

CAD 数据转换技术在归档方面的研究与应用

Research and application of CAD data conversion technology in archiving

文 | 山东山大华天软件有限公司 梅敬成 李建勋 杨欣

摘要: 在当前航天产品的设计生产中, 三维数字化模型逐步成为设计的主要数据来源。但是数字化模型存在随时间推移而逐渐失效的问题, 为了解决这个问题, 提出了一种基于中性格式转换技术的长期归档方法。首先研究面向航天产品三维设计信息的数字化描述机理, 建立统一的产品数据描述方法和规范; 然后参照 STEP 标准体系, 研究、扩展并制定产品数据集成、交互和长期存档的标准体系; 最后实现了长期归档系统, 并通过实验验证了航天产品数据长期存档的有效性。

关键词: 三维归档; STEP; 数据交换; 数字化

Abstract: For aerospace product design and production, three-dimensional digital model has gradually become the main data source of design. In order to solve the problem of digital model becoming invalid over time, this paper proposes a long-term archiving method based on neutral format conversion technology. Firstly, the digital description mechanism of 3D design information of aerospace product is studied, and a unified description method and specification of product data are established. Then, with reference to and by analysis and expanding of STEP standard system, a standard system for product data integration, interaction and long-term archiving is developed; finally, a long-term archiving system is implemented and the validity of long-term archiving of aerospace product data is verified by experiments.

Keywords: 3D archiving; STEP; Data exchange; Digital description

一、三维数字化模型归档存在的问题

三维数字化模型的特点是分散化、多版本和多格式等。一般一个模型都是由各个分散的模型组成, 同一零件或部件需要进行多次工程更改或版本更新。不同的 CAD 软件有不同的数据格式。例如: Solidworks 软件的原始格式的后缀为 .sldasm, PRO/E(CREO) 软件的原始格式的后缀为 .asm, Inventor 软件的原始格式的后缀为 .iam。各自的数据格式由

各自的软件所识别和读取。而这些数据的存档期限往往要求 30 年以上, 甚至更长。若干年后, 要保证这些模型数据可读, 可用, 安全, 有效, 并能被大多数 CAD 软件识别和读取, 成为了当前面临的难题。

二、国内外现状

欧美发达国家航空、航天及船舶组织在上世纪九十年代相继启动了一系列面向产品数据长期归档保存的重大研究

基金: 国家重点研发计划资助 (2016YFE0113800)

计划,涉及三维模型归档。例如美国航天局 NASA 的 PGEF 项目、欧洲航天 PDE 项目和欧洲航空组织 LOTAR 项目等,这些项目都围绕数据电子归档项目研究并建立了适合自己的、基于中性开放格式的相应软件系统。为了保证核心产品数据的长期安全可控,三维模型需要建立在一个更持久的数据格式上,不依赖具体的软件及系统。以 CAD 领域的三大巨头 CATIA、SIEMENS 和 PTC 为例,三大软件都定义了自己的模型格式,而且这些模型格式被严格保密,相关数据解析也仅仅是通过软件厂商提供的数据接口来实现,国内用户很难获取底层数据的核心结构信息。因此,早在 20 世纪 70 年代末,国际上对数据交换进行了大量研究和制订工作,诞生了 10 余种数据交换技术标准。有以下几种是国际或业界公认的数据格式。

DXF: 图形交换格式

DXF 是 AutoCAD 的 CAD 数据文件格式,由 Autodesk 开发作为他们的解决方案启用的 AutoCAD 和其他程序之间的数据互操作性。DXF 主要是以 2D 为基础的数据格式。

IGES: 初始图形交换标准

IGES(初始图形交换规范)是为了实现不同的 CAD/CAM 系统之间交换产品模型的定义数据而制定的美国标准,已覆盖了越来越多的应用领域,被大多数 CAD 系统所接受。IGES 标准最早是 ANSI 于 20 世纪 80 年代初制定的,主要描述产品设计和制造信息,它的数据文件是多个实体的集合,用几何和非几何的信息描述产品,其中几何信息包括了点、线、圆弧、参数曲线/曲面、NURBS 曲线/曲面和剪裁曲面等多种元素。非几何信息包括标注、定义和组织等。

但是,IGES 在实际应用中还存在一系列的问题,如:

(1) 数据文件过大,数据转换处理时间长;(2) 某些几何类型转换不稳定;(3) 只注意了图形数据转换而忽略了其它信息的转换等。

STEP: 标准产品模型数据交换

STEP 是由国际标准化组织(ISO 组织)下的“产品模型数据外部表示”分委员会 SC4 所制定的一个实现三维数据交换的国际标准,它是由多个部分组成的 ISO 标准,它已经成为国际公认的 CAD 模型文件全球统一标准。

STEP 标准是为 CAD/CAM 系统提供中性产品数据而开

发的公共资源和应用模型,它既是一种产品信息建模技术,又是一种基于面向对象思想方法的软件实施技术。它支持产品从设计到分析、制造、质量控制、测试、生产、使用、维护到废弃整个生命周期的信息交换与信息共享,目的在于提供一种独立于任何具体系统而又能完整描述产品数据信息的表示机制和实施的方法与技术。

STEP 保持良好的兼容性,在格式转换的过程中,损失的信息相对较少。它不仅能够描述几何信息,而且还包括参数化数据、特征和非几何数据等。STEP 还将进一步扩展更多更高层次的设计信息。它的信息覆盖面广泛、体系结构严密、可扩充性强以及成熟度高,得到软件商和国家层面的支持,成为 CAD 模型长期归档的首选格式。

在国内,利用中性格式进行 CAD 模型归档研究的较少,也没有从国家或者行业层面提出解决框架或方案。

三、基于中性格式转换技术的三维归档

由于 STEP 格式尚未支持如 MBD 的信息以及视图管理等信息,如果仅用 CAD 软件自身的 STEP 转换进行归档,在归档时就会丢失这部分信息,导致数据失真。

又因为 CAD 模型格式被严格保密,所以本文提出了直接读取方式,直接对 CAD 数据文件进行解析,将其中定义的几何、约束、装配、图纸、管路、线缆和 PMI 等所有归档要素的信息解析出来,然后按照 STEP 的定义创建输出。至于 STEP 目前标准中不支持的要素类型,则通过 XML 扩展对其进行定义。在此需要提取解析 CAD 模型信息,分析优化模型中结构物理、数学和描述模型间的耦合关系,归集形成本元信息模型,描述 CAD 中的线缆、PMI 和图纸等数据,并在此基础上完成中性格式文件前/后处理器对中性格式文件的读写,即前处理器把 CAD 的内部数据转换成中性格式文件;后处理器读入中性格式文件,把数据转换成 CAD 的内部数据。

数据格式是为了存储数字信息而用的对信息的特殊编码方式,用于识别内部存储资料的载体。长期存档选择的格式至少要满足以下原则:(1) 适用于多种环境;(2) 应当支持从专用环境向通用环境的迁移;(3) 标准化程度较高;(4) 被业界或用户广泛支持的格式;(5) 可扩展性强的格式;(6) 数据可真实完整地被客户读出并理解。

而 STEP 格式可以实现不同厂商、不同版本的 CAD 数据模型的互相转换,并可以被绝大部分的 CAD 软件所识



别。因此，本文提出基于 STEP 格式的长期存档系统。然而，目前 STEP 格式并不能覆盖三维模型所有的信息，因此，对 STEP 中不支持的要素类型，则通过 XML 扩展对其进行定义。

通过数据直接交换技术，研发了数据直接读入功能，该功能可实现多种主流 CAD 软件原格式文件的几何数据直接读入。CAD 模型的归档数据由几何数据、几何属性数据、模型属性数据、视图数据、参数数据、标注数据、电缆数据和管路数据等构成。STEP 格式支持几何数据、标注数据的存储，其它数据则用 XML 文件存储，原 / 归档 CAD 模型归档数据域如图 1 所示。

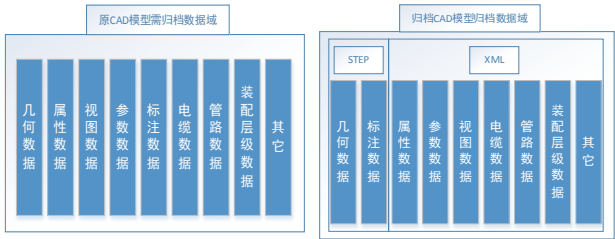


图 1 原 / 归档 CAD 模型归档数据域

上述的转换流程描述了数据的双向转换，即 STEP+XML 文件的输入和输出。STEP+XML 输出采用数据直读技术，将 CAD 模型进行解析，按照 NURBS 曲线、曲面的方式进行原样转换，其它属性数据则直接写入 XML 文件存储。STEP+XML 输入使用不同软件的数据交换模块进行导入。

各个数据模块中又由多个数据要素组成，各数据模块包含的要素内容，如表 1 所列。

表 1 数据模块详细要素表

要素名称	内容
几何信息	实体数据，包含基本构成要素点、线和面等
基准平面信息	基准平面名、参照信息等
坐标系信息	坐标系名、XYZ 轴向量和原点等
几何属性信息	面透明度、面颜色等
视图信息	视图名、视图矩阵等
参数信息	参数名、类型、指定和值等
模型属性信息	材料、密度、单位制、关系、公差、精度和实例等
标注信息	从动 / 驱动尺寸、参照尺寸、注释、几何公差、表面粗糙度、符号和基准符号等

要素名称	内容
电缆信息	电缆名称、长度、线轴名称、最小折弯半径、厚度和中心线等
管路信息	横截面、管道外径、厚度、中心线长度、起点坐标、终点坐标和折弯信息等

实际的 CAD 模型是由零件装配而成，长期存档保留原模型装配结构并遵循原装配件的物理文件结构，即按照装配+元件的方式进行输出，如图 2 所示。

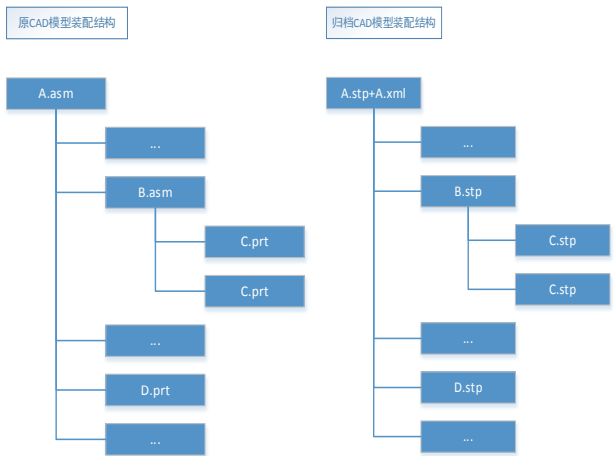


图 2 装配层级图

在物理文件中，A.STEP 文件包含了所有装配文件的数据，即 A.asm 和 B.asm 文件。同时，生成与总装同名的 A.xml 文件，如图 3 所示。



图 3 物理文件存储图

为了验证存档数据的正确性、完整性和有效性，需要导入已转换为三维模型中性格式的数据，基于全局配准、局部配准及特征点配准等理论方法，与原格式的三维模型进行配准比对。根据 CAD 数据类型的特点，重新写入三维模型数据进行比对。

本文实现了数据交换系统,并应用此系统对航天小卫星模型进行了归档实验。

四、实验对比

本文以 Pro/E 为例,进行了方法的验证。利用 Pro/E 二次开发工具,在 Pro/E 软件中增加长期存档系统模块。其中数据转换模块有模型信息导出和模型信息导入功能。使用航天小卫星数据,通过数据输出和输入,进行了原 CAD 模型和长期存档数据的效果比对,如图 4~9 所示。

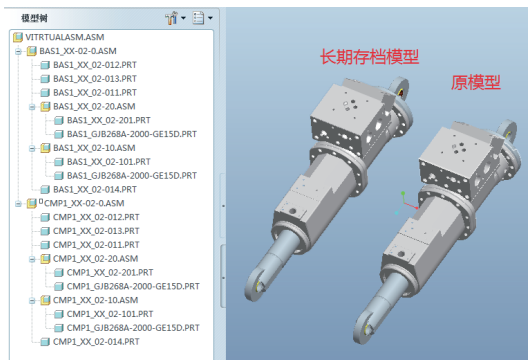


图 4 原模型和长期存档模型几何和装配图

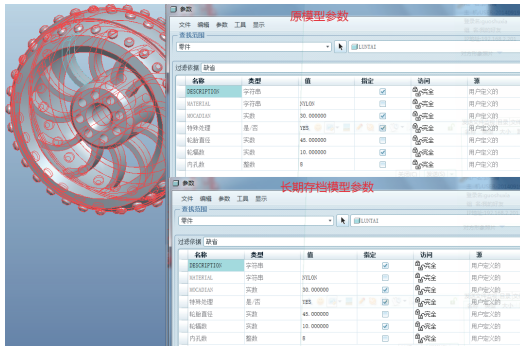


图 5 原模型和长期存档模型参数图

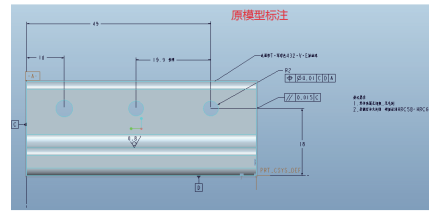
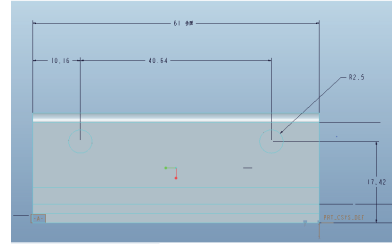
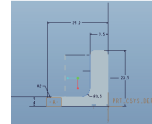
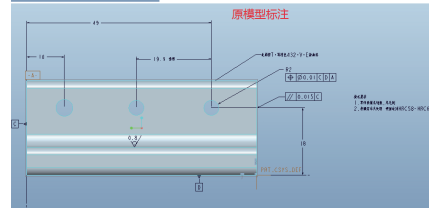
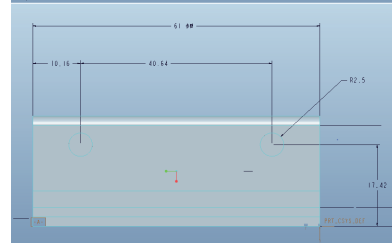
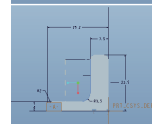


图 7 原模型和长期存档模型标注

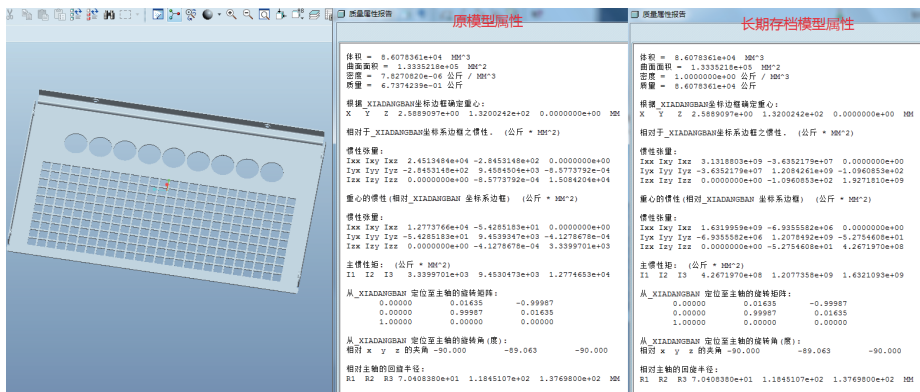


图 6 原模型和长期存档模型属性

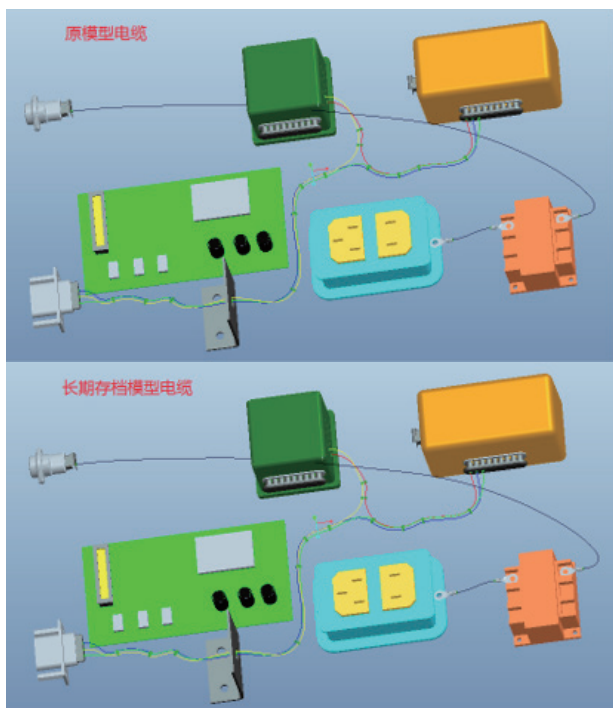


图8 原模型和长期存档模型电缆

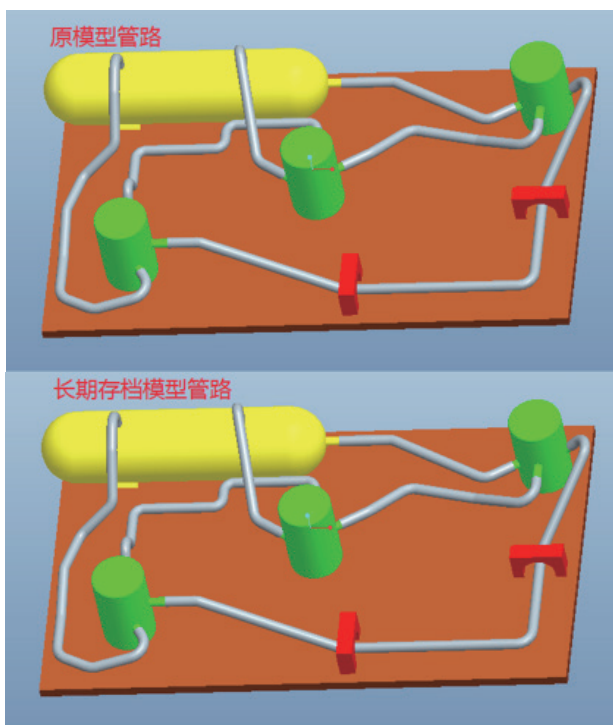


图9 原模型和长期存档模型管路

通过实验比较,本文技术方法已经基本覆盖到需要长期保存的数据。

五、结论

本文阐述了利用 CAD 模型直接读取技术,对 CAD 模型数据文件进行解析,将其中定义的几何和非几何等归档数据解析出来,按照 STEP 的定义创建输出。STEP 不支持的要素类型,则通过 XML 扩展对其进行定义。将输出的 STEP+XML 文件作为长期存档格式,该格式不依赖于具体的 CAD 软件厂商和特定的系统,保证三维模型数据长期安全有效。本文使用航天小卫星数模进行实验比对,验证存档数据的准确性和全面性。

目前,本文仅实现了 CAD 模型数据的长期存档,更高要求的长期存档管理还应该包括过程的标准化。而 STEP 标准格式也在不停地更新完善中,未来将支持更多的要素类型,这样使 CAD 模型数据的长期保存更加的完善。

参考文献 (References) :

- [1] 董志菡,武斌,薛白石.中航工业 3D CAD 数据归档方案研究[J].机电兵船档案,2016(5): 62 ~ 66.
- [2] 朱大培,徐永安,杨钦,陶海燕,陈其明.基于 STEP 标准的数据交换的研究与实现.计算机工程与设计,2001,22(4): 5-8.
- [3] 董连续,洪岩.产品数据长期存档技术标准化框架及其应用.标准科学,2005(10): 54-57.