

高分子胶黏剂丛书

• GAOFENZI
• JIAONIANJI
• CONGSHU

环
氧

胶
黏
剂

张玉龙 唐磊 主编

HUANYANG JIAONIANJI



化学工业出版社

高分子胶黏剂丛书

• GAOFENZI
• JIAONIANJI
• CONGSHU

环

氧

胶 黏 剂

张
玉
龙

唐
磊

主
编

HUANYANG JIAONIANJI



化学工业出版社

北京

本书重点对通用环氧胶黏剂、改性环氧胶黏剂、功能环氧胶黏剂、环保型环氧胶黏剂和专用胶黏剂进行了介绍。并按照原材料与配方、制备方法、性能和应用效果的编写格式，详尽地介绍了每一种胶黏剂。

本书是胶黏剂研究、制造、配方设计、销售、管理和教学人员的必读之书，也是广大胶黏剂用户和本行业技术工人重要的参考用书，此书亦可作为自学者良好的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

环氧胶黏剂 / 张玉龙，唐磊主编 . —北京：化学工业出版社，2010.10
(高分子胶黏剂丛书)
ISBN 978-7-122-09308-0

I. 环… II. ①张… ②唐… III. 环氧胶黏剂
IV. TQ433.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 155589 号

责任编辑：赵卫娟

文字编辑：冯国庆

责任校对：顾淑云

装帧设计：韩 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：北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 313 千字

2010 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：36.00 元

版权所有 违者必究

参加编写人员

主 编：张玉龙 唐 磊

副主编：杨守平 李 萍 柴 娟

编写人员（按姓氏笔画排序）：

石 磊 吕春健 庄明忠 刘 燕

刘小兰 刘洪章 刘荣田 刘恩骞

刘景春 闫 军 李 萍 李 静

杨守平 杨振强 吴宝玉 宋兴民

张 蓓 张广成 张玉龙 张军营

岳乃凤 郝英华 侯京陵 柴 娟

徐勤福 唐 磊 崔应强 蔡志勇

薛维宝



前 言

环氧树脂胶黏剂因其原材料充足易得、制造工艺简便、性能优良、用途广，被业内人士高度关注，被称为“万能胶”和“大力胶”，广泛应用于航空、航天、兵器、舰船、电子电气、机械、建筑、车辆和人们日常生活等领域。近年来随着高新技术在环氧胶黏剂选材、配方设计和制造中的应用，使这一胶种有了长足进步，在环保化、功能化、专用化和高性能化等胶种的研制中，成果颇丰，充分展示出这一胶种的发展前景。

为了普及环氧树脂胶黏剂的基础知识，宣传推广近年来这一胶种的研究与应用成果，北方（济南）胶黏剂与涂料协会在广泛收集国内外相关资料的基础上，根据本协会成员单位产品研究经验，组织编写了本书，较为详细地介绍了环氧树脂大宗胶黏剂、改性胶黏剂、功能胶黏剂、环保型胶剂和专用胶黏剂的主要类型、选材、配方设计、制造、性能与应用，并按照原材料与配方、制备方法或工艺、性能、效果或应用的编写格式，对每种胶黏剂都做了较为详尽的介绍。与此同时，对环氧胶黏剂的基础知识、研究热点、粘接理论、原材料、配方设计、制造技术等方面亦做了扼要说明。本书是胶黏剂业内人士，特别是从事胶黏剂原材料研究、配方设计、制备生产、销售管理和教学人员必备之书，也是广大的环氧胶黏剂用户的必读之书，也可作为初学者的自学教材。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，侧重于用实例和使用配方与数据说明问题。书中配方大多数经过国内相关单位

生产检验。

本书编写过程中，承蒙北方（济南）胶黏剂与涂料协会 50 多个成员单位专家给予大力协助，在此谨表示衷心感谢。

由于编者水平有限，文中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2010年7月



目 录

第 1 章 概 述

1.1 简介 ······	1
1.1.1 基本概念 ······	1
1.1.2 主要品种与分类 ······	1
1.2 环氧树脂胶黏剂的特点 ······	3
1.2.1 优点 ······	3
1.2.2 缺点 ······	4
1.3 环氧胶黏剂的应用 ······	4
1.4 环氧胶黏剂的研究进展 ······	7
1.4.1 国外研究进展 ······	7
1.4.2 国内研究进展 ······	8
1.4.3 环氧胶黏剂的研究热点 ······	9
1.4.4 环氧胶黏剂粘接理论的研究进展 ······	14

第 2 章 环氧胶黏剂配方设计与制备技术

2.1 环氧树脂胶黏剂原材料 ······	18
2.1.1 环氧树脂 ······	18
2.1.2 配合剂 ······	29
2.2 环氧树脂固化原理 ······	35
2.2.1 环氧树脂中环氧基的开环反应 ······	35
2.2.2 有机胺类固化剂固化机理 ······	37
2.2.3 有机酸酐固化处理 ······	39
2.2.4 催化型固化剂固化机理 ······	40
2.2.5 高分子固化剂 ······	41

2.3 胶黏剂的配方设计	42
2.3.1 配方设计的基本原则	42
2.3.2 配方设计的基本内容	43
2.3.3 注意事项	43
2.3.4 配方设计方法	45
2.4 胶黏剂的制备技术	52
2.4.1 胶黏剂配制工艺	52
2.4.2 注意事项	54
2.5 胶黏剂的贮存	55

第3章 通用环氧胶黏剂

3.1 室温固化环氧胶黏剂	57
3.1.1 简介	57
3.1.2 室温固化耐热环氧胶黏剂 1	61
3.1.3 室温固化耐热环氧胶黏剂 2	62
3.1.4 室温固化耐热环氧胶黏剂 3	62
3.1.5 室温固化耐高温环氧胶黏剂	64
3.1.6 室温固化耐湿热老化环氧胶黏剂	65
3.1.7 J-85 耐湿热室温固化环氧胶黏剂	66
3.1.8 室温快干环氧胶黏剂	67
3.1.9 室温固化超低温应用的环氧胶黏剂	67
3.1.10 室温固化抗剥离耐湿环氧胶黏剂	68
3.1.11 室温固化厚胶层高强度环氧胶黏剂	69
3.1.12 室温固化高强度高剥离环氧胶黏剂	70
3.1.13 J-182 室温快固高强度环氧胶黏剂	72
3.1.14 室温快固化全透明环氧胶黏剂	73
3.1.15 金属与塑料粘接用环氧胶黏剂	74
3.1.16 金属与橡胶粘接用环氧胶黏剂	75
3.1.17 PVC 粘接用环氧胶黏剂	77
3.1.18 环氧灌封胶黏剂	78
3.1.19 陶瓷粘接用耐高温 HT-160 环氧胶黏剂	78

3.1.20	室温固化环氧胶黏剂系列配方	80
3.2	中温固化环氧胶黏剂	92
3.2.1	简介	92
3.2.2	中温固化高强度环氧胶黏剂	93
3.2.3	中温固化耐高温环氧胶黏剂	93
3.2.4	中温固化通用环氧胶黏剂	95
3.2.5	中温固化低黏度环氧胶黏剂	95
3.2.6	中温固化桐马环氧胶黏剂	97
3.2.7	中温固化双组分高强度环氧胶黏剂	98
3.2.8	中温固化单组分环氧胶黏剂	99
3.2.9	中温固化耐烧蚀环氧胶黏剂	99
3.2.10	新型中温固化环氧胶黏剂	100
3.2.11	中温固化环氧胶黏剂系列配方	102
3.3	高温固化环氧胶黏剂	115
3.3.1	耐高温环氧胶黏剂	115
3.3.2	发泡型汽车点焊密封胶黏剂	115
3.3.3	航天用环氧耐高温胶黏剂	117
3.3.4	新型含氟固化剂高温固化环氧胶黏剂	117
3.3.5	耐高温单组分环氧胶黏剂	119
3.3.6	二氮杂萘酮改性环氧胶黏剂	121
3.3.7	高温固化环氧胶黏剂系列配方	123
3.4	低温固化环氧胶黏剂	124
3.4.1	低温固化阻燃环氧胶黏剂	125
3.4.2	低温固化防腐蚀环氧胶黏剂	126
3.4.3	低温固化环氧胶黏剂系列配方	128

第4章 环氧改性胶黏剂

4.1	简介	130
4.1.1	改性的必要性与发展历程	130
4.1.2	改性用橡胶	131
4.1.3	改性用树脂	135

4.1.4	刚性无机填料增韧环氧胶黏剂	139
4.2	丁腈橡胶与弹性体增韧改性环氧胶黏剂	140
4.2.1	端羟基丁腈橡胶改性环氧胶黏剂	140
4.2.2	汽车折边用改性胶黏剂	141
4.2.3	棒状单包装环氧胶黏剂	141
4.2.4	柔性电路基材用环氧胶黏剂	143
4.2.5	丁腈橡胶改性环氧胶黏剂系列配方	144
4.3	聚硫橡胶改性环氧胶黏剂	146
4.3.1	聚硫橡胶改性环氧胶黏剂	146
4.3.2	聚硫橡胶增韧和填充改性环氧胶黏剂	147
4.3.3	聚硫橡胶改性环氧胶黏剂配方	148
4.4	聚氨酯弹性体改性环氧胶黏剂	151
4.4.1	聚醚型聚氨酯预聚物改性环氧胶黏剂	151
4.4.2	甲苯二异氰酸酯改性环氧胶黏剂	152
4.4.3	室温固化耐热聚氨酯改性环氧胶黏剂	153
4.4.4	70℃快固聚氨酯改性环氧胶黏剂	155
4.4.5	黄铜粘接用聚氨酯改性环氧胶黏剂	156
4.4.6	非极性聚烯烃粘接用聚氨酯改性环氧胶黏剂	157
4.4.7	预应力筋粘接用聚氨酯改性环氧胶黏剂	158
4.4.8	纳米蒙脱土改性聚氨酯/环氧建筑结构胶黏剂	159
4.4.9	聚氨酯改性环氧胶黏剂系列配方	161
4.5	有机硅改性环氧胶黏剂	162
4.5.1	有机硅改性无溶剂环氧胶黏剂	162
4.5.2	通用有机硅改性环氧胶黏剂	163
4.5.3	有机硅/聚乙烯醇改性 E-20 环氧胶黏剂	165
4.6	其他热塑性树脂改性环氧胶黏剂	166
4.6.1	酚醛改性环氧胶黏剂	166
4.6.2	F-50 聚醚树脂改性环氧胶黏剂	167
4.6.3	液体聚硫聚脲增韧改性环氧胶黏剂	168
4.6.4	双马来酰亚胺改性环氧导电胶黏剂	169
4.6.5	石油发酵尼龙改性环氧胶黏剂	170

4.6.6	热塑性树脂改性环氧胶黏剂系列配方	171
4.6.7	热固性树脂改性环氧胶黏剂系列配方	174
4.7	填料改性环氧胶黏剂	176
4.7.1	有机纳米蒙脱土改性环氧结构胶黏剂	176
4.7.2	纳米蒙脱土/滑石粉改性环氧水下胶黏剂	178
4.7.3	纳米 CaCO_3 改性环氧胶黏剂	179
4.7.4	SiO_2 改性环氧结构胶黏剂	180
4.7.5	纳米填料改性环氧胶黏剂	181
4.7.6	纳米橡胶粉改性环氧胶黏剂	182
4.7.7	填料改性环氧胶黏剂系列配方	183

第5章 环氧功能胶黏剂

5.1	导电胶黏剂	187
5.1.1	简介	187
5.1.2	环氧导电胶黏剂	189
5.1.3	芯片黏合用环氧胶黏剂	190
5.1.4	导电导热环氧胶黏剂	194
5.1.5	环氧/聚苯胺胶黏剂	194
5.1.6	双马改性环氧导电胶黏剂	195
5.1.7	丁腈橡胶改性环氧导电胶黏剂	196
5.1.8	环氧/咪唑导电胶黏剂	198
5.1.9	耐热型装片用导电胶黏剂	199
5.1.10	改性环氧导电胶黏剂	201
5.1.11	CLD-20 结构型导电环氧胶黏剂	203
5.1.12	高性能非银导电环氧胶黏剂	204
5.1.13	炭粉改性环氧胶黏剂	206
5.1.14	石墨/环氧导电胶黏剂	207
5.1.15	导电微球/环氧导电胶膜	207
5.1.16	屏蔽方舱用环氧导电胶黏剂	209
5.1.17	铜粉/环氧导电胶黏剂	210
5.1.18	254-23 汽固化铜粉环氧导电胶黏剂	210

5.1.19	乙炔炭黑/丁腈/环氧导电胶黏剂	212
5.1.20	铝粉/丁腈/环氧导电胶黏剂	212
5.1.21	环氧导电胶黏剂系列配方	213
5.2	导磁环氧胶黏剂	216
5.2.1	简介	216
5.2.2	导磁胶黏剂典型的配方与性能	216
5.3	环氧光学胶黏剂	217
5.3.1	环氧光敏胶黏剂	217
5.3.2	自由基-阳离子型紫外光固化环氧胶黏剂	218
5.3.3	光学制品用透明弹性环氧胶黏剂	224
5.3.4	光学环氧胶黏剂 1 (SHE-105)	226
5.3.5	光学环氧胶黏剂 2	227
5.3.6	光学环氧胶黏剂 3	228
5.4	阻燃环氧胶黏剂	229
5.4.1	阻燃环氧建筑胶黏剂	229
5.4.2	阻燃型改性环氧树脂结构胶黏剂 1	230
5.4.3	阻燃改性环氧胶黏剂 2	231
5.4.4	阻燃耐热环氧胶黏剂	232
5.4.5	覆铜板用阻燃环氧胶黏剂	233
5.4.6	电子制品组装用环氧胶黏剂	234
5.4.7	低温固化阻燃环氧胶黏剂	235
5.4.8	阻燃低温低毒环氧胶黏剂	236

第 6 章 环保型环氧胶黏剂

6.1	水基环氧胶黏剂	237
6.1.1	简介	237
6.1.2	自乳化环氧树脂胶黏剂	248
6.1.3	双组分水基环氧胶黏剂	248
6.1.4	加热固化型水基环氧胶黏剂	249
6.1.5	改变介质 pH 值固化型胶黏剂	250
6.1.6	水溶性环氧胶黏剂	252

6.2	环保型无溶剂环氧胶黏剂	253
6.2.1	增韧改性技术	253
6.2.2	低温固化铅酸蓄电池用防腐耐酸无溶剂环氧胶黏剂	259
6.2.3	双马改性无溶剂环氧胶黏剂	261
6.2.4	半湿固化无溶剂环氧胶黏剂	263
6.2.5	防腐耐酸无溶剂环氧胶黏剂	265
6.2.6	低毒水中固化环氧胶黏剂	266
6.2.7	酚醛/有机硅改性柔性环氧低毒胶黏剂	267
6.2.8	电子元件封装用低毒环氧胶黏剂	269
6.2.9	无溶剂环氧胶黏剂系列配方	270
6.3	光固化环氧胶黏剂	272
6.3.1	紫外光固化胶黏剂	272
6.3.2	碘鎓盐引发的环氧-丙烯酸酯复合光敏胶黏剂	273

第7章 环氧专用胶黏剂

7.1	金属、塑料、橡胶粘接专用胶黏剂	275
7.1.1	金属粘接用环氧/橡胶类胶黏剂	275
7.1.2	金属粘接用环氧/酚醛胶黏剂	275
7.1.3	金属粘接用环氧/缩醛改性胶黏剂	276
7.1.4	金属粘接用聚氨酯/环氧胶黏剂	276
7.1.5	金属粘接用环氧/丁腈胶黏剂	277
7.1.6	铝合金粘接用环氧胶黏剂	278
7.1.7	塑料粘接用环氧胶黏剂	278
7.1.8	硬质PVC管材用环氧树脂胶黏剂	279
7.1.9	玻璃钢粘接用环氧树脂胶黏剂	279
7.1.10	泡沫塑料粘接用环氧树脂胶黏剂	281
7.1.11	玻璃钢高压断路器灭弧筒与铝材粘接用环氧树脂胶 黏剂	282
7.1.12	环氧/聚氯乙烯胶黏剂	283
7.1.13	橡胶粘接用环氧胶黏剂	283
7.1.14	橡胶粘接用环氧65-01胶黏剂	284

7.2 环氧密封胶黏剂	284
7.2.1 中温固化单组分环氧胶黏剂	284
7.2.2 电池封装用环氧密封胶黏剂	285
7.2.3 快速固化环氧/聚硫密封胶黏剂	286
7.2.4 环氧点焊密封胶黏剂	288
7.2.5 电话机中继电器底盘用环氧密封胶黏剂	289
7.2.6 环氧灌封胶黏剂	290
7.2.7 电器灌封用耐高温环氧密封胶黏剂	291
7.2.8 公路视线诱导器密封胶黏剂	292
7.2.9 微电子封装用环氧胶黏剂	293
7.2.10 环氧密封胶黏剂系列配方	296
7.3 电子电气工业专用胶黏剂	299
7.3.1 电机绝缘用环氧胶黏剂 (F 级环氧胶)	299
7.3.2 电气绝缘用 F 级云母/环氧胶带	300
7.3.3 散热型印刷电路板用环氧胶黏剂	301
7.3.4 挠性印刷电路板用环氧胶黏剂	303
7.3.5 阻尼钢板用环氧胶黏剂	304
7.3.6 电机绝缘用单组分环氧胶黏剂	305
7.4 建筑与工程专用胶黏剂	306
7.4.1 建筑用环氧结构胶黏剂	306
7.4.2 油介质混凝土修补用环氧胶黏剂	306
7.4.3 预应力钢绞线防腐用环氧胶黏剂	307
7.4.4 油污面混凝土用胶黏剂	308
7.4.5 湿性石材粘接用胶黏剂	309
7.4.6 石材薄板复合用环氧胶黏剂	309
7.4.7 糠醛丙酮改性环氧建筑结构胶黏剂	310
7.4.8 环氧锚固胶黏剂	312
7.4.9 混凝土渡槽用环氧胶黏剂	312
7.4.10 环氧建筑改性结构胶黏剂 (JGN-TCA 型)	313
7.5 水下工程用环氧胶黏剂	314
7.5.1 水中固化环氧胶黏剂	314

7.5.2	水下建筑工程专用环氧胶黏剂	316
7.5.3	水下施工专用环氧胶黏剂	318
7.6	其他专用环氧胶黏剂	319
7.6.1	空压机管式冷却器专用胶黏剂	319
7.6.2	高精密传感器专用环氧胶黏剂	319
7.6.3	纺织配件粘接专用胶黏剂	320
7.6.4	汽车车灯粘接专用环氧胶黏剂	321
7.6.5	塑料薄膜四色凹印机大胶轮修复用环氧胶黏剂	323
7.6.6	选煤旋流器结构耐磨衬里粘接用专用胶黏剂	325
7.6.7	煤气管道修复用高效环氧胶黏剂	326
7.6.8	铸铁管修复专用胶黏剂	327
7.6.9	水利机械修复用环氧胶黏剂	328
7.6.10	铝蜂窝芯材拼接胶膜	329
7.6.11	一次性医用注射针组装用环氧胶黏剂	330
7.6.12	文物修复用环氧胶黏剂	331

参 考 文 献

- 303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
- 332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1

好入劳山变孤其极
精，一毫不尚首目

◆ 第1章 概述 ◆

塑料与合成纤维、橡胶并称三大合成材料，是国民经济的重要基础。

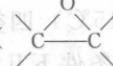
塑料的品种繁多，用途广泛，是现代工业和日常生活中的重要材料。

塑料的生产量和消费量在世界范围内居第一位。

塑料的生产量和消费量在世界范围内居第一位。

1.1 简介

1.1.1 基本概念

凡含有环氧基团 () 的高分子化合物统称为环氧树脂。

以环氧树脂为基料的胶黏剂称之为环氧树脂胶黏剂，俗名“万能胶”。

与其他胶黏剂相比，环氧树脂胶黏剂具有很多优点，如高的粘接性、良好的工艺性、适当的韧性及耐化学药品性。此外，它使用温度广、收缩率低并可与多种改性剂合并使用，从而广泛用于金属与非金属材料的粘接。

环氧树脂胶黏剂可用于塑料、复合材料自身的粘接，也可用于塑料与其他材料的粘接，但对聚乙烯、聚四氟乙烯等塑料难于粘接。由于它有以上优点，使它在胶黏剂工业中占有重要地位，被各工业部门广泛采用。已广泛应用于航空、航天、兵器、战舰、汽车、机械、电子电气等领域。

随着新型环氧树脂与多种固化剂的合成以及各种添加剂的开发，出现了不同类型改性的环氧树脂胶黏剂，现已发展成为军、民用工业制品粘接不可缺少的胶黏剂之一。

1.1.2 主要品种与分类

环氧胶黏剂因其性能优良、应用面广、工艺简便、投入极少，绝

大多数品种可现用现配，故而备受业内人员重视，对其研究也投入较大，发展迅速。新品种较多，其分类方法也较多，目前尚不统一，常用分类方法有以下几种。

(1) 按功能分类可分为通用品种（包括室温固化、中温固化、高温固化和低温固化胶）、功能胶、环保胶和专用胶等。

为叙述方便，本书将按照此方法加以介绍，其他分类方法仅作扼要说明。

(2) 按其专业用途可分为机械用环氧树脂胶黏剂（如农机胶）、建筑用环氧树脂胶黏剂（如粘钢加固胶）、电子用环氧树脂胶黏剂（如灌封胶）、修补用环氧树脂胶黏剂（如混凝土灌注胶）以及交通用胶、船舶用胶等。

(3) 按照固化条件，环氧树脂胶黏剂可分为高温固化（固化温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ ）、中温固化（固化温度 $80\sim 150^{\circ}\text{C}$ ）、室温固化（固化温度 $15\sim 40^{\circ}\text{C}$ ）和低温固化（固化温度 $<15^{\circ}\text{C}$ ）四类。其中室温固化是指在室温下为液状的，调制后可于室温条件下几分钟到几小时内凝胶，在不超过7d的时间内完全固化并达到可用强度。它具有很大的优越性。其特点是：固化工艺简单，使用方便，不需固化设备，所以能源省，成本低；室温使用期短，故多以双组分供应，或现用现配；固化时间通常为24h达到适用强度，3~7d达到最高强度，并随气温的高低有所变化。

(4) 按包装形态可分为单组分胶、双组分胶等。
 (5) 按照胶接接头受力情况，可分为结构胶和非结构胶两大类。国家标准GB/T 2943—1994对结构胶黏剂的定义是：用于受力结构件胶接的，能长期承受许用应力和环境作用的胶黏剂。要求形成的粘接接头不但能承受而且可以传递较大的应力，接头有较高的机械强度。我国对结构胶黏剂的分类还没有国家标准，通常根据胶接对象受力情况和胶接强度把结构胶黏剂分为高强度、高韧性和中等强度、中等韧性两类。参考指标为：主受力结构用胶的钢-钢剪切强度 $\geq 25\text{ MPa}$ ，拉伸强度 $\geq 33\text{ MPa}$ ，不均匀扯离强度 $>4\text{ kN/m}$ 。次受力结构用胶的剪切强度 $17\sim 25\text{ MPa}$ ，不均匀扯离强度 $2\sim 5\text{ kN/m}$ 。非结构胶即通用型胶黏剂，其室温强度还比较高，但随温度的升高，胶接强度下降较