



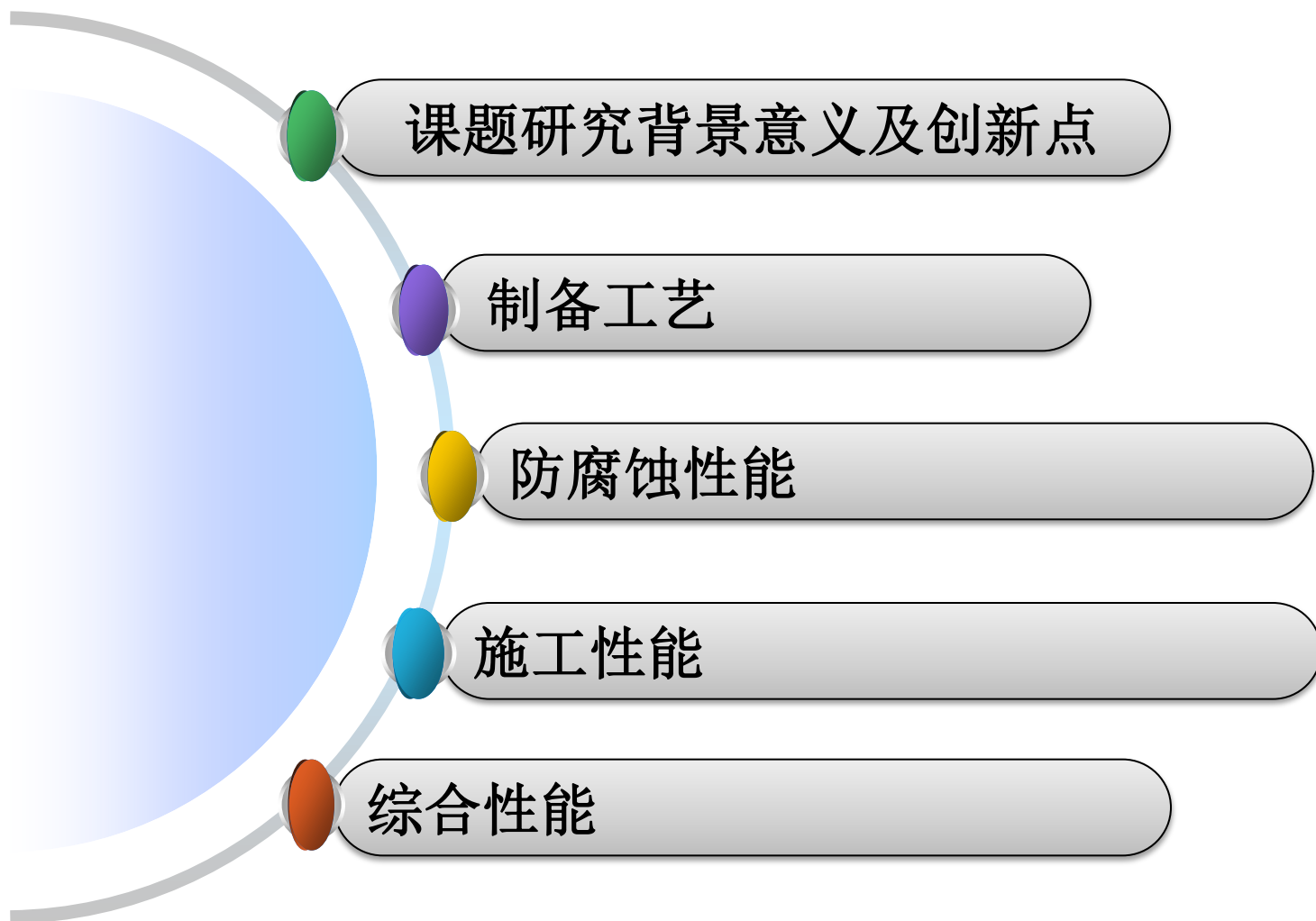
华南理工大学

South China University of Technology

集装箱用水性聚氨酯防腐蚀涂料 的制备与性能研究

华南理工大学材料科学与工程学院

广州集泰化工有限公司



01

02

03

04

05

集装箱用水性聚氨酯防
腐蚀涂料
之



课题研究 背景意义 及创新点

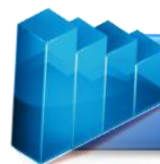
01

02

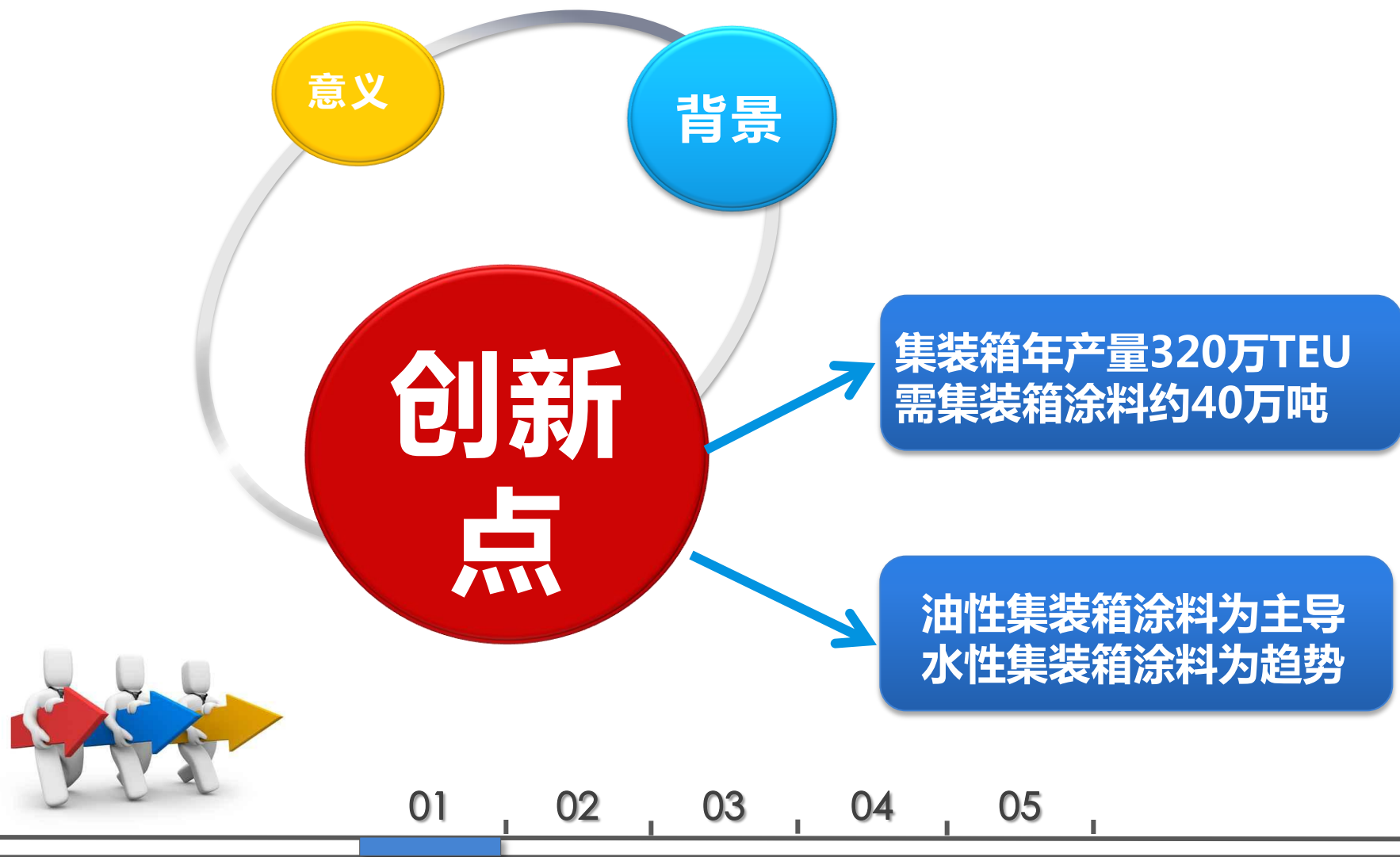
03

04

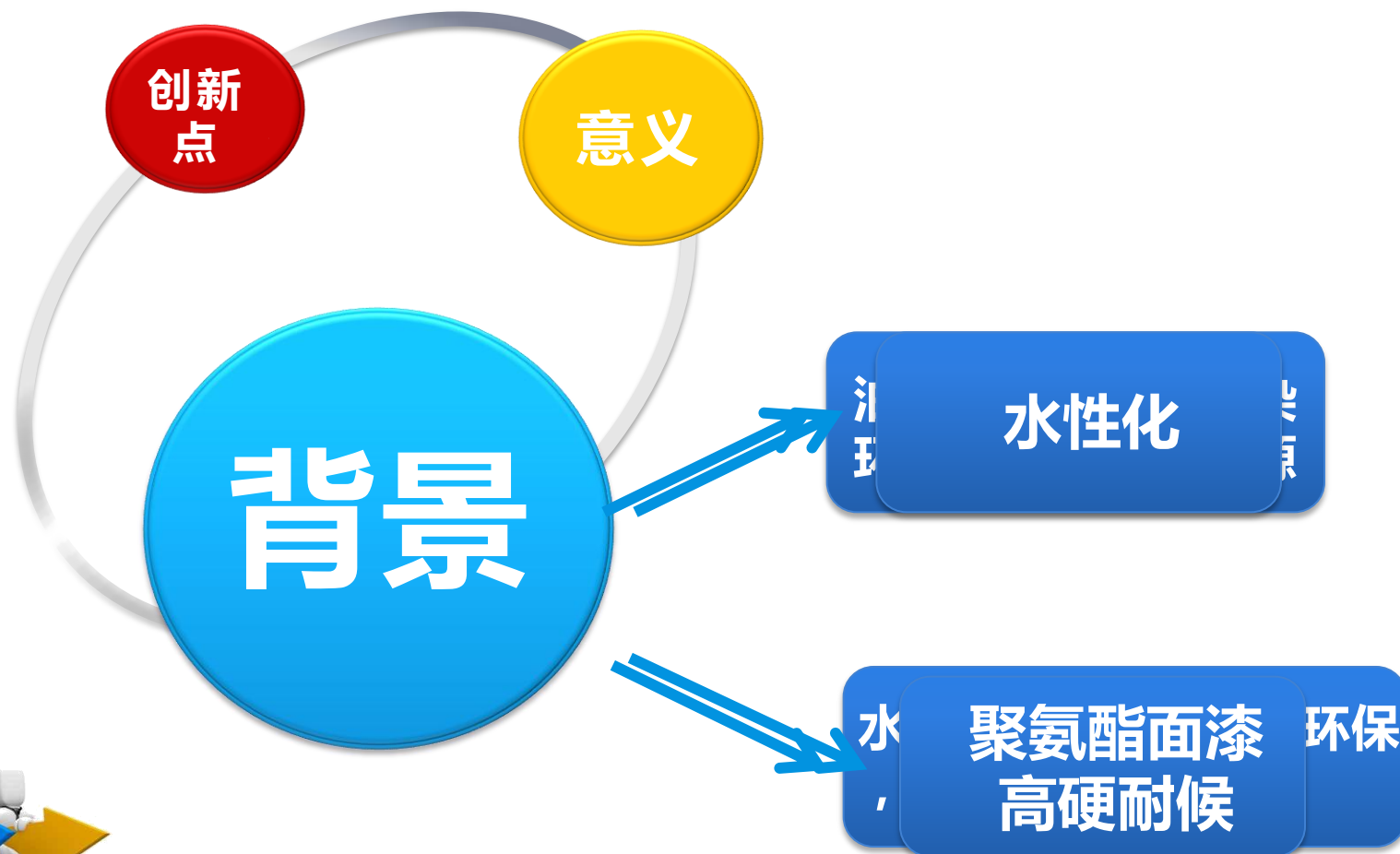
05



背景意义创新点



背景意义创新点



01

02

03

04

05



集装箱用水性聚氨酯防 腐蚀涂料 之 制备工艺

01

02

03

04

05

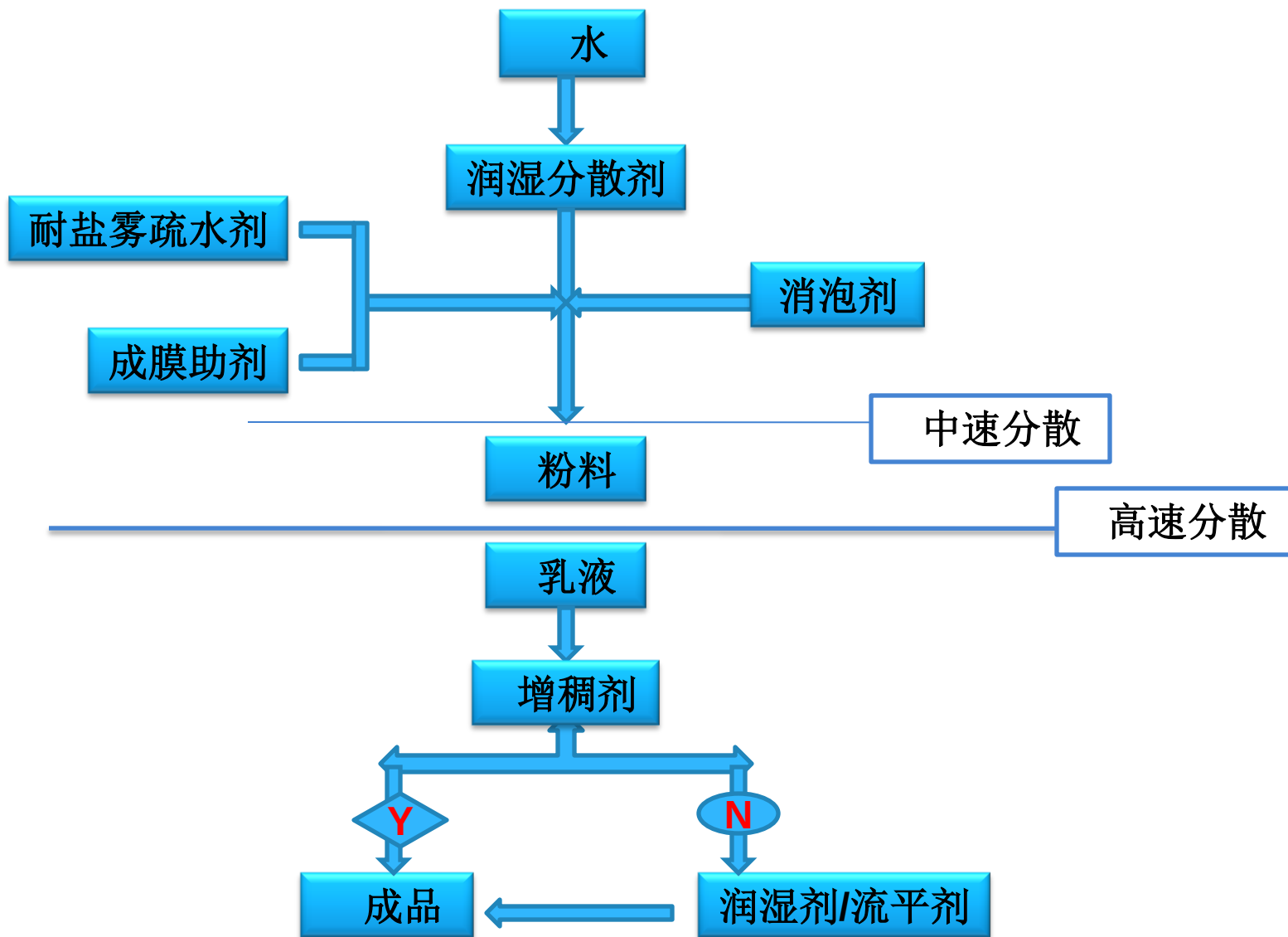


图2-1 水性聚氨酯防腐涂料制备工艺

01

02

03

04

05



集装箱用水性聚氨酯防
腐蚀涂料
之

防腐蚀性 能

01

02

03

04

05



3.1 成膜树脂的选择及共混冷拼

表3-1四种水性聚氨酯乳液的涂层主要性能对比

项目	水性聚氨酯乳液			
	A	B	C	D
光泽/60°	9	12	11	9
附着力/级	0	0	0	0
铅笔硬度	2H	2H~3H	2H	2H
柔韧性/mm	1	3	3	4
冲击强度（正/ 反冲）/kg cm	50/50	50/20	50/10	50/10
耐盐水 （5% NaCl）	400h无异常	256h起泡	400h无异常	400h无异常
耐盐雾 （5% NaCl）	250h起泡	170h起泡	170h少锈	200h少锈

01

02

03

04

05

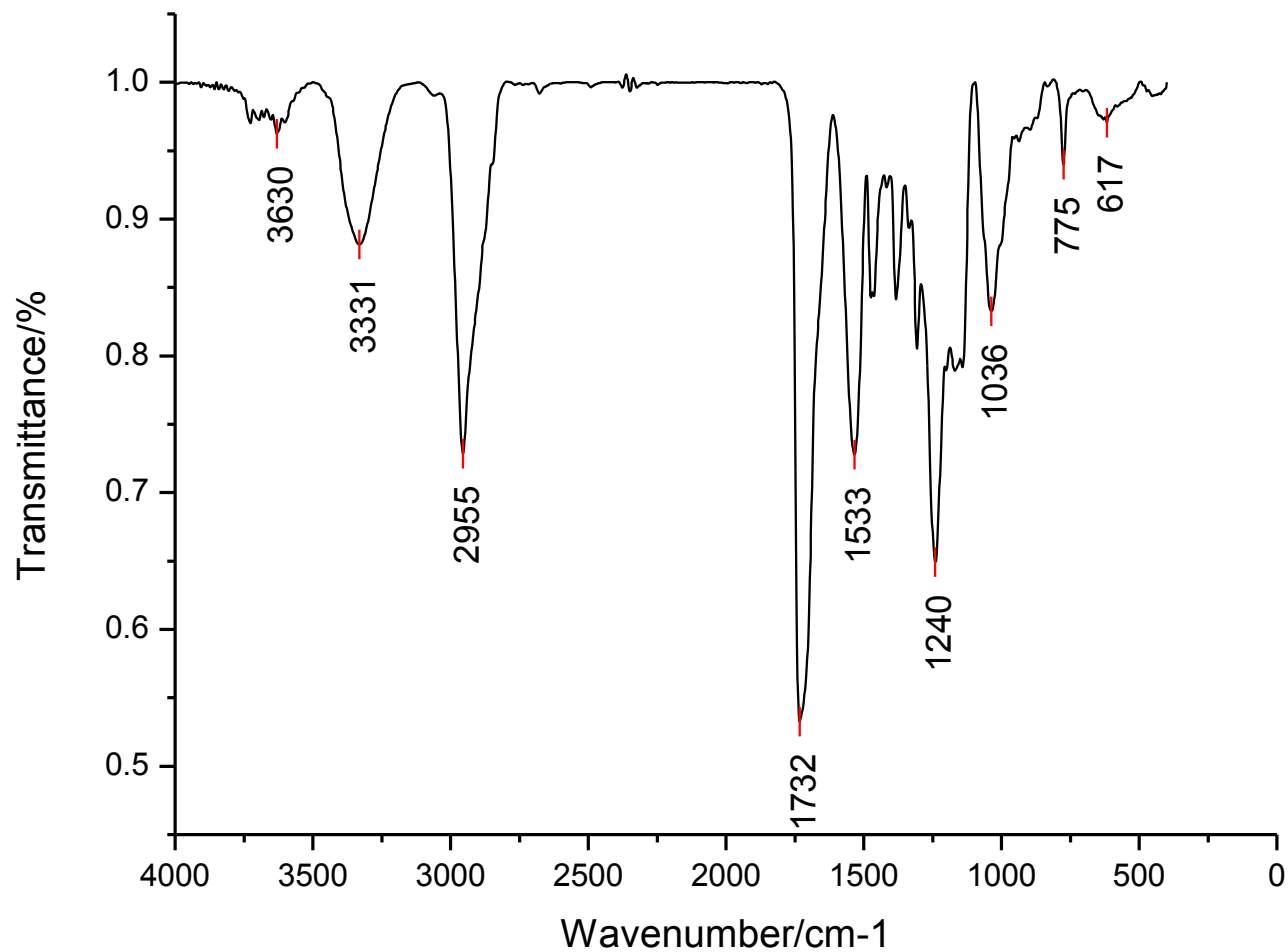


图3-1 水性聚氨酯乳液A的红外光谱图

01

02

03

04

05

表3-2四种水性丙烯酸乳液的涂层主要性能对比

项目	丙烯酸乳液			
	苯丙E	苯丙F	硅丙G	纯丙H
光泽/60°	21	20	14	20
附着力/级	0	0	0~1	0
铅笔硬度	HB	HB	B	2B
柔韧性/mm	1	1	1	1
冲击强度 (正/反冲)	50/30	50/20	40/10	50/50
/kg cm				
耐盐水	45d	15d	15d	45d
(5% NaCl)	无异常	起泡	起泡	无异常
耐盐雾	700h	280h	170h起泡	350h起泡
(5% NaCl)	无异常	起泡		
01 02 03 04 05				

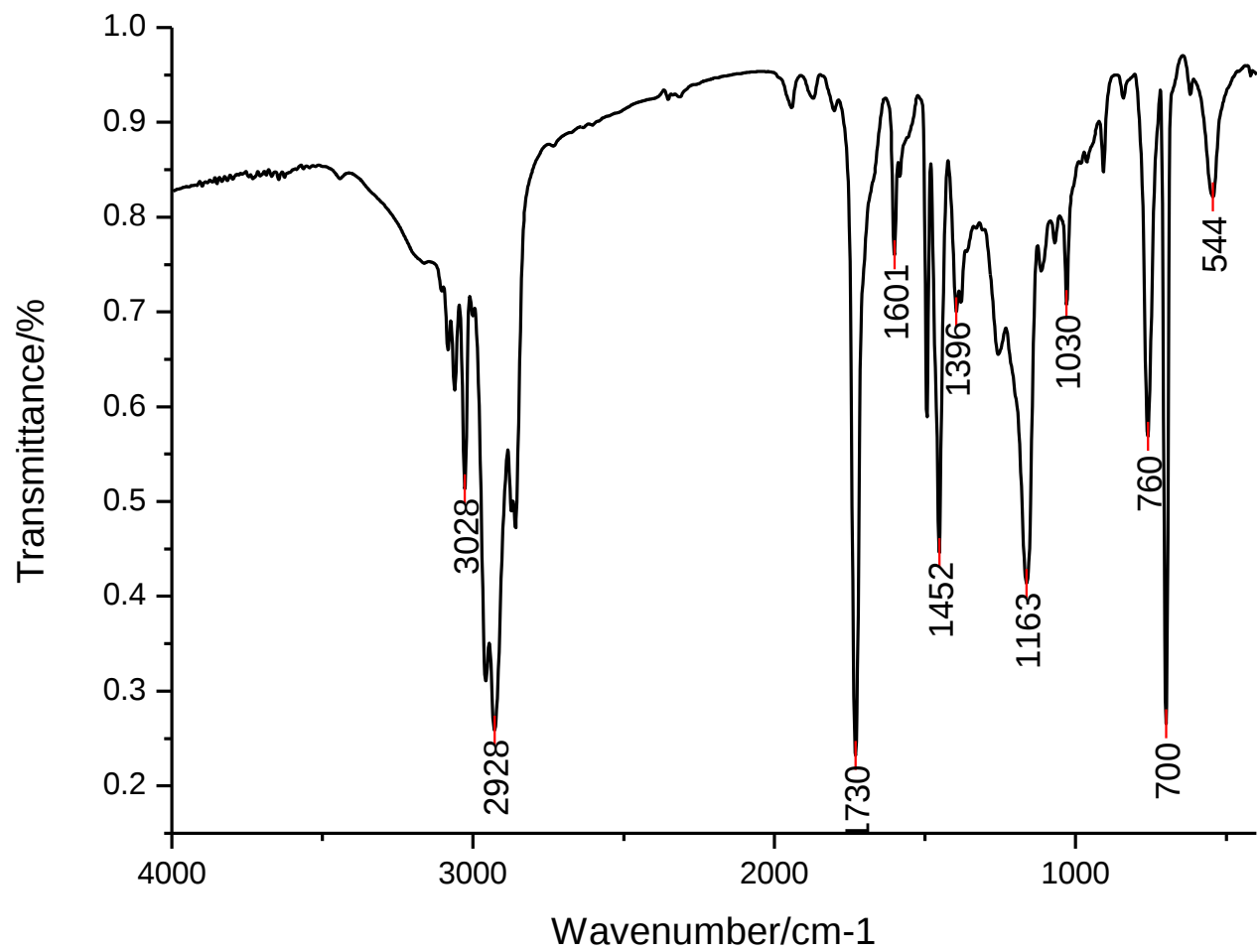


图3-2水性苯丙乳液E的红外光谱图

01

02

03

04

05

表3-3 成膜树脂组成对漆膜性能的影响

项目	成膜树脂（A： E=w/w）						
	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	0:10
光泽/60°	9	11	13	13.6	14	17	21
附着力/级	0	0	0	0	1	1	1
铅笔硬度	2H	2H	2H	H~2H	H	HB~H	HB
柔韧性/mm	1	1	1	1	1	1	1
冲击强度 （正/反冲） /kg cm	50/50	50/40	50/30	50/20	50/15	50/10	50/30
耐盐水 （5% NaCl）	30d完好	45d完好	45d完好	45d完好	45d完好	45d完好	60d完好
耐盐雾 （5%NaCl）	250h 起泡	450h 起泡	600h 完好	600h 完好	530h 起泡	380h 起泡	700h 完好

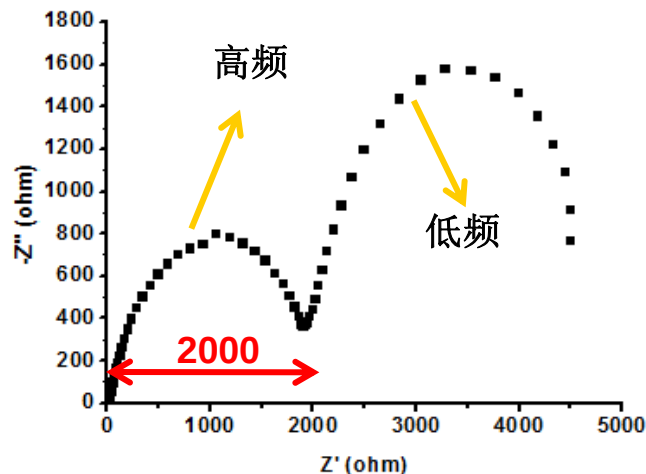
01

02

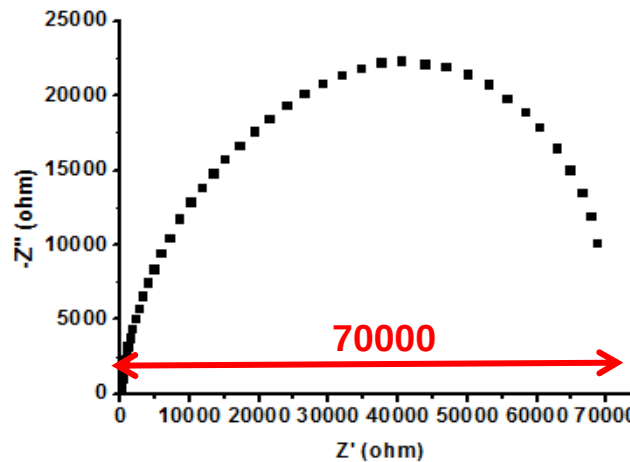
03

04

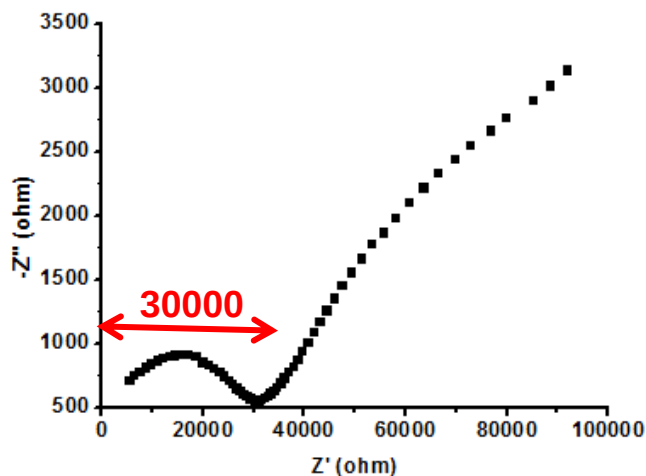
05



a. 纯聚氨酯乳液A的涂层



b. 纯苯丙乳液E的涂层



c. A与E以8:2共混的涂层

图3-3 部分成膜树脂涂层的电化学阻抗谱图

01

02

03

04

05



3.2防锈颜料种类的选择及用量的确定

3.2.1 防锈颜料的种类的选择

表3-4 防锈颜料种类对漆膜防腐蚀性能的影响

项目	防锈颜料种类				
	空白	磷酸锌	三聚磷酸铝	氧化锌	复合防锈颜料
耐水	10d起泡	15d无异常	15d无异常	15d无异常	15d无异常
耐盐水 (5% NaCl)	7d起泡	15d无异常	19d无异常	13d起泡	15d完好
耐盐雾 (5% NaCl)	230h起泡	700h完好	880h完好	450h起泡	520h完好

01

02

03

04

05

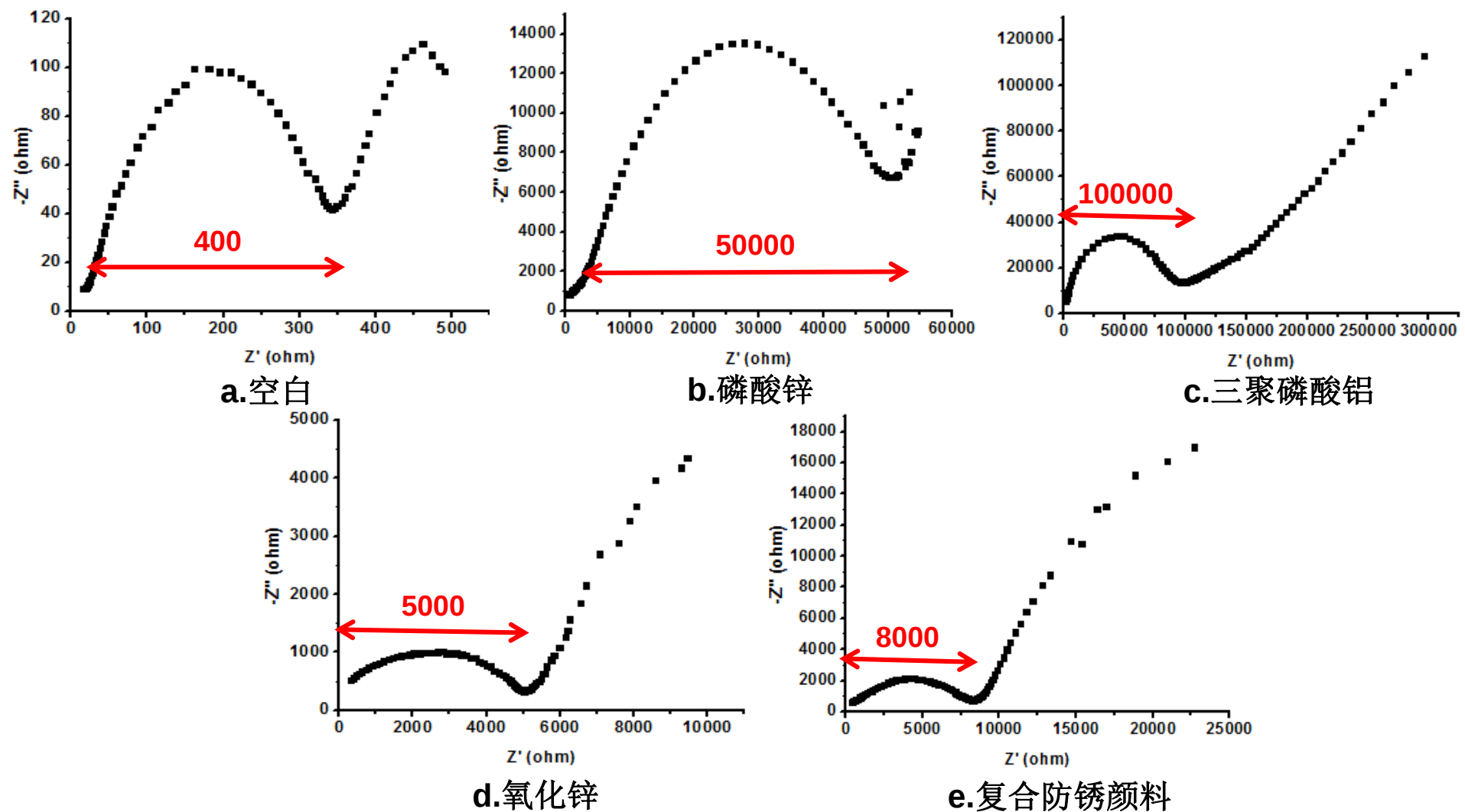


图3-4不同防锈颜料涂层的电化学阻抗谱图

01

02

03

04

05

3.2.2防锈颜料用量对漆膜防腐蚀性能的影响

表3-5 磷酸锌用量对漆膜防腐蚀性能的影响

项目	磷酸锌占颜填料总量的百分比（w/w）				
	10%	17%	25%	35%	45%
耐水	30d完好	30d完好	30d完好	30d完好	19d起泡
耐盐水 (5% NaCl)	25d完好	30d完好	30d完好	30d完好	30d完好
耐盐雾 (5% NaCl)	630h完好	700h完好	750h完好	750h完好	600h起泡

01

02

03

04

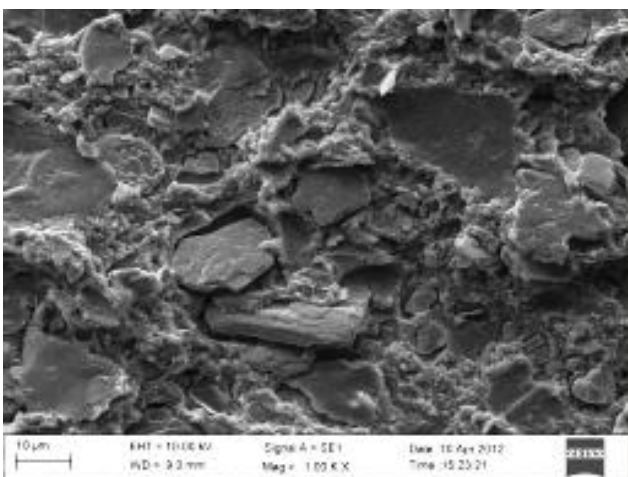
05



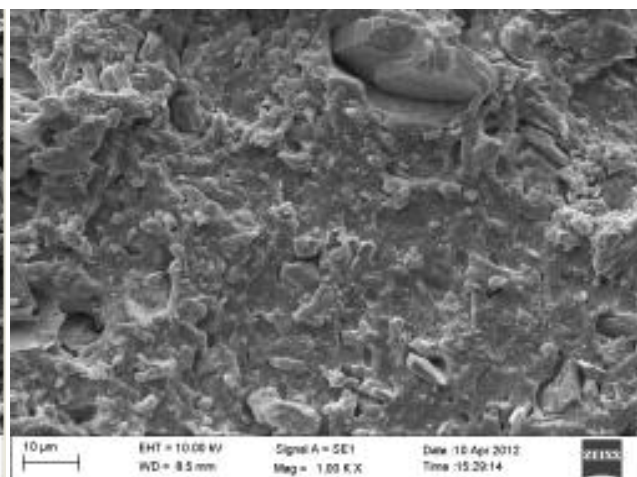
3.3颜填料体积浓度（PVC）对漆膜性能的影响

表3-6 颜填料体积浓度对漆膜性能的影响

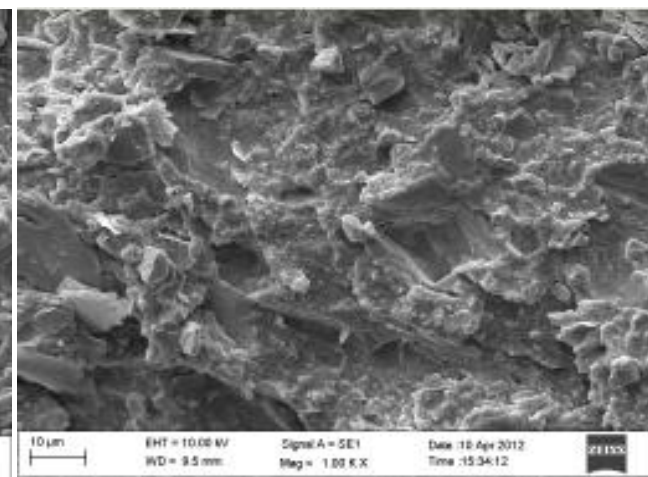
项目	不同PVC值				
	20%	25%	30%	35%	40%
光泽/60°	14	12	9	8	7
附着力/级	0	0	0	1	1
铅笔硬度	H	H	H	H	H
柔韧性/mm	1	1	1	1	2
冲击强度 (正/反冲)	50/40	50/40	50/30	50/30	50/20
/kg·cm					
耐水	15d少泡	30d完好	30d完好	20d起泡	20d起泡
耐盐水 (5% NaCl)	15d起泡	25d完好	25d完好	17d起泡	7d起泡
耐盐雾 (5%NaCl)	650h起泡	830h完好	750h完好	540h起泡	490h起泡少锈
01 02 03 04 05					



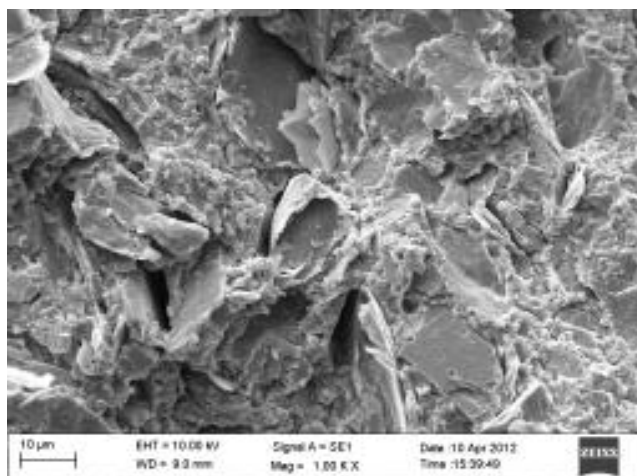
a. PVC=20%



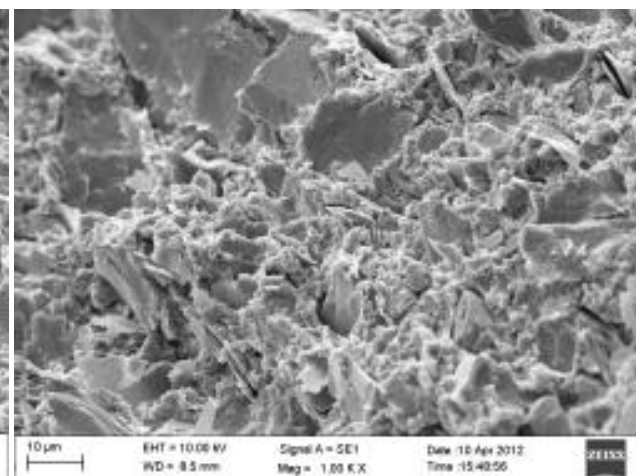
b. PVC=25%



c. PVC=30%



d. PVC=35%



e. PVC=40%

图3-5不同PVC时涂层断面的扫描电镜图

01 02 (1000×) 04 05





集装箱用水性聚氨酯防 腐蚀涂料 之 施工性能

01

02

03

04

05



4.1无气喷涂施工时漆膜中针孔

表4-1 消泡剂种类及用量对涂层针孔率的影响

项目	消泡剂种类及用量			
	X ₁	X ₂	X ₂	X ₂
	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%
针孔率	大量	较少	较少	极少

注：

消泡剂X₁：多元醇与有机硅的混合物

消泡剂X₂：有机改性聚硅氧烷

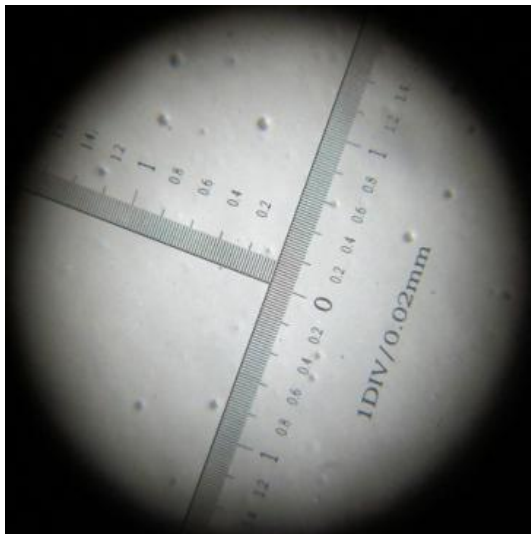
01

02

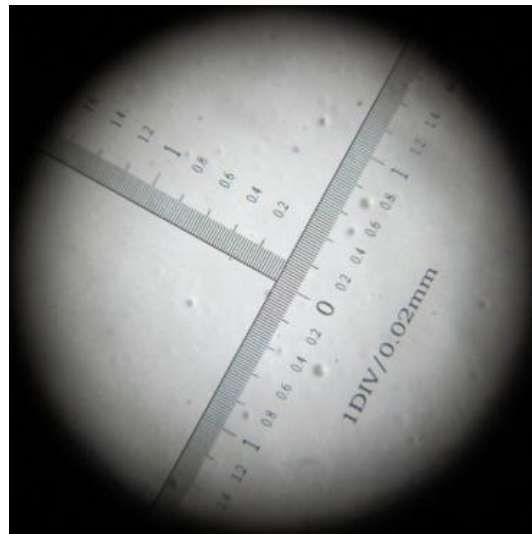
03

04

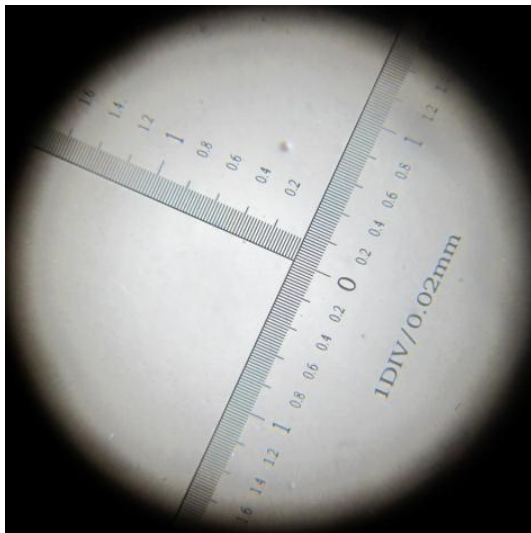
05



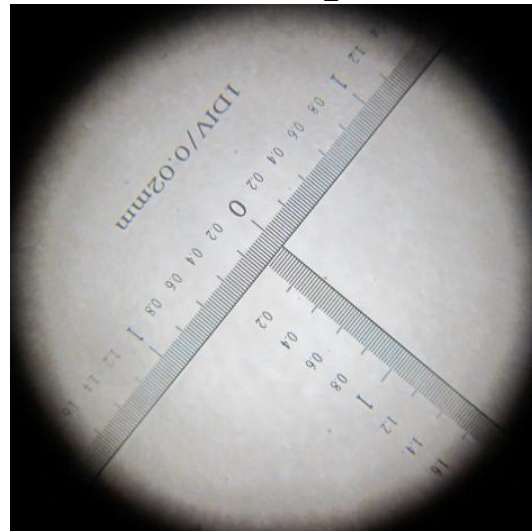
a. 0.2%消泡剂X₁: 大量圆形针孔



b. 0.2%消泡剂X₂: 较少圆形针孔



c. 0.3% 消泡剂X₂: 较少圆形针孔



d. 0.5% 消泡剂X₂: 极少圆形针孔

图4-1使用不同种类消泡剂的漆膜针孔放大照片（100

01

02 ×) 03

04

05

表4-2成膜助剂种类对涂层针孔率的影响

项目	成膜助剂种类			
	PM	DPM	PPH	DPM/PPh
针孔率	大量	少量	少量	极少

注：

PM：丙二醇甲醚

DPM：二丙二醇甲醚

PPH：丙二醇苯醚

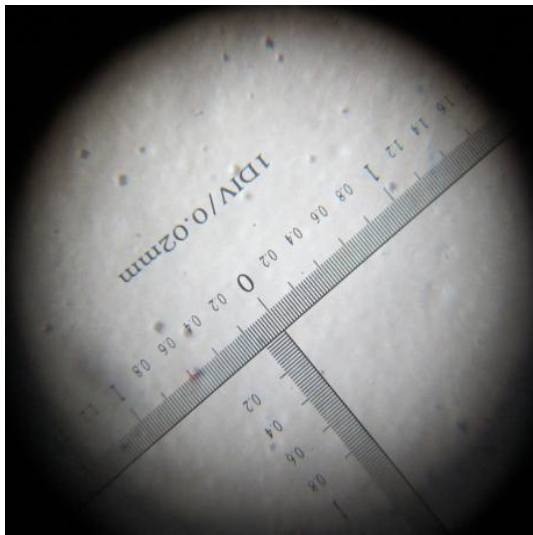
01

02

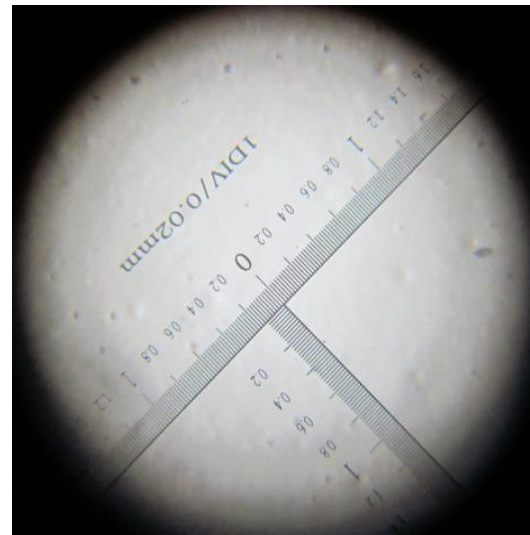
03

04

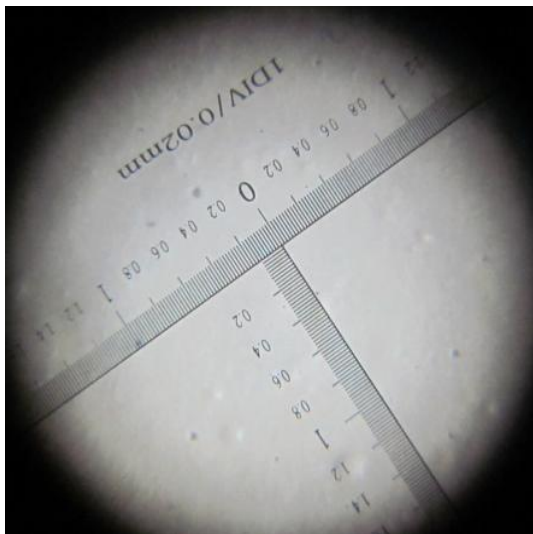
05



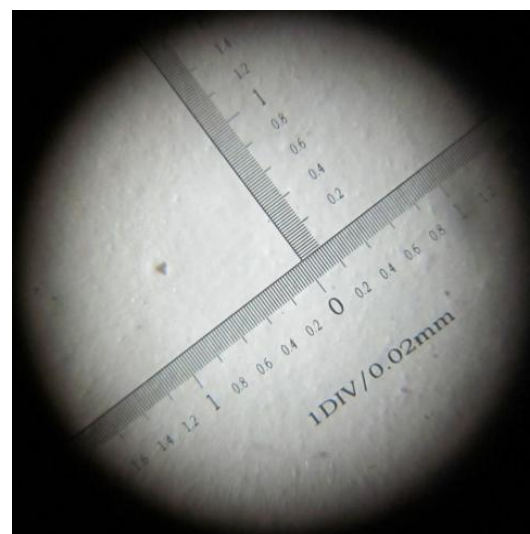
a. PM: 大量星形针孔



b. DPM: 少量星形针孔



c. PPH: 少量星形针孔



d. DPM/PPH: 极少星形针孔

图4-2使用不同种类成膜助剂的漆膜针孔放大图片（100 × ）

01

02

03

04

05



4.2抗流挂性能

表4-3增稠剂/触变剂的种类对涂料抗流挂性能的影响

项目	增稠剂/触变剂的种类			
	缩合型 聚氨酯类	气相二氧化硅	膨润土	高触变性 聚丙烯酸酯类
粘度（涂-4） /s	180	120	120	60～70
抗流挂 最大膜厚 （ μm ）	125	150	175	270
流挂情况	流挂	暗流	暗流	不流挂

注：气相二氧化硅和膨润土是在与聚氨酯型增稠剂配合使用下的效果

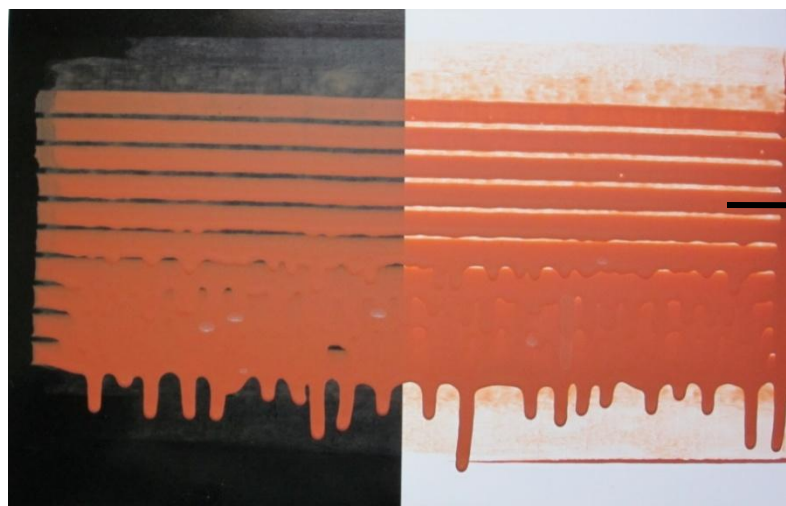
01

02

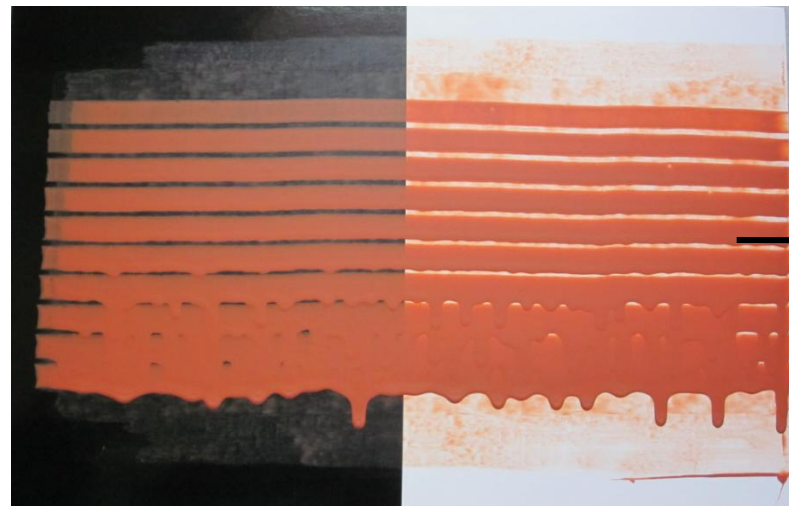
03

04

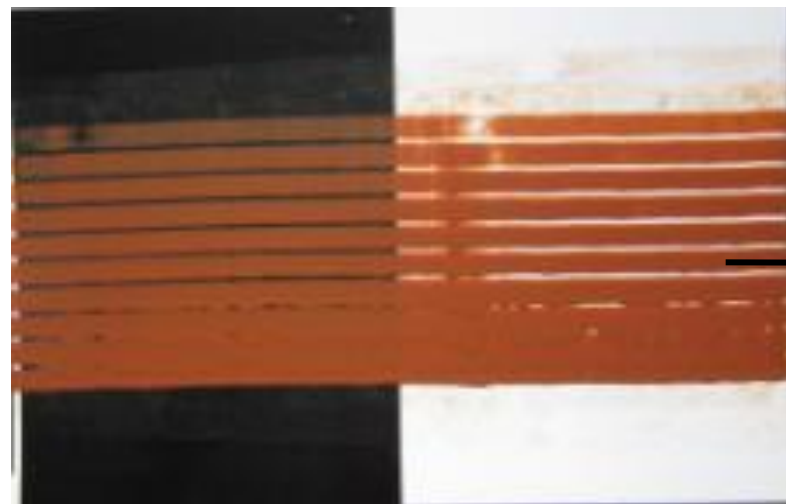
05



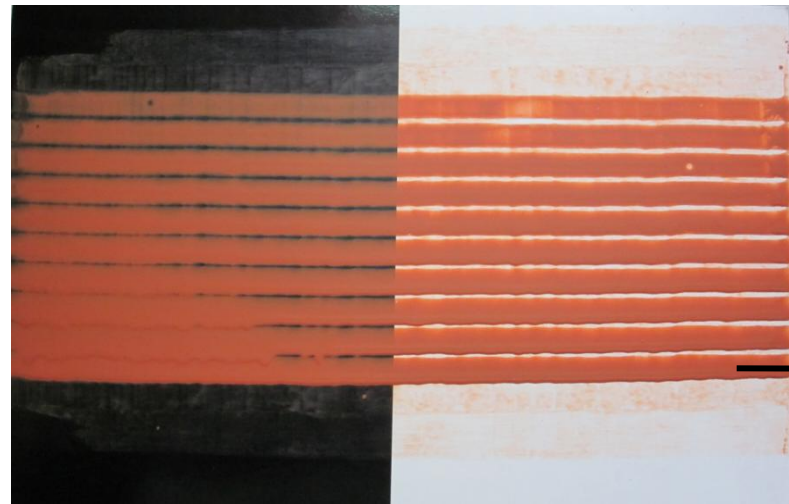
a. 缔合型聚氨酯类增稠剂



b. 气相二氧化硅



c. 膨润土



d. 高触变性丙烯酸类增稠剂

图4-3 不同触变剂和增稠剂的抗流挂效果

01

02

03

04

05



4.3 防闪锈性能

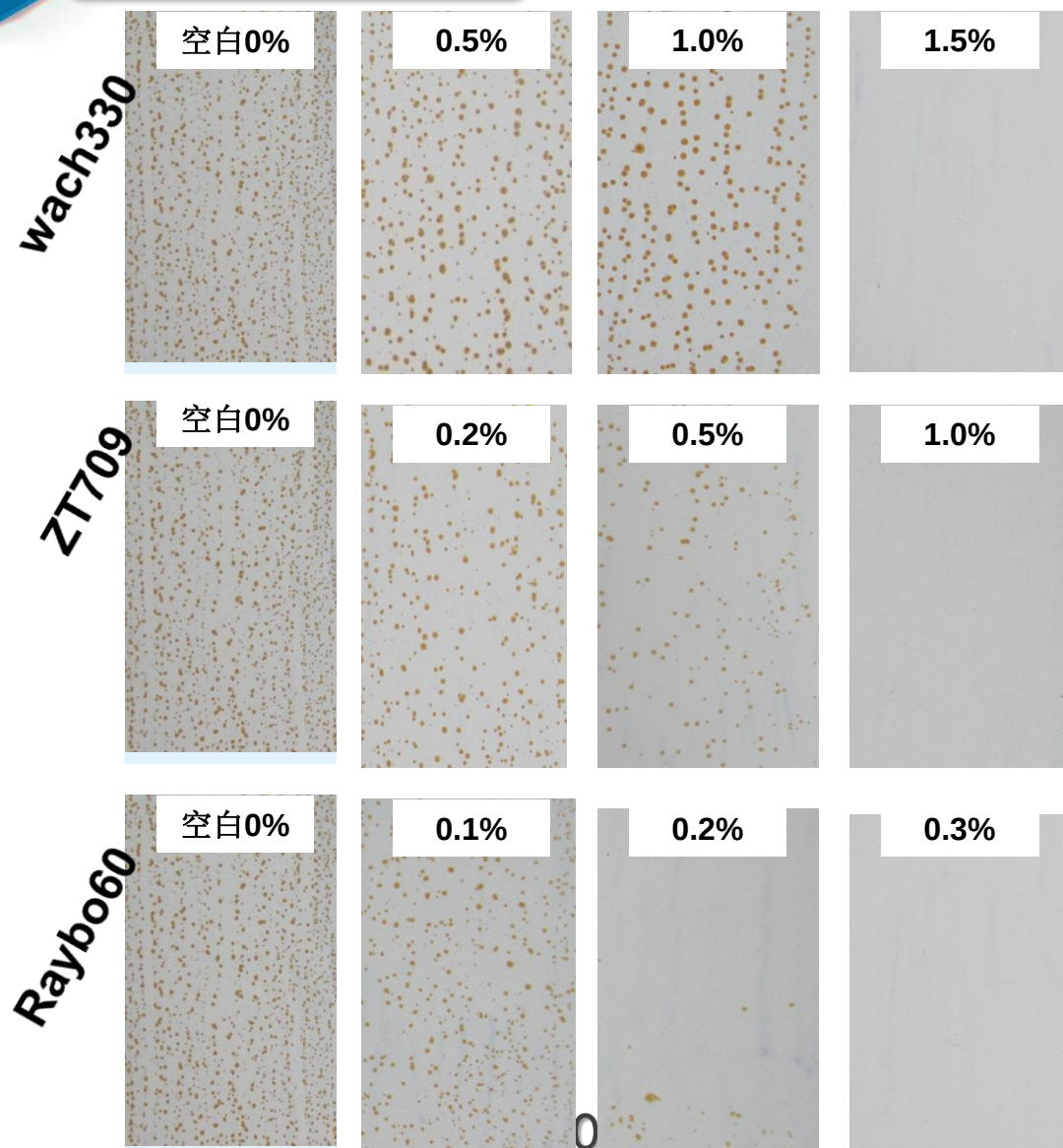
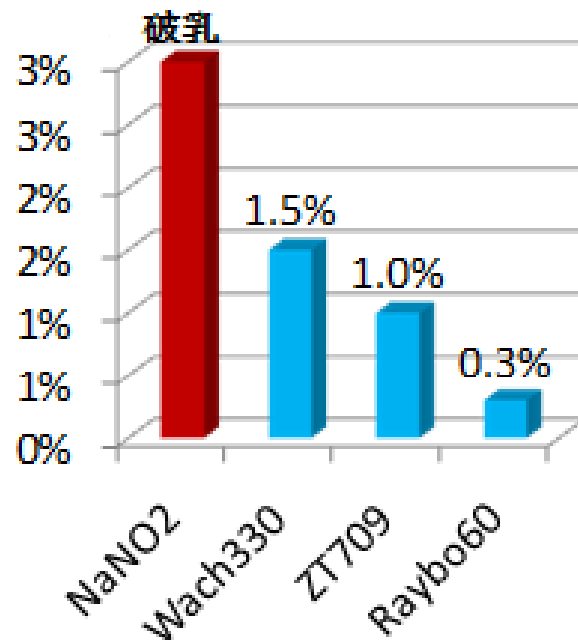


图4-4 含有不同防闪锈剂种类及用量的水性聚氨酯面漆防闪锈效果

图4-5 防闪锈最小用量



04

05



4.4 抗冻融稳定性能的影响

表4-4丙二醇的用量对涂料抗冻融稳定性能的影响

		防冻剂用量				
		0%	1%	2%	3%	4%
初始粘度 (mpa.s)		1400	1325	1287	1062	875
一次循环	粘度 (mpa.s)	28500	8700	3200	3025	1725
	外观	膏状、未 胶化	轻微结底	均匀	均匀	均匀
三次循环	粘度 (mpa.s)	≥100000	17000	3950	3425	1962
	外观	膏状、未 胶化	膏状	轻微结底	均匀	均匀
五次循环	粘度 (mpa.s)	≥100000	17400	4000	3475	2125
	外观	膏状、未 胶化	膏状	轻微结底	均匀	均匀

01

02

03

04

05



集装箱用水性聚氨酯防 腐蚀涂料 之 综合性能

01

02

03

04

05

表5-1集装箱用水性聚氨酯外面漆的综合性能

项目	要求或等级	测试结果
搅拌后无硬块，呈均匀状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态
涂膜外观	平整无异常	平整无异常
漆膜颜色	颜色色差符合标准样板范围， $\Delta E \leq 2$	$\Delta E \leq 2$
半硬干燥时间 (h) $\leq$	40	40
体积独体 (mm) $\leq$	15	10
不挥发份含量 (%) $\geq$	40	40
附着着力 (级)	45	50
耐弯曲开裂性 (mm) $\leq$	1	0
耐冲击性 (kg cm) $\geq$	3	1
耐盐雾性 (600h)	50	50
01 02 生锈 03 04 10 05 10	10	10
起泡	10	10

达到JH/T E01-2008
集装箱涂料行业标准

表5-2 油性/自制水性集装箱外面漆VOC含量对比

	油性 集装箱外面 漆	自制水性 集装箱外面 漆
可挥发性有 机物（VOC） 含量	$\geq$ 400g/L	$\leq$ 60g/L
安全环保性		

01

02

03

04

05





产品在宁波新华昌集装箱厂的涂装施工

01

02

03

04

05



产品在宁波新华昌集装箱厂的涂装施工

01

02

03

04

05



产品在广州南沙东方国际集装箱厂的涂装施工

01

02

03

04

05



产品在深圳中集集团集东部集装箱厂的涂装施工

01

02

03

04

05



结论

1

探讨了成膜树脂以及共混冷拼对集装箱外面漆涂层防腐性能的影响。结果表明采用物理机械性能最优的单组份水性聚氨酯**A**与防腐性能优异的水性苯丙乳液**E**以**8:2**的比例共混复配作为外面漆的成膜基料时漆膜的物理机械性能和防腐性能达到最佳平衡。

2

对比了四种不同种类的防锈颜料及其用量对集装箱外面漆涂层防腐性能的影响，结果表明当选择磷酸锌作为本体系的防锈颜料，其用量占颜填料总量的**17%**左右时涂层的防腐性能最好。

3

探讨了不同颜填料体积浓度对集装箱外面漆涂层防腐性能的影响。结果表明，**PVC**在**25%**时涂层最致密，防腐性能最优。

01

02

03

04

05

4

探讨了消泡剂、成膜助剂对漆膜针孔率的影响。实验结果表明使用**0.5%**有机改性聚硅氧烷消泡剂**X₂**有助于减少漆膜中的圆形针孔；使用**DPM**与**PPH**混合成膜助剂有助于减少漆膜中的星形针孔。

5

探讨了不同增稠剂、触变剂对集装箱用外面漆流变性能的影响，结果表明高触变性丙烯酸类增稠剂能赋予外面漆极强的触变性，最大抗流挂湿膜厚度可达**270μm**。

6

考察了防闪锈剂种类及用量对水性聚氨酯面漆防闪锈性能的影响，**Raybo60**的防闪锈效果最好，使用**0.3%**的**Raybo60**能防止闪锈的出现。

7

考察了防冻剂的用量对集装箱外面漆抗冻融稳定性能的影响，当丙二醇的量为**3%**时，冻融后涂料的粘度基本保持不变，涂料的冻融稳定性好。

01

02

03

04

05

其它防腐涂料产品的部分应用图片

01

02

03

04

05





茂名石化804#油罐内壁导静电防腐蚀涂料涂装施工

01

02

03

04

05



茂名石化116#原油罐

01

02

03

04

05



茂名石化炼油分部的设备、管线

01

02

03

04

05



广东宝丽华电力集团广东梅州荷树园电厂

01

02

03

04

05



新疆光正钢结构股份有限公司

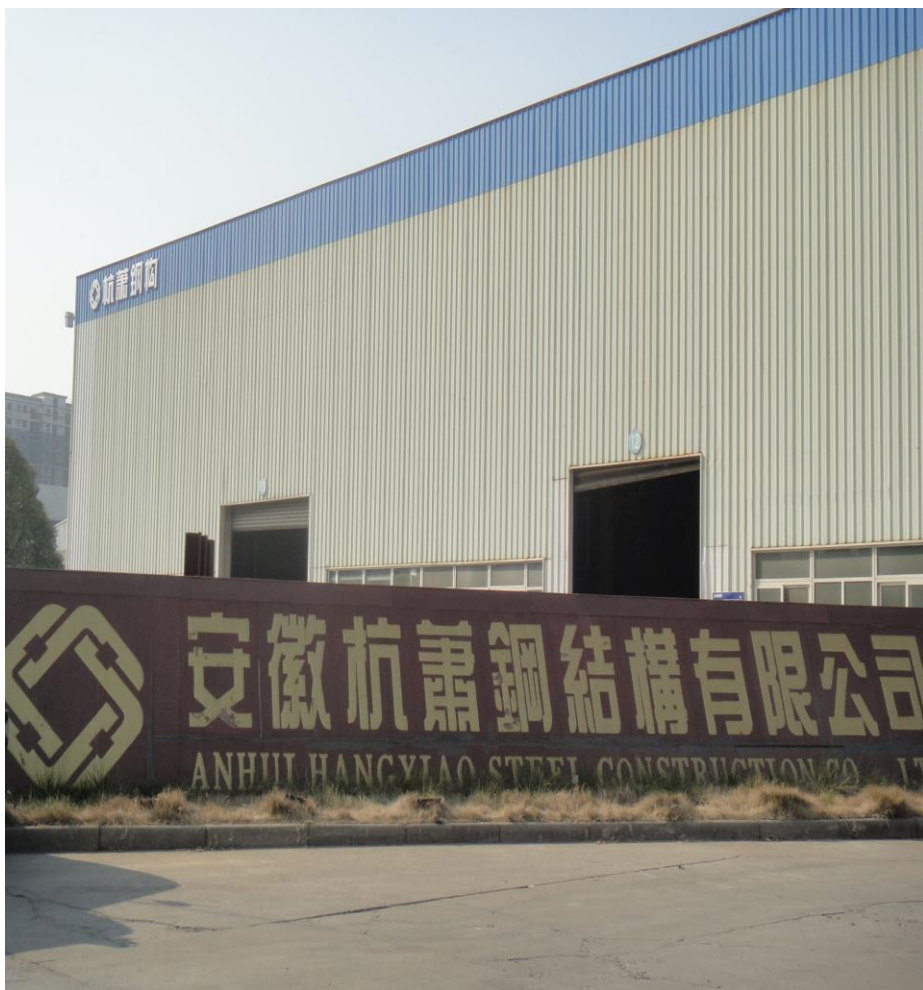
01

02

03

04

05



安徽杭萧钢结构有限公司

01

02

03

04

05



辽宁华夏钢结构有限公司

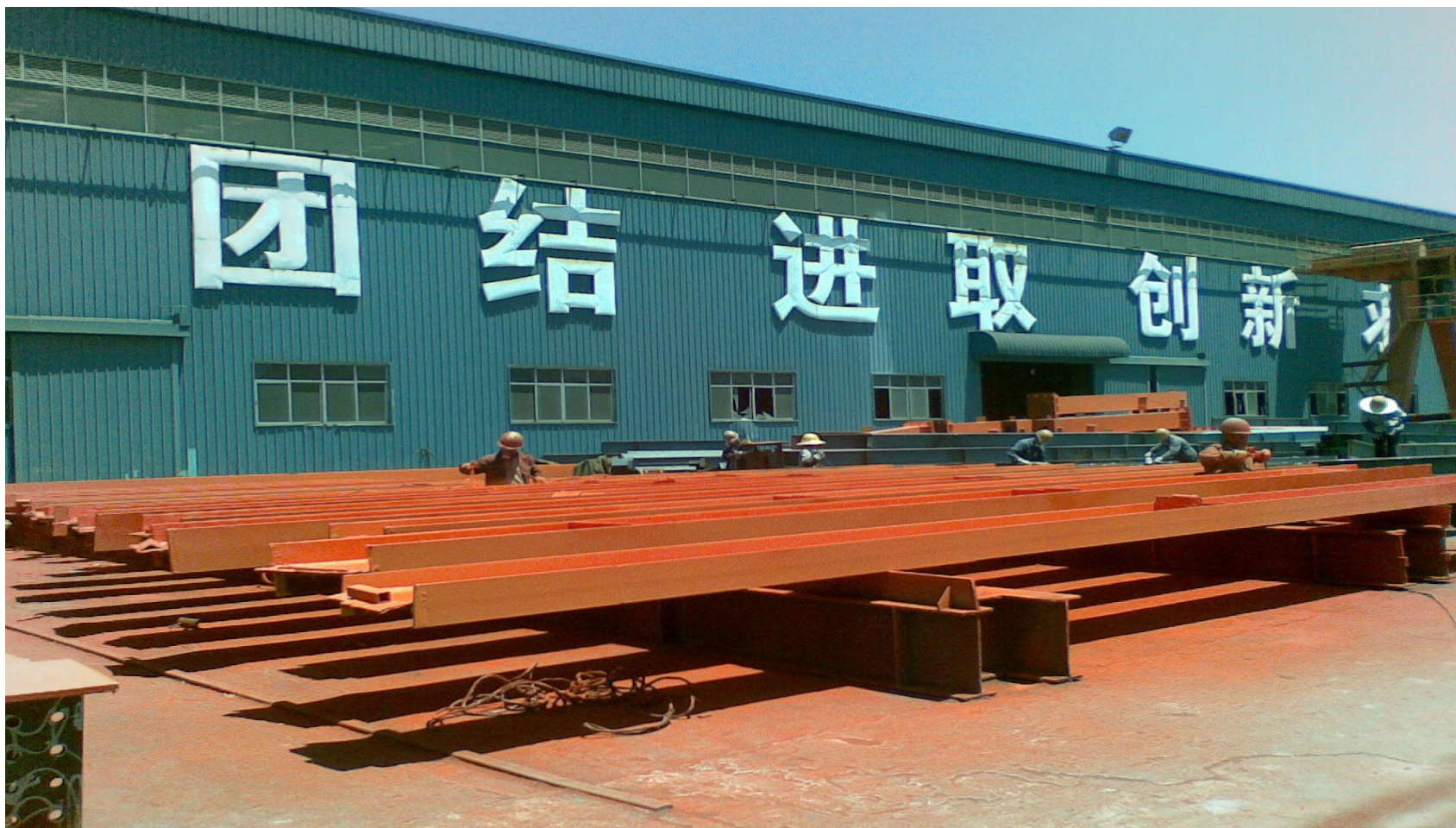
01

02

03

04

05



云南建工钢构有限公司

01

02

03

04

05



广东启光集团（珠海富茂钢结构）

01

02

03

04

05



徐州中煤百甲重钢结构有限公司

01

02

03

04

05

谢谢

Thanks