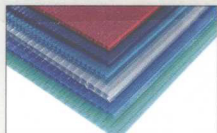


● 实用塑料制品生产配方和工艺丛书 ●

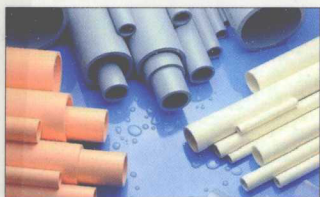
SHIYONG SULIAOZHIPIN SHENGCHANPEIFANG HE GONGYI CONGSHU

建筑用塑料制品的生产配方和生产工艺

周祥兴◎编著



JIANZHUYONG SULIAO ZHIPIN DE
SHENGCHANPEIFANG HE SHENGCHANGONGYI



中国物资出版社

实用塑料制品生产配方和工艺丛书

建筑用塑料制品的生产配方和 生产工艺

周祥兴 编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑用塑料制品的生产配方和生产工艺/周祥兴编著. —北京: 中国物资出版社, 2010. 10
(实用塑料制品生产配方和工艺丛书)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3358 - 0

I. 建… II. 周… III. ①建筑材料—塑料制品—生产工艺②建筑材料—塑料制品—配方 IV. TU532

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 037891 号

策划编辑 钱 瑛

责任编辑 钱 瑛

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香 杨小静

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

三河市西华印务有限公司印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 11.5 字数: 250 千字

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 3358 - 0/7U · 0032

印数: 0001—3000 册

定价: 23.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

塑料制品是现代建筑中相当重要的建材制品，是继木材、钢材、水泥之后的第四类建筑材料。塑料易改性，经过改性后的塑料可以在不同性能方面满足建材行业的要求，例如：耐燃性，经过添加阻燃剂的方法可以得到阻燃性良好的建筑用塑料制品，添加抗静电剂和阻燃剂的塑料制品可以使用到矿井上，用做抗静电阻燃材料，如：矿井上使用的管材、风筒、鞋底、工作服（人造革）等。用塑料制品替代传统的木材和钢材，也是相当普遍的，这在节省能源、保护环境上有极大好处。

本书共分六章，第一章为绪论；第二章为塑料铺地材料的生产工艺和生产配方；第三章为建筑用管材的生产工艺和配方；第四章为塑料墙体及墙面材料的配方及生产工艺；第五章为塑料屋面材料、天花板防水材料、密封材料及堵漏胶的生产配方和生产工艺；第六章为塑料门窗及异型材的生产配方和生产工艺。

因作者水平有限，时间仓促，书中难免有疏漏之处，请广大读者批评指正，甚为感激。

周祥兴编著于无锡

2010年4月13日

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 塑料在建筑及建筑装饰业中的应用	1
一、塑料在建筑行业中的应用	1
二、塑料建材与环保的关系	2
第二节 各种塑料的一些重要性能	3
一、塑料的阻燃性及阻燃剂	3
二、阻燃剂性能的发展方向	7
三、塑料的增强改性及增强剂	8
第二章 塑料铺地材料的生产工艺和生产配方	11
第一节 塑料铺地材料的使用要求和分类	11
一、塑料铺地材料的使用要求	11
二、塑料铺地材料的分类	11
第二节 PVC 塑料地板的生产工艺和配方	12
一、PVC 树脂的性能及配方要点	12
二、PVC 塑料地板的生产工艺	14
三、PVC 塑料地板的生产配方	16
第三节 PVC 特种塑料地板的生产配方和工艺	25
一、抗静电和抗电磁干扰的 PVC 塑料地板的生产工艺和配方	25
二、塑木复合地板的配方	29
三、抗静电、阻燃地板的配方	33
第四节 塑料地毯	35
一、塑料地毯的发展、种类和性能	35
二、簇绒地毯	36
三、静电植绒地毯	37
四、其他地毯	38

第三章 建筑用管材的生产工艺和配方	39
第一节 建筑用管材的要求和种类	39
一、塑料管材同传统建筑用水泥管、金属管的比较	39
二、建筑用塑料管材的分类	40
第二节 建筑用塑料管材的生产工艺	42
第三节 建筑用 PVC 塑料管材和管配件的生产工艺和配方	48
一、PVC 建筑用管材的生产工艺和配方	48
二、硬质 PVC 管件的配方和生产工艺	64
三、管配件、阀门、集雨槽、水槽料的配方	64
第四节 聚烯烃及其他塑料建筑用管材配方	66
一、聚烯烃管材的特点和应用	66
二、聚烯烃管材的配方	67
第四章 塑料墙体及墙面材料的配方及生产工艺	80
第一节 墙体及墙面材料的性能要求	80
一、塑料墙体及墙面材料同传统墙体墙面材料的比较	80
二、非塑料墙体材料的简介	80
第二节 塑料墙体及墙面材料	84
一、塑料墙体及墙面材料的分类及优点	84
二、PVC 塑料装饰板的生产配方和生产工艺	84
三、PVC 瓦楞板	85
四、塑料金属复合板	90
第三节 PVC 装饰复合板和扣板、装饰用异型材的生产工艺和配方	92
一、PVC 装饰用复合板和扣板	92
二、PVC 装饰用异型材的生产工艺和配方	95
第四节 聚烯烃及其他塑料的墙体及墙面材料配方及生产工艺	97
一、聚乙烯建筑用装饰板的生产配方和生产工艺	97
二、nPE B15 型中子屏蔽 PE 层压板的配方	99
三、钙塑低发泡聚烯烃异型材（楔口板）的配方和生产工艺	100
四、其他钙塑低发泡聚烯烃异型材的配方	101
五、三层共挤出 LDPE 发泡板的配方和生产工艺	101

六、其他聚烯烃层合板的配方和生产工艺	102
七、高发泡交联聚乙烯板材的配方和生产工艺	103
八、PP 发泡阻燃板材的配方	104
九、聚丙烯阻燃装饰板的配方	105
十、聚苯乙烯墙体装饰板的配方及生产工艺	106
十一、新型微发泡仿木塑料的配方和生产工艺	106
第五节 塑料壁纸的生产配方和生产工艺	108
一、PVC 塑料壁纸的生产配方和生产工艺	108
二、PVC 壁纸的配方和生产工艺	111
三、贴膜压延法生产 PVC 壁纸的配方和生产工艺	114
四、化学抑制法和化学促进法生产 PVC 浮雕花纹壁纸的配方和工艺	115
五、具有耐磨层的 PVC 促进法浮雕花纹壁纸的配方和生产工艺	117
六、圆网涂布法生产 PVC 发泡壁纸的配方和生产工艺	118
七、PVC 墙纸	118
第五章 塑料屋面材料、天花板防水材料、密封材料及堵漏胶的 生产配方和生产工艺	123
第一节 塑料天花板	123
一、阻燃塑料天花板的生产配方和工艺	123
二、LDPE 交联泡沫塑料天花板的生产配方和生产工艺	124
三、塑料屋面板	125
四、塑料采光板	126
第二节 建筑用防水材料	128
一、建筑用防水材料的性能要求和分类	128
二、PVC 防水卷材的种类和性能	130
三、PVC 防水卷材的配方和生产工艺	132
第三节 橡胶型防水卷材的配方和生产工艺	135
一、非硫化 EPDM 共混防水卷材的配方	135
二、EPDM 硫化型防水卷材的配方	136
三、EPDM 橡胶防火型防水卷材的配方	137
四、低成本 EPDM 橡胶防水卷材的配方	137
五、硫化罐、蒸汽硫化 EPDM 防水卷材的配方	138
六、二元乙丙橡胶过氧化物硫化防水卷材的配方	139

七、乙丙橡胶/丁基橡胶共混防水卷材的配方	140
八、再生胶防水卷材的配方	141
九、其他高分子防水卷材的配方	142
第四节 高分子防水密封胶的配方	144
一、PVC 胶泥的配方	144
二、硅橡胶防水密封胶的配方	145
三、聚氨酯密封胶的生产配方	148
四、其他防水密封胶的生产配方	150
第六章 塑料门窗及异型材的生产配方和生产工艺	155
第一节 塑料门窗概况	155
一、门窗材料的演变	155
二、国产 PVC 塑料门窗的物理性能	157
第二节 PVC 塑料门窗型材的生产配方和生产工艺	158
一、国外 PVC 塑料门窗型材的配方	158
二、国内 PVC 塑料门窗及其异型材的配方	162
三、PVC 塑钢单扇和双扇推拉门框型材的配方和生产工艺	163
四、国产硬质 PVC 塑料门窗型材的配方	165
五、其他国产 PVC 塑料门窗异型材的挤出配方	166
第三节 其他塑料门窗型材及异型材的生产配方和生产工艺	169
一、PP 塑料门窗型材的挤出配方	169
二、泡沫聚乙烯结构材料的配方	171
三、ASA 和 ABS 挤出塑料门窗型材的配方	171
第四节 安装玻璃用门窗密封嵌条的配方	172
一、普通 PVC 门窗密封嵌条的配方	172
二、PVC 挤出密封嵌条的其他配方	172
三、其他 PVC 密封嵌条的配方	173
参考文献	175

第一章 绪 论

第一节 塑料在建筑及建筑装饰业中的应用

一、塑料在建筑行业中的应用

塑料作为建筑业及建筑装饰业中的材料，在发达国家中，已经占有相当大的比例。如占整个塑料年用量的 20% ~ 25%。由于塑料具有比重轻、比强度高、能耗低、易改性等优点，在建筑的墙体材料、铺地材料、屋顶材料、墙体隔音隔热材料等，都可以使用塑料。在我国现代建筑上水泥、钢铁、玻璃、塑料是四大重要材料，而这四种材料中，塑料占 25% 左右，充分显示出塑料在建筑业上的重要性。

塑料在现代建筑业上的应用有：①塑料铺地材料：PVC 硬质方块地板、PVC 软质卷地板、不饱和聚酯地板、环氧树脂地板、PP 地板、聚醋酸乙烯酯地板、聚氨酯地板、聚酰胺地板、聚丙烯腈地板；②塑料墙体及墙面材料：PVC 护墙板、PC 墙体材料、玻璃钢（GRP）、聚氨酯、聚苯乙烯、酚醛树脂、三聚氰胺 - 甲醛树脂；③塑料屋顶材料：PVC 屋顶材料 PE、PP 屋顶材料、PS、玻璃钢、PC 屋顶材料；④塑料门窗：PVC、PUR、PC 材料；⑤PVC 塑料异型材：踢脚线、画景线、楼梯扶手、踏步、塑料灯具（PE、PS、PC、酚醛树脂、脲甲醛树脂）；⑥塑料给排水管、煤气管、卫生用具：浴缸、水箱（PVC、PE、ABS、玻璃钢、PC、PP、PB、PMMA）；⑦防水卷材、嵌缝材料、堵露材料：PVC、CPE，CSM（氯磺化聚乙烯）、聚氨酯；⑧隔热材料：各种塑料泡沫材料；⑨塑料模板、聚合物混凝土：PVC、玻璃钢、酚醛、不饱和聚酯树脂，环氧树脂。

我国目前在建筑上应用的塑料只占全年塑料总量的 12% 左右。离发达国家的 25% 还相距甚远，这说明塑料在建材上的应用还有很大的空间。塑料在建材上的使用有以下优点：①塑料质地轻、比强度高：塑料质地轻，比重大多在 $1 \sim 1.5 \text{g/cm}^3$ ，即使玻璃纤维增强材料也很少超过 2.0g/cm^3 ，它的单位重量的强度也比较高。因此适宜于高层

建筑中使用，可做墙体材料、门窗材料、地板材料。使用塑料管材做上下水管比用铸铁管、钢管轻便许多，而且施工方便，可以用可溶解的溶剂融接或胶黏剂胶接，还可以热熔黏结。②有优良的加工性，并且加工成型时所需的热量低，比加热熔融成型金属、玻璃等节省能源。因此，塑料是一种节省资源、节省能源的建筑材料。③易于改性，可满足建材各种性能的要求：例如：均聚丙烯不能在 0°C 以下的场合使用，要改变这一点，可以用乙烯同丙烯共聚。当PP中含有 $5\% \sim 7\%$ 的乙烯共聚时，可耐 $-8^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ ，当乙烯含量达 15% 时，其共聚聚丙烯可耐 -20°C 左右。此外，PP的耐冲击强度较低，尤其是低温下的冲击强度更低，为此，常常使用马来酸酐接枝PP作为相溶剂使POE（聚辛烯乙烯弹性体）或者EPDM（三元乙丙橡胶）与PP均聚物共混，共混物合金有良好的耐低温冲击性。④塑料有出色的透光性和优良的装饰性：PVC、聚苯乙烯、PP等不少塑料具有良好的透明性，用于装饰窗户、玻璃内门，还可以在上面印刷、彩绘，作为屏风用。⑤塑料作为建材用不会生锈，一般可使用50年以上。埋在地下的塑料管材做输水、排污、输气用，一般可以有70年以上的寿命。⑥塑料的导热系数低，有良好的隔热消音作用，可防止室内的冷、暖能量扩散出去，是节能的好材料。⑦作为建筑材料用的塑料要有良好的阻燃性，而不少塑料是可燃的，因此在塑料建材配方中应添加阻燃剂，使之达到氧指数不燃的 27% 以上，氧指数 $<21\%$ 是易燃物质，氧指数 $21\% \sim 27\%$ 是难燃物质，氧指数 $>27\%$ 以上的物质是不燃物。⑧作为建筑用塑料还要有足够大的强度、刚度和强韧性，有良好的冲击强度和耐热耐寒性。塑料的一大优点是容易改性，共聚、共混、纤维增强等都可以极大地改善塑料原来的性能，以充分满足建筑上的要求。⑨用塑料代替木材、钢铁和铝合金等材料，在经济上更便宜，安装方便，废弃了的塑料可再生利用。

塑料的缺点是：塑料易受光、氧、热的作用而发生老化，老化后的塑料发脆，强度降低，慢慢就失去功能。因此，防老化在塑料配方中就要使用抗氧化剂和紫外光吸收剂，以延缓老化，延缓塑料在太阳光下的使用年限。

二、塑料建材与环保的关系

以塑代钢、以塑代木、以轻型的塑料代替钢筋水泥，是降低能耗、使建筑材料轻型化、减少环境污染的一个好的路径，也适宜于高层楼房的轻量化要求。用于食品及药品包装的塑料废弃后，可以重新回收，添加增强剂和填充剂，挤出造粒，通过挤压或注射成型，用于建筑材料。例如：管材、铺地材料、墙体材料等。一般来说，经过增强、填充和共混等方法完全可满足建材业的性能要求，也可以消除一次性使用的塑料包装材料引起的环境污染问题。

第二节 各种塑料的一些重要性能

一、塑料的阻燃性及阻燃剂

所谓氧指数 (Oxygen Index, OI) 是指能够维持燃烧的最低含氧量, 单位为%。空气中的氧含量为 21%, 我们把测定的各种物质氧指数低于 21%, 称为易燃物质, 氧指数在 21% ~ 27% 称为难燃物质, 氧指数大于 27% 的物质称为不燃物。各种塑料的氧指数如表 1-1 所示。

表 1-1 各种塑料的氧指数

塑料名称	氧指数, %	塑料名称	氧指数, %
PE	17.5	PMMA	17.3
PP	17.5	PB	18.3
PS	18.2	PTFE	95
PVC	45 ~ 49	PFA	95
ACS (标准级)	18.4	FEP	95
ACS (耐热级)	27.1	PCTFE	95
PPS (标准级)	45	ETFE	30
ECTFE	60	聚氧化乙烯	15.0
PVF	23	丙烯酸树脂	17.6 (试样厚 3mm)
PVDF	43	发泡 PE	19.0 (试样厚 3mm)
尼龙	24	硅橡胶	42.0 (试样厚 3mm)
聚酰胺酰亚胺	43	酚醛树脂	30.0 (试样厚 4mm)
聚醚砜	38	AS	19.8 (试样厚 2mm)
PC	26 ~ 28	ABS	20.0 (试样厚 2mm)
聚砜	30	甲基丙烯酸树脂	18.8 (试样厚 3mm)
聚乙烯醇	22.5	三聚氰胺树脂	33.5 (试样厚 0.8mm)
PVDC	60	聚苯撑氧	28 ~ 29
纤维素 (棉)	18.6	聚醚砜	38
乙酸纤维素	16.8	POM	15.0
丁酸纤维素	18.8	丁氧环 (氯化聚醚)	23.2

美国保险业实验室燃烧试验 UL94 (Underwriters Laboratory Burning Test UL94) 第一种是水平燃烧等级 UL94HB, 试样是 62.5mm × 6.25mm (5" × 1/2") 的矩形, 一端固定在试验台上, 另一端点燃, 点燃呈 45°, 试样厚度 ≥ 1.56mm (1/8"), 燃烧速率 ≤ 18.75mm (1.5 英寸) /min; 厚度 ≤ 1.56mm (1/8"), 燃烧速率 ≤ 37.5mm (3 英寸) /min。第二种是垂直燃烧等级, 分 V-0、V-1 和 V-2 级, 其中以 UL94V-0 级最为严格, 其要求如表 1-2 所示。第三种是 UL94-5V 级。要求最长燃烧时间为 60s, 最长无焰燃烧时间为 60s, 无滴落物。

表 1-2 燃烧等级试验

燃烧等级	94V-0 级	94V-1 级	94V-2 级
每次加火焰时间, s	≤10	≤30	≤30
全部加焰时间, s	≤50	≤250	≤250
5 根试样, 每根 62.5mm 无焰燃烧时间, s	≤30	≤60	≤60
滴落引燃棉花	无	无	有

高分子材料都是由碳氢化合物组成的, 有的高分子材料中还含有氧、氮、氯、磷、硅、氟等元素。因此, 大多数高分子材料都具有一定的可燃性, 而在塑料建材中, 阻燃和无烟或低烟是十分重要的一项指标。对于那些本身的氧指数达不到 21% ~ 27% 以上的塑料来讲, 作为塑料在房间内做装饰件或汽车内装件来说, 就要在生产配方中添加一定的阻燃剂, 使塑料建材制品能达到难燃和不燃的性能。阻燃剂是指添加塑料配方后, 能提高塑料制品的阻燃性能的一类物质。阻燃剂品种很多, 一般分添加型和反应型两类。添加型阻燃剂主要包括: 磷酸酯类、卤代烃、氧化锑、氧化锌、氢氧化铝等。使用时, 把它们掺混在一起, 与高聚物及其他各种添加剂混合均匀, 就可挤出造粒, 挤出或注射成型做建材件使用。配方时, 应注意两种或两种以上的阻燃剂之间是否有协同效应, 要尽量采用互相有协同阻燃的两种或两种以上的阻燃剂使用, 以提高阻燃的效果。提高阻燃效果的第二个办法是提高阻燃剂在塑料中的分散性和相容性, 阻燃剂的细度越细, 分散效果也越好, 对阻燃剂表面进行活性处理, 可以提高它同树脂的相容性。

阻燃机理是: ①含磷阻燃剂: 在塑料燃烧中分解出聚偏磷酸, 由于它不易燃, 可形成塑料的保护层, 聚偏磷酸有脱水作用, 可促进塑料表面形成碳化膜, 隔绝了塑料和空气的接触。②含卤阻燃剂: 塑料燃烧时形成卤化氢, 气相的卤化氢能阻止氧气同塑料的接触而起到阻燃的作用。③含磷含卤阻燃剂的协同阻燃作用: 含磷阻燃剂在塑料燃烧时形成固相保护层, 而含卤阻燃剂在塑料燃烧时, 形成气相隔离层, 隔离塑料和空气的接触, 二者同时使用可以获得固相和气相两层隔离空气的层, 从而起到协同

阻燃的作用。④含卤阻燃剂同三氧化二锑的协同阻燃作用：这类阻燃剂在塑料燃烧时，生成三卤化锑，三卤化锑沸点高，比重大，含有(OH)基，可以补充抑制燃烧，黏附在塑料表面隔绝空气。⑤含卤阻燃剂和有机过氧化物的协同作用：有机过氧化物分解后生成游离基，可以攻击高聚物侧链，并接上聚合物链，不易挥发，不易燃烧。⑥氢氧化铝和氢氧化镁，燃烧时释放结晶水，带走燃烧潜热，降低塑料表面温度，其性能、特征、用途如表1-3所示。

表1-3 阻燃剂的性能、特征和用途

阻燃剂	特性	密度, g/cm ³	折射率, $n^2_{D_n}$	熔点,℃	适用性
磷酸三甲苯酯	无色液体,有毒	1.165	1.556	B. P. 246	1, 3, 4, 7, 12, 15
磷酸三苯酯	白色针状结晶, 低毒	1.268	1.550	50	2, 7, 8, 10, 15, 16
磷酸二苯甲苯酯	易流动液体		1.560	B. P. 390	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 15
磷酸二苯辛酯	浅黄色透明油状液 体,无毒	1.08 ~ 1.09	1.506 ~ 1.512	B. P. 375	1, 2, 4, 9, 11, 14, 15
磷酸三(β-氯乙 基酯)	无色或浅黄色透明 液体大白鼠经口 LD ₅₀ 为1410mg/kg	1.423	1.4737	B. P. >19	1 ~ 13, 15
磷酸三(二溴丙 基酯)	浅黄色透明黏稠液	2.25	1.5730	B. P. 116 ~ 130	1, 2, 5, 7, 9 ~ 13, 15
磷酸三(二氯丙 基酯)	浅黄色黏稠液大白 鼠经口 LD ₅₀ 为 2830mg/kg	1.513	1.5019	B. P. 200	3 ~ 5, 7 ~ 9, 11 ~ 13
磷酸三(溴氯丙 基酯)	无色液体	1.88	1.54		
磷酸二芳基磷 酸酯 磷酸三(乙溴乙 基酯)	无色液体	1.93			
卤多磷酸酯	清彻黏稠液体	1.425	1.492		1 ~ 5, 8, 11, 12, 13 ~ 15
氯化石蜡	40%为无色液体, 70%是白色粉末, 无毒	1.6 ~ 1.7	1.54 ~ 1.58	M. P. 95 ~ 120	1 ~ 5, 7 ~ 13, 15

续 表

阻燃剂	特 性	密度, g/cm ³	折射率, $n^2_{D_n}$	熔点,℃	适用性
氯化聚乙烯	氯含量 70% 的是 阻燃剂				8, 11
全氯戊环癸烷	白色结晶粉末, 无 毒大白鼠经口 LD ₅₀ 为 6000mg/kg	2.02	1.630	M. P. 486	1, 2, 5, 7~9, 11, 14
1, 5 - 双氯桥环 辛烷	白色粉末	1.80		M. P. 348~350	1, 5, 7~9, 21
四溴乙烷	浅黄色油状物	2.965	1.635	B. P. 243.5	9
四溴一代双酚 A	白色粉末			179~181	5, 14, 17, 18
无溴化环十二烷	黄白色粉末			198~208	8~9
六溴苯	白色至浅黄色结晶 粉末, 无毒			315	1, 2, 5, 7~9, 11, 14
十溴联苯				378~379	
十溴二苯醚	结晶粉末, 无毒			304~309	6~9, 14, 19, 20
氧化锶	白色粉末	5.67~5.7	656		3, 5, 7~9, 11~14
氢氧化铝	白色微晶粉末	2.42	1.57		1, 3, 5, 7~9, 11~14
硼酸锌	白色结晶粉末			980	7, 3, 5, 8, 10, 11, 13, 14
偏硼酸铜	无色结晶或白色 粉末				1, 3, 5, 7, 8, 10~14
氢氧化镁	白色三方晶体	2.36	1.559		8, 9, 14

注: B. P. 为沸点; M. P. 为熔点; 1. 丙烯酸类; 2. 醋酸纤维素类; 3. 环氧树脂; 4. 乙基纤维素; 5. 酚醛; 6. 聚碳酸酯; 7. 聚酯; 8. 聚烯烟; 9. 聚苯乙烯; 10. 聚乙烯醇; 11. PVC; 12. 软质 PU 泡沫; 13. 硬质 PU 泡沫; 14. ABS; 15. 硝酸纤维素; 16. 改性 PPO; 17. HIPS; 18. AS; 19. 热塑性聚酯; 20. 有机硅; 21. 聚酰胺。

作为反应型阻燃剂的有: ①四溴双酚 A: 淡黄色或白色粉末, 分子量 544, 熔点 175℃~181℃, 主要用于 EP、PC, 可以用于树脂, 有优良的阻燃性, 也可用于 PF、UP、PUR 等, 作为添加型阻燃剂可用于 PS、ABS 等。②四溴邻苯二甲酸酐: 淡黄或白色粉末, 分子量 463.7, 熔点 273℃~280℃, 适用于 UP、EP、PC, 阻燃效果比四氯邻苯二甲酸酐大, 也可用作添加型阻燃剂而用于 PE、EVA 等塑料, 并且有一定的抗静电效果。③双(2, 3-二溴丙基)反丁烯二酸酯: 白色结晶粉末, 熔点 >57℃, 可作 ABS、UP 反应型阻燃剂, 具有良好阻燃效果, 在 ABS 中加 15% 可离火自熄; 在 PP、

PS 中作添加型阻燃剂，在 PP 中加 7% 和 5% 的 Sb_2O_3 可离火自熄。

赤磷是阻燃剂中唯一能单独在塑料中添加的无机阻燃剂，其阻燃机理同有机磷化合物一样，受热发生分解，生成聚偏磷酰，在燃烧物表面形成不易挥发的稳定化合物，形成燃烧物同氧气的隔离层起阻燃作用。作为阻燃剂使用，要用树脂把赤磷包覆起来，形成微胶囊化赤磷，这样在阻燃塑料呈淡灰色和近似白色状粒子。日本磷化学工业公司生产的ノーハレット120 牌号和 280 牌号的阻燃剂，在树脂中添加 2% ~ 3% 就有良好的阻燃效果。在环氧和不饱和聚酯等树脂中，使用微胶囊化赤磷，有良好阻燃效果。

二、阻燃剂性能的发展方向

由于无机阻燃剂在塑料配方中的用量较大，一般在 40% ~ 60%，才可以达到要求的阻燃效果，而阻燃剂的细度，可以提高阻燃效果，例如：在硬质聚氨酯泡沫隔热隔音建材中，使用十六烷基三甲基溴化铵（HDTMA·Br）为纳米插层剂，制备了有机化蛭石（OVMT）添加 5%，并添加 10% 聚磷酸铵（APP），可以达到 $\text{OI} = 26.8\%$ 的不燃材料，比使用普通有机蛭石和 APP 提高了 3.2% ~ 4.5% 的氧指数。无机阻燃剂细度增加以后，使用时容易飞扬，用偶联剂和液体氯化石蜡，预先活化处理阻燃剂表面，可以提高阻燃剂阻燃效果，并且防止粉尘飞扬。

（一）纳米无机阻燃剂

使用纳米无机阻燃剂，如水合氢氧化铝、氢氧化镁，可以大大降低用量而达到高度阻燃性。例如：一般微米级的氢氧化镁（MH）需要在 PP 中添加 40% 才达到 UL94V-2 级，使用纳米级 MH，添加 40% 就能达到 UL94V-1 级，增加到 60% 微米级 MH，达 UL94V-1 级，而使用纳米级 MH，60% 阻燃性达到 UL94V-0 级。而且发烟量大大减少。

为了进一步提高超细化无机阻燃剂的阻燃性，可以使用过渡金属的氧化物，如氧化镍或氧化钛协同剂，来协同氢氧化镁发挥阻燃作用。PP 中添加 5% 氧化镍和 47.6% 氢氧化镁就可达到 UL94V-0 级，如果无氧化镍，则要添加 55% 以上的 MH，才能达到 UL94V-0 级。

在 PP 或 PO 阻燃配方中，还可添加 1% 三聚氰胺和酚醛协同剂，就可以使 MH 添加量仅 30% 就可达到 UL94V-0 级。这是因为酚醛在 PP 熔点以上，生成了一种有高度阻燃性的酚醛氧化镁凝胶。在 PP 和聚烯烃阻燃配方中，还可以添加少量 3% 碳纤维或丙烯腈纤维协同剂，可降低无机阻燃剂的用量。

微胶囊化赤磷，在 PP 和聚烯烃阻燃配方中，只需添加 5% 就可达到较好的阻燃效果。PP 中添加 25% 聚磷酸铵（APP）就可以使制品氧指数达 33.0%。

(二) 膨胀型阻燃剂

制备膨胀型阻燃聚合物是在阻燃涂料的基础上发展起来的新型阻燃技术。它是将含有碳源、酸源和气源的膨胀型阻燃剂 (IFR) 与聚合物共混加工, 形成阻燃材料。膨胀型阻燃材料燃烧时, 酸源放出无机酸, 使碳源含有的多元醇酯化, 进而脱水炭化, 黏稠的炭化物在气源释放的惰性气体, 反应产生的水蒸气及聚合物降解产生的小分子挥发物作用下膨胀, 形成微孔结构的炭层, 具有隔热、隔氧、无熔滴滴落并使火焰自熄的作用。IFR 克服了含卤阻燃剂燃烧时烟雾大, 多熔滴的缺点和无机阻燃剂添加量大, 对材料力学性和加工性带来不良影响, 因此, 膨胀型无卤阻燃技术是近年来阻燃剂的发展方向之一。在 PP 阻燃体系中, 常采用聚磷酸铵 (APP)、季戊四醇 (PER)、三聚氰胺作为膨胀体系, 只需添加 30% 就可使 PP 达到 UL94V-0 级。有人使用双环笼状磷酸酯复配的膨胀型阻燃剂有良好阻燃性, 抑制有毒有害气体的生成。在聚磷酸铵 APP/季戊四醇/PER/少量重金属盐离子组成的阻燃膨胀型体系下, 可以降低燃烧表面的扩散, 提高燃烧表面炭层的迅速形成, 从而阻隔氧, 起到阻燃作用。重金属盐离子是醋酸锰、硫酸锰、醋酸锌、硼酸锌, 硫酸锌, 用量为 0.45%, 如 APP 15%, PER 7%, 硼酸锌 1.5% 就可使 PP 达到 UL94V-0 级。在 APP/PER/4A 型分子筛膨胀型阻燃剂用于 PP 时, 可以使 PP 的氧指数达到 37%。

硼硅氧烷弹性体组成的 PP 膨胀型阻燃剂, 在 APP/PER/硼硅氧烷弹性体仅 1.0% ~ 1.5%, 就可使 PP 氧指数达到 40%。

(三) 无机纳米阻燃剂

无机纳米阻燃剂通过插层聚合, 形成聚合物/层状无机纳米复合材料, 有良好的阻燃作用, 如只需要纳米蒙脱 $\pm 2\% \sim 4\%$ 就有良好阻燃性。

三、塑料的增强改性及增强剂

塑料的增强改性和填充改性是不同的, 增强改性是塑料同增强剂: 一般是指玻璃纤维、中空玻璃微珠、碳纤维、石墨纤维等增强剂的复合物, 其目的是提高复合塑料的拉伸强度、刚性、强韧性及其冲击强度; 而填充改性是用低价格 CaCO_3 粉末或煅烧陶土、白垩等加入到塑料中, 以降低塑料的制品价格为主要目的, 当然, 这些填充剂的加入也可以提高塑料复合材料的部分抗张强度和刚性, 只要添加的分量合适, 对强度不含有损伤即可。例如: 在 PP 打包带中, 添加 30PHR 的石粉, 不仅不会降低拉伸强度, 还会提高 PP 打包带的拉伸强度, 而 CaCO_3 细粒子在 PP 打包带中起机械拉伸发泡剂的作用, PP 打包带有良好的强度且比较柔软光滑, 如无 30PHR 的 CaCO_3 则使 PP

带子硬而脆，根本无法打包用，用打包钳一夹就脆裂。

常用填料的功能和适用树脂如表 1-4 所示。

表 1-4 常用填料的功能和适用树脂

填料	化学稳定性	耐热性	绝缘性	冲击强度	拉伸强度	尺寸稳定性	刚度	硬度	润滑性	导电性	导热性	耐水性	加工性	适用树脂
铝矾土	○	○				○								S. P.
Al(OH) ₃ 细粉			○				○					○	○	
铝粉										○	○			
石棉	○	○	○	○		○	○	○						S. P.
黄铜							○	○		○	○			S.
CaCO ₃		○				○	○	○					○	S. P.
偏硅酸钙	○	○				○	○	○				○		S.
硅酸钙		○				○	○	○						S.
炭黑		○				○	○			○	○		○	S. P.
碳纤维										○	○			S.
植物纤维				○	○	○	○	○						S. P.
α-纤维素			○		○	○								S.
粉煤灰	○													S.
玻璃纤维	○	○	○	○	○	○	○	○				○		S. P.
石墨	○				○	○	○	○	○	○	○			S. P.
高岭土	○	○				○	○	○	○			○	○	S. P.
云母	○	○	○			○	○	○	○			○		S. P.
二硫化钼							○	○	○			○	○	P.
滑石粉	○	○	○			○	○	○	○			○	○	S. P.
木粉		○			○	○								S. P.

注：S. 为热固性塑料；P. 为热塑性塑料。

美国 Nyco 矿产公司开发出一种新的高长径比硅灰石精细粉末产品，具有较高的性价比，用于工程塑料增强，其柔性和抗冲性、熔融指数、伸长率、热变形温度都很引人注目。在聚烯烃中添加产品 Nyglos 可提高产品使用寿命，提高耐划痕性，降低线膨胀系数和收缩率，降低成本。如 PP 中使用 8 号 Nyglos，缺口冲击强度达 8kJ/m²，无缺口冲击强度达 81kJ/m²，可用于汽车保险杠、汽车装饰件、汽车散热格栅等。