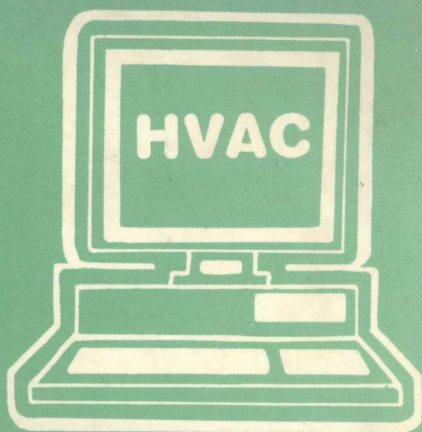


王新泉 田长青 蒋玉娥等 编著

暖通计算机 应用程序设计



西南交通大学出版社

暖通计算机应用程序设计

王新泉 田长青 蒋玉娥等 编著



西南交通大学出版社

暖通计算机应用程序设计

王新泉 田长青 蒋玉斌等 编著

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 二环路北一段 610031)

化学工业部地质勘探公司印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.125

字数:391千字 印数:1—3 000册

1996年9月第1版 1996年9月第1次印刷

ISBN7-81022-976-1/T·201

定价:20.00元

内 容 简 介

本书是根据作者多年来从事科学研究的成果和为高等院校暖通空调专业学生讲授“暖通计算机应用”课程的教学实践经验撰著而成的。作者结合暖通空调专业中有关计算问题,讲述一些实用性较强的应用程序设计编制方法,系统地介绍了暖通空调专业计算程序化的知识和方法。

全书共分六章,主要包括暖通空调专业常用工质热物理性质和热力性质计算,传热计算,室内供暖系统的设计计算,通风、空调系统的设计计算,制冷系统的热力计算,风机特性曲线方程的拟合等方面的计算机应用程序的设计编制方法以及暖通空调 CAD 技术初步。本书内容丰富,立足实用,详细讲述了如何运用专业技术知识和计算机高级语言编制暖通专业有关应用程序的方法和技巧,书中结合专业计算的应用程序选题广泛,具有实用性、通用性,是暖通空调制冷专业科技人员在学习工作中经常使用的基本应用程序。

本书兼顾应用与教学两方面的需要,适合供热通风与空调工程专业学生和从事工程设计、科研、运行管理等工作的供热通风与空调工程专业广大工程技术人员阅读参考,也可作为高等院校供热通风与空调工程专业开设“暖通计算机应用”之类课程的教材。

前 言

当今是科学技术飞速发展的时代,计算机技术得到迅速发展和推广,已渗透到社会的各行各业和各种学科中,成为现代人类活动不可缺少的工具,极大地提高和扩充了人类脑力劳动的效能,开辟了人类智力解放的新纪元。应用计算机已是现代科学技术和生产力发展的重要标志,掌握计算机知识和应用技术已成为当代高级技术人员必须具备的素质,是其知识结构的重要组成部分。

计算机在某个专业的应用水平并不仅仅取决于计算机技术本身发展水平,更重要的是与该专业科技人员掌握计算机知识和应用计算机的能力、水平有关。计算机在暖通专业中的应用和发展,有赖于更多的暖通专业科技人员掌握计算机知识,积极开辟计算机在暖通专业的应用范围,促使更广泛的应用。

暖通空调专业的设计计算量较大,且非常烦琐。例如供暖、空调负荷的计算,供暖、空调水系统的设计计算,通风、空调系统的风道设计计算,暖通空调设备的选型计算,室内通风、空调的气流组织的设计计算,空调过程的工况分析和能量分析,空调建筑热过程,空调系统及空调设备的计算机模拟,供热、通风、空调等系统的各种运行参数的自动检测、记录、处理和计算机控制管理等。因此有必要利用计算机技术协助暖通空调专业的设计人员、施工安装人员和运行管理人员进行这些常规的专业计算,把暖通空调专业工程技术人员从繁重的重复性手算中解脱出来。近几年来,国内也曾出版过一些有关计算机在暖通专业应用的书籍,但我国从事暖通空调技术工作的科技人员有数万之多,相比之下,无论是种类还是数量都远远满足不了程度各不相同的广大暖通空调科技人员学习、应用计算机的需要。常言道“尺有所短,寸有所长。”也许正是由于这个朴素的道理,鼓舞我们不揣浅陋,将多年来从事科学研究的成果和为高等院校暖通专业学生讲授“暖通计算机应用”这门课程的教学实践经验进行总结整理,撰写集结成册,抛砖引玉,亦兼应部分院校教学之需。

大多数人已取得这样一种共识:程序设计应该是计算机应用人员的一项基本功,也是大学生在校学习期间的一项基本训练。学生通过学习程序设计,可以具体地了解计算机是怎样进行工作的,知道计算机能做什么和不能做什么,才不致于在使用计算机时只知其然而不知其所以然。在程序设计课程中所接触到的一些基本概念(如选择、循环、子程序、数据类型等)在后续课程中都会用到,它们是必备的基础知识。只有掌握程序设计的知识,才能具有一定的开发能力。这是大学生和一般操作人员的重要区别。国家教委工科计算机基础课程教学指导委员会和全国高校计算机基础教育研究会也指出,程序设计是计算机基础教育的基础和重点。全国各大中专院校都开设有“高级语言程序设计”课程,而且大部分院校对工科各专业是选择 BASIC 语言来讲授程序设计方法,加上 BASIC 语言本身特点,使 BASIC 语言成为诸多计算机高级程序语言中普及率最高的一种语言。广大暖通空调专业科技人员在实际工作中也常用 BASIC 语言编写程序,解决实际工作中一些具体问题。谭浩强教授最近撰文指出,“选用什么高级语言,本来不是一个大的原则问题。因为语言只是一种编程的工具,只要能解决问题,对培养学生工作能力有利即可。切忌片面性和‘一阵风’。例如,有人一听 BASIC 就认为‘低级’,一听 C 就认为‘高级’,不问什么专业、不管学生基础,一律要求学生学 C 甚至 C++。我认为这种做法缺乏具

体分析。高级语言的选择,应取决于语言的功能、专业的性质、将来工作岗位的需要、学生的基础及设备条件等。不能简单地说哪一种语言‘高级’,哪一种语言‘低级’,只能说哪一种语言适合于哪个领域和哪类对象。”谭浩强教授又说,“许多人对 BASIC 语言的了解和指责仍然停留在早期的 BASIC 上,……我建议那些动辄指责 BASIC 语言‘低级’的同志,首先了解一下 BASIC 语言的发展状况,深入剖析每一代 BASIC 语言的特点,把它与其它语言作全面的比较,然后作出符合实际的结论,切忌以偏概全。……不分对象普遍学习 C 语言,事与愿违。……从培养学生程序设计知识和基本应用能力的要求来看,学好第三代 BASIC 所取得的效果,并不亚于学习 FORTRAN”。微软公司认为“BASIC 语言由于具有最高的知名度,将仍然是它的专业程序设计人员和实力用户的首选语言”。可以说,BASIC 语言的功能与其它优秀语言相比毫不逊色。因此,我们选择 BASIC 语言来介绍如何结合专业设计编制应用程序的方法与技术。

本书是在读者基本掌握一种计算机高级语言的基础上,结合暖通空调专业中有关计算问题,介绍讲述一些实用性较强的应用程序设计编制方法。本书内容丰富,立足实用,详细讲述了如何运用专业技术知识和计算机高级语言编制暖通专业有关应用程序的方法和技巧,书中主要章节都安排有密切结合专业计算的应用程序。这些应用程序虽大小不一,风格不同,但选题广泛,具有实用性、通用性,都是暖通空调、制冷专业科技人员在学习、工作中要经常使用的基本应用程序。主要包括暖通专业常用工质热物理性质和热力性质计算、传热计算、室内供暖系统的设计、通风空调系统的设计计算、制冷系统热力计算、风机特性曲线方程的拟合等方面的计算机应用程序的编制方法以及暖通空调 CAD 技术初步。读者在研读这些典型应用程序的基础上,不难举一反三,扩大应用范围。在写作过程中,作者力求取众家之长,树自家风格。遵循读者认识规律,即保持一定的理论深度,又要便于读者理解,使读者能循序渐进地掌握计算机应用程序设计技能。

本书兼顾应用与教学两方面的需要,适宜供热通风与空调专业学生和从事工程设计、科研、运行管理等工作的供热通风与空调专业广大工程技术人员阅读参考,也可作为高等院校供热通风与空调工程专业开设“暖通计算机应用”之类课程的教材。

为了方便读者使用本书中的应用程序,作者将书中全部程序和相应的测试程序存放在软盘上,考虑到读者所学习的计算机高级语言不同,软盘同时用 BASIC 和 FORTRAN 两种语言给出书中全部子程序,供读者使用,有需要者可与作者联系。

本书由郑州纺织工学院王新泉(绪论和第 2 章)、田长青(第 1 章和第 3 章第 1 节)、蒋玉娥(第 3 章第 2、3 节)、天津商学院高佛佑(第 4 章)、河南省纺织高等专科学校蔡颖玲与李莉(第 5 章)、郑州纺织工学院张定才与魏文建(第 6 章)分工合作撰写,全书由王新泉、田长青修改定稿后付梓。在写作、出版过程中承蒙西南交通大学曹琦教授、上海医科大学金锡鹏教授、河南省公安厅计算机室主任曹隆业高级工程师热情帮助,另外沈潋小姐也为本书的出版作出了贡献,志此谨致谢意。

“物之初生,其形必丑”,欢迎读者不吝批评赐教。

作者 谨识

1996 年初夏 郑州

目 录

绪论	1
第一章 室内供暖系统的设计计算	11
§ 1.1 供暖系统设计热负荷计算	11
§ 1.2 热水供暖系统的水力计算	14
第二章 通风系统的设计计算	21
§ 2.1 通风管道的阻力计算	21
§ 2.2 均匀送风管道的设计计算	25
§ 2.3 风机特性方程的拟合	29
第三章 空调工程的基本计算	37
§ 3.1 空气热物理性质参数的计算	37
§ 3.2 湿空气热力状态参数的计算	41
§ 3.3 空气调节冷负荷计算	54
第四章 制冷工程的热力计算	65
§ 4.1 氟里昂热力性质计算方程式	65
§ 4.2 常用氟里昂热力性质计算	74
§ 4.3 蒸气压缩式制冷循环的热力计算	81
第五章 暖通专业中基本传热问题的计算	89
§ 5.1 导热理论基础	89
§ 5.2 稳态导热的数值解法	90
§ 5.3 非稳态导热的数值解法	101
§ 5.4 对流换热试验数据处理	107
§ 5.5 换热器的设计计算	109
第六章 暖通空调 CAD 技术初步	113
§ 6.1 概述	113
§ 6.2 暖通空调 CAD 的二次开发	115
§ 6.3 暖通空调 CAD 设计开发程序示例	129
计算机程序	142
1.1 供暖系统设计热负荷计算程序	142
1.2 热水供暖系统水力计算程序	150
2.1 通风管道水力计算程序	161
2.2 均匀送风风道设计计算程序	166
2.3 拟合风机特性曲线方程的程序	170
3.1 空气热物理性质参数计算程序	182
3.2 湿空气热力状态参数计算程序	191
3.3 空气调节冷负荷计算程序	206
4.1 氟里昂热力性质计算程序	215

4.2 蒸气压缩式制冷循环的热力计算程序	228
5.1 一维稳态导热(高斯—列主元消去法解线性方程组)计算程序	234
5.2 一维稳态导热(高斯—赛德尔迭代法解线性方程组)计算程序	237
5.3 二维稳态导热(高斯—列主元消去法求解线性方程组)计算程序	240
5.4 一维非稳态导热计算程序	244
5.5 对流换热试验数据处理程序	246
5.6 换热器设计计算程序	251
参考文献	255

绪 论

电子计算机是二十世纪人类最伟大、最卓越的技术发明之一。在历史上,人类以往所创造的任何工具或机器都是人类四肢的延伸,弥补了人类体能的不足;而计算机则是大脑的延伸,极大地提高和扩充了人类脑力劳动的效能,开辟了人类智力解放的新纪元。

自 1946 年第一台计算机诞生以来,在短短的 50 多年间得到飞速发展和推广,产生了巨大影响,极大地提高了社会生产力,引起了社会广泛而深刻的变革。计算机的发展,使人类的创造力得到了充分的发挥,以不可逆转的气势,改变着社会的面貌,已是现代人类活动不可缺少的工具。计算机的普及和应用已成为现代科学技术和生产力发展的重要标志。当前,计算机已渗透到社会的各行各业和各个学科中,极大地推动了技术发展,使研究水平发生了质的飞跃;掌握计算机知识和应用技术已成为当代高级技术人员必须具备的素质,是其知识结构的重要组成部分。

1. 计算机技术发展概况

人类为了计数,从最初的计数工具(手、石子、贝壳、木棒、绳结)到现代的电子计算机经历了漫长的几千年的历史,但自 1946 年诞生了第一代电子管计算机后,仅仅只有半个世纪,计算机的发展就经历了五代。在 1956 年研制成功了第二代晶体管计算机,第三代中小规模集成电路计算机是 1964 年制成的,接着在 1971 年就生产出第四代大规模集成电路计算机。这四代的计算机系统仍是以冯·诺依曼型为主。随着大规模集成电路的迅速发展,计算机的性能越来越强,价格越来越低,计算机在各个领域得到了广泛应用,同时各个应用领域为了开拓更新的领域,也向计算机技术提出了更高的要求,反过来极大地促进计算机技术不断发展。为了突破冯·诺依曼瓶颈障碍,进行了第五代计算机的开发。第五代计算机表现为“巨(型化)、微(型化)、网(络化)、智(能化)”。所谓“巨型化”是指发展运算速度快、存储容量大、功能强的超大型计算机;“微型化”的计算机可渗透到诸如仪表、家用电器、导弹头等中小型机无法进入的领地,当前微型机的标志是运算部件和控制部件集成在一起,将来逐步发展为存储器、通道处理机、高速运算部件的集成,进一步将系统软件固化,从而达到微型机系统的集成;计算机“网络化”是指在广大的地理区域内,将分布在不同地点的不同机型的计算机和专门的外部设备由通信线路互联,组成一个规模大、功能强的网络系统。计算机网络化的目的是使网络内众多的计算机系统灵活方便地收集、传递信息,共享计算机资源,近年来已形成研制、应用计算机网络的热潮;计算机“智能化”是对计算机和控制理论专家们极富吸引力的研究方向,他们对之倾注了极大的热情,是第五代计算机要实现的目标。人工智能的研究使计算机突破了“计算”这一初级含义,从本质上扩充了计算机的能力,让计算机模拟人的感觉、行为、思维过程的机理,使计算机具备“视觉”、“听觉”、“语言”、“行为”、“思维”、逻辑推理、学习、证明等能力,形成智能型、超智能型计算机,可以越来越多地代替或超越人类脑力劳动的某些方面。如果说第五代计算机是具有人的逻辑判断功能的“左脑”型计算机,那么第六代计算机将是具有人的图像识别和直感功能的“右脑”型计算机,它将能根据直感或综合相关信息进行判断并做出回答。作为计算机科学

技术的一个重要分支,整个世界都在注视着它的研究状况。

当今的计算机主要有以下几种类型:

(1)巨型机

巨型机的特点是高速度、大容量,这类计算机的运算速度可达到每秒百亿次。当今世界上有很多国家为了适应现代科学技术和国防尖端技术发展的需要(如某些科技工作要求计算速度达到每秒万亿次),不惜投入巨资研制开发速度更快、性能更强的超级计算机。巨型机的研制水平、生产能力和应用程度已成为衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志。

(2)大型通用机

大型通用机的特点是有极强的综合处理能力,极大的性能覆盖面,注重为用户提供友好的人机界面和应用环境,具有通用性。主要用户是银行、政府部门和一些大型公司、制造厂家等,所以人们称大型机为“企业级”计算机。

(3)小型机

小型机结构简单,可靠性高,便于维护,易于操作,机器规模小,设计试制周期短,便于及时采用先进技术生产;小型机市场需求量大,不仅硬件成本低,而且软件成本也低,应用范围广,对用户具有吸引力。

(4)微型机

微型机的出现和迅速发展,大大加快了计算机的推广普及。自1971年美国Intel公司首次用Intel4004四位微处理器制成世界上第一台微型机以来,到现在短短二十年来,微处理器及相应微型机就经历了四代变迁。近年来,微型机技术更是飞速发展,更新换代的周期更短。平均每2—3个月就有新产品问世,平均每2年芯片集成度就提高一倍,性能提高一倍,价格降低一半,产品就会更新换代一次。微型机的发展趋势是运算速度更快,体积更小,重量更轻,价格更便宜,使用更方便,便携式系统将部分替代台式系统,并不断开辟新的应用领域。

计算机软件是指使用计算机和发挥计算机效率的一系列程序及文件,它包括各种计算机语言、汇编程序与编译程序、诊断程序、管理程序与操作程序、数据库管理系统、应用程序、各种使用维护手册等。计算机软件是用户和计算机硬件之间的桥梁,被人称之为计算机利用技术,是计算机系统的真正价值所在。随着计算机应用不断发展,计算机软件已成为一种极为宝贵的知识资源,它的价值已超过了计算机硬件本身。

计算机语言(程序设计语言)和计算机操作系统是计算机软件的两个重要组成部分,人们利用计算机时,必须通过某种计算机能理解的语言向计算机下达指令,交代任务。计算机语言已经历了机器语言(第一代语言)、汇编语言(符号语言—第二代语言)和高级语言(算法语言—第三代语言)从低级语言向高级语言的发展过程,近些年来,非过程语言(第四代语言)和智能性语言(第五代语言)又相继问世。如果说第三代计算机语言是要求计算机使用者告诉计算机怎么做,那么第四代计算机语言只是要求计算机使用者告诉计算机做什么,因之,第四代计算机语言被人称之为面向目标的语言。第五代语言除具有第四代语言的基本特征外,还具有许多新的功能,特别是具有一定的智能,如PROLOG语言。它广泛应用于抽象问题的求解、数据逻辑、公式处理、自然语言理解、专家系统和人工智能等许多领域。随着计算机的广泛应用,计算机语言还会不断发展、完善,其功能会更强,使用会更方便。

计算机操作系统从无到有、从大到小,功能不断增强。它是随着计算机硬件和软件的发展而发展的。它的发展大致经历了手工操作、管理程序和操作系统三个阶段。在第一代计算机中,

由于计算机运算速度较慢,应用尚未普及,操作系统还未产生,人们用手工方式使用计算机。显然,这种手工操作方法很落后。当计算机发展到第二代之后,计算机运算速度不仅有了很大提高,而且存储量也大大增加。于是人们想到了利用计算机自身能力来管理计算机,开发了“管理程序”,对计算机软、硬件进行管理、调度。管理程序以半自动化的方式控制计算机,协助操作员操作计算机,此外还负责管理计算机内部资源。60年代中期,第三代计算机诞生,计算机的内存和外存容量都大大增加,给操作系统形成创造了物质基础,于是功能简单的操作管理程序迅速发展成为一个重要的软件分支——操作系统。现在操作系统已成为计算机系统不可缺少的组成部分。MS-DOS操作系统是为PC机开发的磁盘操作系统,广泛应用于PC机及其兼容机。UNIX系统是一个设计精巧、简单、有效易懂的通用、多用户的计算机分时系统,其主要特点是开放性,可在不同类型的计算机上运行,现已成为高档微机和若干个小系列机上的主要操作系统,广泛应用于科研、教学、工业和商业领域。UNIX系统是当今流行的操作系统,已成为通用的标准系统,受到计算机学术界的承认和广大用户的欢迎。

2. 计算机与新技术革命

科学技术的发展,创造了全新的劳动手段,也使生产过程发生了根本的变化,保证了劳动生产率的生长。

工业革命以后,人类的劳动是通过动力机→传动机→工作机来完成的。而今天,由于计算机、自动控制和通讯的应用,不仅充分地发挥了原有的劳动手段,而且出现了许多在原理上和功能上有质的变化的劳动手段,出现了许多全新的生产工艺和流程。目前计算机已渗透到各行各业,遍及各个角落,天上的卫星、航天飞机,地上的火车、汽车,江河湖海中的轮船、舰艇,精密的科学仪器、通讯设备、医疗器械和教学设备,工厂中的生产控制和管理,银行、保险、仓库、商店、办公室,直到家庭中的各种电器,……,由半自动化到自动化,到目前的计算机集成制造系统(CIMS),出现了无人工厂。真是处处都有计算机,时时都在用计算机。计算机本身是高技术,它在各个高技术领域中的广泛应用,极大地推动了这些高技术的发展。

可是当今的计算机已不仅仅是在进行计算,它做的更多的工作是处理信息(收集、存储、传送、分编、判断、书写)。人类文明已经进入一个快速变化的重要时期,信息交流在人类社会文明发展过程中发挥着重要作用。信息技术对社会全方位的渗透,影响着人类的思维、记忆与交流,它在工厂自动化、办公自动化、计算机辅助设计、计算机辅助教育、语言识别与合成、机器翻译、电子出版、电子金融系统、计算机情报检索,家庭信息中心等领域都有广泛的应用。信息技术影响之广,已几乎涉及到一切领域,从经济到政治、从军事到教育、从生产到消费、从社会结构到个人生活方式……,使许多领域发生了革命性的变化,从生产力变革和智力开发两个方面在推动着社会文明的进步,对人类社会产生了深刻的影响。

计算机作为信息处理工具,在存储信息和信息交流传播方面发挥着核心作用,是其它任何技术都无法相比的,它在信息处理能力方面还在迅速地提高。计算机正被社会各行业所接受,适应了社会实际需要,获得广泛应用。计算机的普遍应用又反过来促进了科学技术的迅速发展,使人类社会的物质文明和精神文明达到更高的水平。

计算机具有逻辑思维功能,可以独立进行加工,产生进一步思维活动,最后产生思维成果。可以认为计算机思维活动是一种物化思维,是人脑思维的一种延伸。这种延伸克服了人脑思维

和自然语言方面的许多局限性,计算机的高速度、大容量、自动运行等特性大大提高了人的思维能力,扩大了人的思维,延伸了人的思维功能,是支持人脑进行逻辑思维的现代化工具,它引起了语言的重构和人类记忆系统的更新。也就是说,人类谋求生存和发展过程中,在创造方式、方法、过程和结果都发生了根本变化:不仅精神文明发生了变化;而且产生了许多更有益于人类的成果。计算机技术冲刷着人类创造的基础、思维和信息交流,冲刷着人类社会各个领域,改变着人的观念和社会结构。可以这样说:现代人类创造活动中,越来越离不开计算机。

如果说当年的工业革命延长了人类的双手,把人类从体力劳动中解放出来;那么当今以计算机技术为代表的新技术革命则是扩展了人类的大脑,计算机将代替人的部分器官功能和部分脑力劳动,新技术革命与计算机的应用及发展是紧密联系在一起的。

现在计算机的应用已遍及人类社会的方方面面,若从学科划分,主要有以下几个方面:

- (1) 科学计算;
- (2) 事物处理,包括管理信息系统(MIS)、办公自动化(OA)和社会自动化(SA)等;
- (3) 人工智能,包括机械人专家系统等;
- (4) 计算机辅助设计及制造(CAD、CAM)和计算机集成制造系统(CIMS);
- (5) 计算机网络通讯。

以上所列举的计算机在各个领域中的应用仍处在迅速发展阶段,每一个学科都是一门专门的学问。限于本书讨论范围,就不再作更详细的介绍。

3. 计算机在暖通空调专业中的应用

计算机技术应用于暖通空调工程技术领域是从负荷计算和建筑物能量分析开始的。60年代后期,在世界性能源危机影响下,为了节能,要求用精确的动态计算方法计算空调负荷;在70年代中期,主要是建立精确的数学模型,将数学模拟方法运用到建筑热过程中,编制相应的计算机应用程序,以实现建筑热过程的计算机模拟。从70年代中期至80年代中期,主要是改进传递函数计算方法,发展建筑物能量分析方法,对建筑热过程和空调系统进行详细的计算机模拟和控制。80年代中期以后,计算机在暖通空调工程领域中应用以CAD(Computer Aided Design)技术的开发和应用为标志,跨入一个新的阶段,并以极高的速度发展、普及开来。进入90年代以来,暖通空调工程领域中出现了CAD技术与计算机专家系统相结合的智能化ICAD(Intelligent CAD)系统,使暖通空调工程领域中计算机应用技术产生了质的飞跃。目前,暖通空调工程领域中计算机应用技术正进一步向IIICAD(Intelligent—智能化、Integrated—一体化、Interactive—交互式)和CIMS(计算机集成制造系统)方向发展。

3.1 数值计算和计算机模拟

暖通空调专业的设计计算量较大,且非常烦琐。例如,供暖、空调负荷的计算,供暖、空调水系统的设计计算,通风、空调系统的风道设计计算,暖通空调设备的选型计算,室内通风、空调的气流组织的设计计算,空调过程的工况分析和能量分析,空调建筑热过程,空调系统及空调设备的计算机模拟,供热、通风、空调等系统的各种运行参数的自动检测、记录、处理和计算机控制管理等。因此有必要利用计算机技术协助暖通空调专业的设计人员、施工安装人员和运行管理人员进行这些常规的专业计算,把暖通空调专业工程技术人员从繁重的重复性手算中解

脱出来。暖通空调计算机应用的初级阶段主要是从事这方面的计算机应用程序的编制工作。这类工作的特点是把原来利用公式、图表的手算过程编成计算机程序,当已知条件确定时,将之输入计算机,经过计算机运算后输出计算结果。这虽然大大减轻了暖通空调专业工程技术人员繁重的手算工作量,但并未从本质上对计算方法产生变革,也没有真正开发计算机资源,体现计算机的优点。

但计算机技术的引入,为变革传统计算方法,提供了计算工具。众所周知,通过建筑围护结构的传热,是构成供暖、空调冷、热负荷的重要组成部分,而冷热负荷问题不仅仅是个负荷计算方法和能量分析方法的问题,它还关系到空调系统选择、冷热设备选择、太阳能的利用以及技术经济分析等技术决策问题,是处理这些技术问题的关键环节。确定冷、热负荷成为暖通空调工程设计中首先要解决的一个重要问题。传统负荷计算方法,由于受到计算工具的限制,把复杂的建筑热过程简化成稳态或准稳态热过程,通过计算所得到的只是粗糙的稳态或准稳态负荷。传递函数方法和计算机技术的引入,为建立计算建筑物冷、热负荷的新理论,新算法,提供了可能,创造了条件,使暖通空调工程设计计算发生了广泛而深刻的变化。新负荷计算法着重于对过程的研究和分析,即以动态负荷分析计算方法取代传统的稳态或准稳态方法建筑热过程的研究。采用动态负荷计算法对于设计计算方法改革和建筑节能都有重要意义。例如空调负荷,用动态负荷计算方法计算的结果与实测结果更为接近,通常要比用传统负荷计算方法所计算的结果小 30% 左右。而在设计中要实现用动态计算法计算负荷,不使用计算机是很难完成的。

计算机模拟研究建筑热过程是随着计算机技术的发展和运用而发展起来的一项新技术,主要是指用数字式计算机对建筑物热过程进行模拟,按照建筑热过程的本来面貌建立数学模型,把过去难于考虑的室内各个表面及室内空气的相互作用,室外气象条件,围护结构和室内气象条件的相互作用,辐射、传导和对流三种基本传热形式的相互作用等,作为一个整体来进行动态研究并建立了传递函数法和有限元法新理论和新方法。

反应系数法的出现奠定了新的传递函数理论的基础,从而改变了过去仅局限于单纯模拟传统的设计过程,开创了计算动态传热过程的新局面。这之后主要是建立精确的数学模型并编制相应的计算机程序,以实现建筑过程的详细计算机模拟,这种建立在新算法理论基础上的详细计算机模拟及控制与过去传统手算方法有着本质的不同,它可以按照建筑热过程的本来面貌建立数学模型,把过去难于考虑的室内外各种因素和相互作用等,作为一个整体进行动态研究。

在应用计算机进行暖通空调专业数值计算和计算机模拟阶段,国内外编制了成千上万个电算程序,其中比较著名的国外软件有美国的 DOE-2、BLAST、NBSLD 等,国内软件有 BDP/HVAC。

美国能源部编制的 DOE 计算机程序是一部包括建筑设计语言、负荷计算、空调系统、冷热设备和太阳能利用以及经济分析等方面的程序巨著,长达七、八万行,被美国 ASHRAE 组织所采用,是一有划时代意义的代表作。

BDP/HVAC 软件由中国建筑科学研究院空气调节研究所等十几家单位共同开发的暖通空调应用软件,包括 9 个应用程序:①空调负荷计算程序(ACL),②空调送风空气分布计算程序(AAD),③全空气空调系统及设备的设计与选择计算程序(AAS),④风机盘管系统的设计与选择计算程序(AFC),⑤空调送风管系统设计计算程序(ADS),⑥建筑物热水供暖系统设计计算程序(HWS),⑦大门空气幕设计计算程序(HAC),⑧供暖建筑热耗分析程序(HHC)。

⑨区域供热热水管网设计计算程序(HTG)。BDP/HVAC 软件是我国暖通空调专业计算程序设计方面的一次大型软件工程实践,它显示了我国在暖通空调专业应用计算机技术的水平和成就。

最近同济大学在 Windows 环境下开发的“易思暖通空调设计软件(Easy HVAC)”,根据设计规范,适用于全国 210 个城市地区,包括 279 种建筑围护结构资料,可进行空调冷热负荷计算、空调系统划分、i-d 工况分析、空调设备选择、设计文件输出等。该软件具有界面友好、易于操作、便于修改、安全可靠等特点,为目前国内同类软件之首创。

3.2 自动检测与控制

计算机控制的一般过程是:研究工艺,建立数学模型,编制程序并输入计算机,实现计算机控制并通过显示、打印、报警、制表等形式输出结果。因此为实现自动控制,需建立调节对象的一系列数学模型。建立模型不仅需要一定的理论,而且应有相当丰富的经验,不仅要考虑静态参数,还要分析过程的动态参数,才能正确确定系统的目标函数,实现最优化控制。最优化控制是计算机对系统参数进行工况分析、综合判断、数据处理,并按预先给定的数学模型进行运算,根据运算结果自动改变给定值,改变设备的台数,使系统运行最优化。

当前,在暖通空调系统中采用微机代替常规仪表检测、控制越来越普遍。由于计算机小巧灵活,价格低廉,易学易用等优点,给暖通空调系统的自动控制提供了强有力的工具。实践证明,在暖通空调工程中使用计算机有助于实现节能控制、最优化控制和精密控制,许多常规仪表难以实现的复杂控制过程,凭计算机的计算功能、逻辑功能、存贮功能,能很方便地实现。计算机控制系统可实现对供暖、通风、空调、制冷系统中数百个以上的部件的运行进行检测和控制,赋予控制系统以一定的人工智能,可进一步实现复杂的调节过程,提高系统的运行的可靠性,简化操作,改善调节的品质。例如对工业锅炉的炉温,压力流量及燃料耗量的控制,以保证锅炉的安全运行,并降低能耗;用计算机控制集中供热管网的运行,可实现对管网运行工况的检测、水力调节,使热力工况达到最佳运行状态,以及检查事故、诊断故障、报警等,完成热负荷指标,热媒参数等供热参数的计算任务;用计算机可控制空调机最佳起动时间,控制空调多工况转换并进行最优调节,使整个系统在保证空调精度及舒适环境前提下,以最低能耗,最高效率运行;用计算机还可对冷冻机、锅炉、冷热水泵等的运行台数实行最优控制;对冷冻机的蓄冷运行时间的最优化控制,对冷热水送水温度的最佳控制。

目前暖通空调专业的计算机控制,一般采用直接数字控制系统(DDC)和监督控制系统(SCC 或 SPC),监督控制系统也称分级控制系统。例如由直控级→监控级→管理级,从而实现对大型建筑,甚至对一建筑群的暖通空调系统实现多功能的集中控制和综合管理。对一具体的暖通空调系统来说,直接控制系统负责对暖通空调系统中各过程参数依次进行巡回检测、数据处理、越限报警、制表输出等;而分级控制系统则可实现对建筑物中供暖、通风、空调、制冷、电气、卫生等各种设备所组成的中央系统进行综合管理。

计算机解耦控制是应用在空调自控中的一个具体方法,将其应用在空调系统温、湿度的解耦控制上就是抵消温、湿度基本控制回路之间的耦合,使温度和相对湿度独立地变化。这对实现空调系统中温、湿度的控制具有重要意义。

在计算机控制系统中,经常应用的控制方法是反馈控制,它是指计算机按预先规定程序处理实时地所获得的数据,并向执行器发出各种指令,从而控制调节对象。例如恒温控制系统

中实际温度低于或高于所要求的温度时,可以实时地连续地给调节对象发出升高或降低温度的指令,从而达到维持恒定温度的目的。

暖通空调系统的预测控制和实时控制不同,预测控制要预测并控制系统的将来状态。预测控制必须用现在的各种条件来完成控制,预测控制的质量依赖于所建立的预测模型,预测模型的优劣依赖于专家的知识 and 经验。暖通空调系统预测控制在有蓄热水箱的热回收系统中得到有效地应用,它可使能耗降到最少。

模拟仿真装置的研制为实现计算机最优化控制创造了条件。模拟仿真装置是一种用计算机仿照现场实测信息的接收、加工和输出,以取代现场对实际控制装置进行调试的装置。利用仿真装置代替实际系统来控制被调节系统的调节对象,可在短时间内产生各种工况,并模拟各种意外事故,从而对要控制的系统装置进行全面考核,大大缩短了所要控制的装置的研制周期,无疑这对降低成本,适应市场变化具有重要意义。因此,这种模拟实验的方法为暖通空调专业的理论研究、产品开发提供了良好的研究方法,为暖通空调控制系统的实际应用提供了保证。

用计算机实现模糊控制,是计算机在暖通空调专业应用的又一新领域。模糊控制无须预先建立系统数学模型,它对参数的改变并不敏感,本质上是非线性的,在很多方面优于传统的控制系统。计算机仿照模糊推理过程,经过一定的数学处理,根据控制规则和推理法则进行决策,例如用模糊控制理论可解决间歇空调预冷量控制问题。

3.3 计算机辅助设计 CAD

利用计算机完成专业基本计算程序设计编制任务后,发展 CAD(Computer Aided Design—计算机辅助设计)技术,继续开发工程制图软件是必然的。CAD 技术是一项综合性技术,它是应用计算机技术的扩展和延伸。当前,应用 CAD 技术的水平,不仅体现着某个专业领域的计算机应用水平,而且也体现着该专业设计理论的最新发展以及优秀设计人员的设计经验。CAD 技术的广泛应用不仅大大节省了人力加快了整个设计过程,而且由于运用了大量的最优化选择,使设计质量大大提高。CAD 技术的应用和发展给传统的设计思想和方法带来了深刻的变革。设计过程将不限于传统的设计工况,逐渐形成根据动态分析的设计方法,而且多因素的综合影响效果在新的设计方法中考虑得也越来越多,设计计算结果与实际客观情况愈加吻合,设计更为科学合理。

CAD 技术最初是从计算机辅助制图(Computer Aided Drafting)开始的,进而到 80 年代中期逐步发展成为计算机辅助设计全部过程,它包括设计对象的计算机模拟,计算机分析,方案优化及绘制图形等由计算机辅助的全部设计过程。从计算机技术来讲,它包括科学计算,图形技术,数据库技术和人工智能等。在 CAD 技术领域中一个重要的发展思想是集成(Integration)。集成化设计系统是当今计算机辅助设计领域一个十分活跃的研究课题,并逐渐引起了学术界和产业界的重视。集成化设计的核心是将以往分散的各功能软件如绘图用 CAD、计算机模拟程序、数据库管理等结合在一起,通过通用的数据结构和数据转换工具,使这些功能软件能互用各自的输出信息,免去人工数据转换,从而充分利用各种资源,全面完成设计、分析、计算任务。

集成化设计系统可以提供专业设计工程师从方案选择、初步设计、分析计算到施工图纸绘制的全过程。人们希望有了设计人员的知识、经验积累和设想后,通过集成化设计系统进行分

析、计算、比较和判断,不仅将方案形象地表现出来,而且能输出其量化结果供设计人员再依据它去修改方案,重新设计。它的核心在于制定通用的标准数据结构,使 CAD 软件、计算分析软件及各种设备产品信息数据库之间可自由进行数据传递和转换,反过来又使计算分析结果能够直接从 CAD 绘图模块所接收和利用,用于计算、设备选择和绘图。集成化设计系统是一个完美的计算机辅助设计系统,它不再以计算机程序为中心,使用户围绕着计算程序准备数据、运行程序、检查结果;而以用户为中心,将计算、绘图所需要的各种数据资料都准备好,随时供用户在设计过程中使用。

目前,国内外已出现多种版本的暖通空调 CAD 软件。国外 CAD 技术发展较快,在美国以 IBM 公司和 CV 公司为代表有三百多家 CAD/CAM 厂商在开发经营 CAD 软件。近几年来,国内除一些设计单位从国外引进 INTERGRAPH 公司、AUTO-TROL 公司和 CV 公司一些 CADDZ/HVAC 软件外,已出现了专门从事暖通空调 CAD 技术开发应用的软件公司。他们所开发的暖通空调绘图软件大多数是以美国 Autodesk 公司的产品 AutoCAD 为支撑软件进行的二次性开发。北京华远软件工程有限公司已有九年的软件开发历史,新近推出的“HOUSE-H95 暖通空调设计软件包”是中国软件行业协会九五推荐优秀软件。中国建筑科学研究院 CAD 工程部开发的“PK、PM 系列暖通空调计算绘图一体化软件 HPM、CPM”集建筑、结构、给排水、供暖、通风、空调和电气设计于一体的 CAD 系统。北京共兴计算机辅助工程有限公司以 Auto CAD R12 为开发平台,ADS 编程,DCL 界面等新技术所开发的“暖通空调工程设计 CAD 系统”,覆盖了常规暖通空调工程设计的主要部分,绘图部分自动化程度高。北京市腾达工程软件研究所开发了针对空调通风系统工程绘图的“Sping 空调通风 CAD 系统”,能以极少的数据录入量绘制风道、水、汽管道系统的平面图、立面图,并自动生成系统图,以图形参数化的方式绘制各种设备平、立面详图,还具有材料统计功能。北京市天正工程软件公司运用可视化图形输入技术及分布式工具集设计思想,开发了“THVAC 软件”,其功能覆盖供暖、空调、通风及室内给排水、消防设计,可绘制供暖工程平面图、系统图,空调风管平面图与风管单线轴测图、空调水系统平面图与系统图、空调系统流程图、空调机房平剖面图,室内给排水平面图、详图、系统图,消防喷淋系统设计和泵房设计。北京浩辰技术开发公司采用 AutoCAD R12.0 为开发平台研制的“Inter-NT 暖通 CAD 软件”是该公司 Inter 系列建筑 CAD 软件配套产品之一,它能完成供暖、通风、空调和水路系统各类图纸的全部设计并自动生成材料表,还可提供供暖负荷、空调负荷、空气 h-d 图等。洛阳鸿业科技开发公司开发的“空调供暖(ACS)软件包”包括供暖、空调通风、站房设计等部分,可进行负荷计算、平面设计,自动生成风管单、双线系统图,水系统图及供暖系统图,建立有泵数据库,可自动选泵,自动统计生成材料表、设备表和图例表。

国内还有很多单位在专业计算机 CAD 系统的开发和应用方面也做了大量的工作,绘制了暖通空调专业基础图形库,编制了专业菜单,加入了图形汉字,实现了专业计算与画图的关系,使负荷计算→系统平衡计算→绘制图纸等成为连续的自动作业。目前条件好的设计单位暖通空调工程设计利用计算机的出图率已达 20%以上。

一个优秀的 CAD 系统,体现着计算机硬件和计算机软件(包括系统软件和应用软件)的最新成就及专业设计理论和设计人员的经验智慧,应当使设计计算和工程绘图成为一个整体,例如,根据所算得的空调负荷,可进行风量计算,工况分析和设备选择,再按风系统、水系统设计计算等绘制施工图。

先进的工程设计软件,还应当使建筑结构设计、暖通空调、水电、设计成为一个整体,例如,暖通空调可从建筑结构图中获得有关建筑的尺寸和构造(外墙、门、窗、建筑层数、面积、屋面、楼板、内墙……)信息,作为设计的依据;还可协调各专业技术工种之间的信息,从而避免相互矛盾(如空间的冲突,参数的不一致等)。当然成功的设计还应符合现行设计规范,满足全国各地的建设要求,能进行工程量估计、概预算和技术经济指标分析等。一个设计软件要具有以上功能,需要建筑工程各专业技术工种的技术人员密切配合,采用先进的软件技术,精心研制,方可获得成功。目前国内的 HVAC 应用软件与以上要求还有一段相当大的差距,但我国广大暖通空调工程技术人员为之而努力着,正在向这一方向迈进。

3.4 暖通空调专家系统的开发应用

暖通空调工程技术领域中一些问题的决策通常是由设计人员根据自己的知识和经验作出选择和判断,而个人的经验常常是非常有限的,特别是一个设计人员要在各个专门领域都拥有丰富的经验更是不容易的。人工智能技术的一个重要分支—专家系统(ES—expert system)正是汇集各个专门领域的专家的知识 and 经验的计算机软件。它能模拟专家的智能,以人类专家的水平去处理和解决问题。专家系统以知识和经验为基础,知识是其主要处理对象,它按照给出的已知事实和推理规则,根据指定的问题,自行寻找和搜索解决问题的各种可能途径和结果。依靠专家系统可避免人的主观局限性,进行高质量的技术决策,并能通过显示这个决策过程向用户解释推理步骤,使有关人员较快地掌握专家多年积累起来的知识和经验。专家系统具有自学能力,能不断积累专家以前的知识和经验,使其知识处于不断完善之中。这样专家系统的知识一方面可扩大传播范围,另一方面又具有很高的可信度。

专家系统是 80 年代国内外十分关注的一项高新技术,现正在以惊人的速度发展,并渗透在各个专业领域。将专家系统引入,是计算机技术在暖通空调工程技术领域应用的必然趋势。暖通空调工程技术领域引入专家系统,在能量分析、智能设计、系统诊断、建筑施工、优化运行管理、智能控制等方面都可取得显著成效,具有巨大的开发潜力。目前专家系统在暖通空调工程技术领域中的应用主要在以下几个方面:

(1) 知识工程

国外暖通空调工程技术界在知识工程方面已取得了一些富有成效的开创性的研究结果。例如美国科罗拉多大学在研制开发暖通空调诊断、建筑能耗监测过程及家用太阳能热水系统故障检测等专家系统的基础上,所进行知识工程方面的研究也取得了一定的进展。英国伦敦南岸工业大学知识库系统中心研制开发的“空调专家”(Air Conditioning 简称 ACE)专家系统可用来选择高层建筑空调系统,香港大学用 ACE 专家系统贮存了有关选择高层建筑空调系统的专业知识。

(2) 建筑能耗分析

美国科罗拉多大学土木建筑工程系从 70 年代起就着手进行节能项目的研究,他们的主要研究工作是研制开发“建筑能耗分析专家系统”为核心展开的,该专家系统是建筑系统项目中的一个子项目。科罗拉多大学由于采用该专家系统,使该校娱乐中心能耗减少了 30% 以上。

(3) 暖通空调 CAD

CAD 技术和专家系统结合即形成所谓智能化 CAD 技术(ICAD)。暖通空调智能化 CAD 技术的开发研究是 80 年代末 90 年代初开始的,先是国外开发了一些实验性的工程设计型专