

基于灰色关联理论的装配序列评价研究

朱晓林¹, 黄敏纯¹, 章嘉琼², 黄录官²

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院, 福建 福州 350108; 2. 合肥工业大学, 安徽 合肥 230009)

摘要:在分析影响产品装配序列的各种因素的基础上,建立了装配序列评价指标体系,并将灰色关联理论与专家估测法和权重概念相结合,提出了一种基于灰色关联理论的产品装配序列评价新方法,最后通过一个实例验证了该评价方法的可行性。

关键词:装配序列;评价指标体系;灰色关联理论;评价方法

中图分类号:TH162;TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2011)01-0044-04

产品装配质量如何,直接影响到产品的使用性能。有统计显示,产品的装配费用约占其制造成本的30%~50%^[1]。因此,产品装配是机电产品制造过程中的重要一环。

每一种产品一般都有多种不同的装配序列。装配序列不同,对应的产品质量、装配效率及装配成本等也不同^[2]。为了从多种可行的装配序列中生成适合企业生产条件且工艺性优良的装配序列,必须采取科学、有效的评价方法,对机电产品的装配序列进行评价,以获得满意的装配序列。目前,国内外学者在装配序列的评价方面已做了一些研究,如Homen de Mello等人采用装配柔性、装配并行度和装配时间/成本3个标准来评价装配序列的好坏^[3];殷晨波等人从装配作业时间的角度对装配序列进行评价^[4]。此外,多数学者都采用模糊数学理论对装配序列进行评价,而将灰色关联理论应用于装配序列评价方面的研究还较少见报道。

1 装配序列评价指标体系

对机电产品装配序列进行高效、合理评价,不仅是确保产品顺利生产的切实需要,也是数字化预装配(虚拟装配)中装配工艺规划的重要研究内容。

对产品装配序列进行评价,首先要建立科学、合理的评价指标体系。本文将“绿色制造”理

念^[5]引入机电产品装配序列评价中,建立由装配质量、装配效率、经济性、环境属性和宜人性等5大类指标组成的产品装配序列评价指标体系,每一大类指标又可进一步分为若干项子指标,如图1所示。

2 装配序列评价方法

在对机电产品装配序列进行评价时,将涉及众多的评价因素和评价指标。在这些因素和指标中,既有定量因素和指标,又有定性因素和指标;而且有的信息不完全,有的因素和指标之间的关系不明确,所以不易采用传统的经典数学方法来处理。灰色关联分析理论是一种系统分析技术,是分析系统中各因素之间关联程度的方法;它提供了解决上述问题的合理、有效的方法。故本文将灰色关联理论运用到机电产品装配序列评价中,作为装配序列评价方法中的一个重要组成部分。此外,由于有的评价指标目前尚无对应的标准,且各项评价指标在不同产品的装配序列评价中的影响程度也不同,所以,本文还将专家估测法及权重的概念和确定方法引入产品装配序列评价中,从而确保装配序列评价结果的科学性和准确性。

机电产品装配序列评价方法实施步骤如下:

第1步,确定参考数列 $\{x'_0(1), x'_0(2), \dots,$

收稿日期:2010-09-15

基金项目:福州市科技计划资助项目(2009-G-115);福州大学教改资助项目(2009-8)

作者简介:朱晓林(1976-),男,福建马尾人,实验师,高级程序员,硕士,主要研究方向为网络化制造等。

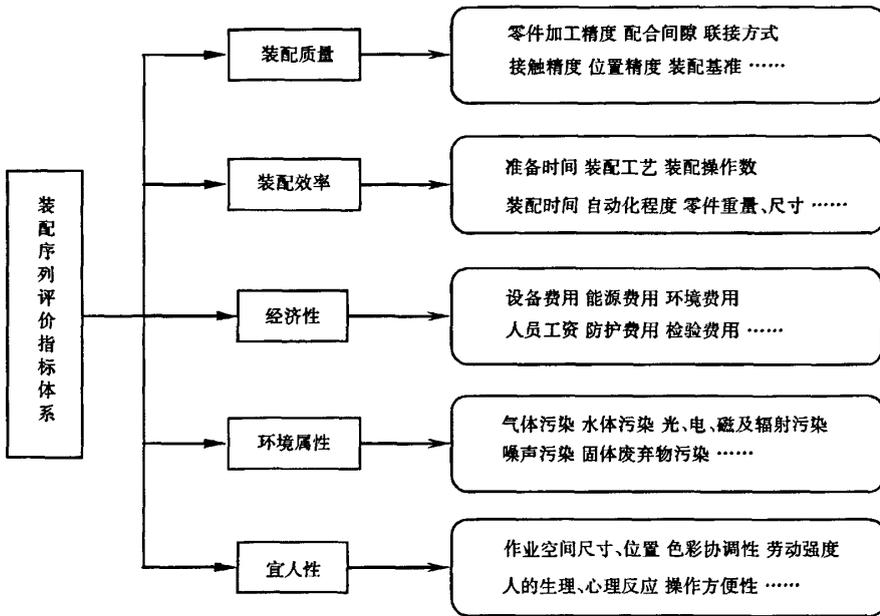


图 1 装配序列评价指标体系

Fig. 1 The evaluation index system of assembly sequence

$x'_0(n)$ 。

在确定参考数列时,不一定要把所有的因素(参考指标)都考虑进去,而应该把一些主要的、对产品装配序列生成有较大影响的因素选择进去。如果评价时面面俱到,把所有因素都考虑进去,反而会适得其反,分散了对主要因素的评价。

在产品装配序列评价的各种参考指标中,有的参考指标有对应的标准值(如国标),有的没有对应的标准值;有的标准值为数字,有的是文字或图表等,所以应先采用专家估测法对非数字的参考指标进行改造,以构造出符合灰关联分析要求的参考数列,即

$$X = \{x''_0(1), x''_0(2), \dots, x''_0(n)\}$$

其中, $x''_0(1)$ 、 $x''_0(2)$ 、 \dots 、 $x''_0(n)$ 分别表示选定的参考指标的实际值或改造后的数值。

本文采用的专家估测法的具体操作方法如下:由每位专家分别独立地给非数字的参考指标赋予一个非负实数 $a_i (i=1, 2, \dots, l, l$ 为专家总人数);在 a_i 中找出最大值 M_i 和最小值 m_i , 即 $M_i = \max_{1 \leq i \leq l} \{a_i\}$, $m_i = \min_{1 \leq i \leq l} \{a_i\}$; 根据经验,适当选取正整

数 P , 利用公式 $D = \frac{M_i - m_i}{P}$, 计算出把新的参考指

标分成 P 组的组距 D , 并将新的参考指标从小到大分成 P 组; 计算落在每组内的新参考指标的频

数与频率; 根据频数与频率分布情况, 确定改造后的参考指标(一般取最大频率所在分组的组中值作为改造后的参考指标)。

第 2 步, 确定评价数列 $\{x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(n)\}$ 。

在产品装配序列评价的各种评价指标中, 有的评价指标值为数字, 有的为文字或图表等; 所以, 也要通过专家估测法对不合要求的评价指标值进行改造, 以构造出符合灰关联分析要求的评价数列。

在进行装配序列评价时, 根据企业的实际生产情况, 确定评价数列的数量 (i), 即可行的装配序列的个数。

第 3 步, 对参考数列和评价数列中的各元素

分别进行初值化处理, 即根据通式 $x = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$, 分别

求出 $x_0(k)$ 和 $x_i(k), k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m$; 于是得到新的参考数列 $\{x_0(k)\}$ 和新的评价数列 $\{x_i(k)\}$ 。

第 4 步, 求关联系数。

根据公式

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}$$

求出 $\{x_i(k)\}$ 对 $\{x_0(k)\}$ 在第 k 点的关联系数 $\xi_i(k)$ 。其中, $\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 为两级最小差, $\max_i \max_k \Delta_i(k)$ 为两级最大差, ρ 为分辨系数(在机电产品装配序列评价中,可取 $\rho=0.5$), $\Delta_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$ 为 $\{x_0(k)\}$ 与 $\{x_i(k)\}$ 在第 k 点的绝对差。

第 5 步, 确定各评价指标的权重, 并进行归一化处理。

由于各个评价指标在机电产品装配序列评价中所占的地位或所起的作用不同, 所以引入权重的概念和理论, 以区别各个评价指标在该产品装配序列评价中的重要程度。本文采用专家估测法确定权重, 并根据公式 $a_i = \frac{a'_i}{\sum_{i=1}^n a'_i}$, 进行归一化处理, 得权重向量 (a_1, a_2, \dots, a_n) 。

第 6 步, 求关联度。

把前面求出的关联系数和权重代入 $\gamma_i = \sum_{k=1}^n a_k \xi_i(k)$, 得到评价数列 $\{x_i(k)\}$ 与参考数列 $\{x_0(k)\}$ 的关联度 γ_i 。

第 7 步, 将上面求出的关联度按从大到小的次序排列, 得灰关联序。

根据关联度最大原则, 最大关联度对应的装配序列就是最佳的产品装配序列。

3 装配序列评价实例

下面以本项目合作单位“福州先行机柜制造

有限公司”的某一产品为例, 验证本文提出的机电产品装配序列评价方法的可行性。

该产品由柜体、断路器、状态指示仪、热继电器、带电显示器、指示灯、熔断器、开关按钮、抑制器及接触器等组装而成。对该产品的装配要求有: ①接线方便、劳动强度低; ②同一型号部件应保证组装一致性; ③装配方便、效率高, 如在安装元器件时, 不应受到空间的妨碍, 不应有触及带电体的可能; ④对螺钉过孔、边缘及表面的毛刺、尖峰等应打磨平整后再涂敷导电膏; ⑤紧固件要注意相应的扭矩, 留有足够的操作空间; ⑥所有电器元件及附件均应固定安装在支架或底板上, 不得悬吊在电器或连线上; ⑦便于标号的粘贴, 且粘贴位置应明确、醒目; ⑧各种电气元件和装置的电气间隙应符合规定; ⑨保证一、二次线的安装距离; 等等。

经过分析可知该产品有 3 种可行的装配序列。根据该企业的实际生产情况, 选取配合间隙、装配时间、设备费用、人员工资、作用空间尺寸和位置、劳动强度、操作方便性等项指标进行该产品装配序列的评价。

经过专家估测法、初值化处理的参考数列和评价数列见表 1 所示。表 1 还包括经过专家估测法和归一化处理的各项评价指标对应的权重值。

表 1 装配序列评价数据表

Table 1 The evaluation data table of assembly sequence

	配合间隙	装配时间	设备费用	人员工资	作业空间 尺寸和位置	劳动强度	操作方便性
$x_0(k)$	0.22	0.21	0.22	0.24	0.33	0.45	0.32
$x_1(k)$	0.28	0.28	0.24	0.25	0.19	0.3	0.19
$x_2(k)$	0.26	0.23	0.26	0.26	0.26	0.4	0.26
$x_3(k)$	0.24	0.28	0.28	0.26	0.22	0.3	0.23
权重值	0.11	0.14	0.13	0.14	0.16	0.17	0.15

根据表 1 中的数据可求出 3 种装配序列的关联系数如下:

$$\xi_1(k) = \{0.63, 0.59, 0.89, 1.0, 0.4, 0.38, 0.41\}$$

$$\xi_2(k) = \{0.74, 0.89, 0.74, 0.89, 0.59, 0.68, 0.63\}$$

$$\xi_3(k) = \{0.89, 0.59, 0.63, 0.89, 0.46, 0.38, 0.52\}$$

根据上述关联系数和权重值, 可求出评价数列 $\{x_i(k)\}$ 与参考数列 $\{x_0(k)\}$ 的关联度如下: $\gamma_1 = 0.5977, \gamma_2 = 0.7313, \gamma_3 = 0.6032$ 。

把上面求出的关联度按从大到小的次序排序, 得灰关联序: $\gamma_2 > \gamma_3 > \gamma_1$ 。由于 $\gamma_2 = \max\{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3\}$, 根据关联度最大原则可知: 第 2 种装配序列是该产品的最佳装配序列。

4 结语

机电产品制造业的技术水平是一个地区制造业发展水平和科技实力的综合反映,也预示着经济可持续发展的后劲,而产品装配在整个机电产品制造过程中又占有举足轻重的地位。

由于产品装配的复杂性和多样性,迄今为止对装配序列的研究仍未能达到令人十分满意的程

度。本文在分析影响装配序列的各种因素的基础上,建立了符合当前“绿色制造”理念的机电产品装配序列评价指标体系。并以灰色关联理论为主,结合专家估测法和权重概念,提出基于灰色关联理论的产品装配序列评价方法。本文探讨的产品装配序列评价方法不仅可用于对企业现实产品装配序列的评价,也可用于虚拟装配中零部件装配工艺规划的研究。

参考文献:

- [1] 张嘉易,王成恩,马明旭,等. 产品装配序列评价方法建模[J]. 机械工程学报,2009,45(11):218-224.
- [2] 周开俊,李东波,许焕敏. 一种产品装配序列的评价方法[J]. 计算机集成制造系统,2006,12(4):563-567.
- [3] 付宜利,田立中,储林波. 基于模糊评判的装配序列生成[J]. 哈尔滨工业大学学报,2002,34(6):739-742.
- [4] 殷晨波,钟秉林,易红. 基于时间的装配顺序评价方法研究[J]. 东南大学学报,1999,29(2):38-43.
- [5] 李磊,魏生民,张军波. 装配序列的模糊综合评价[J]. 中国机械工程,2003,14(18):1606-1609.
- [6] 王孝义,张友良,张帆. 装配序列评价研究[J]. 中国机械工程,2005,16(13):1165-1169.
- [7] 张刚,侯强,李火生,等. 复杂结构产品装配序列评价方法研究[J]. 机械设计与制造,2007(1):132-134.
- [8] 黄敏纯,高诚辉,林述温,等. 绿色制造评价系统与评价方法的研究及应用[J]. 中国环境科学,2001,21(1):38-41.

Research for Assembly Sequence Evaluation Based on Grey Relevance Theory

ZHU Xiao-lin¹, HUANG Min-chun¹, ZHANG Jia-qiong², HUANG Lu-guan²

(1. College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fujian Fuzhou 350108, China;
2. Hefei University of Technology, Anhui Hefei 230009, China)

Abstract: After analyzing the various factors of influencing product assembly sequence, the assembly sequence evaluation index system is founded. Next, the grey relational theory, expert estimate method and weight concept were combined to propose a new method of product assembly sequence evaluation based on the grey relational theory. In the end, the feasibility of this evaluation method is verified by a practical example.

Keywords: assembly sequence; evaluation index system; grey relevance theory; evaluation method

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)