



化工风险控制与 安全生产



HUAGONG FENGXIANKONGZHI
YU ANQUAN
SHENGCHAN

程春生 魏振云 秦福涛 编著



化学工业出版社



化工风险控制与 安全生产

程春生 魏振云 秦福涛 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以化工生产为背景,以化工工艺研究开发经验和精细化学品开发生产经验为基础,结合作者研究团队多年的反应风险研究成果,在归纳当前化工生产存在风险的基础上,详细阐述了反应风险研究方法、工艺风险评估办法以及风险控制措施,重点介绍了当前化工风险控制与安全生产,包括化工反应热风险、燃烧与爆炸风险的研究和评估、风险控制紧急淬灭措施的理论模型和实施准则,并总结了化工安全操作及安全管理相关知识。

本书可作为化工行业从事管理、研究开发、安全评估以及化工安全生产管理人员的学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工风险控制与安全生产/程春生,魏振云,秦福涛编著. —北京:化学工业出版社,2014.9
ISBN 978-7-122-21488-1

I. ①化… II. ①程…②魏…③秦… III. ①化工生产-风险管理②化工生产-安全生产 IV. ①TQ06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 172197 号

责任编辑:刘 军
责任校对:李 爽

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张23 字数442千字 2014年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:78.00 元

版权所有 违者必究

我国是一个制造业大国，化工行业是其中一个重要的组成部分。然而，化工生产属于高危制造业，在给人们的生活和其他行业提供有效保障的同时，存在诸多潜在风险，各类火灾、爆炸及中毒等事故的发生，也造成了众多的人员伤亡，给国家、人民群众和企业带来了巨大损失，并对自然资源和生态环境造成了影响。如今，随着国家和地方政府，以及各相关企业对化工安全生产重视程度的日益提高，现行的安全生产管理模式正在发生根本性的变化，逐渐由传统的、经验的、事后处理的方式转变为现代的、系统的、事前科学预测的方式。特别是党的十八大以来，安全生产、保护人民生命财产安全和自然资源环境，成为化工安全生产的重中之重。开发应用安全技术方法，建立健全风险控制措施，已经成为化工行业健康、安全、环保（HSE）管理有效和实现可持续发展的必经之路。

作者在已出版的《化工安全生产与反应风险评估》的基础上，结合多年的研究实例，总结研究经验，同时结合国家法律法规要求编写了本书，强化风险控制，延伸反应风险研究领域。我相信，这部著作对化工生产企业的领导、从事化工研究开发和生产的专业人员，将具有很好的指导作用。

中国中化集团公司副总裁



2014年6月8日

I 前言 I

I FOREWORD I

我国是农业大国，也是精细化工生产规模位居世界前列的大国，化学防除依然是农业生产上虫、草、菌防治的主要途径。然而，精细化工生产大量使用危险化学品，经过危险性高的化学工艺过程，同时具有装置密集、高毒性、高污染、高风险性等显著特点。生产过程中容易发生火灾、爆炸、中毒和环境污染等事故，造成人员伤亡和财产损失。因此，化工生产的健康、安全和环保，越来越成为化工生产的重中之重。我国政府对精细化工安全生产工作的重视程度越来越高，制定出各种法律法规，强化本质安全技术推广和应用。

我国精细化工行业本质安全研究处于起步阶段，欠缺本质安全的技术数据，工艺设计缺乏技术支撑，盲目性强，导致安全性事故原因不明确，控制措施不到位。自 2008 年开始，本研究团队得到中国中化集团公司的大力支持，通过引进国际领先的研究设备，开展化工反应风险研究和工艺风险评估平台建设，研究化工安全生产的本质影响因素，关注化工生产牵涉到的化工原料、化学工艺和化工设备，从物质风险、工艺过程风险、二次分解反应风险和腐蚀风险等方面，开展系统的本质安全研究，确定工艺安全条件，为工艺设计提供技术数据和科学依据，同时获得工艺优化的指导性参数，建立安全控制措施，保障安全生产。

精细化学品的开发生产，需要经历工艺研究、反应风险研究、工程化放大研究等必要的研究过程，实现“三传”和“三转”，包括物质传递与转化、能量传递与转化、信息传递与转化。通过工艺研究，建立物料平衡，实现了物质的传递与转化。通过反应风险研究，建立完整的能量平衡，实现了能量的传递与转化。关注化工生产牵涉到的化工原料、化学工艺和化工设备，从物质风险、工艺过程风险、二次分解反应风险和腐蚀风险等方面，开展系统的化工反应风险研究和工艺风险评估，研究化工安全生产的本质影响因素，确定工艺安全条件，为工艺设计提供技术数据和科学依据，同时获得工艺优化的指导性参数，建立安全控制措施。化工反应风险研究和工艺风险评估是化学品开发生产的重要研究内容，是化工安全生产的技术保障。

本书以保障精细化工安全生产，实现工艺优化和降耗减排为主要目标，在已出版的《化工安全生产与反应风险评估》的基础上，结合多年的研究实例，总结研究经验，同时结合国家法律法规要求编写了本书，强化风险控制，延伸反应风险研究领域。

在本著作编写和出版过程中，得到了中国中化集团公司、中化农化有限公司、沈阳化工研究院有限公司，以及沈阳科创化学品有限公司的高度重视和大力支持。另外，沈阳科创化学品有限公司反应风险研究中心的马晓华、李全国、刘玄等人在实验测试、数据处理和书稿校正中做了大量工作，在此表示衷心的感谢！

希望本书有效指导化工安全生产。笔者水平和经验有限，书中难免存在疏漏之处，敬请同仁和读者予以批评和指正。

编著者

2014 年 6 月于沈阳

符号与缩写对照表

1. 符号

a, b, c, d	维里方程系数	
A	传热面积	m^2
$A, B, C, \dots$	化合物	
c	浓度	$mol \cdot L^{-1}$
c_p	比热容	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
D	直径	m
E	键能	$kJ \cdot mol^{-1}$
E_a	活化能	$J \cdot mol^{-1}$
f	频率	
F	法拉第常数	$C \cdot mol^{-1}$
$\Delta_r H$	反应热(焓)	kJ
$\Delta_r H_f$	生成焓	$kJ \cdot mol^{-1}$
$\Delta_r H_m$	摩尔反应热(焓)	$kJ \cdot mol^{-1}$
k	反应速率常数	$[mol \cdot L^{-1}]^{(1-\alpha)} \cdot s^{-1}$
k_0	指前参量或频率因子	$[mol \cdot L^{-1}]^{(1-\alpha)} \cdot s^{-1}$
K	传热系数	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
H	高度	m
L_F	爆炸下限	%
L_U	爆炸上限	%
m	质量	kg
M	摩尔质量	$g \cdot mol^{-1}$
n	物质的量	mol
V	体积	m^3
p	风险发生可能性	
P	压力	MPa
ϕ	试样容器热修正系数	
Q	热量	J
Q_{ac}	热累积速率	W
Q_{cx}	热移出速率或冷却速率	W
Q_{rx}	反应放热速率	W
r	化学反应速率	$mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
R	摩尔气体常数	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
S	表面积	m^2
t	时间	s 或 h
T	温度	K 或 $^{\circ}C$
T_{cf}	热失控后反应体系温度	K 或 $^{\circ}C$
T_{D24}	绝热条件热分解最大速率为 24h 时对应的温度	K 或 $^{\circ}C$
T_{end}	反应最终温度	K 或 $^{\circ}C$
T_{NR}	不可控的最低温度	K 或 $^{\circ}C$

T_p	工艺温度	K 或℃
T_{SADT}	自加热分解温度	K 或℃
ΔT_{ad}	绝热温升	K
U	流速	$m \cdot s^{-1}$
X	反应转化率或热转化率	%
X_{ac}	热累积度	
α	反应级数	
ρ	密度	$kg \cdot m^{-3}$
η	加料过量比例	
T_{mix}	混合体系的沸点	K 或℃

2. 缩写

AIA	美国保险协会
AIT	自引燃温度
ARC	加速度绝热量热仪
CC	闭杯式闪点
Checklist	安全检查表
COA	分析报告单
COD	化学耗氧量
C80D	热流反应量热仪
DCS	分布式控制系统
DIERS	应急释放系统设计技术
DPT	分解压力测试
DSC	差示扫描量热仪
DTA	差热分析
ETA	事件树分析
EFCE	欧洲化学工程联合会
FTA	事故树分析
GERT	气体逸出速率测试
HAZAN	风险分析
HAZOP	危险与可操作性分析
HSE	健康、安全与环境
H-W-S	加热-等待-搜寻
ICI	英国帝国化学工业集团
IET	绝热测试
LD ₁₀₀ 或 LC ₁₀₀	100%致死量或100%致死浓度
LD ₅₀ 或 LC ₅₀	半数致死量或半数致死浓度
LD ₀ 或 LC ₀	最大耐受量或最大耐受浓度
LEL	爆炸下限
LFL	可燃下限
LOPA	保护层分析
MAC	工业毒物的最高容许浓度
MLD 或 MLC	最小致死量或最小致死浓度
MOC	燃烧最低氧需要量
MSDS	化学品安全数据说明书
MTSR	热失控条件下反应能够达到的最高温度

MTT	技术原因影响的最高温度
OB	氧平衡
OC	开杯式闪点
PFD	工艺物料流程图
PHI-TEC	高性能绝热量热仪
PID	工艺管道仪表流程图
PSM	工艺安全管理
QA	质量保证
QC	质量控制
RC1	实验室全自动反应量热仪
RSST	反应系统筛选装置
SOP	岗位标准操作规程
TG 或 TGA	热重分析
TMR _{ad}	绝热条件下最大反应速率到达时间
UEL	爆炸上限
UFL	可燃上限
VSP	泄放口尺寸测试装置
ZHA	苏黎世危险性分析法

I 目录 I

I CONTENTS I

1 化工安全生产须知	1
1.1 化工行业安全特性及分类	2
1.1.1 化工行业安全特性	2
1.1.2 化工行业安全分类	3
1.2 化工行业的安全事故	5
1.2.1 化工行业的安全事故及分析	5
1.2.2 化工行业的安全事故及事故处理要求	12
1.3 化工安全法律法规	14
1.3.1 安全生产标准	15
1.3.2 普通法与特殊法	16
1.3.3 综合法与单行法	16
1.3.4 安全生产法	17
1.3.5 安全生产保障	17
1.3.6 火灾预防和消防	20
1.3.7 应急预案	21
1.3.8 安全生产许可	21
1.3.9 危险化学品安全管理	27
1.3.10 特种设备安全管理	31
1.3.11 职业卫生安全	34
1.3.12 安全生产部门规章	35
1.3.13 建设项目安全设施“三同时”监督管理	35
1.4 安全评价机构与安全评价	40
1.4.1 安全评价活动	40
1.4.2 安全评价	41
1.4.3 危险、有害因素的分类	42
1.4.4 危险、有害因素的识别	42
1.4.5 常用的安全评价方法	44
1.4.6 安全评价报告	48
1.5 职业危害预防和管理	49
1.5.1 职业病和职业性有害因素分类	49
1.5.2 职业危害识别	50
1.5.3 职业危害因素的检测与评价	51
参考文献	52

2 化工危险及风险分析	55
2.1 化工行业危险因素及危险源	55
2.1.1 设备缺陷问题	59
2.1.2 化学工艺问题	59
2.1.3 对化学物质的危险性认识不足	61
2.1.4 误操作问题	61
2.2 重要危险化工工艺及安全措施建立	62
2.2.1 硝化工艺	63
2.2.2 过氧化工艺	67
2.2.3 氧化工艺	71
2.2.4 氯化工艺	75
2.2.5 光气及光气化工艺	78
2.2.6 加氢工艺	81
2.2.7 磺化工艺	83
2.2.8 其他危险工艺	86
2.3 风险相关概念	93
2.3.1 危险	93
2.3.2 风险	93
2.4 风险识别方法	94
2.4.1 检查表法	94
2.4.2 事件树分析	96
2.4.3 事故树分析	98
2.4.4 危险与可操作性分析	101
2.5 风险分析	104
2.5.1 风险识别过程	104
2.5.2 风险评估过程	107
2.5.3 风险降低措施	108
2.5.4 风险分析的影响因素	110
参考文献	111
 3 化工过程本质安全及反应热风险评估	 112
3.1 化工过程本质安全及研究技术简介	113
3.1.1 本质安全概念	113
3.1.2 化工过程本质安全及研究技术	114
3.2 热相关概念	116
3.2.1 比热容	116
3.2.2 绝热温升	117
3.2.3 反应热	118

3.2.4 化学反应速率	121
3.2.5 热量平衡	122
3.3 失控反应	125
3.3.1 冷却失效	126
3.3.2 Semenov 热温图	131
3.4 化工反应热风险评估及实例分析	132
3.4.1 严重度	132
3.4.2 可能性	133
3.4.3 工艺危险度	135
3.4.4 热风险评估流程	138
参考文献	141
4 重要安全性参数实验测试及实例分析	143
4.1 爆炸性测试	144
4.1.1 固体粉尘着火温度测试	144
4.1.2 可燃液体和可燃气体引燃温度测试	146
4.1.3 持续燃烧测试仪	147
4.1.4 氧化性液体试验仪	148
4.1.5 最低引燃能量测试	149
4.1.6 爆炸极限测试	150
4.2 扫描测试	152
4.2.1 差热分析	152
4.2.2 热重分析	155
4.2.3 差示扫描量热	156
4.2.4 绝热放热测试	164
4.2.5 分解压力测试	164
4.2.6 快速筛选量热仪	164
4.2.7 ICI 测试管	168
4.3 反应量热仪	169
4.3.1 RC1 反应量热仪	171
4.3.2 SIMULAR 反应量热仪	176
4.4 绝热量热测试	181
4.4.1 杜瓦瓶量热仪	183
4.4.2 加速度量热仪	185
4.4.3 热流反应量热仪	194
4.4.4 泄放口尺寸测试装置	195
4.4.5 高性能绝热量热仪	195
4.4.6 反应系统筛选装置	195

4.5 其他形式量热测试	196
4.5.1 ISOPERIBOLIC 量热器	196
4.5.2 热传递量热器	196
4.6 气体逸出速率的测量	196
参考文献	197
5 化工过程放大及风险控制	199
5.1 化工过程放大	204
5.1.1 动量传递	206
5.1.2 热量传递	208
5.1.3 质量传递	213
5.1.4 化学反应工程	217
5.2 逐级放大	220
5.2.1 小试放大	222
5.2.2 微型车间放大	224
5.2.3 中试放大	225
5.2.4 车间大规模生产	227
5.3 相似模拟放大	227
5.4 安全基础的选择	228
5.4.1 工艺物料的选择	229
5.4.2 工艺路线的选择	232
5.4.3 间歇和半间歇操作	235
5.4.4 确认最坏的局面	237
5.4.5 不同情形的过压问题及其安全方式	238
5.4.6 工厂操作的有效性和兼容性	240
5.4.7 工艺控制及工厂优化	241
5.5 风险预防措施	245
5.5.1 温度控制	245
5.5.2 紧急淬灭	246
5.5.3 加料控制	249
5.5.4 压力	249
5.5.5 搅拌	250
5.5.6 尾气处理	250
5.5.7 安全时间	252
5.5.8 仪表和控制系统	253
5.5.9 人员	253
5.6 控制措施	254
5.6.1 应急释放	254

5.6.2 预防维护	257
参考文献	258
6 工厂操作常规风险及风险控制	260
6.1 燃烧和爆炸风险	261
6.1.1 燃烧风险	262
6.1.2 爆炸风险	275
6.1.3 燃烧和爆炸风险评估	288
6.2 毒物风险	302
6.2.1 化学工业毒物	302
6.2.2 工业毒物的分类	303
6.2.3 毒物毒性及其评价指标	305
6.2.4 工业毒物的最高容许浓度 MAC	305
6.2.5 化工职业中毒	307
6.2.6 毒物风险控制	307
6.3 腐蚀风险	309
6.3.1 腐蚀的定义与分类	309
6.3.2 常见的腐蚀因素	310
6.3.3 腐蚀的表示方法	310
6.3.4 腐蚀产生的风险	311
6.3.5 腐蚀风险评估	312
参考文献	312
7 安全生产及其技术文件管理	313
7.1 安全生产管理办法	313
7.1.1 综合安全管理制度	313
7.1.2 人员安全管理制度	314
7.1.3 设备设施安全管理制度	315
7.1.4 环境安全管理制度	315
7.1.5 特种设备安全管理	316
7.1.6 安全生产教育培训	316
7.1.7 安全生产检查与隐患排查治理	317
7.1.8 劳动防护用品管理	318
7.2 HSE 管理	319
7.3 建设工程管理	320
7.4 化工安全技术	322
7.4.1 机械安全生产技术	322
7.4.2 电气安全技术	324

7.4.3	触电防护技术	326
7.4.4	电气防火防爆技术	327
7.4.5	雷击防护安全技术	327
7.4.6	静电防护安全技术	328
7.4.7	防火防爆安全技术	328
7.4.8	消防安全技术	331
7.4.9	防火防爆技术	332
7.5	技术文件管理	335
7.5.1	工艺指南	335
7.5.2	研究技术文件和生产技术文件	338
7.5.3	工艺变更	349
7.5.4	生产品种变更	351
	参考文献	351

1

化工安全生产须知

化学工业又称化学加工工业，泛指在生产过程中表现为化学反应或生产相关化学产品的工业。化学工业的生产制造是利用化学反应，并通过必要的工艺过程来改变物质的结构、形态、成分等。化学工业的范围比较宽泛，包括无机酸、碱、盐、稀有元素、冶金、硅酸盐、石油化工、天然气、橡胶、塑料、农药、医药、化肥、合成纤维、染料、日用化学品工业等。随着我国经济的飞速发展，化工行业已在我国国民经济中占有了十分重要的地位。

化学工业与人类的生存质量息息相关，它具有产品专用性强、功能性强、技术密集度高、附加价值高、经济效益好等特点，其产品的应用范围广，涉及国民经济的各个领域。我国改革开放 30 多年来，国民经济取得了长足的发展，但是，化学工业尤其是精细化工行业的发展仍然落后于西方发达国家，如何将我国化工行业打造成具有国际先进水平的产业领域，是摆在每一位化学工作者面前的重要任务。我们需要聚焦化工科学前沿，面向国家和市场需求，抢占先机，引领和支撑我国化工领域的技术进步、技术创新和产业发展。然而，在不断追求化工行业高端技术应用、技术创新和新产品开发生产的同时，还需要高度关注化工发展的安全性和稳定性。

在过去的几十年间，化工安全事故时有发生，屡见不鲜。随着国家和地方政府，以及各相关企业对化工安全生产重视程度的日益提高，现行的安全生产管理模式正在发生根本性的变化，逐渐由传统的、经验的、事后处理的方式转变为现代的、系统的、事前预测的科学方法。国家政府为了保证化工安全生产，相继出台了《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》等法律法规，国家安全生产监督管理总局也制定了《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》、《首批重点监管的危险化工工艺安全控制要求、重点监控参数及推荐的控制方案》等管理条例，对化工生产中存在的危险化学品、危险工艺和重大危险源进

行了详细的说明，提出了严格的要求。

本章首先介绍化工行业的特点和可能发生的安全事故，并对事故的原因进行详细的分析；介绍化工生产相关的国家法律法规要求；阐述化工安全评价和职业危害防范要求，旨在使人们对化工生产重要法律法规和安全、健康和环保有一个初步的了解。

1.1 化工行业安全特性及分类

1.1.1 化工行业安全特性

化工行业生产工艺的特殊性，决定了化工生产具有很多不同于其他工业生产的特点。

(1) 生产装置密集 化工行业的生产过程通常是在由多种设备连接而成的整套装置中进行的。整套装置包括主体反应设备、罐类、管路、阀件、泵类、仪表等元件。多数化工产品的生产流程较长，工序较多、较繁杂，因此，需要通过多组管路将单个设备紧凑有序地连接成整套的生产装置，并通过若干的化工单元操作，得到目标产品。对于精细化工行业来说，其生产特点是化工产品品种多、更新换代快、批量小，因此，化工生产，特别是精细化学品的生产，往往采用多功能模式的生产装置，涵盖能满足多品种综合生产所需要的工艺流程，以降低制造成本，并尽可能缩短新产品的上市周期，从而能使设备的潜在利用能力得以充分地发挥，显著提高经济效益。

(2) 知识和技术密集 化工产品的生产是综合性较强、技术密集型的生产过程。一个化工产品的研究开发，要经过市场调研、工艺路线探索、工艺开发、风险研究、工程化放大、工业化生产、应用研究、市场开发、甚至技术服务等各个方面的全面考虑和具体实施。这不仅需要解决一系列的化工技术难题，还渗透着多领域多行业的技术和知识，包括多领域的经验和手段。化工产品种类繁多，新的产品不断出现，更新换代快，需要不断进行新产品的技术开发和应用开发，所以研究开发费用很大。例如：医药的研究经费，常常需要占药品销售额的8%~10%，这就导致产生了较强的技术垄断性。随着科学技术的不断发展和技术进步，化工生产正朝着工艺流程更为复杂、设备更为先进、操作自动化程度更高的现代化生产过程快速发展，这就要求化工生产企业必须充实人才队伍，接受先进知识，重视风险控制，更新现有设备，以满足快速发展的需要。

(3) 资金密集 由于化工生产是在多个操作单元装置连接而成的整套装置中进行的，这就决定了化工行业是一个资金密集型的行业。在化工产品的生产过程中，所涉及的生产工艺流程比较长，导致了设备装置的投资额较大，而装置的生产能力受操作周期和设备利用率等条件的限制，所以，流动资金占用的时间相对较长。此外，在化工生产过程中，往往存在高温、高压、低温以及较强的腐蚀性

等苛刻的工艺条件，因此，用于化工生产设备维修和保养维护等方面的相关费用相对高于其他生产工业。

(4) 资源密集 虽然化工行业对国民经济的发展和人民生活的保障与改善做出了重大的贡献，创造了巨大的社会财富，但是，对于资源环境也造成了严重的损害，带来了沉重的影响。在化工产品的生产过程中，通常原材料的消耗成本占产品总制造成本的60%~70%，其中大部分原材料的获得需要消耗自然资源，这些自然资源大多为不可再生资源，如石油资源和矿石资源等。随着世界经济的快速发展，这些不可再生的资源将变得越来越稀少，这就使得整个化学工业越来越受到对资源和能源需求的约束。因此，化学工业需要不断进行技术革新，提高产品收率和质量，降低原材料消耗，并且要保证生产安全。着眼未来，化工行业如何走可持续发展的道路，是我们必须面临和解决的重要问题。

(5) 高毒性、高污染、高风险 高毒性、高污染和高风险是化工行业不可忽视的问题，其贯穿于绝大多数化工产品的生产流程之中。在一个化工产品的生产过程中，从原料采购、运输、仓储到生产的每一个环节都会使用到大量的危险化学品，这些化学品有的具有毒性，有的具有不稳定性等特殊危险特性，因此，它们蕴含着隐患和风险。而且，在生产过程中，会产生很多中间产物或是副产物，导致大量废气、废水、废渣的产生，如果这些“三废”物质处理不及时或处理不当，会对人身安全和生态环境造成严重的影响。此外，化工过程涉及的化学反应复杂多样，人们对其认识还远远不够，常常会因为一些反应条件突变导致未知反应的发生，从而导致灾难性事故的发生。因此，化工生产具有一定的高风险性。如何保证化工过程实现安全生产是化工行业安全、环保和可持续发展必须解决的首要问题。

1.1.2 化工行业安全分类

化工产品的生产安全主要与三个方面的因素有关，包括化工工艺过程安全、化学物质使用操作安全以及设备安全。

(1) 化工工艺过程安全 化工工艺即化工技术或化学生产技术，指将主要化工原料经过化学反应转变为产品的方法和过程，同时还包括实现这一转变的全部措施条件。化工生产过程一般可概括为四个主要步骤：①化工原料准备过程；②化学反应过程；③后处理过程，包括分离、精制、干燥等；④出料和包装过程。

化工工艺的安全首先要考虑原料所具有的物理性质和化学性质及其危险性。在进行化学反应之前，原材料需要根据反应的要求进行规格确认和分析，必要的条件下进行净化、提纯、混合或乳化处理，有些固体原料还需要进行粉碎等多种不同的预处理过程，因此，需要深入了解物料的易燃性、爆炸性、腐蚀性和毒性等理化性质，例如物质的熔点、沸点、饱和蒸气压、闪点、爆炸极限、燃点、最