

# 工程系统设计与分析数据库环境

陈友君 毛剑峰 (中国科技大学)

**摘要:**工程系统设计与分析数据库环境是融图形技术、数值分析计算、数据库技术和工程设计于一体的一种计算机辅助工程设计分析环境,是一种基于工程数据库技术的多功能 CAD 系统。利用它,设计者可以容易地生成专门的应用系统以支持本专业的工程设计。可广泛应用于电路系统、各类管道系统工程(液压、热力、水道、采暖等系统)和自动控制系统等设计领域。

## 1.问题的提出

国内外成套微机 CAD 系统大多数是仅为满足专门应用需要而开发的。如电路分析软件(多种)、服装设计、机械或建筑业的辅助设计系统等。它们或侧重于计算分析而图形功能较弱,或侧重于外形设计而缺少对内部参数的计算。

而世界上 CAD 应用软件的发展已经历了单功能 CAD 系统,基二文件管理方式的多功能 CAD 系统两代,正朝向第三代--基于工程数据库技术的集成化 CAD 系统迈进。目前第三代 CAD 软件尚处于雏形,作为商品在市场上出售的系统距离真正的集成化目标还相差甚远,但通过实际运用证明此方向是完全正确的。

由此我们的课题目标是:首先应基于工程数据库技术以顺应第三代 CAD 系统系统的方向;它应具有多种功能和适度的通用性,其体现在两个方面:一是既有较强

的图形设计功能又有对内部特征参数的计算分析功能;二是其应用面向是多方面的,不是专门性的应用软件,而是一种能支持生成多种专业应用软件的环境。

## 2.系统设计思想

本系统宗旨,其一是极易开发生成某专门领域的工程设计与分析的应用系统;其二是该专门领域的应用系统一旦生成,则能够按层次地对该领域专家所输入的工程系统方案图(直至最终工程系统总方案图)的内部特性参数进行计算、分析和动态模拟。若其性能满足设计要求,且已是最终系统图,则打印输出该工程图及其参数作为结果;若只是满意的中间结果,则按此步骤转入下一个工程子系统的设计与分析;若不满足要求,在计算机前立即可以进行高效的方案修改(图形修改或参数修改),系统立即对改后方案进行计算分析,直至得到满意结果。此过程如图 1 所示。

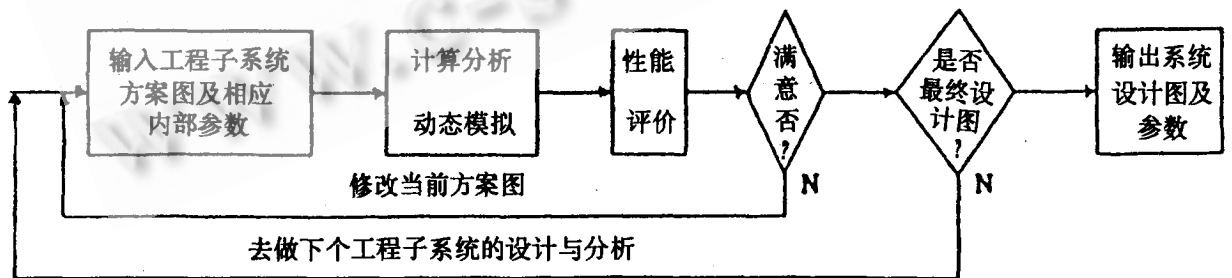


图 1 系统工作过程

按上述思想,为输入和修改工程系统方案图,系统应具备灵活方便的工程系统图绘制和修改功能。于是工程系统图的表示;灵活方便的绘图工具和手段;用户欢迎的人机界面等问题摆到了面前。为对工程系统的内部参数(工程数据)进行计算、分析动态模拟,系统应支持复杂结构的工程数据的存储、收集和传递;为适应各应用域的工程设计和分析问题,系统应具备:对用户透明的动态数据结构,提供用户自定义数据结构手段;对用户透明的数据结构的操作;对用户自定义处理各类工程数据方法的手段及对这些方法调用的手段。

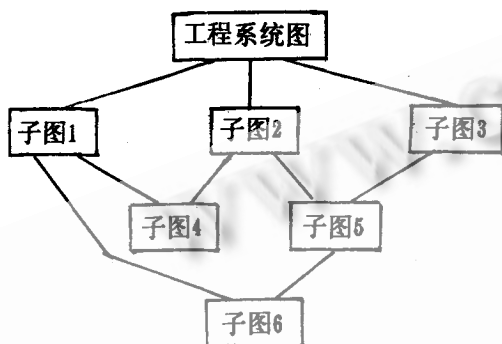


图 2 网状图

### 3.系统设计原理

一个工程系统图是由若干个子图构成的,而每个子图又可以分为若干个子图……依次类推。其中一个下层子图可能同时是多个上层子图的子图。一直分解下去,直到最底层的子图--不可分的实体(基本部件)图。若把工程系统图和子图均看作节点,则它们之间的关系可为网状图(如图 2)。

任一个网状图均可用树形结构表示。这只需为每一子图设置一个唯一的标识码。在某子图的重复引用处重写一次该键码即可。于是图 2 可表示为图 3。

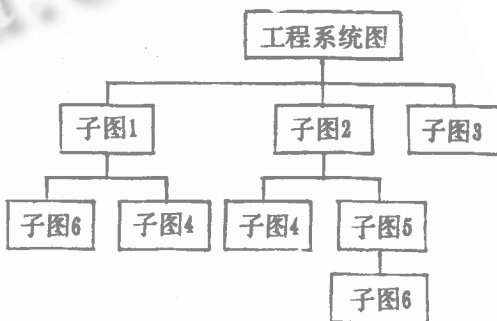


图 3 树形结构

关于图的定义图 2,不是工程系统图、子图、还是基本部件图,均是图。每一图均有一标识码。图的定义包括定义图的图面表示形式、定义图的参数结构及输入参数、确定图的外部作用点三个方面现分述如下:

定义图的图面表示形式(外观表示),即定义图的画法。一般分缩略图和详细图两种。缩略图由示意图和引出点组成,它是详细图的示意形式,此形式用于引用此图的上层子图中。详细图是自身示意图的等效详图,用于对缩略图进行分析。如包含与门和反向器在内的上层子图和下层子图关系如图 4。一般,第 n 层子图在小于等于第 n-1 层子图中总以其缩略形式来表示。

定义图的参数结构和输入参数。应用领域的任一图都有一个反映其自身特性的参数表与其对应,不同类型的图的特性是以不同类型的参数表来表示的,图的参数结构定义了反映该图特征参数表表头及其相应的类型和单位,基于各应用领域的实际需要,图的参数结构应对用户开放。即系统提供了用户自定义参数结构灵活方便的手段。

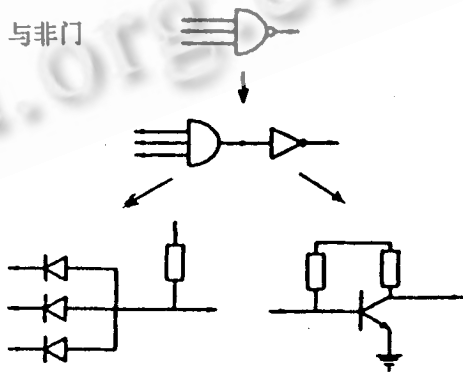


图 4 上下子图间关系

概括而言,系统使用了两类参数信息,一类是在确定应用领域之后,该领域的设计手册中的参数信息,如电路设计中常见的电路元件手册的参数表等,这是具有一定

稳定性的工程部件信息,称作标准信息,系统将其存放于标准信息数据库中,由此知该数据库中各类元器件的参数表结构是固定的、静止的,用户可预先建立。另一类是当前工程系统设计中所操作的各图(子图,基本部件图)参数信息,称作工程参数信息,它们随着设计图的当前状态而变动,因此是动态的、变化的,存放在工作参数库中。

图的外部作用点(引出点)就是该部件通过该点与外部建立联系,继而相互作用,决定了系统性能。一个没有定义任何外部作用点的图是没有应用意义的。外部作用点的定义与该图的外观表示有关。事实上,它本身是个位置信息。如图5中电阻R的外部作用点有两个,分别定义在a和b处。以后,在分析一幅电路系统图的拓扑结构时,若发现有别的部件(图)的外部作用点有线与a和b相连,则认为该部件(图)与电阻R相连。



图5 电阻R的外部作用点

图的外观表示,参数结构和引出点统称为图的三种属性。我们说,只是定义了三种属性的图还不是一个部件实体;它还只是该类实体的抽象表示,还只是该类实体的模型。如图5是电阻的模型。

当用户利用本系统生成一个面向应用的工程设计分析系统时,他们首先应定义本系统经常引用的基本部件或由基本部件组成的常用部件作为该应用系统的自定义图符,以供工程设计高效的频繁引用。这时每定义一个基本图符均应做三件事:定义该模型的外观表示(即图符画法);定义参数结构;定义该模型的引出点。以后,在进行应用领域工程系统的设计过程中,一般是按逐层定义各子图方式进行,每定义一个子图,也应去做这三件事。

关于参数选择和计算分析的处理。对工程系统进行设计时,除外观上需给出图形外,更重要的是进行各种参数的选择、计算与分析,以得出中间结果或最后结果。若是中间结果,则它将作为下一步设计的依据,若是最后结果,则应检查它是否符合系统设计指标和要求。总之,对参数的计算和分析,需要各种计算分析方法。由于本系

统是支持多种领域的工程系统设计环境,系统不可能预先设置适合各应用领域各种分析计算方法,为此系统具有支持各类用户定义方法的手段。用户可在所生成的应用系统上,定义各种分析方法,形成一个该领域所需的计算分析方法集存放在方法库中。设计时需要在方法库中按步骤选取方法并施加于相应的子图进行操作。

综上所述,本系统原理图如图6所示。图中椭圆内包含了整个环境的内核。它由建模子系统(MBS)、标准信息库管理子系统(SIMS)、方法库管理子系统(MMS)及工程设计子系统(EDS)四部分组成,其相互间的关系如图7所示。

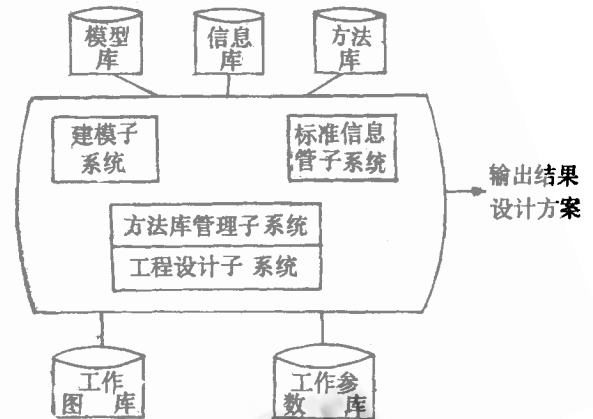


图6 系统原理图

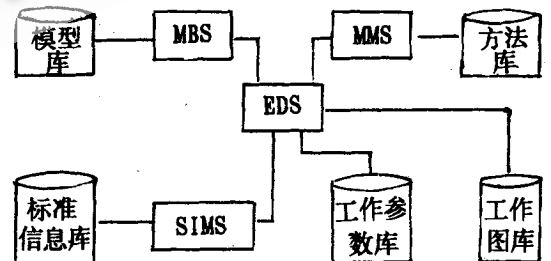


图7 系统结构图

建模子系统(MBS)包含了丰富的交互式菜单和图形编辑器,提供给用户方便灵活的绘图手段和文字编辑手段。用户(工程系统设计者)调用该系统可逐一定义本

专业常用的底层基本部件(如图3底层节点)——基本图符,并将它们列入用户自定义图符菜单和模型库中。

前面已提到标准信息数据库用以存储面向应用的标准元件参数,因此,该库为应用领域各类元器件参数表有组织的集合。这是供设计者在调工程设计子系统工作时为当前设计图的参数赋值翻阅、参考或选用的参数集。而标准库管理子系统则负责该库的建立、维护和管理工作。

方法库管理子系统负责方法库的建立、维护与管理。调用该子系统可以定义和编辑当前方法交将其存入方法库,删除和修改库中的方法等。在设计该子系统过程中,我们考虑了在定度方法时,需同时定义其前导方法(若有的话)的手段。MMS子系统将控制方法的执行次序:如果定义了方法的前导方法,则在以后调用该方法时,系统将首先检查前导方法是否执行过了,若否,则系统自动转去执行前导方法。每一方法的执行结果以输出文件表示。

用户(设计者)利用此环境,建立模型库、标准信息库和方法库后,本系统就生成了一个面向应用领域的设计分析系统。领域专家进一步进行专业的工程系统设计就有了条件。

紧接着,就是进行面向应用的工程系统设计了。该过程经调用工程设计子系统(EDS)完成。所谓当前工程设计图就是由工程部件(子图)、部件间的连线和连线的交叉点三类图形信息组成的具有一定逻辑结构和相应参数值的设计图。图6中的工作图库就用以存放设计图这三类图形信息,而工作参数库将只存放当前工程设计图的参数值。EDS子系统以当前设计图所需的部件、连线、交叉点、部件参数和计算分析方法作为输入,以满意的设计结果——具有相应参数的当前设计图作为输出。这种输出,可以是最终设计结果也可以是中间设计结果。若是后者,将作为下一环节设计的输入(见图1)。EDS子系统能交互地编辑工程图,提供参数,选择分析

方法。动态地修改工程图:在线地输入部件参数并调用方法进行分析,系统支持反复试探修改的多种方案设计和论证。

须说明的是工程系统的设计工作需按图2逐层逐个子图(部件)的进行。本系统既可支持自顶向下的设计方式,又可支持自底向上的设计方式。所谓自顶向下的设计方式就是从设计方案的要求出发,也即先对工程系统图总体方案设定参数指标逐层逐个子图地向下绘子图,每次绘一子图后,即进行该子图(部件)的计算与分析,使其结果满足方案要求直至最后底层基本部件的选择与确定;所谓自底向上的设计方式,就是从已确定的底层部件出发,逐层逐个子图地向上绘制、归纳计算和分析,直至最后作出工程系统图,验证其是否符合预定要求。事实上,在实际工作中,自顶向下设计方式中往往也有自底向上的回溯设计与修改。同理,自底向上的设计方式中往往伴随自顶向下的回溯修改过程。本系统均将予以支持。事实上,从任一层次开始的向上和向下综合运用设计方式,本系统均是予以支持的。

所述系统已用C语言在微机上实现。

#### 参考文献:

- [1] M. Stonebraker, et al., "Application of Abstract Data Types and Abstract Indices to CAD Data," *The INGRES papers*, edited by M. Stonebraker, 1986
- [2] R. Lorre, *Issues in Database for Design Applications*, "File structure and DataBase for CAD," North-Holland, Amsterdam, 1982
- [3] Staley, S. M and D. C. Anderson, "Functional Specification for CAD database," *CAD*, 18-3(1986)
- [4] 孙坤, 罗来吾, 徐秋元, "工程数据库中复杂物体和事物处理的管理" *计算机研究与发展*, 1988, Vol.25, No.3
- [5] 郭玉钗, 林宗楷, "关系和网状混合模型的CAD数据库" *计算机学报*, 1988《CAD专刊》, Vol.11, N.7