

DOI:10.13196/j.cims.2015.02.021

大规模定制环境下基于零件复杂度模型的工时估算

陈友玲, 王尧, 谢淑红
(重庆大学 机械工程学院, 重庆 400044)

摘要:针对大规模定制环境下产品种类多、工时制定困难的特点,为了能够快速且准确地获取产品工时,研究了零件复杂度与工时之间的关系,提出一种基于零件复杂度的工时估算方法。通过对零件进行分析,找出影响零件加工时间的关键因素,从零件拓扑关系和工艺属性着手,根据零件拓扑关系相似性原理与三维结构模型,分别构建零件拓扑结构复杂度和零件工艺属性复杂度计算模型;根据编码搜索原则和数据库中的工时信息,运用MATLAB软件编程确定零件复杂度和工时之间的函数关系,从而快速准确地计算出新零件的加工时间。最后通过应用实实验证了该方法的有效性。

关键词:零件复杂度模型;零件拓扑结构;大规模定制;工时估算

中图分类号:TH16 **文献标识码:**A

Labor hour estimation in mass customization based on part complexity model

CHEN You-ling, WANG Yao, XIE Shu-hong

(School of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: According to many kinds of product, it was difficult to get labor time in mass customization environment, the relationship between complexity of new part structure and labor time was researched to obtain the labor hour quickly and accurately, and a labor time estimation method was proposed based on the part complexity. Through analyzing the parts, the key factors affecting part processing time were found out. According to the part topological relations similarity principle and three-dimensional structural model, the computational models of part topology complexity and part process complexity were constructed respectively. Based on the code search principle and the labor time information in database, the functional relation between part complexity and labor hour was confirmed by programming with MATLAB software, which could calculate the processing time of new part quickly and accurately. The proposed method was verified to be feasible by an example.

Key words: part complexity model; part topology; mass customization; labor time estimation

0 引言

随着现代市场竞争的加剧,企业之间的竞争开始转向基于时间的竞争和基于客户需求的竞争^[1],为客户提供个性化的产品和服务,全面提高顾客满意度,已经成为企业追求新的竞争优势的一种必然趋势。因此在不牺牲规模经济的情况下,通过高度

灵敏、柔性和集成的过程为顾客提供个性化产品的大规模定制(Mass Customization, MC)生产模式,引起了国内外的关注。大规模定制通过产品结构和制造过程的重组,运用高新技术,将产品的定制生产问题全部或部分转化为批量生产,从而以大规模生产的成本和速度为顾客提供一个很大的产品品种选择范围^[2-3]。

收稿日期:2013-12-18;修订日期:2014-04-14。Received 18 Dec. 2013; accepted 14 Apr. 2014.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71271224)。**Foundation item:** Project supported by the National Natural Science Foundation, China(No. 71271224).

工时估算是制造企业成本预算、交货期估算及绩效管理的重要依据,是衡量企业生产效率和市场反应速度的指标。大规模定制环境下的生产过程有别于传统生产过程,客户需求多样性、订单随机、生产柔性大等特点造成制造时间稳定性差、波动性大和基础数据获取困难。而当前针对大规模定制这一特定生产模式下的工时估算方法的研究还不成熟,传统的定额方法已不能满足企业和顾客对工时估算的高效率和高精度要求,严重影响着大规模定制型生产企业的管理水平^[4]。因此,研究在大规模定制环境下如何低成本、高效率地估算产品制造工时,具有十分重要的意义。大规模定制产品按照加工特点,可以分为标准件、外购件和新设计零件,前两者的加工时间在企业的零件标准库中都有相应的数据,因此本文讨论的重点是如何快速准确地估算新设计零件的加工时间。

在工时估算方面,目前常用的方法有计算机辅助计算法、经验估计法、类推比较法、人工查表法和神经网络法等。如赵宁等提出了虚拟生产线集成仿真平台思想,阐述了集成仿真平台中的工时定额规划方法^[5];杨青海等分析了零件工时定额的确定方法和用

于零件工时估算的事物特性表的构建方法,并提出零件工时估算的相似性机理与过程模型^[6];Ergun 提出通过神经网络算法构建历史时间数据的模型,估算具有相似工序的产品工时^[7]。可以看出,在工时估算领域,前人进行了有益的探索,但还存在一些不足:使用神经网络算法进行工时估算时需要大量的量化数据,并且操作复杂,影响工时估算速度;文献^[6]提出的实例推理技术(Case-Based Reasoning, CBR)估算方法中,涉及通过专家确定权重系数,存在一定的主观性。

本文从零件拓扑结构和零件工艺属性两方面出发定义零件的复杂度,并分析零件复杂度与工时之间的关系,提出一种基于零件复杂度的工时估算方法,在缺乏大量量化数据的情况下,为大规模定制生产企业提供一种快速、客观的估算零件加工时间的新方法。

1 基于零件复杂度的工时估算过程路线

建立基于零件复杂度的工时估算路线,如图 1 所示。

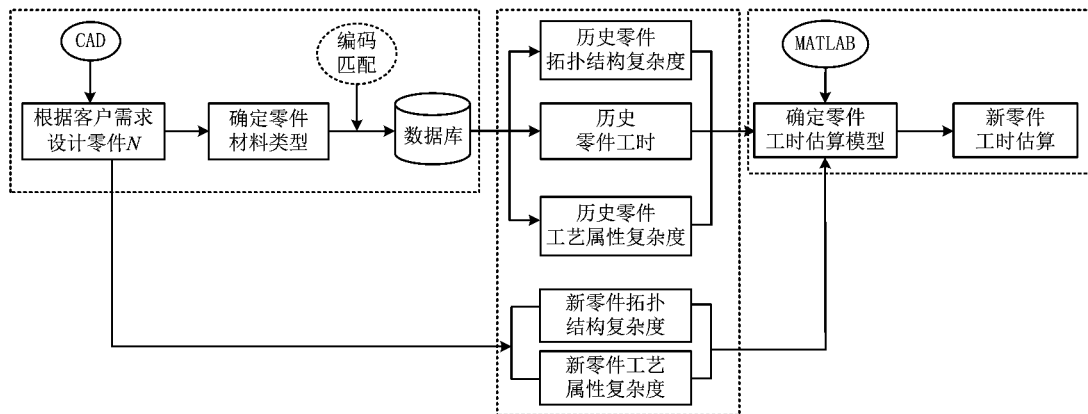


图1 基于零件复杂度的工时估算路线

(1) 第一阶段 零件编码技术在生产制造企业的应用越来越广泛^[8]。在确定新设计零件的材料类型后,运用编码技术从历史数据库中进行新零件匹配,输出相同材料类型的零件加工数据。

(2) 第二阶段 根据图论^[9]和文献^[10-11]中关于零件结构相似度的计算模型,确定零件拓扑结构复杂度 C_T ;从加工精度、零件加工体积和零件特征表面积三个维度出发,构建计算零件工艺属性复杂度 C_S 的数学模型。

(3) 第三阶段 利用 MATLAB 软件对输出的

3 种数据进行多元拟合,得到历史零件工时与相对应零件的拓扑结构复杂度及工艺属性复杂度之间的函数关系,确定零件工时估算模型。

2 确定零件复杂度

零件的加工时间在不同程度上受零件加工特征的影响。对同一个对象而言,针对不同的目的可能有不同的特性需求,因此需要根据不同目的进行事物特性描述,即研究问题最关心的那些特性,而不是对象的全部事物特性^[12]。零件复杂度可以定义为

零件在制造过程中相对于某一标准的难度值。零件复杂度模型必须充分考虑零件本身所具有的对零件加工时间具有显著影响的特征信息,在充分结合实际案例及专家意见的基础上,本文的零件复杂度模型包括两方面:①各种不同加工特征之间存在的空间位置关系,即拓扑关系;②与零件加工特征本身密切相关的信息,即零件的工艺属性。因为拓扑和工艺属性信息可以从计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)模型中直接提取,所以能够快速方便地计算零件复杂度,提高了本文方法的通用性和实用性。

2.1 零件拓扑结构复杂度计算模型

借鉴图论的思想描述零件加工特征的拓扑关系。图论中的图是由若干给定的点及连接两点的线所构成的图形,这种图形通常用来描述某些事物之间的某种特定关系。在零件加工特征的拓扑关系图形中,加工特征用圆圈表示,两个加工特征之间的邻接关系与包含关系分别用线段和箭头表示。图 2 所示为某零件的示意图,图 3 所示为相对应的零件加工特征拓扑关系图。从图中可以清楚地看出,加工特征 1 与加工特征 2 之间是邻接关系,加工特征 2 与加工特征 4 之间也是邻接关系,加工特征 3 与加工特征 4 之间是包含关系。

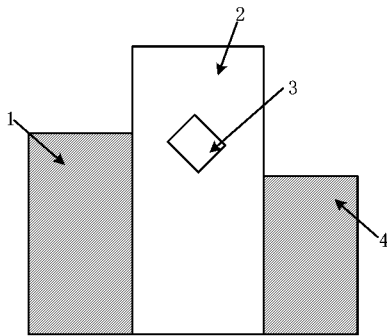


图2 某零件示意图

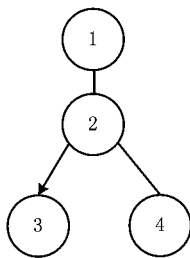


图3 零件加工特征拓扑关系

对于零件加工,零件特征的数目会直接影响加工成本和加工时间,这里引入零件拓扑结构复杂度

的概念,即零件特征的拓扑结构相对于某一标准的复杂度。零件的总形体可划分为若干个部分,每一部分是某一种基本形体,分为长方体、圆柱体、圆锥体和棱柱体等基本类型。因此,零件可以看作是具有一定拓扑关系的几何实体之间的联系。这些形状是在毛坯的基础上,通过一定处理加工产生的。定义零件拓扑结构复杂度的计算步骤为:

(1)设毛坯 A 的形状特征个数为 G_F 、特征关系的数量为 G_R ,零件 L 的形状特征数量为 H_F 、特征关系数量为 H_R ,毛坯和零件相对应的特征个数为 m 、对应的关系数量为 n 。引入相似度的概念,通过计算两零件的相似度 S 来度量零件拓扑结构的相似程度。零件与毛坯的拓扑结构相似度

$$S(AL) = \frac{1}{M+N} \left(\sum_{i=1}^m \alpha_i f_i + \sum_{j=1}^n \beta_j r_j \right) \quad (1)$$

(2)因为零件与毛坯越相似,需要加工的零件形状特征越少,所以可以将零件与毛坯相似度的倒数作为零件的拓扑结构复杂度 C_T ,

$$C_T = \frac{1}{S(AL)} = \frac{M+N}{\left(\sum_{i=1}^m \alpha_i f_i + \sum_{j=1}^n \beta_j r_j \right)} \quad (2)$$

式中: $M=G_F+H_F-m$, $N=G_R+H_R-n$; f_i 和 r_j 分别为对应特征类型之间的相似属性值和对应特征关系的相似属性值,对于拓扑结构复杂度计算,特征类型和特征间关系这个要素的影响同等重要,因此 f_i 和 r_j 均取值为 1; α_i 和 β_i 分别为形状特征之间的相似系数,如果相应特征的类型相同,则 $\alpha_i=1$,否则为对应特征的全部类型数的倒数, β_i 的取值同理^[10]。如图 4 所示。

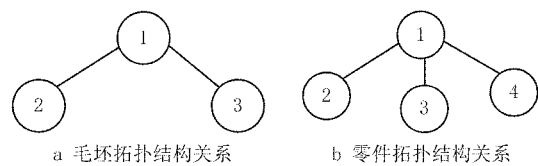


图4 零件拓扑结构复杂度计算示意图

在图 4 中,编号相同的特征的类型一致,则零件的拓扑结构复杂度计算如下:

$$C_T = \frac{(4+3-3) + (3+2-2)}{(1 \times 1 + 1 \times 1 + 1 \times 1) + (1 \times 1 + 1 \times 1)} = 1.4$$

2.2 零件工艺属性复杂度

在工艺属性统计方面,有很多学者做了有益的研究。属性统计指提取零件的工艺属性值(如零件尺寸、表面粗糙度)作为零件工艺描述算子。Corn-

ey 等^[13]提取了表面积、体积、表面积/体积、最长边/最短边、卷缩度(表面积/具有相同体积的球体的表面积)、紧密度(体积²/表面积³)、面的数量、孔的数量 8 个几何特性值,构成全局向量; Antonio Cardone 等^[14]提出以加工方向、特征类型、特征体积、特征尺寸和特征群基数作为评估零件相似性的基础。根据文献资料、领域专家的实际经验和实际经验,决定从加工精度、零件加工体积和零件特征表面积三个维度,构建零件的工艺属性复杂度计算模型。

2.2.1 加工精度复杂度

在实际加工过程中,从使用角度和制造的经济性考虑,允许加工过程中的实际值与理想值存在不同程度的偏差,加工精度即为所能接受的最大偏差,它表示了零件的制造精度要求,反映了加工的难易程度。在实际加工过程中,加工精度通过影响进给速度、加工方法和工艺安排等来影响加工时间。根据国际标准公差等级表,将公差等级值取为加工精度复杂度,其中 IT01 对应的加工精度复杂度是 20,依次类推。如果零件某个特征的加工精度要求为 IT17,则该零件特征的加工精度复杂度为 2。

2.2.2 零件加工体积及特征表面积复杂度

按照零件的设计要求安排一定的工艺,对毛坯进行加工,形成能够满足顾客需求的功能特征。由毛坯到满足功能的零件,毛坯在体积上发生了变化,需加工的特征体积对加工时间产生了影响。如果形体结构简单,则可运用相对应的体积公式计算特征体积,但对于复杂的形体,计算过程往往比较繁琐。Vandenbrande 等^[15]提出通过几何推理,由痕迹产生对应的特征体积,然而该方法过于繁琐,不能满足快速确定零件加工体积的要求。

零件特征的加工面积,是指为了达到功能需求而形成的加工特征的表面积。零件特征表面积是衡量特征表面所占范围的一种方便的客观度量,它完全由物体或区域的边界决定。然而在零件加工过程中,加工表面往往较多且表面形状不规则,这种情况大多采用微积分等数学算法,该方法计算速度较慢,因此借助 CAD 软件中的先进功能确定零件特征体积和表面积,并以零件加工体积(毛坯体积与零件各特征体积之差)的取值为零件加工体积复杂度赋值,以零件特征表面积的取值为零件特征表面积复杂度赋值。

2.2.3 零件工艺属性复杂度计算模型

从加工特征精度复杂度、零件加工体积复杂度

和零件特征表面积复杂度三个互不相关的维度评价零件的工艺属性复杂度。图 5 所示为一个三维模型结构图。

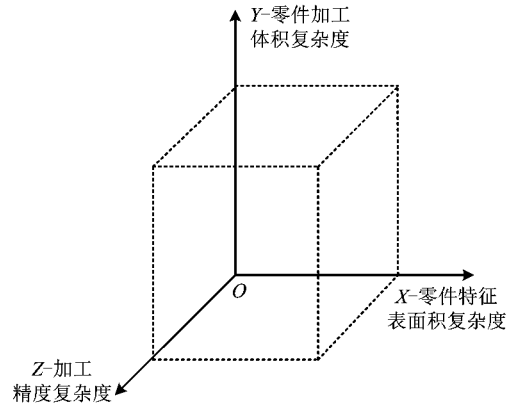


图5 工艺属性三维模型

令零件工艺属性复杂度为 C_s 。根据不同加工精度的要求,将图 5 中 X, Y 和 Z 三个维度构成的六面体的体积作为该零件的工艺属性复杂度。假设零件有 n 个加工精度要求,加工精度等级 IT18 对应的零件特征表面积为 S_{18} ,对应零件特征的加工体积为 V_{18} ,其他加工精度等级对应各自的零件加工体积和特征表面积,则零件工艺属性复杂度

$$C_s = 1 \times S_{18} \times V_{18} + 2 \times S_{17} \times V_{17} + \dots + 20 \times S_{01} \times V_{01} \quad (3)$$

3 零件复杂度与工时的回归分析

在实际工程应用和科学实践中,经常需要寻求两个(或多个)变量间的关系,但是只能通过观测得到一些离散的数据点,针对这些离散的数据点进行回归分析,便可以发现变量间的关系。常用的回归分析软件有 SPSS 软件、R 软件、EXCEL 软件和 MATLAB 软件等。MATLAB 语言具有强大的科学计算和数据处理能力,并拥有大量的数学运算函数,这些函数都经过优化和容错处理,其鲁棒性和可靠性非常高。在计算要求相同的情况下使用 MATLAB 语言编程能够大大减少工作量,而且还因为它具有较高的运算精度,一般能够满足工程要求^[16]。为了能够快速获得时间计算模型并确保该模型的计算精度,本文使用 MATLAB 软件,对在实际案例中取得的数据进行回归分析。

设某零件的拓扑结构复杂度为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,工艺属性复杂度 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$,产品加工时间 $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ 。为了获得最优的双

变量回归模型,选用 3 种典型常用函数公式进行分析。

(1)对数函数

$$Z = a + b \ln X + c \ln Y; \quad (4)$$

(2)指数函数

$$Z = AB^XC^Y \Rightarrow z = a + bX + cY,$$

z, a, b, c 分别为 $\ln Z, \ln A, \ln B, \ln C$ 。 (5)

(3)多项式函数

$$Z = a + b_0X + b_1X^2 + b_2X^3 + c_0Y + c_1Y^2 + c_2Y^3。 \quad (6)$$

可以通过在 MATLAB 软件中对 3 种函数进行编程确定模型 $Z = F(X, Y)$,并得出拟合优度 R^2 的数值,其中 R^2 越大表示所得函数模型拟合的精度越高。一般程序如下:

```
>>X=[x1 x2 x3...xn]';
>>Y=[y1 y2 y3...yn]';
>>Z=[z1 z2 z3...zn]';
>>[b,bint,r,rint,stats]=regress(Z,[ones(size(Z)),X,Y])
>>b,bint,stats,
>>rcoplot(r,rint)
```

4 应用实例

D 公司是一家集研发、设计与制造为一体的专业机械制造公司,该公司在生产制造各种精密零件、五金件方面具有悠久的历史。随着市场竞争的加剧,客户对产品的个性要求越来越高,为了能够保持效益持续增长,公司开始注重满足顾客个性化要求的产品的设计与生产。现公司收到客户订单,要求生产传动轴组件,该组件由套筒、齿轮、轴和键四种零件组成,其中:轴是需要按要求重新设计的零件,齿轮是标准件,套筒和键是外购件。为了争取客户订单,D 企业需要快速提供比较准确的交货期与产品报价,因此需要对轴零件的加工时间进行估算。在多年的制造过程中,公司积累了大量零件加工的工时数据,为基于零件复杂度估算零件加工时间提供了条件。

4.1 确定新零件的复杂度

为满足客户的要求,D 企业的设计团队设计了如图 6 所示的双向台阶轴,该零件的材料采用 45 号钢,零件两端有中心孔、倒角、退刀槽。图 6 为该双向台阶轴的 CAD 尺寸图。

(1)计算零件的拓扑结构复杂度。根据上述零件拓扑结构的标示方法,做该零件的拓扑关系图如图 7 所示,其中圆圈中的数字与零件 CAD 尺寸图中

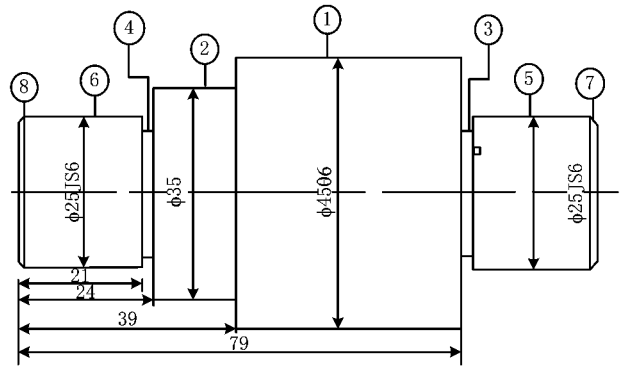


图6 新零件尺寸图

的圆圈标注相一致。考虑到相同零件特征的不同位置关系,将相同零件特征分开计算。该零件由直径 60 mm、长度 120 mm 的圆柱型毛坯加工而成。因此按式(1)计算得该零件的拓扑结构复杂度 $C_T = 19$ 。

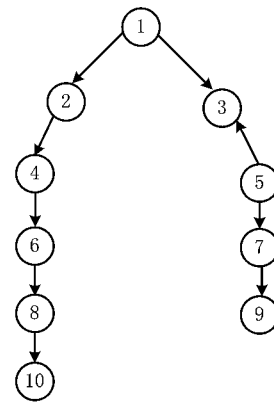


图7 新零件加工特征拓扑关系

(2)计算零件的工艺属性复杂度。依据图 6,按加工精度等级对加工表面进行归类。使用 AutoCAD 软件分别计算零件特征加工体积和零件特征表面积。对于未标注的表面加工等级,由企业经验丰富的专家根据国际公差等级表与 GB/T1804-2000《未注公差的线性和角度尺寸公差》的要求确定。最后根据式(3)确定新零件的工艺属性复杂度 $C_S = 1.764$ 。

4.2 确定基于产品复杂度的工时估算模型

对企业现有的工时数据库进行零件筛选,寻找与新设计零件材料类型一致的零件,按上述步骤计算零件拓扑结构复杂度与零件工艺属性复杂度。选取数据库中 13 组材料类型一致的零件,使用 MATLAB 软件编程进行数据拟合,得出新设计零件的工时定额模型,并用另外 5 组零件数据对工时定额模型进行检验。待拟合数据如表 1 所示。

表 1 待拟合数据

零件编码	零件编号	X-拓扑 结构复杂度	Y-工艺 属性复杂度	Z-模特法 时间/min
Z1011	P ₁	18	1.638	66
Z1015	P ₂	22	1.899	71
Z1016	P ₃	18	1.258	61
Z1028	P ₄	40	3.950	152
Z1030	P ₅	30	4.855	163
Z1031	P ₆	35	2.677	144
Z1044	P ₇	37	5.321	220
Z1048	P ₈	24	3.255	132
Z1059	P ₉	48	2.866	164
Z1075	P ₁₀	30	7.454	234
Z1076	P ₁₁	45	3.562	172
Z1077	P ₁₂	26	4.561	142
Z1078	P ₁₃	35	5.552	225

使用 MATLAB 软件进行编程,使用上述数据求解 X 和 Y 对 Z 的影响模型。在软件的 Command Window 界面中,将式(4)~式(6)编入程序,从而得出影响模型。具体程序及结果如图 8~图 11 所示。

```

>>x=[18 22 18 40 30 35 37 24 48 30 45 26 35]';
>>y=[1.638 1.899 1.258 3.950 4.855 2.677 5.321 3.255 2.866 7.454
3.652 4.561 5.552]';
>>z=[66 71 61 152 163 144 220 132 164 234 172 142 225]';
>>X=log(x);
>>Y=log(y);
>>[b, bint, r, rint, stats]=regress(z, [ones(size(z)), X, Y]);
>>rcoplot(r, rint);
>>b, stats,
b=
-119.330 7
 48.644 1
 85.579 3
stats=
 0.906 4 48.440 0 0.000 0 374.950 9

```

图 8 对数函数拟合结果

```

>>x=[18 22 18 40 30 35 37 24 48 30 45 26 35]';
>>y=[1.638 1.899 1.258 3.950 4.855 2.677 5.321 3.255 2.866
7.454 3.652 4.561 5.552]';
>>z=[66 71 61 152 163 144 220 132 164 234 172 142 225]';
>>Z=log(z);
>>[b, bint, r, rint, stats]=regress(Z, [ones(size(z)), x, y]);
>>rcoplot(r, rint);
>>b, stats,
b=
 3.540 1
 0.022 1
 0.183 4
stats=
 0.946 0 87.671 4 0.000 0 0.013 5

```

图 9 指数函数拟合结果

```

>>x=[18 22 18 40 30 35 37 24 48 30 45 26 35]';
>>y=[1.638 1.899 1.258 3.950 4.855 2.677 5.321 3.255 2.866
7.454 3.652 4.561 5.552]';
>>z=[66 71 61 152 163 144 220 132 164 234 172 142 225]';
>>X1=x.^2;
>>X2=x.^3;
>>Y1=y.^2;
>>Y2=y.^3;
>>[b, bint, r, rint, stats]=regress(z, [ones(size(z)), x, X1, X2,
y, Y1, Y2]);
>>rcoplot(r, rint);
>>b, stats,
b=
-36.355 9
 8.590 3
-0.105 9
 0.000 3
-33.245 0
 12.806 0
-0.874 3
stats=
 0.953 5 20.496 3 0.000 9 310.709 9

```

图 10 多项式函数拟合

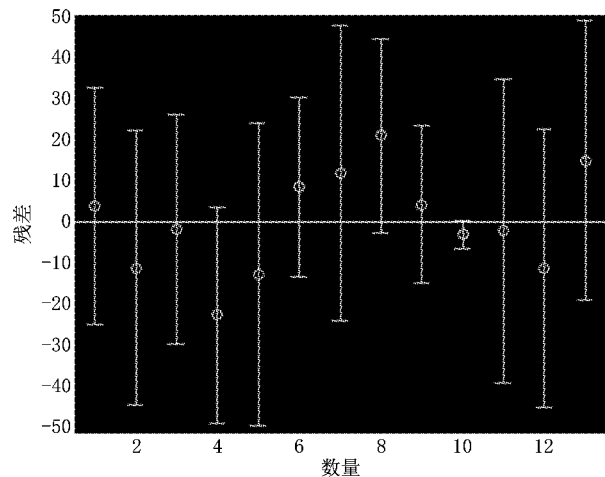


图 11 残差分析图

由结果可知,当使用多项式函数模型进行数据拟合时,拟合度 R^2 最高为 0.953 5,故选用多项式函数模型。因此求得的系数为:

$$\begin{aligned}
 a &= -36.355 9, b_0 = 8.590 3, b_1 = -0.105 9, \\
 b_2 &= 0.000 3, c_0 = -33.245, c_1 = 12.806, \\
 c_2 &= -0.874 3.
 \end{aligned}$$

所得的加工工艺复杂度和装配工艺复杂度对加工时间的影响模型为:

$$\begin{aligned}
 Z_i &= -36.355 9 + 8.590 3X_i - 0.105 9X_i^2 + \\
 &0.000 3X_i^3 - 33.245Y_i + 12.806Y_i^2 - 0.874 3Y_i^3.
 \end{aligned} \quad (7)$$

由图 11 可知,因为残差的置信区间均包含零点,所以该模型能很好地符合原始数据。

4.3 模型验证及确定新零件工时

将使用模型计算与使用模特法计算所得的加工

时间进行比较,求解结果如表 2 所示。

表 2 误差分析

零件编码	零件编号	C_T	C_S	模特法 时间/min	模型估算 时间/min	相对误 差/%
Z1201	P ₁₄	51	5.754	241	232	3.7
Z1203	P ₁₅	19	2.335	76	71	6.5
Z1223	P ₁₆	35	3.578	148	151	2.0
Z1228	P ₁₇	28	3.457	135	130	3.7
Z1230	P ₁₈	41	4.578	182	191	4.9
新零件	P	19	1.764	—	67	—

由表 2 可以看出,使用模型进行估算所得的加工时间与模特法计算所得的加工时间虽然存在一定误差,但是平均误差范围小于 5%,属于可以接受的范围。另外,通过产品结构复杂度估算的产品加工时间与模特排时法计算所得的加工时间相比有以下优势:①不需要对操作者进行直接、细致地观测,通过建立数学模型即可获得较准确的工时数据;②克服了工时制定工作量大的问题,能够较快地、客观地估算出工时定额。

5 结束语

本文对大规模定制环境下的零件工时估算进行研究,创新性地提出了零件复杂度的概念,并研究提出了一种基于零件复杂度的工时估算新方法。该方法通过综合分析影响零件复杂性的因素,将零件复杂度分为零件拓扑结构复杂度与零件工艺属性复杂度两方面,根据零件拓扑关系相似性原理与三维结构模型讨论了零件复杂度的计算方法。借助 CAD 技术,利用企业历史数据库,通过 MATLAB 软件进行多元拟合,确定三者之间的关系函数,最终建立了零件复杂度对产品加工时间的影响模型。与传统和现存的工时制定方法相比,本文所提出的基于零件复杂度的工时估算方法针对定制产品的工时估算具有较好的实用性和客观性。最后,通过计算 D 企业零件加工时间的实际案例,并将使用模型所得的估算时间与模特法所得时间进行比较,证明了本文工时估算模型的可行性。

参考文献:

[1] SHAO Xiaofeng, HUANG Peiqing, JI Jianhua. An analysis of mass customization[J]. Industrial Engineering and Management, 2001, 6(2): 13-17 (in Chinese). [邵晓峰, 黄培清, 季建

华. 大规模定制生产模式的研究[J]. 工业工程与管理, 2001, 6(2): 13-17.]

[2] PINE B J II. Mass customization—the new frontier in business competition [M]. Boston, Mass., USA: Harvard Business Press, 1993.

[3] SHAO Xiaofeng, JI Jianhua, HUANG Peiqing. Implementation conditions and operation modes for Internet-based mass customization[J]. Computer Integration Manufacturing Systems, 2001, 7(12): 53-56 (in Chinese). [邵晓峰, 季建华, 黄培清. 基于 Internet 的大规模定制的实施条件与运作模式[J]. 计算机集成制造系统, 2001, 7(12): 53-56.]

[4] XIAO Yingjiao, CHEN Youling, ZHOU Yujie. Method of determining modular time quota for order-oriented enterprise[J]. Application Research of Computers, 2011, 28(4): 1356-1359 (in Chinese). [肖莹娇, 陈友玲, 周玉杰. 面向订单的模块化时间定额的确定方法[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(4): 1356-1359.]

[5] ZHAO Ning, NING Ruxin, WU Zhijun. Research on process planning based on production line simulation[J]. Computer Integration Manufacturing Systems, 2005, 11(12): 1687-1691 (in Chinese). [赵宁, 宁汝新, 武志军. 基于生产线仿真的工艺规划研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(12): 1687-1691.]

[6] YANG Qinghai, QI Guoning, HUANG Zheren, et al. Evaluation method of machine hour of part based on case-based reasoning and SML[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(5): 99-105 (in Chinese). [杨青海, 祁国宁, 黄哲人, 等. 基于案例推理和事物特性表的零件工时估算方法[J]. 机械工程学报, 2007, 43(5): 99-105.]

[7] ERASLAN E. The estimation of product standard time by artificial neural networks in the molding industry[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2009: 1155-1167.

[8] WANG Xinyao. The research of coding and query system for rotational parts of friction welding machine [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2012 (in Chinese). [王昕尧. 摩擦焊机回转体零件编码及查询系统的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012.]

[9] XU Junming. Graph theory and its applications[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2010 (in Chinese). [徐俊明. 图论及其应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010.]

[10] WEI Junmin, JIN Sun, LIN Zhongqin, et al. Evaluating the similarity of components for product family design[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2007, 41(8): 1218-1222 (in Chinese). [韦俊民, 金隼, 林忠钦, 等. 产品族设计中的零件相似性评价方法[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(8): 1218-1222.]

[11] LIU Wenyu, LIU Juntao. Objects similarity measure based on skeleton tree descriptor matching[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2005, 24(6): 432-436 (in Chinese). [刘文予, 刘俊涛. 基于骨架树描述符匹配的物体相似性度量方法[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(6): 432-436.]

[12] BAO Zhongping. The article characteristics in database[M].

- Beijing: China Standard Press, 2002 (in Chinese). [鲍仲平. 数据库中的事物特性[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.]
- [13] CORNEY J, REA H, CLARK D, et al. Coarse filters for shape matching[J]. IEEE Computer Graphics and Application, 2002, 22(3): 65-74.
- [14] CARDONE A, GUPTA S K, DESHMUKH A, et al. Machining feature-based similarity assessment algorithms for prismatic machined parts[J]. Computer-Aided Design, 2006, 38(9): 954-972.
- [15] VANDENBRANDE J H, REQUICHA A A G. Spatial reasoning for the automatic recognition of machinable features in solid model[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(12): 1269-1285.
- [16] MU Naigang. Application of MATLAB in mathematics model[J]. New Technologies and Products, 2011(23): 45 (in Chinese). [穆乃刚. MATLAB 在数学建模中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2011(23): 45.]

作者简介:

陈友玲(1964—),女,重庆人,教授,研究方向:基础工业工程、生产管理,E-mail:cqcyyl@126.com;

王尧(1989—),男,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向:标准工时、标准化;

谢淑红(1990—),女,江西景德镇人,硕士研究生,研究方向:生产运作管理、知识管理。

“智能制造”专刊征文通知

当前,随着云计算、物联网、大数据、移动互联网等为标志的新一代信息技术的飞速发展,以信息技术为核心的新一代科技革命和产业变革正在蓬勃兴起,全球科技创新呈现出新的发展态势和特征。

智能制造是制造业产品、装备、生产、管理和服务智能化应用水平的体现,也是消费互联网向产业互联网转型创新的重要方向。为此,我国已将智能制造作为当前和今后一段时期实现两化深度融合、加速推进制造业转型升级和创新发展的重要途径,将智能制造作为国家重大专项加以重点推进,以智能制造为核心的中国制造业也因此迎来勃勃生机。

为了促进我国智能制造技术的研究和发展,加强学术交流和推广应用,增强我国智能制造装备技术和关键产品的自主开发能力,构建自主的智能制造产业体系和工业基础能力,推动以新业态、新模式、新机制为核心的智能制造发展,《计算机集成制造系统》编辑部拟开展“智能制造”专刊征文活动。旨在报道智能制造的相关方法、技术、系统等的最新研究成果和进展,热忱欢迎相关领域的专家和学者踊跃投稿。

一、征文范围

1. 以信息技术为核心的智能制造模式;
2. 基于知识的产品智能设计与仿真优化;
3. 基于 3D 打印的众包设计和创新创意设计;
4. 智能工业机器人;
5. 智能车间物流管控;
6. 智能制造知识管理;
7. 智能制造服务管理;
8. 工业互联网、制造物联网技术与互操作技术;
9. 工业大数据及其在智能制造中的应用;
10. 信息物理融合系统及智能工厂;
11. 基于工业云服务的智慧企业。

二、征文要求

1. 论文必须为原创,并且未被其他会议、期刊录用或发表;
2. 论文可以是围绕智能制造的综述论文、技术方法论文和应用性论文,具有一定的创新性和前瞻性;
3. 论文格式请直接参照《计算机集成制造系统》期刊论文的格式要求,或访问期刊主页 <http://www.cims-journal.cn> 查询稿件格式要求。

三、投稿方式和截止日期

1. 通过《计算机集成制造系统》期刊网站:<http://www.cims-journal.cn> 进行投稿,稿件类型请务必注明“智能专刊”;
2. 投稿截止日期为 2015 年 9 月 30 日。

四、稿件录取

1. 所有来稿均需经两位以上同行专家评审,合格后方可录用。
2. 录用论文将集中在《计算机集成制造系统》以专刊的形式发表(EI 收录)。

五、投稿联系方式

联系人:杨璐 通信地址:北京 2413 信箱 34 分箱 CIMS 编辑部(100089)
联系电话:(010)68962468-3;68962479 电子邮件:cims@onet.com.cn