

发动机外部管路系统的计算机 辅助敷设研究^{*}

陈志英 樊 江 魏文庆 马 枚

(北京航空航天大学动力系, 北京, 100083)

摘 要: 根据发动机外部管路敷设的要求, 设计了计算机辅助敷管系统, 提出了管路敷设软硬件平台的选择依据, 论述了基于微机 MDT 软件和基于工作站 UG II 软件的不同软硬件系统的优势与不足。对计算机辅助敷管系统做了总体构思, 并对交互式敷管和具有智能的敷管系统其功能分别做了较详细的论述。最后给出了在计算机上进行敷管的示例验证, 证实了进行计算机辅助敷管的可行性。

主题词: 航空发动机, 发动机附件, 管道, 计算机辅助设计, 三维模型^{*}, 平台

分类号: V 233. 7

COMPUTER AIDED ROUTING SYSTEM FOR 3-D AIRCRAFT ENGINE PIPE

Chen Zhiying Fan Jiang Wei Wenqing Ma Mei

(Dept. of Jet Propulsion, Beijing Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

Abstract: According to the requirement of aircraft engine pipe system, a computer aided routing system model for 3D complicated pipe was built. The basis for selecting software and hardware platform for routing were presented. The advantages and disadvantages of software and hardware based on Auto CAD MDT on PC and UG II on workstation were discussed. A general design was formed for computer aided routing. The function and features of routing system as interactive and intelligent approaches were analyzed. In the end, an example of routing on computer was given. The results show that it is possible to route engine pipes by the CAD routing tools.

Subject terms: Aircraft engine, Engine accessory, Pipeline, Computer aided design, Three dimensional model^{*}, Platform

1 引 言

航空发动机外部管线路类繁杂, 包括燃油管、润滑油管、冷却气管、控制液压管和部分电缆等^[1], 属三维复杂管线系统。目前, 航空发动机的管线系统敷设是凭经验进行的, 传统的设计方法是制作一个与原发动机比例相同的金属样机, 然后由有经验的设计人员用4 mm 铅丝进行附件间导管连接的实时测量打样, 通过目测间隙等初步分析确定导管的三维走向, 之后按照该铅丝的三维造型弯管并安装。这种靠手工经验敷管, 不仅周期长, 费用高, 而且劳动

* 收稿日期: 1998-11-11, 修回日期: 1999-03-18

强度大, 难以达到最优设计结果, 必然会造成管路故障频繁, 影响发动机的整体性能。为此, 本文研究了计算机辅助设计的管路敷设系统。

2 管路敷设软件平台的选择

在建立航空发动机的电子模型样机、附件电子模型及进行管路敷设时, 均需在计算机上建立三维实体模型^[2], 因此软件开发平台需具有三维实体造型的功能。在国内外较为普遍使用的软件中, 以 AutoDesk 公司的微机版本 Mechanical Desktop 2.0 (MDT) 和以 EDS 公司工作站版本 Unigraphics 为代表的软件, 均是具有三维实体造型功能的计算机辅助设计和制造系统, 可满足管路辅助敷设软件开发的基本要求。微机平台的 MDT 三维设计软件是在 AutoCAD 基础上发展而来的。它基于 ACIS3.0 的几何造型核心, 采用面向对象的 VC++ 编程和面向对象的数据库。MDT2.0 具有以下主要功能: (a) 基本特征的参数化实体造型, 基于约束的装配造型, NURBS 复杂曲面造型, 可使实体与曲面融合; (b) IGES 和 STEP 等转换器, 使得在 MDT2.0 平台上建立的产品模型能顺利地转换到其它 CAD 平台上; (c) AutoLISP、ADS 和面向对象的 ObjectARX 等二次开发的编程接口。

基于工作站平台的 UG II 13.0 为建立敷管系统提供了以下开发工具: (a) 特征参数化建模及装配; (b) 复杂曲面外形的实体建模; (c) 元件库的管理; (d) 简化模型和可在渲染状态下工作; (e) 敷管初步及干涉检查; (f) 开放式 API 和 GRIP 语言。

需指出, 直接采用这些软件的某些功能绘制发动机及附件的电子样机是可行的, 但利用建模方式在电子样机上进行管路敷设则困难很大, 特别是当管路系统敷设到一定程度时, 要想敷设一个不干涉的又要满足多项约束要求的管路系统几乎是不可能的。

3 敷管系统软件总体设计

决定三维复杂管线系统空间布局的因素十分多, 既要满足管线系统所要完成的功能要求, 又必须在极有限的空间内敷管, 尚需考虑质量分布、费用、可维修性因素, 因此管线设计过程可归纳为一个多目标、多约束条件的最优化求解问题。开发管路的计算机辅助敷设系统要具有建模、敷管、统计分析、数据输出等功能^[3]。

管路系统的计算机辅助设计模型见图1。第一步先建立发动机及其各附件的电子模型样机, 利用参数化的标准元件库可更有效地进行管路敷设。利用敷管软件工具连接管路接口并形成导管的三维实体后, 要进行干涉检查和约束检查, 对所建管路进行编辑, 以满足可加工性、可维修性、可靠性等要求。管路系统形成后, 再进行振动强度分析及不同管径长度统计等, 并进行与飞机的电子装配。待通过计算机辅助航空发动机管路系统设计的电子方案后, 各导管的数据即可输出或直接送数控弯管机实现自动弯管。

3.1 基于交互式敷管的软件系统

在现有软件平台上进行管路敷设 (更确切地说是绘制管路图) 是可行的, 可通过实体旋转和目视察看管路干涉程序, 但进行干涉检查则极为困难。为在规定的空间内能装配到飞机短舱中, 且与飞机管线合理相连的同时满足可维修性等要求, 又满足管线部件间的间隙要求, 并追求以最轻的质量进行管路敷设, 有必要利用现有软件平台, 开发一个具有管路系统干涉性检查功能、管路编辑、管路修改、管路特征抓取等功能的交互式敷管软件工具。

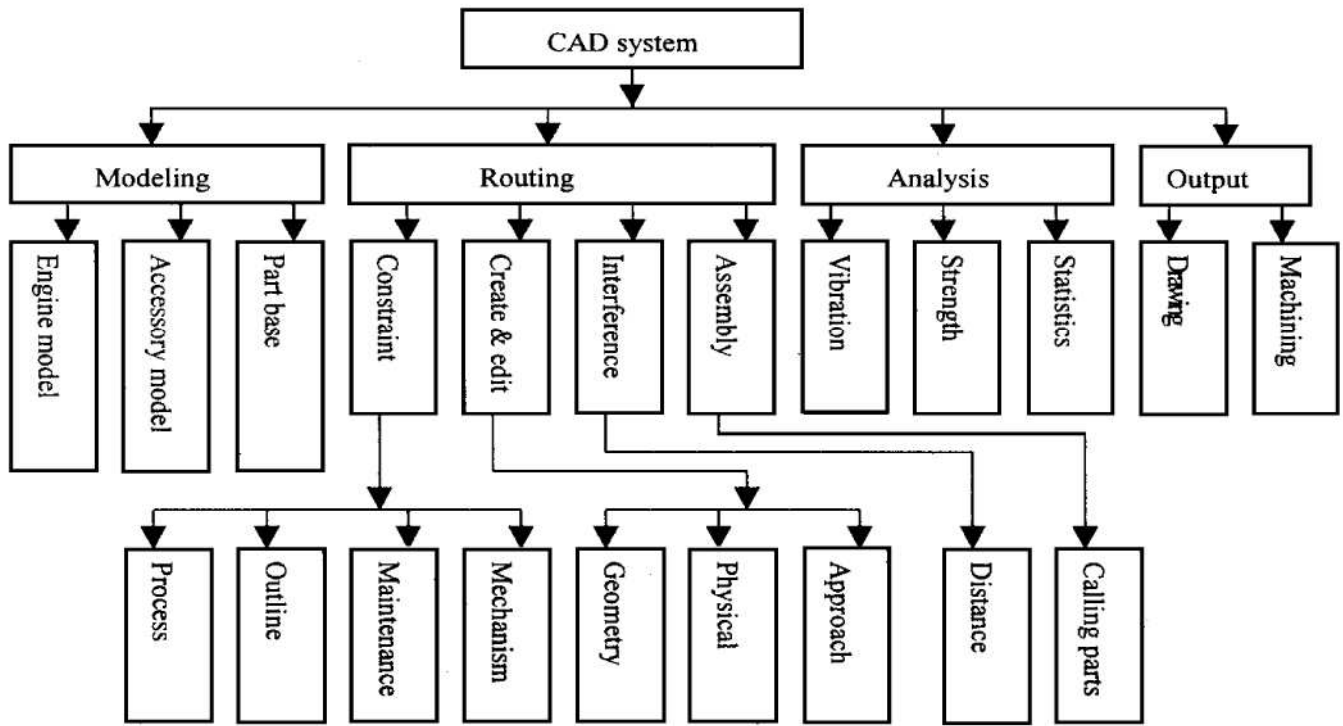


Fig. 1 Computer aided routing system

3.1.1 基于微机平台的敷管软件系统

在微机 MDT 平台上开发的敷管软件系统工具,其主要功能为管路创建和管路编辑^[4]。管路创建是在已建立的电子模型样机上进行管路敷设,设计人员通过人机交互的方式生成导管,主要功能包括: (a) 选择连接导管的起始端及终止端; (b) 给定导管的物理属性,即管径、壁厚、材料、引出线长度及颜色。其中管径和材料采用下拉式列表框,并列出了实际工程中使用的系列化管径和材料; (c) 选择布管方式,即直线连接、手工随意、最短路径和轴向周向; (d) 选择显示方式,即采用线框模式、曲面模式还是实体模式。

管路编辑包括几何形状和物理属性的编辑。用键盘输入某点的三维坐标值改变曲线的形状,来修改和调整管路形状及空间位置。若用鼠标拖动式修改,由于控制点是在工作平面中移动,会造成导管的形状产生意想不到的变化。进行管路编辑时,点选管路中心线就会弹出“管路编辑”对话框,即可进行物理属性的修改。

3.1.2 基于工作站平台的敷管软件系统

在 SGI 工作站 GU II 软件平台上开发敷管软件工具,总体设想是在 UG 界面菜单中添加敷管工具选择项,从而既可使用户充分利用熟悉的 UG 图形建模等功能,又方便了用户进行管路敷设工作。与基于微机的敷管系统相比,除有管路敷设模块外,还有分析、数据输出和管理等模块。在用户界面设计采用图标方式,使用户快捷选择敷管工具。当对图标菜单内含不清时,可通过移动光标获得文字提示。敷管模块包括给定飞机短舱的敷管外廓限制尺寸、创建管路、路径编辑、路径产生导管、零件库、干涉检查、弯管半径确定、装配、约束要求、阵列、产生平行导管、编辑路径等12项图标菜单。分析模块包括振动分析、强度分析、质量计算、选用零件统计等。数据输出模块包括数据显示、格式转换、数控弯管机等选择项。

3.2 具有智能的敷管软件系统

管路系统设计涉及发动机设计、附件设计及飞机设计等众多部门,还涉及导管的加工、强

度及振动分析、装配、可靠性、维修性等多学科领域^[5]。常使敷管工作出现返工甚至重新敷管^[6]。由于客观上需要多学科的约束管理和控制,因此有必要建立一个具有智能的管路敷设约束系统来辅助管路设计,从而使敷管时能避开维修窗口,预留控制机构件的运动空间,实现弯管半径的自动检测,导管的选配和自动装配管接头等,它可表现为直接控制管路敷设,也可采用提供敷管咨询意见的方式。软件系统应有专家系统知识库和基于智能的多学科约束管理及控制系统。

4 结 论

本文分别在微机 MDT 平台上和在工作站 UG 平台上开发了管路系统计算机辅助敷设软件工具,并进行了管路系统实例敷设,从而对三维管路系统进行了管路敷设探索,微机 MDT 平台上的敷设例证可参见文献 [4],在工作站 UG 平台上的敷设例证见图2。通过这两个实例验证了开发的敷管软件工具可实现预想的功能,证实了计算机辅助管路敷设的可行性。但由于受微机 MDT 平台所能提供的开发模块功能所限,做敷管二次开发困难更大。

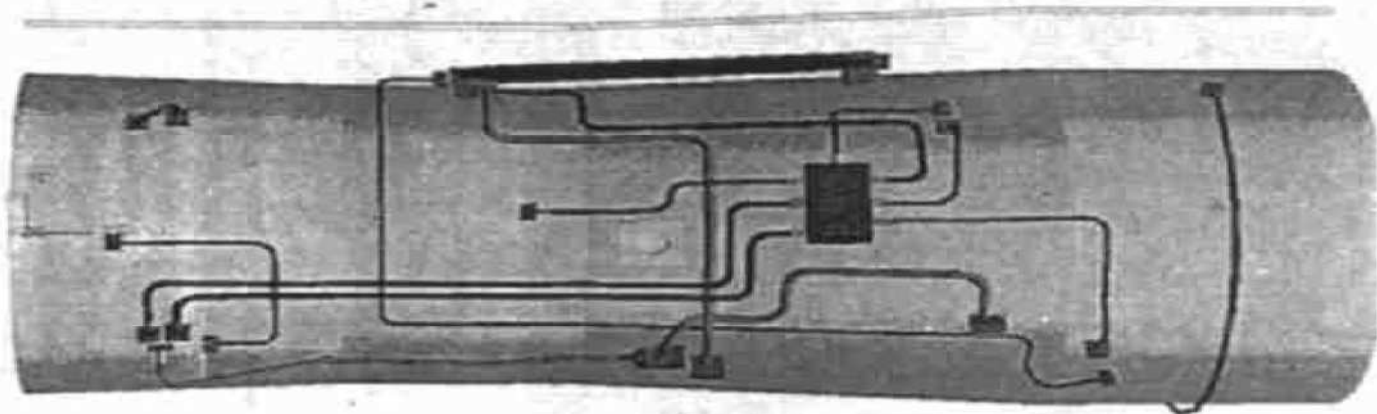


Fig. 2 Example of computer aided routing

改变目前国内航空发动机管路敷设的手工方式,建立计算机辅助管路敷设软件工具实施管路系统敷设,既可提高管路系统的研制质量,缩短研制周期,同时也可节省发动机研制经费,满足新机研制对管路设计的要求。

参 考 文 献

- 1 陈 光. 现代航空发动机发展与结构设计特点分析. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.
- 2 Laschke James C B, Jatzekjr H A. Electronic engine "mockup" shortens design time. Aerospace America, 1985 (1)
- 3 Jones D C. 涡轮喷气发动机管路设计计算机辅助系统. 马晓锐译. 航空发动机计算机辅助设计系统文集第三集. 中航总发动机局 CADISEN 办公室, 1993.
- 4 樊 江. 三维管路敷设软件研制及管路元件库的建立: [学位论文]. 北京: 北京航空航天大学, 1998.
- 5 陈志英, 马 枚. 管路系统敷设的并行工程模型研究. 航空动力学报. 1998, 13 (4): 421~424
- 6 Hisup Park. Computational support for concurrent engineering of cable harnesses. CDR technical report No. 19920219, Submitted in computers in engineering conference, San Francisco, CA, 1992.