

# 大型光学设备全寿命周期管理软件设计与实现

任同阳, 姜 元, 贾建禄, 刘塔拉, 郭鹏飞

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

**摘要:**当前中国战略性大型光学设备需求不断增大,传统的大型设备管理模式已经逐步影响了大型设备的维护和生产,迫切需要研制一种综合的全寿命周期管理软件,将生产与维护相结合,在对系统的维护过程中记录关键数据,以求在设备再生产或者改进中发挥经验作用。为了实现上述需求,采用基于客户机/服务器(Client/Server,C/S)模式的数据库技术,通过 ACCESS 软件建立数据库,通过 C# 语言连接并访问、修改数据库,使用 WPF 构建用户界面,开发了软件系统,实现了预期功能。通过实际使用,验证了全寿命周期管理软件的引入提高了大型光学设备的维护效率,方便了研发人员与用户之间的沟通。

**关键词:**全寿命周期管理;数据库技术;C/S 模式;C# 语言

**中图分类号:**TP311 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0273-05

随着地面光学设备向着大型化、集成化方向的升级,软件在装备的整体效能中发挥越来越重要的作用<sup>[1]</sup>。传统的工程管理模式呈现出了效率低、执行力差的特点,已经不能满足现代大型光学仪器发展的需要。近十几年,大数据、云计算、人工智能已经渗透到了各行各业,在民用和军用市场上展现出了极强的生命力和适应力。随着大型武器<sup>[2]</sup>、大型光学设备等装备数量及仪器复杂程度的不断增加,采用传统管理模式不足以满足设备的生产需求<sup>[3]</sup>。需要开发专用管理软件以提升设备的前期运营和后期维护效率<sup>[4]</sup>。

在实际的大型光学设备的生产交付的管理过程中主要有三方面需要生产方提供:①技术文档管理;②备品备件管理;③维修保养管理。在这三方面由于需求方和生产方往往存在地域、工作性质等方面的限制,不利于技术人员实时对相应问题进行处理。这样传统的设备管理方式即耗费了人力物力,又不利于系统化管理,使得技术人员很难对系统有连续的跟踪了解,随意对装备进行维修也不利于为后续类似故障提供相应科学的、有指导性的意见<sup>[5]</sup>,十分不利于设备的可持续发展。鉴于此,设计了一款基于 C/S 模式的大型光学装备全寿命周期管理软件。

本文所设计的大型光学装备的全寿命周期管

理软件采用 Visual Studio 2015 编译环境,采用面向对象的编程思路和模块化程序设计思想,使用微软 Access 软件构造底层数据库,采用 C# 语言进行底层数据库内容调度和顶层操作界面的连接,用户界面上使用 WPF 构造,相较于传统的 WinForm 风格增加了系统的美观性和可移植性。该软件集成了 PDF 阅读器,使用软件时无须安装第三方文件阅读器,可以提供给没有文件阅读器用户计算机直接查阅技术文件的功能。同时技术文档管理的功能具备文件管理功能,通过建立文件树结构对文件的层级分类,此项功能在大型光学系统的主系统、子系统说明书、任务书等文档分类中具有重大作用,方便了用户对技术文件进行系统查阅。

## 1 系统的结构与原理

### 1.1 系统需求分析

大型光学设备具有子系统繁多、庞大的特点,在大型武器装备领域中已经具有比较完备的全寿命周期管理系统在投入使用,并且逐步普及到航空<sup>[6]</sup>、航天<sup>[7]</sup>等关键领域。国内开展相关的研究仅有几十年的时间,总体来说仍处于起步阶段。目前该领域主要涉及大型雷达等军事化大型装备,应用在光学装备领域很少。大型地面光学装备的管理系统主要对大型光学设备交付后的各类维修保障工作细分并简化,集成在一个由项目承接方提

收稿日期:2020-11-28

**作者简介:**任同阳(1993—),男,吉林长春人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,硕士研究生,研究实习员,研究方向为大口径光电望远镜软件硬件开发。

供的软件中,以数据库调用的方式完成各类信息的提取。

目前,随着互联网带动着大数据技术的飞速发展,先后出现了几种不同的计算机应用结构,在互联网和计算机基础还不普及时产生的终端/主机结构(Termina/Mainframe)和文件服务器结构(File/Server),这两种结构适用于复杂程度不高的应用,占用主机资源较大,不便维护和更新。在现代计算机技术不断发展的过程中当今的应用模式主要有 C/S 模式和 B/S 模式(Browser/Server,浏览器/服务器结构)。其中 B/S 模式需要依托于广域网或互联网,势必会面临网络安全的相关内容,不利于军方项目开展。故本设计采用 C/S 模式<sup>[8]</sup>,考虑数据安全和数据库结构相对简单,系统用户操作界面、数据库和服务端均在本地计算机上运行。这样做保证了网络安全的同时方便了用户的手上使用,数据库采用加密的方式使得用户无须在使用时直接操作数据库,也不会由于误操作而更改数据库。在对有关内容做大幅度更改时,只需开发人员将数据库内容更新,并替换旧版数据库即可,大大提高了研发人员和用户双方的工作效率。管理系统软件功能如图 1 所示。

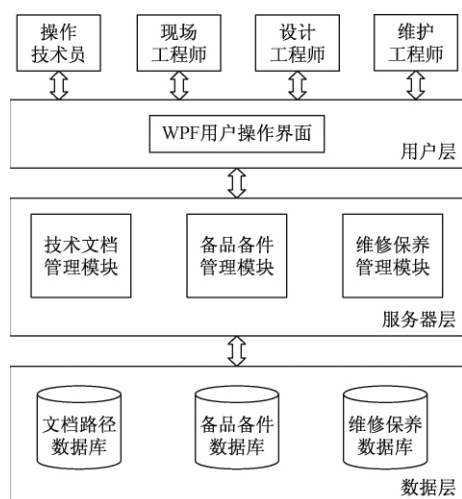


图 1 系统功能架构

## 1.2 系统的结构

大型光学设备全生命周期管理软件需要具有良好的可维护性和拓展性,需要尽量减少层级模块之间的耦合强度<sup>[9]</sup>,这样系统故障方便查找,提高维护效率。采用前台用于进行人机交互工作,同时后台进行数据库的调用和连接并处理相关指令,分工明确,提高整个系统的工作效率。针对每个单元设计了对应的功能结构,如图 2 所示。系统主要分为

技术文档管理功能、备品备件管理功能和维修保养管理功能。其中技术文档管理功能中的 PDF 阅读器具有文档阅读的六大基本功能,可以满足基本文档阅读需求。文件管理模块主要可针对文件名的层级和从属关系进行数据库形式的保存,可直接显示文件树,方便技术文档查阅。备品备件管理和维修保养管理功能二者采用相同的设计思路,可存储器件的名称、数量、用量、图片及更新时间,维修保养时的故障原因、日期及解决方案、日期。用户可直接通过前台软件操作数据库的增、删、改、查。软件整体设计界面即遵循功能图的排布,以 3 个“TabItem”为基础界面,在每个界面上制作一级功能区域,3 个功能在 3 个不同的线程上运行,互不干涉。

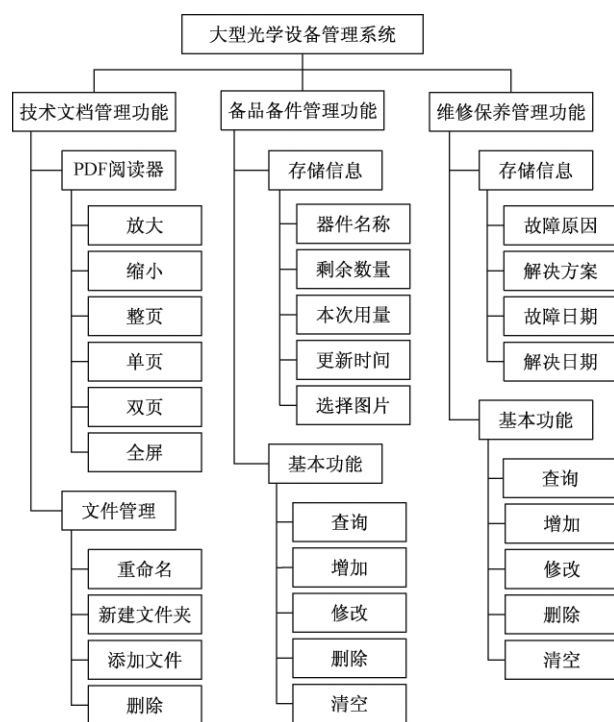


图 2 系统功能结构图

## 1.3 系统的原理

大型光学设备全生命周期管理软件在 Windows 系统下运行,采用 Visual Studio 2015 的开发环境,前端操作界面使用基于 XAML 语言的 WPF 风格窗体,增加了系统的美观性和可移植性。后台软件采用 C# 语言连接数据库,并对数据库进行相应的操作和数据处理。数据库采用微软 Office 办公软件中自带的 Access 数据库软件,这样使用者计算机无须安装 SQL Server 或 Oracle 数据库,只要有 Office 就可以直接对数据库进行操作,有利于技

术人员随时维护或更新数据库。在对系统进行编程之前,需要确定数据库结构和内容。整体数据库设计如图3所示,分为文件树数据库、器件管理数据库和维修保养记录数据库3部分。

| ID | NodeLevel | ParentNode | NodeName           | IsFile | FilePath    |
|----|-----------|------------|--------------------|--------|-------------|
| 37 | 1         |            | 光电成像望远             | 否      |             |
| 41 | 2         |            | 光电成像望远 维护手册        | 否      |             |
| 42 | 3         |            | 任务书                | 否      |             |
| 87 | 2         |            | 光电成像望远 640FPA+elec | 是      | C:\Users\Ad |
| 88 | 4         |            | 总体维护手册 高速电路设计      | 是      | C:\Users\Ad |

(a) 文件树数据库

| ID | 器件名      | 剩余数量 | 上次更新时间     | 上次使用数 | 图片名         | 图片数据   |
|----|----------|------|------------|-------|-------------|--------|
| 39 | 电机驱动控制 3 |      | 2019/11/29 | 3     | C:\Users\Ad | 长二进制数据 |
| 40 | 电机驱动控制 3 |      | 2019/11/29 | 1     | C:\Users\Ad | 长二进制数据 |
| 41 | 主控制器电路 1 |      | 2019/11/29 |       | C:\Users\Ad | 长二进制数据 |

(b) 器件管理数据库

| ID | 故障原因   | 解决方案   | 故障日期       | 解决日期       | 单击以添加 |
|----|--------|--------|------------|------------|-------|
| 27 | 本阶段的工作 | 通过修复软件 | 2019/12/23 | 2019/12/25 |       |

(c) 维修保养记录数据库

图3 系统数据库设计

## 2 系统的功能模块设计

### 2.1 文件管理模块设计

根据大型光学设备的生产需求,生产方在交付使用时需要提供大量的技术资料,这些资料涉及各个主系统和分系统的技术要求和说明书,少则几十份多则上百份资料。在传统的项目交付过程中需要将全部资料通过电子版文件夹分类和纸质版排版成册的方式移交给使用方。这种方式使得每次提交材料的过程极其繁琐,如材料出现错误或增删内容需要重新提交大量材料,如重新提交电子版文件夹上传内容极多,不便传阅。在材料使用过程中传统文件夹方式会在使用过程中由于操作不当出现文件位置移位、误删等情况,纸质版材料也不利于长时间完好保存。

在引入文件树管理方式后,只需要针对文件内容设计对应的数据库,包括文件ID号、文件节点层级、节点从属关系、节点名称、是否是文件、文件存放路径。

该数据可以很简单且直观地描述出文件在系统中对应的属性,方便系统查询和后期维护。采用文件树管理的方法目前被许多文件管理软件使用。在使用时直接规划好从属关系目录,通过新建文件夹并导入文件的操作方式建立文件树列表,实现了大规模文件的系统化管理。建立文件树的文件夹后添加文件流程如图4所示。

### 2.2 备品备件管理模块设计

备品备件管理功能主要针对大型设备的配件管理工作,传统管理方式只有入库出库数量的简单管理,对于同一型号的不同批次器件需要具有产品

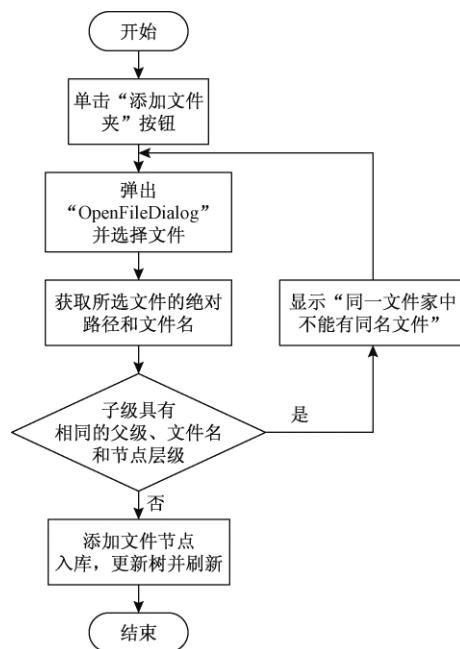


图4 添加文件流程

照片方便核对。除了对器件数据库中的器件进行基本的增、删、改、查管理之外,还提供了模糊查询的功能。在实际生产中,尤其是电子器件的器件名称是很多英文字母代号加数字构成的,即使是工程师也不会掌握所有器件的完整名称,加入模糊查询可针对器件库数据库中所有的内容进行查询,并将所有相关结果显示在软件下方区域,极大方便了器件管理。

### 2.3 维修保养管理模块设计

维修保养记录功能整体设计思路与备品备件管理一致。大型光学设备中各个分系统种类繁多,由于设计问题及产品优化,在交付后还会产生诸多维修、保养、改进等工作。传统的管理模式只针对大型改进或维修有专项记录,小型改进并没有专用的记录。这样就使得很多可能作为后期故障分析的维修步骤丢失,不利于系统健康管理和专家知识库的建立<sup>[10]</sup>。维修保养记录功能可以通过文本的方式记录故障原因和解决方案以及相应的时间,同时带有模糊查询的功能,通过关键维修步骤可以进行设备的定期维护。

## 3 系统的实现与应用

系统打开后的界面如图5所示,最上方的3个“TabItem”分别为软件的3个功能选择区域。第一个功能为“技术文档管理”。在第一个菜单中在后台操作界面中需要右键添加根文件夹,输入根文件夹的名称单击确认即可形成一级节点,在一级节点

的基础上右键有两种选择,可建立文件夹形成二级节点,还可以直接添加对应的二级文件,三级以上的节点和文件的添加依然采用此方式,保证了操作的简洁性。右键文件后打开文件和直接调用软件集成的 PDF 文件阅读器查阅相应文件。右键后还可以将文件和文件夹删除,删除后会自动刷新文件树,更新出新的文件树列表。



图 5 技术文档管理界面

“备品备件管理”操作界面如图 6 所示,第一排的“TabItem”功能按键具有“查询”“增加”“修改”“删除”“清空”和搜索输入栏。下方是入口栏中输入所填项目后单击增加即可将信息放入数据库,输入栏右侧为器件图片显示区域,照片通过输入区域进行手动添加,以二进制流的方式存储到数据库中。软件最下方为数据库数据显示区域,单击数据可以将本行数据回填到输入栏中,方便对数据库中的内容进行修改。



图 6 备品备件管理界面

“维修保养记录”的功能整体同“备品备件管理”,如图 7 所示,同时具备数据回填和搜索的功能。通过填写 4 项基本信息即可得知系统整体的维修保养过程,再配合维修保养记录使用,便可以对系统

的全寿命周期进行分析管理,避免了小修中修无记录或记录丢失带来的维护管理模糊问题,方便维护人员对系统状态进行全方位了解,甚至做到对某些周期性故障问题的预处理。



图 7 维修保养记录界面

## 4 结论

对大型光学设备全寿命周期管理软件的需求进行了整体性分析,设计了对应的软件功能,最后依据各模块的功能要求设计出了软件成品,可在项目中投入使用。随着大数据和云计算技术的发展,针对大型设备的全寿命周期管理工作正在逐步成为热点话题,尤其是大型光学设备本身体量大、结构复杂,在设备交付时的流程往往非常繁琐,后期设备维护作为项目的一部分也需要持续跟进。采用软件管理的方式,对设备的使用说明和技术文件进行分类管理,对设备的器件和维修保养记录进行记录,大大提高了工作效率,有利于设备长期的维护和修复。

## 参考文献

- [1] 郭兴林,周显瑶,漆莲芝,等.一种面向第三方测试的装备软件可信性评估方法[J].科学技术与工程,2020,20(11):4417-4424.
- [2] 李啸龙.防空导弹武器系统全寿命周期成本管理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- [3] 成虎,韩豫.工程管理系统思维与工程全寿命周期管理[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2012,14(2):36-40.
- [4] 刘应刚,于兴伟.雷达健康管理的性能评估方法[J].现代雷达,2015,37(11):12-15.
- [5] 王苗,杨百龙,田罗庚,等.基于本体的通信设备维修案例知识表示与管理[J].科学技术与工程,2020,20(6):2352-2360.
- [6] XU J P, XU L. Health management based on fusion prognostics for avionics systems[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2011, 22(3): 428-436.

- [7] LARSEN C G, WADE D R. Sensing challenges for mechanical aerospace prognostic health monitoring[C]// Prognostics and Health Management. Denver: IEEE, 2012: 1–5.
- [8] 孙磊. 基于 C/S 模式的物资管理系统的设计与实现[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(2): 165–166.
- [9] 陈会安. SQL Server 2012 数据库设计与开发实务[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013: 7–10.
- [10] 宋磊. 军用电子设备预测与健康管理体系结构及关键技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2018.

## Design and Implementation of Whole Life Cycle Management Software for Large Optical Equipment

REN Tong-yang, JIANG Yuan, JIA Jian-lu, LIU Ta-la, GUO Peng-fei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Nowadays, the demand for strategic large-scale optical equipment in my country continues to increase, and the traditional large-scale equipment management mode has gradually affected the maintenance and production of large-scale equipment. The need to develop a comprehensive life-cycle management software that combines production and maintenance is urgent, and records key data during system maintenance plays an empirical role in equipment reproduction or improvement. In order to achieve the above requirements, the database technology based on C/S mode is adopted, the database is established through ACCESS software, the database is connected and accessed and modified through C# language, the user interface is constructed using WPF, the software system is developed, and the expected functions are realized. Through actual use, it is verified that the introduction of life cycle management software improves the maintenance efficiency of large-scale optical equipment, and facilitates the communication between R&D personnel and users.

**Key words:** whole life-cycle management; database technology; C/S mode; C# language