

高速大功率车用柴油机气缸盖 CAD 系统的研究与开发

邹渊 廖日东 左正兴 王文清

(北京理工大学车辆与交通工程学院,北京,100081)

摘要 气缸盖是发动机中最大、最复杂的零部件之一。结构的复杂性使得在气缸盖设计中应用 CAD 技术受到很大限制。目前,气缸盖 CAD 系统的开发在国内仍属空白。本文以 FDEAS Master 6.0 为开发平台,充分挖掘 Open Ideas 功能,综合应用参数化特征建模技术、面向对象技术和数据库技术,开发了“高速大功率车用柴油机气缸盖 CAD 系统”(实际上是一个三维建模、二维绘图及有限元结构分析、优化的集成系统),建立高速大功率车用柴油机气缸盖的现代设计软环境。

关键词 机械设计; 气缸盖; CAD 系统; 面向对象技术

中图分类号 TJ81+0.31

1 系统研究开发的目标及内容

1.1 系统研究开发的目标

“高速大功率车用柴油机气缸盖 CAD 系统”(以下简称该气缸盖 CAD 系统)的目标是研制一套利用现代设计分析方法进行辅助建模和分析的软件系统,应用于该气缸盖零部件设计的全过程,从而缩短设计周期,提高一次设计成功率,为其改型及研制提供一个先进、实用的辅助工具。

具体技术指标包括实现该气缸盖的计算机辅助建模(气缸盖组的参数化三维造型和空间装配以及零件、装配体的二维工程绘图);实现其气缸盖的计算机辅助分析;实现其气缸盖的计算机辅助结构优化;系统中所有技术手段能够应用于现有发动机气缸盖的改型及更先进发动机气缸盖的研制。

1.2 系统研究与开发内容

气缸盖设计方案的基本尺寸和形式由发动机总体设计决定,包括燃烧室的形式及尺寸,缸心距,气门导管孔的位置、个数及尺寸,喷油嘴孔的位置及尺寸,气道内壁的结构形状及尺寸,丝对孔的位置、个数及尺寸,配气机构形式以及与箱体匹配的结构形状及总体尺寸等。气缸盖 CAD 系统应能按照这些给定的基本内容完成气缸盖的详细设计以及设计过

程中的有关分析计算,并最终给出气缸盖设计方案的全部工程图。结合内燃机零部件现代设计环境的要求,气缸盖 CAD 系统的研究内容大体包括下列诸方面。

(1) 气缸盖初始设计方案的评价

气缸盖的基本尺寸和结构形式由发动机总体设计确定后,设计人员即可根据有关设计理论及经验进行气缸盖的初始方案设计,进一步确定气缸盖的结构形式、冷却水孔的数目及分布、冷却水道的基本形状以及各主要结构的尺寸。

(2) 气缸盖的变结构参数化设计

对一定结构形式的气缸盖,当总体参数改变时,其各个部分也要相应地变化,因此在气缸盖建模过程中考虑该结构形式中各项参数之间的相互关系,对各尺寸以变量形式管理,即实现参数化设计(或称尺寸驱动)。由程序按照尺寸链和逻辑关系自动进行改变尺寸后的模型修改。

(3) 有限元模型的建立

气缸盖 CAD 系统采用先进的有限元建模技术,对特征库中已有结构形式的气缸盖实现有限元模型的自动建立。

(4) 结构分析

建立了气缸盖的结构分析模型后,可由程序自

动调用系统开发平台 I-DEAS 软件的有限元分析功能进行结构分析,其内容包括基于机械负荷的应力场分析、基于热负荷的温度场及应力场分析、基于综合负荷条件的应力场分析、气缸盖冷却水的流动分析、整体气缸盖模型的模态分析及动力响应分析等。

(5) 结构优化设计及优化模型的建立

根据结构分析的结果,设计人员可对设计方案进行优选。此外还可以利用气缸盖 CAD 系统提供的功能进行结构优化设计。

(6) 结构分析与结构优化的后处理

结构分析后处理的内容包括结构变形图、应力分布图、变形的动态过程和生成结果数据文件。

(7) 气缸盖组附属零件的参数化设计

包括气缸垫、配气凸轮轴承、气门、气门室罩等的建模也都全部采用基于特征的参数化设计方法。由于这些零件几何结构相对简单,对每个零件只建立单层次参数化整体模型库。零件的任意尺寸可以改变,并按尺寸链对本零件的各尺寸变量实现联动。

(8) 气缸盖组的空间装配

气缸盖 CAD 系统可以对气缸盖本体以及气缸盖组的附件进行空间装配,装配过程根据零件的尺寸参数和零件之间的定位参数自动进行。

(9) 二维工程绘图

根据参数化三维设计的结果,自动将其转换为二维工程图。

(10) 建立相应的工程数据库

主要包括气缸盖结构方案库、功能子结构(特征)库、结构参数库、工程图库、材料库、试验数据库、经验/规则/标准库等。

(11) 气缸盖 CAD 系统各部分的调用和界面管理

气缸盖 CAD 系统以面向对象的可视化技术为基础,采用 MS VC++ 5.0 作为主要开发语言,具有人机界面友好、代码效率高、运行速度快、可移植性强等特点。

2 技术方案及实现途径

2.1 系统结构

气缸盖 CAD 系统包括气缸盖结构方案设计、气缸盖参数化设计、附件设计、气缸盖组装配及干涉检查、零件/装配体二维工程图的绘制、气缸盖有限元结构分析、结构优化设计、疲劳寿命预估以及相关的工程数据库等九大模块。气缸盖 CAD 系统的模块

结构如图 2.1 所示。

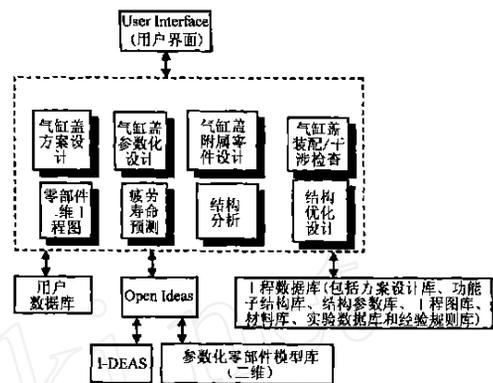


图 2.1 气缸盖 CAD 系统结构图

Fig. 2.1 Structure of the CAD system of cylinder head for a high-speed heavy-duty I. C. E

2.2 系统设计中的关键问题及解决方案

2.2.1 参数化模型库的建立

气缸盖 CAD 系统的设计思路是以气缸盖零件的尺寸为主线,由零件的结构形式和尺寸变量控制三维实体模型、有限元分析模型、结构优化模型、空间装配位置、二维绘图参数及图面布置。程序中的各部分实现参数化建模,对于不同的几何结构层次完全实现特征描述。气缸盖 CAD 系统中重点是确定各种结构形式气缸盖中数以千计的结构尺寸参数之间的关系。这些参数最终只有数目较少的一些自由变量,且这些自由变量能够恰好反映气缸盖设计中的尺寸。

(1) 系列化基础上的基于功能分解的参数化特征建模技术

参数化特征建模技术是气缸盖 CAD 系统的核心技术之一^[1]。气缸盖组零件的三维建模、气缸盖组的空间装配、气缸盖组零件的二维工程绘图、气缸盖的结构分析和优化均以该技术作为基础。利用基于功能分解的特征建模技术^[2],可以快速地建立各个层次的气缸盖特征模型(即功能子结构)。针对不同类型的气缸盖,采用基于系列化基础上的参数化技术^[3],降低了结构参数化的难度。

(2) 气缸盖组零件的功能子结构描述

气缸盖 CAD 系统以功能子结构描述为建模手段。系统建立具有各种零件的整体模型库和具有气缸盖局部特征的功能子结构/特征模型库。其中整体库包含气缸盖零件本体及气缸盖部件组的所有零件,全部为参数可变的零件整体模型。功能子结构库包含气缸盖的所有局部模型,如单缸子结构、气道子结构等。

功能子结构具有不同的等级或层次。气缸盖的整体模型可以视为其最大的功能子结构,而整体模型包含单缸子结构,单缸子结构包含顶板子结构,顶板子结构包含丝对孔子结构等等。将这些功能子结构分别按照不同层次存储到功能子结构/特征库中,同时对其中的所有变量都实现参数化。

(3) 系列化基础上气缸盖组的参数化设计

参数化设计是一种解决设计约束问题的数学方法。它是在结构形状比较定型时,用一组参数来约定尺寸之间的关系,然后通过尺寸驱动达到改变结构形状的目的^[1]。气缸盖组的参数化设计是以特征建模为基础的,即存入功能子结构/特征库中的每一种特征都由一组唯一决定该特征的参数集描述。决定特征形状的称为形状参数,决定特征位置、方向的称为定位参数,决定特征中子特征个数的称为数量参数。另外,特征参数还可分为两类:一类是设计者输入的参数;一类是上级特征遗传的参数。前者由设计者按要求交互输入,受约束方程的约束,是约束方程中的变量;后者则是从特征依附的上级特征继承下来的,它实际上约束方程中的已知量。特征的种类和应用环境决定了其尺寸是否具有继承性。

2.2.2 实现和 FDEAS 的交互

(1) FDEAS 的开放机制(Open Ideas)

FDEAS 软件提供 Open Ideas 开放机制(简称 OI)。OI 是一个灵活、开放的结构工具软件包,它选用 CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 规范作为实现机制。CORBA 规范是实现分布式对象管理应用的标准,它对分布对象管理提供了一个广泛一致的模型。相对于 FDEAS 在 MS6 版本以前提供的开放环境,如 FDEAL 和 OA (Open Architecture),OI 具有下列优势^[4]:可以采用面向对象的方法,使系统开发得益于面向对象的分析、设计和开发;基于 OI 的产品可以在任何选择第三方产品 Orbix 的平台上使用(Orbix 是一种基于 CORBA 的面向市场的产品,很多平台都支持它,如 SGI、SUN、IBM、WINDOWS NT 等),脱离 SDRC 公司的限制;OI 支持多种编程语言。

Open Ideas 能够把用户及第三方软件同 FDEAS 集成。外部程序通过 Open Ideas 可以发送命令给 FDEAS,也能够接收来自 FDEAS 软件的结果与信息。因此,Open Ideas 和 FDEAS 软件是互为客户与服务器(Client—Server)的关系,见图 2.2。

Open Ideas 中提供面向对象的类库,在 C++ 程序中可以调用类库,实现与 FDEAS 软件通讯

与交互。例如:用户创建对象的父类是 OI-Root 类,其下有继承父特性的子类 OI-Bin、OI-Curve、OI-Surface、OI-FEModal 和 OI-Part 等。

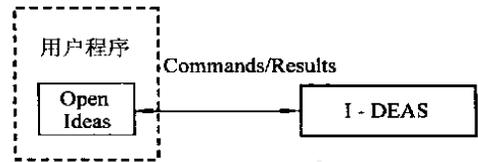


图 2.2 Open Ideas 与 FDEAS 通讯模型

Fig. 2.2 Model of communication between Open Ideas and FDEAS

(2) 使用 C++ 实现与 FDEAS 交互

采用面向对象技术,把 Open Ideas 所实现功能封装成 IdeasFun 类,在 IdeasFun.h 中有该类的说明, IdeasFun.cpp 则为该类的具体实现。在程序中只需申明一个 IdeasFun 的类对象,便可使用其成员函数进行各种操作。该类申明如下:

```
class IdeasFun
{
protected:
    mydata Servers; 封装 OI 服务器;
public:
    void Initial(); 初始化 Fdeas;
    long GetPartId(); // 得到零件的 ID 号;
    OI Dimension-Ptr GetPartDimension (OI Part-Ptr thePart, CString dimName);
        得到零件中名称为 dimName 的某一个尺寸指针;
    double GetValue(OI Dimension-Ptr dimension);
        得到 dimension 指针的尺寸值;
    void ModifyValue(double NewValue, OI Dimension-Ptr, dimension, OI Part-Ptr thePart); 修改指定零件中指定尺寸的值;
    OI Part-Ptr GetPart(int i); 得到零件指针;
    void DeletePart(OI Part-Ptr thePart); 删除零件;
    OI Part-Ptr CopyPart (OI Part-Ptr thePart, CString newName, CString new Number); 得到零件拷贝;
    bool SendCommand (char commandstring [1024]); 向 Fdeas 发送命令串;
    void GetAssemIn(OI Assembly-Ptr theAssem);
        把装配从模型库中拿到图形区;
    void GetPartIn(OI Part-Ptr thePart); 把零件
```

从模型库中拿到图形区；

```
void PutAway(); 把装配从图形区放回模型库；
```

```
void PutPartAway(OL Part_ptr thePart); 把零件从图形区放回模型库；
```

```
OLAssembly_ptr GetAssembly(int i); 得到装配指针；
```

```
double GetPartVolume(OL Part_ptr thePart); 得到零件体积；
```

```
OI PartProperties GetPartProperties(OI Part_ptr thePart); 得到零件属性；
```

```
CString SendMessage(char commandstring [1024]); 发送消息；
```

```
void LockIcon(); 使图标区变的不敏感};
```

2.2.3 数据管理的实现

(1) 数据分析

气缸盖 CAD 系统中包括三类数据。一是零部件三维模型数据,该数据利用 Fdeas 软件提供的存储管理机制,以项目(Project)为组织对象,存储在模型文件(Model File)、目录(Catalog)和库(Library)三种存储机制中。其中,模型文件用于保存工作平台上的设计环境和三维图形信息。目录和库用于存储实体模型,并包括一个参数表,表中记录该模型的参数值。该数据结构全部由 FDEAS 组织管理。二是气缸盖设计中常用的参考数据,包括方案设计、功能子结构、结构参数、工程图、材料、实验数据和经验规则等数据。三是用户数据,用来存储用户设计的气缸盖项目。

(2) 数据管理实现

气缸盖 CAD 系统综合应用 FDEAS 软件提供的存储管理机制和数据库技术来实现数据管理。针对气缸盖零部件建立了参数化的三维模板库,把各零件模板按类集中在不同的目录中,以便被 Open Ideas 使用。对于气缸盖设计常用的工程数据建立工程数据库,利用关系型数据库技术,用若干个表来管理各种工程数据。每个表依据其面向的对象命名,表的各栏也依据要存储的数据命名,每一行表示表中的一组值,也是表对象的一个记录。表中的每一行必须能唯一标识,定义一个或多个栏为基本关键字,以便查找。对用户数据建立用户数据库,采用方法同上。工程数据库和用户数据库都被集成到程序中,并且支持数据的查询、删除、修改等常见操作。

例如:在用户数据库中,为气缸盖组的零部件建

立对应的表,表以零部件的名字命名,表中的关键字定义为零部件的设计名称,其它则定义为参数化尺寸。用户设计结果可以存储在此数据库中,支持一般数据库操作。该数据库结构见图 2.3。

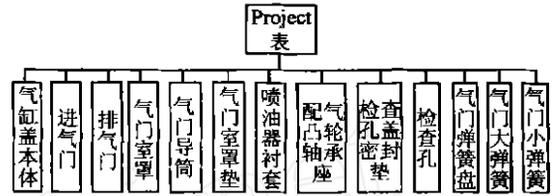


图 2.3 用户数据库结构

Fig. 2.3 Structure of user's database

2.2.4 气缸盖 CAD 系统的实现

本系统在 Windows NT 环境下,以 FDEAS 作为支撑软件,采用面向对象语言 Visual C++ 5.0 为工具开发。在开发手段上,综合应用了 Open Ideas 机制、通过 ODBC(开放数据接口)技术访问数据库和面向对象技术,实现了预期功能。图 2.4 是用户在选择设计方案。图 2.5 为用户在打开气缸盖喷油器衬套,完成修改后可由用户选择是否生成新的实体模型。

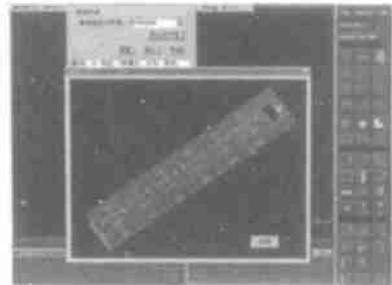


图 2.4 用户选择设计方案

Fig. 2.4 Selecting the design scheme

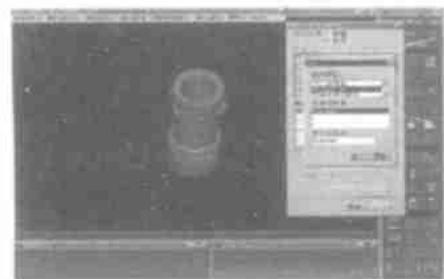


图 2.5 用户打开气缸盖喷油器衬套

Fig. 2.5 Opening a record set for the cylinder-head injector bushing

3 小结

本文简要介绍一个气缸盖 CAD 系统的开发工作,以现代 CAD 设计思想为指导,综合应用参数化

建模技术、Open Ideas 接口技术、数据库技术和面向对象技术,实现了高速、大功率车用柴油机气缸盖的计算机辅助设计。为高速大功率柴油机气缸盖的设计与研究提供了软环境。

参 考 文 献

- 1 宁汝新,唐承统,何永熹. 基于特征的 CAD/CAM 集成模型的研究. 北京理工大学学报,1994(2):181~185
- 2 廖日东,左正兴. 高速大功率车用内燃机机体组 CAD 的几个关键问题. 兵工学报,2000,21(3):194~195
- 3 廖日东. 内燃机零部件 CAD 方法学研究与应用:[学位论文]. 北京:北京理工大学,1999.
- 4 SDRC. FDEAS Open Architecture User's Guide. 1:美国. SDRC, 1998. 58~74

DEVELOPMENT OF A CAD SYSTEM FOR THE CYLINDER HEAD OF HIGH-SPEED HEAVY-DUTY VEHICULAR DIESEL ENGINES

Zou Yuan Liao Ridong Zuo Zhengxing Wang Wenqing

(School of Vehicle and Transportation Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

Abstract Cylinder head is one of the largest and the most complex parts in an engine^[1]. Application of CAD is greatly limited due to the complexity of its structure. Today, the development of CAD for the cylinder head system is a field yet to be unfolded in China. Based on the FDEAS Master 6.0, utilizing fully functions of the Open Ideas and applying techniques of parametric modeling based on features, object orientation and database techniques, a CAD system for the cylinder head of high-speed heavy-duty vehicular diesel engine is developed. It is an integrated system involving 3D-modeling, 2D-graphics, FEM analysis and Optimization. In this way a software environment for the design of cylinder head is established.

Key words machinery design, cylinder head, CAD system, object oriented technique