

# 实用软包装

## 复合加工技术

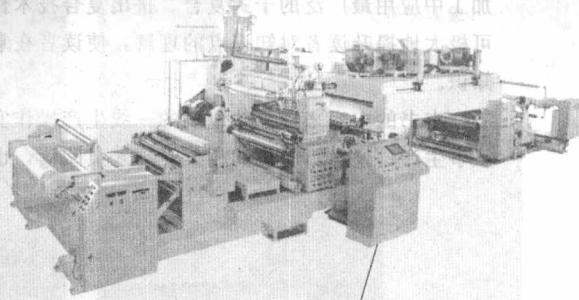
SHIYONG RUANBAOZHUANG  
FUHE JIAGONG JISHU

伍秋涛 编著



化学工业出版社

合夏紫因牌板面式卷筒突用直... 印刷器印是... 后到吉工合... 材料... 张感都到从... 主... 本... 高... 的突用直... 滑合... 案... 卷... 的... 高... 其... 张... 而... 服... 有... 全... 了... 对... 本... 合... 复... 出... 新... 合... 复... 干... 的... 空... 中... 工... 成... 封... 的... 量... 大... 相... 对... 同... 的... 用... 成... 合... 复... 卷... 的... 及... 的... 出... 系... 统... 章... 节... 表... 明... 了... 该... 书... 的... 重... 要... 性... 和... 实... 用... 性... 。



# 实用软包装

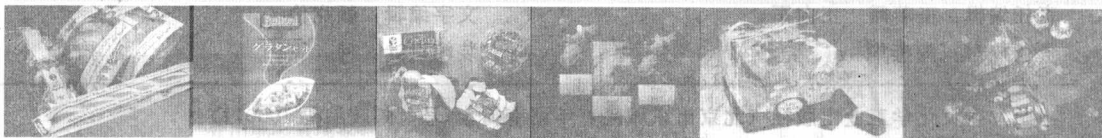
## 复合加工技术

SHIYONG RUANBAOZHANG  
FUHE JIAGONG JISHU

伍秋涛 编著

机械工业出版社 (CIP) 数据

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第014304号



化学工业出版社

北京

定价: 38.00元

元 0.85 : 份 室

本书主要从胶黏理论、原辅材料、复合工艺过程、质量问题解析、生产应用实例等方面对软包装复合加工中应用最广泛的干式复合、挤出复合技术作了全面详细的阐述,其丰富的图表、案例分析、应用实例可极大地提升读者对知识点的理解,使读者在掌握系统化的软包装复合理论知识的同时获得大量的经验性知识。

本书的内容来自于软包装的一线生产操作实践,特别适合软包装生产企业的一线生产操作人员及直接从事生产、技术、质量的相关管理人员阅读,也适合从事软包装行业的人员学习使用。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

实用软包装复合加工技术/伍秋涛编著. —北京:化学工业出版社, 2008. 2

ISBN 978-7-122-02033-8

I. 实… II. 伍… III. 软包装-包装材料: 复合材料-加工工艺 IV. TB484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014304 号

责任编辑: 王蔚霞 王向军  
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 颜克俭  
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: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{2}$  彩插 2 字数 252 千字 2008 年 3 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

我编著此书的最初目的在于总结自己从事软包装工作以来所学习、掌握的理论 & 经验知识，将零散的知识系统化，这也是基于“不能系统化的知识是不能增值的知识”这样一个理念。因而书中内容基本来自于个人从事软包装的实践范围，对于超出自己实践范围而又没有深入思考过的东西，自己不敢轻易舶来，这也是本着对读者负责的态度。

本书涉及的内容仅限于塑料软包装复合加工中应用最广泛的干式复合与挤出复合技术，虽然在内容上没有现有软包装方面的书籍全面，但就知识点的深入细化程度而言，在很大程度上可以指导具体的生产实践，我想这也是本书的实用价值所在。

我国软包装业的发展，特别是广大中小企业的技术发展还处于一个较低的水平，我们仍然缺少一支具有专业水准的技术人员队伍。软包装专业知识的传播方面尚存在缺失，能真正与软包装生产实践相结合的书籍也很少，很多具有实践价值的知识点还分散于部分杂志、报刊之中，很零碎，不利于我们的从业人员系统学习。同时软包装行业尚属于一个新兴产业，技术在不断进步、知识在快速更新。如果没有系统化的理论知识作为实践学习的平台，我们自身经验的增长可能跟不上技术淘汰的脚步，那么我们自身的经验价值也就不会随从业时间的延长而增长。

另外，书中内容也需要读者的经验与之相对应，将其合理部分融入自身的知识体系。同时，由于编者自身的理论水平与实践范围还有待于进一步深入和扩展，书中的不足之处还请读者明鉴。我也将在软包装技术领域继续努力，愿同广大的同仁一起探讨。

编者

2008年3月于上海恒信

# 目 录

## 基础篇

第一章 概述	2
一、干式复合	2
二、湿式复合	3
三、挤出复合	3
四、无溶剂复合	4
五、共挤复合	5
第二章 胶黏理论基础	6
第一节 粘接力的产生	6
一、粘接力的来源	6
二、实测胶接强度与理论胶接强度	7
三、形成胶接接头的基本条件	8
四、粘接过程的界面化学	9
五、影响胶接强度的因素	10
六、粘接结构破坏形式的分析	12
第二节 塑料表面特性及其与粘接性能的关系	13
一、表面清洁度	13
二、塑料表面能	13
三、表面极性	14
四、结晶性	14
五、弱界面层	14
第三节 纸张的粘接性	14
一、纸张在挤复中的粘接性	15
二、纸张在干复中的粘接性	15
第三章 复合软包装用薄膜	16
第一节 常用薄膜的性质概要	16
一、聚丙烯薄膜	16
二、聚酯薄膜	17
三、尼龙薄膜	18
四、聚乙烯薄膜	18
五、玻璃纸	19
六、镀铝膜	19

七、铝箔 .....	20
八、纸张 .....	21
第二节 塑料薄膜的表面处理 .....	22
一、塑料表面预处理的原因 .....	22
二、电晕处理的机理 .....	23
三、塑料表面张力的检测 .....	24
四、电晕处理的时效性 .....	26
五、电晕处理度的不均匀现象 .....	27
六、聚烯烃表面张力与剥离强度的关系 .....	27
七、塑料薄膜的表面张力要求 .....	27
第三节 塑料薄膜的质量 .....	28
一、外观质量 .....	28
二、厚度偏差 .....	30
三、平行度 .....	32
第四节 常用塑料的拉伸性能 .....	32

## 干法复合篇

第四章 干式复合的工艺流程 .....	36
第一节 基膜的准备 .....	36
一、常见干式复合膜的结构 .....	36
二、基膜宽度的确定 .....	36
三、上胶膜的确定 .....	36
第二节 干式复合用胶黏剂 .....	37
一、复合包装材料对胶黏剂的基本要求 .....	37
二、软包装干式复合用胶黏剂的主要分类 .....	38
三、干式复合胶黏剂的选用 .....	43
四、胶黏剂的质量控制 .....	47
第三节 胶黏剂的涂布工艺 .....	48
一、胶黏剂的涂布 .....	48
二、上胶量的确定 .....	51
三、胶液工作浓度的确定 .....	56
四、胶液的配制、保存及再利用 .....	58
五、胶黏剂的转移过程 .....	63
六、胶液的胶盘寿命 .....	66
第四节 胶黏剂的干燥 .....	68
一、三段式干燥箱的结构 .....	68
二、胶黏剂的干燥原理 .....	68
三、风量的调节 .....	69
四、干燥能力估算 .....	70
第五节 复合部分 .....	73

201	一、复合部分的结构 .....	73
201	二、预热部 .....	73
201	三、复合部 .....	73
201	四、冷却 .....	75
206	第六节 复合张力 .....	76
201	一、张力控制器与张力检测方式 .....	76
201	二、复合张力控制 .....	76
208	第七节 熟化 .....	80
201	一、熟化机理 .....	80
201	二、熟化时间与反应速率的关系 .....	81
211	三、熟化时间的确定 .....	81
211	四、对熟化室的基本要求 .....	82
211	第八节 干式复合操作规程及质量控制 .....	82
211	一、干复机操作规程 .....	82
211	二、干式复合产品质量要求 .....	82
211	三、干式复合的质量检测控制 .....	83
	<b>第五章 干式复合故障分析</b> .....	84
	第一节 复合膜白点、气泡的问题 .....	84
	一、下机时出现全面白点 .....	84
230	二、复合后在放置中产生白点、气泡 .....	85
230	三、周期性的气泡 .....	86
230	四、中心有杂质,并以此为核心的白点 .....	86
230	第二节 复合物起皱的问题 .....	87
233	第三节 粘接牢度不良 .....	88
231	一、产品标准中的剥离强度要求 .....	88
231	二、影响粘接牢度的一般工艺因素 .....	89
239	三、与油墨层相关因素的影响 .....	90
231	四、薄膜类基材的影响 .....	92
231	五、内容物的影响 .....	94
231	六、后加工因素的影响 .....	94
238	第四节 复合后镀铝层转移的问题 .....	94
238	第五节 复合后胶层固化不充分、胶层发黏的问题 .....	96
238	第六节 残留溶剂超标 .....	99
238	第七节 煮沸及蒸煮杀菌处理后起皱脱层 .....	100
238	一、高温状态对包装袋的影响 .....	100
238	二、造成包装袋灭菌后起皱脱层的原因 .....	101
238	第八节 操作过程中胶液变浊发白 .....	102
238	第九节 复合物的透明度不良 .....	103
238	第十节 拖墨 .....	103
238	第十一节 复合产品产生“斑点”现象 .....	104

87	第十二节	胶液成雾状堆积在刮刀背面的问题	105
87	第十三节	胶盘中的胶液泡沫多	105
87	第十四节	复合后成品发涩	105
87	第十五节	复合膜的卷曲	106
87	第十六节	粘边	106
87	第十七节	打皱	107
87	第十八节	热封不良	108
87	第十九节	材料表面横向皱纹	108
87	第二十节	复合刀线	109
87	第二十一节	光标距离变化	109
87	第六章	干式复合生产实例	110
87	第一节	BOPP//CPP	110
87	第二节	NY15//PE45~115	111
87	第三节	OPP//VMPET//PE	113
87	第四节	PET//Al//RCPP	115
87	第五节	ONY//RCPP	115
87	第六节	其他产品热合强度的统计分析	116

## 挤出复合篇

87	第七章	挤出复合机组	120
87	第一节	挤出机	120
88	一、	塑料的挤出过程	120
78	二、	普通螺杆的主要参数	121
88	三、	固体输送率的计算	123
88	四、	熔融过程	124
98	五、	影响挤出生产能力及熔融区长度的因素	125
98	六、	挤出量 $Q$ 的计算	126
89	七、	滤网	127
49	八、	加料装置	127
49	九、	挤出机的加热与冷却	127
49	第二节	机头	128
89	第三节	复合部分	129
89	一、	冷却辊	129
90	二、	硅橡胶压力辊	130
90	三、	压力辊与冷却辊及机头模唇的相对位置	130
101	四、	支撑辊	130
90	五、	修边装置	130
89	第四节	挤出复合用胶黏剂 (AC 剂)	130
89	第五节	常用热溶性黏合树脂及辅料	132
101	一、	低密度聚乙烯	132



二、茂金属聚乙烯	133
三、聚丙烯	133
四、乙烯-乙酸乙烯共聚物	134
五、色母料	136
六、芥酸酰胺	136
第六节 挤出复合原理	137
一、挤出层厚度的控制	137
二、挤出过程中的不稳定性	137
三、空气滞留问题	139
四、缩颈(也称缩幅)	140
五、挤出树脂的氧化程度	140
六、挤出机的挤出温度	141
七、气隙	142
八、挤出树脂层的经时劣化现象	142
第七节 挤出复合产品质量要求	143
第八章 挤复中的质量问题分析	144
第一节 粘合不牢	144
第二节 纹理不良、流道痕迹	145
第三节 流延层膜裂、膜断	145
第四节 熔体表面鲨鱼皮状	146
第五节 复合材料皱折	146
第六节 热封性不良	146
第七节 有气味	147
第八节 滑爽性不良(涂覆膜)	147
第九节 膜表面有气泡	148
第十节 晶点、杂质	148
第十一节 复合薄膜厚薄不均	148
第十二节 挤出薄膜粘住冷却辊或压辊	149
第十三节 光标距离的变化	149
第十四节 油墨拖花	149
第九章 应用实例分析	150
第一节 BOPP28/↓PE23 加工涂覆膜	150
第二节 OPP19/↓PP20 加工涂覆膜	151
第三节 BOPP18/↓PE15/LDPE50 洗衣粉包装袋	151
第四节 BOPP19/↓PE15/书写纸 80/↓PE20, 纸塑复合	153
第五节 BOPP18/↓1C7A14/VMCPP20 卷膜	153
第六节 瓜子原纸 70g/1C7A/VMPET12//CPP20	154
第七节 ONY15/↓PE20/乳白 MPE65, 洗衣粉包装袋	155
第八节 PET12//书写纸 75/↓1C7A10/A17/↓1C7A10/↓L3388 易揭膜	156
参考文献	158



# 第一章 概 述

在国家包装通用术语（GB 4122—83）中，软包装是指在充填或取出内装物后，容器形状可发生变化的包装。用纸、铝箔、纤维、塑料薄膜以及它们的复合物所制成的各种袋、盒、套、包封等均为软包装。

单层薄膜具有不同的优点，也具有不同的缺点。例如，聚酯薄膜具有很高的强度和优良的耐油性、阻气性、保香性、防潮性，但是它的热封性差；而聚乙烯薄膜的防潮性、化学稳定性均好，但强度、阻气性、耐油性等性能较差。它们在单独作为塑料包装时就有性能上的缺陷，但是将聚酯薄膜与聚乙烯薄膜组合起来，就能既保持聚酯薄膜的高强度和较好的耐油性、阻气性、保香性、防潮性，同时薄膜又具有良好的热封性。复合薄膜的作用是使多层薄膜复合在一起，既克服了单层薄膜的缺点，又集各层薄膜的优点而成为比较理想的包装材料。

另外薄膜里印后复合，由于油墨夹在膜层的中间，墨层免受直接摩擦、划伤以及各种腐蚀性物质的破坏作用，既比较好地解决了塑料印刷中渗色、掉色问题，又避免了油墨直接接触食品、药品带来的安全卫生问题。

我们行业内所说的“复合”实际上是“层合”的意思，是将不同性质的薄膜通过一定的方式使其粘在一起，再经封合起到保护内容物的作用。软包装的复合加工方式主要有干式复合、湿式复合、挤出复合、共挤复合等。

## 一、干式复合

在复合膜的各种加工技术中，干式复合是我国最传统、应用最广泛的一种复合技术，广泛应用于对食品、药品、化妆品、日用品、轻工产品、化学品、电子产品等的包装。

干式复合是用涂布装置（一般采用凹版网线辊涂布）在塑料薄膜上涂布一层溶剂型胶黏剂经复膜机除去溶剂而干燥，在热压状态下与其他基材复合，如薄膜、铝箔等粘合成复合膜，工艺流程如图 1-1 所示。由于它是在胶黏剂“干”的状态（无溶剂状态）下复合的，故因此而得名。

干式复合适用于多种复合膜基材以及薄膜与铝箔、纸之间的复合，应用范围广，抗化学介质侵蚀性能优异，如食品中有碱、酸、辣、油脂等成分，化妆品中有水、香精、乳化剂等成分，化学品中有溶剂、农药等成分，广泛用于内容物条件较苛刻的包装，具有其他复合加工所难以做到的综合多功能包装材料，特别是耐 121℃ 以上高温蒸煮的塑塑、铝塑复合材料，更独具优势。复合强度高、稳定性好、产品透明度好，既可生产高、中低档复合膜，又能生产冷冻、保鲜或高温灭菌复合膜；使用方便灵活，操作简单，适用于多品种、批量少的生产。

但是，干式复合自身也存在安全卫生差、环境污染、成本较高等缺陷，同时醇溶性、水溶性胶黏剂的发展在一定程度上缓减了溶剂型胶黏剂在安全卫生、环境污染、成本方面的压力。

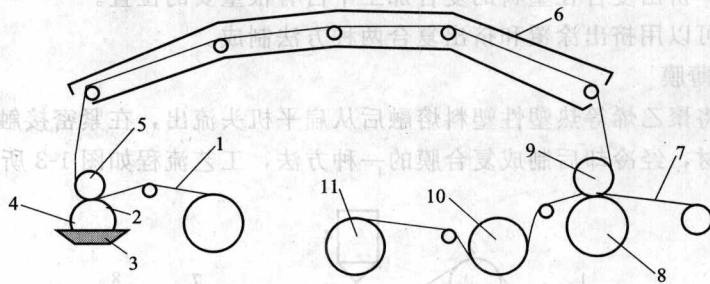


图 1-1 干式复合工艺流程图

1—第一基材；2—刮刀；3—胶盘、胶液；4—凹版辊；5、9—橡胶压辊；6—干燥烘道；  
7—第二基材；8—加热钢辊；10—冷却辊；11—复合薄膜

干式复合在复合材料加工方式中仍占据很大的比重，现阶段仍然是挤出复合、湿法复合、无溶剂复合方式无法取代的复合加工方式。

## 二、湿式复合

湿式复合法是在复合基材（塑料薄膜、铝箔）表面涂布一层胶黏剂，在胶黏剂未干的状况下，通过压辊与其他材料（纸、玻璃纸）复合，再经过热烘道干燥成为复合薄膜。

湿式复合的特点是工艺操作简单，胶黏剂用量少，成本低，复合速度快。湿式复合法采用的胶黏剂主要有聚乙烯醇、硅酸钠、淀粉、聚乙酸乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚丙烯酸酯、天然树脂等。

湿式复合机工作原理与干式复合基本相似，所不同的是干式复合是将涂布胶黏剂的薄膜经过烘道加热，待胶黏剂中有机溶剂挥发后，再与复合材料热压粘合；而湿式复合法是将涂布胶黏剂的薄膜直接与复合材料复合后，再进入烘道进行干燥。

湿式复合工艺流程如图 1-2 所示。

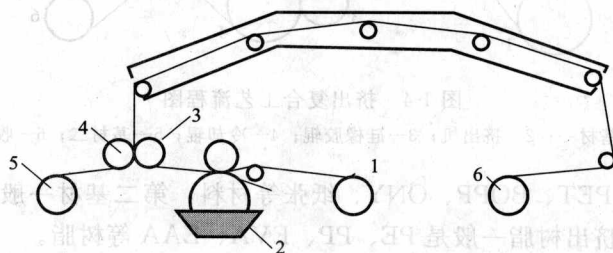


图 1-2 湿式复合工艺流程图

1—第一基材；2—胶盘、胶液；3—钢辊；4—橡胶压辊；5—第二基材；6—复合薄膜

使用湿式复合时，两种基材中至少有一种是多孔性材料（如纸或纸板），以便胶黏剂中所含的稀释剂在干燥时挥发出去。因此湿式复合广泛应用于纸/纤维、纸/纸、纸/纸板、纸/铝箔等材料的复合。

## 三、挤出复合

挤出复合是将聚乙烯等热塑性塑料在挤出机内熔融后挤入扁平模口，成为片状薄膜流出后立即与另一种或两种薄膜通过冷却辊和复合压辊复合在一起。与其他复合方法相比，挤出复合具有设备成本低、投资少、生产环境清洁、复合膜可以不存在残留溶剂、生产效率高、

操作简便等优点，挤出复合在塑料的复合加工中占有很重要的位置。

挤出复合膜可以用挤出涂覆和挤出复合两种方法制成。

### 1. 挤出涂覆薄膜

挤出涂覆是将聚乙烯等热塑性塑料熔融后从扁平机头流出，在紧密接触的两个辊筒间将其压向另一种基材，经冷却后制成复合膜的一种方法，工艺流程如图 1-3 所示。

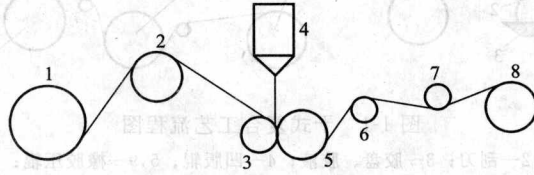


图 1-3 挤出涂覆工艺流程图

1—基材；2—支撑辊；3—硅橡胶辊；4—挤出机；5—冷却辊；6,7—牵引辊；8—收卷

放卷基材一般是已经印刷的 PET、BOPP、纸张等材料，如方便面包装袋就是挤出涂覆生产的典型例子，其结构如下：

BOPP 印刷膜	/	LDPE (或 PP)
基材		挤出树脂

### 2. 挤出复合薄膜

挤出复合是将挤出的树脂夹在两种基材的中间，它起到将两种基材结合在一起的胶黏剂作用，同时也是一层复合层。工艺流程如图 1-4 所示。

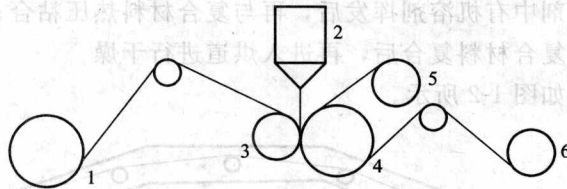


图 1-4 挤出复合工艺流程图

1—基材一；2—挤出机；3—硅橡胶辊；4—冷却辊；5—基材二；6—收卷

第一基材往往是 PET、BOPP、ONY、纸张等材料，第二基材一般是 LDPE、CPP、铝箔、镀铝膜等材料，挤出树脂一般是 PE、PP、EVA、EAA 等树脂。

一般普通洗衣粉包装膜可用此法复合，结构如下：

BOPP 印刷膜	/	1C7A	/	LDPE 薄膜
基材一		挤出树脂		基材二

1 台挤出机一次可以复合三层薄膜，而串联式的多台挤出机一次可以复合多层薄膜，目前双联共挤挤出机的应用正逐渐增多。

### 四、无溶剂复合

无溶剂复合中使用的胶黏剂，因其不含有机溶剂而备受关注，在欧美等发达国家，无溶剂复合已成为软包装复合材料生产的主要方法。它是采用无溶剂型胶黏剂涂布基材，直接将其与第二基材进行贴合的一种复合方式，虽同干式复合一样使用胶黏剂，但其胶黏剂中不含有机溶剂，不需烘干装置。由于其优越的环境友好性、产品性能也可做到同干式复合一样，

是将来的发展方向。无溶剂复合工艺流程如图 1-5 所示。

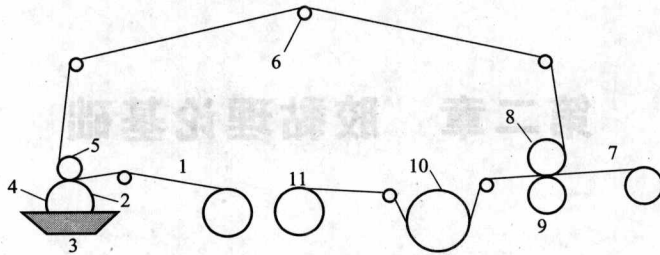


图 1-5 无溶剂复合工艺流程图

1—第一基材；2—刮刀；3—胶盘；4—涂布辊；5—上胶压辊；6—导辊；7—第二基材；  
8—加热钢辊；9—贴合压辊；10—冷却辊；11—复合薄膜

### 五、共挤复合

共挤复合，是将两种或两种以上的不同的塑料，通过两台或两台以上的挤出机，分别使各种塑料熔融塑化以后供入一副口模中或通过分配器将各种挤出机所供给的塑料汇合以后供入口模，以制备复合薄膜的一种成型方法。这里所讲的不同塑料，可以是不同种类的塑料，也可以是同一种类但不同牌号的塑料，或同一牌号但不同配方的塑料。

共挤复合的成本低，可比干式复合降低 20%~30%，并且共挤复合工艺中不使用黏结剂或锚涂剂（AC 剂），因此卫生性好，没有环境污染问题。但是受材料的限制很明显，用于共挤复合工艺生产的复合薄膜仅限于各种热塑性塑料，倘若需要含铝箔、纸等的复合材料均不能采用共挤复合方式生产。另外，不能在复合薄膜间印刷，当薄膜需要印刷时只能将图案、文字等印刷到复合薄膜的表面。

综上所述，以上各种复合加工方式都有自身的优势和不足，从我国现阶段的发展情况来看干式复合应用范围最广、所占比重也最大，同时挤出复合发展迅速，所占比重仅次于干式复合，而湿式复合和共挤复合工艺受材料的限制性较大而无法成为主流，无溶剂复合技术虽在发达国家已趋成熟，但在我国还基本处于起步阶段，是将来复合加工方式的发展方向。本书结合我国复合膜生产应用的实践需要，主要对复合膜的干式复合和挤出复合加工技术作了全面详细的解析。

## 第二章 胶黏理论基础

### 第一节 粘接力的产生

胶黏剂与被粘物表面通过界面相互吸引和粘接作用的力称为粘接力。

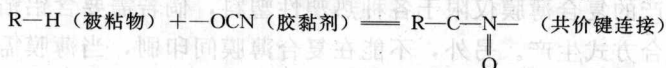
#### 一、粘接力的来源

##### 1. 化学键力

化学键力存在于原子或离子之间，包括离子键力、共价键力、金属键力。

共价键力即两个原子之间通过共用电子对连接的作用力。每个电子对产生的共价键力为  $(3\sim 4)\times 10^{-4}\text{ dyn}$  ( $1\text{ dyn}=10^{-5}\text{ N}$ )；共价键能等于共价键力与形成共价键的两原子间距离的乘积。

绝大多数有机化合物的分子都是通过共价键组成。某些情况下，带有化学活性基团的胶黏剂分子与带有活性基团的被粘物分子之间也可能出现共价键粘接，例如：



金属键力是金属正离子之间由于电子的自由运动而产生的粘接力。金属原子通过金属键力粘接成金属晶体。金属键力与胶黏剂的粘接过程关系不大。

离子键力是带正电荷的正离子和带负电荷的负离子之间的相互作用力。离子键力与正负离子所带电荷的乘积成正比，与正负离子之间距离的平方成反比。离子键力有时候可能存在于某些无机胶黏剂与无机材料表面之间的界面区内。

各种主价键键能的数值见表 2-1，主价键有较高的键能。胶黏剂与被粘物之间，如能引入共价键粘接，其胶接强度将有显著提高。

表 2-1 主价键的键能

主价键	键能数值/(kJ/mol)	主价键	键能数值/(kJ/mol)
离子键	585.76~1046	金属键	112.97~347.27
共价键	62.76~711.28		

##### 2. 分子间的作用力

分子间的作用力包括取向力、诱导力、色散力（以上诸力合称范德华力）和氢键力。

取向力即极性分子永久偶极之间产生的引力。取向力与分子的偶极矩（分子内正负电荷中心间距离与所带电荷的乘积）的平方成正比，与两分子距离的 6 次方成反比。分子的极性越大，分子之间距离越靠近，产生的取向力就越大。取向力与热力学温度成反比，温度越高，分子的取向力越弱。

诱导力是指分子固有偶极和诱导偶极之间的静电引力。极性分子和非极性分子相互靠近

时, 极性分子固有偶极的电场作用使非极性分子的电子云吸向偶极的正端。因此, 非极性分子的电子云与原子核间发生了相对位移并产生诱导偶极。

极性分子之间除存在取向力外, 由于极性分子的相互影响, 也能产生诱导偶极。

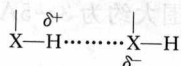
诱导力与极性分子偶极矩的平方成正比, 与被诱导分子的变形程度成正比, 与两分子间距离的 6 次方成反比。诱导力与温度无关。

色散力是分子色散作用产生的引力。所谓色散作用, 是指分子内电子云对原子核的瞬间不对称状态。由于电子处于不断运动之中, 正负电荷中心的瞬时不重合状态总是存在的。瞬间的不重合作用产生了瞬时偶极, 瞬时偶极又诱导邻近分子产生瞬时诱导偶极。

色散力与分子间距离的 6 次方成反比, 与环境温度无关。低分子物质的色散力较弱, 但因色散作用具有加和性, 故高分子物质的色散力相当可观。非极性高分子物质中, 色散力占全部分子作用力的 80%~100%。

取向力、诱导力和色散力的共同点是随分子距离增大而急剧下降, 上述次价键力的有效距离在 10Å 左右, 其作用过程没有方向性和饱和性。

氢键作用产生的力称氢键力。当氢原子与电负性大的原子 X 形成共价化合物 HX 时, 由于电子对偏向 X 原子的一侧, 使 H 原子带正电荷, X 原子带负电荷。HX 分子中的氢原子吸引邻近另一个 HX 分子中的 X 原子而形成氢键:



氢键力的强弱首先和 X 原子的电负性有关。电负性越大, 氢键力也越大。此外, X 原子的半径越小, 邻近 H 原子接近它的机会越多, 其氢键力越大。

氢键可以发生在分子内, 也可以发生在分子之间。纤维素、聚丙烯腈、聚酰胺、蛋白质、聚乙烯醇等高分子物质都能产生氢键作用。

氢键力比主价键力小得多, 但大于范德华力。氢键力有饱和性和方向性。分子作用力是粘接力的最主要的来源, 它广泛地存在于所有的粘接体系中。

取向力、诱导力、色散力及氢键能的大小见表 2-2。

表 2-2 分子间的作用能

单位: kJ/mol

次价键力	键能	次价键力	键能
氢键能	约 50.21	取向力	约 20.92
色散力	约 41.84	诱导力	约 2.09

### 3. 机械作用力

从物理化学的观点来看, 机械作用并不是产生粘接力的因素, 而是增加粘接效果的一种方法, 胶黏剂充满被粘物表面的缝隙或凹凸之处, 固化后在界面区产生了啮合力, 这些情况类似于木箱边角的嵌接、钉子与木材的接合或树根植入泥土的作用。机械粘接力的本质是摩擦力。在粘合多孔材料、布、织物及纸等时, 机械作用力是很重要的。

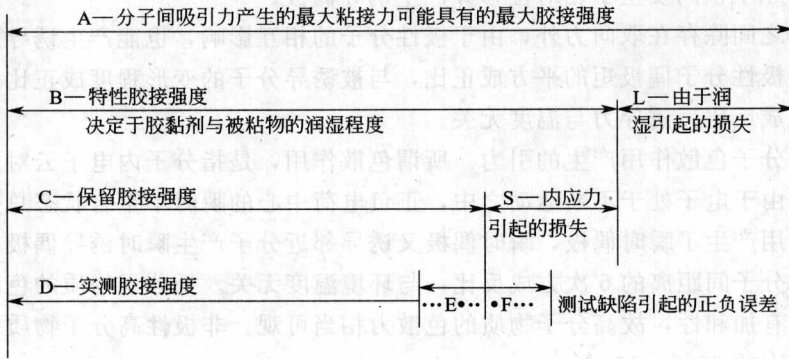
在各种产生粘接力的因素中, 只有分子间作用力普遍存在于所有粘接体系, 其他作用仅在特殊情况下成为粘接力的来源。

### 二、实测胶接强度与理论胶接强度

实际测定的胶接强度, 仅是理论粘接力的一小部分。理论粘接力需要扣除许多影响因素才具有实际意义。



实测胶接强度与理论胶接强度的关系如下所示：



### 三、形成胶接接头的基本条件

任何两种物质的分子（或原子）相互靠近时，由于化学键力或次价键力的作用，使两分子产生吸附引力。这吸附引力的产生条件是分子或原子之间必须充分靠近，即它们的相互距离必须处于引力场的范围内。

无论主价键力形成的化学吸附或次价键力形成的物理吸附，一般来说，其力场作用范围不超过  $10\text{\AA}$ 。能够产生最强吸附力的范围大约为  $3\sim 5\text{\AA}$ ，价键引力与距离的关系如图 2-1 所示。

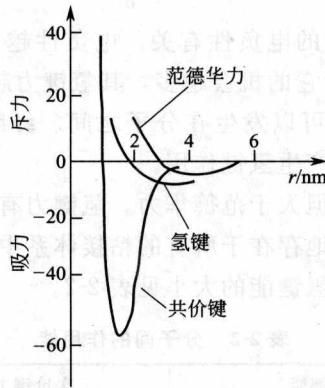


图 2-1 价键引力与距离的关系

胶黏剂与被粘物表面之间，无论在任何情况下，都不可能实现完全的分子接触（即两相分子的距离达到  $5\text{\AA}$  左右）。粘接力的产生也往往只是在少数分子接触点的基础上形成的。在粘接过程中必须在界面区中尽量增加分子接触点的密度。

为了获得一个比较理想的胶接接头，在设计粘接体系的过程中，首先要考虑以下基本条件。

① 在粘接过程中，胶黏剂必须首先是容易流动的液相状态物质。液相状态可以通过流动为分子接触提供机会。从物理化学的观点看，胶黏剂的黏度越低越有利于界面区分子接触程度的提高。但实际工艺上又往往要求胶黏剂有一定的黏度和初始粘接力，故许多胶黏剂都是具有一定黏度范围的液相物料。可把压敏胶看作一种高黏度的流体或一种在压力下容易产生流动、变形的半固体物质。

② 胶黏剂和被粘物表面之间必须处于湿润状态。即胶黏剂必须能够自动地在被粘物的