

一种基于 VPL 的元器件快速建模方法

雷秋实, 王大伟, 刘明阳, 曲 飞

(中国航空无线电电子研究所, 上海 200241)

[摘 要] 为了更好地落实航空电子模块的可制造性设计审查工作, 结合航空电子模块产品特点和技术要求, 建设了基于 Valor 软件的 PCB/PCBA 设计与检测自动化分析系统。元器件模型库作为该系统的必要组成部分, 其覆盖范围和数据精度对审查结果至关重要。本文将从元器件模型库建设必要性、建设过程和建模工艺要求三个方面进行阐述, 并提出一种基于 Valor VPL 的元器件快速建模方法, 应用结果表明, 该方法能够高效构建满足系统审查精度的元器件模型, 使大规模元器件模型库的建设成为可能。

[关键词] 可制造性设计; 航空电子模块; 元器件模型库

[中图分类号] TP311.52

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2021)04-0067-04

A Fast Component Modeling Implementation Method Based On VPL

LEI Qiu-shi, WANG Da-wei, LIU Ming-yang, QU Fei

(China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

Abstract: In order to implement the manufacturability examining of avionics modules, an automated DFM software platform is constructed based on Valor combining the features and technological requirements of avionics modules. As an indispensable part of the automated DFM software platform, coverage area and data accuracy of component model library are important for the result of manufacturability examining. The constructing necessity, constructing course and technological requirements of the component model library are presented, and an efficient modeling method is introduced for components based on Valor VPL. The results show the method introduced is efficient, and the precision of component models modeled by this method is adequate for manufacturability examining, which makes it possible to construct large-scale component model library.

Key Words: design for manufacturability; avionics module; component model library.

基于印制电路板 (PCB/PCBA: Printed Circuit Board/Printed Circuit Board Assembly) 的可制造性分析软件的工艺审查能够保证审查的全面性和一致性, 并极大地提高工作效率。但要顺利实现 PCB/PCBA 的可制造性分析, VPL 模型库的建立是必不可少的。

从某种意义上来说, 元器件模型的构建精度将决定系统审查结果的可信程度, 模型库的规模及涵盖范围将决定系统的适用领域, 因此快速构建适用于航空电子产品的高精度的元器件模型库显得至关重要。从某种意义上来说, 元器件模型的构建精度将决定

收稿日期: 2020-11-05

引用格式: 雷秋实, 王大伟, 刘明阳, 曲飞. 一种基于 VPL 的元器件快速建模方法 [J]. 航空电子技术, 2021, 52(4): 67-70.

系统审查结果的可信程度,模型库的规模及涵盖范围将决定系统的适用领域,因此快速构建适用于航空电子产品的高精度的元器件模型库显得至关重要。针对 VPL 模型库涵盖范围广、器件种类多、数据规模大、模型精度高、建库周期长等一系列特点,规范化的操作流程和高效率的建模方法成为两个重点努力方向,前者对建模流程及工艺要求提出标准,保证了 VPL 模型的质量和精度,降低后续维护成本,后者对软件平台及审查机制进行研究,在不影响审查结果的前提下简化 VPL 模型,提高建模效率,缩短 VPL 模型库的建库周期。

1 元器件模型库建设过程及工艺要求

1.1 元器件模型库的建设过程

(1) 统计组建阶段

元器件模型库建设初期,涵盖的元器件数量有限,且不足以形成相应规模和体系,此阶段应该结合行业相关产品,梳理出使用频率高、行业匹配度高的电子元器件,查找相应数据信息优先建模,快速形成体系架构雏形,形成一定规模且行业契合度高的元器件模型库。

(2) 查缺补建阶段

元器件模型库初具规模后,大范围梳理代建元器件的效益开始降低,此阶段应该面向具体电子产品,在可制造性审查过程中对元器件模型库进行查缺补建工作,此阶段元器件模型库中模型数量增速有限,但有助于模型库体系架构的完善。

1.2 建模工艺要求

(1) 元器件模型应按照元器件数据手册标注的尺寸以 1:1 的比例进行建模,数据手册缺失或尺寸标注不全时可根据元器件实物测量尺寸建模;

(2) 建模时使用的数据单位应与元器件手册保持一致,以避免换算引起误差;

(3) 元器件模型的中心点应设置为本体的几何中心,以避免后续审查过程中报错;

(4) 元器件数据手册中,器件高度存在正负公差时按照高度数据上限值进行建模;

(5) 引脚数大于 2 或有极性的元器件应根据元器件数据手册设置 1 号引脚;

(6) 引脚末端标注有角度数据的元器件,引脚形状、尺寸和间距均按照无角度情况建模,器件高

度值计算时应考虑引脚角度值;

(7) 插装类引线从元器件本体或引线熔接点至引线弯曲起始点的距离至少为一倍引线直径或厚度,且不小于 0.8 mm;

(8) 元器件引线内弯半径要求如表 1 所示。

表 1 元器件引线内弯半径

引线直径 (D) 或厚度 (T)	最小内弯半径 (R)
小于 0.8mm ($D/T < 0.8\text{mm}$)	1 倍于 D/T
0.8mm 至 1.2mm ($0.8\text{mm} \leq D/T \leq 1.2\text{mm}$)	1.5 倍于 D/T
大于 1.2mm ($D/T > 1.2\text{mm}$)	2 倍于 D/T

2 基于 VALOR VPL 的元器件快速建模方法

2.1 元器件建模流程图

元器件建模流程图如图 1 所示,分为本体建模与引脚建模两部分。Valor VPL 软件人机交互界面反馈的图像信息为元器件于 PCB 面的二维投影。建模过程中,本体建模部分所涉及的本体形状尺寸是指元器件本体封装于 PCB 面的投影尺寸,引脚建模部分所涉及的引脚形状尺寸是指元器件引脚与 PCB 接触面的形状尺寸(贴装属性引脚)或引脚被 PCB 面所截截面的形状尺寸(插装属性引脚)。通过元器件二维投影加高度数据的方式进行建模,能够高效构建满足系统审查精度的元器件模型。

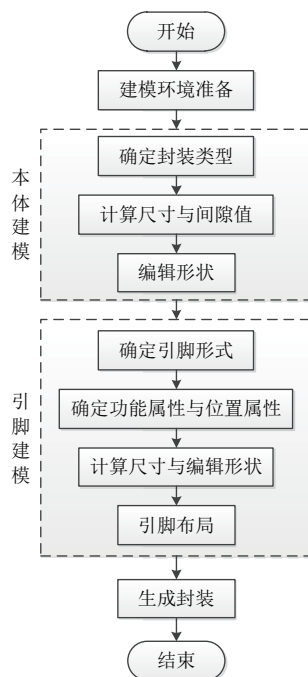


图 1 元器件建模流程

2.2 基于Valor VPL的元器件快速建模方法

大部分电子元器件结构复杂,三维数据繁多,致使建设单个元器件模型的时间成本高,这是VPL元器件模型库建设周期长的重要原因之一。在本文所介绍的PCB/PCBA设计与检测自动化分析系统中,VPL模型库用于组装合并环节,进而为随后的装配审查服务。而根据审查实践发现,可制造性设计(DFM: Design for Manufacturing)审查规则项中仅使用到元器件的部分三维数据。本文所介绍的基于Valor VPL的元器件快速建模方法的核心思路在于,根据DFM审查规则项对元器件数据进行精选,仅将审查过程涉及到的三维数据用于元器件建模工作,这样做可以在保证审查精度的同时简化元器件模型,降低建设单个元器件模型的时间成本,从而缩短VPL元器件模型库建设周期。

3 元器件快速建模方法应用案例

以VALOR VPL软件模块为平台,在元器件库建设过程中对所提出的快速建模方法进行实践,结合元器件封装及装配特点,分别从贴装类元器件和插装类元器件中选取一个具有代表性的建模案例进行分析,并将传统三维建模方法所建元器件模型和基于此快速建模方法所建元器件模型效果进行对比,具体说明两种建模方法的异同,以及后者较之前者的优势所在。

3.1 贴装类器件建模案例

SOP 8封装,即具有8个引脚的小外形封装,是一种常见的贴装元器件封装形式,基于传统三维建模方法所搭建的该封装电子元器件的三维模型如图2所示,建设该三维模型,需要涉及引脚弯折角度、引脚弯折半径、引脚倾斜角度、本体引出点坐标等诸多数据,这些数据很难通过查阅元器件数据手册获得,使用实物测量数据会引入各种误差从而造成所建元器件模型品质波动等问题,上述数据在组装合并和装配审查环节都不会涉及和使用,因此花费大量时间和人力成本测量收集这些数据对于DFM审查而言帮助十分有限。

根据对DFM审查规则项的研究和多模块DFM审查实践发现,元器件三维数据中与DFM审查相关的数据仅包括元器件引脚与PCB焊盘接触面的相

关参数,如接触面矩形的长宽数据、接触面二维间距、接触面与本体顶面的垂直距离等,以此为数据基础建立的元器件模型,较之传统三维模型,在保证DFM审查精度的前提下,数据量将被大大简化。图3即在VALOR VPL软件模块中使用快速建模方法建立的SOP 8封装的电子元器件简化模型(二维预览图)。

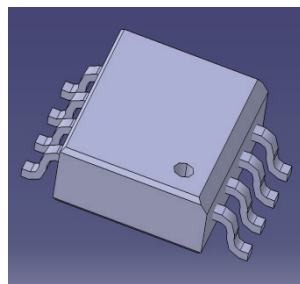


图2 SOP8封装型元器件三维模型

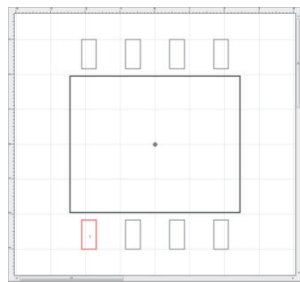


图3 SOP8封装型元器件简化模型

实践结果显示,根据元器件数据手册中相关数据信息建立一个SOP 8封装的电子元器件的传统三维模型大约需要十五分钟,而采用本文提出的基于Valor VPL的快速建模方法建立该元器件的模型仅需五分钟左右,建模效率提升明显。

3.2 插装类器件建模案例

板接连接器作为航空电子模块的重要组成部分之一,其三维结构相较一般电子元器件更为复杂,以弯式三排带安装耳连接器为例,基于传统三维建模方法所搭建的该封装电子元器件的三维模型如图4所示,建设该三维模型,需要涉及引脚弯折半径、不规则本体外形参数、安装耳结构参数、定位销形状参数等诸多数据,建模过程繁琐复杂,针对审查规则项涉及的三维数据进行建模可以很大程度上简化该元器件模型,缩短该类型元器件的建模时间。在VALOR VPL软件模块中使用快速建模方法建立的弯式三排带安装耳连接器简化模型(二维预览图)如图5所示。

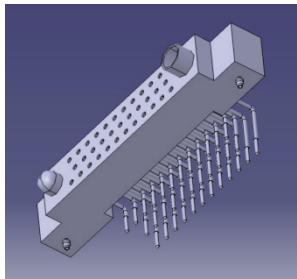


图4 弯式三排带安装耳连接器三维模型

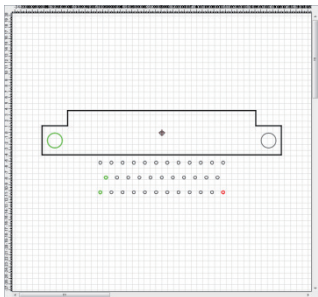


图5 弯式三排带安装耳连接器简化模型

对比二者发现,快速建模法对元器件本体形状进行部分简化,省略了不接触印制电路板的安装耳和非板接端的结构数据,对板接定位销和插装引脚只体现其在印制电路板上的孔径数值和相对位置参数。实践结果显示,根据元器件数据手册中相关数据信息建立一个弯式三排带安装耳连接器的传统三维模型大约需要二十五分钟,而采用本文提出的基于 Valor VPL 的快速建模方法建立该元器件的模型仅需八分钟左右,建模效率提升明显。

3.3 各类型器件建模实践效率对比

通过对不同封装类型电子元器件的建模实践,我们比较了传统三维建模方法和基于 Valor VPL 的快速建模方法的建模时间,并对其以同类型封装的十个不同元器件的建模时间的平均值进行统计,对比结果如图6所示。由建模实践数据看出,使用本文介绍的快速建模方法进行元器件建模工作,相对于传统三维建模方法,工作效率普遍提升60%以上,对封装结构复杂的元器件建模效率提升效果更加明显。通过DFM审查规则简化元器件建模数据,可以缩小不同封装类型元器件的建模难度差异,缩短元器件的单位建模时间,减轻数据库审核和日常维护压力。

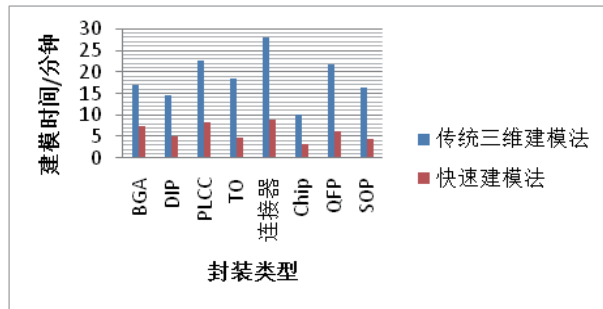


图6 两种方法建模效率对比

4 结束语

元器件模型库作为数据库信息的重要组成部分,具有建设周期长、涵盖范围广、数据规模大、维护成本高等诸多特点,成为可制造性分析技术的主要应用难点之一。根据本文提出的建模方法,可在保证元器件建模精度的情况下提高建模效率,提出的建模工艺要求有助于统一元器件模型的质量,降低后续维护和管理元器件模型库的难度。以航空电子产品涉及的电子元器件为主要体系完成元器件模型库的拓展开发和迭代优化,将是相关工艺审查人员今后的工作重点和努力方向,也将成为影响该可制造性审查分析系统契合度与实用性的重要指标之一。

参考文献

- [1] MICHAEL F. 确保 PCB 组装成功的八个步骤 [DB/OL]. www.mentor.com/valor. 2015-06.
- [2] 梁万雷, 周彤. 表面组装印制电路板基准标记的可制造性设计 [J]. 印制电路信息, 2012(1): 63-65.
- [3] 董建树, 罗延明, 王惠, 严宗瑞. PCB 可制造性设计与仿真 [J]. 信息化研究, 2014, 40(4): 50-53.