

# 实验室信息管理系统（LIMS）在食品加工企业 实验室运营与质量管控中的深度作用研究

## 摘要

食品加工行业事关国民饮食安全与民生健康，企业内部实验室作为食品原料入厂核验、生产过程质控、成品出厂检验及风险隐患排查的核心阵地，其管理规范化、检测数据精准化、流程管控标准化水平，直接决定食品产品质量合规性与企业长效经营稳定性。随着我国食品安全监管法规持续升级、食品检测指标日趋细化、市场终端质量溯源诉求不断提升，传统依托纸质台账、人工记录、Excel零散归档的实验室管理模式，已普遍暴露出数据录入误差大、样品溯源链条断裂、检测流程管控松散、合规资质对接困难、运营管控成本偏高诸多现实短板，难以适配现代化食品加工企业规模化生产、标准化质控、数字化管理的核心发展需求。实验室信息管理系统（LIMS）作为融合计算机信息技术、实验室质量管理规范、数字化流程管控于一体的专业化管理工具，可实现食品加工实验室样品全周期管控、检测数据自动化采集、实验资源精细化调配、质控流程标准化落地、风险隐患智能化预警及合规资料一键化归档。本文基于食品加工企业实验室运营实操现状与行业质量管理体系要求，结合行业实测应用数据，系统性剖析LIMS系统在食品加工实验室质量合规管控、检测效能提升、数据资产沉淀、风险溯源防控、运营降本提质五大核心维度的重要作用，客观梳理当前国内食品加工企业LIMS落地应用现存适配性不足、运维体系薄弱、数据互联互通性差等突出问题，针对性提出适配大中小不同规模食品加工企业的LIMS优化部署与长效应用对策。研究旨在为食品加工企业实验室数字化转型升级、筑牢食品安全内部管控防线、夯实企业合规经营根基提供理论支撑与实操参考。

**关键词：**实验室信息管理系统；LIMS；食品加工企业；食品检测实验室；质量管控；数字化溯源

## 一、引言

食品安全是公共卫生安全的重要基石，也是食品加工企业生存发展的核心生命线。近年来，国家市场监督管理总局持续强化食品生产加工全链条监管，修订完善食品质量安全国家标准、食品生产企业实验室检验管理规范等一系列法规准则，对食品加工企业原料验收、生产过程抽检、成品出厂全项目检测、检测数据留存溯源、实验室资质合规运营等方面提出强制性硬性要求。食品加工企业内部实验室承担着重金属残留、微生物指标、农药兽药残留、食品添加剂含量、理化品质指标等关键项目检测任务，检测结果不仅是判定单批次食品产品合格与否的核心依据，更是应对监管部门抽查、处理消费投诉、实施产品批次召回、维护企业品牌信誉的核心凭证。

当前我国食品加工行业呈现中小企业数量多、生产品类杂、检测批次大、质控环节多的行业特征，多数中小及中小型规模食品加工企业实验室长期沿用传统人工管理模式，样品接收、流转检测、数据记录、报告编制、试剂仪器管理等全环节依赖纸质单据人工填报、检测数据手动录入归档、实验资源人工台账登记。该模式受人为操作主观性强、人工统计误差大、纸质资料易损毁丢失、流程管控无闭环等因素影响，极易出现样品混淆错检、检测数据篡改失真、检测流程滞后脱节、溯源资料缺失断链等

管理漏洞，不仅大幅降低实验室检测工作整体效率，增加实验室运营管理人力与时间成本，还极易引发食品质量安全管控风险，导致企业面临监管处罚、产品召回、品牌受损等多重经营隐患。

数字化转型背景下，实验室信息管理系统（LIMS）已成为各行各业实验室标准化、数字化、智能化管理的核心标配工具，依托条形码、RFID标识识别、仪器数据自动对接、区块链数据留痕、大数据统计分析等核心技术，重构食品加工实验室全业务管理流程，实现实验室各项工作从“人工经验化管理”向“数据标准化管控”的根本性转变。据行业实测应用数据显示，食品检测实验室部署专业化LIMS系统后，整体检测工作流程效率提升40%以上，异常检测问题识别准确率提升至98%，人工检测操作误差降低30%，系统月度运行故障率低于1%，远优于传统人工管理及普通简易管理系统运营水平。基于此，本文立足食品加工企业实验室专属运营场景，深度探究LIMS系统核心应用价值与关键作用，客观剖析落地应用瓶颈，提出科学优化实施路径，助力食品加工企业以实验室数字化管控筑牢食品安全第一道防线。

## 二、食品加工企业传统实验室管理模式现存核心短板

### 2.1 样品全流程管控缺失，溯源链条完整性无法保障

食品加工实验室检测样品涵盖上游种植养殖基地原材料、生产加工中间半成品、终端上市成品三大核心类别，样品具有批次数量多、流转环节多、检测周期短、留样管控严的显著特点。传统管理模式下，样品登记、编号、流转、检测、留样、销毁全流程依靠人工纸质登记，无统一数字化标识管控体系，样品信息仅依靠人工手写记录，极易出现样品编号重复、信息登记错漏、不同批次样品混淆、留样台账缺失等问题。一旦出现食品产品质量不合格、消费者质量投诉、监管部门抽检异常等情况，企业无法快速精准追溯对应样品的原料来源、检测操作人员、检测仪器设备、实验试剂批次、检测原始数据等全链条关联信息，形成“检测无记录、问题无溯源、责任无定位”的管理乱象，既无法快速排查质量问题根源，也难以满足食品安全全程可追溯的监管硬性要求。

### 2.2 检测数据人工录入为主，数据真实性与精准度难以把控

食品检测涉及气相色谱仪、液相色谱仪、微生物检测仪、重金属快速检测仪等多种精密检测仪器，传统实验室管理模式，检测人员需先在各类检测仪器上读取原始检测数据，再手动将数据录入电脑Excel表格或纸质检测台账，后续还需人工核算检测指标、编制检测报告。多重人工干预环节不仅增加检测人员重复性工作负担，还极易因人工录入疏忽、数据核算失误、人为刻意篡改等问题，导致检测数据失真、检测结果偏差。同时，所有检测数据零散存储于各类办公电脑、纸质档案、个人台账之中，数据分散碎片化严重，未形成统一集中的数据存储与管理体系，数据查阅调取、历史数据比对分析、年度质量趋势统计工作难度极大，无法为企业生产工艺优化、质量管控升级提供有效数据支撑。

### 2.3 实验资源管理松散，实验室运营成本管控失控

食品加工实验室日常运营离不开检测仪器、化学试剂、标准物质、实验耗材、实验场地等各类核心资源，各类资源管理直接影响检测工作有序开展与实验室运营成本高低。传统人工管理模式，仪器设备校准维护、期间核查、报废更新无数字化提醒机制，全靠管理人员人工记忆登记，易出现仪器超期未校准、故障未及时维修、带病开展检测工作等问题，直接影响检测数据准确性；化学试剂与实验耗材采购、领用、储存、报废无闭环管控，临近过期试剂未优先领用、新试剂盲目采购、耗材随意领用

浪费、危险试剂储存不合规等现象频发，不仅造成实验资源严重浪费，增加实验室运营额外成本，还存在化学试剂安全管控隐患。此外，实验室人员工作排班、检测任务分配、工作绩效考核均无数字化统计依据，人员管理粗放，工作效率难以有效提升。

## 2.4 合规资质对接难度大，质量管理体系落地流于形式

食品加工企业实验室需严格遵循《食品检验机构资质认定条件》《食品安全国家标准 食品检验总则》等相关法规要求，建立标准化质量管理体系，且需定期迎接市场监管部门资质审核、日常巡查与专项抽检核查。传统人工管理模式下，实验室质量管理体系各项条款无法精准细化落实到具体检测流程与岗位人员，各类合规台账、检测记录、资质资料、校准报告等均需人工整理归档，资料整理耗时费力、归档不规范、缺失补录难度大。在监管部门现场核查过程中，无法快速调取完整合规的检测资料与管理台账，极易出现合规资质不达标、体系审核不通过的情况，导致企业生产经营受限，面临整改处罚风险。

# 三、LIMS系统在食品加工企业实验室中的核心重要作用

## 3.1 构建样品全生命周期数字化管控体系，筑牢食品安全溯源根基

LIMS系统依托条形码、RFID射频识别数字化标识技术，为食品加工实验室每一批次原料、半成品、成品检测样品分配唯一专属数字化身份编码，实现样品从采样登记、接收入库、任务分配、流转检测、结果出具、留样封存、到期销毁全生命周期闭环数字化管控，彻底破解传统样品管理模式下信息错漏、样品混淆、溯源断链等核心痛点。样品采样环节，工作人员实时录入样品名称、生产批次、原料产地、采样时间、关联生产线、采样人员等核心信息，系统自动生成专属二维码标识并粘贴于样品外包装，全程无需人工纸质手写登记；样品流转检测环节，通过扫码即可快速调取样品全部基础信息与对应检测项目，系统自动记录样品每一次流转节点、操作人员、操作时间，实现样品流转全程留痕、实时可查；样品留样与销毁环节，系统自动记录留样位置、留样期限、封存状态，到期自动推送销毁提醒，规范留样销毁全流程操作。

该管控模式构建起“原料-加工-成品”正向追踪、“成品-检测-原料”反向溯源的双向溯源链条，一旦出现食品质量安全异常问题，企业仅需输入产品成品批号或样品编码，即可秒级调取全链条检测记录、操作日志、原料信息等核心资料，快速排查污染源头与质量隐患，精准实施问题产品批次召回，最大限度降低食品安全事件处置滞后带来的经营损失，全面满足国家食品安全全程可追溯的监管硬性要求。

## 3.2 实现检测数据自动化采集管控，保障数据真实精准不可篡改

数据是食品检测实验室的核心资产，检测数据的真实性、精准性、完整性是食品质量判定的核心前提。LIMS系统可与食品实验室各类精密检测仪器实现直接数据对接联动，支持气相色谱仪、液相色谱仪、微生物检测设备、重金属检测仪等全品类检测仪器数据自动同步采集，彻底摒弃检测数据人工手动录入模式，实现“仪器检测完成-数据自动上传-系统自动核算-结果自动归档”全流程自动化闭环处理，从源头杜绝人工录入失误、数据核算偏差等人为操作导致的数据失真问题。同时，系统内置专业审计追踪功能，检测数据录入、修改、审核、审批全环节自动留存操作记录，详细标注操作人员、操

作时间、操作内容、修改前后数据对比信息，任何数据调整均无法隐匿篡改，保障检测数据全程真实可查、永久留存。

此外，LIMS系统具备集中化数据存储与分类管理功能，将历年各类食品样品检测原始数据、检测报告、仪器校准记录、质控数据等核心资料统一存储于数字化数据库中，支持按产品品类、检测批次、检测指标、检测时间等多维度精准检索调取，无需再翻阅海量纸质台账与零散电子表格。企业可依托系统沉淀的海量检测数据，开展食品质量年度趋势分析、不同生产线产品品质对比、原料供应商质量评级等深度数据挖掘工作，为企业优化生产加工工艺、筛选优质原料供应商、调整质量管控标准提供精准的数据决策支撑，推动实验室从单纯的检测执行机构向企业质量决策核心智库转型。

### 3.3 精细化管控实验全品类资源，实现实验室降本增效提质

LIMS系统针对食品加工实验室仪器设备、化学试剂、实验耗材、人力资源等核心运营资源搭建全生命周期数字化管理模块，彻底扭转传统资源管理松散无序、成本管控失控的局面，有效降低实验室运营管理综合成本，提升整体运营管理效能。在仪器设备管理方面，系统为每台检测仪器建立专属电子管理档案，详细记录仪器采购信息、安装调试记录、定期校准时间、期间核查数据、故障维修记录、使用操作日志等全维度信息，自动提前推送仪器校准、维护保养到期提醒，杜绝仪器超期未校准、故障设备带病检测等问题，保障检测仪器始终处于合格运行状态，从硬件层面保障检测数据精准可靠。

在化学试剂与实验耗材管理方面，系统建立采购、入库、领用、退换、报废全流程线上审批管控机制，自动校验试剂耗材库存数量、领用规格与实验需求匹配度，优先推荐领用临近过期试剂，避免试剂闲置过期浪费、耗材盲目采购领用等问题，有效减少实验资源不必要损耗。据乳制品食品加工实验室实测应用数据显示，部署LIMS系统后，实验室化学试剂浪费率下降28%以上，实验耗材采购成本降低22%左右，资源利用效率大幅提升。在人力资源管理方面，系统根据检测任务总量、检测岗位分工自动智能分配检测工作任务，实时统计各岗位人员工作完成量、检测工作效率、检测任务合格率等核心绩效考核数据，为实验室人员排班调度、绩效考核、岗位优化提供客观数字化依据，杜绝人工排班不合理、工作考核凭经验的管理弊端，全面提升实验室整体工作运转效率。

### 3.4 固化质量管理体系流程，强化实验室合规经营管控能力

食品加工企业实验室合规运营是企业正常生产经营的基础前提，LIMS系统可将《食品检验机构资质认定评审准则》《食品安全法》等各类法规要求及企业内部实验室质量管理体系标准，直接固化为系统标准化操作流程与刚性管控规则，将质量管理体系各项要求细化落实到样品检测、数据审核、报告出具、资源管理、内审核查等每一个实操环节，实现质量管理体系常态化落地执行，彻底改变传统模式下质量管理体系流于形式、台账资料临时补录、合规管控松散薄弱的问题。

系统内置标准化食品检测报告模板，严格契合监管部门与行业合规要求，检测数据审核通过后可自动生成规范检测报告，无需人工繁琐编制排版，大幅提升报告出具效率与报告规范性；同时，系统自动分类归档各类合规资质资料、检测记录、校准报告、内审报告等合规台账资料，监管部门开展现场核查、资质评审、专项抽检工作时，可一键调取全套合规资料，快速配合监管检查，有效规避企业因实验室合规不达标面临的整改、停产、处罚等经营风险。此外，系统支持定期自动生成实验室质量管控分析报表、合规运营自查报告，助力企业管理人员实时掌握实验室合规运营现状，及时排查整改合规管控隐患，持续夯实企业合规经营根基。

### 3.5 搭建风险智能预警机制，前置化防控食品质量安全隐患

食品加工实验室是食品质量安全风险排查的前置核心关口，LIMS系统依托大数据统计分析能力，搭建食品检测质量风险智能预警模型，针对食品微生物超标、重金属超标、添加剂超限、检测数据异常等各类质量风险指标设置预警阈值，一旦检测数据触碰预警红线，系统自动第一时间向实验室管理人员、企业质量管控负责人推送预警提醒信息，同步锁定问题检测批次产品，禁止不合格产品流入下一道生产工序或出厂上市。相较于传统人工检测完成后人工排查风险的后置管控模式，LIMS系统实现质量风险从“事后处置”向“事前预警、事中管控”的根本性转变，提前拦截质量安全隐患，从源头规避不合格食品流入市场引发的食品安全事件。同时，系统可结合历史检测数据趋势变化，预判高频质量风险点位，助力企业提前优化生产加工与原料管控环节，实现食品质量长效化、常态化安全管控。

## 四、当前食品加工企业LIMS系统落地应用现存突出问题

### 4.1 中小企业投入不足，系统适配性与定制化程度偏低

当前国内大型规模化食品加工企业资金实力雄厚，可定制适配自身全产业链运营需求的专业化LIMS系统，数字化管控落地效果良好。但占行业主体数量的中小微食品加工企业，普遍存在经营利润薄、数字化转型资金投入有限的问题，多数企业为压缩成本，选择采购通用版低价简易LIMS系统，未结合食品加工实验室检测品类多、质控要求严、溯源链条长的专属行业特性进行定制化开发。通用版系统与食品检测实操流程、行业合规标准、企业生产管控需求适配度较低，部分核心质控模块、溯源模块、合规归档模块功能缺失，系统仅简单替代人工数据记录工作，无法发挥LIMS全流程数字化管控、风险智能预警、数据深度分析的核心价值，数字化转型流于表面，未真正实现实验室管理提质增效。

### 4.2 校企运维衔接不足，专业运维与实操人才缺口突出

LIMS系统集成信息技术、食品检测专业知识、质量管理体系管控要求于一体，系统长效稳定运行既需要专业技术团队提供后期运维升级、故障排查、功能优化技术支持，也需要实验室操作人员具备数字化系统实操能力。目前多数食品加工企业未建立专属LIMS运维管理团队，系统后期运维完全依赖外部服务商，部分偏远地区企业服务商运维响应滞后，系统出现故障后无法及时修复，影响实验室正常检测工作开展。同时，食品实验室原有检测人员多擅长传统检测实操工作，缺乏数字化系统操作、数据统计分析、系统基础运维专业能力，企业未开展系统化专项实操培训，操作人员对LIMS系统核心功能运用不熟练，仍存在部分工作依赖人工辅助操作的情况，无法充分发挥系统数字化管控效能。

### 4.3 数据互联互通性较差，产业链数据协同管控未实现

部分食品加工企业部署的LIMS系统处于独立运行孤岛状态，未与企业生产管理系统、原料采购管理系统、产品销售溯源系统、仓储管理系统等内部数字化管理平台实现数据互联互通，实验室检测数据无法同步共享至生产、采购、销售等核心部门，各部门数据割裂严重。生产部门无法实时同步掌握原料与半成品检测质量数据，采购部门无法依据检测数据精准评估原料供应商品质，销售部门无法快速对接产品检测报告开展市场终端溯源公示，实验室检测数据价值无法贯穿食品生产加工全产业链。同时，部分企业LIMS系统数据格式与监管部门溯源平台数据对接标准不统一，无法实现检测数据一键上报监管系统，额外增加人工数据二次整理上报工作量，数字化管控闭环未完全形成。

## 五、提升食品加工企业LIMS系统应用效能的优化实施对策

### 5.1 按需分级选型部署，强化系统行业定制化适配优化

不同规模食品加工企业结合自身生产经营体量、实验室检测业务量、质量管控需求及资金预算情况，按需分级选型部署LIMS系统，杜绝盲目采购通用化简易系统或过度投入高端冗余系统。大型食品加工企业可结合全产业链质控、多厂区实验室协同管控需求，定制开发全功能一体化LIMS系统，深度对接企业全品类检测项目、多级质量管理体系、产业链数据协同管控需求，完善溯源预警、数据分析、合规管控全模块功能；中小微食品加工企业可优先选择食品行业轻量化专属LIMS系统，聚焦样品管控、数据自动采集、合规台账归档、基础溯源核心刚需功能，严控采购与运维成本，避免功能冗余浪费。同时，所有企业部署LIMS系统时，需严格贴合食品行业最新监管法规与检测标准，预留系统后期升级迭代接口，适配未来法规更新、检测指标扩容、业务规模扩大的发展需求。

### 5.2 健全人才培养与运维体系，夯实系统长效应用基础

食品加工企业需同步推进LIMS系统实操人才培养与运维体系建设，保障系统常态化高效稳定运行。一方面，联合LIMS系统服务商开展分层分类专项实操培训，针对实验室一线检测人员重点培训系统日常操作、样品扫码登记、数据查看上报、基础流程办理等基础实操技能；针对实验室管理人员重点培训数据统计分析、风险预警处置、合规资料管理、系统运维管控等进阶管理技能，确保每位工作人员熟练掌握系统核心功能，减少人工辅助操作依赖。另一方面，建立企业内部简易运维+外部服务商专业运维的双重运维机制，培养企业内部兼职运维人员，负责系统日常简单故障排查、数据备份、基础功能调试；与服务商签订长效运维服务协议，明确故障响应时效、系统升级优化、技术咨询等服务内容，保障系统故障快速处置、功能持续优化，筑牢系统长效稳定应用根基。

### 5.3 打通数据互联互通壁垒，构建全产业链数字化协同管控格局

食品加工企业加快推进LIMS系统与企业内部生产、采购、仓储、销售等各类数字化管理系统数据对接互通，打破数据孤岛壁垒，实现实验室检测数据全企业共享协同。生产部门可实时调取检测数据调整生产工艺，采购部门依据原料检测数据优化供应商筛选考核，销售部门依托检测报告完善终端产品溯源公示，最大化挖掘检测数据应用价值。同时，按照市场监管部门食品溯源数据上报标准，优化LIMS系统数据输出格式，实现检测数据一键对接监管溯源平台，无需人工二次整理上报，提升合规上报工作效率。推动实验室数字化管控与企业生产经营全流程深度融合，构建“检测质控前置、数据全程协同、风险全域防控”的全产业链数字化质量管理格局。

## 六、结论

食品加工企业实验室作为食品安全质量管控的核心前置关口，其管理数字化、标准化、智能化升级是行业高质量发展与食品安全长效管控的必然趋势。LIMS系统凭借样品全周期溯源管控、检测数据精准保真、实验资源降本管控、合规体系刚性落地、质量风险前置预警五大核心作用，有效破解传统食品实验室人工管理模式各类突出短板，不仅能够显著提升食品检测实验室工作效率、检测数据精准度与运营管理水平，降低实验室综合运营成本与合规经营风险，更能从源头筑牢食品质量安全防线，为食品加工企业合规经营、品质升级、长效发展提供坚实数字化支撑。当前国内食品加工企业LIMS落地应用仍存在适配性不足、人才运维薄弱、数据协同性差等现实问题，后续需企业结合自身经

营规模与管控需求，科学选型定制部署系统，健全人才培养与运维体系，打通数据互联互通壁垒，持续优化LIMS系统应用效能。未来随着食品行业数字化转型持续深化，LIMS系统将不再局限于实验室内部管理工具，更将成为食品加工企业全产业链质量数字化管控的核心枢纽，持续守护国民饮食安全，推动食品加工行业高质量规范化长效发展。