

粉末涂料涂装 在工程机械行业的应用

齐祥安

18818292159

邮箱: qxa5946273@163.com

微信号: [qxa5946273](#)

主要内容

1. 粉末涂料及涂装的特点
2. 粉末涂料及涂层体系的选择
3. 粉末涂装设备（生产线）的设计
4. 粉末涂料的涂装工艺
5. 粉末涂料涂装的涂层缺陷（弊病）



1. 粉末涂料及涂装的特点

1.1 各种环保涂料及涂装的特点

涂料种类	环保达标	涂层质量	综合成本	能量消耗	投资费用	实施难易
溶剂型涂料	VOC含量高, 漆渣水处理难	好	较低	高	一般	一般
水性涂料	VOC含量低, 漆渣水处理难	较好	较高	高	较高	较难
粉末涂料	VOC含量低, 废粉处理容易	较好	较低	高	新建较高	较难
高固体份涂料	VOC含量高, 漆渣水处理难	好	较高	高	一般	一般
UV涂料	VOC含量低, 漆渣处理易	好	较低	低	新建较高	较难
天冬聚脲	VOC含量低, 漆渣水处理难	好	最低	低	节省	易行

1.2 粉末涂料及涂装主要特点分析

五要素分析	主要特点分析
1) 涂料及涂层体系	涂料施工性能：在 现有涂装工艺设备条件下的喷漆室、烘干室均不能使用 。 中厚板的钢结构件 ，由于热容较大且粉末涂料烘干温度较高，不宜使用粉末涂装工艺。 涂层体系的性能指标 ：各家涂料供应商提供的粉末涂料可以满足高、中、低档次需要的技术指标。 容易出现涂层边角膜厚较薄、复杂的阴角部位露底等缺陷（弊病） 。
2) 涂装设备（生产线）的改造	一般主机厂 需要新建粉末涂料涂装生产线 才能进行实施。主要适用于薄板件、小件比较合适，根据不同零部件及生产纲领的不同，投资差别较大。
3) 涂装环境（设备外部环境）	在非密闭性的涂装车间条件下，环境温度、湿度、粉尘等影响较大，大批量生产时，将会加大不合格涂装产品的比例。 高装饰性涂层需要设立调温调试的隔离间。
4) 涂装工艺的调整及改进	由于粉末涂装烘干温度在 180℃左右，对于中厚板的结构件，其加热时间长， 带走和消耗的热量较多 ，主机厂多数情况下不能采用。比较适合使用粉末涂装的薄板件与小件，一般是由内外协厂进行涂装，主要改进的是内外协厂的工艺。鉴于色差管理的问题，最好在内部件上进行粉末涂装。 要求高的涂层需要“干碰干”（DtoD）工艺。
5) 涂装管理问题	1) 适应环保VOC排放的标准，环保容易通过。但需要对粉尘的处理， 有防爆要求 。2) 对于薄板件和小件的工艺比较成熟，主要是加强对内外协厂的工艺与质量控制。3) 综合涂装成本比溶剂型涂料可以降低，内外协件的采购费用可减少 ；4) 需要加强对涂层边角膜厚、复杂的阴角部位露底、碰划伤部位修补光斑等缺陷（弊病）的管理。5) 无漆渣难题。

2.粉末涂料及涂层体系的选择

2.1 粉末涂料的涂层体系



不同产品，有不同的选择；
同一产品，有不同零部件的选择；

钢构件：

- 1) 抛喷丸+底漆涂层+面漆涂层
(溶剂型或水性涂料或高固体份)
- 2) 抛喷丸+磷化+粉末涂装
(应用较少)

.....

薄板件及小件：

- 1) 化学前处理+磷化+底漆+面漆；
- 2) 化学前处理+磷化+电泳+粉末涂装；
- 3) 化学前处理+无磷化成膜+电泳+粉末涂装；
- 4) 化学前处理+有/无磷化成膜+粉末涂装；

.....

2.粉末涂料的涂层体系的选择

2.1 粉末涂料的涂层体系

各种基材、各种前处理、各种类型涂料涂层、各种粉末涂料涂层的配套，要通过试验决定。

序号	基体材料	前处理形式 及各类涂层		涂装涂层种类		涂装修补 及后处理等
1	黑色金属、 有色金属、 塑料、玻璃 钢、木 材、.....	化学表面预 处理、电化 学表面预处 理、机械表 面预处理、 手工表面预 处理.....	无； 热喷涂Zn Zn-Al合金 热浸锌 电镀锌等 镀覆层 磷化层 氧化层 硅氧烷锆 化涂层	粉末涂层		溶剂型涂料修 补； 防护蜡/防锈 蜡，密封胶， 防锈油/脂， 可剥塑料薄膜
2				电泳底漆	粉末涂料 涂层	
3				粉末涂料底粉 层	粉末涂料 面粉层	
4				粉末涂料涂层	面漆层 (水/溶)	

2.2 粉末涂料及涂层体系技术指标的确定过程

- ① 综合考虑产品自身的腐蚀防护能力和涂层体系实施的可能性
- ② 熟悉产品的用途、结构、特点、特殊要求。
- ③ 调研、分析产品或工程使用的自然环境和工作环境，收集腐蚀环境数据，进行腐蚀等级分类。
- ④ 确定产品或工程腐蚀防护耐久性和使用寿命（腐蚀防护期限）。
- ⑤ 系统分析腐蚀防护、装饰、标识、特殊功能，全面考虑涂层系统生命周期内的各种因素，确定系统设计方案。
- ⑥ 组织专家会议讨论系统设计方案
- ⑦ 试验验证系统设计方案中尚未确定的部分
- ⑧ 系统设计方案在样机上的实施及型式试验
- ⑨ 产品涂层技术要求文件、工艺技术要求文件、质量检验规范文件编制
- ⑩ 专家会议文件审查
- ⑪ 形成“企业技术标准”文件

2.3 粉末涂料及涂层体系技术指标的定位问题（标准水平）

例：工程机械涂层体系的标准定位的等级分类（主要指标）

序号	涂层体系分类	耐候性	耐盐雾	耐湿热	耐污染	耐冲击/摩擦/柔韧性		
1	国际先进水平	≥2000h	≥1000h	≥960h	好	好		
2	国内先进水平	≥1200h	≥720h	≥480h	一般	一般		
3	国内一般水平	≥720h	≥480h	≥240h	差	差		

2.4 粉末涂料及涂层体系的技术指标

(1) 涂料的有害物质限量的要求

苯 ≤ 0.3 ，甲苯、乙苯、二甲苯总量 ≤ 40 ；乙二醇甲醚、乙二醇乙醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚醋酸酯、二乙二醇丁醚醋酸酯总量 ≤ 0.03 ；Pb ≤ 1000 ，Cr⁶⁺ ≤ 1000 ，Cd ≤ 100 ，Hg ≤ 1000 ，多溴联苯 ≤ 1000 ，多溴二苯醚 ≤ 1000 ，……

(2) 粉末涂料本身技术指标要求

- 1) 外观， 2) 比重， 3) 挥发份，
- 4) 流动性， 5) 颗粒细度， 6) 电阻率和介电常数（体积电阻），
- 7) 含水量（湿度）， 8) 贮存稳定性，
- 9) 其它

(3) 粉末涂料的施工性能要求

- 1) 粉末流化，
- 2) 干膜厚度（ μm ），
- 3) 固化时间
- ……

2.4 粉末涂料及涂层体系的技术指标

(4) 粉末涂层体系技术指标要求

序号	项 目		粉末涂料涂层体系技术指标	检测方法
1	涂层常规性能	涂层外观	平整光滑，允许轻微桔皮	橘皮仪
2		颜色色差	$\Delta E \leq 1.0$ 与标准色板对比，要求目视无明显色差	色差计
3		涂层厚度		GB/T13452.2
4		光泽度	中光：60~75(60° ∠) 高光：80~90(60° ∠)	GB/T9754
5		附着力	划格法 ≤1级	GB/T9286-98
6		硬度	(铅笔法)≥H	GB/T6739-96
7		柔韧性	≤3mm	GB/T1731-93
8		耐冲击性	≥30kg·cm (1kg，正冲，	GB/T1732-93
9	涂层耐介质性能	耐水性	浸水法 (23±2℃) 500hr，无锈蚀、无起泡、附着力≤1级、铅笔硬度大于F	GB/T1733-93
10		耐碱性	(25℃ 0.1N NaOH) 48hr，不起泡、不起皱，允许轻微变色、失光	GB/T9274(甲法)
11		耐酸性	(25℃ 0.1N H ₂ SO ₄) 48hr，不起泡、不起皱，允许轻微变色、失光	GB/T9274(甲法)
12		耐柴油性	500hr，无锈蚀、无起泡、附着力≤1级、铅笔硬度大于F	GB/T9274(甲法)
13	涂层耐久性	耐人工加速老化	(Q-SUN) ≥2000hr 滤过的氙弧辐射；不开裂，不粉化，不起泡、允许很轻微变色($\Delta E_{cmc} \leq 3.0$)，失光($\leq 20\%$)	GB/T1865 方法1
14		耐中性盐雾性	1000hr；划痕处单侧锈蚀宽度≤2mm，板面无起泡、不生锈、不脱落	GB/T1771
15		耐湿热性	960hr，板面无起泡、不生锈、不开裂，允许很轻微变色（ $\Delta E_{cmc} \leq 3.0$ ）	GB/T1740
16		自然曝晒	3年，失光率≤30%（允许按GB/T9276中7.4项轻微抛光），很轻微变色 $\Delta E_{cmc} \leq 3.0$ ，粉化1级，开裂1S1，起泡1S1	GB/T9276
17	其它性能	耐热性	(105±5)℃×24hr；不起泡、不脱落、不开裂、无明显变色、失光	GB/T1735
18		耐温变性	10周期；不起泡、不脱落、不开裂、无明显变色、失光	请见要求5
19		丰满度	以双方认可的标准板为准（厚板和薄板分别设定）	双方签字
20		耐污性	反射系数下降率≤4.0%	GB/T 9870-2013

注1: 序号1中膜厚指的是试板复合涂层膜厚,即底粉+面粉的厚度, 未包括局部打磨腻子的厚度。

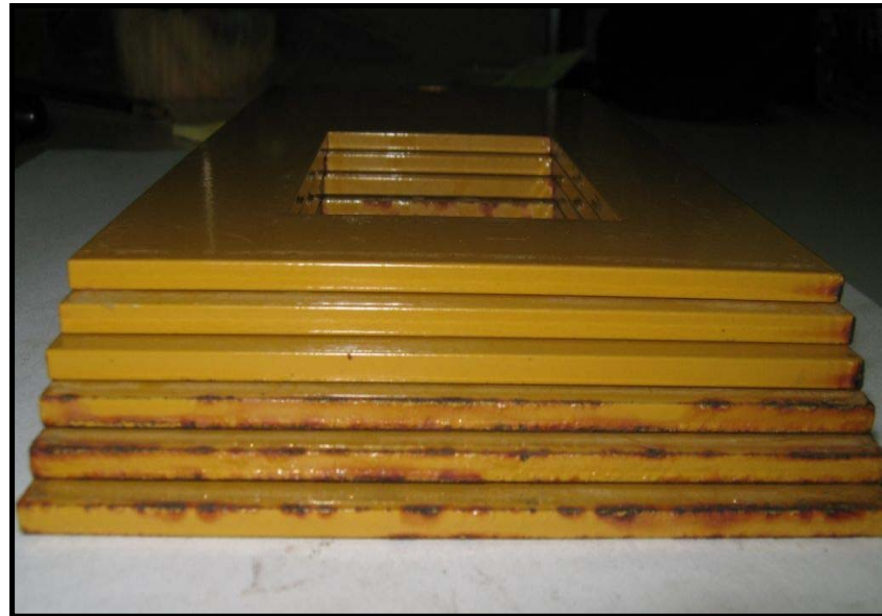
注2: 色差标注可以使用 ΔE_{cmc} 。

2.5 涂层体系的“边角孔洞缝”问题

一般粉末涂装对象（工件）的**大面积涂层与边角孔洞缝局部涂层状态，会有很大的区别**。边角孔洞缝部位会出现早期腐蚀，耐腐蚀性会变得很差，无法使用前边所说的技术指标衡量。对于耐腐蚀性要求较高的产品，需要提出特殊的技术要求。

粉末涂料喷涂时，涂覆到工件**外边角（阳角）**表面的粉末颗粒不会少，由于粉末涂料的**熔融黏度太低或者熔融流动性太大**，常常造成边角部位的粉末较薄；**阴角会因为静电屏蔽引起粉末颗粒附着不良**，固化后涂层变薄；以上两种情况，严重时可以看到金属基体材料。

在一定条件下，涂料的**边角覆盖率**和**流平性是相互矛盾的**。对于大面积涂层的装饰性，要求涂料具有良好的**流平性**，以获得最佳光泽、平整度、丰满度和鲜映性等；但对于边角这种特殊的部位，涂料的**流平性就造成了边角的覆盖不良**。反之，要想减少边角覆盖问题，必须提高涂料涂覆使（或干燥时）的黏度，减弱固化前的流动性；但这种情况对于大面积涂层需要的流平性又有很大的影响。



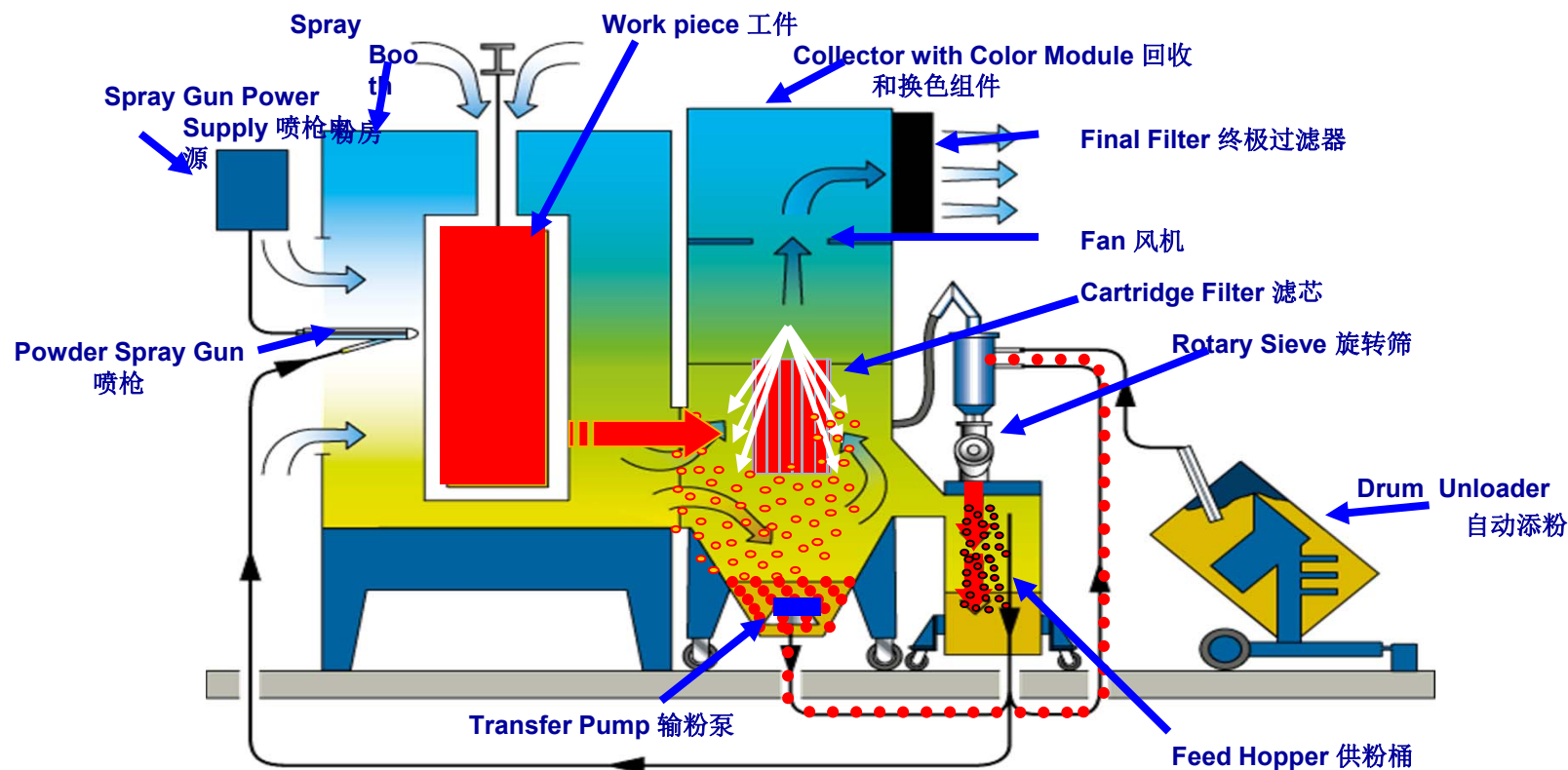
2.6 对粉末涂料及涂层体系的选择及试验方法

- (0) **技术交流及初步试验**：对粉末涂料的有关技术资料充分交流，获取实际应用的业绩，以便借鉴。利用废旧材料，在生产线上进行喷涂，解决各种低VOC涂料产品的不确定性问题，以便减少零部件涂装及试验费用。
- (1) **试片涂覆制作及检测**：测试涂层体系的性能，耐候性、中性盐雾、耐湿热委托第三方，其它甲乙双方组织测试，减少试验费用。
- (2) **对5套自制件进行涂装试验**：检测涂料的施工性能及涂装生产设备及组织的适应性，测试涂料耗量及涂装成本。
- (3) **小批量试制**：进行50~100台挖机的试制，检验涂料对挖机的各内外协厂、生产组织管理体系的适应性。同时，将实际样机放入不同使用环境，进行跟踪检测，判定其耐久性指标。
- (4) **正式切换**：根据试验结果，编写试验报告，请上级个部门审核、批准，选择适当时机进行全面切换。

3. 粉末涂装设备（生产线）的设计

3.1 喷粉室（粉房）选择

对于颜色品种较少且不经常更换的情况，使用滤芯式喷粉室（粉房），是比较好的选择。



3.1 喷粉室（粉房）选择

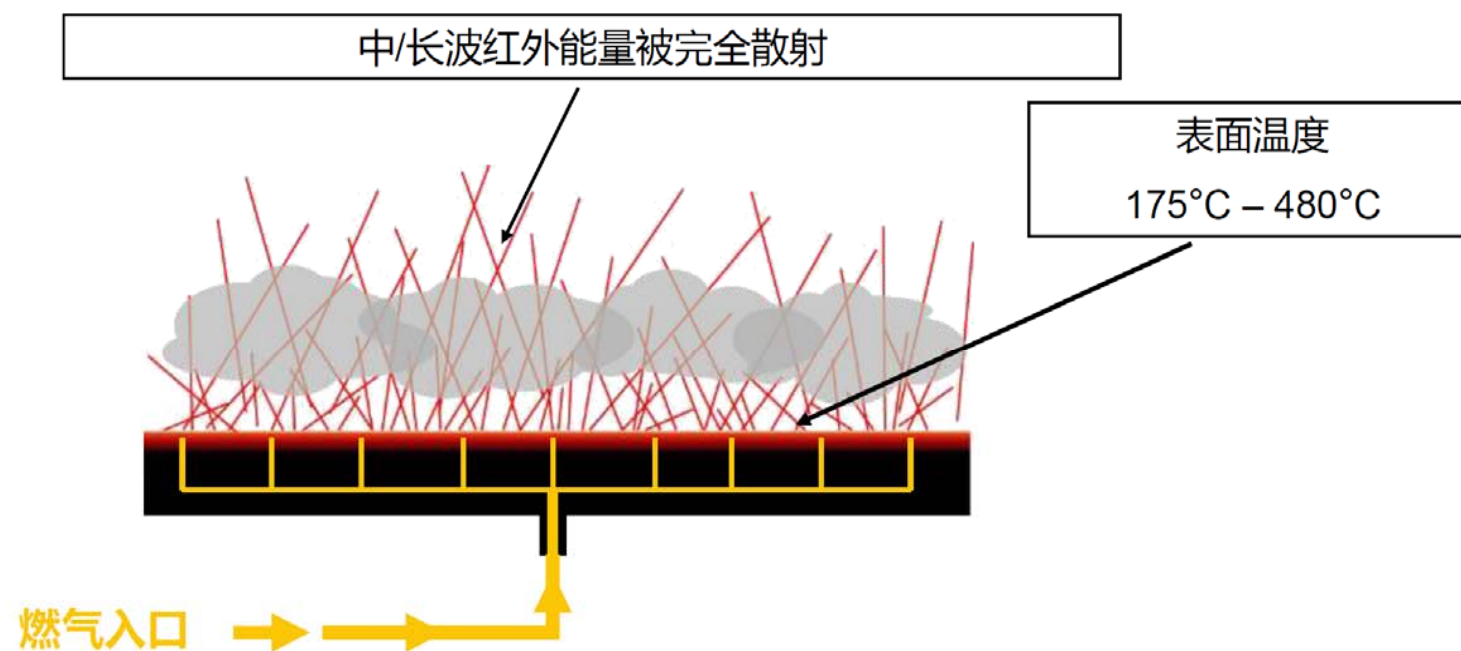
“干碰干”（干喷干）喷涂设备



3.2 关于天然气催化燃烧烘干设备

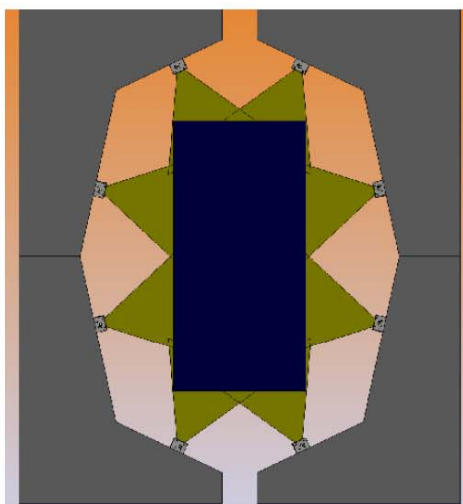
燃气催化反应原理

燃气 + 氧气 + 铂催化剂 = 二氧化碳 + 水 + 热



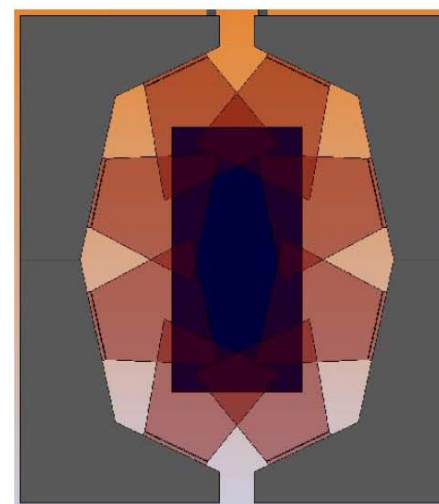
3.2 关于天然气催化燃烧烘干设备

电红外灯管



- 聚焦
- 响应时间短
- 功率范围宽

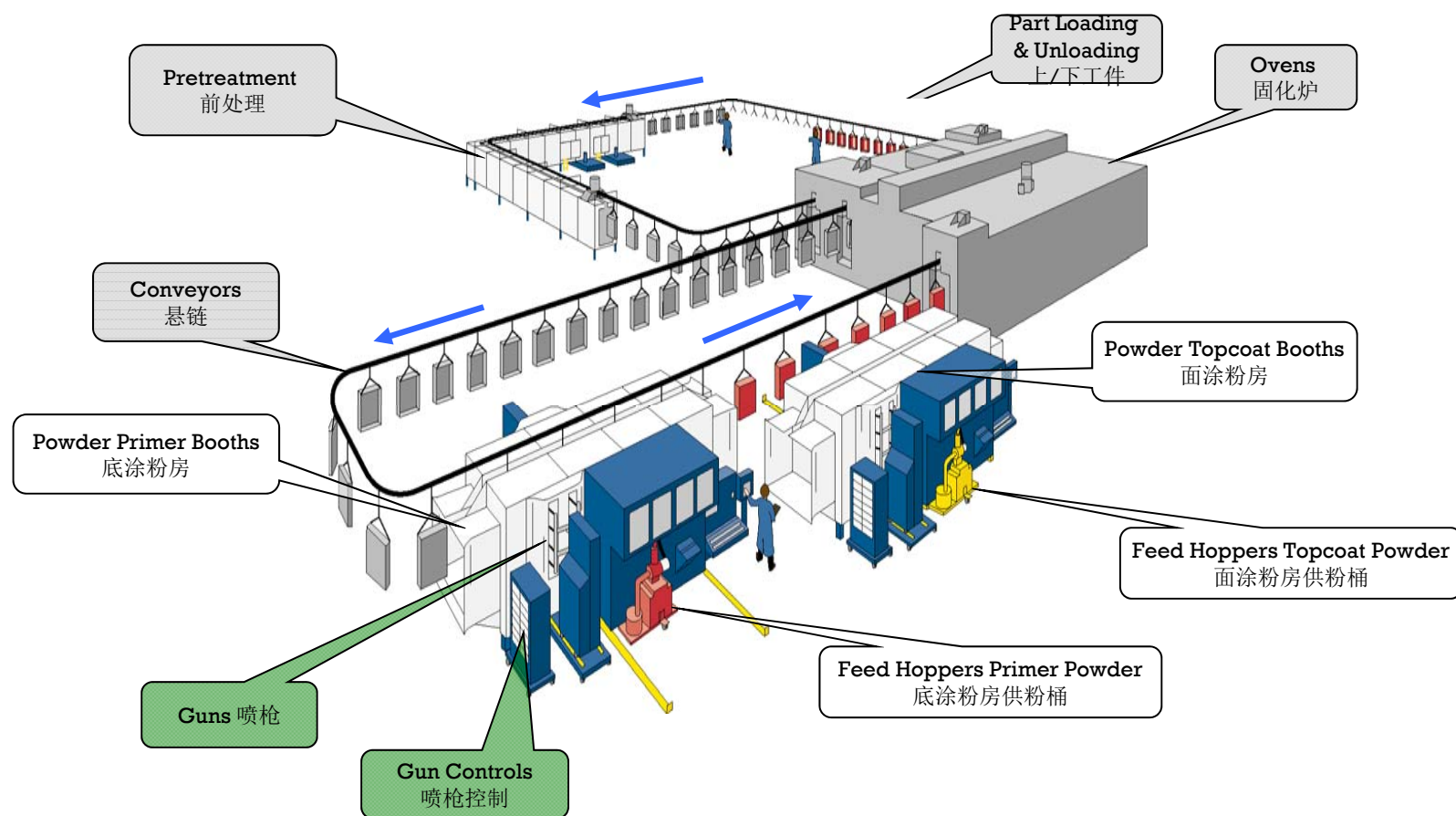
燃气催化板



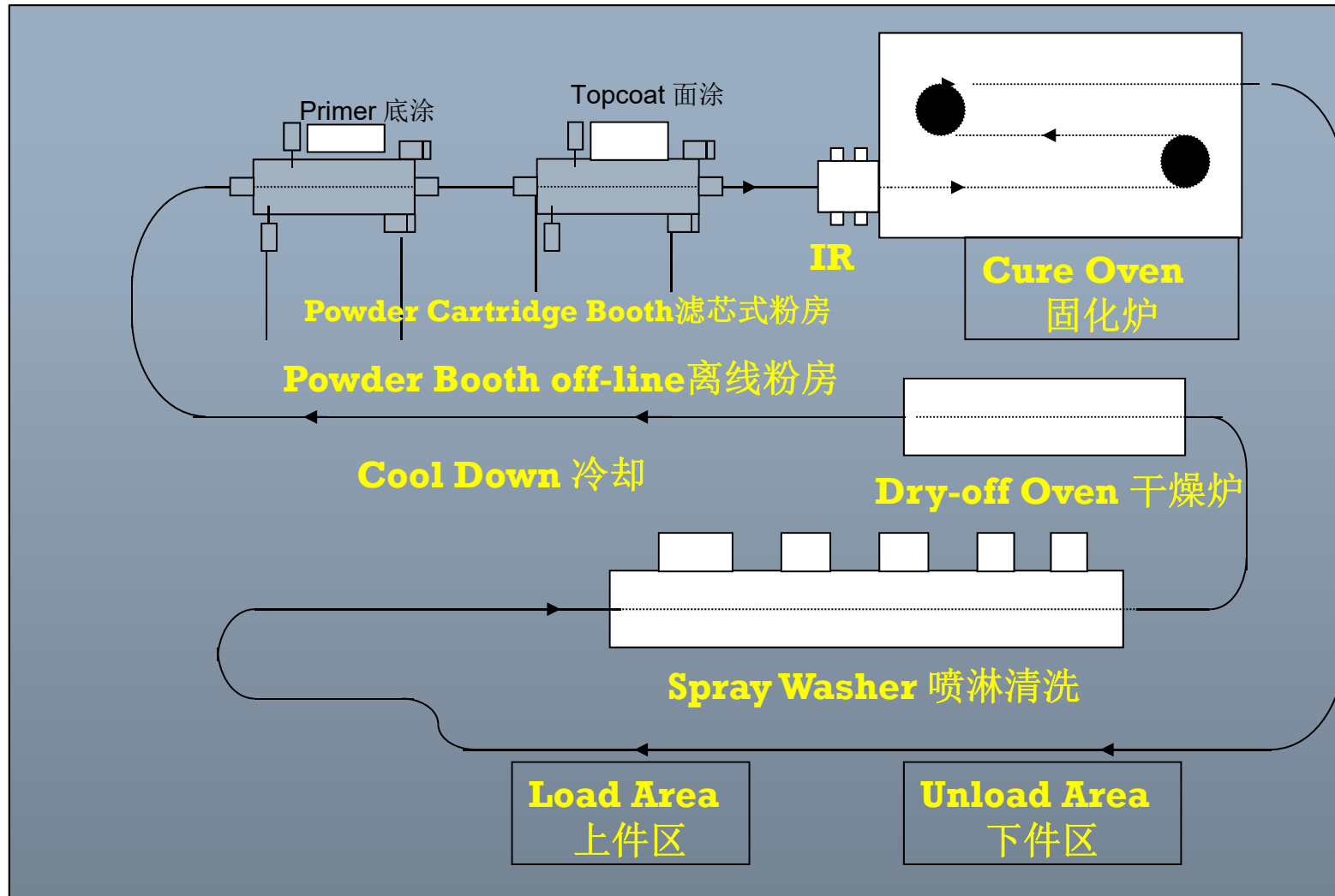
- 辐射范围宽
- 中/长波红外发射器
- 可复原

4. 粉末涂料的涂装工艺

4.1 “干碰干”(干喷干)喷涂工艺



4.1 “干碰干”(干喷干)喷涂工艺



5.粉末涂料涂装的涂层缺陷（弊病）

5.1粉末涂装涂层下的锈蚀问题



5.1粉末涂装涂层下的锈蚀问题

上页照片说明及分析：

安全检查设备上，未安装使用，便出现出口两侧罩板，入口左侧和入口顶罩板上的竖板生锈。锈蚀由内部向外生锈。现场情况是屋内有空调，湿度较大，湿度值无法得知。客户强烈要求更换。制造方损失30-40余万元。（发生地点：香港西部通道安检设备）。

主要原因：

- 1) 粉末涂层体系选择错误 沿海地区选择“砂纹粉末”，虽是国际名牌，但也抵抗不了C4/C5的腐蚀环境；
- 2) 没有试验，没有质量标准，没有作业指导书；
- 3) 层层转包，质量失控……

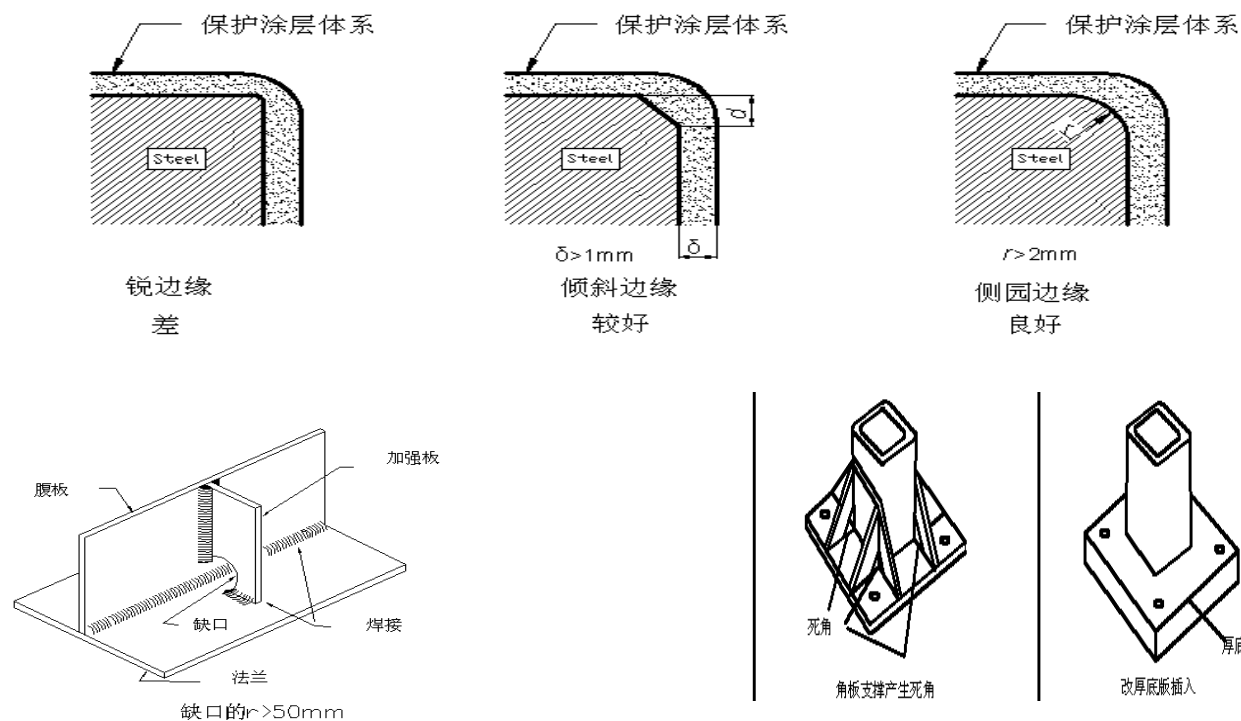
除此之外，引起粉末涂层下锈蚀的原因还有很多：产品设计问题，前处理材料及工艺问题，运输过程中的保护……

5.2 边角涂层的露底与缩边问题



5.2 边角涂层的露底与缩边问题

粉末涂层在被零部件的边缘或棱角部位非常容易覆盖率不良的问题,尖锐边角或有毛刺的情况下更为普遍。一般称为缩边、露底、露青。此处涂层最薄,形成腐蚀防护的最薄弱部位,最先锈蚀且污染整个零部件。



5.2 边角涂层的露底与缩边问题

每种零件均会有阴角、阳角的结构，这些部位也是最容易发生腐蚀的部位，从图中也可以看到这种现象，具体原因与边缘（棱）腐蚀的情况类似。

死角（阴角）处最容易积累液体腐蚀介质和粉尘，在零件设计时，要尽量避免死角的产生。在无法避免死角时，要考虑腐蚀防护的方法以及实施的工艺可能性的问题，可以参考图中的做法。

预防措施：

- 1) 改变零部件的边角结构或者材料……；
- 2) 改善涂装前的工序（下料、冲压、焊接等），进行打磨、抛光、边角机处理等，达到制定的“涂装来料质量检验基准书”的要求；
- 3) 调整粉末涂装工艺参数，如，对于阴角部位降低电压，增大压缩空气的喷涂量；试用“干碰干”工艺；
- 4) 最主要的是调整粉末涂料的配方，通过改善涂膜熔融黏度或触变作用可提高边缘覆盖率及流平性。在固化过程中较大的收缩，当粉末涂料喷涂以后熔融流平固化成膜时，由于熔融粉末涂料的熔融黏度过低，具有较强的流动性，往往造成流挂或边角部分覆盖差。
- 5) “干碰干”只能解决一部分问题，不能指望解决全部问题。

5.3 粉末涂装涂层的附着力问题



5.3 粉末涂装涂层的附着力问题



5.3 粉末涂装涂层的附着力问题

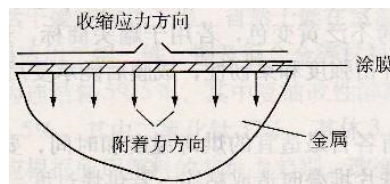
附着力不良的问题，不光是粉末涂装有，溶剂型涂料涂装的情况也有。但是，粉末涂料涂装涂层附着力不良的情况更难以解决。有人讲：“自从引进粉末讨论30多年来，这一理论还没有得到合理的科学解释。”

分析主要原因：

- 1) 金属表面有被水、油等污染物质沾污；
- 2) 磷化膜不良；
- 3) 基材表面的粗糙度不够（太光滑）；
- 4) 粉末涂料涂层中的内应力远大于附着力；

5) 粉末涂料品种与前处理成膜不配套（纯聚酯粉末与锌概系磷化膜不能配套使用）

.....



谢谢各位!

