

污染综合防治最佳可行技术参考丛书

欧盟委员会
EUROPEAN COMMISSION



聚合物生产工业

污染综合防治最佳可行技术

Reference Document on
Best Available Techniques in the
Production of Polymers

欧盟委员会联合研究中心 编著
Joint Research Center, European Communities

环境保护部科技标准司 组织编译

周岳溪 宋玉栋 伏小勇 陈学民 等译



化学工业出版社

污染综合防治最佳可行技术参考丛书

欧盟委员会
EUROPEAN COMMISSION



聚合物生产工业 污染综合防治最佳可行技术

Reference Document on
Best Available Techniques in the

Production of Polymers

欧盟委员会联合研究中心 编著
Joint Research Center, European Communities

环境保护部科技标准司 组织编译

周岳溪 宋玉栋 伏小勇 陈学民 等译



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

聚合物生产工业污染综合防治最佳可行技术/欧盟委员会联合研究中心编著. 周岳溪等译. —北京: 化学工业出版社, 2015. 10
(污染综合防治最佳可行技术参考丛书)
ISBN 978-7-122-25208-1

I. ①聚… II. ①周… III. ①聚合物-化工生产-工业污染防治
IV. ①X783. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 224249 号

Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers/by
Joint Research Center, European Communities.

Copyright © 2007 by European Communities. All rights reserved.

Chinese translation © Chinese Research Academy of Environmental Sciences, 2015

Responsibility for the translation lies entirely with Chinese Research Academy of Environmental Sciences.

Authorized translation from the English language edition published by European Communities.

本书中文简体字版由 European Communities 授权化学工业出版社出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分, 违者必究。

责任编辑: 刘兴春 卢萌萌
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 关 飞

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: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 360 千字 2016 年 5 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: 138.00 元

版权所有 违者必究

《污染综合防治最佳可行技术参考丛书》

组织委员会

顾 问：吴晓青

主 编：赵英民

副主编：刘志全 王开宇

编 委：冯 波 张化天 王凯军 左剑恶

张洪涛 胡华龙 周岳溪 刘睿倩

《聚合物生产工业污染综合防治最佳可行技术》

翻译人员

翻译人员：周岳溪 宋玉栋 伏小勇 陈学民 郭瑞斌

◀序▶

中国的环境管理正处于战略转型阶段。2006年，第六次全国环境保护大会提出了“三个转变”，即“从重经济增长轻环境保护转变为保护环境与经济增长并重；从环境保护滞后于经济增长转变为环境保护与经济发展同步；从主要用行政办法保护环境转变为综合运用法律、经济、技术和必要的行政办法解决环境问题”。2011年，第七次全国环境保护大会提出了新时期环境保护工作“在发展中保护、在保护中发展”的战略思想，“以保护环境优化经济发展”的基本定位，并明确了探索“代价小、效益好、排放低、可持续的环境保护新道路”的历史地位。

在新形势下，中国的环境管理逐步从以环境污染控制为目标导向转为以环境质量改善及以环境风险防控为目标导向。“管理转型，科技先行”，为实现环境管理的战略转型，全面依靠科技创新和技术进步成为新时期环境保护工作的基本方针之一。

自2006年起，我部开展了环境技术管理体系建设工作，旨在为环境管理的各个环节提供技术支撑，引导和规范环境技术的发展和运用，推动环保产业发展，最终推动环境技术成为污染防治的必要基础，成为环境管理的重要手段，成为积极探索中国环保新道路的有效措施。

当前，环境技术管理体系建设已初具雏形。根据《环境技术管理体系建设规划》，我部将针对30多个重点领域编制100余项污染防治最佳可行技术指南。到目前，已经发布了燃煤电厂、钢铁行业、铅冶炼、医疗废物处理处置、城镇污水

处理厂污泥处理处置 5 个领域的 8 项污染防治最佳可行技术指南。同时，畜禽养殖、农村生活、造纸、水泥、纺织染整、电镀、合成氨、制药等重点领域的污染防治最佳可行技术指南也将分批发布。上述工作已经开始为重点行业的污染减排提供重要的技术支撑。

在开展工作的过程中，我部对国际经验进行了全面、系统地了解 and 借鉴。污染防治最佳可行技术是美国和欧盟等进行环境管理的重要基础和核心手段之一。20 世纪 70 年代，美国首先在其《清洁水法》中提出对污染物执行以最佳可行技术为基础的排放标准，并在排污许可证管理和总量控制中引入最佳可行技术的管理思路，取得了良好成效。1996 年，欧盟在综合污染防治指令（IPPC 96/61/CE）中提出要建立欧盟污染防治最佳可行技术体系，并组织编制了 30 多个领域的污染防治最佳可行技术参考文件，为欧盟的环境管理及污染减排提供了有力支撑。

为促进社会各界了解国际经验，我部组织有关机构翻译了欧盟《污染综合防治最佳可行技术参考丛书》，期望本丛书的出版能为我国的环境污染综合防治以及环境保护技术和产业发展提供借鉴，并进一步拓展中国和欧盟在环境保护领域的合作。

环境保护部副部长

吴晓青

◀序▶

石油化工是国民经济重要支柱性产业，也是污染物排放量大的行业。构建先进科学理念，强化资源综合利用，实施污染物的全过程减排，有效支撑石油化工行业可持续发展，改善环境质量。工业发达国家积累了成功经验，可供我国借鉴。

水污染控制是中国环境科学研究院的重要学科领域之一，周岳溪是该学科的主要带头人，二十多年来一直从事工业废水和城镇污水污染控制工程技术和成果推广应用，相继承担了多项国家科研计划项目，特别是国家水体污染控制与治理科技重大专项的项目，开展重污染行业废水污染物全过程减排技术研究与应用，取得了很好的社会效益、经济效益和环境效益。在项目的实施过程中，注重吸取国外的先进理念和技术，结合项目的实施，组织翻译了欧盟《污染综合防治最佳可行技术参考》丛书中的《石油炼制与天然气加工工业污染综合防治最佳可行性技术》、《大宗有机化学品工业污染综合防治最佳可行技术》、《氨、无机酸和化肥工业污染综合防治最佳可行技术》、《有机精细化学品工业污染综合防治最佳可行技术》和《聚合物生产工业污染综合防治最佳可行技术》等。该类图书由欧盟成员国、相关企业、非政府环保组织和欧洲综合污染防治局组成的技术工作组（TWG）负责编著，旨在实施欧盟“综合污染预防与控制（IPPC）（96/61/EC 号）指令”所提出的污染综合预防和控制策略，确定最佳可行技术（BAT 技术），实施污染综合防治，减少大气、水体和土壤的污染物排放，有效保护生态环境。

该丛书系统介绍了欧盟在上述领域的行业管理、通用 BAT 技术、典型生产工艺 BAT 技术以及最新技术进展等，内容翔实，实用性强。相信其出版将在我国石油化工行业污染综合防治领域引进先进理念，促进工程管理能力，提高科学技术研究与应用发展。

中国工程院院士

中国环境科学研究院院长

2013 年 11 月

◀前言▶

本书是结合本课题组承担的国家水体污染控制与治理科技重大专项（国家重大水专项）项目的实施，翻译欧盟石油化工《污染综合防治最佳可行技术（BAT 技术）参考》丛书之一，即“聚合物生产工业污染综合防治最佳可行技术参考文件”[Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers]的中译本。主要内容为：绪论；第1章 总论；第2章 通用工艺技术；第3章 聚烯烃；第4章 聚苯乙烯；第5章 聚氯乙烯；第6章 不饱和聚酯；第7章 乳液聚合丁苯橡胶；第8章 含丁二烯的溶液聚合橡胶；第9章 聚酰胺；第10章 聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维；第11章 黏胶纤维；第12章 BAT 备选技术；第13章 BAT 技术；第14章 新技术；第15章 结束语；参考文献；附录。

本书全面、系统地介绍了欧盟聚合物生产行业的运行管理、生产工艺技术和污染综合防治的 BAT 技术等，内容翔实、实用性强。适合于行业管理人员和从事污染防治的工程技术人员阅读，也可作为环境科学与工程专业的科研、设计、环境影响评价及高等学校高年级本科生及研究生的参考用书。

本书翻译人员及分工为：第1章、第10章、第13章、第14章：陈学民、宋玉栋、周岳溪；第2章、第4章、第5章、第6章、第7章、第8章、第9章：郭瑞斌、宋玉栋、周岳溪；第3章、第11章、第12章：伏小勇、宋玉栋、周岳溪。此外，宋广清、白兰兰、陈雨卉、胡田、刘苗茹、肖宇、杨茜、岳岩、王翼、张猛、张雪、朱跃、周璟玲、林成豪、丁岩、王软祥、徐守强、胡玉龙、朱晨、朱泽敏等参与了部分译稿整理工作。

全书由宋玉栋、周岳溪译校、统稿。

本书的翻译出版获得了欧盟综合污染预防与控制局的许可与支持；得到了国家水体污染控制与治理科技重大专项办公室、国家环保部科技标准司、中国环境科学研究院领导的支持；化学工业出版社对本书出版给予了帮助，在此谨呈谢意。

限于译校者知识面与水平，加之时间紧迫，本书难免存在不妥和疏漏之处，恳请读者不吝指正。

周岳溪

2015 年 12 月

◀ 目录 ▶

0	绪论	1
0.1	内容摘要	1
0.1.1	引言	1
0.1.2	本书范围	1
0.1.3	聚合物生产工业及其环境问题	2
0.1.4	BAT 备选技术	2
0.1.5	最佳可行技术 (BAT 技术)	2
0.1.6	BAT 技术相关排放和消耗水平	8
0.1.7	结束语	9
0.2	序言	9
0.2.1	本书的地位	9
0.2.2	IPPC 指令的相关法律义务和 BAT 技术定义	9
0.2.3	本书的编写目的	10
0.2.4	资料来源	11
0.2.5	本书的理解和使用	11
0.3	本书的范围	12
1	总论	13
1.1	定义	13
1.2	结构	13
1.3	性能	15
1.3.1	一般性能	15
1.3.2	热学性能	16
1.4	主要用途	17

1.4.1	应用领域	17
1.4.2	加工技术	17
1.5	主要产品	18
1.5.1	基于原油的聚合物	18
1.5.2	基于可再生资源的聚合物	19
1.5.3	可生物降解聚合物	20
1.6	生产和市场	21
1.6.1	总体情况	21
1.6.2	德国	26
1.6.3	法国	27
1.6.4	西班牙	28
1.6.5	比利时	30

2 通用工艺技术 31

2.1	原料及其要求	32
2.2	能量	32
2.3	化学反应	32
2.3.1	聚合反应（链增长反应）	33
2.3.2	缩聚反应（逐步聚合反应）	35
2.3.3	加聚反应	36
2.4	生产工艺	36
2.4.1	悬浮聚合	37
2.4.2	本体聚合	37
2.4.3	乳液聚合	38
2.4.4	气相聚合	38
2.4.5	溶液聚合	39
2.4.6	聚合工艺总结	39

3 聚烯烃 41

3.1	概述	41
3.1.1	聚乙烯（PE）	41
3.1.2	聚丙烯（PP）	44
3.2	聚烯烃生产工艺技术	45
3.2.1	备选工艺	45

3.2.2	低密度聚乙烯	48
3.2.3	高密度聚乙烯	51
3.2.4	线型低密度聚乙烯	58
3.2.5	聚丙烯	59
3.3	现有排放消耗	67
3.3.1	低密度聚乙烯 (LDPE)	68
3.3.2	LDPE 共聚物 [乙烯-乙酸乙烯酯共聚物 (EVA)]	68
3.3.3	高密度聚乙烯 (HDPE)	69
3.3.4	线型低密度聚乙烯 (LLDPE)	70
3.3.5	聚丙烯 (PP)	71
3.3.6	聚乙烯生产的经济参数	71
4	聚苯乙烯	73
4.1	概述	73
4.1.1	通用聚苯乙烯 (GPPS)	74
4.1.2	高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)	74
4.1.3	可发性聚苯乙烯 (EPS)	76
4.2	聚苯乙烯生产工艺技术	76
4.2.1	概述	76
4.2.2	通用聚苯乙烯 (GPPS) 生产工艺	79
4.2.3	高抗冲聚苯乙烯 (HIPS) 生产工艺	81
4.2.4	可发性聚苯乙烯 (EPS) 生产工艺	83
4.3	现有排放消耗	85
4.3.1	通用聚苯乙烯 (GPPS)	85
4.3.2	高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)	86
4.3.3	可发性聚苯乙烯 (EPS)	87
5	聚氯乙烯	89
5.1	概述	89
5.2	PVC 生产工艺技术	92
5.2.1	原料	92
5.2.2	VCM 的供给、存储和卸料	93
5.2.3	聚合反应	93
5.2.4	汽提	95

5.2.5	干燥	97
5.2.6	筛分和研磨	97
5.2.7	VCM 回收	97
5.2.8	水处理	98
5.3	现有排放消耗	98
5.3.1	行业标准	99
5.3.2	排放	99
5.3.3	能耗	100
5.3.4	S-PVC 案例工厂排放数据	101
6	不饱和聚酯	102
6.1	概述	102
6.2	不饱和聚酯生产工艺技术	104
6.2.1	原料	104
6.2.2	工艺安全问题	106
6.2.3	装置布局和运行	107
6.2.4	存储	107
6.2.5	缩聚	108
6.2.6	固化	111
6.3	现有排放消耗	111
6.3.1	案例工厂的排放和消耗量数据	113
6.3.2	环境影响的来源	113
7	乳液聚合丁苯橡胶	114
7.1	概述	114
7.2	乳液聚合丁苯橡胶生产工艺技术	116
7.2.1	制备橡胶包装	118
7.2.2	油填充	118
7.2.3	ESBR 胶乳	118
7.2.4	技术参数	119
7.3	现有排放消耗	119
8	含丁二烯的溶液聚合橡胶	121
8.1	概述	121

8.1.1	聚丁二烯 (顺丁橡胶, BR)	123
8.1.2	溶液聚合丁苯橡胶 (SSBR)	123
8.1.3	苯乙烯嵌段共聚物 (SBC)	124
8.2	应用性工艺技术	125
8.2.1	纯化工段	125
8.2.2	聚合工段	126
8.2.3	氢化工段	126
8.2.4	混炼工段	127
8.2.5	溶剂去除与回收工段	127
8.2.6	典型溶液聚合橡胶厂的技术参数	129
8.3	现有排放消耗	129
9	聚酰胺	131
9.1	概述	131
9.2	聚酰胺生产工艺技术	132
9.2.1	聚酰胺 6	132
9.2.2	聚酰胺 66	134
9.2.3	纺纱技术	138
9.3	现有排放消耗	143
9.3.1	聚酰胺生产	143
9.3.2	聚酰胺纺纱	145
9.3.3	聚酰胺生产工艺中的潜在污染源	146
10	聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维	148
10.1	概述	148
10.2	PET 纤维生产工艺技术	149
10.2.1	基于对苯二甲酸二甲酯 (DMT) 的连续缩聚	150
10.2.2	基于对苯二甲酸 (TPA) 的连续缩聚	151
10.2.3	连续固态后缩合	151
10.2.4	间歇固态后缩合	153
10.2.5	基于 DMT 的间歇缩聚	154
10.2.6	纺丝切片的生产	154
10.2.7	短纤维的生产	155
10.2.8	长丝纱线的生产	156

10.3	现有排放消耗	157
10.3.1	基于 DMT、TPA 的连续缩聚工艺和 DMT-BPU 间歇工艺	157
10.3.2	后缩合工艺	158
10.3.3	PET 加工	159
11	黏胶纤维	160
11.1	概述	160
11.2	黏胶纤维生产工艺技术	161
11.2.1	工艺和产品	161
11.2.2	短纤维的生产	161
11.2.3	长丝纱线的生产	164
11.2.4	莱赛尔纤维	165
11.3	现有排放消耗	166
12	BAT 备选技术	169
12.1	通用技术	170
12.1.1	环境管理工具	170
12.1.2	设备设计	176
12.1.3	逸散损失评估和测定	178
12.1.4	设备监测和维护	179
12.1.5	减少粉尘排放	180
12.1.6	减少装置停车和开车	180
12.1.7	防泄漏容器系统	181
12.1.8	水污染预防	182
12.1.9	整理工段空气吹洗废气和反应器排气的后处理	182
12.1.10	火炬系统和燃烧尾气的减量化	184
12.1.11	热电联产装置的电和蒸汽利用	185
12.1.12	通过产低压蒸汽回收放热反应热量	186
12.1.13	齿轮泵替代或与挤出机联合使用	186
12.1.14	混合挤出	187
12.1.15	废物再利用	188
12.1.16	管道清理系统	188
12.1.17	废水缓冲	190
12.1.18	废水处理	190

12.2	PE 技术	192
12.2.1	往复式压缩机中单体的回收	192
12.2.2	挤出机尾气的收集	192
12.2.3	整理和产品存储工段排放控制	193
12.2.4	尽可能提高反应器系统中聚合物浓度	199
12.2.5	以原颗粒形状输送产品	200
12.2.6	闭路循环冷却水系统	201
12.3	PS 技术	201
12.3.1	GPPS	202
12.3.2	HIPS	202
12.3.3	EPS	203
12.4	PVC 技术	204
12.4.1	存储设施排放的预防	204
12.4.2	VCM 卸载设施排放的预防	204
12.4.3	聚合过程排放的预防	205
12.4.4	脱气	206
12.4.5	干燥过程粉尘排放的预防	207
12.4.6	回收系统废气的处理	208
12.4.7	VCM 逸散性排放的预防与控制	209
12.4.8	VCM 事故性排放的预防	210
12.5	UP 技术	211
12.5.1	废气处理	211
12.5.2	废水热处理	211
12.5.3	废水生物处理	212
12.6	ESBR 技术	213
12.7	黏胶纤维技术	215
12.7.1	精纺机加防护罩	215
12.7.2	冷凝回收 CS ₂	215
12.7.3	活性炭吸附回收 CS ₂	217
12.7.4	生产硫酸的脱硫处理	218
12.7.5	纺丝浴中硫酸盐的回收	220
12.7.6	含硫酸锌废水的处理	221
12.7.7	硫酸盐厌氧还原	221
12.7.8	无害废物的处理	222
12.7.9	废水生物处理	223

13	BAT 技术	224
13.1	通用 BAT	226
13.2	聚烯烃生产的 BAT 技术	229
13.3	聚苯乙烯生产的 BAT 技术	233
13.4	PVC 生产的 BAT 技术	236
13.5	不饱和聚酯生产的 BAT 技术	238
13.6	ESBR 生产的 BAT 技术	239
13.7	含丁二烯溶液聚合橡胶生产的 BAT 技术	240
13.8	聚酰胺生产的 BAT 技术	241
13.9	聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维生产的 BAT 技术	241
13.10	黏胶纤维生产的 BAT 技术	241
14	新技术	243
14.1	黏胶纤维生产中回收 H_2SO_4 的蓄热式催化工艺	243
15	结束语	245
	参考文献	247
	附录	249
	附录一 词汇表	249
	附录二 常用单位、单位制和符号	255



绪论

0.1 内容摘要

0.1.1 引言

聚合物生产 (POL) BREF (最佳可行技术参考文件, best available techniques reference document), BREF 是根据欧盟理事会指令 96/61/EC (IPPC 指令) 中 16 (2) 款的技术交流成果。本绪论介绍主要调查结果、重要 BAT 技术 (最佳可行技术, best available techniques) 结论及相关排放/消耗水平。阅读应结合 BREF 序言对目的、用法和法律条款的诠释。本绪论可作为单独技术文件, 但由于未反映 BREF 所有内容, 不能作为 BAT 决策依据。

0.1.2 本书范围

本书重点介绍欧洲聚合物生产工业具有相当生产规模 and 环境影响的主要产品, 这些产品主要采用专用装置生产。涵盖的产品清单还可以进一步补充, 目前包括聚烯烃、聚苯乙烯、聚氯乙烯、不饱和聚酯、乳液聚合丁苯橡胶、含丁二烯的溶液聚合橡胶、聚酰胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维和黏胶纤维。

由于 IPPC 指令中未能预见, 因此, 并未建立聚合物生产装置划分 IPPC 装置和非 IPPC 装置的具体界限。