

doi: 10.7690/bgzd.2015.12.006

# 基于 PDM 系统的机电产品数字化协同设计平台

喻 华, 曲旭光, 任 峰, 党寻诣

(中国北方车辆研究所信息与控制技术部, 北京 100072)

**摘要:** 针对简单任务分解的设计方法设计周期比较长、成本高等缺点, 提出一种基于 Pro/E、Altium Designer 及 CHS 与 PDM 进行系统集成的数字化协同设计平台的框架方案。结合车辆领域型号项目数字化技术的应用实践, 探索研究了数字化技术应用的基本条件, 重点分析机电一体化产品结构、自顶向下的产品协同设计和三维电缆协同设计这 3 项关键技术, 并提出需要注意的问题。实践结果表明: 该方案进一步提高了机电产品设计中多学科多专业设计人员协同设计的效率, 对兵器行业的数字化研究与实践提供了有益的借鉴。

**关键词:** 机电产品; 数字化; 协同设计; 三维电缆

**中图分类号:** TP271<sup>+</sup>.4 **文献标志码:** A

## Electromechanical Product Digital Cooperation Design Platform Based on PDM System

Yu Hua, Qu Xuguang, Ren Feng, Dang Xunyi

(Department of Information &amp; Control Technology, China North Vehicle Research Institute, Beijing 100072, China)

**Abstract:** To solve problem of tedious period and high cost of the simply mission decomposition design method, the frame solution of system integrated digital coordinated design platform, based on Pro/E, Altium Designer, CHS and PDM, is brought up. Combine with the type projects digitization technology application in vehicle territory, explore the digitization technology application basic condition, emphasize on the electromechanical product structure, from top to the bottom product coordinated design and three dimensions cable coordinated design three key technologies and come up the problems that shall be paid attention to. The practice result shows that this solution improved the efficiency of multi subjects and majors electromechanical products design engineers coordination. It can be the useful reference for military industry digitization study and practice.

**Keywords:** electromechanical product; digital design; cooperation design; 3-D cable

### 0 引言

随着信息技术的发展, 数字化协同设计已成为发展的潮流。数字化工程可以通过网络实现自顶向下的流程控制, 进行各研究单位之间、单位内部和各个学科团队之间设计文件的无缝连接, 完成机电产品的顶层设计、工程研制、仿真、试验、制造一体化的研制模式<sup>[1]</sup>。

目前在兵器行业, 对于火控系统、电气系统等类型复杂机电系统的设计, 一般采用简单任务分解的设计方法, 把系统按客观子系统或学科分解, 把整个任务分解为若干子任务, 只给出各子系统间的简单常量接口, 如: 机械子系统间的连接尺寸, 机械与电气系统间的接口等分别进行设计, 每个设计任务只在单学科的范围内进行设计, 设计变量的确定与更改不考虑对其他设计任务的影响, 只把设计结果传入与之相关的其他设计中进行校验, 不满足则返回重新设计<sup>[2]</sup>。这种“串行”模式设计周期比较长、成本高, 这些特点显然不能适应越来越多,

且越来越苛刻的现代设计方法的发展趋势。

基于此, 笔者以坦克车辆领域某型号研制过程中机电产品数字化协同设计的应用为背景, 研究基于产品数据管理(product data management, PDM)系统的数字化协同设计系统, 阐述了数字化技术应用的基本条件, 基于 PDM 系统的机电产品数字化协同技术及数字化技术在型号项目中应用面临的问题。以高质、高效为目标, 探索机电产品数字化协同设计的技术途径, 加速实现研发手段的转型升级。

### 1 数字化技术应用的基本条件

坦克车辆领域型号项目中推进机电产品数字化协同设计的应用, 应具备以下 2 个主要的条件。

#### 1.1 建立基于 PDM 系统的统一平台架构

在传统设计、制造过程中, 产品数据管理在零散的、关系复杂的独立子系统中, 不仅数据的一致性无法得到保证, 而且所构成的产品技术状态也无法得到有效控制。通过建立统一的产品数据管理系

收稿日期: 2015-07-22; 修回日期: 2015-08-28

基金项目: 兵器典型武器装备数字化研制集成应用项目(A0920131001)

作者简介: 喻 华(1980—), 女, 湖南人, 硕士, 副研究员, 从事机电一体化系统结构设计研究。

统，在协同平台的支持下，能统一管理设计数据、分析数据、工艺数据、工装数据等，强化产品技术状态管理，并确保数据源头的准确性及数据的安全受控<sup>[3-4]</sup>。如图 1 所示，基于 PDM 系统的体系架构包括一个核心，三大部分。一个核心即是“产品数据管理系统”，三大部分主要包括“电子产品设计工具 Altium Designer”“机械产品设计工具 Pro/E”及“线缆设计工具 CHS”。

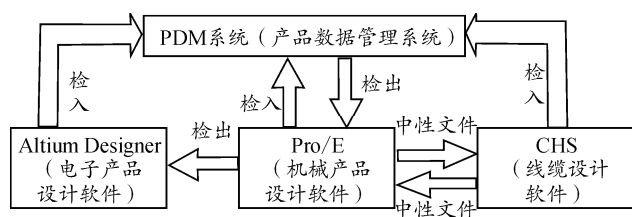


图 1 基于 PDM 系统协同设计平台基本架构

基于 PDM 系统的体系架构主要工作内容包括：

1) 基于三维建模设计软件 Pro/E、电子产品设计软件 Altium Designer、线缆设计软件 CHS 以及产品数据管理软件 Windchill 构建数字化产品数据管理平台 (PDM 系统)；

2) 制定产品数据信息管理协议和标准，协调各研制单位间的信息交互形式；

3) 规范数字化签审流程，实现技术文档及设计模型的设计(编制)、审核、工程分析、工艺检查、标准化检查、质量会签、审定、审批等业务流程数字化；

4) 通过统一标准的文档版本管理、协调文件管理、产品成熟度管理、统一出图管理、变更流程管理等，构建型号项目数字化协同研制环境。

## 1.2 建立共享基础资源数据库

通过 CAX/PDM 等信息化手段的组合应用，形成支持机电产品数字化研发模式的协同设计平台。若电子设计与结构设计之间，设计部门与采购部门、物料部门之间缺少必要的信息共享，不能实时同步，会在一定程度上形成“信息孤岛”。

为消除各设计单元、设计阶段间的信息孤岛，实现各平台之间共享数据的稳定传递，最大程度降低数据冗余，建立一个统一的、规范的基础资源数据库是最佳途径<sup>[5]</sup>。对于机电产品的设计来说，构建电子元器件优选库(简称 SVN 库)、电缆接插件三维模型库及参数库、电缆附件库等基础数据库，并统一通过 PDM 进行管理，可实现基础资源的积累和重用，从而提高机电产品的设计效率和准确性。在 PDM 系统中通过特定的流程，针对不同基础数

据对象，定制开发新器件的申请流程，有效保证了数据的准确性和有效性。电路设计及新器件入库申请流程如图 2 所示。

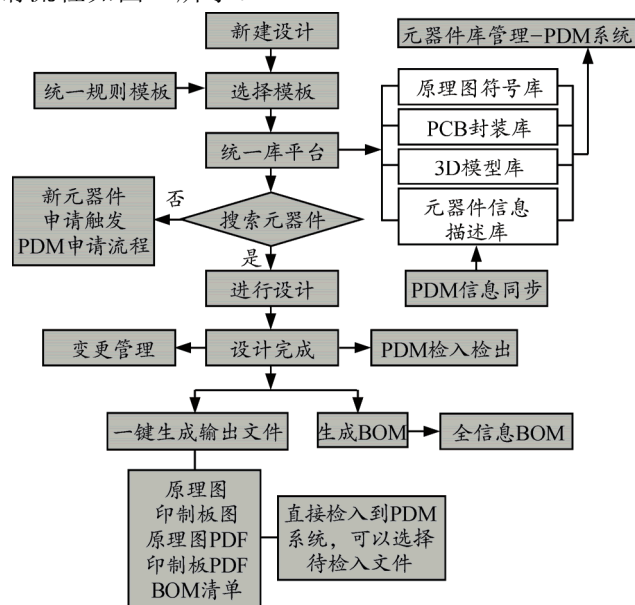


图 2 电路设计及新器件入库申请流程

## 2 机电产品数字化协同设计关键技术

由于坦克车辆机电产品的研制过程涵盖机、电、信息等多个学科，基于数字化条件下的协同设计，应重点探索研究以下几项关键技术。

### 2.1 机电一体化产品结构

PDM 平台实现电子与结构协同设计管理，从以下几个方面提升机电产品协同设计过程的能力：

1) 协作支持：通过 PDM 系统与机械设计工具、电子设计工具的集成，机械、电气工程师在 PDM 平台上可建立虚拟的“工作区”，在 PDM 平台上共享项目资源。通过信息存储，PDM 使得跨功能机电一体化团队更有效地进行协同化设计并复制。

2) 工作流支持：PDM 工作流引擎支持产品生命周期在机械和电子设计中的实施，同时，提供所有需要完成的步骤的复核，保证新产品的可靠性和实效性。

3) 提供设计浏览工具和工作流程，为设计团队的管理者提供跨功能与专业的有效协作管理<sup>[6]</sup>。克服机械、电气工程师之间的局限，进行全局管理。

机械工程师在进行三维设计时，针对电气部分，仅设计机械光板模型进行装配验证。电气工程师根据机械工程师提供的装配模型信息，进行电气部分的设计，将电气部分的原理图和 PCB 图连接到机械产品结构，并构建 PCB 图的电气产品结构，形成机

电一体化产品的完整产品结构。其组织方式如图 3。

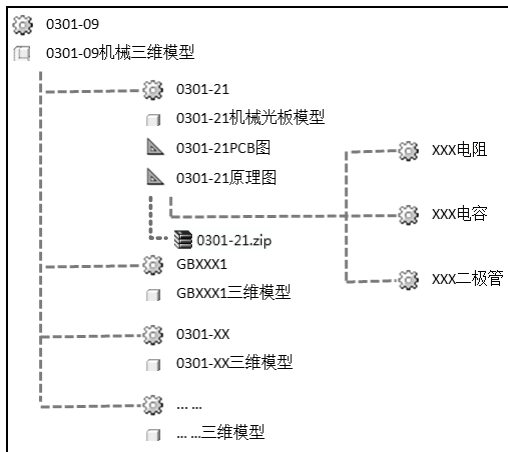


图 3 机电一体化产品结构示意

### 2.2 自顶向下的产品协同设计

采用自顶向下逐级分解，通过数字化协同研制平台，可实现自顶向下的流程控制，机电产品协同设计流程如图 4 所示，具体设计流程说明如下：

1) 机电产品部件设计人员通过三维骨架模型的方式接收上一级传递的基准和参照特征，以此为基础在 Pro/E 环境下进行机械零件、PCB 电路板模

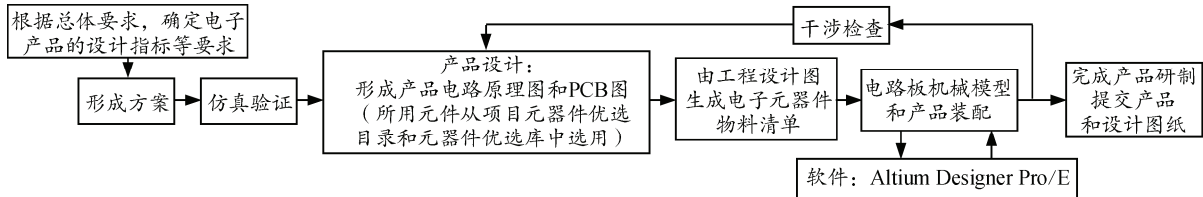


图 4 机电产品协同设计流程

### 2.3 三维电缆协同设计

机电产品中的电缆布线是机电产品布局设计研究的难点。随着计算机辅助设计手段在产品开发领域应用的不断深入，很多领域的电缆布局和装配问题已经开始在计算机平台中得以解决，但受限于线缆的走向复杂性及“柔”的特性，目前在车辆领域，工程实践中更多的是通过“先预估，后实测，再加工”方法完成电缆设计的，不仅设计效率低，电缆长度误差较大，而且对电缆通道中的干涉情况也较难检查，设计过程中容易出现人为错误。

将 Pro/E Cabling 的三维电缆布线模块与美国 Mentor 公司的 CHS 电缆设计软件进行有机结合，通过定制开发与 PDM 系统集成，基于三维模型协同开展电缆的结构设计，提高了设计质量和效率，也增加了机械设计和电气设计的集成度与关联度。

布线人员与电气设计人员通过三维骨架模型协同完成电气部件的结构布局方案，并从初始构建的基础资源数据库中选取元器件、接插件的三维模型

型和外购零件物理特征的三维结构设计，设计完成后将相关数据上传至 PDM 系统。

2) 电气设计人员基于 Altium Designer 软件绘制电路原理图，选取的元器件统一从库文件 (SVN 库) 中调用。

3) 通过 PDM 系统读取电路板结构信息，在 Altium Designer 软件中生成 PCB 板图。在元器件三维模型库的支持下，可以生成 PCB 板级的机械模型 (Step 格式)，在 Pro/E 环境下完成装配，进行干涉检查。设计数据可实时通过 PDM 系统进行交换；因此机械结构设计可以与电子设计流程并行进行，带来更高的效率。

4) 由于在 PDM 系统建立了完整清晰的产品结构，可利用 PDM 的统计功能，自动生成各类 BOM。物资部门可根据 BOM 表订购元器件。

5) 机械结构件三维装配模型可以转换生成相关的二维图纸和报表，并在 PDM 系统中完成电子签审流程。

6) 以 PCB 板和电路原理为基础，通过 EDA 平台的拓展功能，可以自动生成相关的二维图纸并在 PDM 系统中完成电子签审流程。

进行装配；CHS 电缆设计软件输出接线原理中性文件，通过定制开发的桥接平台，导入 Pro/E，利用 Pro/Cabling 电缆布线模块协同开展三维电缆设计工作；自动布线完毕后，再将线束、连接器、线束分支、卡箍、保护材料等信息反向导入到 CHS 软件，生成适用于生产的电缆二维工程图，如图 5 所示。

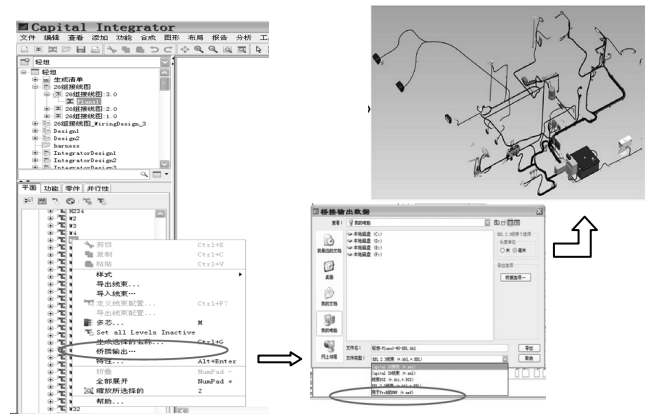


图 5 三维电缆协同设计示意图