

面向三坐标测量机应用的检测特征自动提取和识别

王健美 王君英
清华大学, 北京, 100084

摘要: 为了解决三坐标测量机(CMM)中手工输入检测信息的问题, 提出了自动提取和识别检测特征的方案。应用特征技术, 实现了基于CAD模型公差特征的自动提取。利用CAD模型中几何要素标识唯一的特点, 建立了STEP和QDAS中性文件的匹配, 解决了几何信息和检测信息在CAD和CMM之间的传递和识别问题。在Unigraphics上进行了二次开发, 使其能自动输出匹配好的STEP和QDAS文件, 并能被CMM软件识别和应用。

关键词: 检测特征提取; 检测特征识别; 三坐标测量机(CMM); CAD

中图分类号: TP391.73 **文章编号:** 1004-132X(2005)23-2098-03

Automatic Inspection Feature Extraction and Recognition in CMM Inspection Planning

Wang Jianmei Wang Junying
Tsinghua University, Beijing, 100084

Abstract: Manual definition of inspection feature should be replaced with an automatic one in Coordinate Measuring Machines (CMM) inspection. Tolerance features were automatically extracted from CAD model based on feature technique. By mapping between STEP and QDAS file, both geometric and inspection information can be automatically transferred and recognized correctly by CMM. The actual system was built on Unigraphics, and proved to be applicable on CMM.

Key words: inspection feature extraction; inspection feature recognition; coordinate measuring machines(CMM); CAD

0 引言

检测规划的自动制定和智能化是三坐标测量机(CMM)发展的趋势, 它包括检测特征的自动提取和识别、测量点和测量路径的自动生成、代码输出等模块。其中, 检测特征的自动提取和识别, 即从零件的CAD模型中自动提取出所有公差信息, 包括公差大小、类别、对应的几何要素, 并由CMM系统自动进行识别, 是整个检测规划系统的基础。

1 现状分析

测量环节的第一步是明确测量任务, 即定义检测要素, 并获取与之相关的公差要求。在定义检测要素时, 目前两种常用的手段如下:

(1) **手工编制** 由零件的三维模型生成二维工程图纸, 检测人员在上面标识出待检测的要素, 并编写待测要素列表, 交由编程人员编写数控代码。

(2) **交互式图形定义** 将零件的三维模型导入CMM软件中, 检测人员根据标记好的二维工程图纸, 在三维模型上选择待测要素, 并输入公差

等信息。

这两种手段共同的缺点是: 由于几何和公差数据表达方式的不同, 设计环节中已定义好的公差信息无法直接被检测环节利用, 而必须由检测人员重新手工识别, 造成不必要的重复性劳动, 同时人工的参与也导致出错率的增大。如果能够从零件模型中自动提取出检测特征, 并保证被CMM自动识别, 上述问题便能迎刃而解。

2 检测特征提取

公差在设计模型中的表达方式, 决定了检测特征自动提取的难易程度。通常, 公差是以文本或符号形式标注在二维工程图中的, 它们不具备语义信息, 或者仅仅与工程图中的点、线等图元有关联, 因而无法直接从公差得到与之相关联的几何要素。虽然利用三维模型和二维工程图在数据存储上的一致性, 可以建立公差和三维几何要素之间的联系^[1], 但依然存在以下问题: ①由于从二维图元映射回三维实体时具有多义性, 因而必须设定复杂的规则对可能的映射结果进行筛选; ②对自由曲线和曲面求解较困难。

特征是描述产品信息的集合, 它包括形状特征、精度特征、技术特征、材料特征、装配特征, 特征的引入为几何实体赋予了工程含义^[2]。把公差

收稿日期: 2005-01-04

基金项目: 科技部中德合作项目

定义为特征附加在几何要素上,以 CAD 模型作为存储载体,一方面实现了几何和公差信息的统一,另一方面,公差作为特征,具有语义的要素,它与几何要素之间的唯一关联使得检测特征的自动提取成为可能。

3 检测特征识别

CAD 与 CMM 系统间通过 STEP、IGES 等中性文件来交换数据,几何拓扑信息的输出和读取能顺利地完 成,但限于 CAD 或 CMM 系统所提供的功能,由 CAD 系统输出的中性文件中即便包含公差信息,也往往不能直接被 CMM 系统识别。因此,造成了数据传递过程中公差信息的丢失。

QDAS 标准可以提供检测信息的表达。它是为了实现不同厂商检测数据的一致而建立的一种行业标准^[3],能够被大多数的 CMM 系统识别,但它不能表达几何拓扑信息,同时现有的 CAD 系统也不提供与 QDAS 标准的接口。

为了实现 CMM 系统对检测特征的自动识别,必须重新建立几何信息和公差信息的关联,本文针对 STEP 和 QDAS 标准提出了解决方案。

STEP 标准是国际化标准组织建立的关于产品信息表达与交换的国际标准。STEP 中性文件的表达遵照 ISO 10303-21 的格式。CAD 模型中的每个几何要素,对应 STEP 中的一个实体名,如下所示:

#115 = ADVANCED_FACE (‘(#120), #118 .F.);
实体名 关键字 参数列表
其中,关键字表达了该要素的类型;参数列表记录了几何拓扑等信息。

QDAS 采用 ASCII 码来记录检测相关信息,包括公差类别、大小、与公差关联的几何要素等。其中,几何要素的表达是其在 CAD 模型中的标识。面轮廓度的表征示例如下:

K2001/0 0 公差序号为 0
K2009/0 105 公差类别为面轮廓度(105)
K2101/0 0.400000 公差大小为 0.4
K2511/0 332 关联几何要素标识为 332

其中,K 部分为描述段,空格之后为数据段。

利用 STEP 文件实体名和 CAD 模型中几何要素的对应关系,在该实体名的参数列表中,注释出该几何要素在 CAD 中的标识,就可以建立 STEP 文件和 QDAS 文件的关联,从而恢复几何和公差信息的匹配,实现 CMM 对检测特征的自动识别。

4 系统实现

4.1 系统框架

系统的框架如图 1 所示。

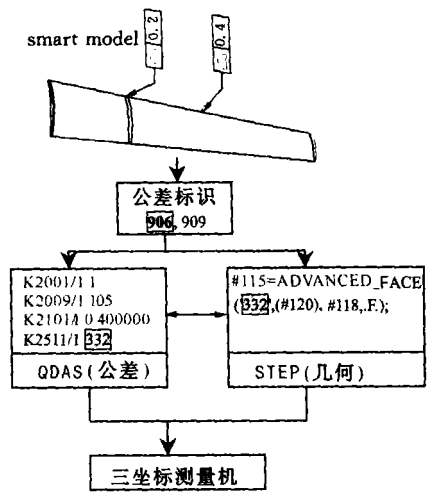


图 1 检测特征自动提取和识别

首先用 Unigraphics 提供的 smart model 定义零件公差,遍历 CAD 模型,得到所有公差特征的标识,然后根据标识,查询每一个公差特征的详细信息。不同的公差类别,需要提取的信息不尽相同,通过对尺寸和形位公差进行分类,得到表 1 所示的规则。

表 1 不同公差类别的检测特征提取

	名义值	公差值	待测要求	基准要求
尺寸	√	√	√	
形状公差		√	√	
位置公差		√	√	√

注:尺寸包括线性、角度、直/半径等;形状公差包括平面度、直线度、圆/圆柱度、线/面轮廓度等;位置公差包括线/面轮廓度、平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度、位置度、圆/全跳动等。

按照 QDAS 标准规定的格式,输出提取出的检测特征,包括公差大小、类型、关联几何要素在 CAD 模型中的标识。STEP 文件可以利用 Unigraphics 的文件交换模块得到。按照匹配关系,将待检测几何特征的标识写到 STEP 文件对应该几何要素实体名的参数列表中。最后由 CMM 系统读入,实现检测特征的自动识别。

4.2 系统实现

该系统能实现所有尺寸和形位公差的检测特征提取。除了标准几何形体外,还能求解自由曲线和曲面。通过查询公差特征,可以获得待测要素完整的几何信息,并实现自由曲线/面在参数方向上的均匀步点,从而为后续自动检测规划系统的建立奠定了基础。

4.3 实例分析

选取了图 2 所示的叶片为样件, 验证检测特征提取和识别的过程。

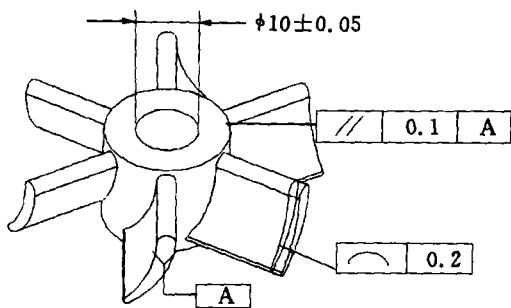


图 2 叶片零件

公差包括内孔的直径(尺寸公差)、圆柱两端的平行度误差(位置公差)以及叶片上某截面处的线轮廓度误差(形状公差), 如图 2 所示。对所有的公差特征进行遍历, **并根据表 1 的规则选择需要输出的信息**, 得到该叶片零件的 QDAS 文件, 如图 3 所示。初始的 STEP 文件可以通过 Unigraphics 的文件交换模块得到。再将与公差关联的几何要素的标识添加到 STEP 文件中以及与该几何要素对应的实体名的**参数表中**, 得到注释后的 STEP 文件, 如图 4 所示(仅节选与公差表述相关的部分)。这样, 便建立起了 STEP 和 QDAS 文件的匹配, 当 CMM 系统读入 STEP 和 QDAS 文件后, 即可自动识别出叶片零件的检测特征。

K2001/0	0
K2009/0	202
K2101/0	10.000000
K2112/0	-0.050000
K2113/0	0.050000
K2511/0	520
K2001/1	1
K2009/1	108
K2101/1	0.100000
K2511/1	1026
K2512/1	517
K2001/2	2
K2009/2	104
K2101/2	0.200000
K2511/2	524
K2512/2	537
K2513/2	538
K2514/2	539

图 3 叶片零件的 QDAS 文件

5 结论

本文实现了基于 Unigraphics 平台检测特征的自动提取。通过建立 STEP 和 QDAS 文件的匹配, 实现了 CMM 系统对检测特征的自动识别, 解决了检测规划中对自由曲线曲面的求解。本文采用的**方法和思路具有普适性**, 为同类问题的解

```
...
#206=ADVANCED_FACE('',( #294, #295, #296, #297,
#298, #299, #300, #301), #240, .T.);
#207=ADVANCED_FACE('517', ( #302, #174), #166, .F.);
#208=ADVANCED_FACE('1026', ( #303, #175), #167, .T.);
#209=ADVANCED_FACE('',( #176), #241, .F.);
#210=ADVANCED_FACE('',( #177), #242, .T.);
#211=ADVANCED_FACE('',( #178), #243, .T.);
#212=ADVANCED_FACE('',( #179), #244, .T.);
#213=ADVANCED_FACE('',( #180), #168, .T.);
#214=ADVANCED_FACE('524', ( #181), #245, .F.);
#215=ADVANCED_FACE('537', ( #182), #246, .T.);
#216=ADVANCED_FACE('539', ( #183), #247, .T.);
#217=ADVANCED_FACE('538', ( #184), #248, .T.);
...
#239=ADVANCED_FACE('520', ( #304, #305), #265, .F.);
...
```

图 4 注释后叶片零件的 STEP 文件

决提供了参考。

参考文献:

- [1] 林财兴, 耿一山, 杨安荣, 等. 测量规划中公差数据的自动获取与匹配. 上海大学学报, 1999, 5(1): 86 ~ 88
- [2] 孙家广. 计算机辅助设计技术基础. 第二版. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [3] 董秉枢. 现代 CAD 技术. 北京: 清华大学出版社, 2000 (编辑 郭伟)

作者简介: 王健美, 女, 1981 年生. 清华大学精密仪器与机械学系硕士研究生. 主要研究方向为计算机辅助检测、CAD/CAM 等。王君英, 女, 1960 年生. 清华大学精密仪器与机械学系副教授。

2006 国际机械工程教育大会 将于 2006 年 3 月 31 日至 4 月 4 日在北京召开。会议主要内容: 2020 年工程师全球展望、研究生教育和科研的创新与国际合作、本科生教育及其国际合作、机械工程教育的全球资格认证、全球性的产学研合作。会议参加者主要是各国大学的机械工程及相关专业学院的院长、系主任、学科带头人、教学及科研骨干, 关心机械工程教育的政界、工业界、科技界、社会团体的知名人士。热忱欢迎我国各高校分管教学和国际交流与合作的校长和副校长以及工业企业高层管理人员出席; 邀请各省区市教委、教育局的主要负责人莅临指导。真诚欢迎相关领域的专家、学者、研究开发人员、管理人员到会交流, 共同探讨。报名细则请参阅<http://www.cmes.org/ftp/jiaoyudahui/jiaoyuhuiyi>。联系人: 陈超志 (chencz@cmes.org, 010 - 68595315)。

(工作总部)