

文章编号: 1004-4353(2021)02-0185-04

# 基于约束关系图的零件装夹规划

廉哲满

( 延边大学 工学院, 吉林 延吉 133002 )

**摘要:** 针对工艺规程设计中的计算机辅助装夹规划问题, 提出了一种基于约束关系图的零件装夹规划. 该规划根据零件加工特征的刀具接近方向生成零件的装夹方案集, 并通过特征间的几何公差约束筛选出零件装夹规划的优化方案. 实例分析表明, 该方法有效可行, 可为制定计算机辅助工艺路线提供参考.

**关键词:** 工艺规程; 装夹规划; 加工特征; 约束

**中图分类号:** TH162

**文献标识码:** A

## Workpiece setup planning based on constraint graphs

LIAN Zheman

( College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China )

**Abstract:** To deal with the computer assisted setup planning in process planning, a kind of setup plan is proposed based on constraint graphs in this paper. The clamping scheme set of the parts is formed according to the tool approach direction of the machining features on the parts, and through geometric tolerance constraints between features. The example analysis shows that the method is effective and feasible, it can provide reference for computer aided process planning.

**Keywords:** process planning; setup planning; machining feature; constraint

零件的装夹规划是计算机辅助工艺规划的重要组成部分, 它不仅决定了工艺规划和夹具设计时零件的加工工艺, 而且还决定了零件的加工质量和成本. 但由于装夹决策的多因素和制造资源的多样性, 因此使得装夹规划问题较为复杂<sup>[1]</sup>. 目前, 已有很多学者对零件装夹规划问题进行了研究, 并取得了较好的研究结果和相关应用<sup>[2-5]</sup>. 在上述文献研究的基础上, 本文提出了一种基于约束关系图的零件装夹方案, 以实现计算机辅助自动生成装夹规划.

### 1 零件约束关系图

在自动形成零件装夹规划时, 本文主要考虑

两种约束关系, 即零件的刀具接近方向约束和几何公差约束. 零件的刀具接近方向约束和几何公差约束均与零件的加工特征相关联. 特征作为产品信息的载体是在产品设计到制造过程中自动形成的. 在工艺规程设计自动化的实现过程中可通过特征识别技术来提取和识别加工特征. 加工特征主要包含的信息是特征的几何信息和加工工艺所必要的信息<sup>[6]</sup>.

#### 1.1 刀具接近方向约束

刀具接近方向约束<sup>[7]</sup>是指在机床上加工零件时, 刀具能够加工零件特征的路径. 为了便于说明, 本文假设了一种具有不同加工特征的零件, 并标注了零件主要部位的尺寸, 如图 1 所示.

收稿日期: 2021-01-22

作者简介: 廉哲满(1964—), 男, 工学博士, 教授, 研究方向为计算机辅助设计制造及仿真.

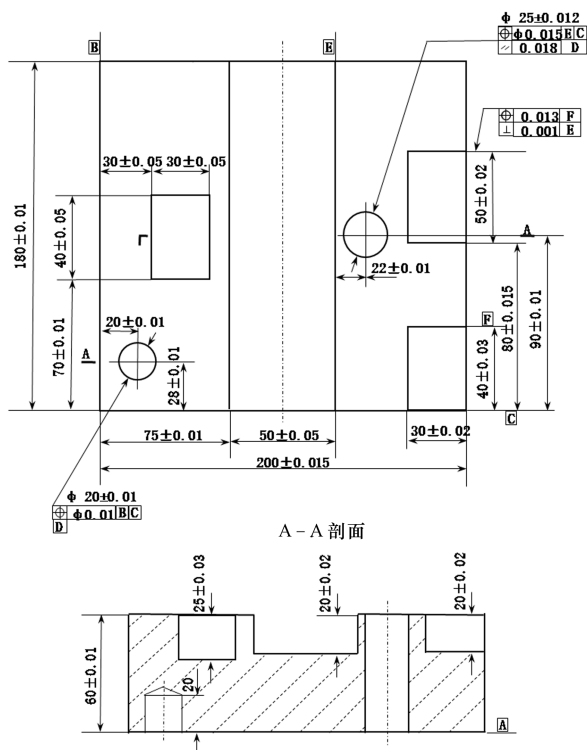


图 1 零件图

分析和确定零件加工特征的刀具接近方向是制定装夹规划的首要任务. 由于零件上不同形状的加工特征会产生不同的刀具接近方向, 因此会产生不同的装夹方案. 即使是同一个加工特征, 也可能会有多个刀具接近方向, 并产生多种装夹方案. 因此, 对于具有多个刀具接近方向的零件, 如何选择装夹方案是优化装夹规划的关键问题. 根据零件图(图 1), 本文设置的零件加工特征( $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 、 $F4$ 、 $F5$ 、 $F6$ )和刀具接近方向( $+X$ 、 $-X$ 、 $+Y$ 、 $-Y$ 、 $+Z$ 、 $-Z$ )如图 2 所示.

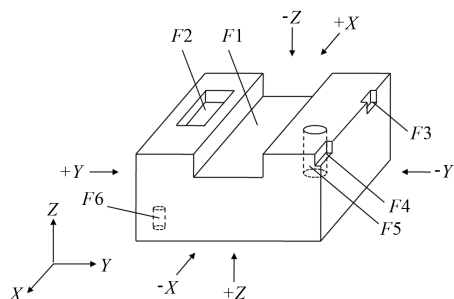


图 2 零件加工特征及 6 个刀具的接近方向

图 3 为在零件上加工特征时刀具接近方向的约束关系图. 其中: 标有符号  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的节点表示方向节点, 即表示刀具接近的方向; 标有符号  $F$  的节点表示特征节点, 即表示零件的加工特征; 连线

表示方向约束, 即表示某特征在该方向有约束关系. 表 1 为具有约束关系的加工特征信息. 由图 3 可以看出, 特征  $F2$  和  $F6$  只有一个刀具接近方向, 而其他特征有多个刀具接近方向. 为了保证装夹方案的最优化, 本文将具有相同刀具接近方向的特征安排在同一个装夹方案的特征集中, 并使其中的某一个装夹方案拥有最多的加工特征.

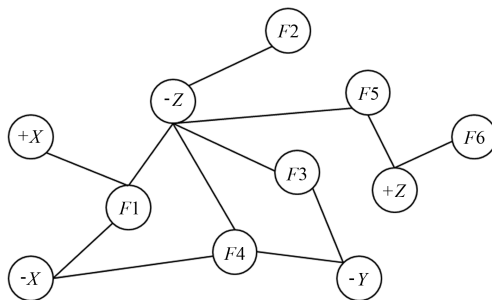


图 3 刀具接近方向的约束图

表 1 不同刀具接近方向的加工特征

| 刀具接近方向 | 零件的加工特征              |
|--------|----------------------|
| $-Z$   | $F1, F2, F3, F4, F5$ |
| $+Z$   | $F5, F6$             |
| $-Y$   | $F3, F4$             |
| $-X$   | $F1, F4$             |
| $+X$   | $F1$                 |

## 1.2 零件的几何公差约束

零件的几何公差是指零件加工时零件的形状和位置的公差, 是加工零件的重要约束信息. 几何公差对零件的装夹方案具有重要影响, 且具有严格位置公差要求的加工特征应保证其在一次装夹中完成加工, 以满足其位置精度. 根据图 1 可知, 几何公差约束关系可用图 4 表示. 图 4 中, 节点分别用于表示加工特征( $F$ )和基准特征( $A$ 、 $B$ 、 $C$ 等), 连线表示某个公差特征, 如位置度、平行度等公差约束.

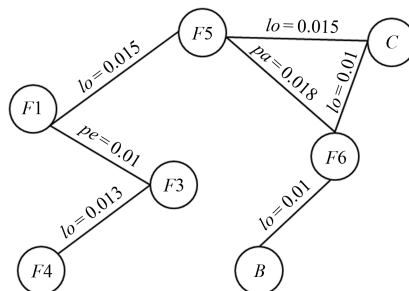


图 4 零件的几何公差约束图

2 零件的装夹规划

本文基于属性邻接图(AAG)<sup>[8]</sup>的建立方法,通过合并刀具接近方向和零件几何公差约束关系图来生成装夹规划方案,如图 5 所示.图 5 中,节点表示加工特征(F)和刀具接近方向(X、Y、Z),连线表示刀具接近方向约束和几何公差约束.刀具接近方向约束关系用“1”表示,公差约束用公差值表示.为了便于计算机实现算法,本文采用邻接矩阵的方式表示图 5,如表 2 所示.表 2 中,“1”表示某加工特征在给定的刀具接近方向上具有加工

的可能性;“0”表示不具有加工的可能性;其他数值表示加工特征之间的几何公差要求.

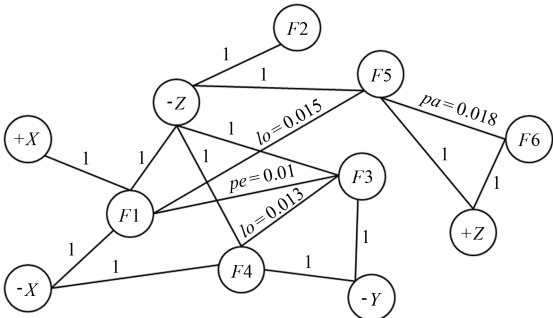


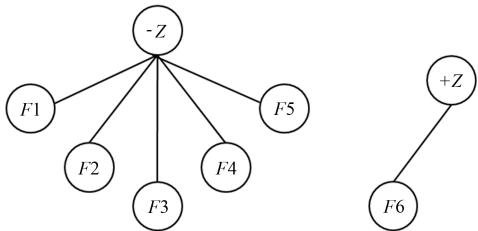
图 5 基于约束的装夹方案

表 2 邻接矩阵

|    | -Z | +Z | -Y | +Y | -X | +X | F1    | F2 | F3    | F4    | F5    | F6    |
|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| -Z | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1     | 1  | 1     | 1     | 1     | 0     |
| +Z | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     | 0  | 0     | 0     | 1     | 1     |
| -Y | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     | 0  | 0     | 1     | 0     | 0     |
| +Y | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     |
| -X | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1     | 0  | 0     | 1     | 0     | 0     |
| +X | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1     | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     |
| F1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0     | 0  | 0.010 | 0     | 0.015 | 0     |
| F2 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     |
| F3 | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0.010 | 0  | 0     | 0.013 | 0     | 0     |
| F4 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0     | 0  | 0.013 | 0     | 0     | 0     |
| F5 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0.015 | 0  | 0     | 0     | 0     | 0.018 |
| F6 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     | 0  | 0     | 0     | 0.018 | 0     |

本文提出的装夹规划的核心思想是将具有相同刀具接近方向的加工特征编组在同一个装夹方案中,并使其拥有最大的加工特征数.若某些特征同属其他装夹方案,可通过比较几何公差约束对其进行筛选,然后将具有相同刀具接近方向和几何公差约束的加工特征编组在同一个装夹方案中.基于上述思想,本文首先在相同刀具接近方向的特征集中生成如图 6 所示的装夹最初方案,以此保证加工特征间的几何公差要求;然后在确保

几何公差要求和能够使同一个装夹方案中的特征数保持最多的前提下,通过筛选生成装夹的最优方案,如图 7 所示.



(a) 装夹方案 1 (b) 装夹方案 2

图 7 装夹的最终方案

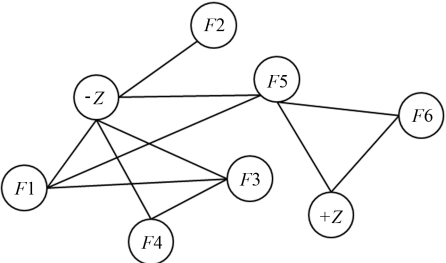


图 6 装夹的最初方案

3 结论

本文提出的基于刀具接近方向和几何公差约束图的零件装夹规划,能够实现装夹规划的最佳化,可为计算机辅助工艺设计中的零件装夹规划提供参考.本文在研究中只考虑了零件在一台加工中心切削加工时的装夹方案,因此在今后的研

究中将考虑零件在多台机床加工时的优化方案,以更好地实现多种制造资源的优化配置。

### 参考文献:

- [1] 高博, 阎艳, 张发平, 等. 基于公差推理的零件聚类装夹规划方法研究[J]. 北京理工大学学报(自然科学版), 2015, 35(3): 236-241.
- [2] 高博, 胡晓宇, 彭珍瑞, 等. 基于智能水滴算法的装夹规划方法[J]. 中国机械工程, 2019, 30(21): 2539-2545.
- [3] 黄凤立, 左春桢, 顾金梅, 等. 基于加工操作单元的多态蚁群装夹规划方法[J]. 机械工程学报, 2017, 53(7): 164-172.
- [4] 欧阳华兵, 沈斌. 面向 STEP-NC 基于加工特征规则聚类的零件装夹规划[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(5): 973-980.
- [5] 孙习武, 褚学宁, 苏於梁, 等. 基于聚类分析法的装夹规划算法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(6): 1179-1186.
- [6] SHAN J J, MANTYLA M, NAU D S. Advances in Feature based Manufacturing[M]. Amsterdam • London • New York • Tokyo: Elsevier, 1994: 164-166.
- [7] PETER C C P, GADH R. Feature-based approach for setup minimization of process design from product design[J]. Computer-Aided Design, 1996, 28(5): 321-332.
- [8] ZHANG H C, ALTING L. Computerized Manufacturing Process Planning Systems[M]. London • Glasgow • New York • Tokyo • Melbourne • Madras: Chapman & Hall, 1994: 176-178.

(上接第 169 页)

- [2] 罗惠波, 卫春会, 王毅, 等. 菠萝果酒酿造工艺条件的优化[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(3): 94-96.
- [3] 王立正, 贾福晨, 李梁, 等. 苹果梨果汁澄清工艺研究[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 47-50.
- [4] 张先, 杜鑫, 韩苗苗, 等. 苹果梨澄清饮料加工工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(2): 79-82.
- [5] 孟祥敏. 冰苹果梨发酵酒加工工艺优化及香气成分分析[D]. 长春: 吉林农业大学, 2018.
- [6] 朴银子. 苹果梨白兰地酿造工艺的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2018.
- [7] 余明洁, 田丰伟, 范大明, 等. 高产  $\epsilon$ -聚赖氨酸白色链霉菌的复合诱变选育研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 99-101.
- [8] 齐笑笑. 果蔬采后酶促褐变机理及控制方法研究进展[J]. 北方园艺, 2017(11): 190-194.
- [9] 彭丽桃, 蒋跃明. 适度加工果蔬褐变控制研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(4): 72-76.
- [10] 林倩, 吴昊, 刘芊辰, 等. 响应面法优化福林酚法测定冬枣中总酚含量[J]. 食品工业, 2020, 41(4): 86-90.
- [11] 陈春, 黎家妍, 黄泽鹏, 等. 氧化白藜芦醇对鲜切苹果及果汁褐变的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 285-289.
- [12] ZHANG Z K, HUBER D J, QU H X, et al. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols[J]. Food Chemistry, 2015, 171: 191-199.
- [13] 孙扬扬. 基于膜脂代谢的常温贮藏南果梨果心褐变机理及调控研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [14] LEDAUPHIN J, SAINT-CLAIR J F, LABLAN-QUIE O, et al. Identification of trace volatile compounds in freshly distilled Calvados and Cognac using preparative separations coupled with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(16): 135-141.