

空调专业实用CAD技术

施鑑诺 王世洪 贾衡 汪逸 编



北京工业大学出版社

空调专业实用CAD技术

施鉴诺 主 编

施鉴诺 王世洪 贾 衡 汪 逸 编

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书是为了适应计算机辅助设计技术在空调专业逐渐普及的形势而编写的。本书的编写是在总结开发和应用空调专业CAD系统的实践的基础上,结合分析国内外大量资料,兼顾系统性和实用性。书中内容包括四个部分:第一部分为空调专业CAD技术的发展形势和策略;第二部分为微机CAD技术的基础知识;第三部分为空调专业CAD系统的开发;第四部分为空调专业实用CAD系统的主要程序。

本书既可作为高等学校空调专业的教材,也可作为各类空调专业CAD技术培训班参考教材,或一般空调技术专业人员的参考书。

* 空调专业实用 CAD 技术

施基诺 主编

施基诺 王世洪 编
贾 衡 汪 逸

*

北京工业大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

国营 707 所印刷厂印刷

*

1989年8月第一版 第一次印刷

787×1092毫米16开本 18.25印张 450千字

印数: 0001~5000册

ISBN7-5639-0062-4/TU·2

定价: 8.00元

前 言

计算机辅助设计是一项蓬勃发展的新技术，它融计算机技术（包括计算机硬件技术和软件技术的最新成就）、专业设计理论和设计经验于一体，正在逐步成为设计人员手中新一代强有力的设计工具。计算机辅助设计（CAD）技术的装备和应用水平，已经成为衡量一个设计单位技术水平的重要标志和投标竞争的重要手段。很多设计单位针对 CAD 技术的开发和应用或已经做了，或正在进行，或计划进行大量的人力和物力投资。

就空调专业的技术发展来说，继专业科研和设计计算应用计算机之后，CAD 技术的引入再一次引起专业理论和实践的深刻变革。前者曾引起建筑热过程、建筑设备系统的模拟从稳态向动态过渡，工程上则有新的空调负荷计算方法、建筑能量分析、建筑节能控制等新理论和新技术的出现；后者导致了设计思想、设计习惯和设计方式的根本改变，并进而对空调专业的工程实践，以及科研和教学实践以深刻的影响。

从传统的设计方式到采用 CAD 技术，将是一场深刻的变革，它涉及到思想、理论、技术和经济等诸多因素，不可能在非常短的时间内顺利实现。全部过程也许需要五年、十年，以至更长，然而这一总的发展趋势是不会改变的。因此，对广大空调专业技术人员来说，掌握 CAD 技术发展形势，进行必要的知识更新和补充，学会应用和开发专业 CAD 系统，成为当前一项重要的任务。

本书是在总结空调专业 CAD 系统开发应用，以及教学实践的基础上，结合分析国内外大量资料，力图为空调专业人员提供一本比较系统、实用的 CAD 技术参考书。它既可做 CAD 技术专业培训的教材，又可做为空调专业各种 CAD 系统实际开发和应用的参考资料。

全书共分四个部分：第一章主要是阐述开发和应用空调专业 CAD 系统的背景材料；第二章为 CAD 技术微机基础知识；第三章阐述了空调专业 CAD 系统的开发；第四章则是一个实用专业 CAD 系统的主要程序。

CAD 技术是一门高速发展的新技术，且综合性和专业性都很强。由于作者水平有限，错误在所难免，诚挚地欢迎读者批评和指正。

本书出版得到了北京工业大学空调教研室和华远工程设计软件公司的大力支持，在此表示感谢。本书全部插图均是利用 HOUSE III 暖通空调计算机辅助设计软件绘制的。

作 者

1988年12月

目 录

第一章 空调专业 CAD 技术的发展形势和 策略	(1)
§ 1. 空调专业计算机的应用历史和发展趋势.....	(1)
§ 2. CAD 技术的发展过程	(7)
§ 3. CAD 技术的发展现状	(8)
§ 4. CAD 技术的发展趋势	(10)
§ 5. 空调专业 CAD 技术的开发和应用策略	(12)
参考资料.....	(15)
第二章 CAD 技术的微机基础知识	(18)
§ 1. 微型计算机的发展.....	(18)
§ 2. 操作系统.....	(19)
§ 3. 程序设计语言.....	(23)
§ 4. 数据库.....	(26)
§ 5. 绘图软件.....	(34)
参考资料.....	(52)
第三章 空调专业 CAD 系统开发	(54)
§ 1. 软件生产形势.....	(54)
§ 2. 软件生产规律.....	(56)
§ 3. 暖通空调软件开发的基本经验.....	(58)
§ 4. 暖通空调专业图形绘制.....	(64)
§ 5. 暖通空调 CAD 系统设计.....	(67)
参考资料.....	(73)
第四章 实用参考程序	(75)
一、采暖负荷计算.....	(76)
二、垂直单管顺序式热水采暖系统水力平衡和热平衡计算.....	(97)
三、空气调节负荷计算.....	(163)
四、风管平面图绘图.....	(189)
五、暖通空调 CAD 系统菜单文件.....	(217)
参考资料.....	(257)

第一章 空调专业 CAD 技术的发展 形势和策略

§1. 空调专业计算机的应用历史和发展趋势

供热空调工程消耗着近一半的社会能源,它越来越引起人们的重视。供热空调工程做为一个专业学科来说,在欧洲已经有一百多年的历史(1985年在第一届世界采暖通风和空气调节大会召开的同时,欧洲很多著名大学庆祝此专业建立一百周年),在我国也已经有三十多年的历史了。随着计算机技术的发展和世界性能源的短缺(特别是1973年的所谓“石油危机”),这一古老学科不仅获得了计算机技术这一强有力的工具,而且它本身——从理论到实践都发生了并且在继续经历着深刻的变化。暖通空调工程的计算机应用这一历史过程,包括建筑物冷热负荷的新理论、新算法,建筑热过程的详细动态模拟,建筑能量分析,设备系统模拟,计算机控制在建筑设备中的应用,计算机辅助测试,计算机辅助设计,计算机辅助制造,计算机辅助工程等诸多新事物,发达国家对这些事物的研究已经进行了二十多个年头,在我国则仅有十几年的时间。

在暖通空调工程计算机应用的发展过程中,其发展速度之快,影响之广泛,常常超出人们的预料。广大空调专业科技人员,无论国内还是国外,无论工程领域还是研究领域,都要保持全局分析的观点和驾驭事物发展趋势的能力,避免盲目性,少走弯路。

一、三个发展阶段

受节能问题的推动,计算机技术应用于暖通空调工程领域中的首要问题是建筑物冷热负荷计算和建筑物能量分析问题。社会需求的驱使,要求把粗糙的稳态或准稳态计算方法向精确的动态计算方法过渡。

在发展和应用计算机模拟研究建筑节能这门新技术的过程中,北欧国家开始的较早,且卓有成效^{[1-1][1-2]},但从世界范围来说,以ASHRAE(美国采暖制冷空调工程师协会)为代表,美国和加拿大一直处于领先地位。ASHRAE这一国际性组织的各种出版物强烈地影响着世界其他国家的发展,其中包括我国。西欧、北欧和日本等国家,与北美的科技交流平时即保持着畅通的渠道,而当这种新技术出现时,人员交流就更加频繁。

如果分析一下这门新技术在北美的的发展过程,以沿着时间轴的纵剖面来说,大体上可以分为三个阶段:

1. 60年代中期至1967年。电子计算机进入建筑工程领域,在北美一般认为是从60年代中期开始。这一阶段是计算机应用的初级阶段,其特点是:把原有的手算计算过程原封不动地编成计算机程序,上机运算。这在本质上与原来的手算并无多大区别,也并未真正体现出计算机的优点。这一也许是必经的初级阶段持续的时间并不长,到1967年,加拿大国家研究院的D. G. Stephenson和G. P. Mitalas在ASHRAE文献上发表的反应系数法^{[1-3][1-4]}奠定了新的传递函数理论的基础,开创了计算动态传热过程的新局面。

2. 1967年至1976年。这一阶段主要是建立精确的数学模型,以实现建筑热过程的详

细计算机模拟, 并建立相应的计算机程序。这种详细模拟是建立在动态传热过程计算的基础之上的, 它与过去传统的手算方法有着本质上的不同。1975年, ASHRAE 公布“建筑物冷热负荷电算原则”^[1-8], 1976年, 美国国家标准局公布“建筑物冷热负荷计算程序 NBSLD”^[1-6], 可以认为这些是第二阶段结束的标志。

3. 1976年以后。主要是改进传递函数计算方法, 发展建筑能量分析方法, 对建筑热过程和空调系统进行详细的计算机模拟和控制。

相对来说, 涉及建筑热过程的计算机研究和应用, 70年代比80年代来得强烈而集中, 这可能与世界石油供应有一定程度的缓和有关。

计算机应用于暖通空调工程的理论和实践, 目前仍在发展之中。近年来, 在理论研究和工程应用方面, 都不断出现新事物和新动向。

二、三个发展方面

如果分析一下美国和加拿大等国家发展和应用这门新技术的内容, 则大体上可以分为三个发展方面:

1. 算法理论研究。这主要是对建筑热过程电算方法的研究, 包括经典的稳定传热计算方法, 有限差分法, 谐波分析法, 以及新出现的传递函数法等。其中古老的经典方法由于有了计算机做为工具, 又产生了新的研究和应用动力。而传递函数法(包括反应系数法, 改进型的反应系数法, 以及权重系数法等), 是建筑热工分析中引入计算机技术以后出现的新理论、新方法, 是与其他学科——自动控制理论相结合的产物。由于它的发展和非常迅速, 且在这门新技术中居于理论指导的位置, 因此研究它的发展脉络、掌握它的精神实质, 对于理论研究和工程实践显然都是非常重要的^[1-7]。

2. 电算程序编制。这是连接建筑热工理论和实际工程应用的一个中间环节, 也是建筑热过程计算机模拟的具体体现。目前世界各个国家在这方面使用的电算程序成千上万, 所使用的程序设计语言不同, 编写目的、使用范围、精度要求, 以及相应的理论基础和优缺点也不尽相同, 要进行鉴别、比较、消化和吸收, 需要做出认真的努力, 需要深入分析, 为我所用。

在诸多电算程序中, 有一批世界著名之作, 如美国的 DOE-2, BLAST, NBSLD 等。其中 DOE 程序是美国能源部的计算机程序, 是在加州大学伯克利实验室 A. H. Rosenfeld 教授指导下编成的。这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。它用改进型的反应系数法计算外墙和屋顶的传热, 用权重系数将各项得热转换成负荷。其中“权重系数”最初使用的是所谓“标准权重系数”, 是由 G. P. Mitalas 根据典型房间, 预先计算好, 被 ASHRAE 采用, 存入程序的。在新版中, 则提供了计算“用户权重系数”的可能性, 即根据用户具体的房间几何和热工数据, 重新计算做为房间本身特性的各组权重系数。DOE 程序被称为有划时代意义的代表作^{[1-8][1-9]}。

3. 工程应用。这包括建筑物冷热设计负荷计算, 工程制图, 方案优化, 建筑材料和建筑结构热工性能研究, 以及建筑物运行负荷计算和运行控制等。

建筑热过程的传统处理方法, 受到计算工具的实际限制, 通常把复杂的实际过程简化成稳态或准稳态传热过程。很多建筑热工问题主要靠试验或实测解决问题, 亦即实体模拟是主要的研究方法, 而数学模拟仅处于辅助的次要地位。在采用了计算机以后, 由于计算机可以

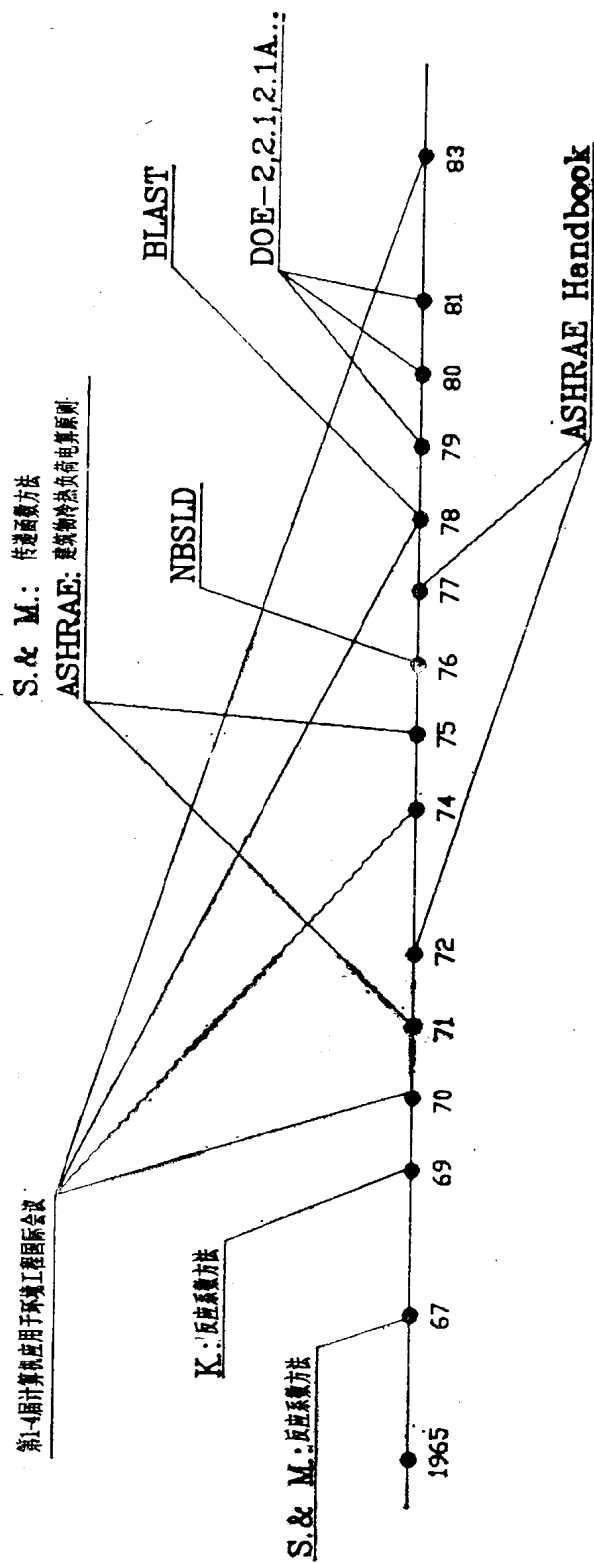


图1-1 空调专业计算机应用要事简记

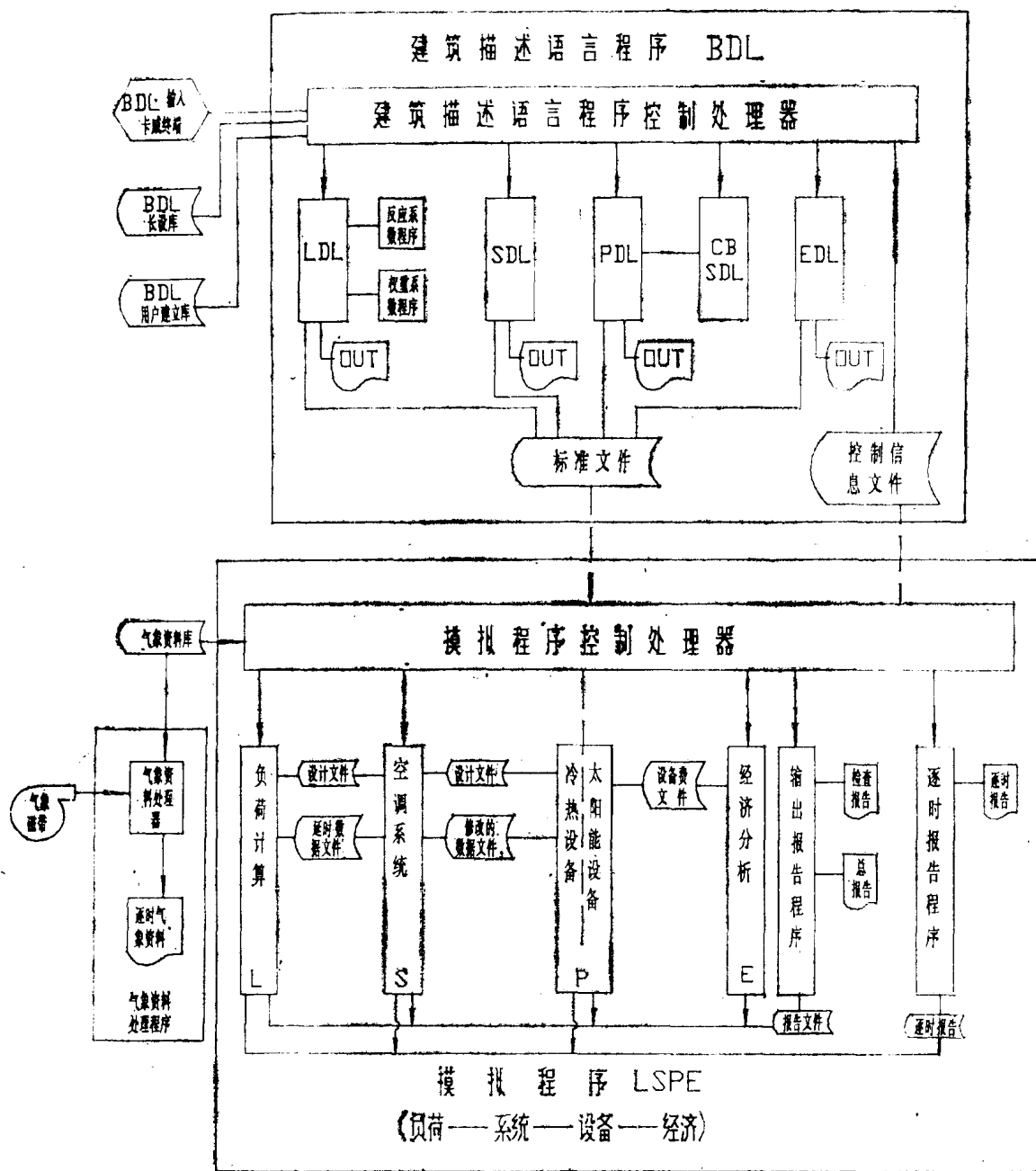


图1-2 DOE2.1A程序框图

迅速地完成极其复杂的计算，电算代替了手算，原来手算对算法发展上的束缚就不再存在了。人们可以按着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。在使用计算机的基础上发展起来的“参数研究法” (parameter study)，即是通过建立数学模型，亦即将系统有

关的参数和因素及其相互关系,归纳成一个或一组数学方程,以此来反映系统的性能,从而非常方便地研究各种建筑热过程和设备热过程的动态特性。这种方法可以大大地节省研究的投资和时间。

三、四次国际会议

计算机应用于建筑节能研究已成为一个迅速发展的新领域,为了广泛而及时地交流在算法研究、程序编制和工程应用方面的经验,曾经举行过多次专门的国际学术会议,即 The International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings.

第一次国际会议于1970年11月30日至12月2日在美国华盛顿举行,大约有400名工程师、学者和建筑师参加了会议。会议收集了来自12个国家的59篇论文,内容包括建筑传热计算,冷热负荷计算,通风系统模拟,能量分析,计算机画图,建筑物内空气和烟雾运动,以及与负荷计算、能量分析有关的气象资料分析等。

第二次国际会议于1974年在法国巴黎举行。

第三次国际会议于1978年在加拿大阿尔贝托举行。会议收到了107篇论文,在会议上宣读并收入文集的有68篇,内容包括计算机在空调系统设计中的应用,计算机在空调系统运行中的应用,计算机在照明系统设计中的应用,以及计算机在建筑能量分析中的应用等。与第一届国际会议相比,在建筑物能量分析和采暖通风空气调节系统的控制和优化等方面有了显著的发展。

第四次国际会议于1983年3月30日至4月2日在日本东京建筑会馆举行。参加本届大会的有来自18个国家的242位学者和工程技术人员。会议收到了141篇论文,有90多位作者在会上宣读了论文,有101篇论文收入了大会文集。大会共举行了15次报告会,内容包括传热问题,室内环境,建筑构件,上、下水,动态计算,市区环境,自动控制,被动太阳能系统,简化计算方法,建筑声学,通风空调系统模拟,暖通空调系统的设计,照明问题,造价和运行分析等。

从第四次国际会议的情况来看,工程应用的广度和深度都大大向前拓展了,算法理论的研究也更深入了(围绕着房间传递函数问题的探讨明显地在深化),程序编制的经验也越来越丰富,这就使微型计算机的普及和应用显示出一种“冲击”力量^{[1-10][1-11][1-12]}。

四、关于传递函数理论的发展

在建筑能量分析问题中,有建筑物冷热负荷计算,空气调节系统选择,冷热设备选择,太阳能的利用,以及技术经济分析等环节。其中负荷问题是关键环节,而负荷计算中传递函数方法的引入又是负荷计算方法变革中的关键环节。

建筑物冷热负荷的传统计算方法是建立在稳态传热或周期性传热的准稳态基础上的。加拿大人D.G.Stephenson和G.P.Mitalas于1967年提出了墙体反应系数的概念。69年又提出了传递函数系数的概念,这一方法从1972年起,正式被ASHRAE所采用,并进而影响到全世界。它以新一代建筑热工理论的形式,构成了建筑热过程计算机模拟和建筑物冷热负荷动态分析方法的重要理论基础^{[1-13][1-14]}。

传递函数理论在建筑热工和暖通工程中的应用,大体上可分为墙体传递函数和房间传递函数两大类。

墙体传递函数的应用比较成功,在解决墙体和屋顶的传热问题上,比其他计算方法(如

有限差分法, 谐波分析法等) 有明显的优越性, 它可以非常方便、精确地处理任意变化的边界条件问题。计算程序的具体应用也非常简单, 只要输入墙体各层的厚度, 导热系数, 容重和比热或者热阻, 就可以很快通过电算程序计算出该墙体的传递函数系数。一旦做为系统热特性的传递函数系数求出来了, 其应用就很简单了^[1-15]。

相对来说, 房间传递函数的应用遗留的问题比较多。对于房间负荷问题, 房间传递函数法仅是近似方法的一种, 它是在精确的热平衡方程法的基础上派生出来的。对于解决季节性的或全年的运行负荷分析问题是可供选择的重要方法之一; 但对于解决选择设备的设计负荷问题, 则不一定是好办法。如果用房间传递函数方法解决负荷问题, 其重要缺陷之一就是要把从特定房间里抽出来的房间传递函数推广使用到所有的房间里去。显然, 房间的开窗面积、朝向、位置、围护结构的材料和分布, 房间的形状大小等, 不是一项重量分类所能反映的。所要计算的房间偏离典型房间的热特性越远, 误差就越大。这个问题在运行负荷分析中, 可以用所谓“用户权重系数”的方法来解决; 但是若采用标准传递函数列表的方法解决设计负荷计算问题, 则比较困难。

事实上, 房间传递函数的理论和应用一直处在发展中, 如最初使用“标准权重系数”, 发现其误差较大。之后, 又发展起来一种“用户权重系数”, 最初只有三项式, 但后来发现与实测情况吻合不好, 发展成五项式, 以至更多。最初把房间结构分成重型(约130磅/呎², 即635kg/m²), 中型(约70磅/呎², 即341kg/m²) 和轻型(约30磅/呎², 即146kg/m²), 但后来发现此种分法太粗, 于是0~200磅/呎²之间每增加10磅/呎²为一档。此外, 在产生和利用房间传递函数的过程中, 传递函数方法和其他计算方法(如有限差分法和谐波分析法的渗透、结合)也在不断发展之中, 近年来仍不断有新的东西出现^{[1-16][1-17][1-18][1-19][1-20]}。

五、发展中的历史经验

如果考察一下暖通空调工程的计算机应用在北美、日本和北欧等国的发展历程, 可以看到他们大体上都经历过发展(或消化)理论, 编制(或移植)程序, 然后投入应用等若干发展阶段。当然, 各个国家在发展过程中又都或多或少地带有各自的特性。

其中理论方法方面, 演变之快、影响之深、波及之广, 恐怕是前所未有的。也许正因为发展“太快”, 才遗留下若干问题, 若干值得总结的经验。比如房间传递函数应用中的一些问题, 如学术与工程、科研与普及脱节的问题等等。一位美国知名学者曾谈起美国的工程人员并不理解传递函数理论的发展。类似的情况, 甚至更有甚者, 在其他国家也同样存在。显然, 这应该归属于发展中存在的问题, 应该吸取历史经验, 并在实践中设法解决。

六、在我国的发展

国内在利用计算机模拟研究建筑节能这门新技术的发展和应用过程中, 起步比国外大约晚10年。从1974年开始, 暖通规范组的资料中介绍了国外在这方面的发展情况, 接着有不少研究人员和工程技术人员做了大量的探索性工作。特别是进入80年代以后, 我国研究人员和工程技术人员在理论探索、程序建设和工程应用方面, 取得了显著进展, 缩短了同国外的差距。

在算法研究方面。我国研究人员研究了国外近二十年来这门新技术的发展道路, 分析了一些技术先进国家所取得的经验和他们曾经存在或仍然存在的问题, 分析对比了做为建筑热工电算分析理论基础的几种基本算法, 对其中影响最大的传递函数理论的发展脉络、基本形式, 以及墙体传递函数和房间传递函数等问题进行了比较深入的探索。

程序建设方面。在分析解剖国外典型做法的基础上,移植了一批程序,编制了一批程序,初步建立了自己的程序系列。

工程应用方面。在建筑物冷热负荷计算问题、围护结构热工性能研究、太阳能的利用、建筑节能措施和规范的制定等方面,都在计算机应用的基础上取得了新的进展。

§2. CAD技术的发展过程

就暖通空调工程的计算机应用来说,在基本完成专业计算的任务之后,发展计算机辅助设计技术是一个必然的延伸和发展。分析暖通空调 CAD 技术的发展必然与计算机辅助计算问题密切相关。

在70年代中期,暖通空调工程计算机应用的特点是:在经历了大约十年的发展历程之后,发展起来了一整套建筑热过程的动态模拟方法,其中负荷计算方法由稳态计算方法向动态计算方法的过渡,引起了专业理论和实践的深刻变革。

在80年代中期,暖通空调工程计算机应用的重要内容之一是 CAD 技术的开发和应用。CAD技术是一项综合性的专业技术,综合性和专业性都很强。它体现着计算机硬件技术和软件技术的最新成就,也体现着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技术的开发和应用引起了设计思想和设计方法的深刻变革。因此,正确地认识和把握 CAD技术在国内外发展的背景和条件,并进而正确地决定开发和应用策略将十分重要。

1962年, I·E·Sutherland (美国, MIT) 研制成功人机交互计算机辅助图形设计系统,并接着提出了CAD——计算机辅助设计的概念^[1-21]。

此后, CAD领域内的各种研究课题蓬勃展开,特别是1967年以后,研究几何图形在计算机中表示、处理、生成的计算机图形学的兴起,极大地促进了CAD技术的发展。

CAD技术的早期应用是从画图开始的,亦即计算机辅助制图 (Computer Aided Drafting)。直至1983年,二维画图仍占CAD全部应用的80%。到1986年,画图也仍然超过全部应用的50%以上,三维设计和分析约占全部应用的40%^[1-22]。

高级阶段的 CAD 技术应是计算机辅助全部设计过程,亦即计算机辅助设计 (Computer Aided Design)。它包括设计对象的计算机模拟,计算机分析,方案优化,以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,则包括科学计算,图形技术,数据库技术和人工智能等。

CAD技术的早期应用一般是在空间企业和汽车公司等大企业,且大多是以大、中型计算机为基础的中心机型CAD系统。微型机技术的发展,给予了CAD技术的发展和普及应用以重要的、决定性的影响。从1970年到1984年间,美国约装了15800~16000套CAD系统,总共约65000个工作站(平均每个CAD系统带4个工作站),而1984年到1985年两年间就有15000台微机CAD系统交付使用。

CAD技术进入建筑工程领域比机械行业和电子行业要晚。我国70年代初期,在建筑界安装了第一套交互式计算机图形系统,而1974年美国的一些建筑学院则开设了有关CAD技术的课程^[1-23]。80年代以来,各设计单位和工程公司竞相采用CAD技术,并把它做为进行技术改造、提高技术水平和提高投标竞争能力的强有力的手段。实践证明,采用CAD技术可以显著地提高设计质量,缩短设计周期,并且最终将改革传统的设计方式,从而成为新

一代的设计工具。

§3. CAD技术的发展现状

一、应用情况

1986年,美国已经有100000个以上的CAD工作站在工作^[1-22],其中大约50%用于机械工程,25%用于电子工程,10%用于建筑设计和建筑工程^[1-23]。

根据作者1981年在北欧、1983年在日本、1985年在丹麦实地考察的印象,CAD技术80年代初在工业国家并不普遍。建筑工程领域中,一些大型咨询公司设置了CAD系统,但应用尚属探索性的,并未形成正常的生产工具。暖通空调工程的计算机应用在专业计算方面相当普遍,一般设计院都有自己的计算程序,但在画图方面的应用,一般是在微机普及之后才开始的。

据到美国工作和考察的专家们了解,“土木建筑工程设计的CAD,相对来说起步较晚,应用水平也比较差。例如,美国最大的建筑设计事务所SOM只有30%的施工图是用计算机绘制的。一些小规模的事务所,还买不起32位的工作站,一般只有普通的PC机用于计算,谈不上是CAD。”^[1-24]据统计,在机械行业中,美国1985年平均有30~40%的图纸是由CAD系统绘制的^[1-21]。

估计在建筑工程领域内,CAD系统的出图率可能低于机械行业的平均数字;而暖通空调工程CAD系统的出图率可能又低于建筑行业的平均数字。

二、硬件情况

目前,在美国有三百多家CAD/CAM厂商,占首位的是IBM公司,占有24%的市场份额。其次是CV公司,占有22%的市场份额。其它主要厂商为DEC,Integraph,Calma,Applicon,CDC,Prima和McAuto等公司。1985年美国CAD/CAM市场的营业额已经超过35亿美元,其中提供交钥匙系统的主要厂商有CV,McDonnell Douglas,Calma,Integraph,Applicon,Matra Datavision,Geroer Systems Technology,Auto-trol,Cadline等公司;提供计算机的主要厂商有IBM,DEC,CDC,Prime,Data General,HP等;提供工程工作站的主要厂商有Apollo,HP,Sun,Digital等;提供微机CAD系统的主要厂商有IBM,Apple等^[1-22]。

目前,应用的CAD系统可按其所使用的主机分成三类:(1)中心机型。由中心机和若干图形终端组成,其中心机可能是大型机或超级小型机。早期发展的CAD系统多属此类。这种CAD系统的主要优点是:①是多用户系统,仅需一个数据库,存放于中心机,易于管理和维护;②在多用户下,成本较低,因为增加用户不会增加主机的费用。这种CAD系统的缺点是:①主机的错误和故障将影响全体用户;②数据位于中心机,因而比较容易受到破坏;③远控直联的终端必须限制在距中心机一定的距离内;④当计算负荷增加时,系统反应将变慢。(2)工程工作站。这是一种单用户独立工作站。宜于在普通办公室使用。通常由图形终端以及独立的全32位处理器和磁盘(一般为50~200MB)构成。(3)微机CAD系统。这也是一种单用户CAD系统,比工程工作站更便宜,机器更小,软件能力则稍差。此外,微机系统的升级能力亦较差,但这些差别将随着微机性能的提高而消失。目前微机市场很大,特别是对小型企业很适宜。

据CST公司报告, 1985年美国机械CAD/CAM的市场份额: 微机占44.6%, 工程工作站占20.9%, 交钥匙系统占30.9%, 非交钥匙系统占3.6%^{[1-22][1-25]}。

今后的趋势是微机CAD系统将迅速发展, 其性能将逐步向32位微机工作站靠拢, 而32位微机工作站将取代中心机型的CAD系统, 其数量将迅速增长, 性能将越来越完善。

三、软件情况

在CAD系统中应用的主要操作系统有: IBM公司的MVS、DOS, DEC公司的VMS, 贝尔实验室的UNIX和PRIME公司的Primos。

基本图形软件一般由CAD厂家提供, 它包括绘制点、线、弧、圆、多边形等基本几何图形, 以及插入、复制、移动、缩放、排阵、文字尺寸标注等图形编辑功能。

专业图形软件和专业设计程序, 或者由用户自己编写, 或者由CAD厂家提供, 或者在厂家提供软件的基础上进行二次开发和改造, 然后应用于设计全过程的各个部分。

最近几年内, 国内一些设计单位从国外引进了一些CAD/HVAC软件, 如Intergraph, Auto-trol和CV公司的CAD/HVAC软件。这使我们对国外CAD/HVAC软件的现状有了一些具体认识, 也使我们对应用和开发国外CAD/HVAC软件有了一些实际经验。

国外引进的CAD/HVAC软件, 有两维的, 亦有三维的, 一般都具备下列功能: (1) 绘制基本图形和图形编辑; (2) 绘制单线管道和双线管道; (3) 自动统计表格; (4) 有用户程序语言; (5) 有屏幕多窗口功能。

国外引进的CAD/HVAC软件, 也存在着下列缺点: (1) 一般不具备做暖通空调设计的计算能力, 或者是CAD/HVAC软件中不包括HVAC计算软件, 或者是原HVAC计算软件功能不强或不实用。此外, 国外专业设计规范标准、材料设备以及习惯做法的不同, 也限制了国外计算程序的直接使用——这就使得目前引进的一些CAD/HVAC软件仅限于协助绘制专业图形, 亦即处于“计算机辅助制图”阶段。因此与高技术意义下的“计算机辅助设计”, 亦即计算机辅助设计全过程, 还有很大一段距离; (2) 专业图形的绘制部分, 一般对单双线管道, 以及弯头、三通、四通、各种阀门、机组等专业图形元及其联接, 都下了一定功夫, 但由于设备材料和习惯表示方法的不同, 一般要对这一部分进行改造和补充, 才能在施工图中真正使用。此外, 还需要利用软件本身提供的用户程序语言进行程序建设, 以提高画图的自动化程度, 否则很难大幅度地提高设计效率; (3) 一般没有提供用户可资利用的工程数据库。对HVAC部分来说, 或者其数据库结构用户无法直接使用, 或者有的软件还仅仅是数据文件, 而不是数据库结构。因此, 暖通空调专业数据的存贮、检索、加工和更新, 以及设计过程中数据的传送等等, 还需要用户自己想办法安排。

四、国内空调专业CAD技术发展现状

国内在建筑工程领域开发和应用CAD技术是80年代以后的事情。较早进行开发和应用的有铁道部第三勘测设计院(日本精工舍产品), 燕山石油化学工业设计院(美国CV公司产品)和上海医药设计院(美国Calcomp公司产品)等单位。在微机CAD方面, 较早进行工作的则有大连工学院, 湖南大学, 天津水泥设计院, 中国建筑学会咨询中心, 华远技术公司, 清华大学和兵器部第五设计研究院等单位。

空调专业的计算机应用与整个建筑工程领域的计算机应用一样, 比电子领域和机械领域要晚一些。空调专业的计算机应用(包括计算方法、计算机程序和专业应用等), 起步于60年代中期, 而在70年代达到了高峰。70年代最重要的成就是建立了一整套建筑热过程动态模

拟方法，并把它应用到负荷计算和能量分析等实际问题中。

我国空调专业计算机应用比国外起步大约晚10年左右。经过我国空调专业人员的努力，特别是最近十年来的努力，在计算机方法研究、电算程序编制和工程应用方面都取得了显著的成就。从程序和应用方面说，很多单位都对此做出了重要贡献，如北京市建筑设计院开发和应用热水采暖系统计算程序较早；兵器工业部第五设计研究院在1982年提出了用于专业设计和科研的比较完整的ACL程序系列；湖南大学在PC1500微机的推广应用上，做了很多工作。

由国务院电子振兴办公室做为“六五”期间国家重点科研项目下达的“建筑工程设计软件包(BDP)”的研制工作是一次大型的软件工程实践。前后历时4年(1983—1986)，有9个部委36个单位148人参加工作，编写出包括建筑结构、地基基础、施工网络、暖通空调、建筑物理等方面的专业程序约40万行。其中暖通专业部分由中国建筑科学院空调所、清华大学、兵器部第五设计研究院、湖南大学、同济大学、上海城建学院、山西省建筑设计院、哈尔滨建筑工程学院、武汉煤矿设计研究院及北京市建筑设计院共同研制完成。内容包括空调负荷计算程序、空调送风空气分布计算程序、全空气空调系统及设备的设计与选择计算程序、风机盘管系统的设计与选择计算程序、空调送风管道系统设计计算程序、建筑物热水采暖系统设计计算程序、大门空气幕设计计算程序、采暖建筑热耗分析程序、区域供热热水管网设计计算程序等9个程序。

做为一个长期任务，在计算方法的研究方面还需要做大量的、系统的基础性研究工作，在专业计算程序方面还需要不断补充和完善；但从实践的、发展的角度来看，空调专业的计算机应用可能要步入一个以CAD技术为标志的新阶段。这从专业本身来看，专业计算到计算机辅助设计是一种自然的发展趋势；从计算机技术(包括硬件和软件)来看，开发和应用CAD技术也势属必然。

目前，在发展空调专业CAD系统方面，做工作的单位和个人很多。很多单位在专业微机CAD系统的开发和应用方面，做了一些初步探索，绘制了暖通专业基础图形库，编制了专业菜单，加入了图面汉字，实现了专业计算与画图的联接，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。这就使工程设计人员在实践中看到了新一代设计工具、新一代设计思想和设计方式的雏形^[1-26]。

但总的来说，空调专业CAD技术开发的时间还很短，大量的、非常有意义的工作极待有人承担。无论在开发的深度上和广度上，都需要空调专业人员做出艰苦的努力。

§4. CAD技术的发展趋势

一个优秀的CAD系统，体现着计算机硬件(包括主机、图形终端、存贮系统和输出装置等)和计算机软件(包括系统软件和应用软件)的最新成就，以及专业设计理论和设计人员的经验智慧。因此，CAD技术是一门综合技术；同时，CAD系统的专业化程度又很深，否则它不可能成为真正的设计工具。于是，要全面论述CAD技术的发展趋势，必然带着综合性和专业化两种特点。这里仅从目前发展情况出发，从实用的角度做些分析。

越来越多的设计单位采用CAD技术，并最终取代传统的设计方式，这是一种必然的发展趋势。设计人员将逐渐地从繁重的重复劳动中解脱出来，致力于创造性的思维，而设计人员本

身也将在这场深刻的技术变革中,通过更新知识和思想,成为掌握新一代设计工具的新一代设计人员。曾有人预计:到1990年,在美国每两个设计人员将占有一个图形工作站,大约有50%左右的图纸出自CAD系统。

在CAD市场上按厂家提供的产品,大体上可分为四类:①束缚系统(bundled system),即计算机与应用软件捆在一起的系统;②非束缚系统,即应用软件和图形终端;③仅提供应用软件;④提供计算机,即计算机硬件和系统软件。1985年是几年来CAD市场变化最剧烈的一年,传统的束缚系统的销售额剧降,如CV公司失去了大约37%的市场份额。市场趋势向着非束缚、开放系统发展,以使得用户可以使用内部软件或接口把多种CAD系统联接在一起。束缚系统的代表厂商是CV公司和Intergraph公司。厂家开发和销售自己的计算机或特殊的图形处理机,以达到较好的性能和精度。但随着图形功能从系统一级向芯片一级转化,预期为图形应用开发特殊硬件的吸引力将逐渐消失。非束缚系统的代表厂商是DEC, IBM, Apollo和Prime。他们使用通用的CPU,并提供多种型号,以便用户可以根据自己的特殊需要组成系统。非束缚系统的主要好处是:①用户可以使用多种第三者的系统,这对人多的大单位特别有吸引力;②当用户的需求增加时,系统可以升级。

从市场观点来观察,趋势一直是从中心机式向着分布式的CAD系统发展。小型机或者超小型机将不是用做中心机,而是用做分布式的工程工作站的网络,微机CAD系统将向着工程工作站的方向发展。于是,这两种类型的硬件将变成一种微机工作站。良好的价格比将使微机系统获得巨大发展。

在CAD技术领域中,一个重要的发展思想是“集成”(Integration)。在过去的计算机应用中,已形成一些独立的计算机辅助工具,如专业制图、几何模拟、有限元分析等,它们之间没有数据库或逻辑上的联系,称为“自动化岛”。集成技术用CAD的整体策略取代个别问题孤立解决的方法,把“自动化岛”集成起来,成为自动化的设计过程(对于机械行业,则还有自动化的制造过程,以及从设计过程到制造过程的自动化传输)。在集成技术中的关键问题是几何模拟、数据库和标准问题(包括几何数据交换标准、图形标准和网络标准)。对于三维物体的几何模拟,机械行业里有线框模型(wireframe model)、表面模型(surface model)和实体模型(solid model)等方法。对于数据库问题,商用数据库有层次型、网状型和关系型等几种,而CAD中应用的工程数据库有更高的要求,比如多对多的关系、灵活可变的层次结构等。目前,在世界范围内工程数据库也仍然是一项研究课题。

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) 是由美国国家标准局管理的在CAD/CAM系统间交换数据的一种标准,它规定了一种标准的数据转换形式,独立于各种CAD/CAM系统。厂商一般提供IGES的前(后)处理器,可以把本系统的数据写成(或读入)IGES格式。美国的其他转换标准还有CAM-I (Computer Aided Manufacturing-International), PDDI (Product Definition Data Interface), IGES ESP (Experimental Solids Proposal), PDES (Product Data Exchange Standard), 以及法国标准SET, 西德标准VDA/VDMA-FS, 英国标准NADO, 所有这些标准将向着国际标准组织(ISO)的STEP (Standard for Exchange of Product Model Data) 标准发展。GKS是由国际标准组织(ISO)和美国国家标准协会(ANSI)制定的图形标准,它规定了应用程序和图形模型之间的标准接口;GKS中规定的图形模型独立于各种程序语言和图形装置,以便可以使图形在不同的图形装置中实现。其他的图形标准还有PHIGS (Programmers Hierarchical In-

teractive Graphics Standard), CGI (Computer Graphics Interface) 和CGM(Computer Graphics Metafile) 等。

在CAD技术的发展中,人工智能将获得越来越广泛的应用,如模式识别、专家系统在自动绘图和工程设计中的应用。人工智能不可能做出所有的设计决策、最佳选择,但它可以提供帮助,提出建议和推荐,可以使一般设计人员从事高水平的工作,从而提高设计质量和缩短设计周期,人工智能在节省费用和时间方面的潜力是极大的。

§5 空调专业CAD技术的开发和应用策略

从历史上看,暖通空调工程的计算机应用,在国外已经走过二十多年的历程,在国内也经历了十几个年头,其中有丰富的经验值得记取。从发展上看,CAD技术的开发是一个必然的发展趋势。不管从手工设计方式到采用CAD技术的过程需要多么漫长的时间,这一趋势是不会改变的,而采用CAD技术是对传统设计思想和设计方法的一次挑战,是一个涉及到思想、技术和经济等诸方面的复杂问题。下面根据实践和国内外有关资料,就暖通空调工程CAD技术的开发和应用,对策略问题做些讨论。

一、关于建筑热过程理论模型问题的研究

建筑热过程的数学模型传统上是以前态传热和周期性传热理论为基础。美国和加拿大等国家,在引入计算机应用以后,率先发展了传递函数理论,其影响遍及全世界,可以认为它代表着70年代以后技术发展的主流。但北欧等国家很多学者和工程技术人员习惯采用有限差分法来进行建筑热过程和空调系统的模拟分析。此外,还有的国家习惯采用阻容模拟方法。即便在美国,方法也并非完全“划一”,如在南方某些大学中仍继续使用有限差分法。

事实上,根据研究对象的不同、要求精度的不同、使用范围的不同,以及作者的习惯和背景不同,不一定非拘泥于采用某一种方法。某一种方法也很难在任何条件下都优于其他方法。因此对于不同的处理方法都应给予必要的重视。对于具体某一位学者甚至某一单位来说,都可以做长期努力,去研究和发展某种模拟分析方法。我国正可以发挥地大人多的优点,形成各种学术基地和流派,相互补充,促进繁荣。

近年来,我国学者在了解、消化、介绍和应用国外建筑热过程新的理论发展方面做了大量工作,并取得了很大成绩。但做为一种长期任务,还需要做大量深入、系统的研究工作。这种偏基础性的研究工作,需要投入力量,做出不懈的努力。在实际工作中,困难很多,然而它恰似攻坚中的“制高点”,可以起到“登高望远”,“控制一片”的作用。不做此种长期、系统的努力,则很难真正走在技术发展的前面。

建筑热过程的理论模型研究问题,正朝着深化的方向发展。近年来,若干新的发展动向,更是值得我们深入分析和研究。

二、关于专业技术人员中的普及宣传问题

60年代中期以后,在暖通空调理论和实践方面的一系列变革(包括传递函数理论的引入、建筑热过程的研究由稳态向动态的过渡,以及负荷计算新方法、建筑能量分析新技术的出现等等),可以认为是计算机技术的发展对暖通空调工程领域的第一次冲击作用。此次过程变化剧烈且迅速,以至大量暖通空调工程人员并不完全知道,甚至不知道究竟发生了什么事情。这种情况不仅国内存在,工业发达国家,比如美国,也是如此。研究和实践、学术和