

文章编号: 1008-1534(2011)03-0153-04

基于 MATLAB 软件的机械加工精度分析

杨树川, 杨术明

(宁夏大学机械工程学院, 宁夏银川 750021)

摘要: 零件加工质量的统计分析是机械加工中的重要内容。利用 MATLAB 软件在数学计算中的优势, 结合机械加工中已测得的零件实际尺寸, 以 2 个实例, 分别编制了零件加工质量分布图分析法的 M 文件和点图分析法的 M 文件, 运行 M 文件后, 即可直接完成零件加工尺寸的统计直方图绘制、零件合格率及废品率确定、加工常值系统误差确定、 $\bar{X}-R$ 图的绘制, 这为零件加工误差的统计分析提供了一条便捷之路。

关键词: 零件; 加工精度; 统计分析; MATLAB

中图分类号: T B921 文献标志码: A

MATLAB-based accuracy analysis of machining

YANG Shu-chuan, YANG Shu-ming

(College of Mechanical Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: Statistic analysis of parts processing quality is an important content in machining. With the advantage of MATLAB software in mathematical computation, the parts processing quality distribution analysis of M file and spot diagram analysis of M file were programmed, respectively. The running results of the two files can conveniently display the histogram of size, $\bar{X}-R$ digram, and such parameters as parts qualification rate, rejection rate, parts processing system error, etc. This paper provides a convenient and effective method for parts processing error statistical analysis.

Key words: parts; machining accuracy; statistic analysis; MATLAB

零件的加工质量是保证机械产品质量的基础。零件加工中可能会出现多种原始误差, 它们会引起工艺系统(机床、刀具、夹具、工件组成的加工系统)各环节相互位置关系的变化而造成零件产生加工误差。零件的机械加工精度问题是机械制造的主要研究问题之一。研究加工精度的目的, 主要是弄清各种原始误差的物理、力学本质, 以及它们对加工精度的影响规律, 从而掌握控制加工误差的方法, 以获得零件预期的加工精度, 必要时能找出进一步提高加工精度的途径。

1 研究方法

1) 研究加工精度的方法主要有单因素分析法和统计分析法 2 种。单因素分析法只研究某一确定因素对加工精度的影响, 研究时一般不考虑其他因素的同时作用。通过分析计算、测试或实验得出该因素与加工误差间的关系。在生产实际中, 影响加工精度的因素往往是错综复杂的, 有时很难用单因素分析法来分析计算某一工序的加工误差, 这时就必须通过对生产现场中实际加工出的一批工件进行检查测量, 运用数理统计的方法加以处理和分析, 从中便可发现误差的规律, 指导人们找出解决加工精度问题的途径, 这就是加工误差的统计分析法。

2) 统计分析法主要有分布图分析法和点图分析法 2 种^[1]。分布图分析的过程是, 首先从一批已加工的工件中抽取若干数量的样本(一般 50~200

收稿日期: 2011-02-21; 修回日期: 2011-03-04

责任编辑: 冯 民

作者简介: 杨树川(1971-), 男, 宁夏吴忠人, 副教授, 硕士, 主要从事计算机辅助分析方面的研究。

件), 实测各工件尺寸(或偏差), 其次按样本容量分组、确定组距、各组组界和组中值, 并记录各组数据, 整理成频数分布表, 最后根据以上数据即可绘制出直方图。分布图分析法可用来判断加工误差的性质, 确定工序能力和估算合格率和废品率, 但其没有考虑一批工件加工的先后顺序, 故不能反映误差变化的趋势, 难以区别变值系统误差与随机误差的影响, 另外必须等待一批工件加工完毕后才能绘制分布图, 因此不能在加工过程中及时提供控制精度的信息。

2 工程实例

2.1 实例 1

磨削一批轴径为 $60^{+0.06}_{-0.01}$ mm 的工件, 加工后, 随机抽测了 100 个零件的尺寸偏离基本尺寸的数值(数值保存在 shuju1.txt 文件中, 具体数据略), 试绘制直方图并分析该工序的加工质量。

编制的 M 文件程序如下^[2-4]。

```
function y= tj( data, L1, L2)
fopen( 'shuju1.txt' );
data= textread( 'shuju1.txt' );
fclose( 'all' );
[ a, b] = size( data)
if b< 20 printf( '样本容量太小' )
elseif b>= 20 & b< 40 k= 6;
elseif b>= 40 & b< 60 k= 7;
elseif b>= 60 & b< 75 k= 8;
elseif b>= 75 & b< 90 k= 9;
elseif b>= 90 & b< 100 k= 10;
elseif b>= 100 & b< 160 k= 11;
elseif b>= 160 & b< 250 k= 12;
else k= 13;
end
k
n0= min( data)
n1= max( data)
h= ( n1- n0)/( k- 1)
N= n0- h: h: n1+ h;
hist( data, N)
pause
histfit( data, 9)
xlabel( '工件尺寸尾数(微米)' )
ylabel( '频数' )
junzhi= mean( data)
fcha1= var( data)
```

```
fcha2= var( data, 1)
bzhcha1= std( data)
bzhcha2= std( data, 1)
hold on
L1= input( 'L1= 零件的上偏差= ' )
L2= input( 'L2= 零件的下偏差= ' )
L= ( L1+ L2)/ 2
plot( [ junzhi, junzhi ], [ 0, 30 ], 'k', 'LineWidth', 2)
plot( [ L, L ], [ 0, 30 ], 'k', 'LineWidth', 2)
L4= L+ ( L1- L2)/ 2
plot( [ L4, L4 ], [ 0, 30 ], 'k', 'LineWidth', 2)
L5= L- ( L1- L2)/ 2
plot( [ L5, L5 ], [ 0, 30 ], 'k', 'LineWidth', 4)
gtext( '尺寸上限' )
gtext( '尺寸下限' )
gtext( '公差带中心' )
gtext( '样本均值' )
xtwcha= junzhi- L
hold off
c= normspec( [ L2 L1 ], junzhi, bzhcha1)
e= normspec( [ - inf L2 ], junzhi, bzhcha1)
f= normspec( [ L1 inf ], junzhi, bzhcha1)
Cp= ( L1- L2)/( 6* bzhcha1)
if Cp> 1. 67 fprintf( '工序能力过高, 不经济' );
elseif Cp<= 1. 67 & Cp> 1. 33 fprintf( '工序能力
足够' );
elseif Cp<= 1. 33 & Cp> 1. 00 fprintf( '工序能力
勉强' );
elseif Cp<= 1. 00 & Cp> 0. 67 fprintf( '工序能力
不足' );
else fprintf( '工序能力差' );
end
程序执行后, 获得以下质量参数:
b= 100( 样本数量)
k= 11( 分组数)
n0= 16( 最小尺寸或偏差)
n1= 54( 最大尺寸或偏差)
h= 3. 8000( 组距)
junzhi= 37. 2500( 样本均值)
fcha1= 80. 3510( 方差)
fcha2= 79. 5475( 方差)
bzhcha1= 8. 9639( 标准差)
bzhcha2= 8. 9189( 标准差)
L1= 60( 零件上偏差)
L2= 10( 零件下偏差)
L= 35( 公差带中心)
```

xtwcha = 2.2500(系统误差)
 c= 0.9932(合格率)
 e= 0.0012(小于最小要求尺寸的废品率)
 f= 0.0056(大于最大要求尺寸的废品率)
 Cp= 0.9297(工序能力系数)
 工序能力不足。

同时执行程序后,绘制了零件加工质量的统计直方图(见图1)、合格率(见图2)、小于最小要求尺寸的废品率(见图3)和大于最大要求尺寸的废品率(见图4)。

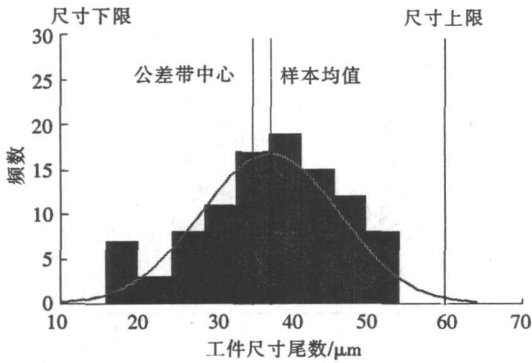


图1 直方图

Fig. 1 Histogram of size

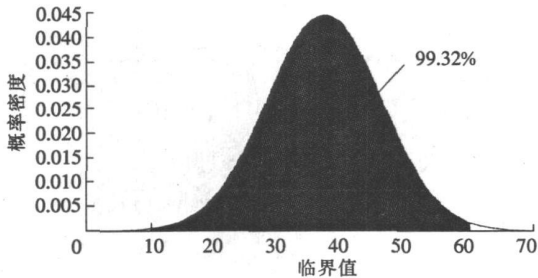


图2 合格率

Fig. 2 Qualification rate

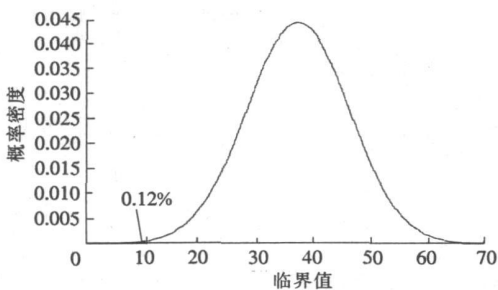


图3 废品率(小于最小要求尺寸)

Fig. 3 Rejection rate(less than the minimum required size)

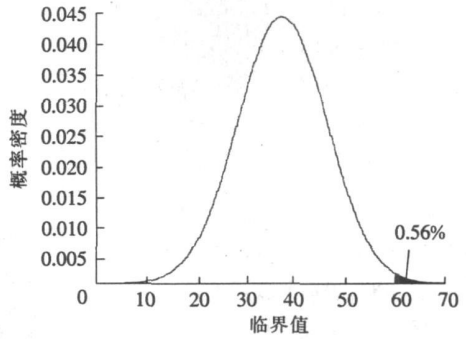


图4 废品率(大于最大要求尺寸)

Fig. 4 Rejection rate(longer than the maximum required size)

点图分析法采样的是顺序样本,即样本是由工艺系统在一次调整中按顺序加工的工件组成。这样的样本可以得到在时间上与工艺过程运行同步的相关信息,反映出加工误差随时间变化的趋势。点图分析法通常有单值点图和 \bar{R} 图2种。单值点图是以工件序号(或工件组序)为横坐标,以工件尺寸(或误差)为纵坐标的图形。 \bar{R} 图是平均值 \bar{x} 控制图和极差 R 控制图联合使用时的统称。前者控制工艺过程质量指标的分布中心,后者控制工艺过程质量指标的分散程度。 \bar{R} 图的横坐标是按时间先后顺序采集的小样本的组序号,纵坐标是各小样本的平均值和极差。在图上还有中线和上下控制线。绘制此图时,在工艺过程进行中,每隔一定时间抽取2~10件的小样本,求出样本的平均值和极差。经过若干时间后,就可取得若干个小样本,将各组小样本的平均值和极差值分别点在 \bar{R} 图上,即制成 \bar{R} 图。

2.2 实例2

磨削某零件的一个端面,要求磨削后此面对另一表面的跳动度不大于0.05 mm,按加工顺序,每4件作为1组,抽测100件的实际跳动度(数据保存在shuju2.txt文件中,具体数据略),试用 \bar{R} 图分析此工序工艺过程的稳定性。

绘制该工序加工过程零件跳动度单值点图及 \bar{R} 图的M文件huitu.m如下。

```
fopen('shuju.txt');
data= textread('shuju.txt');
fclose('all');
[m,n]= size( data );
figure( 1)
for i= 1:m;
    for j= 1:n;
        plot( i, data( i, j ), * k; LineWidth; 2)
    hold on
```

end

```

end
xlabel(工件组序)
ylabel(实测值(微米))
title(单值点图)
hold off
for b= 1: m
    x(b) = mean(data(b,:));
    y(b) = max(data(b,:));
    z(b) = min(data(b,:));
    a(b) = y(b) - z(b);
end
figure(2)
plot(x, * - k, LineWidth, 2)
hold on
e= mean(x)
Y= mean(a)
plot([ 0, m], [e, e], ^ - k, LineWidth, 2)
f= n/ 5;
if (f < 1), d = 0. 880; g = 0. 486; h = 0. 73;
k= 2. 28; l= 0;
else if (f = 1), d = 0. 864; g = 0. 430; h = 0. 58;
k = 2. 11; l = 0;
    else d = 0. 848; g = 0. 395; h = 0. 48; k = 2. 00;
l = 0;
    end
end
end
plot([ 0, m], [(e + h * Y), (e + h * Y)], ^ - k; Line-
Width, 2)
plot([ 0, m], [(e - h * Y), (e - h * Y)], ^ - k; Line-
Width, 2)
xlabel(工件组序)
ylabel(X 均值(微米))
title(均值图)
gtext(上线)
gtext(中线)
gtext(下线)
hold off
figure(3)
plot(a, * - k, LineWidth, 2)
hold on
plot([ 0, m], [Y, Y], ^ - k; LineWidth, 2)
plot([ 0, m], [k * Y, k * Y], ^ - k; LineWidth, 2)
plot([ 0, m], [l * Y, l * Y], ^ - k; LineWidth, 2)
xlabel(工件组序)
ylabel(极差(微米))
title(极差图)

```

gtext(上线)

gtext(中线)

gtext(下线)

hold off。

在 MATLAB 命令窗口键入 huitu, 敲回车键后, 即可绘制出以下图形, 见图 5- 图 7。

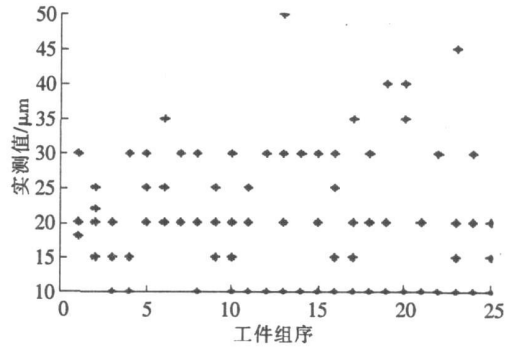


图 5 单值点图

Fig. 5 Single-valued spot diagram

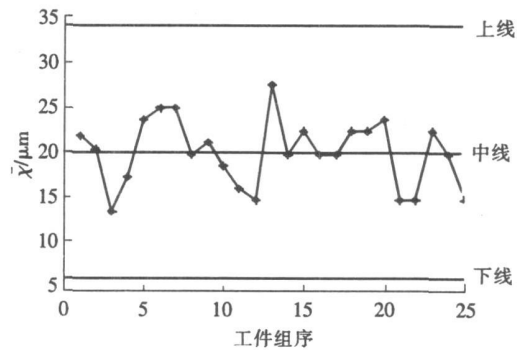


图 6 平均值($\bar{\chi}$)图

Fig. 6 Figure of average value ($\bar{\chi}$)

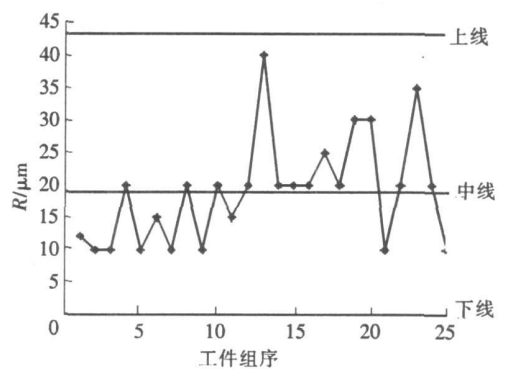


图 7 极差(R)图

Fig. 7 Figure of range (R)

3 结 语

1) 介绍了几种零件加工精度统计分析方法的过
(下转第 159 页)

次数直至达到要求为止, 这种方法十分方便。

3 VC++ 实现曲线拟合

MATLAB 是功能强大的数学分析软件, 它扩展性好并且易学易用, 缺点是, 它是一种解释语言, 运行实时效率差。VC 语言编程界面良好、代码效率高, 已经成为现在多数编程人员采用的主要开发环境。但是如果用 VC 来手工编写数学运算代码, 工作量大, 且非常复杂。如果在 VC 中调用 MATLAB 进行复杂的数学运算, 则可以缩短软件开发周期, 大大提高程序的运行效率。

在 VC 编程环境下调用 MATLAB 软件的方法主要包括利用 MATCOM 将 M 文件翻译成 C++ 源码及利用 MATLAB 的编译器调用数学函数库。其中第 1 种方法更方便, 因此通过这种方法调用 MATLAB 软件^[6]。也就是在 MATCOM 中将此文件生成为 dll 文件, 就可以得到相应的 cpp 文件和 H 文件。表 2 为试验采集到的 6 个试验点的数据。图 1 为用正交函数改进最小二乘拟合的异步电机的空载特性曲线。

表 2 空载试验数据
Tab. 2 No-load test data

电流/ A	49.8	60.1	79.3	99.3	124.6	146.3
输入功率/ W	14 903.1	28 919.5	42 962.4	58 279.3	72 802.9	88 523.8

4 结 语

曲线拟合是三相异步电机型式试验系统的重要部分。介绍了适用于各项试验的曲线拟合方法, 并

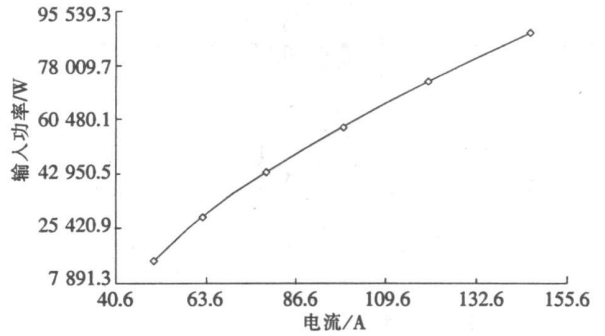


图 1 异步电机空载特性曲线

Fig. 1 Characteristic curve of no-load test of asynchronous motor

提出了一种改进的最小二乘法曲线拟合算法, 可以绘制高精度的空载特性曲线以及负载特性曲线。提高了曲线拟合的精度, 降低了运算次数, 使系统运行效率更高。

参考文献:

- [1] 武建文, 李德成. 电动机现代测试技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] GB/T 1032-2005, 三相异步电动机试验方法[S].
- [3] 王益全, 张炳义. 电动机测试技术[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 刘建勇, 刘华巧. 曲线拟合分类与求解[J]. 统计与决策, 2007(3): 144-145.
- [5] 徐 征, 陈 进, 况志军. 在 VC++ 中通过调用 MATLAB 实现回归分析[J]. 华东交通大学学报, 2004, 21(1): 74-76.
- [6] 李 穆, 刘 鹏, 刘教民, 等. 三相异步电机杂散损耗测试系统设计[J]. 电机与控制应用, 2008, 35(8): 55-57.

(上接第 156 页)

程及特点。

2) 编制了零件加工精度分布图分析法的 M 文件, 在 MATLAB 中执行此 M 文件, 可绘制出统计直方图, 计算出合格率、废品率、常值系统误差、工序能力系数等质量分析指标, 为已加工零件的质量分析提供了一条便捷之路。

3) 编制了零件加工精度点图及 $\bar{X}-R$ 图分析法的 M 文件, 在 MATLAB 中执行此 M 文件, 可绘制出与时间有对应关系的单值点图、 \bar{X} 图及 R 图, 以便在零件加工过程中及时了解零件的加工质量信息, 发现零件加工精度(误差)的发展方向和规律, 以采

取必要的工艺措施来控制零件的加工质量。

参考文献:

- [1] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 薛定宇, 陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] 原思聪. MATLAB 语言及机械工程应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [4] 李显宏. MATLAB7.X 界面设计与编译技巧[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.