

计算机辅助建筑设计

李中虎 编译
詹庆旋 审校



清华大学出版社

内 容 提 要

本书对计算机辅助建筑设计 (CAAD) 技术作了比较全面而简要的介绍, 内容包括, CAAD 的基本概念、建筑信息的编码与存储、数据结构、建筑设计数据库、图形处理、人机对话、建筑项目的可行性分析、建筑空间组合分析、设计方案的性能分析等。

本书可作为大专院校建筑学专业“计算机辅助建筑设计”课程的教学参考书, 以及土建技术人员的参考书。

计算机辅助建筑设计

李中虎 编译

詹庆旋 审校

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

北京昌平第一排版厂排版

北京昌平环球印刷厂印装

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数: 310 千字

1991 年 2 月第 1 版 1991 年 2 月第 1 次印刷

印数: 0001~4000

ISBN 7-302-00514-1/TU·53

定价: 5.40 元

出版说明

计算机辅助设计简称为 (CAD), 即 Computer Aided Design 的缩写, 至今已有二十多年历史。近几年呈现了突飞猛进的发展, 特别是计算机硬件、图形技术、智能模拟等方面的巨大进步使 CAD 技术成为工程设计及科学研究不可缺少的重要组成部分。CAD 技术可以理解为用计算机来模拟工业产品的试制加工和调试检测过程, 以及自动选择最优参数, 从而达到工业产品一次设计成功。因此 CAD 可以使产品更新换代的周期缩短、质量寿命提高、成本价格成倍下降。CAD 在促进科学研究与生产进程中已发挥了巨大的作用, 今后 CAD 将与 CAM(Computer Aided Manufacture 计算机辅助制造)、CAT(Computer Aided Test 计算机辅助检验) 结合成 CADMAT 系统, 那时将显示不可估量的作用。

CAD 是计算机与工程设计紧密结合的综合应用技术。尽管各学科领域的 CAD 都是采用数值计算方法解决高精度高速度工程设计, 然而由于 CAD 是和各学科专业内容紧密相关的, 因此其技术特点及侧重面又有很大不同。例如, 电子电路主要用节点网络表示其拓扑结构; 微波电路则较多研究数学模型及矩阵方程; 机械类学科领域内的重点在于图形技术, 利用屏幕显示及人机对话组装出复杂的三维几何结构; 自动控制专业则需解决多变量图解及系统动态过程的数学仿真。因此, 开发 CAD 系统的技术人员必须具备专业理论、数学、计算机软件三方面的知识。

为了推进与发展 CAD 应用技术, 我们编著了一套计算机辅助设计丛书, 其中包括微波电路、机械、建筑、控制系统、图形学等学科的 CAD 技术。每册书将针对不同学术领域把专业理论、数学方法与软件技术紧密结合起来阐述 CAD 技术的原理及应用。我们希望这套丛书能在实现我国工业与科学技术现代化进程中起到一些微薄的促进作用。

前 言

计算机辅助建筑设计,简称CAAD(Computer Aided Architectural Design),是新兴的电子计算机技术科学与古老的建筑科学“联姻”的产物。目前,CAAD的应用,不论在技术上,还是在经济上都已切实可行。首先,由于计算机技术科学的迅猛发展,计算机硬件的性能得到不断提高,价格有了大幅度下降,这使一般设计单位也具备了使用计算机的条件;其次,系统论、信息论、优化论、设计方法论以及模式语言等新兴学科的研究已经取得令人瞩目的进展,为计算机与建筑设计的有机结合奠定了理论基础;最后,经过二十多年的探索开发,不仅已经有了相当数量用于建筑设计的应用软件,而且为进一步发展自动化程度更高、综合性更强的CAAD系统积累了宝贵经验。

我国的建筑业是国民经济的重要支柱之一,面临的建设任务也非常艰巨。我们的建筑设计力量还远不能满足四化建设的需要,全国设计人员占总人口的比例只有发达国家的2~3%。而且,这些有限的智力资源使用也不尽合理,由于设计方法和设计手段的落后以及其它原因,不少富于才华、经验丰富的建筑师不得不将大量时间和精力用在非创造性工作中。

CAAD的应用必将对提高设计质量、缩短设计周期、促进设计管理和设计教学的改革产生深远的影响,同时也有助于建筑师从繁重、重复性的手工劳动中解脱出来,把更多的精力投入到设计构思、方案优化等更具创造性的工作中去。

为了给建筑专业的学生和从业建筑师提供一本能够比较系统反映CAAD全貌的技术参考书,本人不揣浅陋,在大量收集国内外文献资料的基础上,结合自己初步的科研、教学实践,编译了这本书。在编译过程中,刻意使本书具有下列特点:

1. 深入浅出 针对性强

本书的服务对象主要是建筑专业的学生和从业建筑师,考虑到他们的专业特点和知识结构,书中尽量不深涉数学、电子学、计算机技术科学的基本理论,着眼点主要在于介绍这些学科的研究成果在建筑设计方面的应用。期望这有助于消除读者对计算机的神秘感和恐惧感。

2. 内容丰富 概括性强

书中对CAAD的基本概念、建筑信息的编码存储、数据结构、建筑设计数据库、图形处理、人机对话、建筑项目的可行性分析、设计方案的性能分析等内容均作了概括性介绍,比较全面地反映了CAAD的基本内容和目前的开发应用水平。期望这能使读者对CAAD系统的基本构成、工作原理、工作过程、发展前景等方面有一个较系统、准确、清晰的了解。

3. 联系实际 突出重点

本书所述内容均为CAAD常见的基本问题,所引用的例题也考虑到成熟性和实用性,对比较关键而一般建筑师又不甚熟悉的建筑信息编码、数据结构、图形处理等问题作了重点介绍。期望这能使读者对了解和开发应用CAAD获得切实有效的收益。

虽然作了一些努力，但由于 CAAD 毕竟还是一个正在探索发展中的新技术，更由于本人水平有限，疏漏不妥之处在所难免，上述的想法也未必都能达到，恳切希望读者给予批评指正。

参加本书外文资料翻译工作的有清华大学外语系的进修教师姬生雷、刘晓宁、尉绍山、郭平健、傅文莉、薛金生、孟庆升、刘彩霞、陈秀川、张元、尹世民、庞晓亮、齐慧生、王振华、李保荣同志。

在本书的编译过程中，得到清华大学建筑系汪坦教授的热情指导，詹庆旋副教授对书稿进行了悉心校审，谨在此表示衷心感谢。

李中虎

1988年6月

• N •

目 录

第一章 概述	1
第一节 CAAD 的应用	1
一 建筑信息的存储与检索	1
二 建筑设计的表现	2
三 方案性能的评价与优化	3
四 施工图的绘制	7
第二节 CAAD系统的计算机构成	7
一 硬件	7
二 软件	8
第三节 CAAD 的使用方式	10
一 使用计算中心	10
二 使用分时终端和网络	10
三 建立自用系统	11
第四节 CAAD 应用软件的开发	11
一 独立的应用程序	11
二 重复使用数据	12
三 综合系统	13
第五节 CAAD 的发展简史	15
一 CAAD 的五代更新	16
二 微型计算机辅助建筑设计	17
第二章 关于设计的一般知识	18
第一节 设计方案的产生	18
一 问题与求解	18
二 生成系统的一般概念	18
三 建筑设计中的生成系统	21
第二节 设计方案的表现	21
一 类比模拟表现	22
二 图形影像表现	22
三 符号表现	22
四 状态—行动图	23
第三节 设计方案的检验	25
一 设计问题的集合论描述	26
二 设计的制约条件和目标界限	27
三 设计方案的可用性检验	28
第四节 设计中的计算机程序	29
一 程序的性能	29

二	CAAD 的一般模式	30
第三章	数据结构	31
第一节	建筑数据的一般概念	31
一	数据元素	31
二	元素属性	31
三	元素间的关系	31
四	使用数学形式及逻辑形式	32
第二节	数据的物理结构	32
一	随机存取	32
二	直接存取	33
三	顺序存取	34
第三节	数据的逻辑结构	34
一	数据结构说明语句	34
二	数组	35
三	表	35
四	树及其它结构	37
第四节	数据管理	38
一	数据的组织形式	38
二	文件的组织	39
三	数据库管理系统	41
第四章	建筑设计数据库	43
第一节	建筑设计数据库的一般特点	43
一	数据量大	43
二	修改和查询频繁	44
三	维护一致性	44
四	保密与安全	45
第二节	表格数据库	45
一	建筑部件的分类与编码	45
二	数据结构与表格生成	46
第三节	图形数据库	49
一	图形元素	49
二	哈尼斯标准单元	51
三	ARK—2 样本图	53
第四节	建筑部件数据库	54
一	OXSYS 体系	54
二	BDS 方法	55
第五节	说明文字数据库	57
一	一般原理	57
二	说明文字数据库的应用	58
第六节	构造详图数据库	59
一	构件的自动定位	59
二	构件类型的自动选择	59

三	构件尺寸的自动确定	59
第五章	建筑图形的数据描述	61
第一节	坐标描述	61
一	点状元素	61
二	线状元素	61
三	多边形和多面体	62
第二节	规则网格描述	63
一	矩形网格	63
二	非直角网格	66
第三节	无尺寸网格描述	68
一	无尺寸网格与尺寸向量	68
二	建筑图形的无尺寸网格描述	69
第四节	拓扑描述	72
一	关联矩阵和邻接矩阵	72
二	稀疏矩阵处理	72
三	对偶图	73
第五节	图形变换的数据描述	78
一	坐标变换	78
二	矩阵变换	80
三	拓扑运算	83
四	集合运算	84
第六章	输入输出设备和人机对话语言	85
第一节	字符数据和数字数据的输入输出设备	85
一	输入设备	85
二	打印设备	85
三	磁盘和磁带	85
第二节	图形数据的输入输出设备	86
一	图形显示设备	86
二	图形输入设备	87
三	图形输出设备	90
第三节	人机对话语言	93
一	批作业式对话语言	93
二	自然语言	94
三	建筑设计描述语言	96
四	空间规划语言	97
第七章	图形学	99
第一节	图形输入	99
一	平面线形图的输入	99
二	草图的输入与识别	101
三	图象的输入与分析	103
第二节	图形输出	104

一	基本操作命令	105
二	坐标系统	105
三	简单图形的生成	106
四	图形剪裁	108
五	由建筑图形数据库中输出图形	109
第三节	立体图形	111
一	透视投影	111
二	隐藏线的消除	112
三	图象逼真	113
第四节	图形系统	117
一	图形系统的构成	117
二	图形包	117
三	图形语言	118
四	图形系统与生产自动化	120
第八章	可行性分析与规划设计	121
第一节	问题组织	121
一	问题组织的系统方法	121
二	局限性	124
第二节	可行性分析	125
一	形态分析法	125
二	不相容矩阵法	126
三	列举优化法	127
四	线性规划优化法	129
第三节	空间需求量分析	132
一	经验公式法	133
二	时序对应法	133
三	数字模拟法	133
四	标准化分析法	135
第四节	邻接关系分析	136
一	邻接矩阵	136
二	群集分析法	138
三	多维比例法	138
四	层叠平面法	139
五	近似性分析法	140
第九章	建筑空间的组合分析	142
第一节	空间组合的基本模型	142
一	二次赋值公式	142
二	邻接需求图	144
三	形状语法	147
第二节	空间组合的探索性方法	147
一	生成检测法	148
二	逐步试探法	150

三	择优试探法	151
第三节	空间组合的分析搜索法	151
一	分枝选择	152
二	反馈修改	154
第四节	空间组合的优化方法	156
一	线性规划	156
二	非线性规划	158
三	代数方程组	159
第十章	设计方案的性能分析	161
第一节	方案的平面性能分析	162
一	流通效率计算	162
二	最短路径计算	163
第二节	方案的结构性能分析	167
一	结构的分析与优化	167
二	结构计算语言	168
第三节	方案的热环境性能分析	169
一	室内热环境性能	169
二	日照及阴影	170
第四节	方案的光照环境性能分析	172
一	自然采光	172
二	人工照明	173
第五节	方案的声环境性能分析	177
一	音质分析	177
二	噪音与隔音	178
第六节	方案的经济性能分析	178
一	造价数据	178
二	造价的概预算	179
主要参考文献		183
附录一	“建筑工程设计软件包”内容简介	184
附录二	“微型计算机建筑工程应用软件系统”内容简介	189

第一章 概 述

电子计算机的应用有力地推动了其它科学技术的发展,同样,CAAD 也为古老的建筑学专业带来勃勃生机。它使建筑师的创造性与计算机的快速的信息处理能力、大容量的信息存贮能力以及严谨的逻辑判断能力结合起来,得以更充分的施展发挥。同时,“计算机辅助建筑设计”一语中的“辅助”二字。也明确地表明计算机只被视为一种工具,并不是可以替代建筑师干任何事情的神奇东西。

本章概述 CAAD 的一般情况,内容包括:CAAD 的应用,CAAD 系统的计算机构成,CAAD 的使用方式,CAAD 应用软件的开发及 CAAD 的发展简史。

第一节 CAAD 的应用

从广义来讲,CAAD 可以包括从建筑项目的可行性研究、规划、方案设计、施工图、说明文件、施工及管理、维护、更新、改造以至拆迁等全部过程中的任何计算机应用在内。在这里我们仅从较狭义的建筑学角度来对 CAAD 的主要应用作一些简单的介绍。

一、建筑信息的存储与检索

为使设计工作顺利进行,建筑师需及时搜集和了解有关的信息资料,如:设计任务指示书、用户意见、技术标准、设计规范、材料来源、构件类型、标准作法、成本投资,经济效益、社会效益以及已有的同类建筑的设计范例等。虽然人脑结构精密,灵巧机变,意之所到信息资料随之而出,但毕竟是血肉之躯,时日一久,记忆难免有失误,加之信息累积过多,容易产生混乱。利用计算机则可将大量的建筑信息永久性地存储起来。在设计过程中,建筑师根据需要,可从终端设备上迅速、准确、全面地查阅。这从根本上改变了设计人员传统的吸收和积累信息的方法,为提高设计速度和设计质量提供了有力的工具。

世界上第一个利用计算机存储与检索建筑文献资料的系统是由丹麦建筑师 Bjorn Bindsler 建立的,该系统早在1963年就已投入使用。目前,世界上已有许多综合性的、或专业性的文献资料检索系统在为用户服务。

1980年3月,我国已与国际联机检索系统建立了联接关系,从而能够共享世界性情报资源。1981年北京市建筑设计院通过该系统,查询了国外有关饭店建筑的文献资料15篇,及时了解到各饭店的名称、国别、地址、等级、床位数、雇员数、营业额、投资单位、投资金额等情况,从而在与外商兴建合资饭店的谈判与设计处于知己知彼的主动地位。

中国建筑技术发展中心在VS-45型计算机上,建立了一个专业性的文献资料存储与检索系统。该系统管理着建筑设计、建筑技术、建筑施工、建筑材料、城市建设等方面的1000多种中外文期刊,它可根据读者需要不厌其烦地介绍期刊资料的具体情况。图1-1是该系统的使用方式示意图。

中国建筑科学研究院地基研究所,将公元前780年至1983年间我国的强烈地震目录存储于计算机中,用户可按时间、地区、震级、烈度等条目检索,其结果可迅速用表格和图

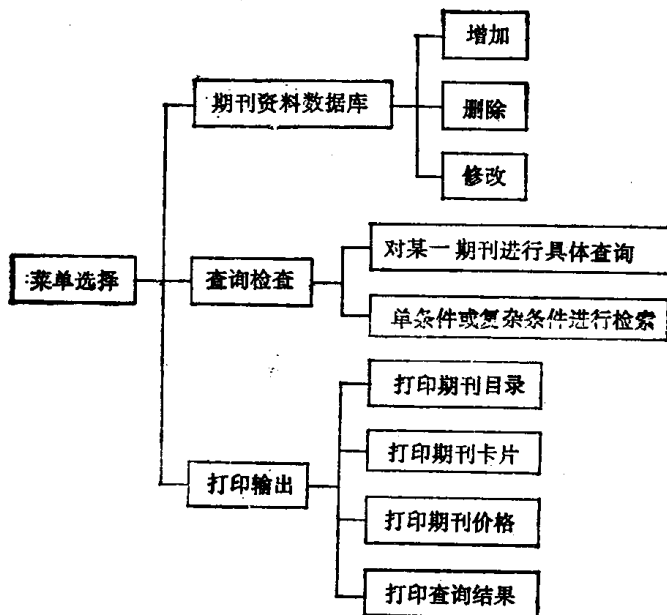


图 1-1 文献资料检索示意图

形两种形式输出。

人口是城市的基本要素，城市规划、城市建设、教育设施、商业网点、医疗保健、公共交通、计划生育、社会治安、粮食供应、副食生产等等，都离不开这个数据。试设想，若能将北京一千万人口的信息，包括姓名、年龄、性别、籍贯、民族、文化程度、结婚史、生育史，健康状况、迁徙状况、家庭收入、技术职称等内容全部存储于计算机中，利用这个人口数据库，很容易获得全市人口的年龄结构、文化程度结构、行业结构、人口自然增长率等数据，这为城市规划和建设提供了极为有力的决策依据。如从年龄分布、结婚率和出生率等数据就可研究和预测人口的生育问题。又如从家庭住址和工作单位两项数据，不难分析出城市的基本交通流量和流向。

近年来，北京、苏州、十堰等城市已在这一方面作了不少工作，并且对了解市民居住状况、家庭结构类型变化、出行规律、制定住宅发展战略、提出公共交通设施的改善方案等工作中发挥了作用。

利用计算机存储与检索建筑信息，不仅为建筑设计施工提供了方便条件，也促进了建筑设施管理的改善。如北京市房地产管理局在计算机中存储了上万份居民换房信息资料，用户只要将现有住房条件及换房条件输入计算机，计算机便可在30秒钟内按要求输出1~3户的信息供挑选。如果用户觉得还不够满意，计算机将继续服务，把换房要求的地点扩大或缩小到一定范围，把换房面积上下浮动1~2平方米，然后再提供1~3户的资料供挑选。整个过程，从用户填写换房登记卡、签发登记证、办理交费手续、最后由计算机将查找到的换房人姓名、住址、户别、种类、间数、面积、朝向、院落、单元、楼层隔断、厨房、采暖卫生设施情况以及联系电话、登记日期等打印出来，一共只需1~3分钟时间。

二、建筑设计的表现

近年来，由于光栅图形显示器的出现，使计算机的图形显示从先前的线框模型过渡到表面模型，进而发展到立体模型，同时，具有几十种甚至上百种色彩层次。这使它的空间

视觉表现力有了很大提高。

利用计算机的图象显示技术,建筑师可以使自己的空间构思形象化。他们可以坐在屏幕前,与业主一起任意从各个角度对设计对象进行观察,并随时通过键盘和光笔改进方案,进行分解、增减、缩放、移动、旋转等变化,直到满足要求为止。根据材料质感、色调及周围环境,计算机还可显示出有层次的表现图。

美国贝聿铭建筑设计事务所在进行卢浮宫博物馆扩建设计中,曾利用计算机来表现设计方案各个方向的透视效果。

日本京都大学笹田刚史(Tsuyoshi Sasada)博士,领导了由七所大学联网的 Interlab 计算机实验室。他们研究项目之一是建筑与城市设计的“计算机生成动画片”(Computer-Generated Animation)。他们已用计算机为日本京都、神户、东京新宿区、大阪以及法国巴黎等城市制作了动画片。这些计算机制成的动画片在筑波、巴黎、北京等地放映时,其建筑表现的逼真程度都曾使观众叹服不已。

这些动画片为建筑和城市设计提供了新的手段。

1. 提供景观信息。在关于京都的动画片中,可以将现有的现代化建筑抹去,显示出传统建筑的城市景观。在关于神户的动画片中,静止的建筑形体与起伏的波浪相叠合,给人以真实感。在关于大阪的动画片中,观众先在地铁中移动,然后走出地面,进入天空,从各个角度观看城市。在关于巴黎的动画片中,观众以一定速度从德方斯区经凯旋门、香格里榭大街到达巴黎圣母院。

2. 提供规划信息。这种系列动画片能够清楚地表明城市的构思模型、形象模型及总体规划等内容,使人们从各个角度看到新工程建成后城市景观的变化。

3. 方便市民参与。在城市规划和建设过程中,越来越需要公民参与意见。计算机生成动画片的效果形象、直观、逼真、易懂,便于理解 and 操作,这就为普通市民参与城市规划和建设提供了方便条件。市民可以自己操作计算机,从各个角度看到自己居住区的景观变化,及时了解城市发展的过去、现在和未来。这促进了市民以主人身份参与城市规划和决策。

4. 显示三维图形。这些动画片可以显示其中任一建筑物从早晨6点到下午6点的光照、阴影、反射等在其表面的变化情况。一个由3万个元素构成的建筑物,只需40秒钟就可实现转换及表面涂色。

三、方案性能的评价与优化

传统的建筑设计方法,较多地依赖于建筑师个人的直觉经验和知识积累。一般而言,对方案的平面性能、空间性能、环境性能、经济效益、社会效益等因素的评价比较粗略,因此,在择优过程中,模糊与失误较大。

计算机与近年来新兴的各种学科,如系统论、信息论、优化论、智能论、模糊论、寿命论等的结合,使得建筑方案的性能评价在科学化的道路上前进了一大步。CAAD 利用已获得的各种建筑信息,既可以为方案评价提供条件和基础,也可以依照给定的标准对方案的各项性能自动进行比较。另外,靠人工设计,候选方案的数目不可能很多,而 CAAD 为建筑师提供了高效工具,开拓了建筑师的创作能力,使得有可能在短时间里产生更多的可供选择方案,这为最后在较高程度上进行方案择优提供了更多的保证和机会。

成都市在自来水厂选址及水管网的设计中,利用计算机进行方案优化,提出在离城区20公里外新建一个相当目前全市供水规模的大型自来水厂。这个水厂使河水自流入厂,净化处理后靠重力方式供给城市用水,从而每年可节约电力3300多万度。由于对管网进行了多方案比较,使造价比原估算减少了数千万元。

国外有人对某一医院的平面布局,用计算机进行了优化分析,然后,在考虑门窗、过道、水暖电管道、医疗卫生要求及建筑处理等因素的基础上,由建筑师重新布置成图1-2所示的方案。这两个方案都能节省交通路线25%。

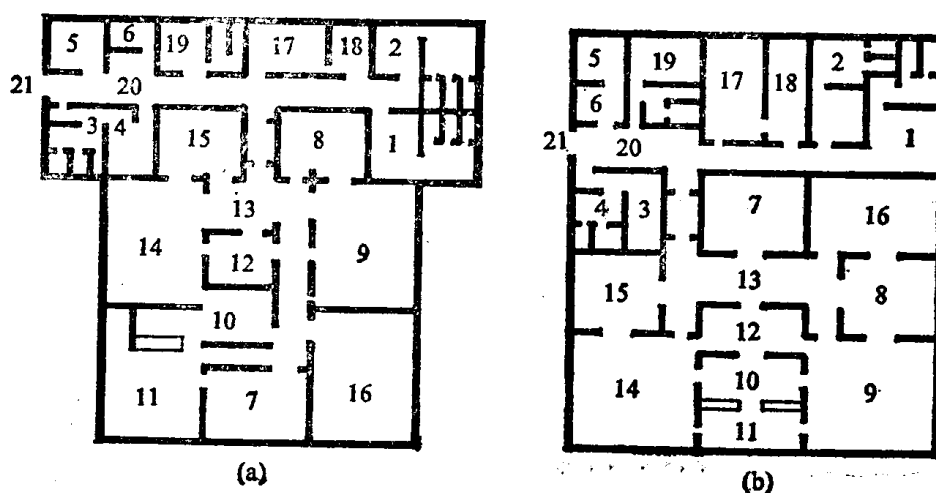


图 1-2 医院平面布局的优化

(a) 根据计算机分析布置作出的方案之一; (b) 方案之二

1. 护士长更衣室 2. 护士更衣室 3. 医师休息室 4. 医师更衣室 5. 管理室 6. 药品库 7. 小手术室
8. 麻醉室一号 9. 手术室一号 10. 盥洗室 11. 消毒室 12. 外科洗手室 13. 前室及护士站 14. 手术室二号
15. 麻醉室二号 16. 急救手术室 17. 清洁供应室 18. 消毒供应室 19. 男更衣室
20. 护士站 21. 入口

注:本图摘自汪坦著,“计算技术与现代建筑设计”一文,全文见清华大学建筑系《建筑史论文集》(二)。

同济大学、建筑标准设计研究所等单位,以1984年度“住宅新设想方案”征集活动中的600个方案作为评价对象,采用专家咨询与指标计算相结合的办法,进行计算机辅助住宅设计评价的研究,现已取得阶段性成果。图1-3为该评价程序的流程图。

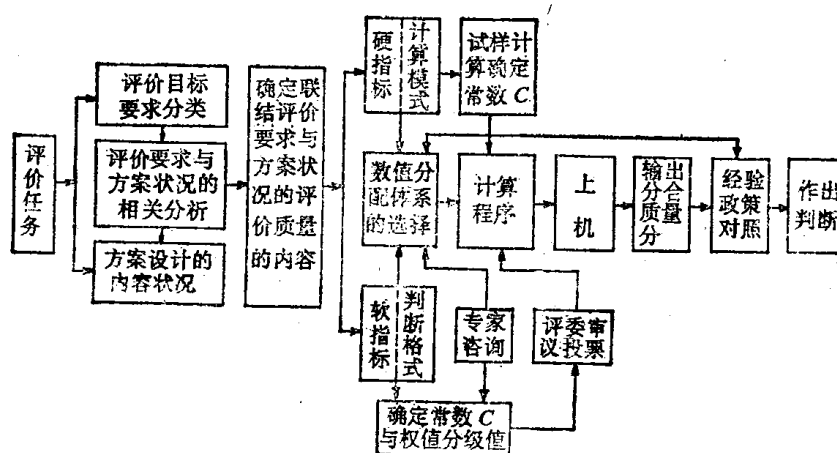


图 1-3 计算机辅助住宅设计评价流程图

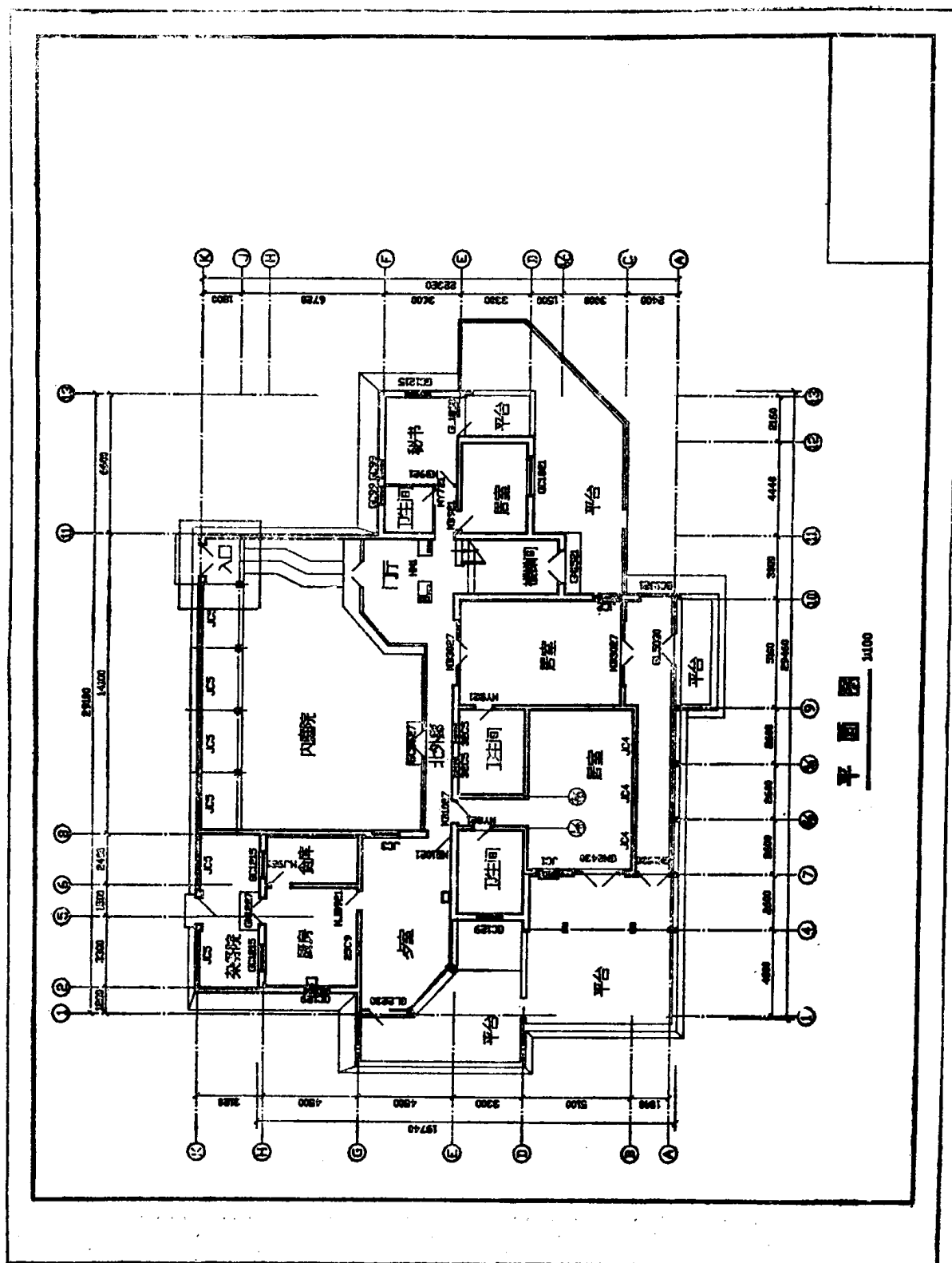


图 1-4 计算机绘制的建筑平面图
(北京土木建筑学会提供)

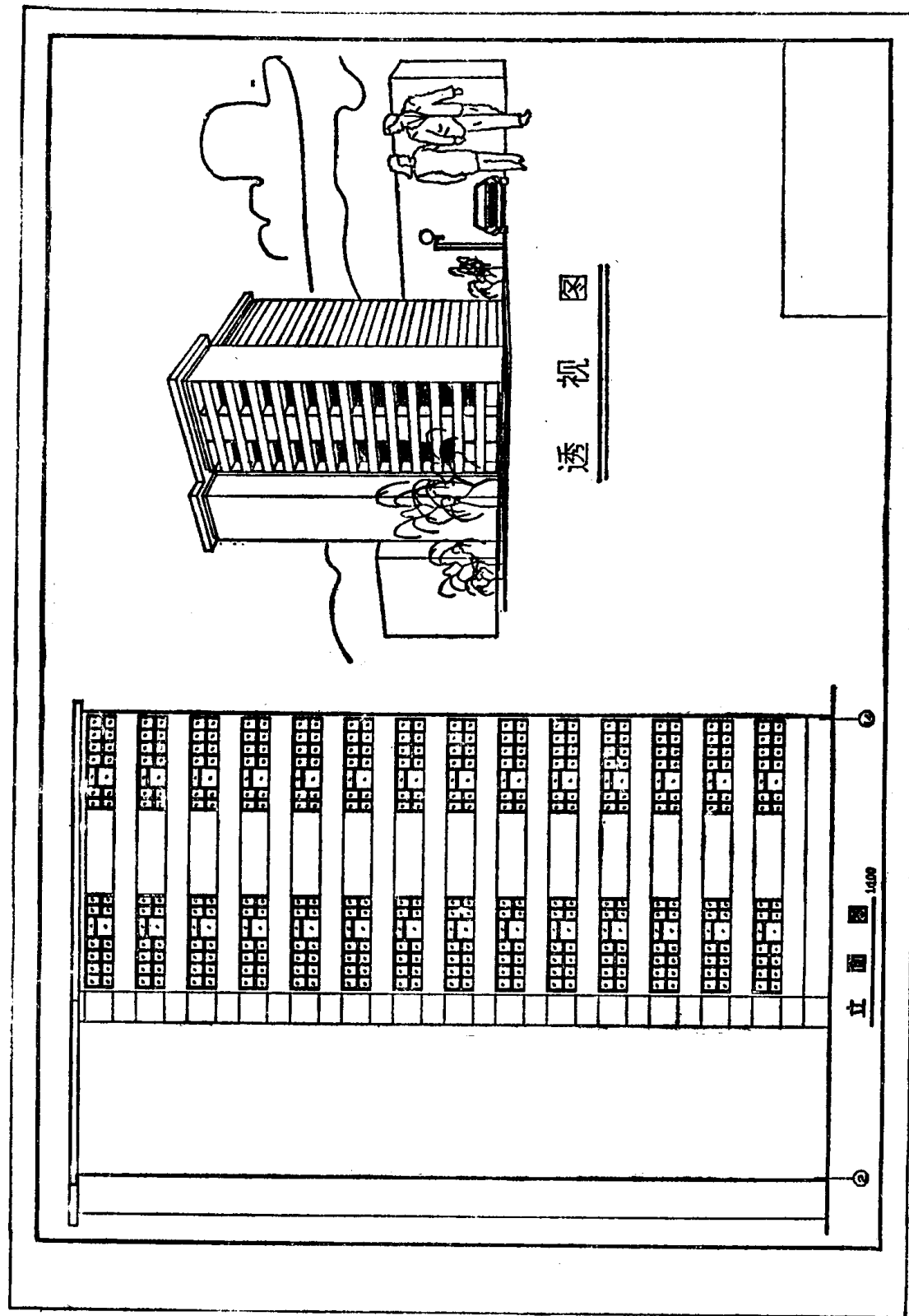


图 1-5 计算机绘制的建筑立面和透视图
(北京土木建筑学会提供)

四、施工图的绘制

据美国建筑师协会先后对 3000 个设计事务所和 500 个设计项目的综合调查, 结果表明施工图和文字说明的绘制编写约占设计总工作量的 25% 左右, 而用于构思及创新设计的只占总工作量的 15% 左右。多少年来, 建筑师一直使用简单的工具, 如三角板、丁字尺、比例尺、圆规等, 手工绘制施工图, 不仅工序繁杂、精度有限、改图费事、周期长, 而且严重束缚了建筑师的创造才华。计算机绘图为从根本上改变这种局面提供了可能性。图 1-4 和图 1-5 分别示出了计算机画出的建筑平面图、立面图和透视图。

应用 CAAD 技术的效益是明显的。英国用于住宅的计算机辅助建筑设计综合系统 SSHA, 使技术设计和施工图阶段的设计效率分别提高了 25% 和 40%; 英国用于邮局的计算机辅助建筑综合系统 CEDAR, 使结构设计从原先的 38 天减少到 2 天; 英国用于医院的计算机辅助建筑设计综合系统 HARNES, 使通常要用 5 年时间才能完成的大型医院设计现在只用 9 个月即全部设计完毕; 日本清水建设公司的计算机辅助建筑设计综合系统 STEP, 据估计使总设计效率提高了 10%。

CAAD 的应用, 还使建筑设计各阶段传统的人力时间分布发生了很大变化, 如图 1-6 所示。很明显, 用于技术设计、施工图绘制的人力时间大为减少, 用于工程前期和方案

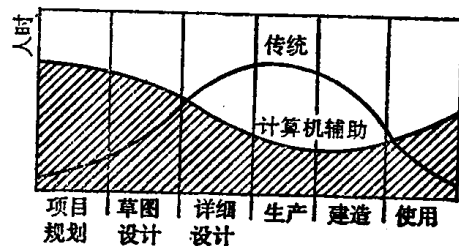


图 1-6 建筑设计各阶段的人力时间分布

案设计的人力时间大幅度增加, 用于设计后期管理的人力时间也有了明显增加。这意味着建筑师有了更多的时间和精力来提高设计质量。经验表明, 一个建设工程 80% 的效益取决于方案设计。

第二节 CAAD 系统的计算机构成

电子计算机是一种能够存储数据并能按所给指令（程序）对数据进行加工处理和给出所求结果的电子装置。用于辅助建筑设计的计算机系统, 较之其它数值运算或模拟系统, 要求有更强的图形显示、图形变化、人机对话、绘图等功能, 但就最基本的系统结构而言, 并无很大差别。虽然计算机的种类很多, 但一般均由硬件和软件两部分组成。

一、硬件

硬件是组成计算机的物质设备, 它包括存储器、运算器、控制器和输入输出设备, 如图 1-7 所示。

存储器是计算机的仓库, 用来存储计算步骤、原始数据、中间结果及最终结果。

运算器是用来进行加、减、乘、除等算术运算和逻辑运算的装置。

控制器是控制计算机各部分并按人们预先规定的步骤使之自动进行操作。它能按照程序的要求, 在适当的时刻, 向不同的部件发出相应的控制信号, 指挥它们有条不紊地进行工作。

通常把运算器和控制器合在一起称之为中央处理单元, 简称 CPU (Central Proces-