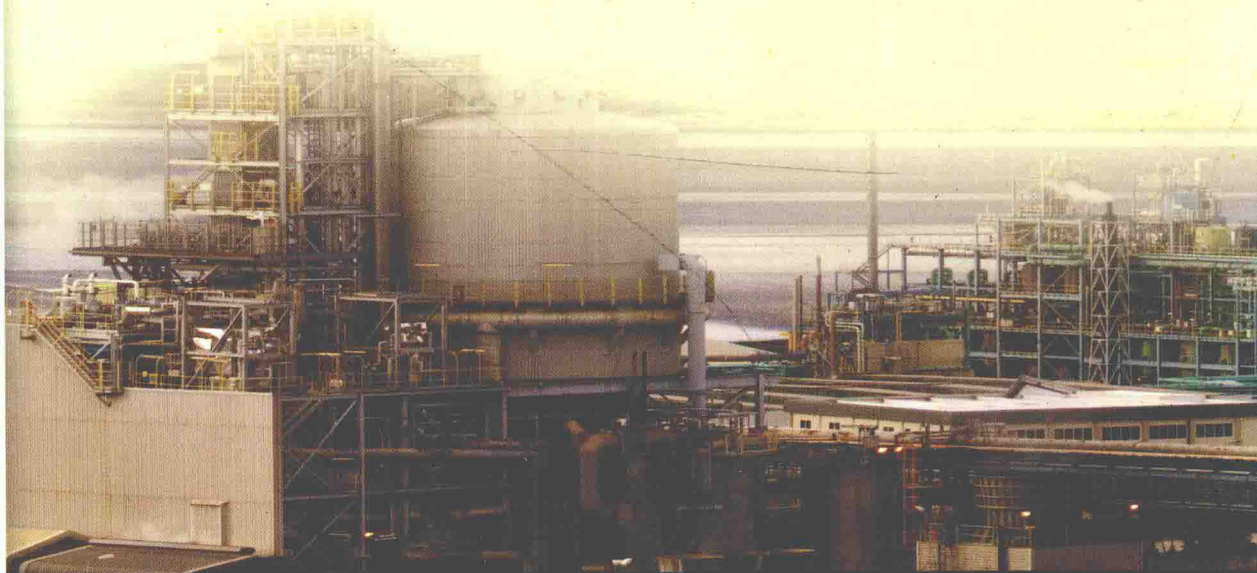


Anquan Peixun

特种作业人员安全技术培训考试系列配套教材

化工自动化控制仪表 作业

全国安全生产教育培训教材编审委员会 组织编写



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

化工自动化控制仪表作业

全国安全生产教育培训教材编审委员会 组织编写

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化工自动化控制仪表作业 / 全国安全生产教育培训
教材编审委员会组织编写. —徐州:中国矿业大学出版社,2013.12
特种作业人员安全技术培训考试系列配套教材
ISBN 978-7-5646-2125-4

I. ①化… II. ①全… III. ①化工过程-自动控制-
技术培训-教材 ②化工仪表-技术培训-教材 IV. ①TQ056

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 266447 号

书 名 化工自动化控制仪表作业
组织编写 全国安全生产教育培训教材编审委员会
责任编辑 姜 华
出 版 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
印 刷 北京北林印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 386 千字
版次印次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,请联系调换;010-64463761 64463729)

全国安全生产教育培训教材编审委员会

主 任 孙华山

副 主 任 彭建勋 徐绍川 徐汉才

委 员 (以姓氏笔画为序)

王啟明 邬燕云 刘云昌 孙广宇 李 斌

杨玉洲 杨庚宇 邹维纲 汪永高 张兴凯

官山月 相桂生 施卫祖 徐少斗 郭云涛

曹安雅 樊晶光

主 编 任丽静

前 言

为贯彻落实《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国家安全生产监督管理总局令第30号),进一步做好特种作业人员安全技术培训与考核工作,实现安全生产教育培训“十二五”规划提出的“实现高危行业企业‘三项岗位’人员和安全监管监察干部教育培训大纲、教材、考试、颁证、审核全国统一”的规划目标,全面提高从业人员安全素质,我们组织编写了《特种作业人员安全技术培训考试系列配套教材》。

该系列教材作为编制国家考试题库的唯一指定教材,以“特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准”为依据,突出岗位专业知识,注重安全操作技能,具有很强的权威性、针对性和实用性,是特种作业人员安全技术培训考试的必备教材,也可作为特种作业人员自学的工具书。

本教材的内容主要包括:过程安全管理基本知识、化工测量与仪表、计算机控制系统应用、控制阀及附件、仪表安装、技能操作。

本教材共六章,由任丽静担任主编。各章节编写分工如下:第一章,任丽静、齐广辉;第二章,张新岭、梁晓明;第三章,梁晓明、吉红;第四章,任丽静;第五章,任丽静、国海东、刘玉梅;第六章,任丽静、国海东。本教材由全国安全生产教育培训教材编审委员会审定,王洪庆进行了初审。

教材在编写过程中,得到了国家安全生产监督管理总局有关领导和有关司局的指导与帮助,部分省市安监局、培训机构和河北化工医药职业技术学院也给予了大力支持,在此一并表示感谢。

全国安全生产教育培训教材编审委员会

2013年11月

目 录

第一章 过程安全管理基本知识	(1)
第一节 化工安全知识	(1)
第二节 仪表基础知识	(13)
第三节 仪表防护	(18)
第四节 化工装置基础与日常运行	(30)
第五节 主要自控设计标准	(48)
第二章 化工测量与仪表	(51)
第一节 压力测量原理及仪表	(51)
第二节 流量测量原理及仪表	(56)
第三节 温度测量原理及仪表	(66)
第四节 液位(界面)测量原理及仪表	(70)
第五节 成分测量原理及仪表	(78)
第三章 计算机控制系统应用	(86)
第一节 集散控制系统	(86)
第二节 可编程控制器	(103)
第四章 控制阀及附件	(119)
第一节 执行器的组成及分类	(119)
第二节 气动执行器	(120)
第三节 电动控制阀	(136)
第四节 控制阀附件	(137)
第五章 仪表安装	(146)
第一节 仪表安装概述	(146)
第二节 仪表安装程序	(156)
第三节 仪表常用安装材料	(163)
第四节 仪表加工件	(170)
第五节 常用仪表安装及注意事项	(172)
第六节 集散系统的安装	(179)

第七节	执行器的安装·····	(180)
第八节	仪表的保温伴热·····	(183)
第九节	仪表安装的工艺配合·····	(186)
第六章	技能操作·····	(191)
第一节	识读 PID 图·····	(191)
第二节	仪表日常维护·····	(200)
第三节	仪表开停车注意事项·····	(203)
第四节	自动化装置故障诊断方法·····	(205)
第五节	生产过程中发生故障的规律性·····	(208)
第六节	检测装置故障诊断处理典型案例·····	(216)
第七节	DCS、PLC 常见故障的典型案例·····	(243)
第八节	控制系统常见故障的典型案例·····	(251)
参考文献 ·····		(254)

第一章 过程安全管理基本知识

第一节 化工安全知识

化工行业生产大多在高温、高压、高速、有毒等条件下进行,生产所用的原料、中间体甚至产品本身,70%以上具有易燃、易爆或有毒的性质。仪表要在这些特殊环境下工作,特别是一次元件、变送器、控制阀、连接管线等直接与被测介质接触,受到各种化学介质的侵蚀,所以经常会因处理不当而发生事故。因此,掌握化工安全知识,做好安全防护工作,对于化工仪表维修工十分重要。化工事故的主要形式是火灾、爆炸和中毒。前两者和仪表自动化关系密切。

一、燃烧与爆炸

了解燃烧和爆炸的有关原理和影响因素,将有助于人们防止火灾和爆炸事故的发生。

1. 燃烧

燃烧是可燃物与助燃物(氧或氧化剂)发生的一种发光放热的化学反应,是在单位时间内产生的热量大于消耗热量的反应。

燃烧必须同时具备三个条件:①可燃性物质;②助燃性物质;③点火源。三者同时存在,相互作用,燃烧方可发生。

不同物质的燃烧过程是不同的。气体最易燃烧,燃烧所需热量只用于本身的氧化分解,并使其达到燃点。液体在点火源作用下,先蒸发成蒸气,然后蒸气氧化分解而燃烧。固体燃烧分两种情况,对于硫磷等简单物质,受热时首先熔化,继而蒸发为蒸气进行燃烧,无分解过程。对于复杂物质,受热时首先分解为物质的组成部分,生成气态和液态产物,然后气态、液态产物的蒸气着火燃烧。

(1) 闪点。易燃、可燃液体(包括具有升华性的可燃固体)表面挥发的蒸气与空气形成混合气,当火源接近时会产生瞬间燃烧,这种现象称为闪燃。引起闪燃的最低温度称为闪点。闪点数据由标准仪器测得,有开杯式和闭杯式两种。常见闪点系指闭杯式测定值。

(2) 燃点。可燃物质在空气充足条件下,达到某一温度时与火源接触即行着火(出现火焰或灼热发光),并在移去火源之后仍能继续燃烧的最低温度称为该物质的燃点或着火点。易燃液体的燃点,约高于其闪点 $1\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 自燃点(引燃温度)。是指可燃物在没有火焰、电火花等火源直接作用下,在空气或氧气中被加热而引起燃烧的最低温度称为自燃点。一般来讲,液体相对密度越小,其闪点越低,而自燃点越高;液体相对密度越大,闪点越高,而自燃点越低。

可燃性气体、蒸气的闪点、引燃温度见表 1-1。

2. 爆炸

爆炸是物质的一种急剧的物理、化学变化，在变化过程中伴有物质所含能量的快速释放，这些能量变为对物质本身、变化产物或周围介质的压缩能或运动能。

(1) 爆炸表现的特征

① 爆炸的内部特征。爆炸时大量能量在有限体积内突然释放或急剧转化，并在极短时间内在有限体积中积聚，造成高温高压，使邻近介质形成急剧的压力突跃和随后的复杂运动。

② 爆炸的外部特征。爆炸介质在压力作用下，表现出不寻常的移动或机械破坏效应，以及介质受振动而产生的音响效应。

(2) 爆炸类型

爆炸按性质分类，可分为物理爆炸(如蒸汽锅炉或液化气、压缩气体超压引起的爆炸)和化学爆炸(如可燃气体、蒸气的爆炸，炸药的爆炸)；按爆炸速度，可分为轻爆、爆炸和爆轰三种；按反应相分类，可分为气相爆炸和凝聚相爆炸。

对于可燃性气体爆炸，有单一气体分解爆炸和混合气体爆炸。

单一气体分解爆炸有：

- ① 乙炔热分解爆炸；
- ② 乙烯分解爆炸；
- ③ 氮氧化物分解爆炸；
- ④ 环氧乙烷分解爆炸。

混合气体爆炸有下列几种情况：

① 可燃气体(蒸气)/空气混合气。将可燃气体或蒸气按一定比例与空气混合均匀，一经点燃，化学反应瞬间完成并形成爆炸，火焰以一层层同心球面的形式向各方传播。

② 可燃气体(蒸气)/氧气混合气。用氧气代替空气，与可燃气体/空气所形成的爆炸无本质上的区别。与可燃气体/空气混合气比较，爆炸上限明显提高，而爆炸下限变化不大。

③ 可燃气体/其他助燃气体混合气。如氯和氢混合气在一定比例时具有爆炸性，当氢中含氯为 50% 时，发生的爆炸作用最强烈。

可燃气体或可燃液体蒸气与空气或氧气混合物，在引火源作用下能引起爆炸的范围称为爆炸极限。其最低浓度叫做爆炸下限，最高浓度叫做爆炸上限，见表 1-1。

影响爆炸极限的因素有以下几点：

① 初始温度。初始温度越高，爆炸极限范围越大，即爆炸下限降低而爆炸上限增高，爆炸的危险性就增加。

② 初始压力。一般爆炸性混合物初始压力增高，使分子间距更为接近，碰撞概率增多，因此燃烧反应容易进行，爆炸极限范围扩大。

③ 惰性介质。爆炸性气体混合物中惰性气体含量增加，则爆炸极限范围缩小；当惰性气体含量增加到某一值时，混合气体不再发生爆炸。

④ 容器。容器材质及尺寸等对物质的爆炸极限均有影响。如容器管道直径越小，爆炸极限范围越小。当管径小到一定程度时，火焰便不能通过，这一直径称为临界直径。容器材料也有很大影响，如氢和氟在玻璃器皿中混合，即使在液态空气温度下，置于黑暗中

也会产生爆炸，而在银器中，于一般温度下才能发生反应。

⑤ 火花能量、热表面面积、火源与混合物接触时间等，对爆炸极限均有影响。

表 1-1 可燃气体、蒸气特性表

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
I (I 类, 矿井甲烷)						
甲烷	T1	537	气体	5.0	15.0	0.55
II A(II 类 A 级)						
丙烯腈	T1	481	0	2.8	28.0	1.83
乙醛	T4	140	-37.8	4.0	57.0	1.52
乙腈	T1	524	5.6	4.4	16.0	1.42
丙酮	T1	537	-19.0	2.5	13.0	2.00
氨	T1	630	气体	15.0	28.0	0.59
异辛烷	T2	410	-12.0	1.0	6.0	3.94
异丁醇	T2	426	27.0	1.7	19.0	2.55
甲基异丁基甲酮	T1	475	14.0	1.2	8.0	3.46
异戊烷	T2	420	<-51.1	1.4	7.6	2.48
一氧化碳	T1	605	气体	12.5	74.0	0.97
乙醇	T2	422	11.1	3.5	19.0	1.59
乙烷	T1	515	气体	3.0	15.5	1.04
丙烯酸乙酯	T2	350	15.6	1.7		3.50
乙醚	T4	170	-45.0	1.7	48.0	2.55
甲乙酮	T1	505	-6.1	1.8	11.5	2.48
3-氯 1, 2-环氧丙烷	T2	385	28.0	2.3	34.4	3.29
氯丁烷	T3	245	-12.0	1.8	10.1	3.20
辛烷	T3	210	12.0	0.8	6.5	3.94
邻-二甲苯	T1	463	172.0	1.0	7.6	3.66

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
间-二甲苯	T1	525	25.0	1.1	7.0	3.66
对-二甲苯	T1	525	25.0	1.1	7.0	3.66
氯化苯	T1	590	28.0	1.3	11.0	3.88
乙酸	T1	485	40.0	4.0	17.0	2.07
乙酸正戊酯	T2	375	25.0	1.0	7.5	4.99
乙酸异戊酯	T2	379	25.0	1.0	10.0	4.49
乙酸乙酯	T2	460	-4.4	2.1	11.5	3.04
乙酸乙烯树脂	T2	385	-4.7	2.6	13.4	2; 97
乙酸丁酯	T2	370	22.0	1.2	7.6	4.01
乙酸丙酯	T2	430	10.0	1.7	8.0	3.52
乙酸甲酯	T1	475	-10.0	3.1	16.0	2.56
氰化氢	T1	538	-17.8	5.6	41.0	0.93
溴乙烷	T1	511	<-20.0	6.7	11.3	3.76
环己酮	T2	420	33.8	1.3	9.4	3.38
环己烷	T3	260	-20.0	1.2	8.3	2.90
1, 4-二氧杂环乙烷	T4	180	12.2	2.0	22.0	3.03
1, 2-二氯乙烷	T2	412	13.3	6.2	16.0	3.40
二氯乙烯	T1	451	-10.0	5.6	16.0	3.35
二丁醚	T4	175	25.0	1.5	7.6	4.48
二甲醚	T3	240	气体	3.0	27.0	1.59
苯乙烯	T1	490	32.0	1.1	8.0	3.59
噻吩	T2	395	-1.1	1.5	12.5	2.90
癸烷	T3	205	46.0	0.7	5.4	4.90
四氢呋喃	T3	230	-13.0	2.0	12.4	2.50

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
1, 2, 3-三甲苯	T1	485	50.0	1.1	7.0	4.15
甲苯	T1	535	4.4	1.2	7.0	3.18
1-丁醇	T2	340	28.9	1.4	11.3	2.55
丁烷	T2	365	气体	1.5	8.5	2.05
丁醛	T3	230	-6.7	1.4	12.5	2.48
呋喃	T2	390	0	2.3	14.3	2.30
丙烷	T1	466	气体	2.1	9.5	1.56
异丙醇	T2	399	11.7	2.0	12.0	2.07
己烷	T3	233	-21.7	1.2	7.5	2.79
庚烷	T3	215	-4.0	1.1	6.7	3.46
苯	T1	555	11.1	1.2	8.0	2.70
三氟甲基苯	T1	620	12.2			5.00
戊醇	T3	300	32.7	1.2	10.5	3.04
戊烷	T3	285	<-40.0	1.4	7.8	2.49
醋酐	T2	315	49.0	2.0	10.2	3.52
甲醇	T1	455	11.0	5.5	36.0	1.10
丙烯酸甲酯	T2	415	-2.9	2.4	25.0	3.00
甲基丙烯甲酯			10.0	1.7	8.2	3.60
2-甲基己烷	T3	280	<0			3.46
3-甲基己烷	T3	280	<0			3.46
硫化氢	T3	260	气体	4.3	45.0	1.19
汽油	T3	280	-42.8	1.4	7.6	3.40
壬烷	T3	205	31	0.7	5.6	4.43
环戊烷	T2	380	<-20			2.42

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
甲基环戊烷	T2					
乙基环丁烷	T3	210	<-20	1.2	7.7	2.90
乙基环戊烷	T3	260	<21	1.1	6.7	3.39
蔡烷	T3					
丙烯	T2		气体	2.0	11.7	1.49
甲基苯乙烯	T1					
二甲苯	T1	465	30	1.0	7.6	3.66
乙苯	T2	430	15	1.0	7.8	3.66
三甲苯	T1	485	50	1.1	6.4	4.15
萘	T1	540	80	0.9	5.9	4.42
异丙基苯	T2		31	0.8	6.0	4.15
甲基异丙基苯	T2					
松节油	T3					
石脑油	T3					
煤焦油石脑油	T3					
丙醇	T2	405	15	2.1	13.5	2.07
丁醇	T2	340	29	1.4	10.0	2.55
己醇	T3					
环己醇	T3					
甲基环己醇	T3	295	68			3.93
苯酚	T1					
甲酚	T1					
双丙酮醇	T1					
戊间二酮(乙酰丙酮)	T2					

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
甲酸甲酯	T2	450	<-20	5.0	20.0	2.07
乙酰基醋酸乙醇	T2					
氯化甲烷(甲基氯)	T1	625	气体	7.1	18.5	1.78
氯乙烷	T1	510	气体	3.6	14.8	2.22
苯胺	T1					
正氯丙烷	T1	520	<-20	2.6	11.1	2.71
二氯丙烷	T1	555	15	3.4	14.5	3.90
氯苯	T1					
苄基苯	T1					
二氯苯	T1		66	2.2	12	5.07
烯丙基氯	T2					
氯乙烯	T2	413	气体	3.8	29.3	2.16
二氯甲烷(甲叉二氯)	T1	605		13.0	22.0	2.93
乙酰氯	T3					
氯乙醇	T2	425	55	5	16	2.78
乙硫醇	T3					
四氢噻吩	T3					
亚硝酸乙酯	T6					
硝基甲烷	T2	415	36	7.1	63	2.11
硝基乙烷	T2	410	28			2.58
甲胺	T2	430	气体	5.0	20.7	1.07
二甲胺	T2		气体	2.8	14.4	1.55
三甲胺	T4		气体	2.0	11.6	2.04
二乙胺	T2		<-20	1.7	10.1	2.53

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
三乙胺	T1					
正丙胺	T2		<-20	2.0	10.4	2.04
正丁胺	T2					
环己烷	T3					
二氨基己烷	T2					
N, N-二甲基苯胺	T3					
甲苯胺	T1					
吡啶	T1	550		1.7	10.6	2.73
ⅡB(Ⅱ类B级)						
异戊间二烯	T3	220	-53.8	1.0	9.7	2.35
乙烯	T2	425	气体	2.7	34.0	0.97
环氧乙烷	T2	428	气体	3.0	100.0	1.52
环氧丙烷	T2	430	-37.2	1.9	24.0	2.00
1, 3-丁二烯	T2	415	气体	1.1	12.5	1.87
城市煤气	T1		气体	5.3	32.0	
环丙烷	T1	495	气体	2.4	10.4	1.45
丁二烷(1, 3)	T2					
乙基甲基醚	T4	190	气体	2.0	10.1	2.07
乙醚	T4	170	-45.0	1.7	48.0	2.55
1, 4-二噁烷	T2					
1, 3, 5-三噁烷	T2	410		3.6	29.0	3.11
四氢糠醇	T3					
丙烯酸乙酯	T2					
丁烯醛	T3					
丙烯醛	T3		<-20	2.8	31.0	1.94
焦炉煤气	T1					
四氟乙烯	T2					

续表 1-1

物质名称	引燃温度 组别	引燃温度 / ℃	闪点 / ℃	爆炸极限		蒸气密度 (空气=1)
				下限/(容积%)	上限/(容积%)	
II C(II 类 C 级)						
乙炔	T2	305	气体	1.5	82.0	0.90
氢	T1	560	气体	4.0	75.6	0.07
二硫化碳	T5	102	-30	1.0	60.0	2.64
水煤气	T1		气体	7.0	72.0	
硝酸乙酯	T6					

二、化工企业火灾危险性及危险场所分类

根据《炼油化工企业设计防火规定》，炼油、石化企业火灾危险性分生产和储物两部分。化工企业生产的火灾危险性分类见表 1-2，危险性场所分类见表 1-3。

表 1-2 化工企业生产的火灾危险性分类

生产类别	特 征
甲	生产中使用或产生下列物质： ① 闪点<28 ℃的易燃液体； ② 爆炸下限<10%的可燃气体； ③ 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质； ④ 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质； ⑤ 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫黄等易燃无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂； ⑥ 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质； ⑦ 在压力容器内物质本身温度超过自燃点的生产
乙	生产中使用或产生下列物质： ① 闪点为 28 ~60 ℃的易燃、可燃液体； ② 爆炸下限≥10%的可燃气体； ③ 助燃气体和不属于甲类的氧化剂； ④ 不属于甲类的化学易燃危险固体； ⑤ 排出浮游状态的可燃纤维或粉尘，并能与空气形成爆炸性混合物
丁	具有下列情况的生产： ① 对非燃烧物质进行加工，并在高热或熔化状态下经常产生辐射热、火花或火焰的生产； ② 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧作为其他用途的各种生产； ③ 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

表 1-3

化工企业火灾危险场所分类

生产装置	过程名称	类别	生产装置	过程名称	类别
甲烷部分氧化制乙炔装置	部分氧化 乙炔提浓、净化 溶剂处理	甲 甲 甲	氧氯化法氯乙烯装置	乙烯循环气压缩 直接氯化，氧氯化，精馏 二氯乙烷裂解 氯乙烯精馏 残液烧却	甲 甲 甲 甲 丁
管式炉裂解乙烯装置	裂解、急冷 裂解气压缩、乙烯、丙烯制冷分离	甲 甲 甲			
异丁烯分离（硫酸法）装置	压缩精馏 吸收精馏	甲 甲	电石法氯乙烯装置	乙炔发生 合成氯化氢 合成氯乙烯，精馏	甲 甲 甲
丁烯氧化脱氢装置	氧化反应冷却	甲			
制丁二烯装置	反应气体压缩	甲	丁辛醇装置	合成气压缩 羰基合成，蒸馏，重组分处理 缩合反应，加氢，蒸馏 催化剂制备	甲 甲 甲 甲 戊
合成酒精装置	乙烯水合反应 精馏	甲 甲			
直接法乙醛装置	乙烯氧化（一，二段法） 乙醛精制	甲 甲			
醋酸装置	乙醛氧化 醋酸精制	甲 甲	醋酐装置	醋酸裂解 吸收，精馏 稀醋酸回收	甲 甲 乙
裂解汽油加氢装置	氢气压缩机 汽油加氢、分馏	甲 甲	环氧氯丙烷装置	丙烯压缩 氯化、精馏 次氯酸化、精馏	甲 甲 甲
芳烃抽提装置	芳烃抽提 精馏	甲 甲			
对二甲苯装置	甲苯歧化及混合二甲苯异构化 分馏	甲 甲	苯乙烯装置	苯烃化 乙基苯脱氢 乙苯和苯乙烯精馏	甲 甲 甲
丙烯腈装置（丙烯氨氧化法）	空气压缩 反应 精制 氰化钠制造 含氰污水烧结	戊 甲 甲 戊 丁	乙二醇装置	空气压缩 循环乙炔气压缩（加氧气的循环 乙烯压缩） 氧化，吸收，精馏 环氧乙烷水合 乙二醇精馏	戊（甲） 甲 甲 乙
苯酚丙酮装置	苯烃化，精馏 异丙苯氧化分解 精馏	甲 甲 甲			