

机械产品 CAD/CAM 系统中的工程数据库

刘 庆 文

(西安重型机械研究所)

摘要 论述专用机械产品 CAD/CAM 对数据库的需求并介绍一种用关系型数据库管理系统开发的支持“减速器CAD/CAM”的工程数据库。

关键词: 机械产品 CAD/CAM; 工程数据库; 动态数据

一、前 言

近几年来我国引进了上千套以工作站或小型机为硬件环境的机械CAD/CAM系统，使用的造型支撑系统有I-deas、CADAM、S7000等20余种。许多应用部门都在国外CAD/CAM支撑系统上二次开发成适合本部门专项产品设计需要的CAD/CAM系统。本文论述的产品CAD系统即指这样的系统，如机电部“七·五”期间开发的拖拉机、起重机、内燃机、减速器CAD等。

开发产品CAD主要是设计一种框架结构把设计计算系统（用户工具）、造型系统、分析系统、数控、数据库管理系统等一体化的组合在一起，如图1所示。

框架体系结构由设计工具和框架管理系统组成，符合工业标准，和硬件无关，能够进行并行设计的软件平台。它可对产品设计过程及设计工具间的通信进行统一的管理和控制。

设计过程是数据传递和处理的过程。如何保证在整个CAD/CAM过程中数据传递正确无误，使各工具能充分共享数据库中的数据是产品CAD要解决的核心问题之一。

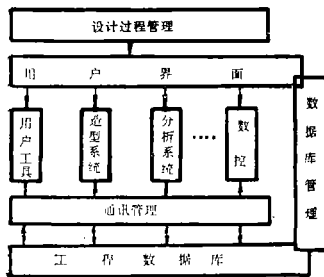


图1 产品CAD框架体系结构

二、产品CAD对数据库的需求

1. 产品CAD的数据特点

产品CAD过程要用到静态和动态两种数据

静态数据包括和该产品设计有关的各种标准数据和非标准数据。标准数据包括国内外的各种通用标准、专用标准、厂控标准等。这些数据都可以在相应的手册上查到。非标准数据

包括产品整机及零部件的实验数据、经验数据、概率优化数据等。这些数据离散度大，采集困难。

静态原始数据多用图表加示意图表示，经分解可获得图形、文字和用二维表格表示的数据。

动态数据是在使用和维护产品CAD过程中产生的、和CAD过程有关的数据。动态数据有如下特点：

- (1) 图形数据和非图形数据并存，数据类型有整形、实型、日期型及变长记录等多种。
- (2) 每次设计都产生新版本数据，随工作深入数据量急剧增加。
- (3) 有些数据传递路径很长，并在传递过程中被修改、圆整或共享。
- (4) 产品CAD过程中形成的中间数据量大。
- (5) 相关数据多，对数据的一致性即对数据的独立性要求强。
- (6) 和结构有关的数据存在一对多和多对多的关系。

对动态数据的贮存和管理是产品CAD工程数据库的核心问题，也是开发数据库的困难所在。动态数据库及其管理程序和接口程序的好坏直接影响产品CAD是否能形成一体化的优秀软件。

上述产品CAD过程用到的数据，是设计数据。对产品CAD自身的维护、测试、自身资源及使用情况的数据，则为管理数据。用管理数据加工成的信息，是产品CAD正常运行所必需的。

2. 支持产品CAD的工程数据库

这里所说的工程数据库包括数据库本身、和基于数据库管理系统及计算机系统功能开发的对数据库进行操作和管理的框架。

由上文对产品CAD的数据分析可知，支持产品CAD的工程数据库应有三种：

- (1) 存放标准和非标准数据的静态数据库；
- (2) 支持产品CAD全过程的动态数据库；
- (3) 支持产品CAD自身管理的管理数据库。

操作管理工程数据库的框架由接口和实用管理程序构成。

用户通过接口使用数据库。接口有交互查询接口和程序调用接口。交互接口人机界面为多层菜单，面向交互用户。程序接口面向用高级语言进行机械产品设计（包括参数图形设计）的用户，它是一组可调用数据库的子程序。用户通过这两种接口无需了解库结构就可以透明地使用数据库。

用户通过实用程序管理工程数据库。实用程序可以有许多但起码应具备如下功能：

- (1) 建立用户工作环境；
- (2) 增删、修改数据库，建立用户视图；
- (3) 重构接口；
- (4) 数据更新和加载；
- (5) 动态库运行效率及版本控制；
- (6) 对管理库的统计和报表；
- (7) 帮助功能。

这样的工程数据库能够支持一体化的产品CAD。

三、支持“减速器CAD”的工程数据库

“减速器CAD”是“七·五”国家重点攻关项目，支持圆弧圆柱齿轮和蜗轮蜗杆减速器的单机和系列设计。它是在 empress/32 RDBMS、S7000 CAD/CAM 支撑系统和

ANSYS 有限元分析等工具基础上开发成的。用 empres/32 RDBMS开发的工程数据库已经成功地用在该项目上。“减速器CAD”是在 APOLLO工作站上开发的。本文只说明动态数据库的设计方法。

1. 工程数据库系统示意图 (如图 2)。

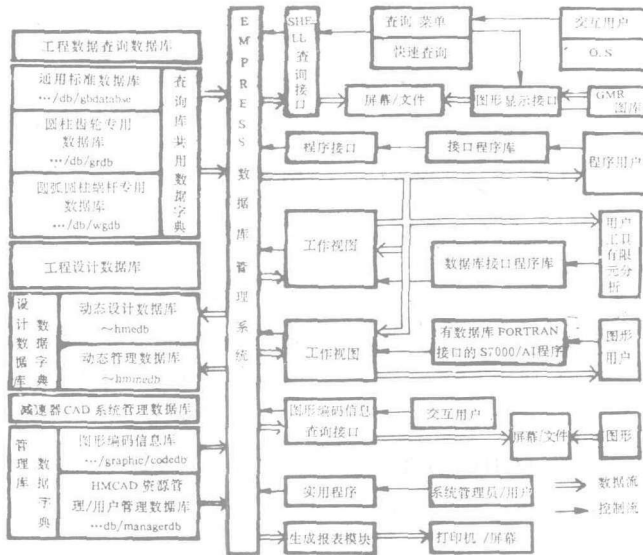


图 2 “减速器CAD”的工程数据库

2. 动态数据库

动态库是“减速器CAD”的核心。动态库对减速器 CAD 的全过程的数据进行统一的贮存和管理，减速器CAD各子系统都通过该库交换数据。当库中某一数据被动态修改时和其相关的数据也自动的做相关的变化。在某一个减速器 CAD/CAM 过程完成后“减速器CAD”系统能利用库中的数据绘制出该减速器的全部图纸，生成有关文档、资料、数控程序和加工工艺卡等。

(1) 动态库设计方法

动态库设计包括数据分析、规范化、基表设计和用户视图设计，如图 3 所示。

(2) 数据分析和基表设计

数据分析以实体为单位，实体可以是一个零件部件、一张图纸或一种文档等。数据分析是把实体中的全部数据按属性、类型、图形和非图形数据分类，并找出数据之间的关系，特别要找出并分离实体间的相关数据。数据分析应从核心零部件开始，对减速器应从轴开始。

基表结构中不应该包含相关属性，并应增加指针属性解决多对多关系。

(3) 视图设计

用户通过视图使用动态数据库。视图也称外模式，实际上是一个虚表，它的数据结构和

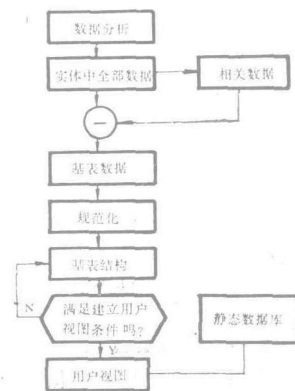


图 3 动态库结构设计流程

实表一样，但不贮存数据。视图是用户使用实表的窗口，通过它操作的是一组实表中相应的数据，我们称这组实表为该视图的基表。经规范化设计基表的数据是独立的，即无冗余数据，所以通过视图使用数据库就可以实现数据相关变化。数据相关变化给设计，特别是修改设计带来很大方便。例如，因强度不够修改了轴的直径，则和轴径有关的齿轮、轴承、定距环等的尺寸也自动改变了。和轴承有关的箱体、箱盖、垫圈、端盖也自动做相应的变化，从而避免了一个零件一个零件去修改的麻烦。

构造视图的基本语法用SQL语言可以表示为：

```
create V select ... from T1, T2, ... Tn where ...
```

式中：

V ：视图名。

$T_1, T_2, \dots T_n$ ：表名。

select...：“...”构成视图的属性，它们必须在基表中存在。

where：构成视图的条件语句

用户通过视图对动态数据库的操作可有查询，删除，修改和插入等。要保证删除，修改和插入操作正确无误，构造视图的基表和构造视图的条件语句都必须满足一定条件。

删除条件

若要对视图进行删除操作，必须保证基表中的任何一个记录或该记录的一部分，只能在由该基表构成的视图出现一次。

在实际应用中该条件可化成构造where语句的四项基本原则：

(1) 联系属性必须有唯一的索引；(2) 把所有基表都有条件的连结在一起；(3) 两表间各属性值的比较只能用“=”；(4) 关系运算只能用“and”即不能用“or”，“not”或“xor”。

我们称当作联接条件的属性为联系属性，即 where 语句中“=”两边的两个表的属性名。该例中 $T_1.a$ 和 $T_2.c$ 就是联系属性。

更新操作条件

若对视图进行更新操作，除要满足删除条件外，两个表的联系属性最多只能有一个出现在视图中。

由删除条件可知联系属性应具有唯一索引，对其修改可能破坏索引的唯一性，所以实际应用中最好不修改联系属性。

插入操作条件

若对基表中有被定一成非空 (not null) 或具有唯一索引的属性所构成的视图进行插入操作，首先必须满足删除和更新条件，其次这些属性必须出现在视图中或某个出现在视图中的属性相等。

这是因为这些属性不能是空值，而插入操作是对哪些基表里不出现在视图中的属性插入空值。

虽然工作视图是实现数据独立和数据动态相关变化的重要手段，但是建立一个适用的工作视图并非易事，应该在基表设计时就要考虑基表的数据结构应满足建立和操作视图的条件。

动态库管理

用户通过动态库管理实用程序EDBMER对动态库进行管理EDBMER可以交互使用，

也可以在减速器CAD过程中调用。EDBMER的功能如下:

- (1) 对数据库使用权限管理;
- (2) 对不同类型减速器的设计建立相应的动态库数据结构,即支持动态结构;
- (3) 对动态库进行效率控制,解决关系型数据库运行效率低的问题;
- (4) 进行数据版本控制。

(a) 运行效率控制

上文说过的构造用户视图要做大量笛卡积运算,使得关系型数据库随库中的数据增加运行效率急剧下降,所以要保持动态库一定的运行效率,就必须控制库中的数据量控制。方法如图4,实践证明这种方法是有用的。

EDBMER为每一个个人用户和组用户初始化一个动态运行数据库和一个动态管理数据库。

动态运行数据库在设计开始时产生,它支持整个设计过程,操纵和管理当前设计动态产生的数据。设计完成后,结果便转存到动态管理库中去,保持运行库中的数据量最少。

动态管理库贮存已完成的并需要保存的减速器产品设计,该库还保存供运行库初始化的数据。

(b) 动态数据结构和版本控制

用户能够使用“减速器CAD”设计一~三级圆弧圆柱齿轮和蜗轮蜗杆减速器或修改设计。

对每设计一个新型减速器,EDBMER都在动态运行数据库中建立一种适合该减速器设计的数据结构,并初始化一组数据。对不同类型的减速器建立的数据结构和初始化的数据也不一样。动态库在设计过程中可以为不同类型的减速器设计建立不同的数据结构,从这个意义上讲,数据结构是动态的。

若修改设计,则原设计已存在动态管理库中,EDBMER把该设计提取到动态库中。当修改设计完成以后,动态设计库中的数据可以做为该减速器的新版本转存到动态管理库中,也可以替换动态管理库中原版本的数据。

版本控制是用增加版本属性的办法实现的。

有了版本控制,用户能就够决定对哪个型号哪个版本的减速器进行修改设计。

(c) 动态库的共享与保护

用户使用EDBMER对动态运行库和动态管理库进行使用权限管理,决定其他用户是否可以使用自己的动态库及使用权限。使用权限有查询、删除、更新、插入、建立视图等。

组用户的全组人员可以在网络上同时使用同一个动态库进行同一个产品的设计。为了避免数据碰撞采用了数据封锁机制。

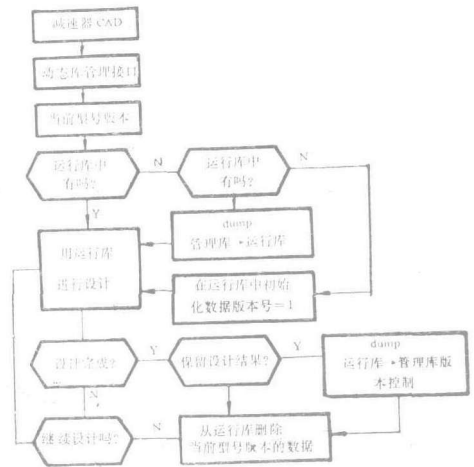


图4 动态库运行效率控制

四、结 束 语

在CAD支撑软件基础上二次开发出适合专项机械产品 CAD/CAM 的应用软件,应该

用工程数据库一体化地支持。用RDBMS做为产品CAD工程数据库是可行的。特别是对大型复杂机械产品CAD/CAM，可以利用关系型数据库结构易于扩充、修改容易、数据独立的优点，一个子系统一个子系统的开发。每个子系统都有自己的动态数据库，适用于一个整件或部件的CAD/CAM，然后用框架和系统数据库自上而下地把各子系统联系起来，形成整个产品CAD/CAM。

The Engineering Data Base (EDB) of CAD/CAM for Mechanical Products

Liu Qingwen

Abstract

This paper describes the need of EDB used in CAD/CAM system for special mechanical products, and introduces a "Retarder CAD/CAM" EDB which is developed and supported by one kind of Relation Model DBMS.