数据采集系统在车间环境控制中的应用

陈松林

广东燕塘乳业股份有限公司，广东广州 510000

摘　要：乳制品富含适合微生物生长所需的营养物质，易受微生物污染。微生物污染尤其是霉菌和酵母污染是乳制品生产中的一大难题。实施最佳的杀菌方法固然至关重要，但工作环境的管理同样不容忽视。乳制品车间的环境是保障食品质量的重要因素，确保各项空间参数在食品加工中保持稳定非常重要。然而，在日常工作中，由于空间体积庞大、设备布局紧凑和工作流程复杂等多种因素相互影响，空间空调机组所设置的环境参数并不总是与每个位置的实际数值相符，因此车间的空间数据始终处于动态平衡状态。如何有效减少空间温湿度、压差、风量、酸碱性的异常波动，以及如何实施更精细化的控制措施，是空间环境管理面临的一大挑战。本研究通过引入数据采集系统，实现对车间环境的精确控制，以最大程度控制霉菌和酵母的生长，保障产品质量。

关键词：数据采集；车间环境；应用

文章编号：1671–4393（2025）03–0077–07　　DOI:10.12377/1671–4393.25.03.13

中国乳业线上阅读

0 引言

为确保食品安全和产品品质、延长货架期，需根据乳制品生产特点预防和控制微生物污染。生产设备和环境状况与微生物繁殖生长密切相关，实现乳制品车间环境的过程控制、动态控制和全天候控制是提升产品质量、降低食品污染风险的关键，也是食品微生物污染源分析必然要求。随着信息技术的不断发展，传统制造行业数据化程度方面不断完善，信息技术逐渐融入生产，乳制品制造逐步走向智能化。车间环境控制结合数据采集系统能显著提高车间环境控制的有效性、针对性和实时性，建立严密的监控网，确保生产过程的稳定性和产品质量的一致。本研究建立数据监控系统可动态监控洁净车间的温湿度等环境参数，降低微生物（如霉菌和酵母）污染风险，全面系统地保障产品质量。

1 数据采集系统

数据采集，亦称数据获取，是借助一种装置，将系统外部数据采集并输入到系统内部的过程。数据采集系统是采用网络系统进行生产设备联网，并构建一个车间生产现场综合数据的交换平台，包括

作者简介：陈松林（1988–），男，广东汕头人，本科，食品工艺工程师，研究方向为食品科学与工程。

设备状态采集、车间工况数据采集和生产数据交换等功能，其数据采集软件、工况数据采集器可最大程度采集满足生产管理所需的工况数据，实现资源信息共享[1]。

数据采集的基础是数据的精准测量，被采集数据是已转换为电讯号的各种物理量，如温湿度、气压、光照强度、噪音水平、水位、用水量、风速和风向、粉尘浓度、有害气体种类和含量、空间颗粒物，甚至空气中的霉菌孢子等。采集系统每隔一定时间（采样周期）对同一位置数据重复采集。采集数据大多是瞬时值，或是某段时间内的某一特征值。数据测量元件多种多样，但不论采用哪种方法和元件，均以不影响测量环境和被测对象状态为前提，保证数据的准确性。

目前，数据采集系统广泛应用于各领域，在食品企业的作用日益凸显。它不仅为制造执行系统（MES）、企业资源管理（ERP）、产品生命周期管理（PlM）和产品质量追溯系统[2]等提供数据支持，还能统计和分析生产相关的关键数据，如采购与库存管理、生产计划和损耗控制、设备故障率和综合利用率（OEE）统计分析、设备预防性维护保养周期管理、产品质量合格率、能源消耗控制等。同时可用于空间人员、机器、物料、环境连续性监控，实时引导、响应和报告空间管理动态。将其应用于车间环境监控能极大提升空间环境掌控能力，进一步提高生产环境的质量和稳定性。

2 车间环境监控的主要内容

车间环境监控是保障食品质量的重要环节。环境参数数据对车间微生物污染分析提供数据支持，在企业环境污染控制和风险评估中有重要意义。

2.1 监控压差

生产厂房设计布局需确保合理合规，若不同洁净区域分割不合理，人流、物流控制不当，可能导致洁净环境受污染，大量微生物孢子侵入，导致产品污染[3]。同时，车间应保证不同级别区域与外界有适当压差范围，确保气压高于外部环境，避免外部气流逆串。通常，空气应由清洁度要求高的区域流向清洁度要求低的区域，防止污浊空气携带微生物污染进入洁净空间。清洁作业区和一般作业区之间的压差应保持正压10 Pa以上[4]。

2.2 监控温湿度

乳制品加工环境中，洁净车间通常将温度设置为20～26 ℃，湿度控制在30%～65%。较高的温湿度有利于霉菌和酵母的长期存活。霉菌属于嗜中温菌，大多数霉菌繁殖的最适温度为25～30 ℃。洁净车间环境设置的温度通常略低于霉菌和酵母生长繁殖的最适温度，但并不能有效抑制霉菌和酵母的生长繁殖，因此湿度成为控制霉菌和酵母生长的关键措施之一。车间湿度应避开微生物最适宜的生长条件，最大限度保证环境中微生物可控并维持在最低水平。通常，将湿度控制在55%以下能有效抑制车间环境中霉菌和酵母的繁殖生长。

温度是发酵食品工艺控制的关键参数，发酵食品如酱油、酸奶、豆豉、腐乳、酒、茶等，企业在发酵环境温度控制中应用数据采集系统，通过监测发酵过程，能够更清晰地探究发酵环境中的微观变化，实现更精细化的控制，优化发酵环境的传热途径和方式，从而生产出色、香、味、口感俱佳的产品。例如，在采集发酵环境的温度变化时，可同时采集发酵乳中的温度变化，并制作发酵过程温度曲

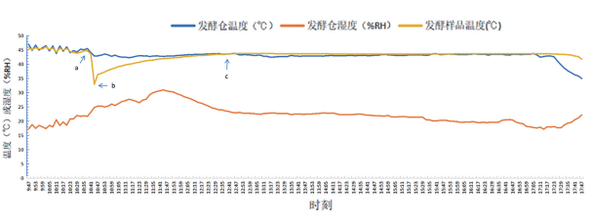


图 1 2025 年某日采集的发酵仓的参数与该环境下发酵样品温度趋势图

注：a点：样品进入发酵仓；b点：样品开始吸收发酵仓热量；c点：样品在发酵仓换热达到平衡。由a、b、c三点围成的三角形面积可显示换热效率，面积越小，换热效率越高，反之越低。根据样品发酵后的风味状态可探究适合的发酵温度曲线模型，指导发酵空间的硬件建设

中国乳业编辑部

线进行横向对比，探究热能在环境与产品间的交互换热作用，优化风机设备的制热参数、产品的摆放布局或调整产品外包装箱的镂空面积，实现更高的换热效率，更低的生产能耗，达到最佳的产品风味状态。

2.3 监控消毒剂量

空气作为重要的环境因素，其中的霉菌和酵母可随空气流通直接与发酵乳接触，故而定期对洁净车间空气进行消毒是非常重要的环节。有些细菌产生的芽孢具有极强的抗逆性，通常用消毒剂难以将其杀灭，会在生产环境中不断富集。定期采用杀孢子剂等强效措施对污染严重及关键区域进行消毒，才能保证良好的车间环境。在此过程中，需监控空间存在消毒剂量，避免浓度波动或不足造成杀灭不彻底而产生抗逆性。数据采集仪器检测比应用化学检测、物理检测和生物检测法更简便、快捷。

2.4 监控光照强度

光照强度影响特定区域的视觉效果和对光敏感的操作环节，合适的光照强度有助于提高人员的工作效率，减少视觉疲劳，一定程度上降低工伤的发生概率，同时创造相对敏锐的质量监控环境，避免昏暗环境中视觉效果不佳造成质量事故。

2.5 监控烟尘

采集车间环境中烟尘数据并及时预警对车间质量管理有重要意义。洁净车间中某些设备的改造或增设，如烧焊、切割、施工产生的烟尘可能会落在产品或包装材料上，造成污染，影响产品的性能、外观或卫生指标。因此，监控烟尘有利于维持车间的洁净度，避免产品质量受其影响。另外，数据采集系统应用于智能化火灾监控系统时，能提前锁定火灾隐患，有效降低火灾、爆炸等事故发生的可能性，也能在火灾发生时及时报警[5]，为企业的安全生产保驾护航。

3 数据采集系统在车间环境温湿度控制中的应用实践

3.1 布局车间环境数据采集点

车间环境温湿度受空间大小、生产工艺流程、管道设备分布以及空调风机工作模式等多因素影响，各区域有所差异。因此，合理布局数据采集点至关重要。通过调查确定湿度超标区域，平均分布数据监控点，广泛布设温湿度监控网络，确保采集点的数据能代表车间环境总体水平。

在数据超限报警系统设置方面，由于车间现场噪音较大，一般闪光报警比声控报警更合适。数据可视化屏幕应设置在班组长或管理人员较集中的地点，根据不同数据限度显示不同颜色，方便目视化监督与管理。

3.2 完善监控的制度

数据采集系统具备强大的数据采集能力，根据工作现场需求设置相应的采集频率。采集数据后，必须明确监控责任的归属问题，这便需要完善数据采集系统的各级监督制度。

首先，一旦现场出现仪器报警，班组长应立即介入，采取正确措施调查和处理，通过纠偏操作尽可能使温湿度恢复至正常水平。其次，QA人员需定期分析数据，每周或每月调取数据展开深度分析，一旦发现异常，及时商讨短期与长期应对策略。再次，品控部门对车间环境监测结果（如霉菌超标、沉降菌超标等）出现风险预警时及时反馈生产部门并提出改善建议，区域主管应及时有针对性地调取数据分析追溯原因并改正[6]。

3.3 日常监督与维护

3.3.1 通过目视化管理实时监控与预警

数据采集系统能实时监控环境参数（如温湿度、压差等），这些参数是影响霉菌生长的关键因素。数据分析可预测微生物潜在风险，提前采取预

中国乳业线上阅读

防措施。日常动态监控车间温湿度可设置超标现场报警或远程手机报警，及时督促纠偏。将车间空间湿度控制在标准以下，规范灌装间的清洁卫生操作，减少不必要的冲水、喷淋行为，及时拖干地面水迹。针对设备排水过多的区域，采取阻挡或引流方式，尽可能减少地面低洼处积水。图2为数据采集系统显示模块中的各区域实时采集的环境参数。

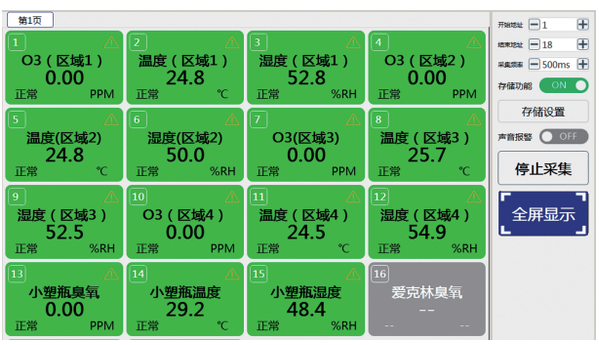


图 2 各区域实时采集的环境参数

3.3.2 比对历史数据，定期分析监控数据

反查异常数据，回溯任何时间、地点的数据，及时采取纠偏措施。随着食品工厂对霉菌和酵母的认识加深，会针对性地制定控制霉菌和酵母的措施如水分与温度控制，消杀措施等，但在执行过程中，效果验证总是缺少评价依据。如今，利用湿度采集的数据不仅可对某个空间进行时间纵向分析，还能横向对比不同空间的数据差异，作为控制措施的辅助判断。

例如，2024年3月采集的某车间湿度参数（图3）与2024年6月采集的某车间湿度参数（图4）所示，对比分析两份数据采集系统采集的湿度数据，2024年3月总体车间湿度控制优于6月。3月湿度波动范围在40%～50%，仅出现1 次湿度异常飙升。而6月总体湿度相对3月偏高，波动范围在50%～60%，出现12 次湿度异常飙升情况，下旬情况有所好转。另外，趋势线偏粗，表明每天湿度超过标准的时间相比3月长。

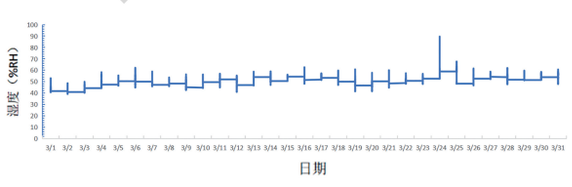


图 3 2024 年 3 月采集的某车间湿度参数

注：竖线表示湿度/温度在该时间内波动，高点表示湿度/温度波动上限，低点表示湿度/温度波动下限。横线表示湿度/温度在该时间内处于动态平衡，由于波动小而趋向一条折线。线段的长度表示持续时间长短，下同

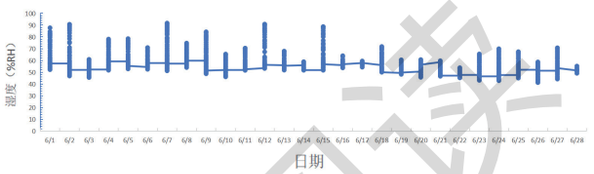


图 4 2024 年 6 月采集的某车间湿度参数

追溯异常数据，发现原因如下：2024年6月降雨多于3月，比往年同期偏多，而空调机组参数仍按往年同期水平设置，未随外部环境变化进行调整，超过空调机组自身纠偏能力。此外，6月上旬该车间加强消毒措施，空间消毒喷雾频率增加，导致湿度规律性提高，经评估，该措施对空间环境质量影响较小，可继续执行，仅需降低操作频率即可。

如图5所示，分析车间1和车间2整季度的温度数据采集结果。两区域空间指标基本均在正常范围内波动，车间2温度波动幅度大于车间1，有时甚至接近临界温度。根据时间点探讨追溯当时的生产环境，调查是否属于正常操作因素，如是否开机数量较多导致热量散发空间大、是否进行定位清洗（CIP清洗）或空调机组故障等，进一步优化设备、改进清洗工艺或培训操作人员等。同时探讨缩小温度波动幅度的可能性，使温度稳定在最利于生产的工艺条件。这有助于提高生产效率、保证产品质量，降低温度波动可能带来的风险。

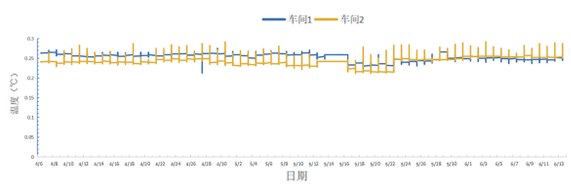


图 5 2024 年 3—6 月采集的某两个车间温度参数对比

3.3.3 定期备份数据，确保安全

相较于翻找往年同期的纸质记录表，采集系统

中国乳业线上阅读

快速调取往年同期数据更高效。通过表格制作与图形绘制，快速分析当年车间环境状况，对比相关质量数据，推测当期空间环境对产品的风险程度。数据的重要性决定了车间需定期监测、管理和备份数据，防止数据丢失。数据应存储在安全位置，定期测试调取数据流程，确保其有效性。另外，还需严格设定不同人员的访问与操作权限，确保数据的安全性和保密性。无纸化存储数据更利于现场管理、筛查和比较历史数据，更符合节能环保，绿色发展理念。

3.3.4 定期计量数据采集传感器的重要性

数据采集系统的数据失真可能由多种原因引起。首先，传感器精度和稳定性可能随时间的推移而下降，导致采集数据偏离实际值。其次，电磁干扰、车间施工、保洁操作等可能触碰采集仪器，由此引发的系统故障、软件错误也可能导致数据失真或丢失。因此，车间需定期巡查数据采集传感器、线路等硬件，确保其正常运行，并按规定的周期进行辅助校正，比对简易设备的测量数据是否一致，避免数据失真或丢失，失去车间环境监控能力，引发品质问题。

4 车间环境控制中数据采集系统的应用效果

4.1 数据准确性高

当前，温湿度采集系统测量误差微小，具备较高的精度值，在数据一致性、重复性和稳定性方面表现良好。数据采集仪器有有线跟无线两种数据传送模式，传统有线温湿度采集装置存在明显缺点，如功能较简单、布线复杂、计量检定校准不方便，线缆交错容易藏污纳垢等[7]。相较而言，无线温湿度采集系统采用传感器技术和无线通信技术，能避开布线缠绕麻烦，功能扩展更便捷，可充分满足车间环境监控的需求。

4.2 避免近距离接触空间消毒剂，降低伤害风险

车间环境消杀常用臭氧或过氧乙酸等强氧化性消毒剂。臭氧是一种强氧化性气体，对人体眼和呼吸器官有强烈刺激作用。空气中臭氧浓度较高时，人员会出现头痛、恶心等症状。因此，消毒时应尽量避免人员在车间环境中逗留。臭氧浓度测量对空间消杀效果的评定非常重要，但在臭氧环境下，即使佩戴多重防护用具测量臭氧浓度也有风险。因此数据采集的应用能有效避免人员受伤，还能远程显示臭氧浓度值并绘制臭氧浓度曲线，使消杀实时情况一目了然。另外，高浓度消毒水在空间喷雾消毒时，也会引起人员呼吸急促等剧烈反应，而数据采集系统在消毒水浓度监测方面也发挥着重要作用。在不影响人员健康的情况下，千里之外都能准确监测车间环境实时消毒的效果，为车间环境安全提供有力保障。

4.3 解放劳动力，实现无纸化记录

生产过程中，现场数据采集是品质管理中至关重要的一环，良好的数据采集方案能将品质管理人员（QA）从繁重的数据处理工作中解放出来，有更多时间去解决更迫切的问题。同时，在线数据采集系统能真正实现实时监控，以便尽早发现问题并报警，避免更大的损失。

洁净车间传统的机械或电子温湿度表通常数量众多，分布在不同角落，人员的数据监控记录工作繁琐、耗时耗力。发酵类产品对发酵环境温湿度要求更高，常需连续监控。人工记录不仅在发酵温度偏离时难以做到及时预警，而且一般发现异常时为时已晚，在品质回溯或数据研究方面也有所缺失。而在应用数据采集系统后，可节省人工每天往返记录空间数据的时间，提高人工监控效率。同时避免工作人员记录疏忽错漏、记录不及时等问题。

4.4 综合数据分析，探讨组合消毒程序，优化车间消毒措施

车间环境的杀菌是一个多因素相互影响的复杂过程，数据采集系统能在该过程中发挥更全面的作用。深入考察酸碱性、臭氧和温湿度等因素间的相

中国乳业线上阅读

互影响，可探究温湿度与臭氧、消毒水、有机质等多因素配合杀菌的效果。如喷雾消毒时，在酸性环境下，随着pH值下降，臭氧杀菌效果是否增强；温度下降是否有利于提高臭氧杀菌效果；湿度低于45%时，臭氧对空气中的细菌是否没有明显杀菌作用，而湿度升至60%～80%时，臭氧是否有强烈杀菌作用；有机质含量多的环境是否可提高微生物对臭氧的抗性；细菌是否比酵母和霉菌更易被臭氧杀死等。数据采集系统在探讨最优杀菌工艺方面更有数据分析优势。相比传统方法，它能更迅速、更高效地确定最适合的车间微生物控制方案。通过收集和分析大量数据，能准确把握各种因素对杀菌效果的影响，为制定科学合理的杀菌方案提供有力依据，更好地保障车间环境卫生安全，提高产品质量。

4.5 高效实时性，即时纠偏，可追溯性强

加工设备及环境中的霉菌和酵母是发酵乳污染的主要原因之一 。在湿度较大的发酵乳生产车间，地板、天花板、墙壁和地漏等容易滋生霉菌和酵母[8]。传统定时定点查看温湿度记录数据明显滞后，纠偏往往不及时，而数据采集系统能实现高效率、简洁准确且实时呈现数据，这与现场环境工作需求高度契合。

控制环境参数并非仅限于某个特定时间点，而要贯穿于全天候的执行过程。数据采集系统相当于环境的巡检人员，数据超标时能通过灯光或警报器报警，及时通知现场人员纠偏，将参数纠正回正常水准。

数据采集系统具备精准数据记录能力，能记录每个生产批次的环境数据，且存储期长、调取方便。这一优势使产品追溯与反查更容易，能具体追溯到某批次产品的生产环境，精确到生产具体时点。在产品生产过程中，这种强大的可追溯性为高质量产品生产环境提供了重要数据参考。

4.6 提高生产效率和生产稳定性

为确保某些乳制品包材，尤其是纸类包材的机器生产顺畅，保持特定的温湿度至关重要。若温湿度不当，包材偏软或偏硬都易引发生产不顺畅，甚至导致产品封口瑕疵。如塑杯外的标纸受潮，标纸尺寸变形可能导致设备堵标和卡标；屋型纸盒含水率不在合格范围也可能带来封口不良的风险。

车间温湿度采集系统的及时报警功能和环境参数纠偏措施，显著降低了设备与包材在异常工作环境下运行的概率，有效预防了设备故障的发生，降低了产品质量风险。这极大提高了产品的生产效率，确保生产过程的稳定与可靠，为企业高效生产和高质量产品供应市场提供了有力保障。

5 结语

数据采集系统的应用显著提高了车间空间数据的准确性和实时性，最大限度确保酶菌和酵母控制措施得以执行到位，并可对执行效果进行论证。同时，实现了数据长期存储和备份查找，提高了数据追溯能力，有利于管理者实时查看和分析生产状态，提升管理水平。目前，数据分析模块仍需人工参与以确保准确性。

展望数据采集未来的发展趋势，智能化仍是重要方向之一。数据采集设备将与其他智能设备系统化融合，实现更紧密的互联，形成完整的工业物联网生态系统，实现全面智能化生产和管理。数据采集将更智能，能更精准地分析现场操作的科学性，自主调节温湿度、压差等参数，并通过无线物联网技术实现设备（如空气消毒机、地面除尘设备、拖地机、空气除湿机、臭氧消毒机、空间喷雾机等）超远程监控和消毒，精准定制车间环境控制方案，使车间环境保持良好的受控状态，全面提升产品质控水平和市场竞争力，推动企业智能制造进程的发展。

参考文献

[1] 周本华，吴旭光，郭培龙，等.现场数据采集技术及在智能制造系统中的应用[J].制造技术与机床，2016（6）：33–39.

[2] 王佩蓓.智能制造中的产品质量追溯系统设计[J].集成电路应

中国乳业线上阅读

用，2025，42（1）：210–211.
[3] 杨国栋，张微，杜成刚，等.发酵乳加工过程中霉菌和酵母的控制[J].中国乳业，2019（10）：64–68.
[4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会，国家市场监督管理总局. GB 12693—2023 食品安全国家标准 乳制品良好生产规范[S].
[5] 孙丛.智能化火灾监控系统火灾信号处理算法分析[J].求知导刊，2015（11）：51.
[6] 杨红梅，夏世仁.影响酸奶质量的真菌分析及防止措施[J].新疆畜牧业，2011（8）：52–55.
[7] 张鹏飞，曾波，赵航，等.无线温湿度采集系统的研制[J].工业仪表与自动化装置，2021（4）：81–86.
[8] 张祁，裴晓燕，黄小平.发酵乳霉菌酵母污染和控制的研究进展[J].食品安全质量检测学报，2019，10（5）：1133–1137.

Application of Data Acquisition System in Workshop Environmental Control

CHEN Songlin
Guangdong Yantang Dairy Co.，Ltd.，Guangzhou Guangdong 510000

Abstract：Dairy products are rich in nutrients suitable for microbial growth and are susceptible to microbial contamination. Microbial contamination，especially fungal and yeast contamination，is a major problem in dairy production. While the implementation of optimal sterilisation methods is essential，the management of the operating environment cannot be ignored. The environment of dairy workshops is an important factor in ensuring food quality，and it is very important to ensure that the spatial parameters remain stable in food processing. However，in daily operation，due to the interaction of many factors such as large volume，compact equipment layout and complex workflow，the environmental parameters set by the space air conditioning unit are not always consistent with the actual value of each location，so the spatial data of the workshop is always in a dynamic balance state. Therefore，how to effectively reduce the abnormal fluctuations of space temperature and humidity，pressure difference，air volume，acidity and alkalinity，as well as how to implement more refined control measures，is a major challenge for space environment management. In this study， a data acquisition system was introduced to achieve precise control of the workshop environment， in order to control the growth of fungal and yeast to the greatest extent and ensure product quality.

Keywords：data acquisition；workshop environment；application

中国乳业线上阅读