

实验室信息管理系统使用现状及发展探讨

熊贝贝, 丁 晶, 梁通雯, 林燕奎*, 乔 彬

(深圳出入境检验检疫局食品检验检疫技术中心 深圳市食品安全检测技术研发重点实验室, 深圳 518045)

摘 要: 实验室信息管理系统(laboratory information management system, LIMS)出现于二十世纪七十年代末。经过三十多年的发展, LIMS 从最初实现的流程管理、数据存储等简单功能, 发展到目前涵盖实验室管理体系各个方面的自动化、信息化系统, 无论在设计思路, 技术手段等方面都有巨大的进步, 从根本上规范了实验室的业务流程, 提高了运行效率, 节省了投入成本。今后, LIMS 将利用信息技术优势, 通过实现系统高度集成、数据移动处理、智能分析等手段, 朝着更加专业化、智能化的方向发展, 逐渐完善成为一个功能完备的复杂系统。本文介绍了 LIMS 的发展概况与国内目前的使用现状, 同时根据国内 LIMS 的应用情况剖析了存在问题, 并着重就 LIMS 今后的发展努力方向提出相关建议。

关键词: 实验室; 数字化; 信息化; 自动化; 系统

Research on current application status and development of laboratory information management system

XIONG Bei-Bei, DING Jing, LIANG Tong-Wen, LIN Yan-Kui*, QIAO Bin

(Shenzhen Key Laboratory of Detection Technology R & D on Food Safety, Food Inspection and Quarantine Center, Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen 518045, China)

ABSTRACT: Laboratory information management system (LIMS) was created in the late 1970s. Over 30 years development, LIMS has developed from primary process management, data storage and other simple functions, to an advanced laboratory management system which include all aspects of automation and information system. The system has made a great progress either on design or techniques, fundamentally standardized the operation process, improved operating efficiency, and decreased the investment cost. In future, LIMS will develop into a professional, intelligent, and full-featured systems through realization of highly integrated systems, mobile data processing, and intelligent analysis based on advanced information technology. This article describes the development situation of LIMS and current domestic situation, at the same time analyzes the problems according to the application situation of domestic LIMS, and gives an emphasis on related comments and suggestions on the future development direction of LIMS.

KEY WORDS: laboratory; digitization; information; automation; system

基金项目: 国家质检总局科技计划基金项目(2014IK145)、深圳检验检疫局科技计划项目(SZ2014223)

Fund: Supported by the Scientific and Technological Project of the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2014IK145) and the Science and Technology Fund of CIQ-Shenzhen (SZ2014223)

*通讯作者: 林燕奎, 副主任技师, 主要研究方向为食品安全检测与实验室信息化研究。E-mail: 247580680@qq.com

*Corresponding author: LIN Yan-Kui, Associate Chief Technician, Food Inspection Center of Shenzhen Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, Room 1313, CIQ Building A, 1011, Fuqiang Road, Futian District, Shenzhen 518045, China. E-mail: 247580680@qq.com

1 引言

实验室信息管理系统(laboratory information management system, LIMS)是运用计算机网络技术、快速数据处理技术、数据存储技术等对实验室进行全方位管理的计算机软、硬件系统。通过它,实验室可以达到数据自动化运行、信息化规范管理和业务无纸化的目的,对规范实验室业务流程、提高工作效率、降低运行成本起到至关重要的作用^[1,2]。LIMS 适用于检验、检疫、石油、化工、制药、环保、供水、医疗、采矿、冶金、海关、烟草、酿酒、饮料、食品、电力及教育和科研单位等各行业的分析测试实验室^[3,4]。

LIMS 作为实验室信息化、自动化运行基础中最核心的系统,在诞生的三十多年来,随着检测仪器自动化程度、实验室人员设备规模及检测数据处理能力的提高而逐步发展,在全世界范围内取得了令人惊叹的技术进展和应用成就,为各种规模实验室的高效、科学的运作以及各类信息的存贮、交流和二次加工利用提供了强有力的平台,从而促进了实验室及所在企业/机构工作的各个环节能够实现全面量化评价和质量目标管理^[5-7]。LIMS 引发了世界各国各行各业实验室在管理机制、组织结构、检测技术方面的巨大而深刻的变革。

如何利用信息化的优势,围绕实验室的检测流程,开发规范高效的应用系统,是实验室信息化发展的主要方向^[8]。LIMS 系统作为与实验室检测关联最密切的系统,从实验室收样到出具检测报告,还有质量体系、内审外审、人员管理、设施环境、设备和标准物质、量值溯源和校准、样品管理、记录、投诉管理等重要内容,都基于 LIMS 系统贯穿的业务流程^[9,10]。换句话说,LIMS 系统的发展快慢,决定着实验室信息化的发展进程^[11]。

2 LIMS 发展概况

世界上最早的 LIMS 用户是上世纪七十年代末发达国家的化工、石油、制药等生产型企业,这些 LIMS 是由各个企业的实验室在相关计算机软件开发商的帮助下,或者利用自身的技术力量自行开发的系统,是各个企业内部为实验室的具体业务专门定做的软件,并没有统一的设计思路与标准,不能推广至其他实验室使用^[12,13]。由于这类系统在开发之日起就有一定的局限性,并因功能较少,软件升级和维护困难,无法满足实验室不断变化的需求,在面世几年后慢慢地被淘汰。经过一段时间的发展,国外出现了基于客户/服务器(C/S)和终端/服务器(T/S)结构的商业化 LIMS 软件,较第一代 LIMS 软件有了长足的进步,系统已经有了简单的流程标准,客户的业务需求能够基本涵盖,还可以对实验室的个性需求进行专项开发,并且软件维护升级、技术支持较容易,使用寿命较长^[14-16]。商品化 LIMS

的出现,为实验室管理人员带来了巨大的方便,也初步规范了实验室业务流程、提高了工作效率,LIMS 在实验室的重要性开始慢慢凸显。

早期的 LIMS 以大中型计算机为主,不仅价格昂贵,还需要投入不菲的维护费用,并未得到大面积推广。进入 20 世纪 90 年代以后,随着微型计算机的普及,LIMS 的造价得到极大的下降,LIMS 在发达国家迅速得到推广^[17]。目前,LIMS 在发达国家广为接受,美国每年都会召开一次 LIMS 大会,详细讨论 LIMS 的有关问题,并提出 LIMS 下一步的发展方向。

在国内,LIMS 在 20 世纪 90 年代才开始为人们所知,在石油、化工等行业也进行了初步推广,但总体来说远没有达到普及的程度^[18]。经过二十余年的发展,国内 LIMS 目前正处于普及阶段,特别是加入 WTO 后,我国产品要取得进入发达国家市场的许可证的前提之一就是企业及其实验室必须达到相关的质量管理国际标准和规范的要求,而 LIMS 正是用来实施这一目标的利器,各行业实验室对 LIMS 上线的需求日益迫切^[19,20]。

3 实验室 LIMS 目前存在问题

目前,国内外各种 LIMS 产品的技术开发水平参差不齐。多数 LIMS 产品还是停留在实现业务流程电子化、数据存储、工作任务安排等简单的应用层面,再深层次的应用少之又少,特别是针对实验室体系相关的应用开发,大部分 LIMS 都是点到即止,并未开发出较好的应用功能^[21,22]。尽管如此,这些产品基本上可以达到实验室自动化运行、信息化管理的要求,对实验室提高工作效率、降低运行成本起到很大的作用。这也正好符合目前国内绝大多数实验室的要求^[23]。这些实验室的情况是:仪器设备配备比较好,分析测试任务很繁重,迫切需要 LIMS 来提供辅助管理支持,提高工作效率、降低运行成本^[24]。

随着中国经济的腾飞,国内各行业实验室业务也在快速发展,实验室管理方式慢慢由粗放型向精细型转变。经笔者调查,随着近几年国内分析测试实验室的高速发展、行业质量监管规范的日益提升以及政策性业务管理需求的不断深入,传统的 LIMS 无论是系统功能还是运营模式,都越来越无法满足实验室的业务需求^[25,26]。目前的 LIMS 产品在一个实验室应用超过五年就会大大降低辅助管理作用。因此,借助于最新的计算机网络技术开发低成本、高效率的 LIMS,已成为将来 LIMS 发展的必然趋势。

4 国内 LIMS 发展努力的方向

国内真正的 LIMS 应用始于 20 世纪 90 年代,LIMS 研究与国外相比滞后了 15 年,但近年来信息化建设和软件技术的发展促进了国内 LIMS 的开发和应用,部分有自主产权的商品化 LIMS 软件应用在各个行业^[27],但总体来说,

国内 LIMS 的开发还处于初级阶段, 笔者认为: 未来的实验室 LIMS 应当具有高度专业化、智能化、系统化、自动化及多学科交叉的功能。本文就检测实验室关心的具体问题, 为国内 LIMS 的发展努力方向提出以下几点意见。

4.1 Client/Server(客户端/服务器, C/S)结构向 Browser/Server(浏览器/服务器, B/S)结构转换

由于客户对软件发展技术的逐渐了解, 除了产品实现功能方面, 用户也逐渐对软件的结构提出要求。系统是 B/S 还是 C/S 结构变成客户关心的一个问题^[28]。从技术的角度来说, 传统 C/S 结构系统的优点是开发简单、调试方便、运行速度相对快, 但执行体积大、部署不易, 且易与 DLL 版本出现冲突的缺点也非常明显; B/S 结构可将所有的运算能力与数据处理程序集中在 Web 服务器中进行, 进而利用浏览器构建 Web 应用。B/S 结构的系统有着 C/S 结构无法取代的优势, 如升级和更新方便、跨平台、不受客户端环境影响的使用环境、维护成本低, 数据和业务逻辑可以保持同步等^[29], 并且 B/S 结构是应用于广域网的应用。特别是从用户的角度出发, B/S 结构软件更受欢迎^[30]。服务器资源扩展便捷、升级和更新简便、可以跨平台, 不受客户端环境影响的开发环境。

4.2 基于开发平台的模块化开发模式

尽量避免源代码开发方式, 这是在技术上先进与否的重要指标^[31]。软件的开发方式非常重要, 原因其实非常简单, 就像是在盖房子, 通过源代码直接开发软件, 就像是在用沙子砌墙, 不够坚固, 后期调整维护也很麻烦; 而通过开发平台进行模块化开发的软件, 由于事前做好了许多的“砖头”(已经开发了很多模块), 所以在给做软件时, 就像是在使用砖头砌墙, 通过各个模块的堆砌来完成整个软件的开发, 这样做出来的软件才能稳定又灵活, 调整与维护也较为容易。

4.3 简单易用的 workflow 配置

目前大部分 LIMS 在安装后都要做大量的用户化工作, 即由 IT 专业人员编写一些程序满足用户特定的需求, 而用户的这些要求往往是需要经常变动的, 因为 IT 编程人员很难完全理解实验室运作的详细机制, 为 LIMS 的用户化带来了一定的难度^[32]。因此, 将来的 LIMS 要实现在安装后只需按照用户的具体要求进行简单的工作流配置功能, 这个过程中, 用户不需要编写任何程序, 实验室工作人员在接受简单的培训后就可以完成 workflow 的设计等工作, 并能根据实验室工作要求的变化随时更改 workflow 配置。

4.4 仪器的联接与控制

多年来, LIMS 的仪器联接功能一直是广大用户关注的焦点。如何正确采集各类品牌型号分析仪器的数据是

LIMS 技术的关键之一, 也是 LIMS 实施过程中最昂贵、最艰难的一环^[33]。目前国内少数 LIMS 开发商开发的产品已可以实现数据采集功能, 实现了原始数据处理的无纸化, 但 LIMS 对分析仪器的控制功能一直是国内外 LIMS 面临的技术难题, 一直未有好的解决方案, 有待 LIMS 开发商进一步攻坚开发。

4.5 高效的数据流处理方式

运用数字信息化手段来整合实验室的各项资源, 实现从上机到数据处理的全自动化处理, 有效提高数据处理效率、降低出错率, 实现图谱智能分析、仪器设备的检测数据自动获取与计算修约、自动报告结果等智能化步骤, 颠覆传统的手工处理方式, 将检测人员从繁重的录入、计算等工作中解放出来, 并解决实验室检测信息孤岛问题; 进一步还可以实现移动终端进行远程图谱分析、数据处理等功能^[34,35]。

4.6 具备标准化的软件接口

开放性的体系结构, 可以让 LIMS 轻松地与其他不同语言开发的系统进行无缝集成^[36]。在体系结构的层面上, 无论软件是本地的(在本系统内)还是远程的(在直接系统外), 都具备与其他系统的进行数据交换的功能, 满足实验室各项扩展需求的要求。

4.7 满意的客户体验

对于普通使用人员, 满意的客户体验就是软件的全部。这既是降低软件推广难度的一种最重要方法, 又是提高工作效率的一个最有效的武器, 更是上级关心下属的一种实际体现^[37]。客户体验的主要表现有四个: 首先是统一的界面。所有的人员、所有的岗位、所有的权限都是一致的界面, 不会由于陌生而感到厌烦, 进而拒绝使用, 更不会增加培训的成本; 其次是以工作任务为核心的设计, 最贴近实验室的实际工作, 每个人都最先看到自己的工作任务, 打开任务就是像打开邮件一样的方便; 第三是灵活的强大的批处理功能, 从根本上提高客户的工作效率; 最后是强大的提醒功能, 例如结果或报告应发未发、新工作任务的提醒, 方便客户对各项工作的有效控制。

4.8 高度的安全性

通过有效的方式防止对数据库和服务器的未经授权的访问。软件的安全性通常在用户选择软件之初不受重视^[38], 往往是数据积累到一定程度后, 领导才会真正意识到软件安全性的重要性, 正如一个家庭没钱的时候很少去考虑买保险箱一样。可是到了那个时候再去考虑安全性, 就有很多漏洞难以避免。完善的 LIMS 在设计之初就应该考虑到数据的安全性, 很多的安全策略、规定, 需要同软件开发一起实施, 这也是优秀的 LIMS 为实验室提供的又一有力保障^[39]。

5 LIMS 后期发展展望

LIMS 已经成为实验室建设不可缺少的一部分。随着我国实验室信息化道路的不断拓展和信息技术的不断发展,相信在不久的将来,LIMS 在实验室会扮演越来越重要的角色^[40]。通过不断发展,LIMS 在提升实验室管理水平、促进实验室业务发展等方面起到举足轻重的作用。

参考文献

- [1] 李亿红,徐韧,张勇,等. LIMS 在海洋环境监测领域的创新与发展[J]. 国土资源科技管理, 2014, (1): 129-132.
Li YH, Xu R, Zhang Y, et al. Innovation and development of LIMS in marine environmental monitoring [J]. Sci Technol Manage Land Res, 2014, (1): 129-132.
- [2] 应志春. LIMS 技术的回顾和展望[J]. 现代科学仪器, 2002, (3): 4-9.
Ying ZC. The review and the future of LIMS [J]. Mod Sci Instrum, 2002, (3): 4-9.
- [3] Jim G. Going paperless: The digital lab [J]. Nat, 2012, (481): 430-431.
- [4] 冯金辉. 数字实验室——LIMS 未来发展趋势[J]. 现代科学仪器, 2002, (2): 10-13.
Feng JH. Digital laboratory system: LIMS developing trend [J]. Mod Sci Instrum, 2002, (2): 10-13.
- [5] 木林. 基于 Web 的实验室管理系统设计与开发[J]. 实验室研究与探索, 2011, (6): 239-242.
Mu L. Design and development of a laboratory management system based on web [J]. Res Explor Lab, 2011, (6): 239-242.
- [6] 李巨超. 运用信息技术提高实验室管理水平[J]. 电脑知识与技术, 2013, (35): 8199-8200.
Li JC. Use of information technology to improve the level of laboratory management [J]. Comp Knowl Technol, 2013, (35): 8199-8200.
- [7] 屈泳. 混合架构的开放式实验室管理系统的设计[J]. 科技广场, 2007, (3): 165-167.
Qu Y. Design on mixed based open laboratory management system [J]. Sci Mos, 2007, (3): 165-167.
- [8] 包先雨, 李军, 王洋. 云计算下的检验检疫实验室信息管理系统研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2014, (4): 420-423.
Bao XY, Li J, Wang Y. Laboratory information management system for China inspection and quarantine under cloud computing [J]. J Hefei Univ Technol (Nat Sci), 2014, (4): 420-423.
- [9] 徐祖哲. 网络条件下的实验室数据处理与应用[J]. 现代科学仪器, 2002, (2): 14-16.
Xu ZZ. The laboratory data management and application [J]. Mod Sci Instrum, 2002, (2): 14-16.
- [10] 张米拉. 实验室信息化管理系统的应用[J]. 品牌与标准化, 2010, (2): 53-53.
Zhang ML. Application of laboratory information management system [J]. Brand Standard, 2010, (2): 53-53.
- [11] Peter M, Timothy G. The NIST definition of cloud computing: draft [Z]. Nist Special Publication, 2011.
- [12] Michael A, Armando F, Rean G. A view of cloud computing [J]. Commun ACM, 2010, 53(4): 50-58.
- [13] Foster I, Yong Z, Raicu I. Could computing and grid computing 360-degree compared [C]//Grid Computing Environments Workshop, TX, Austin, 2008: 1-10.
- [14] Peter EJ. A review of "cloud computing for libraries" [J]. J Access Serv, 2013, 10(1): 71-73.
- [15] 张明, 朱小军, 瞿朝成. 基于 WEB 的实验室信息管理系统的研究与实现[J]. 自动化与仪器仪表, 2014, (1): 129-130.
Zhang M, Zhu XJ, Zai CC. Laboratory information management system based on WEB research and implementation [J]. Auto Instrum, 2014, (1): 129-130.
- [16] 任学毅, 曾令高, 陈光春. 实验室信息管理系统的技术与应用进展[J]. 中国药业, 2013, (7): 1-3.
Ren XY, Zeng LG, Chen GC. Progress of technology and application in laboratory information management system [J]. China Pharm, 2013, (7): 1-3.
- [17] E1578-93.1999 Standard guide for laboratory information management systems(LIMS) [S].
- [18] ISO/IEC 17025.2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories [S].
- [19] 沈莉. 基于 Web 的开放式实验室管理系统的设计与实现[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
Shen L. Design & realization of WEB-BASED open laboratory management system [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006.
- [20] G.K.Wallace. The JPEG still picture compression standard [M]. Commun ACM, 1991, 34(4): 30-44.
- [21] 王瑾. 基于物联网的实验室管理技术[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(21): 11.
Wang J. Laboratory management based on the internet of things [J]. Comp Knowl Technol, 2010, 6(21): 11.
- [22] S.W.Golomb. Run-length encoding [J]. IEEE Trans Inform Theory, 1966, 12: 399-401.
- [23] JPEG. JPEG2000 requirements and profiles versio6.3 [M]. ISO/IECJTC1/SC29WGN 1803, 2000, 7.
- [24] 别传锋. Web 服务在实验室管理信息系统中的应用研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.
Bie CF. A study on the application of web services in laboratory management information system [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008.
- [25] 赵欣茹, 肖世德, 吴昊. 基于 ASP.NET 的实验室信息管理系统开发[J]. 电脑知识与技术, 2013, (21): 4873-4876.
Zhao XR, Xiao SD, Wu H. Development of laboratory information management system based on ASP.NET [J]. Comp Knowl Technol, 2013, (21): 4873-4876.
- [26] V.K.Goyal. Theoretical foundations of transform coding [J]. IEEE Sign Process Mag, 2001, 18: 9-21.
- [27] 粘华. 基于 RFID 的开放实验室_实现网上资源共享[J]. 实验室技术与管理, 2008, 25(12): 110-111.
Nian H. RFID-based public laboratory and achieving resource sharing via internet [J]. Experim Technol Manage, 2008, 25(12): 110-111.
- [28] 吴琼, 章文字. 基于 J2EE 的实验室信息管理系统的设计与开发[J]. 机电工程, 2012, (11): 1358-1362.
Wu Q, Zhang WY. Laboratory information management system based on J2EE [J]. J Mach Elect Eng, 2012, (11): 1358-1362.
- [29] 高杰, 闫轶亚, 陈恺, 等. 实验室信息管理系统在食品安全检测中的应用[J]. 贵州科学, 2012, (6): 79-81.

- Gao J, Yan YY, Chen K, *et al.* Application of laboratory information management system to food safety detection [J]. *Guizhou Sci*, 2012, (6): 79–81.
- [30] 李振光, 黄艳, 包丹凤. LIMS 的实施与开发应用[J]. *石油化工自动化*, 2006, (1): 45–47.
- Li ZG, Huang Y, Bao DF. LIMS system-implementation, development and application [J]. *Auto Petro-Chem Ind*, 2006, (1): 45–47.
- [31] 杨仲玮. 浅议实验室管理系统(LIMS)在环境检测中的应用[J]. *甘肃科技*, 2012, 28(13): 57–59.
- Yang ZW. Discussion on the application of LIMS for the environmental monitoring [J]. *Gansu Sci Technol*, 2012, 28(13): 57–59.
- [32] 李磊, 杨峰, 何耀. 基于 LabVIEW 的检测报告自动生成方法研究[J]. *过程自动化设备*, 2012: 33(1): 66–69.
- Li L, Yang F, He Y. Research on the method based on LabVIEW for automatically generating detection report [J]. *Process Auto Instrum*, 2012: 33(1): 66–69
- [33] 林伟强. LIMS 仪器接口技术研究[J]. *电脑编程技巧与维护*, 2013, (2): 4–5.
- Lin WQ. Study on LIMS instrument interface technology [J]. *Comp Program Skill Maint*, 2013, (2): 4–5.
- [34] 王晓旭. LIMS 推行过程中的问题浅析[J]. *电脑知识与技术*, 2008, (03): 401–404.
- Wang XX. Analysis of problem in LIMS's process [J]. *Comp Knowl Technol*, 2008, (03): 401–404.
- [35] 肖军, 黄俊. LIMS 实验室信息管理系统的实施与应用[J]. *数字石油与化工*, 2008, (10): 55–57.
- Xiao J, Huang J. Implementation and application of LIMS laboratory information management system [J]. *Digit Petrol Chem*, 2008, (10): 55–57.
- [36] Jessica AU. LIMS of Food laboratory [J]. *Lab Par*, 2011, (04): 50–51.
- [37] 程琳琳, 王旭, 程延俊, 等. 实验室信息管理系统(LIMS)在实验室科学管理中的应用[J]. *热带农业工程*, 2014, (1): 16–20.
- Chen LL, Wang X, Chen YJ, *et al.* Application of LIMS in scientific management of laboratory [J]. *Trop Agric Eng*, 2014, (1): 16–20.
- [38] 张隽, 张渠, 刘文汇, 等. 石油地质实验室信息管理系统建设探讨[J]. *实验室研究与探索*, 2011, (11): 155–157.
- Zhang J, Zhang Q, Liu WH, *et al.* On construction of the petroleum geology laboratory managing system [J]. *Res Explor Lab*, 2011, (11): 155–157.
- [39] 李荣华, 王大霞, 陈恺, 等. LIMS 系统在 GLP 实验室应用探讨[J]. *中国新技术新产品*, 2010, (22): 14.
- Li RH, Wang DX, Chen K, *et al.* Discussion the application of LIMS in the GLP laboratory [J]. *New Technol Prod*, 2010, (22): 14.
- [40] 陆锦标. LIMS 系统在环境监测实验室质量管理中的应用[J]. *环境科学导刊*, 2012, 31(03): 108–110
- Lu JB. Application of LIMS for quality management of environmental monitoring laboratory [J]. *Environ Sci*, 2012, 31(3): 108–110.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



熊贝贝, 工程师, 主要研究方向为实验室数字信息化研究。
E-mail: 25429705@qq.com



林燕奎, 副主任技师, 主要研究方向为食品安全检测与实验室信息化研究。
E-mail: 247580680@qq.com