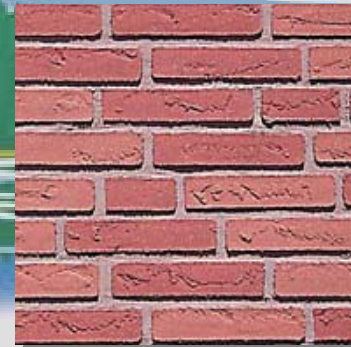
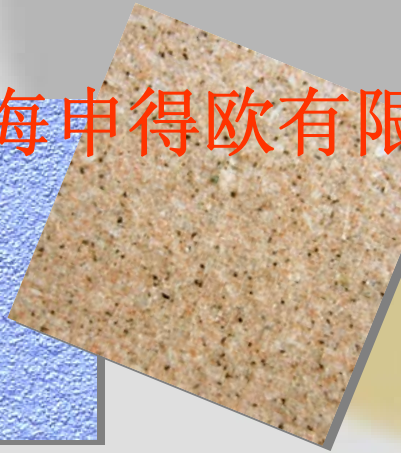
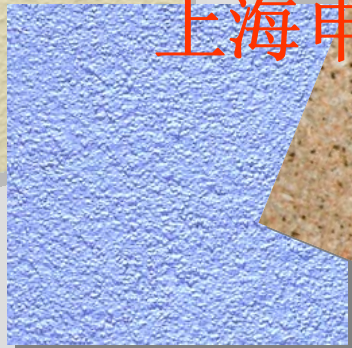
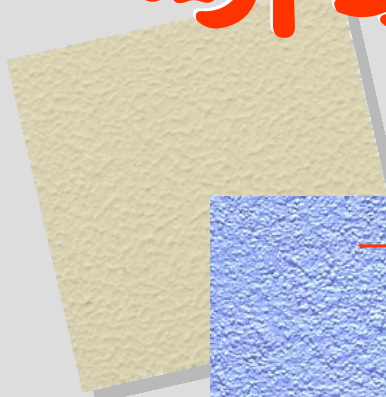


建筑涂料 研发现状和进展

上海申得欧有限公司 林宣益



1996-2011年M2、GDP、房地产投资和竣工建筑面积情况

年份	M2/亿元	M2增速/%	GDP/亿元	GDP名义增速/%	房地产投资/亿元	房地产投资增速/%	竣工建筑面积/亿m ²
1996	76095	25.3	71177	17.1	3825	21.5	16.2
1997	90995	19.6	78973	11.0	3106	-18.8	16.61
1998	104499	14.8	84402	6.9	3580	15.3	17.09
1999	117638	12.6	89677	6.2	4103	14.6	18.74
2000	132488	12.6	99215	10.6	4984	21.5	18.2
2001	152889	15.4	109655	10.5	6344	27.3	18.24
2002	183247	19.9	120333	9.7	7791	22.8	19.67
2003	219227	19.6	135823	12.9	10106	29.7	20.23
2004	250803	14.4	159878	17.7	13158	30.2	20.7
2005	296040	18.0	183217	14.6	15759	19.8	22.76
2006	345578	16.7	211924	15.7	19382	23.0	21.25
2007	403401	16.7	257306	21.4	25280	30.4	23.84
2008	475167	17.8	300670	16.9	30580	21.0	26.03
2009	610225	28.4	340507	13.2	36232	18.5	30.21
2010	725774	18.9	401513	17.9	48267	33.2	30.43

M2、GDP、房地产投资的14年增加倍数和平均增速

时间	M2	GDP	M2/GDP	房地产投资
1996年	76095亿元	71177亿元	1.07	3825亿元
2011年	851591亿元	471564亿元	1.81	61740亿元
15年增加了多少倍	11.2	6.6	1.70	12.6
15年年均增速/%	17.5	13.4	1.34	20.4

我国**2011年224家**建筑涂料企业产量是**3455194**吨，同比增加**8.3%**。如与**2010年410家**建筑涂料企业统计数据**3518217**吨比，则降低了**1.8%**。

因为**2011年**统计范围是主营销销售收入**2000**万元及以上，计**224**家。**2010年**统计范围是主营销销售收入**500**万元及以上，计**410**家。

根据中国涂料工业协会，**2011年**我国**939**家企业统计涂料产量是**1080**万吨，同比增长**16.4%**，与**2010年1401**家企业统计的涂料产量**967**万吨比，增长**11.7%**，**2011年**建筑涂料产量预计接近**400**万吨。



1996-2011年建筑涂料产量和占涂料比例等

年份	涂料产量/万吨	涂料增速/%	建筑涂料产量/万吨	建筑涂料所占比例/%	建筑涂料增速/ %
1996	160	-5.7	29.6	18.5	/
1997	166	3.8	30.9	18.6	4.3
1998	168	1.4	46.5	27.6	50.5
1999	171	1.7	51.6	30.1	10.9
2000	184	7.4	56.3	30.6	9.3
2001	182	-1.3	58.8	32.4	4.4
2002	202	11.0	65.3	32.4	11.1
2003	242	19.8	72.1	29.9	10.4
2004	298	23.4	113.4	38.0	57.3
2005	404	35.6	130.1	32.2	14.7
2006	529	30.9	155.4	30.6	19.4
2007	597	12.9	179.6	30.1	15.6
2008	638	6.8	194.1	30.4	8.1
2009	755	18.4	261.7	34.6	34.8
2010	967	28.0	351.8	36.4	34.5
2011	1080	11.7	345.5	32.0	-1.8

2002-2010年建筑涂料企业规模

年	统计产量/t	统计企业产量/t	其他企业产量/t	统计企业/个	统计企业平均规模/吨/个
2002	653167	631830	21337	185	3415
2003	721036	705177	15859	186	3791
2004	1133539	1132047	1492	228	4965
2005	1335149	1333565	1584	254	5250
2006	1554398	1553071	1327	242	6418
2007	1795623	/	/	/	/
2008	1940791	1940791	0	263	7379
2009	2616692	2616692	0	379	6904
2010	3518217	3518217	0	410	8581
2011	3455194	3455194	0	224	15425

我国各种涂料近几年的产量和比例

品种	2007		2008		2009		2010	
	产量/万吨	%	产量/万吨	%	产量/万吨	%	产量/万吨	%
建筑涂料	269	45	295	46.2	361	47.8	441	45.6
木器涂料	65	10.9	63	9.9	72	9.5	80	8.3
汽车涂料	35	5.9	36	5.6	45	6	58	6
卷材涂料	12	2	12	1.9	15	2	16	1.7
粉末涂料	68	11.4	72	11.3	83	11	85	8.8
防腐涂料	73包含船舶涂料	12.2	50	7.9	61	8.1	65	6.7
船舶涂料	/	/	32	5	35	4.6	40	4.1
其它涂料	75	12.6	78	12.2	83	11	181.6	18.8
合计	597	100	638	100	755	100	966.6	100

总体评价

我国建筑涂料市场是开放的，并已成为世界市场的主要部分。

世界著名建筑涂料企业和涂料原材料供应商纷纷在我国建厂，每年一次涂料（涂料原材料）展，众多的论坛等，再加互联网，技术交流十分便捷，从而使我国建筑涂料技术接近国际水平。

我国建筑涂料也有自己的特点。如，我国环境污染较大，对外墙涂料的耐沾污性要求较高；对装饰性更关注；对砖石情有独钟，仿石仿砖大流行等。

- 一. 水包水多彩涂料
- 二. 隔热保温涂料
- 三. 环境友好型涂料
- 四. 无机干粉建筑涂料
- 五. 水性涂料聚合物多相性 (polymer heterogeneity) 发展
- 六. 受控聚合技术
- 七. 仿石仿砖等高装饰效果涂装技术

一.水包水多彩涂料

涂料的装饰作用

色彩：丰富，单色

光泽：亚光、半光、有光、金属光泽

质感：

突破涂料的单色性，大大提高了涂料的装饰性。

仿真度高，装饰性好，环境友好。好多建筑涂料企业都已推出该产品，并做了一些工程，取得较好结果。市场看好。

水性多彩涂料的分散相和连续相都是水性的，稳定性先天成为短板。

渗色而使颜色混浊以及彩点变小等储存和运输稳定性问题有待进一步提高。

大面积施工结果一致性也有待改进。

二.隔热保温材料

阻隔性隔热保温材料（低导热系数）

反射隔热涂料（高反射率）

发射隔热涂料（外墙：高发射率；内墙：
低发射率）

1.反射隔热涂料

以合成树脂乳液为基料，以水为分散介质，加入颜料（主要是红外反射颜料）、填料和助剂，经一定工艺过程制成的涂料，叫做反射隔热乳胶漆，也就是目前所称的反射隔热建筑涂料。

在该定义中，其关键特征是红外反射颜料。

人们把在可见光区具有选择吸收，即呈现色彩，同时在红外区能反射红外光的颜料称为红外反射颜料，简称**IR**颜料（**Infrared Reflective Pigment**）。

红外反射颜料通常由金属氢氧化物、氧化物等原料，混合后经**650°C-1300°C**煅烧，进行固相反应，原料中金属离子和氧离子重新排列，按氧离子和金属离子的比例，形成更稳定的类似于金红石型（**rutile, O/M=2.00**）、尖晶石（**spinel, O/M=1.33**）、赤铁矿或刚玉（**hematite or corundum, O/M=1.50**）结构的复相无机颜料。

颜料里通常含有钒、镍、锰、铬、铜、铁、钴等发色金属离子和晶体电荷平衡离子，如锂、镁、钛、钙、钡、铈、钼、钨、锌、铝和锶。

红外反射颜料户外使用寿命长，可达**30**年。当然价格也很

关键是选择红外反射颜料和配色

既符合客户装饰对颜色的要求，又具有尽可能高的反射率

1.1 反射隔热涂料的隔热机理

太阳能对建筑物的热环境和能耗有着十分重要的作用。

反射隔热涂料通过对太阳能的反射和发射达到隔热效果。

建筑涂料的发射率都在**80%**以上，且调节困难。

美国军标规定深色漆反射率在50%以上。

美国绿色涂料环境标志 (GS-11 Green Seal Environmental Standard for Paints and Coatings)

对墙面建筑涂料的要求是浅色漆反射率在65%以上；

深色漆反射率在40%以上。

用相同颜色涂料装饰的外墙面，反射隔热涂料和普通涂料相比，由于反射了红外光部分能量，其表面温度会较低。颜色越深，明度越低，往往差值越大，大致如表1所示。当然，不同颜色，差值也不同。

反射隔热涂料和普通涂料之间的温差/°C

明度	20	50	70
温差	24	20	11

1.2 反射隔热涂料的性能

1.2.1 节省空调能耗

1.2.2 缓解城市热岛效应

1.2.3 提高涂膜使用寿命

1.2.4 改善涂膜耐沾污性

1.2.5 提高系统抗裂能力

1.2.6 可以对外墙外保温饰面涂料明度不作要求

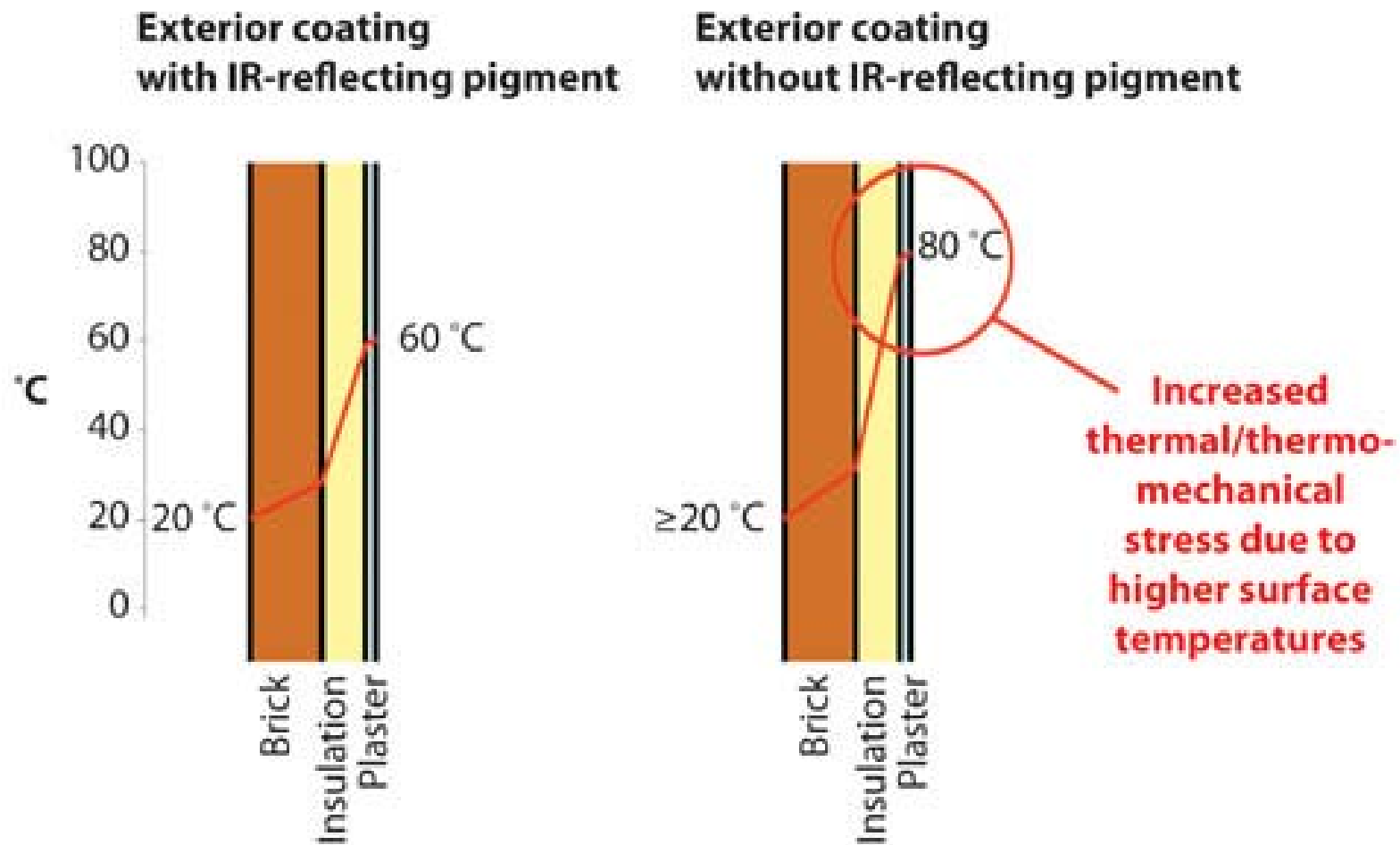
邱童等：

表 1 隔热涂料传热系数修正系数实测值

基墙种类	传热系数的修正系数
120 mm 空心黏土砖	0.56
30 mm EPS 外保温+120 mm 空心黏土砖	0.78

采用反射型隔热涂料对于上海地区建筑能耗具有一定的影响，此影响随建筑类型的不同而不同。对于居住建筑而言，考虑到空调使用模式的不同，其墙体采用隔热涂料后建筑全年可节能**2%**（全年空调）~**5%**（仅夏季空调）左右。

FIGURE 7 | Temperature profile of composite thermal insulation with and without IR-reflecting pigments.



1.3 反射隔热涂料的应用

反射隔热涂料可以单独使用，更好地是与其他保温材料配合使用，构成系统。

由于保温需要有一定的热阻。既要求材料有低的导热系数，又要有一定的厚度，二者缺一不可。尽管薄层反射隔热涂料导热系数不高，自身热阻较大，但因涂膜厚度很薄，总热阻有限，保温效果不大。应与其他保温材料配合使用，构成复合系统。如和保温砂浆、泡沫混凝土、**EPS**、**XPS**、**PU**、酚醛、岩棉等。这样才能满足节能要求，达到较理想的隔热和保温作用。

2. 保温涂料

GB/T 17371-1998 《硅酸盐复合绝热涂料》的性能指标

序号	项目		单位	技术指标		
				A等级	B等级	C等级
1	外观质量			色泽均匀一致粘稠状浆体		
2	浆体密度	≤	kg/m ³	1000		
3	pH值			9-11		
4	干密度	≤	kg/m ³	180	220	280
5	体积收缩率	≤	%	15.0	20.0	30.0
6	抗拉强度	≥	kPa	100		
7	粘结强度	≥	kPa	25		
8	导热系数 ≤	350℃ ± 5℃	W/(m.K)	0.10	0.11	0.12
		70℃ ± 2℃		0.06	0.07	0.08
9	高温后抗拉强度 (600℃ 恒温4h) ≥		kPa	50		

传热系数**K=1**，隔热保温涂膜要多厚？

$$K = \frac{1}{Ri + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + Re}$$

式中： δ ---每层材料的厚度，m；

假定外墙为双排孔混凝土小砌块**190mm × 190mm**，
内侧**20mm**水泥砂浆找平层。

解： $K = \frac{1}{0.11 + \frac{0.02}{0.87} + \frac{0.19}{0.69} + \frac{\delta_3}{0.05} + 0.04} = 1$

$\delta_3 = 0.0276\text{m} = 27.6\text{mm}$ ，这是不可能的！

假如涂层厚**200 μ**，导热系数应为多少才能满足**K=1**要求？

$$K = \frac{1}{0.11 + \frac{0.02}{0.87} + \frac{0.19}{0.69} + \frac{0.0002}{\lambda_3} + 0.04} = 1$$

$\lambda_3 = 0.00036 \text{ W/m.K}$,

静止空气 **$\lambda = 0.023 \text{ W/m.K}$** ， **$\lambda$ 要少于 **0.02 W/m.K** 是很难的。**

不同保温涂料的导热系数

保温材料	平均温度 / °C	导热系数 / [W · (m · K) ⁻¹]	涂膜外观
空白	27.745	0.308	平整
漂珠	27.720	0.203	平整
海泡石	27.695	0.263	平整
中空玻璃微珠	27.835	0.118	平整
蛭石	27.790	0.263	平整
珍珠岩	27.795	0.228	少量细裂纹
陶瓷	27.935	0.268	少量细裂纹
硅藻土	28.590	0.226	平整

3.辐射型隔热涂料

外墙：高发射率

内墙：低发射率

建筑涂料的发射率都在**80%**以上，且调节困难。

三. 环境友好型涂料

低**VOC**和零**VOC**建筑涂料，不仅是白色涂料，更重要的是有色涂料。也就是说，色浆也要求是低**VOC**和零**VOC**的。

无**APEO**(烷基酚聚氧乙烯醚)建筑涂料。

严格控制好有害物质限量。

低气味或无气味涂料。

光催化建筑涂料，消解有毒有害物质。

等等。

一些标准对游离甲醛含量的要求

序号	标准	游离甲醛含量要求/ mg/kg
1	GB 18582-2008 室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量	100
2	GB 24408-2009 建筑用外墙涂料中有害物质限量	100
3	GB 24410-2009 室内装饰装修材料水性木器涂料中有害物质限量	100
4	HJ/T 201-2005 环境标志产品技术要求 水性涂料	100

防腐剂活性组分的明示值

明示	人类健康			环境		蓝天使 2010
	R43	R40	R36	R50	R52/53	
CMIT/MIT	15ppm		0.06%		0.25%	15ppm
游离甲醛	0.2%	1%	5%	25%		10ppm
MIT	0.1%		3%	25%		
BIT	500ppm			25%		
Bronopol			5%	25%		200ppm
DBDCB	1%				0.25%	500ppm

注：**R43**-也许对皮肤过敏；**R40**-可能有不可逆作用风险；**R36**-对眼睛有刺激；**R50**-对水生物很毒；**R52/53**-对水生物有害，也许对水环境造成长期负面影响。

防霉防藻剂活性组分的明示值

活性组分	R43	R40	R46	R60/61	R50	R52/53	蓝天使 2010
Carbendazim			0.1%	0.5%		0.25%	
OIT	0.05%					0.25%	
DCOIT	0.01%					0.25%	
IPBC	1%					0.25%	80ppm
ZnPt					25%		
Diuron						0.25%	
Terbuthryne						0.25%	

注：**R43**-也许对皮肤过敏；**R40**-可能有不可逆作用风险；**R46**—也许损害遗传；**R60/61**--也许损害生殖,也许对未出生孩子有害；**R50**-对水生物很毒;**R52/53**—对水生物有害，也许对水环境造成长期负面影响。

2010年版德国蓝天使对防腐剂 and 防霉剂要求

序号	活性组分及组合	内墙涂料中含量
1	二氧化钛/氯化银	≤ 100 ppm (基于氯化银)
2	MIT/BIT(1:1)	≤ 200 ppm
3	CMIT/MIT(3:1)	≤ 15 ppm
4	IPBC	≤ 80 ppm
5	BIT	≤ 200 ppm
6	BNPD	≤ 200 ppm
7	BNPD+CMIT/MIT (3:1)	≤ 130 ppm + ≤ 15 ppm
8	BNPD+ CMIT/MIT (3:1)	≤ 150 ppm + ≤ 10 ppm
9	BNPD+ CMIT/MIT (3:1)	≤ 170 ppm + ≤ 5 ppm
10	MIT/BIT(1:1)+CMIT/MIT (3:1)	≤ 150 ppm + ≤ 12,5 ppm
11	MIT/BIT(1:1)+CMIT/MIT (3:1)	≤ 125 ppm + ≤ 15 ppm
12	DBDCB	≤ 500 ppm
13	BIT+CMIT/MIT (3:1)	≤ 150 ppm + ≤ 12,5 ppm

苯并咪唑氨基甲酸甲酯（carbendazim）的分类和明示

BCM含量/%	标志	危害标识	R-风险和S-安全	限定使用者	MSDS材料安全表
<0.1	无	无	无	无	无
0.1~<0.25	T	有毒	R46、S53、S45	限定专业使用者	2类致变物
0.25~<0.5	T	有毒	R46、R52/53 S53、S45	限定专业使用者	2类致变物
0.5~<2.5	T	有毒	R46、R60、R61、R52/53、 S53、S45	限定专业使用者	2类致变物 2类重现毒性物
2.5~<25	T N	有毒、对环境有危害	R46、R60、R61、R51/53 S53、S45、S60、S61	限定专业使用者	2类致变物 2类重现毒性物
≥25	T N	有毒、对环境有危害	R46、R60、R61、R50/53、 S53、S45、S60、S61	限定专业使用者	2类致变物 2类重现毒性物

注：1. T---白骨和骷髅，N---死鱼和死树。

2. R46—也许损害遗传；R60--也许损害生殖；R61--也许对未出生孩子有害；R52/53—对水生物有害，也许对水环境造成长期负面影响；R51/53--对水生物有毒，也许对水环境造成长期负面影响；R50/53--对水生物很毒，也许对水环境造成长期负面影响。

3. S53—用前有专门指导，避免接触；S45—接触到或不适，即请医生咨询；S60—该物品及其包装须按危险品出理；S61—避免排入环境，参见材料安全表。

4. 欧盟成员国要在2005-10-31前将《欧洲危险物质导则》第29次技术修订内容变成本国立法。

四. 无机干粉建筑涂料

一般是由乳胶粉、白水泥、颜料和填料、助剂配制而成。它具有如下优点：

运输和贮存方便 普通涂料中约含**20%-50%**的水，而无机干粉建筑涂料中没有水。也就是说，这部分水既不需运输，也不需要贮存。

含水的涂料，当运输和贮存的温度低于**0℃**时，往往会冻坏，而无机干粉涂料不存在此问题。

无需防腐剂 乳胶漆中既有水，又有细菌的食粮，容易被细菌污染。无机干粉涂料中，没有水，不存在被细菌污染问题，所以不需防腐剂。

环境友好。低**VOC**。

通过不同施工方法，可创造出丰富多彩的装饰效果。

缺点是达到颜色一致性有些难度，容易泛碱等。

五. 水性涂料聚合物多相性（**polymer heterogeneity**）发展

溶剂型涂料的聚合物是溶解在溶剂中形成均匀相，而水性涂料聚合物大多是粒状的。通过粒子的组成、结构和形态等变化，就能得到不同的聚合物。多相性成为解决水性涂料的钥匙。

如核壳结构聚合物，通过Tg多相性，能提高成膜性和耐沾污性等大家都已知道。**L.J.Borthaker**等以丙烯酸丁酯、甲基丙烯酸、乙二醇二甲基丙烯酸酯共聚物为核，以苯乙烯和甲基丙烯酸甲酯共聚物为壳，合成核壳聚合物。以此聚合物为颜料制成涂料，能替代**17%**的钛白粉。

通过溶胶-凝胶法、共混法等，将二氧化硅和丙烯酸制成无机/有机杂化聚合物，提高涂料耐沾污性、耐溶剂性等。有人在丙烯酸粒子外，用溶胶-凝胶法覆盖一层二氧化硅，以此制成抗反射涂料。

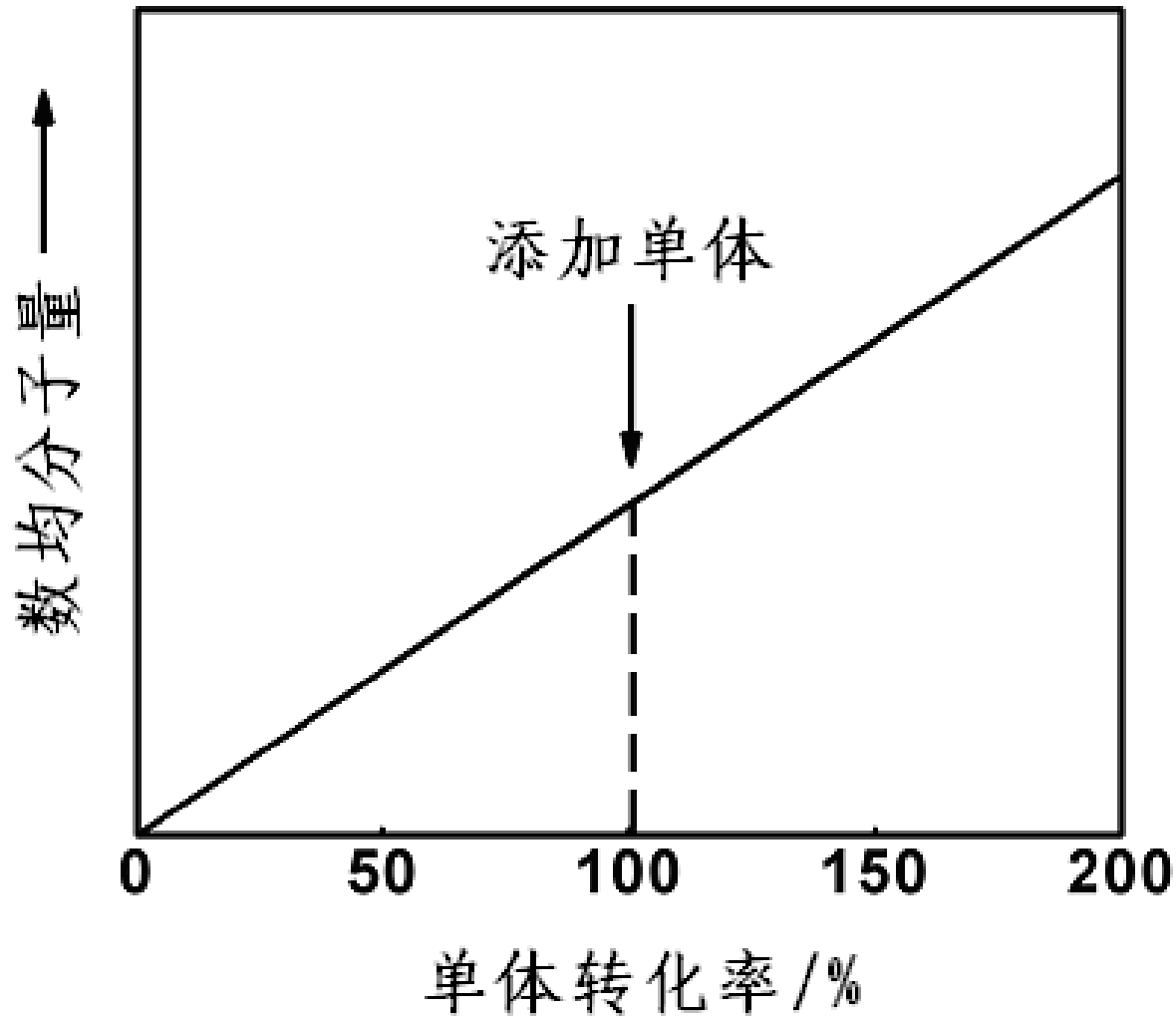
醇酸和丙烯酸相容性不好，难以混合。通过醇酸和丙烯酸的杂化，做木器漆的底漆等。

六.受控聚合技术（活性聚合）

不存在链转移和链终止的聚合称为活性聚合。

典型的活性聚合具备以下特征：

- （1）聚合产物的数均分子量与单体转化率呈线性增长关系；
 - （2）当单体转化率达**100%**后，向聚合体系中加入新单体，聚合反应继续进行，数均分子量进一步增加，并仍与单体转化率成正比；
 - （3）聚合产物分子量具有单分散性；
 - （4）聚合产物的数均聚合度应等于每个活性中心上加成的单体数，即消耗掉的单体浓度与活性中心浓度之比。
- 因此活性聚合又称计量聚合。



受控聚合技术

能合成分子结构确定和相对分子量可控的聚合物，即向分子设计迈进一大步。

基团转移聚合(**GTP**)

原子转移游离基聚合(**ATRP**)

氮氧调控聚合(**NMP**)

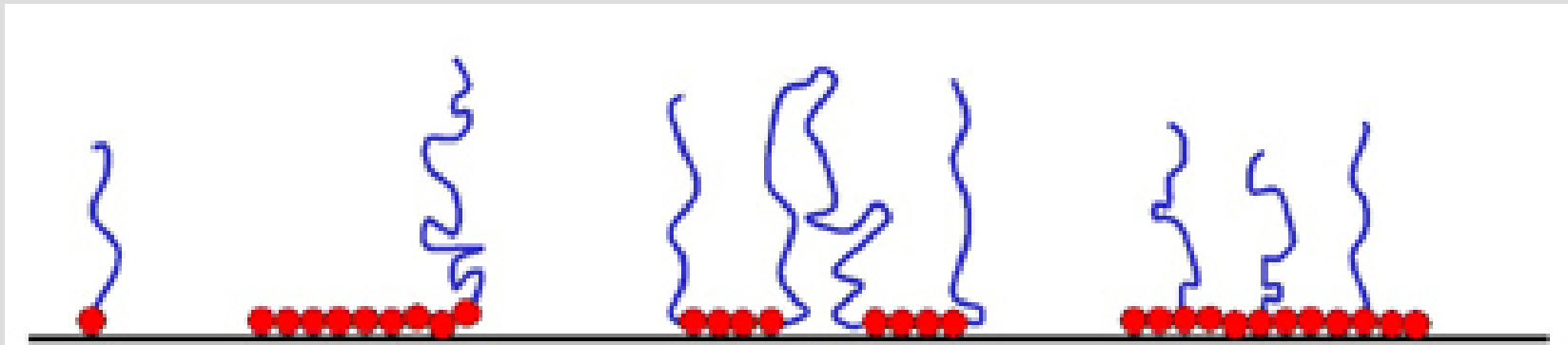
可逆加成分裂链段转移聚合(**RAFT**)

等是当今最常用的受控聚合技术。

利用这些技术，选用合适的方法和设备，选择不同的单体，按设计的次序进行排列，最终合成特定结构、相对分子质量分布窄、近单分散的聚合物。如果采用常规的方法，即使花大量的时间、精力、材料也无法做到这样。

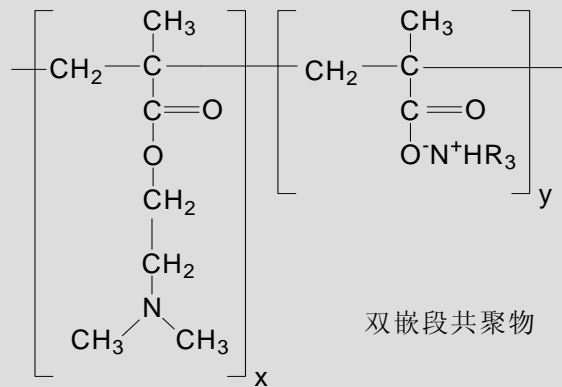
受控聚合技术首先在分散剂和水性涂料方面达到商业应用。

分散剂化学结构中必须带有一个或者更多的锚定基团，吸附在颜料表面，而聚合物链与基料体系相容，产生空间位阻达到稳定分散体的目的。聚合物型润湿分散剂对所有涂料体系都有效，反之带一个或少量锚定基团的低分子量分散剂主要用于无机颜料。

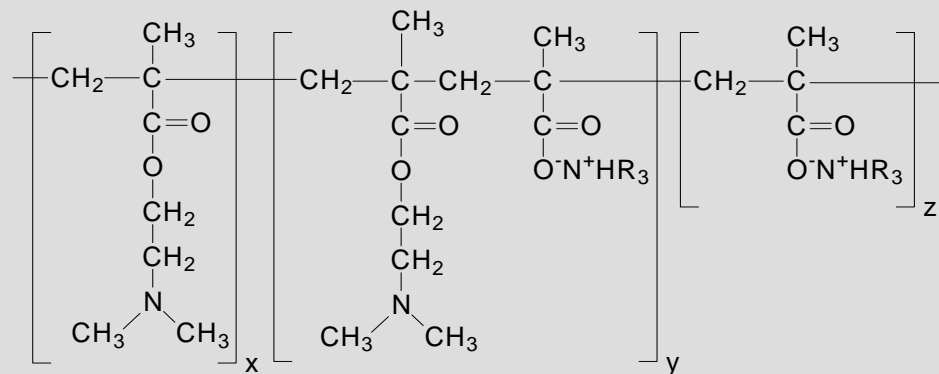


(a) 低分子量，(b) 和 (c) 嵌段共聚物（**AB**型和**ABABA**型），
(d) 梳状共聚物。

通过酸碱作用或氢键作用，氨基对许多颜料都有很好的亲和力。以氨基丙烯酸为锚固基的嵌段共聚分散剂得到重视。



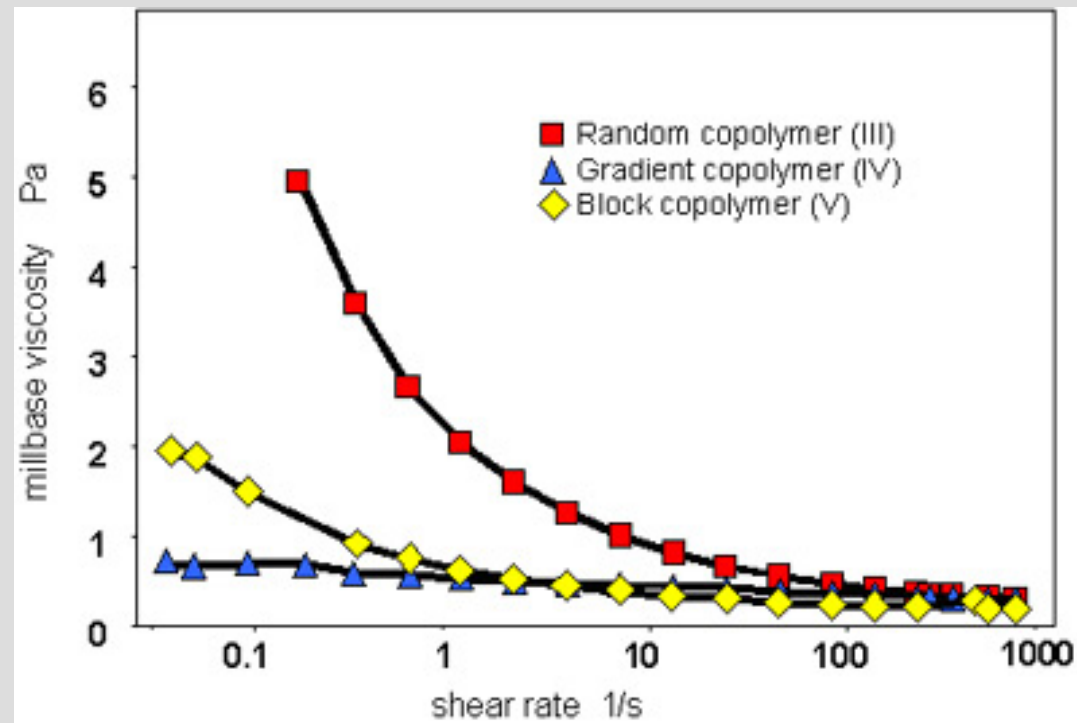
双嵌段共聚物



锥形嵌段共聚物

以甲基丙烯酸二甲氨基乙酯为锚固基的分散剂

研磨料粘度。随机共聚物（III）的粘度最高。由于锚定基团无规分布，润湿分散剂在不同颜料颗粒之间作为交联剂并形成网络结构而不是解絮凝颜料颗粒。梯度共聚物和嵌段共聚物的研磨料粘度很低，说明这些结构对颜料稳定作用更大。



在聚酯/三聚氰胺面漆体系中含CAB 381-2 的FW200碳黑研磨料的粘度

BYK公司利用受控聚合技术开发了多种**AB**型嵌段涂料分散剂。如**DISPERBYK-2000**和**DISPERBYK-2001**分散剂用于汽车涂料，**DISPERBYK-2010**、**DISPERBYK-2015**和**DISPERBYK-2020**用于建筑涂料和工业涂料，前二者适用于水性体系，后者用于溶剂型体系。**DISPERBYK-2025**分散剂用于烘烤型涂料，**DISPERBYK-2009**无溶剂型分散剂，专用于木器漆。

Ciba公司利用**NMP**技术合成**AB**型嵌段高分子表面活性剂，推出了**Ciba EFKA 4300**、**Ciba EFKA 4330**和**Ciba EFKA 4340**溶剂型涂料分散剂，**Ciba EFKA 4585**水性涂料分散剂。

可以获得高的颜料添加量、低黏度、良好的展色性和着色强度，还表现出极好的抗絮凝性，适用于多种树脂体系和较宽的pH值范围。

增稠剂

HEUR是由疏水基团、亲水链和聚氨酯基团三部分组成。

疏水基团起缔合作用，是增稠的决定因素，通常是油基、十八烷基、十二烷基苯基、壬酚基等。

亲水链能提供化学稳定性和粘度稳定性，常用的是聚醚，如聚氧乙烯及其衍生物。

HEUR分子链是通过聚氨酯基团来扩展的，所用聚氨酯基团有**IPDI**、**TDI**和**HMDI**等。

缔合型增稠剂的结构特点是疏水基封端。但有些市售**HEUR**两端疏水基取代度低于**0.9**，最好的也只**1.7**。

七. 仿石仿砖等高装饰效果涂装技术

涂料是半成品，只有通过涂装，在合适的条件下，形成牢牢附着在基面上的涂膜，才能起保护、装饰等作用，才是成品。涂装是半成品转化为成品的重要环节。

仿石仿砖等高装饰效果涂装技术已相当成熟，目前已达到以假乱真，以假超真的程度。还不断推陈出新，提高效率，做出新花样，改善装饰效果。

Sto-GraniTex FZ
有“柔性陶砖涂料”之称的
仿砖饰面



技术发展趋势

弹性建筑涂料、花岗岩涂料和质感涂料继续看好。

水包水多彩涂料储存稳定性和施工结果一致性将在使用中逐步改进。

有色反射隔热建筑涂料的配色和应用会进一步推广。

低碳、环境友好。

受控聚合技术在涂料行业进一步工业化和商业化。

装饰效果和保色性的提高，改进性能和降低成本，低碳节能和环境友好，建筑涂料与外墙外保温体系配套等，是未来建筑涂料创新的主要方面。

严格控制涂料中防腐剂、防霉剂和防藻剂的活性组分及用量。

谢谢大家!

