

文章编号:1007-6492(2002)01-0059-03

# 成组技术在控制图建模中应用的探讨

王发军, 张琳娜, 赵凤霞

( 郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘 要:** 针对多品种、小批量生产过程质量控制建模中存在的数量不足的问题, 基于成组技术的相似性原理, 提出将加工过程的现行数据与历史数据有机融合, 通过标准变换, 建立多品种、小批量生产过程统计质量控制的数据样本模型, 实现利用控制图对加工过程进行监控的目的. 研究表明, 该方法简单易行, 是解决多品种、小批量生产过程质量控制建模中数量不足的有效途径之一.

**关键词:** 成组技术; 过程; 控制图; 质量控制

**中图分类号:** TH 165.4

**文献标识码:** A

控制图也称 SPC 图, 它通过展示样本的过程变异, 发现总体异常变异趋势, 从而起到对生产过程监控的目的. 针对不同的控制对象(数据), 控制图主要有计量控制图和计数控制图, 其中均值-极差控制图( $\bar{X}-R$  控制图)是最常用的计量值控制图, 适用于诸如长度、重量、时间、强度、成分以及某些电参数的质量控制, 均值  $\bar{X}$  控制图主要反映分布的均值变化, 极差  $R$  控制图主要反映分布的离散情况.  $\bar{X}-R$  控制图是生产过程中应用广泛且行之有效的质量分析与控制方法.

控制图法是一种基于统计学的方法, 需要有足够的数据样本. 如在绘制  $\bar{X}-R$  控制图时, 要求随机抽样不少于 25 个样组, 每个样组含量都是  $n$  (一般取 5 件), 也就是说, 样本容量一般应不少于 125 个样本数据.

然而随着经济的发展, 多数企业已不再是大批量的生产模式, 而是采用多品种、小批量的柔性生产模式. 多品种、小批量质量控制的关键在于小批量. 小批量意味着同类型的产品数量少, 可获取的资料少, 对同一产品的制造过程而言, 一般难以获取足够多的样本数据. 如何解决多品种、小批量生产过程的统计质量控制问题, 关键在于数据样本模型的建立, 而这一问题已成为当前制造过程质量控制迫切需要解决的瓶颈问题.

## 1 成组技术与 SPC 图数据建模

成组技术<sup>[1]</sup> (GT-Group Technology) 是研究如

何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性, 并对其加以充分利用, 即把相似的问题归类成组, 寻求解决这一组问题相对统一的最优方案, 以获得所期望的经济效益.

成组技术用于机械加工方面, 是将生产的多种零件按一定相似性准则分类编组, 形成零件族, 使得各种不同的零件能遵循某种相同的加工方法, 用扩大的成组批量取代零件的小批量, 从而扩大被统计样本的容量, 优化生产资源的利用, 提高生产效率. 研究表明, 利用成组技术的原理, 加之必要的变换处理, 也同样可以有效地解决多品种、小批量生产过程中进行质量控制时统计数量不足的问题.

利用成组技术, 在工序相似性的基础上对加工过程质量控制数据实现式 (1) 的标准变换处理

$$x_i \sim N(u_i, \sigma^2) \Rightarrow (x_i - u_i) \sim N(0, \sigma^2) \Rightarrow (x_i - u_i) / \sigma \sim N(0, 1) \quad (1)$$

利用上式消除被控质量特征的量纲对控制界限和统计变量的影响, 将反映相同或相似工序质量变异情况的不同质量数据转化成服从相同统计分布的数据形式, 再利用同一种统计方法进行分析, 揭示不同但相关的统计特征量之间的统计关系及规律, 达到充分利用同一种加工环境的历史数据和部分相关数据的目的, 有效地解决了数据不足对小批量生产中的质量控制的界限的确定问题.

分类成族是成组技术的基础, 分类成族的依

收稿日期: 2001-10-11; 修订日期: 2001-12-30

基金项目: 河南省重点科技攻关计划项目(991140315)

作者简介: 王发军(1973-), 男, 河南省温县人, 郑州大学硕士研究生, 主要从事计算辅助质量管理方面的研究.

据是工序的相似性,分类的结果是形成零件族.采用不同的相似性标准,可将零件划分为具有不同属性的零件族.零件的分类方法主要有生产流程分析法、编码分类法、柔性分类法等.

分类系统是为了达到一定的分类目的和要求

而采用的相应分类原理、规则和步骤所构成的一个体系的总称.分类系统按照不同的目的和要求,根据外形、尺寸、精度等特征因素对零件进行分类.如轴类零件的分类系统<sup>[3]</sup>如图 1 所示.

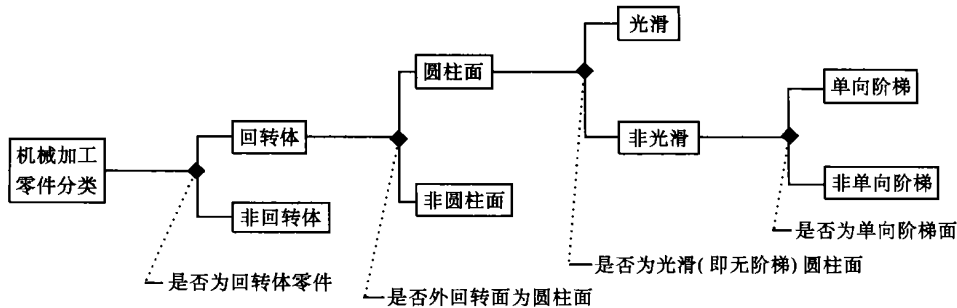


图 1 决策树式分类系统结构示意图

Fig.1 The sketch map of the structure of the classify system of the decision-making tree style

按照上述的分类方法,将轴类零件一级级细分到不能再分,然后按照分级的最底层,作为一族.如图 1 分出光滑圆柱面、单向阶梯非光滑圆柱面和非单向阶梯非光滑圆柱面.

将每一族的加工数据严格按照分类族分别储存.在存储时,不仅要考虑加工的零件的轮廓形状及结构特征是否相似,同时还要考虑加工的方法,零件的材质等是否相似,也就是说,必须使存储在同一矩阵里的数据来自相似的加工过程.对于历史数据的存储,可利用数组和矩阵的形式,如式(2)所示.

$$H_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} & \overline{x_1} & R_1 \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} & \overline{x_2} & R_2 \\ x_{31} & x_{32} & \cdots & x_{3n} & \overline{x_3} & R_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} & \overline{x_m} & R_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中:  $i=1,2,\cdots,m$ ;  $j=1,2,\cdots,n,n+1,n+2;m$  (一般不少于 25) 为加工的样本组数;  $n$  (一般取 5 件) 为加工样本组容量.

在现行的加工过程中,将采集并经成组技术处理的  $n \times m'$  个过程质量控制数据,按照式(2)方式存储.如果  $m' < m$ ,这时就需要进一步基于工序相似性原理提取相应的历史数据.将相应的历史数据取出并填充到样本数据矩阵中,使现行控制图继承历史控制图的特征,利用加工过程的继承性,解决了现行加工过程控制数据量不足的问题.在提取历史数据时,同样要遵循提取的数据与现行的数据均来自相似的加工过程和统一的采样规则等基本条件,以保持过程质量控制的一致性.将采集的数据分别参照同一类型,按照式(1)

进行变换,即将所有符合正态分布  $N(u, \sigma)$  或近似正态分布的数据转换成符合标准正态分布  $N(0, 1)$ ,并将转换后的现行数据与历史数据进行融合,利用融合后的过程质量控制数据进行控制图建模.

利用成组技术的相似性和过程质量控制数据的继承性,可以对本加工族的加工过程质量控制数据起到有序累加的作用.通过上述基于成组技术的一系列变换、提取、填充等处理,可使本加工族的数据量累积扩大到满足控制图建模的要求.

2 控制图边界的确定

基于成组技术的相似性原理,利用数据的标准变换,将加工过程质量控制的现行数据与历史数据有机结合,即  $m = m' \cup m''$ ,其中  $m''$  为历史数据的样本组数.在此基础上,则可以确定  $\bar{X}-R$  控制图的边界控制限<sup>[3]</sup>.

2.1  $\bar{X}$  图控制限

根据加工过程质量控制的现行数据与历史数据,可绘制  $\bar{X}$  控制图,其控制限如式(3)所示.

$$\begin{cases} CL = \bar{\bar{X}}; \\ UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}; \\ LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}. \end{cases} \quad (3)$$

式中:

$$\begin{aligned} \bar{\bar{X}} &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H_{i(n+1)}; \\ \bar{R} &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H_{i(n+2)}; \\ A_2 &= \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}. \end{aligned}$$

2.2  $R$  图控制限

根据加工过程质量控制的现行数据与历史数据,可绘制  $R$  控制图,其控制限如式 (4) 所示.

$$\begin{cases} CL=R; \\ UCL=D_4R; \\ LCL=D_3R. \end{cases} \quad (4)$$

式中,

$$R=\frac{1}{m_i}\sum_{i=1}^mH_{i(n+2)};$$

$$D_3=1-3\cdot\frac{d_3}{d_2};$$

$$D_4=1+3\cdot\frac{d_3}{d_2}.$$

另外,系数  $d_2,d_3$  是随样本容量  $n$  而变化的系数,可由表 1 确定<sup>[3]</sup>.

表 1 控制图系数

Tab. 1 The coefficient of the control chart

$n$	$d_2$	$d_3$
4	2.059	0.880
5	2.326	0.864
6	2.534	0.848

利用成组技术的相似性,将多品种、小批量的加工过程转化成类似大批量的加工过程,并将现行数据与历史数据进行有机结合,有效地解决了过程质量控制数据量不足、无法确定控制图界限的问题.

3 结束语

本文利用成组技术,将一些零散的、表面上没

有任何联系的加工过程汇集成连续的加工过程,将那些看似没有联系的数据汇集成同类型的数据;利用加工过程质量控制数据的继承性,在保证过程质量控制一致性的基础上,进行必要的提取和填充,以建立足够的样本数据模型.根据此模型,绘制控制图,实现对机械加工过程进行监控,达到加工过程可控化的目的.研究表明,这种方法是解决多品种、小批量生产过程质量控制建模中数据量不足的有效途径之一,具有简便、可靠、易操作等特点.

但上述分析是建立在加工数据同分布的基础之上的,即各加工数据都符合正态分布,或各类数据分布类型相同,但参数可由期望或方差惟一表示的场合(如指数分布、泊松分布等).但在加工过程中,可能有各种各样的异常因素,因此加工数据就有可能不服从正态分布.因此需要进一步探讨对于通用情况下的数据转换模式,将符合各种不同分布的数据转换为同一种分布,再利用同分布条件下的方法,绘制出完全反映生产现状的控制图,对生产进行监控.

参考文献:

[ 1 ] 许香穗,蔡建国.成组技术[ M ].北京:机械工业出版社,2000.

[ 2 ] 张琳娜.精度设计与质量控制基础[ M ].北京:中国计量出版社,1997.

[ 3 ] 李为柱.2000 版ISO9000 族标准统计技术应用教程[ M ].北京:企业管理出版社,2001.

Discussin on the Applications of Group Technique in the Control Chart 's Mbdling

WANG Fa jun , ZHANG Lin na , ZHAO Feng xia

( College of Mechanical Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 ,China)

**Abstract** :In view of the question that the amount of the data isn ' t enough when controlled the quality of the pro - ducing process of many variety and small batch , This paper uses the theory of the comparability of GT( Group Tech - nology ) , and combines the data of the present and the history , and uses standard changes , and establishes the mod - eling of the sample data to control the quality of the producing process of many variety and small batch . So it can in - spect and control the production process by using the control chart . The research shows that this method is simple and easily realized and one of the effectively ways to solve the problem that the amount of the data isn ' t enough when controllng the quality of the prodution process of various kinds and small batch .

**Key words** : group technique ; process ; control chart ; quality control