

# 丙烯酸酯储存安全联锁系统优化

罗世苗（东胜化学（上海）有限公司，上海 201424）

**摘要：**本研究聚焦于上海保立佳新材料有限公司的安全联锁系统优化，旨在提高丙烯酸酯类物质的储存与处理安全性。考虑到公司在化工行业中的重要地位以及相关安全风险，本文从公司现有储罐监测与控制系统出发，深入分析了系统优化的必要性和可行性。通过采用系统工程方法，结合故障树分析（FTA）和事件树分析（ETA）等定量风险评估工具，本研究对现有系统进行了全面评估，并提出了一系列针对性的改进措施。这些措施包括对储罐监测设备的升级、输料管线和泵控制系统的改进，以及相应的安全性能评估和风险管理策略。通过这些优化，预期能显著提高公司的安全管理水平，降低事故风险，同时提升生产效率，为化工行业的安全运营提供了新的参考标准。

**关键词：**安全联锁系统；风险评估；系统优化

## 0 引言

在现代化工行业中，安全管理尤其重要，尤其是在处理易燃易爆的化学物质，如丙烯酸酯类物质时。上海保立佳新材料有限公司，作为化学新材料领域的重要参与者，面临着提高其生产安全性的迫切需求。考虑到该公司在化工行业中的地位和其生产活动的潜在风险，本研究旨在深入分析和优化公司的安全联锁系统，以提升丙烯酸酯类物质的储存和处理安全性。通过系统工程方法的应用，结合故障树分析（FTA）和事件树分析（ETA）等定量风险评估工具，本文全面评估了现有安全控制系统的性能，并提出了一系列改进措施。这些措施包括升级储罐监测设备、优化输料管线和泵控制系统，以及增强安全性能评估和风险管理策略。此研究不仅针对公司当前的需求，也顺应了环保趋势，旨在为化工行业的安全运营提供新的标准和参考。

## 1 项目背景与目标

### 1.1 上海保立佳新材料有限公司概述

上海保立佳新材料有限公司，作为新兴企业，在化学新材料领域占据了重要的地位。公司坐落于上海化学工业园区奉贤分区，拥有约 33333m<sup>2</sup> 的占地面积，总投资额达 14078 万元。

公司专注于环保型水性丙烯酸乳液的生产，其产品线还包括纺织用水性乳液以及用于包装和复膜的粘合剂及相关助剂。这些产品经过权威部门的检测，证实为无毒且不易燃。公司的年产能达到 30 万 t 丙烯酸乳液，雄厚的生产能力和先进的技术使其在市场上具有竞争力。企业类型为有限责任公司（法人独资），且公司具备 300 名员工的劳动定员，保证了高效且稳

定的生产力。

### 1.2 安全联锁系统优化目标

安全联锁系统的优化是确保化工生产安全的关键环节。对于上海保立佳新材料有限公司而言，这不仅是提升生产效率的必要步骤，也是保障工人安全和环境保护的重要措施。优化目标包括提高储罐区的安全监控能力，实现更高级别的自动化控制和应急响应。特别是在处理易燃易爆的化学物质如丙烯酸酯时，需对现有的安全控制系统进行全面的升级。这包括对储罐监测设备的改进、输料管线及泵控制系统的升级，以及整体安全响应流程的优化。通过这些改进，公司旨在最大限度地降低生产过程中的安全风险，从而提升整个工厂的安全管理水平。此外，系统优化还应顺应当前的环保趋势，确保生产活动对环境的影响降至最低。

## 2 现有安全联锁系统分析

### 2.1 储罐区现状

在上海保立佳新材料有限公司的储罐区，目前共有 10 个储罐，总储量为 2000m<sup>3</sup>，用于储存七种关键的生产原辅物料，包括苯乙烯、丙烯酸、丙烯酸甲酯等。这些储罐按照物质特性分为内浮顶和固定顶两种类型，其中 8 个为内浮顶储罐，2 个为固定顶储罐。每个储罐的设计体现了对安全和效率的考虑，例如，储罐之间设置有隔堤以防止物料交叉污染或意外泄漏，同时，罐区布局合理，便于监控和维护。然而，随着生产需求的增长和安全规范的更新，现有的储罐区配置和设计可能需要进一步的优化，以提高其安全性和操作效率。

下面表 1 为厂区现有储罐情况的详情。

表 1 厂区现有储罐情况一览表

| 序号 | 介质名称    | 火灾危险类别 | 储罐形式 | 储罐个数 | 储罐溶剂              | 储存温度   |
|----|---------|--------|------|------|-------------------|--------|
| 1  | 苯乙烯     | 乙类     | 内浮顶  | 2    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 25℃  |
| 2  | 丙烯酸     | 乙类     | 内浮顶  | 1    | 200m <sup>3</sup> | 15~25℃ |
| 3  | 丙烯酸甲酯   | 甲类     | 内浮顶  | 1    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 35℃  |
| 4  | 甲基丙烯酸甲酯 | 甲类     | 内浮顶  | 1    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 35℃  |
| 5  | 丙烯酸丁酯   | 乙类     | 内浮顶  | 2    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 35℃  |
| 6  | 丙烯酸异辛酯  | 丙类     | 固定顶  | 2    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 35℃  |
| 7  | 乙酸乙烯酯   | 甲类     | 内浮顶  | 1    | 200m <sup>3</sup> | ≤ 35℃  |

## 2.2 安全控制系统评估

在化工行业，尤其是涉及易燃易爆物质如丙烯酸酯类化合物的处理和储存中，高效且可靠的安全控制系统的重要性不容忽视。当前的安全控制系统，主要依赖于雷达液位计进行监控，虽然这种设置在基本液位监测方面具有一定优势，但在全面性的安全保障上则存在明显不足。考虑到丙烯酸酯类物质的高度易燃易爆特性，系统的多重安全措施显得尤为关键。差压液位计的引入被视为增强监测精确度和可靠性的重要步骤。与雷达液位计相比，差压液位计能够提供更稳定且准确的液位数据，尤其是在波动或复杂的工业环境中。这种技术的应用有助于及时识别潜在的泄漏或溢出风险，从而预防可能导致的严重事故。此外，对现有报警机制的扩展至高高低低报警是实现早期预警的关键。这种增强的报警系统可以在液位超出预设安全范围时立即发出警报，允许操作人员迅速采取措施，从而避免灾难性的后果。高高低低报警机制的实施，确保了系统在极端情况下的响应能力，为安全运营提供了额外的保障。同时，切断阀的设置和自动控制机制的整合成为了安全控制系统的重要组成部分。这些切断阀能够在检测到异常情况时自动关闭，从而迅速中断物料的流动，防止事故进一步扩大。自动控制机制的引入不仅提高了紧急情况下的反应速度，还为日常操作提供了更高层次的安全保护。通过这些技术的集成和应用，安全控制系统将能够更加全面和有效地应对丙烯酸酯类物质的储存与处理中的各种风险，确保化工生产过程的安全性与可靠性。

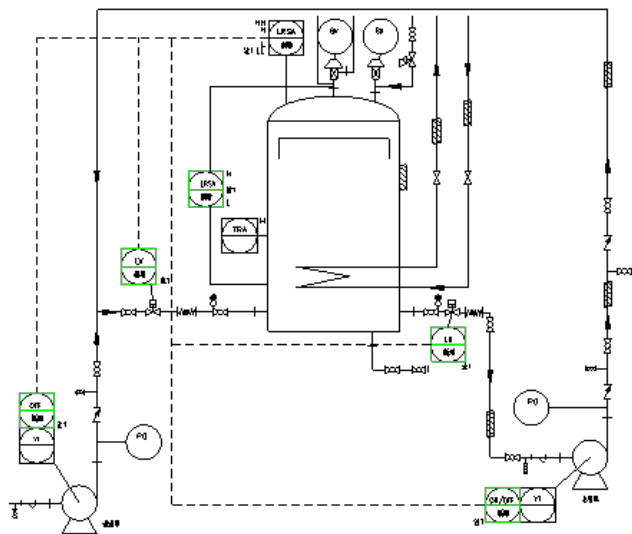
## 3 安全联锁系统优化方案

### 3.1 储罐监测与控制系统升级

储罐监测与控制系统在化工企业中扮演着至关重要

的角色，特别是在处理易燃易爆物质如丙烯酸酯时。上海保立佳新材料有限公司的系统升级计划聚焦于提高监测精确度和控制效率。

首先，现有的雷达液位计将与新引入的差压液位计相结合，形成一个双重监测机制。这不仅增加了监测数据的准确性，还为系统提供了冗余，以防单一设备故障。其次，液位监测系统将被升级以支持更高级别的报警功能，如高高和低低液位报警，从而为潜在的异常情况提供更早的预警。此外，对控制系统的改进还包括增强自动化程度，使其能够更有效地响应监测到的数据变化，从而提高整个储罐区的安全性和操作效率。图 1 为系统改造的简图。



中央控制系统中的自动或远程操作功能，为操作人员提供了更高效、更安全的控制方式。这种集成化的控制系统不仅减少了人为操作错误的风险，还提高了应对紧急情况的能力。在自动化程度日益提高的当今化工生产环境中，此类控制系统的集成为确保连续运营和安全管理提供了坚实的基础。最后，泵控制系统的升级也是改进计划中的关键部分。通过将泵控制系统与分布式控制系统（DCS）集成，可以实现对泵运行状况的更精细控制和监控。这不仅确保了输料过程中的稳定性和安全性，还提高了整体系统的运行效率。DCS 的应用在现代化工厂中日益普遍，因其能够提供高度的精确性和可靠性，特别是在处理复杂的工业流程时。通过这种集成，上海保立佳新材料有限公司能够确保其化学物质输送系统的高度安全性和操作效率，从而为公司的可持续发展和产业安全贡献关键力量。

4 实施与评估

4.1 优化实施步骤

实施上海保立佳新材料有限公司储罐监测与控制系统以及输料管线与泵控制系统的优化工程，要求一系列精密且系统化的步骤。

首先，进行详细的系统需求分析和设计，包括确定新技术和设备的规格，以及它们在现有系统中的集成方式。其次，进入设备采购和安装阶段，这一阶段需要与设备供应商紧密合作，确保所选设备满足所有技术和安全标准。随后，对新系统进行测试和调试，以确保其符合设计规范，并能在实际工作环境中稳定运行。此外，重要的一步是培训操作人员和维护团队，使他们熟悉新系统的操作和维护要求。最后，进行实施后评估，以确保系统运行符合预期，同时为后续优化提供数据支持。

4.2 安全性能评估与风险管理

为确保上海保立佳新材料有限公司储罐监测与控制系统以及输料管线与泵控制系统优化后的安全性能，采取了一系列具体的评估和管理措施。

首先，实施定量的风险评估方法——故障树分析（FTA）和事件树分析（ETA），以识别系统的关键风险点，并对储罐区进行故障模式和影响分析（FMEA），列出了故障类型、原因、后果及其发生率。如表 2 所示。其次，基于这些分析结果，制定了针对性的风险管理策略。这包括制定应急预案，针对特定风险点设立监测和控制措施，以及建立定期安全

检查流程。针对液位计故障，可以设立自动切换到备用传感器的系统，以保证连续监测。针对阀门卡滞和管道泄漏，可实施定期的维护和检查计划，确保所有设备处于良好状态。

表 2 储罐区的安全性能评估

| 故障类型  | 原因      | 后果      | 发生概率 (%) | 预防措施    |
|-------|---------|---------|----------|---------|
| 液位计故障 | 传感器损坏   | 错误的液位读数 | 5        | 定期检查和维修 |
| 泵故障   | 电源不稳    | 停止输料    | 3        | 备用电源系统  |
| 阀门卡滞  | 机械磨损    | 泄漏风险增加  | 2        | 定期润滑和检查 |
| 管道泄漏  | 腐蚀或物理损伤 | 环境污染    | 4        | 使用耐腐蚀材料 |

5 结语

本研究对上海保立佳新材料有限公司进行了全面的安全联锁系统优化分析。从储罐监测与控制系统的升级到输料管线与泵控制系统的改进，每一步都体现了对安全性和效率的深度关注。通过实施这些优化措施，公司不仅能提高其丙烯酸酯类物质的储存和处理安全性，还能显著增强整个生产过程的稳定性和可靠性。

此外，安全性能评估与风险管理的重点强调了在化工生产中维持持续安全运行的重要性。这些努力不仅提升了公司在环保和安全方面的标准，也为化工行业的安全管理和技术创新树立了新的典范。

参考文献：

[1] 刘嘉欣, 郭昕, 朱春林. 基于云储存的客户优化管理及其行业应用实验案例 [J]. 企业改革与管理, 2019 (11):3-7.

[2] 周逸媚, 冷用斌, 许兴懿, 等. 储存环逐束团相位测量系统信号处理算法优化 [J]. 强激光与粒子束, 2020, 32(7):74.

[3] 周任军, 陈溢, 阳卫伟, 等. 含烟气储存装置的风电-垃圾焚烧虚拟电厂双阶段优化调度 [J]. 中国电力, 2019, 52(2):78-84.

[4] 张承明, 欧新荣. 抑制剂对丙烯酸酯安全储存温度之影响 [J]. 劳工安全卫生研究季刊, 2019, 15(4):369-379.

[5] 刘琛, 孟昕. 丙烯酸酯罐区的安全设计 [J]. 石油化工安全技术, 2022, 20(5):3.

[6] 房树萍. 储罐的监测和控制系统 [J]. 化工自动化及仪表, 2019(05):11.