

# 硬化项目简析

# 我们要做什么？硬化薄膜制造

## 产品类型

### ● 单面硬化

CLEAR HARD COAT LAYER

PET FILM(50-188 $\mu$ m)

### ● 单面硬化+背面上胶

CLEAR HARD COAT LAYER

PET FILM(50-188 $\mu$ m)

ADHESIVE LAYER

### ● 双面硬化

CLEAR HARD COAT LAYER

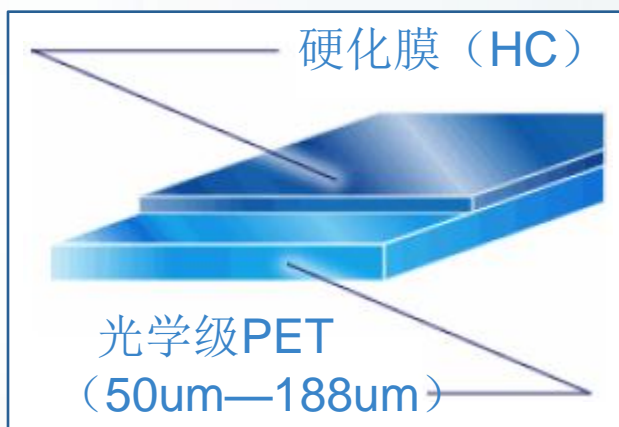
PET FILM(50-188 $\mu$ m)

CLEAR HARD COAT LAYER

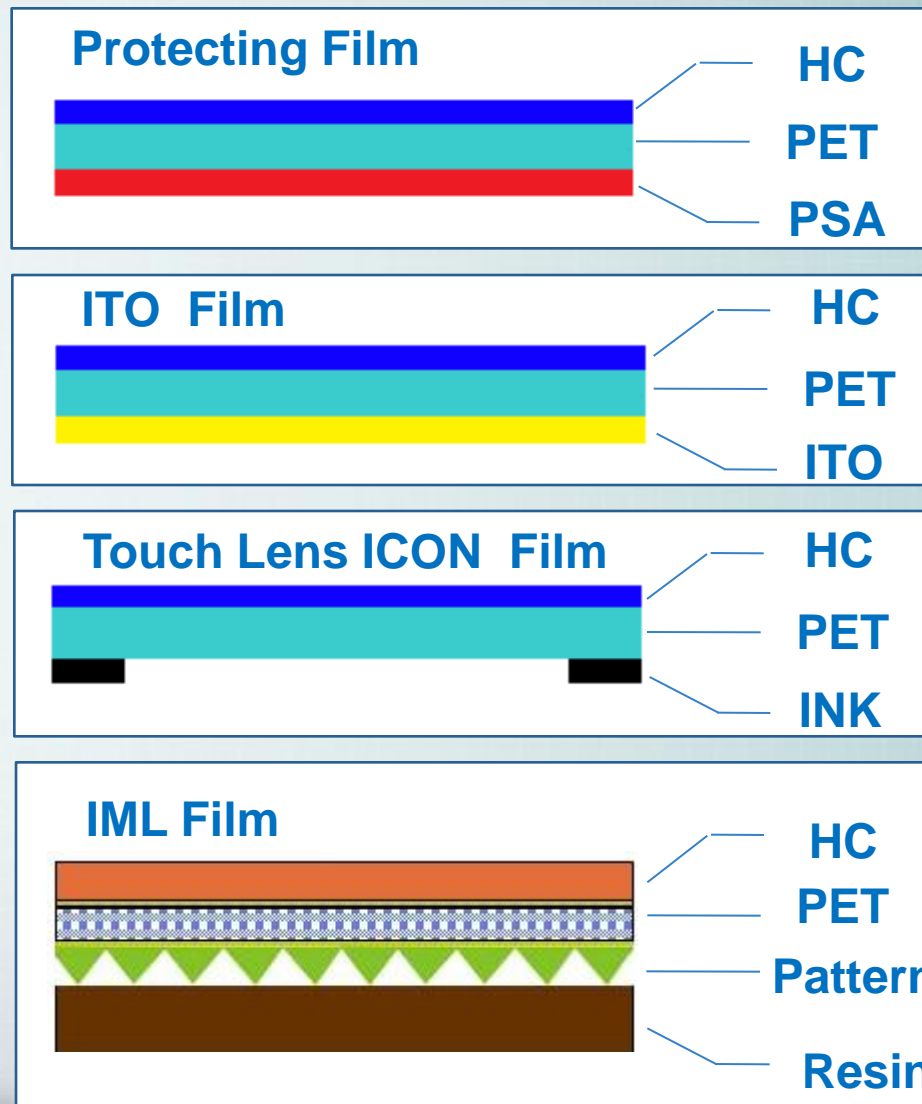
备注：根据coating层不同可以应用不同产品

- 防反射HC(AR)； 防映射HC(AG)； 防干涉HC(ANR)； 防污HC； 防指纹HC
- 防静电HC； 离型HC； UV过滤HC； IR过滤HC

## 产品应用



应用



## 我们为什么要做？硬化薄膜

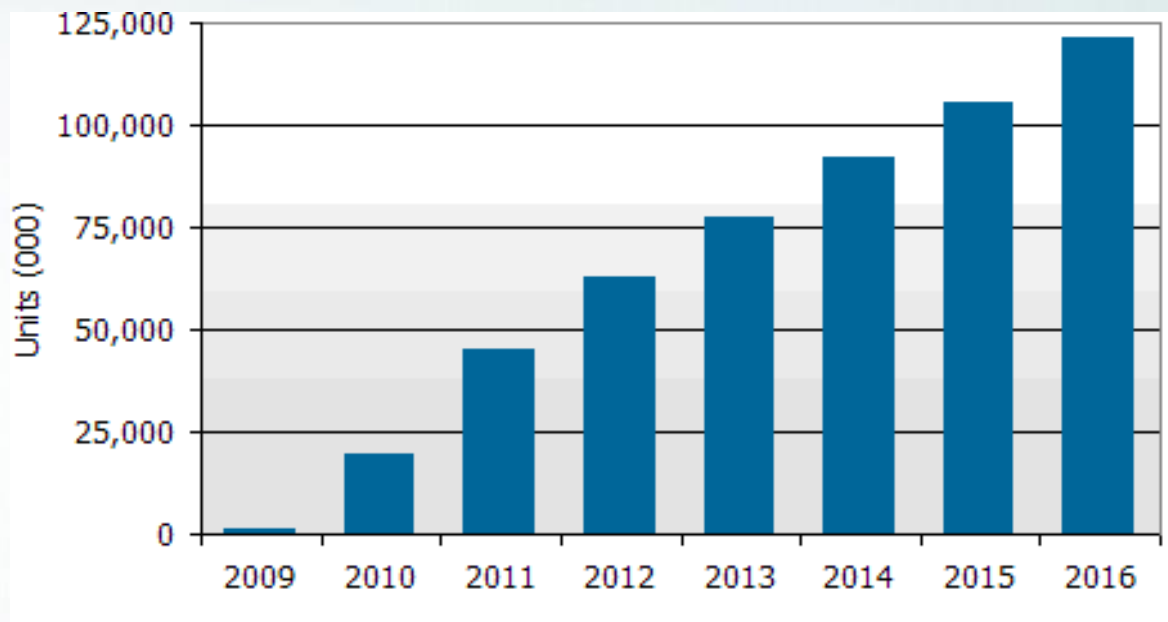
近年来，伴随着平板显示器技术、模内注塑装饰技术的发展，经表面硬化处理的聚对苯二甲酸乙二醇酯（**PET**）薄膜需求越来越大，其中包括模内注塑装饰技术**IML**硬化薄膜和触摸屏硬化膜，以及保护膜。

模内注塑装饰技术**IML**硬化薄膜目前主要分布在日、韩、台等国家和地区，是以聚酯光学薄膜为基材，在光学薄膜的一面涂布**1H**（笔记本电脑盖）或**2H**硬度（手机、**MP4**镜片，笔记本电脑盖）的硬化膜，要求硬化膜涂层具有优良的耐磨性和柔韧性，满足二维或三维成型加工性能要求，同时另一面则满足油墨印刷要求。

目前世界上生产**IML**硬化膜的主要公司是日本东洋纺、日本东山公司、日东电工、日本制纸、韩国**SKC**、台湾地区的远东公司及全科公司等。触摸屏（电阻式，非电容式）硬化聚酯薄膜是平板显示器件上游的原材料，目前主要为外国公司垄断，集中在日、韩、台等国家和地区，具有较高的技术含量，也具有较高的利润空间。触摸屏硬化聚酯薄膜，具有高透明、低雾度、低热收缩、优异的表面平整性能，表面硬度达到**2H**以上，涂布附着性好，且耐酸碱性强。主要有日本日东电工、日本东山**CHC-PET188**，韩国**SKC**的**HH10**，台湾远东等公司产品。硬化技术应用领域主要包括家电面板、笔记本电脑盖、手机、**MP4**镜片等。

国内也有乐凯以及宁波伟波塑胶科技也开发一些防刮类产品但整体品质不高。因此国内极其需要能做高品质产品的硬化企业

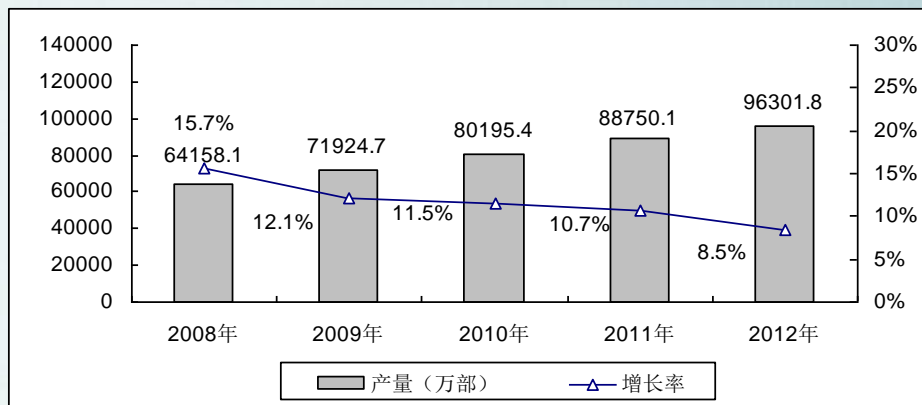
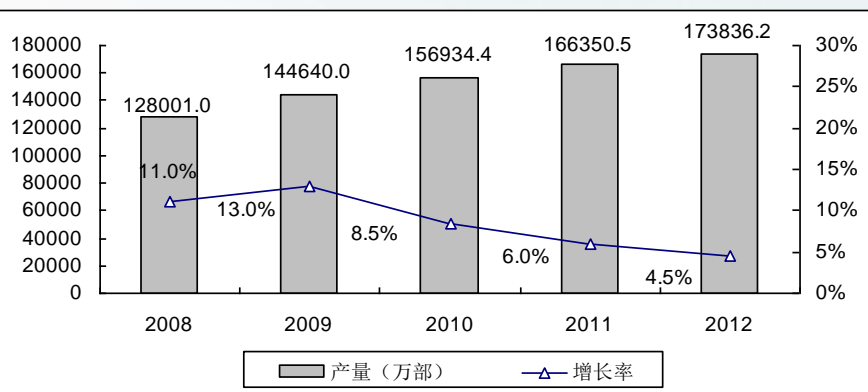
## 触控屏幕市场



图一：迷你笔电/平板计算机触控屏幕的出货预测（单位：千片）

在2010年全球触控屏幕的产量将达到790万平方英寸，且在2011年将会超过1千万平方英寸。2010年每月的产能(以三寸为单位)估计能达到2亿9千6百万片，预计在2011年每月的产能将会超过3亿9千1百万片

## 手机市场



## 全球手机产量规模预测及其增长率

## 中国手机产量规模预测及其增长率

从数据可知中国手机今年突破8亿部，全球突破15亿，其部分手机需要防刮保护膜，其市场也是可观的。

## 我们要怎么做？硬化薄膜

### 硬化膜通用的物性是什么？

1. 硬度

2. 无（低）彩虹高透高亮。透过率  $> 90\%$ ；雾度 (Haze)  $< 0.9\%$

3. 无晶点，无缺陷，无划伤

4. 与油墨的黏附性好



## ❖ 怎么样满足达到硬化膜通用的物性

满足物性**1**：硬度

解决方案：研制或外协相应要求的涂料：（**3H**：防刮保护膜；**2H**：  
：手机、**MP4**镜片，笔记本电脑盖；**1H**：笔记本电脑盖）

满足物性**2**：无（低）彩虹高透高亮

解决方案：高精度，高可靠性涂布机，高透低雾基材

满足物性**3**：无晶点，无缺陷，无划伤

解决方案：高精度，高可靠性涂布机，优良的洁净室

满足物性**4**：与油墨的黏附性好

解决方案：易接着处理基材

❖ 总之解决上述问题=材料（高透低雾光学级基材+优秀涂料配方）

❖ +设备（高精度，可靠性涂布机）

❖ +管理（品质+成本+交期）



## 以上硬化膜物性中难点是什么？彩虹纹，高透，低雾

### 彩虹纹怎么产生？

❖ 利用薄膜上、下两个表面对入射光的反射和折射，在反射方向(或透射方向)获得相干光束，从而产生相干条纹。

产生光的干涉的必要条件：

- ①两光波具有相同的振动频率；
- ②两光波在相遇点有固定的位相差；
- ③两光波在相遇点有相同的振动方向；
- ④两光波的振幅相同。

产生光的干涉的充分条件：

- ①两光波在相遇点产生的振动的振幅相差不悬殊；
- ②两光波在相遇点的光程差不太大。

具体分析如下：

# 光程差公式

$$I_P = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

$$\delta = 2K\pi \quad \text{亮纹}$$

$$\delta = (2K+1)\pi \quad \text{暗纹}$$

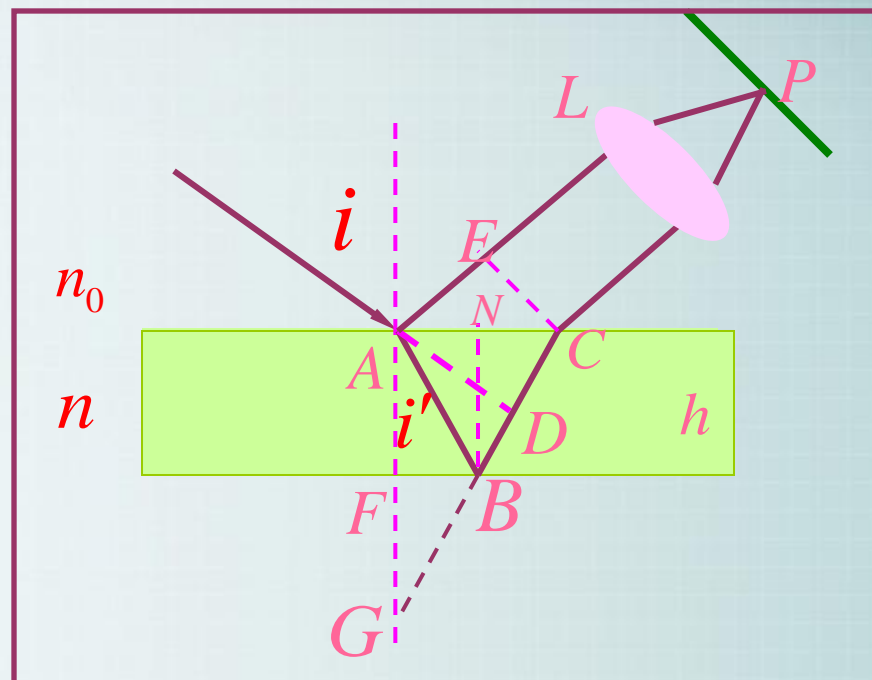
$$\Delta = n(AB + BC) - n_0 AE$$

由几何关系和折射定律

$$\Delta = 2nh \cos i' = 2h \sqrt{n^2 - n_0^2 \sin^2 i}$$

当薄膜上下介质相同时，上下界面反射光束间有 $\pi$ 的**附加相位差**

$$\Rightarrow \Delta = 2nh \cos i' \pm \lambda/2 \Rightarrow \delta = \frac{4\pi}{\lambda} nh \cos i' \pm \pi$$



## 附加相位差备注：半波损失

半波损失：光从光疏介质进入光密介质，光反射后有了量值为  $\pi$  的位相突变，即在反射过程中损失了半个波长的现象。

$$\pi$$

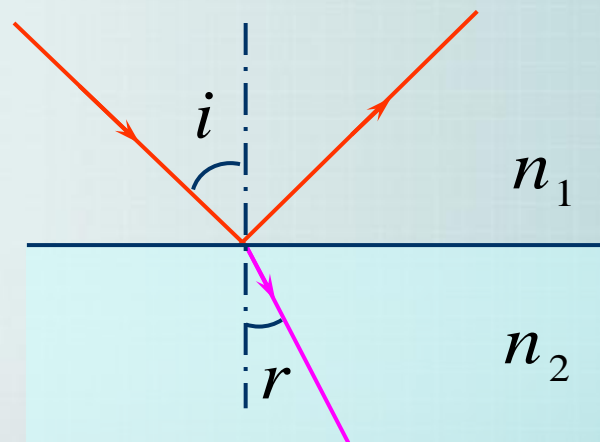
产生条件：

$$n_1 < n_2$$

当光从折射率小的光疏介质，正入射或掠入射于折射率大的光密介质时，则反射光有半波损失。

$$n_1 > n_2$$

当光从折射率大的光密介质，正入射于折射率小的光疏介质时，反射光没有半波损失。



折射光都无半波损失。

## ❖ 彩虹纹怎么消除？

原理（可以消除）

**1. PET与HC硬面涂层的折射率完全一致。**

原因：二者没有光程差，即不存在干涉。

材料有差异 $\Rightarrow$ 不可能。

**2. HC硬面涂层的厚度完全一样。**

原因：涂层的厚度达到微米级厚度远远大于波长量级，其薄膜效应几乎可以忽略。若厚度达到微米量级，但涂布不均匀，仍然会有光程差，即仍存在干涉

工业生产工业化生产，厚度均匀度一定有偏差。

（光的波长=秒/米？的控制必要 $\Rightarrow$ 不可能。）

**3. 光路差： $2\pi/\lambda \cdot n_1 \cdot d \cdot \cos\Theta$**

$n_1$ ：HC的屈折率， $d$ ：HC厚度， $\Theta$ ：表面反射角

从PET界面把反射光不能消除、在特定波长的领域可以减弱反射。

# 光在两种材料交界面上的反射

仿照光纳定义,  $\eta$  的定义为:

$$\overrightarrow{H}_{\text{tan}}^+ = \eta(\vec{k} \times \overrightarrow{E}_{\text{tan}}^+); \overrightarrow{H}_{\text{tan}}^- = \eta(-\vec{k} \times \overrightarrow{E}_{\text{tan}}^-)$$

振幅反射系数:

$$r = \frac{\eta_0 - \eta_1}{\eta_0 + \eta_1}, \eta = \begin{cases} p\text{-光}: N / \cos \theta \\ s\text{-光}: N * \cos \theta \end{cases}$$

光能的反射率:

$$R = \left( \frac{\eta_0 - \eta_1}{\eta_0 + \eta_1} \right) \bullet \left( \frac{\eta_0 - \eta_1}{\eta_0 + \eta_1} \right)^*$$

# 矢量法

如果膜层没有吸收那么各个界面的振幅反射系数为实数

$$r_1 = \frac{\eta_0 - \eta_1}{\eta_0 + \eta_1}, r_2 = \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_1 + \eta_2},$$
$$r_3 = \frac{\eta_2 - \eta_3}{\eta_2 + \eta_3}, r_4 = \frac{\eta_3 - \eta_4}{\eta_3 + \eta_4}$$

各层薄膜的位相厚度为:

$$\delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} N_1 d_1 \cos \theta_1, \delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} N_2 d_2 \cos \theta_2,$$
$$\delta_3 = \frac{2\pi}{\lambda} N_3 d_3 \cos \theta_3$$

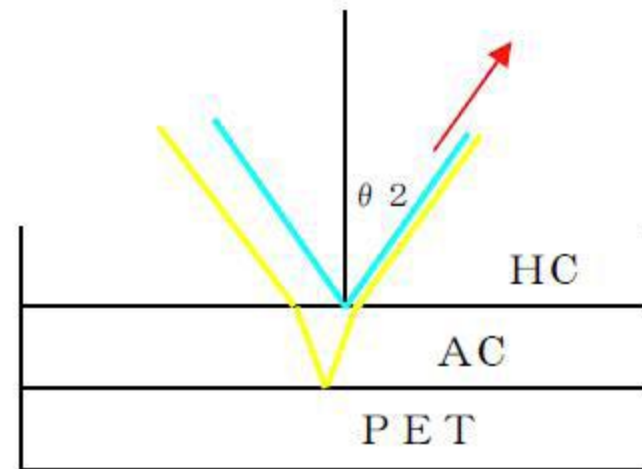
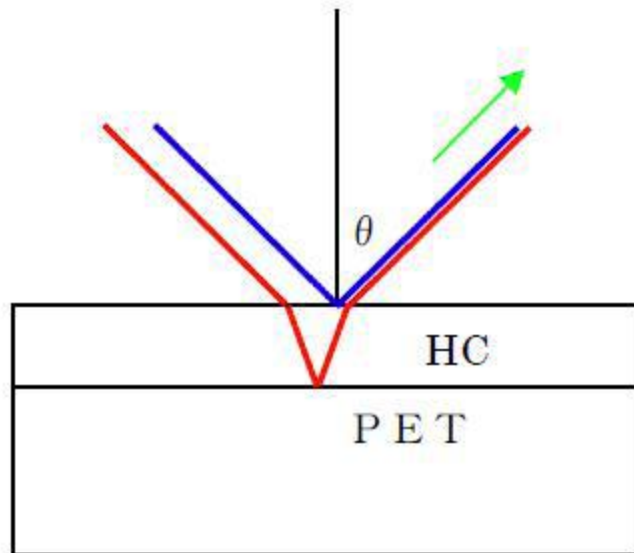
# 干涉条纹消除

对策

1. PET界面的反射光消弱

HC硬面涂层的折射率 ( $n_0$ ) 和 PET 折射率 ( $n_2$ ) 的差缩小。

设置中间层  $\Rightarrow$  易接着层

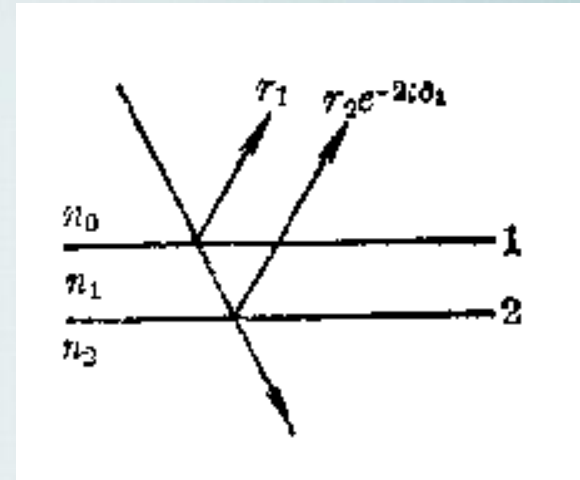




具体分析如下：

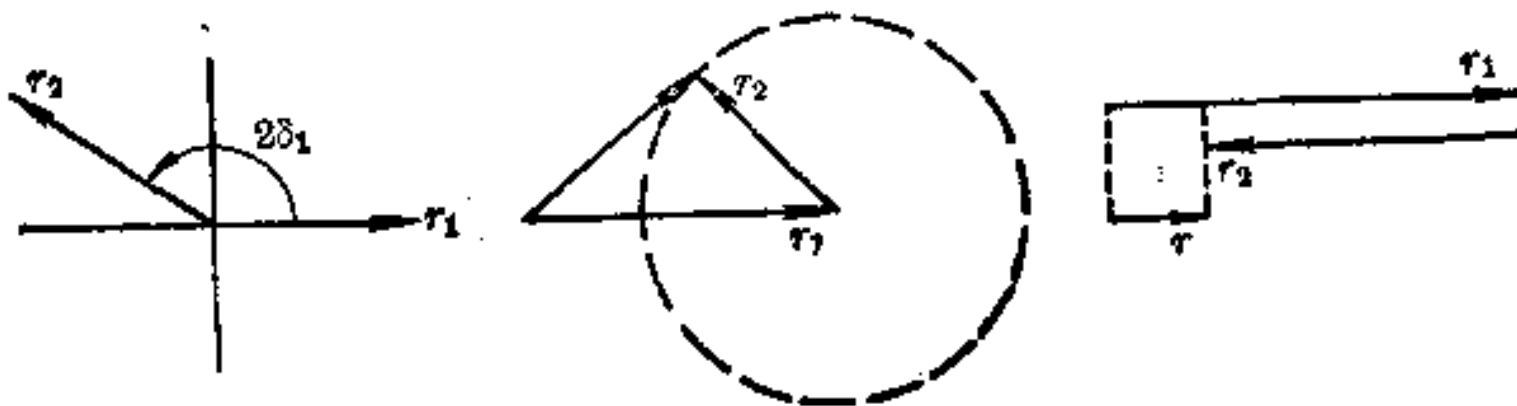
单层增透膜是减少界面反射的最简单途径，如右图用矢量法分析：

$$r_1 = \frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1}, r_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$



从矢量图上可以看到，合振幅矢量 $r$ 随着 $r_1$ 和 $r_2$ 之间的夹角 $2\delta$ 而变化合矢量端点的轨迹为一圆周。当膜层的光学厚度为某一波长的四分之一时，则两个矢量的方向完全相反。

矢量法用来分析单层薄膜情况：



可见当厚度为某一波长 $1/4$ ，并且 $r_1=r_2$ 时剩余反射为零：

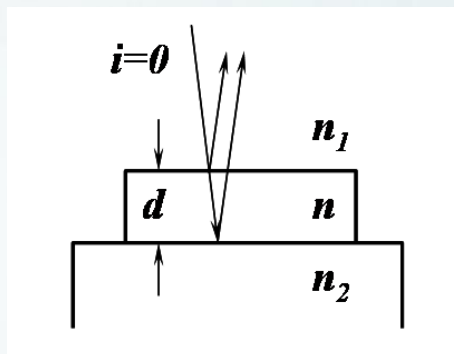
$$r_1 = r_2 \text{ 即 } \frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \text{ 则 } n_1 = \sqrt{n_0 n_2}$$

## PET界面的反射光消弱(中间层（易接着层）的厚度控制)

PET界面的反射光消弱,也就是增加PET的透光率,即可以利用薄膜干涉,提高PET的透光率。

增透膜的工作原理:

在PET表面涂覆一层厚度均匀的透明介质膜,使其上、下表面对某种色光的反射光产生相消干涉,其结果是减少了该光的反射,增加了它的透射。



使 $n_1 < n < n_2$ , 则增透膜上、下表面的反射光间没有半波损失。设波长为 $\lambda$ 的光垂直入射。则当:

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 i} = 2en = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

时, 反射光被削弱, 透射加强。

取 $k=0$ 时, 易接着层AC的厚度最小:

小结：涂布厚度在**3—5um**，即使涂布均匀性差彩虹纹也会比较浅但还是会有。要彻底消除或大幅度降低彩虹纹，涂布均匀性一定要好。硬化涂液的折射率一定要小于易接着层折射率，但也不能接近空气的折射率，这样才会增透，薄膜的透光率会大于基材的透光率。

❖ 满足以上硬化膜通用的物性需要什么样设备

❖ 1.机台精准度高（硬件：元件精度，装配精度，  
❖ 软件：控制精度）

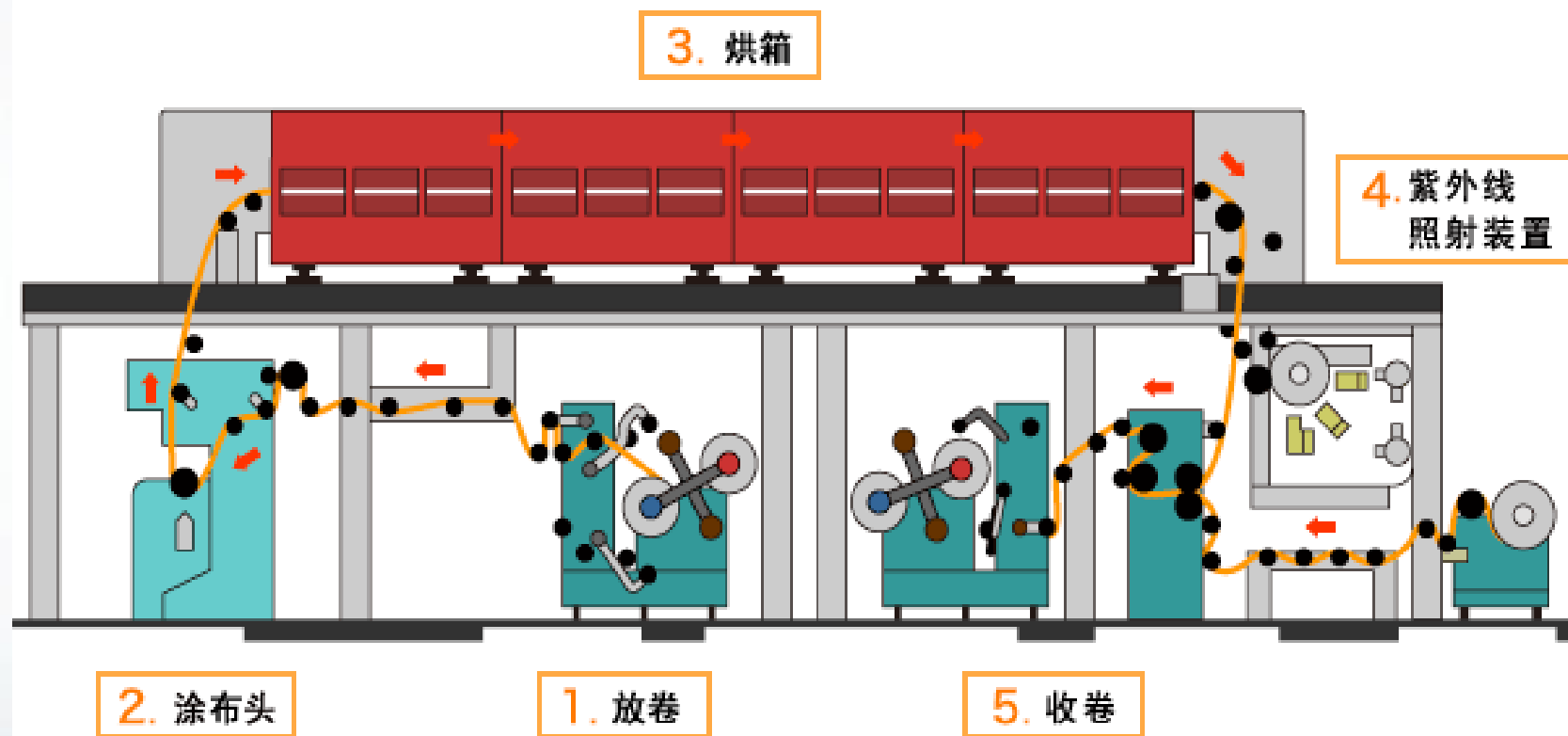
❖ 2.整体结构采用符合无尘室标准之材料制造，具  
❖ 有二次洁净系统，超越无尘室洁净作业标准

❖ 3.每根滚轮均做镜面处理等精密加工，不刮伤膜  
❖ 片，滚轮拆卸组装方便,易维修保养

❖ 4.整台机器符合人体工学，作业方便、效率高

# 满足要求的涂布机需要什么样配置

〈涂布机的示意图〉



## ❖ 1.放卷

双工位翻式不停机送料座

超音波对边机（无尘室专用）

清洁滚轮机构

静电消除器

全自动张力控制器





## ❖ 2.涂布组

涂布系统

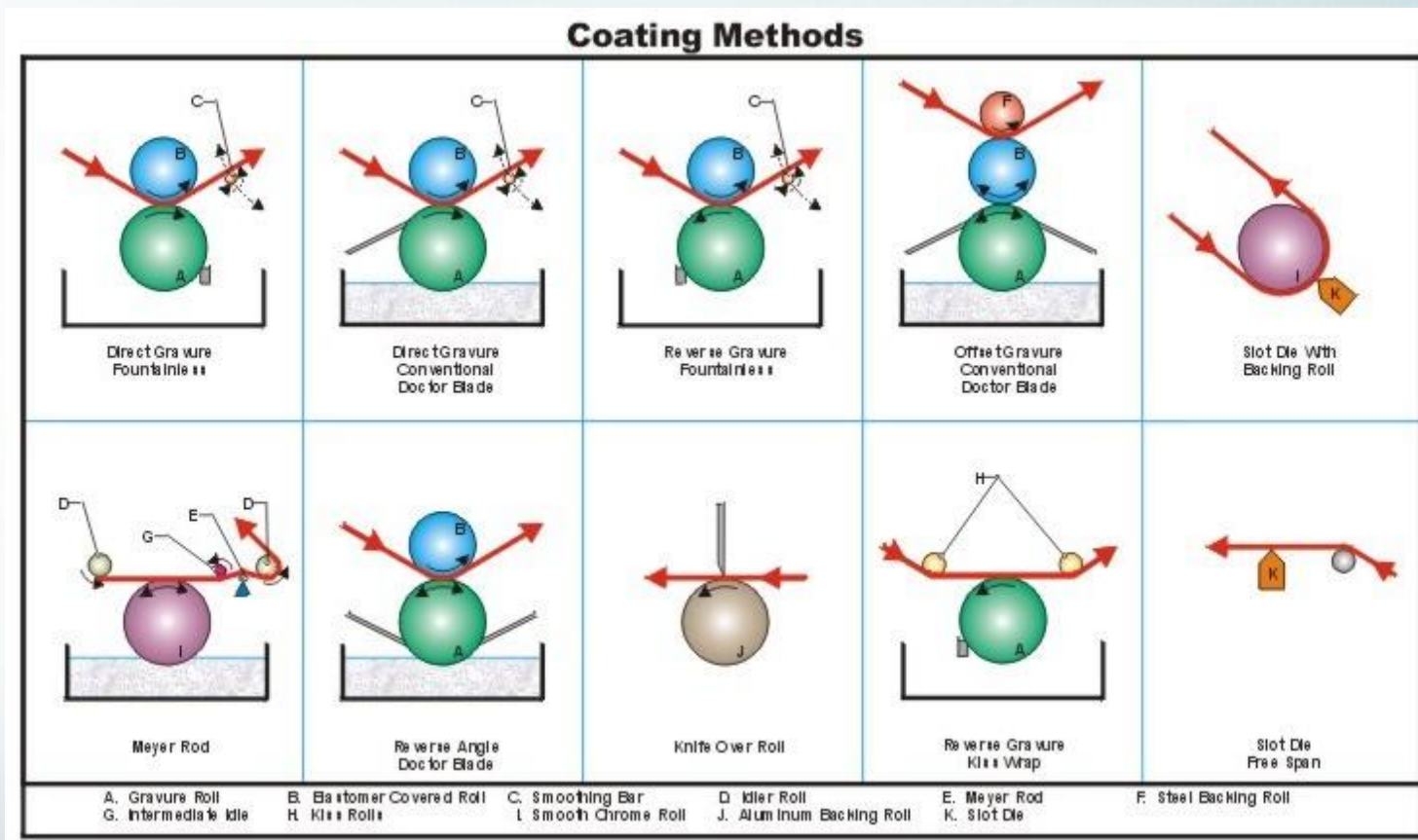
自动补胶系统

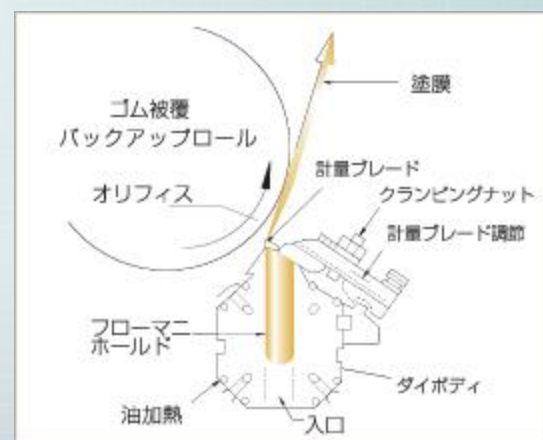
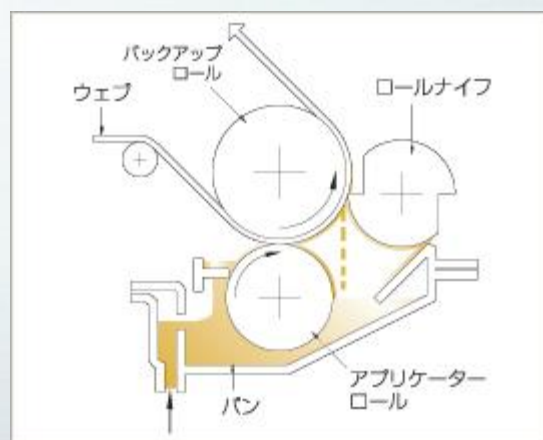
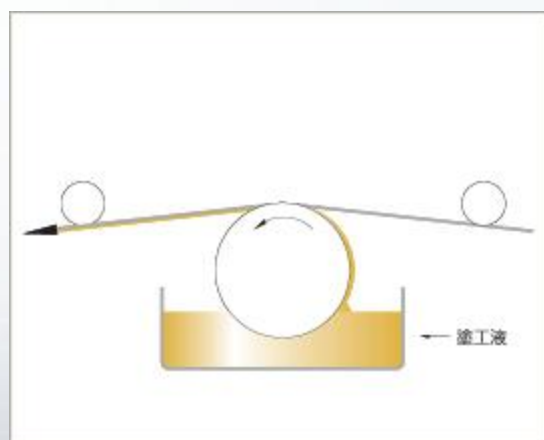
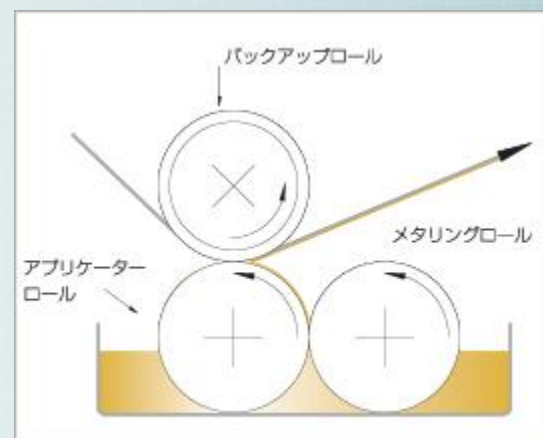
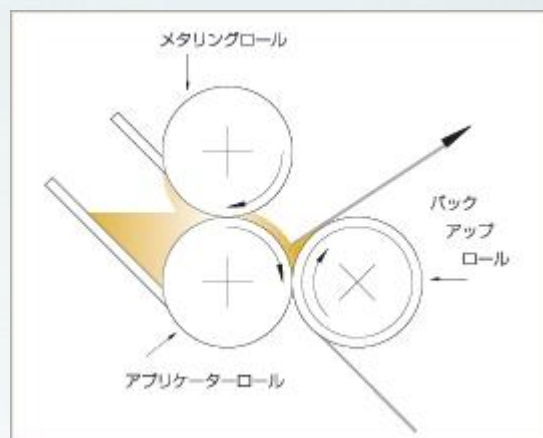
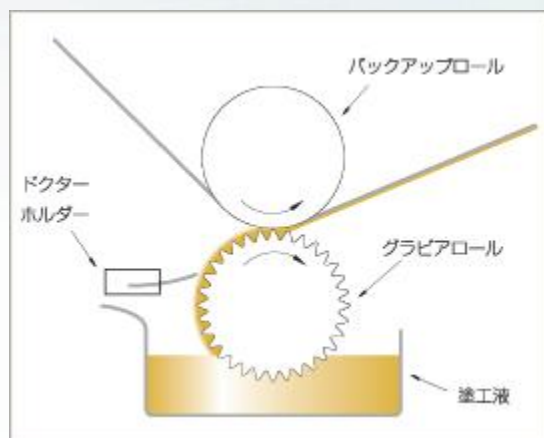
料槽以及加热系统

备注：涂布头的周围  
达到100级的洁净度



## 常用涂布方式介绍





**TABLE 1.1 / Summary of Some Coating Methods<sup>a</sup>**

Process	Viscosity (Pa·s)	Wet Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Coating Accuracy (%)	Speed Max (m/min)	Effect of Web Roughness
Single layer					
Rod (wire wound)	0.02–1	5–50	10	250	Large
Reverse roll	0.1–50	5–400	5	300	Slight
Forward roll	0.02–1	10–200	8	150	
Air knife	0.005–0.5	2–40	5	500	Large
Knife over roll	0.1–50	25–750	10	150	Large
Blade	0.5–40	1–30		1500	Large
Gravure	0.001–5	1–25	2	700	
Slot	0.005–20	15–250	2	400	Slight
Extrusion	50–5000	15–750	5	700	
Multilayer					
Slide	0.005–0.5	15–250	2	300	Slight
Curtain, precision	0.005–0.5	2–500	2	300	Slight

<sup>a</sup>The numbers in this table are only for rough guidelines.

Note: 1 Pa·s = 1000 cP

1  $\mu\text{m}$  = 1  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  of wet coating

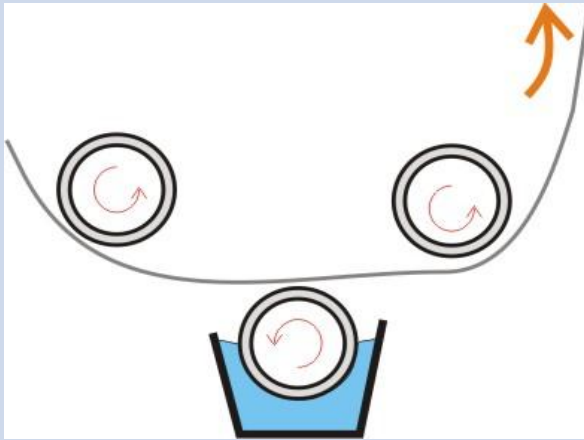
1  $\mu\text{m}$  = 1  $\text{g}/\text{m}^2$  for a density of 1  $\text{g}/\text{cm}^3$

1 m/min = 3.28 ft/min.

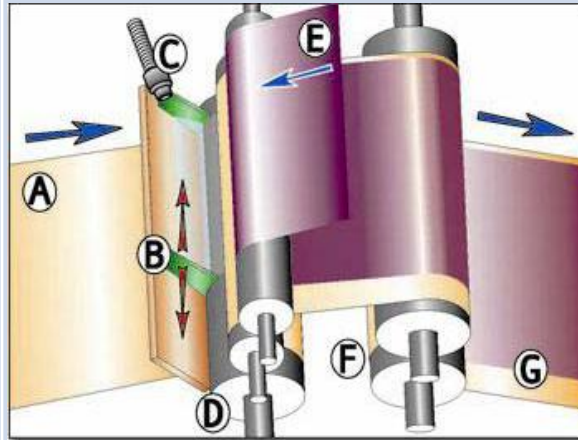
### *Micro Gravure*

### *Roll Coater*

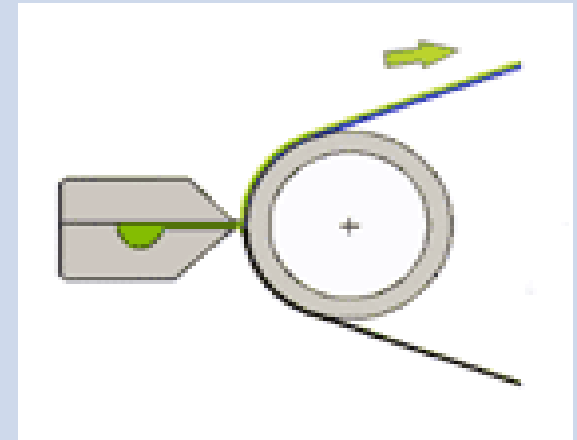
### *Slot die Coater*



涂布膜厚可 $5\sim 50\mu\text{m}$   
光阻(液)使用效率达95%  
以上。  
可实现 $\pm 2\%$ 的高精度涂布。

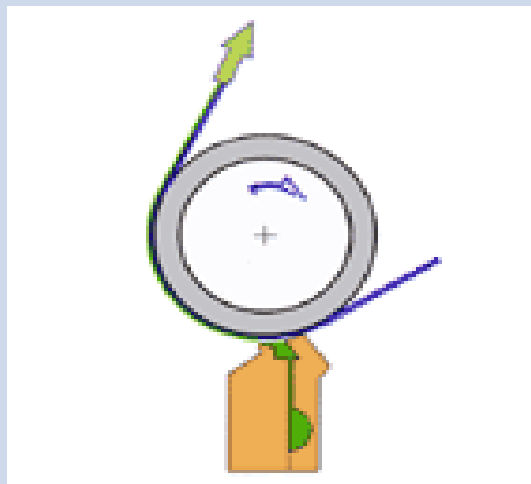


涂布膜厚可 $1\sim 60\mu\text{m}$ 。  
可进行高固化比率的液体  
涂布。



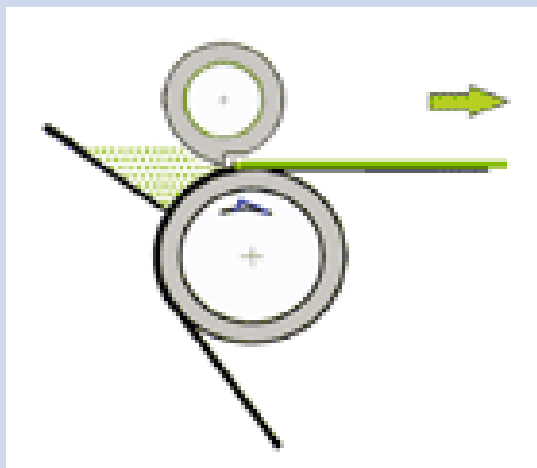
涂布膜厚可 $3\sim 300\mu\text{m}$ 。  
能适应基材厚薄以及灰尘  
等外在影响因素。  
可对应低速~高速的速率

### *Rip Coater*



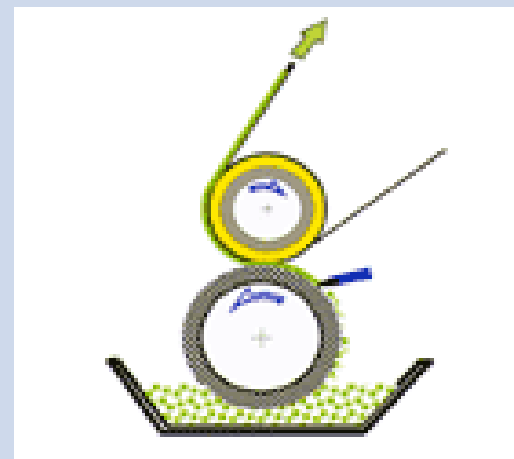
涂布膜厚可达**15~80 $\mu\text{m}$** 。  
较不受涂布液体的黏度  
以及涂布速度影响。

### Comma Coater



涂布膜厚可达**18~100 $\mu\text{m}$** 。  
可对应高黏度的涂布液。  
可轻易改变涂布范围。

### Gravure Coater



涂布膜厚可达**3~30 $\mu\text{m}$** 。  
可对应多种基材，并且容  
易控制涂布距离



# Slot die coating



优点:

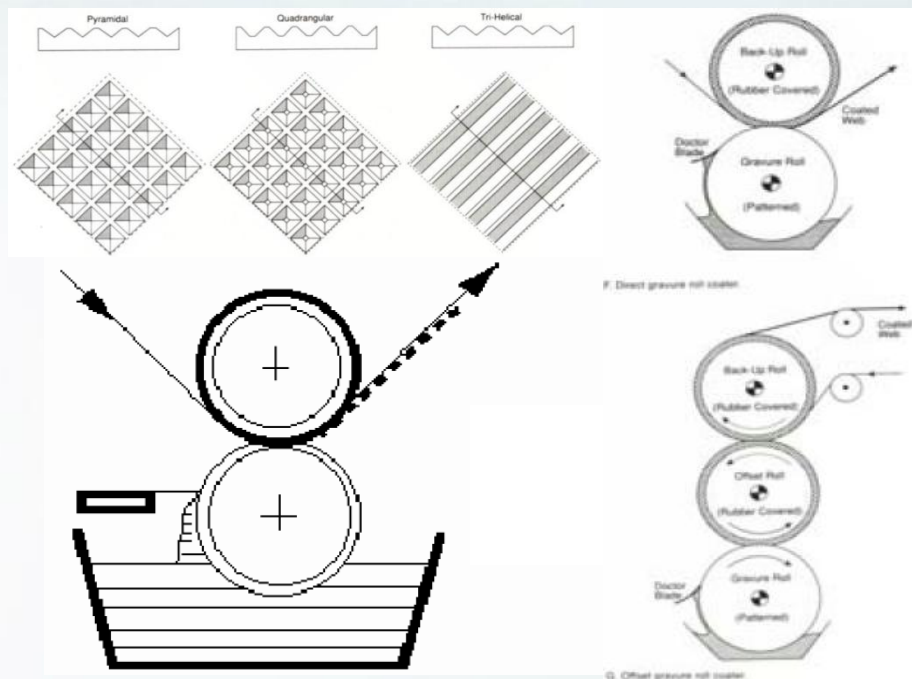
- (1)能够实现预计量涂布，涂布湿厚度可以达到 $1\mu\text{m}$ ，甚至更薄；
- (2)可以实现单层和双层涂布；
- (3)车速高 $300\text{m} / \text{min}$ ，这将大大提高了生产效率；
- (4)张力调控条缝涂布属于封闭式供液，溶剂不易挥发涂布液，污染问题减少。

缺点

- (1)溶剂型涂布液清洗比较困难，特别是清洗高精度供料系统管路和条缝涂布腔体，可操作性差；
- (2)对涂布环境洁净度要求高



# Gravure Coating



工作方式：  
二轮正转  
二轮反转  
三轮转印  
五轮转印

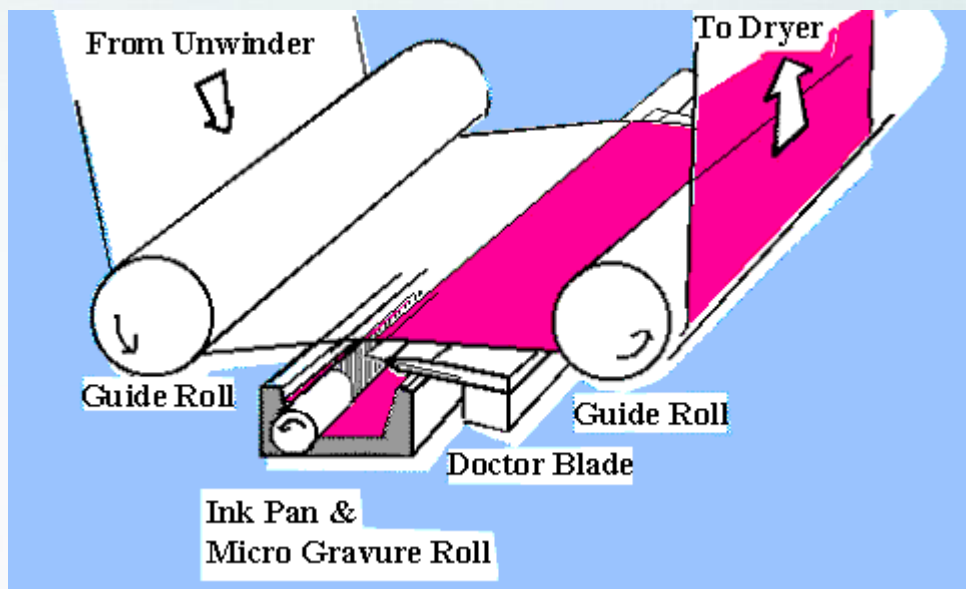
优点：

- (1) 精确的涂布量，涂布湿厚度可以达到 $1\mu\text{m}$ ，甚至更薄；
- (2) 高生产效率，车速高 $350\text{m} / \text{min}$ ，

缺点：

- (1) 变化涂布量及调整成本相对高
- (2) 可调整机构少
- (3) 背轮尺寸需求多

# Micro Gravure coating



优点:

- (1) 精确的涂布量
- (2) 变更涂布量容易
- (3) 容易调整涂布面
- (4) 转移涂布质量高

缺点:

- (1) 变化涂布量及调整成本高
- (2) 原膜展平度要求高
- (3) 换线清洁不易

## 微凹版辊网纹数与涂布量对应关系表

**Micro Gravure™** Wet Coat weight Chart

<b>Mesh Lines/inch</b>	<b>Wet Coat Thickness <math>\mu^*</math></b>
25	50 - 80
30	30 - 45
36	28 - 43
38	25 - 40
45	28 - 43
50	25 - 35
55	20 - 30
60	21 - 31
65	13 - 22
70	16 - 30
75	20 - 30
80	12 - 20

<b>Mesh Lines/inch</b>	<b>Wet Coat Thickness <math>\mu^*</math></b>
85	13 - 22
90	8 - 16
95	7 - 15
100	6 - 14
110	6 - 13
120	5 - 11
150	4 - 9
180	3 - 8
200	2 - 5
230	1.5 - 3.5
250	0.8 - 2

Notes: \*Coat weight is controlled by speed ratio of Gravure speed  $\div$  web speed, in ranges shown

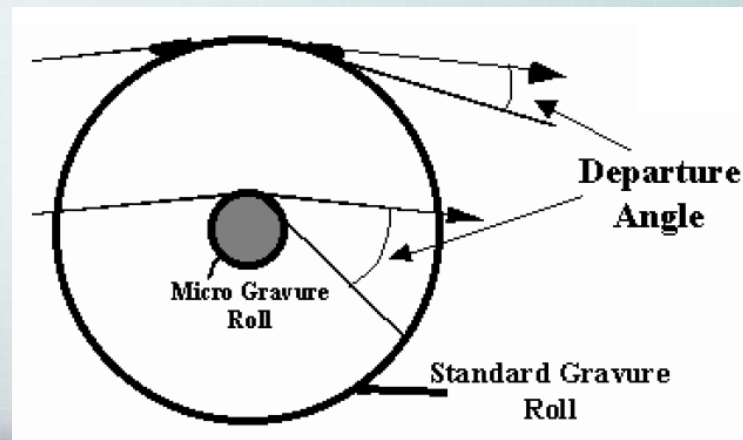
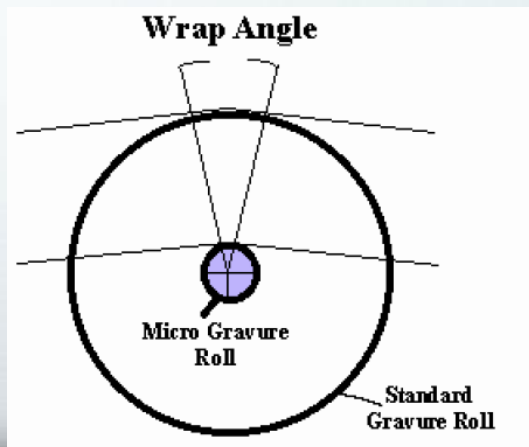
- ❖ 涂布厚度与微凹版辊网纹数关系：
- ❖ 英美传墨标准为BCM，即10亿立方微米 / 英寸<sup>2</sup>，
- ❖ 西欧为cm<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>，两者的换算关系为1BCM=1.55 cm<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>。
- ❖ 对于密度为1g / cm<sup>3</sup>的物料来说，1 cm<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>就等于1um，
- ❖ 计算200目(线)的凹版辊涂布湿厚方法：200目表示每英寸长度里有200个网穴(80个网穴 / 厘米)，200目传墨量为8.7BCM，设转移到基材上的涂布液是网孔容积的60%，湿厚度=1.55×8.7×60%=4um

表2 一种线数的网纹辊对应的BCM值范围较大

网纹辊线数 (线/英寸)	200	250	300	360	400	500
网孔容积 (BCM)	7.0~11.0	7.0~11.0	4.0~8.0	4.0~8.0	3.5~6.0	2.9~4.5
网纹辊线数 (线/英寸)	600	700	800	900	1000	1600
网孔容积 (BCM)	2.5~4.0	2.0~3.5	1.7~3.0	1.5~2.6	1.2~2.2	1.0~1.9

# 为什么Micro Gravure 优于Gravure涂布方式

- ❖ **1.普通凹版辊的直径约为125~250mm. 而微凹版涂布辊的直径20mm (涂布宽幅为300mm)和50mm (涂布宽幅为1600mm)。**这样小直径的凹版辊在涂布时与被涂基材的接触面积要小得多。涂布过程中凹版辊凹槽中的涂液一部分被转移到被涂基材上，一部分则仍留在凹版辊的凹槽内。这样进入和离开涂布点的前后会分别形成2个液桥，。在通常大直径凹版辊的情况下，易产生较大的干扰液桥，造成涂层弊病。特别当凹版辊还有压紧背辊工作时。情况尤为严重，而微凹版辊涂布工艺由于凹版的直径小，而且又没有压紧背辊，所以进入和离开涂布区的液桥量很小，比较稳定，从而有利于提高转移涂布的质量。
- ❖ **2.为除去凹版辊从料盘中带上的过多涂液，微凹版辊所使用的刮刀要远比普通凹版辊所使用的更为柔软而且压力更小，刮角近似于正切角，主要起匀化和定量的作用，而普通凹版辊的刮刀则更偏重于刮的作用。这样微凹版辊本身以及刮刀的寿命可延长许多。**



❖ 小结：选择微凹辊和预留价格便宜的反版二种涂布方式。根据涂布液干涂量选择**100**目到**180**目之间的微凹辊（具体纹路选**K**型还是**S**型或其他）



### ❖ 3. 烘道

特点：烘箱易清洁、无死角不产尘、符合无尘等级**1000**级，多点温控，可符合多样制程。

加热方式：

电热加热：石英灯管波长（红外线中波、红外线短波）。

热煤加热：经热煤锅炉加热后，经热加换室输送热源，以热风方式加热。

蒸气加热：经蒸气锅炉加热后，经热加换室输送热源，以热风方式加热。

工作方式：

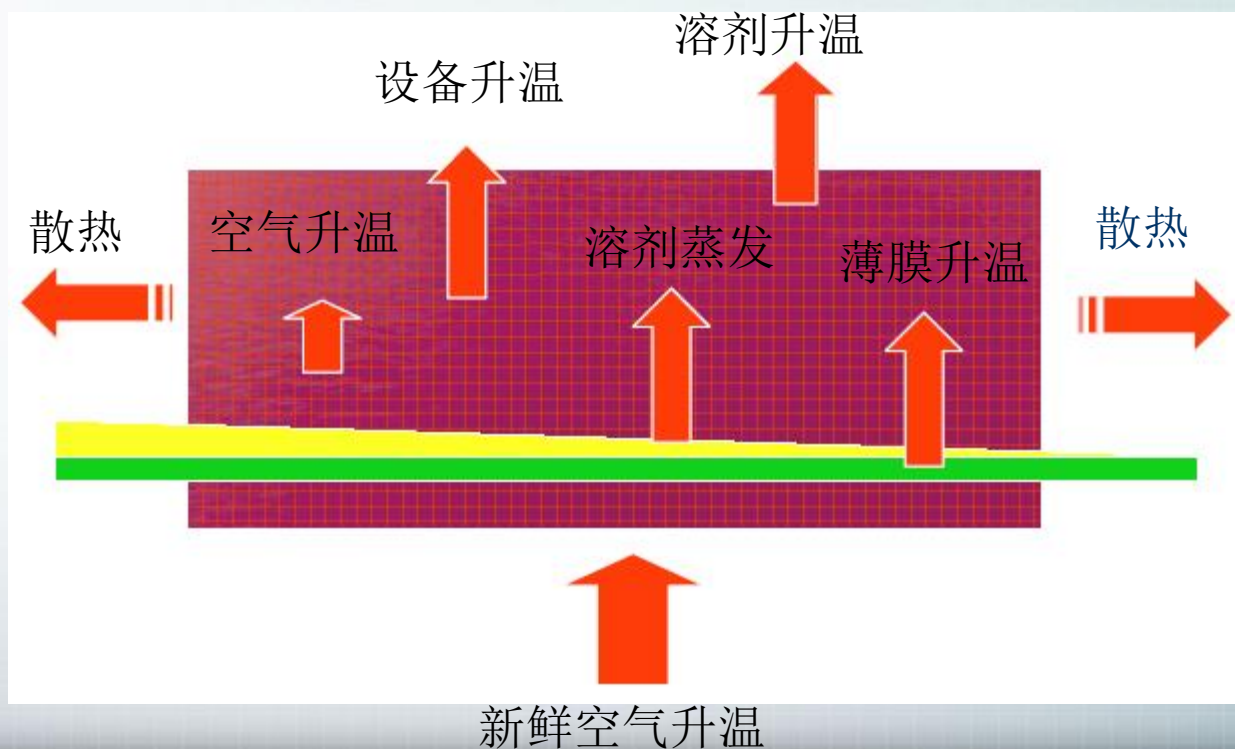
飘浮加热：以空气支撑基材，避免基材擦伤，减少针孔现象之问题  
两面加热，热传导效率，可缩短干燥设备长度

滚轮传动式：以滚轮传动带动基材适用各式基材，最经济之投资。

半飘浮式：面加热，热传导效率高，可缩短干燥设备长度，适合多数种类，  
如：纸类、薄膜类基材，操作简易，可生产多样少量之产品



- ❖ 漂浮式与滚轮式相比：不易产生划伤，热传导效率低但为强风维持材料漂浮，风差大也有可能强风引起胶位移乱飘，影响成品，且价格相对昂贵。滚轮式：用镜面轮带动，流程平稳，也不会刮伤膜片，但热传导效率没有漂浮式高，价格比漂浮式便宜



## ❖ 4. 紫外固化装置

**UV灯具-1 (台湾 C-SUN志圣紫外线干燥系统) 2式**

- ❖ 高压水银灯管(进口灯管)**80/100/120W**三段切换
- ❖ 强制气冷式抽风系统 或水冷却

**UV灯具-2 (美国 Nordson微波灯 CW2-410) 2式**

- ❖ 灯管发光长**10英寸 X 6组 ,10" WIDE,420 WATTS PER INCH**
- ❖ 强制气冷式抽风系统 , **COOLWAVE**灯头
- ❖ 或者**Fusion**



## ❖ 5.收卷

双工位翻式不停机送料座

超音波对边机（无尘室专用）

静电消除器

全自动张力控制器



❖ 备注：系统必须稳定：闭环恒张力系统

❖ 张力（**F**）\* 卷径（**D/2**）= 转矩（**T**）

❖ 随着收卷卷径的增大，材料的张力会减小，收卷材料会稍微松点，通过恒张力系统反馈通过计算卷径变大，变频器内部会自动增大转矩给定，那么此时收卷材料张力就会保持不变

## ❖ 其他选配附带设备

表面处理装置：Plasma大气电浆，corona 电晕处理

瑕疵检查装置：透光、反光

分光光度计：紫外线可视分光光度计

厚度计：激光非接触式

整卷清洁装置：2段粘着式辊子

# 谢谢！

联系人：季先生  
手机：13913721306  
邮箱：117325788@qq.com  
网址：www.w-coating.com  
www.w-moyi.com