

## 零件参数设计

一件产品由若干零件组装而成,标志产品性能的某个参数取决于这些零件的参数。零件参数包括标定值和容差两部分。进行成批生产时,标定值表示一批零件该参数的平均值,容差则给出了参数偏离其标定值的容许范围。若将零件参数视为随机变量,则标定值代表期望值,在生产部门无特殊要求时,容差通常规定为均方差的 3 倍。

粒子分离器某参数(记作  $y$ )由 7 个零件的参数(记作  $x_1, x_2, \dots, x_7$ )决定,经验公式为

$$y = 174.42 \left( \frac{x_1}{x_5} \right) \left( \frac{x_3}{x_2 - x_1} \right)^{0.85} \times \sqrt{\frac{1 - 2.62 \left[ 1 - 0.36 \left( \frac{x_4}{x_2} \right)^{-0.56} \right]^{\frac{3}{2}} \left( \frac{x_4}{x_2} \right)^{1.16}}{x_6 x_7}}$$

当各零件组装成产品时,如果产品参数偏离预先设定的目标值,就会造成质量损失,偏离越大,损失越大。 $y$  的目标值(记作  $y_0$ )为 1.50.当  $y$  偏离  $y_0 \pm 0.1$  时,产品为次品,质量损失为

1000(元);当  $y$  偏离  $y_0 \pm 0.3$  时,产品为废品,损失为 9000(元). 问题是要求对于给定的零件参数标定值和容差,计算产品的损失,从而在此基础上进行零件参数最优化设计。

表 8.2 给定引例中某设计方案 7 个零件参数标定值及容差。容差分为 A、B、C 三个等级,用与标定值的相对值表示,A 等为  $\pm 1\%$ ,B 等为  $\pm 5\%$ ,C 等为  $\pm 15\%$ 。求每件产品的平均损失。

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
标定值	0.1	0.3	0.1	0.1	1.5	16	0.75
容差	B	B	B	C	C	B	B

解:在这个问题中,主要的困难是产品的参数值  $y$  是一个随机变量,而由于  $y$  与各零件参数间是一个复杂的函数关系,无法解析的得到  $y$  的概率分布。我们采用随机模拟的方法计算。这一方法的思路其实很简单:用计算机模拟工厂生产大量"产品"(如 10000 件),计算产品的总损失,从而得到每件产品的平均损失。可以假设 7 个零件参数服从正态分布。根据表 8.2 及标定值和容差的定义,  $x_1 \sim N(0.1, (0.005/3)^2)$ ,  $x_2 \sim N(0.3, 0.005^2)$ ,  $x_3 \sim N(0.1, (0.005/3)^2)$ ,  $x_4 \sim N(0.1, 0.005^2)$ ,  $x_5 \sim N(1.5, (0.225/3)^2)$ ,  $x_6 \sim N(16, (0.8/3)^2)$ ,  $x_7 \sim N(0.75, (0.0375/3)^2)$ , 下面的 M 脚本 eg8\_5.m 产生 1000 对零件参数随机数,通过随机模拟法求得近似解约  $f=2900$  元。

%M 文件 eg8\_5.m

```
clear;mu=[.1 .3 .1 .1 1.5 16 .75];
sigma=[.005/3,.005,.005/3,.005,.225/3,.8/3,.0375/3];
for i=1:7
    x(:,i)=normrnd(mu(i),sigma(i),1000,1);
end
t=(1-2.62*(1-0.36*(x(:,4)./x(:,2)).^(-0.56)).^1.5...
.*(x(:,4)./x(:,2)).^1.16)./x(:,6)./x(:,7);
y=(x(:,1)./x(:,5)).*(x(:,3)./(x(:,2)-x(:,1))).^0.85;
y=174.42*y.*t.^0.5;
d=abs(y-1.5);
f=sum(9000*(d>0.3)+1000*(d<=0.3).*(d>0.1))/1000
```