

文章编号:1674-8190(2016)03-374-08

民用飞机规范 EBOM 的生成方法及工具研究

何薇

(中航沈飞民用飞机有限责任公司 工程研发中心, 沈阳 110179)

摘要: 飞机行业的工程物料清单(EBOM)是飞机工程设计部门提供给制造、采购等部门作为生产控制及采购的依据,因此 EBOM 应具备信息全面、格式规范、简单易读等特点。以某民用飞机项目中实际应用的较为规范的 EBOM 格式为蓝本,以 Excel 电子表格为应用平台,定制 EBOM 所需包含的属性信息,利用 Excel 提供的功能定制一套生成规范的 EBOM 的方法及工作流程,通过 Excel 开发平台及 VBA 语言、函数的运用将 EBOM 的排版过程进行程序化,实现了规范 EBOM 的自动生成。

关键词: 工程物料清单;清单报告;物料清单;VBA 语言;排版工具

中图分类号: V222

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2016.03.017

Research on the Tool for Making Standard EBOM of Civil Aircraft

He Wei

(Research & Development Center, AVIC SAC Commercial Aircraft Company, Ltd., Shenyang 110179, China)

Abstract: EBOM (Engineering Bill of Material) applied in aircraft field is deliverable which design department of aircraft engineering should provide to procurement, methods and project department as the basis of purchasing and manufacturing controlling. Whether the information is ample or deficient, whether the format is standard or nonstandard, whether it is easy to read or not, they all represent the work quality of design department to some extent. Taking the relatively standard EBOM practically applied in one civil airplane project as the original version, and the Excel tables as applying platform, the necessary property information has been customized, and one set of method and workflow has been customized by use of the functions of Excel and VBA (Visual Basic for Application). The workflow of formatting EBOM has been programmed, which realize the automatic generation of standard EBOM.

Key words: EBOM; Listing Report; Bill of Material; VBA; tool of typesetting

0 引言

为了保证飞机数字化设计制造过程中产品数据的一致性、完整性和可追踪性,飞机行业普遍应用物料清单(Bill of Material,简称 BOM)^[1-2]。航空型号项目中有许多不同阶段的 BOM^[3],其中,工程物料清单(Engineering Bill of Material,简称 EBOM)是上游设计单位从产品功能设计的角度出发,建立的产品零部件结构树,是产品数据的源头,

影响着整个项目的成本计算^[4]。EBOM 应给出物料清单和父子组成关系,在企业管理中表现为产品明细表^[5]。通常,在企业实施 ERP 的过程中,对产品 BOM 的整理是手工操作完成的,进度缓慢且准确率不高。郭林源^[6]利用计算机从 AutoCAD 工程设计图纸中提取出有效的产品结构信息,自动生成了 BOM;同时,基于 ActiveX 方法,实现了 Excel 文件的导入导出。飞机设计行业普遍使用 CATIA 三维设计软件,产品设计完成后可通过 CAD、CAPP 自动生成 EBOM 和 PPBOM 等多种 EBOM 类型^[7-8]。目前,CATIA 软件提供的命令可以实现物料清单(BOM)和清单报告(Listing Report)两种形式的产品明细表,将模型信息导出到

收稿日期:2016-04-13; 修回日期:2016-05-13

通信作者:何薇, he.wei@sacc.com.cn

文件,实现了模型与数据表的无缝对接。但两种表格的可读性均不高,BOM 数据架构散乱,Listing Report 格式粗糙且缺少必要的信息,无法满足各公司飞机设计部门和生产部门对于规范化 EBOM 的实际需要;而手动规范化费时费力,长期的维护则更为不便。另外,各行业也竞相开发相应的数字化研发平台以实现 EBOM 的生成与发送^[9]。例如,某汽车公司利用 Oracle 数据库和 Java 工具开发的 EBOM 软件系统模块^[10],实现了研发平台与数据管理系统一体化。然而,各公司的研发体系不同,平台的开发成本极高,应用普遍性与独立的设计软件相比较差,设计灵活性也大幅降低。

在图纸化的时代,美国波音公司使用自动零件表(Automatic Parts List,简称 APL)系统来完成工程零件的管理工作。转换到 PDM 系统后,原安装件转换为模块(Modules),产品结构树分为上下两部分,模块中零部件关系表(Modules Parts List,简称 MPL)来自产品结构树的上部,零件表(PL)来自产品结构树的下部^[11]。在 MPL 表中只能看到基本模块的组成,使得供应商的责任划分及制造内容更加清晰,但对于整个工程来说,产品的结构关系却更加分散。国内现行的某民用飞机项

目使用 MPL 表来实现部门之间的数据传递,在模块细化以实现扁平结构树的情况下,这只是 EBOM 的另一种表现形式。无论以何种形式体现,规范 EBOM 的格式及内容、使产品关系清晰易读对于航空产业的发展都具有深远意义。

针对目前飞机行业对 EBOM 的生成与维护越来越高的需求,本文旨在研究出规范 EBOM 的生成方法及工具。首先,需从模型中提取零/组件的原始属性,对比分析 CATIA 生成的两种 EBOM 格式的优缺点,选择合适的格式作为原始数据;然后,在 Excel 应用程序中利用 VBA(Visual Basic for Applications)编程语言进行开发,实现 EBOM 排版任务的自动化。

1 EBOM 的属性定制

工程要求定制 EBOM 的内容需要涵盖:工程所需的零/组件属性项、零/组件的下一级装配件、零/组件装配等级数以及零/组件的数量信息等。而且,格式上最好按各零/组件的装配等级数展开,使每一个零/组件关系清晰、独立、数量明确。规范的 EBOM 格式如图 1 所示。

Level	Part Number	Qty	Quantity	Title	Material Type	Material Specifications
1	0134500-001	-	-	PASSENGER DOOR AFT SURROUND STRUCTURE		
2	0134500-002	-	-	INTERPOLAR FLAME ANALYSIS U 23 DELTETED		
3	0134500-003	-	-	FRAME 74 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
4	0134500-004	-	-	FRAME 75 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
5	0134500-005	-	-	FRAME 76 AFD AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
6	0134500-006	-	-	MAIN LUGGAGE STRUCTURE AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
7	0134500-007	-	-	MAIN LUGGAGE STRUCTURE AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
8	0134500-008	-	-	SKID STRUT 23 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
9	0134500-009	-	-	INTERPOLAR STR 2 A 72-74 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
10	0134500-010	-	-	INTERPOLAR STR 2 B 72-74 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
11	0134500-011	-	-	INTERPOLAR STR 22 DR 72-74 AFD	7475-T7351	EN83 5.6-102
12	0134500-012	-	-	APC DOORLICK	2135-T82	EN83 5.6-104
13	0134500-013	-	-	DOORLICK DOOR SURROUND	2135-T82	EN83 5.6-104
14	0134500-014	-	-	INTERPOLAR STR 2 DR 76	7475-T7351	EN83 5.6-102

(a) 1 级显示

Level	Part Number	Qty	Quantity	Title	Material Type	Material Specifications
0	0134500-001	-	-	PASSENGER DOOR AFT SURROUND STRUCTURE		
1	0134500-002	-	-	INTERPOLAR FLAME ANALYSIS U 23 DELTETED		
2	0134500-003	-	-	FRAME 74 AFD		
3	0134500-004	-	-	FRAME 75 AFD		
4	0134500-005	-	-	FRAME 76 AFD AFD		
5	0134500-006	-	-	MAIN LUGGAGE STRUCTURE AFD		
6	0134500-007	-	-	MAIN LUGGAGE STRUCTURE AFD		
7	0134500-008	-	-	SKID STRUT 23 AFD		
8	0134500-009	-	-	INTERPOLAR STR 2 A 72-74 AFD		
9	0134500-010	-	-	INTERPOLAR STR 2 B 72-74 AFD		
10	0134500-011	-	-	INTERPOLAR STR 22 DR 72-74 AFD		
11	0134500-012	-	-	APC DOORLICK		
12	0134500-013	-	-	DOORLICK DOOR SURROUND		
13	0134500-014	-	-	INTERPOLAR STR 2 DR 76		
14	0134500-015	-	-	FIXTURE, WITHOUT SCREWS, CLAMP IT		
15	0134500-016	-	-	DRILLING GUIDE, DRILLING AND CLAMPING		
16	0134500-017	-	-	FIX. GUIDE		
17	0134500-018	-	-	...		
18	0134500-019	-	-	...		

(b) 1 级展开

图 1 规范的 EBOM 格式示例

Fig.1 Example of standard EBOM

规范 EBOM 的简化结构如表 1 所示。

表 1 规范 EBOM 的简化结构

Table 1 Simplified structure of standard EBOM

级数	零件号	下级装配件	数量	名称	其他属性
0	—	—	1	装配件0名称	—
1	—	装配件1	1	装配件1名称	—
1	—	装配件2	2	装配件2名称	—
2	—	零件1	2	零件1名称	—
2	—	零件2	2	零件2名称	—
1	—	零件3	1	零件3名称	—

注：零件1和零件2从属于装配件2，二者的数量均在装配件2中独立计数，即一个装配件2包括两个零件1和两个零件2，但零件1和零件2的需求总数均为4。

2 生成规范的 EBOM 的方法

生成规范的 EBOM 的方法包括两部分工作流程：①利用 CATIA 中提供的命令提取原始数据；②按照规范的 EBOM 格式进行排版。

2.1 原始属性的提取

在 CATIA 中用 Bill of Material 命令选择需要的属性项，分别生成 BOM 格式和 Listing Report 格式的原始数据。其中 Listing Report 格式只能存为文本格式，需要拷贝到 Excel 表格中待用。生成的两种表格分别如图 2~图 3 所示。

BOM 格式包括两部分：第一部分将该 BOM 中的所有装配件分块顺序排列，每个分块顺序列出该装配件的所有组成元素，若组成元素中有子组件，则在下一个分块中继续展开，直到所有组成元素均为零件，所有元素的下级装配件信息在每个组件分块的题头里；第二部分是摘要说明，显示每一个零件的总数量。Bill of Material 的零/组件关系如表 2 所示。

Part Number	Title	Quantity	Type	Material Sp
ANALYSIS1	INTERCOSTAL PLANE ANALYSIS TO BE DELETED		Part	
001345000001	FRAME 74 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450002001	FRAME 75 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450003401	FRAME 75 UPR APD	*	Part	BAMS 5161
0013450004001	MAIN LIMTEL STR 8 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450005401	AUX LIMTEL STR 7 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450006401	SILL STR 22 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450008001	INTERCOSTAL STR 8 FR 72-74 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450009401	INTERCOSTAL STR 7 FR 72-74 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450104001	INTERCOSTAL STR 22 FR 72-74 APD	*	Part	BAMS 5161
001345012001	UPR DOUBLER	*	Part	DAMS 5161
001345013001	DOUBLER DOOR SURROUND	*	Part	BAMS 5161
001345014401	INTERCOSTAL STR 8 FR 76	*	Part	BAMS 5161
0013450164001	INTERCOSTAL STR 7 FR 76	*	Part	BAMS 5161
0013450164001	INTERCOSTAL STR 22 FR 76	*	Part	BAMS 5161
0013450184001	INTERCOSTAL STR 8 FR 78-79	*	Part	BAMS 5161
0013450194001	INTERCOSTAL FRAME 75 STR 74 APD	*	Part	BAMS 5161
001345021001	INTERCOSTAL STR 22 FR 78-79	*	Part	BAMS 5161
0013450224001	INTERCOSTAL STR 22 FR 71-72 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450244001	PIATE ASSY	*	Assembly	
0013450254001	FRAME 75 LWR APD	*	Part	DAMS 5161
0013450254001	PLATE ASSY	*	Assembly	
0013450264001	INTERCOSTAL STR 8 FR 71-72 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450274001	DOOR RODS FITTING STR 8 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450284001	INTERCOSTAL STR 22 FR 73	*	Part	BAMS 5161
0013450294001	DOOR RODS FITTING STR 8 APD	*	Part	BAMS 5161
0013450304001	INTERCOSTAL STR 22 FR 73	*	Part	BAMS 5161

图 2 Bill of Material 格式

Fig. 2 Format of Bill of Material

A	
1	Compute Date: Wednesday, September 01, 2010 4:45:11 PM
2	
3	001345000001
4	Part Number: 001345000-001
5	Title: PARTRNGER DOOR ACT SURROUND STRUCTURE
6	Type: Assembly
7	ATA Chapter Section / SNS: 53
8	PCCN: -
9	
10	1 ANALYSIS1
11	Part Number: ANALYSIS1
12	Title: INTERCOSTAL PLANE ANALYSIS TO BE DELETED
13	Type: Part
14	ATA Chapter Section / SNS: 52 10
15	PCCN: -
16	
17	1 001345000-SP01
18	Part Number: 001345000-SP01
19	Type: Assembly
20	ATA Chapter Section / SNS: 53
21	PCCN: -
22	
23	2 B0203013-3
24	Part Number: B0203013-3
25	Title: NUT, SELF-LKG, CORE, 6 PTS
26	Type: Part
27	Material Specifications: AL ALLOY
28	Size: 0.107Gin
29	ATA Chapter Section / SNS: -
30	Finish Code: ANODIZE
31	PCCN: -

图 3 Listing Report 格式

Fig. 3 Format of Listing Report

表 2 Bill of Material 的零/组件关系

Table 2 Organization of Bill of Material

物料清单：装配件0(0级)			
零件号	名称	数量	其他属性
零件1	零件1名称	1	—
装配件1	装配件1名称	2	—
装配件2	装配件2名称	1	—
物料清单：装配件1(1级)			
零件号	名称	数量	其他属性
装配件3	装配件3名称	2	—
零件2	零件2名称	2	—
物料清单：装配件3(2级)			
零件号	名称	数量	其他属性
零件5	零件5名称	2	—
零件6	零件6名称	2	—
物料清单：装配件2(1级)			
零件号	名称	数量	其他属性
零件7	零件7名称	2	—
零件8	零件8名称	2	—
摘要说明：装配件0			
数量	零件号		
1	零件1		
4	零件2		
8	零件5		

注：摘要说明中只列举了典型的零件数量，其他省略。

Listing Report 格式将 0 级组件中所包含的组成元素逐级列出，每一个组件都层层分解到最小的零件等级。零/组件的下级装配件由零件级数结合显示顺序来识别，如图 4 所示。

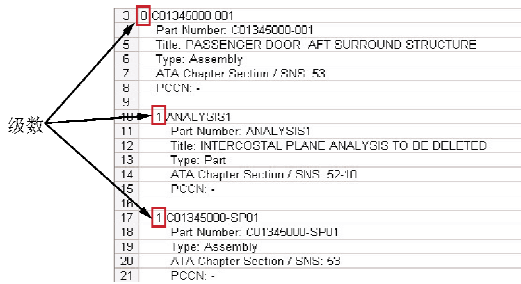


图 4 Listing Report 的零/组件关系
Fig. 4 Organization of Listing Report

将上述两种格式的原始数据进行对比,其结果如表 3 所示。

表 3 两种格式的对比
Table 3 Comparison of the two formats

表格类型	优点	缺点
Bill of Material	属性项按属性列显示。可存为 Excel 电子表格的形式。	无级数信息。组件与一级子部件呈块状组合排列,组件与二级及以上子部件关系不紧密。列表结构松散,顺序与所需的 EBOM 顺序差别大。下级装配件信息在每个分块的开头。
Listing Report	有级数信息。列表顺序按照组件→子零/部件(→子零/部件...)顺序展开,符合所需的 EBOM 顺序。	所有信息均在一列,且有空行。零/组件全员显示,数量需要统计。下级装配件需要结合级数及显示顺序进行识别。只能存为.txt 格式的文本文档。

从表 3 可以看出:①Bill of Material 格式将所有的属性信息全部并列展开,而 Listing Report 格式将所有的属性信息在同一列顺序列出;Bill of Material 可存为 Excel 电子表格,从生成到排版之间可以省略一个步骤,说明 Bill of Material 的排版更方便直接。②Bill of Material 将所有组件分块显示,以级数为排序基础,无法立即看到每一个组件的组成元素,属于单层 BOM 存储结构,不直观;而 Listing Report 将每一个组件层层展开,以组件为排序基础,组件及其组成元素联系紧密,属于多层 BOM 存储结构^[12],符合规范的 EBOM 的显示顺序。此外,Listing Report 还可显示每一级零/组件的级数,该级数是 EBOM 中所要求的信息项,配合该零/组件的上下行关系,可直接看出在装配树中该零/组件的结点位置,组成十分清晰。③两种格式都没有下级装配件的信息,需要添加。Bill of

Material 虽然在尾部的零件表中体现了零/组件的总数量,但要从其他地方提取,相比之下并不方便。综上所述,Listing Report 格式更能满足 EBOM 的定制要求,且更易于排版,因此采用 Listing Report 方法生成原始数据。

2.2 排版方法

得到 Listing Report 格式的原始数据后,将进行排版工作。排版 EBOM 的流程如图 5 所示。

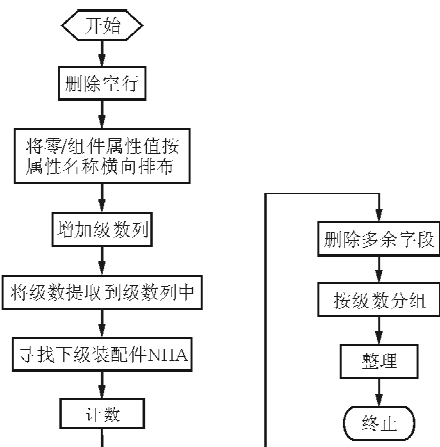


图 5 排版流程图

Fig. 5 Flowchart of typesetting

3 自动化排版工具的研究

排版工具将飞机设计中常用的 22 项典型属性项作为设计对象(如图 6 所示),根据主要设计对象实现自动化、规范化排版 EBOM 的功能。若有更多需求的属性项,可向高度用户化的程序中添加。

Part Number 零件号	Level 等级	NHA 下级装配件	Title 名称	Quantity 数量	PCCN 关键性等级
Material Specifications 材料规范	Type 类型	Material Description 材料描述	Material Form 材料形态	Size 尺寸	ATA Chapter Section/SNS ATA 章节号
Finish Code 表面处理	Alloy 合金	Thickness 厚度	Length 长度	Width 宽度	
Final Condition 热处理状态	MFG Process 制造方法	Standard Spec Die 标准型材号	Outside Diameter 管材外径	Inside Diameter 管材内径	

图 6 排版工具的设计对象

Fig. 6 Design object of typesetting tool

生成规范的 EBOM 的工作流程如图 7 所示,图中虚线框中的步骤是工具的主体功能部分,即将整个排版流程(如图 5 所示)集成到该虚线框中的步骤一步实现。

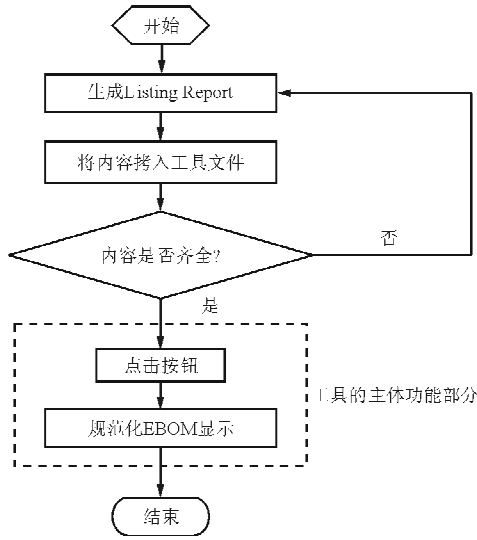


图 7 生成规范的 EBOM 的工作流程简图

Fig. 7 Brief work flowchart of making standard EBOM

4 排版工具开发中的技术问题

4.1 开发平台的选择

Microsoft Excel(电子表格)是微软公司的办公软件 Microsoft Office 的组件之一,可以进行各种数据的处理、统计分析和辅助决策操作,它应用广泛、使用便捷。行业内 EBOM 表通常选择 Excel 电子表格的形式。

针对类似于 EBOM 格式的文件,微软公司还开发出了一种可以与应用程序共享的、通用的自动化语言——VBA(Visual Basic for Application),它是非常流行的应用程序开发语言 VB(Visual Basic)的子集,实际上它也是寄生于 VB 应用程序的版本^[13]。通过 VBA,开发者可以创建自定义的工作表函数,进而简化公式和计算。Excel 是一款高度可编程的软件,是开发基于电子表格的应用程序的最佳选择^[14-15],Excel 自带的嵌入功能 Visual Basic 编辑器便是利用 VBA 语言提供给客户进行二次开发的应用。

本文选用 Excel 平台所提供的 VBA 语言和函数开发图 7 中工具的主体功能。将工具主体功能集成于 Excel 中,使原始数据在 Excel 后台直接进行处理,最终得到规范的 EBOM 表格。利用 Excel 中易于访问的控件,设置友好界面,一键实现所需功能。应用上述开发方法,EBOM 的自动排版可以方便地实现,达到自动操作的目的。

4.2 提取下级装配件(NHA)

Listing Report 中没有下级装配件的信息,需要结合上下行级数和显示顺序进行识别。若要提取 EBOM 表中每行零/组件的下级装配件,假设全表共 j 行,则程序流程如图 8 所示(图中, i, m 为整型变量,表示表格行号)。提取结果如图 9 所示。

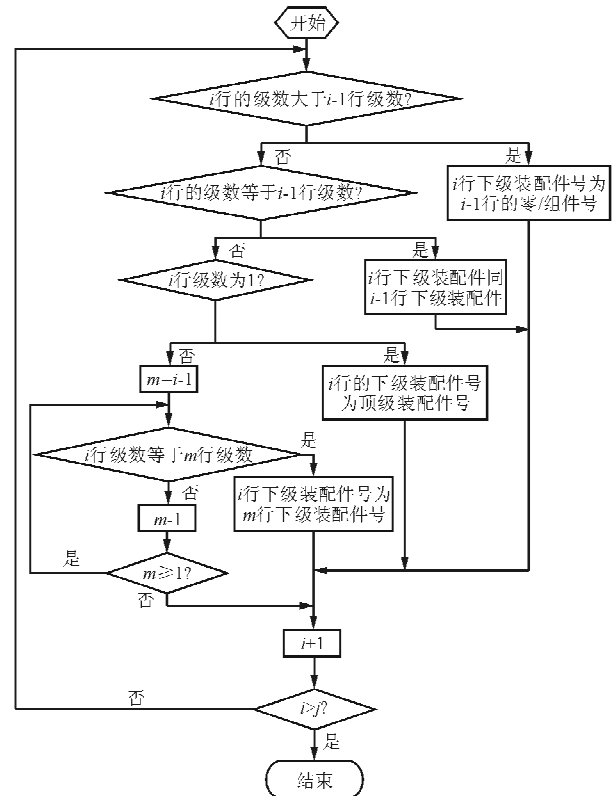


图 8 提取下级装配件流程图

Fig. 8 Flowchart of getting NHA

ComputePart Number	NHA	F
0 C01345000-001		F
1 ANALYSIS1	C01345000-001	F
1 C01345000-SP01	C01345000-001	F
2 B0203013-3	C01345000-SP01	F
2 B0203013 3	C01345000 SP01	F
2 B0203013-08_	C01345000-SP01	F
2 B0203013-08_	C01345000-SP01	F
2 B0203013-08	C01345000-SP01	F
2 B0203013-08_	C01345000-SP01	F
2 B0203013 08	C01345000 SP01	F
2 B0206001AG5-6[1]	C01345000-SP01	F
2 B0206001AG5 6[1]	C01345000 SP01	F
2 B0206001AG5-6[1]	C01345000-SP01	F
2 B0206001AG5 6[1]	C01345000-SP01	F
2 B0206001AG5-6[1]	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F
2 MS21299C4K	C01345000-SP01	F

图 9 提取下级装配件的结果

Fig. 9 Result of getting NHA

4.3 计 数

Listing Report 中重复列出了每个零/组件,有多少个就显示多少次(如图 9 所示),故需要使每个组件中只保留一个重复出现的零件,并将所包含的每种零件在其组件区域内出现的数量累计。

需要注意的是:单个零/组件不能全表计数,需要在下级装配件中区域计数;若有级数大且其下级装配件在表中重复出现的零/组件,其数量需按下级装配件出现的次数进行倍除,如图 10 所示,从零/组件号列来看,B 组件的总数为 2,C 组件的总数为 2,D 零件的总数为 4;但 C 组件是 B 组件的子部件,则 C 组件的数量应记为: $C \text{ 总数} / B \text{ 总数} = 2 / 2 = 1$,即每个 B 组件中只包含一个 C 组件。同理,

每个 D 零件是 C 组件的子部件,则 D 零件的数量应记为: $D \text{ 总数} / C \text{ 总数} / B \text{ 总数} = 4 / 2 / 1 = 2$,即每个 C 组件中只包含两个 D 零件。

级数	零/组	下级
6	C01388130-005	C01317301-005
7	C01388130-005SP01	C01388130-005
8	M514101-5E	C01388130-005SP01
8	M514101-5E	C01388130-005SP01
7	C01388130-007	C01388130-005
6	C01388130-005	C01317301-005
7	C01388130-005SP01	C01388130-005
8	M514101-5E	C01388130-005SP01
8	M514101-5E	C01388130-005SP01
7	C01388130-007	C01388130-005

图 10 计数问题示例

Fig. 10 Example of counting problem

计算表中所有零/组件的数量,假设全表共 j 行,则程序流程如图 11 所示(图中, i, m, mt 为整型变量,表示表格行号)。

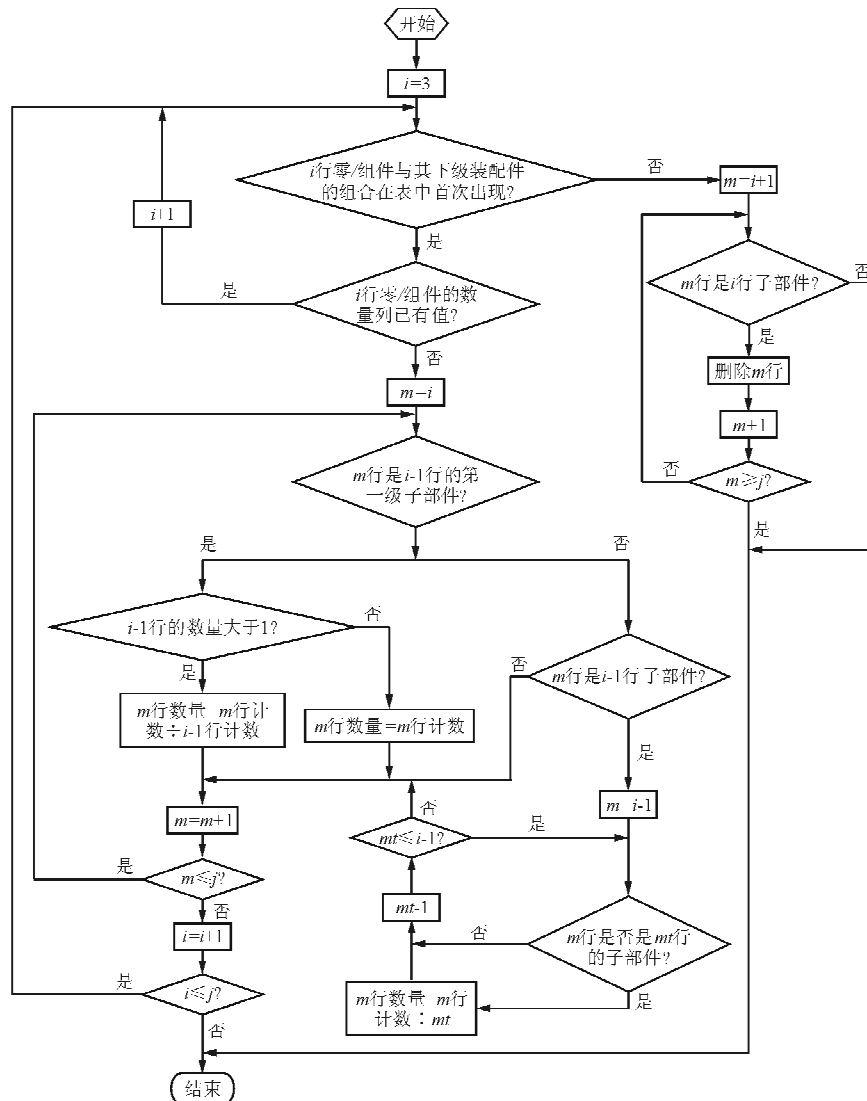


图 11 计数程序流程图

Fig. 11 Program flowchart of counting

5 工具的应用

以某装配件为例,简要说明工具的应用过程。

Step 1 从 CATIA 中提取出装配件的 Listing Report 报告清单,如图 12 所示。

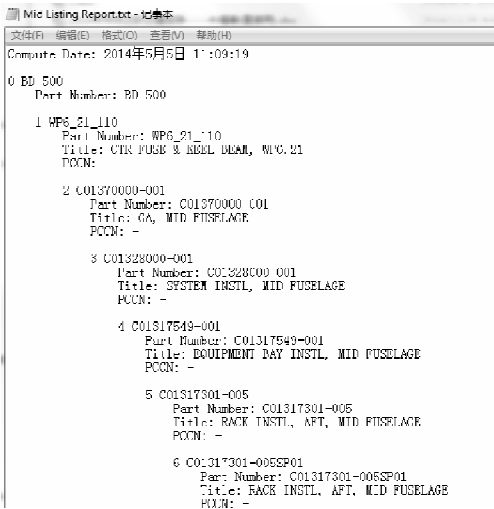


图 12 Listing Report 界面
Fig. 12 Listing Report interface

Step 2 将 Listing Report 全选并粘贴到工具 Excel 文件中,如图 13 所示,应注意 Listing Report 报告清单要从 Excel 工具文件的第一个单元格开始粘贴。

Step 3 点击工具文件中的“生成 EBOM”命令按钮,执行后台排版程序。

Step 4 得到排版后的 EBOM 表格,如图 14 所示。

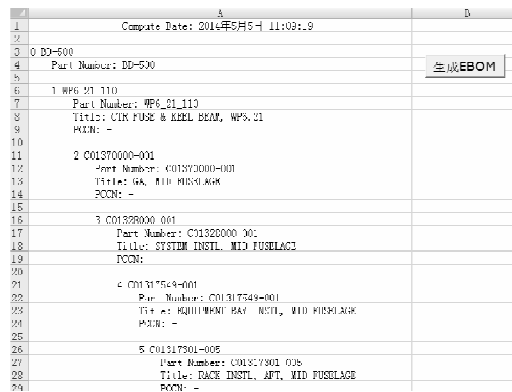


图 13 Excel 待排版界面
Fig. 13 Interface of Excel before formatting

Level	Part Number	NIA	Title	Quantity
0	BD 500			1
1	WP6_21_110	BD-500	CTR FUSE & KEEL BEAM, WP6.21	1
2	CO1370000-001	WP6_21_110	CA, MID FUSELAGE	1
3	CO1328000-001	CO1370000-001	SYSTEM INSTL, ALL FUSELAGE	1
4	CO1317549-001	CO1328000-001	EQUIPMENT BAY INSTL, MID FUSELAGE	1
5	CO1317301-005	CO1317549-001	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
6	CO1317301-005SP01	CO1317301-005	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
7	NAS114800SS2J	CO1317301-005SP01	WASHER, FLAT	24
7	NAS1703A4	CO1317301-005SP01	BOLT, HEADLESS CSK HD	2
7	NAS114800SS2J	CO1317301-005SP01	WASHER, FLAT	16
7	NAS114801C22R	CO1317301-005SP01	WASHER, FLAT	4
7	MS35333-145	CO1317301-005SP01	WASHER, LOCK SPRING	4
7	NAS6703A4	CO1317301-005SP01	BOLT, HEX HD	24
7	NAS7802A7	CO1317301-005SP01	BOLT, PAN HD	16
6	CO1317301-005SP02	CO1317301-005	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
7	MS2047JAD5-63	CO1317301-005SP02	RIVET, SOLID, UNIV HD	174
7	MS2047JAD5-53	CO1317301-005SP02	RIVET, SOLID, UNIV HD	6
6	CO1317301-005SP03	CO1317301-005	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
7	NAS3301E-5-04	CO1317301-005SP03	RIVET, BLIND, PKCTG HD	56
7	NAS3301E-5-03	CO1317301-005SP03	RIVET, BLIND, PKCTG HD	80
7	NAS3301E-6-04	CO1317301-005SP03	RIVET, BLIND, PKCTG HD	8
6	CO1317301-005SP04	CO1317301-005	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
7	MS2047JAD4-53	CO1317301-005SP04	RIVET, SOLID, UNIV HD	61
7	MS2047JAD4-63	CO1317301-005SP04	RIVET, SOLID, UNIV HD	3
6	CO1317301-005SP05	CO1317301-005	RACK INSTL, AFT, MID FUSELAGE	1
7	MS2047JAD5-53	CO1317301-005SP05	RIVET, SOLID, UNIV HD	16

图 14 排版完成的 EBOM 表
Fig. 14 EBOM after formatting

6 结束语

EBOM 是航空型号项目研制过程中的核心 BOM 形式,是工程设计部门提供给制造、采购等部门的一项重要文件,需要定期的跟踪和维护,即使在产品的试制阶段也需要利用 EBOM 定期提取

模型信息。在 PDM 系统中,EBOM 可能以其他方式存在并发挥作用,但 EBOM 所表达的数据结构是 PDM 生成产品数据的基础之一。EBOM 的格式是否方便易读、生成方法是否简单快速对工程部门的工作效率和制造部门的成本计算具有显著影响。

本文总结出一套满足一般飞机项目需求的规范的 EBOM 格式,它具有比 CATIA 自带命令提供的 EBOM 更为清晰的组织架构;分析得到了快速生成和排版 EBOM 的流程,解决了相同零件号在不同组件号中的独立计数等问题;所开发的 VBA 工具实现了自动排版 EBOM 的功能,在很大程度上提高了工程部门的工作效率,改善了 EBOM 工程文件的质量,为民用飞机工程的各项交付物的编制开辟了程序开发和参数化控制的方向,具有较强的指导意义和实用价值。

参考文献

- [1] 于勇, 范玉青. 飞机构型管理研究与应用[J]. 北京航空航天大学学报, 2005, 31(3): 278-283.
Yu Yong, Fan Yuqing. Study and application of aircraft configuration management[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2005, 31(3): 278-283. (in Chinese)
- [2] 代菊英, 孙蕾. 基于 EBOM 的民机单架次潜在备件集生成研究[J]. 科技信息, 2010(20): 26-27.
Dai Juying, Sun Lei. Potential spare part sets of civil aircraft based on EBOM[J]. Science & Technology Information, 2010(20): 26-27. (in Chinese)
- [3] 戴晓. BOM 模型的研究与应用[D]. 南京: 南京工业大学, 2006.
Dai Xiao. Research and application of BOM module[D]. Nanjing: Nanjing Tech University, 2006. (in Chinese)
- [4] 高小岗. 物料清单(BOM)对产品标准成本的影响[J]. 现代经济信息, 2010(14): 60-62.
Gao Xiaogang. Impact of BOM on products standard costs [J]. Modern Economic Information, 2010(14): 60-62. (in Chinese)
- [5] 韩晓宇. 航空飞机研制全生命周期多 BOM 管理[J]. 企业技术开发, 2012(9): 59-61.
Han Xiaoyu. Multi-BOM management in lifecycle of research and manufacturing of aircraft[J]. Enterprise Technology Development, 2012(9): 59-61. (in Chinese)
- [6] 郭林源. 基于 AutoCAD 的产品结构数据管理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
Guo Linyuan. Research of product structure data management based on AutoCAD[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008. (in Chinese)
- [7] 李强, 梁工谦. 基于军机全生命周期 BOM 的质量信息数据库模型[J]. 航空制造技术, 2011(8): 62-65.
Li Qiang, Liang Gongqian. Quality information database model based on military aircraft life-cycle BOM[J]. Aeronautical manufacturing technology, 2011(8): 62-65. (in Chinese)
- [8] 张海军, 闫琼. 面向航空复杂产品的大数据制造[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2016, 44(1): 68-73.
Zhang Haijun, Yan Qiong. Big data manufacturing for aviation complicated products[J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology: Natural Science Edition, 2016, 44(1): 68-73. (in Chinese)
- [9] 杨伟, 赵锁珠. 飞机研发中的精益设计与敏捷管理[J]. 航空工程进展, 2010, 1(1): 6-11, 16.
Yang Wei, Zhao Suozhu. Lean design and agility management of the aircraft research and development [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2010, 1(1): 6-11, 16. (in Chinese)
- [10] 朱明晖. 一个汽车公司 EBOM 软件系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
Zhu Minghui. Design and realization of EBOM software system of a vehicle corporation[D]. Changchun: Jilin University, 2015. (in Chinese)
- [11] 杨玺, 范玉青. APL 表及其在飞机制造中的应用[J]. 航空制造技术, 1999(5): 19-22, 32.
Yang Xi, Fan Yuqing. APL and its usage in aircraft manufacturing [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 1999(5): 19-22, 32. (in Chinese)
- [12] 谷秋实, 闫崇京, 陆鹏. 基于存储过程的单层 BOM 到混合 BOM 的自动转化算法[J]. 机械设计与制造工程, 2016, 45(2): 17-20.
Gu Qiushi, Yan Chongjing, Lu Peng. An algorithm of conversion from single BOM to hybrid BOM based on store procedure[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2016, 45(2): 17-20. (in Chinese)
- [13] 李旭玮, 罗璇. 应用 VBA 实现 EXCEL 自动化[J]. 科技资讯, 2007(31): 122.
Li Xuwei, Luo Xuan. Automation of EXCEL with application of VBA[J]. Science & Technology Information, 2007(31): 122. (in Chinese)
- [14] John Walkenbach. 中文版 Excel 2010 高级 VBA 编程宝典 [M]. 冉豪, 崔婕, 金太阳, 译. 北京: 清华大学出版社, 2012.
John Walkenbach. Excel 2010 power programming with VBA[M]. Translated by Ran Hao, Cui Jie, Jin Taiyang. Beijing: Tsinghua University Press, 2012. (in Chinese)
- [15] 罗刚君. Excel VBA 程序开发自学宝典 [M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2011.
Luo Gangjun. Excel VBA programming self-study bible [M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)

作者简介:

何薇(1982—),女,硕士,工程师。主要研究方向:机身结构设计。

(编辑:马文静)