

# AutoCAD 环境下离心泵性能预测软件的开发

何志霞<sup>1</sup>, 袁建平<sup>2</sup>, 朱荣生<sup>2</sup>, 李德桃<sup>1</sup>

(1. 江苏大学能源与动力工程学院) (2. 江苏大学流体机械工程技术研究中心)

**摘要:** 对AutoCAD图形系统进行了二次开发, 将AutoCAD绘图资源和Windows编程风格进行了完美的结合, 开发出了离心泵性能预测软件, 简要介绍了该离心泵性能预测软件在实现过程中的特点和软件所具备的功能, 深入阐述了离心泵性能预测的实现原理及性能曲线的绘制过程。

**关键词:** AutoCAD开发环境, 离心泵, 性能预测, 无量纲特性曲线, 性能曲线

**文献标识码:** A **文章编号:** 1005-6254(2002)04-0014-04

TH31

## 1 前言

目前计算机辅助设计在泵行业中的应用越来越广泛, 从早先将其应用于水力设计、结构设计、强度计算一直发展到今天, 将其逐渐也应用于泵的选型、泵的性能预测。本文中提到的性能预测并不同于一般意义上的性能预测, 即不是通过对泵的各种结构参数的具体分析, 去推出其性能参数方程, 而是在只是给定了设计点流量 $Q$ 、扬程 $H$ 和转速 $n$ 的情况下如何用计算机去预测并绘出运行于该设计点处的一般泵的性能曲线这一角度去考虑。所以, 此处的性能预测实质上是指在给定设计点的 $Q$ 、 $H$ 、 $n$ 后, 作出其性能曲线的过程。通过此法预测、并在AutoCAD系统下做

出的性能曲线可以基本反映该种泵的性能特点。同时, 使用该软件将会非常有助于泵生产厂家标书的制作、并对各厂新产品的开发具有一定的指导意义。

## 2 支撑软件及开发工具

由于AutoCAD系统本身具备很强的开放性, 所以本软件是以AutoCAD图形系统作为支撑软件、开发平台, 从而对其进行二次开发的结果。最终选用了ObjectARX3.0(由Autodesk公司随AutoCAD2000一起推出的功能强大的最新的AutoCAD二次开发工具)作为基本开发工具, 以面向对象的C++作为基本开发语言, 在Visual C++6.0编程环境中开发出了拥有美观、友好用户

\*\*\*\*\*  
155kW的低压电动机, 配用于20SLA-22型立式离心泵, 运转时振动较大, 结果拆开电动机与传动轴的联轴器, 而让电动机空载运转, 发现也有振动现象; 有的立式泵加工精度不够, 即使水泵已完全校平, 上下两轴承孔也不同心; 有的本身存在传动轴与泵轴不直度以及泵联轴器与传动轴联轴器的端面与其轴线的不垂直度超差; 还有蜗壳式立式混流泵, 其叶轮因铸造质量缺陷, 叶片面不是流线型而有严重的折弯……这些产品质量上的缺陷而带来的振动, 不是安装技术所能解决的问题。

求, 要有严格的检查验收手续。泵轴吊装、安放和搁支过程中, 要防止碰撞, 支点要适中, 以防泵轴引起挠曲变形。传动轴较长的机组, 安装前泵轴轴线要进行严格的测试校正, 以保证在一定的精度范围内投入安装等。

## 4 结语

总之, 中小型立式泵机组安装时, 一定要做到: 泵房结构设计合理, 机电产品符合质量要求, 安装对中精度达标。另外, 传动装置中所用的轴承, 大多采用单列向心球轴承或双列调心球轴承, 这些轴承虽允许轴线偏角, 但必须在规定范围内。

为此, 新建或设备更新的泵站, 一定要选择名优新产品, 最好采用竞标方式, 以保证质量要

第一作者简介: 何志霞 (1976.10-), 女, 江苏大学能源与动力工程学院 硕士; 江苏省镇江市 (邮编: 212013)。

界面的离心泵性能预测软件。

该软件建立于AutoCAD平台上,可以方便地借用AutoCAD图形系统的现有绘图资源,充分地使用其特有的功能,从而缩短了软件开发周期,降低了软件开发成本,对所预测的性能曲线可方便地输出、轻松地随时根据需要加以修正。同时, ObjectARX应用程序开发的工程CAD软件模块性好、独立性强、连接简单、使用方便,更重要的是它支持MFC(Microsoft Foundation Classes)基本类库,而软件的全部操作也都采用了Windows风格的中文菜单进行,所以又不失Windows的编程风格,从而将ARX应用程序和MFC类库进行了完美结合,于是在美观、友好的用户界面中实现了泵的性能预测,使其在简单、明了的操作中完成强大的功能。

该软件中所需存储的数据都存入了Access数据库中,在ObjectARX应用程序中,使用MFC DAO类实现了对该数据库中数据的存入和调用。

### 3 泵的性能预测软件在实现过程中的特点及其总体结构

长期以来对泵的性能曲线的绘制均是基于由试验得到离散点,采用最小二乘法,建立一定的数学模型来拟合出 $H-Q$ 、 $P-Q$ 和 $\eta-Q$ 曲线的二次、三次函数方程或是根据对泵的各种结构参数的具体分析,来推出其函数方程,然后再借助于该函数去绘制性能曲线。而本软件则直接借用了AutoCAD图形系统中其丰富的绘图资源之一:

“Spline”命令语句来完成泵的性能曲线的预测及绘出。熟悉AutoCAD的读者应该很清楚,“Spline”命令语句对画曲线是非常方便的,同时其绘出的光滑曲线为样条曲线,其拟合数据点决定了图形的控制点,控制点含有曲线信息,所获得的曲线是真正的样条曲线,即NURBS曲线。它不象样条拟合曲线是靠逼近方法产生,和样条拟合相比,样条有更高的精度,占用的内存和磁盘空间更少,故在AutoCAD下就可省去了繁琐的函数方程的求取过程,而直接用若干离散点数据,充分利用该“Spline”命令画曲线的完善功能,相当准确而又简洁、明了、快速地获得泵的性能曲线。

该软件的实现包含了两部分:(1)进行性能预测的前期准备工作,即对大量已有的水力模型进行汇总后,在AutoCAD环境下,首先确定出各种比转速泵的相对较为准确的无量纲特性曲线,

将各曲线数据点数据存入数据库中;(2)根据输入的实际性能参数数据,调用第一部分中所存入数据库中相应的无量纲特性曲线数据,计算出其实际的有量纲特性曲线的离散点数据,在AutoCAD2000屏幕下做出性能曲线。其总体结构如图1所示:

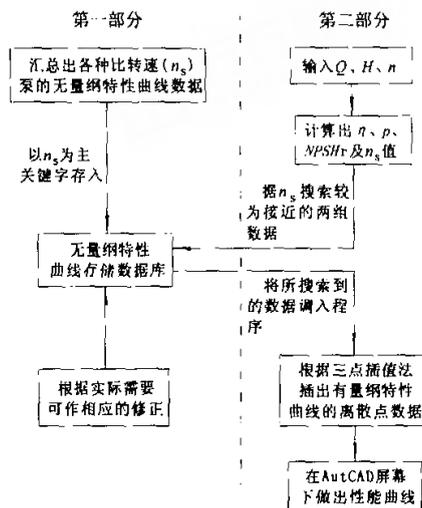


图1 性能预测软件总体结构框图

### 4 性能预测的具体实现

#### 4.1 在AutoCAD环境下确定泵的无量纲特性曲线

对同一比转速 $n_s$ 的不同泵,其性能曲线大致形状是相同的,即当把它们由有因次特性曲线改为无因次特性曲线时,理论上讲此时的曲线形状应完全一样,所以我们首先对水力模型进行了汇总,之后就可在AutoCAD环境下,首先确定出各种比转速的泵的比较准确的无量纲特性曲线。其作法如下<sup>[1]</sup>:

以设计工况点的参数 $Q_N$ 、 $H_N$ 、 $P_N$ 、 $\eta_N$ 为100%,非设计工况点的参数与设计工况点的参数之比为 $Q'$ 、 $H'$ 、 $P'$ 、 $\eta'$ ,即:

$$Q' = Q / Q_N \times 100\%;$$

$$H' = H / H_N \times 100\%;$$

$$P' = P / P_N \times 100\%;$$

$$\eta' = \eta / \eta_N \times 100\%。$$

以 $Q'$ 为横坐标, $H'$ 、 $P'$ 、 $\eta'$ 为纵坐标,绘出 $H'-Q'$ 、 $P'-Q'$ 、 $\eta'-Q'$ 的关系曲线,即为无因次特性曲线。

现以 $n_s=50$ 的泵为例,说明如何由水力模型

试验数据来准确地获得其无量纲特性曲线。

现有三台泵：泵1、泵2、泵3，其比转速 $n_s$ 均为50。

经试验所得数据：

$Q_m$ 、 $H_m$ 、 $P_m$ 、 $\eta_m$  为一系列工况点的参数；

$Q_N$ 、 $H_N$ 、 $P_N$ 、 $\eta_N$  为设计工况点的参数；

其中下标 $n$  —— 所取的不同数据点，此处取  
 $n=0, 1, 2, \dots, 13$ ；

下标 $i$  —— 3台不同的泵，即 $i=1, 2, 3$ ；

下标 $N$  —— 该参数为设计工况点的参数。

$$Q'_m = Q_m / Q_N \times 100\%;$$

$$H'_m = H_m / H_N \times 100\%;$$

$$P'_m = P_m / P_N \times 100\%;$$

$$\eta'_{in} = \eta_{in} / \eta_{iN} \times 100\%; \quad (n=1, 2, \dots, 13).$$

以扬程、流量无量纲特性曲线为例：

对第一台泵而言，由13个点以及设计工况点的试验数据经过上述计算，就可求得 $Q'_{in}$ 、 $H'_{in}$  ( $n=1, 2, \dots, 13$ )。然后以 $Q'_{in}$ 为横坐标，以 $H'_{in}$ 为纵坐标，在AutoCAD下用“Spline”命令就可绘出 $H'_1-Q'_1$ 曲线。同理，对第二、三台泵也可作出 $H'_2-Q'_2$ 、 $H'_3-Q'_3$ 曲线。由于试验误差，三台 $n_s=50$ 的泵的扬程、流量无量纲特性曲线不会完全重合，如图2上图所示，图中1、2、3三条曲线分别为泵1、泵2、泵3的无量纲特性曲线。

分别取 $Q'_0=0$ ， $Q'_1=10$ ， $Q'_2=20$ ， $\dots$ ， $Q'_{13}=130$ ，在AutoCAD下可方便的用点捕捉方式得到与 $Q'_n$ 相对应的 $H'_{1n}$ 、 $H'_{2n}$ 、 $H'_{3n}$  ( $n=0, 1, 2, \dots, 13$ )值，此时

$$H'_n = \frac{H'_{1n} + H'_{2n} + H'_{3n}}{3} \quad (n=0, 1, 2, \dots, 13)$$

再以 $Q'_n$ 为横坐标， $H'_n$ 为纵坐标 ( $n=0, 1, 2, \dots, 13$ )，用“Spline”命令<sup>[16]</sup>画出 $H'-Q'$ 曲线。Spline命令所画样条曲线能够使用Spline-Edit命令或使用控制点容易的加以编辑，且曲线的定义被保持。正是由于它这一特点的存在，于是可对 $H'-Q'$ 曲线局部不光滑、不满意之处做轻微调整，使其光滑，最终获得 $n_s=50$ 的较为准确的 $H-Q$ 无量纲特性曲线，如图2下图所示。同理，也可获得 $P-Q$ 、 $\eta-Q$ 无量纲特性曲线。用同样的方法就可得到各种比转速的无量纲特性曲线。

总之，搜集大量的水力模型的试验数据，运用上述方法就可准确求得各种比转速的无量纲特性曲线，其数据点的横、纵坐标值均可存入数据库，从而以供绘制实际性能曲线之用。

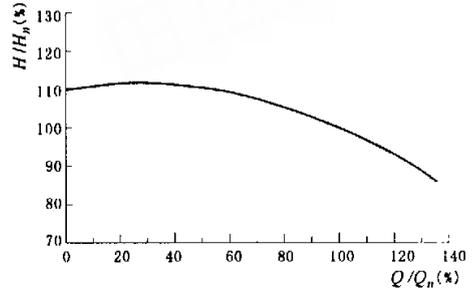
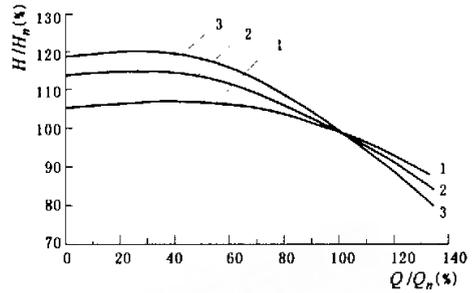


图2  $n_s=50$ 的泵的无量纲特性曲线

#### 4. 2 AutoCAD环境下性能曲线的绘制

对于任给的一组设计点参数 $Q$ 、 $H$ 、 $n$ ，均可首先计算其比转速 $n_s$ ：

$$n_s = \frac{3.65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

根据比转速 $n_s$ 值来决定调用数据库中距该 $n_s$ 临近的三个值，不妨设为 $n_{s1}$ 、 $n_{s2}$ 、 $n_{s3}$ 三个值所对应的无量纲特性曲线的数据，采用拉格朗日三点插值的方法来计算出该 $n_s$ 值对应的无量纲特性曲线的数据：

$$Q'_n, H'_n, P'_n, \eta'_n \quad (n=0, 1, 2, \dots, 13)$$

根据实际设计流量、扬程、功率、效率依此再计算出各曲线的实际对应数据点数据。即

$$Q_n = Q_N \times Q'_n;$$

$$H_n = H_N \times H'_n;$$

$$P_n = P_N \times P'_n;$$

$$\eta_n = \eta_N \times \eta'_n; \quad (n=0, 1, 2, \dots, 13).$$

最后，在AutoCAD下，用“Spline”命令就可分别以点 $(Q_n, H_n)$ 作出 $H-Q$ 曲线，以点 $(Q_n, P_n)$ 作出 $P-Q$ 曲线，以点 $(Q_n, \eta_n)$ 作出 $\eta-Q$ 曲线，此时可以说是完成了性能预测。

另外，值得一提的是在实际的性能预测过程中，往往只是取出三组无量纲特性曲线的数据，即 $Q'_n$ 、 $H'_n$ 、 $P'_n$ 或 $Q'_n$ 、 $H'_n$ 、 $\eta'_n$ 求得相应的实际对应数据点数据 $Q_n$ 、 $H_n$ 、 $P_n$ 或者 $Q_n$ 、 $H_n$ 、 $\eta_n$ ，

然后再根据下式:

$$\eta_n = \frac{\rho g Q_n H_n}{1000 P_n} \text{ kW} \quad \text{或}$$

$$P_n = \frac{\rho g Q_n H_n}{1000 \eta_n} \text{ kW}$$

求出另外一基本性能参数  $\eta_n$  或  $P_n$ 。

## 5 性能预测软件的附加功能

通过上面的阐述,知道该曲线和实际一般离心泵的试验曲线是极为接近的。一旦和试验有出入,在AutoCAD下也可方便地进行修改,使其更接近实际情况或满足实际要求。另外,由于 $Q$ 、 $H$ 、 $P$ 、 $\eta$ 四参数间存在一定的关系,以致三条曲线之间存在一定的互动性,当任两条曲线变动时,第三条一定会随之变动。故本软件在对曲线作出一定的修改时,考虑到了这一现象,使软件自身能对输出作出一定的调整来满足 $Q$ 、 $H$ 、 $P$ 、 $\eta$ 四参数间所存在的关系,以使在修改了两条曲线后,第三条曲线随之也会发生相应的变动。本软件主要容纳了以下五种附加功能:

(1) 在AutoCAD屏幕上可通过直接拖动曲线的控制点来修改曲线形状,同时将修改后的曲线数据点数据反馈回表格数据,表格数据会同时做出相应的更改;

(2) 可通过修改性能曲线各个数据点的具体性能参数数据,也就是修改表格数据来修改曲

线,使曲线随表格数据的变化而变化;

(3) 通过上两种方式修改过的曲线如不光滑时,还可进行光滑性拟合,使其光滑;

(4) 用该软件预测出了该台泵的性能曲线后,可进一步预测出其进行叶轮切割和变速的情况,即绘出该泵的叶轮切割曲线及变速曲线图,并提供相关的切割或变速信息;

(5) 如果一种泵存在试验数据,该软件可完全遵循该试验数据来做出性能曲线。

## 6 结束语

计算机发展到今天,各种开发工具、开发语言、开发手段如雨后春笋般的涌现出来,我们水泵CAD软件也应该不只局限于单一、传统的开发方式,而应该能综合考虑,勇于尝试各种新技术,最终以最优的资源配置来高效、高质的实现我们的既定任务。

### 参考文献

- 1 关醒凡. 现代泵技术手册. 北京:宇航出版社,1995
- 2 何志霞. 泵的CAD选型,销售软件系统的开发与研究. [硕士学位论文],江苏大学,2000.12
- 3 汪思敏,等. AutoCAD2000开发工具—ObjectARX开发工具与应用实例. 北京:人民邮电出版社,1999
- 4 李世国. 轻工机械CAD. 北京:中国轻工业出版社,1993

## Development of Software of Prediction of Centrifugal Pump Performance under AutoCAD Environment

HE Zhi-xia , LI De-tao

(School of Energy Resources and Power Engineering , Jiangsu University )

YUAN Jian-ping , ZHU Rong-sheng

(Center of Fluid Machinery and Technology, Jiangsu University )

**Abstract:** The software of prediction of centrifugal pump performance that is the result of second development of the AutoCAD drawing system is developed with ideal combination of AutoCAD drawing resources and Windows programming style .In this article, the characteristics of the software of prediction of centrifugal pump performance in realization progress and the function of the software are introduced simply. At the same time, the realization theory and drawing progress of the prediction of centrifugal pump performance is elaborated deeply.

**Key words:** AutoCAD development environment, Centrifugal pump, Prediction of performance, Dimensionless characteristics, Characteristics of performance