

# 面向零件表面质量的并行设计研究<sup>\*</sup>

赵 勇 杨明忠

(武汉汽车工业大学机械工程系, 武汉 430070)

**摘要** 提出一种面向零件表面质量的并行设计体系及其设计决策方法. 对面向表面质量的加工约束因素进行了分析, 并研究基于并行网络特征驱动的加工工艺设计过程.

**关键词** 表面质量, 并行设计, 加工约束, 并行网络.

**分类号** TH 122

产品设计的传统方法是串行的. 其流程为: 市场需求→初步设计→方案设计→技术设计→施工图设计→试验试制→投产→售后服务等过程. 设计阶段, 由于得不到试验、制造及售后服务所反馈的信息或设计人员在设计零部件时, 没有考虑制造、装配过程中所必须处理的约束和软、硬件设施的有限资源, 因此常出现设计者设计出来的零部件虽能满足产品性能要求但却不能制造, 或虽能制造但要付出较大的代价. 如果在设计阶段就将制造、检验、售后服务等信息提供给设计者, 则可避免出现上述问题. 并行设计是产品开发过程中对制造及其相关环节进行一体化设计, 在设计初期就考虑产品整个生命周期中影响产品制造与报废的所有因素, 因此设计出来的产品在可制造性、可靠性和可维护性等方面均具有良好的性能.

## 1 零件表面质量的加工分析

零件制造质量是保证产品质量的基础, 零件制造的加工过程与零件表面质量的形成具有直接的因果关系.

### 1.1 零件表面质量及其评估

零件表面质量是由一种或数种加工与处理方法获得的零件表面层状况(几何的、物理的、化学的或其它工程性能)与零件技术要求的符合程度. 表面质量直接影响零件的耐磨性、疲劳强度、配合性质及抗腐蚀性能等, 所以, 它影响着零件的使用寿命. 对它的正确评估涉及到产品的生命周期及在生命周期内零件完成特定功能的能力. 表面质量有许多评定指标, 但常用的有: 表面粗糙度、表面加工硬化和表面残余应力的大小与性质.

### 1.2 表面粗糙度与加工精度的关系分析

表面粗糙度反映被加工表面上的微观几何形状误差. 任何机械零件在加工过程中, 由于刀具和零件表面间的摩擦, 工件加工表面的塑性变形、刀具的形状及切削用量等原因, 使得表

\* 本文 1996-01-30 收到; 武汉市政府科技先导攻关资助项目

面产生不可避免的微观几何形状误差. 表面粗糙度不同于由于机床几何精度误差所造成的宏观几何形状误差, 即形状误差; 也不同于介于宏观和微观几何形状误差之间的表面波度. 图 1 为三者的关系<sup>[1]</sup>.

### 1.3 表面残余应力与加工硬化

表面残余应力为零件表面塑性变形完成后, 保留在变形物体内的附加应力, 它受到变形条件的影响, 如变形温度、变形速度、变形程度、摩擦、刀具和工件的形状等. 当零件加工过程中的温度低于某一极限时, 随着工件变形程度的增加, 强度和硬度明显增大, 而工件的塑性迅速下降, 这种现象称为加工硬化. 它受到影响的因素与残余应力的变形条件类似(其中工件材料影响尤为显著). 它的形成取决于塑性变形过程中, 硬化和软化两个过程的消长程度.

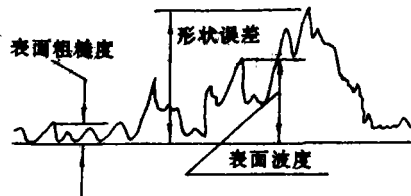


图 1 表面几何形状误差间的关系

## 2 面向表面质量的加工约束

面向表面质量的加工约束包括操作过程约束、机床约束、刀具约束、加工条件约束和验收约束等, 如图 2 所示. 图 3, 4, 5 为机床约束类型、刀具约束类型和加工条件约束类型. 验收约

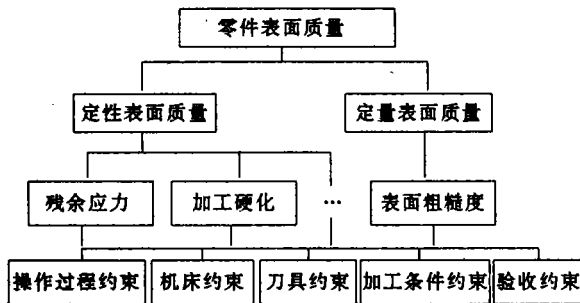


图 2 面向表面质量的加工约束类别

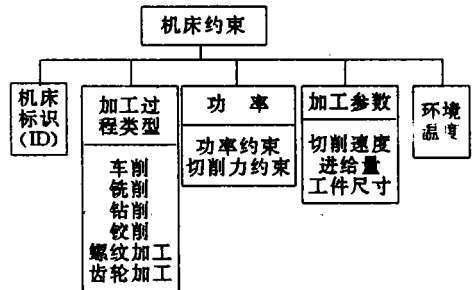


图 3 机床约束类型

束是根据零件的设计要求制定的, 对于表面质量主要为表面粗糙度约束, 以检测被加工零件的表面质量是否合格. 操作过程约束是根据零件设计要求来设计加工工艺. 工艺设计有多种方法, 其中基于并行网络特征驱动的工艺设计是一种高效可行的方法.

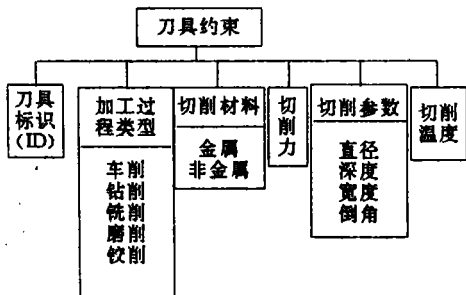


图 4 切削约束类型

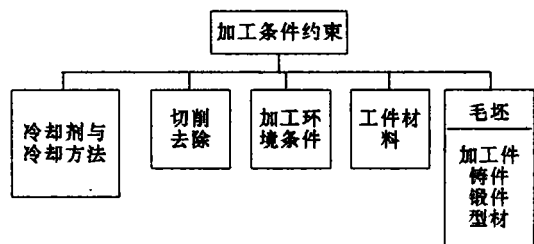


图 5 加工条件约束类型

### 3 基于并行网络特征驱动的加工工艺设计

#### 3.1 零件加工工艺设计的并行网络

由于零件加工的表面质量在整体上不仅与表面粗糙度、残余应力、加工硬化等有关,而且也与零件的加工精度,特别是形状精度有直接的联系. 因此,在进行加工工艺设计时,所选择的每一种加工方法应使零件加工的表面质量与加工精度协调一致.

传统制造工艺的选择方法为:车→铣→刨→磨→抛光. 由于每种加工方法所选用的机床经济加工精度不同,对具有某一精度要求的零件,单纯按上述路线进行零件加工工艺的设计必将造成机床、夹具、刀具和量具的浪费,使加工成本增加. 零件加工工艺设计的并行网络见图 6. 除毛坯出库和零件入库两工序为单向并行网络外,由零件的加工工序所组成的网络均

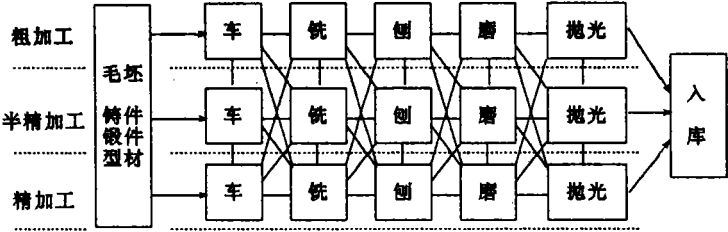


图6 零件加工工艺并行网络

为双向并行网络. 根据经济加工精度的不同,把同类型机床划分为 3 个等级,经互联后得到由粗加工网络、半精加工网络和精加工网络组成的并行网络系统.

#### 3.2 特征驱动的加工工艺设计

零件加工工艺设计,由专家系统根据零件的设计特征通过黑板对零件工艺数据库中的加工工艺并行网络进行搜索,并由零件的特征要求确定全部可选的工艺路线及每道工序的各种工艺参数,计算出每道工序的时间和每条工艺路线的时间. 按一定的优化准则,如最高生产率准则或最低成本准则确定零件加工的最佳工艺路线<sup>[2]</sup>.

### 4 面向零件表面质量的并行设计体系

图 7 为面向零件表面质量的并行设计系统. 它由初始设计模块、产品模型、工程及功能分析模块、面向表面质量的并行设计模块组成. 该系统运作过程如图 8 所示.

在并行设计的黑板系统中,具有由推理机和知识库组成的专家系统和加工工艺数据库. 专家系统统筹考虑各领域的设计决策,以符合系统统一决策原则. 当面向表面质量进行设计决策时,推理机利用知识库中的知识搜索数据库中所有满足加工约束的工艺过程,并同时调用工程及功能模块进行可行性分析和计算,然后把分析计算结果反馈至黑板系统,进行各相关领域的系统统一决策,最后以各领域的满意设计方案为其设计结果输出.

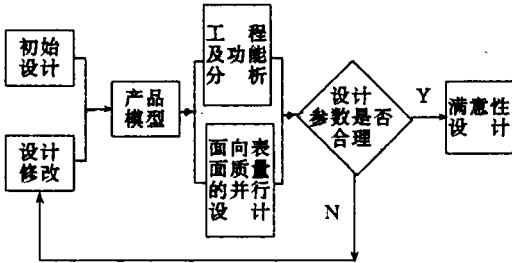


图7 面向零件表面质量的并行设计系统

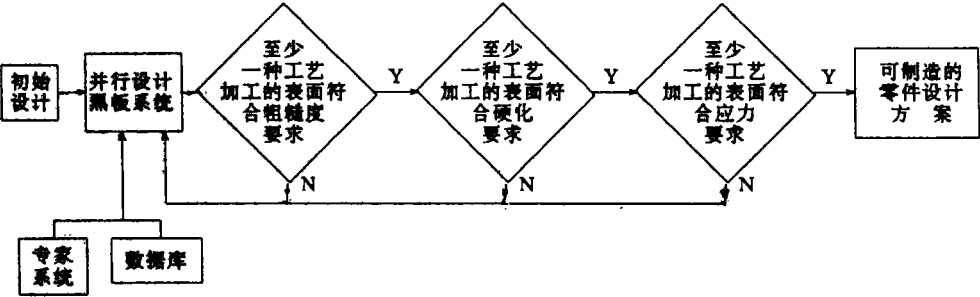


图8 面向零件表面质量的设计决策

5 结论

(1) 零件表面质量是零件设计的重要指标之一，它在某种意义上体现着产品的设计功能是否达到。因此，面向零件表面质量的并行设计，使设计者在产品计阶段就能预测产品零件的可加工性。

(2) 基于并行网络特征驱动的加工工艺设计是一种高效可行的工艺设计方法。

参 考 文 献

1 胡永生．机械制造工艺原理．北京：北京理工大学出版社，1992．10～15  
2 Feng Changxue, Andrew K. Constraint-based design of parts. Computer-aided Design, 1995, 27(5):343～352

A Study of the Concurrent Design Catering to  
the Surface Quality of the Parts

Zhao Yong      Yang Mingzhong

(Dept. of Wuhan Automotive Polytechnic Univ. , 430070, Wuhan)

**Abstract** A concurrent design system and its design decision method are put forward catering to the surface quality of the parts. An analysis is made on the constraining factors of machining catering to surface quality. A study is made on the design procedure of machining technology based on concurrent network and featured-drive.

**Keywords** surface quality, concurrent design, machining constraint, concurrent network