

# 精细化工反应安全风险评估导则

## 1 范围

本标准规定了精细化工反应安全风险评估的术语和定义、总体要求、评估范围及内容、评估等级划分、评估方法、评估程序、评估标准、评估结论及建议、评估结果运用、评估报告。

本标准适用于精细化工反应安全风险的评估。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

注：对于不注日期的引用文件，如果最新版本未包含所引用的内容，那么包含了所引用内容的最后版本适用。

AQ 8001 安全评价通则

GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法

T/CIESC 0001 化学反应量热试验规程

T/CIESC 0003 化工工艺反应热风险特征数据计算方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**精细化工企业** fine chemical enterprise

以基础化学工业生产的初级或次级化学品、生物质材料等为起始原料，进行深加工而制取具有特定功能、特定用途、小批量、多品种、附加值高和技术密集的精细化工产品的工厂。

[GB 51283—2020，定义2.0.1]

### 3.2

**风险评估** risk assessment

发现、确认、描述风险，认知风险属性和推断风险水平，依据风险准则、确定风险等级的全过程。

[GB/T 51116—2016，定义2.0.16]

### 3.3

**绝热温升<sup>[1]</sup>** adiabatic temperature rise,  $\Delta T_{ad}$

对于失控体系，反应物完全转化时所放出的热量导致物料温度的升高，称为绝热温升。绝热温升与反应的放热量成正比，对于放热反应来说，反应的放热量越大，绝热温升越高，导致的后果越严重。

### 3.4

**风险等级** safety risk level

单一风险和组合风险的大小，以事件的后果和可能性的组合来表达。

[GB 23694—2013，定义4.6.1.8]

### 3.5

**失控反应严重度**<sup>[1]</sup> severity of runaway reaction

反应在不受控的情况下能量释放可能造成破坏的程度。

### 3.6

**工艺温度** reaction temperature,  $T_p$

工艺过程中，反应体系在目标反应发生时的操作温度或温度范围。对于多段控温反应，应选取物料累计度最高的温度段作为工艺温度。

[T/CIESC 0003—2019，定义3.8]

### 3.7

**技术最高温度** maximum temperature for technical reason, MTT

反应器或相关设备所能承受反应体系最高压力所对应的体系温度。

[T/CIESC 0003—2019，定义3.7]

### 3.8

**失控反应最大反应速率到达时间**<sup>[1]</sup> time to maximum reaction rate of runaway reaction in adiabatic condition,  $TMR_{ad}$

对于绝热容器中的放热失控反应，表征其从反应起始时刻到达最大反应速率时刻的时间。 $TMR_{ad}$ 用于评估失控反应最坏情形发生的可能性，是人为控制最坏情形发生所拥有的时间长短。

[T/CIESC 0003—2019，定义3.1]

### 3.9

**失控体系能达到的最高温度**<sup>[1]</sup> the highest temperature that the runaway system can reach, MTSR

在物料累积最大时，体系能够达到的最高温度称为失控体系能达到的最高温度。MTSR与反应物料的累积程度相关，反应物料的累积程度越大，反应发生失控后，体系能达到的最高温度MTSR越高。

### 3.10

**风险矩阵** risk matrix

通过确定事件后果和可能性的范围来排列显示风险的工具。

[GB 23694—2013，定义4.6.1.7]

## 4 总体要求

### 4.1 管理要求

4.1.1 加强精细化工企业安全生产管理，进一步落实企业安全生产主体责任，强化安全风险辨识和管控，提升本质安全水平，提高企业安全生产保障能力，有效防范事故。

4.1.2 通过开展精细化工反应安全风险评估，确定反应工艺危险度，改进安全设施设计，完善风险控制措施，降低安全风险，提升企业本质安全水平，提高精细化工企业安全风险防控能力。

4.1.3 列入评估范围的新建装置在编制可行性研究报告或项目建议书前，完成反应安全风险评估，列入评估范围但未进行反应安全风险评估的精细化工生产装置，不得投入运行。

## 4.2 人员与技术要求

4.2.1 企业应高度重视，聘请具备相关专业能力的机构组织开展评估。加大对工艺反应测试分析条件的投入，培育专业工程技术人员，逐步形成自身开展反应安全风险评估工作的能力。

4.2.2 反应安全风险评估单位应加强技术人才培养，配备完善实验测试设施，规范服务工作，提高反应安全风险评估能力和质量，具备必要的工艺技术、工程技术、热安全和热动力学技术团队和实验能力，具备中国合格评定国家认可实验室（CNAS认可实验室）资质，相关设备和测试方法及时得到校验和比对，保证测试数据的准确性。

4.2.3 反应安全风险评估应具备动力学研究手段和技术能力，并配备但不限于下列设备：

- 闪点测试仪；
- 爆炸极限测试仪；
- 差热扫描量热仪；
- 热稳定性筛选量热仪；
- 绝热加速度量热仪；
- 高性能绝热加速度量热仪；
- 微量热仪；
- 常压反应量热仪；
- 高压反应量热仪；
- 最小点火能测试仪；
- 水分测试仪；
- 液相色谱仪；
- 气相色谱仪等。

## 5 评估范围及内容

### 5.1 评估范围

5.1.1 企业中涉及重点监管危险化工工艺和金属有机物合成反应（包括格氏反应）的间歇和半间歇反应，有以下情形之一的，应开展反应安全风险评估：

- a) 国内首次使用的新工艺、新配方投入工业化生产的以及国外首次引进的新工艺且未进行过反应安全风险评估的；

b) 现有的工艺路线、工艺参数或装置能力发生变更，且没有反应安全风险评估报告的；

c) 因反应工艺问题，发生过生产安全事故的。

5.1.2 涉及硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化工艺的精细化工生产装置应进行反应安全风险评估，同时对相关原料、中间产品、产品及副产物进行热稳定性测试和蒸馏、干燥、储存等单元操作的风险评估。

5.1.3 精细化工反应中，安全风险较大的化学农药、化学制药、有机合成染料、化学品试剂、催化剂以及其他专业化学品制造企业，应对重点单元进行风险评估。

5.1.4 非重点监管危险反应工序应对热风险进行评估。

5.1.5 对于同一个反应过程中的多步副反应，或完成一个产品生产的多步反应，或同一产品微调后的不同系列反应，应针对生产中出现的所有反应进行评估。

## 5.2 评估内容

精细化工反应安全风险评估，包括但不限于下列内容：

- a) 前期准备，明确反应安全风险评估目的，评估对象和评估范围，组建评估项目组，收集所需资料及相关法律、法规、规章、标准、规范等；
- b) 现场勘查企业情况，包括整体布局、工艺描述及评估内容；
- c) 目标反应风险研究，对反应中涉及的原料、中间物料、产品等化学品进行热稳定测试；
- d) 对化学反应过程开展热力学和动力学分析；
- e) 根据反应热、绝热温升等参数评估反应的危险等级；
- f) 根据最大反应速率到达时间等参数评估反应失控的可能性，结合相关反应温度参数进行多因素危险度评估，确定反应工艺危险度等级；
- g) 根据反应工艺危险度等级，明确安全操作条件，从工艺设计、仪表控制、报警与紧急干预（安全仪表系统）、物料释放后的收集与保护，厂区和周边区域的应急响应等方面提出有关安全风险防控建议。

## 6 评估等级划分

### 6.1 物料热稳定性等级

物料热稳定性，可分为以下四个等级：

- 1级，具有潜在爆炸危险性。
- 2级，分解放热量较大，潜在爆炸危险性较高。
- 3级，分解放热量大，潜在爆炸危险性高。
- 4级，分解放热量很大，潜在爆炸危险性很高。

### 6.2 失控反应严重度等级

利用严重度评估失控反应的危险性，可将危险性分为以下四个等级：

- 1级，单批次的物料损失。
- 2级，工厂短期破坏。

——3级，工厂严重损失。

——4级，工厂毁灭性的损失。

### 6.3 失控反应发生的可能性等级

对失控反应发生的可能性进行评估，可分为以下四个等级：

——1级，很少发生。



——2级，偶尔发生。

——3级，很可能发生。

——4级，频繁发生。

#### 6.4 反应工艺危险度等级

对反应工艺危险度进行评估，预测反应失控后事故的严重程度，可分为以下五个等级：

——1级，反应危险性较低。

——2级，具有潜在分解风险。

——3级，存在冲料和分解风险。

——4级，冲料和分解风险较高，潜在爆炸风险。

——5级，爆炸风险较高。

#### 6.5 风险评估等级

失控反应安全风险的危险程度由风险发生的可能性和风险带来后果的严重度两个方面决定，风险分级可分为以下三个等级：

——I级，可接受风险，工艺潜在的热危险性是可接受的，采取常规的控制措施，并适当提高安全管理和装备水平。

——II级，有条件接受风险，在控制措施落实的条件下，通过工艺优化、工程、管理上的控制措施，降低风险等级。

——III级，不可接受风险，常规的技术控制措施不能奏效，已有工艺不具备工程放大条件，应通过工艺优化、技术路线的改变，工程、管理上的控制措施，降低风险等级，或采取必要的隔离方式，全面实现自动控制。

## 7 评估方法

### 7.1 总则

根据反应安全风险评估多目标、多属性的特点，应针对不同的评估对象，进行多样化的评估，全面反映化学工艺的特征和危险程度，对精细化工反应安全风险进行定性或半定量的评估。

### 7.2 单因素反应安全风险评估

依据反应热、失控体系绝热温升、最大反应速率到达时间进行单因素反应安全风险评估。物质化学反应热估算方法及试验测定方法可参照T/CIESC 0001进行。

### 7.3 混合叠加因素反应安全风险评估

以最大反应速率到达时间作为风险发生的可能性，失控体系绝热温升作为风险导致的严重程度，进

行混合叠加因素反应安全风险评估。

#### 7.4 反应工艺危险度评估

依据四个温度参数，即工艺温度、技术最高温度、最大反应速率到达时间为24小时对应的温度及失控体系能达到的最高温度，进行反应工艺危险度评估。

#### 8 评估程序

### 8.1 安全风险评估程序

安全风险评估，按以下程序进行：

- a) 确定安全风险评估范围；
- b) 收集、整理安全风险评估所需资料；
- c) 基本情况调查；
- d) 工艺、危险有害因素、重点监管的危险化工工艺、装置危险性辨识分析；
- e) 划分评估单元、选择评估方法；
- f) 定性、定量安全风险评估；
- g) 事故后果及影响预测；
- h) 划定安全风险等级，提出对策措施和建议；
- i) 整理、归纳结果；
- j) 编制安全风险评估报告。

安全风险评估程序示意图见附录A。

### 8.2 物料热稳定性风险评估程序

物料热稳定性风险评估，按以下程序进行：

- a) 对评估的物料进行热稳定性测试，获取热稳定性评估所需的技术数据，主要数据包括物料热分解起始分解温度、分解热、绝热条件下最大反应速率到达时间为24小时对应的温度。物质热稳定性热分析试验方法可参照GB/T 13464进行，部分技术数据可参照T/CIESC 0003计算方法获取。
- b) 对比工艺温度和物料稳定性温度，当工艺温度大于绝热条件下最大反应速率到达时间为24小时对应的温度，物料在工艺条件下不稳定时，需优化已有工艺条件，或采取一定的技术控制措施，保证物料在工艺过程中的安全和稳定。
- c) 根据物质分解放出的热量大小，对物料潜在的燃爆危险性进行评估，分析分解导致的危险性情况，对物料在使用过程中需要避免受热或超温，引发危险事故的发生提出要求。

### 8.3 目标反应安全风险发生可能性和导致的严重程度评估程序

目标反应安全风险发生可能性和导致的严重程度评估，按以下程序进行：

- a) 实验测试获取反应过程绝热温升、体系热失控情况下工艺反应可能达到的最高温度、失控体系达到最高温度对应的最大反应速率到达时间等数据。
- b) 考虑工艺过程的热累积度为100%，利用失控体系绝热温升，按照分级标准，对失控反应可能导致的严重程度进行反应安全风险评估；利用最大反应速率到达时间，对失控反应触发二次分解

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/316232143040011002>