

增 塑 剂

(内 口 资 料)

浙江德清梅林装订厂

前 言

随着石油化学工业的迅速发展，树脂塑料工业的发展前景日益宽广，聚氯乙烯原料来源亦将愈益丰富；而增塑剂为聚氯乙烯塑料加工不可缺少的助剂，鉴于有关此类的参考书缺乏，特选译国外著作和刊物编成此书，聊供参考，因专业水平差，难免舛误，还请不吝指正为盼。

科技编译服务小组

1979年1月

目 录

1、绪 言	1
2、增塑剂的种类和特性	6
3、增塑剂的应用	204
4、掺混聚合物的增塑	252
5、增塑剂的合成	266
6、内增塑	337
7、分析试验	376
附：主要增塑剂名称	413

绪 言

1.1 增塑剂的定义

增塑剂广泛使用于聚氯乙烯以及各种塑料，产量大，种类也多；增塑剂工业与石油化学工业和其它工业都有密切的关系，属于化学工业的一个重要分支。

在塑料中，特别是在聚氯乙烯及热塑性塑料中使用增塑剂的目的是什么，也就是增塑剂的定义是什么，对这一点，历来有种种不同的意见，恰当地说，应该考虑下列二点：

(1) 加入各种塑料中后能使其熔融温度或熔融粘度下降，成型加工方便；

(2) 在最终制品的使用温度范围内，能赋予塑料柔韧性及其它各种必要性能，并能保持这些性能。

兼备上述二点的可称为增塑剂。

添加例如邻苯二甲酸二辛酯等增塑剂于塑料中以赋予上述两种性质，这种情况称为外增塑，而在共聚或接枝聚合时使塑料具有柔韧性则属于内增塑，其原理同样都是使聚合物相互间的分子间的作用力减弱，让聚合物分子链易于运动，从而赋予柔韧性、弹性、耐寒性等性质。

1.2 增塑剂的历史

增塑剂正式生产已有一百多年历史，1868年硝酸纤维素采用樟脑作为增塑剂是最早的开端；至今仍占重要地位的邻苯二甲酸酯类增塑剂于1883年开始应用，自从1927年聚氯乙烯大规模生产开始以后，增塑剂的品种也随之逐渐增多，许多种酯类增塑剂相继问世。1948年起，软性聚氯乙烯制品开始发见，电线、片材、薄膜、手提包、雨衣等制品流行一时，增塑剂的需用量因之猛增，而在品种方面则发见更快，到现在为止已经有好几百种了。

1.3 增塑剂工业

以日本为例，1970年的增塑剂产量32万吨，同年聚氯乙烯

烯产量为116万吨，以此推算，增塑剂配用平均比例约等于27.9%，在这个总产量中，DOP（邻苯二甲酸二辛酯）占最大比例，超过了50%（见图1.3.1），实际上DOP应是邻苯二甲酸二-2-乙基己酯，原料2-乙基己醇主要来自丙烯，成本较高；而美国则大量生产DIDP（邻苯二甲酸二异辛酯），采用的异辛醇来自异烯烃和正链烷烃，成本有显著的降低。

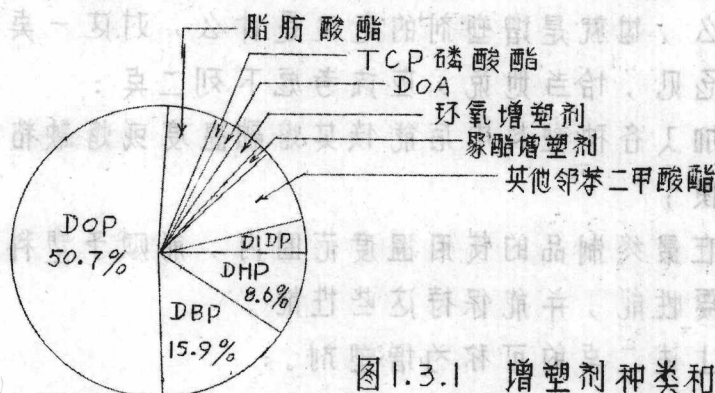


图1.3.1 增塑剂种类和生产比例

70年代之前，DBP（邻苯二甲酸二丁酯）一直占增塑剂总产量的25%以上，自从DHP（邻苯二甲酸二异庚酯）开始应市以后，DBP的比重就日益下降，因为DHP改进了保塑性、耐水性，而DBP则有挥发性过大的缺点；我国目前DBP的生产比重仍占首要地位，但预计在不久的将来也会改变的。

最近倾向于采用直链烯烃作为原料，直链较高的氧化法醇最引人注目，7~11碳醇、9~11碳醇、7~10碳醇、7~9碳醇、11碳醇等在国外已经投入大型生产；试用证明，平均含碳数为8的直链氧化醇的邻苯二甲酸酯所具备的性能可与DOP-DOA（邻苯二甲酸二辛酯-己二酸二辛酯）并用体系相比美，D9-11P（邻苯二甲酸三（9-11碳醇）酯）则近似DIDP（邻苯二甲酸二异癸酯），而邻苯二甲酸三（+-碳醇）酯则不但具有耐寒性，而且这种新增塑剂的挥发减量特别小。

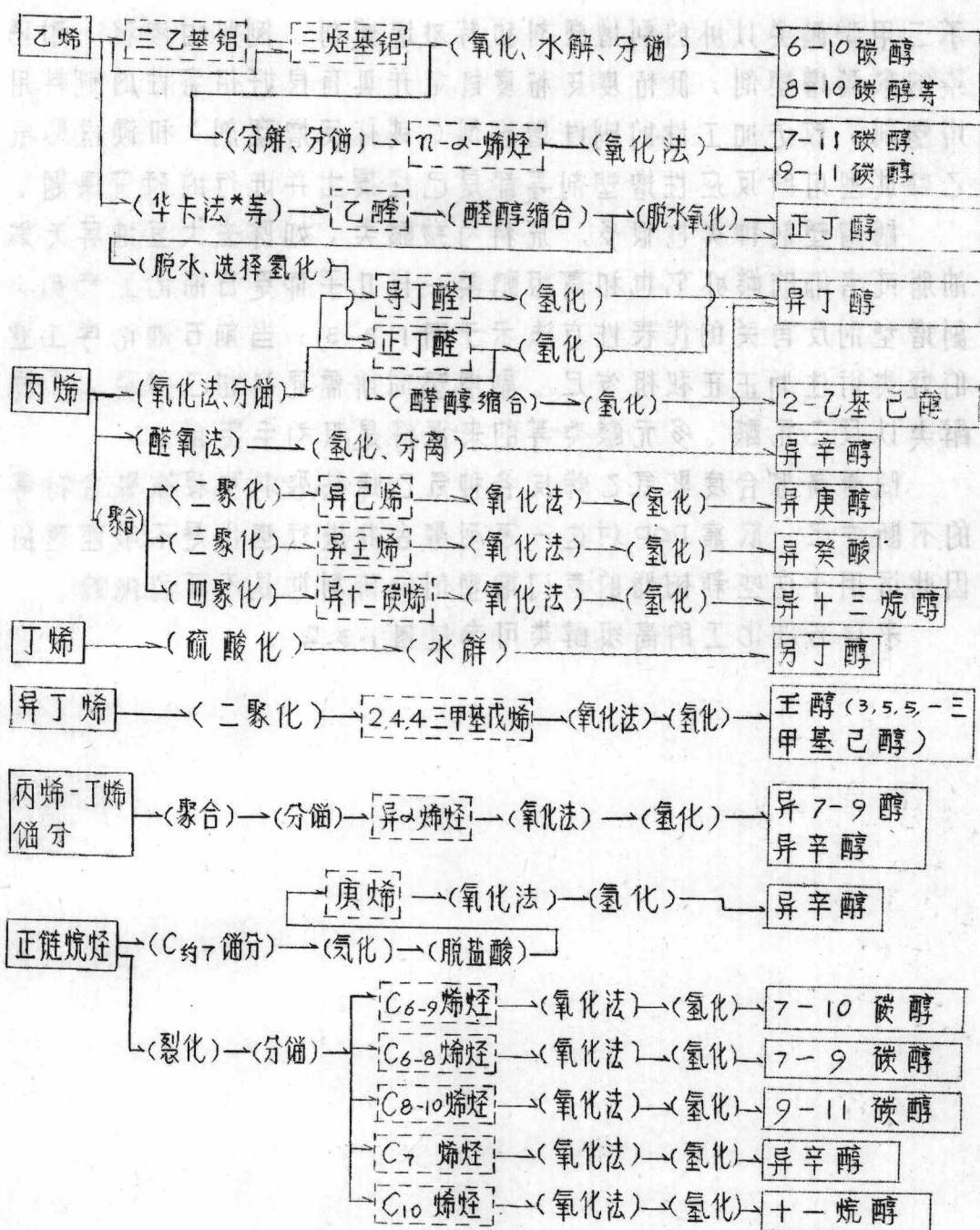
此外，为了赋予塑料各种不同特性，各国都在多方研究除邻

苯二甲酸酯类以外的副增塑剂和特殊增塑剂，例如耐渗移、耐污染的聚酯增塑剂；低粘度反粘度稳定并具有良好相容性的糊料用增塑剂；改进加工性的刚性增塑剂（或称反增塑剂）和硬性聚氯乙烯成型用的反应性增塑剂等都是已经提出并进行的研究课题。

副增塑剂种类也很多，原料为羧酸类、如除去大豆油等天然油脂或者脂肪酸外它也和高级醇类一样几乎都是石油化工产品，副增塑剂有关的代表性方法示于图1.3.3；当前石油化学工业的烃类衍生物正在积极发展，副增塑剂所需原料如二醇类、多元醇类以及二元酸、多元酸类等的来源将是极为丰富的。

随着高聚合度聚氯乙烯及各种氯乙烯共聚物和接枝聚合物等的不断发展，依靠DOP对这一系列聚合物进行塑化是不够理想的，因此适用于这些新树脂的专门增塑剂的研制也是不可忽视的。

来自石油化工的高级醇类可参见图1.3.2。



* 西德华卡厂氧化法

图 1.3.2 由石油化学工业衍生的增塑剂用高级醇类

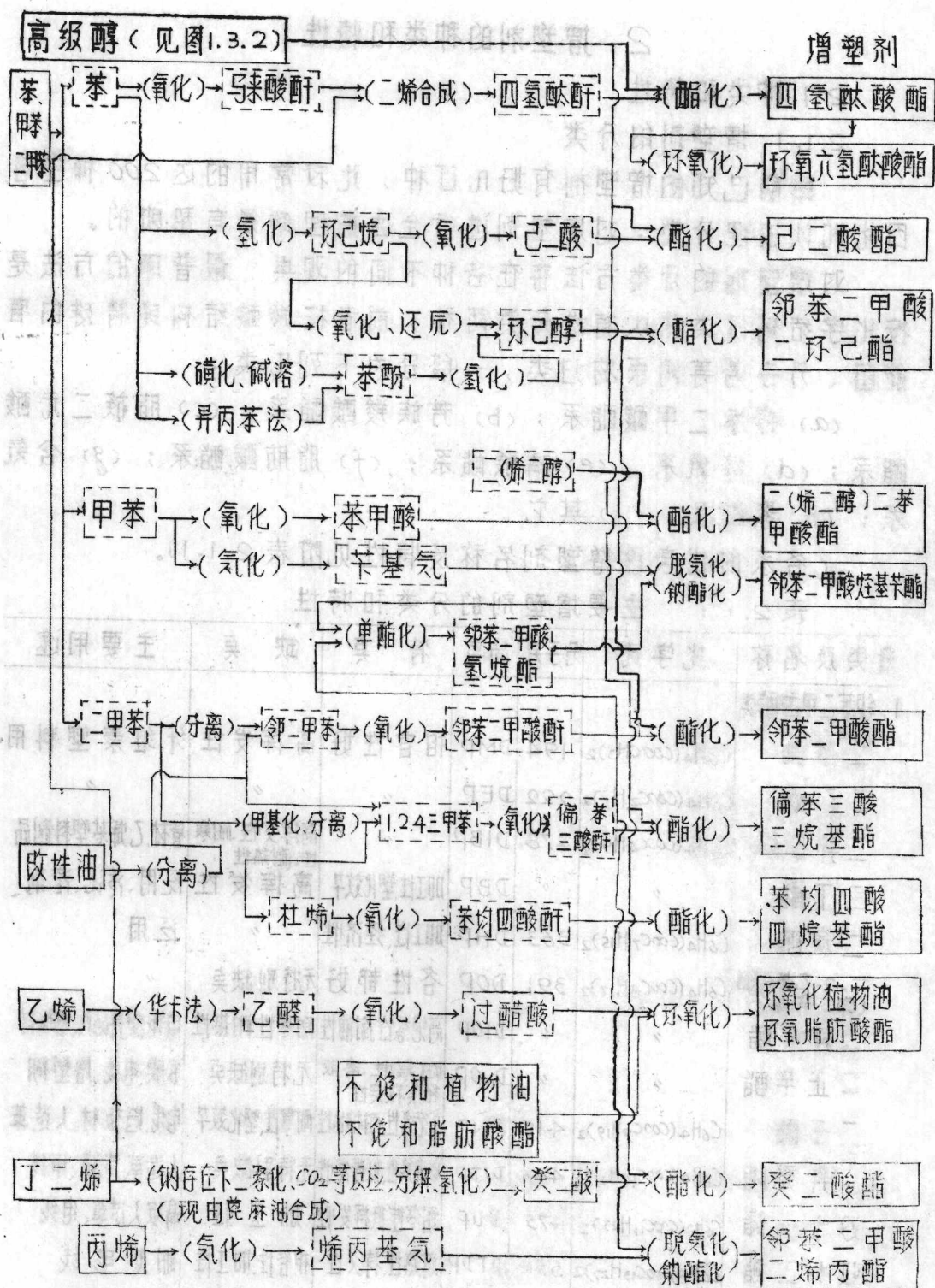


图 1.3.3 石油化学工业与主增塑剂的关系

2. 增塑剂的种类和特性

2.1 种类和特性

2.1.1 增塑剂的分类

目前已知的增塑剂有好几百种，比较常用的达200种左右，因此加以整理分类，对增塑剂进行全面的理解是有帮助的。

对增塑剂的分类方法存在各种不同的观点，最普通的方法是按化学结构分类和从特性分类两种；前者按羧酸结构或特殊的官能团、分子号等同系物归类，一般分为下列几类：

(a) 邻苯二甲酸酯系；(b) 芳族羧酸酯系；(c) 脂族二元酸酯系；(d) 环氧系；(e) 磷酸酯系；(f) 脂肪酸酯系；(g) 含气系；(h) 聚酯系；(i) 其它。

(各系的代表性增塑剂名称及特性见附表2.1.1)。

表2.1.1 主要增塑剂的分类和特性

分类及名称	化学式	分子号	简写	特 点	缺 点	主要用途
1. 邻苯二甲酸酯类						
二甲酯	$C_6H_4(COOCH_3)_2$	194	DMP	相容性好	高挥发性	纤维素塑料用
二乙酯	$C_6H_4(COOC_2H_5)_2$	222	DEP	"	"	"
二异丁酯	$C_6H_4(COOC_4H_9)_2$	278	DIBP	"	高挥发性、耐寒性、耐热性	管材、乙烯基塑料制品
二丁酯	"	"	DBP	加工性、塑化效率	高挥发性	泛用、浸渍、溶剂
二庚酯	$C_6H_4(COOC_7H_{15})_2$	363	DHP	加工性、经济性	"	泛用
二-2-乙基己酯 (即二辛酯)	$C_6H_4(COOC_8H_{17})_2$	391	DOP	各性都好	无特别缺点	"
二异辛酯	"	"	DIOP	高绝缘性、耐油性	耐寒性、耐热性	电线、塑料砧瓦、地板材
二正辛酯	"	"	DnOP	耐寒性、溶胶 粘度稳定性	无特别缺点	胶膜、电线、增塑糊
二壬酯	$C_6H_4(COOC_9H_{19})_2$	419	DNP	高绝缘性、耐抽出性	耐寒性、塑化效率	电线、地板材、人造革
二癸酯	$C_6H_4(COOC_{10}H_{21})_2$	447	DIDP	高绝缘性、低挥发性	无特别缺点	人造革、薄膜、电线
双十一酯	$C_6H_4(COOC_{11}H_{23})_2$	475	DUP	耐寒性、低挥发性	加工性	高级人造革、电线
双十三酯	$C_6H_4(COOC_{13}H_{27})_2$	530	DTDP	耐热性、持久性	相容性、加工性	耐热电线
二环己酯	$C_6H_4(COOC_6H_{11})_2$	330	DCHP	保持性	柔软性、耐寒性	色装材料

续表 2.1.1

分类及名称	化 学 式	分子号	简 写	特 点	缺 点	主要用途
丁 苯 酯	H ₉ C ₄ OOCCH ₆ H ₅ C ₆ H ₅ CH ₂ C ₆ H ₅	321	BBP	耐油性加工性	耐寒性	地板材、树脂涂料
丁基月桂酯	H ₉ C ₄ OOCCH ₆ H ₅ C ₁₀ H ₁₇	391	BLP	耐寒性	无特别缺点	泛用
C ₇ ~C ₁₀ 混合酯	—	约390	T7100	耐寒性低挥发性	"	"
甲基油醇酯	H ₃ COOCC ₆ H ₄ COOC ₁₈ H ₃₅	430	MOP	耐寒性	热稳定性	"
2. 芳族羧酸酯系						
偏苯三酸二辛酯	C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₃	546	TOTM	耐热性高绝缘性	耐寒性	耐热线
偏苯三酸三辛酯	"	"	"	"	无特别缺点	"
二甘醇二甲酸酯	C ₆ H ₄ CO(CH ₂ CH ₂) ₂ OCOC ₆ H ₅	330	DEDB	耐抽出性 耐污染性	耐寒性	地板材
环氧苯甲酸辛酯	HOC ₆ H ₄ COOC ₈ H ₁₇	250		相容性		尼龙用
3. 脂族二元酸酯系						
丁二酸二辛酯	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₂ COOC ₈ H ₁₇	342	DOS _u	耐寒性	高挥发性	耐寒性副增塑剂
丁二酸二癸酯	H ₂₁ C ₁₀ OOC(CH ₂) ₂ COOC ₁₀ H ₂₁	398	DIDS _u	"	耐候性、相容性	"
己二酸二辛酯	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₄ COOC ₈ H ₁₇	371	DOA	"	耐油性	"
二癸酯	H ₂₁ C ₁₀ OOC(CH ₂) ₄ COOC ₁₀ H ₂₁	426	DIDA	耐寒性低挥发性	相容性	"
壬二酸二辛酯	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₇ COOC ₈ H ₁₇	413	DOZ	"	"	耐寒性副增塑剂、润滑油
癸二酸二丁酯	H ₉ C ₄ OOC(CH ₂) ₈ COOC ₄ H ₉	314	DBS	耐寒性		耐寒性副增塑剂、橡胶用
二辛酯	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₈ COOC ₈ H ₁₇	426	DOS	耐寒性、低挥发性	相容性、价廉	耐寒性副增塑剂、润滑油
四氢酞酸二辛酯	C ₆ H ₈ (COOC ₈ H ₁₇) ₂	394	DOTP	耐寒性、粘度稳定性	相容性、耐天候性	增塑糊用
二正辛酯	"	"	NOTP	"	"	"
4. 脂肪酸酯衍生物						
油酸丁酯	C ₁₇ H ₃₃ COOC ₄ H ₉	338	BO	耐寒性、耐水性	相容性、耐油性 耐天候性	耐寒性副增塑剂
乙酰硬脂酸甲酯	C ₁₇ H ₃₃ (OCOCH ₃) COOCH ₃	355	MAR	"	加工性、耐油性	"
季戊四醇酯	C(CH ₂ OCOR) ₄			低挥发性、耐寒性		
叔季戊四醇六酯	(RCOOCH ₂) ₃ COC (CH ₂ OCOR) ₃			低挥发性、高绝缘性		耐热线
三醋酐甘油酯	C ₃ H ₅ (OCOCH ₃) ₃	378		无毒性	挥发性、耐药品性	纤维素塑料用
三丁酸甘油酯	C ₃ H ₅ (OOC ₄ H ₉) ₃	302		"	"	"

续表 2.1.1

分类及名称	化学式	分子量	简号	特 点	缺 点	主要用途
5. 磷酸酯系						
三甲酚酯	$(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}$	378	TCP	相容性, 阻燃性, 耐菌性	耐寒性	涂料、农膜、电线
三辛酯	$(\text{C}_8\text{H}_{17}\text{O})_3\text{PO}$	435	TOP	低挥发性, 耐寒性		电缆, 橡胶用
辛基二苯酯	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{O}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_2\text{PO}$	362		耐天候性, 相容性	耐寒性	金属涂料、溶胶
三苯酯	$(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{PO}$	326	TPP	"	"	"
三氯乙酯	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{ClO})_3\text{PO}$	286	TCEP	阻燃性	"	涂料
甲基二苯酯	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_2\text{PO}$	340	CDPP	"	"	
6. 环氧系						
环氧大豆油		约1000	ESO	热稳定性, 耐光性, 低挥发性	表面渗出	耐热性, 副增塑剂
环氧亚麻油		"	ELO	"	"	"
环氧硬脂酸丁酯	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_7\text{COOC}_4\text{H}_9$	约350		热稳定性, 耐寒性	相容性	"
辛酯	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_7\text{COOC}_8\text{H}_{17}$	约410		"	"	"
辛酯	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_7\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	444		"	"	"
环氧六氢酞酸二辛酯	$\text{OC}_6\text{H}_8(\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$	410	EPS	相容性, 耐天候性, 耐菌性	"	"
7. 含氮系						
氮化石蜡				阻燃性高电阻	相容性, 热稳定性	电线、管材、地板材
含氮油 40%				"	热稳定性, 塑化效率	"
含氮 52%				阻燃性, 耐寒性	塑化效率, 挥发性	
氮化联苯				"	热稳定性	
氮化脂肪酸甲酯			ISP-R	相容性	"	
甲氧基氮化脂肪酸甲酯						
8. 聚酯系						
聚己二酸丙二醇酯		800~4000		耐油性, 耐移行性, 低挥发性	相容性, 塑化效率	包装材料、建筑材料
聚癸二酸丙二醇酯		1000~8000		"	"	"
9. 其它						
乙基酞酰基酯	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OCOC}_6\text{H}_4$	280	EPEG	相容性、无素性	挥发性	各种树脂
酸乙酯	$\text{COOCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$					

续表 2.1.1

分类及名称	化学式	分子量	简写	特 点	缺 点	主要用途
丁基酞酐羧	$C_4H_9OOCOC_6H_4$	336	BPPG	相容性、		各种树脂、矿
基酞酸丁酯	$COOCH_2COOC_4H_9$			无毒性		地胶
乙酰柠檬酸	$(C_4H_9OOCCH_2)_2$	403	ATBC	无毒性、		色装材料、医
三丁酯	$C(OCOCCH_3)COOC_4H_9$			无臭性		疗器材
甲苯磺酰胺	$CH_3C_6H_4SO_2NHR$			相容性	耐寒性	纤维素及尼龙用
烷基苯	C_6H_5R			耐寒性	相容性	增易用
防氧化胺苯			HB-40	粘度稳定性		涂料用
樟脑	$C_{10}H_{16}O$	152		相容性	挥发性、可燃性	硝酸纤维素用

另一种方法按增塑剂的相溶性分类，即分为主增塑剂和副增塑剂两类；与聚乙烯相溶性良好的称为主增塑剂，通常指邻苯二甲酸酯，在软质制品中单独拼用 50 份以上没有渗出现象；使用这类增塑剂的目的是使某种树脂塑化以改善其加工性；副增塑剂的作用在于使塑料的某种特性得到改善，属于辅助性添加，一般相溶性低下，甚至没有相溶性，所以拼用是有限制的。

按特性分类，大体上分成下述七类：

(1) 耐寒性增塑剂

指为改善塑料低温特性而采用的一类增塑剂，脂肪族二元酸酯及脂肪酸酯属于这一类，其代表性的有己二酸二辛酯(DOA)、己二酸二异癸酯(DIDA)、癸二酸二辛酯(DOS)、四氢酞酸[正]辛酯(NOTP)、油酸丁酯(BO)、乙酰茛菪酸甲酯(MAR)等。以上这些增塑剂都不具有象苯环之类的重大极性基，而含烷基的比苯较大，其中具有直链(无分支)烷基的增塑剂显示优越的耐寒性；但是一般耐寒性好的其相溶性就相对地较差，所以在树脂中只能小量拼用。环氧硬脂酸丁酯是耐热性副增塑剂，但也可以当作耐寒性增塑剂使用。

(2) 耐热、耐光性增塑剂

使用这类增塑剂的目的是为了抑制聚氯乙烯因热或光所致的分解，环氧系增塑剂属于这一类，常用的有环氧化大豆油、环氧硬脂酸丁酯及环氧六氢酞酸二辛酯(EPDS)等；其中的环氧基能吸收因热或光促成的盐酸，从而抑制链的分解；因而，采用这类增塑剂可以达到与使用稳定剂相同的目的，还可以获得连续性、透明性、无毒性以及和金属皂的协同作用特殊性能。

(3) 阻燃性增塑剂

大部分增塑剂都是可燃性的，为了降低软质聚氯乙烯的易燃性，就有必要使用阻燃性增塑剂。这一类中具代表性的为磷酸酯类及含氮类，例如磷酸三甲酚酯(TCP)、磷酸三苯酯(TPP)、氯化石油酯、氯化脂肪酸酯等；含氮量越大，阻燃性也越强；向磷酸酯中导入卤素，例如磷酸三(2-乙基-5-苯基苯基)酯磷酸三(二溴丙)酯等，阻燃性极为优良；阻燃性增塑剂的共有缺点是耐寒性都很差。

(4) 无毒性增塑剂

作为食品包装容器原料的聚氯乙烯塑料不允许有毒性，这里就必须采用无毒性增塑剂，除磷酸三甲酚酯等一部分毒性很小或无毒的以外，各国对用于食品包装塑料中的增塑剂品种都有规定，但也并没有统一的想法，而是各有各的标准。

(5) 反应性增塑剂

以增塑糊(塑料溶胶)为原料，用以在加工时聚合而制得硬质制品时所用的增塑剂属这一类，必须具有两个以上的聚合性官能团，比较熟悉有邻苯二甲酸二烯丙酯、甲基丙烯酸二酯类等，随着糊状树脂的日益发见，用在这里的新型增塑剂也将应运而生。

(6) 耐热性增塑剂

塑化的聚氯乙烯会因热而降解，或由于所用增塑剂的挥发而致分解变质，为改善这种现象就有采用能耐高温的一类增塑剂，例如偏苯三酸三酯，双季戊四醇六酯、邻苯二甲酸双十三酯等，

分子量都在 500 以上。

(7) 无臭增塑剂

大多数增塑剂都有气味，程度则各不相同，在食品包装用塑料中不允许有气味存在，以免影响所装食品的味道，一般的增塑剂会残留醇类或微易分解的烯烃类物，从而引起气味的发生；多数增塑剂经过特殊的脱臭工艺有可能改制成为无臭性的，目前已有无臭邻苯二甲酸二辛酯供应，其它各种增塑剂的无臭化也正在研究中。

2.1.2 对增塑剂特性的要求

增塑剂的应用范围日趋广泛，因之对增塑剂的性能要求也日新月异，以为某一增塑剂具有某种特性，但很可能在某一场合是这样，而在另一场合却又完全不理想，这里存在着一个极为重要的问题，就是应该按照成型制品的使用目的来决定选择增塑剂的种类和配合量。

对增塑剂各特性的主要要求有下列各项：

- (1) 与树脂的相容性良好；
- (2) 塑化效率较高；
- (3) 挥发性小；
- (4) 低温柔软性好；
- (5) 具有热稳定性 and 光稳定性；
- (6) 无味、无臭、无色、无毒；
- (7) 无水、油、滑脂等抽出性；
- (8) 移行性小；
- (9) 有阻燃性；
- (10) 电绝缘性好；
- (11) 具有耐污染性；
- (12) 具有抗菌性；
- (13) 糊的粘度稳定性好。

按不同制品用途选用不同特性的增塑剂，有时还要考虑到制品的表面光洁度和光泽以及致密性，另外，还有一项非常重要的因素，就是所谓的“经济性”，要尽量选用价廉而合适的增塑剂。

一般地说，主增塑剂亦即邻苯二甲酸酯类总的性能良好，没有什么大的缺点，与此相反，副增塑剂则存在长处和短处，在实际使用时应考虑其缺点少易并用，在某些会受其损害の場合则不应采用。

(1) 相容性与其它性能的关系

相容性是增塑剂的最重要性质，任何场合总是希望所用增塑剂与树脂有良好的相容性，泛用的邻苯二甲酸酯类都有良好的相容性；一般的相容性优良的增塑剂（邻苯二甲酸丁苄酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二庚酯、邻苯二甲酸二辛酯、磷酸三甲酚酯、丁基酞酰乙醇酸丁酯）都伴有良好的加工性和高的塑化效率。与树脂亲合性大的增塑剂多数具有优越的耐油性和耐污染性，但也有例外，象聚酯系那样分子量很大的增塑剂，相容性很差，但其耐油性和耐移行性却是出类拔萃的。

相溶性是与耐寒性和溶解稳定性相矛盾的，酯基、苯环等极性基与烷基的相对比率能左右这些性能，在这一方面良好在另一方面就必然低劣；一般相容性优良的增塑剂，其耐挥发性能总是较差，例如邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸丁苄酯、邻苯二甲酸二庚酯等。

(2) 耐寒性与其它性能的关系

添加增塑剂能赋予树脂柔软性，换言之能使玻璃态转化点（ T_g ）降低； T_g 的降低程度有赖于增塑剂的使用量，也就是说，与使用增塑剂的分子数比例有关。如果单单是要获得低温中的柔软性，只要增加增塑剂的份数就可以了，但是这样又会使室温时的物性不作，这是人们所不希望的。耐寒性不只是意味低温时的柔软性，重要的是塑料的感温性能，也即是能经历高温至低温而

没有或只有物性变化的性能；以长链甲撑链为主体的脂族酯类有这方面的优越性能，所以被广泛地用作耐寒性副增塑剂。

耐寒性好，则相容性、耐油性、耐移行性、电绝缘性就相对地低下了，这种和相容性对应的现象，如前所述，都是由于长链烷基引起的增塑剂分子极性减小造成的，这种对树脂的亲合性的降低，必然会使在类似薄膜那样的成型品内部的增塑剂分子的流动性增高，以致易被油类和各种溶剂抽出；例如分子量为相当高的增塑剂环氧化大豆油就很易被油抽出。就移行性而言，也有同样的倾向，在聚乙烯、聚丙烯、天然橡胶等聚合物场合，具有耐寒性的增塑剂特别容易发生移行；而对极性较大的聚合物，如聚苯乙烯、ABS、尼龙、聚酯树脂等虽然较难出现那样显著的差别，但是耐寒性增塑剂易于移行的倾向也仍是明显的。

电绝缘性与耐寒性的对立也很明显，就以分子量相同但烷基分支度各异的邻苯二甲酸二正辛酯、邻苯二甲酸二辛酯和邻苯二甲酸二异辛酯来作比较，在同一条件下制得片材的固有体电阻（30℃）分别为 5×10^{12} 、 4×10^{13} 和 7×10^{13} 欧·厘米，其克拉许伯格揉曲温度（ $G=1 \times 10^4$ 公斤/厘米²）则分别为 -35.5℃、-25℃和 -21℃二者之间有明显的关系；由此可见，烷基分支对这种性能的影响是极为显著的。由于增塑剂的本身电阻由其精制程度决定，所以 DOA、DOS 等耐寒性增塑剂的本身电阻值一般都比 DOP 高，而片材的电阻却比 DOP 低得多。

另外，例如磷酸酯和氯化石油酯具有阻燃性，但耐寒性较差；特别是分子中含有大基卤素的增塑剂，阻燃性优越得很，耐寒性却更为低劣了。

随着耐寒性的提高，溶胶粘度稳定性、热稳定性、耐水性等性质也都有所改善，溶胶的粘度稳定性与树脂的溶解能力相关，极性小的增塑剂在这方面有较好的成绩，而与耐寒性所要求的条件是相一致的；同时，耐寒性良好的增塑剂一般都具有低粘度的

特性（如己二酸二辛酯、癸二酸二辛酯、邻苯二甲酸二正辛酯、四氢酞酸二辛酯、四氢酞酸二正辛酯、油酸丁酯等）。

烷基分支少也可以说明耐寒性与热稳定性之间的关系，邻苯二甲酸二正辛酯的热稳定性比邻苯二甲酸二辛酯好，但这也不能一概而论，例如邻苯二甲酸二壬酯具有较多分支，呈新戊基结构（3,5,5-三甲基己基），然而其这方面性能却优于邻苯二甲酸二辛酯。

(3) 塑化效率与其它性能的关系

塑化效率是指赋予树脂一定柔软性的增塑剂浓度，通常以模量表示；这里影响最大的当然是增塑剂的使用量，即使塑化效率很差的增塑剂在大量使用时也能制得柔软的薄膜；至于增塑剂品种间的差异，对塑化效率最有影响的是分子量，其次是所具有的取代基多少；带有大分支烷基的效率最低；对其它性能相互关系来说，塑化效率越好（模量低）则耐寒性也越好，而耐油性和耐移行性则相反低劣，由于分子量是最大因素，所以全部关系却还难以断定；如邻苯二甲酸二环己酯、磷酸三甲酯酯及聚酯系增塑剂都有极高的塑化效率，耐寒性很差，但却又具有优良的耐油性和耐移行性。

(4) 增塑剂结构与各特性的关系

这种关系可以归纳成如表 2.1.2 所示。

表 2.1.2 烷基结构与性能的一般关系

链长大	优良	耐挥发性（耐老化性）、耐寒性、耐水性
	低劣	塑化效率、加工性、相容性
分支大 (或好的导入)	优良	电绝缘性、耐油性、耐移行性、耐污染性
	低劣	耐寒性、塑化效率、热稳定性、耐气候性、耐挥发性