

# CAD技术在舰用燃气轮机设计中的应用

裘立阳

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

[提要]本文论述了计算机辅助设计(CAD)技术及其在舰用燃气轮机设计工作中应用的前景,并提出了舰用燃气轮机CAD系统实现的方案和方法。

关键词 燃气轮机 计算机辅助设计

目前,设计领域正面临着一场革命,以信息论方法、控制论方法和系统论方法等为基础的现代设计法,正向各个技术领域渗透,而计算机辅助设计(CAD)就是综合以上几种方法的现代设计法之一。

一般来说,CAD技术包括四个方面:1.配置基本的硬件和软件,构成交互设计的图形系统;2.设计应用程序接口模块;3.设计应用程序系统;4.计算机联网。在实际应用中,每个系统依对象的不同而有其不同的特点,本文仅对在舰用燃气轮机的设计中如何采用CAD技术进行讨论。

## 一、图形系统的建立

图形系统的建立以性能/价格比高、适用性强为前提。对微型机组成的系统而言,除一般的主机、打印机、显示器外,还需选用数字化仪,自动绘图仪和autoCAD软件包,并编辑生成相应于设计实体的数据库和图形库,就可以构成方便实用的CAD系统。

数字化仪定位精确,可方便地输入图形和汉字。在autoCAD的支持下,可开辟生成四个菜单工作区。在数字化板上按图纸的走线比例移动触笔,就可以把图形输入到计算机中。

绘图仪可按笔形和精度选择。对工程应用来说,0.025mm的精度较为适用。在autoCAD的支持下,由对话型程序控制输出,可选择图幅大小,原点、旋转角度等。

为了方便,可采用双显示器,一台用于文本编辑,另一台具有高分辨率,专用于图形的编辑和显过,二者之间的转换可通过软件控制。

AutoCAD是一个通用的图形软件包,具有丰富的图形编辑功能。它对各种常用的平面图形,采用分层环形的数据结构,将图形中逻辑上有关的参数分成若干层次,然后分别在横向和纵向把它们沟连起来。并提供详尽的菜单提示。AutoCAD使用前必

本文收到日期:1987年8月20日

须进行装配,以取得对各个设备的控制权,首先把它复制到硬盘的一个子目录中去,然后按装配菜单对各个硬件设备进行装配。

数据库中的内容包括设计规范的各种计算参数、材料性能参数、标准零件参数等。

对于燃气透平,其图形库的内容十分丰富,应包括零件图、装配图、系统结构图,造型曲线图和特性曲线图等。

当用计算机绘制零件图时,由设计人员输入基本参数,通过运行按经验公式编制的程序来确定各个部分的尺寸。而整体图样的形成不外有三种方式:(1)直接形成。可从图库中调出,按算出的尺寸直接绘图。(2)搭配成形。通过计算确定其组成的图块,用搭积木的方式构成。(3)编辑成形。在结构不规整或计算确定的尺寸只能形成大致的轮廓时,需人工编辑生成。例如:设计一个由三个轴段构成的轴类零件,可以定义位置初始点、轴段长、圆角半径等参数,然后调用轴类图程序,即可产生第一个轴段。这样反复几次,就能完成整个构图。而叶片的叶型曲线由圆弧,双扭线,直线围成,形状不太规整,并且叶型的计算结果是一个个离散的点,必须用插值、曲线拟合的方法,对它精确描述。实际上,叶片造型是一个反复进行的过程,它通过人机对话的方式不断修改型线,直到满足设计要求。

## 二、应用程序接口模块

工程图样的尺寸一般由工程要求、部件的特性计算确定,而 *Auto CAD* 虽拥有复杂的图形编辑功能,却没有计算功能。为了解决这个问题,可以使用 *Auto CAD* 内部具有扩展名“*DXF*”的图形交换文件。它是外部高级语言和 *Auto CAD* 进行交流的桥梁。只要按符合“*DXF*”格式的高级语言去编辑图形程序,就可以沟通应用程序和图形库的联系。

为了有效地进行数据的存取,应建立一个数据管理系统。使主应用程序可对它直接提取数据。而用户借助于接口程序来调用数据管理系统,进行数据的检索、添加、删改。数据库也应与别的数据文件(例如 *BASIC*)建立联系,实现数据的交流和传递。

另外,数据库和图形库也应建立联系,以便在进行部套图样设计时,能直接取得工艺结构、材料性能等必要数据。

借助“接口”程序,可使数据库、图形库与应用程序三者建立有机的联系。

## 三、应用程序系统

燃气轮机和一般的产品设计一样,除了绘制工程图样和编制技术文件外,尚需大量的分析计算,来预估性能和选定设计参数。

具体设计时,既要进行以特性为目标函数的优化计算,又要考虑制造的工艺性,材料来源等方面的实际工程经验。为此,燃气透平的 *CAD* 软件系统还应拥有一个应用程序库,它包含一些必要的数学计算子程序,如常规设计计算,优化计算、流场、压力分

布及传递、温度场等。

应用程序库应包含燃气轮机的主要计算分析与设计过程。其总体框架结构设想如下：各模块的具体内容处各专业去充实，并应按设计过程，分阶段，分层次形成网络。

1. 流场分析模块。
2. 流道计算模块。根据通道的几何规律，计算沿程各截面的几何尺寸，有效总流通面积。各个流管的各项参数。
3. 温度场分析模块。
4. 叶栅成型计算模块。以获得最优化的几何参数及最佳气动性能。
5. 冷却计算模块。确定冷却方式，分配各段的冷却流量。
6. 叶片应力分析模块
7. 叶片振动分析模块。用于分析叶片的自振和动叶回转时的动频率。
8. 叶片颤振分析模块。根据叶片特征截面的弯扭耦合动力方程，综合叶片三心颤振的关系。
9. 转子和缸套的应力计算模块
10. 进排气管计算与设计模块。
11. 涡轮总图结构设计模块。
12. 压气机总图结构设计模块。
13. 部件选择模块。根据系统的要求及工程限制规则，选择合适的零部件规格。
14. 附件设计模块。
15. 燃烧室初步设计模块。用于确定孔型，几何形状，环形通道流通面积等。
16. 环形通道流通模块 用于确定燃烧室流量分配，冷侧边界条件。
17. 过渡段混合模块。用于确定燃烧室的出口温度分布因子。
18. 燃烧室设计性能计算模块。用于确定燃烧室的性能及热侧边界条件。
19. 近壁流动模块。用于确定壁温及火焰筒的寿命。
20. 系统辨测模块 包括用于模型参数辨测的各种线性和非线性算法子程序。
21. 液压系统的常规计算模块 用于分析液压系统的压力损失，发热温升、泄漏、液压冲击等。
22. 网络拓朴模块 用于构思整个流体动力系统的油路调配。
23. 液压部件选择模块
24. 动态指标分析模块。用于分析系统或部件稳定性，超调量等。
25. 优化模块 用于寻求系统的时间响应最短，功耗最小等的方案。
26. 解耦模块 用于消除控制系统间的有害关联，使之成为相互独立的控制回路。
27. 控制算法模块 包括各种常规的 *PID* 及变形算法子程序。
28. 状态分析模块 用于求取各工况点系统的时间常数及生成控制程序。

### 四、计算机联网

CAD 的真正意义在于围绕某一设计实体建立相应的图形系统。舰用燃气轮机仅仅是舰用动力的一大部分，需与传动装置或其它动力装置组成推进动力。因此，如把舰船推进动力系统作为一个大的软件网络，其数据库、图形库必然内容浩大，整个CAD系统需由多个计算机系统组成。为实现各个系统之间数据的传输和通讯，必然要进行计算机联网。这里限于篇幅不再详述。

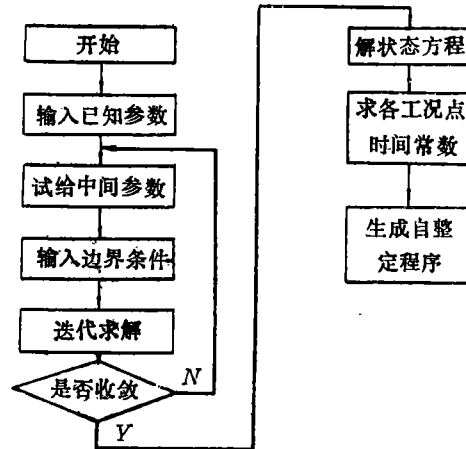
### 五、模块建立的方法

以状态分析模块为例来说明模块建立的方法。

燃气轮机机组的输入输出参数之间的关系是非线性的，在不同的工况下，状态方程的系数和时间常数是不同的。而目前在燃气轮机的液压或电液控制系统中，都是采用固定的时间常数控制。因而，一旦负荷和工况发生变化，对象特性将产生漂移，使控制精度降低。如果通过状态分析解得不同工况的时间常数，进行分段线性化，产生自整定控制程序，就能改善控制性能指标。下面给出整个模块的建立步骤。

1. 建立数学模型。根据燃气轮机的部套特性曲线或测辨系统得到的参数值，建立多变量非线性方程组，以便进行迭代求解。
2. 状态分析，根据稳态特性，建立状态方程组，解算不同工况点对应的的时间常数。
3. 生成自整定控制程序。
4. 在计算机模拟系统中，验证其动态特性，修改、完善该自整定程序。

整个模块的程序框图如下以示：



### 参 考 文 献

[ 1 ] 倪维斗等；《自动调节原理与透平机械自动调节》，北京机械工业出版社，1985年。  
 [ 2 ] S Harrington著[美]，高福文等译；《计算机图形学》，北京师范大学出版社，1985年。  
 [ 3 ] 张葆华等；《船舶汽轮机及燃气轮机装置》，人民交通出版社，1983年。  
 [ 4 ] Green, M.: A Catalogue of Graphical Interactive Techniques, Computer Graphics, January, 1983.

# Application of CAD techniques in the design of marine gas turbine

Qiu Liyang

## Synopsis

This paper gives a description of the CAD techniques and outlines the prospect of its application in the design of marine gas turbines. A version of a CAD system for marine gas turbines along with its implementation has been given.

**Key words** gas turbine; computer aided design.

验研究, 涡轮级参数的优化设计, 涡轮级的三维流动等研究。试验涡轮的通流部分可根据试验要求而变动, 其最大外径为560 mm, 最小内径为280mm, 最大叶高为140mm。水力测功器能吸收的最大功率为800千瓦。在试验台上能进行详细的级前、级间、级后流动参数的测量。

**No R88-13 汽轮机低压级综合性能试验装置** 全国唯一的汽轮机末级叶片除湿试验装置, 功率范围1500~3200千瓦, 汽缸最大内径 $\phi 1800$ , 初压, 温度可调节。级前压力196.1kPa(2kgf/cm<sup>2</sup>), 级后压力9.8kPa(0.1kgf/cm<sup>2</sup>) 最大转速9000转/分。现装有三级叶片, 试验可根据要求更换。可进行通流部分气动性能试验, 除湿研究以及振动强度试验。

**No R88-14 上立式轮盘超转一循环试验台** 该试验装置采用IBM-PC微机控制主要参数。功率200千瓦。最高转速34000转/分。具有多种运行方式, 可以进行轮盘的超温、超转、破裂试验。常、高温条件下的等幅、变幅及随机加载低循环疲劳试验, 应力测量以及叶片动频测量试验。是各种旋转机械轮盘强度与寿命试验研究

定型、定寿不可缺少的设备。欢迎利用。

**No R88-15 电阻应变计制作及应变电测试验** 研制常、高温电阻应变计及壁面温度测量元件的能力, 能承揽压力容器、机机零部件(包括高温构件)应变电测试验。从日本引进UCAM-8BL带微电脑通用数字测量仪, 可同时测量应变和温度且可对各种应变式传感器进行测量和跟踪。具有速度快(0.1秒/点)、精度高(0.05%F.S), 可实现全自动数据采集和实时在线数据处理。为充分发挥本系统作用愿竭诚为您服务。

**No R88-16 机械振动及噪声测试分析** 备有丹麦B&K公司的振动测试与分析仪器及日本CF-500系列振动分析仪。可承揽机械振动的测试、分析, 机械噪声的测试分析以及噪声控制方案的论证、设计。

**No R88-17 挠性联轴节试验台** 该试验装置无级调速可达6000转/分。试验件直径最大允许 $\phi 600$ , 轴的长度及不对中量可调。对试验可进行强度、振动性能测试, 亦可进行常温下的疲劳试验, 特别适于进行膜盘联轴节及叠片式联轴节性能研究与开发。