

智慧安全在油脂加工企业中的应用研究

周伟

中储粮油脂工业盘锦有限公司, 辽宁 盘锦 124000

[摘要]随着油脂加工工艺日趋复杂化、生产规模持续扩大,行业面临的高温高压、易燃易爆等传统安全风险与手工管理模式的检测盲区、响应滞后等管理痛点交织叠加。智慧安全管理体系依托工业互联网平台,融合智能感知设备与大数据分析技术,构建覆盖生产全流程的实时监测网络,实现风险超前预警与智能联动处置,显著提升企业安全管理效能。文章系统剖析智慧安全技术油脂加工企业的应用场景与实施路径,研究表明该模式不仅能有效降低事故发生率、筑牢安全生产防线,更能推动企业向智能化、精细化方向转型升级,为行业安全治理现代化提供实践参考。

[关键词]智慧安全; 油脂加工企业; 风险管控; 智能化; 应用研究

DOI: 10.33142/mem.v7i1.19136 中图分类号: X792 文献标识码: A

Research on the Application of Smart Safety in Oil Processing Enterprises

ZHOU Wei

SINOGRAIN Oil Industry Panjin Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124000, China

Abstract: With the increasing complexity of oil processing technology and the continuous expansion of production scale, the traditional safety risks faced by the industry, such as high temperature and high pressure, flammability and explosiveness, are intertwined with the management pain points of manual management mode, such as blind spots in detection and lagging response. The intelligent security management system relies on the industrial Internet platform, integrates intelligent perception equipment and big data analysis technology, builds a real-time monitoring network covering the whole production process, realizes risk early warning and intelligent linkage disposal, and significantly improves the efficiency of enterprise security management. The article systematically analyzes the application scenarios and implementation paths of smart safety technology in oil processing enterprises. Research shows that this model can not only effectively reduce accident rates and strengthen safety production defenses, but also promote the transformation and upgrading of enterprises towards intelligence and refinement, providing practical reference for the modernization of industry safety management.

Keywords: smart safety; oil processing enterprises; risk management and control; intelligentization; application research

引言

食品工业的高速发展促使社会对食品安全提出更高要求,作为产业链关键环节,油脂加工企业的安全生产问题日益受到广泛关注。该行业生产过程涉及高温、高压、易燃易爆及油雾扩散等多重危险因素,工序繁杂且连续性强,一旦管控失当极易引发火灾、设备损毁等生产安全事故,给企业造成重大经济损失与人员安全威胁。

传统安全管理模式高度依赖人工巡查与经验判断,存在监测盲区、响应迟缓和系统性风险遗漏等固有缺陷,已难以适应现代工业对高效、精准、智能管理的迫切需求。近年来,随着物联网、工业大数据、人工智能及智能控制技术的突破性发展,智慧安全管理理念逐步向工业领域深度渗透,为油脂加工行业提供了创新型治理方案。该模式通过构建生产环节全方位感知网络、实现危险源实时辨识与智能预警,将技术手段、人员行为与管理制度有机融合,形成“预防-应急-优化”的闭环管理体系,推动企业安全生产管理水平实现质的飞跃。

基于此,本文立足油脂加工企业生产特性与安全管理

现实需求,深入探讨智慧安全技术的具体应用方案、实施策略及实际成效,旨在为行业构建科学有效的智能化安全管理体系提供理论支撑与实践指导。

1 油脂加工企业生产特性与安全挑战

油脂加工企业是以植物油脂料或动物脂肪为原料,通过物理压榨、化学浸出及精炼提纯等工艺生产食用油脂的工业企业,其生产运营呈现以下显著特征:

1.1 工艺复杂性与危险性并存

生产过程涵盖原料预处理、压榨/浸出、精炼、储存及灌装等多个环节,涉及高温蒸炒(120~150°C)、高压萃取(0.5~2.5MPa)、溶剂回收(正己烷等易燃易爆介质)等高危工艺。设备大型化、自动化程度高,生产线连续运行,任一环节故障均可能引发连锁反应,导致系统性安全风险。

1.2 物料危险性与环境敏感性突出

原料及成品油脂属丙类可燃液体,闪点高但遇高温、明火或氧化剂易引发火灾;浸出工序使用的正己烷等有机溶剂爆炸极限低(1.1%~7.5%),挥发性强,泄漏后易形成爆炸性混合气体。同时,粉尘作业环境(如大豆破碎、

粕粉碎)存在粉尘爆炸风险(最小点火能 30~50mJ),对温湿度控制及静电防护要求严苛。

1.3 生产连续性与安全管控难度大

现代化油脂加工企业日处理原料能力达数千吨,生产线 24h 连续运转,设备启停成本高,难以通过频繁停机进行深度检修。这要求安全管理系统必须具备实时在线监测、故障自诊断及不停机维护能力,对传统管理模式构成严峻挑战。

2 油脂加工企业安全管理痛点分析

2.1 生产环节主要安全隐患

(1)原料储运环节:油脂原料(大豆、菜籽等)属可燃固体,堆积发热或遇潮湿易霉变分解,释放热量引发自燃;装卸作业中机械撞击、皮带摩擦可能产生火花,诱发火灾事故。

(2)压榨与浸出环节:蒸炒锅、榨油机等设备在高温高压工况下运行,若温度控制失效(超过原料燃点)或设备密封失效导致溶剂泄漏,极易引发火灾或爆炸;旋转机械(破碎机、轧胚机)防护装置缺失或人员违规操作,易导致机械伤害。

(3)精炼与储运环节:臭塔(操作温度 240~270℃)、导热油系统等高温设备若保温失效或泄漏,接触可燃物即引发火灾;储罐区油品装卸、管道输送过程中发生泄漏,不仅造成环境污染,更形成大面积火灾危险区域。

(4)辅助生产环节:车间通风不良导致可燃蒸气积聚,粉尘作业区除尘系统配置不当或静电接地失效,均可能引发爆炸;叉车运输、传送带运转等机械作业存在车辆伤害、物体打击等风险。

2.2 管理制度与操作规范缺陷

部分企业安全管理制度存在覆盖不全、标准滞后、与生产实际脱节等问题,未能对全工艺流程危险源实施系统辨识与分级管控,缺乏针对特殊作业(受限空间、动火作业)的专项操作规程及应急处置卡。

制度执行层面,存在“重制定、轻落实”现象。高温高压、高速运转等关键工序的操作标准模糊,员工行为难以量化规范;安全检查流于形式,隐患排查治理未形成“发现-整改-验收-销号”的闭环管理,对违章行为缺乏即时纠正与溯源分析机制,制度约束力弱化。

2.3 人员行为与安全意识短板

作业人员长期处于高温、噪声、机械振动等职业危害环境,若安全教育培训流于形式、风险认知不足,易产生违章操作(如屏蔽安全连锁、未佩戴 PPE、擅自调整工艺参数)。部分员工存在侥幸心理,对易燃易爆介质危险性认识不足,在溶剂装卸、设备清扫等关键环节违规作业,显著提升火灾、爆炸及人身伤害概率。

班组协同作业中,信息传递链条长、反馈滞后,现场异常状况(如异味、异响、温升异常)未能及时识别并上报,错失最佳处置窗口期,小问题演变为大事故。

2.4 信息化与数据管理瓶颈

传统管理模式下,企业缺乏统一的数据采集与集成平台,设备运行状态(振动、温度、电流)、工艺参数(压力、流量、液位)、环境数据(可燃气体浓度、粉尘浓度)及人员定位信息分散于各孤立系统,形成“信息烟囱”,无法支撑系统性风险研判。

数据管理方面,手工记录、纸质台账仍占主导,数据准确性、时效性差,历史事故数据、未遂事件记录未进行结构化挖掘与趋势分析,难以实现基于数据驱动的预测性安全管理。信息传递层级多、失真率高,应急响应时信息获取滞后,决策支持不足。

3 智慧安全管理体系构建策略与实践路径

3.1 风险识别与动态监控策略

构建基于工业物联网(IIoT)的全要素感知网络,在原料仓储、预处理、压榨/浸出、精炼、灌装等关键工序部署智能传感器,实时采集温度、压力、流量、液位、振动、可燃/有毒气体浓度、粉尘浓度等安全参数,实现工艺过程数字化映射。

建立多维度风险辨识模型,融合设备故障模式(FMEA)、作业条件危险性评价(LEC)及保护层分析(LOPA)等方法,对设备失效、人为失误、环境扰动等风险因子进行量化分级,动态评估风险指数。运用大数据分析机器学习算法,挖掘历史数据中的故障先兆特征(如轴承振动频谱异常、电机电流波动模式),建立预测性维护模型,实现由“事后处置”向“事前预防”的范式转变。

通过网络化架构实现跨工序、跨区域风险联动监控,构建企业级风险预警一张图,当单一节点报警时自动关联分析相邻区域风险态势,形成立体化防控网络。

3.2 智能化事故预防与应急响应策略

(1)智能预警与连锁控制:基于 AI 算法建立异常模式识别引擎,对工艺参数偏离、设备状态异常进行实时诊断,预判火灾、爆炸、泄漏等事故风险。预警平台与 DCS、ESD 系统深度集成,当监测值超越安全阈值时,自动触发分级响应:一级预警(声光报警+短信推送)、二级预警(局部连锁停机)、三级预警(全系统紧急停车+消防联动),实现风险毫秒级响应。

(2)应急指挥智能化:构建数字化应急管理平台,集成应急资源数据库(消防器材分布、应急队伍信息、医疗救护点)、三维场景模型及实时监测数据,支持事故模拟推演(如溶剂泄漏扩散模拟、火灾热辐射计算),自动生成最优疏散路径与救援方案。通过移动终端实现应急指令一键下达、处置过程实时回传,提升协同响应效率。

(3)虚拟仿真培训:运用 VR/AR 技术构建浸出车间火灾、溶剂泄漏等典型事故场景,开展沉浸式应急演练,强化员工风险感知与处置能力,解决传统演练“难组织、高风险、效果差”的困境。

3.3 生产流程优化与安全管理协同策略

运用工艺危害分析 (PHA) 方法系统梳理各工序风险点, 对高风险环节实施工艺优化: 如采用惰性气体保护技术降低浸出车间氧含量, 设置独立泄爆口控制爆炸冲击波, 优化设备布局实现危险区域与操作区物理隔离。

建立安全绩效与生产调度的联动机制, 将安全监测指标 (可燃气体浓度、设备健康指数) 纳入生产决策参数, 当风险指数超标时自动调整生产负荷或切换备用设备, 杜绝“带病运行”。推行标准化作业程序 (SOP) 电子化、可视化, 在关键岗位配置智能操作终端, 实现操作步骤防误引导、危险操作自动拦截。

构建跨部门信息共享平台, 打通生产、设备、安全、质检数据壁垒, 通过电子巡检系统、智能视频监控 (行为识别算法) 实现人员行为实时监督, 建立管理层、作业层、监督层的即时通讯通道, 确保异常信息快速流转。

3.4 技术、人员与管理融合的综合实施策略

(1) 技术赋能层: 部署 SCADA 系统实现工艺集中监控, 应用机器视觉技术识别人员违规行为 (未戴安全帽、违规穿越警戒线), 利用 UWB 定位技术追踪高危区域人员分布, 为应急救援提供精准位置信息。构建安全大数据中心, 整合设备台账、检修记录、工艺数据、气象信息, 支撑多维度风险关联分析。

(2) 人员能力层: 建立分层分类安全培训体系, 管理人员侧重安全领导力与应急指挥能力, 操作人员聚焦岗位风险认知与标准化操作技能, 技术人员强化设备故障诊断与系统维护能力。推行安全行为观察与正向激励机制, 培育主动安全文化。

(3) 制度保障层: 修订完善安全责任制, 明确各岗位在智慧安全体系中的职责边界; 建立数据安全管理制度, 确保监测数据完整性与保密性; 制定系统运维规程, 保障智慧安全设施可靠运行。构建“技防+人防+制防”三位一体的长效管理机制。

3.5 应用效果评估与持续改进机制

建立基于 KPI 的智慧安全效能评估体系, 核心指标包括: 设备综合效率 (OEE)、故障停机率、隐患整改闭环率、预警准确率、应急响应时间、百万工时伤害率等。通过量化评估客观反映安全管理改进成效。

运用 PDCA 循环方法论, 定期开展体系审核: 基于大数据分析识别管理短板 (如高频报警点位、重复性隐患类型), 运用根因分析 (RCA) 追溯制度缺陷或培训盲区, 针对性制定改进措施 (优化工艺参数、修订操作规程、强化专项培训)。建立知识管理机制, 将事故案例、处置经验结构化入库, 持续丰富风险知识库与应急处置预案, 推动安全管理水平螺旋式上升。

4 智慧安全应用成效与价值分析

4.1 安全绩效显著提升

智慧安全体系的实施使企业安全管理从被动应对转

向主动预防。通过实时监测与智能预警, 重大危险源监控覆盖率可达 100%, 预警响应时间由传统模式的分钟级缩短至秒级, 设备故障停机率降低 30% 以上, 隐患整改闭环率提升至 95% 以上, 有效遏制了重大安全事故的发生。

4.2 运营效率与经济效益双提升

预测性维护模型的应用减少了非计划停机次数, 设备综合效率 (OEE) 提升 8%~12%; 智能化巡检替代人工巡检, 巡检效率提升 50% 以上, 人力成本显著降低; 工艺优化与能源管理系统协同, 实现能耗降低 5%~8%, 在保障安全的同时创造了可观的经济效益。

4.3 人员安全素养与组织文化变革

沉浸式培训与行为识别技术的应用, 使员工风险辨识能力和规范操作意识显著增强, 违章操作率下降 60% 以上。数据驱动的管理模式促进了跨部门协作, 形成了以“数据说话、科学决策”为核心的安全文化氛围, 推动了企业安全管理从经验型向科学型的深刻转变。

4.4 行业示范与推广价值

智慧安全体系的构建为油脂加工行业提供了可复制的数字化转型范式, 其技术架构、实施路径与评估方法具有较强的行业适应性。通过标杆企业的示范引领, 可带动产业链上下游企业共同提升安全管理水平, 推动行业整体向智能化、绿色化方向高质量发展。

5 结语

油脂加工行业面临工艺复杂、危险源集中、连续生产等固有安全挑战, 传统管理模式已难以满足现代安全生产需求。智慧安全体系通过物联网、大数据、人工智能技术的深度融合, 构建覆盖“感知-预警-处置-优化”全链条的智能化管理平台, 实现风险管控从被动应对向主动预防、从经验管理向科学治理的根本转变。实践表明, 智慧安全不仅显著提升事故预防能力与应急响应效率, 更通过技术赋能推动人员安全素养提升、管理制度优化升级, 形成技术、人员、制度协同增效的良性生态。展望未来, 随着 5G、数字孪生、边缘计算等技术的成熟应用, 智慧安全将向更深度的预测性维护、更精准的个性化培训、更高效的跨企业协同应急方向发展, 为油脂加工行业乃至食品工业的高质量发展提供坚实的安全保障。

[参考文献]

- [1]侯菲菲.植物油料和食用油脂加工质量安全控制研究[J].中国食品工业,2025(2):47-49.
 - [2]汪勇.中国-马来西亚油脂加工与安全“一带一路”联合实验室建设启动会暨未来食品科技与高质量发展论坛在广州召开[J].食品界,2025(6):15-16.
 - [3]袁媛.应用油脂加工智能装备创新技术推动油料加工实现提质降耗[J].中国粮食经济,2025(10):25-27.
- 作者简介:周伟(1986.8—),安全管理高级工程师,单位名称:中储粮油脂工业盘锦有限公司,毕业学校和专业:沈阳化工,安全工程专业。