

# 航空机载设备线路图册类技术资料交互性研究

宋建华,王 正,范加利,高富东

(海军航空工程学院青岛校区,山东 青岛 266041)

**摘 要:**航空机载设备线路图册是飞机的重要技术资料之一,对于维修人员理论学习、熟练掌握实际工作、分析排除设备故障等具有十分重要的作用和现实意义。目前,纸质版或 PDF 格式的航空机载设备线路图册类技术资料受分辨率、可扩展性和改进功能等多种因素的制约,智能性和交互性不强,在实际工作中难以发挥应有的作用。为此,提出了交互式图形模型,并在该模型的基础上设计和开发了一套满足维修人员使用需求的交互式线路维修支持系统。该系统采用馈线数据和电流轨迹模型,实现了线路图元动态扩展、线路图册的快速绘制、馈线数据和电流轨迹脚本高效编辑、线路图册的交互式阅读。实际应用情况表明,所构建的交互式线路维修支持系统有效地提高了一线维修人员编制和查阅线路图册的效率。

**关键词:**线路图册;馈线数据;交互式电子手册;S1000D

**中图分类号:**TP319

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2017)10-0146-05

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2017.09.031

## Research on Interactivity of Aviation Equipment Wiring Data Manuals

SONG Jian-hua, WANG Zheng, FAN Jia-li, GAO Fu-dong

(Qingdao Branch of Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

**Abstract:** Airborne equipment wiring data manual is one of the important technical data of the aircraft, which has importance and practical significance for maintenance personnel to learning theory, being familiar with the actual work, and troubleshooting the equipment failure. At present, due to any restrict factors, such as the resolution, expandability and improved function, the paper version or PDF format of technical manual data exists the problem of weakness intelligence and interactivity. So it is difficult to play its due role in the actual work. Therefore, the interactive graphic model is introduced. On this basis, the interactive wiring maintenance support system which meets the needs of equipment maintenance personnel is designed and developed. It adopts wiring data and current tracking models, and realizes the circuit element dynamic expansion, wiring manual fast rendering, efficient editing for wiring data and current tracking script, and wiring manual interactive reading. The practical application shows that it can improve the efficiency of authoring and reading wiring data manual.

**Key words:** wiring data manual; wiring data; interactive electronic manual; S1000D

## 0 引言

航空机载设备线路图册作为其众多随机资料中的一种,在维修人员的理论学习、深层次故障排查中起着重要的支撑作用。随着设备复杂程度的提高,其线路图册越来越庞大和复杂,维修人员的读图效率越来越低、读图难度越来越高,更有甚者某些图只有少数线路专家才能读懂,对维修人员的业务水平提出了更高要求。为克服上述问题,充分发挥线路图册深层次排故作用,波音公司等单位在飞机交互式电子技术手册(IETM)的基础上对线路图册类技术资料的交互性问

题进行了研究,比如:制定了 WebCGM 交互式图形标准<sup>[1-2]</sup>;开发了一些实用系统,如波音公司 Wiring Illuminator Web<sup>TM</sup><sup>[3]</sup>、DSS 公司的 P2Trace<sup>[4]</sup>、CASSIDIAN 公司的 IETP-X-AT Electric<sup>[5]</sup>等。上述系统根本的目的是让静态电路图动起来,以提高线路图的智能性。目前,国内对技术资料的交互性研究主要侧重于技术说明书、维修手册等文本内容为主的 IETM 上,研究重点放在 IETM 的规范研究、内容管理、数据处理方法等方面<sup>[6-10]</sup>;而对机载设备线路图册类技术资料的交互性研究还较少,仅停留在理论研究层面,还未出现实用

收稿日期:2016-07-04

修回日期:2016-11-02

网络出版时间:2017-07-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51505491)

作者简介:宋建华(1978-),男,讲师,硕士,研究方向为装备保障信息化、故障预测与健康管理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170711.1452.020.html>

系统<sup>[11-13]</sup>。

综上所述,为提高国内航空线路图册类技术资料的交互性,在研究分析设计目标和实际功能的基础上,提出了设计国外自主交互式线路维修支持系统,论述了系统的总体架构及其关键技术,并以某飞机线路图为例进行了实例验证。

1 系统的设计目标

国内一些商用线路图绘制软件只有绘图功能,只能满足电路设计人员的要求,而无法满足维修人员对线路图册类技术资料交互性的要求,设计重点是实现一套适合于维修人员使用、交互能力强的线路图册类技术资料编制、管理和阅读于一体的系统,具体目标如下:

- (1)实现线路图册的交互式阅读,馈线数据交互式查询,特别能够实现特定需求信息显示;
- (2)实现线路图册数字化管理,方便后期更改;
- (3)实现线路图册的信号分析和线路轨迹跟踪,最好辅助必要的图片、视频等媒体介质对插头和部件进行形象化表示;
- (4)线路图册编制应符合相关国家标准的要求;
- (5)既可独立运行,也能实现与其他系统(如 IETM 系统、维修管理系统、航材管理系统)的集成。

2 系统设计方案

2.1 架构设计

交互式线路维修支持系统的总体架构如图 1 所示,分为数据层、服务层和应用层。

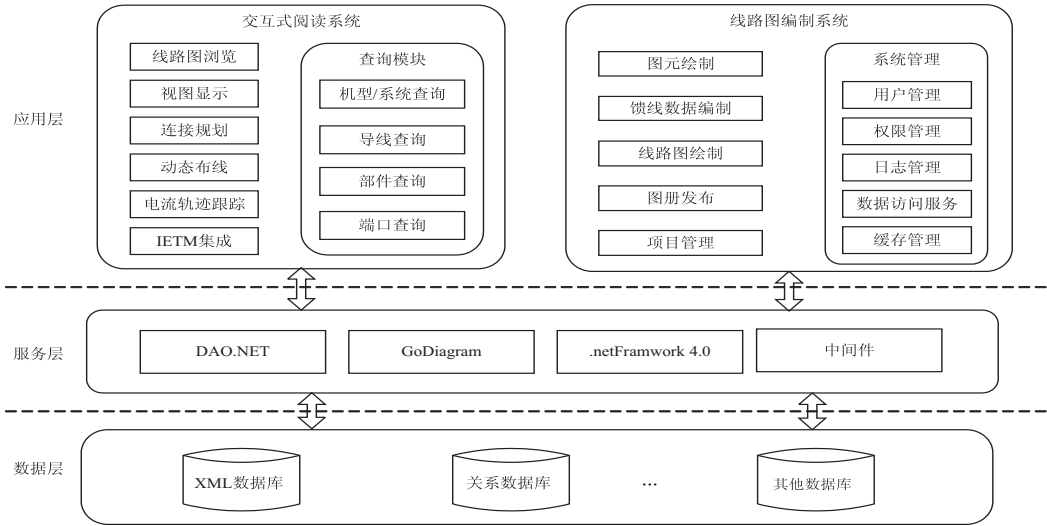


图 1 系统总体架构

数据层采用原生 XML 数据库和线性存储相结合的方式存储馈线数据,完整保留 XML 文档的数据格式,提高了数据组织和管理的效率。

服务层包括数据库访问服务 ADO.NET、图形控件服务 GoDiagram、运行库 dot Framework 4.0 和中间件服务。

应用层包括交互式线路编制系统和阅读系统,实现图册类技术资料的编制、存储、管理、交互性查阅和显示等功能。

2.2 功能设计

整个系统由交互式线路编制系统和阅读系统构成,如图 1 所示。其中编制系统主要分为项目管理、图元绘制、馈线数据编辑、线路图绘制、图册发布和系统管理等模块;阅读系统主要分为线路图浏览、视图显示、连接规划、动态布线、电流轨迹跟踪、IETM 集成等模块。

2.2.1 编制系统

项目管理

(1)项目管理:提供线路图册项目顶层规划功能,

具体包括项目管理、馈线数据结构规划、手册系统规划等。

(2)线路图元绘制:提供图形化图元编辑功能,完成系统图形自定义扩展。具体包括图元及其元数据的编辑和操作(包括新建、修改、保存、剪切、复制、粘贴、删除、对齐、旋转等)等功能。系统预含 GB/T 4728 和 HB6637-2006(航空工业)规范定义的电气元件。

(3)线路图绘制:提供线路图册的拖放式图形化绘制功能,用户可利用预置电气设备、标准零部件或自定义库中的预置控件绘制线路图。具体包括线路图设计管理、图纸操作管理(包括新建、打开、保存、删除、关闭、图元浏览和插入、图纸预览等操作)等功能。

(4)馈线数据编制:提供图形元数据编制功能,具体包括导线、部件和端口数据信息的编制以及电流轨迹跟踪工作原理脚本编辑。

(5)图册发布:提供图册的发布功能,系统发布成功后阅读系统方可浏览使用。具体包括手册结构设计、结构节点同线路图纸对应管理、图册的一键发布等

功能。

(6)系统管理功能:提供用户、权限、日志、数据库访问以及缓存等管理功能。

2.2.2 阅读系统

(1)查询单元:提供图册和元数据的多种查询功能,并以相应方式显示查询目标的详细信息。具体包括按机型(项目)/系统进、导线、部件和端口查询。

(2)连接规划:提供部件连接关系分析功能,显示某一部件与其他部件的连接关系,帮助用户能够在复杂线路图中准确查找目标与其他部件之间的连接情况。

(3)视图显示:提供元数据图形化显示,用于显示线路图中的部件及馈线所具有的不同媒体形式(拆装动画、结构图片、文字等)详细信息。具体包括标准视图、连接器视图、实物视图、功能视图、屏蔽层视图、双绞线视图等多种视图。

(4)动态布线:提供按部件和导线进行连接关系

分析,实现线路的动态布线。具体表现为系统可动态绘制出某个部件的插头的某个插针的线路走向,该功能可帮助维修人员迅速定位故障件的插头和插针号。

(5)电流轨迹跟踪:提供电流轨迹跟踪功能,按照线路分析专家生成的预定线路工作原理脚本进行动态展示。例如,当用户选择闭合线路图中某一开关后或工作流程某一步骤,系统将会自动显示出该开关闭合后或该步骤的电流轨迹并标注。用户根据标注路线逐一排查,可最终确定故障的位置进行维修。

(6)IETM 系统集成:提供同 IETM 系统集成功能,进一步扩展该系统功能。

3 系统实现关键技术

3.1 交互式图形模型

现有的图形格式均不能满足线路图册交互性的要求,在 WebCGM 2.1<sup>[1]</sup> 标准的基础上设计了交互式图形模型,如图 2 所示。

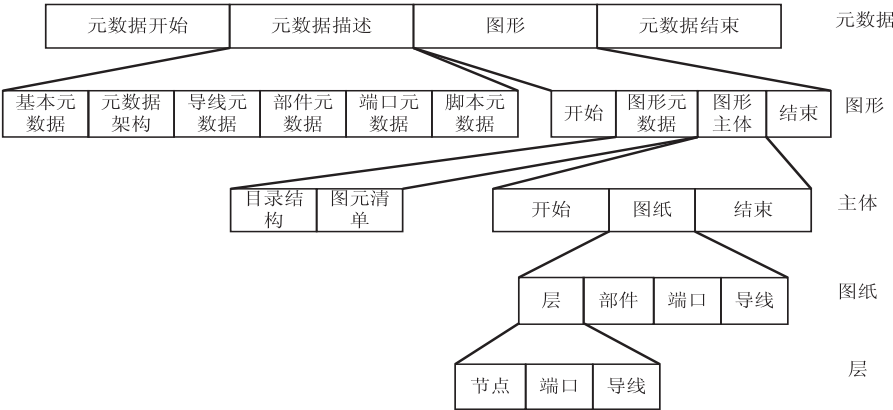


图 2 交互式图形模型

该模型共分为五层:元数据、图形、图形主体、图纸和层,具有图形内部图元查询、热点交互功能、图元高亮显示等特点,较好地解决了线路图的交互性问题。

3.1.1 元数据层

元数据层作为模型的顶层,定义了模型整体结构,分为开始、元数据描述、图形和结束四部分。元数据描述用于描述模型的顶层元数据,主要包括以下内容:

- (1)基本元数据,主要包括名称、版本、存储位置等信息;
- (2)元数据架构,主要描述导线、部件、端口元数据的结构;
- (3)导线元数据,主要描述了所有导线相关的数据信息;
- (4)部件元数据,主要主要描述了所有部件相关的数据信息;
- (5)端口元数据,主要描述了所有端口相关的数据信息;
- 万方数据

(6)脚本元数据,描述了电流轨迹逻辑脚本实例。

3.1.2 图形层

图形层描述了模型的主题,主要分为开始、图形描述、主体和结束四部分。图形元数据描述了图形层的元数据,主要包括图形的目录结构以及所有图元(导线、部件、端口)列表。

3.1.3 图形主体层

图形主体层描述了图形主体的组成,主要分为开始、图纸和结束三部分。

3.1.4 图纸层

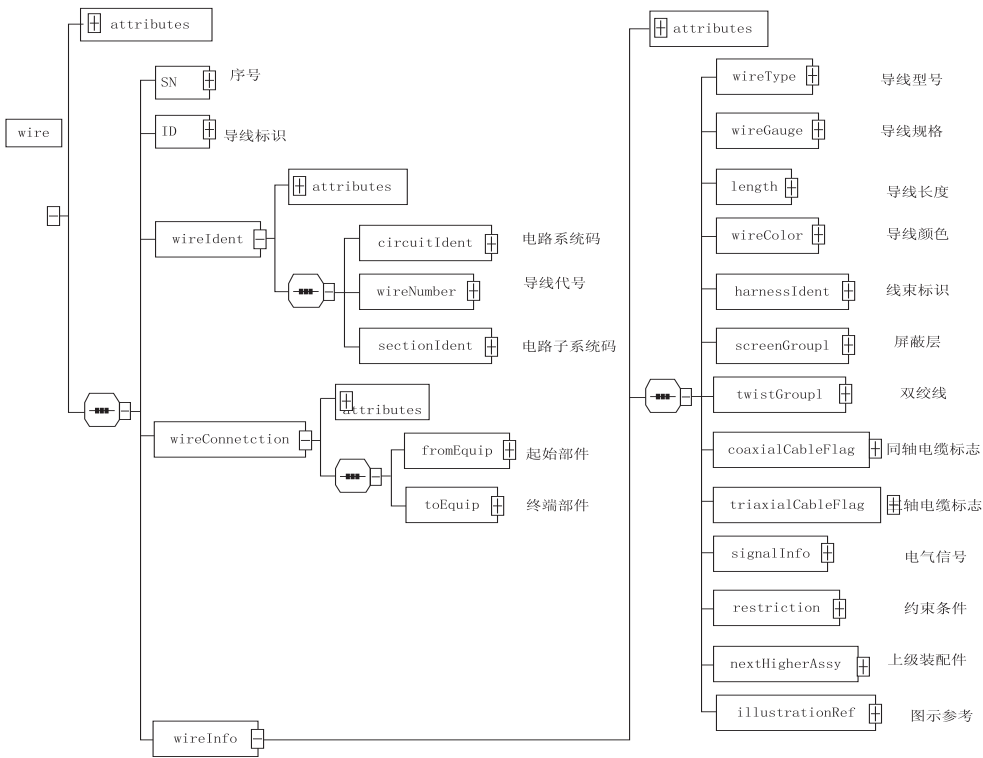
图纸层代表了线路图册的实体,可以是具体的原理图或接线图等。主要分为层、部件、端口和导线四部分。而层是由部件、端口和导线组成。

3.2 馈线数据模型

馈线数据是线路图册类技术资料中图形的描述数据,也就是交互式图形模型中的元数据部分。馈线数据共包含导线数据、部件数据、端口数据三类。导线数

据用于描述导线的系统、线号、导线的起始部件等信息;部件数据用于描述部件的件号、功能、数量、控制逻辑、图示等信息;端口数据用于线路图册之间的交叉引

用信息。在借鉴 S1000D 4.1<sup>[2]</sup> 标准的基础上,采用 XML 文档的 Schema 建模方法<sup>[14]</sup> 定义导线、电气部件和端口三类馈线数据模型,如图 3 所示。



由图 3 看出,导线数据的根元素为<wire>元素,主要包括<SN>、<ID>、<wireIdent>、<wireConnection>、<wireInfo>,分别定义了导线的顺序号、唯一标识号、线路的连接信息和导线信息。

线路标识元素<wireIdent>包含导线系统标识元素<circuitIdent>、线号标识元素<wireNumber>和导线子系统标识元素<sectionIdent>等;导线连接元素<wireConnection>包含起始部件元素<fromEquip>和结束部件元素<toEquip>;导线元素<wireInfo>包含导线型号<wireType>、导线规格<wireGauge>、导线长度<length>、

导线颜色<wireColor>等。

3.3 电流轨迹建模

电流轨迹模型是对线路工作原理的抽象,是对线路工作过程的动态展示。文中采用 Schema 建模技术建立电流轨迹模型,其中 Schema 如图 4 所示。

模型的根元素有一个或多个任务元素<task>,任务元素包含一个图形元素<graph>和一个或多个任务元素,图形元素包含一个或多个<flowlink>元素。其中任务元素<task>表示操作步骤,如按下某个开关;<flowlink>表示对应任务下电流流过的导线。

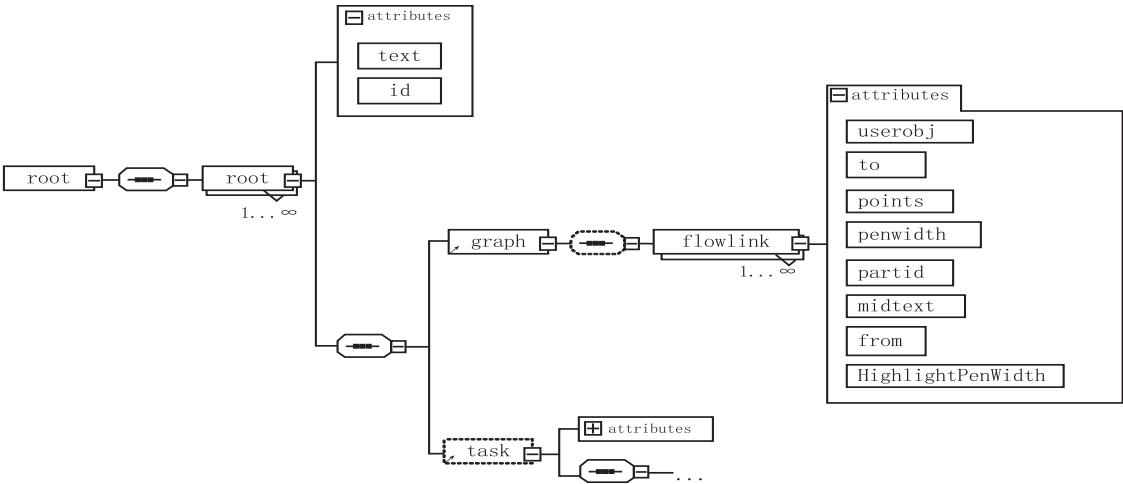
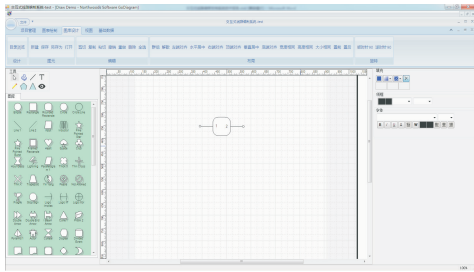


图 4 电流轨迹的 Schema 架构

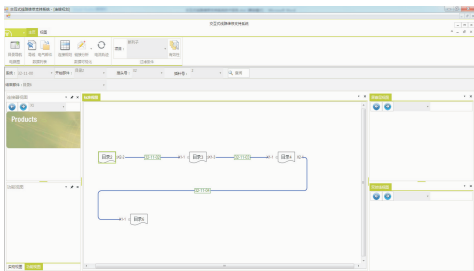


4 实例验证

以某飞机子系统的线路图为例,按照“图元绘制”-“线路绘制”-“元数据编制”-“电流脚本编制”-“出

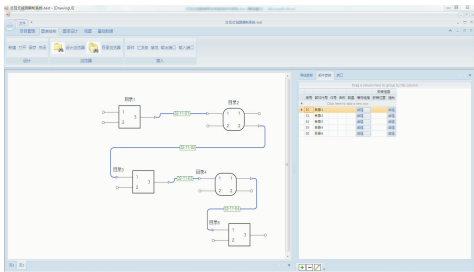


图元绘制

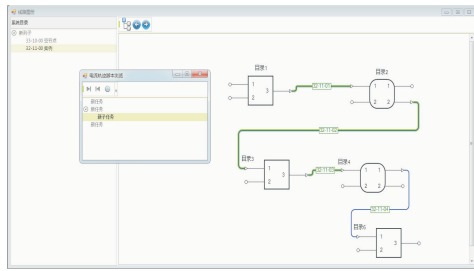


动态布线

版发布”-“交互式阅读”的流程对整个系统进行验证,编制和阅读界面如图 5 所示。



电路图绘及元数据编制



电流轨迹跟踪

图 5 系统主要编辑界面举例

经测试,系统可以方便扩展系统图元,通过拖放图元和拖拽连线快速绘制线路图,通过预置模板可以方便编辑元数据,通过定义元数据可显示动态布线和电流轨迹跟踪,提高了线路图的编制效率和读图效率。

5 结束语

国内对线路图册类技术资料的交互性研究较少,尚未出现较为实用的系统。针对装备维修人员的实际需求,设计了交互式线路维修支持系统的总体结构和功能模块,论述了系统实现的关键技术。实际应用表明,系统功能完备、操作方便,可有效地提高装备维修保障人员的线路图册编制、管理、阅读的效率 and 装备保障的效率,以及线路图册的交互性。

目前航空装备线路图册大多是纸质格式或 PDF 或 CAD 格式,现有系统仅支持手动重新绘制进行系统需求格式的转换,当装备复杂线路图较多时,系统编制效率还有待提高。因此,如何扫描纸质图册并将自动识别生成系统要求的线路图,如何将 CAD 图自动转化为系统定义的线路图,是下一步研究的内容,以便进一步提高编制效率。

参考文献:

[1] Web CGM 2.1 [EB/OL]. 2010. <http://www.w3.org/TR/webcgm21>.

[2] International specification for technical publications using a common source database[S]. [s. l.]:[s. n.],2012.

[3] WiringIlluminator Web™ [EB/OL]. 2012. [\[now.com/images/uploads/datasheet-WiringIlluminatorWeb-03-2012-edit.pdf\]\(http://www.cdg-now.com/images/uploads/datasheet-WiringIlluminatorWeb-03-2012-edit.pdf\).

\[4\] p2Trace™ overview \[EB/OL\]. 2011. \[http://www.digitized-schematic.com/wp-content/uploads/2011/02/DSS004-p2Trace-Insert\\\_v6.pdf\]\(http://www.digitized-schematic.com/wp-content/uploads/2011/02/DSS004-p2Trace-Insert\_v6.pdf\).

\[5\] Eng B,Sterr S. S1000D and wiring data-successfully in operation \[EB/OL\]. 2013. <https://www.aag.at/wp-content/uploads/P19-Sebastian-Sterr-S1000D-UF-2013-S1000D-and-Wiring-Data-final.pdf>.

\[6\] 杨天贺. 基于 S1000D 规范的 IETM 的研究与应用\[D\]. 南京:南京航空航天大学,2011.

\[7\] 朱建山. 基于 S1000D 规范的 IETM 数据管理系统研究 \[D\]. 南京:南京航空航天大学,2010.

\[8\] 杨永建. 面向民航设备维护的交互式电子技术手册系统研究\[D\]. 成都:电子科技大学,2009.

\[9\] 张西山,闫鹏程,孙江生,等. 维修保障信息系统的数据处理方法\[J\]. 兵工自动化,2011,30\(7\):93-96.

\[10\] 朱兴动. 武器装备交互式电子技术手册\[M\]. 北京:国防工业出版社,2009.

\[11\] 高万春,张锐丽,吴为团. S1000D 下 IETM 馈线数据研究与应用\[J\]. 计算机与现代化,2013\(4\):232-235.

\[12\] 朱兴动,刘 啸,李其中. IETM 馈线数据模块的设计与应用\[J\]. 计算机与现代化,2013\(7\):212-216.

\[13\] 宋建华,刘 啸,朱兴动,等. IETM 中馈线数据交互性的研究与应用\[J\]. 计算机应用与软件,2013,30\(12\):255-257.

\[14\] 但正刚,李 顺. XML 高级网络应用\[M\]. 北京:清华大学出版社,2002.](http://www.cdg-</a></p></div><div data-bbox=)