

# 轴承统计过程控制的研究及软件编制

孙红, 韩佳莹

(上海理工大学计算机与电气工程学院, 上海 200093)

**摘要:** 统计过程控制(SPC)是指应用统计分析技术对生产过程进行实时监控, 区分出生产过程中产品质量的异常波动, 以便管理人员及时采取措施, 消除异常, 达到提高和控制质量的目的。针对SPC的实际应用研究, SPC的软件编制阐述了统计过程控制原理, 提出相关数学模型, 对其模拟软件的设计进行了研究分析, 并对相关的内容作了进一步的讨论。在理论知识的基础上采用高级编程语言进行软件编制, 实现具有一定实用性的软件应用系统。

**关键词:** 统计过程控制; 数学模型; 软件编制; 实用性

## Research and Software Programming of Axletree Statistical Process Control

SUN Hong, HAN Jia-ying

(School of Computer and Electrical Engineering, Shanghai University for Science and Technology, Shanghai 200093)

**【Abstract】** Statistical Process Control(SPC) primarily refers to the application of statistical analysis technologies to supervise the process currently and distinguish the abnormal variation of products' quality in the process of production, so that the producers can take measures to eliminate the abnormality in time. The goal to improve and control the quality of the progress can be achieved. To study the practicability of SPC, the programming study on SPC tells much about the study on software programming and its related study, establishing mathematic model based on the principles of SPC. A system based on the theory by using advanced programming language with practicability is finished.

**【Key words】** Statistical Process Control(SPC); mathematic model; software programming; practicability

### 1 概述

统计过程控制(Statistical Process Control, SPC)是一种借助数理统计方法的过程控制工具。应用统计分析技术对生产过程进行实时监控, 科学地区分出生产过程中产品质量的随机波动与异常波动, 从而对生产过程的异常趋势提出预警。笔者结合数理统计知识和软件编程, 有效地完成了SPC的软件研究。在此基础上可使用串行接口对实时数据进行测量, 可运用在大型生产流水线的管理上, 为企业提高产品质量和科学生产提供有效措施<sup>[1]</sup>。

在已有的许多SPC软件中, 许多是静态查询显示已有的数据, 不能动态地根据时间的推移显示数据和图像改变。在这个系统中, 对实时情况进行了模拟, 系统可自行产生一批生产数据, 管理员可以动态地看到每个采集到的数据以及相应的图像变化, 这样就大大地提高了生产的效率。一旦一个批次的产品产生较多的异常情况便可及时纠正并查找原因。在实际应用中, 可加入串行通信的串口, 由于是根据具体的设备而定, 因此只是提供了这样的接口。可根据用户的不同设备进行串口代码的修改, 以便应用到实际的系统中。此外, 该系统的查询功能也很强大, 具有丰富的查询关键字, 可分时段、分班次进行查询, 做到方便管理。

### 2 实施SPC的2个阶段

实施SPC分为2个阶段: 分析阶段和监控阶段。在这2个阶段所使用的控制图分别被称为分析用控制图和控制用控制图。

分析阶段首先要进行的工作是生产准备, 即把生产过程

所需的原料、劳动力、设备、测量系统等按照标准要求进行准备。生产准备完成后就可以进行, 注意一定要确保生产是在影响生产的各要素无异常的情况下进行; 然后就可以用生产过程收集的数据计算控制界限, 作分析用控制图、直方图或进行过程能力分析, 检验生产过程是否处于统计稳态, 以及过程能力是否足够。如果任何一个不能满足, 则必须寻找原因, 进行改进, 并重新准备生产及分析。直到达到了分析阶段的2个目的, 则分析阶段可以宣告结束, 进入SPC监控阶段。

监控阶段的主要工作是使用控制用控制图进行监控。此时控制图的控制界限已经根据分析阶段的结果而确定, 生产过程的数据及时绘制到控制图上, 并密切观察控制图, 控制图中点的波动情况可以显示出过程受控或失控, 如果发现失控, 必须寻找原因并尽快消除其影响。监控可以充分体现出SPC预防控制的作用<sup>[1]</sup>。

在工厂的实际应用中, 对于每个控制项目, 都必须经过以上2个阶段, 并且在必要时会重复进行这样从分析到监控的过程<sup>[1]</sup>。

### 3 SPC数学模型的建立

#### 3.1 基本数据计算方法和公式

取一定区间的数据作为预备数据, 数据数目 $N$ 最好在100个以上。按时间把 $N$ 分为每有 $n=4,5$ 个的 $k=20\sim 25$ 组,

**作者简介:** 孙红(1964-), 女, 副教授、硕士, 主研方向: 信息管理; 韩佳莹, 硕士研究生

**收稿日期:** 2009-05-06 **E-mail:** lordofmu@hotmail.com

并列成表格,  $X_{\max}$  为数据组中的最大值,  $X_{\min}$  为数据组中的最小值。

首先计算各组数据  $X_1, X_2, \dots, X_n$  之和、平均值以及极差, 方法如下<sup>[2]</sup>:

$$\text{数据和 } \sum_{i=1}^n X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad (1)$$

$$\text{平均值 } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

$$\text{极差或称为变程 } R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3)$$

$$\sigma = (\text{sigma}) = \text{标准差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (4)$$

### 3.2 均值和极差图(X-R 管理图)的计算方式

计算  $k$  组的平均值之和以及  $k$  组的极差之和, 并由此求总平均和极差的平均, 分别是  $\bar{X}$  管理图和  $R$  管理图的管理中心线。然后决定管理界限。在管理界限中, 上边的叫作上侧管理界限(Upper Control Limit, UCL); 下边的叫作下侧管理界限(Lower Control Limit, LCL)<sup>[1]</sup>。它们可由下式计算得到:

$$X \text{ 管理图的 } UCL = \text{总平均} + A_2 \times \text{极差平均} \quad (5)$$

$$LCL = \text{总平均} - A_2 \times \text{极差平均} \quad (6)$$

$$R \text{ 管理图的 } UCL = D_4 \times \text{极差平均} \quad (7)$$

其中,  $n=4$  时,  $A_2=0.73, D_4=2.28$ ;  $n=5$  时,  $A_2=0.58, D_4=2.11$ 。当  $n \geq 6$  时, 不考虑  $R$  管理图的 LCL<sup>[1]</sup>。

### 3.3 计量型数据的过程能力和过程性能计算

#### 3.3.1 工序能力指数 $C_p$ 和加工能力指数 $C_m$ <sup>[1]</sup>

$S_u$  和  $S_l$  分别是规格上限和规格下限。 $\sigma$  是该工序的标准差, 通常是未知的, 可通过随机样本来估计。

$$\text{工序能力指数: } C_p = (S_u - S_l) / 6\sigma \quad (8)$$

$$\text{加工能力指数: } C_m = (S_u - S_l) / 6s \quad (9)$$

#### 3.3.2 相关能力数据计算

$C_{pk}$ =2 个公式中较小的一个:

$$(S_u - \bar{S}_u) / 3\sigma \text{ 或 } (X - \bar{S}_l) / 3\sigma \quad (10)$$

$C_{mk}$ =2 个公式中较小的一个:

$$(\bar{S}_u - X) / 3s \text{ 或 } (X - \bar{S}_l) / 3s \quad (11)$$

## 4 SPC 的模拟研究

### 4.1 需求分析

根据用户的要求, 软件运行时有 2 种状态: 工作状态和查询状态。其中, 工作状态又分为正常工作状态和异常工作状态, 正常工作状态和异常工作状态是互斥的 2 种状态。工作状态和查询状态也是互斥的 2 种状态, 系统处于查询状态时不能进行其他工作, 直到查询结束。

处于正常工作状态时, 操作者能够常规地进行测量, 系统能够显示测量数据的变动情况, 使测量者能知道测量读数, 绘制均值和极差图以及频数分布图。均值和极差图应该能够标识符合规格的点(处于上、下侧管理界线之间的点)以及不符合规格的点(超过上侧管理界线或者低于下侧管理界线的点)。

对不能按正常进行记录的情况, 应可通过操作人员选择输入异常原因(按修理机床、调试机床、放假、等工、合理离岗分为几类), 并能在异常原因排除后继续跟踪记录。如不设置停测原因, 到时不作记录, 将作为漏记处理。

系统应有数据和图像查询功能, 可分别依操作者、工序、零件进行查询; 可查询某时间间隔内的均值和极差图以及直方图。

(5)系统能够对所测试的数据进行统计分析, 显示过程能力数据, 并能够保存所测得的数据。

### 4.2 总体功能设计

该系统主要分为登录、导入班次数据、测量数据、绘图、查询、统计数据以及保存 7 大功能模块。模拟硬件测量数据以及绘图的过程。系统主要的功能模块是测量数据、绘图、查询以及计算统计数据 4 大功能模块, 把这 4 大模块作为主模块。

#### (1)登录模块

提供操作者登录主界面, 进入到测量操作界面。

#### (2)导入班次数据模块

从数据库中提取数据, 显示已有的班次情况, 操作者可以选择其中的一个班次, 或选择新建班次, 系统提供新数据输入界面, 并予以相应数据输入提示。

#### (3)测量数据模块

操作者可以进行常规测量, 也可以根据所提供的异常情况选择其一, 观察系统运行过程, 也可以在一定时间间隔内进行测量。

#### (4)绘图模块

系统能够根据已测量的数据点进行均值和极差图(X-R 管理图)以及频数分布图的绘制, 并且有清晰的注解。

#### (5)查询模块

系统提供查询界面, 使操作者可以按照一定的条件进行以往数据的查询, 但是并不包括本班次的的数据。操作者还查询某段时间间隔内的均值和极差图以及频数分布图。

#### (6)统计数据模块

对所有采集组的数据按照统计分析方法进行本班次样本总体各个统计数据的计算, 并显示这些数值以及本班次样本的各个数值。

#### (7)保存模块

保存所有本班次测量的数据组的各个数值, 并注明相应的测量日期时间进入数据库中, 将经过计算的各个统计值保存进入数据库, 保存所需要的均值和极差图。

模拟系统总体结构如图 1 所示。

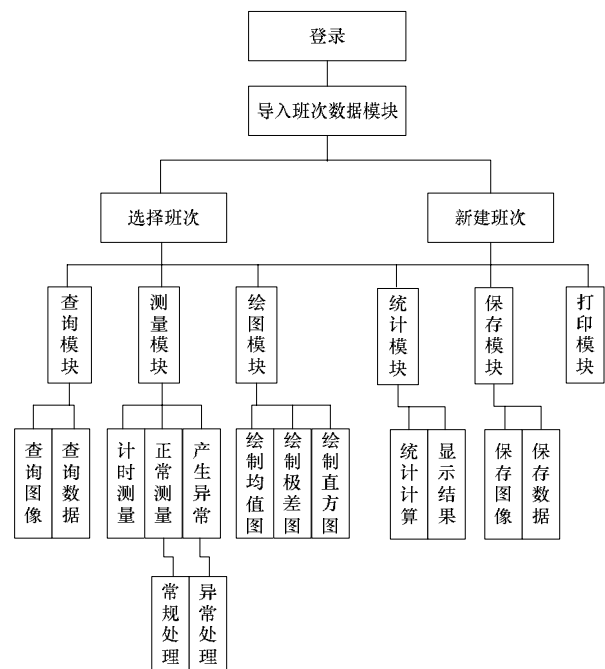


图 1 系统总体结构

### 4.3 软件总体处理流程

用户可以使用自己的管理账号登录到该系统中，然后选择相应的班次，或者新增班次。选择班次是提供给同一批量的产品不同管理员，新增班次是提供给新一批产品管理员。在进行了选择或是新增之后便进入到管理的主界面，该主界面可以模拟输出数据及各个异常状况查看图像显示。用户也可进入查询状态对某个班次的数据和图像进行查询。退出系统后，系统会保存该次的数据以便以后查询和管理。总体流程如图 2 所示。

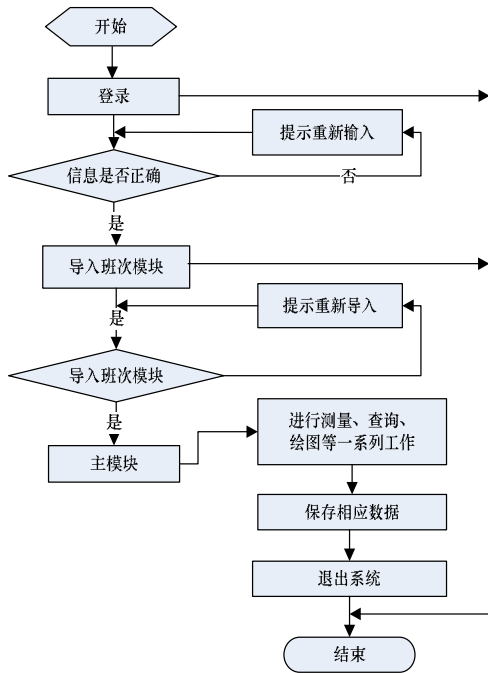


图 2 总体流程

## 5 实现

### 5.1 开发工具

使用 Java 作为编程语言，JCreator Pro 为开发环境，Microsoft SQL Server 2000 为后台数据库。

### 5.2 实现方法

#### 5.2.1 数据结构的设计

使用 Java 语言在 JCreator Pro 开发环境下进行绘图是比较困难的，需要程序编写者自己根据 Java 体系的坐标来计算坐标点，没有现成的组件来直接绘制坐标轴。这是这个设计绘图的一个难点。

在这个设计中，统一将 5 个实测值作为一组数据组。为了使绘图以及最后的计算更加便捷，需要将所有的数据组内容存储下来。使用容器可以动态地加入对象。表 1 列出了程序所需要的容器对象和存放的数据内容。

表 1 容器对象和存放的数据内容

容器名称	数据内容
xbarv	实测状态下存放 5 个数据一组
xbarTotal	实测状态下的存放数据组均值，用来存入数据库
xbarCal	存放数据库中的均值 xbar 以及实测的数据组均值，用于最后的计算
rTotal	存放数据库中的变程和实测状态下的数据变程
currentXBar	存放实测数据的 xbar，即每个数据组的均值
currentR	存放实测数据组的 R 变程
barData	存放频数的容器

此外，为了方便绘图和提供热点查询(点击坐标轴上的数据点显示该数据点所处的数据组的详细信息)，编写一个

DetailData 类，用来保存数据组的详细信息，包括数据组中的 5 个基本数据值、数据组均值(即处于这个数据组的数据点的值)、数据组极差值、采集日期和时间以及异常情况的描述。再编写一个类 Pointer，这个类描述的是数据点属性，包括横坐标值 x、纵坐标值 y、异常情况 abnor、是否符合规格 disqua、数据组具体信息 DetailData 的对象 detail。

#### 5.2.2 存储方法

成功测量 5 个数据即成功测量一组数据时，首先生成 DetailData 类的一个对象，记录数据组的信息，包括 5 个基本数据、数据组的均值和极差、采集日期和时间以及异常情况(若无，则为正常)。然后根据数据组的均值计算出相应的坐标值，符合规格情况，则生成一个 Pointer 类的对象，加入到容器中。

若出现异常情况，同样生成 DetailData 类的一个对象，将数据组的基本信息设定为 5 个基本数据、均值和极差都为 0，设定采集日期和时间以及相应的异常情况。纵坐标值为纵坐标轴的最小值，设定其不符合规格，同样生成一个 Pointer 类的对象，加入到容器中。这样，能够比较简单方便地进行之后的绘图和统计计算。

#### 5.2.3 测试数据的产生方法

在模拟实测前，由系统先根据数据范围计算数据的数学期望  $\mu$ ，由用户输入标准差  $\sigma$ ，通过 Java 中的 java.util.Random 类产生该类的对象 rangauss<sup>[3]</sup>，利用 rangauss 的方法 rangauss.nextGaussian() 产生具有标准正态分布的数据 gauss，再由  $\text{gauss} * \sigma + \mu$  产生对应的非标准的服从数学期望为  $\mu$ 、方差为  $\sigma$  平方的正态分布的数据。

在测量了 100 个呈正态分布的数据后，系统自动计算数据的平均值、标准差等相应的统计数据和性能指标并显示。这一步验证程序的正确性。之后的数据便由系统随机生成。

实测值的范围在数值加上差和数值减下差之间，Java 的 Math 包中有 random() 方法产生随机数<sup>[3]</sup>，设计时采用的是产生大于 0、小于上差的随机值 rantop，以及产生大于下差、小于 0 的随机值 ranbot，将数值和这两者相加，得出实测值。这样设计能够尽量多地产生中间范围的数值，尽可能做到使数据正态分布。

### 5.3 实现

软件主界面如图 3 所示。



图 3 软件主界面

由系统产生一批呈正态分布的数据的数学期望是 25.8，用户输入的标准差值为 0.02，数据个数为 100。

直方图如图 4 所示。数据统计结果如图 5 所示。

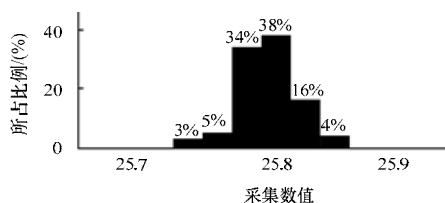


图 4 运行结果

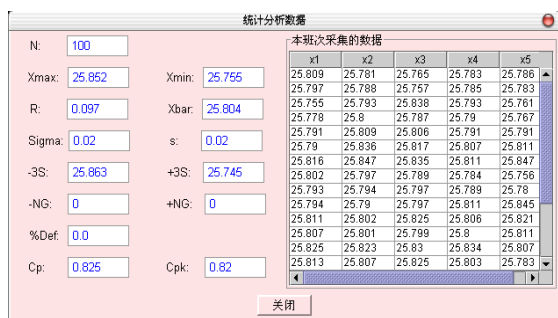


图 5 数据统计结果显示

由直方图可以看出，数据的分布呈现正态分布。由数据统计结果显示可以看出，这批数据的平均值  $\bar{X}$  的值为 25.804，标准差  $\sigma$  为 0.02，和设定的数据保持了很好的一致性。

## 6 结束语

作为国际上行之有效的质量管理技术之一，统计过程控制正在受到国内越来越多企业的重视和采用，它将作为企业降低废品、提高产品质量、增加企业效益的重要工具。现在已经涌现了许多关于 SPC 的软件。对于轴承 SPC 过程控制的软件编制有效地研究了 SPC 的数学模型，并且自主地设计了数据结构和算法来完成 SPC 的控制显示图像的功能，为实际在工业中的应用打下了较好的基础。

### 参考文献

- [1] Sylvac D100S 使用指导书[Z]. 2004.
- [2] 叶慈南, 曹伟丽. 应用数理统计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 丁岳伟, 彭敦陆. Java 程序设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

编辑 顾逸斐

(上接第 229 页)

## 5 结束语

本文在 Turn Model 模型的基础上提出一种无死锁的确定性 XY-YX 路由算法，并通过 NIRGAM 仿真平台对本文算法与 XY 路由算法、minimal OE 路由算法进行了性能方面的比较。结果显示，与 XY 路由算法相比，本文算法在热点模式和转置模式下具有更小的延迟，可以很好地解决 XY 路由算法在 X 方向上的堵塞问题，算法的复杂度很低，几乎和 XY 路由算法一样简单。与自适应的 OE 算法相比，本文算法的硬件开销更小。

### 参考文献

- [1] Wu Chang, Li Yubai, Chai Song. Design and Simulation of a Torus

Structure and Route Algorithm for Network on Chip[C]//Proc. of the 7th International Conference on ASIC. Guilin, China: [s. n.], 2007.

- [2] Glass C J, Lionel M N. The Turn Model for Adaptive Routing[C]//Proc. of the 19th Annual International Symposium on Computer Architecture. New York, USA: ACM Press, 1992.
- [3] Dally W J, Seitz C L. Deadlock-free Message Routing in Multiprocessor Interconnection Networks[J]. IEEE Transactions on Computers, 1987, 36(5): 547-553.
- [4] Chiu Ge-Ming. The Odd-even Turn Model for Adaptive Routing[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed System, 2000, 11(7): 729-738.

编辑 张正兴

(上接第 231 页)

## 6 结束语

在本数据采集系统的设计中，CY7C68013A-128Pin 芯片灵活的接口和可编程特性简化了外部硬件的设计，用 LabWindows/CVI 开发的应用程序实现了计算机与自制采集卡之间的通信，为搭建全自动的大规模测试与控制系统奠定了基础，节省了工作时间与成本，提高了测量准确率与系统的可靠性，有利于设备的生产和调试。另外，USB 设备的可热插拔特性使该系统具有便携性的特点，使用方便，无须关机重启或打开机箱进行安装。同时，USB 的高传输速度、强纠错能力、方便的即插即用特点，使之在测试仪表领域具有良好的发展前景。

### 参考文献

- [1] 张振海, 张雁鹏. 基于 USB 数据采集系统的设计与实现[J]. 兰州交通大学学报: 自然科学版, 2006, 25(1): 110-112.
- [2] 王建新, 杨世凤, 隋美丽. Labwindows/CVI 测试技术及工程应

用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

- [3] 薛园园. USB 应用开发技术大全[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [4] 靳明, 姚剑敏, 宋建中. 基于 USB2.0 接口的视频图像采集卡的实现[J]. 计算机工程, 2004, 30(20): 154-156.
- [5] 周振宇, 谷海颖. 基于 USB 总线的实时数据采集系统设计[J]. 电子技术应用, 2002, (2): 17-19.
- [6] 白凤山, 潘长勇, 杨知行. 用动态链接库 (DLL) 实现 LabWindows/CVI 与数据采集卡的通讯[J]. 电测与仪表, 2000, (8): 54-56.
- [7] 罗锦, 孟晨, 苏振中. 动态链接库技术在虚拟仪器系统构建中的应用[J]. 计算机工程, 2003, 29(3): 176-177.
- [8] 徐朝农, 韩江洪. USB 基本驱动程序的设计[J]. 微计算机应用, 2001, 22(3): 178-180.

编辑 张正兴