

王文博 王 启 编著

实用
机械零件
程序设计
简明手册

北京科学技术出版社

实用机械零件程序 设计简明手册

王文博 王 启 编著

北京科学技术出版社

(京)新登字207号

实用机械零件程序设计简明手册

王文博 王 启 编著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码100035

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京顺义北方印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.875 印张 108千字

1992年8月第一版 1992年3月第一次印刷

印数1—5300册

ISBN7-5304-0958-1/T.197 定价: 3.00元

DW02/14

内 容 简 介

本书介绍常用机械零部件程序设计的编程方法和实用程序。全书共分7章，包括机械零部件程序设计导论、螺纹联接和螺旋传动、带传动和链传动、齿轮传动及蜗杆传动、轴、轴承、圆柱螺旋弹簧等。每章均有程序使用说明及设计实例。

本书依据高校新版《机械设计》教材(1989年版)，并采用先进而简明的方法编制程序。既可作为高等工业学校机械专业的教学用书，也可作为机械工程技术人员的程序设计的工具书。

序

机械零部件计算机辅助设计是随着电子计算机技术迅速发展而得到广泛应用的一种现代机械设计方法，而程序设计则是它的基础。本书旨在阐明通用机械零部件的程序设计法和编程技巧，并提供通用性强的实用程序，以帮助读者尽快熟悉和掌握这种现代机械设计方法。

本书是为渴望掌握现代机械设计方法的机械工程专业的大学生和工程技术人员编写的。目前，通用的《机械设计》教材是以传授传统的设计方法为主，为便于手工设计计算，而采用了大量的数表和线图。因此，对数表和线图的巧妙处理，就成为机械零部件程序设计编程的关键问题之一。通常，采用数表和线图的数组化来处理。但根据作者长期的编程实践，认为采用最小二乘法等进行曲线拟合，使数表和线图公式化，则是上策，这对编程和向计算机输入程序更为简捷方便。所以，本书尽可能采用这种方式。

本书编写，是以1989年出版的新版《机械设计》教材为依据，设计方法先进，资料新颖，并且综合了国内外成功的编写经验和作者数年的探索研究。所提供的程序力求简明，实用、通用性好。

书中所有程序均在IBM-PC/AT微型机上通过。各种零件的设计程序均配有详细框图、符号对照表及程序使用说明，以便于读者理解、学习和掌握。

限于编者的水平，缺点和谬误之处在所难免，竭诚欢迎
同行和读者批评指正。

编著者

1990.12

目 录

第一章	机械零部件程序设计导论	(1)
§1-1	机械零部件程序设计的基本结构.....	(1)
§1-2	数表的程序化.....	(3)
§1-3	数表和线图的公式化.....	(5)
§1-4	计算值的规范化和标准化.....	(11)
第二章	螺纹联接和螺旋传动	(14)
§2-1	螺纹联接.....	(14)
§2-2	螺旋传动.....	(27)
第三章	带传动和链传动	(35)
§3-1	三角带传动.....	(35)
§3-2	齿形带传动.....	(43)
§3-3	套筒滚子链传动.....	(51)
第四章	齿轮传动及蜗杆传动	(59)
§4-1	标准圆柱(锥)齿轮传动.....	(59)
§4-2	普通圆柱蜗杆传动.....	(71)
第五章	轴	(82)
§5-1	轴承支座反力.....	(82)
§5-3	按许用弯曲应力的轴的计算.....	(89)
§5-4	按安全系数精确校核轴.....	(96)
第六章	轴承	(112)
§6-1	滚动轴承.....	(112)
§6-2	滑动轴承.....	(121)

第七章 圆柱螺旋弹簧.....	(133)
§7-1 拉压螺旋弹簧.....	(133)
§7-2 圆柱螺旋扭转弹簧.....	(142)
主要参考文献.....	(147)

第一章 机械零部件程序 设计导论

§1-1 机械零部件程序设计的 基本结构

利用计算机解决某个工程设计问题时，首先要依据问题的性质选用合适的算法，然后再根据使用的计算机所采用的程序设计语言（算法语言）编制出一套设计计算程序，最后把程序和数据资料正确输入计算机中，启动计算机运算求得问题的解答。这个编制程序的过程，通常称为程序设计。

机械零部件程序设计一般可按下列步骤进行：

（1）构造数学模型。一般机械零部件已经有现成的数学模型，但对没有数学模型的则要先建立数学模型，这就要对所设计的对象进行分析，并归纳为明确的数学问题，建立各个量之间的数学关系式。

（2）选择计算方法。对已建立的数学模型选出既能满足所要求的计算精度，又便于计算机实现行之有效的计算方法。

（3）进行程序框图设计。对于复杂的问题，在编写源程序之前，最好先画出程序框图，用以直观地表明所采用的计算方案、步骤，并了解数据流向和计算进行的情况，便于检

查设计计算中各量之间的复杂关系，为编制程序打好基础。

(4) 用算法语言编制程序。

(5) 调试源程序。即上机，将源程序输入计算机，并进行试算(可先试算有答案的实例)，如果发现错了，就要分清错误性质(图1-1)，分别适当处理。一般可能有如下四类：

① 数学模型不对，转(1)。

② 计算方法不对，转(2)。

③ 源程序有错，转(3)、(4)。

④ 操作失误，即输入源程序时按键有误，这要对照源程序进行核对、修正。

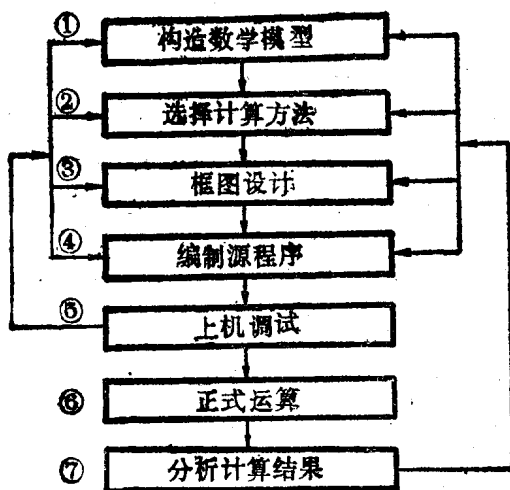


图1-1

(6)准备原始数据和资料,正式运算。

(7)分析计算结果。若结果合适,即可结束。否则,就要分析原因,转(1),或转(2),或转(3)、(4)。

机械零部件程序设计和一般数学问题的程序演算既有共同点,也有许多不同之处,归纳起来,需要解决下列特殊问题:

(1)数表和线图的输入和检索问题,即用什么方法及技巧把数据和图线资料存入计算机,又怎样通过程序把所需要的数据资料检索出来供给程序运算。

(2)出现不合理的设计方案怎样处理的问题。即发现设计方案不合理时,怎么用程序进行自动处理或者用人机对话的方法来处理。

(3)设计参数的标准化、规范化问题。例如,在齿轮传动的设计中,计算出模数需要取为标准值,齿数需要取为整数等等。

(4)标准件选型问题。例如,滚动轴承的型号选择等。

§1-2 数表的程序化

在传统的机械零部件设计中,为便于设计计算。常采用大量资料表和规格表,以后统称数表。这些数表,往往是一些离散数据的集合。一种数表是由一些离散的自变量点 $x_i (i=0,1,2,\dots,n)$ 和对应着的函数值 $y_i=f(x_i) (i=0,1,2,\dots,n)$ 组成的列表函数。例如表 1-1 所列出的螺栓的公称直径 d 和内径 d_1 。

另一种数表,则只记载着一些不同的对象的各个常数,

表1-1

d	6	8	10	12	
d_1	4.918	6.647	8.876	10.106	

如表 1-2 列出的各种材料的弹性模量 E 、剪切弹性模量 G 及泊松比。

表1-2

材 料	$E(\text{GP.})$	$G(\text{GP.})$	μ
灰铸铁	118~126	44.3	0.3
球磨铸铁	173		0.3
碳钢、合金钢	206	79.4	0.3
.....			

前一种数表中,有的是通过理论公式或经验公式计算得到的,这些数表便于传统的手工计算,但在应用计算机程序设计时,则应还原为原来的公式。这样可以大大简化源程序。减少内存或外存量。例如表 1-1 所列螺纹内径 d_1 和公称直径 d 就有下列关系

$$d_1 = d - 1.0825s$$

式中 s ——螺距(mm)。

采用此式程序化,就可简化程序,节省内存和外存,并可减少程序输入计算机的时间。

还有一些列表函数数表,虽然来源无据可查,但仔细分析,就可找出一个近似的函数关系式加以描述。对这样的数表,也应当尽可能采用公式化的办法来处理。

总之，不论是追本溯源查出数表的原始公式，还是经过仔细推敲导出数表的近似关系式，都可使数表的程序化大大简化，这种工作可称作数表公式化。

自然，也会有一些数表既无原始公式，又难以推导出近似关系式。对这类列表函数的数表，可采用数组形式用循环语句存贮在机内（常用的有一维数组和二维数组）。至于检索，可采用直接检索法或函数插值法来进行。当要求检索自变量点 x_i 的对应函数值 y_i 时，就用直接检索法，直接由 x_i 值检取对应的 y_i 值；当检索的函数值 y 不是列表函数中自变量点 x_i ，而是其中某两点，例如 x_i 和 x_{i+1} 之间的 x 值的对应值时，如果没有精度要求，也可采用直接检索法，检取接近的 y_i 值。当要求精确地检索对应的列表函数值，则应采取函数插值法来检索。

对于属一种数表，即非列表函数的数表，则多用数组形式存贮数表值，并用结合数据的直接检索法编入程序。

我们可把这种以数组形式实现数表程序化的方法，称为数表数组化。

§1-3 数表和线图的公式化

数表和线图的公式化，就是用近似表达式来拟合数表或线图中各参数的函数关系，以简化程序的编制和上机输入程序。为此，应先选取数学模型，然后确定数学模型中的常数。通常多取直线方程、多项式、幂函数和指数函数等作为数学模型，并用图解法或数值方法求定系数。本书多采用最小二乘法求定系数。

一、最小二乘法基本原理

设有下列 m 次多项式

$$p_m(x) = \sum_{j=0}^m a_j x^j \quad (1-1)$$

来拟合一组已知数据 (x_i, y_i) , $i=0, 1, 2, \dots, n$, 近似代替函数 $y=f(x)$, 如图1-2所示。

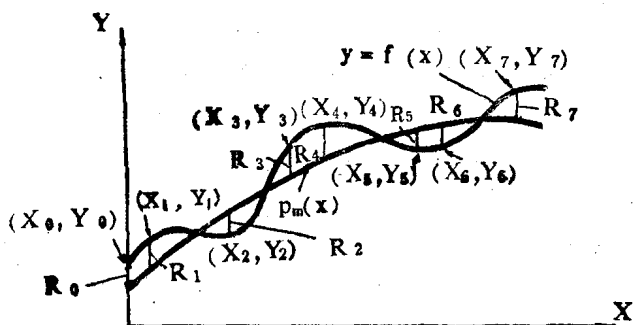


图1-2

在结点 x_i 处, 近似表达式与给定数据之间的偏差为

$$R_i = p_m(x_i) - y_i$$

最小二乘法就是使拟合的 m 次多项式 $p_m(x)$ 在各结点处偏差的平方和, 即

$$\varphi = \sum_{i=0}^n [p_m(x_i) - y_i]^2 = \sum_{i=0}^n \left[\sum_{j=0}^m a_j x_i^j - y_i \right]^2 \quad (1-2)$$

为最小值。

因 x_i, y_i 为已知数据, 故将 φ 看作是 $a_j (j=0, 1, 2, \dots, m)$ 的函数, 即

$$\varphi = \varphi(a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$$

可见，用最小二乘法进行曲线拟合的问题就是归结为多元函数的极值问题。欲使 φ 为最小，则 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ 必须满足下列方程组：

$$\partial \varphi / \partial a_k = 0 \quad k=0, 1, 2, \dots, m \quad (1-3)$$

由式(1-2)可求得偏导数

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial a_k} &= \sum_{i=0}^n 2[p_m(x_i) - y_i] \frac{\partial p_m(x_i)}{\partial a_k} \\ &= 2 \sum_{i=0}^n [p_m(x_i) - y_i] x_i^k = 2 \sum_{i=0}^n \left[\sum_{j=0}^m a_j x_i^{j+k} - y_i x_i^k \right] \\ &= 2 \left[\sum_{j=0}^m a_j \sum_{i=0}^n x_i^{j+k} - \sum_{i=0}^n y_i x_i^k \right] = 2 \left[\sum_{j=0}^m a_j s_{j+k} - t_k \right] \end{aligned}$$

式中

$$s_j = \sum_{i=0}^n x_i^j \quad \left(\text{故} \sum_{i=0}^n x_i^{j+k} = s_{j+k} \right)$$

$$t_k = \sum_{i=0}^n y_i x_i^k$$

于是，可将式(1-3)写为：

$$\sum_{j=0}^m a_j s_{j+k} - t_k = 0 \quad (1-4)$$

式中 s_{j+k} 、 t_k 可以计算出，看作已知数。这是个线性方程组，可以证明，它有唯一一组解 $a_j (j=0, 1, 2, \dots, m)$ ，该解即为 m 次多项式 $p_m(x)$ 的各系数值，能使偏差的平方和 φ 为最小值，因此，所得到的 $p_m(x)$ 即是所求的拟合多项式。

二、非线性函数的直线化

将幂函数、指数函数等直线化，可简化求解。

1. 幂函数 $y = ax^b$ 对函数两边取对数，得

$$\lg y = \lg a + b \lg x$$

令 $Y = \lg y$, $X = \lg x$, $A = \lg a$, 则

$$Y = A + bX \quad (1-5)$$

该式为一次多项式。对数据 $X_i = \lg x_i$, $Y_i = \lg y_i$ ($i=0, 1, 2, \dots, n$) 作一次多项式拟合，求出 A 与 b ，再由 $a = 10^A$ 求得 a ，即得 $y = ax^b$ 。

2. 指数函数 $y = ae^{bx}$ 对此式取对数，得

$$\lg y = \lg a + bx \lg e$$

令 $Y = \lg y$, $A = \lg a$, $B = b \lg e$, 则

$$Y = A + Bx$$

对数据 x_i , $Y_i = \lg y_i$ ($i=0, 1, 2, \dots, n$) 作一次多项式拟合，求出 A 和 B ，再由

$$a = 10^A, \quad b = B / \lg e$$

求出 a 和 b ，即得式 $y = ae^{bx}$

三、最小二乘法函数曲线拟合程序 (见程序 1)

本程序采用主元素高斯消去法求解线性方程。主要程序符如下：

W —— 多项式的项数 (一次数 + 1)；

N —— 结点数 (一组数据对的个数)；

$D(Q)$ 、 $A(Q)$ —— 多项式的系数；

$X(I)$ 、 $Y(I)$ —— 一组数据中的自变量、函数值；

S —— 线性方程组中各系数;
 M —— 线性方程组中各常数项;
 $A(I, J)$ —— 线性方程组的系数矩阵;
 $A(J, W+1)$ —— 线性方程组的常数项矩阵。
 其余符号为中间变量或循环变量。

程 序 1

```

10 W=3:N=18
15 DIM X(N), Y(N), B(2*W-1), A(W,W+1), C(W), D(W+1), Z(N)
20 FOR I=1 TO N
25 READ X(I), Y(I)
30 NEXT I
35 DATA 9, .446, 10, .5, 11, .554, 12, .609, 13, .664, 14, .719, 15, .775,
    16, .831, 17, .887
40 DATA 19, 1, 21, 1.11, 23, 1.23, 25, 1.34, 27, 1.46, 29, 1.58, 31, 1.7,
    33, 1.82, 35, 1.93
55 FOR J=1 TO 2*W-1
60 S=0:T=0
65 FOR I=1 TO N
70 T=X(I)^(J-1):S=S+T
75 NEXT I
80 B(J)=S
85 NEXT J
90 FOR I=1 TO W
95 FOR J=1 TO W
100 A(I, J)=B(I+J-1)
105 NEXT J
110 NEXT I
115 FOR J=1 TO W
120 M=0:H=0
125 FOR I=1 TO N
130 H=Y(I)*X(I)^(J-1):M=M+H
135 NEXT I
140 A(J,W+1)=M
145 NEXT J
  
```