



# 化学反应热风险 评价方法

# 目录



化学反应的热风险

冷却失效模型

严重度评价准则

可能性评价准则

工艺热风险评价

MTT 的注意事项



## 化学反应的热风险

风险



潜在事故的严重度和发生  
可能性的组合

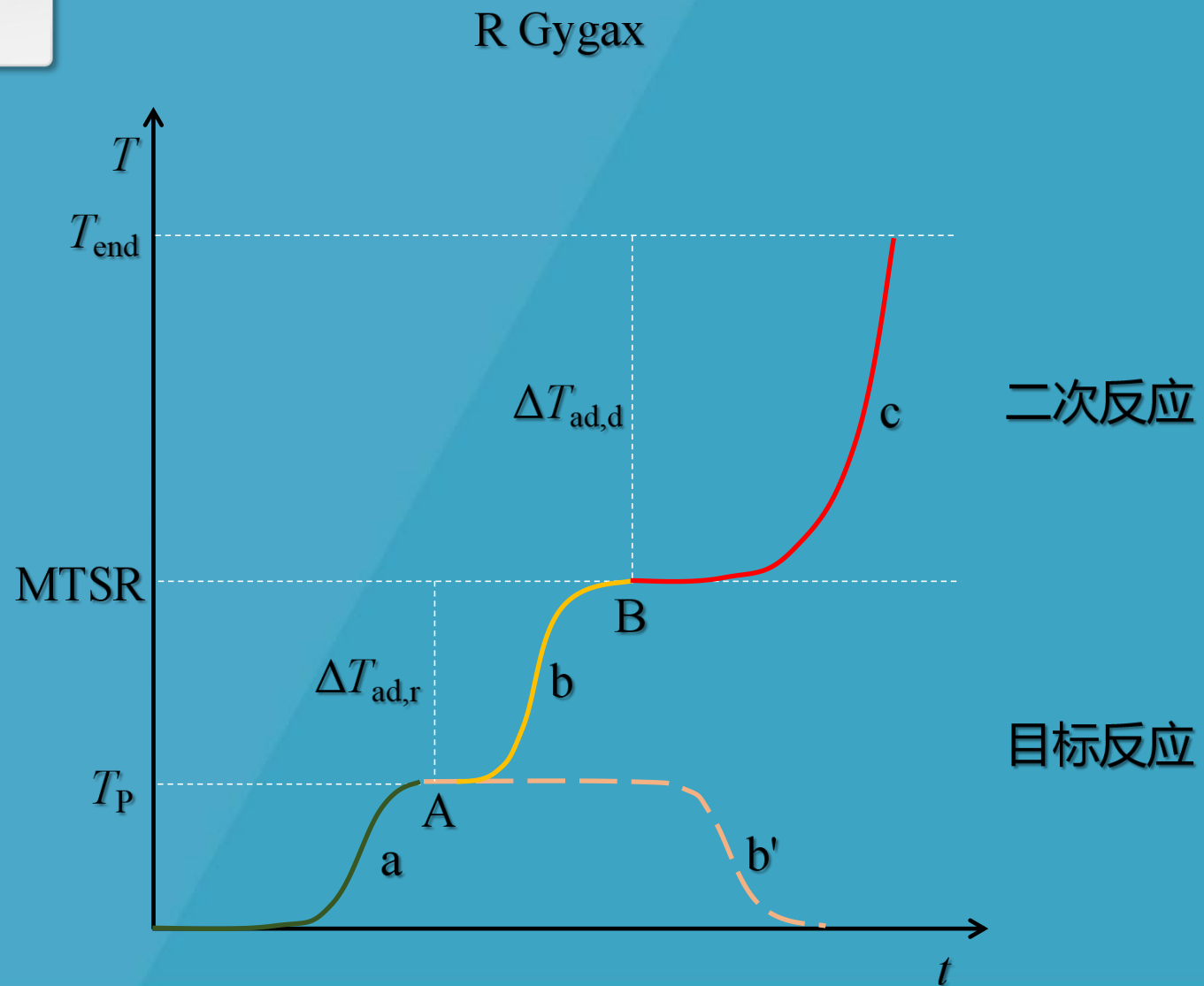
化学反应的热风险



由反应失控及其相关后果（如  
引发的二次效应）带来的风险



# 冷却失效模型





(1) 通过冷却系统是否能控制反应物料的工艺温度?

$$q_{rx}, q_{ex}$$

(2) 目标反应失控后体系温度会达到什么样的水平?

$$MTSR = T_p + X_{ac} \cdot \Delta T_{ad,r}$$

(3) 二次反应失控后温度将达到什么样的水平?

$$T_{end} = MTSR + \Delta T_{ad,d}$$

(4) 目标反应在什么时刻发生冷却失效会导致最严重的后果? 累积, 稳定性

(5) 目标反应发生失控有多快?

$$TMR_{ad,r} = \frac{C_p' R T_p^2}{q_{T_p} E_r}$$

(6) 从 MTSR 开始, 二次分解反应的绝热诱导期有多长?

$$TMR_{ad,d} = \frac{C_p' R T_{MTSR}^2}{q_{MTSR} E_d}$$



## 苏黎世危险性分析法 (Zurich Hazard Analysis, ZHA)

失控反应严重度的评价准则			
三等级分级准则	四等级分级准则	$\Delta T_{ad}/K$	$Q'$ 的数量级/(kJ/kg)
高的 (High)	灾难性的 (Catastrophic)	$> 400$	$> 800$
	危险的 (Critical)	$200 \sim 400$	$400 \sim 800$
中等的 (Medium)	中等的 (Medium)	$50 \sim 200$	$100 \sim 400$
低的 (Low)	可忽略的 (Negligible)	$< 50$ 且无压力	$< 100$

**注：**对反应失控严重程度的判断除绝热温升外还要结合体系压力、溶剂挥发速率、有毒气体或蒸气的扩散范围等因素。



## 苏黎世危险性分析法 (Zurich Hazard Analysis, ZHA)

失控反应发生可能性的评价判据

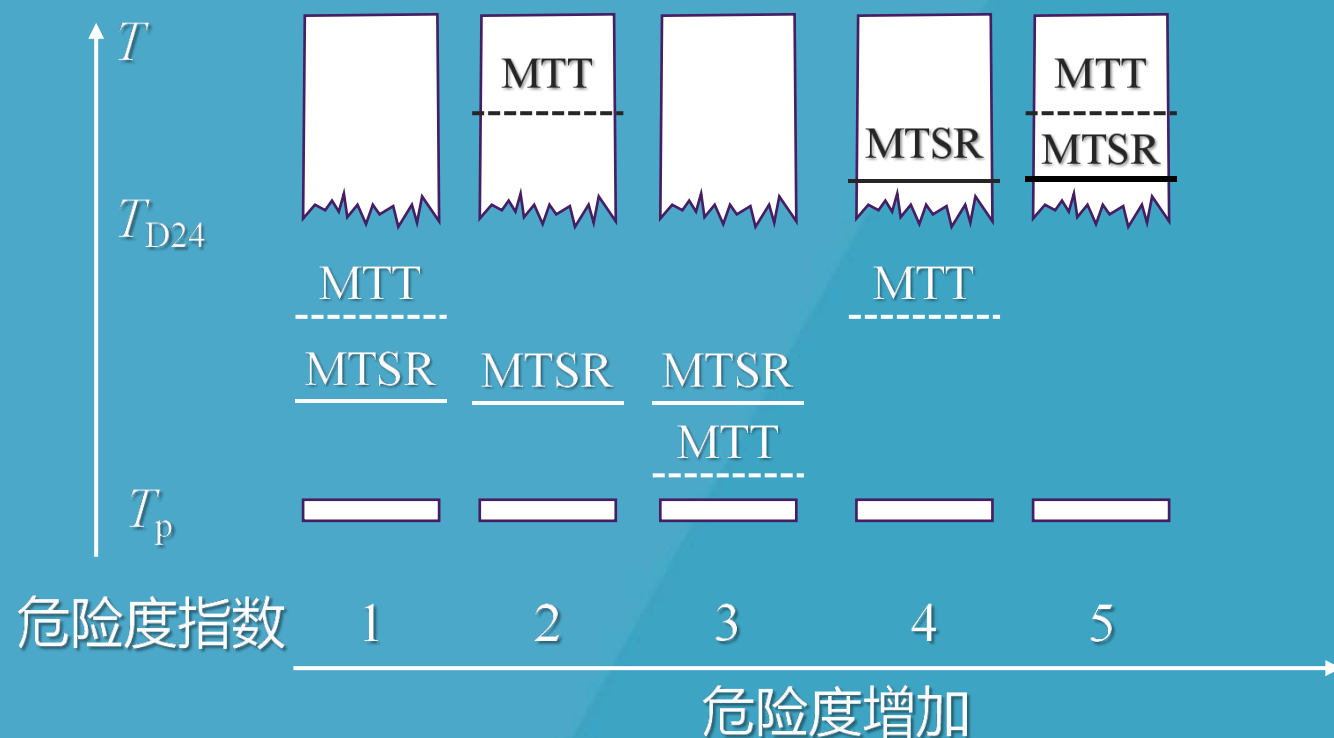
三等级分级准则	六等级分级准则	$TMR_{ad}/h$
高的 (High)	频繁发生的 (Catastrophic)	$< 1$
	很可能发生的 (Critical)	$1 \sim 8$
中等的 (Medium)	偶尔发生的 (Medium)	$8 \sim 24$
低的 (Low)	很少发生的 (Negligible)	<u><math>24 \sim 50</math></u>
	极少发生的 (Negligible)	$50 \sim 100$
	几乎不可能发生的 (Negligible)	$> 100$

**注：**这种关于热风险可能性的分级评价准则仅适用于合成反应过程，  
而不适用于物料的存储过程。



# 工艺热风险评价

根据 $T_p$ 、MTSR、MTT和 $T_{D24}$ 四个温度水平对危险度分级



$T_p$  工艺操作温度  
**MTSR** 合成反应的最高温度  
**MTT** 技术原因的最高温度  
 $T_{D24}$  二次分解反应的绝热诱导期为24h的温度

**建议：** 1、2 级不必采取特殊处理措施；2级要避免热累积；  
3、4 级需要考虑必要的备用冷却系统或紧急的泄料装置等技术措施；  
5 级重新设计工艺路线。





## MTT 的注意事项

在 3 级和 4 级危险度情形中，技术极限 (MTT) 发挥了重要的作用

在开放体系中：  
蒸气流率

在封闭体系中：  
紧急泄压