

文章编号 :1009 - 038X(2000)03 - 0304 - 04

通用实验数据图线生成程序设计*

黄 强

(重庆工学院 重庆 400050)

摘 要 : 阐述了一个将实验数据生成二维图线的辅助工具软件. 对其开发工具、功能结构及其应用进行了分析, 给出了一个处理车刀热变形实验数据的实例.

关键词 : 实验数据 ; 面向对象程序设计(OOP) ; 最小二乘法 ; 拟合

中图分类号 : TP317.4 **文献标识码 :** A

General Program Design for the Generation of Graphic Lines of Experimental Data

HUANG Qiang

(Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050)

Abstract : This paper expounds an assistant tool software which can turn experimental data into two-dimensional graphic lines. Its developing tools, functional structures and applications were analysed. The paper gives an instance that the software deals with the experimental data from lathe tool thermal distortion.

Key words : experiment data ; object-oriented programming(OOP) ; least square ; adapting

1 设计出发点及开发工具的选择

在科研、产品质量控制等很多场合, 将测量数据绘制成图线是常见和必要的. 用图线表示测量数据不仅直观, 而且便于发现数据的规律和进行比较分析. 而这项工作常常由手工完成, 既费时费力, 准确性也不高. 作者编制一个较为通用的实验数据图线生成程序, 利用计算机高速、准确的特性, 完成测量数据的图线化工作, 并打印输出, 从而提高工作效率和准确程度.

开发工具的选择主要从两个方面考虑: 一是先进的程序设计思想, 二是开发工具本身的特点能使

本系统的功能得到很好的发挥. 另外, 编程难易程度及编程工作量大小也应在考虑之列. 面向对象程序设计(OOP) 优于结构化程序设计, 更符合对现实世界模型自然描述和表达的思想方法, 并吸收了结构化设计中的精华, 具有系统可靠性高、编程工作量少和编程简化等优点. 随着 OOP 的流行和普及, 绝大多数软件开发工具也逐渐具有支持 OOP 的功能. 本系统采用 VB 编程, 首先它得到当前主要操作系统 Windows 9X/NT 的完美支持, 且功能十分强大; 其次, 它能够满足本项目需要, 且编辑工作量大、编程周期短; 另外, VB 入门容易, 便于使用单位根据实际需要进行改装或功能扩充.

* 收稿日期: 1999-10-10; 修订日期: 2000-03-09.

作者简介: 黄强(1966年1月生), 男, 重庆人, 工程硕士, 讲师.

2 系统结构及主要功能

系统结构图如图 1 所示.

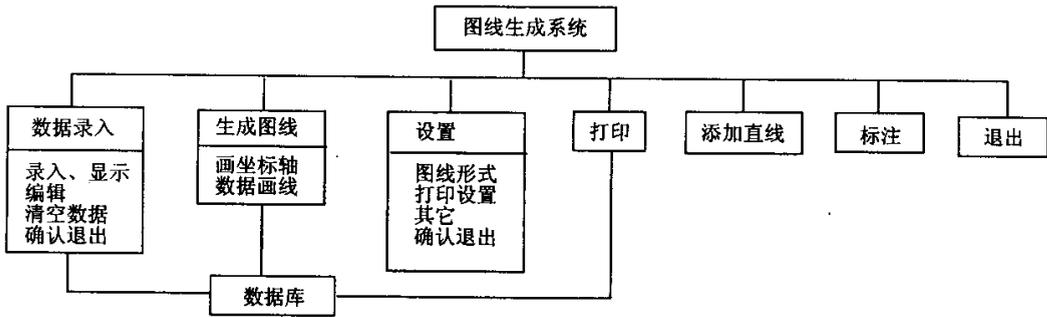


图 1 系统结构示意图

Fig.1 Sketch map of the system structure

2.1 数据录入

数据录入与维护窗体如图 2 所示.



图 2 数据输入与维护窗体

Fig.2 Forms of data input and maintenance

通过一个专门的数据录入与维护窗体将数据逐一输入、显示,进行编辑修改后存入一个“Access”数据库.使用数据库存储数据有两个理由:

- (1) 防止数据意外丢失(如掉电、操作失误等).
- (2) 便于编辑、显示并简化编程.VB 提供的

“DBgrid”与“Data”的控件合用为数据的显示、编辑提供了强大的交互操作手段.

2.2 图线生成

将输入的数据按设置生成规定图线,包括坐标轴生成和图线生成两部分.坐标轴生成先根据实际数据判断查找数据边界,再对比绘图区大小自动确定原点位置、所需绘图象限、坐标轴单位.绘制图线部分将数据按要求绘制成所需实验图线,其难点是拟合问题.本系统提供了点图、折线图、直线拟合和曲线拟合四种图线形式,只有后两者涉及拟合.之

所以采用数据拟合方式,是因为它只要求曲线能反映数据总的基本趋势,这在一定条件下比插值法更能反映客观现实.实验数据的误差往往是难免的,数据合法法是从总偏差量最小的角度求近似曲线,有多次测量取平均值的作用,另外,它对总结数据的经验也有帮助.

下面对最小二乘拟合算法及拟合精度作简要叙述.

设有一组数据 $(X_i, Y_i) i = 1, 2, 3, \dots, m$, 求 $j(j = 1, 2, 3, \dots, n, n < m)$ 以构成代数多项式:

$$P(x) = \sum_{j=0}^n a_j x^j = a_0 + a_1 x + \dots + a_n x^n \quad (1)$$

使量

$$S = \sum_{i=0}^m \frac{1}{m} [P(x_i) - y_i]^2 \quad (2)$$

达到最小,则称 $P(x)$ 为数据 (X_i, Y_i) 的最小二乘拟合多项式, $P(x)$ 是变量 x 和 y 之间函数关系的近似表达式,亦称经验公式或数学模型.要使(2)式的 S 为最小,必有

$$\frac{\partial S}{\partial a_k} = \frac{2}{m} \left\{ \sum_{j=0}^n a_j \sum_{i=1}^m x_i^{j+k} - \sum_{i=0}^m x_i^k y_i \right\} = 0 \quad (3)$$

其中 $k = 0, 1, 2, \dots, n$, 再引入记号:

$$S_l = \sum_{i=1}^m x_i^l \quad t_l = \sum_{i=1}^m x_i^l y_i \quad (4)$$

则(3)式化为方程组

$$\sum_{j=0}^n S_{j+k} a_j = t_k \dots (k = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

由该正规方程组求解出(1)式中的各系数 a_j , 数据 (X_i, Y_i) 的最小二乘拟合多项式 $P(x)$ 就得到了.(5)式决定的系数矩阵是由 $S_0, S_1, S_2, \dots, S_{2n}$ 生成的对称矩阵,因此求数据的最小二乘拟合多项式的

基本步骤是：

第一步 作草图或根据经验确定多项式的次数 n ；

第二步 计算 $S(l = 0, 1, 2, \dots, 2n)$ $t(l = 0, 1, 2, \dots, m)$ ；

第三步 用“克洛特分解法”解方程组(5)得解 $a_j(l = 0, 1, 2, \dots, m)$

第四步 写出多项式 $P(x)$.

实际上,直线拟合只是其中 $n = 1$ 时的特例. 程序中将其单独列出,一方面可以简化计算和作图,即设数据的最佳经验公式为 $y = a + bx$,由最小二乘法可以得：

$$a = \frac{\sum x_i y_i \sum x_i - \sum y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - m \sum x_i^2}$$

$$b = \frac{\sum x_i \sum y_i - m \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - m \sum x_i^2}$$

求出 a, b ,就可以由经验公式画出直线而不涉及作图步长问题了. 另外,定义相关系数：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}$$

可以证明 r 值在 $0 < r < 1$ 之间, r 值越接近 1,说明实验数据越密集分布在拟合直线的附近,拟合越精确. 同时说明了实验数据的线性程度.

对于二次及以上曲线的拟合误差,本程序中使用较为简单的平均相对误差百分比 E 取代算法复杂的全相关系数加以评定：

$$E = \frac{\sum_{i=1}^m \sqrt{\frac{[y_i - P(x_i)]^2}{y_i^2}}}{m}$$

即以此衡量拟合曲线在型值点处平均偏离实验数据的程度. 具体 E 在什么范围内为有效,应视具体应用场合而定.

乘下的就是用“Pset”方法置色;“Line”方法画线的问题了,另外,利用“Cls”图形方法,就可以使系统具有单图线生成和多图线(同性质)叠加两种功能,即用“Cls”清除已绘图形及文本,再清除已有数据,新输入新数据得下一条图线;只清除已有数据,不擦除图形就重新输入新数据再次生成图线,则得到两条图线的叠加图形显示,可用于同性质实验曲线的比较分析,如机床部件下同位置的热变形比较,车刀在不同条件下的热变形曲线等.

2.3 设置、添加直线标注、打印输出

设置窗体如图 3 所示. 添加直线主要用于在绘

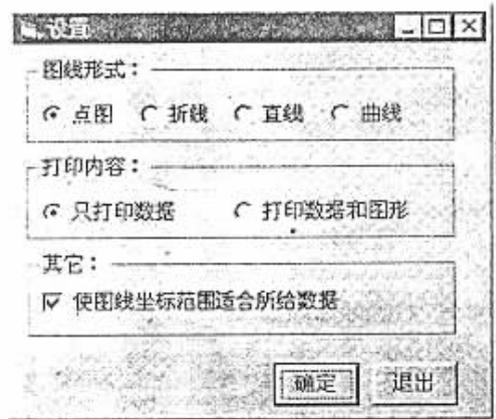


图 3 设置窗体

Fig. 3 Setup forms

图区中画少量辅助线,如在工件尺寸质量管理控制图中加上 ES、EI 控制线等.

标注对话框如图 4 所示,可以在绘图区内进行简单的文本标注,如图线名称、坐标轴含义等,结合添加的辅助线,可使生成的图像更加清楚、明了.

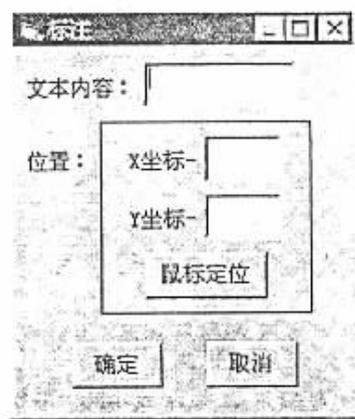


图 4 标注窗体

Fig. 4 Label forms

最后,将实验数据、实验图线、相关系数(或平均相对误差百分比)按设置打印输出.

3 应用实例

在既定加工条件下,分析车刀热变形对加工误差的影响,测得所需数据后,用本系统生成实验数据图. 其步骤及结果如下：

1) 进入系统,按下“数据输入”按钮进入数据输入窗体,逐一输入数据并进行查错修改,确认无误后退出.

2) 进入“设置”窗体,选择图线形式、打印内容等选项,确认退出.

3) 按“生成图线”命令键,弹出“是否绘制新的坐标轴?”对话框,选“是”,得“车刀连续工作时的热变形”实验曲线图.

4) 添加标注. 按“标注”按钮弹出标注窗体, 先输入标注文本, 再用鼠标点击定位.

5) 打印输出.

6) 清空数据, 重复上述步骤(输入第二组数据), 生成“车刀冷却曲线”(步骤3选“否”).

7) 重复步骤(“设置”为折线图), 叠加“车刀间断工作时热变形折线图”. 三图叠加后的结果如图5所示.

4 结 语

本系统能将实验数据快捷、准确地生成二维图线, 节约了人力和时间, 提高了工作准确性, 不失为一个实用的辅助工具. 程序结构清晰明了, 操作简单, 使用的VB编程比较容易掌握, 便于进一步功能扩充或改装. 由于其数据管理部分与图线生成、数据打印部分相对独立, 只由数据库联系, 因此, 可将它稍作改进后作为一个功能子系统附着于其它系统

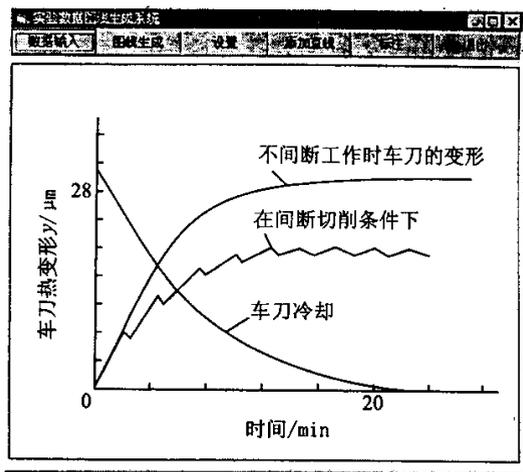


图5 车刀热变形实验数据图线

Fig.5 Graph of experiment data of lathe thermal distortion

之上, 如自动采集数据后存入数据库, 需要时用它进行数据图线化处理和打印数据等.

参考文献

- [1] 王克己主编. Visual Basic 5.0 中文版用户手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998.
- [2] ALLEN L, WYATT 著. Access 使用成功秘诀[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [3] 曹纓珞, 曹得欣编. 计算方法[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998.
- [4] 张振龙, 陈慧宝, 何毅. 用VB开发机构CAD系统中的设计[J]. 机械设计, 1999(8): 24~27

(责任编辑 朱 明)