Management Science and Engineering 管理科学与工程, 2023, 12(5), 787-794
Published Online September 2023 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/mse
https://doi.org/10.12677/mse.2023.125092

船舶制造企业实验室信息管理系统开发与应用

孟祥锋，李长松，韩　健

武汉第二船舶设计研究所，湖北　武汉

收稿日期：2023年8月21日；录用日期：2023年9月12日；发布日期：2023年9月25日

摘　要

本文以实验室信息管理系统的开发与应用为研究对象，深入剖析船舶制造企业实验室管理现存的问题，以业务需求为抓手，结合现代计算机技术、物联网技术、数据处理技术，提出新一代实验室信息系统的体系架构、业务功能架构，通过系统的全面实施，为企业实验室运营管理精细化、透明化管理提升提供有力支撑。

关键词

船舶制造企业，实验室信息管理系统，系统架构设计，业务数据流，系统开发

Development and Application of Laboratory Information Management System for Shipbuilding Enterprises

Xiangfeng Meng, Changsong Li, Jian Han

Wuhan Second Ship Design and Research Institute, Wuhan Hubei

Received: Aug. 21st, 2023; accepted: Sep. 12th, 2023; published: Sep. 25th, 2023

Abstract

This paper takes the development and application of laboratory information management system as the research object, deeply analyzes the existing problems in laboratory management of shipbuilding enterprises. Focuses on business requirements, combining modern computer technology, Internet of Things technology, and data processing technology, it proposes the architecture and business function architecture of a new generation of laboratory information systems. Through the comprehensive implementation of the system, it provides strong support for the refinement and transparency of enterprise laboratory operation management.

文章引用: 孟祥锋, 李长松, 韩健. 船舶制造企业实验室信息管理系统开发与应用[J]. 管理科学与工程, 2023, 12(5): 787-794. DOI: 10.12677/mse.2023.125092

Keywords

Shipbuilding Enterprises, Laboratory Information Management System, System Architecture Design, Data Flow Diagram, System Development

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

实验室信息管理系统(Laboratory Information Management System, LIMS)，是以现代计算机技术与实验室运营管理需求相结合的信息化管理工具，利用信息化手段提升和加强分析实验室检测资源的共享和利用，通过系统建设，实现对实验室运营工作的系统化、标准化、流程化、数据共享、互联互通的实验室管控一体化。以实验室运营为核心，集试验任务管理、制样管理、报告管理、费用核算、试验委外、资源管理、基础数据管理、系统集成及决策分析管理等诸多功能为一体，建立一套符合国际实验室运行规范的实验室综合管理平台。配合分析数据的自动采集和分析，大大提高了实验室的检测效率，实现了无纸化运营，降低了实验室运行成本，所有业务运行痕迹化的同时并可快速溯源，使传统实验室手工作业中存在的各种弊端得以顺利解决，最大限度发挥现有设备、资源、人、技术的作用。建立实验室运行数据分析模型，实现试验任务、试验合格率、试验任务执行效率、试验费用等多维度统计分析，暴露实验室运行过程中的关键业务问题，突破企业发展壁垒，实现管理提升[1]。

2. 业务背景与需求分析

长期以来，传统实验室管理存在单据数据录入不规范、业务流程不规范、试验过程进度不透明、报告查找及检索效率低、数据无法关联复用，办公效率低、原始记录不完整、样品标签制作过程繁琐，工作量大、实验室运行不透明、管理难度大、成本高、业务数据非结构化、统计分析困难等问题，严重制约实验室的精细化管理和发展。

船舶企业在试验检测方面具有其自身特点，主要表现在以下几个方面：

a. 检测项目多样化。船舶制造企业主要以原材料采购入库检测、试验用油油品检测、焊缝性能检测、热处理材料理化性能检测及关键零部件关键尺寸的精密检测为主，检测项目相应分为机械性能、化学分析、金相分析、超声波探伤、射线探伤、超声波侧厚、磁粉探伤、着色探伤及精密测试。

b. 业务多样化。结合船舶制造的特点，试验委托申请发送后需要物资员、产品检验员跟踪、审核委托单据后才能到计量实验室，针对检测项目及其特点，将试验分为两大类：“需要制样”和“无需制样”，无损探伤试验项目等只需要对零件本体进行检测，无需制样，此类试验项目在检验审核后就直接下达到实验室实验员进行试验；针对机械性能、化学分析等需要制样的委托项目，需经过审核、制样任务下达、制样交接等复杂业务后才能流转到实验室进行试验检测。

c. 原始记录模版及试验报告模版多样化。机械性能试验项目实际包括拉伸试验、冲击试验、弯曲试验、硬度试验、弹簧试验及其它等内容，每一种试验的原始记录模版都不一样，一个理化项目可能需要做多种试验，需记录多份原始记录数据，试验报告中试验结果数据应来自于多个试验，并建立映射关系，实现试验数据的可追溯。

3. 系统业务流程架构设计

依据质量管理系统及实验室运营管理体系规范，建立符合实验室运行的基本业务流程，该基本业务流程是一般实验室的通用流程，未包含各专业实验室的特殊流程和个性化要求。适用于计量、理化、无损等实验室业务运行的基本需求，具体流程如下图 1 所示。

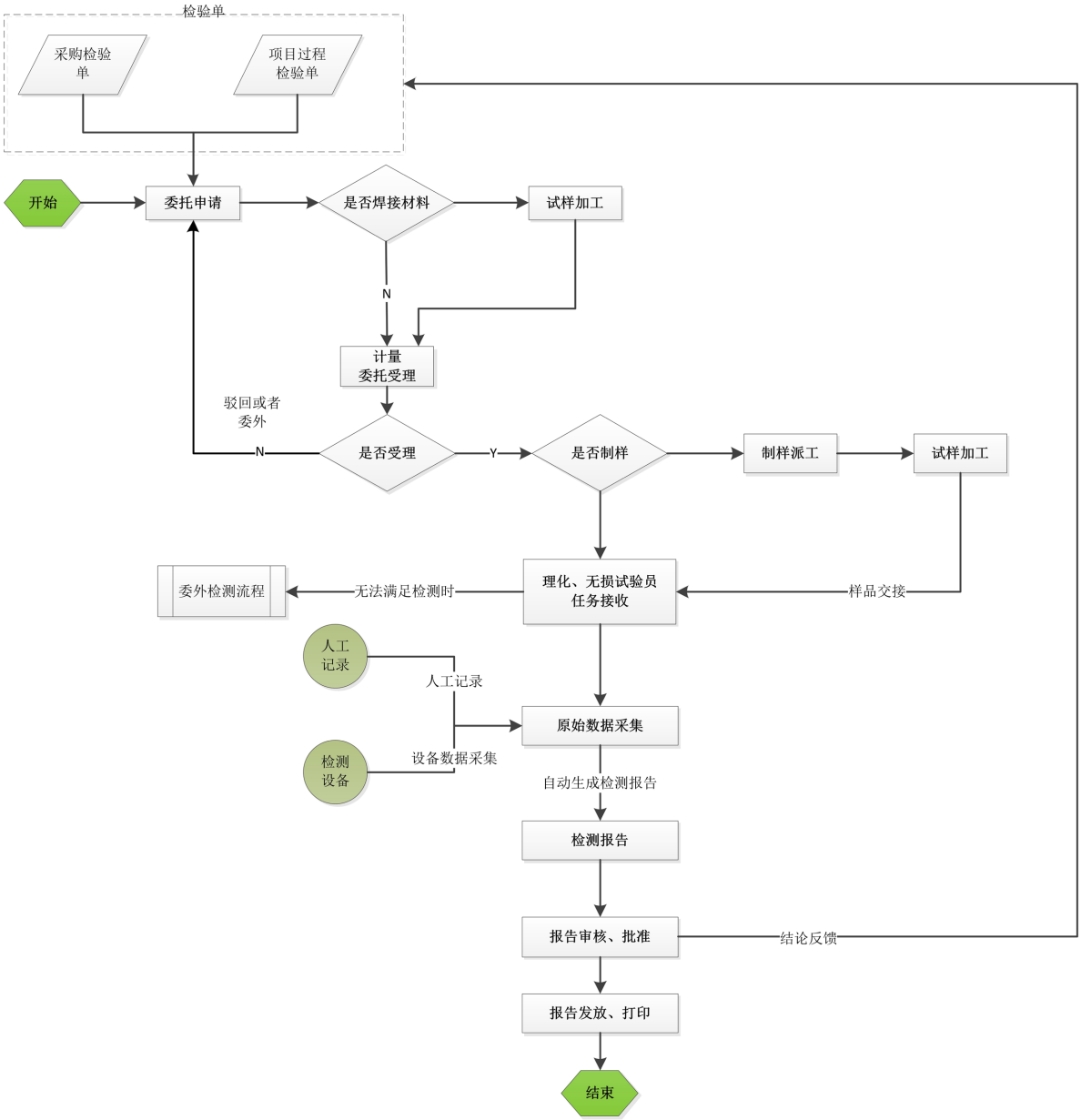

Figure 1. Laboratory operation business flow chart
图 1. 实验室运行业务流程图

采购检验或者生产过程检验人员根据检测要求发起试验委托申请，评审无法通过时，注明原因并驳回委托人处，委托单位可根据不同状况进行再次委托；对于非理化类项目(超声波探伤、射线探伤、超声波测厚、磁粉探伤、着色探伤及精密测试)，在审核后根据检测类型直接产生试验任务并自动分派到各组

试验员进行试验任务接收；针对机械性能、化学分析、金相分析等理化类项目，由调度员判断是否需要制样，需要制样时下达制样任务，同时在系统打印样品标签并粘贴在样品袋上。制样组组长根据制样加工设备的实际负荷进行任务派工，制样完成后制样工与检测员在系统中进行样品交接，交接完成后系统自动产生试验任务。系统记录试验开始时间为试验任务产生时间。

委外判定由业务受理员进行评估，根据实验室状况，如工作量、需要更多专业技术或暂不具备的能力等原因需要转委外检测的，经过审批后到委外管理模块走委外流程，委外完成后由检测员填写试验结论、委外费用，并上传试验报告，完成试验。

厂内试验在试验人员试验完成后，根据试验类型调取相应类型的原始记录模板，填写试验数据，系统根据检测要求及检测数据，自动判定试验结论，系统根据原始记录数据、报告模版自动生成试验报告，报告经专业室审核、批准后在线进行预览、打印及发放。

原始数据采集支持手动采集和通过接口获取设备原始数据，建立多协议的设备采集接口，满足各种类型检测设备的数据采集需求，实现检测数据的数据自动采集及存储，确保原始数据记录的真实性、完整性，提高试验人员数据采集的效率。

4. 系统业务功能架构

依据实验室业务流程及管理要求，系统运行的总体架构如下图 2 所示：

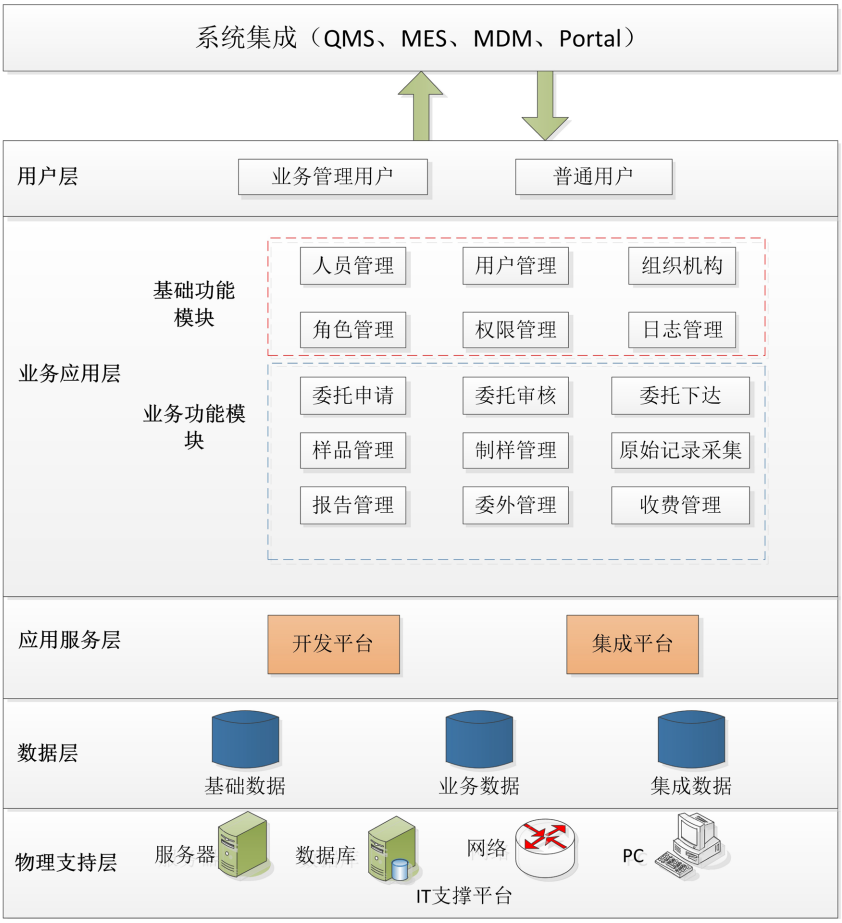

Figure 2. Overall architecture of laboratory information management system
图 2. 实验室信息管理系统总体架构图

实验室信息管理系统主要由五层组成，分别是物理支持层、数据层、应用服务层、业务应用层及用户层，依据实验室运行管理规范及业务流程，建立实验室信息管理系统，并通过系统集成，实现系统间基础数据及业务数据的打通。

a. 物理支持层。物理支持层是指系统运行的网络和软硬件环境，包括：网络、服务器、存储、PC 等，为以上各层的正常运行提供强力支撑，实验室信息管理系统整体采用 B/S 架构，通过中间件(Tomcat)将分布在应用服务器、数据服务器上的业务应用和数据发布出来，最终用户通过浏览器进行随时随地访问和应用，无需安装客户端、插件等，方便便捷。

b. 数据层。根据系统需求，数据层主要包括基础数据、业务数据和集成数据，数据层需要为组件层和应用层提供数据保存、查询分析等支持功能，同时，需要其他系统(QMS, MES, MDM, Portal)进行集成/数据交互。系统数据大部分数据为结构化数据，也有非结构化数据(例如电子表格、图片、文本、视频等)，为提高文件管理的效率和安全，非结构化数据存储在 Hadoop 文件系统中。

c. 应用服务层。应用服务层主要包括开发平台、BI 报表平台及集成平台，开发平台支撑系统的整体架构基础，支持系统基于组件的配置、开发，利用成熟的开发平台，可以有效缩短系统实施周期，规避技术风险，具有较高的稳定性和可靠性；集成平台继承系统与其它系统的接口开发、部署，确保接口稳定可靠及可控。

d. 应用层。应用层为系统的主要功能，主要包括基础功能模块、业务功能模块及决策分析模块。基础功能模块主要包括系统运行所需的基础数据、人员管理、用户管理、组织机构管理、角色管理、授权管理、数据字典、系统操作日志、登录日志等；业务功能模块主要包括委托申请、委托审核、委托下达、样品管理、制样管理、原始记录采集、报告管理、委外管理及收费管理。决策分析模块为管理人员提供系统运行的关键指标数据，用指标化、可视化、层次化方式向各级管理人员实时全面展示实验室运行状态、延伸管理触角，提高实验室监控、决策和响应速度，有效支撑管理决策。

e. 用户层。系统根据用户性质不同分为业务管理用户和普通用户两类，普通用户在登录系统后只能处理与自身相关的数据及相关系统界面，业务管理用户除了具有普通用户性质外还要维护自身管理的相关业务数据。

f. 系统开发框架及相关组件。

序号	类别	名称
1.	开发框架	Spring Mvc
2.	数据库交互	Hibnet
3.	权限认证	shiro
4.	单点	Cas
5.	缓存	Ehcahe
6.	流程	Activity 5.10
7.	消息组件	Activity MQ
8.	前端	jquery, Html, jsp
9.	容器	tomcat
10.	代理	ngix
11.	数据库	oracle

5. 系统业务数据流

实验室信息管理系统运行过程中各功能产生的数据内容及各系统角色用户间的数据流如下(图 3)：

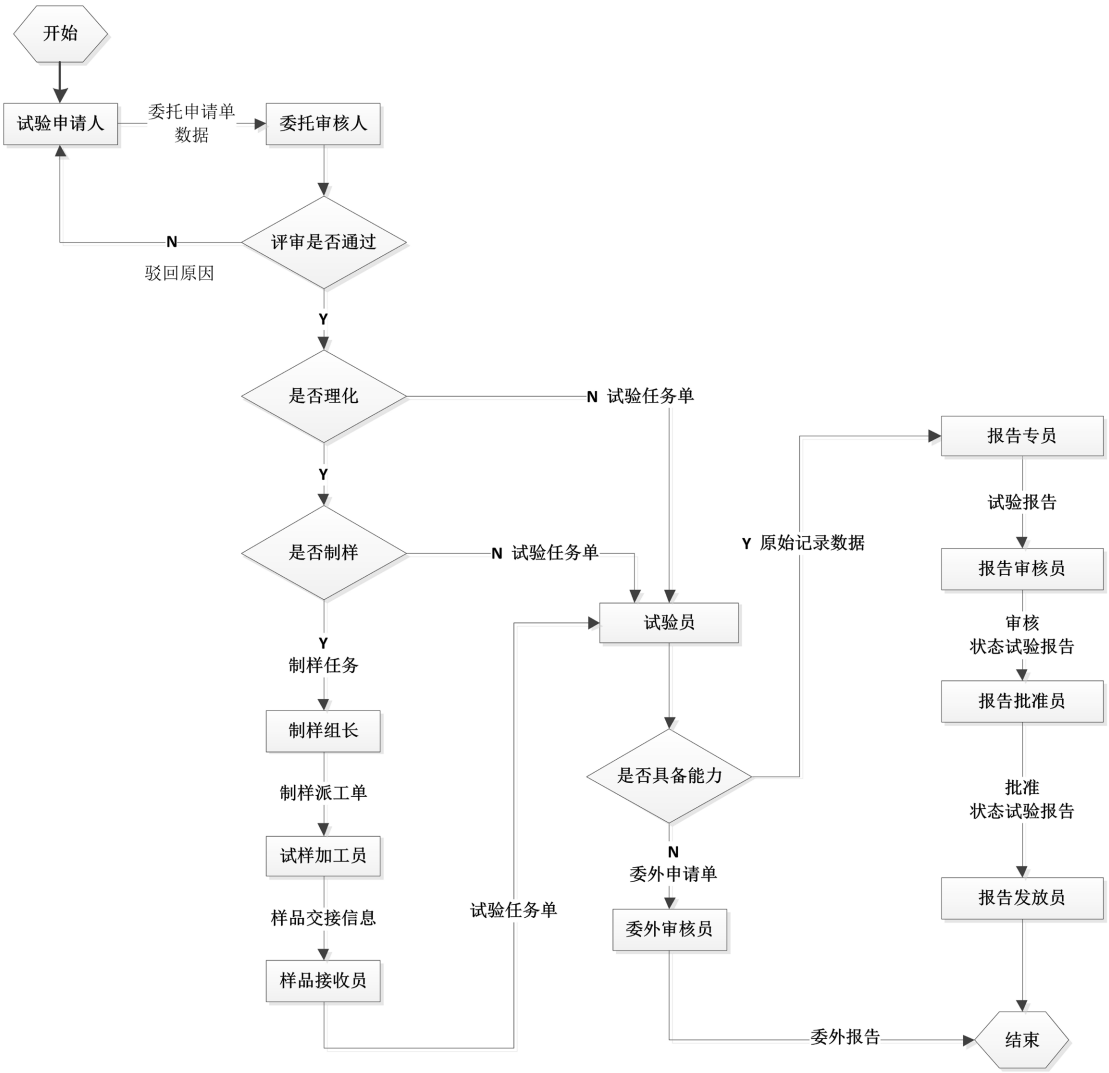

Figure 3. Business data flow of laboratory information management system
图 3. 实验室信息管理系统业务数据流

申请人填写委托申请单，单据中明确委托基本信息、委托要求及委托项目，填写完成后提交到产品主管检验员进行审核，检验员审核后针对探伤类项目直接产生试验任务数据，针对需制样类项目产生待下达的单据到理化计调员处，理化计调员根据实际委托情况进行制样任务下达，制样组长接收到制样任务后进行制样派工，产生制样单，制样完成后，制样工根据制样单在系统与检测员进行交接，产生交接数据，交接完成后系统自动产生试验任务数据到试验员，试验员接收到试验任务并完成后在系统填写试验原始数据及试验费用，原始记录填写完成后形成试验报告。

6. 系统价值

6.1. 试验委托人

支持灵活选择委托项目；提供“委托模板”功能，可将常用委托单据存为模板，后续可直接调用，简单修改即可完成制单，大大节约制单时间。

申请人可实时关注试验进度，针对完成的试验任务可在线预览、打印试验报告，由被动通知、多次

询问的方式转变为线上主动查询的方式。

6.2. 理化计调员

理化计调人员可根据实际情况自主选择下达模式及制样种类，样品标签打印页签数量可随委托项目自动新增，打印页面支持自主新增标签、在线编辑及打印输出，单页面即可快速、便捷完成之前多软件、多页面复杂的操作工作，全面提高劳动效率，为企业转型升级提供保障。

6.3. 检测人员

建立试验要求自动提取模型，改变来回复制粘贴式的繁琐操作模式，提高试验人员的工作质量及效率。具备批量数据一键粘贴录入的功能，系统可根据原始数据和试验要求自动判断试验结果，避免了数据误录及结果误判。将计算公式固化为计算模型，根据试验参数，自动按照符合实验室要求的修约逻辑自动计算结果，避免人为干预，实现科学自动计算。

6.4. 报告管理员

LIMS 具有强大的报告功能，支持用户自定义报告样式，报告的种类可以时常规的检验报告、分析报告，也可以是质量报告、管理报告等，能对数据进行加工处理，例如质量趋势报告、质量波动图等；试验报告具有一点的权限设定，只有经过授权的人员才能浏览、打印，系统记录打印时间、打印次数及打印操作人员信息，从而保证了试验报告的安全性。

针对复杂多变的业务需求，每种试验项目都可建立多种试验报告模板，检测员可根据委托要求自主选择试验报告类型，满足能灵活配置的业务需求。所有的试验报告需经过校核、审核、批准，确保试验报告信息的准确、可靠，满足 CNAS 实验室管理规范要求。

7. 实验室运营

按照系统体系及功能架构，进行系统方案详细设计、功能开发、功能测试、压力测试、上线培训及上线运行，信息系统开发上线是一个复杂的过程，从系统上线到系统达到预设目标及效果是一个长远且艰难的过程。

系统上线前需经过业务部门充分的业务及功能测试，并对测试过程中提出的功能优化项进行归零，经过多轮测试、优化、再测试、再优化的迭代后才具备上线试运行条件，上线前需制定操作手册并对各业务人员进行充分的培训指导，即使如此，由于实验室各级业务人员习惯于原有的业务操作习惯，上线推行初期，依然会存在各种问题[2]，比如：系统功能 Bug、业务量大导致系统运行缓慢的问题、由于业务需要新增系统功能、系统操作不习惯、人员计算机素质低导致使用系统困难等问题，此类问题会影响业务执行效率及系统运行效果。上次初期，为了保障系统正常运行。针对系统出现的 Bug 问题，需要第一时间进行解决并及时更新程序；针对业务量大导致系统运行缓慢的问题，需及时找到问题所在，可通过优化程序代码、数据库执行效率，提高使用体验；针对由于业务需要而新增的功能，经评估后需尽快进行解决，以提高系统功能的完备性；针对由于操作问题无法正常使用系统人员，需派专业人员进行面对面操作指导。为了保障系统正常运行，上线前还需要制定运行管理办法，落实奖惩制度，用于支撑系统运行体系健全。设计再好、再健全的信息化系统离不开各业务人员的规范操作及执行，而且运行效果初期无法完全体现，经过一段时间的磨合和数据积累后才能达到设计之初提出的规范化、精细化、透明化的运行目标[3]。

8. 结束语

本文针对离散制造企业实验室检测的特点，建立了实验室信息管理系统，系统具备 B/S 架构、结构

化数据、系统操作便捷、试验要求自动提取、自动修约计算结果、结果自动判定、报告自动生成、报告电子签名及自动收费等优点。该系统已在某船舶企业正式上线运行，目前系统运行稳定，并采集各个环节的业务数据，通过 LIMS 系统的实施，提高了实验室管理水平、促进实验室管理变革；能及时响应客户的检验检测需求，提高对外服务质量，提升经济效益；通过系统的搭建，大幅度减少人工工作，提升工作效率；通过与其它系统的有效集成，实现信息的高度共享、消除信息孤岛；通过各种数据信息的分析统计、并以各种表单、图形等方式展示，为领导决策提供科学依据。

参考文献

[1] 李银兵, 闫敬. 实验室信息管理系统的设计和应用[J]. 电子技术, 2022, 51(2): 260-261.

[2] 向前, 张昌强, 刘明辉, 等. 基于网页的企业检测实验室信息管理系统的设计[J]. 理化检验(物理分册), 2017, 53(1): 29-32, 45.

[3] 孟雳. 质检机构中实验室信息管理系统的设计与研究[J]. 价值工程, 2015, 34(3): 203-204.