

化工工人岗位培训读本

合成橡胶生产工

王锡玉 焦永红 编



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工工人出版社编辑出版

合成橡胶生产工

王德江 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
CHEMICAL INDUSTRY PRESS

化工工人岗位培训读本

合成橡胶生产工

王锡玉 焦永红 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

合成橡胶生产工/王锡玉, 焦永红编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 2

化工工人岗位培训读本

ISBN 7-5025-6485-3

I. 合… II. 王… III. 合成橡胶-生产工艺-技术培训-教材 IV. TQ330.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 136122 号

化工工人岗位培训读本

合成橡胶生产工

王锡玉 焦永红 编

责任编辑: 周国庆 刘 哲 赵丽霞

责任校对: 凌亚男

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)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12 $\frac{3}{4}$ 插页 4 字数 341 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6485-3/TQ·2134

定 价: 28.00 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。以丁苯橡胶的生产流程为主线，涉及单体的生产及化学品的配制、丁苯橡胶的乳液聚合、单体回收、胶乳掺合及后处理等生产工艺过程。较详细地介绍每一过程的原理、生产工艺、生产设备、操作及生产分析控制项目等内容，并且对有关环境保护与职业安全及卫生方面内容做了简要介绍。每一生产过程都编有一定的例题，说明工艺计算的内容和方法。内容具体、实用性较强。

本书适用于合成橡胶装置的生产操作工人自学及培训。

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, 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《合成橡胶生产工》分册。在编写过程中, 充分考虑了目前合成橡胶工业的现状, 为满足技术工人理论和实际操作培训的需要, 结合丁苯橡胶的生产流程, 介绍了合成橡胶的化学反应、工业生产实施方法、原料来源和单体的生产方法以及丁苯橡胶的性能、品种和用途。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, 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 9 章, 其中第 3 章、第 4 章和第 5 章由焦永红编写, 其他各章由王锡玉编写。全书由王锡玉统稿。

本书适用于合成橡胶装置的生产操作工人自学和培训, 也适用

于合成橡胶装置技术管理人员参考。

由于编者水平有限，可能有疏漏不妥之处，欢迎广大读者及专家给予批评指正。

编 者

2005 年 1 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 合成橡胶	1
1.1.1 天然橡胶	1
1.1.2 合成橡胶	2
1.1.3 合成橡胶在国民经济中的作用	3
1.2 橡胶的分子结构和性能	4
1.2.1 橡胶的分子量及分子量分布	4
1.2.2 橡胶的分子结构	6
1.2.3 橡胶的物理状态	9
1.2.4 橡胶的性能	10
1.2.5 橡胶性能与分子结构的关系	16
1.3 丁苯橡胶	19
1.3.1 丁苯橡胶的发展历史	19
1.3.2 丁苯橡胶的分类	20
1.3.3 丁苯橡胶的结构、性能和用途	21
1.3.4 充油丁苯橡胶	23
1.3.5 丁苯胶乳	23
1.3.6 液体丁苯橡胶	24
1.4 化工装置开、停车的一般步骤	24
1.4.1 首次开车	25
1.4.2 检修后开车的准备工作	27
1.4.3 停车	27
第 2 章 丁苯橡胶的生产方法	29
2.1 合成丁苯橡胶的聚合反应	29
2.1.1 合成橡胶的聚合反应	29
2.1.2 自由基聚合反应	30

2.1.3	自由基共聚反应	46
2.1.4	阴离子聚合反应	57
2.2	丁苯橡胶聚合反应的工业实施方法	67
2.2.1	连锁聚合反应的工业实施方法	67
2.2.2	溶液聚合	69
2.2.3	乳液聚合	70
2.3	合成丁苯橡胶原料来源和单体生产方法	79
2.3.1	合成丁苯橡胶原料来源	79
2.3.2	单体丁二烯的生产方法	80
2.3.3	单体苯乙烯的生产方法	82
第3章	丁苯橡胶生产单体和化学品配制	86
3.1	低温乳液聚合的物系组成及其作用	86
3.1.1	低温乳液聚合的物系组成及其作用	86
3.1.2	低温乳液聚合的其他助剂	91
3.2	低温乳液聚合丁苯橡胶的标准配方及应用	94
3.2.1	标准配方	94
3.2.2	加料水平的确定	95
3.3	单体贮存和化学品配制的操作	95
3.3.1	工艺流程	95
3.3.2	生产操作	100
3.3.3	生产控制分析	120
3.3.4	异常现象及事故处理	122
3.4	工艺计算	124
3.4.1	单体混合计算	124
3.4.2	混合单体纯度校正计算	126
3.4.3	化学品配制的计算	127
第4章	丁苯橡胶低温乳液聚合	131
4.1	生产工艺原理	131
4.1.1	反应原理	131
4.1.2	影响因素	132
4.1.3	聚合反应的控制	134

4.2	低温乳液聚合生产操作	138
4.2.1	工艺流程	138
4.2.2	聚合生产操作	139
4.2.3	生产控制分析	152
4.2.4	异常现象及处理	153
4.3	工艺计算	155
4.3.1	烃含量计算	155
4.3.2	加料量的计算	156
4.3.3	标准校准时间计算	158
4.3.4	紧急终止剂加料量和加料时间计算	159
第5章	单体回收	161
5.1	单体回收的生产工艺原理	161
5.1.1	丁二烯回收的生产工艺原理	161
5.1.2	苯乙烯回收的生产工艺原理	163
5.1.3	影响单体回收的因素	164
5.1.4	单体回收工艺条件的确定	166
5.1.5	单体回收系统的堵挂与防止	166
5.2	单体回收生产操作	169
5.2.1	工艺流程	169
5.2.2	生产操作控制	171
5.2.3	生产控制分析	184
5.2.4	异常现象及处理	185
5.3	工艺计算	187
5.3.1	TBC 溶液配制计算	187
5.3.2	压力闪蒸槽的物料衡算	188
第6章	胶乳掺合及后处理	190
6.1	生产工艺原理	190
6.1.1	胶乳掺合原理	190
6.1.2	后处理生产工艺原理	192
6.1.3	凝聚过程的影响因素	194
6.2	生产操作	197

6.2.1	工艺流程	197
6.2.2	生产操作	202
6.2.3	生产控制分析	228
6.2.4	异常现象及处理	230
6.3	工艺计算	235
6.3.1	脱气胶乳掺合计算	235
6.3.2	凝聚、洗涤的控制计算	246
6.3.3	物料平衡计算	247
6.3.4	产品收率计算	248
6.3.5	产品合格率计算	249
6.3.6	产品消耗定额计算	250
第7章	化工机械设备	253
7.1	化工常用材料	253
7.1.1	钢	253
7.1.2	铸铁	257
7.1.3	有色金属及其合金	259
7.1.4	非金属材料	262
7.2	化工设备的腐蚀与防护	263
7.2.1	金属腐蚀的机理	263
7.2.2	金属腐蚀破坏的类型	265
7.2.3	金属腐蚀的防护	267
7.3	机械传动	271
7.3.1	概述	271
7.3.2	皮带传动	271
7.3.3	齿轮传动	273
7.3.4	齿轮减速器	275
7.3.5	链传动	278
7.4	轴承和润滑	280
7.4.1	轴承	280
7.4.2	磨损与润滑	283
7.5	丁苯橡胶生产用的化工设备	289
7.5.1	反应器	289

7.5.2	液体输送机械	293
7.5.3	气体输送机械	298
7.5.4	固体输送机械	230
7.5.5	换热器	301
7.5.6	塔器	303
7.5.7	去湿干燥和成型设备	305
7.5.8	容器与贮槽	308
第8章 化工生产过程控制		312
8.1	化工工艺参数测量仪表	312
8.1.1	压力测量仪表	312
8.1.2	流量测量仪表	316
8.1.3	液位测量仪表	322
8.1.4	温度测量仪表	328
8.1.5	过程分析仪	334
8.2	显示及控制仪表	335
8.2.1	显示仪表	335
8.2.2	控制仪表	338
8.3	自动控制系统	348
8.3.1	概述	348
8.3.2	简单控制系统	359
8.3.3	复杂控制系统	360
8.3.4	计算机控制系统	365
8.3.5	自动信号联锁保护系统	371
第9章 丁苯橡胶生产中的安全与三废处理		375
9.1	物料的性质及卫生标准	375
9.1.1	单体的性质及卫生标准	375
9.1.2	其他原料、助剂的性质和卫生标准	376
9.2	防火防爆及安全消防设施	380
9.2.1	燃烧的基本知识	380
9.2.2	爆炸	381
9.2.3	防止火灾、爆炸的基本措施	382

9.2.4 防止火灾蔓延和爆炸事故扩大的措施	383
9.2.5 丁苯橡胶装置的安全消防设施	383
9.3 安全操作注意事项	384
9.3.1 单体贮存与配制安全注意事项	384
9.3.2 化学品溶液配制安全注意事项	386
9.3.3 聚合与单体回收安全注意事项	387
9.3.4 胶乳贮存与掺合安全注意事项	388
9.3.5 后处理单元安全操作注意事项	388
9.4 丁苯橡胶生产中的三废处理	389
9.4.1 废气	389
9.4.2 废水	390
9.4.3 废渣	391
主要参考文献	392

第 1 章 概 论

1.1 合成橡胶

1.1.1 天然橡胶

橡胶是一种具有高弹性的高分子化合物。在室温下，很小的作用力就能使橡胶产生很大变形，外力除去后能很快恢复原状。所谓高分子化合物，简称高分子，又称聚合物和高聚物，是大分子量的化合物，其相对分子质量可高达 $10^4 \sim 10^6$ 。

考古发现人类早在 11 世纪就开始使用橡胶。西班牙文献中记述了南美洲人使用橡胶的原始方法。1493~1496 年哥伦布发现美洲新大陆时，看见海地岛上的居民玩着一种球，这种球落到地上会弹得很高。这种球是什么材料做的呢？原来南美洲森林中有一种高大的树木，用刀在树上割开一个口子，便流出像牛奶一样的白色树汁，当地居民把这种树汁叫做“树的眼泪”。海地岛上居民玩的球，就是用这种“树的眼泪”制成的。后来人们把这种能流出像牛奶一样的白色树汁的树，叫做橡胶树，白色树汁称为胶乳。胶乳经过凝聚、脱水、干燥等加工，便得到固体橡胶。因为这种橡胶是由天然橡胶树所产的胶乳制成的，所以叫做天然橡胶。目前，人们已经知道地球上 200 多种植物，能进行橡胶生物合成。但具有采集价值的只有少数几种植物，其中主要有原产于南美洲的巴西橡胶树，这种树的树叶是三片一枝，故也称三叶橡胶树。其次有银菊、橡胶草、杜仲等。

天然橡胶是植物体内生物合成的聚异戊二烯，三叶橡胶树生产的橡胶为顺-1,4-聚异戊二烯，杜仲橡胶为反-1,4-聚异戊二烯。

橡胶有生胶和硫化胶之分。由胶乳凝聚、脱水、干燥得到的产品称为生胶。生胶的强度很低，弹性也小，遇冷变硬，遇热变软，遇有机溶剂还会溶解；因而使用价值很低。1839年，人们发明硫化之后，橡胶的使用性能有很大改善。经过硫化的橡胶称做硫化胶。所谓硫化，是指生胶经过化学或物理方法处理后，使橡胶分子从线型结构变为体型网状结构，从而大大地改善了橡胶的物理、机械、化学等性能的工艺过程。由于最先是使用硫磺与生胶混合加热，所以称之为硫化。直至今日，虽然这一过程不一定都采用硫磺或含硫的物质，但仍然叫做硫化。

除了天然橡胶外，还有合成橡胶。人们了解了天然橡胶的分子结构之后，用化学方法合成一些类似天然橡胶的弹性体，这就是所谓合成橡胶。

1.1.2 合成橡胶

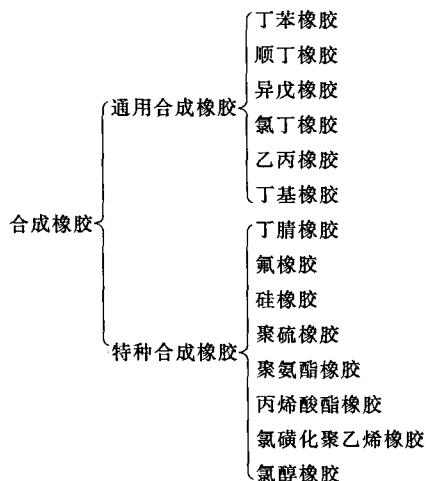
进入20世纪后，随着工业的发展和橡胶在国民经济、国防军事和日常生活中的应用，天然橡胶不仅在数量上，而且在性能上已满足不了日益增长的需要。世界上除部分热带和亚热带地区能生长橡胶树林外，其他地区就无法种植；同时，橡胶树生长6~8年才能割胶，10~20年间盛产，且需要较多的劳力；此外，种植橡胶树还需要大量的土地。世界各国，特别是产橡胶受限制的国家，力求从化学合成的方面解决天然橡胶不足的问题。1914年，德国研究成功了一种叫甲基橡胶的合成橡胶。但这种橡胶质量低劣，不久就被淘汰。1932年前苏联开始工业化生产丁钠橡胶，1937年德国开始了丁苯橡胶生产，之后氯丁橡胶、丁腈橡胶也相继投产。20世纪50年代齐格勒-纳塔发现了定向聚合，导致了合成橡胶工业的飞跃，出现了顺丁橡胶、乙丙橡胶、异戊橡胶等新品种。60~70年代又合成了号称第三代橡胶的热塑性弹性体，使合成橡胶有了新的突破。

合成橡胶的品种很多，分类方法也有所不同。但习惯上按橡胶的性能和用途不同大致分为两类。一类是通用合成橡胶，另一类是

特种合成橡胶。

凡是性能与天然橡胶相近，且物理力学性能与加工性能较好，能广泛用于制作轮胎、各种工业用品、日常生活用品及医疗卫生用品的，称为通用合成橡胶。如丁苯橡胶、顺丁橡胶、异戊橡胶、氯丁橡胶和乙丙橡胶等。

凡是具有特种性能，可用于制作耐热、耐寒、耐溶剂、耐辐射和耐化学腐蚀等橡胶制品的，称为特种合成橡胶。具体分类如下：



必须指出，通用合成橡胶与特种合成橡胶之间并没有严格的界限，在一定条件下可以相互转化。如氯丁橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶等，在发展初期认为是特种合成橡胶，随着使用范围和规模的扩大，目前已归入通用合成橡胶。

1.1.3 合成橡胶在国民经济中的作用

随着近代科学技术的发展和生产水平的日益提高，合成橡胶的品种越来越多，性能越来越好，能满足国民经济各个领域的要求，应用也更加广泛。因而，在国民经济中的作用也越来越大。

在工业生产过程中，无论工厂还是矿山，都需要各种各样的合成橡胶制作的运输带、胶管、传动皮带，用以运输物料和传递动

力。需要电线、电缆，用以输送电能来驱动机器、设备和供工业照明、通讯。在化工厂，合成橡胶做设备、管道和阀门的衬里，以防止化学品的腐蚀，用合成橡胶做垫片，密封设备、管道，防止泄漏。

在农业方面，拖拉机、农用车轮胎和排灌用胶管等，都需要合成橡胶，这是实现农业机械化、水利化不可缺少的。

在交通运输业更是需要大量的合成橡胶。一架飞机需要 600kg 橡胶，一台汽车需要 240kg 橡胶，一艘轮船需要 60~70t 橡胶。这些交通工具除了轮胎外，还有许多零件是由橡胶制成的。可以这样说，没有合成橡胶工业就没有现代的交通运输业。

国防工业的发展也离不开橡胶。如军用飞机、坦克、装甲车、军舰和潜水艇都需要大量的橡胶制品，一门高射炮需要 36kg 橡胶。

合成橡胶在航天事业上也是非常重要的。火箭、人造卫星、宇宙飞船和航天飞机等都需要有特殊性能的橡胶制品。这些橡胶制品虽然不大，但作用都十分重要。

在建筑和城市建设方面，橡胶也有很重要的用途。水坝和地下铁道的防水层、橡胶混凝土马路、体育场塑胶跑道、橡胶地板和自动扶梯的扶手都是用橡胶制成的。

合成橡胶还给人们提供了多种多样的生活用品。如胶鞋、雨衣、各种球类和儿童玩具等，种类繁多。此外，在医疗卫生事业中也要使用很多橡胶制品，如医用手套、输血管等。

综上所述，不能想像，没有橡胶，当今世界会成什么样子。可以毫不夸张地说，这个世界离不开橡胶，更离不开合成橡胶工业。同时，随着科学的发展和人类社会的进步，橡胶的需要量还会不断增加，合成橡胶工业也会不断发展。

1.2 橡胶的分子结构和性能

1.2.1 橡胶的分子量及分子量分布

橡胶作为弹性材料，需要有一定的强度。聚合物的强度与其分