

机械产品动态扩展的可制造性评价

黄荣瑛 王治森 杜晓荣

(合肥工业大学 CIMS 研究所, 安徽合肥 230009)

摘 要 探讨了并行 CAPP 系统中的可制造性综合评价问题, 它具有与特征设计与工艺规划同步并行, 渐进完善的特点。通过构造粗评模型, 实现概念设计阶段的可制造性评价, 通过建立精评模型, 实现详细设计的可制造性评价, 动态过程通过设置动态链表来实现。

关键词 机械设计与制造, 并行工程, 可制造性评价, 层次分析法

中图分类号 TB21

可制造性评价是设计对制造的有效性检验, 是并行 CAPP 系统中的重要内容。可制造性评价是为了在设计的前期阶段, 通过对制造约束满足性的检验, 及早发现和修正设计错误, 减少与避免制造返工, 争取产品设计一次成功。可制造性评价共分 3 个部分: ①可制造性评价中的基本概念, 术语定义及建立评价方法^[2]; ②由制造约束抽取指标体系及提出获取指标值的方法^[2]; ③可制造性评价的过程设计及软件实现。基于第一、二部分已有研究, 本文着重讨论第三部分内容。同时, 针对并行 CAPP 系统各过程交叉并行、协调一致的特点, 本文建立了与特征设计, 工艺规划同步并举、渐进完善的可制造性评价过程。

1 可制造性评价过程模型

动态扩展的可制造性评价在并行系统的各个过程阶段中进行。相对于并行过程的概念设计与详细设计, 有可制造性评价的粗评与精评模型相对应。评价过程框架如图 1 所示。

1.1 粗评内容

粗评是对设计方案的检验, 从而选出最合理可行的方案。材料类型是决定加工方法的重要因素, 因此, 根据使用要求, 确定材料的类别、型号及毛坯成型的方法, 就成为粗评的主要内容。而对选材的评价, 主要考虑材料对

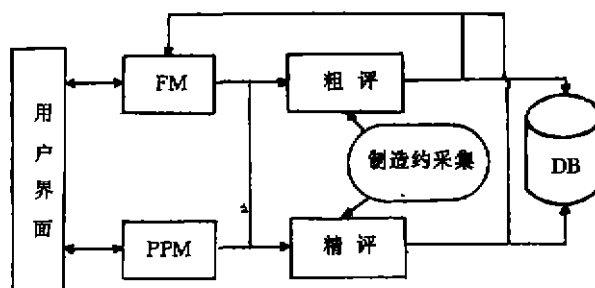


图1 可制造性评价过程框图

切削约束、成型约束、热处理约束及焊接约束的满足程度。除此之外, 粗评还包括: 零件整体结构的变形率及对制造精度的影响(例如, 细长杆件的长径比, 薄壁零件的径厚比对加工精度的影响, 以及不对称形状在加工中的翘曲变形等); 重要表面及关键性能

收稿日期 1997年5月

课题来源 国家自然科学基金 863/CIMS 项目资助

作者简介 黄荣瑛, 女, 1955年生, 副教授, 博士

的加工可获取性;加工成本及耗用时间的粗估。粗评时加工成本及耗用时间仅提供比较作用,为简便计算,引入规格化成本及时间的概念^[2]。

1.2 粗评方法

粗评模块将上述 4 项内容设置为并列操作,由概念设计模块引发可制造性的粗评模块。编程实现通过应用 switch 开关语句及调用子程序实现。

1.3 精评模型

精评贯穿于详细设计的全过程,是对设计的全面、综合的评价。包括产品结构的合理性、标准化程度、精度的一致性 & 加工制造的周期与成本等内容。除此之外,精评是一个对新增设计特征实时响应的动态过程。精评模型由 3 部分构成:①根据实际应用对象,构造层次结构模型;②计算层次结构模型的分布权值;③构造并行交错的精评过程模型。

1.3.1 构造层次结构模型 产品的可制造性指标体系^[2]是产品可制造性评价的整体指标体系。实际零件的可制造性评价是从整体指标体系中依据零件类型抽取相关的指标体系,组成零件的可制造性评价层次结构模型。以汽车转向轴为例,组成的层次结构模型如图 2 所示。

1.3.2 技术指标体系的分布值 技术指标总值的合成应用层次分析法^[3]。在建立了可制造性评价层次结构模型后,层次分析法的关键问题是获取分布权值及进行带权合成。分布权值的计算主要包括三个内容,即:

①获取判断矩阵。判断矩阵就是指标间两两相比较的重要标度矩阵。值引用 Saaty L. A 定义的指标值^[3],即 $b_{ij} = \{1, 3, 5, 7, 9, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9\}$ 。指标的重要标度是建立在工艺知识与专家经验的基础之上,包括工艺

优先原则及为减小加工误差而要求的指标间的相互关系。②计算单层次内的分布权值。单层次内的分布权值采用和积法计算,通过一致性检验,判别单层次内的权值向量的有效性。③计算层次间的排列权值。排列权值是将上层权值向量传递到下层权值向量中。是在计算出单层权值向量的基础上进行上、下层权值合成计算。

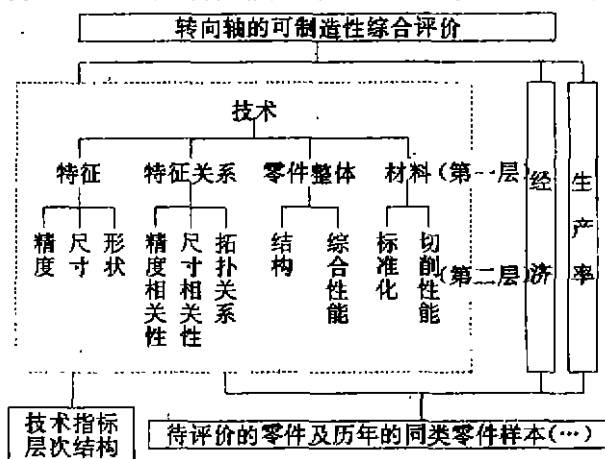


图2 转向轴可制造性评价层次结构模型

2 算 例

以汽车转向轴为例,说明分布权值的计算过程。

2.1 第一层权值计算

指标项目:特征 C_1 , 特征关系 C_2 , 零件整体 C_3 , 材料 C_4 。

①判断矩阵及单层权值计算(见表 1)。②检验: $CR = 0.063 < 0.10$, 故满足一致性检验条件。

表1 判断矩阵及权值

第一层	C_1	C_2	C_3	C_4	W_1
C_1	1	1	5	1/3	0.2185
C_2	1	1	5	1/3	0.2185
C_3	1/5	1/5	1	1/5	0.0619
C_4	3	3	5	1	0.5012

注: $\lambda=4.1814$; $CI=0.060$; $RI=0.09$; $CR=0.063$.

2.2 第二层权值计算

第二层权值计算包括第二层内的单层权值计算及第二层相对于第一层的总权值计算。以特征 C_1 的第二层权值计算为例说明。

第二层特征(C_1)的指标项目:精度 C_{11} , 尺寸 C_{12} , 形状 C_{13} 。

①判断矩阵及权值计算(表2);②检验: $CR=0.003<0.10$, 故满足一致性检验条件。

表2 判断矩阵及权值

C_1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	W_{01}	W_{11}
C_{11}	1	1	3	0.427	0.0932
C_{12}	1	1	3	0.270	0.0932
C_{13}	1/3	1/3	1	0.144	0.0321

注: W_{01} :第二层的单层权值; W_{11} :第二层相对于第一层的总权值。 $\lambda=2.996$; $CI=0.002$; $RI=0.58$; $CR=0.003$.

2.3 类似计算

重复2.2中的方法,直到转向轴所包括的特征项目 C_2, C_3, C_4 的第二层权值均被计算出(表3)。

表3 汽车转向轴的可制造性评价分布权值

第一层		第二层		第一层		第二层	
评价指标	分布权值	评价指标	分布权值	评价指标	分布权值	评价指标	分布权值
C_1	21.85	C_{11}	9.32	C_3	6.17	结构 C_{31}	5.14
		C_{12}	9.32			结合性能 C_{32}	1.03
		C_{13}	3.21				
C_2	21.85	精度相关性 C_{21}	4.37	C_4	50.13	标准化 C_{41}	12.32
		尺寸相关性 C_{22}	4.37			削性能 C_{42}	37.81
		拓扑关系 C_{23}	13.11				

3 动态扩展的精评模型

精评模型如图3所示。为实现动态扩展的过程,要解决两个问题:①构造精评过程模型;②区分已评价过和新增未经评价的特征。

本文采取4项措施,构造过程原型:①设置状态指针变量表示精评过程状态标识;②设置动态链表,描述已评价特征的可制造性结果,并提示修改信息及建议;③建立特征类型集,描述评价过程中的特征类型情况;④通过对原有评价模型的扩展形成新模型。

即有: $MV^{(t+1)} = MV^{(t)} \cup MV_{new}$

本文对已评价与未评价特征通过标识来区分。

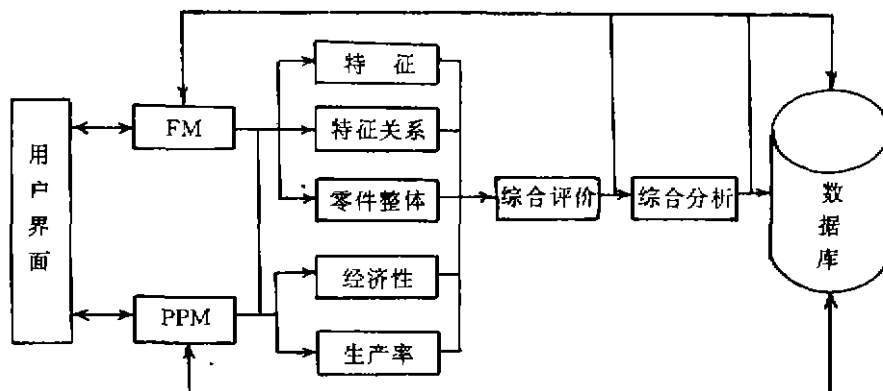


图 3 粘评过程模型

4 可制造性评价的软件实现

可制造性评价的软件实现应用 C 语言编程。整个程序结构分两个层次,第一层为评价过程的逻辑控制与函数调用;第二层是评价过程中的具体操作与算法构造。与特征设计 FM,工艺规划 PPM 同步并行的评价过程是通过全局结构变量来控制。动态扩展过程通过设置动态链表结构实现。可制造性评价过程即是动态链表的填充、扩展与修改过程。

参 考 文 献

- 1 Thurston D L. Optimization of design utility. ASME.1994,116:801~808
- 2 黄荣瑛,王治森,褚学宁等.多属性产品可制造性的综合评价.合肥工业大学学报,1996(增刊):10~16
- 3 赵焕臣.层次分析法.北京科学出版社,1986
- 4 蔡兰主编.机械零件工艺性手册.北京:机械工业出版社,1995

Dynamic Extension Evaluation of Manufacturability for Machinery Products

Huang Rongying Wang zhisen Du Xiaorong

(CIMS Institute, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract Comprehensive evaluation of manufacturability in concurrent CAPP system, which has the features of simultaneous concurrent and incremental of feature design and processing plan, has been discussed. The manufacturability evaluations in concept designing stage and in detail designing stage are realized through the construction of preliminary evaluation model and the establishment of fine evaluation model respectively, while the dynamic process realized through the design of dynamic data structure.

Key words mechanical design and manufacture, concurrent engineering, evaluation of manufacturability, level analysis method