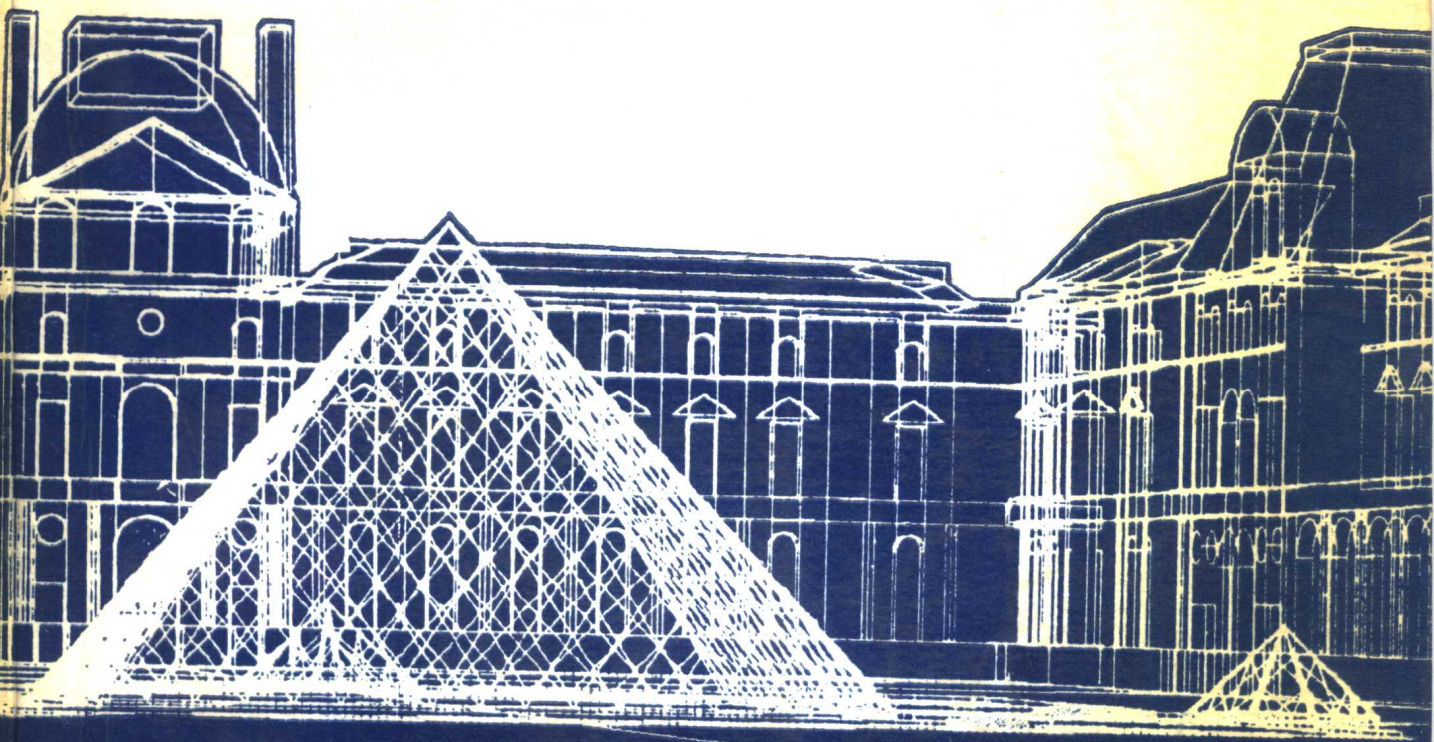


计算机辅助 建筑设计

王国泉 霍新民 编著
汪琪美 吴华强



中国建筑工业出版社

计算机辅助建筑设计

王国泉 霍新民 编著
汪琪美 吴华强

中国建筑工业出版社

本书全面、系统地介绍了一门新兴学科——计算机辅助建筑设计(CAAD)的理论和实践。

全书分为三大部分。第一部分阐述了CAAD的理论基础,第二部分结合建筑设计,详细论述了CAAD的实现手段及途径,第三部分介绍了国内外CAAD的一些典型资料及发展前景。本书对于正在开发中的我国CAAD事业具有一定的指导、参考作用。

本书可采用不同章节组合,供关心我国CAAD事业的领导干部、建筑专业及计算机专业设计人员、管理人员、软件研制人员、情报人员以及大专院校师生、研究生使用。

计算机辅助建筑设计

王国泉 霍新民 编著
汪琪美 吴华强

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 23¹/₄ 字数: 561 千字

1989年1月第一版 1989年1月第一次印刷

印数: 1—4,340册 定价: 10.90元

ISBN7-112-00491-8/TU·359

(5589)

前 言

多年来,建筑设计方法的改革一直是建筑师们所关心的课题。人们期待着建筑设计者能早日从传统设计方法的束缚下解脱出来,摆脱繁琐的事务性工作,集中精力投入到创造性的设计工作中。但是,历代建筑师这一梦寐以求的理想,只有到了电子计算机技术普遍应用的今天,才有了实现的可能。计算机辅助建筑设计(Computer-Aided Architectural Design, 简称CAAD, 下同)。为建筑师提供了前所未有的手段,展现了令人鼓舞的前景。可以这样说,CAAD的普及与推广是建筑设计发展史上一场真正的革命!

为了使我国广大建筑设计人员对CAAD这一新生事物有所了解,使它能结合我国国情得到普及和推广,使国内外先进技术和科研成果能早日转化为实际的生产力,我们编写了《计算机辅助建筑设计》这本书。我们希望本书能对广大建筑设计人员、各高等院校建筑系师生、CAAD系统的开发研制人员以及关心这方面进展的读者有所裨益。

参加本书编写的,有来自建筑设计第一线、尝试用CAAD为设计工作服务的建筑师,也有在高等学校教学第一线研究CAAD专题的讲师。他们在对本课题进行多年研究的基础上,综合其科研成果和所发表的论文,利用他们在举办各种类型CAAD培训班中所编写的讲义教材,收集了1985年我国举办的首届“电脑在建筑设计中的应用”国际学术交流会和1986年“全国计算机应用成果展览”的大量素材,并且翻译、阅读了国外最近出版的有关杂志及书籍,经过提炼、概括、归纳、整理而写成本书的。

本书注意了选材的先进性、系统性、完整性,从认识规律出发,尽可能作到深入浅出、循序渐进。凡是对有关建筑设计人员从事CAAD所必备的基本知识,从理论研究到实际操作,从硬件配置到软件研制,从国外发展到国内应用,力求适合建筑设计人员的需要,努力站在系统工程的高度,对该学科进行概括和介绍。为了本书的出版,很多设计、科研单位、大专院校及国内外厂家提供了大量图片和资料,考虑到篇幅和印刷条件,我们只是从中选了二百多幅作为本书的插图。书中有关程序在交稿之前再次进行过上机调试和验核。为了使读者能及时了解国内外CAAD技术进展情况,书中对个别有争议而尚未形成完整体系的国外研究课题也作了客观的动态介绍。

本书初稿曾被作为上海交通大学“土木工程计算机辅助设计专业进修班”及中国建筑学会CAAD培训班的课程教材进行过讲授。

CAAD不仅在我国,在世界上也仍被作为一门新兴的学科。它是建筑学与电子技术横向沟通的产物,它处于学科的交汇点上,并在不断的发展之中。CAAD的许多理论至今还未完全形成,有待于在今后的创作实践中考验和完善。不同学者对于本学科的概念、定义、专业术语、研究内容等仍有不同的理解和表述。因而本书有些内容只能作为一家之言,供读者参考。

在本书的编写过程中,得到了美国加州洛杉矶大学建筑研究生院威廉·米歇尔教授、

DAH/op/op

澳大利亚悉尼大学建筑科学系约翰·吉罗教授、日本大阪大学环境工程系笹田刚史教授、英国斯特拉什克莱德大学建筑师汤马斯·梅弗教授以及王华彬总建筑师、汪坦教授、崔俊之研究员、傅义通总建筑师以及王耀同志的指导和帮助，并提出极其宝贵的意见，谨此致谢。

限于作者水平，加之时间仓促，缺点与不足在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1987年元月

目 录

第一章 一门新兴的交叉学科..... 1	三、信息的合成.....39
第一节 横向渗透 CAAD 诞生..... 1	四、建筑设计信息处理.....40
一、新时期建筑学的变化..... 1	五、电脑的有效服务.....41
二、新时期计算机学科的变化..... 3	第三节 控制论与建筑学.....43
第二节 CAAD的基本概念..... 4	一、信息与反馈.....43
一、建筑设计过程本身是个系统工程问题..... 4	二、控制论方法.....43
二、CAAD过程是一个系统工作过程..... 5	三、控制论的构成及作用.....44
三、CAAD系统的工作方式..... 6	四、CAAD系统的控制.....44
四、CAD与CAAD..... 8	第四节 系统工程学与建筑学.....45
五、CAAD的工作范畴..... 9	一、系统工程学与“三论”的内在联系.....46
六、图形显示是CAAD的重要手段.....10	二、设计方法论.....46
七、建筑师的助手与工具.....11	三、系统设计法.....47
第三节 CAAD在国际建筑舞台上.....12	第五节 现代系统理论的重要数学基础——运筹学.....48
一、二十多年漫长而曲折的道路.....12	一、规划论.....49
二、处于领先地位的美国CAAD的开发研究.....14	二、图论方法.....51
三、英国CAAD的发展道路.....18	三、博弈论与决策分析.....52
四、日本CAAD的广泛应用.....22	四、排队论.....54
五、法国CAAD的尝试.....27	五、存贮论.....54
六、联邦德国建筑设计标准库的开发.....28	六、系统仿真.....54
七、苏联和欧洲各国建筑电脑化的努力.....30	第三章 建筑学面临的新课题.....57
八、近年美、日CAAD的主攻课题.....31	第一节 精确的局限性与建筑学的模糊性.....57
第二章 系统论、信息论、控制论和系统工程学是现代设计方法论的基础.....33	第二节 在建筑学中的模糊集合论.....59
第一节 系统论与建筑学.....34	一、模糊集合论及隶属度概念.....59
一、系统的特征.....34	二、模糊性渗透在建筑师的创作思维 and 表述中.....60
二、以系统论指导建筑设计.....36	三、模糊集合论在建筑中的应用.....62
三、城市设计的系统观.....37	第三节 现代建筑语言的表述.....65
第二节 信息论与建筑学.....37	一、建筑符号学.....66
一、信息的特征.....38	二、语言变量法.....67
二、信息源与信息量统计.....38	三、模式语言.....71
	四、建筑语言、建筑专用术语的规范化、标准化.....72
	第四章 CAAD系统的构成.....74

第一节 CAAD的工作方式.....74	五、建筑平面的Smith图表示法.....205
一、自动化设计方式.....74	六、建筑的非几何描述.....207
二、交互式设计方式.....75	七、现场描述.....211
第二节 CAAD的硬件系统.....75	八、图形的信息化与数字图象系统.....221
一、工作站.....78	第三节 建筑抽象描述.....223
二、计算机.....80	一、生成建筑设计方案的基本途径.....223
三、存储设备.....82	二、建筑设计的评价、优化与权值系统.....224
四、交互式图形输入设备.....84	三、相关矩阵的建立与应用.....226
五、输出设备.....92	四、从“被动式”的工具到“智能型”助手.....230
第三节 CAAD的软件系统.....97	第四节 建筑模型.....239
一、CAAD软件系统的组成.....97	一、电脑系统中建筑模型的特征.....239
二、CAAD软件系统的基本功能.....99	二、二维建筑信息的存贮及局限.....240
三、CAAD软件的主要内容.....101	三、空间建筑模型构成.....241
四、介绍国外几个CAAD软件.....102	四、建筑模型的其它处理方法.....242
五、专用设计软件举例.....118	五、数学模型与设计预测.....243
第四节 数据库管理系统.....125	第六章 计算机的图形系统.....246
一、信息库与数据管理.....125	第一节 基本图形功能.....247
二、数据库的选择.....127	第二节 二维图形变换系统.....253
三、CAAD的图形数据库.....127	一、二维空间的几何变换及其矩阵表示.....254
四、从数据管理到知识管理.....129	二、窗口、视图和二维裁剪.....259
五、信息管理系统的组成及举例.....130	三、数据提取.....264
六、数据库的发展趋势.....137	第三节 三维空间的几何变换及其矩阵表示.....266
第五节 微机CAAD系统.....137	一、平移变换.....266
一、低价格高性能的微型机.....137	二、缩放变换.....267
二、微机CAD软件的主要功能.....143	三、旋转变换.....268
三、普及型CAD软件评价与比较.....147	第四节 三维图象的逼真性.....273
四、二次开发微机CAD软件.....151	一、正投影.....273
五、两个较为典型的微机CAD软件.....152	二、斜投影.....273
第六节 CAAD应用系统的建立及建筑师的作用.....164	三、轴测投影.....274
一、CAAD应用系统的建立步骤.....164	四、透视投影.....276
二、建筑师在系统建设中的作用.....166	五、立体视图.....279
第五章 建筑设计的描述.....168	六、隐藏线的消除.....280
第一节 数据结构.....168	七、几种特殊效果.....282
一、常用的数据结构.....168	第七章 CAAD软件的开发研制方法.....286
二、外存储器中数据的组织与处理.....174	第一节 人-机系统中的功能分配与界面设计.....286
三、计算机辅助建筑设计中的数据结构.....177	一、人-机功能分配.....286
第二节 建筑具体描述.....172	二、人-机系统中建筑师与电脑的现存关系.....287
一、以规则网格为基础的描述方法.....183	
二、无尺寸表示与尺寸向量表示法.....189	
三、多边形与多面体表示法.....192	
四、建筑平面的对偶图表示法.....201	

三、CAAD系统的人-机关系设计	288	第四节 住宅设计的专题研究	338
第二节 软件工程学	289	第五节 几个有代表性的建筑软件包	341
一、软件工程学的概念	289	一、建筑工程设计软件包 (BOP)	341
二、软件工程发展历史	291	二、建筑工程应用软件系统	342
三、用于CAAD软件研制、维护、 使用的文件	292	三、微机CAAD程序系列	342
四、软件程序设计方法	294	四、XN-IGS	343
第三节 用户接口的设计	296	五、航天部7760系统	344
一、用户接口的成分	297	第十章 走信息时代的必由之路	346
二、用户模型	298	第一节 建筑师是CAAD的当然主人	346
三、命令语言	299	一、建筑师要正确认识CAAD	346
四、信息显示	300	二、提倡建筑师参与软件编制 鼓励 建筑师上机实践	347
五、信息反馈	300	三、微机是建筑师学习 CAAD 的最 好入门工具	348
第四节 建筑师对设计干预水平的提高	301	第二节 稳步开发CAAD	349
第八章 CAAD的主要应用	303	一、强调系统集成	349
第一节 资料检索	303	二、强调有领导、有计划、分步骤	350
第二节 建筑模拟 评价优化	306	三、强调建筑师与软件人员明确分工密 切配合	350
一、建筑造型模拟系统	307	四、强调软件社会化、商品化	351
二、建筑造型模拟显示	308	第三节 CAAD的开发方向与对策	351
三、结构模拟、防灾模拟	311	一、制定合理的开发政策	351
四、声学模拟	312	二、实行科学的技术措施	353
五、光学模拟	312	第四节 CAAD前程似锦	356
六、色彩模拟	313	一、CAAD是未来社会的建筑师必 备技能	357
七、环境模拟	316	二、电脑时代利于建筑师施展创作才 干	357
八、计算机全息术的应用	317	三、紧迫感	357
第三节 城市规划	318	四、CAAD终将日趋深入人心	358
第四节 绘图功能	323	附录1 CAAD的五代发展	359
第五节 经济分析	327	附录2 部分国外CAD系统简介	360
第九章 开发中的我国CAAD	330		
第一节 我国建筑业的计算机应用	330		
第二节 可编程序计算器的程序编制	331		
第三节 微型机上的软件开发	334		

第一章 一门新兴的交叉学科

第一节 横向渗透 CAAD诞生

电子计算机是人类探索自然奥秘的一把钥匙，它为建筑师打开了通向信息化时代的大门。随着科学技术的惊人发展，人类有史以来第一次用上了辅助脑力劳动的工具，进入有意识地开发信息资源的新时期。现在电脑已经深深地渗入社会的每一个角落，凡是技术先进的地方，凡是实现高度自动化的地方，都有它的踪影。正如美国《时代》周刊描述的：“要问电子计算机能用在什么地方，就象问电能用在什么地方一样。”

如同其它部门，在新的产业革命冲击下，古老的建筑学专业也面临严峻的考验和挑战。现代建筑中日益复杂的精神、物质与功能需求，迫使建筑向严密科学方面进化。无论内容还是形式，手段还是技巧，传统的建筑设计方法都已不能适应信息社会的需要。大规模的建设，更不允许那些杰出的建筑师，继续象奴隶般地把有限精力耗费在事务性工作上，而无法发挥创造才能。

建筑设计是一个不可分割的完整有机体。设计中各专业分工的历史演变，实际上是随着技术进步和人们对建筑本质认识的不断提高而被动适应的过程，它只是建筑师在设有辅助脑力劳动工具的情况下无可奈何的权宜之计。如今，面临建筑设计信息的进一步膨胀，传统的专业分工再也不是行之有效的办法了。根本的出路就是对整个旧的设计体系进行彻底变革。

一、新时期建筑学的变化

我们正面临着从工业社会向信息社会的过渡。在这个历史时期中，一切都在变化，古老的建筑学也在变。

（一）建筑设计中各专业构成变化

随着建筑技术的发展，有关设计的信息空前膨胀，加上人们对建筑本质认识的不断提高，建筑师们逐渐意识到：如果不借助于新的辅助脑力劳动的工具和手段，那么即使他们竭尽全力去扩大自己的知识面，还是不能、也不可能囊括现代化建筑设计中所必备的全部知识。回顾整个建筑发展史，就可看出，正是他们自己有意无意地回避或拒绝那终将支配建筑工业的新技术，结果是让建筑专业中的一些重要方面不知不觉地落入旁人之手。到了本世纪三十年代，结构、设备和概算工程师已逐渐占据了重要设计的大部分工作，结果，建筑师往往穷于应付各专业的不同主张而难于提出统一的设计。这给他们敲响警钟，若继续象鸵鸟般地埋头于纯艺术的沙堆中，而无视周围技术的进步，那用不了多久就可能堕落成为一个毫无竞争能力的、仅能肤浅表现建筑外形的装饰者了。建筑师要想保持自己的优势并扩大工作范围，唯一的出路就是借助于电脑，使自己从日常的事务性工作中解放出来，

腾出时间去构思、丰富和完善设计，集中精力去履行建筑师的职责，使自己由行将落伍的专家，变成适应各种情况的通才。关于建筑设计中建筑与其它专业比重的变迁如图 1-1 所示。

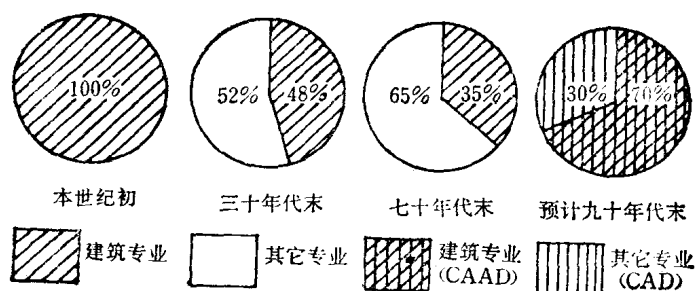


图 1-1 建筑师工作范围变迁

（二）建筑业的形式变化

设计现代化是建筑现代化的前提，因此设计专业队伍的数量与质量，直接影响到建筑业的发展。虽然经过35年的努力，我国建筑师人数还不到4万名，占总人口的0.035%，这个比率只及经济发达国家的1/10，远不能适应现代化建设的需要。然而另一方面这支数量极为有限的建筑队伍却经常疲于奔命，忙于各专业间的协调和陷身于繁琐的施工图绘制。这种情况往往迫使他们忽视建筑创作的理论探讨和设计方案比较，直接影响到建筑设计水平的提高。建筑业的改革，对外开放的政策，以及日益加剧的竞争局面，迫使我们选择和采用最新技术，加速建筑师的智力开发，使我们有可能在建筑师缺乏、素质不高的情况下，提高设计质量，加快设计进度，以解决大规模建设的燃眉之急。

（三）建筑理论变化

新技术的发展，使古老的建筑学变成多学科相互渗透的领域。在这些新萌发出来的横向学科之间，有不少是直接和电脑紧密相关的，如CAAD及计算机对建筑实行实时控制等，更多的则是建立在电脑技术发展之上。由于计算机非凡的信息处理功能，使得诸如建筑评价、设计语汇、建筑环境资源学、建筑经济学、环境心理学、环境气候学等一系列长期停留在理论探讨阶段而难于深入的学科得到实施的可能。为提高建筑物的性能，用现代技术使有限的资金、材料、能源、土地等资源得到充分利用；利用反馈原理使设计适应多变的环境，以提高抗灾应变能力和降低能耗的系统设计法等，也是与微电子技术的发展分不开的。

（四）建筑设计内容变化

信息化改变了社会价值和联系，也不可避免地引起设计原则、方法和理论的变化。现代科学技术的飞速发展，使历来被人们视为具有静态特征的建筑也带上了极为明显的动态要求，科学在发展，生活方式在改变，建筑也必然要随之发生重大变化。比如我们的前辈从未接触过计算站、控制室、超洁净车间的设计；由于采用电脑检索和缩微技术动摇了沿袭近百年的图书馆经典设计理论；邮局、商场、旅馆、学校、办公室及交通建筑广泛采用新的信息装置而使传统设计处理办法不再适用等。再如电脑的家庭化导致工作由集中走向分散，也改变了住宅设计的内容。住宅除了要满足生活起居之外，还需考虑加进信息联络和

智力开发的因素。这就要考虑增加必要的工作空间，同时还需预留安装电脑终端、网络等自动化设施的余地，使住宅设计满足生活、工作以及信息交流三方面功能的综合需要。

所以，即使不采用电脑工作，建筑师也必须了解计算机，因为电脑将遍及一切工作场所，成为大多数新建筑必须加以认真考虑的因素。否则，他将因不能适应而连自身的业务范围都受到威胁。

二、新时期计算机学科的变化

随着新的技术革命向纵深发展，电脑也在变化。世界上第一台计算机“埃尼阿克”是为了军事目的而诞生的，当时包括设计者本人在内也不曾料到，计算机技术会有如此意想不到的威力。历史上从未有过任何一种技术，能够象电子计算机这样广泛地运用于一切工作场所，其中理所当然地也包括了建筑学领域。

三十多年的岁月在人类历史的长河中，不过是短暂的一刹那，但在专家们的努力下，电子计算机却已经历了沧海变桑田般的不可思议的变化。其变化主要有以下四个方面：

（一）构造变化 经历了由电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路电子计算机的四代发展史，并正向超大规模集成电路（即第五代人工智能计算机）的方向挺进。特别是近十年来由于大规模集成电路的发展而出现的微处理器，其发展更为迅速，对计算机发展进程产生了巨大的影响。

（二）体积、性能变化 有关资料介绍，电脑的主要部件逻辑件和存贮器的成本分别以每年25%和10%的速率下降，而运算速度则在25年内提高了近百万倍，功能相当的计算机体积压缩到原来的万分之一，与“埃尼阿克”功能相当的微处理器已经可以缩小到一片指甲甚至一颗绿豆那么大，而售价只值几美元。难怪有人把其与航天工业的发展做了个比较：“如果三十年来航天工业在其价格、能耗和速度方面能赶上电子工业发展步伐的话，那么现今一架波音767飞机的售价就会只值五百美元，能用五加仑的燃料在五分钟内绕地球飞行一周！”

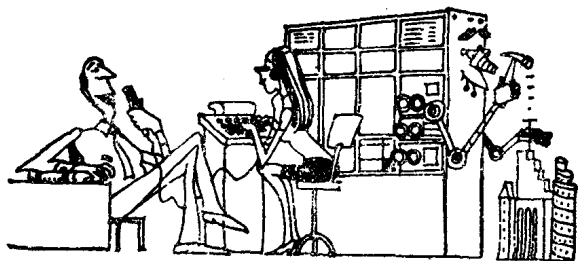
（三）功能变化 由单纯的数值运算发展到全面的信息处理，由单纯的计算工具进化成具有简单智能的电脑。用信息论的观点看，计算机科学是研究一切信息结构的表达、变换与理解的科学，而建筑师的工作则被认为是创造、处理和分配建筑设计信息。换言之，作为联系组带的工程设计信息，把建筑师与电脑紧密地联系在一起了。智能计算机中的“知识库”（或称“专家系统”）可以囊括近百年来古今中外著名建筑的设计资料，集数以千计的建筑师、工程师的设计经验智慧，集各国有关建筑的法规于大成，供随时调用去分析、评价、发展和提高任何一项新的设计。

（四）应用变化 面向用户，便于操作，讲究效益，这一直是计算机学家为之奋斗的目标，他们为此投入大量资源进行开发并获得了成功。系统软件、交互式人机对话、图形显示及扫描装置……解决了一度严重妨碍计算机辅助建筑设计推广的图形输入输出问题。设备越先进，性能越高，操作也越简单。尤其对那些成熟的计算机辅助建筑设计系统，经过简单训练的建筑师只需根据屏幕上的提示操作，就可进行工程设计并绘出图纸。现在汉字输出问题也已获得解决，屏幕上的问答完全可以用中文方式显示，这更是任何一个设计师都看得懂的。这种情况使电脑应用领域迅速扩大，对国民经济和人民生活都产生重大深远的影响。1970年以前，计算机主要为军事、宇航、科研部门服务，1956年至1984年则以

企业经济管理为主要目标。从1970年开始,西方经济发达国家已做到电脑社会化、个人化,开始进入了家庭生活领域。

我们正处于一个伟大的历史转折关头,要适应信息时代的这种变化和过渡,就要大力普及、推广计算机的应用。要接受新事物,研究新课题(图1-2)。

正是由于建筑学与计算机学科在变化中的横向沟通,促成了一门新的研究领域——计算机辅助建筑设计(或称CAAD)的诞生。



【图 1-2 未来建筑师把想法告诉秘书,秘书把信息送入计算机,机器开始工作,机器人造出了三维结构

第二节 CAAD 的基本概念

一、建筑设计过程本身是个系统工程问题

要开发出符合建筑设计要求、具有实用价值的 CAAD 系统,首先要对建筑设计的过程进行深入分析,解剖设计过程的每一步,从中寻找并总结出建筑师创作思维活动的内在规律。

而建筑师要想利用 CAAD 系统为自己的创作和设计实践服务,也需要了解 CAAD 的工作方式、特点与长处,以充分挖掘计算机的潜力,把繁琐的事务性工作交给 CAAD 系统,而把创造留给自己。

因此,对整个建筑设计活动过程进行剖析,找出其内在的逻辑与规律,是开发 CAAD 系统的先决条件。

建筑设计涉及建筑物的使用功能、技术经济指标、艺术形式、价值观念等一系列问题,是一门较典型的、跨越社会科学和自然科学的综合性学科;建筑设计人员往往靠本身的修养、素质、学识经验及处理手法的交叉运用,来完成一项项具体的工程设计。在这个过程中,蕴含着大量精确与模糊的概念。设计人员工作的实质是找出并清理众多设计控制因素之间的相关性,用系统工程学的方法去指导设计全过程。通过循环、反馈、评价、综合使建筑设计过程中所触及的因素逐渐条理化、具体化,并使整个设计过程逻辑化、描述语言化,最终达到设计方案最优化。

粗略来说,传统建筑师在其接到工程设计委托书后的第一步,总是首先了解设计对象——包括现场条件、环境要求、经济因素等,摸清建设单位的各项要求和意图。

第二步是制定出如何实现工程设计任务的战略措施和实施方案。这一步应完成于构思

和绘制任何草图之前,但整个设计的最终结果却往往在很大程度上依赖于这一阶段的工作。

第三步是建筑设计人员具体探索实现设计任务的办法,即草图阶段。其主要特点在于建筑设计方案被反复推敲,不断修改,不断充实、具体和完善。

只有在第四步提出初步设计方案之后,才有可能组织各方面的专家对之进行评议,可以从艺术造型、空间组织、平面的安排、交通流程、功能关系、结构的可实现性、经济造价、以及各专业要求等一切必要的角度来分析、论证,分头开展工作。建筑师在这一阶段很重要的工作就是收集、协调从各个专业系统反馈回来的信息,站在更高的层次上进行指挥,保证整个工程设计有条不紊地进行,直至完成该项设计任务。

可见,任何一项建筑设计都是系统工程问题,都包含着上述这种信息的重复、反馈与循环。在整个工程设计信息流的循环过程中,建筑师不断注入新思想,充实和丰富设计内容,同时摒弃那些不合理的、与现实情况脱节的部分,在不断的修改与完善过程中把建筑师初步的构思转化成完整而具体的工程设计。

二、CAAD过程是一个系统工作过程

由于建筑设计本身就是一种系统,因此必须用系统工程的方法来对待建筑设计,用系统工程的办法和手段、用系统论的思想来指导和组织 CAAD 的研制开发。系统性不但是 CAAD 的努力目标,而且是一种必然的方法。

CAAD 系统的核心是维护建筑描述的软件,在建筑师的配合下,对工程设计任务进行剖析,围绕一个单一的、中央的、无冗余的项目数据库开展设计工作,并且随着设计的进展不断扩充。换句话说,一个优良的 CAAD 系统必须围绕建筑描述数据库而建立,并将各种专业应用程序模块联接在这共用数据库上形成系统,以减少数据传送,共享信息资源,并不断根据各个工作模块反馈回来的信息对工程设计进行总体控制和调整(图1-3)。

CAAD系统整个的使用过程,就是建筑师在CAAD系统的辅助和支持下,对建筑设计信息进行提取组织、创造、加工、处理,并将其归纳整理成针对某项具体工程的一份完整的设计信息文件(或称建立具体的工程数据库),并加以存贮,然后根据需要调出这个文件,以一定的方式进行显示或输出的过程。

因此, CAAD 系统有可能使建筑师的创作活动得到延伸,并贯穿于从构思开始直至设计完成的整个过程;而不是象传统方法那样,机械地分为初步方案、实施设计……等几个部分。一根无形的线将设计的各个阶段有机地串连起来,建筑师通过数字化仪或键盘,干预规划,控制和指导设计,根据反馈信息调整和优化方案,使设计取得最佳的社会和经济效益。

CAAD 的应用使建筑设计不再是孤立和静止的,不再是与周围环境和社会无关的个体,而是融汇于整个城市的动态系统之中的一个系统工作过程。

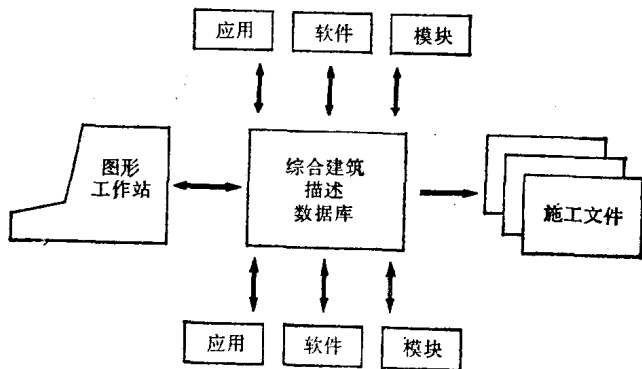


图 1-3 围绕建筑描述数据库的CAAD系统

三、CAAD系统的工作方式

任何一个完善的 CAAD 系统，都拥有丰富的工程设计和优化设计功能，可以采用批处理作业方式进行建筑工程总体参数的优化设计、几何造型设计、建筑物理（包括声、光、热……）、结构及其它专业的分析与优化设计，同时还包括最终所不可缺少的工程造价预测与分析、设计文件、设计图纸的制作等(图1-4)。

CAAD 系统中各分系统和子系统的设立与集成，应大体覆盖建筑工程设计流程的主干线，甚至要求联接构件加工、定货和施工作业计划管理系统，初步形成一个能在电脑中组织生成，并在计算机网络中传递的、协调的建筑工程设计信息流。

为了便于说明 CAAD 系统的工作方式及其模块间的逻辑关系，我们试以一个辅助电影院设计系统为例，来说明CAAD系统是如何在建筑师的指导下进行设计工作的。

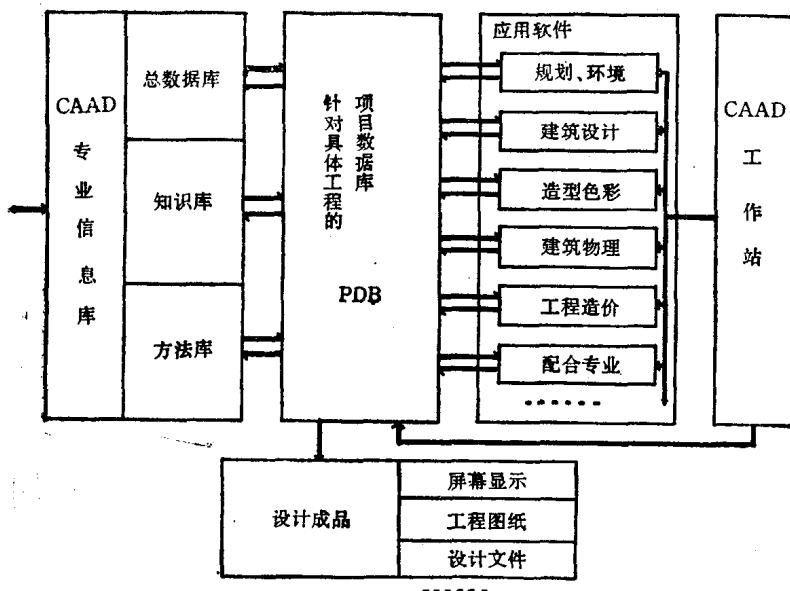


图 1-4 CAAD系统中应用软件与数据库关系

和其它建筑工程设计一样，电影院也是从技术论证、可行性研究入手的。在 CAAD 总体设计数据库和图形库内，预先存有大量已建成的作为范例的电影院资料，有关的设计规范，建筑产品，原材料，构配件，以及主要而标准的设计单元，如观众厅、舞台、放映室、盥洗室、乐池、辅助房间……的详细资料。在着手设计之前，建筑师可检索调用这些库存，熟悉情况，为选用或制定新的设计方案提供素材，以便在尽可能高的起点上，对自己的构思进行初步论证。

有了上述资料为后盾，加上自身广博的设计经验与技巧，建筑师就可以在计算机上通过交互方式，根据设计任务书中所规定的约束与限制条件，去建立电影院的空间布局和功能技术要求、价格分析的合理范围。从而对该电影院设计的技术要求进行初步分析和可行性论证，选择确定设计的规模及各有关部分的分配比例等主要参数。

电影院是技术功能要求很高的一类建筑，其设计的成败在相当大程度上取决于观众厅

的各项指标。因此,建筑师在“总体设计系统”的支持下,需要深入一步对观众厅进行技术设计。利用数字化仪(或鼠标器)在屏幕上勾勒和初步确定观众厅的平面形式,借助几何声线分析模块生成厅堂反射声线分布图,通过调整各段墙面的角度使观众厅内的反射声场趋于均匀。

以往在设计观众厅布置座位时,建筑师事先对厅内各种参数并非全然心中有数,只有在认真画出座位排列图后,才能确切知道究竟能容纳多少观众。有了CAAD系统,就可调用座位排列布置模块,只需输入首排距和过道位置等参数,再选取标准座椅,屏幕上就可出现安排就绪了的座位布置图,还可根据建筑师的要求自动绘出座位布置图,并统计和打印出楼座、池座的总座位数、总排数、每排座位数、纵横过道的位置与宽度、座位的尺寸与间距、水平视角、最远与最近视距、不同等级座位的分布图及统计等汇总指标,以及疏散口的设置与安排……计算机会自动校核上述指标,对超过规范要求的项目提出警告,建筑师仅需按自己的意愿调整即可。

视线设计模块则根据实际要求选择视点标准连同上面计算结果分析确定池座和楼座坡度升起值,提供俯角等设计控制参数,自动调整好放映口和银幕的最佳位置,然后返回几何声线分析模块,在建筑师的干预下得出符合声学特性的和艺术要求的天棚几何曲面造型设计,由计算机输出观众厅的内剖面图。

有了观众厅的平面和剖面型式、声学设计模块就很容易根据不同的精度要求,绘制空间反射声线分析图、电声分析布置图和场内空满场不同频率下的混响时间。此时,建筑师就要发挥其对艺术型式、空间想象和技术功能要求综合的能力,移动光标在屏幕上为未来的观众厅进行装修设计:在墙面布置吸音材料、设置声学反射板、电脑则适时显示出调整变化后的混响时间、隔声效果、噪声分析……等统计评价结果,使建筑师能随时控制设计向最优化方向变化,并与范例库中著名的建成实例进行对比。

有了上述观众厅的设计阶段,就可提供其它各专业设计人员分头进行自己的工作,他们可通过分射系统在各自的图形终端上平行推动设计,深入研究各部分的功能。如建筑师的助手就可分头研究门厅、休息厅、放映室、舞台及辅助房间的形式与功能要求、选用标准化舞台设备图块进行拼装;结构设计人员根据所确定的平面与剖面形式选择合适的结构类型,进行力学分析、模拟、验证,为建筑师反馈四外形修改信息,在结构数据库和绘图系统的支持下,进行结构布置,输出分析图表、详图与配筋图,材料表;还可连接结构优化自动设计系统,在给定的约束条件下进行优化设计,然后反过来再以交互方式完成详细的结构制图;电气工程师根据系统提供的技术参数、用电设备的型号、数量、位置进行电力、电讯、电声、照明系统设计;设备工程师选择放映、舞台设备、防灾报警设计、暖气空调、上下水设计……;工程主持人则通过专用监控系统的显示屏幕,了解掌握和指挥协调各专业;而业主也可随时利用三维空间系统提供的形象逼真的立体图形参与设计评价,提出自己的见解而不干扰建筑师们的工作。在整个设计过程中,每一个模块都能顺利地、从项目数据库中取出其处理的设计信息,并将加工过的信息送回库中,供其它模块调用。整个CAAD系统的工作如此协调,有条不紊,在相互默契、富于创造性气氛的条件下齐心协力,共同完成整个电影院设计,直至拿出最终设计图纸和全套说明文件(图1-5)。

与此同时,施工、采购人员可以从生产作业计划数据库中接受有关施工管理的信息,利用施工管理系统,根据施工队伍的能力制定统筹网络施工作业流程图,分期分批预定或

采购有关设备机具，加工预制构件，确定材料进场日期等，施工技术员将从生产作业管理系统中取得有关电影院的施工进度安排，月份生产计划，专用施工机具等方面的有关报表……。

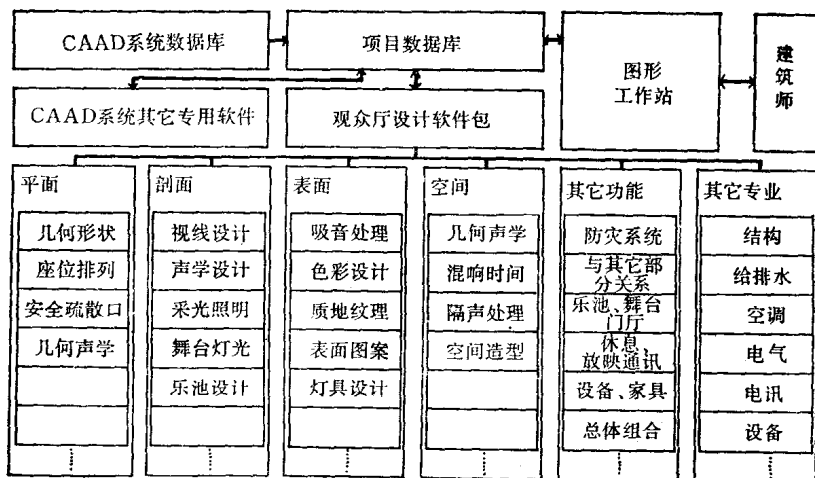


图 1-5 观众厅软件功能及外部接口示意

可见，整个CAAD过程和传统设计方法思路一样，是在电脑支持下以交互和反馈为手段，在不断的设想中调整循环，从而使设计方案由抽象到具体，由初级到高级的逻辑循环过程。

目前国外CAAD系统所组织的建筑设计信息流还是初步的，虽然上述主要环节可以在计算机系统里生成、传递，但在若干问题上还需要建筑师的干预，还有若干堵塞信息流动的“瓶颈”未解决，CAAD和CAM的若干环节也未打通，但可以看出，建筑师仍是CAAD系统的重要组成，是上述设计过程的主宰与核心。

四、CAD 与 CAAD

为了讲清CAAD,让我们首先从什么是CAD(计算机辅助设计)谈起。

新技术革命的浪潮冲击着整个人类社会。各个生产部门均面临和经历一个从大量生产转为批量生产的转变过程。这种变化，要求各种信息的传递与交流必须及时、准确，用纸和笔进行设计、绘制图纸和文件的传统做法已不能适应形势发展的需要了。为了赶上时代的洪流，近年来，人们将计算机用于设计工作中，利用电脑对产品从构思到投放市场的整个过程进行分析和控制，即对设计信息的产生、加工处理、转换、存贮和输出进行管理和控制，这种技术就称之为计算机辅助设计，简称CAD。

一九七三年，当CAD还处于它的发展初期，国际信息处理联合会就给CAD下了一个令人寻味的定义：“CAD是将人和机器混编在解题专业组中的一种技术，从而使人和机器的最好特性联系起来”。

在这里，突出了CAD中人与计算机的相互关系，强调了人是系统的一个有机组成部分。CAD是一种辅助人们进行设计的智能工具，它把人类的逻辑推理、学习联想、富于创造性的优点与计算机高速、精确、存贮量大等特性结合起来，通过人机交互技术溶为一

体,让人们和计算机之间进行信息交流,相互取长补短,从而使两者的优势都得到了充分的发挥。

具体说,完整的CAD系统是由人、硬件、软件和数据库这四大部分所构成。

那么究竟什么是CAAD系统呢?它是针对建筑设计专业的需要而发展起来的,是CAD的一个重要分支。在CAAD系统中,构成因素之一的人是特指使用该系统的建筑师;CAD和CAAD系统在硬件的配置上并没有显著的差异,它们之间的不同主要地反映在系统软件功能的区别。前者广泛应用于其它设计部门,而CAAD则是鉴于建筑学专业的特殊性,依照和模仿建筑师日常设计工作规律而专门编制的辅助建筑设计应用软件系统。

从软件系统的角度来讲,CAAD系统可以被认为是由软件工程、系统设计方法、建筑语言和模糊数学这四大内容组装而成的一个大黑箱;是联系建筑师的主观世界与现实客观世界的桥梁和纽带。它也是一个转换器,把建筑师的抽象思维转换成具体的工程设计;变精神为物质,化模糊为精确;把设计过程中大量的定性问题变成定量问题,以使用常规数学方式解决之(图1-6)。

尽管构成CAAD系统的理论基础千千万万、形形色色,但构成系统的核心和灵魂却是建筑设计专用语言和模糊理论,这正是CAAD系统与其它CAD系统的区别所在,也是CAAD的研制难点和魅力所在。

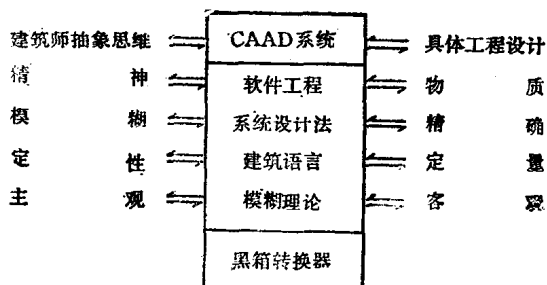


图 1-6 系统的转换过程

应该着重强调一下往往容易被人们忽视,然而却代表整个CAAD系统灵魂的操作软件、建筑设计和绘图的基本软件、以及其它专业应用软件的重要性。一部电脑,不管它在技术上多么先进,配备的外部设备如何完善,若缺少全套系统软件和应用软件的支持,那么这部电脑就不配称为CAAD系统,它将象没有司机的汽车一样寸步难行,或者象缺少乐谱的钢琴,即使勉强弹奏,也只能发出刺耳的、杂乱无章的音符!

五、CAAD的工作范畴

从广义上来说,CAAD系统的工作范畴是囊括了从建筑设计问题的提出,可行性研究,总体规划,初步设计,技术设计和详细设计,施工图绘制,设计文件、图表制作,施工计划制定与实施,房屋建成后的管理、维护、改造,设备的更新换代……直至建筑最终被淘汰和拆除。总之,包括建筑物从酝酿直至整个生存期间的全过程中任何一阶段的电脑运用在内。这是日本建筑界对CAAD的典型看法。它具体反映在日本一些较著名的CAAD系统,如ACT、TADD、STEP……等的编制思路上。

但是,从70年代中期以来,尤其在西方世界,人们对CAAD系统的理解逐步走向狭义化。不少建筑师认为上述对CAAD系统的理解中,内容未免过于广泛,它已远远超出了设计事务所的管辖范畴而扩展到整个建筑行业的疆界内了。因此应从广义CAAD系统的工作内容中扣除绘制设计图纸以后的整个施工和管理部分,仅留下一套能从头到尾支持建筑设计的综合辅助设计系统。

当然,整个建筑的设计应为包括建筑、结构、水、暖、电、设备、装修等各个协作专