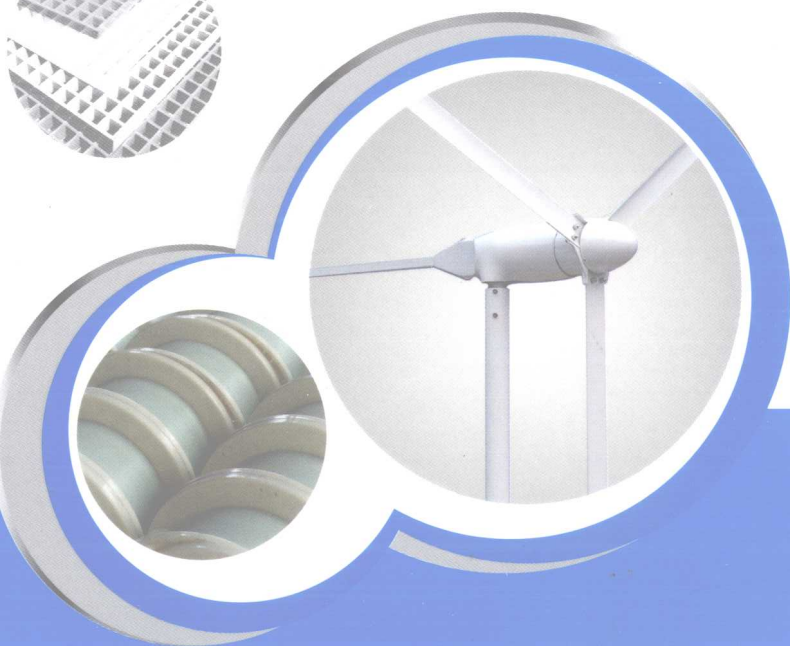
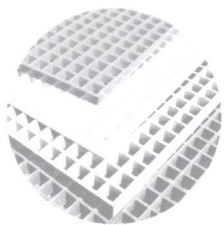


BOLIGANG YUANCAILIAO JI XUANYONG

玻璃钢原材料 及选用

汪泽霖 编著



化学工业出版社

玻璃钢原材料及选用

汪泽霖 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

* 本书介绍了玻璃钢当前使用的、工业化生产的原材料及其选用。主要包括基体树脂(热固性和热塑性)、增强材料、填料、树脂的固化剂和促进剂、引发剂、交联剂(稀释剂)、防老剂、阻燃剂、偶联剂、脱模剂以及其他助剂等。重点介绍了这些原材料的制法、物化性能、特性及选用,也列出它们的英文名称、结构式和CA编号。本书结构合理,内容全面,实用性强。

本书可供从事玻璃钢/树脂基复合材料研究、生产、应用的有关人员使用,也可作为高等院校有关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

玻璃钢原材料及选用/汪泽霖编著. —北京:化学工业出版社, 2009.4

ISBN 978-7-122-04784-7

I. 玻… II. 汪… III. 玻璃钢-原材料 IV. TQ327.104

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第017444号

责任编辑:赵卫娟 宋向雁

文字编辑:冯国庆

责任校对:李 林

装帧设计:周 遥

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:三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张12 $\frac{3}{4}$ 字数336千字

2009年4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:36.00元

版权所有 违者必究

前 言

玻璃钢是玻璃纤维增强塑料的俗称，属于复合材料中的树脂基复合材料，主要原料是玻璃纤维和树脂两大类，树脂包括热固性树脂和热塑性树脂。热固性树脂使用量占多数，而热塑性树脂发展快，使用量增长速度快。

由于热固性树脂品种多，资料丰富，如果单独安排一章，篇幅过大，书中将不饱和聚酯树脂等分子链中含有双键的热固性树脂单独一章，既平衡了各章节的篇幅，也使这些同样使用乙烯基化合物交联剂、过氧化物引发剂的树脂归为一类，眉目清楚，方便阅读。

除了主要原料之外，对于提高产品质量，方便成型，一些辅助材料也是绝不可少的。本书列出填料、固化剂及促进剂、引发剂及交联剂（稀释剂）、防老剂、阻燃剂、偶联剂、脱模剂及其他助剂。但是，有的材料的功能是多样的，如氢氧化铝、氢氧化镁，既是广泛使用的填料，也是良好的无机阻燃材料，为了避免重复起见，只在填料中介绍它们；同样情况的，如氯茵酸酐，既是阻燃剂，也可用作环氧树脂的固化剂，本书将在阻燃剂中介绍；对于硬脂酸及其盐在复合材料中有三方面功能，内脱模剂、热稳定剂和填料表面处理剂，本书将在其他助剂中介绍。

本书着重介绍当前使用的、工业化生产的材料，介绍它们的物化性能、特性及选用。材料的物化性能因不同的生产厂家而异，尤其是树脂类，这里只能选择部分厂家的部分品种列出。限于作者的水平和能力，不全面的地方和不足之处在所难免，敬请读者指正，以便及时修改。

汪泽霖

2008年12月

目 录

第 1 章 含有双键的热固性树脂	1
1.1 不饱和聚酯树脂	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 手糊成型工艺用不饱和聚酯树脂	5
1.1.3 喷射成型工艺用不饱和聚酯树脂	6
1.1.4 树脂传递模塑成型工艺用不饱和聚酯树脂	7
1.1.5 缠绕成型工艺用不饱和聚酯树脂	8
1.1.6 模压成型工艺用不饱和聚酯树脂	9
1.1.7 拉挤成型工艺用不饱和聚酯树脂	10
1.1.8 连续板成型工艺用不饱和聚酯树脂（包括透光波纹板）	12
1.2 乙烯基酯树脂	15
1.3 苯二甲酸二烯丙基酯树脂	16
1.4 丁苯树脂	19
1.5 聚丁二烯树脂	20
第 2 章 其他热固性树脂	22
2.1 环氧树脂	22
2.1.1 双酚 A 型环氧树脂	24
2.1.2 双酚 F 型环氧树脂	25
2.1.3 双酚 S 型环氧树脂	27
2.1.4 氢化双酚 A 型环氧树脂	28
2.1.5 二酚基丙烷侧链型环氧树脂	28
2.1.6 酚醛环氧树脂（F 型）	29
2.1.7 自熄性环氧树脂	30
2.1.8 TDE-85 环氧树脂	34

2.1.9	甘油环氧树脂 (B 型)	35
2.1.10	三聚氰酸环氧树脂	35
2.1.11	ERL-4201	37
2.1.12	ERL-4221	37
2.1.13	ERL-4206	38
2.1.14	ERL-4207	38
2.1.15	二氧化双环戊基醚	39
2.1.16	缩水甘油酯型环氧树脂	40
2.1.17	环氧化聚丁二烯 (D 型)	41
2.1.18	含氟环氧树脂	42
2.2	酚醛树脂	43
2.2.1	氨酚醛树脂	44
2.2.2	钡酚醛树脂	45
2.2.3	镁酚醛树脂	45
2.2.4	浸渍用酚醛树脂	47
2.2.5	硼酚醛树脂	47
2.2.6	双氰胺改性酚醛树脂	48
2.2.7	尼龙改性酚醛树脂	49
2.2.8	NR9400 系列新型酚醛树脂	49
2.3	呋喃树脂	50
2.3.1	糠醛苯酚树脂	50
2.3.2	糠醇树脂	51
2.3.3	糠酮树脂	51
2.4	有机硅树脂	52
2.5	三聚氰胺-甲醛树脂	54
2.6	聚氨酯树脂	56
2.7	氰酸酯树脂	57
第 3 章	热塑性树脂	61
3.1	聚乙烯	61
3.2	聚丙烯	64

3.3	聚氯乙烯	68
3.4	聚苯乙烯	71
3.5	ABS 树脂	72
3.6	聚酰胺	74
3.7	聚碳酸酯	77
3.8	聚甲醛	80
3.9	聚苯醚 (PPO 或 PPE)	81
3.10	聚酯树脂 (PBT、PET)	83
3.11	氟塑料	85
3.12	聚酰亚胺 (PI)	87
3.13	聚苯硫醚 (PPS)	89
3.14	聚砒类树脂	90
3.15	聚醚醚酮树脂	93
第 4 章	增强材料	94
4.1	玻璃纤维	94
4.1.1	玻璃纤维无捻粗纱	95
4.1.2	玻璃纤维短切原丝	100
4.1.3	玻璃纤维薄毡	103
4.1.4	玻璃纤维短切原丝毡	104
4.1.5	玻璃纤维连续原丝毡	107
4.1.6	玻璃纤维复合毡	108
4.1.7	玻璃纤维针刺毡	109
4.1.8	玻璃纤维无捻粗纱布	110
4.1.9	印制板用 E 玻璃纤维布	111
4.1.10	无碱玻璃纤维布	113
4.2	碳纤维	115
4.3	芳纶纤维	117
4.4	高硅氧纤维与石英纤维	119
4.5	硼纤维	121
4.6	超高分子量聚乙烯纤维	122

4.7	聚苯并噁唑纤维	123
4.8	碳化硅纤维	124
4.9	氧化铝纤维	125
4.10	玄武岩纤维	125
4.11	晶须	126
4.11.1	碳化硅晶须	127
4.11.2	钛酸钾晶须	128
第5章	填料	130
5.1	填料概述	130
5.2	碳酸钙	133
5.3	滑石粉	136
5.4	石棉	137
5.5	高岭土	137
5.6	云母粉	139
5.7	绢英粉	140
5.8	硅灰石粉	140
5.9	玻璃微珠	141
5.10	矿物短纤维-双 F	143
5.11	硫酸钡	144
5.12	硫酸钙	145
5.13	氧化镁	145
5.14	二氧化硅	147
5.15	二氧化钛	148
5.16	氢氧化铝	149
5.17	氢氧化镁	151
5.18	炭黑	152
5.19	石墨粉	153
5.20	金属粉	154
5.21	木粉	154
5.22	珍珠岩	154

第 6 章 固化剂和促进剂	156
6.1 伯胺类	156
6.1.1 脂肪族、脂环族伯胺类	156
6.1.2 芳香族伯胺类	161
6.1.3 改性胺固化剂	172
6.2 叔胺	176
6.2.1 三乙胺	176
6.2.2 三乙醇胺	177
6.2.3 苄基二甲胺	177
6.2.4 2-(二甲氨基甲基)苯酚 (DMP-10)	178
6.2.5 2,4,6-三(二甲氨基甲基)苯酚 (DMP-30)	178
6.2.6 DMP-30 的三(α -乙基己酸)盐 (K-61B)	179
6.2.7 哌啶	179
6.2.8 吡啶	180
6.2.9 甲基吡啶	180
6.2.10 <i>N,N</i> -二甲基苯胺	181
6.2.11 <i>N,N</i> -二乙基苯胺	181
6.3 酰胺及低分子量聚酰胺、咪唑及硼胺固化剂	182
6.3.1 酰胺	182
6.3.2 咪唑类	184
6.3.3 硼胺及硼胺的配合物	187
6.4 酸酐类	190
6.4.1 邻苯二甲酸酐	190
6.4.2 顺丁烯二酸酐	191
6.4.3 四氢邻苯二甲酸酐	192
6.4.4 六氢邻苯二甲酸酐	193
6.4.5 3-甲基-1,2,3,6-四氢邻苯二甲酸酐	194
6.4.6 甲基六氢邻苯二甲酸酐	194
6.4.7 内次甲基四氢邻苯二甲酸酐 (NA 酸酐)	195
6.4.8 甲基纳迪克酸酐 (MNA)	195

6.4.9	十二烯基琥珀酸酐	196
6.4.10	均苯四甲酸二酐	196
6.4.11	偏苯三酸酐	197
6.4.12	液体四氢邻苯二甲酸酐	197
6.4.13	桐油改性顺丁烯二酸酐 (308 或 82 酸酐)	197
6.4.14	647 酸酐	198
6.4.15	聚壬二酸酐	198
6.5	有机金属盐类	198
6.5.1	环烷酸钴	199
6.5.2	异辛酸钴	199
6.5.3	环烷酸锰	200
6.5.4	异辛酸锰	200
6.5.5	异辛酸钾	200
6.5.6	异辛酸钙	201
第7章	引发剂、交联剂 (稀释剂)	202
7.1	过氧化物	202
7.1.1	叔丁基过氧化氢	203
7.1.2	异丙基苯过氧化氢	204
7.1.3	过氧化二叔丁基	204
7.1.4	过氧化二异丙基苯	205
7.1.5	过氧化叔丁基异丙苯	205
7.1.6	2,5-二甲基-2,5-二(叔丁基过氧)己烷 (AD)	206
7.1.7	过氧化苯甲酰	206
7.1.8	过氧化二月桂酰	207
7.1.9	过氧化 2,4-二氯苯甲酰	208
7.1.10	过氧化二乙酰	208
7.1.11	过氧化二辛酰	208
7.1.12	过氧化苯甲酸叔丁酯	209
7.1.13	过氧化(2-乙基)己酸叔丁酯	209
7.1.14	过氧化二碳酸二环己酯 (DCPD)	210

7.1.15	双(4-叔丁基环己基)过氧化二碳酸酯	210
7.1.16	过氧化二乙基乙酸叔丁酯	211
7.1.17	过氧化异壬酸叔丁酯	211
7.1.18	过氧化异辛酸叔丁酯	211
7.1.19	过氧化叔戊酸叔丁酯	212
7.1.20	叔丁基过氧化新癸酸酯	212
7.1.21	双过氧化邻苯二甲酸二叔丁酯	212
7.1.22	双(苯氧乙基)过氧化二碳酸酯 (BPPD)	213
7.1.23	2,5-二甲基-2,5-双(过氧化苯甲酰)己烷	213
7.1.24	4,4'-双(过氧化叔丁基)戊酸正丁酯	213
7.1.25	过氧化甲乙酮	214
7.1.26	过氧化环己酮	216
7.1.27	过氧化二酰乙酮	217
7.1.28	过氧化甲基异丁基酮	217
7.1.29	2,2-二(叔丁基过氧化)丁烷	217
7.1.30	2,5-双(2-乙基己酰过氧化)2,5-二甲基己烷	218
7.1.31	1,1-二叔丁基过氧化环己烷	218
7.1.32	1,1-双(过氧化叔丁基)-3,3,5-三甲基环己烷	219
7.2	偶氮化合物	219
7.2.1	2,2'-偶氮双(异庚腈)	219
7.2.2	2-叔丁基偶氮-2-氰基-4-甲氧基戊烷	220
7.2.3	2,2'-偶氮双异丁腈	220
7.2.4	2-叔丁基偶氮-2-氰基-4-甲基戊烷	220
7.2.5	2-叔丁基偶氮-2-氰基丁烷	221
7.2.6	1-异戊基偶氮-1-氰基环己烷	221
7.2.7	1-叔丁基偶氮-1-氰基环己烷	221
7.2.8	2-叔丁基偶氮异丁腈	222
7.2.9	2-叔丁基偶氮-2-氰基丙烷	222
7.3	含有双键化合物	222
7.3.1	苯乙烯及其衍生物	222

7.3.2	不饱和酸	224
7.3.3	不饱和酸酯类	226
7.3.4	丙烯腈	229
7.4	含有环氧基团的低分子环氧化合物	229
7.4.1	苯基缩水甘油醚 (690、PGE)	229
7.4.2	正丁基缩水甘油醚 (501、660、BGE)	230
7.4.3	5-乙基己基缩水甘油醚 (EHAGE)	231
7.4.4	环氧乙基苯 (SO)	231
7.4.5	烯丙基缩水甘油醚 (680、AGE)	231
7.4.6	二缩水甘油醚 (600、DGE)	232
7.4.7	甲酚缩水甘油醚 (α -52、CGE)	232
7.4.8	对叔丁基苯基缩水甘油醚	233
7.4.9	甲基丙烯酸缩水甘油酯	233
7.4.10	聚乙二醇二缩水甘油醚 (PEGGE)	234
7.4.11	丁二醇二缩水甘油醚 (512、BDGE)	234
7.4.12	二缩水甘油基苯胺 (DGA)	234
7.4.13	三甲醇基丙烷三缩水甘油醚 (TMPGE)	235
7.4.14	丙三醇三缩水甘油醚 (GGE)	235
第8章	防老剂	236
8.1	光稳定剂	236
8.1.1	水杨酸酯类	237
8.1.2	二苯甲酮类	240
8.1.3	苯并三唑类	247
8.1.4	受阻胺光稳定剂 (HALS)	255
8.1.5	其他类光稳定剂	259
8.2	抗氧剂	265
8.2.1	三甘醇双-[3-(3-叔丁基-4-羟基-5-甲基苯基)丙 酸酯](抗氧剂 245)	265
8.2.2	2,6-二叔丁基对甲酚 (抗氧剂 264)	266
8.2.3	四[β -(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸]季戊四	

醇酯(抗氧剂 1010)	266
8.2.4 β -(4-羟基-3,5-二叔丁基苯基)丙酸十八碳醇 酯(抗氧剂 1076)	267
8.2.5 N,N' -六亚甲基双(3,5-二叔丁基-4-羟基苯 丙酰胺)(抗氧剂 1098)	268
8.2.6 1,3,5-三(3,5-二叔丁基-4-羟基苯)-均三嗪- 2,4,6-(1 <i>H</i> ,3 <i>H</i> ,5 <i>H</i>)三酮(抗氧剂 3114)	269
8.2.7 硫代二丙酸二(十八)酯	270
8.2.8 亚磷酸三(壬基苯)酯	270
8.2.9 亚磷酸二苯基异癸基酯	271
8.2.10 亚磷酸二苯基异辛酯	272
8.2.11 亚磷酸三异癸基酯	272
8.2.12 亚磷酸苯基二异癸基酯	273
8.3 热稳定剂	273
8.3.1 三碱式硫酸铅	273
8.3.2 二碱式亚磷酸铅	274
8.3.3 二碱式硬脂酸铅	275
8.3.4 二碱式邻苯二甲酸铅	275
8.3.5 二月桂酸二丁基锡	276
8.3.6 马来酸单丁酯二丁基锡	277
8.3.7 十二硫醇二丁基锡	277
第9章 阻燃剂	278
9.1 卤系阻燃剂	278
9.1.1 四氯邻苯二甲酸酐	279
9.1.2 四溴邻苯二甲酸酐	280
9.1.3 氯桥酸酐	281
9.1.4 双(2,3-二溴丙基)反丁烯二酸酯	282
9.1.5 二溴新戊二醇	283
9.1.6 氯化石蜡-70	284
9.1.7 十溴二苯醚	285

9.1.8	二溴苯基缩水甘油醚	286
9.1.9	二溴甲苯基缩水甘油醚	286
9.2	磷-卤系阻燃剂	287
9.2.1	磷酸三(β -氯乙基)酯	287
9.2.2	磷酸三(β -氯异丙基)酯	288
9.2.3	磷酸三(β,β' -二氯异丙基)酯	288
9.2.4	磷酸三(2,3-二氯丙基)酯	289
9.2.5	磷酸三(2,3-二溴丙基)酯 (TBrPP)	290
9.2.6	氯烷基磷酸缩水甘油酯	290
9.3	有机磷系阻燃剂	291
9.3.1	甲基膦酸二甲酯	291
9.3.2	磷酸三乙酯	293
9.3.3	磷酸三苯酯	294
9.3.4	磷酸三甲苯酯	294
9.3.5	三(1-氧代-2,6,7-三氧杂-1-磷杂双环[2.2.2]亚甲基-4-亚甲基)磷酸酯	295
9.3.6	间亚苯基四苯基双磷酸酯	296
9.3.7	双酚 A 双(二苯基磷酸酯)	296
9.3.8	磷酸三丁酯	297
9.3.9	磷酸三异辛酯	298
9.3.10	磷酸二苯异辛酯	298
9.3.11	磷酸二苯异癸酯	299
9.3.12	磷酸二苯甲苯酯	300
9.3.13	磷酸三(二甲苯)酯	300
9.3.14	磷酸二苯异丙苯酯	301
9.3.15	磷酸二苯(二甲苯)酯	301
9.3.16	<i>N,N</i> -双(2-羟乙基)氮甲基膦酸二乙酯	302
9.3.17	羧乙基苯磷酸	303
9.3.18	乙烯基膦酸二(β -氯乙基)酯	304
9.3.19	氨基磷酸酯	305

9.4 无机阻燃剂	305
9.4.1 赤磷	305
9.4.2 三氧化二锑	306
9.4.3 三氧化钨	307
9.4.4 硼酸锌	308
9.4.5 碱式硫酸镁晶须	309
9.5 膨胀型阻燃剂	309
9.5.1 聚磷酸铵	310
9.5.2 氰脲酸三聚氰胺	310
9.5.3 正磷酸三聚氰胺	312
第10章 偶联剂	313
10.1 概述	313
10.1.1 玻璃纤维表面处理	313
10.1.2 填料表面改性	315
10.2 硅有机化合物偶联剂	317
10.2.1 乙烯基三氯硅烷	318
10.2.2 γ -氯丙基三甲氧基硅烷	319
10.2.3 乙烯基三甲氧基硅烷	319
10.2.4 乙烯基三乙氧基硅烷	320
10.2.5 乙烯基三叔丁基过氧硅烷	321
10.2.6 乙烯基三(β -甲氧乙氧基)硅烷	321
10.2.7 乙烯基三乙酰氧基硅烷	322
10.2.8 γ -(甲基丙烯酰氧基)丙基三甲氧基硅烷	322
10.2.9 苯胺甲基三乙氧基硅烷	323
10.2.10 苯胺甲基三甲氧基硅烷	324
10.2.11 苯胺丙基三乙氧基硅烷	324
10.2.12 苯胺丙基三甲氧基硅烷	324
10.2.13 γ -氨基丙基三甲氧基硅烷	325
10.2.14 γ -氨基丙基三乙氧基硅烷	325
10.2.15 N - β -氨基乙基- γ -氨基丙基三甲氧基硅烷	327

10.2.16	<i>N</i> - β -氨基乙基- γ -氨基丙基三乙氧基硅烷	328
10.2.17	γ -缩水甘油基丙基三甲氧基硅烷	328
10.2.18	β -(3,4-环氧基环己基)-乙基三甲氧基硅烷	329
10.2.19	γ -巯基丙基三甲氧基硅烷	329
10.2.20	γ -脲基丙基三乙氧基硅烷	330
10.2.21	顺丁烯二酰亚氨基丙基三乙氧基硅烷	331
10.3	钛酸酯偶联剂	332
10.3.1	异丙基三(硬脂酰基)钛酸酯 (OL-T999, TTS) ...	332
10.3.2	异丙基三(异辛酰基)钛酸酯	333
10.3.3	异丙基三(癸酰基)钛酸酯	334
10.3.4	异丙基三油酰氧基钛酸酯	335
10.3.5	异丙基三(十二烷基苯磺酰基)钛酸酯	336
10.3.6	异丙基三(磷酸二辛酯)钛酸酯 (TTOP-12、KR-12)	339
10.3.7	异丙基三(焦磷酸二辛酯)钛酸酯 (TTOP-38S、KR-38S)	339
10.3.8	二(焦磷酸二辛酯)羟乙酸钛酸酯 (KR-138S) ...	340
10.3.9	二(磷酸二辛酯)钛酸乙二(醇)酯 (KR-212S) ...	340
10.3.10	二(焦磷酸二辛酯)亚乙基钛酸酯 (KR-238S) ...	341
10.3.11	二硬脂酰亚乙基钛酸酯 (KR-201)	341
10.3.12	四异丙基二(亚磷酸二辛酯)钛酸酯 (KR-41B)	342
10.3.13	二(亚磷酸二月桂酯)四辛氧基钛酸酯 (KR-46B)	342
10.4	铝酸酯偶联剂	343
10.5	其他偶联剂	345
10.5.1	甲基丙烯酸氯化铬络合物	345
10.5.2	锆铝酸盐偶联剂	346
第11章	脱模剂	349
11.1	薄膜型脱模剂	349

11.2	溶液型脱模剂	350
11.2.1	聚乙烯醇溶液	350
11.2.2	聚苯乙烯溶液	350
11.2.3	过氯乙烯溶液	351
11.2.4	醋酸纤维素溶液	351
11.2.5	硅油溶液	351
11.2.6	硅橡胶溶液	352
11.2.7	PMR 脱模剂	352
11.2.8	POPOUT 脱模剂	352
11.2.9	3-STAR Mold Release Products (TR-210)	352
11.3	石蜡、油膏类脱模剂	353
11.4	内脱模剂	354
第 12 章	其他助剂	356
12.1	硬脂酸及其盐	356
12.1.1	硬脂酸	356
12.1.2	硬脂酸钠	357
12.1.3	硬脂酸镁	357
12.1.4	硬脂酸钙	358
12.1.5	硬脂酸锌	359
12.1.6	硬脂酸镉	359
12.1.7	硬脂酸钡	360
12.1.8	硬脂酸铅	361
12.2	阻聚剂	361
12.2.1	对苯二酚	362
12.2.2	苯醌	362
12.2.3	对叔丁基邻苯二酚	363
12.3	着色剂	363
12.3.1	二氧化钛	365
12.3.2	氧化锌	365
12.3.3	炭黑	365