

3. 边框

港口机械重防腐技术研究

徐正斌

中国（长垣）防腐蚀施工技术论坛

2019.9.长垣

1

自我简介

2

振华重工简介

3

港口机械涂装现状

4

港口机械防腐技术探索

5

港口机械涂装展望



1 自我介绍





上海振华重工，涂装技术应用研究所所长
工商管理硕士、高级工程师。

协会职务：

SSPC-CN主席

中国化工学会第九届涂料涂装专业委员会委员

中国防腐平台首届理事会副理事长

CSTM化工材料领域委员会委员

CSTM涂料和颜料标准化技术委员会副主任委员

第一届中国化工学会水性技术应用专业委员会

中国设备管理协会涂装产业发展促进中心副理事长

全国专业标准化技术委员会委员

中国海洋材料产业技术创新战略联盟专家委员

《涂层与防护》第四届编委会委员

2 振华重工简介

过渡页

Transition Page



上海振华重工是重型装备制造行业的知名企业，为国有控股上市公司，隶属于世界500强之一的中国交通建设股份有限公司。公司成立于1992年，总部设在上海，于上海、江阴、南通等地设有8个生产基地，占地面积1万余亩，总岸线超10公里，位于长江口的长兴基地拥有深水岸线5公里，承重码头3.7公里，是目前世界上最大的重型装备制造基地。公司有26艘5~10万吨级的整机运输船以完成公司产品的整体运输。

公司以“发展企业、振兴中华、造福员工、成就个人”为己任，把中国制造推向全球，从1997年开始年合同额占全球的70%以上。



上海公司总部

目前公司拥有一个集团总部，八大生产基地，公司形成六大职能中心，七大子集团的格式。

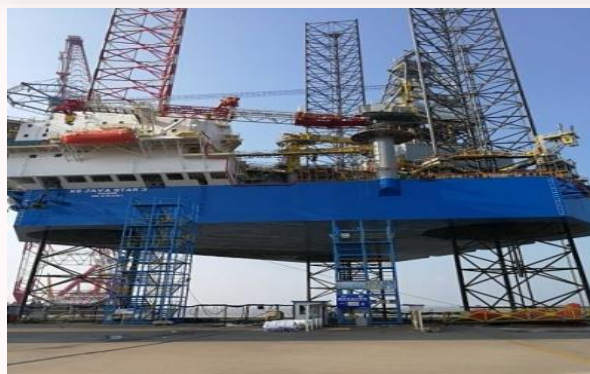
公司总部六大职能中心：

- 战略、人力资源与综合保障中心
- 财务与投资中心
- 营销与服务中心
- 设计研发中心
- 项目管控中心
- 监督保障中心

集团公司七大军团：

- ★ 港机集团
- ★ 电气集团
- ★ 智慧集团
- ★ 海服集团
- ★ 海工集团
- ★ 国际集团
- ★ 投资集团

公司业务多元化发展，业务范围已扩展至港机、风电、新能源、立体库、电气、投资等诸多领域。ZPMC研制的大型港口集装箱机械和矿石煤炭等散货装卸机械产品，技术一流，耐用可靠，如今已遍布全世界103个国家和地区。公司发展国际化，目前已在国内外36个国家和地区设立子公司或办事处。



3 港口机械涂装现状

过渡页

Transition Page



港口机械产品长期暴露在海洋环境中，承受着剧烈变化的海洋性气候腐蚀影响。港机设备属于贵重物资，其钢结构设计使用年限一般为25年甚至达30年，要求我们采用涂装的方式进行防腐以确保其使用年限。由于港机设备使用环境的特殊性，我们在设计涂层的防腐配套时主要考虑以下因素：

- (1)高湿环境 (2)高盐份环境 (3)强紫外光照射环境
- (4)大温差环境 (5)高粉尘环境 (6)弱酸或碱环境



桥吊类



轮胎吊类



轨道吊类



散货类



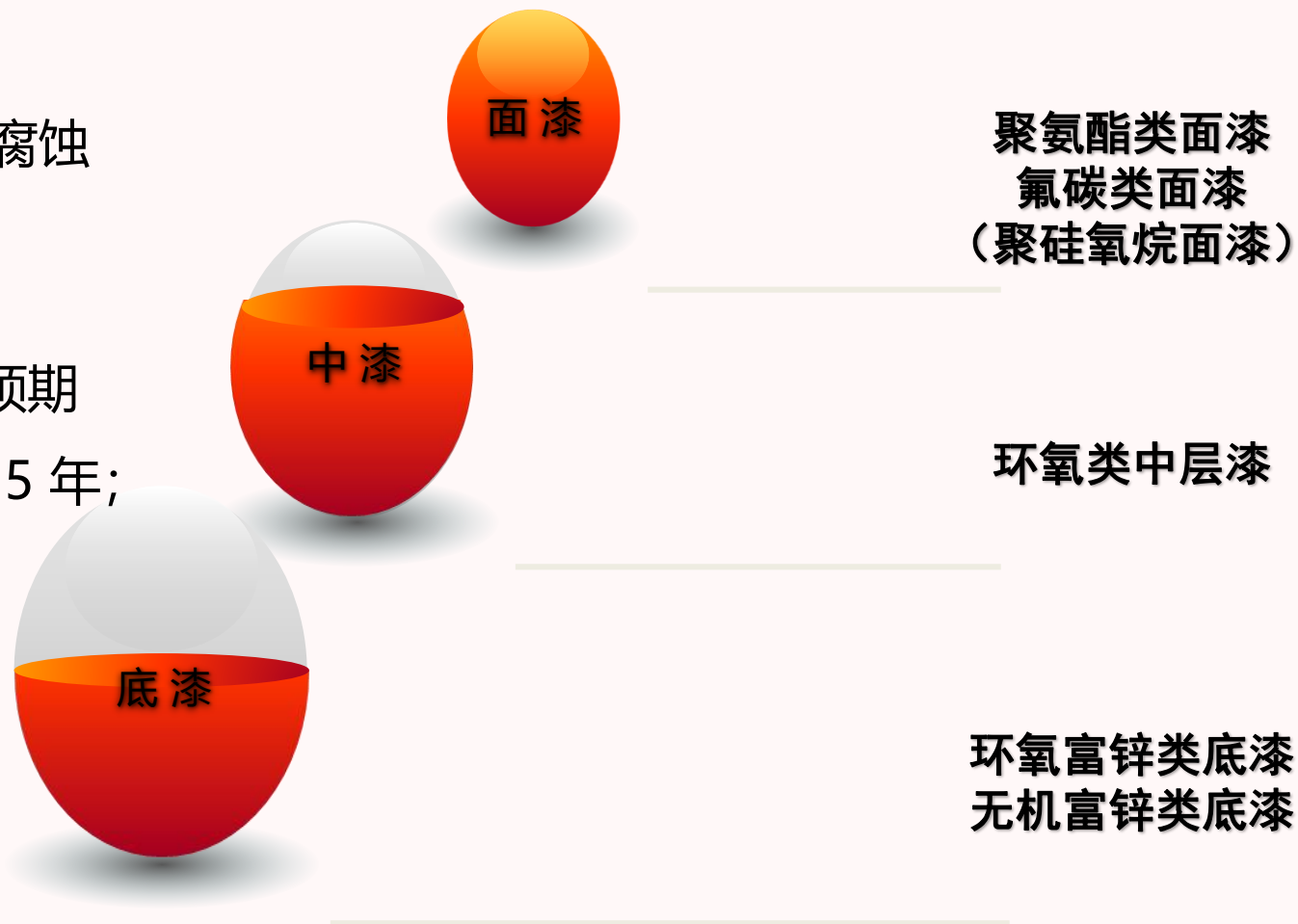
门机类

港机防腐涂层配套

- 产品使用区域所处环境----根据低碳钢和锌的腐蚀速率，将在水中和土壤以外的腐蚀环境分为 C1~CX 等 6 类。
 - 用户对配套涂层的防腐要求-----涂膜的预期设计寿命分为 3 类：低---低于 7 年； 中---7-15 年； 高---15 ~ 25 年。

港机产品常规涂层配套：

底漆+中间漆+面漆



港机常规涂料种类

- **车间底漆**-----采用无机富锌或环氧富锌的车间底漆，具有良好的耐候性能、可焊接性能、可切割性能。
- **底漆**-----多采用无机富锌底漆或环氧富锌底漆。富锌底漆以其优异的电化学保护性能、良好的施工性能，适用于大多数配套。
- **中间漆**-----多采用环氧厚浆型漆与环氧云铁中间漆。环氧厚浆型漆一般适用于腐蚀环境不是特别恶劣的防腐体系，也可与高耐候性面漆配套用作长效防腐体系；而环氧云铁中间漆因具有优异的屏蔽性能、力学性能，并且与面漆的配套性良好因而被广泛采用。
- **面漆**-----多采用高耐候性的脂肪族聚氨酯面漆、氟碳面漆或聚硅氧烷面漆。脂肪族聚氨酯面漆以其优异的耐候性及艳丽丰富的色泽而被广泛地采用；在苛刻的腐蚀环境下（C5很高乃至CX极端）采用了耐候性能更加卓越的氟碳或聚硅氧烷涂料以提高整个涂层体系的防腐寿命。



环氧富锌类底漆的技术要求

项 目	技术指标	试验方法
在容器中状态	液料和浆料，搅拌混合后无结块、硬块，呈均匀状态 粉料，应呈微小均匀粉末状态	
施工性	对施涂无障碍	
漆膜颜色及外观	锌灰色，漆膜平整	
不挥发分中的金属锌含量，% \geq	70	HG/T 3668 - 2009
体积不挥发分，% \geq	65 \pm 2	GB/T 9272-2007
密 度	商定	GB/T 6750 - 2007
干燥时间（20℃） \leq	表干：1h；硬干：6h；	GB/T 1728 - 1979
附着力（拉开法），MPa \geq	5	GB/T 5210-2006
耐盐雾性， \geq 1500h（75~85 μ m）	划痕处单向扩蚀 \leq 2.0mm，未划痕区无起泡、生锈、开裂、剥落等现象	GB/T 1771 - 2007
耐冲击性，cm	50	GB/T 1732 - 1993
混合使用期（20℃），h \geq	4	
VOC，g/L \leq	380	GB/T 23986 - 2009
铅含量 \leq	100PPM	欧美法规

无机富锌类底漆的技术要求

项 目	技术指标	试验方法
在容器中状态	液料和浆料，搅拌混合后无结块、硬块，呈均匀状态 粉料，应呈微小均匀粉末状态	
施工性	对施涂无障碍	
漆膜颜色及外观	锌灰色，漆膜平整	
不挥发分中的金属锌含量，% \geq	80	HG/T 3668 - 2009
体积不挥发分，% \geq	60 \pm 2	GB/T 9272-2007
密 度	商定	GB/T 6750 - 2007
干燥时间 \leq	表干：0.5h；硬干：5h	GB 1728 - 1979
附着力（拉开法）/MPa \geq	3	GB/T 5210-2006
耐盐雾性， $\geq 2000\text{h}$ (65~80 μm)	划痕处单向扩蚀 $\leq 2.0\text{mm}$ ，未划痕区无起泡、生锈、开裂、剥落等现象	GB/T 1771 - 2007
混合使用期（20 $^{\circ}\text{C}$ ），h \geq	4	
VOC, g/L \leq	480	GB/T 23986 - 2009
铅含量 \leq	100PPM	欧美法规

环氧中间漆的技术要求

项目	技术指标	试验方法
在容器中状态	搅拌混合后无结块、硬块，呈均匀状态	
漆膜颜色及外观	颜色符合要求，漆膜平整，无明显颗粒	
体积不挥发分， %	80±2	GB/T 9272-2007
弯曲性能， mm ≤	2	GB/T 6742 - 2007
混合使用期（20℃）， h ≥	6	
干燥时间 ≤	表干：3h；硬干：24h	GB/T 1728 - 1979
耐盐雾性， ≥500h	板面不起泡、不生锈，划痕处允许有小泡，腐蚀蔓延宽度不大于2mm（单向）	GB/T 1771 - 2007
附着力（拉开法）， MPa ≥	5	GB/T 5210 - 2006
厚涂性	湿膜厚度250μm不流挂	GB/T 9264 - 2012
VOC， g/L ≤	250	GB/T 23986 - 2009
铅含量 ≤	0PPM	欧美法规

聚氨酯面漆的技术要求

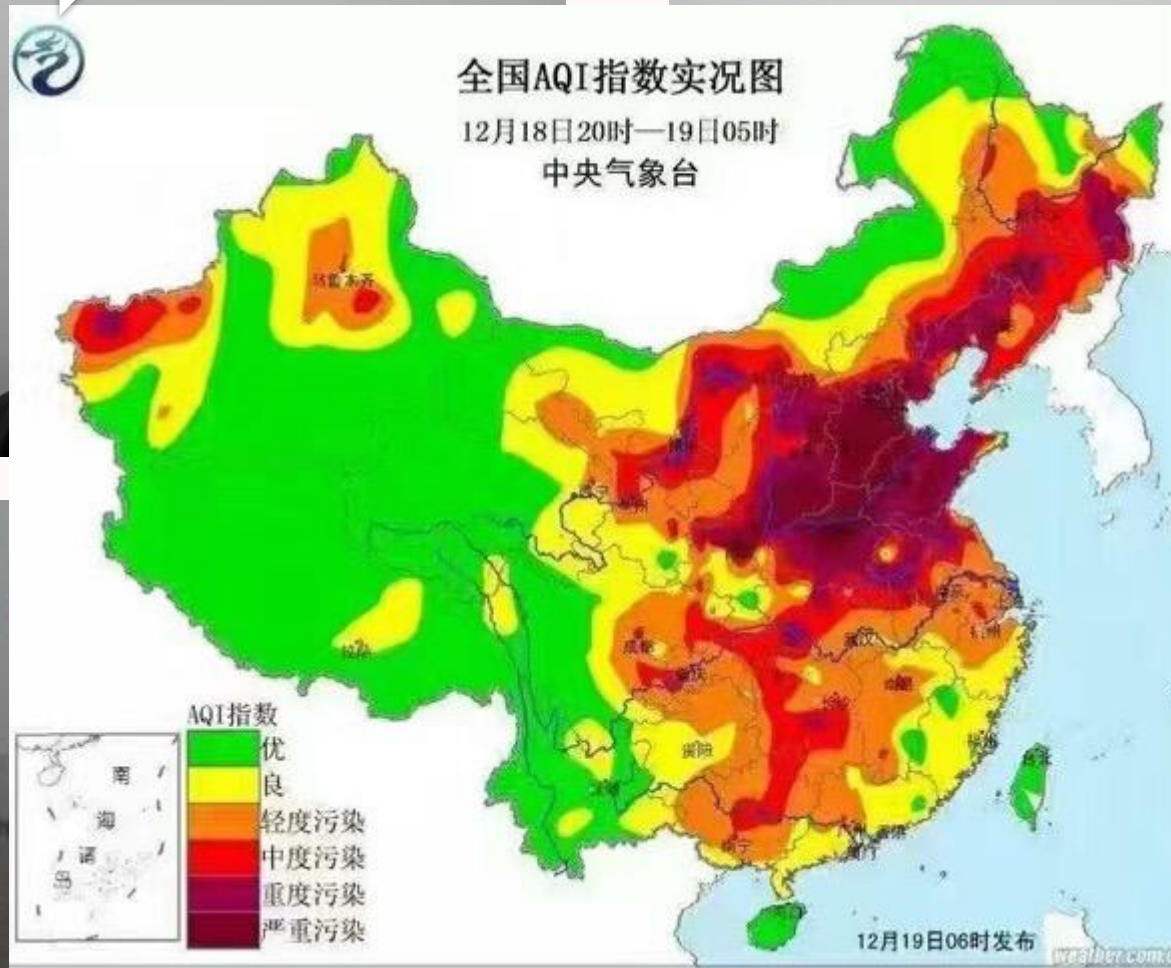
项目	技术指标	试验方法
在容器中状态	搅拌混合后无结块、硬块，呈均匀状态	
漆膜颜色及外观	颜色符合要求，漆膜光滑、平整，无明显颗粒	
体积不挥发分， %	60±2	GB/T 9272-2007
干燥时间 ≤	表干：2h；硬干：6h	GB/T 1728 - 1979
硬度（铅笔）， ≥	H	GB/T 6739 - 2006
附着力，级 ≤	1	GB/T 1720 - 1979
柔韧性， mm	1	GB/T 1731 - 1993
耐冲击性， cm	50	GB/T 1732 - 1993
混合使用期（20℃）， h ≥	4	
耐水性（蒸馏水）	24d无异常	GB/T 5209 - 1985
耐酸性（5%H ₂ SO ₄ ）	24d无异常	GB/T 9274 - 1988
耐碱性（5%NaOH）	7d无异常	GB/T 9274 - 1988
耐盐雾性， ≥1500h	涂层无异常（耐盐雾性能测试为C5环境下配套涂层）	GB/T 1771 - 2007
耐老化性， ≥1500h	无粉化、无裂纹，失光≤2级，变色≤2级	GB/T 14522 - 2008 (与ISO 11507-2007等效)
重涂性	重涂无障碍	HG/T 3762 - 2006中3.12
VOC， g/L ≤	400	GB/T 23986 - 2009

氟碳面漆的技术要求

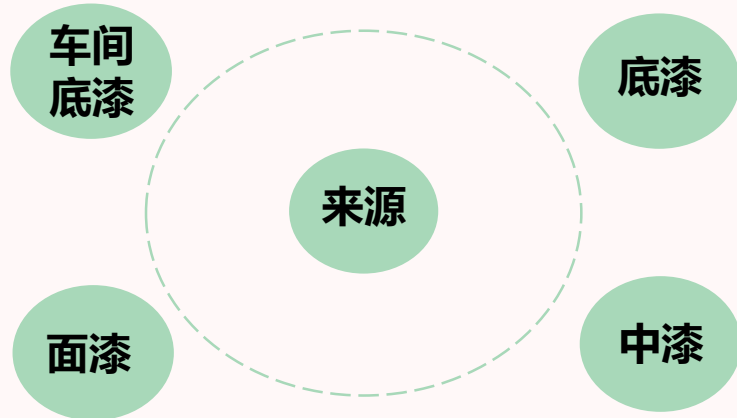
项目	技术指标	试验方法
在容器中状态	搅拌混合后无结块、硬块，呈均匀状态	
漆膜颜色及外观	颜色符合要求，漆膜光滑、平整，无明显颗粒	
体积不挥发分，% ≥	55±2	GB/T 9272-2007
氟含量，% ≥	24	HG/T 3792-2005附录B
干燥时间 (25℃)	表干：1h；硬干：16h	GB/T 1728 - 1979
硬度（铅笔），≥	HB	GB/T 6739 - 1996
附着力，级	1	GB/T 1720 - 1979
柔韧性，mm	1	GB/T 1731 - 1993
耐冲击性，cm	50	GB/T 1732 - 1993
混合使用期 (20℃)，h ≥	4	
耐水性（蒸馏水）	30d无异常	GB/T 5209 - 1985
耐酸性（5%H ₂ SO ₄ ）	30d无异常	GB/T 9274 - 1988
耐碱性（5%NaOH）	30d无异常	GB/T 9274 - 1988
耐盐雾性，≥2000h	涂层无异常（耐盐雾性能测试为C5环境下配套涂层）	GB/T 1771 - 2007
耐老化性，≥3000h	无粉化、无裂纹，失光≤1级，变色≤1级	GB/T 14522 - 2008 (与ISO 11507-2007等效)
重涂性	重涂无障碍	HG/T 3762 - 2006中3.12
VOC，g/L ≤	420	GB/T 23986 - 2009

港机防腐存在的问题1

环保问题



港口机械VOCs排放主要来源



喷枪清洗消耗的稀释剂的挥发

涂层固化成膜过程中VOC的挥发

涂料中固有VOC的自然挥发

涂料调配搅拌过程中VOC的挥发

处置空桶时残留的VOC的挥发

传统溶剂型涂料弊端

不可再生

——溶剂来源于石油煤炭，终有一天会消耗殆尽

危害性大

——有机溶剂毒性大，大部分易燃易爆

政策限制

——国家、地方相继出台VOCs限排措施，企业环保限产、停工风险加剧

用户困扰

——有限空间内VOCs的长期积聚，增加了日常检查、维护易燃、易爆的风险，同时，维护维修人员进入箱梁内检修时，刺鼻气味不仅给检修造成不便，更威胁人员安全 and 健康。

港机防腐存在的问题2

成本问题

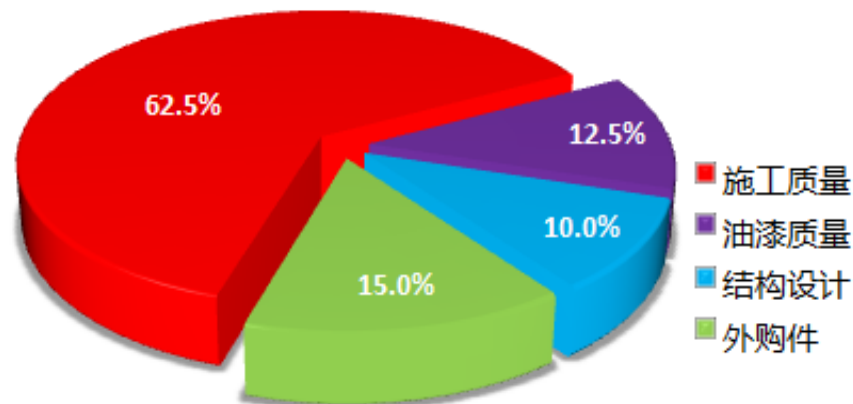
- 一、在常规的生产中，环保费用、人员的劳务防护费用以及VOC的排放费用、人工费用在生产成本中的比率越来越高；
- 二、在常规的生产中，表面处理费用，特别是表面抛丸、喷射处理的费用居高不下；
- 三、维护成本的居高不下；

港机防腐存在的问题3

施工问题

- 一、中毒、爆炸风险：在有限空间源内，有机溶剂的挥发，极易造成中毒、爆炸的风险；
- 二、施工人员的HSE压力：长期从事涂装行业，面临着HSE的高危风险，施工人员难招将成为一段时间的常态。
- 三、质量压力：非专业化工人，常规的施工造成涂装质量不稳定。

钢结构锈蚀原因分类



4

港口机械防腐技术探索



环保型技术

水性涂料： 水性涂料不是一种真正意义上的环保涂料。其VOC 约为10-20%左右（主要为醇类和醚类），比普通的溶剂型（VOC:50-60%）有大幅度的降低但水性漆性能差，难以在重防腐保护和一些重要的工业领域应用。

粉末涂料： 其VOC接近于0，性能较好。但涂装要求有专业生产线，不适用于大型或需要现场涂装的设备，技术要求高，费用昂贵，无法大规模在工业重防腐领域推广应用。

无溶剂涂料： VOC接近于0，但适应期（pot-life）仅为20-30分钟左右，需要昂贵的专用双输料喷涂设备，且涂装时易发生事故。受昂贵复杂的施工方法与工艺限制，也难以规模化应用。

高固含涂料： 通过提高固含量来降低VOCs，以环氧云铁中间层漆(MIO)为例，固体分含量从54%提高到80%，其VOC值从420g/L降低到175g/L。但再往上提呢？

重防腐涂料的绿色评价

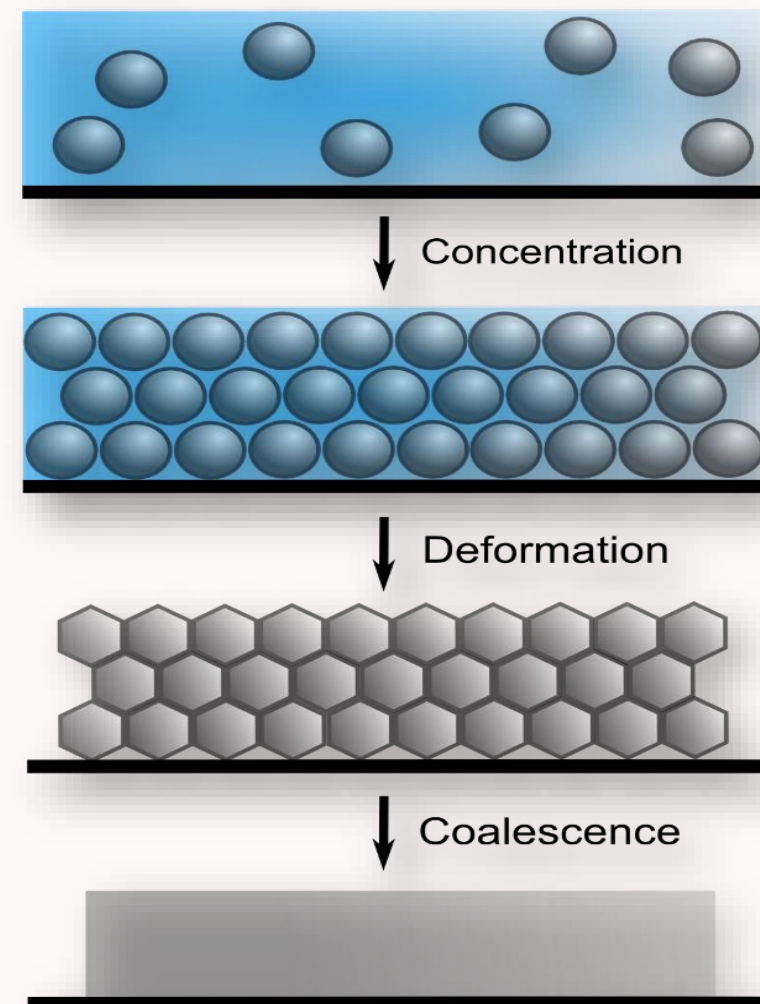
评价项目	涂料类型			
	传统溶剂型	水性涂料	高固含涂料	无溶剂型
原材料 /资源属性	5	8	8	10
生产过程能耗 /能源属性	8	8	8	8
清洁生产 /企业要求	1	8	8	10
涂料 VOC 含量与排放	1*2	5*2	8*2	10*2
有毒有害物质含量 /品质属性	5	5	5	8
防护性能和期限	8	5	8	8
设备与涂装线改造	10	1	10	5
施工工艺与能耗	10	5	8	8
三废排放及处理	5	5	8	8
综合得分(满分为 100 分)	54	61	73	85

注：每个涂料品种共计进行9个项目的评价，总分为100分（分值越高越好）

评分按4档进行：10分最好，8分为较好，5分为中性，1分为最差

方向一 水性重防腐环保涂料

水性涂料成膜机理



水性涂料技术难题



涂物理化性能

- 固含量
- 混合使用寿命
- 干燥性能



腐蚀防护性能

- 盐雾性能
- 附着力



施工性能和经济性

- 单道成膜性能
- 不同环境下施工适应性
- 每平米施工成本

水性涂料施工难题



习惯性的施工

- 预涂膜厚控制
- 混合程序控制
- 施工膜厚控制



施工环境控制

- 湿度控制
- 温度控制
- 通风控制



其他

- 物料施工温度控制
- 物料存储条件控制

水性涂料施工难题



现场培训与指导...



水性车间底漆

溶剂型车间底漆

水性车间底漆



有机溶剂

有效成分

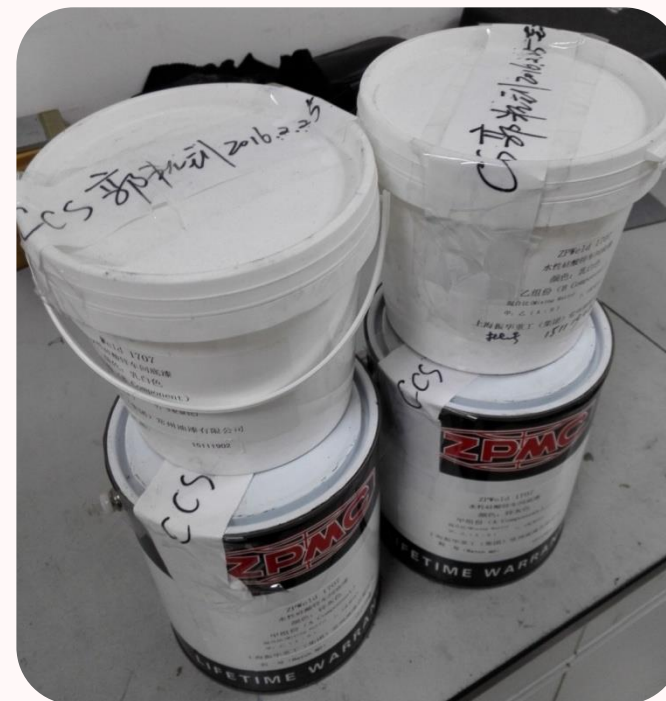
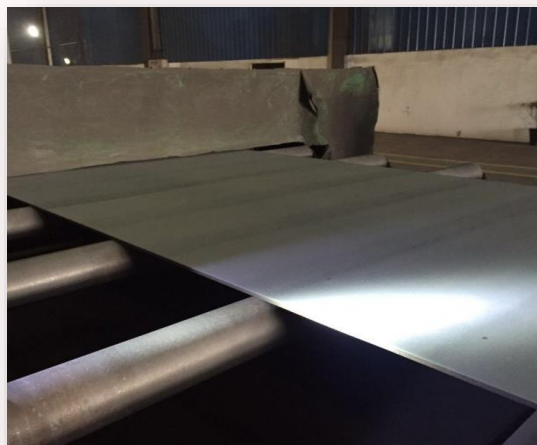


水

有效成分

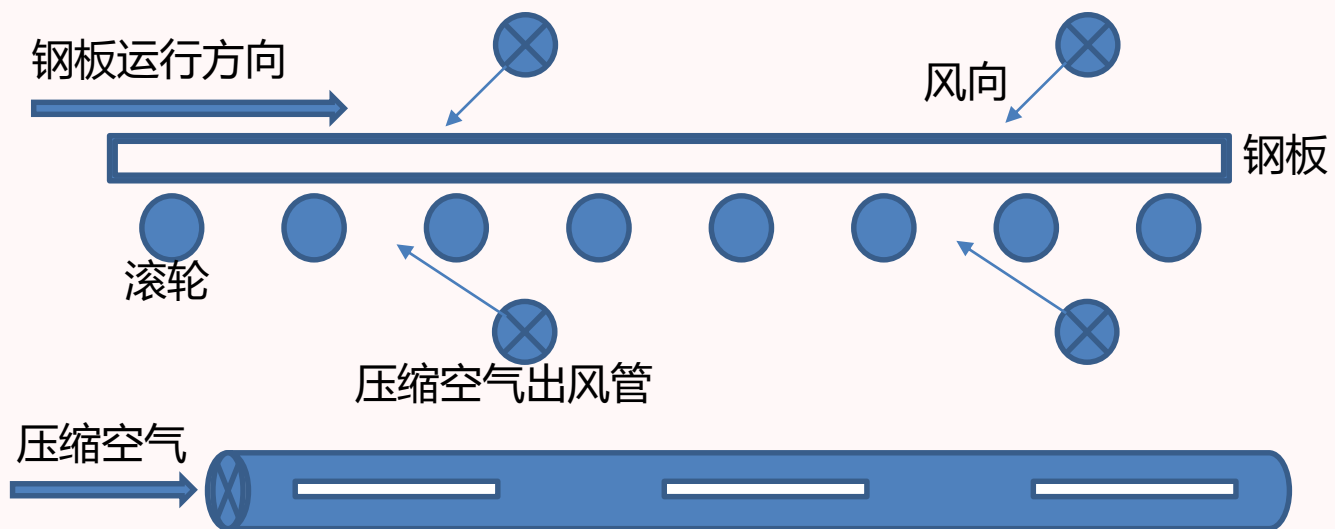


水性车间底漆



- 焊接切割性能检测检验
- 暴晒试验检测检验

水性车间底漆流水线改造



序号	项目	改造前	改造后
1	涂料成本 (万元/年)	1625	1820
2	排污费 (万元/年)	960	7
3	总费用 (万元/年)	2585	1827
备注: 排污费征收标准20元/公斤VOCs			

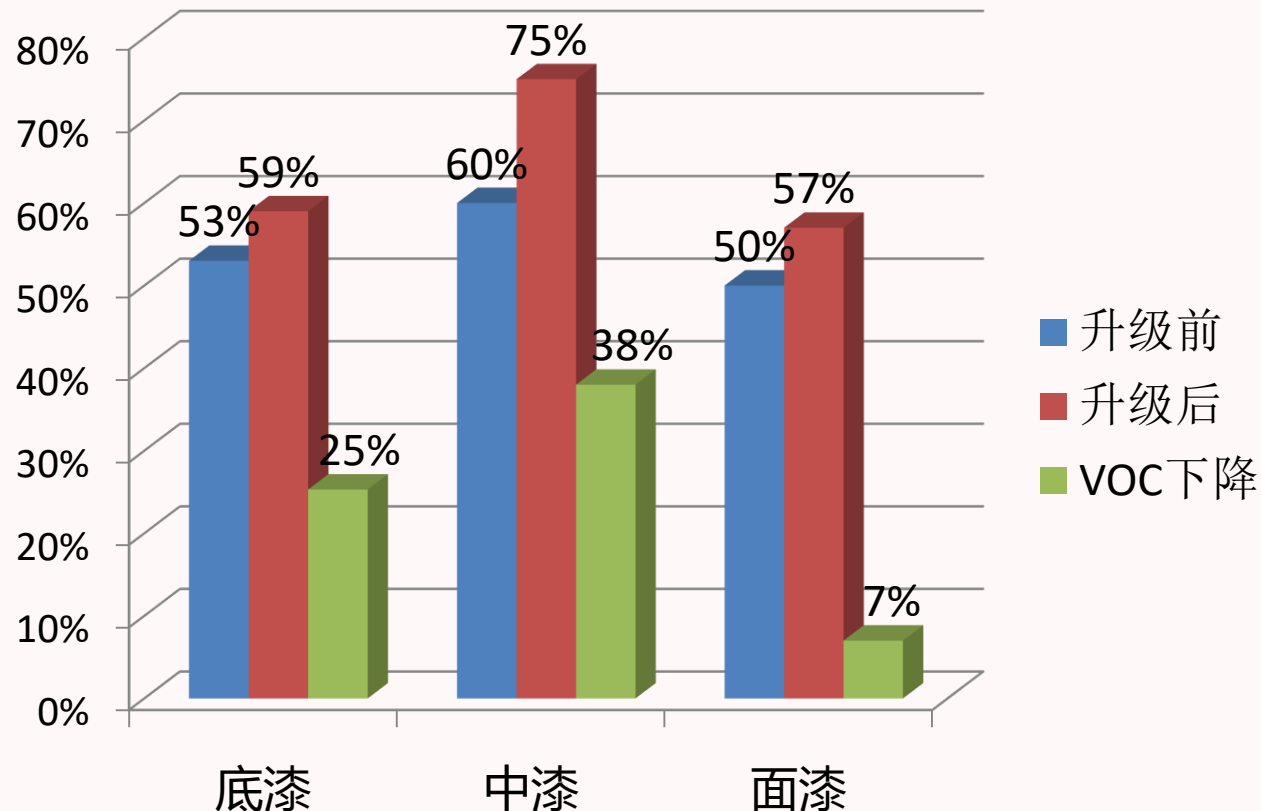


方向二 无溶剂重防腐环保涂料

高固含涂料

提高涂料的固含量可有效降低VOC含量，而且效果非常明显，如右图所示。

但，提高固含量必然会提高成本，而当固含量提高到一定程度后，其减排效果变得不明显，但成本会飞跃式的增长，这也是所有涂料生产商、使用单位所不愿看到的事。

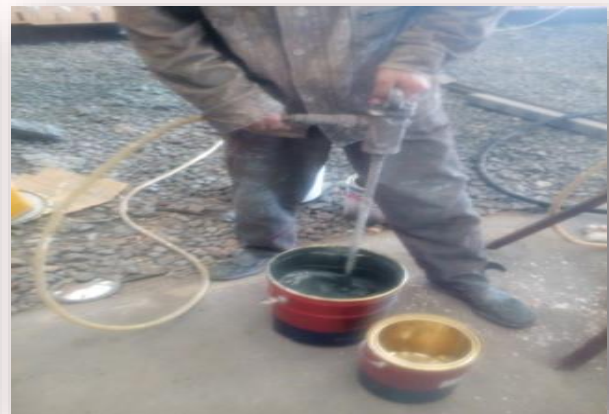


实际通过提高固含量降低VOC的统计

无溶剂涂料

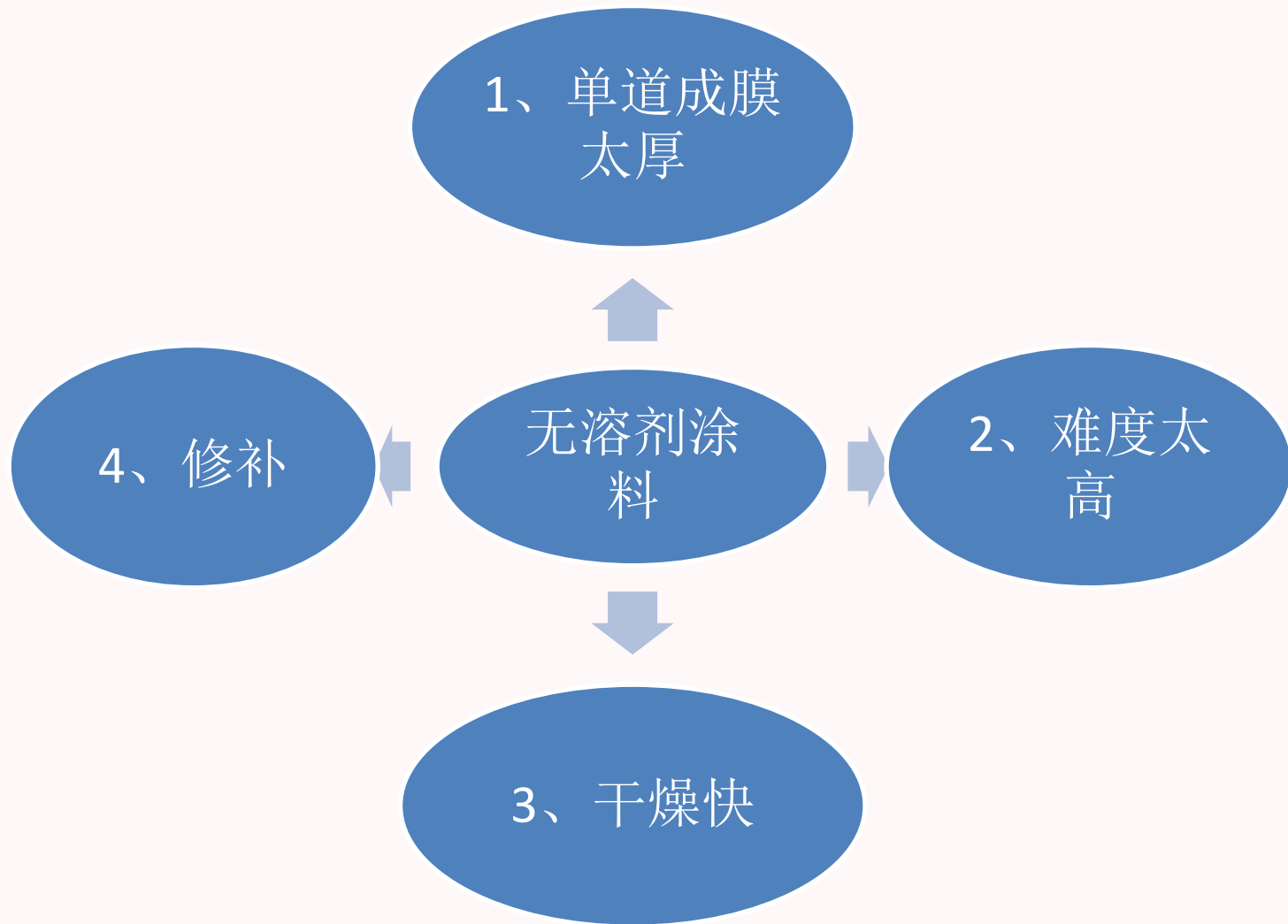
技术特性

- (1) 固体含量高：95%以上，符合环保；
- (2) VOC低
- (3) 与基材优异的附着力；
- (4) 涂层坚硬、柔韧性好、耐磨性优、抗划伤性好、耐撞击性优；
- (5) 一次成膜较厚、边缘覆盖性好、内应力较小、不易产生裂纹；
- (6) 漆膜致密性佳；
- (7) 可达长效的有效防腐期；



无溶剂涂料技术难题

太突出的特性会成为一些特殊领域如风电等的首选涂层配套，但往往也会成为应用的技术障碍。





快干型技术

随着现代生产、生活节奏的不断加快，时间久代表着机会和金钱，港机产品的生产周期也不断地缩短，已经从开始的15个月缩短到12个月乃至目前的10个月，超短周期甚至只有6个月，这也对涂装的进度和速度提出要求。目前港机产品三道涂层的正常施工周期为三天，如何缩短施工周期最好在一天之内全部完成是港机产品涂料发展的一个趋势。

高容忍型技术

随着市场竞争的加剧，人们节能、环保意识的不断增强，以及以前的港机设备逐步走向老龄化需要维修保养的现状，高容忍性涂料也将成为港机产品防腐的一种优先选择。

具体体现在：可以用在手工或动力工具打磨后的钢结构表面，减少了喷砂、抛丸对人体和环境的污染；可复涂在高压水喷射除锈后，有闪锈的钢材表面；可以复涂在环氧、聚氨酯醇酸等旧涂层上，配套性能良好，对钢结构旧涂层的维修和升级起到了积极作用。

适合自动化涂装型技术

- ◆ 涂层膜厚要求与防腐性能
- ◆ 烘干温度与涂料干燥性能
- ◆ 喷涂参数与涂装线参数的一致



长效防腐型技术

港口机械设备由于造价高，工作环境恶劣，要求防腐蚀涂层系统有较长的保护期，以使日常的维修工作量尽量减少。港口机械设备的设计使用寿命一般为25年甚至达30年，目前的设计大部分都是按照10 年的保护寿命来进行设计的，而随着新的耐候性、耐腐蚀性好的长效重防腐涂料如氟碳涂料、聚硅氧烷等涂料的成功应用，涂层配套体系使用寿命设计大于15年是完全可能达到的，但还是未能实现与设备同寿命的期望，因此使用涂层配套体系与港机设备进行同寿命设计是港机产品涂装未然发展的一个重要方面。

5 港口机械涂装展望

过渡页

Transition Page



展 望

环保型、低VOC型、高容忍性型、高效型涂料将成为重防腐的主流，也必将引发对高性能无公害防锈颜、填料的研究热潮；

集涂装管理、专业化施工的重防腐技术将成为重防腐技术得以实施的保证。

VOC减排，采用环保涂料解决重防腐问题是我们涂料、涂装界人员的职责所在，也是我们的责任和义务。

展望



一、涂装工艺、设备落后

二、涂装管理水平不高

三、环保类涂料环境、设备适应性提升

四、缺乏环保类涂料废液、废气处理手段

五、港机绿色涂装标准匮乏

谢谢大家聆听！