

文章编号: 1000-582X(2011)10-032-07

面向产品标准化的齿轮分类编码系统

陈兵奎¹, 谢发祥¹, 王振荣²

(1. 重庆大学 机械传动国家重点实验室, 重庆 400044; 2. 浙江双环传动机械股份有限公司, 浙江 玉环 317600)

摘要:通过设计以成组技术相似性原理为基础的 28 位齿轮分类编码系统, 获取齿轮产品关键技术特性, 分析齿轮分类编码的结果, 汇集相似结构-工艺的零件组, 形成齿轮产品标准。结合齿轮产品核心特征, 并参照滚动轴承代号的排列顺序设计了 11 位产品标识码方案, 在专业齿轮制造型企业推行齿轮产品标准化。采用 Visual Basic 6.0 语言和 SQL Server 2000 数据库技术开发出基于客户机/服务器(Client/Server)的计算机辅助齿轮分类编码系统并给出了一齿轮零件的编码实例。实际运用表明, 该系统能有效地将齿轮产品编码分类成组, 将具有相同分类代码的齿轮的技术特性汇总, 有利于实现齿轮零件设计和生产的标准化, 进而以大批量零件生产的方式改进多品种、中小批量生产的状况, 最终在齿轮行业实现大规模定制的专业化标准生产模式。

关键词:产品标准化; 大规模定制生产; 成组技术; 分类编码; 齿轮

中图分类号: TH132.41

文献标志码: A

Gear classification and coding system oriented to product standardization

CHEN Bing-kui¹, XIE Fa-xiang¹, WANG Zhen-rong²

(1. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China;

2. Zhejiang Shuanghuan Driveline Co., Ltd, Yuhuan 317600, Zhejiang, P. R. China)

Abstract: A 28-code gear classification and coding system based on the similarity principle of the Group Technology is set up and key technical characteristics of gear products are obtained. Then the geometrically and technically similar part families are clustered through analyzing the results of gear classification and coding, which lead to the formation of gear product standards. Through combining the core features of gear products with rolling bearing identification code sequence, a 11-product-identification-code system is designed and implemented in one special gear manufacturer enterprise. By employing Visual Basic 6.0 and SQL Server 2000, a Computer Aided Gear Classification and Coding System oriented to Client/Server was developed and exemplified by one specific case. Application results show that the system effectively groups gear products and efficiently categorize the technical characteristics of those having the same classification code into narrower classes, which propell the standardization of gear design and its production. The situation in which various gears are produced in small batches respectively will be improved by large batch production and finally the professional model of mass-customization production will be realized.

Key words: product standardization; mass-customization; group technology; classification and coding; gears

收稿日期: 2011-04-20

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAF01B01-03)

作者简介: 陈兵奎(1966-), 男, 重庆大学研究员, 博士生导师, 主要从事精密传动及系统的研究, (E-mail) bkchen@cqu.edu.cn.

标准化是“为在一定的范围内获得最佳秩序,对实际或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动”^[1]。而产品标准化,是将产品的类型、规格、质量、功能及其形成过程中所凝聚的各种技术特性,以标准的形式进行统一规范^[2]。随着经济全球化的推动,齿轮专业化生产与分工协作越来越受到重视,许多国际跨国公司在全球都有专业化配套厂商。齿轮专业化生产产业链已经形成,这为实施齿轮产品标准化战略奠定了良好基础。同时,齿轮产品标准化又会积极推动全球范围内齿轮产品的专业化生产和分工协作。美国哈佛大学的 Joseph Pine II^[3]早在 1993 年就首次系统地阐述了大规模定制生产(mass-customization)的概念。大规模定制是指以大规模生产的成本和速度,为单个客户或小批量多品种的市场定制生产任意数量的产品。它是成组技术(group technology, GT)在信息时代的一种新模式或新的体现^[4]。成组技术将会发挥很大的作用。成组技术是利用有关事物具有相似性原理而形成的面向生产实践的一门综合性生产技术科学^[5],它针对多品种、中小批量的生产,采用接近大批量生产的手段,来满足产品日益多样化的需求^[6],为零件的制造成本、质量控制提供一种可行的途径^[6-8],是计算机辅助工艺过程设计(CAPP)的技术基础^[9-10]。

笔者旨在通过成组技术相似性原理,提出实现齿轮产品标准化的方法途径,为齿轮专业化生产企业实现产品标准化设计和生产服务。

1 实施齿轮产品标准化的途径

实施齿轮产品标准化,前期需要系统的对齿轮的类型、结构特征、功能、材料、热处理、工艺特征等信息的提取和分析工作,将同类型的信息进行统计归并、集中分析,完成数据资料积累,而零件分类编码系统是成组技术原理的重要组成部分,也是有效实施成组技术的重要手段,因此,建立有效适用的零件分类编码系统,成为实施齿轮标准化首要的准备工作^[5]。

某企业的齿轮产品主要为汽车、摩托车、工程机械、电动工具用齿轮,种类约为 2 800 种,年产量约为 3 000 万件。轮齿类型主要是渐开线圆柱齿轮、锥齿轮、渐开线花键、内齿圈等。齿轮产品主要是回转件,轮齿结构特征变化较多、结构复杂程度不一,但是产品具有较好的相似性,适合运用成组技术相似性原理进行编码分类成组^[6]。

世界上大多数国家都有自己的零件分类编码系统,其中捷克斯洛伐克的 VUOSO,联邦德国的 OPITZ,日本的 KK-1、KK-2、KK-3 以及中国的 JLBM-1 是比较著名的零件分类编码系统。JLBM-1 系统作为机械行业在机械加工中推行成组技术的一种通用的零件分类编码系统,它力求满足行业中各种不同产品零件的分类之用。但是,因为机械零件的品种范围极广,所以想要用一个产品零件分类编码系统包罗万象,是不太可能的。JLBM-1 系统的主要缺点在于把设计检索环节分散配置,其配置于后的辅助码环节与设计有关,稳定而少变,应尽量配置在系统的前面,对于形状及加工码等一些常需要调整和多变的环节应尽量设置在系统的后面,这样,若要增加或减少易变环节,则可以自由延伸和缩变。

直接将 JLBM-1 系统运用于专业齿轮制造行业,主要有以下问题:1)名称类别编码形式为:3×,只占有十分之一的编码总量,大量编码空间闲置。而且齿轮产品的形状特征、轮齿加工个数等信息不能体现出来。2)平面、曲面加工不能包含齿轮的内外的复杂特征情况。3)材料、毛坯码位设置太宽泛,鉴于齿轮产品的特殊性,选取码位时只能固定于其中某几位。4)热处理码位不能包含齿轮热前、热后及齿面热处理等情况、精度设置过于笼统。5)主要尺寸范围设置太宽,对于中小模数的齿轮零件,主要尺寸范围需要重新修正。

鉴于以上原因,直接将 JLBM-1 系统用于齿轮分类编码不能充分发挥编码系统的优势,码位设置较宽,代码不具有很好的分类特性,又由于我国齿轮制造行业发展迅速,品种较多、批量多变,因此急需建立一套适用的齿轮分类编码系统。

2 齿轮分类编码系统的建立

2.1 齿轮分类编码系统总体结构

结合 JLBM-1 系统,并参考相近零件的编码方案^[11-14],对编码系统的数字特征进行研究分析的基础上^[15-16],本系统是由数字(0~9)和字母(A~Z)组合的非标准进制混合结构式分类编码系统,共设置 28 个码位,分为四大段:1~6 核心要素码位段、7~11 设计要素码位段、12~23 工艺要素码位段、24~28 产品信息码位段,表 1 为齿轮分类编码系统的总体结构。

表 1 齿轮分类编码系统的总体结构

码位		分类条目
核心要素	1	名称类别
	2	轮齿齿形与结构特征
	3	齿的精度等级特征
	4	热处理
	5、6	产品尺寸代号
结构设计要素	7、8	法向模数 m_n
	9	主要轮齿参数 螺旋角 β
	10	法向压力角 α_n
	11	齿顶高系数 h_{an}^* 和顶隙 c_n^*
	12	材料 材料分类
工艺要素	13	毛坯 毛坯种类
	14	形状 直线度、平面度
	15	形位公差 孔轴圆度、圆柱度
	16	公差位置 对称度、垂直度
	17	公差 径向跳动、端面跳动
	18	外部形状 外部基本形状
	19	状加工 外部功能要素
	20	主孔及内部形状加工 内部基本形状
	21	内部功能要素
	22	辅助孔 辅助孔方向与分布
	23	辅助孔形状
产品信息要素	24~28	原产品代号

2.2 齿轮分类编码系统码位设计

28 位编码系统分段设计,各分段码位结构紧凑,适合不同类型人员进行选用和查询。其中,核心要素码位段、结构设计码位段以及工艺要素码位段是本系统的主要部分,产品信息要素码位段结合企业实际进行设置,主要含有该产品的客户信息及流水号,是该产品的唯一性标识。

2.2.1 核心要素码位段设计

基于齿轮产品标准化思想,参考滚动轴承标准件的代号编制规则(见表 2),并考虑在编码系统前面设置比较稳定的码位。参考 JLBM-1 的辅助码设置,得知辅助码部分的材料和毛坯类型、热处理、主要尺寸、精度等是比较稳定的,应尽量配置在系统的最前面,使之具有通用性。依据以上两点,结合齿轮零件的固有特性,设定了核心要素 6 位码:名称类别、轮齿齿形与结构特征、齿的精度等级特征、热处理、产品尺寸代号(见表 3)。

表 2 滚动轴承代号的排列顺序

滚动轴承代号的排列顺序(GB/T272—1993、JB/T2974—1993)

分段	a 前置代号		b 基本代号			c 后置代号(组)							
	代号	代号	1 类型代号	2 尺寸系列代号	3 内径代号	1	2	3	4	5	6	7	8
符号意义	成套轴承分部件					内部结构	密封与防尘套圈变型	保持架及其材料	轴承材料	公差等级	游隙	配置	其他
						配合安装							
						特征尺寸							
						显示							

表 3 核心要素 6 位码结构

项目	特征码位				
	1	2	3	4	5、6
分类	名称类别	轮齿齿形与结构特征	齿的精度等级特征	热处理	产品尺寸代号
条目	名称类别	结构特征	等级特征	理	代号

其中,对比表 3 和表 2,表 3 中的 1 名称类别与表 2 中的 b-1 类型代号相对应;2 轮齿齿形与结构特征与 c-1 内部结构相对应;3 齿的精度等级特征与 c-5 公差等级相对应;4 热处理与齿轮零件的材料、毛坯类型联系紧密,属于稳定重要的特征;5、6 产品尺寸代号与 b-2、b-3 相对应。

名称类别考虑外径 D 、总长度 L 、内径 d ,主要按照产品的长径比 D/L ,内外径比 d/D 所确定范围进行编码;轮齿齿形与结构特征考虑齿形的加工,主要将渐开线齿形、锥齿轮伞齿轮、渐开线花键作为编码对象,这个特征对于齿轮零件的工艺过程设计至关重要,也利于齿轮产品的分类;齿的精度等级特征与齿轮的工艺设计、产品质量以及加工成本相联系;在齿轮加工中,轮齿的热处理分为主热处理和最终热处理。主热处理主要是为了改善轮齿切削时的力学性能;最终热处理方式与齿轮材料、轮齿精度等级以及产品质量有关,是零件加工的重要内容。编码时采用零件的全程热处理的工序“要素组合”形式,便于相似新产品编制热处理工艺的快速参考。产品尺寸代号的编制,以零件最大外径 D 和全长 L 为依据,对于非轴类零件,尺寸代号为 $[D/10][L/10]$ 表示 $D/10$ 的值取整,下同);轴类零件尺寸代号为 $[L/10]$ 。

2.2.2 结构设计要素码位段设计

本码位段考虑轮齿的主要设计特征,若零件有多个轮齿特征,依次按照零件齿轮精度等级最高、模数最大、齿顶圆直径最大的原则选取轮齿特征。模数、压力角和齿顶高系数含有标准与非标准限定的思想;由于螺旋角具有无规律、非标准的特性,设成范围形式。

2.2.3 工艺要素码位段设计

材料分类根据企业现有的材料,主要为加工齿轮零件的合金钢、碳钢等,将常用的每一种材料都设置一个码值。毛坯种类脱离以前具有通用性的零件编码系统,只选择与齿轮零件切削加工有关的毛坯种类,精简码项。

形位公差不再以通用模糊的公差等级为编码依据。考虑编码系统的直观性,将形位公差中常见的、公差取值一致性好的形位公差归并为一组,参考公差数值表,将所确定合理的公差范围值作为编码的依据,设置形位公差编码环节。

工艺要素中的形状加工是根据齿轮的特定特征而确定的,外部形状包括外圆柱面和回转体的两个端面,内部形状是回转体零件内孔部分。其功能要素包括环槽(卡环槽、退刀槽、越程槽)、键槽、锥面、螺纹以及直纹等。辅助孔编码主要是显示孔的分布位置以及形状。

2.2.4 产品信息要素码位段设计

本码位段由公司订制,对于本例,公司设置的 5 位代码,包含公司的客户信息以及产品流水号,达到区分标识相似类型件中不同零件的目的,是产品代码的唯一性标识。

3 标识码体系的建立

为了便于生产的组织和管理,使人们都能知道每个零件的基本特征,以便在领料、加工、入库、装配时能够识别,因此产品中每种零件都必须有自己的标识码,借以与产品中的其它零件相区别。

依据标识码的要求,本体系标识码设置 11 位结构,其中前 5 位为公司产品信息 5 位代号,兼起唯一性的作用;后 6 位为具有通用性的核心要素 6 位码。表 4 为 11 位标识码的总体结构。

表 4 齿轮产品 11 位标识码的总体结构

项目	特征码位				
	1~5	6	7	8	9 10,11
分类	产品信息	名称	轮齿齿形与	齿的精度	热处理
条目	5 位代号	类别	结构特征	等级特征	尺寸代号

4 计算机辅助齿轮分类编码系统

由于本分类编码系统设置的码位较多,若人工手动完成零件的编码工作,将费事费力,工作效率极其低下,而且误码率也很高,因此有必要开发一套计算机辅助齿轮分类编码系统,减轻编码人员工作负担,提高效率,充分利用编码信息,从而有利于编码系统的推行实施。其系统框架如图 1 所示。

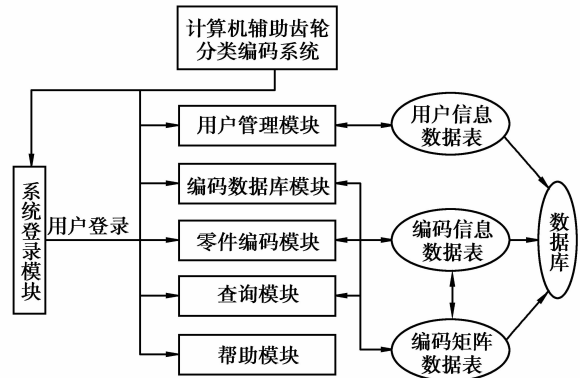


图 1 计算机辅助齿轮编码系统框架

计算机辅助齿轮分类编码系统主要利用 Visual Basic6.0 编程语言开发,数据库采用 SQL server2000 存储编码数据,系统体系结构基于客户机/服务器(Client/Server)结构。主要功能有齿轮零件编码、数据统计和成组查询等。其中,齿轮零件编码的包括新产品的编码、已存产品代码的修改删除、新产品快速编码;数据统计主要是对某一码位的码值进行限定查询,得出所需要的统计数值;成组查询主要按照任意的码位、码值组合,进行组合查询,得到相似类型件集合,有利于形成零件族。图 2 和图 3 为计算机辅助齿轮编码系统的部分操作界面。



图 2 齿轮零件编码主窗口

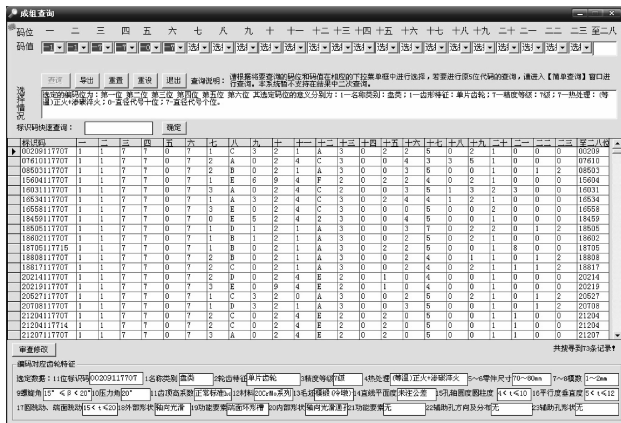


图 3 齿轮零件成组查询窗口

对于成组查询,可以进行编码系统前 23 位的任意码位组合查询。齿轮分类编码系统数据库中已存的代码数为 2 826,通过设置查询组合,如图 3,对符合前六位为:117707 的代码进行查询,可得到 73 条符合条件的记录。分析其中的数据可知,在企业中 2 826 种齿轮产品中,有 73 种产品具有如下共同特征:单个盘类外圆柱齿轮、轮齿加工精度为 7 级、热处理方式为:正火+渗碳淬火、外径尺寸范围为 70~80 mm。若基于工艺相似性进行查询等,则可以对 18 至 23 位工艺要素码位进行设置。其余情况以此类推即可。

5 具体实例

5.1 编码实例

5.1.1 JLBM-1 与齿轮分类编码系统编码实例

本实例为某企业已经进入批量生产的齿轮零件,按照图纸信息,运用计算机辅助分类编码系统和

JLBM-1 系统对该产品进行编码,继而对比分析。图 4 为齿轮产品的成品图。

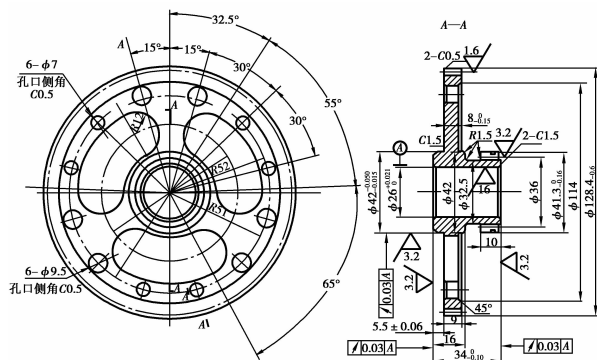


图 4 某企业齿轮产品成品图

依据 JLBM-1 系统分类表,编码结果如图 5 所示,依据齿轮分类编码系统编码规则,编码结果如图 6 所示。

3	0	2	9	2	0	0	0	1	2	6	9	9	3	6
名称类别:	名称类别:	外部形状及加工:	外部形状及加工:	内部形状及加工:	内部形状及加工:	平面、曲面加工(外面):	平面、曲面加工(内面):	辅助孔方向及分布:	材料分类:	毛坯原始形状:	热处理:	直径:	长度:	精度:
齿轮类	圆柱外齿轮	双向台阶	其他	无	无	无	无	轴向均布	普通碳钢	锻件	其他	128 mm	34 mm	风外圆端面加工

图 5 某齿轮产品依据 JLBM-1 系统的编码结果

1	2	7	7	12	1C	5	2	1	K	3	0	0	0	7	2	6	1	0	1	5	00102	
名称类别:	轮齿齿形与结构参数:	齿的精度等级特征:	热处理:	产品最大外径尺寸代号	齿顶高系数:	法向压力角:	法向模数代号:	材料分类:	毛坯种类:	直线度、平面度:	孔轴圆度、圆柱度:	对称度、垂直度:	端面跳动公差值:	外部功能要素:	内部基本形状:	内部功能要素:	辅助孔方向及分布:	辅助孔形状:	企业产品信息 5 位代码			
盘类	双联齿轮	7 级	等温正火+渗碳正火	80	1	20°	1.5 mm	40Cr	模锻件	未注公差	未注公差	未注公差	0.03 mm	圆柱面端面环槽	光滑通孔	无	轴向均布	圆形孔+特型孔				

图 6 某齿轮产品依据齿轮分类编码系统的编码结果

5.1.2 两种编码结果对比分析

依据不同的编码规则,同一齿轮产品可以得到不同的代码,其码位设置方式、所含有的信息量以及

反映产品信息的明确度等方面有较大不同。表 5 为 JLBM-1 与齿轮分类编码系统编码结果对比分析表。

表 5 同一齿轮两种编码结果对比分析表

项 目	设计要素位置	代码长度	进制	信息含量	数值型编码数	“其它”出现频数	具备识别码的功能
JLBM-1 系统	置后	15	十进制(0~9)	14	2	2	否
齿轮分类编码系统	置前	28	非标准进制 (数字代码组合)	22	11	0	是

其中,“设计要素位置”指稳定的、与齿轮设计要素相关的要素的配置位置。齿轮分类编码系统将“设计要素”置前,修正 JLBM-1 系统的不足之处;“数值型编码数”与系统编码的精确程度有关,一般对“数值型”编码是确定产品特征数据的范围;“其它”出现频数”与码位分类标志的明确程度有关,并与齿轮的具体情况有关,对于本例,JLBM-1 系统编码有两位是“其它”,表明“外部形状及加工”和“热处理”设置比较笼统;“具备识别码的功能”表明反映代码是否具有唯一性,一般而言,企业所生产的齿轮产品的代码,由“识别码”和“分类码”组成,齿轮分类编码系统就符合这一要求,在后五位配置了产品信息要素。

5.1.3 11 位标识码编码实例

若把产品的 28 位代码作为产品的身份标识,不仅显得十分臃肿而不便记忆,而且对于产品的包装、打标记来说将是一项繁杂的工作,因为产品上面可能没有足够的空间供产品打标记之用。因此,简洁的产品 11 位标识码——产品的身份标识,适合随着产品在公司流通。对于图 4 的产品,依据编码规则,进行编码:前五位:企业产品信息 5 位码 00102;第六位名称类别:盘类,编码为 1;第七位轮齿齿形与结构特征:该产品含有两个渐开线齿轮,为双联齿轮,编码为 2;第八位齿的精度等级:大齿轮精度等级为 7 级,小齿轮的精度等级为 8 级,故第八位为 7;第九位热处理:等温正火+渗碳淬火,第九位为 7;

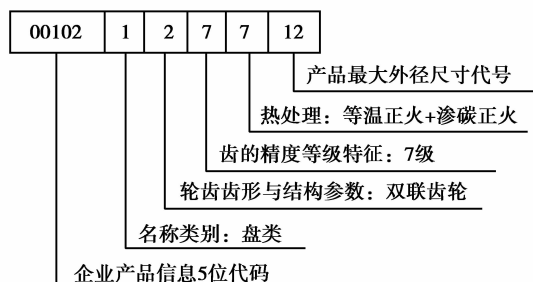


图 7 某齿轮产品的 11 位标识码

第十一至十二位尺寸代号: $D=128.4$ mm,故编码为 12。产品 11 位标识码编码结果如图 7 所示。

5.2 形成典型零件与典型工艺

分析产品代码,将在某些代码相似的产品集合起来形成零件族,再在零件组中选取一个具有本零件族所有特征的零件(若没有,则设计一个以具有本零件族所有特征的假想零件)作为典型零件。图 8 为提取的一个典型零件双花键轴。

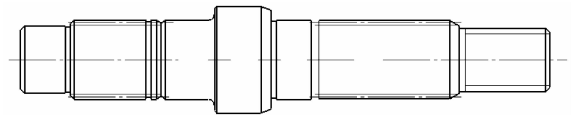


图 8 双花键轴 2G6C17 1A050 A30003270000 00206

结合典型零件双花键轴的特征和已存成熟的工艺路线,设计出该双花键轴零件族的典型工艺,其典型工艺过程如下:

材料检验→锻造→外协检验 I→正火→精车(齿坯加工)→外协检验 II→轧花键 I→轧花键 II→车槽→滚丝→渗碳淬火→高频回火→喷砂→研中心孔→校直→外磨 I→外磨 II→套卡簧→终检→包装。

6 结 论

1) 面向专业齿轮生产企业而提出的齿轮分类编码系统,是实施齿轮产品标准化的基础,运用成组技术相似性理论,主要参考 JLBM-1 系统,较好地融合了轴承代号编制规则的标准化思想,满足当前大批量定制专业化生产的要求。

2) 计算机辅助齿轮分类编码系统通过对齿轮产品的编码工作,巧妙地将齿轮的主要特征转换为由一串简单的数字和字母组成的代码。对每个产品进行编码后,形成基础数据库,便于计算机对产品进行分析。

3) 在浙江某齿轮生产企业实际应用表明,齿轮分类编码系统在齿轮零件编码、成组查询、工艺快速

借鉴、以及产品核心特征标识方面有较好的运用,是企业进行信息化生产管理的一重要举措。

4)本系统后续工作有待进一步跟进:在工艺标准化、产品设计标准化以及标准化生产布局方面需要进行深入研究。

参考文献:

- [1] ISO/IEC. GUIDE2: Standardization and related activities-General vocabulary; Geneva: ISO/IEC [P]2004.
- [2] 易煜明. 国际贸易中产品的标准化战略研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [3] PINE B J, STAN D. Mass-Customization: the new frontier in business competition [M]. Boston: MA, Havard University, 1993.
- [4] 吴锡英, 仇晓黎. 从成组技术到大规模定制生产[J]. 中国机械工程, 2001, 12(3): 319-321.
WU XIY-ING, QIU XIAO-LI. From GT to mass-customization [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2001, 12(3): 319-321.
- [5] 中华人民共和国机械工业部指导性技术文件(JB, Z251-1985): 机械零件分类编码系 JLBM-1 系统[M]. 北京: 机械工业部标准化研究所出版, 1986.
- [6] 许香穗, 蔡建国. 成组技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [7] 周晓军, 王东, 蔡建国. 基于成组编码的零件制造成本评价[J]. 工业工程与管理, 2002, 5: 25-28.
ZHOU XIAO-JUN, WANG DONG, CAI JIAN-GUO. Cost evaluation of parts manufacturing based on the coding system of group technology [J]. Industrial Engineering and Management, 2002, 5: 25-28.
- [8] LI M L. Efficiency measurement for multi-dimensional group technology[J]. Int J Adv Manuf Technol, 2007, 35: 621-632.
- [9] YIN L, ZHANG W B. Development of CAPP system for small and medium size apparel enterprises [J]. Journal of Donghua University (Eng. Ed.), 2006, 5: 68-71.
- [10] BILGE U, KALAY M, TURKAY O. An integrated computer-aided process planning system for injection mold manufacturing [C] // 1996 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. November 18-21, 1996, Kauai, HI, USA. [s. l.]: IEEE, 1996, 1: 123-129.
- [11] WANG K, ROUCOULES L, MATTA N, et al. Manufacturing quality information classification based on group technology and quality BOM [J]. IMACS Multi-conference on Computational Engineering in Systems Applications, 4-6 Oct. 2006, 2006, 2: 2161-2167.
- [12] FU C A, LI P. The coding system of LFM-1 for classification assembly [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2007, 11: 79-82.
- [13] JUNG Y, YOO J, MYAENG S H, et al. A web-based automated system for industry and occupation coding [J]. Web Information Systems Engineering- Wise 2008, 2008, 5: 175: 443-457.
- [14] 冯大辉, 吉卫喜, 郭林源. 面向减速机回转体零件的分类编码系统设计 [J]. 机械设计与制造, 2008, 6: 178-180.
FENG DA-HUI, JI WEI-XI, GUO LIN-YUAN. Design of the categorized code system for rotary parts of reducer [J]. Machinery Design & Manufacture, 2008, 6: 178-180.
- [15] 李凌丰. 机械零件分类编码的数字特征 [J]. 机械工程学报, 2002, 38(11): 100-104.
LI LING-FENG. Numeric character analysis of the classification codes of machine parts [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(11): 100-104.
- [16] 陈春宝, 王丽亚. 基于零件编码与聚类算法的零件族构造 [J]. 上海交通大学学报, 2005, 39(7): 1159-1162.
CHEN CHUN-BAO, WANG LI-YA. Part Family Formation based on coding and clustering algorithm [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2005, 39(7): 1159-1162.

(编辑 张小强)