



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子材料

第二版

黄丽 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子材料

第二版

黄 丽 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书主要介绍了通用塑料、工程塑料、合成纤维、橡胶、涂料和黏合剂、功能高分子材料、高分子共混材料和复合材料的基本性质、功能、加工工艺、使用环境及其结构和组成的关系。另外还深入浅出地导出了各种功能材料、智能材料、仿生材料等新型材料，在此基础上还介绍了高分子材料领域最新的知识和技术。

本书可作为高等院校高分子材料和加工专业的本科生教材，也可以作为研究生的主要参考书，同时本书对于从事高分子材料生产、加工、应用及研究的工程技术人员也具有重要的参考价值。

高分子材料

黄丽主编

化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料/黄丽主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2010.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-122-07181-1

I. 高… II. 黄… III. ①高分子材料-高等学校-教材 IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 215801 号

责任编辑: 杨 菁

责任校对: 王素芹

文字编辑: 李 玥

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 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 568 千字 2010 年 2 月北京第 2 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: 38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

高分子材料是门内容广阔、与其他许多学科交叉渗透、相互关联的综合性学科。目前高分子材料的发展非常迅猛,例如高强度、高韧性、高耐温以及极端条件的高性能高分子材料发展很快,有力地推动了电子、机械、宇航等工业的发展。目前,高分子材料正向功能化、智能化、精细化方向发展。使其由结构材料向光、电、声、磁等功能化转变,导电材料、储能材料、智能材料、纳米材料、光导材料、生物活性材料、电子信息材料等方面的研究日趋活跃。与此同时,在高分子材料的生产加工中也引进了很多先进技术,如等离子体技术、激光技术、辐射技术和应力加工技术等。

材料科学的发展对人才的培养提出了新的要求,同时,社会的发展使得高分子材料不仅需要培养懂得塑料、橡胶、纤维、涂料、粘接剂等方面的知识和加工技能的专门人才,更需要培养熟悉高分子材料各个领域,甚至高分子材料科学发展前沿的高水平人才。

本高分子材料教材是在“十五”高分子材料教材的基础上进行修订的。“十五”高分子材料教材通过几年的教学使用,得到普遍好评,并于2006年被评为北京高等教育优秀精品教材。随着科学技术的发展,本书第二版也在第一版的基础上对部分内容进行了更新,引进了反映当代最新研究水平的内容,使学生在掌握基础理论的同时,了解课程的最新研究成果和动向,以适应教学改革的需要。本书内容主要为通用塑料、工程塑料、橡胶、涂料和黏合剂、功能高分子材料、高分子共混材料和复合材料。将加入高分子材料在节能减排方面应用的相关知识,介绍高分子材料与环境的最新发展方向和研究成果,并对第一版的一些内容进行精炼和修正,使本教材更能适应现代科学发展的需要,培养出高分子材料科学发展前沿的高水平人才。

该教材突出了“实际、实用、实践”的“三实”原则,在讲述基本内容的基础上,注意补充了相关的新知识和新技术。本书可作为高等学校高分子材料和加工专业的本科生的教科书,也可作为研究生的主要参考书,同时本教材对于从事高分子材料生产、加工、应用及研究的工程技术人员也具有重要的参考价值。

本教材共8章,第1~第3章由黄丽编写,第4章、第7章和第8章由吕亚非编写,第5章和第6章由田明编写,全书由黄丽任主编并进行统稿。初稿完成后,由周亨近教授对全书进行了仔细审稿并提出不少宝贵意见,在此深致谢忱。

由于编者水平及时间有限,书中不足或不妥之处在所难免,技术上也可能存在缺点错误,敬请读者批评指正。

编 者

2009年6月

于北京化工大学

第一版前言

高分子材料是门内容广阔、与其他许多学科交叉渗透、相互关联的综合性学科。目前高分子材料的发展非常迅猛,例如高强度、高韧性、高耐温以及极端条件的高性能高分子材料发展很快,有力地推动了电子、机械、宇航等工业的发展。目前,高分子材料正向功能化、智能化、精细化方向发展。使其由结构材料向光、电、声、磁等功能化转变,导电材料、储能材料、智能材料、纳米材料、光导材料、生物活性材料、电子信息材料等方面的研究日趋活跃。与此同时,在高分子材料的生产加工中也引进了很多先进技术,如等离子体技术、激光技术、辐射技术和应力加工技术等。

材料科学的发展对人才的培养提出了新的要求,同时,社会的发展使得高分子材料不仅需要培养懂得塑料、橡胶、纤维、涂料、粘接剂等方面的知识和加工技能的专门人才,更需要培养熟悉高分子材料各个领域,甚至高分子材料科学发展前沿的高水平人才。

在此前提下,本教材的特点是集中联系了当今材料科学发展的现状,在教材中以基础材料为根本,再深入浅出地导入各种功能材料、高分子共混材料、复合材料等新型材料。

该教材突出了“实际、实用、实践”的“三实”原则,在讲述基本内容的基础上,注意补充了相关的新知识和新技术。本书可作为高等学校高分子材料和加工专业的本科生的教科书,也可作为研究生的主要参考书,同时本教材对于从事高分子材料生产、加工、应用及研究的工程技术人员也具有重要的参考价值。

本教材共8章,第1~第3章由黄丽编写,第4章、第7章和第8章由吕亚非编写,第5章和第6章由田明编写,全书由黄丽任主编并进行统稿。初稿写出后,由周亨近教授对全书进行了仔细审稿并提出不少宝贵意见,在此深致谢忱。

由于编者水平及时间有限,书中不足或不妥之处在所难免,技术上也可能存在缺点错误,敬请读者批评指正。

编 者

2005年3月

于北京化工大学

目 录

第1章 绪论	1	2.5.1 聚苯乙烯	55
1.1 高分子材料的发展史	1	2.5.2 聚苯乙烯泡沫塑料	57
1.2 高分子材料的类型与特征	2	2.5.3 高抗冲聚苯乙烯	58
1.2.1 塑料	2	2.5.4 ABS树脂	58
1.2.2 橡胶	5	2.5.5 其他苯乙烯系树脂	61
1.2.3 纤维	5	2.5.6 聚苯乙烯对环境的影响	62
1.2.4 涂料	7	2.6 丙烯酸类树脂	63
1.2.5 黏合剂	9	2.6.1 聚甲基丙烯酸甲酯	63
1.2.6 聚合物基复合材料	10	2.6.2 聚甲基丙烯酸甲酯的改性品种	65
1.2.7 聚合物合金	11	2.7 酚醛树脂	65
1.2.8 功能高分子材料	12	2.7.1 酚醛树脂的合成	66
1.3 高分子材料的成型加工	13	2.7.2 酚醛树脂的固化	67
1.3.1 挤出成型	13	2.7.3 酚醛树脂的性能	69
1.3.2 注射成型	16	2.7.4 酚醛树脂的成型加工	69
1.3.3 吹塑成型	18	2.8 氨基树脂	72
1.3.4 压制成型	19	2.8.1 脲甲醛树脂	72
第2章 通用塑料	23	2.8.2 三聚氰胺甲醛树脂	73
2.1 聚乙烯	23	2.9 环氧树脂	73
2.1.1 聚乙烯的概述	23	2.9.1 环氧树脂的特性	74
2.1.2 聚乙烯的结构与性能	24	2.9.2 环氧树脂的种类	74
2.1.3 聚乙烯的加工性能	27	2.9.3 环氧树脂的固化剂	81
2.1.4 聚乙烯的加工工艺	28	2.9.4 环氧树脂的其他辅助剂	86
2.1.5 其他种类的聚乙烯	29	2.9.5 环氧树脂的加工性能	87
2.2 聚丙烯	39	2.10 不饱和聚酯	87
2.2.1 聚丙烯的结构	40	2.10.1 不饱和聚酯的合成原料	88
2.2.2 聚丙烯的性能	41	2.10.2 不饱和聚酯树脂的固化	90
2.2.3 聚丙烯的加工性能	42	2.10.3 不饱和聚酯树脂的加工性能	96
2.2.4 聚丙烯的改性	43	2.10.4 其他类型的不饱和聚酯树脂	96
2.3 其他聚烯烃	47	2.11 聚氨酯	97
2.3.1 聚1-丁烯	47	2.11.1 合成聚氨酯的基本原料	97
2.3.2 聚4-甲基-1-戊烯	47	2.11.2 聚氨酯泡沫塑料	98
2.3.3 环烯烃共聚物	48	2.11.3 聚氨酯弹性体	99
2.3.4 聚烯烃对环境的影响	48	思考题	100
2.4 聚氯乙烯	49	第3章 工程塑料	101
2.4.1 聚氯乙烯的结构	50	3.1 聚酰胺	101
2.4.2 聚氯乙烯的性能	50	3.1.1 聚酰胺的结构与性能	103
2.4.3 聚氯乙烯的成型加工	51	3.1.2 聚酰胺的加工性能	104
2.4.4 聚氯乙烯的添加剂	51	3.1.3 其他聚酰胺品种	105
2.4.5 改性聚氯乙烯	53	3.1.4 聚酰胺的应用领域	107
2.4.6 聚氯乙烯对环境的影响	55	3.2 聚碳酸酯	108
2.5 聚苯乙烯类树脂	55	3.2.1 聚碳酸酯的结构与性能	108

3.2.2	聚碳酸酯的加工性能	109
3.2.3	其他聚碳酸酯品种	110
3.2.4	聚碳酸酯的应用领域	111
3.3	聚甲醛	111
3.3.1	聚甲醛的结构	111
3.3.2	聚甲醛的性能	112
3.3.3	聚甲醛的加工性能	113
3.3.4	其他聚甲醛品种	113
3.3.5	聚甲醛的应用领域	114
3.4	聚苯醚	114
3.4.1	聚苯醚的结构与性能	115
3.4.2	聚苯醚的加工性能	116
3.4.3	改性聚苯醚	116
3.5	热塑性聚酯	117
3.5.1	聚对苯二甲酸乙二醇酯	117
3.5.2	聚对苯二甲酸丁二醇酯	119
3.5.3	其他热塑性聚酯	121
3.6	聚苯硫醚	123
3.6.1	聚苯硫醚的结构与性能	123
3.6.2	聚苯硫醚的加工性能	124
3.6.3	聚苯硫醚的改性品种	125
3.7	聚酰亚胺	126
3.7.1	聚酰亚胺的结构与性能	126
3.7.2	聚酰亚胺的主要品种	127
3.8	聚砒类塑料	132
3.8.1	双酚 A 型聚砒	132
3.8.2	聚芳砒	134
3.8.3	聚醚砒	134
3.8.4	聚砒的改性品种	135
3.9	聚芳醚酮类塑料	136
3.9.1	聚醚醚酮	136
3.9.2	聚芳醚酮的其他品种	137
3.10	氟塑料	137
3.10.1	聚四氟乙烯	137
3.10.2	聚三氟氯乙烯	140
3.10.3	聚偏氟乙烯	141
3.10.4	聚氟乙烯	142
3.10.5	其他氟塑料	142
3.11	氯化聚醚	144
3.11.1	氯化聚醚的结构与性能	144
3.11.2	氯化聚醚的加工性能	145
3.11.3	氯化聚醚的应用领域	145
	思考题	146
第 4 章	合成纤维	147
4.1	概述	147
4.2	通用合成纤维	150

4.2.1	聚酰胺	150
4.2.2	聚酯纤维	152
4.2.3	腈纶	155
4.2.4	丙纶	156
4.2.5	维纶	157
4.3	高性能合成纤维	158
4.3.1	超高分子量聚乙烯纤维	158
4.3.2	芳香聚酰胺纤维(芳纶)	159
4.3.3	热致液晶聚酯纤维	161
4.3.4	芳杂环纤维	162
4.4	功能合成纤维	166
4.4.1	高弹性合成纤维	166
4.4.2	耐腐蚀合成纤维	166
4.4.3	阻燃合成纤维	167
4.4.4	医用合成纤维	167
4.4.5	超细合成纤维-新合纤和差别化合成纤维	168
4.4.6	双组分纤维	169
4.4.7	智能合成纤维	169
4.4.8	高分子光纤	170
4.4.9	微胶囊技术在纺织品中的应用	171
	思考题	172
第 5 章	橡胶	173
5.1	概述	173
5.1.1	橡胶材料的特征	173
5.1.2	橡胶的发展历史	173
5.1.3	橡胶的分类	174
5.1.4	橡胶的配合与加工工艺	174
5.1.5	橡胶的性能指标	178
5.2	天然橡胶	179
5.2.1	天然橡胶的制备与分类	179
5.2.2	天然橡胶的组成和结构	181
5.2.3	天然橡胶的性能和应用	182
5.3	通用合成橡胶	183
5.3.1	丁苯橡胶	183
5.3.2	聚丁二烯橡胶	185
5.3.3	集成橡胶	188
5.3.4	丁基橡胶	189
5.3.5	乙丙橡胶	191
5.3.6	氯丁橡胶	195
5.4	特种合成橡胶	196
5.4.1	丁腈橡胶	196
5.4.2	硅橡胶	200
5.4.3	氟橡胶	202
5.4.4	丙烯酸酯橡胶	204
5.4.5	其他合成橡胶	205

5.5 热塑性弹性体	207
5.5.1 共聚型热塑性弹性体	208
5.5.2 热塑性硫化橡胶	212
5.6 橡胶材料的再生利用	214
思考题	215
第6章 涂料和黏合剂	216
6.1 涂料	216
6.1.1 概述	216
6.1.2 醇酸树脂涂料	220
6.1.3 丙烯酸涂料	222
6.1.4 聚氨酯涂料	224
6.1.5 其他涂料	227
6.2 黏合剂	228
6.2.1 概述	228
6.2.2 环氧树脂黏合剂	232
6.2.3 聚氨酯黏合剂	235
6.2.4 酚醛树脂黏合剂	240
6.2.5 其他类型的黏合剂	241
思考题	243
第7章 功能高分子材料	244
7.1 概述	244
7.2 物理功能高分子材料	245
7.2.1 导电高分子材料	245
7.2.2 有机高分子磁体	250
7.2.3 光学功能高分子材料	251
7.2.4 液晶聚合物	258
7.3 化学功能高分子材料	261
7.3.1 高分子试剂和高分子催化剂	261
7.3.2 高分子分离膜和膜反应器	263
7.3.3 离子交换树脂	265
7.3.4 高(超)吸水性和高吸油性高 分子材料	268
7.4 生物功能(医用)高分子材料	269
7.4.1 生物相容性	269
7.4.2 抗凝血高分子材料	269
7.4.3 生物可降解的医用高分子材料	270
7.4.4 组织器官替代的高分子材料	270

7.4.5 释放控制的高分子药物	271
7.5 功能转换型功能高分子材料	272
7.5.1 智能高分子材料	272
7.5.2 光致发光和电致发光高分子 材料	273
7.5.3 光致变色高分子材料	274
7.5.4 环境中可降解高分子材料	275
7.5.5 CO 和 CO ₂ 树脂	275
7.6 其他功能高分子材料	276
7.6.1 树枝聚合物	276
7.6.2 拓扑聚合物	281
7.6.3 超分子聚合物	282
思考题	289
第8章 高分子共混材料和复合材料	290
8.1 概述	290
8.2 高分子共混材料	291
8.2.1 相容性、相形态和相图	291
8.2.2 增容剂、反应增容和反应加工	296
8.2.3 通用塑料系共混材料	297
8.2.4 工程塑料系共混材料	299
8.2.5 热固性树脂系共混材料	299
8.2.6 互穿聚合物网络	301
8.2.7 分子复合材料	302
8.2.8 原位增强塑料	303
8.2.9 橡胶增韧塑料机理和判据	304
8.2.10 流变-相形态-力学性能关系	306
8.3 高分子复合材料	308
8.3.1 增强机理	308
8.3.2 颗粒填充高分子复合材料	310
8.3.3 玻璃钢和短纤维增强复合材料 (常用复合材料)	314
8.3.4 先进复合材料	315
8.3.5 功能复合材料	318
8.3.6 界面相	331
思考题	333
参考文献	334

第1章 绪 论

1.1 高分子材料的发展史

材料是人类用来制造各种产品的物质,是人类生活和生产的物质基础,它先于人类存在,人类社会一开始就与材料结下不解之缘。材料的进步和发展直接影响到人类生活的改善和科学技术的进步。目前,材料已和能源、信息并列成为现代科学的三大支柱。其中材料是工业发展的基础,一个国家材料的品种和产量是直接衡量其科学技术、经济发展和人民生活水平的重要标志,也是一个时代的标志。

人们使用和制造材料已有了几千年的历史,然而材料发展成为一门科学只是近几十年的事。长期以来,人们对于材料的认识往往停留在强度、密度、透光等宏观性质观测的水平上。由于近代物理和近代化学的发展,再加上各种精密测试仪器和微观分析技术的出现,使人们对材料的研究,逐步由宏观现象的观测深入到微观本质的探讨,由经验性的认识逐步深入到规律性的认识。在这样的背景下,一门新兴的综合性学科——材料科学,逐步形成并日趋成熟。

材料科学是一门应用性的基础科学。它用化学组成和结构的原理来阐明材料性能的规律性,进而研究和具有指定性能的新材料。材料的品种繁多,从使用上看,可分为两大类:一类是结构材料;另一类是功能材料。对于结构材料,主要使用它的力学性能,这就需要了解材料的强度、刚度、变形等特性。对于功能材料,主要使用它的声、光、电、热等性能。

高分子材料相对于传统材料如玻璃、陶瓷、水泥、金属而言是后起材料,但其发展的速度及应用的广泛性却大大超过了传统材料,它已成为工业、农业、国防和科技等领域的重要材料。高分子材料既可用于结构材料,也可用于功能材料。高分子材料已广泛渗透于人类生活的各个方面,在人们生活中发挥着巨大的作用。

高分子材料可分为天然高分子材料和合成高分子材料两大类。人类从远古时期就已开始使用如皮毛、天然橡胶、棉花、纤维素、虫胶、蚕丝、甲壳素、木材等一些天然高分子材料。随着社会的发展,也相应地开发了天然高分子材料的改性和加工工艺。例如,19世纪中叶,德国人用硝酸溶解纤维素,然后纺成丝或制成膜,并利用其易燃的特性制成炸药。但是硝化纤维素难于加工成型,因此人们又在其中加入樟脑,使其易于加工成型,做成了称为“赛璐珞”的塑料材料。“赛璐珞”的应用极为普遍,可用来制作台球、乒乓球、梳子、假牙、电影胶片、照相底片等。还可用纺丝制造人造织物。又如,天然橡胶的改性,早在11世纪,美洲的劳动人民已在长期的生产实践中开始利用橡胶了。在1823年,英国建立了世界上第一个橡胶工厂,生产防水胶布。但那时并没有什么特殊的橡胶加工设备,因为它采用的是溶解法,即将橡胶溶于有机溶剂中,然后涂到布上。当时,橡胶制品遇冷则变硬,加热则发黏,受温度的影响比较大。1839年,美国科学家发现了橡胶与硫黄一起加热可以消除上述变硬发黏的缺点,并可以大大增加橡胶的弹性和强度。通过硫化改性,有力地推动了橡胶工业的发展,因为硫化胶的性能比生胶优异得多,从而开辟了橡胶制品广泛应用的前景。同时,橡胶的加工方法也在逐渐完善,形成了塑炼、混炼、压延、压出、成型这一完整的加工过程,使得橡胶工业蓬勃兴起,发展突飞猛进。

而合成高分子的诞生和发展则是从酚醛树脂开始的。在 20 世纪初期, 化学家们研究了苯酚与甲醛的反应, 发现在不同的条件下, 可以得到两类树脂, 一种是在酸催化下生成可溶化、可溶解的线型酚醛树脂; 另一种是在碱催化下生成不溶解、不熔化的体型酚醛树脂。这种酚醛树脂是人类历史上第一个完全靠化学合成方法生产出来的合成树脂。自此以后, 合成并工业化生产的高分子材料种类迅速扩展。在 20 世纪 60 年代后期, 高分子合成工业日新月异的发展, 新的产物和新工艺层出不穷, 合成了各种特性的塑料材料, 如聚甲醛、聚氨酯、聚碳酸酯、聚砜、聚酰亚胺、聚醚醚酮、聚苯硫醚等; 合成了特种涂料、黏合剂、液体橡胶、热塑性弹性体以及耐高温特种有机纤维, 使高分子合成的产品成为国民经济和日常生活中不可缺少的材料。随着科学技术的进步和经济的发展, 耐高温、高强度、高模量、高冲击性、耐极端条件等高性能的高分子材料发展十分迅速, 为电子、汽车、交通运输、航空航天工业提供了必需的新材料。目前, 高分子材料正向功能化、智能化、精细化方向发展, 使其由结构材料向具有光、电、声、磁、生物医学、仿生、催化、物质分离及能量转换等效应的功能材料方向扩展, 分离材料、生物材料、智能材料、储能材料、光导材料、纳米材料、电子信息材料等的发展都表明了这种发展趋势。与此同时, 在高分子材料的生产加工中也引进了许多先进技术, 如等离子体技术、激光技术、辐射技术等。而且结构与性能关系的研究也由宏观进入微观, 从定性进入定量, 由静态进入动态, 正逐步实现在分子设计水平上合成并制备达到所期望功能的新型材料。

进入 21 世纪, 高分子材料学科、高分子与环境科学等理论与实践相得益彰, 材料科学和新型材料技术是当今优先发展的重要技术, 高分子材料已成为现代工程材料的主要支柱, 与信息技术、生物技术一起, 推动着社会的进步。高分子材料的快速发展和广泛应用也为高分子材料本身提出了更高的要求。要求高分子材料在基本性能和功能上更加提高, 在绿色合成化学、环境友好加工上做出更大的进步, 以适应和改善由于工业快速发展而带来的环境污染、能源紧缺及人类生存空间缩小等问题。

1.2 高分子材料的类型与特征

高分子材料也叫聚合物材料, 按照其来源可以分为天然高分子材料和合成高分子材料。天然高分子材料有天然橡胶、纤维素、淀粉、甲壳素、蚕丝等。合成高分子材料的种类繁多, 如合成塑料、合成橡胶、合成纤维等。

如果按照高分子材料的物理形态和用途来分, 可分为塑料、橡胶、纤维、黏合剂、涂料、聚合物基复合材料、聚合物合金、功能高分子材料、生物高分子材料等。这种分类方法是人们现在经常使用的, 也是真正把高分子材料从材料角度进行分类的一种分类方法。下面就以这种分类方法为例来介绍一下高分子材料的主要特性。

1.2.1 塑料

人们常用的塑料主要是以合成树脂为基础, 再加入塑料辅助剂(如填料、增塑剂、稳定剂、润滑剂、交联剂及其他添加剂)制得的。通常, 按塑料的受热行为和是否具备反复成型加工性, 可以将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。前者受热时熔融, 可进行各种成型加工, 冷却时硬化。再受热, 又可熔融、加工, 即具有多次重复加工性。后者受热熔化成型的同时发生固化反应, 形成立体网状结构, 再受热不熔融, 在溶剂中也不溶解, 当温度超过分解温度时将被分解破坏, 即不具备重复加工性。如果按照塑料的使用范围和用途来分, 又可分为通用塑料和工程塑料。通用塑料的产量

大、用途广、价格低，但是性能一般，主要用于非结构材料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料、氨基塑料等。工程塑料具有较高的力学性能，能够经受较宽的温度变化范围和较苛刻的环境条件，并且在此条件下能够长时间使用，且可作为结构材料。而在工程塑料中，人们一般把长期使用温度在 100~150℃ 范围内的塑料，称为通用工程塑料，如聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、热塑性聚酯等；把长期使用温度在 150℃ 以上的塑料称为特种工程塑料，如聚酰亚胺、聚芳酯、聚苯酯、聚砒、聚苯硫醚、聚醚醚酮、氟塑料等。随着科学技术的迅速发展，对高分子材料性能的要求越来越高，工程塑料的应用领域不断开拓，各工业部门和工程对工程塑料的需求量迅速增长，特别是 20 世纪 80 年代之后，随着对高分子合金、复合材料的深入研究，对高分子合金的聚集态结构和界面化学物理的深入研究，反应性共混、共混相容剂和共混技术装置的开发，大大地推进了工程塑料合金的工业化进程。通过共聚、填充、增强、合金化等途径，使得工程塑料与通用塑料之间的界限变得模糊，并可使通用塑料工程化，这就可以大大地提高材料的性能-价格比。通过合金化的途径，发展互穿聚合物网络技术，可实现工程塑料的高性能化、结构功能一体化。通过改进合金化路线、改进加工方案、发展复合材料技术和开发纳米材料，可促进高性能工程塑料的实用化。进一步寻找合理的单体合成路线，使原料消耗及能耗降低，使原料中间体和产品低价格化等，都是 21 世纪工程塑料的发展走向和进步趋势。表 1-1~表 1-4 为常用塑料的代号及性能和用途。

表 1-1 常用的塑料材料及其英文代号

代 号	名 称	代 号	名 称
AAS	丙烯腈-丙烯酸酯-苯乙烯共聚物	PET	聚对苯二甲酸乙二醇酯(或 PETP、PES)
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	PF	酚醛树脂
CA	乙酸纤维素	PFEP	四氟乙烯/全氟丙烷共聚物
CFM	聚三氟氯乙烯(或 PCTFE、TFE、CEM)	PI	聚酰亚胺
CPE	氯化聚乙烯(或 CM、PEC)	PMA	聚丙烯酸甲酯
CPVC	氯化聚氯乙烯	PMAN	聚甲基丙烯腈
EP	环氧树脂	PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯
E/P	乙烯-丙烯共聚物	POM	聚甲醛
EVA	乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	POP,PPO	聚苯醚
HDPE	高密度聚乙烯(或 PEH)	PP	聚丙烯
HIPS	高抗冲聚苯乙烯	PPS	聚苯硫醚
LDPE	低密度聚乙烯(或 PEL)	PPSU	聚苯砒(或 PSO)
MDPE	中密度聚乙烯(或 DEM)	PS	聚苯乙烯
MF	三聚氰胺-甲醛树脂	PSO	聚砒
PA	聚酰胺	PTFE	聚四氟乙烯
PAA	聚丙烯酸	PU	聚氨酯(或 PUR)
PAM	聚丙烯酰胺	PVA	聚乙烯醇
PAN	聚丙烯腈(或 PAC 纤维)	PVAc	聚乙酸乙烯酯
PAS	聚芳砒	PVB	聚乙烯醇缩丁醛
PBI	聚苯并咪唑	PVC	聚氯乙烯
PBT	聚对苯二甲酸丁二醇酯(或 PBTP、PTMT)	PVCA	氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
PC	聚碳酸酯	PVDC	聚偏氯乙烯
PDMS	聚二甲基硅氧烷	PVFO	聚乙烯醇缩甲醛(有时写 PVFM)
PE	聚乙烯	PVP	聚乙烯吡咯烷酮
PEG	聚乙二醇	UF	脲醛树脂
PES	聚酯纤维	UHMWPE	超高相对分子质量聚乙烯
PESU	聚醚砒	UP	不饱和聚酯

表 1-2 通用塑料和工程塑料的基本物性

项 目	通 用 塑 料		工 程 塑 料			
	PS	PP	PC	POM	PES	PEEK
结晶性或非结晶性	非结晶性	结晶性	非结晶性	结晶性	非结晶性	结晶性
透光率/%	91	半透明	88	半透明~不透明	透明	不透明
密度/(g/cm ³)	1.05	0.91	1.20	1.42	1.37	1.32
拉伸强度/MPa	46	38	50	75	86	94
弯曲弹性模量/MPa	3100	1500	2500	3700	2700	3700
悬臂梁冲击强度(缺口)/(J/cm)	17	31	900	80	86	85
热变形温度/℃	88	113	140	170	210	>300
熔点/℃	—	175	—	178	—	338
耐溶剂性	一般	优	一般	优	良	优

表 1-3 常用塑料的密度

材料名称	密度/(g/cm ³)	材料名称	密度/(g/cm ³)
低密度聚乙烯	0.917~0.932	聚酰胺 6	1.12~1.14
高密度聚乙烯	0.930~0.965	聚酰胺 66	1.13~1.15
聚丙烯	0.90~0.91	聚甲醛	1.40~1.42
聚 1-丁烯	0.91~0.925	聚对苯二甲酸丁二醇酯	1.30~1.38
软质聚氯乙烯	1.2~1.4	聚苯硫醚	1.35
硬质聚氯乙烯	1.4~1.6	聚酰亚胺	1.33~1.43
氯化聚乙烯	1.13~1.26	聚碳酸酯	1.2
聚苯乙烯	1.04~1.05	聚醚醚酮	1.30~1.32
高抗冲聚苯乙烯	1.03~1.06	酚醛树脂	1.24~1.32
ABS 树脂	1.01~1.08	不饱和聚酯	1.01~1.46
聚四氯乙烯	2.14	聚氨酯	1.03~1.50
聚偏氯乙烯	1.77~1.78	环氧树脂	1.11~1.40

表 1-4 常用塑料的力学性能和用途

塑料名称	拉伸强度 /MPa	压缩强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	冲击强度 /(kJ/m ²)	使用温度 /℃	用 途
聚乙烯	8~36	20~25	20~45	>2	-70~100	一般机械构件, 电缆包覆, 耐蚀、耐磨涂层等
聚丙烯	40~49	40~60	30~50	5~10	-35~121	一般机械零件, 高频绝缘, 电缆、电线包覆等
聚氯乙烯	30~60	60~90	70~110	4~11	-15~55	化工耐蚀构件, 一般绝缘, 薄膜、电缆套管等
聚苯乙烯	≥60	—	70~80	12~16	-30~75	高频绝缘, 耐蚀及装饰, 也可作一般构件
ABS	21~63	18~70	25~97	6~53	-40~90	一般构件, 减摩、耐磨、传动件, 一般化工装置、管道、容器等
聚酰胺	45~90	70~120	50~110	4~15	<100	一般构件, 减摩、耐磨、传动件, 高压油润滑密封圈, 金属防蚀、耐磨涂层等
聚甲醛	60~75	约 125	约 100	约 6	-40~100	一般构件, 减摩、耐磨、传动件, 绝缘、耐蚀件及化工容器等
聚碳酸酯	55~70	约 85	约 100	65~75	-100~130	耐磨、受力、受冲击的机械和仪表零件, 透明、绝缘件等
聚四氟乙烯	21~28	约 7	11~14	约 98	-180~260	耐蚀件, 耐磨件, 密封件, 高温绝缘件等
聚砒	约 70	约 100	约 105	约 5	-100~150	高强度耐热件, 绝缘件, 高频印刷电路板等
有机玻璃	42~50	80~126	75~135	1~6	-60~100	透明件, 装饰件, 绝缘件等
酚醛塑料	21~56	105~245	56~84	0.05~0.82	约 110	一般构件, 水润滑轴承, 绝缘件, 耐蚀衬里等, 作复合材料
环氧塑料	56~70	84~140	105~126	约 5	-80~155	塑料模, 精密模, 仪表构件, 电气元件的灌注, 金属涂覆、包封、修补; 作复合材料

1.2.2 橡胶

橡胶是一类线型柔性高分子聚合物。其分子链柔性好，在外力作用下可产生较大形变，除去外力后能迅速恢复原状。它的特点是在很宽的温度范围内具有优异的弹性，所以又称弹性体。这里需要注意的是同一种高分子聚合物，由于其制备方法、制备条件、加工方法不同，可以作为橡胶用，也可作为纤维或塑料。

橡胶按其来源，可分为天然橡胶和合成橡胶两大类。最初橡胶工业使用的橡胶全是天然橡胶，它是从自然界的植物中采集出来的一种高弹性材料。第二次世界大战期间，由于军需橡胶量的激增以及工农业、交通运输业的发展，天然橡胶远不能满足需要，这促使人们进行合成橡胶的研究，发展了合成橡胶工业。

合成橡胶是各种单体经聚合反应合成的高分子材料。按其性能和用途可分为通用合成橡胶和特种合成橡胶。用以代替天然橡胶来制造轮胎及其他常用橡胶制品的合成橡胶称为通用合成橡胶，如丁苯橡胶、顺丁橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶、氯丁橡胶等；近十几年来，出现了一种新型的集成橡胶，它主要用于轮胎的胎面。凡具有特殊性能，专门用于各种耐寒、耐热、耐油、耐臭氧等特种橡胶制品的橡胶，称为特种合成橡胶，如丁腈橡胶、硅橡胶、氟橡胶、丙烯酸酯橡胶、聚氨酯橡胶等。特种合成橡胶随着其综合性能的改进、成本的降低，以及推广应用的扩大，也可能作为通用合成橡胶来使用。所以，通用橡胶和特种橡胶的划分范围是在发展变化着的，并没有严格的界限。

橡胶的成型基本过程包括塑炼、混炼、压延或挤出、成型和硫化等基本工序。橡胶是有机高分子弹性体，它的使用温度范围在玻璃化温度和黏流温度之间，因此作为较好橡胶材料应该在比较宽的温度范围内具有优异的弹性。

橡胶的结构应具有如下特征：大分子链具有足够的柔性；玻璃化温度应该比室温低得多；在使用条件下不结晶或结晶较小，比较理想的情况是在拉伸时可结晶，除去外力之后结晶又消失。首先结晶部分既起到分子间的交联作用，又有利于提高模量和强度，外力除去后结晶即消失，又不会影响其弹性的恢复；其次就是在橡胶中应无冷流现象，因此橡胶的大分子链必须交联成网状结构。

常用的橡胶及其特性见表 1-5。

表 1-5 橡胶的主要特性

橡胶名称	主要特性
天然橡胶	力学性能、加工性能好，会有大量双键，易于氧化硫化
异戊橡胶	双键处容易发生反应，如氧化、硫化等
顺丁橡胶	双键处容易发生反应，如氧化、硫化等
丁苯橡胶	比天然橡胶对氧稍稳定，耐磨耗
丁腈橡胶	比天然橡胶对氧稍稳定，且耐烃类油
氯丁橡胶	较天然橡胶对氧稳定，耐臭氧、难燃，可用金属氧化物交联
丁基橡胶	比天然橡胶对氧稳定性好，气密性好，耐热老化
乙丙橡胶	相对密度小，耐臭氧
三元乙丙橡胶	相对密度小，耐臭氧，用硫黄硫化
硅橡胶	对氧稳定，用过氧化物交联，电性能优异，耐热性好，耐低温
氟橡胶	耐热，耐油，耐氧，耐低温
聚丙烯酸酯橡胶	对氧稳定，耐油，用胶交联
聚硫橡胶	耐油，耐烃类溶剂，可利用末端进行反应，粘接性好
聚氨酯橡胶	耐油，耐磨，耐臭氧，性能特殊，加工方便
氯醚橡胶	对氧稳定，用过氧化物交联

1.2.3 纤维

纤维是指长度比直径大很多倍并且有一定柔韧性的纤细物质。纤维是一类发展比较早的高分子化合物，如棉花、麻、蚕丝等都属于天然纤维。随着化学反应、合成技术及石油

工业的不断进步，出现了人造纤维及合成纤维，并统称化学纤维。人造纤维是以天然聚合物为原料，并经过化学处理与机械加工而得到的纤维，主要有黏胶纤维、铜铵纤维、乙酸酯纤维等。合成纤维是由合成的聚合物制得，它的品种繁多，已投入工业化生产的有 40 余种，其中最主要的产品有聚酯纤维（涤纶）、聚酰胺纤维（聚酰胺）、聚丙烯腈纤维（腈纶）三大类。这三大类纤维的产量占合成纤维总产量的 90% 以上。表 1-6 列出了纤维的分类。

在众多的纤维中，合成纤维具有强度高、耐高温、耐酸碱、耐磨损、质量轻、保暖性好、抗霉蛀、电绝缘性好等特点，而且用途广泛、原料丰富易得，生产不受自然条件的限制，因此发展比较迅速。

表 1-6 纤维的分类

纤维	天然纤维	动物纤维：蚕丝、羊毛等
		植物纤维：棉花、麻等
		矿物纤维：石棉等
	人造纤维	再生蛋白质纤维 再生纤维素纤维：黏胶纤维、铜铵纤维 纤维素酯纤维：二乙酯纤维、三乙酯纤维
化学纤维	合成纤维	杂链纤维 聚酰胺纤维（聚酰胺） 聚酯纤维（涤纶） 聚氨酯弹性纤维（氨纶） 其他：聚脲、聚甲醛、聚酰亚胺、聚酰胺-酰肼、聚苯并咪唑等 聚丙烯腈纤维（腈纶） 聚乙烯醇缩醛纤维（维纶） 碳链纤维 聚氯乙烯纤维（氯纶） 聚丙烯纤维（丙纶、乙纶等） 含氟纤维

合成纤维的分类方法有许多，常用的分类方法有按其加工产品的长度来分类，有根据其性能和生产方法来分类，还有按照其化学组成来分类。

如按照纤维的加工长度来分，可分为长丝纤维和短纤维。长丝纤维的长度以千米计，有单丝、复丝等。单丝是指以单孔喷丝头纺制而成的一根连续纤维或以 4~6 根单纤维组成的连纤纤维；复丝一般是指由 8~100 根单纤维组成的丝条。短纤维指被切断成长度为几厘米至十几厘米的纤维，又分为棉型、毛型、中长型。棉型短纤维指长度在 25~38mm 之间，线密度在 1.3~1.7dtex 之间的较细纤维，类似于棉花，主要用于和棉混纺，如“涤棉”织物等。毛型短纤维指长度在 70~150mm 之间，线密度在 3.3~7.7dtex 之间的较粗纤维，类似于羊毛，主要用于和羊毛混纺，如“毛涤”织物等。中长型短纤维指长度在 51~76mm 之间，线密度在 2.2~3.3dtex，介于棉、毛之间，主要用于织造中间纤维织物，如“中长毛涤”织物等。

如根据性能及生产方法来分，可以分为常规纤维及差别化纤维。差别化纤维就是在常规纤维基础上进行改性的纤维。改性的方法可以是物理改性，也可以是化学改性。物理改性的方法就是通过聚合与纺丝条件、纤维截面、纤维品种的变化等而达到物理改性的目的；化学改性的方法是通过共聚、接枝、交联等方法来改善纤维的性能。

如果按照化学组成分类，则可以分成聚丙烯腈纤维、聚酯纤维、聚酰胺纤维、含氯纤维、聚丙烯纤维以及特种纤维。特种纤维是具有特殊的物理化学结构、性能和用途或具有特殊功能的化学纤维的统称，基本用于产业及尖端技术。特种纤维又可分为功能纤维和高性能纤维两大类：功能纤维有医用功能纤维、中空纤维膜、离子交换纤维以及塑料光导纤维等；

高性能纤维有耐高温纤维、弹性纤维、高强度高模量纤维以及碳纤维等。表 1-7 为几种纤维的主要物性。

合成纤维具有优良的物理性能、力学性能和化学性能，因此除了用于纺织工业外，还可广泛地应用于国防工业、航空航天、交通运输、医疗卫生、通信联络等各个重要领域，已经成为国民经济发展的重要部分。

1.2.4 涂料

涂料是指涂布在物体表面而形成的具有保护和装饰作用的膜层材料。涂料是多组分体系，主要有三种组分：成膜物、颜料和溶剂。

(1) 成膜物 也称基料，它是涂料最主要的成分，其性质对涂料的性能（如保护性能、力学性能等）起主要作用。作为成膜物应能溶于适当的溶剂，具有明显结晶作用的聚合物一般是不适合作为成膜物的。明显的结晶作用使聚合物不溶于一般溶剂，使漆膜失去透明性，使聚合物软化温度提高，且温度范围变窄，这些从涂料的角度来看都是不利的。作为成膜物还必须与物体表面和颜料具有良好的结合力。为了得到合适的成膜物，可用物理方法和化学方法对聚合物进行改性。

表 1-7 几种纤维的主要物性

性能	棉花	毛	黏胶纤维	乙酸纤维	聚酯纤维	聚丙烯腈纤维	聚酰胺纤维	聚丙烯纤维	聚乙烯醇缩甲醛
相对断裂强度									
干态	3.0~4.9	1.0~1.7	1.7~5.2	1.1~1.6	4.3~9.0	2.8~4.5	3.0~9.5	3.0~8.0	3.0~9.0
湿态	3.3~6.4	0.8~1.6	0.8~2.7	0.7~1.0	4.3~9.0	2.2~4.5	3.0~9.1	3.0~8.0	2.1~7.9
相对弹性(以棉花为基准)	1	1.34	0.74~1.08	0.95~1.22	1.2~1.35	1.2~1.28	1.28~1.35	1.28~1.35	0.95~1.2
密度/(g/cm³)	1.54	1.32	1.50~1.52	1.30~1.32	1.38	1.14~1.17	1.14	0.90~0.91	1.26~1.30
回潮率(相对湿度 65%)/%	7	16	12~14	6.0~7.0	0.4~0.5	1.2~2.0	3.5~5.0	0	3.0~5.0
耐热性/℃									
软化点	12℃、5h 变黄	100℃硬化	不软化，不熔融	290~300	240	190~240	180	140~165	220~230
熔点	150℃分解	130℃分解	260℃变色分解	260	225~260		215~220	160~177	
耐日光性	强度下降，可变黄	强度下降，色泽变差	强度降低	强度稍有降低	强度不变	强度不变	强度降低	耐间接日光	强度不变
耐磨	尚好	一般	较差	较差	优良	尚好	优良	良好	良好
耐霉蛀性	耐蛀，不耐霉	不耐蛀，抗菌蚀	耐蛀性好，耐霉性差	耐蛀性好，耐霉性良	良好	良好	良好	良好	良好

成膜物可以分为两大类：一类是转化型或反应型成膜物；另一类是非转化型或挥发成膜物。前者在成膜过程中伴有化学反应，形成网状交联结构，因此，此类成膜物相当于热固型聚合物，如环氧树脂、醇酸树脂等；后者在成膜过程未发生任何化学反应，成膜仅是溶剂挥发，成膜物为热塑性聚合物，如纤维素衍生物、氯丁橡胶、热塑性丙烯酸树脂等。

(2) 颜料 主要起遮盖和赋色作用。一般为 0.2~10μm 的无机粉末或有机粉末，无机颜料如铅铬黄、镉黄、铁红、钛白粉等，有机颜料如炭黑、酞菁蓝等。有的颜料除了遮盖和赋色作用外，还有增强、赋予特殊性能、改善流变性能、降低成本的作用。具有防锈功能的颜料如锌铬黄、红丹（铅丹）、磷酸锌等。

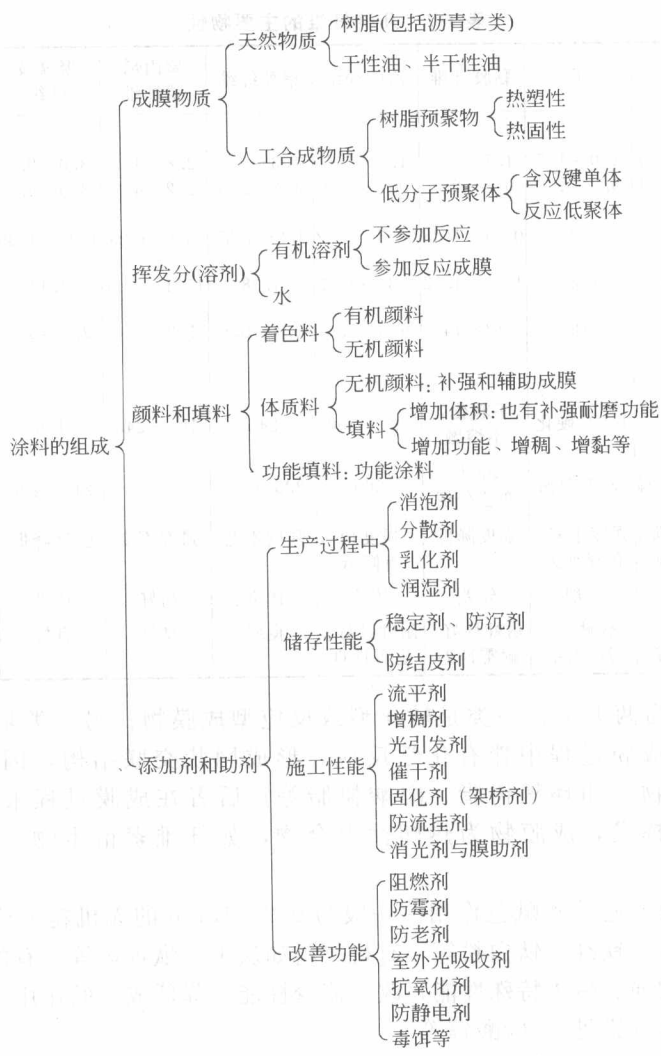
(3) 溶剂 通常是用以溶解成膜物的易挥发性有机液体。涂料涂覆于物体表面后，

溶剂基本上应挥发尽，不是一种永久性的组分，但溶剂对成膜物质的溶解力决定了所形成的树脂溶液的均匀性、漆液的黏度和漆液的储存稳定性，溶剂的挥发性会极大地影响涂膜的干燥速度、涂膜的结构和涂膜外观的完美性。为了获得满意的溶解及挥发成膜效果，在产品中常用的溶剂有：甲苯、二甲苯、丁醇、丁酮、乙酸乙酯等。溶剂的挥发是涂料对大气污染的主要根源，溶剂的安全性、对人体的毒性也是涂料工作者在选择溶剂时所要考虑的。

涂料的上述三组分中溶剂和颜料有时可被除去，没有颜料的涂料被称为清漆，而含颜料的涂料被称为色漆。粉末涂料和光敏涂料（或称光固化涂料）则属于无溶剂的涂料。

除上述三种主要组分外，涂料中一般都加有其他添加剂，分别在涂料生产、储存、涂装和成膜等不同阶段发挥作用，如增塑剂、湿润分散剂、浮色发花防止剂、催干剂、抗沉降剂、防腐剂、防结皮剂、流平剂等。因此，一般来说，涂料的组成可按表 1-8 分类。

表 1-8 涂料的组成



由于现在人们越来越关注环境问题，因此高固体分涂料、水性涂料、无溶剂涂料等将是今后涂料工业发展的方向。

1.2.5 黏合剂

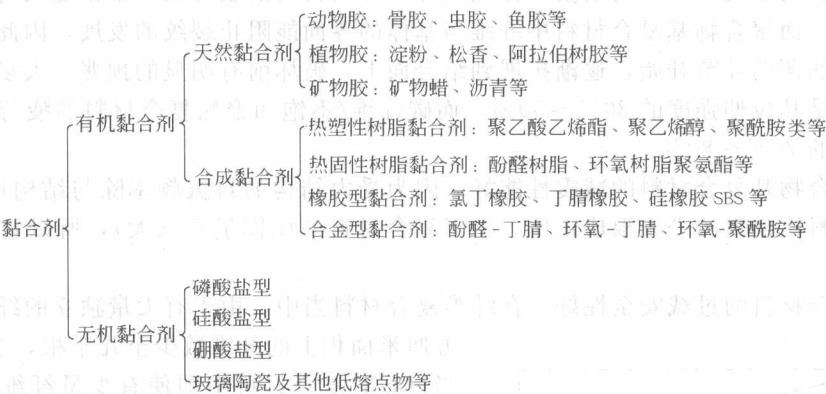
黏合剂也称胶黏剂，是一种把各种材料紧密地结合在一起的物质。一般来讲，相对分子质量不大的高分子都可作黏合剂。比如说，作为黏合剂的热塑性树脂有聚乙烯醇、聚乙烯醇缩醛、聚丙烯酸酯、聚酰胺类等；作为黏合剂的热固性树脂有环氧树脂、酚醛树脂、不饱和聚酯等；作为黏合剂的橡胶有氯丁橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、聚硫橡胶、热塑性弹性体等。

黏合剂一般是多组分体系。除了主要组分外，还有许多辅助成分，辅助成分可以对主要成分起到一定的改性或提高品质的作用。常用的辅料有固化剂、促进剂、硫化剂、增塑剂、填料、溶剂、稀释剂、偶联剂、防老剂等。

黏合剂的品种有很多，并有不同的分类方法，如按主要用途、受力情况、使用形式、黏合剂形态等分类。

按主要成分分类见表 1-9。

表 1-9 按黏合剂的主要成分分类



按受力情况分类，可分为：结构型黏合剂，可用于有长期负荷处；非结构型黏合剂，有一定的胶黏强度；特种黏合剂，可用于高温、低温、导电、水下等。

按使用形式分类，可分为单组分黏合剂和双组分黏合剂。

按黏合剂形态分类见表 1-10。

表 1-10 按黏合剂的形态分类

