

文章编号: 1005-8893 (2004) 01-0015-04

## 反应釜搅拌轴智能 CAD 系统及其研制

马正华<sup>1</sup>, 周天彤<sup>1</sup>, 尤候平<sup>2</sup>, 沈惠平<sup>3</sup>, 张锁龙<sup>3</sup>, 张国忠<sup>3</sup>, 宋巧莲<sup>4</sup>

(1. 江苏工业学院 计算机科学与工程系, 江苏 常州 213016; 2. 扬子石油化工股份有限公司, 江苏 南京 210048; 3. 江苏工业学院; 4. 常州信息职业技术学院, 江苏 常州 213000)

**摘要:** 以 AutoCAD R14 为开发平台、VC++6.0 为开发工具, 研制了“搅拌反应釜智能 CAD 软件—VMID”; 作为其主要子系统之一的“反应釜搅拌轴智能 CAD 系统”, 能进行搅拌轴的强度、刚度、径向位移、临界转速的设计与计算; 着重介绍了这一搅拌轴智能 CAD 设计分析子系统的结构与功能、特点及使用场合, 并给出了一个算例。

**关键词:** 智能 CAD; 反应釜设计; 搅拌轴设计; 软件

**中图分类号:** TP 311 **文献标识码:** A

搅拌反应釜在石油化工、生化、食品及医药等行业上占有十分重要的位置, 它主要由传动装置、搅拌轴、搅拌器、轴封、搅拌罐及其附件组成, 因其工况复杂, 搅拌反应釜的设计过程较其它化工单元设备复杂, 其计算机辅助设计被列为中国石油化工集团公司科技进步规划中的攻关项目。

而搅拌轴设计是搅拌反应釜设计中的一个主要部分, 由于搅拌轴在大多数工况下处于多支点的超静定状态, 搅拌轴设计过程较为繁琐复杂的。因此实现搅拌轴 CAD 对缩短搅拌反应釜整个设计周期, 提高设计效率、减轻设计人员的劳动强度及保证设计质量十分重要<sup>[1~3]</sup>。目前可用于搅拌反应釜 CAD 的程序有化工部设备设计技术中心站发行的《过程设备强度计算软件包 SW6-98》(以下简称“SW6-98”软件), 它是一基于 Windows 平台的纯粹过程设备强度计算的软件, 不具备绘图功能; 中国石油化工集团公司设备设计技术中心站发行的《石油化工静设备计算机辅助设计软件包 VCAD 3.0》(1997 年), 它是基于 Windows 操作系统与 AutoCAD 的软件, 采用集中计算、集中绘图的方式; 其设计依据均为 CD130A5-85《带搅拌设备设计技术规定》(87 版)。

这些程序或软件的应用, 对搅拌反应釜正确高效的设计发挥了较大的作用, 同时, 这些程序或软件主要存在着以下不足: ①用户界面欠友好, 程序缺乏自动选取参数的能力, 程序输入参数多; ②人为地近似设定设计计算中的主要修正系数, 使得计算过程及结果粗糙; ③容错性较差, 不具备清楚明了的出错提示。

本文首先对“搅拌反应釜智能 CAD 软件—VMID”子系统的搅拌轴智能 CAD 设计分析的结构与功能、特点、使用场合、计算运行说明等作了介绍, 给出一个算例并进行分析, 最后对 VMID 作了简介。

### 1 搅拌轴智能 CAD 系统及其研制

#### 1.1 软件结构与功能

搅拌轴智能 CAD 设计分析系统的软件结构与功能, 如图 1 所示; 整个“轴设计分析系统”分为设计及校核两条支线, 一般应先设计后校核, 也可单独设计或校核; ①能求出满足扭转变形、强度、临界转速及径向位移要求的搅拌轴径; ②按已知搅拌轴径进行扭转变形、强度、轴的临界转速及轴封

收稿日期: 2003-10-16

基金资助: 中国石油化工集团公司科技开发项目 (395008)

作者简介: 马正华 (1962-), 男, 江苏昆山人, 副教授。

处径向位移的校核计算；③可以计算在设计轴径下：ⅰ控制轴段处的扭转角；ⅱ剪切应力；ⅲ轴上任意处的径向位移（包括轴封处的位移、悬臂轴末端的最大位移及各搅拌器处的最大位移）；ⅳ临界转速；④根据需要，可以任意调整、修改原始输入参数，反复进行设计或校核，以便进行设计方案的选优。

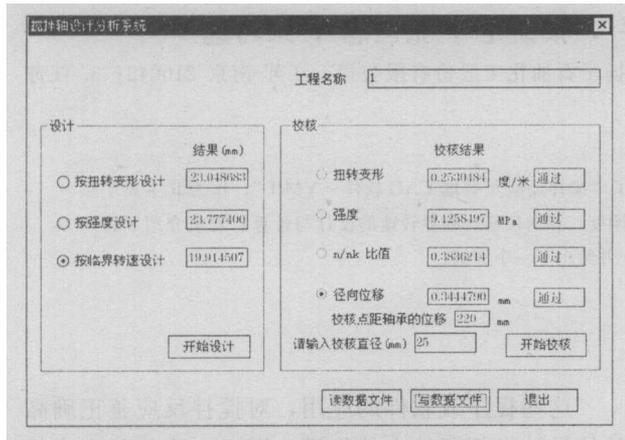


图1 搅拌轴智能CAD设计分析系统

## 1.2 软件特点

(1) 系统的智能自动化和用户自我扩展性相结合。本系统尽量提高了设计的自动化程度，但又保持用户设计的自主性和可扩展性，体现设计者的个性和风格；

(2) 采用 VC++6.0 For Windows 编程及面向对象技术；界面十分友善，具有当代流行软件的窗口设计和图标按钮设计；大量采用了下拉式菜单，使得用户界面数目较少；各种突出式按钮，数据输入采用缺省值和多选项，使用户输入十分方便；将输入参数降至最少，输入参数具有继承、传递性，可自动保存或读取，不必重新输入；继承了 Windows 环境的优秀操作特点，给人以熟悉感和亲切感；

(3) 设计计算说明书采用 (.html) 超文本输出文档，记录了已知输入条件、计算及校核结果、设计计算时间等信息；计算参数及设计结果可自动保存为文件，为下一次相近设计减轻重复工作；

(4) 设计计算中各种修正系数的选择、计算，均是各种实际工况由软件自动进行精确选取，而不是人为地粗略事先给定，从而使得计算过程及结果比国内现有同类软件更加精确、可靠。这一点为国内同类软件或程序所无法达到的。这些主要参数是：①流体径向力系数  $K_1$ ；②搅拌器附加质量

系数  $\gamma_n$ ；③单跨轴支点夹持系数  $K_2$ ；④轴封处允许径向位移系数  $K_3$ ；

(5) 采用数据库技术，使得程序与数据相对独立，这不仅提高了程序的运行可靠性，同时也为适应规范、标准的修改及软件版本升级创造了条件。数据库易追加/扩充/修改，标准、软件版本升级容易；

(6) 清楚明了的出错提示为用户参数选择提供了极大的方便，容错性好；计算过程透明度高。

## 1.3 适用场合

本软件适合于《机械搅拌设备》—HG/T 20569—94 标准总则中涉及的各种搅拌容器的搅拌轴，但限制搅拌轴最多可带 8 个搅拌器。具体为：①具有双支点力学模型的悬臂轴（无底轴承）或单跨轴（有底轴承）的任意搅拌轴；②实心或空心搅拌轴；③刚性或柔性搅拌轴；④单层或具有不同浆叶型式直径、倾角的多层搅拌器搅拌轴；⑤两轴承型式可采用滑动轴承或滚动轴承；⑥轴封型式可以是机械密封或填料密封，也可以是敞口的搅拌设备。

## 1.4 搅拌轴设计计算运行说明

在“搅拌反应釜智能 CAD 软件—VMID”总界面（图 1）的“搅拌反应釜设计”主菜单下，找到“工程计算”下的“搅拌轴计算”按钮，点击后即进入前界面“搅拌轴设计分析系统”（图 2）。

(1) 对于新计算项目，则须填入工程名称；对于计算已有的项目，可点击“读数据文件”，选取相应的盘符及数据文件名，打开文件后，即可将原有的数据读取；

(2) 进行“设计”支线时，分别选中“按扭转变形设计”、“按强度设计”、“按临界转速设计”，点击“开始设计”后，即进入各自的分界面专项设计（略），设计计算结果将自动返回填入相应的显示框中（图 2）；

(3) 进行“校核”支线时，应先输入“校核直径”，然后分别选中“扭转变形”、“强度”、“ $n/n_k$  比值”及“径向位移”按钮后，单击“开始校核”，即进入各自的分界面专项校核，校核计算结果及合格信息自动返回各自的显示框中（图 2）；

(4) 若想保存上述整个工程的设计校核数据/信息，可按下“写数据文件”，选择相应的盘符及文件名进行保存，以备下一次修正用或供具有类似

数据的工程用, 这样可以节省输入数据的时间;

(5) 按下“退出”按钮, 即可返回主菜单。

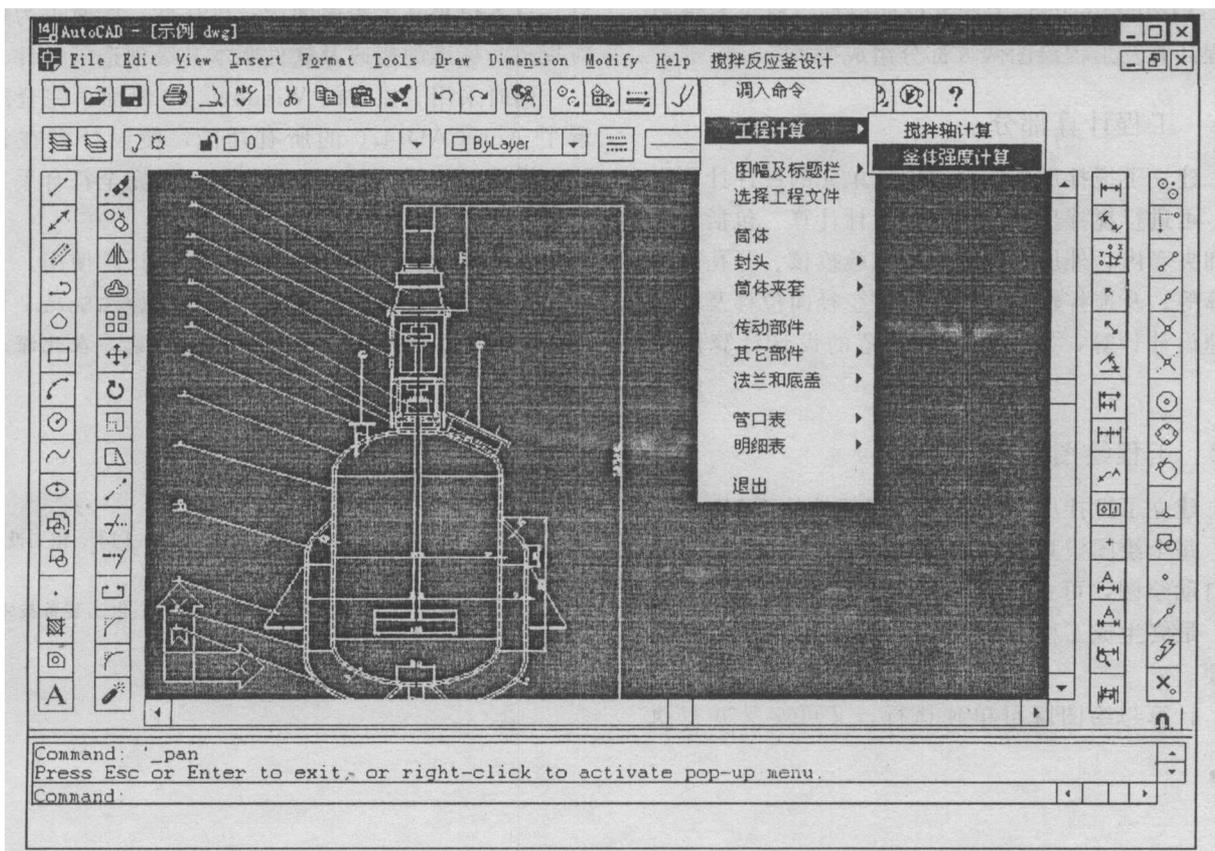


图2 搅拌反应釜智能 CAD 软件—VMID 总界面

## 2 实例计算

已对数个不同类型的反应釜搅拌轴进行设计或分析, 计算结果得到设计部门认可, 满足工程设计之要求, 现介绍其一。

某反应釜搅拌轴为悬臂实心刚性轴, 两轴承间距  $a=500$  mm, 轴封离轴承距离  $L_0=220$  mm, 搅拌器离轴承距离  $L_1=1\ 000$  mm。电机功率  $P_N=0.12$  kW, 轴转速  $n=81$  r/min, 设备内压  $p=-0.1$  MPa, 轴材料为 0Cr18Ni10T; 为填料密封, 搅拌介质为液—液; 带有一斜叶开启蜗轮式搅拌器, 质量  $W=1.06$  kg, 搅拌器直径  $D_j=150$  mm, 叶片倾角  $\theta_1=45^\circ$ , 叶片宽度  $h=46$  mm; 轴封处许用径向位移  $[\delta]=0.3$  mm, 试设计校核该搅拌轴直径。表 1 给出了本软件的运行结果, 并与“SW6—98”软件的运行结果作了对比。

计算分析:

本软件及“SW6—98”软件均采用了《机械搅拌设备》HG/T20569—94 为计算模型, 所得轴直径基本相近, 其结果差异主要是由于“SW6—98”软件计算时人为地将复杂的流体径向力系数  $K_1$  计

算预先简化为一定值输入而造成的, 但实际上,  $K_1=K'_1 * K_{1a} * K_{1b} * K_{1c} * K_{1i}$ , 它们是: 基本流体径向力系数  $K'_1$ , 物料粘度修正系数  $K_{1a}$ , 平直挡板数修正系数  $K_{1b}$ , 搅拌器偏安装修正系数  $K_{1c}$ , 内件修正系数  $K_{1i}$ ; 这 5 个修正系数必须由搅拌器的结构形式、挡板及内件情况、介质粘度等众多因素决定; 而本软件计算时, 考虑了这一情况, 由计算机根据给出的已知条件分别自动确定每个修订系数, 从而计算出精确的  $K_1$  值, 使得轴直径计算结果更为合理可靠。

表 1 搅拌轴直径计算结果 mm

计算项目	本软件	“SW6—98”软件
按扭转变形设计的轴径 $d_1$	23.048	23.3
按强度设计的轴径 $d_2$	23.777	22.7
按临界转速设计轴径 $d_3$	19.910	21.6
取轴直径 $d=25$ , 按轴封处许用径向位移 校核	合格	合格

## 3 智能 CAD 软件—VMID 简介

搅拌反应釜智能 CAD 软件—VMID (Vertical Mixer Intelligence Design) 系中石化集团公司科技研究开发项目, 它是在分析现有国内外软件技术的

基础上,以国家最新行业标准《机械搅拌设备》(HG/T20569-94)为计算设计模型。整个系统由工程计算及工程绘图两大部分组成。

### 3.1 工程计算部分

建立了搅拌反应釜各零部件单元的设计计算模型,可进行搅拌反应釜的强度设计计算,包括:釜体和夹套内、外压计算、压力试验校核、开孔补强计算等;及搅拌轴的强度、刚度、径向位移及临界转速设计计算,并自动生成规范的设计计算说明书。

### 3.2 工程绘图部分

建立了搅拌反应釜各结构零部件的CAD图形库,每个绘图模块对应一个ADS函数,使每个部件自动绘图,可进行搅拌反应釜的总体施工图绘制,最终生成工程图纸,并可打印输出,用户使用方便。

计算与绘图既可单独执行,又可交叉并行执

行;采用了数据库技术,使得程序与数据相对独立,这不仅提高了程序的运行可靠性,同时也为适应规范、标准的修改及软件版本升级创造了条件。

同时采用了流行的Windows 98界面,完全继承了AutoCAD14.0的所有功能,使设计者在计算、设计、绘图过程中方便自如,且完全符合手工设计的习惯。

本软件已在几家专业石油化工设计院使用。

致谢:金陵石油化工设计院陈喻、沈晓延2位高工对本文工作提供了有关资料和意见,在此深表谢意。

### 参考文献:

- [1] 吴无恙,王裕刚,竺基梅. 搅拌轴强度计算[J]. 化工设备设计, 1984, (1): 15-24.
- [2] 张一宁. 刚性轴与轴封设计的探讨[J]. 化工装备技术, 1995, 16 (5): 18-22.
- [3] HG/T 20569-94, 机械搅拌设备[S].

## Development of Intelligent CAD System for Stirrer-Shaft of Mixer

MA Zheng-hua<sup>1</sup>, ZHOU Tian-tong<sup>1</sup>, YOU Hou-ping<sup>2</sup>, SHEN Hui-ping<sup>3</sup>, ZHANG Suo-long<sup>3</sup>, ZHANG Guo-zhong<sup>3</sup>, SONG Qiao-lian<sup>4</sup>

(1. Department of Computer Science and Technology, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China; 2. Yangzi Petrochemical Co., Ltd., Nanjing 210048, China; 3. Jiangsu Polytechnic University, 4. Changzhou College of Information Technology, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** Intelligent CAD software system for stirrer-shaft mixer is developed based on the Windows 98 and AUTOCAD R14 using VC++6.0 programming language. As one of the sub-programs, intelligent CAD system for stirrer-shaft of mixer can both design and calculate strength, stiffness, radial displacement and critical rotation speed of the stirrer-shaft. This paper describes the structure, function and features of the sub-program CAD system. An example is given.

**Key words:** intelligent CAD; mixer design; stirrer-shaft design; software