

基于混合架构的船舶冲击爆炸试验数据管理系统研究

李洪普¹, 陈辉², 李晓峰², 陆俊杰¹, 汪俊², 李锋²

(1. 中船奥蓝托无锡软件技术有限公司, 江苏 无锡 214000;

2. 中国船舶科学研究中心, 江苏 无锡 214000)

摘要: 针对船舶冲击爆炸试验数据存储分散、管理困难以及利用率低的现状, 研究设计了船舶冲击爆炸试验数据管理系统, 采用 B/S 架构和 C/S 架构混合架构模式, 基于 VUE、Ext、Java、Python 等技术框架和编程语言进行开发; 该系统可提供试验任务管理、试验数据管理、试验数据分析、试验资源管理、试验知识管理和系统管理等功能, 具有管理数据丰富、分析算法动态可扩展等特点; 测试结果表明, 该系统实现了船舶冲击爆炸试验数据的规范管理, 解决了试验过程中数据存储与管理分散等问题, 提高了船舶冲击爆炸试验数据管理能力与数据利用效率。

关键词: 船舶; 冲击爆炸试验; B/S 架构; 数据分析; 动态加载

Research on Ship Impact and Explosion Test Data Management System Based on Mixed Architecture

LI Hongpu¹, CHEN Hui², LI Xiaofeng², LU Junjie¹, WANG Jun², LI Feng²

(1. Wuxi Orient Software Technology Co., Ltd., Wuxi 214000, China;

2. China Ship Scientific Research Center, Wuxi 214000, China)

Abstract: To address the current statuses of scattered storage, difficult management, and low utilization of ship impact and explosion test data, a ship impact and explosion test data management system is designed and studied. Based on various technologies such as VUE, Ext, Java, Python, and other programming languages, the browser / server (B/S) and client / server (C/S) frameworks are used to carry out the development; The system provides the functions of test task management, test data management, test data analysis, test resource management, test knowledge management, and system administration, and has the characteristics of rich data management and dynamically expensive analysis algorithm; Experimental results show that the system achieves the standardization management of ship impact and explosion test data, it effectively solves the problems of dispersed data storage and management during the testing process, and improves the capability of ship impact and explosion management and efficiency of data utilization.

Keywords: ship; impact and explosion test; B/S architecture; data analysis; dynamic loading

0 引言

冲击爆炸试验是船舶抗冲击理论和防护技术研究的重要手段和关键途径, 在船舶研制过程中开展的冲击爆炸试验以及在试验过程中产生的一系列试验数据, 则是研究和提升船舶抗冲击爆炸性能的宝贵财富, 科学高效地管理冲击爆炸试验及试验数据, 对于提高相关试验管理水平、推动船舶抗冲击爆炸性能研究具有极其重要的意义^[1-2]。

目前针对船舶冲击爆炸试验的研究主要集中在数据测量、数据传输、数据分析及结果预报等层面, 而对试验数据的规范统一管理研究相对较少, 试验数据管理面临着数据存储分散、过程管理困难以及数据利用率低等问题, 借鉴其他行业或领域的的数据管理系统设计经验, 如刘现印^[3]设计的山东省地理国情监测数据管理系统, 该系统构建了地理

国情时空数据模型, 利用时间轴进行数据管理与展示, 并支持数据快速统计及报告制作, 实现了多版本地理信息数据的管理, 但该系统基于 C/S 架构开发, 在数据共享访问方面, 不如 B/S 架构访问形式快捷方便; 吴相甫等人^[4]设计的面向飞机实验室气候环境的试验数据管理系统, 该系统采用 B/S 与 C/S 相结合的软件架构, 实现了试验项目、试验流程、试验资源和试验数据的管理, 但数据库采用的是 Oracle 关系数据库, 在存储时间短、数据量大的冲击爆炸试验数据时, 数据的入库及查询效率会有所降低; 王英^[5]设计的基于大数据技术的船舶智能终端数据管理系统侧重于对船舶智能终端数据的采集、存储、解密及解析, 但对数据处理分析的应用较少; 建设一套船舶冲击爆炸试验数据管理系统, 旨在推动冲击爆炸试验管理方式发展, 提高试验数据管理效率和质量, 为船舶抗爆炸冲击性能研

收稿日期: 2023-07-28; 修回日期: 2023-09-08。

作者简介: 李洪普(1991-), 男, 硕士, 工程师。

引用格式: 李洪普, 陈辉, 李晓峰, 等. 基于混合架构的船舶冲击爆炸试验数据管理系统研究[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(8): 336-342.

究提供技术支撑。

1 需求分析

船舶冲击爆炸试验通常具有试验时间跨度大、测量时间短、采集通道多、试验数据量大、试验资源分散等特点, 建立统一规范的试验数据管理系统可提高试验规划的能力, 实现试验任务执行过程可追溯, 数据的统一管理也可规范数据的存储机制, 提高数据的共享与利用效率, 降低试验成本, 最终支撑船舶抗爆抗冲击性能的研究。具体来讲, 船舶冲击爆炸试验数据管理系统包括以下内容。

1) 试验任务管理: 明确项目试验信息, 包括任务来源、试验类型、试验规划、起止时间、试验负责人及试验状态等, 提供试验任务创建、试验任务分解、试验任务下发及试验任务总览等功能;

2) 试验数据存储: 根据冲击爆炸试验数据的特点, 建立规范的数据存储模型及存储结构, 实现试验数据规范管理, 建立包括试验模型信息、试验仪器、环境数据、标定数据、测量原始数据、试验结果数据及试验算法等试验信息的数据库系统, 支持对大容量数据进行导入和导出;

3) 试验数据展示: 基于图表、曲线等控件, 实现试验数据的图形化显示, 方便用户直观地观察试验数据变化, 了解试验过程;

4) 试验数据分析: 提供试验算法库接口, 支持录入 Python、Matlab 等编程算法程序, 算法程序可以动态加载到系统运行环境, 提供算法校验、算法库权限控制等功能^[6], 同时提供算法库新增、删除、修改及查询功能;

5) 试验资源管理: 试验资源是指支撑船舶冲击爆炸试验正常开展所用到的各类试验设备、仪器仪表和被试件等, 试验资源管理提供对上述各类试验资源的台账信息管理、计量提醒、信息统计等功能;

6) 试验知识管理: 将试验相关的软件程序、标准规范、试验大纲及试验报告等文档进行统一管理, 提供查询及下载功能, 实现上述试验知识的统一管理。

7) 系统管理: 包括用户管理、权限管理、日志管理和备份管理。

2 系统架构和原理

2.1 业务流程

梳理船舶冲击爆炸试验业务流程, 将试验任务全过程可分为 4 个阶段, 依次为试验任务策划阶段、试验准备阶段、试验实施阶段和试验收尾阶段, 整个冲击爆炸试验的业务架构如图 1 所示。

2.2 技术架构

船舶冲击爆炸试验数据管理系统基于自主研发的 TDM (Test Data Management, 试验数据管理) 数字化平台展开建设, 借助其统一数据源、统一数据库、统一的用户界面、模块式可伸缩的应用架构等先进技术, 采用 B/S 为主, C/S 为辅的系统架构, 系统软件用户数不受限制; 提供永久的软件使用期。技术开发框架采用 J2EE 平台, 完全自主知识

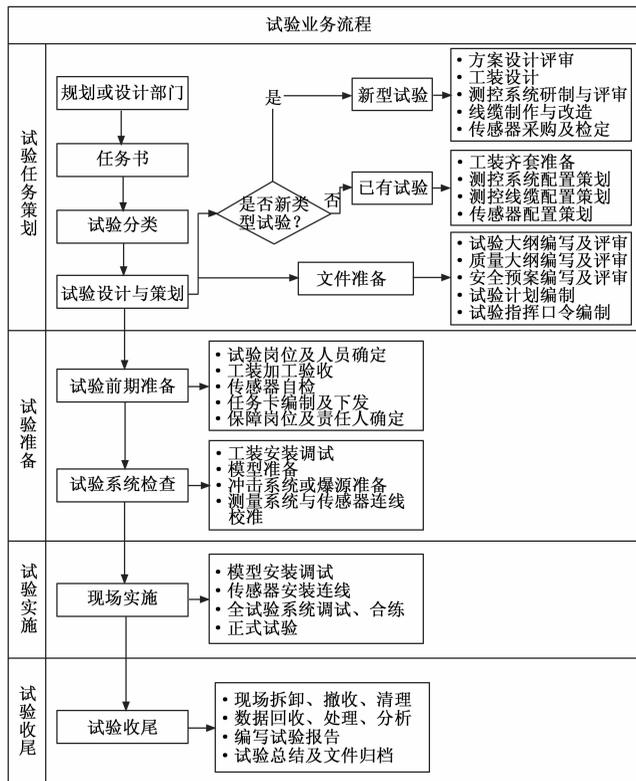


图 1 系统业务架构

产权, 支持用户在此平台上二次开发; 支持主流商用成熟的数据库系统, 如: Oracle、SQL Server 等数据库软件, 并能支撑后续工业大数据的扩展与应用。

1) 客户端: 客户端通过浏览器向服务器端发送请求, 然后接收并解析服务端反馈的数据, 涉及的技术框架包括 VUE.js、EXT.js 等。

2) 服务器端: 服务器端主要负责部署、运行并发布 Web 应用服务, 实现响应客户端请求、执行业务应用以及反馈客户端数据等功能, 涉及的技术框架包括 Struct2、Spring 等^[7]。

2.3 功能模块

基于船舶冲击爆炸试验数据管理系统的业务需求, 梳理业务流程, 整理出试验数据管理系统的功能模块如图 2 所示。包括试验项目管理、试验数据管理、试验数据分析、试验资源管理、试验知识管理和系统管理。试验任务管理是对船舶冲击爆炸试验任务的全过程管理, 包括任务的创建、分解、下发以及总览统计, 试验数据管理侧重于对各类测量数据的规范存储、分类统计以及查询下载, 试验数据分析包括试验数据获取、算法库管理、算法动态调用以及分析结果展示, 试验资源管理主要针对试验资源进行台账管理、预约管理、计量检定提醒以及资源信息统计, 试验知识管理用于实现对试验知识的分类、知识版本的管理以及试验知识的检索。另外, 通过系统管理, 对不同用户的访问权限进行设定, 并提供日志记录以及数据备份功能。

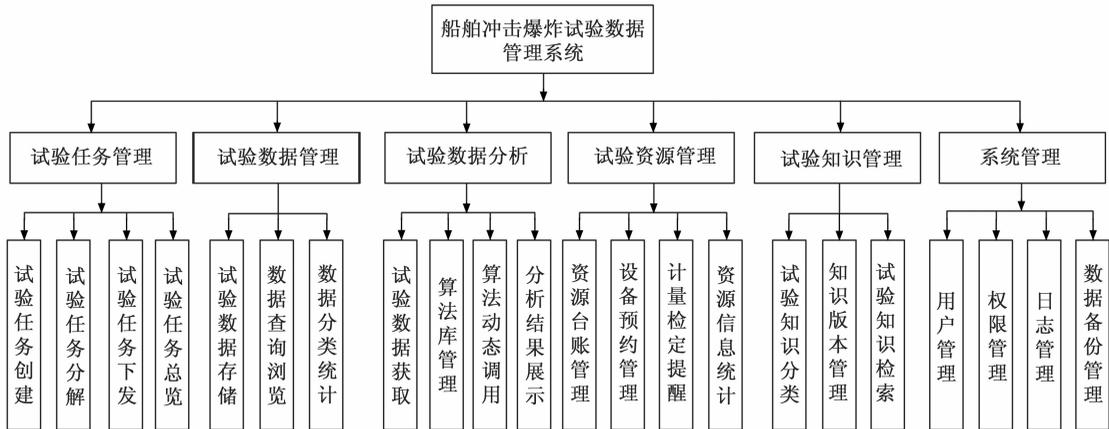


图 2 功能模块划分

2.4 数据库选型

针对冲击爆炸试验时间短、测量数据量大以及数据格式不一的特点，本系统的数据库采用 Oracle 数据库和 MongoDB 数据库相结合的方式进行数据存储。Oracle 数据库是以高级结构化查询语言 (SQL, structured query language) 为基础的大型关系型数据库，具备可移植性好、使用方便、功能强大等诸多优点，支持在所有主流平台上运行 (包括 Windows、Linux 等)，对开发商全力支持^[8]。而 MongoDB 数据库的特点如下：

- 1) 非关系型数据库：MongoDB 属于非关系型数据库，区别于传统的关系型数据库，MongoDB 数据存储形式为文档型。
- 2) 高性能：MongoDB 读写性能良好，支持高并发访问和复杂查询操作，支持高效地处理大量数据。
- 3) 可扩展性：支持分布式部署，具备良好可用性和稳定性。
- 4) 查询语言丰富：查询语言强大，支持复杂数据的聚合、过滤和排序操作。
- 5) 数据模型灵活：文档模型可以轻松地扩展和更新，无需预定义字段和表结构。
- 6) 易用性：支持多种编程语言操作 MongoDB，如 Java、C#、Python 等。
- 7) 高可用性：具备自动转移故障、数据镜像和备份等功能。

基于 Oracle 数据库和 MongoDB 数据库自身特点，确定采取的存储方案如下：Oracle 数据库存储试验项目信息、试验工况、试验环境数据等数据量小的结构化数据，MongoDB 数据库存储试验测量数据、文件等数据量庞大或非结构化的数据。

3 系统设计

船舶冲击爆炸试验数据管理系统功能模块建设内容包括试验任务管理、试验数据管理、试验数据分析、试验资源管理、试验知识管理、系统管理共 7 个模块，鉴于各模块功能特点以及不同软件架构实现的难易程度，7 个模块通

过两种不同架构来实现，即试验任务管理、试验数据管理、试验资源管理、试验知识管理和系统管理基于 B/S 架构实现，试验数据分析基于 C/S 架构实现。

3.1 试验任务管理

试验任务管理功能能够根据试验任务书的要求创建试验任务，用户可以实现对试验任务各工作内容的分解、试验岗位的安排及试验资源的调用，合理、高效地安排试验任务。在任务管理功能中根据试验需求，调控试验准备、试验实施、试验收尾各阶段的任务内容。对于关键节点，系统具备自动提示功能，试验进度能够通过任务管理进行跟踪和统计，并能生成月度、年度统计报表。试验任务流程如图 3 所示。

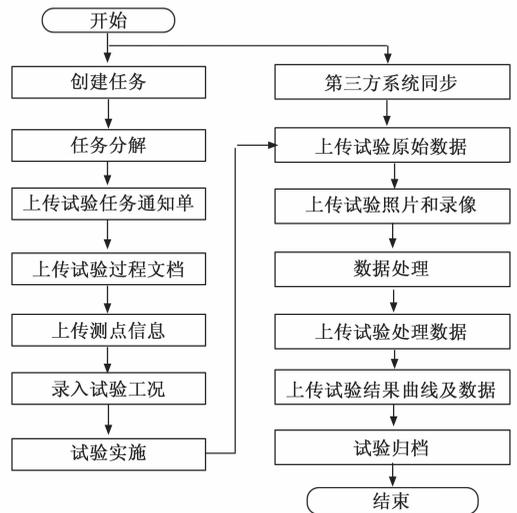


图 3 试验任务执行流程

3.2 试验数据管理

试验数据管理的内容包括如下几个方面：全面且规范地收集整理船舶冲击爆炸试验产生的大量试验数据，建立冲击爆炸试验数据库，实现数据的系统管理；提供数据查询检索功能；按照多种维度对数据进行分类统计，建立冲击爆炸试验数据中心，为船舶抗爆抗冲击性能研究提供数

据支撑。

3.2.1 试验数据存储

按照船舶冲击爆炸试验特点建立相应的试验数据库, 包括试验模型库、试验设备库、试验配置库、试验流程库、试验环境数据库、试验结果数据库以及试验算法库。各数据库存储的详情如下:

1) 试验模型库: 试验模型库用于存储描述试验模型所必需的各种参数, 并兼容 AUTOCAD、PRO/E 等文件格式; 系统中以非结构化文件的形式存储试验模型的图纸和其他设计文件, 可进行手工录入, 并由相关管理人员进行修改、删除和查询。

2) 试验设备库: 试验设备库用于存储传感器、放大器和数据采集设备的各种使用说明、性能参数、标定信息等; 系统要求能够将所有的设备资源按照合理的分类进行管理, 系统支持管理人员自定义设备资源分类, 可以按照部门、试验类型、设备类型、设备状态等多种分类方式进行设备的管理。

3) 试验配置库: 试验配置库主要包括每一次试验的测试布置信息、与测点相关联的试验通道配置信息、通讯信息的配置信息、报警配置信息、数据采集配置信息等内容; 系统中以结构化数据的形式存储试验配置信息, 并提供新增、修改、删除和查询功能。

4) 试验流程库: 试验流程库用于记录试验每一个环节的负责人、工作任务、所属单位、完成时间、完成状态以及工作成果等, 并对试验流程进行固化。

5) 试验环境数据库: 试验环境数据库负责记录试验环境信息, 其中主要包括水流方向、水温、气候等试验环境信息, 同样以结构化形式存储于数据库中。

6) 试验结果数据库: 试验结果数据库包括现场标定数据、原始试验数据(确保不可更改)、经过数据处理后的试验结果数据等内容, 鉴于试验结果数据可能包含图片、视频等信息, 采用结构化和非结构数据混合方式进行存储。

7) 试验算法库: 系统提供算法库管理工具, 用于管理用户所需的各种自研算法和公式。包括算法名称、算法描述(如功能等)、参数个数、参数类型、返回类型等信息。算法接口支持 Python、Matlab 等主要编程语言, 可以扩展集成各种用户自研算法等。

3.2.2 数据查询浏览

提供数据查询、浏览、修改、导入及导出等功能, 支持用户进行单条件查询、多条件查询、模糊查询、自定义查询等方法查找试验数据, 另外提供导航树查询, 可按照项目、试验任务、试验工况、试验数据层级进行树节点划分, 支持结构化数据直接在线查看, 非结构化数据如图片、文档、视频等内容可通过第三方插件进行浏览, 试验数据查询结果可进行下载导出。

3.2.3 数据分类统计

提供数据分类统计功能, 支持按照试验时间、试验类型、试验状态、试验负责人等维度进行分类统计, 统计结

果以柱状图、饼图、环状图、折线图等形式进行展示, 统计结果支持按图片类型保存下载。

3.3 试验数据分析

试验数据分析用于把用户所需的各种算法作为插件或工具集成到系统中, 算法程序可以动态加载到试验数据分析客户端运行环境, 方便用户在进行数据处理分析等操作时快速调用, 算法程序运行在客户端, 其计算结果会最终提交给客户端展示界面供用户查看。

3.3.1 试验数据获取

在数据分析时, 用户在试验数据分析客户端查询历史试验任务列表, 选择待分析的试验任务条目, 然后选定该试验任务下的试验工况, 选择指定工况后从试验数据管理端获取试验数据文件, 考虑到使用环境以及协议兼容性, 数据文件共享采用 Windows 操作系统默认的文件共享协议 SMB (Server Message Block) 协议, SMB 协议是由 Microsoft 设计, 被用于 Web 连接和客户端与服务器之间的信息沟通, 实现在局域网上直接共享文件。

3.3.2 算法库管理

算法库管理支持用户按照指定入库规范上传算法代码文件, 在入库时由系统自动进行算法文件完整性校验和有效性校验, 校验通过后以文件形式存于试验算法库中, 以供数据分析客户端调用。

3.3.3 算法动态调用

数据分析客户端基于 Python 语言编写, 利用其动态加载技术实现算法文件的动态调用, 方便用户后续自行扩展数据分析功能, 调用时由数据分析客户端发起请求获取算法列表, 算法库回复当前算法列表信息, 在数据分析客户端选择指定算法条目并请求算法文件, 算法库根据请求的信息反馈指定的算法文件, 请求—反馈机制基于 WebService 接口实现, 其调用过程如图 4 所示。

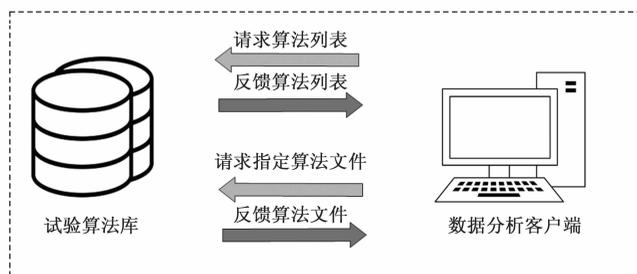


图 4 算法调用过程

3.3.4 分析结果展示

基于曲线、表格等控件实现数据分析处理结果的可视化展示, 分析结果支持本地保存。

3.4 试验资源管理

试验资源管理支持对设备仪器使用情况进行管理, 支持设备借用和归还登记, 记录设备编号、名称、项目负责人、去向、出库时间, 用户只需填写使用申请单, 然后发起仪器设备使用申请流程即可, 系统需要对外借人和使用人记录电子签名, 并支持相关信息的录入、修改、删除、

查询等功能。

3.5 试验知识管理

试验知识管理提供对知识的分类管理，主要包括试验模板、试验规范、试验标准、技术文档以及软件程序等，同时支持对各类知识的版本管理，方便溯源。系统将各类文档与试验任务相关联，提供对非结构化文档的上传、查询、浏览、下载及全文搜索的功能。

3.6 系统管理

用户管理对系统用户基本信息进行管理，包括人员账号、姓名、出生日期、角色、职称、行政职务及访问权限等；权限管理提供基于角色的权限管理功能，角色为一组权限的集合，即将所有系统用户分成若干角色，为每个角色分配不同的人员和相应权限；日志管理支持记录不同用户登录系统后所做的任何操作，如：录入数据、修改数据、删除数据、导入数据、增加新用户、授予用户权限等，并且可以提供日志查看和分析功能，帮助审计管理员发现和分析系统中存在的安全风险和隐患；系统支持结构化数据和非结构化数据备份与恢复^[9]。

3.7 数据库设计

实现试验的数据库管理，建立包括试验模型信息、试验仪器、环境数据、标定数据、测量原始数据、试验结果数据及试验算法等试验信息的数据库系统。

船舶冲击爆炸试验数据管理系统数据库用于存储试验信息、模型信息、试验仪器、环境数据、标定数据、测量原始数据、试验结果数据及试验算法等内容，结合 Oracle 与 MongoDB 数据库的特点，按照统筹考虑，兼顾效率的原则，在 Oracle 中存储项目信息、试验任务、试验工况、试验设备、试验算法、试验处理数据以及消息动态等信息，在 MongoDB 数据库中存储试验测量数据以及对应的试验信息、试验工况、测量通道、试验录像以及算法文件等内容。各表信息如表 1 所示。

表 1 MongoDB 数据库表结构设计

序号	表名称	表字段
1	AlgoInfo	ID、算法名称、算法功能、编程语言、来源单位、文件名称、更新日期、参数类型、参数个数等
2	TestInfo	ID、试验名称、试验类型、所属部门、创建时间等
3	ConditionInfo	ID、试验 ID、工况名称
4	ChannelInfo	ID、试验 ID、工况 ID、通道列表(通道号、通道名称、单位、参数名称)、时间戳
5	Dataxxx	ID、采集时间、通道号、通道 ID，“xxxx”表示以试验 ID+工况 ID+通道 ID+创建时间戳拼接起来的一串数字

3.8 关键功能设计

在船舶冲击爆炸试验数据管理系统中，针对算法文件入库以及算法文件动态调用功能，依托制定入库规则和 Python 编程语言的动态调用技术手段进行功能设计。

3.8.1 算法文件校验

为确保第三方算法文件的完整性和可用性，在算法文件入库时设定校验机制进行文件校核，只有符合入库机制的文件才允许入库，否则将拒绝入库。入库机制包括有效性校验和一致性校验，文件有效性校验则要求用户上传算法文件时录入算法名称、功能描述、调用方法名、入参个数、入参类型、编程语言、算法来源、算法文件、MD5^[10] 码值等关键信息若任一要素缺失，则判定算法文件无效，禁止入库；一致性校验通过提取文件的 MD5 码与文件上传时用户录入的 MD5 码进行比较，若不一致，则判定文件损坏，拒绝入库。MD5（消息摘要算法）散列算法是一种单向加密函数，它接收任意长度的消息作为输入，并返回一个固定长度的摘要值作为输出，MD5 具有输出长度固定、运算速度快、不可逆等特点，可用于验证原始消息是否完整，MD5 码计算时会使用以下 4 种函数：

$$F(X,Y,Z) = (X\&Y) | (\sim X\&Z) \quad (1)$$

$$G(X,Y,Z) = (X\&Z) | ((Y)\& \sim Z) \quad (2)$$

$$H(X,Y,Z) = X\&Y\&Z \quad (3)$$

$$I(X,Y,Z) = Y\&(X | (\sim Z)) \quad (4)$$

其中：&、|、~、^ 分别为与、或、非、异或运算符，依据上述公式，在计算 MD5 值时循环重复以下操作过程^[11-12]。

$$FF(a,b,c,d,Mi,s,tj) \geq$$

$$a = b + ((a + F(b,c,d) + Mi + tj) \lll s) \quad (5)$$

$$GG(a,b,c,d,Mi,s,tj) \geq$$

$$a = b + ((a + G(b,c,d) + Mi + tj) \lll s) \quad (6)$$

$$HH(a,b,c,d,Mi,s,tj) \geq$$

$$a = b + ((a + H(b,c,d) + Mi + tj) \lll s) \quad (7)$$

$$II(a,b,c,d,Mi,s,tj) \geq$$

$$a = b + ((a + I(b,c,d) + Mi + tj) \lll s) \quad (8)$$

1) 其中 Mi 表示消息的第 i 个子分组（从 0 到 15，共 16 个）， i 的单位是弧度；

2) $\lll s$ 表示循环左移 s 位；

3) 常数 tj 表示在第 j 步中， tj 是 $2^{32} * abs(\sin(j))$ 的整数部分；

4) i 和 j 都是针对一次主循环而言的，下一个主循环开始后， i 和 j 将重置；

5) a, b, c, d 就是每一步中的 A、B、C、D，其初始值依次为 0x01234567、0x89ABCDEF、0xFEDCBA98、0x76543210，获取最终的 A、B、C、D 值进行高低位反转后合并即可得到最终的 MD5 码值。

在算法文件入库时，其完整的校验流程如图 5 所示。

3.8.2 算法文件动态加载

为实现算法程序的动态加载和后续用户自行上传算法文件进行调用，试验数据处理模块通过客户端软件形式进行实现，开发语言为 Python，基于 Python 的动态加载技术，该技术 in 程序运行时动态加载模块或类，而并非在程序启动时就加载所有模块和类，可有效提高程序的灵活性和性能^[13-15]。

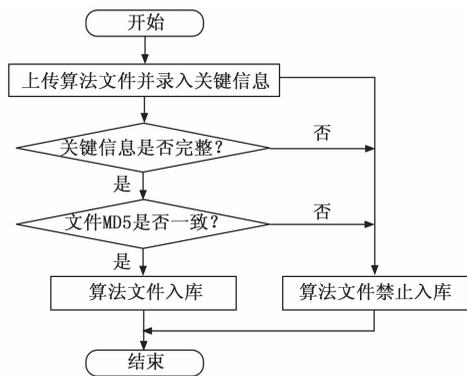


图 5 算法文件校核流程

Python 的动态加载方式常见的有以下几种, 其优缺点对比如表 2 所示。

表 2 动态加载方式优缺点对比

序号	加载方式	优点	缺点
1	import 语句	简单易用, 支持将导入模块赋值给变量	编码时需要明确导入模块名称, 可维护性差
2	import() 函数	支持根据字符串形式的模块名进行动态导入, 可在导入过程中指定导入的子模块或成员对象	语法相对较复杂, 可读性稍差
3	importlib 模块	更高级动态加载, 使用 import_module() 函数和 getattr() 函数更灵活	Python3.1 版本引入, 使用时需要导入相关库
4	exec() 函数	提供最高灵活性, 可动态加载模块、定义类、函数或代码块	安全风险较大, 可能引发安全问题, 可读性和维护性较差

综合上述 4 种方式的优缺点, 考虑到后续用户自行扩展算法的便捷性和效率, 采用第 3 种方式进行实现, 同时制定算法文件入库规范, 要求用户编制算法时, 按照入库规范设定调用方法名和入参类型, 以及最终提供的算法文件目录, 部分关键代码如下:

```
import importlib
def load_python_module(file_path, modul_name):
    # file_path: python path/文件路径
    # 将文件路径添加到系统环境变量路径以便调用
    sys.path.insert(0, file_path)
    # modul_name: 调用模块名称
    module = importlib.import_module(modul_name + '.' + 'al-goCJ' + '.' + 'dataProcessForm')
    # 修复重载 bug, 加载模块
    importlib.reload(module)
    sys.path.pop(0)
    # 调用模块中的方法
    module_class.MyForm()
```

3.9 系统实现

根据上述系统设计方案进行编码实现, 其中试验任务管理、试验数据管理、试验资源管理、试验知识管理和系

统管理模块基于 Web 浏览器进行操作, 试验数据分析功能基于客户端软件界面操作, 软件部分界面如图 6 所示, 试验数据分析如图 7 所示。

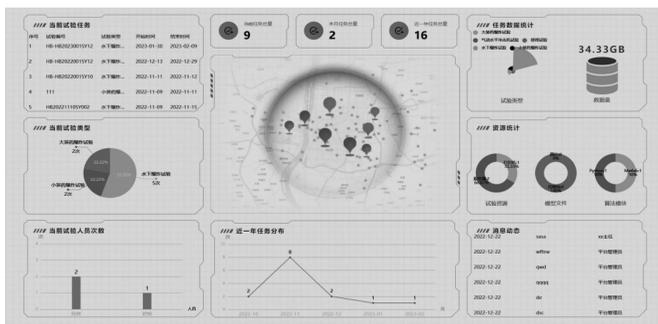


图 6 试验信息统计界面

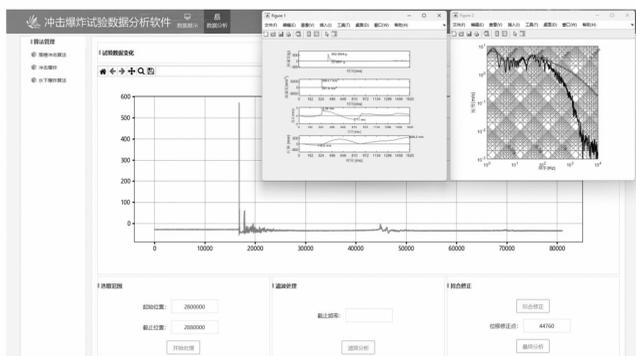


图 7 试验数据分析展示示例

在系统实现过程中, 针对功能与性能进行了测试, 测试结果达到了预期目标^[16]。以试验数据导入和数据分析客户端软件获取数据为例, 在局域网内两台电脑上进行测试, 电脑 A、B 的配置如表 3 所示。

表 3 硬件测试环境配置

序号	名称	CPU	内存	硬盘	网卡
1	电脑 A	Intel Core i7-9700	16 G	128 G 固态 + 1 T 机械	千兆网卡
2	电脑 B	Intel Core i5-12500H	16 G	128 G 固态 + 1 T 机械	千兆网卡

在千兆局域网环境下, 将不同容量大小的试验数据文件进行电脑间导入和在线获取测试, 测试结果记录如表 4 所示^[17-18]。

表 4 数据导入导出测试记录

序号	测试类型	文件大小/G	耗时/s
1	数据导入	4.6	143
2	数据导入	9.1	374
3	数据导入	9.1	365
4	数据获取	4.6	75
5	数据获取	9.1	150
6	数据获取	9.1	153

测试结果表明,数据文件上传和下载的速度满足日常使用要求,相较于传统的离线拷贝数据进行数据分析处理方式,极大地节省了时间成本^[19-20]。

4 结束语

通过建立船舶冲击爆炸试验数据管理系统,实现了试验任务管理、试验数据管理、试验数据分析、试验资源管理、试验知识管理和系统管理等功能,系统测试结果表明,各项功能运行正常,达到了预期目标。另外,基于入库规范和 Python 动态调用技术,实现了数据分析算法的规范入库以及分析能力动态扩展,提高了系统的灵活性,对于其他领域的试验及数据管理系统设计具有一定的参考价值和借鉴意义。但该系统仍有改进优化的方面,如针对数据库存储的大批量试验数据,可通过神经网络、回归分析、关联规则等数据挖掘方法,挖掘数据潜在价值,进一步提升数据的利用率。

参考文献:

- [1] 郑长允,张姝红,周学滨.水下爆炸抗冲击标准综述[J].科技创新导报,2012(19):230.
- [2] 郑勇杰,姬建荣,苏健军.爆炸近场毁伤冲击参量测量技术综述[J].兵器装备工程学报,2023:1-11.
- [3] 刘现印.山东省地理国情监测数据管理系统的设计与实现[J].计算机应用与软件,2023,40(3):107-112.
- [4] 吴相甫,李冬梅,吴敬涛.飞机实验室气候环境试验数据管理系统设计[J].测控技术,2017,36(9):114-118.
- [5] 王英.基于大数据技术的船舶智能终端数据管理系统[J].舰船科学技术,2022,44(21):164-167.
- [6] 戴朝晖,吴敏.基于MVC模式的Web管理信息系统分析与设计[J].中南工业大学学报(自然科学版),2003(4):413-415.
- [7] 李洪普,李兴冀,杨剑群,等.航天器材料及器件地面模拟试验数据库系统设计与实现[J].计算机测量与控制,2023,31(上接第321页)
- [5] 濮小川,赵秋霞,蒋烈辉.嵌入式系统外围接口的时序分析与电路设计[J].计算机工程,2007,33(5):237-239.
- [6] 钱鹏.FPGA时序收敛分析及仿真[D].北京:中国科学院研究生院,2015.
- [7] 赵海涛,王丽.FPGA软件测试过程及管理[J].指挥控制与仿真,2014,36(6):136-140.
- [8] 甘璐,李恺,黄钟.FPGA软件测试技术研究[J].通信技术,2017,50(8):1877-1882.
- [9] 牛军浩,李智.基于VXI总线的多通道RS485接口模块设计[J].计算机测量与控制,2011,19(12):3149-3151.
- [10] 荣亚迪,吴胜华,王强.用于DCS远距离通信的RS485转光纤模块设计[J].仪表技术与传感器,2023(2):40-43.
- [11] 段小军.无极性RS485通信接口芯片的设计与研究[D].武汉:华中师范大学,2020.
- [12] 王晓婷.跨时钟域设计方法研究[D].西安:西安电子科技大学,2012.
- [13] 宋文强,胡毅.FPGA跨时钟域信号同步设计方法研究

- (1):202-208.
- [8] 白洁,武佳丽,余敏旺,等.基于MongoDB的非关系型数据库的设计与应用[J].湖北师范大学学报(自然科学版),2022,42(2):79-82.
- [9] 樊丹丹,于慧勇,刘晨.基于B/S架构的试验数据管理系统设计与实现[J].电子测量技术,2018,41(10):50-54.
- [10] 杨占民,曹斌,闫凡兵,等.基于MD5和数字水印的电子签章文件校验方案[J].贵州大学学报(自然科学版),2013,30(3):113-117.
- [11] 肖东裕,胡立坤,吕智林,等.基于B/S结构的分布式风电监控系统设计[J].计算机测量与控制,2016,24(1):105-107.
- [12] 孙莉,李树刚,陶莹,等.基于B/S模式的质量信息管理系统设计与实现[J].上海交通大学学报,2010,44(s1):175-177.
- [13] 杨茂,孙涌,孙兆键,等.风电场大规模数据管理系统设计与研发[J].东北电力大学学报,2014,34(2):27-31.
- [14] 陈雪祺.船舶制造虚拟试验数据管理系统设计与实现[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
- [15] 文维阳,陈震宇,曹阳,等.航空发动机试验数据管理系统设计[J].航空发动机,2021,47(3):97-102.
- [16] 金燕,李静,雷鸣,等.试验测试数据管理系统设计与实现[J].国外电子测量技术,2020,39(2):123-126.
- [17] 梁鹰,罗伟其.基于B/S的异构数据库信息集成的系统设计及实现[J].计算机工程,2000(12):23-25.
- [18] 柴东坡,杨东涛,郭晓冬.基于C#的飞机疲劳试验数据管理系统设计[J].工程与试验,2021,61(1):55-58.
- [19] 翟虹霞.基于综合矿山地质工程的数据库系统设计及应用[J].世界有色金属,2019(11):246.
- [20] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [11] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [12] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [13] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [14] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [15] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [16] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [17] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [18] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [19] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [20] 李一曼,周三平,李涛.B/S模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J].腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.