

汪多仁 主编

新型燃料 生产与应用技术

XINXING RANLIAO
SHENGCHAN YU YINGYONG JISHU

2



化学工业出版社

汪多仁 主编

新型燃料 生产与应用技术



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统地介绍了 21 世纪最有发展前途的新型燃料的有关技术。书中给出研发热门的 30 种新型燃料原料的生产和应用实例 280 余个,全部为前沿、实用的新技术。

书中品种收集与实例选取遵循原料易得、工艺便捷、安全环保以及高性能、高附加值与节能的发展方向,均来自新型燃料的活跃领域和前端技术。

本书涉及内容广泛,详略得当,面向市场开发,可以有针对性地用于车用燃料添加剂、有机燃料、生态燃料与生活燃料等领域。适合燃料化工、石油化工、化学化工、日用化工、轻工业相关技术人员及教师、学生使用。特别适合于生产、研发、应用人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新型燃料生产与应用技术/汪多仁主编. —北京:
化学工业出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-122-17193-1

I. ①新… II. ①汪… III. ①化学燃料-介绍
IV. ①TQ517.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 086691 号

责任编辑: 徐 蔓 李晓红
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 汲永臻
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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 312 千字
2013 年 10 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: 45.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着能源形势的紧迫，新型燃料的开发和改良已成为化工行业最为活跃和前途光明的领域，其生产和应用不愧为化学品创新中最有亮点的环节。在将来，由新型燃料逐步替代传统石油基燃料已是大势所趋。我国也同世界其他国家一样，优先发展交通运输业，城市化发展进程加快，政策向新能源方向倾斜，新型燃料在向规模化、精细化、功能化、复合化方向调整与稳定发展。高性能、高效、绿色清洁、安全环保、高性价比、实用的新型燃料的开发和生产也为化工行业发展带来突破。

21 世纪是绿色世纪，是生命科学产业的时代，任何化学品，它的使用首先必须要对人体是健康和安全的，即对植物和动物，尤其是对人体应无任何毒性；其次不应对人类的生态环境造成任何危害。在我国，需要生产出更多和更好的安全、可生物降解的或是绿色、生态、清洁、环保的新型燃料。在生产过程中对能产生温室气体排放和对全球产生变暖有影响的增塑剂也同样是不可取的。

本书中列举的新型燃料化学品是在日益严格的环境法规的监管下符合法规要求的最高标准，力争在生产与应用的全过程对人类和生态环境安全，并且是能效更高的新型燃料。同时，追求生产原料易得，合成工艺简单，减少污染物的产生和资源的合理利用，尽量减少不合理消耗，达到真正意义上的节能减排降耗。

本书中列举的新型燃料化学品的知识范围涉及石油化工、有机合成、化学化工等许多学科及高新科技领域，相互渗透、交叉。尤其是其绿色、清洁的特点显示出其本身的价值和良好的社会效益。

本书选取新型燃料中开发和应用较为热门的化学品，主要为一元醇如甲醇、乙醇、丁醇、异丙醇、庚醇、辛醇等，多元醇如乙二醇、甘油、聚乙二醇等，植物油基燃料如脂肪酸、脂肪酸甲酯等，石油化工产品如氢化柴油、氢化汽油、二甲醚、微晶蜡等，无机高

能燃料原料氢气、氨、双氧水等，高能增塑剂如硝酸酯类、叠氮基类等以及如碳酸二甲酯、水解明胶等各类新型燃料化学品共 30 个品种。每个品种包括概述、技术指标、生产技术、应用技术及综合评述栏目。

本书特点在于以实例形式体现上述品种的最新开发的生产与应用技术，包括催化剂、生产工艺、设备、配方、操作等，其中生产实例近 200 个，应用实例近 90 个，分别置于“生产技术”和“应用技术”栏目之下。收入的实例均来源于国内外前沿技术。品种、技术实例选择遵循安全、绿色、清洁、环保理念。

本书可供石油化工、有机合成、能源化工、精细化工、高分子与轻工行业等研究开发人员，生产设计、管理、操作人员等及大中专院校师生参考使用。

本书承蒙汪熙赫、石志博、龚浏澄、石万聪、陈大义等的大力协助，在此一并致谢。限于编者水平，本书疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正，不胜感激。

编者
2013.9

目 录

第 1 章 一元醇 1

1.1 丁醇	1
生产实例一 化学合成法减少饱和缩醛技术	3
生产实例二 化学合成法获取更高的正异构体技术	4
生产实例三 氢化过程优化技术	4
生产实例四 发酵法原料选取与加工技术	5
生产实例五 发酵法菌种与培养基技术	7
生产实例六 生物法丁醇分离新工艺	9
应用实例一 高能复合液体燃料	10
应用实例二 液体燃料	11
应用实例三 内燃机用燃料	11
应用实例四 合成增塑剂技术	11
应用实例五 合成柠檬酸三丁酯 (TBC) 技术	12
应用实例六 丁醇酯类合成技术	12
应用实例七 生产柠檬酸三(乙氧基羰基甲)酯技术	13
应用实例八 生产乙酰柠檬酸三丁酯 (ATBC) 技术	13
1.2 无水甲醇	17
生产实例一 合成甲醇固相催化剂	19
生产实例二 合成催化剂技术	20
生产实例三 复合催化剂技术	20
生产实例四 长寿命和能在低温下操作的催化剂技术	21
生产实例五 高选择性和长期稳定性催化剂技术	21
生产实例六 无循环甲醇工艺	22
生产实例七 气-固-固滴流反应器	23
生产实例八 低温低压合成甲醇工艺	23
生产实例九 地下煤气化技术	24

生产实例十	水煤浆气化技术	25
生产实例十一	粉煤气化技术	25
生产实例十二	一步法工艺	26
应用实例一	甲醇汽油燃料	27
应用实例二	甲醇柴油微乳燃料	28
应用实例三	微乳状液组合物燃料	28
应用实例四	电热式发动机甲醇燃料基本配方	28
应用实例五	制备生态燃料技术	28
1.3 燃料级无水乙醇		31
生产实例一	乙烯直接水合法	32
生产实例二	醋酸酯加氢制乙醇	33
生产实例三	直接发酵生产乙醇技术	34
生产实例四	优选菌种技术	35
生产实例五	液体深层发酵技术	36
生产实例六	菌种诱变法技术	37
生产实例七	磁性壳聚糖固定化酵母发酵技术	37
生产实例八	乙醇脱水技术	38
应用实例一	高能复合液体燃料	42
应用实例二	燃料配方	42
应用实例三	制备柠檬酸三乙酯 (TEC) 技术	43
应用实例四	制备癸二酸二乙酯技术	43
1.4 辛醇		46
生产实例一	羰基合成一步法工艺	47
生产实例二	高效催化剂技术	48
生产实例三	一步法改良工艺	49
生产实例四	氢化技术	49
生产实例五	庚烯一步氧化合成正辛醇工艺	49
应用实例一	燃料配方 1 (体积份)	50
应用实例二	燃料配方 2、3、4、5 (体积份)	51
应用实例三	混合醇燃料	51
应用实例四	生产环己烷二羧酸二 (2-乙基己) 酯技术	52
1.5 异丙醇		54
生产实例一	丙烯直接水合法工艺	55
生产实例二	硼酸铝附载 Al_2O_3 催化剂及复合催化剂技术	56
生产实例三	强酸性阳离子交换树脂或杂多酸催化剂直接	

88	水合技术	56
89	生产实例四 丙酮氢化制备异丙醇技术	57
88	生产实例五 丙醇生物合成技术	58
48	应用实例一 醇燃料配方 1 (质量份)	59
38	应用实例二 核燃料添加剂配方 2 (质量份)	59
48	应用实例三 生产增塑剂环己烷二羧酸二异丙酯技术	59
88	1.6 庚醇	60
89	生产实例一 原料庚醛生产技术	60
88	生产实例二 加氢催化剂的制备技术	61
86	应用实例一 复配燃料醇	62
08	应用实例二 燃料醇的混合物配方 (体积分数, %)	62
08	应用实例三 典型的混合醇燃料配方 (质量分数, %)	63
08	应用实例四 合成增塑剂邻苯二甲酸二庚酯	63
08	1.7 戊醇	64
08	生产实例一 加氢催化剂	65
74	生产实例二 醇合成用催化剂制备技术	66
70	应用实例一 戊醇燃料配方 (质量分数, %)	67
79	应用实例二 生产柠檬酸三戊酯技术	67
52	应用实例三 生产乙酰化柠檬酸三戊酯技术	68
40	1.8 秸秆生物乙醇	69
88	生产实例一 菌种与培养基优选技术	70
88	生产实例二 酶水解工艺	70
80	生产实例三 诱变高产纤维素酶菌株技术	72
88	生产实例四 液体发酵技术	72
001	生产实例五 固相发酵技术	73
001	生产实例六 乙醇脱水新工艺——渗透蒸发膜技术	73
001	生产实例七 以木质纤维素为原料生产乙醇技术	73
101	生产实例八 甜高粱茎秆发酵生产乙醇技术	75

第 2 章 多元醇 80

81	2.1 乙二醇	80
801	生产实例一 合成气一步法技术	81
801	生产实例二 环氧乙烷直接水合法技术	81
801	生产实例三 甲醛加氢甲酰化工艺	82

生产实例四	甲醛偶联工艺	83
生产实例五	甲醛电化学加氢二聚工艺	83
生产实例六	甲醛-甲醇电化学工艺	84
生产实例七	甲醛羧基化工艺	84
生产实例八	生物酶催化技术	85
应用实例一	液体燃料	85
应用实例二	黏稠液体燃料	85
应用实例三	用于特制燃烧器具燃料	86
2.2 聚乙二醇		88
生产实例一	聚合新工艺	89
生产实例二	高压反应工艺	90
生产实例三	白色蜡状固体聚乙二醇制备技术	90
生产实例四	用分子量 1000 的聚乙二醇生产大分子量聚乙 二醇技术	90
应用实例一	胶体状燃料配方 (%)	91
应用实例二	固体燃料配方	91
应用实例三	生产增塑剂技术	91
应用实例四	酯化技术	92
2.3 生物甘油		94
生产实例一	8901 脂肪酶与脂肪水解技术	95
生产实例二	碱性法发酵工艺	96
生产实例三	亚硫酸盐法发酵工艺	99
生产实例四	高渗透压酵母发酵法工艺	99
生产实例五	甜草糖为原料发酵法生产甘油技术	100
生产实例六	糖蜜为原料发酵法生产甘油技术	100
生产实例七	光合法工艺	100
应用实例一	醇基液体燃料配方(质量份)	101
应用实例二	甲醇汽油配方	101
应用实例三	制备三丙酸甘油酯技术	102
应用实例四	制备三醋酸甘油酯技术	102
应用实例五	制备环氧二醋酸单甘油酯技术	103
应用实例六	制备偏苯三酸三甘油酯技术	103
应用实例七	复合膜材料生产技术	103

3.1 氢化蓖麻油	107
生产实例一 酶解蓖麻油技术	108
生产实例二 蓖麻油酶法水解技术	109
生产实例三 新型精制酶技术	110
生产实例四 氢化蓖麻油生产技术	111
生产实例五 蓖麻油加氢催化剂技术	111
生产实例六 钨加氢催化剂	113
生产实例七 复合加氢催化剂	114
生产实例八 超临界氢化技术	114
应用实例一 氢化蓖麻油燃料配方	115
应用实例二 聚酯增塑剂配方 (质量份)	115
3.2 大豆油酸甲酯	117
生产实例一 一步法全新酯化技术	117
生产实例二 酶催化技术	118
生产实例三 超声波法技术	119
应用实例一 燃料 (体积分数, %)	120
应用实例二 植物油与石化柴油混合掺炼的生产工艺	120
应用实例三 生产环氧大豆油酸酯技术	120
3.3 氢化棕榈油酸甲酯	124
生产实例一 固体碱催化剂制备技术	125
生产实例二 棕榈油加氢脱氧制备生物柴油工艺	126
生产实例三 棕榈油二步法生产生物柴油工艺	126
应用实例一 拖拉机式低压直喷式柴油机燃料配方	129
应用实例二 蔗糖棕榈酸酯增塑剂生产技术	129
3.4 脂肪酸甲酯	131
生产实例一 一步法催化酯化生产脂肪酸甲酯 (生物柴油) 技术	132
生产实例二 酯化催化剂	132
生产实例三 利用油皂脚为原料生产脂肪酸甲酯技术	133
生产实例四 用地沟油为原料生产脂肪酸甲酯技术	135
生产实例五 微波法生产脂肪酸甲酯技术	136
生产实例六 超临界 CO_2 萃取工艺	136

应用实例一	车用醇醚柴油燃料及其配制技术	138
应用实例二	生物乙醇柴油混合燃料	138
应用实例三	生产环氧脂肪甲酯增塑剂技术	138
应用实例四	生产脂肪酸甲酯磺酸钠 (MES)	139
3.5	米糠油酸甲酯	142
生产实例一	米糠油提取技术	142
生产实例二	超临界 CO ₂ 浸出米糠油技术	143
生产实例三	米糠油生物精炼技术	144
生产实例四	米糠油再酯化脱酸技术	145
生产实例五	米糠油混合油精炼技术	146
生产实例六	膜技术物理精炼脱酸技术	146
生产实例七	生物酶法合成生物柴油技术	147
生产实例八	超临界流体技术制备生物柴油技术	147
生产实例九	生物柴油添加剂技术	148
应用实例一	油燃烧器燃料配方	148
3.6	微藻生物柴油	149
生产实例一	微藻的培养技术	151
生产实例二	水藻提炼油技术	151

第4章 石油基高能燃料 154

4.1	氢化柴油	154
生产实例一	催化裂化技术	157
生产实例二	利用再生资源生产氢化柴油技术	157
生产实例三	真空蒸馏分解生产氢化柴油技术	158
生产实例四	劣质渣油生产氢化柴油技术	159
生产实例五	悬浮床加氢和溶剂脱沥青组合工艺	159
生产实例六	劣质催化裂化柴油加氢改质沸石催化剂	160
生产实例七	分段加氢技术	160
生产实例八	生物加氢脱硫技术	161
生产实例九	柴油脱硫菌种培养技术	162
生产实例十	超声波氧化脱硫技术	162
生产实例十一	光催化氧化脱硫技术	163
生产实例十二	光照法	163
应用实例一	生产最佳复合型乳化剂技术	163

应用实例二	柴油掺入添加剂技术	164
应用实例三	柴油复合添加剂技术	164
应用实例四	一种用于与柴油燃料调合的“鸡尾酒式” 的添加剂	165
应用实例五	燃料配方 (体积分数,%)	165
应用实例六	柴油水基燃料配方 (体积分数,%)	165
应用实例七	乙醇柴油混合燃料	166
4.2 微晶蜡		168
生产实例一	脂肪酸甲酯加氢生产液体石蜡 Ni-Al ₂ O ₃ 系催化剂	170
生产实例二	脂肪酸甲酯加氢生产液体石蜡复合催化剂	171
生产实例三	用硬脂酸乙酯为原料生产液体石蜡技术	171
生产实例四	酮苯脱蜡生产石蜡技术	171
生产实例五	混合溶剂脱油技术	172
生产实例六	聚酰亚胺纳滤膜分离技术	172
生产实例七	加氢精制技术	173
生产实例八	氢化技术	173
生产实例九	高压加氢精制微晶石蜡技术	174
生产实例十	微晶蜡一段串联加氢技术	174
生产实例十一	氧化微晶蜡生产技术	175
应用实例一	石蜡炭粉固体燃料	176
应用实例二	化学固体燃料	176
应用实例三	润滑油基础油	176
4.3 氢化汽油		178
生产实例一	废物生产汽油技术	180
生产实例二	催化裂化重汽油加氢脱硫技术	181
生产实例三	固定床低压加氢脱硫技术	182
生产实例四	“选择性”加氢技术	183
生产实例五	催化裂化重汽油加氢脱硫复合催化剂	184
生产实例六	杂多酸催化剂	184
生产实例七	沸石催化剂	185
生产实例八	分子筛催化剂	186
生产实例九	生物加氢脱硫	188
生产实例十	硅藻土固定 CYKS1 和 CYKS2 菌株技术	190
应用实例一	燃料配方 (体积分数,%)	191

应用实例二	燃料配方 3: (质量份)	191
应用实例三	甲醇汽油燃料 (质量份)	192
应用实例四	中、高档汽油机油 (质量份)	192
4.4 二甲醚		196
生产实例一	合成气一步法工艺	197
生产实例二	一步法催化剂	199
生产实例三	一步法改性分子筛催化剂	202
生产实例四	一步法复合催化剂	203
生产实例五	一步法双功能催化剂	204
生产实例六	合成气有害成分去除技术	205
生产实例七	合成气分离提纯技术	205
生产实例八	二氧化碳(CO ₂)生产二甲醚(DME)技术	206
生产实例九	生物质法生产二甲醚	207
应用实例一	醇燃料配方 1 (质量份)	207
应用实例二	高能合成液化气燃料	208

第 5 章 新型高能燃料 **213**

5.1 氢气		213
生产实例一	甲醇水蒸气重整制氢技术	214
生产实例二	乙醇水蒸气重整制氢技术	215
应用实例一	水解氢燃料	216
应用实例二	生产环氧化邻苯二甲酸二异癸酯技术	216
5.2 双氧水		219
生产实例一	电解法双氧水生产技术	220
生产实例二	蒽醌法双氧水生产技术	220
生产实例三	改进蒽醌法工艺	221
生产实例四	蒽醌催化加氢技术	221
生产实例五	悬浮氢化反应器	224
生产实例六	双氧水后处理技术	225
生产实例七	廉价生产双氧水技术	227
应用实例一	复合液体燃料配方 (质量分数, %)	228
应用实例二	生产环氧化橡胶籽油技术	228
应用实例三	制备环氧季戊四醇四大豆油酸酯技术	229

5.3 合成氨	230
生产实例一 吸附法制氨气原料气净化工艺	232
生产实例二 氨合成熔铁催化剂	234
生产实例三 稀土添加剂的负载型铁基催化剂	234
生产实例四 海泡石负载钨基催化剂	235
生产实例五 两种不同压力下的两段工序合成氨技术	237
生产实例六 合成氨清洁生产技术	238
应用实例一 燃料配方 1: (质量份)	238
应用实例二 燃料配方 2: (体积份)	239
应用实例三 燃料配方 3: (体积份)	239
应用实例四 一步法合成氰胺技术	239

第 6 章 高能增塑剂 244

6.1 BDNPA/F	245
生产实例一 合成 BDNPF、BDNPA 技术	245
生产实例二 BDNPA/F 环境友好工艺	247
生产实例三 BDNPA/F 制备新技术	249
应用实例一 固体推进剂	250
6.2 聚缩水甘油硝酸酯系列增塑剂	252
生产实例一 合成缩水甘油硝酸酯技术	253
生产实例二 合成聚缩水甘油硝酸酯技术	254
生产实例三 通过醋酐/硝酸硝化制备低分子量 PGN 增塑剂技术	256
生产实例四 用 N_2O_5 法制备低分子量 PGN 硝酸酯增塑剂技术	256
生产实例五 合成固化聚缩水甘油醚硝酸酯	257
应用实例一 硝酸酯增塑聚醚推进剂 (NEPE 推进剂)	258
6.3 叠氮基含能增塑剂	260
生产实例一 GAP 增塑剂合成技术	261
生产实例二 合成聚 3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷技术	263
生产实例三 合成聚 3-叠氮甲基-3-甲基氧杂环丁烷技术	264
生产实例四 合成长链聚 3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷技术	265
生产实例五 嵌段共聚物聚 3-叠氮甲基-3-甲基氧杂环丁烷和	

聚 3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷四氢呋喃合成技术	265
生产实例六 嵌段共聚物聚 3-叠氮甲基-3-甲基氧杂环丁烷和聚 3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷四氢呋喃合成技术	266
生产实例七 嵌段共聚物聚 3-叠氮甲基-3-甲基氧杂环丁烷和聚[3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷]1,4-二氧杂环己烷合成技术	266
生产实例八 嵌段共聚物聚 3-叠氮甲基-3-甲基氧杂环丁烷和聚 3,3-二(叠氮甲基)氧杂环丁烷醋酸乙酯合成技术	266

第 7 章 其他 269

7.1 碳酸二甲酯	269
生产实例一 环烷基碳酸酯法技术	270
生产实例二 “煤化路线”——甲醇氧化羰基化法技术	270
生产实例三 CuCl 固载 SBA-15 分子筛催化剂	272
生产实例四 CuCl ₂ 复合催化剂	273
生产实例五 甲醇直接法技术	274
生产实例六 双金属催化剂	275
生产实例七 DMC 生产新工艺	275
生产实例八 碳酸乙烯酯法技术——超临界 CO ₂ 反应	276
生产实例九 碳酸丙烯酯法技术	277
生产实例十 多孔 MgO 催化剂制备技术	278
生产实例十一 多孔 CaO 催化剂制备技术	278
生产实例十二 固体碱催化剂	279
生产实例十三 酯交换新工艺——烷烃共沸法	279
应用实例一 清洁液体燃料配方 (L, 体积)	280
7.2 水解明胶	282
生产实例一 酶解技术	283
生产实例二 酶法工艺	283
生产实例三 蛋白酶制备水解明胶技术	284
应用实例一 清洁液体燃料配方	286
应用实例二 生产明胶树脂技术	286
应用实例三 明胶对腈纶改性技术	286

第1章

一元醇

1.1 丁醇

概述 丁醇分子式 $C_4H_{10}O$ ，化学式 $CH_3(CH_2)_3OH$ ，分子量 74.12。外观为无色透明液体，有特异的芳香气味。闪点（开口） $40^\circ C$ ，熔点 $90^\circ C$ ，沸点 $117.25^\circ C$ 。相对密度 d_{20}^{20} 0.8098。燃烧热 2673.2 (kJ/mol)。临界温度 $287^\circ C$ ，临界压力 4.90MPa，饱和蒸气压 0.82kPa ($25^\circ C$)，折射率 n_D^{20} 1.3993。自燃点 $365^\circ C$ 。黏度 $2.95MPa \cdot s$ ($20^\circ C$)。 $20^\circ C$ 时在水中的溶解度 7.7g/100mL，水在正丁醇中的溶解度 20.1g/100mL。与乙醇/乙醚及其他多种有机溶剂混溶，蒸气与空气形成爆炸性混合物，爆炸极限 1.45~11.25（体积分数，%）。公共场所空气中容许浓度 150mL/m³。与水可形成共沸物，共沸点 $92^\circ C$ （含水量 37%）。

常说的生物丁醇指采用生物质原料生产的丁醇。目前主要采用发酵法获得。

技术指标 发酵法 GB 6027—89；羟基合成法及乙醛缩合法 GB 9014—88；GB 10618—89（食品添加剂）用玉米（淀粉质）为原料发酵法联合生产生物燃料乙醇、丁醇及丙酮，成品乙醇符合 GB 10343—2002 标准，成品正丁醇符合 GB/T 6027—89 一级品标准，成品丙酮符合 GB/T 6026—89 一级品标准。

(1) 国家标准

色泽/(Pt-Co 色号)	<10	不挥发物/%	<0.0025
密度/(g/cm ³)	0.810~0.814	酸度	<0.003

(2)

色度/(Pt-Co 色号)	蒸馏范围/℃	117.0~118.5
≤10	酸度(以醋酸计)/%	
水分/%(质量分数)	(质量分数)	≤0.005
≤0.1	不挥发物/%(质量分数)	≤5
密度(20℃)/(g/cm ³)	气味	无
0.81~0.813		

(3) 工业正丁醇 GB/T 6027—1998

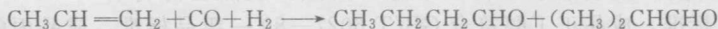
项 目	优等品	一等品
色度	10	15
密度	0.809~0.811	0.808~0.812
沸程	1	2
正丁醇含量/%	99.5	99
硫酸显色试验	20	40
酸度	0.003	0.005
水分/%	0.1	0.2
蒸发残渣/%	0.003	0.005

生产技术 丁醇的工业生产有化学合成法和发酵法(生物丁醇)。化学合成法主要为丙烯羰基合成法、乙醛醇醛缩合法。工业上丁醇常与辛醇同时生产,统称丁辛醇生产。

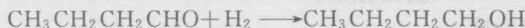
(1) 乙醛缩合法 二次世界大战期间德国开发了乙醛缩合法。优点是反应压力低,可任意调节丁辛醇生产比例,且不生成副产品异丁醇等。但工艺流程长,收率低,成本较高,故在国外也已被淘汰。

(2) 羰基合成法 又称氢甲酰化合成法。是目前最主要的丁辛醇生产技术。将丙烯、一氧化碳和氢经钴或钨催化剂羰基合成反应生成正丁醛和异丁醛,经加氢得正丁醇和异丁醇。工艺步骤如下。

a. 氢甲酰化 丙烯氢甲酰化得丁醛,粗醛精制得到正丁醛和异丁醛。



b. 氢化 正丁醛和异丁醛加氢得到产品正丁醇和异丁醇。



c. 正丁醛经缩合、加氢得到产品辛醇。



根据所采用的压力和催化剂的不同,羰基合成法分高压钴法、改性钴法、高压钨法、改性钨法等工艺,其中改性钨法具有温度低、