

乳制品实验室设备数据采集方法研究与应用

仪虹伯, 杨 戡*, 逯 刚, 董立雅, 杨 颖, 孙宏娜

[内蒙古蒙牛乳业(集团)股份有限公司, 内蒙古呼和浩特 011517]

摘 要: 实验室设备数据采集是推动乳制品行业科研创新、保障产品质量检测精准性与成分分析可靠性的关键环节。在乳制品行业实验室日常运营中, 需围绕原料乳新鲜度检测、成品蛋白质/脂肪含量分析、微生物指标监控等核心需求开展试验, 对数据采集的实时性、准确性及完整性有着极高要求, 且呈现“高频检测+数据多样性”特征。本研究结合乳制品行业实验室在质量检测、成分分析等方面的实际需求, 系统分析当前乳制品行业实验室数据采集的现状和挑战, 深入剖析数据库直接采集、导出报告采集、串口协议采集、传感器自动采集及仪器视觉采集5种主流方式, 阐述其原理、流程、优势及局限; 并结合乳制品检测场景下的实际案例, 为实验室根据自身质量管控重点、分析项目类型等需求精准选择高效数据采集方案提供参考, 助力实验室数字化管理升级与科研检测效率提升, 为乳制品安全保障体系构建提供技术支撑。

关键词: 数据采集; 数据库连接; 串口通信; 传感器技术

文章编号: 1671-4393 (2026) 05-0096-07

DOI:10.12377/1671-4393.26.05.14

Research and Application of Data Acquisition Methods for Dairy Laboratory Equipment

YI Hongbo, YANG Jian*, LU Gang, DONG Liya, YANG Ying, SUN Hongna
(Inner Mongolia Mengniu Dairy Industrial Co., Ltd., Hohhot Inner Mongolia 011517)

Abstract: Data acquisition from laboratory equipment is a crucial link in driving scientific research and innovation in the dairy industry, as well as ensuring the accuracy of product quality testing and the reliability of component analysis. In their daily operations, dairy industry laboratories need to conduct experiments centered on core requirements such as raw milk freshness testing, protein/fat content analysis of finished dairy products, and

作者简介: 仪虹伯 (1988-), 女, 蒙古族, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳品检验技术;
逯 刚 (1978-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品质量安全;
董立雅 (1987-), 女, 北京人, 硕士, 工程师, 研究方向为食品质量安全;
杨 颖 (1986-), 女, 内蒙古扎兰屯人, 本科, 工程师, 研究方向为食品安全及信息化;
孙宏娜 (1984-), 女, 内蒙古乌兰察布人, 本科, 工程师, 研究方向为乳品检验管理。
***通信作者:** 杨 戡 (1992-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 本科, 工程师, 研究方向为乳品快速检测技术开发及应用。

microbial index monitoring-all of which impose extremely high demands on the real-time performance, accuracy, and integrity of data acquisition, and present the characteristics of “high-frequency testing+data diversity”. Combined with the practical needs of dairy industry laboratories in quality testing, component analysis, and other aspects, this study systematically analyzed the current status and challenges of data acquisition in dairy industry laboratories. It conducted an in-depth examination of five mainstream data acquisition methods: direct database acquisition, report export acquisition, serial port protocol acquisition, sensor-based automatic acquisition and machine vision-based acquisition, while elaborating on their principles, processes, advantages, and limitations. Furthermore, by integrating practical cases in dairy product testing scenarios, this study provided references for laboratories to accurately select efficient data acquisition solutions based on their own priorities in quality control, types of analysis projects, and other needs. It aims to facilitate the upgrading of laboratory digital management, improve the efficiency of scientific research and testing, and provide technical support for the construction of a dairy product safety assurance system.

Keywords: data acquisition; database connection; serial communication; sensor technology

在科技飞速发展的当下，实验室作为知识创新与技术突破的前沿阵地，对设备数据采集的准确性、实时性和高效性提出了更高要求。而乳制品行业实验室因行业特性，这一需求尤为突出——其日常需围绕原料乳新鲜度、成品蛋白质/脂肪含量、微生物指标等核心参数开展高频次检测，以保障产品质量安全与生产流程顺畅，数据形式涵盖数值、曲线、图像等多种类型。

精确且及时的数据采集，不仅是乳制品行业科学研究（如新型乳制品配方研发、发酵工艺优化）得出可靠结论的基石，更是把控原料准入、监控生产过程、追溯产品质量的关键手段——一旦数据采集延迟或误差超标，可能导致不合格原料流入生产线，或成品因成分不达标面临召回风险。当前，乳制品行业实验室设备类型丰富，从精密的高效液相色谱仪、近红外光谱仪，到连续运行的发酵罐传感器系统，产生的数据规模与传输方式差异显著。因此，深入研究适配乳制品行业实验室特殊场景的设备数据采集方式，破解高频检测下的实时性难题与多类型数据的整合难题，对推动乳制品行业科研进步、提高实验室整体运行效能、筑牢产品安全防线具有重要的现实意义。

1 数据库直接采集

1.1 技术原理与流程

数据库直接采集依赖特定的仪器软件数据库连接协议和接口，搭建设备与数据库的沟通桥梁。常见的连接协议如Open Database Connectivity（ODBC）、Java Database Connectivity（JDBC）等，允许不同编程语言编写的仪器软件与多种数据库系统（如MySQL、Oracle、SQL Server）实现无缝对接^[1]。建立连接后，用户可运用Structured Query Language（SQL）语句，精准筛选、提取数据库中存储的实验数据。例如，使用“SELECT*FROM experiment_data WHERE experiment_id = '001'”语句，能快速获取编号为“001”的全部实验相关数据记录。部分数据库还提供功能丰富的Application Programming Interface（API），开发人员可通过调用API中的函数或方法，实现更复杂的数据查询、读取及写入操作，灵活定制数据采集流程。

1.2 优势与局限

上述方式优势显著。首先，数据获取速度快，尤其是在处理大规模结构化数据时，数据库强大的索引机制和查询优化算法，能迅速定位并返回所需

数据，大幅提升数据采集效率。其次，数据准确性高，直接从数据库读取，避免了数据在不同格式转换或传输过程中可能出现的错误与丢失。此外，便于数据集成与共享，实验室信息管理系统（LIMS）等可直接从同一数据库获取数据，实现数据的高效流转与协同利用^[2]。然而，该方式的局限性也不容忽视。其对数据库技术要求较高，实验人员或管理员需熟悉数据库结构、SQL语句编写及连接配置等知识，增加了学习成本与操作难度。此外，若数据库服务器出现故障、网络中断或连接配置错误，将直接导致数据采集失败，系统稳定性受外部因素影响较大。

1.3 应用案例

在某大型乳制品企业的实验室中，通常使用乳成分分析仪（FT1、FT3、FTA等）进行理化指标分析。仪器配套软件将每次实验产生的海量原始数据实时存储在数据库中。研究人员在分析实验结果时，通过ODBC连接协议与数据库建立连接，运用SQL语句编写查询条件，快速获取特定批次、特定产品指标相关的数据，用于产品的质量评估与配方优化，显著提高了产品的稳定性。该案例中数据提取耗时<10 s，与标准方法（凯氏定氮法）的偏差率<0.01%。

2 导出报告采集

2.1 操作机制与数据处理

导出报告采集借助仪器自带软件的导出功能，将实验数据按照预设格式（如PDF、Excel、CSV、TXT等）生成报告文件，并存储至指定位置。随后，需运用专门的读取解析工具或编写程序，对报告文件中的数据进行提取、解析。以PDF报告为例，Python的pandas库可轻松读取PDF文件，通过定位工作表、行列索引，精准提取数据单元格内容，并将其转换为便于分析处理的数据结构（如DataFrame格式），为后续数据处理与分析做准备^[3]。

2.2 特点分析

上述方式操作相对简单，实验人员无需深入了解复杂的数据存储与传输技术，仅需熟悉仪器自带

软件的报告导出功能即可。导出报告格式多样，兼容性强，便于在不同办公软件、数据分析工具中打开与处理。但该方式仍存在明显缺点。其数据采集过程较为繁琐，需人工手动触发报告导出操作，无法实现实时、自动采集，若实验次数频繁，易造成人力浪费且存在数据遗漏风险。此外，报告文件中的数据需经过额外解析步骤，格式转换过程中可能出现数据格式不匹配、数据丢失等问题，影响数据质量与分析准确性。

2.3 实践应用

某乳制品检测机构在对乳制品进行微生物检测时，使用微生物快速检测系统对样品进行检测，检测完成后系统生成PDF格式的检测报告。检测人员将报告导出后，通过光学字符识别（OCR）技术结合人工校对，将报告中的微生物检测数据提取出来，录入到实验室信息管理系统（LIMS）中，方便后续对检测数据进行统计分析以及检测报告的生成与管理，以满足监管部门和客户对检测数据的需求^[4]。该应用中单批次从报告生成到数据录入LIMS的总耗时1~2 h，数据偏差率<0.05%。

3 串口协议采集

3.1 通信原理与连接方式

串口协议采集基于串口通信协议，常见的有RS-232、RS-485等。通过串口线将仪器的串口与计算机或其他数据采集设备（如数据采集卡）的串口连接，构建数据传输通道。在通信过程中，数据以字节为单位，按照特定的波特率（如9 600 bps、115 200 bps）、数据位、停止位和奇偶校验位等参数进行异步传输^[5]。发送方将数据逐位发送至串口线，接收方依据相同的通信参数，在约定时间间隔内读取数据，完成数据的传输与采集。例如，在使用智能温度传感器进行温度数据采集时，传感器通过RS-485串口将温度数据以ASCII码形式发送给计算机，计算机利用串口通信编程接口（如Windows系统下的SerialPort类）接收并解析数据。近年来也常采用USB转串口或网络串口服务器扩展传输距离与灵活

性, 进一步提升串口协议采集的适配性^[6]。

3.2 优势与挑战

串口协议采集成本较低, 串口线与串口设备价格亲民, 对硬件要求不高, 适用于预算有限的实验室。且其通信协议简单, 易于理解与实现, 开发难度较小, 实验人员经过简单培训即可掌握基本的串口通信编程。同时, 在短距离数据传输场景中, 串口通信稳定性较好, 能有效保障数据准确传输。然而, 串口通信传输速率相对较慢, 在需要高速传输大量数据时, 易出现数据传输瓶颈。传输距离也受限, 如RS-232标准下, 传输距离一般不超过15 m, 不适用于大型实验室中设备与采集端距离较远的情况。此外, 串口通信仅支持一对一或一对多的主从式通信架构, 扩展性较差, 当需要连接多个设备进行数据采集时, 布线与通信管理较为复杂。

3.3 应用实例

在调制乳生产中, 乳糖含量是影响产品口感与营养配比的关键参数, 通常需通过在线折光仪实时监测。在线折光仪安装在乳糖溶解罐的出料管道上, 仪器通过自带的RS-232串口接口, 用屏蔽型串口线直接连接至控制室的工业计算机。双方预设相同的通信参数: 波特率9 600 bps、8 位数据位、1 位停止位、无奇偶校验(乳制品行业此类低速采集场景的常用配置)^[7]。当乳糖溶液流经在线折光仪时, 仪器实时测量其折射率(与乳糖含量呈线性关联), 并将换算后的乳糖含量数据(如“12.5%”)以ASCII码格式, 每2s向计算机发送1 次。计算机通过Visual Basic编写的串口通信程序, 调用Windows SerialPort类接收数据, 解析后在监控界面显示实时浓度值, 并自动存储至本地数据库。若浓度超出预设范围(如11%~13%), 程序会触发声光报警, 提醒操作人员调整溶解罐的乳糖添加量。该方案无需额外购置数据采集卡, 硬件成本仅需百元级串口线, 且开发周期短(1~2 周即可完成程序调试), 完美适配中小型生产线的需求。此实例中数据传输延迟2~5 s, 硬件采购/维护成本为5 种采集方式中最低。

4 传感器自动采集

4.1 工作模式与数据采集流程

传感器自动采集通过在设备关键部位安装各类传感器(如温度传感器、压力传感器、振动传感器等), 实时感知设备运行过程中的物理参数变化, 并将这些变化转换为电信号、光信号等可测量信号^[5]。传感器连接至数据采集模块, 模块对信号进行放大、滤波、模数转换等预处理后, 按照预设的采样频率与传输协议, 将数字化的数据自动传输至计算机或数据存储设备。例如, 在旋转机械实验台中, 在电机转轴处安装振动传感器, 传感器将转轴的振动信号转换为电信号, 经数据采集卡放大、A/D转换后, 以1 000 次/s的采样频率将振动数据传输至计算机, 用于分析设备运行状态、诊断潜在故障。

4.2 技术优势与实施难点

该方式实现了数据的实时、自动采集, 无需人工干预, 大大提高了数据采集的及时性与准确性, 为设备运行状态的实时监测与故障预警提供了有力支持。能对设备运行过程中的多种参数进行全方位监测, 获取丰富的设备状态信息, 有助于深入分析设备性能与运行规律^[8]。但传感器的选型与安装较为关键, 需根据设备运行环境、测量参数类型与精度要求等, 选择合适的传感器, 且安装位置要能准确反映设备关键部位的运行状态, 否则将影响数据质量。此外, 传感器长期使用可能出现漂移、老化等问题, 导致测量误差增大, 需定期校准与维护, 增加了设备维护成本与工作量。

4.3 实际应用情况

在液态奶(如纯牛奶、调制乳)生产中, 近红外光谱仪通常安装在原料乳输送管道或成品灌装前的检测工位, 无需接触样品即可实现成分的快速、无损检测^[9]。以原料乳验收环节为例, 当原料乳通过输送管道时, 近红外光谱仪会发射特定波长的红外光, 穿透奶液后接收反射光谱信号。光谱信号中包含蛋白质、脂肪、乳糖、水分等成分的特征信息, 传感器将光谱信号转换为数字信号后, 传输至数据

采集模块与专用成分分析软件。软件通过预设的校准模型（基于大量标准样品建立），快速解析出原料乳中各成分的含量（如蛋白质含量是否达到 2.9 g/100 mL 的国家标准），整个检测过程仅需 2~3 s，且无需对奶液进行取样、加热、化学试剂添加等预处理。检测数据会实时同步至 LIMS 与原料验收系统。若某批次原料乳成分不达标，系统会自动报警并触发管道阀门切换，将不合格原料乳分流至暂存罐，避免流入后续生产环节造成成本浪费。在成品检测环节，近红外光谱仪可同样快速监测成品奶的成分一致性，确保每一批次产品符合质量标准，同时减少传统实验室检测的人力投入与时间成本（传统检测需 1~2 h，且需消耗试剂）。该应用中单批次检测耗时 2~3 s，与实验室国标方法（高效液相色谱法）的偏差率 < 0.02%。

5 仪器视觉采集

5.1 采集原理与技术实现

仪器视觉采集借助相机、摄像机等成像设备，将实验现象、数据可视化结果等视觉信息捕捉收集，转换为数字图像或视频信号^[3]。成像设备通过光学镜头聚焦目标物体，将光线聚焦在图像传感器（如 CCD、CMOS）上，传感器将光信号转换为电信号，再经过模数转换、图像信号处理等步骤，生成数字化的图像或视频文件存储于存储设备。从技术分类来看，可分为 2D 视觉与 3D 视觉，2D 视觉主要用于平面缺陷检测、尺寸测量等场景，3D 视觉能获取物体三维信息，适用于立体结构检测；在算法应用方面，传统算法（如边缘检测、阈值分割）适用于简单场景，而随着深度学习技术的发展，基于 CNN 的视觉系统在缺陷检测中准确率可达 99% 以上，能处理更复杂的检测任务^[6]。为了从图像或视频中提取有用数据，常需运用图像处理与分析技术（如边缘检测、图像识别、特征提取等算法）。例如，在化学实验中，通过相机拍摄滴定过程中溶液颜色变化的图像，利用颜色识别算法，根据颜色变化的像素点位置与数量，计算滴定终点，获取实验数据。

5.2 应用特点与面临的问题

仪器视觉采集能够直观记录实验过程，获取丰富的细节信息，对于一些难以用传统传感器测量或需要观察实验现象变化过程的实验具有独特优势。可实现非接触式测量，避免对实验对象造成干扰，适用于对实验环境要求苛刻、实验对象敏感的场景^[2]。但图像数据处理量庞大，对计算机硬件性能（如 CPU、GPU 运算能力，内存容量）要求较高，数据处理速度可能影响实时性。图像识别与分析算法的准确性受光照条件、图像噪声、目标物体遮挡等因素影响较大，需要进行大量的算法优化与实验调试，以提高数据采集的可靠性。

5.3 案例分析

在生物细胞培养实验中，使用倒置显微镜搭配 CCD 相机，对细胞生长过程进行实时拍摄记录。通过图像分析软件，识别细胞形态、数量、增殖速率等信息，为细胞生物学研究提供数据支持^[8]。在材料拉伸实验中，利用高速摄像机拍摄材料拉伸过程中的变形情况，通过数字图像相关算法（DIC）分析材料表面的应变分布，为材料力学性能研究提供直观、准确的数据。在乳制品包装检测场景中，采用 200 万像素工业相机（搭配环形光源）对酸奶包装进行检测，拍摄包装封盖平整度、标签印刷清晰度，通过边缘检测算法提取缺陷特征，单批次图像采集+算法分析耗时 5~10 s，缺陷识别准确率 > 95%。

6 数据采集方式对比

6.1 实验设计与方法描述

本研究选某企业乳品实验室为测试场景，围绕乳制品行业核心检测需求（原料乳新鲜度、成品蛋白质/脂肪含量、微生物指标、乳糖含量、包装完整性），对 5 种数据采集方式开展为期 3 个月（2024 年 1—3 月）的实际测试。测试覆盖 100 批次原料乳、50 批次成品乳（纯牛奶/调制乳）及 20 批次发酵乳样本，统一以“数据采集全流程（含预处理）耗时、数据偏差率、单批次检测综合成本”为核心评价指标，确保对比结果的客观性与行业适配性^[4]。具体测

试方法如下。

（1）数据库直接采集：采用乳成分分析仪（FT1、FT3、FTA）作为测试仪器，通过ODBC协议连接Oracle数据库，设置采样频率为每批次检测后即时上传数据，测试中使用SQL语句（如“SELECT protein, fat FROM milk_data WHERE batch_no='20240101'”）提取100 批次原料乳的蛋白质/脂肪含量数据，记录数据提取耗时（从发起查询到数据可用）及与标准方法（凯氏定氮法）的偏差率^[1]。

（2）导出报告采集：使用微生物快速检测系统，对50 批次成品乳的菌落总数进行检测，每批次检测完成后人工导出PDF格式报告，通过OCR工具+人工校对提取数据，记录单批次从报告生成到数据录入LIMS的总耗时、人工操作成本及数据遗漏率^[7]。

（3）串口协议采集：在调制乳生产线的乳糖溶解罐出料管道安装在线折光仪，采用RS-232协议（波特率9 600 bps、8 位数据位、1 位停止位）连接工业计算机，每2 s采集1 次乳糖含量数据，测试100 批次乳糖溶液的浓度监测，统计数据传输延迟（从传感器检测到计算机显示）及硬件采购/维护成本^[5]。

（4）传感器自动采集：在原料乳输送管道安装近红外光谱仪，设置采样频率为2~3 s/批次，实时检测原料乳蛋白（目标值2.9 g/100 mL）、脂肪、乳糖含量，数据经采集模块预处理后同步至LIMS，记录单批次检测耗时、与实验室国家标准方法（高效

液相色谱法）的偏差率及传感器月度校准成本^[9]。

（5）仪器视觉采集：采用200 万像素工业相机（搭配环形光源）对20 批次酸奶包装进行检测，拍摄包装封盖平整度、标签印刷清晰度，通过边缘检测算法提取缺陷特征，记录单批次图像采集+算法分析耗时、缺陷识别准确率（与人工检测结果对比）及硬件（相机+GPU处理单元）采购成本^[6]。

6.2 横向对比分析

基于上述测试结果，从乳制品实验室核心需求维度（适用场景、实时性、精度等）对5 种采集方式进行横向对比，结果见表1。

针对上述5 种数据采集方式，其关键维度对比如下所述：

（1）实时性维度：传感器自动采集（近红外2~3 s/批次）与数据库直接采集（<10 s数据提取）表现最优；导出报告采集因需人工导出+解析，实时性最差，仅适用于非紧急检测场景^[2]。

（2）精度维度：数据库直接采集（依赖精密仪器原生数据）与传感器自动采集（近红外）精度最高，偏差率均<0.02%，符合乳制品成分检测的严苛标准；仪器视觉采集精度受算法优化影响较大，当前缺陷识别率95%~98%，若采用基于CNN的深度学习算法，准确率可提升至99%以上，需通过样本训练进一步优化^[6]。

（3）自动化与维护难度维度：数据库直接采集

表 1 5 种采集方式横向对比结果
Table 1 Horizontal Comparison Results of Five Acquisition Methods

采集方式	适用场景	实时性	精度（与高效液相色谱法间差异）	自动化程度	维护难度	数据类型适配性
数据库直接采集	大批量理化指标（蛋白/脂肪）分析、数据整合	高（< 10 s）	高（< 0.01%）	高	中	结构化数据（数值、曲线）
导出报告采集	中小批量微生物检测、无接口老旧仪器数据	低（1 ~ 2 h）	中（< 0.05%）	低	低	半结构化数据（报告表格、文本）
串口协议采集	中小型生产线基础参数（乳糖浓度、转速）监测	中（2 ~ 5 s）	中（< 0.03%）	中	低	单一数值型数据
传感器自动采集	原料乳验收、成品在线成分检测、发酵过程监测	高（2 ~ 3 s）	高（< 0.02%）	高	高	多维度数值（温度、浓度、光谱）
仪器视觉采集	包装完整性检测、细胞形态观察、应变分析	中（5 ~ 10 s）	中（缺陷识别率>95%）	中	高	非结构化数据（图像、视频）

与传感器自动采集自动化程度最高，可实现“采集-存储-报警”全流程无人干预，但需专业人员维护数据库连接或传感器校准；导出报告采集自动化最低，需人工操作，但维护仅需熟悉仪器导出功能，门槛极低^[4]。

（4）数据类型适配性维度：数据库直接采集适配大规模结构化数据，适合LIMS系统整合；仪器视觉采集是唯一能处理非结构化图像数据的方式，可解决包装检测、微生物菌落形态观察等传统方式难以覆盖的场景；串口协议采集仅适配单一数值型数据，灵活性较弱^[8]。

7 结论

实验室设备数据采集方式丰富多元，且各有明确的适用场景与显著的优劣势，需结合实际需求科学选择。其中，数据库直接采集擅长高效处理大规模结构化数据，但对技术门槛要求较高；导出报告采集操作简便易上手，却存在自动化程度低的短板；串口协议采集成本亲民、通信逻辑简单，但受限于传输速率与距离，难以适配长距离、高速率场景，近年来可通过USB转串口或网络串口服务器提升灵活性；传感器自动采集具备实时性强、监测维度全面的优势，但其实施部署与后期维护均需专业支持，存在一定难度；仪器视觉采集以直观、非接触的特点脱颖而出，且基于深度学习的技术迭代可进一步提升检测精度，却面临数据处理效率与算法优化的核心挑战^[9]。

因此，实验室在选择数据采集方式时，需摒弃“单一方式适配所有场景”的固化思路，围绕自身核心需求制定针对性方案，才能充分释放数据采集的价值。以乳制品行业为例，需根据企业规模、业务场景的差异，构建差异化采集体系。

对于全产业链覆盖、预算充足的大型乳制品企业，建议采用“传感器自动采集+数据库直接采集+仪器视觉采集”的融合方案。通过传感器实时捕捉灌装、杀菌、发酵等关键环节的核心参数，经数据库实现全流程数据存储与分析联动，再结合仪器视觉技术（可引入深度学习算法）完成成品包装质量

检测，最终形成“采集-存储-分析-追溯”的全流程数据闭环管理，保障产品质量与生产效率^[8]。

针对聚焦单一品类、预算有限的中小型乳制品企业，可选择“串口协议采集+核心节点传感器自动采集+辅助环节导出报告采集”的低成本方案。利用串口协议实现乳糖溶解罐、小型发酵罐等设备的基础参数采集，在发酵终点等关键节点部署传感器、提升监测精准度，辅助环节则通过导出报告完成数据归档，在控制成本的同时兼顾生产监测需求，平衡效率与投入^[7]。

而对于以小批量实验为主、对数据多样性需求较高的乳制品研发实验室，“传感器自动采集+导出报告采集+手动补录”的灵活方案更为适配。通过传感器实时记录模拟发酵罐、均质机等设备的实验参数，老旧仪器数据通过导出报告整合，临时新增的检测项目（如感官评分）则通过手动补录完善，满足研发过程中场景多变、数据维度复杂的需求，为配方优化与工艺改进提供全面数据支撑^[2]。

唯有基于场景精准匹配采集方案，才能让数据采集技术真正服务于科研创新、生产提质与教学实践，为实验室向数字化、智能化转型注入强劲动力。

参考文献

[1] 吴芬.数据自动采集与处理的电子信息装置智能感知方法分析[J].信息记录材料, 2025, 26 (2): 165-167.

[2] 王晶.基于互联网的智慧实验室管理平台设计[J].物联网技术, 2024, 14 (10): 97-99.

[3] 王沁竹.温湿度数据实时采集与传输系统设计[J].无线互联科技, 2025, 22 (2): 26-29.

[4] 刘涵宇.信息系统模式在智能制造中的创新应用与挑战分析[J].中国战略新兴产业, 2024 (33): 57-59.

[5] 张伟杰.基于Python技术重大设备感知数采软件设计与实现[J].软件, 2024, 45 (7): 119-121.

[6] 王寿震.数据采集接口的分析与应用[J].仪器仪表用户, 2022, 29 (12): 100-103.

[7] 林波.自主可控平台数采系统的可信中控设计与实现[D].绵阳: 西南科技大学, 2024.

[8] 李雪晶, 马利军, 刘萍萍, 等.乳及乳制品智慧实验室标准体系研究[J].中国乳业, 2023 (11): 81-84, 90.

[9] 王子亮, 王继荣, 李杰.“智慧化”在实验室管理中应用的初探[J].中国检验检测, 2024, 32 (3): 8, 60-62.