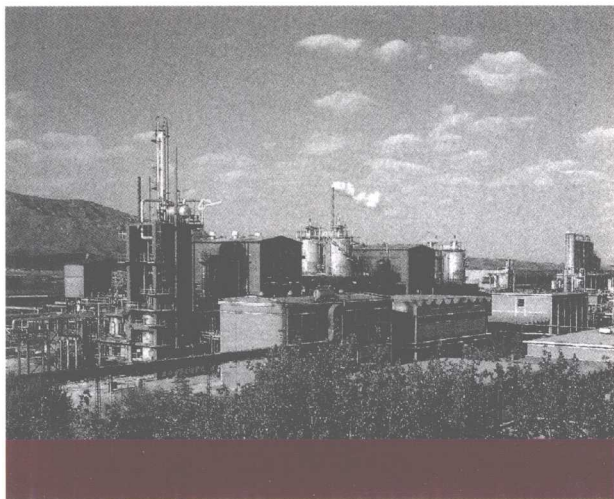


化工工人岗位培训读本

聚酯生产工

张连山 王淑仙 孙志明 编



Chemical Industry Press

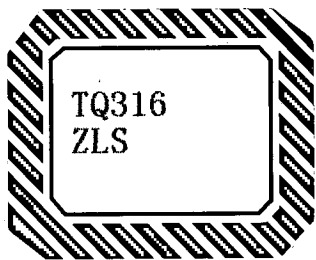


化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

化工工人岗位培训读本

聚酯生产工

张连山 王淑仙 孙志明 编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

聚酯生产工/张连山, 王淑仙, 孙志明编. —北京:
化学工业出版社, 2005. 8
(化工工人岗位培训读本)
ISBN 7-5025-7559-6

I. 聚… II. ①张…②王…③孙… III. 聚酯-化学
合成-生产工艺-技术培训-教材 IV. TQ316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 098106 号

化工工人岗位培训读本

聚酯生产工

张连山 王淑仙 孙志明 编

责任编辑: 赵丽霞

责任校对: 蒋宇

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 184 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7559-6

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是《化工工人岗位培训读本》之一。本着精练、实用的原则，结合聚酯的生产流程，介绍了聚酯合成的化学反应，工业生产实施方法，原料来源和单体的生产方法，聚酯的性能和用途，以及与生产有关的安全环保知识。详尽地介绍了生产工艺过程，开、停车操作，生产控制项目的分析，生产过程的自动控制，过程的有关工艺计算和异常现象产生的原因及处理办法等。虽然涉及的内容较广，但言简意赅，借用图表直截了当地表达了繁杂的内容，并且每章都编写了练习与思考题，便于工人自学及培训。

本书可作为聚酯行业的职业技能鉴定培训教材，也是工人自我提高的良好参考书。

前 言

随着国内化学工业技术的迅速发展，行业规模不断扩大，高技能、复合型人才的就业岗位比重不断增加，但与此相对应的是人才短缺，具有高技能的技术工人明显供不应求。为了满足化工企业技术工人岗位培训及职业技能鉴定的需要，全面系统地开展员工的技术培训工作，提高技术工人的基本素质，增强其在市场经济体制下的竞争能力，有效解决知识更新和人员更替问题，为企业发展提供可靠保障，化学工业出版社组织吉林化学工业公司、南京化学工业公司、燕山石油化工有限公司等单位编写了一套《化工工人岗位培训读本》丛书。

本套丛书的编写人员均为生产一线的具有较丰富实际工作经验的工程技术人员，本着精练、实用的原则，紧密联系化工生产实际，着眼于提高操作人员的实际操作技能和对异常情况的应变处理能力。对与生产过程相关的化学基础、化工基础、化工设备进行简要介绍，对生产工艺技术及其中各单元的操作、控制分析项目等进行较详细的讨论。因此，本套丛书可作为化工行业职业技能鉴定的培训教材。

本书是《聚酯生产工》分册。在我国的化纤领域中，聚酯以其成本低、质量好的优势得到快速发展，产量名列榜首，并已经处于世界领先地位。民营聚酯企业的崛起，推动了聚酯工业的发展进程。为适应形势发展的需要，体现“以人为本”的管理理念，使聚酯生产操作工人具有扎实的“基本功”，能自觉地用“严格、细心、准确、精湛、勤快”的工作作风，保生产“安全、稳定、长周期、满负荷、优质”的运行，编写了《聚酯生产工》。

在编写过程中，充分考虑了目前聚酯工业的现状，为满足技术工人理论和实际操作培训的需要，结合聚酯的生产流程，介绍了聚酯合成的化学反应，工业生产实施方法，原料和单体的生产方法以及聚酯的性能和用途，生产有关的安全环保知识。详尽地介绍了生产工艺过程的原理，开、停车操作，生产控制分析项目，生产过程的自动控制，过程的有关工艺计算和异常现象产生的原因及处理办法等。本书共 16 章，其中第 13 章由王淑仙编写、第 14 章由孙志明编写，其他各章由张连山编写。全书由张连山统稿。

本书适用于聚酯装置的生产操作工人自学和培训，也适用于聚酯装置技术管理人员参考。

由于编者水平所限，可能有疏漏或不妥之处，欢迎广大读者及专家给予批评指正。

编 者

2005 年 6 月

符号说明

BG	丁二醇
BHET	对二甲酸乙二醇酯
Cat	催化剂
4-CBA	对甲基苯甲酸
CDP	高压型阳离子染料可染聚酯
CD-ROM	只读型光盘
DEG	二甘醇
DMF	二甲基甲酰胺
DMT	聚对二甲酸二甲酯
ECDP	常压型阳离子染料可染聚酯
EDDP	分散染料常温可染聚酯
EG	乙二醇
k	速度常数
MA	甲醇
M	物质的量浓度
\bar{M}	平均相对分子质量
NDC	2,6-萘二甲酸
n	物质的量数
PBT	聚对苯二甲酸丁二醇酯
PC	聚碳酸酯
PCD	阳离子染料可染聚酯
PCL	聚己内酯
PEG	聚乙二醇
PEN	聚萘二甲酸乙二醇酯

PET	聚对二甲酸乙二醇酯
PHB	聚羟基脂肪酸酯
PIA	间苯二甲酸
PLA	聚乳酸酯
PROM	可编程序的只读存储器
PTA	对苯二甲酸
PTT	聚对苯二甲酸丙二醇酯
RAM	随机存取存储器
ROM	只读存储器
SIPE	间苯二甲酸双羟乙酯-5-磺酸钠
SIPM	间苯二甲酸二甲酯-5-磺酸钠
St	蒸汽
T	热力学温度
T_b	脆化温度
T_c	结晶温度
$T_{c\max}$	最大结晶温度
T_d	分解温度
TEG	三甘醇
T_f	黏流温度
T_g	玻璃化温度
TG	丙二醇
TiO ₂	二氧化钛消光剂
T_m	熔点温度
TMP	稳定剂
TOL	对醛基苯甲酸
T_s	软化温度
W	生活水
WC	冷却水
WD	无离子水

WK	低温水（冷冻水）
WORM	写一次型光盘
WS	软水
WSPET	水溶性聚酯
WW	废水
η_r	相对黏度
$[\eta]$	特性黏度
φ	体积分数

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 国外聚酯工业发展概况	1
1.1.1 国外聚酯工业发展历程	1
1.1.2 国外 PTA 法生产 PET 连续工艺路线的典型技术	2
1.1.3 国外聚酯工业保持较快速的增长	6
1.1.4 国外聚酯工业发展的特征	6
1.2 国内聚酯工业发展概况	8
1.2.1 科研开发阶段	8
1.2.2 工业化开发阶段	9
1.2.3 引进技术发展阶段	9
1.2.4 产能增长发展阶段	10
1.2.5 国产化发展阶段	11
参考文献	12
练习与思考题	13
第 2 章 聚酯的用途和合成基本概念	14
2.1 聚酯的用途	14
2.1.1 纤维	14
2.1.2 包装材料	15
2.1.3 薄膜	15
2.1.4 工程塑料	15
2.1.5 生物医用材料	15
2.2 聚酯合成基本概念	15
2.2.1 缩聚反应	16
2.2.2 聚酯合成	19
2.2.3 合成聚酯的类型	22

2.2.4	聚酯的合成方法	23
2.2.5	聚酯合成反应的表征	24
2.2.6	PET 的性能	25
2.2.7	酯化反应的添加剂	27
	参考文献	27
	练习与思考题	27
第 3 章	聚酯生产中的酯化反应	31
3.1	酯交换法	31
3.1.1	甲酯化反应	31
3.1.2	酯交换反应	31
3.2	直接酯化法	32
3.2.1	直接酯化反应机理	32
3.2.2	直接酯化平衡反应	34
3.2.3	直接酯化反应动力学	35
3.2.4	影响直接酯化反应的因素	36
	参考文献	46
	练习与思考题	46
第 4 章	对苯二甲酸乙二醇酯的缩聚反应	47
4.1	缩聚反应机理	47
4.1.1	催化剂	47
4.1.2	反应机理	48
4.2	平衡缩聚反应	52
4.3	缩聚反应动力学	55
4.3.1	缩聚反应	55
4.3.2	搅拌速度	56
4.3.3	薄膜层	57
4.3.4	动力学方程式	57
4.4	影响缩聚反应的因素	57
4.4.1	真空度	58
4.4.2	停留时间	59

4.4.3 温度	59
4.4.4 催化剂	60
参考文献	61
练习与思考题	61
第5章 聚酯的降解反应	62
5.1 聚酯的水解反应	62
5.1.1 大分子链中的水解反应	62
5.1.2 大分子链端的水解反应	62
5.2 聚酯的醇解反应	63
5.2.1 大分子链中的醇解反应	63
5.2.2 大分子链端的醇解反应	63
5.3 聚酯热降解反应	63
5.3.1 大分子链中热降解反应	63
5.3.2 大分子链端热降解反应	64
5.3.3 影响热降解反应的因素	64
5.4 热氧化降解	65
参考文献	67
练习与思考题	67
第6章 聚酯的热性能和结晶	69
6.1 聚酯的热性能	69
6.1.1 聚酯的形变	69
6.1.2 聚酯的耐热性和热稳定性	71
6.2 聚酯的结晶	72
6.2.1 结晶过程	72
6.2.2 结晶速度及其影响因素	73
6.2.3 结晶度	77
6.2.4 结晶 PET 的熔点	78
参考文献	79
练习与思考题	79

第 7 章 原、辅材料与聚酯的性质和质量指标	81
7.1 原料的性质和质量指标	81
7.1.1 PTA 的性质和质量指标	81
7.1.2 EG 的性质和质量指标	81
7.1.3 BHET 的性质	83
7.2 辅助原料的性质和质量指标	83
7.2.1 催化剂的性质和质量指标	83
7.2.2 消光剂的性质和质量指标	85
7.2.3 稳定剂的性质和质量指标	86
7.2.4 加热油的性质和质量指标	87
7.2.5 清洗剂的性质和质量指标	88
7.3 聚酯的性质和质量指标	89
7.3.1 PET 的性质和质量指标	89
7.3.2 PBT 的性质和质量指标	91
参考文献	92
练习与思考题	93
第 8 章 公用工程的质量指标	94
8.1 水资源的质量指标	94
8.1.1 冷却水的质量指标	94
8.1.2 软水的质量指标	95
8.1.3 无离子水的质量指标	95
8.1.4 冷冻水的质量指标	95
8.1.5 工业水的质量指标	96
8.2 电资源的指标	96
8.2.1 电源的指标	96
8.2.2 运行电压的指标	96
8.2.3 额定电压的指标	97
8.3 汽(或气)的指标	98
8.3.1 水蒸气的指标	98
8.3.2 气体的指标	98
8.4 燃料油的指标	99

练习与思考题	99
第 9 章 聚酯的改性	101
9.1 聚酯的共聚改性	101
9.1.1 水溶性聚酯	101
9.1.2 阳离子染料可染聚酯	105
9.1.3 阻燃聚酯	108
9.1.4 低熔点聚酯	109
9.2 聚酯的填充和复合改性	110
9.2.1 聚酯的填充改性	110
9.2.2 聚酯的复合改性	113
参考文献	115
练习与思考题	116
第 10 章 阅读流程图知识	117
10.1 仪表代号	117
10.1.1 仪表文字符号	117
10.1.2 仪表图形符号	117
10.2 管件代号	118
10.2.1 管线的代号	118
10.2.2 阀门的代号	119
10.2.3 法兰的代号	119
10.2.4 管道附件代号	119
10.3 设备代号	121
10.4 管线连接代号	124
10.5 原、辅材料代号	124
10.5.1 原材料符号	124
10.5.2 辅助材料符号	125
10.5.3 公用工程符号	125
练习与思考题	125
第 11 章 聚酯生产过程的自动控制	127
11.1 计算机系统	127

11.1.1	硬件系统	127
11.1.2	软件系统	134
11.2	自动控制仪表	136
11.2.1	自动调节系统	137
11.2.2	程序控制系统	140
11.2.3	串级控制系统	141
11.2.4	联锁控制系统	143
	参考文献	144
	练习与思考题	145
第 12 章	单机操作与单元操作	146
12.1	单机操作	146
12.1.1	离心泵的操作	146
12.1.2	齿轮泵的操作	147
12.1.3	莫诺(螺杆)泵的操作	150
12.1.4	屏蔽泵的操作	152
12.1.5	液环真空泵的操作	153
12.1.6	柱塞泵的操作	154
12.1.7	双过滤器的操作	155
12.1.8	切粒机的操作	157
12.1.9	烛芯过滤器的操作	158
12.2	单元操作	160
12.2.1	二次液相加热系统的操作	160
12.2.2	二次气相加热系统的操作	162
12.2.3	酯化塔系统的操作	164
12.2.4	预缩真空系统的操作	166
12.2.5	缩聚真空系统的操作	169
12.2.6	切片水系统的操作	172
12.2.7	一次液相加热系统的操作	174
	练习与思考题	179
第 13 章	聚酯生产工艺	180
13.1	配制工序	180

13.1.1	配制工序的工艺流程	180
13.1.2	配制工序的流程简述	180
13.1.3	配制工序的工艺条件	181
13.2	酯化工序	182
13.2.1	酯化工序的工艺流程	182
13.2.2	酯化工序的流程简述	182
13.2.3	酯化工序的工艺条件	183
13.3	预缩聚工序	183
13.3.1	预缩聚工序的工艺流程	183
13.3.2	预缩聚工序的流程简述	184
13.3.3	预缩聚工序的工艺条件	185
13.4	缩聚工序	185
13.4.1	缩聚工序的工艺流程	185
13.4.2	缩聚工序的流程简述	185
13.4.3	缩聚工序的工艺条件	186
13.5	切粒工序	187
13.5.1	切粒工序的工艺流程	187
13.5.2	切粒工序的流程简述	187
13.5.3	切粒工序的工艺条件	188
	练习与思考题	188

第 14 章	PET 固相缩聚	190
14.1	PET 固相缩聚工艺流程	190
14.1.1	PET 固相缩聚的工艺流程简图	190
14.1.2	PET 固相缩聚的工艺流程简介	190
14.2	固相缩聚反应机理	192
14.2.1	化学反应	192
14.2.2	反应机理	193
14.3	结晶的影响因素	193
14.3.1	结晶速度	193
14.3.2	预结晶过程	194
14.3.3	结晶过程	195

14.4	固相缩聚反应的影响因素	195
14.4.1	反应温度	196
14.4.2	反应停留时间	196
14.4.3	氮气的纯度	196
14.4.4	切片的形状	196
14.5	产品的冷却和输送	197
14.6	氮气净化系统	197
14.6.1	氮气净化系统工艺流程	197
14.6.2	工艺流程简介	197
14.6.3	吸附原理	198
14.6.4	吸附剂的再生	198
14.6.5	除氧	198
14.7	加热炉系统	198
14.8	冷冻水系统	199
14.9	原、辅材料和产品的规格及原、辅材料消耗	199
	练习与思考题	201
第 15 章	聚酯生产过程的分析检验	203
15.1	卡尔费休分析法	203
15.2	酸碱滴定分析法	204
15.2.1	PTA 含量的分析	204
15.2.2	皂化值的分析	205
15.3	电位滴定分析法	206
15.3.1	酸值的分析	206
15.3.2	羧酸基的分析	206
15.4	质量分析法	207
15.5	氧化还原分析法	207
15.5.1	废水的化学需氧量分析	208
15.5.2	酯化产品中的乙二醇分析	208
15.6	分光光度分析法	209
15.7	气相色谱分析法	209
15.8	黏度分析法	210