

# 基于 MBD 的工艺信息自动提取与比对软件开发

李文博, 邱世广

(航空工业成都飞机工业(集团)有限责任公司, 成都 610092)

**[摘要]** MBD 技术保证了飞机设计与制造的数据唯一性, 极大缩短了产品的研制周期, 然而在飞机制造工艺审查过程中仍存在工作量大、耗时长且容易遗漏等问题。采用 CATIA 二次开发方式开发了一套工艺审查相关软件, 包括综合定制提取、非几何信息对比和几何信息对比 3 个独立模块。通过工程验证, 发现该软件极大地提高了工艺审查及工艺准备的效率和质量。

**关键词:** MBD; 二次开发; 工艺审查; 自动提取; 几何信息对比

## Software Development of Automatic Extraction and Alignment of MBD-Based Process Information

LI Wenbo, QIU Shiguang

(AVIC Chengdu Aircraft Industrial (Group) Co., Ltd., Chengdu 610092, China)

**[ABSTRACT]** MBD technology ensures the data uniqueness of aircraft design and manufacturing, and greatly shortens the development cycle of the product. However, there are still many problems in the process of aircraft manufacturing process review such as heavy workload, long time consuming and easy to miss, etc. In this paper, we developed a set of process review software including comprehensive custom extraction and non-geometry/geometry information contrast based on CATIA re-developing. Through engineering verification, it is found that the software can greatly increase the efficiency and quality of aircraft design approval and production process preparation.

**Keywords:** MBD; Re-developing; Process review; Automatic extraction; Geometry information contrast

**DOI:** 10.16080/j.issn1671-833x.2018.04.082

MBD (Model Based Definition) 是用一个集成的三维实体模型完整地表达产品定义信息, 即将制造信息和设计信息(三维尺寸标注及各种制造信息和产品结构信息)共同定义到产品的三维数字化模型中<sup>[1-2]</sup>, 从而取消二维工程图, 保证设计数据的唯一性<sup>[3-4]</sup>。

在飞机制造工艺审查和工艺准备过程中, 需要对零件、组件、部件组成的制造单元进行可制造性、可装配性分析, 检查结构设计的合理性<sup>[5]</sup>, 就需要对数模逐层展开查看或从中提取各专业所需要的信息(包括属性、注释和标注等), 费时费力。CATIA 自带导出物料清单的功能, 但只能定制和导出属性信息, 数模结构树中的注释和标注信息却无法导出。另外, 工艺人员往往需要对不同版本的数模进行对比, 查看属性、注释和标注等非几何信息的差异及不同版本数模几何体的改动情况。虽然 CATIA “DMU 空间分析” 工作台提供了新旧数模几何体对比的功能, 但操作较复杂、精度也不容易控制, 尤其是几何体改动较小或在几何体内部改动情况下,

CATIA 自身功能很难对比出差异。

本文通过 CATIA 二次开发(Automation API 方式<sup>[6]</sup>)实现综合定制提取功能(并能够对材料和部分工艺信息进行自动审查)和非几何/几何信息对比功能。

下面将从界面设计、功能描述和应用实例 3 方面分别对所开发的工艺审查相关软件的 3 个独立模块(包括综合定制提取、非几何信息对比和几何信息对比)进行介绍。

## 1 综合定制提取

### 1.1 界面设计

综合定制提取的主界面如图 1、2 所示。

### 1.2 功能描述

针对目前飞机制造工艺审查过程中查看和提取三维数模属性、注释及标注等非几何信息繁琐费时且易遗漏的问题, 开发了综合定制提取模块, 将根据工艺人员定制的列标题来提取所需要的信息(称为一次提取), 并

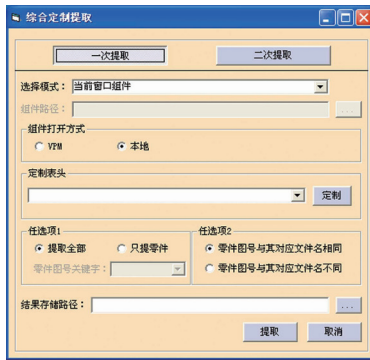


图1 综合定制提取主界面1

Fig.1 First main interface of comprehensive custom extraction

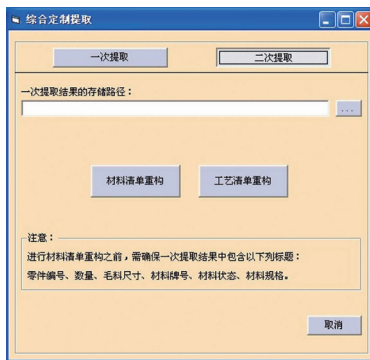


图2 综合定制提取主界面2

Fig.2 Second main interface of comprehensive custom extraction

可进行材料清单重构和工艺清单重构(称为二次提取),以进一步提高工艺审查效率。

一次提取是从数模中提取所需要的信息并输出到 excel 表中,输出格式与 CATIA 自带的物料清单格式一致,所不同的是,这里增加了定制输出结构树注释列、标注列及关键字列(关键字的搜索范围为数模的属性、注释和标注)。同时,在输出的 excel 表中为数模图号添加了超链接,通过点击该图号可自动在 CAITA 中打开对应的数模。一般情况下,提取结果只输出到一张 excel 表中,但当输出到某个单元格的内容过多(比如多于 3 层)时,将通过超链接输出到其他表中。

二次提取是在一次提取的基础上,对输出的 excel 表进行重构,仅获取所关心的信息,比如材料信息或工艺信息。对于材料清单重构,将通过预先建好的材料库对提取出的数模材料进行审查,对超出材料库范围的材料将标红显示。对于工艺清单重构,将通过预先建好的工艺库对提取出的数模工艺信息进行审查,同样对不符合工艺库标准的工艺信息标红显示。

### 1.3 应用实例

对一个组件进行一次提取,定制的列标题为:零件编号、术语、数量、材料牌号、材料状态、材料规格、毛料

尺寸、通用注释、零件注释、热处理和粗糙度。输出结果如图 3 所示。

在一次提取的基础上,进行材料清单重构,结果如图 4 所示,其中,图 4(a)为仅保留材料牌号、状态、规格及毛料尺寸等列标题得到的所有零件的材料信息,并且与材料库不同的材料牌号以红色背景突出显示;图 4(b)为从图 4(a)中筛选出的材料牌号与材料库一致且属于复材的零件,并且与材料库不同的材料规格以红色背景突出显示;图 4(c)为从图 4(b)中筛选出的规格与材料库一致的零件,并且对材料牌号进行汇总。

零件编号	术语	数量	材料牌号	材料状态	材料规格	毛料尺寸	通用注释	零件注释	热处理	粗糙度
1		1								
2		1								
3		1								
4		1								
5		1								
6		1								
7		1								
8		1								
9		1								
10		1								
11		1								
12		1								
13		1								
14		1								
15		1								
16		1								
17		1								
18		1								
19		1								
20		1								
21		1								
22		1								
23		1								
24		1								

图3 一次提取结果

Fig.3 Result of first extraction

零件编号	数量	材料牌号	材料状态	材料规格	毛料尺寸
1	1				
2	1				
3	1				
4	1				
5	1				
6	1				
7	1				
8	1				
9	1				
10	1				
11	1				
12	1				
13	1				
14	1				
15	1				
16	1				
17	1				
18	1				

(a)表 1(全部材料)

零件编号	数量	毛料尺寸	材料牌号	材料状态	材料规格
1	1				
2	1				
3	1				
4	1				
5	1				
6	1				
7	1				
8	1				
9	1				
10	1				
11	1				
12	1				
13	1				
14	1				
15	1				
16	1				
17	1				

(b)表 2(复材)

零件编号	数量	毛料尺寸	材料总重量	材料牌号	材料状态	材料规格
1	1					
2	1					
3	1					
4	1					
5	1					
6	1					
7	1					
8	1					
9	1					
10	1					
11	1					
12	1					
13	1					
14	1					
15	1					
16	1					
17	1					

(c)表 3(复材汇总)

图4 材料清单重构结果

Fig.4 Result of material bill reconstruction

## 2 非几何信息对比

### 2.1 界面设计

非几何信息对比的主界面如图 5 所示。

### 2.2 功能描述

工艺审查过程中,可能需要查看新旧两数模在属性、注释及标注等非几何信息上的差异,从而获取飞机制造相关的工艺改动信息,手动操作费时费力,这里通过开发一个软件模块来实现非几何信息对比自动化。

通过指定新、旧两数模的路径,软件将自动提取并对比其非几何信息,并将获取的差异信息导出到 excel 表中。

对象类型包括组件和零件两种情况,对比类型包括非几何信息(包括属性、注释和标注)、属性、注释和标注 4 种情况。

对比两组件的非几何信息的思路为:首先利用递归搜索方法<sup>[7]</sup>分别提取旧数模和新数模中的所有属性、注释和标注信息(一条信息即为一个字符串),然后对所有字符串信息进行对比,获取有差异的字符串输出到 excel 表中。

如图 6 所示的数模,提取出的 Product1 的一条属性信息格式为:组件最顶层\属性\零部件类型:结构件;提取出的 Part1 的一条注释信息格式为:Product2\Part1\



图5 非几何信息对比界面

Fig.5 Non-geometry information contrast Interface



图6 数模示例

Fig.6 Digital model example

通用注释\设计单位=飞机设计所。

### 2.3 应用实例

对新旧两个组件进行非几何信息对比,结果如图 7 所示。其中,图 7 (a) 显示的是从旧数模和新数模中提取出的所有非几何信息(分别对应第一列和第二列),图 7 (b) 显示的是零件内容对比结果,而图 7 (c) 显示的是零件清单对比结果。可见对比结果完全正确。

A	B
1 公开	
2 2017年8月11日 21:13:49	
3	
4 旧数模aa.CATProduct下的所有非几何信息:	新数模bb.CATProduct下的所有非几何信息:
5 组件最顶层\属性\修订:---	组件最顶层\属性\修订:---
6 组件最顶层\属性\定义:	组件最顶层\属性\定义:
7 组件最顶层\属性\术语:油针	组件最顶层\属性\术语:油针
8 组件最顶层\属性\源:未知	组件最顶层\属性\源:未知
9 组件最顶层\属性\产品描述:	组件最顶层\属性\产品描述:
10 组件最顶层\属性\零部件类型:结构件	组件最顶层\属性\零部件类型:结构件
11 组件最顶层\属性\设计者ID:31	组件最顶层\属性\设计者ID:32
12 组件最顶层\属性\材料编号:	组件最顶层\属性\材料编号:
13 组件最顶层\属性\材料编号:	组件最顶层\属性\材料编号:

(a)表 1

A	B
1 公开	
2 2017年8月11日 21:13:49	
3	
4 旧数模名称: aa.CATProduct	
5 新数模名称: bb.CATProduct	
6	
7 旧数模中与新数模不同的非几何信息:	新数模中与旧数模不同的非几何信息:
8 组件最顶层\属性\设计者ID:31	组件最顶层\属性\设计者ID:32
9 100A001-001\通用注释\部门=3	100A001-001\通用注释\部门=4
10 100-001-001\标注集.1\粗糙度\粗糙度.1=[2]0.8	100-001-001\标注集.1\粗糙度\粗糙度.1=[2]0.6
11	
12	
13	

(b)表 2

A	B
1 公开	
2 2017年8月11日 21:13:50	
3	
4 旧数模名称: aa.CATProduct	
5 新数模名称: bb.CATProduct	
6	
7 旧数模中与新数模不同的零件图号:	新数模中与旧数模不同的零件图号:
8 100-002-001	100-002-002
9	
10	
11	
12	
13	

(c)表 3

图7 非几何信息对比结果

Fig.7 Result of non-geometry information contrast

## 3 几何信息对比

### 3.1 界面设计

几何信息对比的主界面如图 8 所示。

### 3.2 功能描述

工艺审查过程中,可能需要查看新旧两数模在几何信息上的差异,虽然可借助 CATIA 自带的 DMU 空间分析功能辅助进行对比,但操作较复杂、精度也不易控制,这里开发了一个软件模块,主要采用布尔运算来实现几何信息对比自动化,操作简便、对比结果准确直观。

通过指定新、旧两数模的路径,只需简单的交互便可自动实现其几何信息的对比,并将获取的差异信息以数

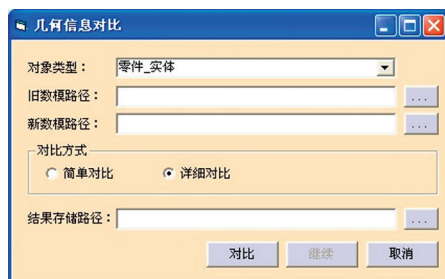


图8 几何信息对比界面

Fig.8 Geometry information contrast Interface

模的形式输出。

对象类型包括零件\_实体、组件\_实体、零件\_曲面和组件\_曲面4种情况。对于实体,主要通过布尔减运算的方式进行对比(即“详细对比”,而“简单对比”乃是通过比较两几何体体积的大小来粗略估计几何信息是否相同);对于曲面,则是通过对比两数模离散出的点云(stl格式)来获取其差异。

对于组件\_实体类型的数模,几何信息对比的思路为:首先,将旧数模(假如是 Product1)在 CATIA 中转化为 Part(假如得到 Part1),并将新数模(假如是 Product2)做同样转化(假如得到 Part2);然后,将 Part1 和 Part2 装配在一起(假如得到 Product12),把 Product12 转化为 Part(假如得到 Part12),此时利用布尔减运算拿 Part1 的几何体减去 Part2 的几何体,若操作成功则将其结果另存为 less.cgr(新数模几何体比旧数模几何体减少的部分),同理,拿 Part2 的几何体减去 Part1 的几何体,若操作成功则将其结果另存为 more.cgr(新数模几何体比旧数模几何体增加的部分);最后,将新数模 Product2 与 less.cgr、more.cgr 装配在一起(假如得到 new\_plus\_less\_more.CATProduct),并通过属性设置 Product2 为透明, less.cgr 为红色, more.cgr 为绿色。

布尔减运算的核心代码如下:

```
Set oPart = oPartDoc.Part
Set ShapeFactory1 = oPart.ShapeFactory
Set oBodies = oPart.Bodies
```

```
Dim Body1 As Body
```

Set Body1 = oBodies.Item(2) '在 Part12 中由 Part1 形成的几何体 1

```
oPart.InWorkObject = Body1
```

```
Dim Body2 As Body
```

Set Body2 = oBodies.Item(3) '在 Part12 中由 Part2 形成的几何体 2

```
Dim Remove1 As Remove
```

```
Set Remove1 = ShapeFactory1.AddNewRemove(Body2)
```

'几何体 1 减几何体 2

将新数模 Product2 与 less.cgr、more.cgr 装配在一起的核心代码如下:

```
Set oProductDoc = CATIA.Documents.Add("Product")
oProductDoc.Product.PartNumber = "new_plus_less_more"
```

```
Set Products1 = oProductDoc.Product.Products
arrayOfVariantOfBSTR1(0) = "less.cgr 文件的完整路径"
```

```
Products1.AddComponentsFromFiles
arrayOfVariantOfBSTR1, "All"
```

```
arrayOfVariantOfBSTR2(0) = "more.cgr 文件的完整路径"
```

```
Products1.AddComponentsFromFiles
arrayOfVariantOfBSTR2, "All"
```

```
arrayOfVariantOfBSTR3(0) = "Product2 文件的完整路径"
```

```
Products1.AddComponentsFromFiles
arrayOfVariantOfBSTR3, "All"
```

```
oProductDoc.Product.Update
```

### 3.3 应用实例

利用该模块对新旧两个组件进行几何信息对比,对比结果如图 9 所示,可见与真实差异情况完全相符。

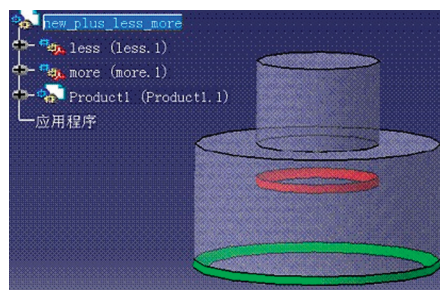


图9 几何信息对比结果

Fig.9 Result of geometry information contrast

## 4 结论

本文通过 CATIA 二次开发实现了 MBD 数模的综合定制提取、非几何/几何信息对比功能,所开发的工艺审查相关软件(包含综合定制提取、非几何信息对比和几何信息对比 3 个模块)操作简便,极大提高了工艺审查效率。

### 参考文献

[1] 刘荣来, 吴玉光. 三维标注信息的管理方法研究[J]. 图学学报, 2014, 35(2): 313-318.

LIU Ronglai, WU Yuguang. Research on management method of 3D

(下转第 91 页)