

住宅设计专家系统(ESASD)*

李桂青 杜幼平 谢伟平

(武汉工业大学)

摘要: 本文简要介绍了住宅设计专家系统(ESASD)的基本结构与功能, 讨论了ESASD的知识库、图形库、软件支撑库的基本结构及其建库技术。

关键词: 专家系统, 知识库, 图形库, 软件支撑库。

中图分类号: TP392

专家系统是具有领域专家水平的知识并能象专家一样工作的程序系统^{〔1〕〔2〕}。1978年美国的S.J. FEVENS教授首次提出了在建筑结构设计使用专家系统的必要性和可行性报告, 为建筑结构工程师开辟了一个新的领域。此后有许多学者转入此领域进行了研究, 取得了一些有意义的进展。

计算机在建筑结构工程中的应用主要体现在三方面: 建筑与结构CAD; 结构计算; 专家系统。前二方面的发展已经效为成熟。从国内外的研究状况分析, 目前专家系统的研究有两大特点^{〔3〕}: ①目前正在开发或已经开发出来的专家系统大多属于咨询、管理、决策、评估等方面的, 设计类型的少, 而工程结构设计方面的专家系统就更少了; ②在设计型专家系统里, 方案设计或初步设计类型的专家系统居多, 构造设计和施工图细部设计类型的专家系统很少。

由此可见, 开发设计型的专家系统的难度是很大的, 建筑结构工程领域的专家系统大多是属于诊断型, 住宅设计专家系统(ESASD)的开发在设计型专家系统领域进行了有意义的探讨。

1 ESASD的基本结构与功能

如图1所示, 为ESASD系统的总体结构框图。ESASD实现了单元方案设计、结构计算、概预算分析、建筑图形生成与输出、施工图形生成与输出、梁柱配筋表自动填表与输出及概预算表输出等功能, 其中, 单元方案设计首次采用了基于构造法策略的单元方案设计方法。对于住宅空间综合这一课题, 早在七十年代中期著名的AI学者H. A. Simon和CAD学者Eastman就带领一批博士生进行研究而初获成果, 自此之后, 空间综合一

* 收稿日期: 1994-05-06

直成为智能领域的一个经典问题，被各国的研究者们推敲至今。基于构造法策略的单元方案设计方法所产生的设计方案具有不可预测性，该方法建立在经验或判断的基础上，似乎能产生有关问题的一个好的解，但不能保证产生该问题的最优解。

在整个信息处理过程中，ESASD 采用了两种知识描述方法：①有关住宅功能单元元知识的表达，如：面积指标、开间指标、适用人口范围、使用频率、朝向要求、私密性要求等；②有关住宅单元符合使用功能及建筑结构等要求应满足的约束知识的表达，如：交通要求、朝向要求、单元间的协调、结构体系的要求等。通过这两种知识描述方法分别形成了 ESASD 的元知识库与约束知识库。

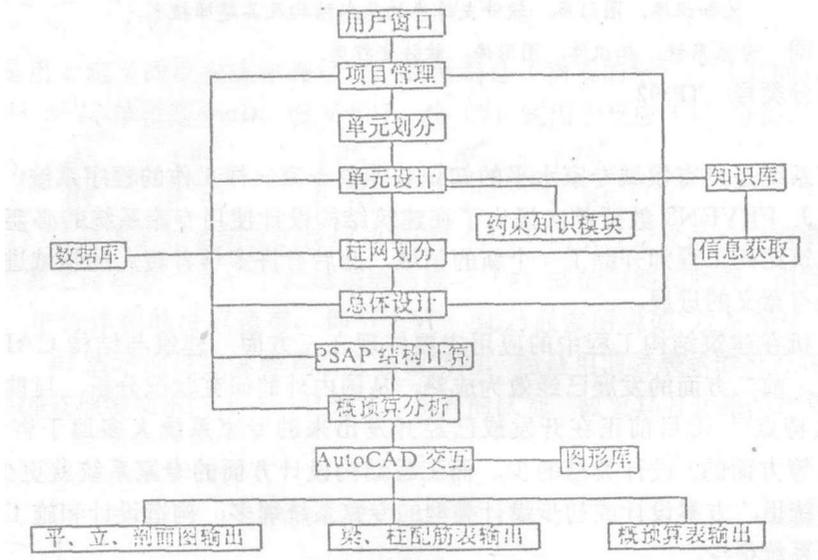


图 1 ESASD 系统总体框架

2 ESASD 的知识库

一个智能系统需要知识才能工作，知识的质量和数量关系的智能程度，知识库在 AI 和 ES 中具有举足轻重的地位，是近十年来人工智能研究的热点之一。在 ESASD 中，知识分两大部分存在，其一是关于组成建筑平面或空间时应满足的约束知识。它们分别以元知识库和约束知识库的形态而存在。

2.1 元知识库结构

在 ESASD 中，元知识库是一个 DOS 文件，扩展名为 FKB。元知识库中存贮的对象为表征各类型建筑的组成特性等的树结点，在元知识库中有关各建筑的知识在 FKB 中都有其相应的文件及文件名，通过文件分配表来记录这些文件在库中的物理位置。文件分配表用一个数组 group[NFILE]来存贮，如图 2 所示。其中：NFILE 是库文件的个数，group 定义如下：

```
typedef struct{
    char name[NFILE]; /* 记录文件名 */
    long pos; /* 文件在库中的位置 */
} GROUP;
```

NFILE
group[NFILE]
元知识 11
...
元知识 21
...

文件数
文件分配表
元知识库 1

元知识库 2

NFILE
group[NFILE]
约束规则 11
...
约束规则 21
...

文件数
文件分配表
约束知识库 1

约束知识库 2

图 2 元知识库的文件结构

图 3 约束知识库的文件结构

在元知识库中的元知识所涉及的内容可以是关于组成住宅的功能单元的知识,也可以是关于组成其它类型建筑的功能单元的知识,例如:组成教学楼的办公室、教室等的使用功能、适用人数范围、使用频度及基本的参数指标等。元知识库的建造可由用户直接通过ESASD的信息交互功能来实现。

如果对某类建筑有另外的信息需表达时,设计人员应与系统开发者进行交流,在系统开发者的帮助下,对有关问题进行研究、完善。

2.2 约束知识库结构

与元知识库一样,在ESASD中,元知识库是一个DOS文件,扩展名为YKB。约束知识库中存贮的对象为表征建筑各功能块组成建筑平面时,所应满足的约束,在约束知识库中有关各类建筑的知识在YKB中都有其相应的文件及文件名,通过文件分配表来记录这些文件在库中的物理位置,文件分配表用数组group[NFILE]来存贮,约束知识库的结构如图3所示,NFILE、group[NFILE]的意义、定义与元知识库中的定义相同。

在约束知识库中,各类约束规则的建立与各类型建筑的特性相关,约束规则所需的信息、搜索的对象也各不相同,因而,这类规则的建立,需由系统开发者与领域专家协商后进行开发、完善。

3 ESASD的图形库

图形信息是建筑师、结构工程专家表达设计思想的重要手段,它涉及到大量的数据,包括:几何的、拓扑的及其它一些非图形数据。早期的图形处理系统中,管理和存贮图形信息的方法是采用文件系统,即数据文件的方法。这类方法的缺陷在于:数据的冗余性、处理多个文件的复杂性、数据不能共享等。

图形库的建立应注意以下几点:

- ①能有效地存贮系统所需的各种有关数值或非数值的图形数据,为建筑设计不同阶段中各类图形信息提供一种足够灵活、容易的描述方法。

②使所有的图形信息有一种共同的兼容方式, 仅通过图形数据来处理, 库中的记录容易进行修改。

③针对图形处理的特点, 便于各种应用程序的调用、运算。

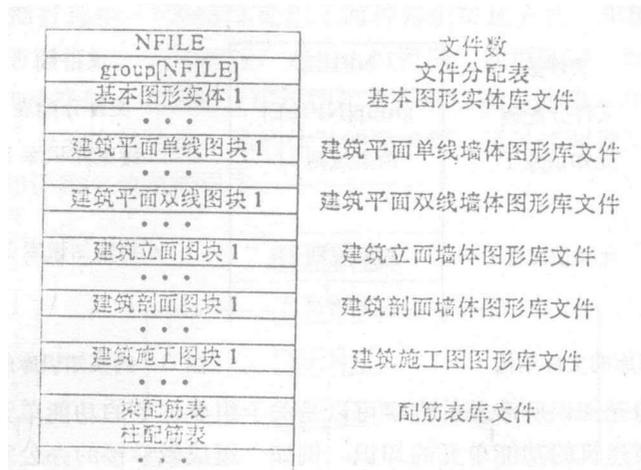


图 4 图形库的文件结构

从事过实际设计的工程设计人员都会体验到日常设计工作中大量的标准图例或准标准图例, 例如: 节点详图、门窗图等。而且, 图纸上的参数线条都具有一定规律, 如: 多数线条是平行或者垂直于轴线, 相当部分线条是闭合矩形的边线等, 通过总结以上相似规律, 在 ESASED 中以参数化的形式在图形库中建立各图块, 通过图形生成程序, 即可实施对各图块的反复调用, 从而形成所需的建筑平面图、立面图、剖面图等设计图表。

图形库既可以存贮基本的简单图形, 又可存贮复杂的图形。在 ESASD 的图形库中, 图形以图块为单元而存在, 图块是经过结构化描述的数值信息, 图形库是图块的集合, 而图块是组成复杂图形的基本图例。在 ESASD 的图形库中所存贮的内容包括: 表述建筑平面的单线条墙块图块、表述建筑立面的各类墙体图块、表述建筑剖面的各类墙体图块、施工详图图块、梁配筋表与柱配筋表等, 其基本结构如图 4 所示。

建立大型图形库是一项艰苦的工作, 需消耗建筑师、软件设计人员许多人年, 然而, 这却是一劳永逸的工作。图形库中所包含的信息越全面, 概括功能越强, 使用就越方便, 开发的软件才有生命力和竞争力。

4 ESASD 的软件支撑库

软件支撑库是一批实用的算法程序或系统软件的集合, 这类程序通常都以独立文件的形式存在, 常常是 EXE 文件, 有时这类程序带有自己的库文件。因此, 软件支撑库只是一个形式, 并没有库实体, 也没有库结构, 它只是对一类实用程序集合的一个统称。

组成软件支撑库的实用算法程序是一些为设计服务的辅助程序, 这些程序的共同特点是计算量大, 属纯计算型程序。而组成软件支撑库的系统软件则是具有某种特定功能的软

件,它一般都经过实际应用的检验,而且二次开发比较方便。

实用算法程序的具体内容与涉及的领域问题有关,ESASD 软件支撑库的算法程序包括结构分析程序、配筋计算程序、概预算分析程序等;其软件支撑库中的系统软件为 AutoCAD 系统。ESASD 软件支撑库中的程序和软件的调用由菜单进行引导。

4.1 PSAP 结构计算子系统:对建筑工程设计专家系统而言,结构分析程序是软件支撑库中最主要的实用算法程序,PSAP 结构计算子系统是由武汉工业大学抗震所开发的,该程序经过了一系列实际工程的检验,受到使用单位的好评。PSAP 结构计算子系统适用于考虑空间协同工作的框架、框架一前力墙结构的内力分析与截面设计,所考虑的荷载种类有恒载(杆件自重部分可由程序计算)、风载、活载、地震荷载,计算内容包括:结构的动力特性、地震作用下的等效地震荷载、各种荷载作用下的内力、荷载组合最不利荷载的截面配筋。对于多层及高层结构,可根据需要在指定的高度改变混凝土标号;

4.2 建筑工程概预算子系统:概预算总值一般由直接费、间接费、计划利润、税金和概预算包干费五个部分组成,而各项费用所包括的内容、计算基数、计算方法因地而异,该子系统以武汉市 1992 年定额标准编制。该子系统一方面支撑 ESASD 系统,同时可作为单独的概预算系统使用。在具体编程时,采用 FOXBASE 作为编程工具。众所周知 FOXBASE 作为一种大众化的关系数据库已得到广泛的应用,其优点在于编程容易,建库方便,而这正是概预算子系统所必须的。该子系统主要解决了以下问题:1),在系统进行工程量的统计后,系统转换各定额编号与相应工程量形成 INPUT, TXT 文本文件,系统查找并套用相应的概预算定额进行直接费、间接费、计划利润、工料机等的计算,形成 OUTPUT, DBF 文件;2),建立了相应的定额库管理系统,具有定额查询、修改、扩充等功能;3),自动进行人工、材料和机械台班分析,计算各分项工程所需的各种人工、材料和机械台班用量,并汇总;4),打印概预算书,包括封面、单项表、汇总表(包括各种取费等级)、工料机分析表等。

4.3 AutoCAD 系统:在 ESASD 中引入 AutoCAD 系统主要是出于以下原因:一方面,AutoCAD 系统已得到工程界认可,它具有很强的图形功能,该功能正是 ESASD 所必须而又欠缺的;另一方面,花费精力另外开发具有类似 AutoCAD 功能的软件是不值得又不现实的,软件重用是系统开发的一个环节,可以节省人力、物力,而且能避免大量重复性的劳动。为了将 AutoCAD 的图形功能和高级语言强大的分析计算能力结合起来,就需要实现高级语言与 AutoCAD 连接,实现高级语言与 AutoCAD 连接的接口有以下几种方式:1),IGES 接口;2),SCR 接口;3),DXF 接口。SCR 和 DXF 接口较易实现,但转换为图形文件的时间长,占据存储空间大,IGES 接口仅在 AutoCAD 的图形与其它 CAD 系统进行图形转换时才应用。

在 AutoCAD 系统内进行图形显示时,实际需要的是具有扩展名 DWG 的图形文件,它以紧凑的二进制格式存放,具有严密的数据组织形式,用 AutoCAD 命令在屏幕上生成的所有图形都以 DWG 文件存取,该文件是一种描述图形映象的信息文件。该文件占据的外存空间小,在具有相同图形量的情况下,其所占的空间仅为 DXF 文件的 35%左右,这对于工程中数据很大的图形文件是相当可观的,而且, DWG 文件为需要任何转换,可以直接显示或绘制图形,因而,成图速度比其它接口成图速度快几倍至几十

倍。

DWG 文件的内部结构与 DXF 文件不大一样。DWG 文件由索引部、标题部、实体部、表部、块实体部等五大部分构成。

在 ESASD 中, 实现了 FORTRAN 语言与 AutoCAD 的接口, 该接口通过直接形成 AutoCAD 认可的 DWG 图形文件实现, 其格式以 DWG 文件的五大部分为标准。通过对建筑结构图形的研究, 采用该接口建立了 ESASD 的图形库, 该接口对 ESASD 起到了支撑作用。

5 结 语

本文介绍了 ESASD 的基本结构与功能, 讨论了 ESASD 的知识库、图形库及软件支撑库的基本结构及其建库技术, 说明了 EDASD 与 AutoCAD 的接口技术, 这些技术的综合及 ESASD 的整体结构使 ESASD 具有良好的建筑结构设计功能与较好的智能性, 在设计型专家系统领域进行了有价值的探讨。

参 考 文 献

- 1 王光远著. 工程软设计理论. 科学出版社. 1992.
- 2 李桂青, 罗持久. 工程设计专家系统. 工程力学, Vol. 4, NO.3, 1987
- 3 刘光栋, 尚守平, 邹银生. 建筑结构CAD研究现状及其发展, 第二届结构工程学术会议论文集, 长沙, 1993, 工程力学, 增刊
- 4 曹宏, 李桂青, 杜幼平. 计算结构力学理论与应用. 科学出版社. 1992
- 5 李桂青, 罗持久著. 工程设计专家系统的原理与程序设计方法. 气象出版社. 1991.

Expert System of Architectural and Structural Design

Li Guiqing Du Youping Xie Weiping
(Wuhan University of Technology)

Abstract: A brief description of the basic structure and main functions of Expert System of Architectural and Structural Design, a discussion of the knowledge, graphic, software support bases of that system and the technique of building bases are given in this paper.

Keywords: Expert System, Knowledge bases, Graphic bases, Software support bases