

# 论化工设计与安全评价对化工安全生产的影响

汪顺利

浙江泰鸽安全科技有限公司 浙江 杭州 310019

**摘要：**化工设计与安全评价对化工安全生产意义重大。本文指出，化工设计从工艺流程、设备选型布局、自动化控制等方面构建安全基础。安全评价通过风险识别预判、制定管控策略、提升应急能力提供指导。二者协同，在设计阶段嵌入评价，实施全生命周期风险管理，实现技术与管理深度融合。此外，人为、设备工艺、环境外部等因素同样会对安全生产造成影响。多维度保障措施协同发力，推动化工行业安全发展。

**关键词：**化工设计；安全评价；安全生产；协同机制；关键影响因素

引言：化工行业作为国民经济重要支柱，安全生产至关重要。化工生产涉及复杂工艺与危险物质，一旦发生事故，后果严重。化工设计为生产搭建框架，安全评价为生产提供指引，二者紧密关联、协同作用。深入探究二者对安全生产的影响，分析关键影响因素，有助于完善安全管理体系，提升化工生产安全水平，保障行业稳定发展。

## 1 化工设计对安全生产的基础性作用

### 1.1 工艺流程设计的本质安全

工艺流程设计是化工生产的灵魂，本质安全理念贯穿始终。通过优化关键工艺参数，可显著提升反应稳定性<sup>[1]</sup>。例如，温度控制需精准匹配反应动力学特性，一般将反应温度控制在50-150摄氏度区间，过高可能引发副反应甚至热失控，过低则导致反应效率下降30-50或停滞；压力设计需兼顾设备承压能力与反应需求，通常将反应压力设定在1-10个大气压，避免超压引发的爆炸风险；物料配比需通过热力学计算确定最佳范围，一般将主要物料与辅助物料的配比控制在1:1至1:5之间，防止因某一组分过量导致反应剧烈波动。这些参数的协同优化，能将工艺风险控制可接受范围内。流程简化与冗余设计是减少操作失误的关键。简化流程通过合并步骤、消除非必要环节，降低人为干预频率，从而减少因操作疏忽引发的风险。例如，将多步间歇操作整合为连续流程，原本需要5-8步的间歇操作，整合后可减少至2-3步连续流程，可减少中间环节的物料转移与设备启停次数3-5次。冗余设计则通过增加备用路径或关键设备，提升系统容错能力。例如，在关键管线设置并联支路，当主路因故障中断时，备用路线可在1-3秒内立即切换，避免生产中断或危险物质积聚。这种“简化不减安全，冗余不增复杂”的设计思维，能有效平衡效率与安全性。

### 1.2 设备选型与布局的合理性

设备选型需以工艺风险为核心依据。材质选择需考虑物料腐蚀性、反应温度与压力等条件。例如，储存强酸介质的容器需采用耐酸钢或内衬防腐材料，避免因腐蚀导致泄漏；高温高压反应釜需选用强度更高的合金钢，并经过严格的无损检测，确保无缺陷投入使用。耐压等级设计需预留安全裕量，通常按设计压力的1.25至1.5倍选取设备，以应对可能的压力波动或操作偏差。车间布局需兼顾防火防爆与应急疏散需求。防火间距设计依据物料火灾危险性分类确定，例如甲类易燃易爆物质储存区与明火作业区的间距需大于30米，以降低火灾蔓延风险。疏散通道规划需满足人员快速撤离要求，主通道宽度不小于1.4米，转弯处半径不小于1.5米，并设置明显的导向标识。设备布置还需考虑操作便利性，将高频操作设备置于易触及位置，减少攀爬或跨越障碍物的需求，从而降低操作风险。

### 1.3 自动化控制系统的集成

分布式控制系统（DCS）是工艺参数监控的“神经中枢”。通过遍布生产现场的传感器，DCS可实时采集温度、压力、流量、液位等关键数据，并在控制室集中显示。当参数偏离设定值时，系统自动触发调节机制，例如通过调节加热功率控制温度，或通过变频器调整泵转速控制流量。这种闭环控制模式，能将工艺波动控制在极小范围内，避免因参数失控引发事故。紧急停车系统（ESD）是异常工况下的“安全闸门”。当检测到超温、超压、泄漏等危险信号时，ESD可在毫秒级时间内切断关键设备电源、关闭阀门、启动通风系统，将生产装置转入安全状态。例如，在反应釜压力突破设定值时，ESD会立即关闭进料阀并开启泄压阀，防止压力持续上升导致爆炸。ESD与DCS的联动设计，能形成多层次安全防护网，显著提升事故应对能力。化工设计通过工艺、设备、控制三方面的协同优化，构建起从源头到终端的

全链条安全保障体系。这种系统性设计思维,不仅符合安全生产法规要求,更能为企业创造长期稳定的生产环境,是化工行业高质量发展的基石。

## 2 安全评价对安全生产的指导性作用

### 2.1 风险识别与预判机制

在化工生产领域,危险与可操作性分析在工艺设计阶段发挥着至关重要的作用。它以系统化的方式对工艺流程进行全面审视,从物料输送、反应条件控制到产品分离等各个环节,逐一分析可能出现的偏差<sup>[2]</sup>。通过对这些偏差的深入剖析,能够精准识别出潜在的危险因素,如超温、超压、物料泄漏等,进而预判这些危险因素可能引发的后果,一般可提前1-3个月预判出潜在危险因素及其可能引发的后果,为工艺设计的安全优化提供有力依据。故障模式与影响分析则聚焦于设备层面,对各类设备可能出现的故障模式进行详细梳理。通过对设备结构、运行原理以及历史运行数据的分析,预测设备在不同工况下可能出现的故障类型,如机械磨损、电气故障、密封失效等。同时,评估每种故障模式对生产过程的影响程度,包括对产品质量、生产效率以及安全稳定性的影响。这种提前预警机制,可使企业提前2-4周采取针对性的预防措施,避免设备故障引发生产事故。

### 2.2 风险管控策略的制定

基于风险识别与评估结果,依据风险等级制定分层管控措施是保障安全生产的关键。对于高风险环节,优先进行工艺改进,采用更安全可靠的工艺路线或反应条件,从源头上降低风险。对于中风险环节,着重进行设备升级,选用性能更稳定、安全性更高的设备,提高设备运行的可靠性。对于低风险环节,则通过制定严格的操作规范,规范操作人员的行为,减少人为失误导致的风险。安全防护装置的合理配置是风险管控的重要环节。根据生产过程中可能出现的危险类型和程度,有针对性地配置防爆膜、泄漏探测器等安全防护装置。防爆膜能够在设备超压时及时破裂泄压,防止设备爆炸;泄漏探测器可以实时监测物料泄漏情况,一旦发现泄漏立即发出警报,以便及时采取措施进行处理。

### 2.3 应急能力的提升路径

应急预案的编制是提升应急能力的基础。明确应急组织架构,确定各部门和人员在应急救援中的职责和分工,确保在事故发生时能够迅速响应、协同作战。规划救援流程,从事故报告、现场处置到后期恢复,制定详细的操作步骤,使救援工作有条不紊地进行。合理调配资源,包括人力、物力和财力,确保在应急救援过程中有足够的资源支持。定期开展演练与培训是强化人员应

急响应能力的有效途径。通过模拟真实的事故场景,让操作人员熟悉应急救援流程和操作方法,提高应对突发事件的能力。同时,培训能够增强人员的安全意识和应急意识,使他们在面对事故时能够保持冷静,正确采取应对措施,最大限度地减少事故损失。

## 3 化工设计与安全评价的协同机制

### 3.1 设计阶段的安全评价嵌入

化工工艺设计初始阶段,风险识别工作需同步开启。这一过程并非简单浏览,而是要对工艺流程展开全面且细致的剖析<sup>[3]</sup>。从原料进入系统的那一刻起,到反应环节中各种物质的相互作用,再到产物顺利输出,每一个步骤都要被置于放大镜下审视。任何可能引发异常状况的因素,无论是微小的参数波动,还是潜在的化学反应失控,都不能被遗漏。通过这样深入的风险识别,搭建起“设计-反馈-优化”的良性循环框架。安全评价结果在这一阶段发挥着关键作用。依据评价结果,对设备选型进行精准调整。若发现现有设备在应对特定风险时能力不足,比如无法承受高温高压环境或者对腐蚀性物质缺乏有效防护,便果断更换为性能更匹配的设备,确保设备在化工生产中能稳定可靠运行。同时,控制策略也需依据评价结果进行优化。重新审视参数设定是否合理,控制逻辑是否严密,通过调整这些关键要素,从源头上消除潜在隐患,为后续化工生产的安全开展奠定坚实基础。

### 3.2 全生命周期风险管理

化工生产全生命周期包含设计、建设、运行直至退役多个阶段,每个阶段都有独特的风险特征。全生命周期风险管理要求对这些风险进行动态跟踪与适时调整。设计阶段,重点聚焦工艺的合理性与安全性,确保工艺路线既高效又安全;建设阶段,严格把控施工质量,防止因施工不当埋下安全隐患;运行阶段,实时监测设备运行状态与工艺参数,及时发现并处理异常情况,保障生产过程平稳有序;退役阶段,妥善处理废弃设备与物料,避免对环境造成不良影响。当工艺发生变更或者设备出现老化迹象时,安全评价更新机制迅速启动。重新评估变更后的工艺或老化设备可能带来的新风险,依据评估结果迅速制定应对措施,确保化工生产始终处于安全可控的稳定状态。

### 3.3 技术与管理融合的实践

自动化控制技术与安全管理制度的深度融合是提升化工安全水平的重要途径。智能监控系统凭借先进技术,对化工生产过程进行实时精准监测,快速捕捉异常信号。而人工巡检则依靠丰富经验与敏锐判断力,对智

能监控难以覆盖的角落进行细致检查。二者相互补充，形成全方位、无死角的安全防护网络。人员作为化工生产的关键要素，对设计意图与安全要求的理解和执行能力至关重要<sup>[4]</sup>。通过开展针对性培训，提升人员对工艺设计原理、设备操作规范以及安全应急措施等方面的认知水平，确保人员准确理解设计意图，严格遵守安全要求，为化工安全生产提供有力的人力支撑。

#### 4 化工安全生产中的关键影响因素分析

##### 4.1 人为因素与安全生产的关联

在化工安全生产进程中，人为因素是影响安全状况的关键一环。操作人员技能水平与安全意识对化工设计意图的落实有着不可忽视的作用。具备高超技能水平的操作人员，能够精准领会化工设计所设定的各项参数、操作流程以及设备运行要求。在生产操作中，他们可以熟练且准确地执行每一个步骤，确保设备按照设计预期稳定运行，工艺流程顺畅无阻，从而有效避免因操作不当引发的安全事故。而安全意识淡薄的操作人员，即便拥有一定技能，也可能因疏忽大意或违规操作，偏离设计意图，给安全生产埋下隐患。管理层的决策风格同样对安全生产有着深远影响。不同管理层在面对风险时有着不同的偏好倾向。倾向于保守风险偏好的管理层，会更注重安全投入，在设备更新、安全培训、防护设施配备等方面给予充足资源支持，为安全生产构筑坚实防线。相反，激进风险偏好的管理层可能为了追求短期经济效益，削减安全投入，导致安全保障措施不足，增加事故发生概率。

##### 4.2 设备与工艺的可靠性

设备与工艺的可靠性是化工安全生产的重要支撑。设备维护周期与故障率直接关联着生产的连续性。合理设定设备维护周期，定期对设备进行全面检查、保养与维修，能够及时发现并排除潜在故障隐患，降低设备故障率，保障设备长时间稳定运行，确保生产活动不间断。若维护周期过长，设备长期处于高负荷运转状态，磨损加剧，故障率上升，生产将频繁中断，不仅影响生产效率，还可能因设备故障引发安全事故。工艺参数波动范围与安全裕度的设计平衡也至关重要。化工生产

中，工艺参数需严格控制在一定范围内。设计时需充分考虑各种因素，合理确定参数波动范围，并预留足够安全裕度。这样即便在生产过程中出现一些意外波动，也能确保工艺过程处于安全可控状态，避免因参数失控导致反应异常，引发爆炸、泄漏等严重事故。

##### 4.3 环境与外部条件的制约

环境与外部条件对化工安全生产有着不可忽视的制约作用。自然环境中的温度、湿度等因素会对设备性能产生显著影响。高温环境可能使设备散热困难，加速设备老化，降低设备运行稳定性；高湿度环境则可能导致设备受潮，引发电气故障或金属部件腐蚀等问题，影响设备正常功能，进而威胁安全生产。供应链稳定性同样关乎原料质量与生产安全<sup>[5]</sup>。稳定的供应链能够确保原料按时、按质、按量供应，保证生产所需原料的质量稳定可靠。若供应链不稳定，原料供应可能出现中断或质量波动，导致生产计划被打乱，甚至因使用不合格原料引发产品质量问题或生产安全事故，给企业带来巨大损失。

#### 结束语

化工设计与安全评价贯穿化工生产全流程，是保障安全生产的关键要素。从设计源头把控，到安全评价的持续指导，再到协同机制的有效运行，以及关键影响因素的综合考量，共同构建起化工安全生产的坚固防线。重视这些方面，不断优化完善，能切实提升化工生产安全性，为行业稳健前行筑牢根基。

#### 参考文献

- [1]秦梦莹.化工设计与安全评价对化工安全生产的影响[J].化工设计通讯,2023,49(3):136-138,151.
- [2]龙镜生,程冬红.化工设计与安全评价对化工安全生产的影响[J].化工设计通讯,2023,49(1):150-152.
- [3]吕帅.化工设计与安全评价对化工安全生产的影响[J].化工设计通讯,2023,49(9):130-132.
- [4]闫莉.化工设计与安全评价对化工安全生产的影响探究[J].化工管理,2022(27):107-109.
- [5]吴婷,徐唯唯.化工设计与安全评价对化工安全生产的不良影响[J].化工管理,2022(33):105-108.