值在 $h_B \sim h_H$ 之间，该区域也采用改变喷水温度的调节方法，应采用最小新风比，以节省冷量。

各区运行调节情况可归纳为图 1-9。

2. 室内负荷变化时的调节

室内人体、照明、设备的散热、散湿量，随着室内人数的多少，照明装置的开启和设备使用情况的变化而变化；室外气象条件的变化也会引起室内热湿负荷的变化。为了保证室内温、湿度的控制要求，必须根据室内热湿负荷的变化情况对中央空调系统进行相应的调节。

对于以人体散湿为主的舒适性空调，湿负荷变化产生的影响很小，通常不考虑。而主要对热负荷引起的室温的变化进行调节。其常用的调节方式有：质调节、量调节、混合调节三种。

(1) 质调节 质调节是只改变送风

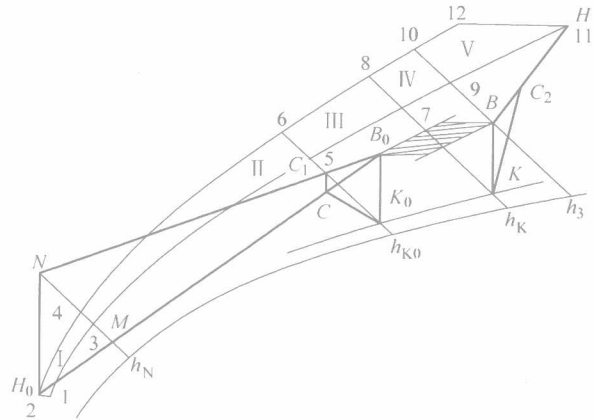


图 1-8 全年性调节

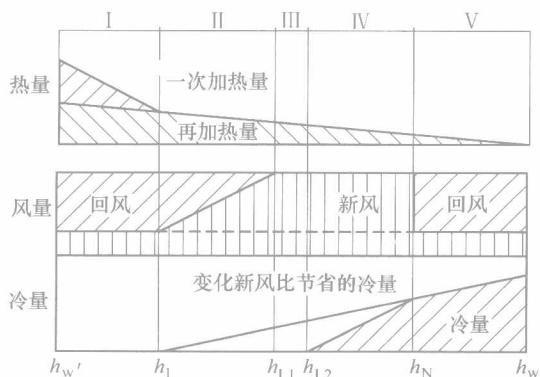


图 1-9 一次回风空调系统全年运行调节图

状态参数，不改变送风量的调节方式。要改变送风状态参数，可以通过调节新回风量的混合比例、冷冻水量或水温来实现，以保持室内空气状态在控制范围内。

如图 1-10 所示，在设计工况时，送风状态点为 L ，热湿比为无穷大，室内空气的状态点为 N ，室外空气状态点为 W ，新回风混合点为 C 。当室内空调冷负荷减小时，在送风量 G 不变的情况下，如果仍按状态点 L 送入房间，则由式

$$G = Q / (h_N - h_L) \quad (1-3)$$

可知，室内空气状态点 N 要变为 N' ，室内的温度降低。为了在 Q 减小的情况下仍保持 N 不变，可以采取提高送风温度的措施来解决，即 L 点变为 L' 。提高送风温度的措施有下列三种：

1) 房间送风量不变，调节新回风比。增大新风量，减小回风量，可以使新回风混合状态点从 C 点变为 C' 点，如图 1-11 所示。由于处理混合空气的冷量 Q_0 仍保持不变，则有

$$Q_0 = G(h_C - h_L) = G'(h'_C - h'_L) \quad (1-4)$$

通过上式可以求出 h'_C 。由热平衡方程：

$$G'_W h_W + G'_N h_n = G h'_C \quad (1-5)$$

质量平衡方程：

$$G = G'_W + G'_N \quad (1-6)$$

求出增大后的新风量 G'_W 和减小后的回风量 G'_N ，然后相应调节新风阀和回风阀的开度。将室内温度与新回风比例或新回风阀门的开度用表或曲线关系图表示。在实际运行调节工作中仅借助图表就可以方便、准确地进行调节操作。这种调节方法在室内负荷降低的情况下，消耗的冷量却没有减少，而要求的冷冻水温度更低一些，因此从节能角度来讲是不利的。

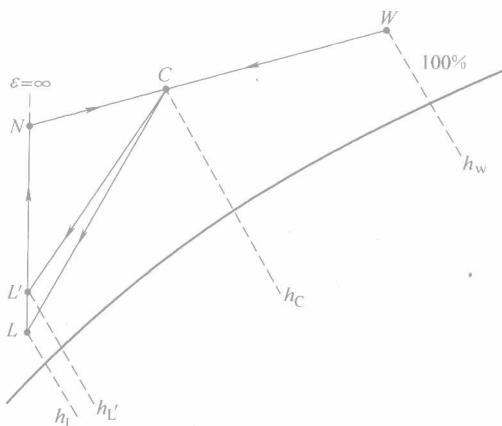


图 1-10 调节进水温度改变送风状态点

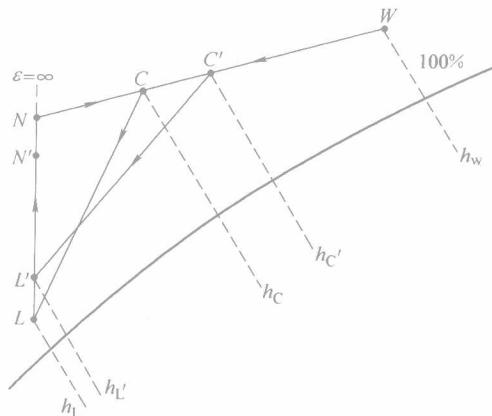


图 1-11 调节新回风比改变送风状态点

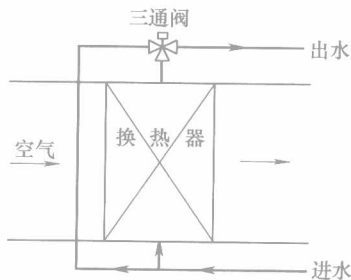


图 1-12 用三通阀调进水量

2) 水温不变, 调节冷冻水量。由热平衡知冷冻水与空气的热交换关系式为

$$G(h_c - h_L) = Wc(t_{w2} - t_{w1}) \quad (1-7)$$

式中 W ——冷冻水量 (kg/s);

c ——水的比热容 [kJ/(kg·K)];

t_{w1} ——冷冻水初温 (°C);

t_{w2} ——冷冻水终温 (°C)。

由式 (1-7) 知, h_L 增大至 h'_L , 减小冷冻水量 W 即可; 反之增大冷冻水量 W 。冷冻水量的调节可以由直通阀或三通阀来实现, 如图 1-12 所示。采用直通阀调节时, 干管的水量也会发生相应的变化, 从而影响水系统其他设备水量的变化, 产生相互干扰。三通阀可以避免上述的问题, 达到互不干扰的效果。

3) 水量不变, 调节水温。由式 (1-7) 可以看出, 要使 h_L 增大至 h'_L , 提高 t_{w1} 即可, 反之降低 t_{w1} 。水温通常是通过改变回水量与冷冻水量的比例进行调节, 如图 1-13 所示。

(2) 量调节 量调节是只改变送风量, 不改变送风参数的调节方法。在空调系统中, 可以通过调节风机的送风量或调节风管上的调节阀来改变风量, 使之适应室内负荷的变化, 从而保持室内空气状态在控制范围内。

空调系统的风量常采用改变风机的转速来调节, 而调节风阀会增加流动阻力, 从而增加电能消耗。

改变系统风量时, 应注意系统风量的减少对房间气流组织的影响。风量减少过多, 会影响室内气流分布的均匀性和稳定性, 进而影响空调的效果。所以规定房间的最小送风量不小于设计送风量的 50%; 同时为了保证人体对室内空气品质的要求, 还应满足房间的最小新风量和换气次数的要求。据此确定房间的最小送风量, 即是风量调节的最小值。

(3) 混合调节 混合调节是指既改变送风状态, 又改变送风量的调节方法。由于质调节和量调节的使用都受一定的调节范围限制, 如冷冻水温、最大送风温差、最小送风量等, 采用混合调节可以避免上述问题, 有效控制房间的空气状态。但要注意两种调节效果的一致性, 否则所产生的调节作用相互抵消, 不仅达不到调节的目的, 而且浪费能源。

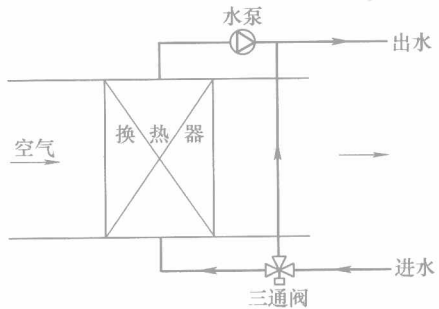


图 1-13 用三通阀加水泵调进水温度

第三节 半集中式空调系统的运行管理

在民用建筑空调中多采用半集中式空调系统, 即风机盘管加独立新风系统。风机盘管是风机盘管机组的简称, 属于小型空气处理机组。风机盘管安装在空调系统的末端即房间, 可以灵活、简便地进行单机调节, 以适应房间的负荷变化, 控制其温、湿度等参数在一定范围内。

一、风机盘管机组的结构

风机盘管机组由风机、风机电动机、盘管、空气过滤器、凝水盘和箱体等构件组成, 如图 1-14 所示。

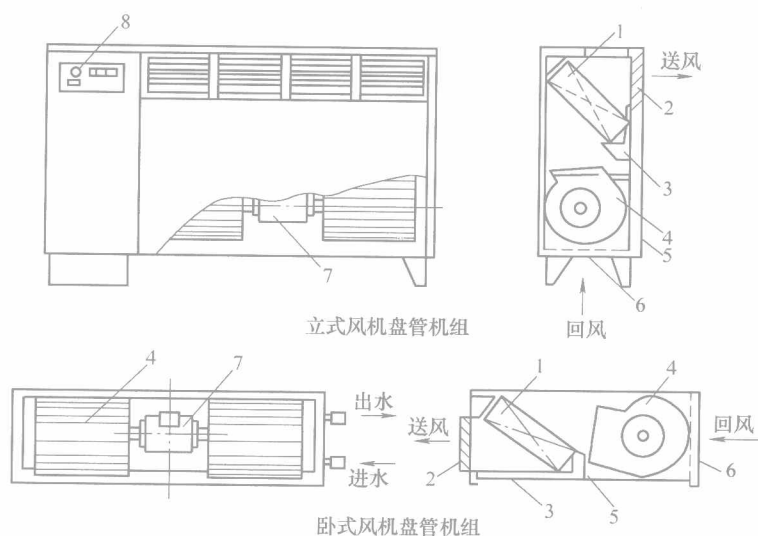


图 1-14 风机盘管机组的结构

1—盘管 2—出风格栅 3—凝水盘 4—风机 5—箱体 6—空气过滤器 7—电动机 8—控制器

风机常用离心式和贯流式风机，风量为 $250\text{m}^3/\text{h} \sim 2500\text{m}^3/\text{h}$ 。叶轮材料多为镀锌钢板制作，还可用铝板及工程塑料等。

电动机为单相电容运转式，通过调节电动机的输入电压来调节其转速。电动机通常有高、中、低三挡转速，从而有相应的高、中、低三挡风量可以进行调节。国产系列电动机均采用含油轴承，使用时不用加注润滑油，并可连续运行 10000h 以上。

盘管一般采用外径为 10mm、壁厚为 0.5mm 的紫铜管制作，用铝片作为其肋片（翅片），铝片厚度 0.15~0.2mm，片距 2~2.3mm 左右。紫铜管与肋片间采用胀管连接工艺，盘管的排数有二排、三排、四排等类型。

二、风机盘管机组的运行调节

风机盘管机组的运行调节方式很多，目前常用的有风量调节和水量调节两种方式。

1. 风量调节

通过调节电动机的转速来改变风机盘管机组的送风量，有有级调速（三级）和无级自动调速等方法。

(1) 有级调速 高、中、低三挡手动调节风量是风机盘管机组最常用的调节方法。用户可以根据自己的需要来选择盘管的送风挡。其不足是调节挡较少，室内的状态参数变化较大，对室内负荷的变化适应性较差。

(2) 无级自动调速 无级自动调速是借助一个电子温控器来完成的，用户在启动风机盘管后根据自己的要求设定一个室温即可。温控器的温度传感器会适时检测室内温度，通过与设定室温的比较来自动调节风机盘管的输入电压，从而对风机的转速进行无级调节。温差越大，风机的转速越高，送风量越大；反之，送风量就小。如此实现风机盘管送风量的自动控制和无级调节，使室温控制在设定的范围内。无级自动调速对室内负荷的适应性较好，能免去用户的调节操作和不及时调节造成的不舒适感，是一种比较平缓的细调节方法。

风量调节法比较简单，操作方便，容易实现。但在风量过小时会使室内的气流分布受影