

数控机床造型中的比例计算

魏 专, 刘奇龙, 滑广军

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 根据比例关系和比例值的计算理论, 从整体和关键部件群以及关键部件群内部两个层面进行比例关系分析和比例值计算, 提出了比例性的定义, 使“比例性”成为评价机床造型设计优劣的量化标准之一。总结出适合数控机床造型的最佳比例关系以及根据比例值进行方案优选的方法。比例美学原理的量化研究以及对数控机床造型的比例分析对于计算机辅助数控机床设计有着重要的理论和实践意义。

关键词: 比例关系; 比例值; 数控机床; 关键部件群

中图分类号: TB486+.02

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2011)02-0068-04

The Proportional Computation in NC Machine Tools Design

Wei Zhuan, Liu Qilong, Hua Guangjun

(College of Packaging & Materials, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The definition of proportionality of the mathematical model is provided based on proportional relation and value rules, which sets the quantitative criteria to evaluate the quality of form design. The best proportionality is summarized for the form design of numerically-controlled machine tool by the analysis of proportionality between the whole and the key-parts, and a method of optimal design is carried on according to the computation of proportionality value within the key-parts. The conclusion is that the quantitative principle of proportion esthetics and the proportion analysis of modeling of numerically-controlled machine tool will theoretically and practically play an essential role on computer-aided design.

Key words: proportional relation; proportionality value; NC machine tool; key-parts

0 引言

包装设计艺术随着计算机科学技术的发展而迅速发展, 相关科学方法和技术^[1](如遗传算法、因子分析和优化设计等)在包装设计领域得到了更多的应用^[2]。为了促进包装设计艺术与计算机科学间的学科交叉, 必须更好地理解“美”, 并寻求一种所有领域都能理解的“美”的诠释^[3], “美”需要找到一种标准来定义, 同时可以在计算机辅助设计系统中进行构建和再生。如何构建“美”的量化标准是个值得探讨的问题, 有些学者提出用成“比例性”来解决这个问题^[4]。

自1958年第一台数控机床在中国研制成功到现在已有50 a。经过“十一五”期间的发展, 我国数控机床生产已达到相当的规模^[5]。在数控机床造型中, 造型特征的获取和重构是极为重要的, 而在所有造型要素中, 最为重要的是主特征面轮廓。主特征面轮廓存在多重比例关系, 归纳起来主要包括2个方面: 1) 整体特征面和关键部件群比例关系; 2) 关键部件群内部构件之间的比例关系。关键部件群和整体正面轮廓之间的比例关系, 由于较小可能改动因而设计相对比较固定。关键部件群内部的改进设计往往是数控机床造型设计的重点, 故本文拟对此进行探讨。同时, 为了

收稿日期: 2011-02-01

作者简介: 魏 专(1975-), 男, 湖南宁乡人, 湖南工业大学讲师, 硕士, 主要研究方向为销售包装和人机工程学,

E-mail: weizhuan2008@qq.com

简化计算问题,以定量比较机床造型在比例上的好坏,笔者仅选取关键部件群内部的比例性计算来进行探讨。

1 比例性的定义

亚里士多德认为,比例关系中整体大于局部之和;此外,局部是整体的因数和整体是部分的倍数的比例关系最为和谐。包装设计中,众多的学者都看重部分和整体的关系,并赋予其不同的定义:像维特鲁维斯所说的对称、帕拉迪奥所说的美^[6]。数学中的可公度性,即两种不同事物之间具备可比性,指的也是局部和整体的关系。欧几里得就定义了部分可公度整体的定义:有3个序列数,当3个数的比值之间存在等式时,3数之间存在可公度关系。比如:

若条件是 $x:y < y:z$,则 x, y 和 z 3数之间不可公度^[7];

但是,如果条件是 $(1/z)-(1/y)=(1/y)-(1/x)$,那么只要 $x:y < y:z$,加上前面的条件,就能够换算成比率等式 $(z-y):z=(y-x):x$,从而 x, y 和 z 可公度,只是这种可度性是建立在 $(z-y), z, (y-x)$ 和 x 之间。

一旦某些数存在可公度性,那么就可以运用这几个数来建立一种量化的美,从而利用比例性去获取局部和整体的平衡。如在 $0 < x < y < z$ 的条件下,3个序列数字或其差值 $(z-y, y-x, z-x)$ 之间能构建不同比率等式,而每种比率等式都会构成一种比例变化种类,这种变化就称为比例性。要使等式成立,具备等式的比例性势必是“可公度”的。比例性定义的提出,其意义在于利用3个数字及其差值比率等式可以作为比例平衡的评估准则和量化标准。

2 产品造型中的比例

产品造型比例不是二维的问题,而是三维尺寸关系,涉及到立体设计。数控机床作为特殊的产品设计,既具有普通产品造型设计的通性,同时又具备一定的特性。数控机床的外观造型都有限制,而这必须在内部结构的基础上构建,3个维度上限制可供改动的尺寸不多,而其造型设计主要在于正面特征面和侧面轮廓,正面特征面是其主特征轮廓。图1所示就是数控机床主特征面的两层比例关系:1)正面特征面和关键部件群比例关系;2)关键部件群内部比例关系。设计者若将数控机床中的比例问题集中到这两个层面,当然会使分析的结果片面化,但本分析是在没有计算系统的情况下进行的,为了使问题具体化和更有针对性,同时,为了简化计算过程,必须建立数学模型。

图1所示的第一个层面的比例关系较为复杂,因

此笔者主要以第二个层面的计算来说明问题。数控机床的关键部件群内部比例关系是指由内部门、观察窗、把手、控制板这几个部件的尺寸构成的比例关系,本研究对其比例性的分析中,采用比例值 V_p 的计算,以得分高低来比较各个方案的比例性。

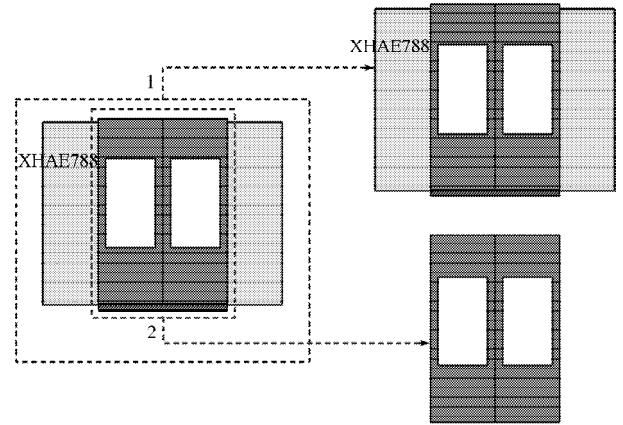


图1 数控机床主特征面的两层比例关系
Fig. 1 The proportional relations layers of NC machine tool

3 数控机床关键部件群的比例值计算

3.1 比例性的计算

首先把数控机床关键部件群的设计尺寸变量组合成3个数值一组,然后利用11种比例性检测设计组合评估每个组合中的3个尺寸数值及它们的差值是否符合某一比例性。其中,与比例性吻合越多的组合便是比例性程度越高的设计。每种组合方案的结果通过数据统计,形成最终值,定义为比例值 V_p 。比例值 V_p 的定义是符合每一个比例性的比例数占总比例数百分比的和。总组数 T 、个比例值 P_k 、比例值 V_p 和余值 V_r 的计算方式见式(1)~(4)。

总组数的计算:

$$T = C_n^3 = \frac{n!}{3!(n-3)!}, \quad (1)$$

式(1)中: n 是设计中尺寸变量的数量(若尺寸重复算1个)。

个比例值 P_k 是符合每一比例性的比例数占总比例数的百分比,计算公式如下:

$$P_k = \frac{100 \times T_k}{T}, \quad (2)$$

式(2)中: k 值是比例性排序, $k=1,2,\dots,K(K=11)$ 。

比例值 V_p 的计算公式是:

$$V_p = \sum_{k=1}^K P_k. \quad (3)$$

V_r 为 100 减去比例值 V_p 所得的值, 即:

$$V_r = 100 - V_p \quad (4)$$

3.2 数学模型计算

3.2.1 变量和限制条件

本研究中, 选取数控机床关键组件群中的左单开门作为数学模型进行模拟计算。设计师在设计过程中会把造型问题转换为线条关系, 其中包括尺寸和正交关系, 并且运用这种线条的尺寸和正交关系来构建设计原型。图 2 所示的 $x_1, x_2, x_3, x_4, y_1, y_2, y_3, y_4$ 8 个设计变量, 就是设计师在设计过程中把线条设定成设计原型的过程。

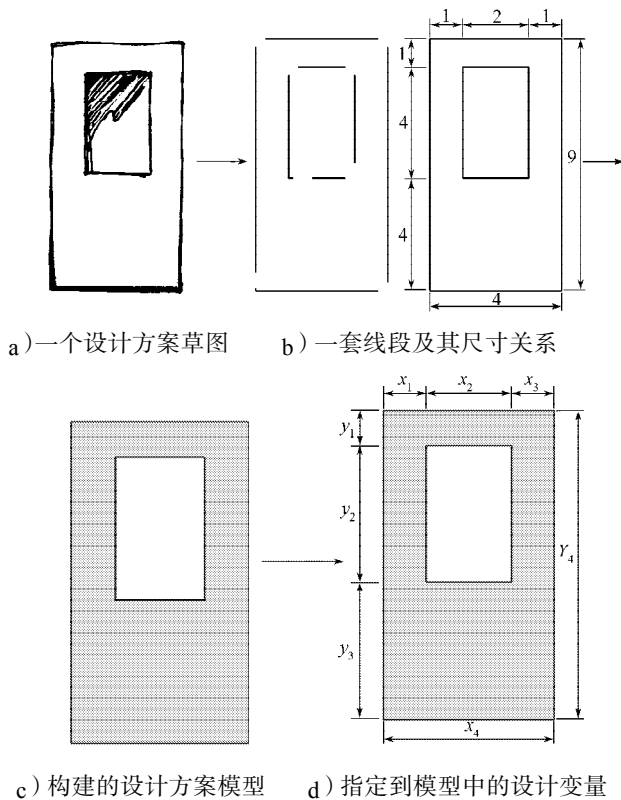


图 2 左单开门中的设计变量

Fig. 2 The design variables of single door

有了以上 8 个变量, 通过计算比例性值 V_p 就能完成设计方案的评估。此例中, 根据左单开门的设计要求, 同时为了简化计算, 笔者设定了特殊的限制条件, 即变量都取整数, 并符合以下条件:

$$6 \leq y_4 \leq 9, x_1 = 1, x_1 = x_3,$$

$$x_2 = 2, x_4 = x_1 + x_2 + x_3 = 4。$$

$y_4 = y_1 + y_2 + y_3$, 并且 y_1, y_2, y_3 取 $\{x_1, x_2, x_4\}$ 中的任何数。

3.2.2 左单开门的比例值计算数学模型

设计案例中, 8 个设计变量的尺寸数分别是 $x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 1, x_4 = 4, y_1 = 1, y_2 = 4, y_3 = 4, y_4 = 9$ 。计算容差为 0, 可得 $V_p = 25$ 。组合形式共有 $\{(1\ 2\ 4), (1\ 2\ 9), (1\ 4\ 9), (2\ 4\ 9)\}$ 4 种, 其中, 只有 $(1\ 2\ 4)$ 完全适合比例性 2 (几何平均)。

所有变量中, 只有 y_4 是输入变量, 其它变量会随之算出不同比例值 V_p 。图 4~6 是 y_4 取 6~9 所产生的几种结果。

1) 当 $y_4 = 6$ 时, 4 个尺寸数是 $(1\ 2\ 4\ 6)$, 可算得 $V_p = 125$ 。形态组合方式见图 3。

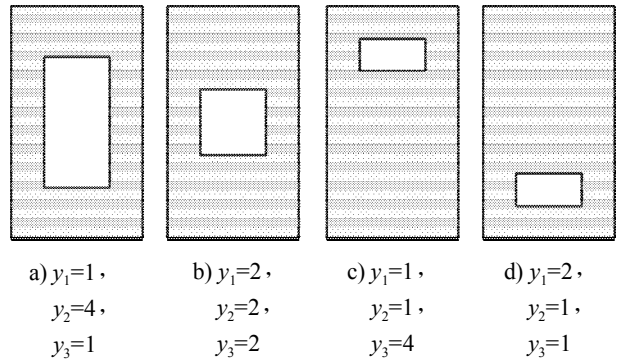


图 3 $y_4 = 6 (V_p = 125)$ 的设计原型

Fig. 3 Design prototypes when $y_4 = 6 (V_p = 125)$

2) 当 $y_4 = 7$ 时, 4 个尺寸数为 $(1\ 2\ 4\ 7)$, 可算得 $V_p = 50$ 。形态组合方式见图 4。

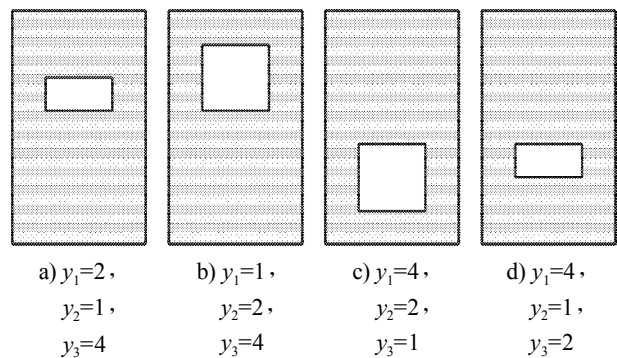


图 4 $y_4 = 7 (V_p = 50)$ 的设计原型

Fig. 4 Design prototypes when $y_4 = 7 (V_p = 50)$

3) 当 $y_4 = 8$ 时, 4 个尺寸数为 $(1\ 2\ 4\ 8)$, 可算得 $V_p = 50$ 。形态组合方式见图 5。

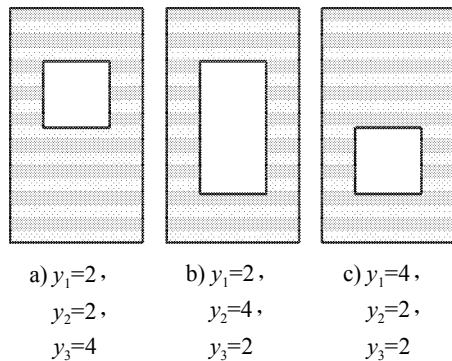


图 5 $y_4 = 8 (V_p = 50)$ 的设计原型

Fig. 5 Design prototypes when $y_4 = 8 (V_p = 50)$

4) 当 $y_4 = 9$ 时, 4 个尺寸数为 $(1\ 2\ 4\ 9)$, 可算得 $V_p = 25$ 。形态组合方式见图 6。

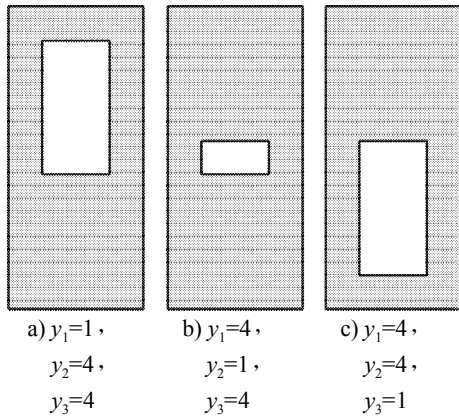


图6 $y_4=9 (V_p=20)$ 的设计原型

Fig. 6 Design prototypes when $y_4=9 (V_p=20)$

比例值 V_p 可以辅助设计师在方案优选的过程中作出理性评判, 具备较高 V_p 值的方案是比例较佳的设计方案。在此左单开门设计中, 最高 V_p 值是 125。生成的设计方案中, 参数 $V_p=125$ 的方案得分最高, 所以是比例关系最和谐的方案。根据左单开门的工艺和功能限制, $y_4=6 (V_p=125)$ 的设计原型中, c) 方案的观察窗太小, d) 方案的观察窗在底部, 均不符合实际使用要求, 所以方案 a) 和 b) 最为适合。设计原型尺寸变量和最优设计尺寸变量的比较如图 7 所示, 其中, 设计原型中 $x_1=1, x_2=2, x_3=1, x_4=4, y_1=1, y_2=4, y_3=4, y_4=9$; 最优设计方案中 $x_1=1, x_2=2, x_3=1, x_4=4, y_1=1, y_2=4, y_3=1, y_4=6$ 。

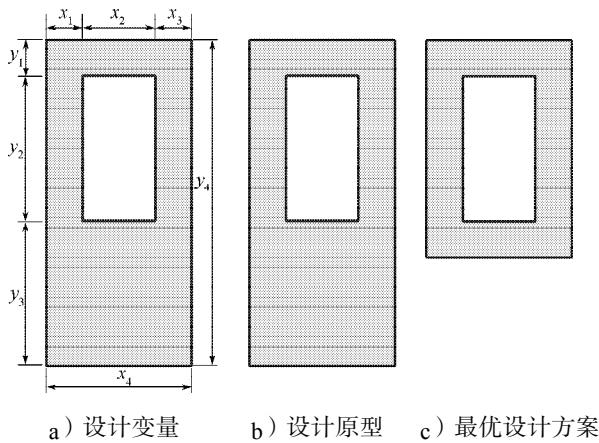


图7 设计原型和最优设计之间的比较

Fig. 7 A comparison between design prototype and the optimal design

4 结语

作为美学法则之一的比例方法在包装造型设计中是普遍应用的。比例性使用序列数及其差值所形成的比率等式形成 11 种比例关系, 形成比例计算的标尺。以比例性的量化计算方法为基础, 进而可以形成一种优化造型设计方法。比例计算的进一步应用主要可从互为相反的两方面来进行: 首先是分析设计方案的比率关系是否和谐; 其次可根据比例性进行设计方案的衍生。这是未来包装造型设计研究的主要方向。

参考文献:

- [1] Papalambros P Y, Wilde D J. Principles of Optimal Design, Modeling and Computation[M]. New York: Cambridge University Press, 2000: 34-36.
- [2] Elam K. Geometry of Design: Studies in Proportion and Composition[M]. New York: MIT Press, 2001: 1-24.
- [3] 赵江洪. 设计艺术的含义[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2005: 44.
Zhao Jianghong. The Meaning of Design Art[M]. Changsha: Hunan University Press, 2005: 44.
- [4] Hair J F Jr, Anderson R E, Tatham R L. Multivariate Data Analysis with Readings[M]. New York: Macmillan, 1992: 120-141.
- [5] 丁雪生. 积极发展中高档数控机床——大型、高速、精密、多轴、复合和高效专用数控机床[J]. 世界制造与设备市场, 2007, 2(4): 72-75.
Ding Xuesheng. It Is Important to Develop High Grade CNC Machine Tools[J]. World Manufacturing Engineering & Market, 2007, 2(4): 72-75.
- [6] Ostwald M J. Under Siege: The Golden Mean in Architecture [J]. Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics 2000, 2(3): 75-81.
- [7] Fletcher R. Palladio's Villa Emo: The Golden Proportion Hypothesis Defended[J]. Nexus Network Journal, 2001, 3 (4): 1-24.

(责任编辑: 廖友媛)