



淳泰™

钛白粉

适用于涂料的钛白粉

产品概述



Chemours™



目录

I. 钛白粉颜料	3
II. 光学理论	4
反射	4
折射	4
衍射	5
为什么选择钛白粉?	6
钛白粉粒径	7
散射强度	7
色相	8
颜料体积浓度 (PVC)	8
干膜平光遮盖	9
散射效率和涂料遮盖力	9
钛白粉表面处理	10
颜色、粒径和颜料体积浓度	10
填充剂	11
III. 光学特性	11
光学特性	11
颜色	12
分散	13
絮凝现象	14
耐候性	14
抗粉化性和保光性	15
标准分类	17
IV. 最终用途和产品推荐	18
室内建筑涂料	18
高光和半光涂料	18
平光涂料	18
室外建筑涂料	19
工业涂料	19
汽车OEM漆和修补漆	19
粉末涂料	20
其他工业用涂料	21
产品生产	22
IV. 淳泰™产品组合	24
产品设计中的质量保证	24
产品生产中的质量保证	26
产品包装和交付	27
技术服务	27
索取样品/下单	27
VI. 科慕的企业承诺	28

适用于涂料的钛白粉



本手册是淳泰™钛白粉在涂料领域的应用指南，介绍了钛白粉颜料的特性和功能。本手册既可以作为行业新人的入门指南，也可以作为业内资深人士的参考指南。

前三节介绍了钛白粉颜料、它们在涂料体系中作为白色颜料的功能，以及影响成品性能的钛白粉颜料特性。第四节介绍了如何根据特定应用选择合适的淳泰™钛白粉产品。最后一节介绍了钛白粉的生产工艺、质量保证和客户服务。

不过，任何手册都不如与淳泰™销售代表和技术服务人员直接沟通。如需了解更多信息，请联系您当地的科慕钛白粉办事处。联系电话和网址请见手册封底。

科慕的产能、产品质量和客户服务在钛白粉制造商中名列前茅。作为淳泰™钛白粉颜料的全球供应商，科慕致力于在这些领域保持领先地位。

<https://www.tipure.cn/products/coatings>

想要了解更多信息，请查看我们的涂料产品。

更多信息



1. 钛白粉颜料

钛白粉是涂料行业中重要的白色颜料。它应用广泛，能够有效地散射可见光，可赋予涂料白度、亮度和遮盖力。商用钛白粉有锐钛型和金红石型两种晶体结构，其中首选金红石型钛白粉，因为相较锐钛型钛白粉，它们能够更有效地散射光，并且更稳定、更耐久。

钛白粉颜料不溶于其所分散的涂料基料。因此，包括化学、光化学和物理特性在内的颜料特性主要取决于颜料粒子的粒径及其表面化学成分。大多数商用钛白粉都经过无机表面处理，在某些情况下会采取额外的有机表面处理。无机表面改性剂通常由氧化铝和二氧化硅沉淀形成包膜，沉淀的类型、数量和方法都要精心加以控制。

有机表面处理可以提高颜料在选定涂料体系中的分散性。通过不同的表面处理组合，可得到各种各样的钛白粉，从而最大限度地提高不同涂料配方的使用价值。

钛白粉中二氧化钛含量更高并不意味着该钛白粉颜料一定具有更优异的性能。例如，在某些高颜料含量的平光涂料中，二氧化钛含量不低于80-88%的淳泰™钛白粉的遮盖力明显优于含量更高的规格。

II. 光学理论

图1
反射性散射



钛白粉及其他白色颜料主要通过漫反射光使漆膜呈不透明状。发生这种反射是因为白色颜料可强烈地使光线散射或曲折。如果漆膜中含有足够的白色颜料，那么入射漆膜表面的可见光几乎可以完全被反射（除了极少量被基料或颜料所吸收），因此漆膜就会呈不透明状，洁白且明亮。

白色漆膜的遮盖力和亮度主要取决于光的散射。光的散射意味着光的曲折，在涂料领域，光线可以通过表面反射、折射和衍射而被曲折。

反射

图1显示了反射引起的光散射。右侧的单块玻璃置于黑线之上，透过这块玻璃黑线清晰可见，因为光线仅反射了两次（玻璃的正面和背面），并且每个表面仅反射了少量光（约4%）。左侧是一叠薄玻璃片，总厚度与单块玻璃相同，放置于同一条黑线上，透过这叠玻璃看不到黑线，因为每片玻璃的空气-玻璃界面都反射了光。

如果把这叠玻璃浸入油中或通过充分压缩将所有空气排出，那么它将变得像玻璃块一样透明。折射率变化可促使反射的发生。在此图中，玻璃（1.5）和空气（1.0）的折射率差异导致薄玻璃片表面连续发生散射型光反射。同理，与折射率较低（1.5）的各种涂料基料接触时，折射率较高（2.7）的钛白粉颜料表面会发生光反射。

折射

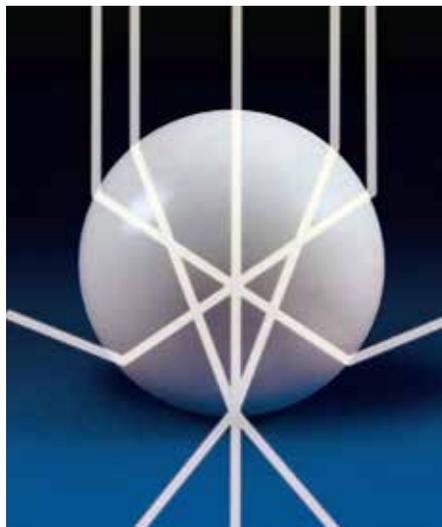
当光线照射到单个高（相较周围基料而言）折射率透明粒子时，未被反射的光线进入粒子并偏离原来的路径。

光线进入折射率较高的介质时，会朝向垂直于入射平面的法线靠近。光线射出时，会朝向远离法线的方向曲折。粒子和介质之间的折射率差异越大，光的曲折越显著。

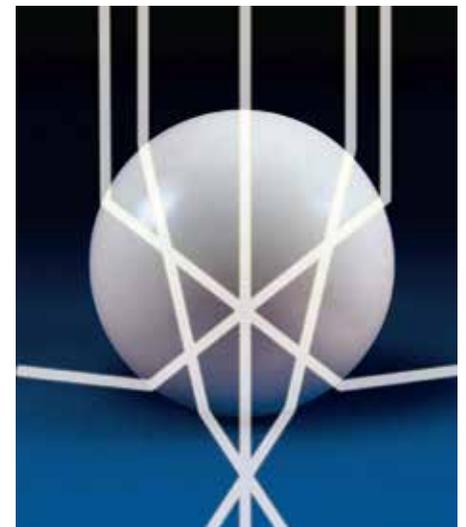
在图2中，左侧球体的折射率高于右侧球体，因此光的曲折更显著；左侧球体散射的光比右侧球体多。

两种白色漆膜的横截面如图3所示。上图（高折射率颜料）进入漆膜的光的传播路径长度短于下图（低折射率颜料）。两种漆膜都呈现不透明白色，因为几乎所有入射光都返回到了表面。如果漆膜的厚度减少至“X”并置于黑色背景之上，那么上图中的漆膜将保持不透明白色，而对于下图含有低折射率颜料的漆膜来说，将有一部分光进入黑色背景并被吸收，相较之下漆膜将呈现灰色。

图2
粒子引起的光线折射



高折射率

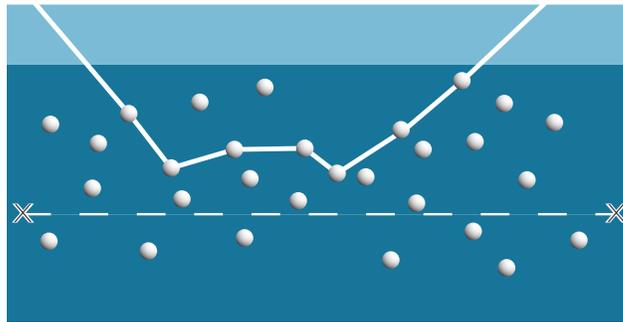


低折射率

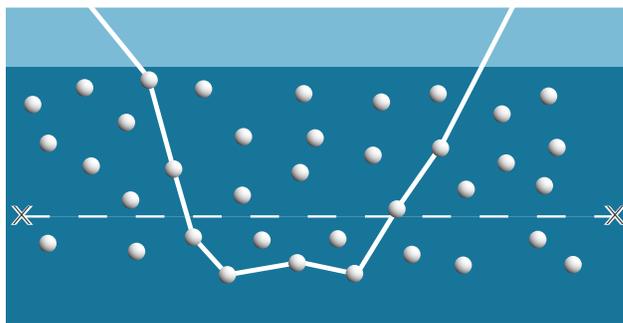
II. 光学理论

图3

白色漆膜中的光路



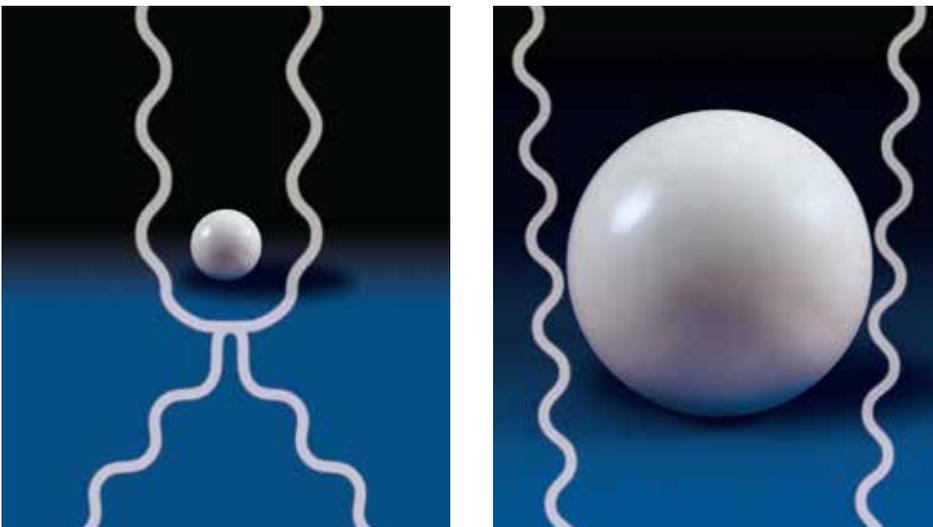
高折射率颜料



低折射率颜料

图4

粒子周围的衍射



衍射

衍射现象可以用波动的一种特性来理解。波遇到障碍物时，往往会偏离原来的路径。例如，水波遇到垂直的桩时，会在桩的背后发生曲折。光波也是如此，遇到物体时往往会在物体背后发生曲折。遇到大的物体时，曲折程度从肉眼来看一般微不足道，但当物体尺寸接近入射光的波长时，曲折（衍射）就会变得明显。

当钛白粉粒径接近入射光波长的一半时，粒子能够曲折的光量是实际落在粒子上的光量的4-5倍，因为大量光在遇到粒子时发生了衍射。换句话说，散射截面可达到粒子几何截面的4-5倍。

图4定性地展示了衍射效率与粒径的差异。由于粒子和光之间的电磁共振，当粒径极小（理想情况是需要散射的光波长的一半）时，衍射会增强。换句话说，粒子调谐到光波的方式与无线电天线响应无线电波的方式相同。

II. 光学理论

在设计功能性涂料体系时，间隙适宜且粒径严格控制的粒子的光衍射能力是主要考量因素之一。

为什么选择钛白粉？

钛白粉的独特之处在于不仅具有高折射率，而且对可见光具有高透明度，即极低的吸收性（图5）。借助这两项特性，涂料厂商能够以尽可能薄的漆膜实现高遮盖力和明亮的白色或浅色。

至于钛白粉（特别是金红石型钛白粉）为什么具有如此卓越的遮盖力，只需将金红石型和锐钛型钛白粉的折射率与其他商用白色颜料和涂料基料的折射率相比较便一目了然（表1）。颜料与其所分散介质的折射率差异越大，折射型光散射越显著。

表1

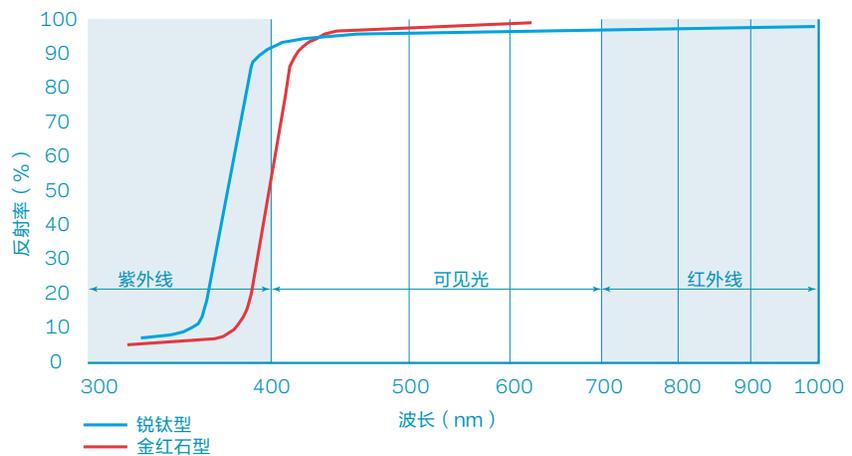
涂料生产所用颜料和基料的折射率

白色颜料	折射率	基料或介质	折射率
硅藻土	1.45	真空	1.0000
二氧化硅	1.45-1.49	空气	1.0003
碳酸钙	1.63	水	1.3330
重晶石	1.64	聚乙酸乙烯酯树脂	1.47
陶土	1.65	大豆油	1.48
硅酸镁	1.65	精制亚麻仁油	1.48
锌钡白	1.84	乙烯基树脂	1.48
氧化锌	2.02	丙烯酸树脂	1.49
氧化锑	2.09-2.29	桐油	1.52
硫化锌	2.37	氧化性大豆油醇酸树脂	1.52-1.53
钛白粉（锐钛型）	2.55	苯乙烯-丁二烯树脂	1.53
钛白粉（金红石型）	2.73	醇酸/三聚氰胺（75/25）	1.55

$$\text{折射率} = \frac{\text{真空中的光速}}{\text{物质中的光速}}$$

图5

钛白粉颜料在不同光谱范围内的反射率



II. 光学理论

图6

折射率对遮盖力的影响

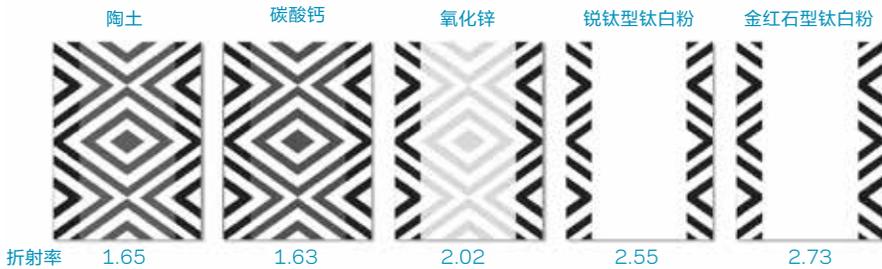


图7

相对光散射强度与金红石型钛白粉粒径之间的关系

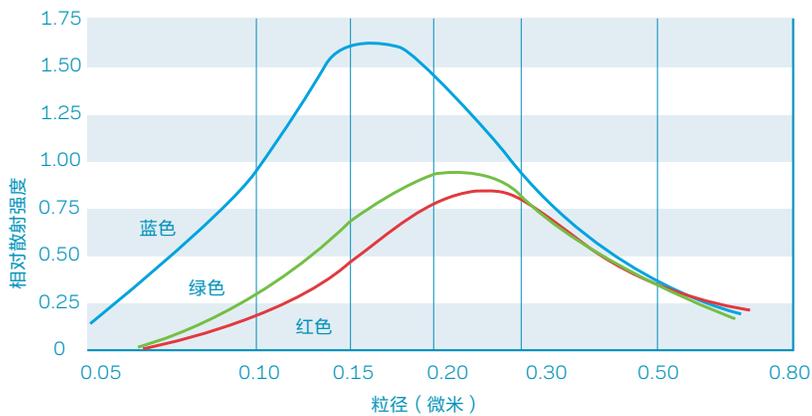


图6直观地显示了折射率对遮盖力的影响。这些漆膜都采用丙烯酸基料和固定体积百分比的颜料配制而成。采用金红石型钛白粉的漆膜能够完全遮盖基材。

钛白粉粒径

如前所述，为了实现有效的光散射，钛白粉颜料粒径应略小于需要散射的光波长的一半。由于人眼对黄绿光（波长约0.55微米）最敏感，因此涂料用钛白粉颜料的理论上的最佳粒径在0.2至0.3微米之间。显微镜研究已证实粒径主要位于这一范围内。不过，不同的测量技术可能得到不同的结果。

散射强度

图7中的曲线基于对高度稀释体系的理论分析得到，显示了金红石型钛白粉对蓝光、绿光和红光的相对散射强度与粒径之间的关系。所有波长的散射光总量在0.2微米左右达到最大值。当粒径增大到0.25-0.30微米时，蓝光散射锐减，但绿光和红光散射相对不变；但当粒径为0.15微米时，在蓝光的散射量达到最大值的同时，红光和绿光波段的光散射显著减少。

II. 光学理论

色相

对于添加了充足的着色剂、具有完全遮盖效果的理想白色漆膜来说，改变颜料粒径不会对颜色产生影响，因为入射漆膜表面的所有光会被完全散射。图8解释了这一点：路径最短的蓝光和最长的红光均被完全反射——视觉效果等同于所有光都具有相同路径长度。图9显示了在白色涂料配方中添加吸光颜料（如炭黑）的情况。一方面，较小的粒子散射蓝光的效率高于散射红光（见图7），这意味着蓝光的路径更短/被吸收的更少。另一方面，路径长度更长的红光这时更容易被吸收，因此被反射的色调看起来更蓝了。由此可见，对于含有一些吸光物质的漆膜，缩小钛白粉粒径会增加蓝度，这种现象被称为色相。

颜料体积浓度 (PVC)

涂料的光泽度、渗透性、孔隙率、遮盖力、着色强度和色相等特性与颜料体积浓度直接相关。干漆膜是三维结构，因此其成分之间的体积关系会对涂料性能产生重要影响。

$$\% \text{ PVC} = \frac{\text{颜料体积 (钛白粉 + 填充剂)}}{\text{颜料体积 + 基材体积}} \times 100$$

颜料体积浓度是指涂料中颜料体积与所有非挥发分的总体积之比。

在被称为临界颜料体积浓度 (CPVC) 的特定颜料体积浓度下，涂料的许多物理和光学特性会发生突变。一般而言，临界颜料体积浓度被认为是基料刚好足以包覆颜料粒子表面并在整个漆膜中提供连续相的颜料体积浓度。

图8

白色涂料对光的散射

入射光：等量的短波（蓝光）和长波（红光）

入射光：等量的短波（蓝光）和长波（红光）

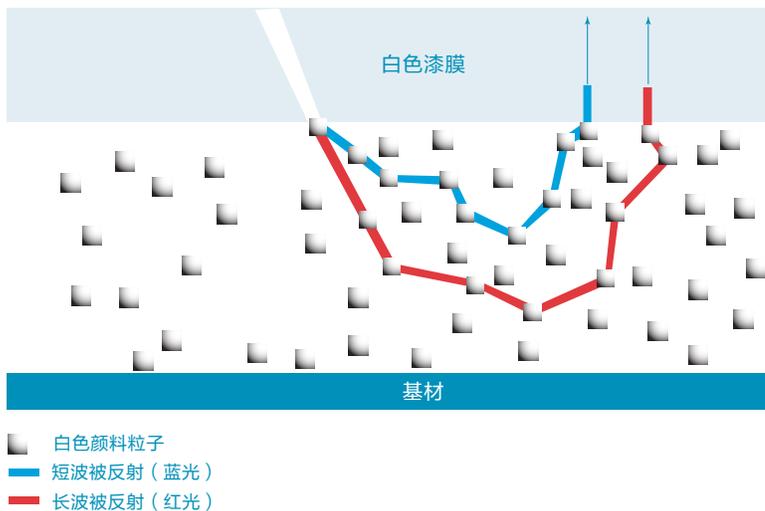
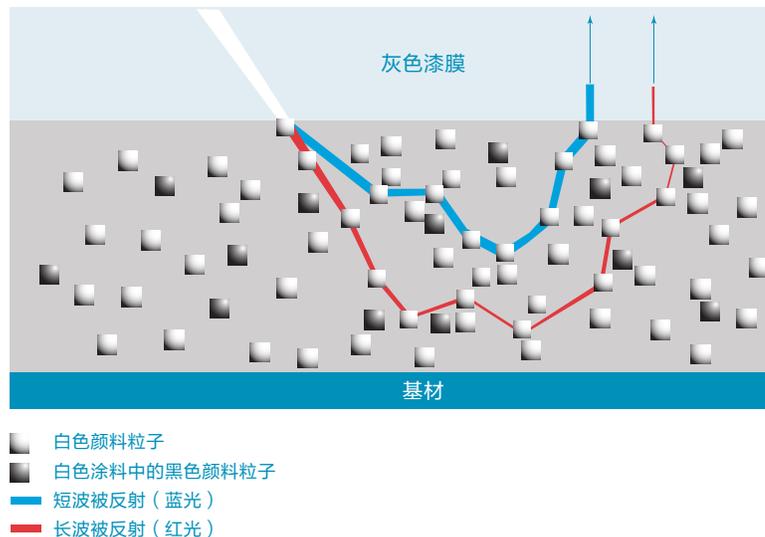


图9

灰色涂料对光的散射和吸收

入射光：等量的短波（蓝光）和长波（红光）

入射光：等量的短波（蓝光）和长波（红光）



II. 光学理论

图10

恒定的钛白粉散布率（每单位面积的干膜）

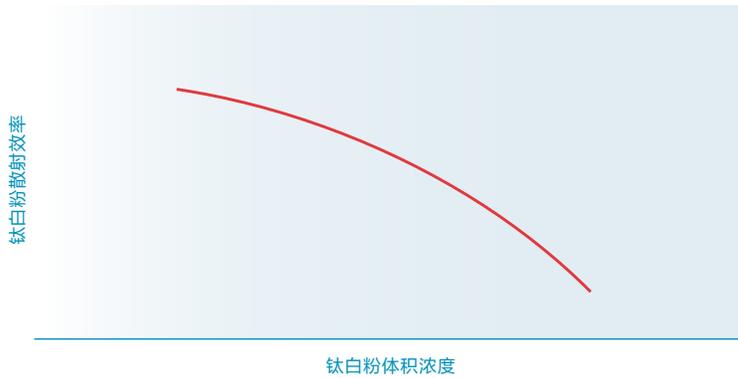
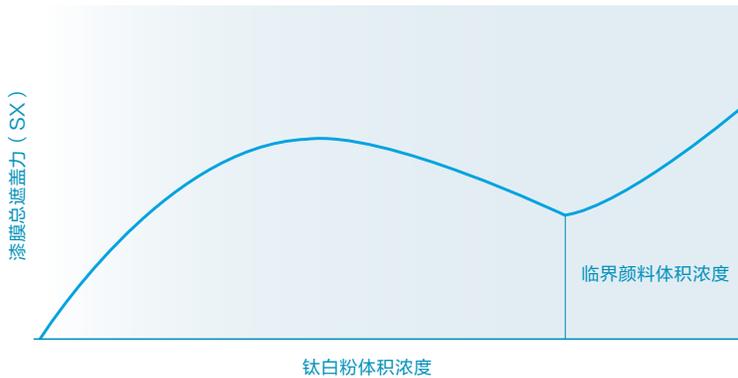


图11

恒定的干膜厚度



干膜平光遮盖

有趣的是，在配制高颜料含量（超过临界颜料体积浓度）的涂料时，空气会进入漆膜，因此基料基体的平均折射率会下降，颜料与周围介质之间的折射率差异变大，从而增强光散射。涂料厂商经常采用干膜平光遮盖来改善低光泽度室内建筑涂料的遮盖力。

散射效率和涂料遮盖力

当钛白粉的体积浓度（涂料中钛白粉与所有非挥发分的体积比）增加至约10%以上时，由于钛白粉粒子密集，衍射型光散射会减少。为了验证这一效果，我们可以配制一系列涂料，其中钛白粉体积含量递增，但每单位面积干膜（干膜厚度递减）的钛白粉保持恒定，如图10所示。另一方面，在相同的干膜厚度下，钛白粉体积浓度的增加最初表现为涂料的总遮盖力增加（不过效率有所损失），直至颜料体积浓度达到30%左右。这时，随着钛白粉进一步添加，遮盖力或不透明度会降低，因为钛白粉浓度增加带来的效果抵不上散射效率下降的速度。这种情况将一直持续至达到临界颜料体积浓度，此时开始出现干膜平光遮盖，导致遮盖力再次增加（图11）。

II. 光学理论

钛白粉表面处理

为了防止具有高钛白粉含量的涂料体系中钛白粉粒子过于聚团堆积，一种方法是在严格控制下包覆粒子表面。表面包膜起到物理隔离的作用，使邻近的钛白粉粒子保持分离，并最大限度地减少颜料浓度增加时衍射光散射效率的损失。相较未包覆的颜料，这种包覆颜料单位重量二氧化钛含量更少，但在大多数高PVC的涂料中，重度厚包膜颜料的光散射能力更强。

颜色、粒径和颜料体积浓度

大家有时候会混淆颜色和色相。表2所列不利影响的任意一条都有可能含有蓝色色相钛白粉的涂料呈现黄色。当在完全不透明的纯白色涂料配方中测量时，蓝色和黄色相的钛白粉颜料将具有相同的颜色或亮度。

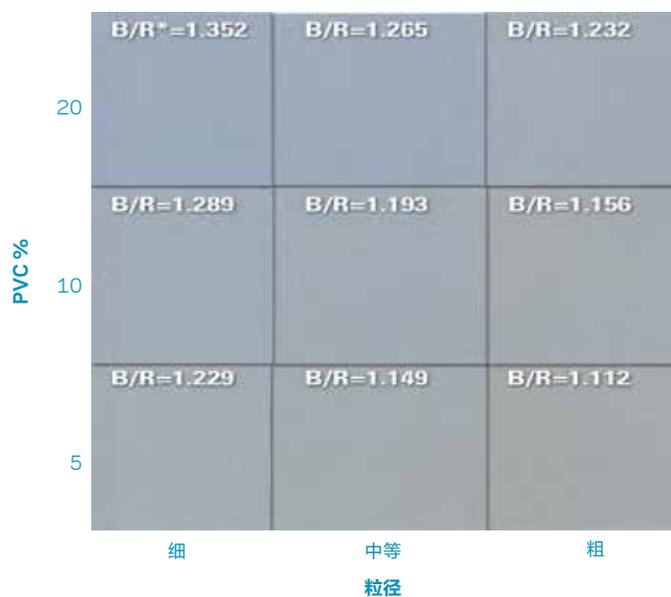
相较彩色颜料组合不当，因采用错误粒径的钛白粉和/或未能发现钛白粉浓度引起的色相变化而导致的配色问题可能更多。粒径和钛白粉体积浓度对着色涂料颜色的综合影响非常显著——如图12所示：钛白粉PVC增加导致的散射效率下降在红光区达到峰值；因此，随着PVC增加，反射光向蓝光区移动。

表2

导致颜色效果不理想的部分原因
1. 污染 —— 包括加工设备磨损，通常由分散过程中的问题造成。
2. 钛白粉与其他涂料成分（如酚醛、强还原剂等）反应的有色产物。
3. 不透氧漆膜在紫外线辐射下出现蓝色、紫色或灰色变色现象。
4. 过分受热 —— 基料变色。
5. 遮盖不充分 —— 基材透露出来。

图12

钛白粉粒径和体积浓度对着色涂料色相的影响



*蓝光/红光反射率值

III. 光学特性

填充料

除了钛白粉和基料以外，许多涂料还含有填充颜料。这类材料通常成本低廉，并承担着多种多样的功能。白色填充颜料是折射率相对较低的矿物化合物，包含不同的成分、粒径和形状。白色填充颜料在高光和半光涂料中几乎没有遮盖力，但以低廉的成本为涂料提供干膜平光遮盖（空气-颜料界面），并被用于控制光泽度、纹理、悬浮特性和粘度。填充剂的主要类型包括碳酸盐、硅酸盐、硫酸盐和氧化物，粒径范围为0.01-44微米。涂料厂商通常采用一种以上填充剂来实现最佳性能。高光白色涂料通常仅含有钛白粉；半光涂料含有钛白粉和一些填充颜料；平光涂料含有钛白粉，但填充剂含量较高。

遮盖力和着色强度

遮盖力和着色强度是用于描述白色颜料光散射效率的两项光学特性，在选择商用钛白粉时必须予以考虑。涂料的遮盖力用于衡量其遮蔽对比色背景的能力，是入射光与漆膜中颜料之间的相互作用的结果。白色颜料通过散射所有波长的入射可见光来提供遮盖力，彩色颜料通过吸收特征波长的入射可见光来提供遮盖力。图13显示了完全遮盖的两种涂层（A和B）和不完全遮盖的一种涂层（C），三种涂料均涂覆于黑色基材表面。

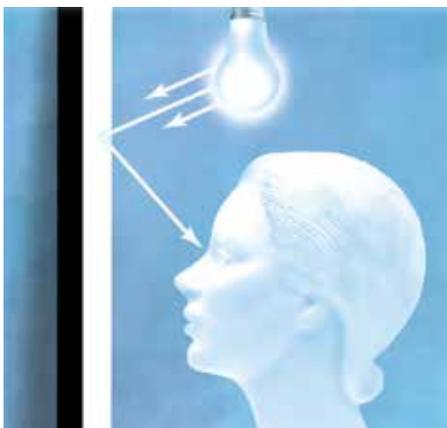
涂料A为纯白色，可反射或散射所有入射光，避免任何光到达基材。涂料B为纯黑色，可吸收所有入射光。

涂料C为白色，但不完全遮盖，入射光有一部分穿透黑色基材并被吸收，其余的光则被散射。因此，该涂料呈现灰色。

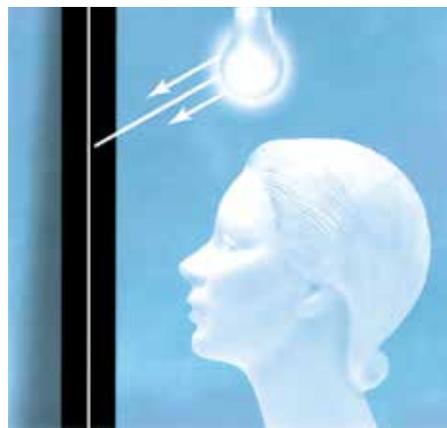
如果说遮盖力是用于衡量钛白粉使白色漆膜变得不透明的能力，那么着色强度则用于描述其为着色涂料的颜色增加白度和亮度的能力。着色强度测试描述了当用有色颜料将白色涂料着色至约50%反射率时，相较有色颜料的光吸收能力，钛白粉对于光散射的促进作用。为了确保絮凝不会导致误导性着色强度结果，着色强度测量应伴随一些絮凝测量，如对部分干燥的着色涂料进行擦拭测试。

图13

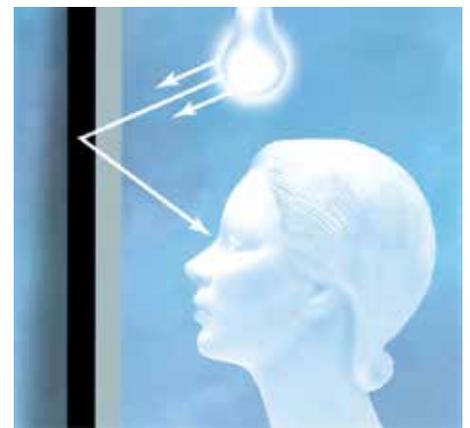
漆膜的不透明化



A: 完全遮盖——光散射



B: 完全遮盖——光吸收



C: 不完全遮盖

III. 光学特性

颜色

压实的干钛白粉的特点是亮度和白度，并具有接近完全反射漫射体的反射特性。在钛白粉生产过程中，通过去除微量金属氧化物污染物来严格控制“颜色”。这些吸光污染物会降低颜料的亮度和白度，并且影响含有此颜料的白色和近白色涂料的外观。白色涂料中的钛白粉通过散射光及提供亮度、白度和遮盖力来影响漆膜的颜色。不过，有许多情况会导致白色漆膜出现不理想的颜色效果；表2已列出部分情况。如前所述，具有完全遮盖效果的非吸收性白色漆膜的外观不受钛白粉粒径或色相的影响。

钛白粉干粉及白色（和近白色）漆膜的颜色通常用CIE L*a*b*颜色坐标（10°标准观察者和D65光源）表示，L*、a*和b*分别代表亮度、红绿度和黄蓝度。此外，CIE色差值（如L*和b*）还用于描述样品相对于商定的参考样品的颜色。其他用于描述钛白粉干粉和白色涂料颜色的常见参数包括亮度（用亨特绿滤光片反射率G或CIE Y三色刺激值衡量）和黄度指数，具体如下所示：

ASTM D1925标准规定的黄度指数

$$Y.I. = \frac{\frac{A}{G} - \frac{B}{G}}{G} \times 100$$

或者

$$Y.I. = \frac{(1.28X - 1.06Z)}{Y} \times 100$$

A、B和G = 亨特或Gardner反射计反射率
（三色刺激色度计读数、标准化到100）

X、Y和Z = CIE三色刺激值（2°标准观察者、C光源）

光泽度

在涂料的所有光学特性中，光泽度的感知是最复杂的。对视觉光泽度观察的分析显示，光泽度心理学涉及几项标准：

- 镜面反射率
- 图像清晰度（人眼聚焦于表面背后的虚拟图像）
- 明暗图像之间的对比度
- 雾度

其中，镜面反射率是最常见的对光泽度这一表面现象进行广泛分析评估的方法，通常与经过精心聚焦的入射光束同等角度从表面反射出来的光量来衡量。大多数光泽度评估采用20、60或85度角度（从垂直方向测量）。高光表面的光泽度为20度，低光和半光涂料为60度，蛋壳光和平光涂料通常为85度。

涂料的光泽度主要由PVC、颜料类型和基料类型决定。对于具体配方而言，钛白粉的选择至关重要，因为涂料中若存在过多未经研磨的硬质团聚体，将对光泽度产生负面影响。因此，超过特定粒径（取决于涂料系统）的粒子比例是有用的光泽度预测指标。为了最大限度地提高分散性，需要选择合适的钛白粉产品，以及正确的配方和流程。此外，饰面漆在生产、储存、应用、固化和使用过程中会受到各种条件的影响，这些条件可能会影响最终的光泽度，表3罗列了部分影响因素。

III. 光学特性

表3

影响光泽度的部分因素	
生产	研磨的细度 研磨机类型 原材料 颜料与基料的比例
储存	颜料逐渐润湿 沉淀的粗粒子重新掺合效果不佳 返粗结粒、皂化或结晶 粘度逐渐增加
涂装	基材的光滑度 基料渗入基材的损失 基料从底涂层中溶出 涂装过程剪切力的大小 特定的涂装方法导致不同程度的流平或流动（如喷涂时的橘皮现象） 灰尘污染 漆膜厚度 溶剂损失率（如烘烤前的闪干时间） 烘烤温度和时间 干燥时的湿度
应用	随漆膜使用时间和环境条件而变化

分散

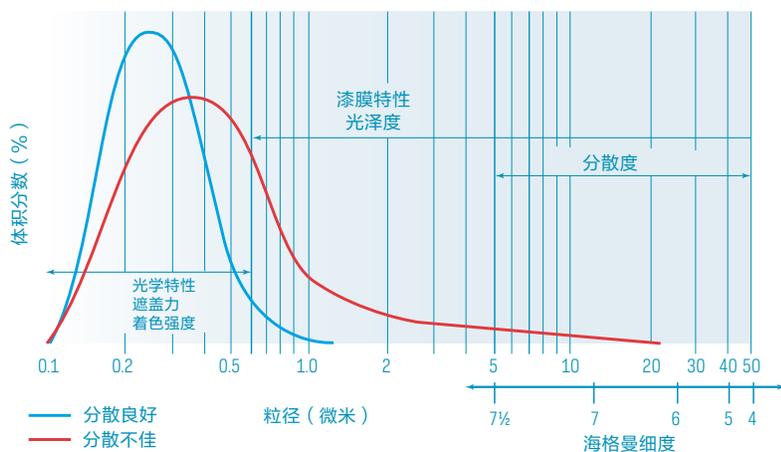
相较漆膜厚度，涂料所使用的钛白粉粒径较小。正如“光学理论”（第7页）一节所述，钛白粉理论上的最佳粒径在0.2至0.3微米之间，但由于在生产过程中处理时形成了团聚体，实际粒径要大得多。单纯地将颜料搅拌到水或基料中，所产生的能量并不足以克服粒子之间的吸引力，使团聚体破裂。如果不尽量减少团聚体的数量，各种终端使用性能将受到负面影响（如光泽度、遮盖力、着色强度、悬浮性差、着色出现颜色不均的条纹，以及漆膜中出现颗粒）。虽然颜料在设计时旨在提供出色的遮盖力、光泽度和颜色，但如果钛白粉的初始分散不充分，那么这些基本特性可能无法实现。图14显示了分散不佳和分散良好的颜料的粒径分布。对于颜料而言，最佳分散已确定，进一步研磨不会改变粒径分布。

破裂团聚体（即分散）的实际过程可以被视为研磨过程中的三个步骤：

1. 润湿——空气及其他物质被溶剂、分散剂/表面活性剂和基料挤出颜料表面。
2. 研磨——使颜料粒子团聚体破裂并分离，形成最佳粒子分布。
3. 稳定化——通过电荷或位阻稳定化使粒子保持理想的分离状态。

图14

钛白粉分散状态与粒径分布和颜料特性



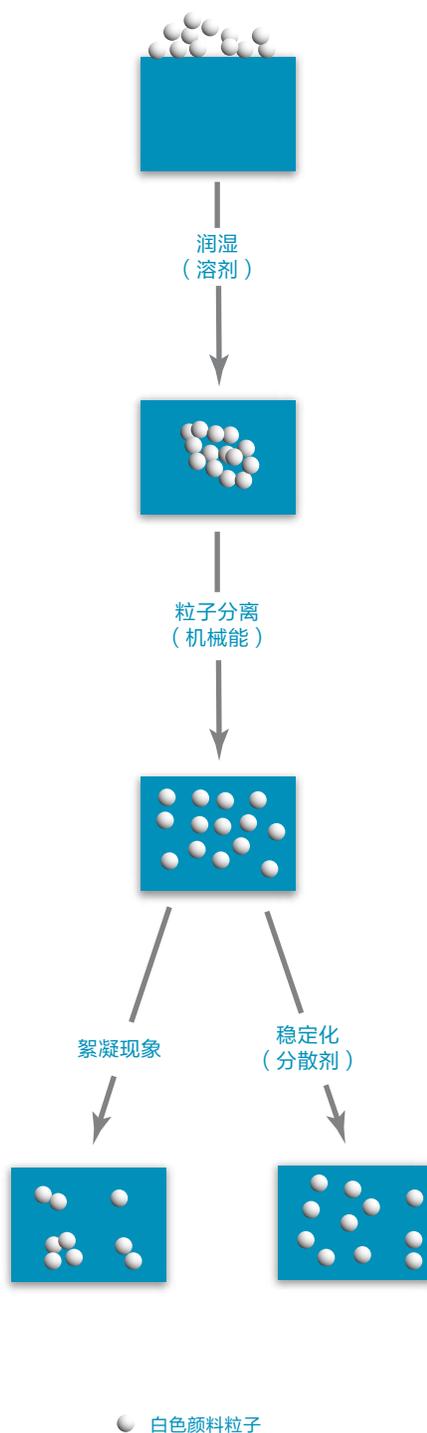
III. 光学特性

上述划分非常有用，因为根据我们的经验，不同的颜料可能在分散过程的一个或多个步骤有所差异，但颜料用户不一定将这三个步骤都纳入考量；因此，颜料经常被简单地描述为“分散性能差”，而未考虑实际是在哪个步骤存在缺陷。图15直观地阐释了这一概念。

钛白粉在油性树脂基料（即溶剂型涂料）中的分散通常取决于剪切速率、研磨料粘度及其与基料的润湿时间和润湿程度。虽然树脂通常是唯一的分散剂，但也有专为特定树脂和溶剂体系配制的分散剂。

在水性体系中，需要用分散剂来进行润湿和稳定。需要注意的是，分散剂的用量和类型都会影响分散质量。过量的分散剂（尤其是离子型分散剂）会弄巧成拙，应注意规避。最佳用量根据所使用的分散剂类型、钛白粉规格以及水的硬度而定。有一项非常简单的测试可以确定分散剂用量：该测试涉及测量70wt%钛白粉水性浆料的布氏粘度，该浆料是用几种不同的分散剂浓度在高速分散机中制备而成，粘度最小时的分散剂浓度就是最佳浓度。采用这一用量的分散剂可改变颜料浓度，从而使研磨料达到所需要的流变性。对于使用阴离子和非离子流变改性剂的涂料，分散剂的选择更为重要。

图15
分散过程



絮凝现象

絮凝现象是指钛白粉粒子在流体系统中形成疏松块状物（即絮凝物）。导致絮凝的常见因素包括初始研磨（分散）不充分、分散剂类型或浓度不当、pH值不匹配和温度。这些块状物的特点是在中等剪切力下容易破裂，但如果粒子在基质中自由移动，则会很快重新形成。絮凝会产生几个主要问题，包括：

- 遮盖力和着色强度减弱——絮凝物的散射效率不如最初的钛白粉粒子。
- 粘度过高，流动性差——常常要搅动才使悬浮液变稀，但静置时又会发生絮凝。
- 光泽度低。

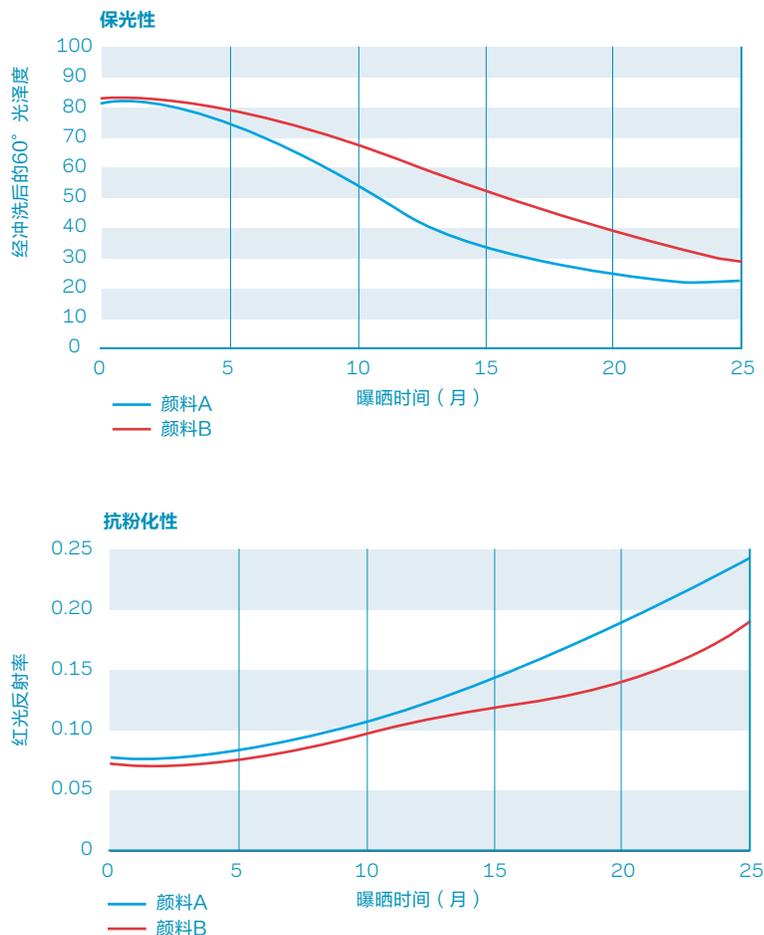
耐候性

耐候性用于描述暴露的着色涂料在外观和功能价值上的各种变化，包括室外涂料使用性能的全部参数，如保色性、保光性、粉化、附着力（起泡、片落、脱皮）和漆膜完整性（即防止细裂、开裂、浸蚀、腐蚀）。这些性能主要通过配方控制（如基料、填充剂、颜料体积浓度等的选择，这些与所用的钛白粉规格关系不大）。不过，所选用的钛白粉产品会影响抗粉化性、保色性（着色涂料）、保光性，以及抗霉菌和污垢引起的褪色。

III. 光学特性

图16

保光性和抗粉化性佛罗里达户外曝晒测试（颜料体积浓度为15%的蓝色醇酸建筑涂料）



着色涂料的耐候性最好通过一系列代表性气候条件下的户外曝晒测试加以评估。测试板通常在佛罗里达、亚利桑那、澳大利亚等地进行曝晒，以衡量极端条件下的性能。在涂料的预期使用寿命内，可对外观和漆膜特性进行监测。涂料行业经常使用加速测试设备来模拟户外曝晒，以对户外性能进行初步评估；不过，这类测试不够可靠，结果需要通过户外曝晒测试确认。

抗粉化性和保光性

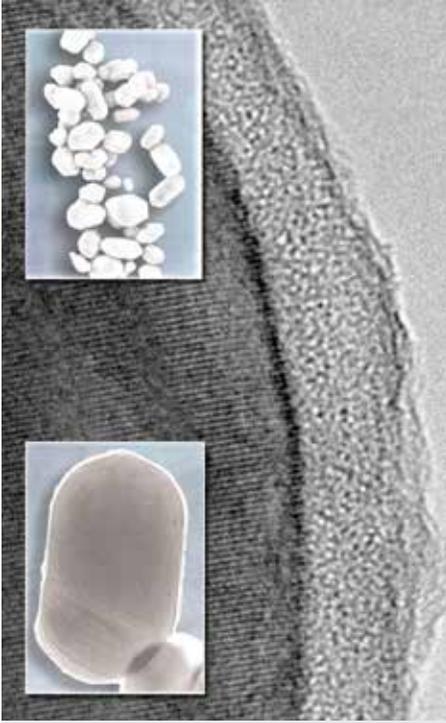
风化通常首先出现在漆膜表面，其成因是有机基料在阳光、潮气、温度变化和环境污染物的影响下降解。涂料领域所使用的有机基料为高分子量聚合物。

这些聚合物对光化学侵蚀敏感，随着时间的推移降解为低分子量含氧易溶物，从漆膜表面被冲洗掉。这一过程会导致漆膜表面变得粗糙，光泽度下降。随着漆膜表面越来越多的有机基料被冲洗掉，钛白粉和填充颜料便会凸露到漆膜表面，形成白色粉状外观——这一过程就是粉化。粉化对于着色涂料来说，问题尤为严重，因为粉化会导致颜色变化——亮度增加、色品度下降。在这种情况下，为使着色涂料具有最佳的保色性和保光性，选用强抗粉化性颜料至关重要。例如，图16显示，蓝色醇酸建筑涂料的保光性和抗粉化性通过选择持久的钛白粉产品得到改善。上方图表显示，经过曝晒后，含颜料B的涂料经冲洗后的60° 光泽度高于含颜料A的涂料。下方图表显示，含颜料B的涂料比含颜料A的涂料更抗粉化。在该测试中，粉化程度通过测量红光反射率确定，白色颜料凸露到漆膜表面会导致反射率增加。

金红石型钛白粉的抗粉化性天然优于锐钛型，因为前者对UV-A紫外线辐射（350-400纳米）的吸收率远高于后者（第7页图5），并将其转化为热能形式的能量，保护漆膜中的有机成分免受紫外线降解。

III. 光学特性

图17
颜料表面的致密性二氧化硅包膜



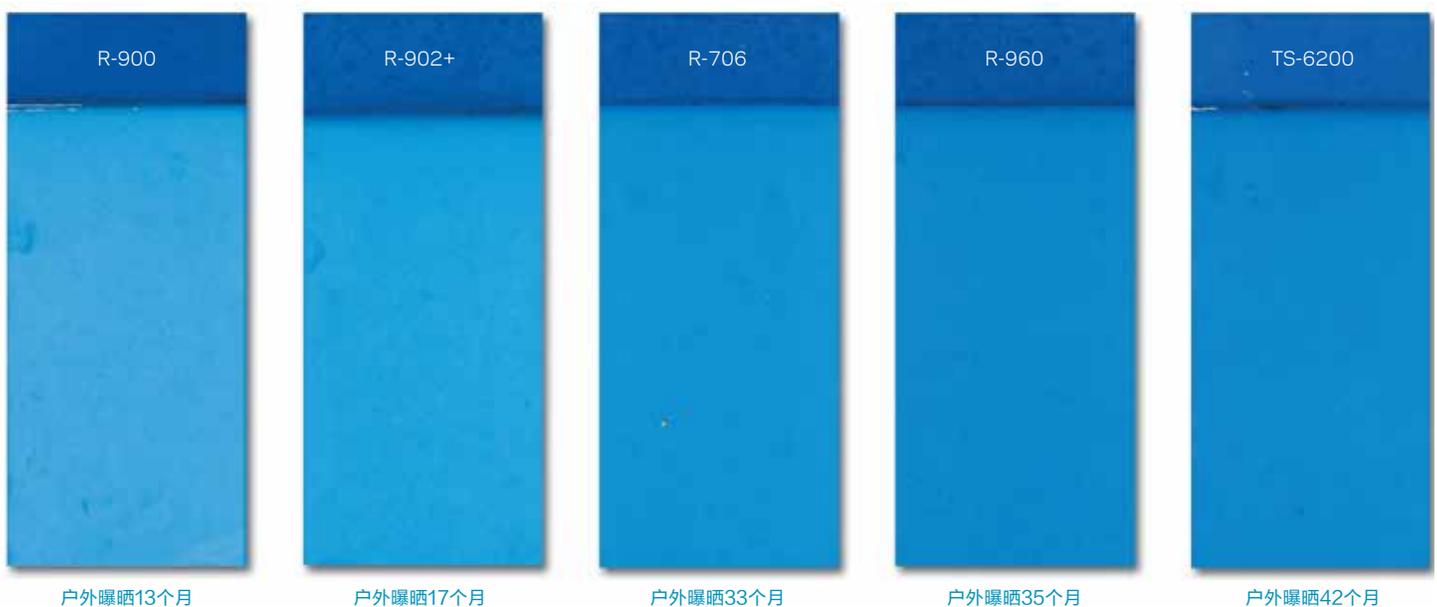
然而，钛白粉颜料粒子表面具有光化学活性，在水和氧气的作用下，可促进其周围有机基料的降解。这种降解可通过无机氧化物表面处理进行控制，无机氧化物可以在钛白粉表面与有机基料之间形成屏障。淳泰™ TS-6200和R-960是这一类商用钛白粉的杰出典范，每颗颜料粒子都包裹于致密性二氧化硅包膜之中。这些致密的二氧化硅包膜可提供卓越的光化学保护。二氧化硅表面处理如图17所示。对于需要强大抗粉化性和保色性的应用，淳泰™ R-960和TS-6200是首选产品。图18显示了几款淳泰™钛白粉产品的相对抗粉化性。

对于要求高初始无雾光泽和在涂料使用寿命内保持出色保光性的应用，选择耐久性优异的高光泽度钛白粉产品（如TS-6200）是打造成功配方的关键之一。各种高性能建筑和工业涂料体系所使用的光化学稳定基料体系需要与此类颜料结合，才能发挥最佳性能。

有时，人们也希望利用颜料粉化。如需产生“自清洗”漆膜表面（如白色建筑涂料）的效果，有以下几种方法供涂料厂商选择：

- 增加PVC
- 使用抗粉化性较低的金红石型钛白粉或填充剂
- 将一定的锐钛型颜料与金红石型颜料混合使用

图18
淳泰™颜料的抗粉化性



III. 光学特性

标准分类

ASTM D476分类将涂料用钛白粉颜料分为七类，表4罗列了分别符合这七类标准的淳泰™产品。

表4

符合ASTM标准的涂料用淳泰™钛白粉颜料

	类型一	类型二	类型三	类型四	类型五	类型六	类型七	ASTM标准
	锐钛型* - 易粉化	金红石型 - 中低抗粉化性	金红石型 - 中等抗粉化性	金红石型 - 高抗粉化性	金红石型 - 高抗粉化性	金红石型 - 中高抗粉化性	金红石型 - 中高抗粉化性	D 3720
典型最终用途	白色室外涂料-室内使用	中低颜料体积浓度	高颜料体积浓度	需要出色耐久性的室外涂料	需要出色耐久性和高光泽度的室外涂料	中高颜料体积浓度的室内涂料	低至高颜料体积浓度的室内涂料	
最小二氧化钛含量 (%)	94	92	80	80	90	90	92	D 1394
最小电阻率 (欧姆)	5000	5000	3000	3000	3000	5000	5000	D 2448
包装时含水量, 最小值 (%)	0.7	0.7	1.5	1.5	1	0.7	0.7	D 280
比重	3.8-4.0	4.0-4.3	3.6-4.3	3.6-4.3	3.6-4.3	3.6-4.3	4.0-4.3	D 153
45微米筛余率, 最大值 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	D 185

类型一 锐钛型

类型二 金红石型 - 中低抗粉化性 - R-706、R-900、R-902+

类型三 金红石型 - 中等抗粉化性 - R-706、R-902+、TS-6300**

类型四 金红石型 - 高抗粉化性 - R-706、R-960、TS-6200

类型五 金红石型 - 高光泽度室外涂料 - R-706、TS-6200

类型六 金红石型 - 中高PVC的室内涂料 - R-706、R-902+

类型七 金红石型 - 低至高颜料体积浓度的室内涂料 - R-706、R-902+

*锐钛型或金红石型或混合型钛白粉通过X射线分析测定 (D 3720测试方法)。

**适合高颜料体积浓度平光饰面涂料的首选淳泰™规格。

IV. 最终用途和产品推荐



室内建筑涂料

高光和半光涂料

淳泰™ R-900一般推荐用于高光和半光室内醇酸树脂和乳胶建筑涂料。该颜料具有易分散性和高光泽度，能够在各种高光应用中实现卓越的遮盖力。

若需要一种在高光和半光室内外涂料体系中都具有良好性能的颜料，建议使用多功能高光泽钛白粉颜料淳泰™ R-706和淳泰™ R-902+。R-706是需要高光泽、最佳保光性和抗粉化性的应用的理想之选。R-706和R-902+都能够为着色体系提供明亮、清澈的颜色，其中R-706提供蓝色色相，R-902+提供更中性的色相。

若涂料厂商能够处理水浆型钛白粉，那么推荐浆料形式的淳泰™ R-706和R-902+，分别是淳泰™ R-746和R-942。

平光涂料

这类涂料采用相对较高含量的填充剂和钛白粉颜料配制而成，通常高于室内涂料的CPVC，推荐使用淳泰™ TS-6300。这款钛白粉经过深度表面处理，能够在此类高颜料填充型涂料体系中发挥卓越的性能。



IV. 最终用途和产品推荐



室内建筑涂料

除了常规标准以外，为此类涂料选取合适的淳泰™ 钛白粉产品还取决于保光性与保色性、自洁能力和主要大气条件之间所需要达到的平衡。若要在建筑涂料体系中实现高光泽度和最佳室外耐久性，那么建议使用淳泰™ R-706。淳泰™ R-902+还具有高抗粉化性；在各种需要高保色性的溶剂型和水性体系中能够发挥良好的性能。R-706和R-902+都能够为着色体系提供明亮、清澈的颜色，其中R-706提供蓝色色相，R-902+提供更中性的色相。淳泰™ R-900具有中等抗粉化性，对于需要防止污垢积聚的涂料体系来说是首选。这款颜料可同时用于醇酸树脂和乳胶漆涂料。

着色建筑涂料以及白色和着色装饰涂料都需要优异的抗粉化性和保光性。淳泰™ R-706是装饰乳胶漆的理想之选，可提供卓越的初始光泽度和出色的室外耐久性，这两项特性得益于较低的PVC以及室外装饰乳胶漆常用的耐久性更出色的基料。此外，淳泰™ R-902+在应用于各种溶剂型和水性体系时，也可以满足这些要求。

淳泰™ TS-6300在特定的白色室外乳胶漆中表现良好，调整后的配方能够适应更大的颜料表面积并保持漆膜完整性。对于需要出色室外耐久性的平光涂料，同样强烈推荐R-902+。

工业涂料

工业涂料涵盖了各种市场细分领域，包括汽车、粉末、卷材、易拉罐和维护涂料。每个领域都有不同的质量和性能要求。



尽管钛白粉主要用于提供遮盖力或不透明度，但不同产品也会显著影响涂料的光泽度、室外耐久性以及酸催化涂料的漆膜固化。最适合某一应用的钛白粉产品取决于其所影响的终端涂料性能。

汽车OEM漆和修补漆

汽车涂料是对钛白粉颜料要求最高的应用领域之一，选择合适的颜料产品对于优化以下几点至关重要：

- 制造和涂装工艺
- 机械和化学完整性
- 美感——这对于如今的汽车涂料体系来说不可或缺

淳泰™ 包含多款适合汽车涂料应用的产品，为汽车OEM漆和修补漆厂商提供多种理想的性能组合。

IV. 最终用途和产品推荐



电泳漆

淳泰™ R-900是电泳底漆应用的理想之选。R-900具有出色的易分散性和遮盖力、高电阻率以及低可溶性离子含量，可提供优异的应用性能和高耐腐蚀性。

面漆：TS-6200具有卓越的光泽度、图像清晰度和耐候性，适用于高品质OEM面漆和修补面漆。此外，TS-6200和R-960是目前最持久的淳泰™颜料，因此也是OEM漆和修补漆应用的理想之选。

加工工艺：汽车涂料光学和机械性能的优化离不开颜料适当地分散。选择最适合每种涂料体系的颜料，对于最大限度地提高涂料性能至关重要。TS-6200的快速润湿和易分散特性有助于提高生产速度。

粉末涂料

粉末涂料是一个日益兴起的重要高增长细分市场，基于为数不多的主树脂/交联体系，已开发出数千种配方。技术进步主要源自树脂化学领域的发展以及对该领域理解的深化。业界近来探索了钛白粉对粉末涂料体系的影响，以便涂料厂商选择化学和物理特性各异的颜料。多款淳泰™产品可用于优化特定粉末配方的加工和终端使用性能。

流动性和光学特性：淳泰™ R-706具有易分散性、高固化流动性（可得到高光泽度、高反射率的装饰涂料）和更高的遮盖力。此外，R-706还拥有出色的耐久性，因此同时适用于室内和室外涂料。

耐久性：TS-6200是目前最持久的淳泰™颜料，建议用于异氰尿酸三缩水甘油酯（TGIC）和Primid固化聚酯等将户外耐候性作为首要考量的体系。

耐过烘烤黄变性：淳泰™ R-960和R-900都能够在固化过程中提供出色的耐过烘烤黄变性。

IV. 最终用途和产品推荐



其他工业用涂料

所有淳泰™产品在工业涂料领域都有广泛的应用。这些产品的性能差异取决于表面处理、粒径和粒径分布。二氧化硅能够提供室外耐久性（抗粉化性和保光性），氧化铝具有易分散性和抗絮凝性。R-706卓越的光泽度得益于更小的粒径、更窄的粒径分布和更小的粒子粗尾。尽管高遮盖力对于所有涂料都至关重要，但钛白粉产品的选择通常取决于所需的光泽度和室外耐久性水平。

淳泰™ TS-6200是应用最广泛的产品，拥有业内独一无二的超高光泽度和优异的室外耐久性。该产品可用于室内外涂料，其集高光泽度、耐久性和易分散性于一身的特性极具价值。应用领域包括住宅铝墙板和建筑面板的卷材涂料、航空航天涂料及其他高耐久性涂料。由于经过二氧化硅表面处理，TS-6200在用于酸催化涂料时，能够比未经二氧化硅处理的产品提供更好的漆膜固化效果。

有的高品质饰面漆需要优异的抗粉化性和保光性，但又无需R-706和TS-6200的卓越性能，于是便使用淳泰™R-902+。该产品常用于工业维护涂料、机具和交通工具饰面漆以及一些容器漆。

淳泰™ R-900主要用于室内涂料领域，常见于要求中性色相和高光泽度的易拉罐涂料。其他应用包括电器漆、金属家具饰面漆和高反射率白色卷材涂料。

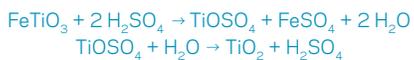
IV. 最终用途和产品推荐

产品生产

商用钛白粉颜料主要有硫酸法和氯化法两种生产工艺。锐钛型和金红石型钛白粉都可通过任一工艺生产。目前，氯化法已成为主流工艺，因为该工艺在产出优质颜料的同时，产生的废弃物明显更少。科慕工厂只采用氯化法工艺生产。

图19的流程图以简化形式介绍了生成钛白粉中间体的两种加工流程。图19的第三部分介绍了最后处理流程，此流程对两种生产工艺都适用。

硫酸法在1931年商业化，先是用于生产锐钛型钛白粉，后来用于生产金红石型钛白粉（1941年）。该工艺将含钛矿石溶解于硫酸，得到含有钛、铁及其他金属硫酸盐的溶液。然后，经过化学还原、纯化、沉淀、冲洗、煅烧等一系列步骤，生产出颜料级尺寸的钛白粉中间体。钛白粉的晶体结构（锐钛或金红石）通过成核和煅烧控制。

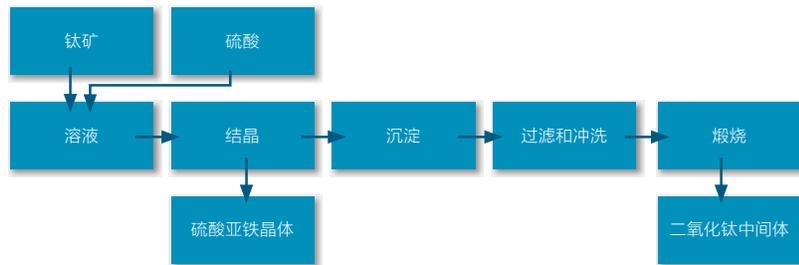


氯化法在20世纪50年代由杜邦公司商业化，用于生产金红石型钛白粉，该技术现归科慕公司所有。该工艺包含高温无水气相反应，钛矿和氯气在还原条件下反应，得到四氯化钛和金属氯化物杂质，杂质随后清除。

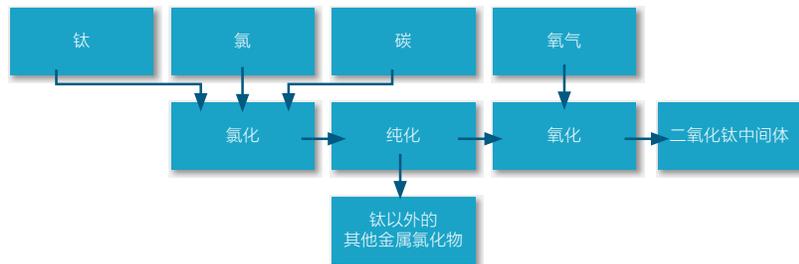


图19
钛白粉的生产工艺

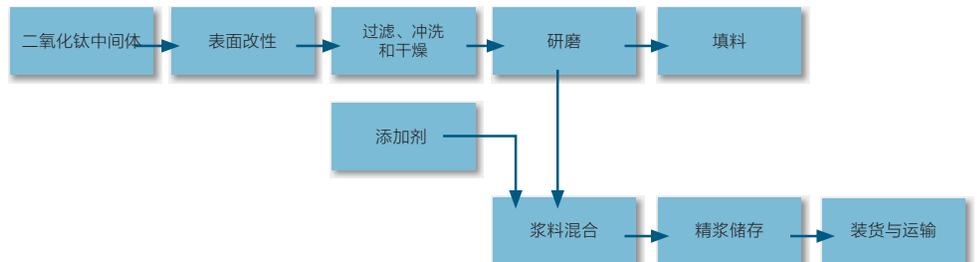
硫酸法



氯化法

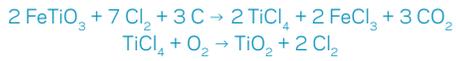


精加工



最终用途和产品推荐

接着，将高纯度四氯化钛在高温下氧化，生成亮度出色的钛白粉中间体。利用氯化法中的氧化步骤可以严格控制粒径分布和晶体类型，从而生产出具有高遮盖力和着色强度的钛白粉。

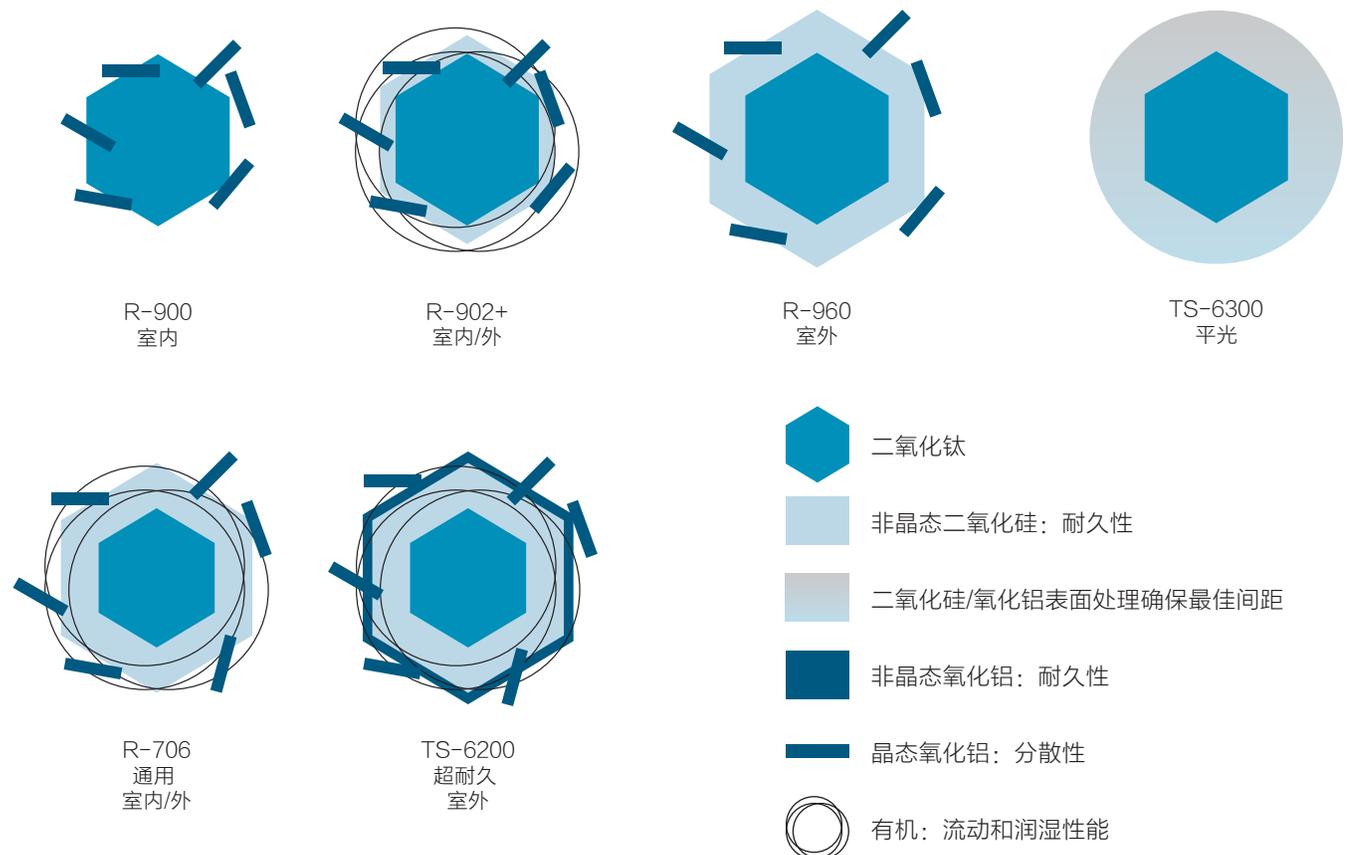


目前，全球范围内采用氯化法工艺生产颜料的产能已超过硫酸法，并且还在持续增长。硫酸盐和氯化物工艺的中间产物都是颜料级尺寸的钛白粉晶体团簇，这些团簇必须加以分离（研磨），才能实现最佳光学性能。



图20

钛白粉表面处理



V. 淳泰™产品组合



根据最终用途要求，可采用各种湿法加工工艺对钛白粉进行改性，包括在颜料粒子表面沉淀二氧化硅和氧化铝等水合氧化物。为了优化钛白粉在特定应用中的性能，可以使用个别的水合氧化物处理工艺或不同处理工艺组合。

钛矿供应是钛白粉颜料生产的关键。虽然钛的蕴藏量在前十大元素之列，但在自然界中却以低浓度广泛地分布，需要高效的采矿和矿物加工网络来形成切实可行的钛矿供应，从而满足钛白粉生产经济性要求。科慕在全球范围内拥有广泛的业务，可确保为我们的多个生产基地源源不断地供应经济的含钛浓缩矿物。

科慕钛白粉生产设施遍布世界各地，能够充分满足客户的供应需求（图21）。



产品设计中的质量保证

为了确保新产品能够满足客户不断变化的需求，科慕采用了一种名为“产品与周期时间卓越（PACE）”的产品开发方法。该流程包含多个阶段，规定了从概念到商业现实的成功产品开发工作的关键。通过了解客户需求并集中资源满足这些需求，确保淳泰™颜料具有卓越的品质。

V. 淳泰™产品组合

表5

重要的实验室测试包括

- 使用激光散射技术分析钛白粉粒径分布。
- X射线荧光分析，以实现精确的表面处理控制。
- 采用两种分散性测试方式评估钛白粉分散性，包括醇酸研磨料的海格曼细度和水浆筛选过滤。
- 使用CIE L*a*b*色彩空间确定干粉颜色。
- 测试20%水浆的pH值和抗性。
- 炭黑底色，20份钛白粉与1份炭黑混合在硅油中进行平磨之后，测定制膜的蓝光/红光反射率的比值。
- 采用刮刀研磨亚麻仁油测试（类似于ASTM D281-31），用于验证吸油值。

表6

检查清单：袋装钛白粉与浆料——潜在的成本节省

纸袋处理成本

- 卸载并转运到存储地点
- 运送至加工区域
- 投料
- 清理纸袋和托盘

钛白粉损耗

- 仓库——破袋
- 加工过程中泄漏和扬尘
- 袋内残留—— $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ 磅/袋

废弃物处理成本

- 纸袋
- 托盘

储存成本

- 袋装钛白粉
- 浆料形式的钛白粉

质量控制

- 减少钛白粉误差
- 批次间分散性一致
- 品质一致

库存控制

- 消除计数错误
- 实时总量-入库与出库重量
- 批次总量-累计

流程优化

- 提高钛白粉投料速度
- 优化批量大小-取消50磅增量量级
- 加快生产速度-无需分散

安全与卫生

- 更洁净的工作区域-无灰尘和泄漏物
- 消除叉车/手推车存在的安全隐患



V. 淳泰™产品组合

产品生产中的质量保证

科慕很早就认识到，生产流程控制对产品的适用性有着直接影响。为此，我们采取了当前最先进的流程控制技术。

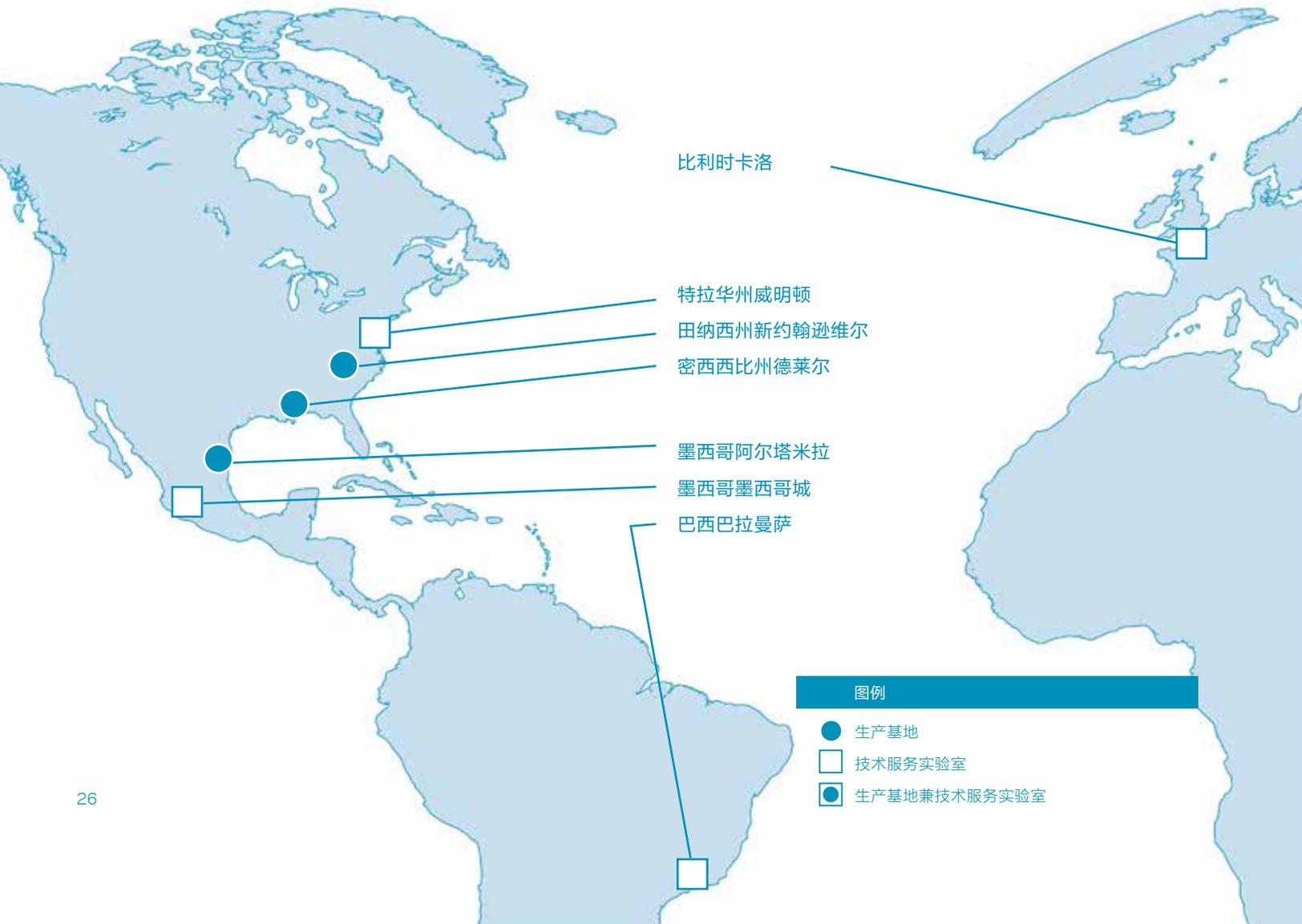
科慕是率先采用累积和控制图统计过程控制（CUSUM SPC）的先行者，该方法能够提供快速响应，使运营更稳定且符合目标。此外，科慕还利用过程能力分析（Cpk和Ppk）及六西格玛方法来推动持续改进。

在科慕实验室中，我们测量不符合我们对客户需求解读的淳泰™钛白粉性能，以确定产品是否适用并控制生产流程。

对于所有实验室测试操作，我们采取严格的实验室内交叉检查程序和统计过程控制来监测测试方法，以确保淳泰™钛白粉性能数据的一致性。最后，科慕所有的生产基地、客户服务网络和供应链网络均保持获得ISO 9001注册认证的质量体系，以确保为客户提供可靠性和稳定性无与伦比的钛白粉供应。

图21

淳泰™全球网络



V. 淳泰™产品组合

产品包装和交付

淳泰™干钛白粉颜料采用25公斤纸袋和1吨太空袋包装。淳泰™散装袋通常称为半散装容器，提供一吨装。部分地区提供卡车整车装载量的干散货。

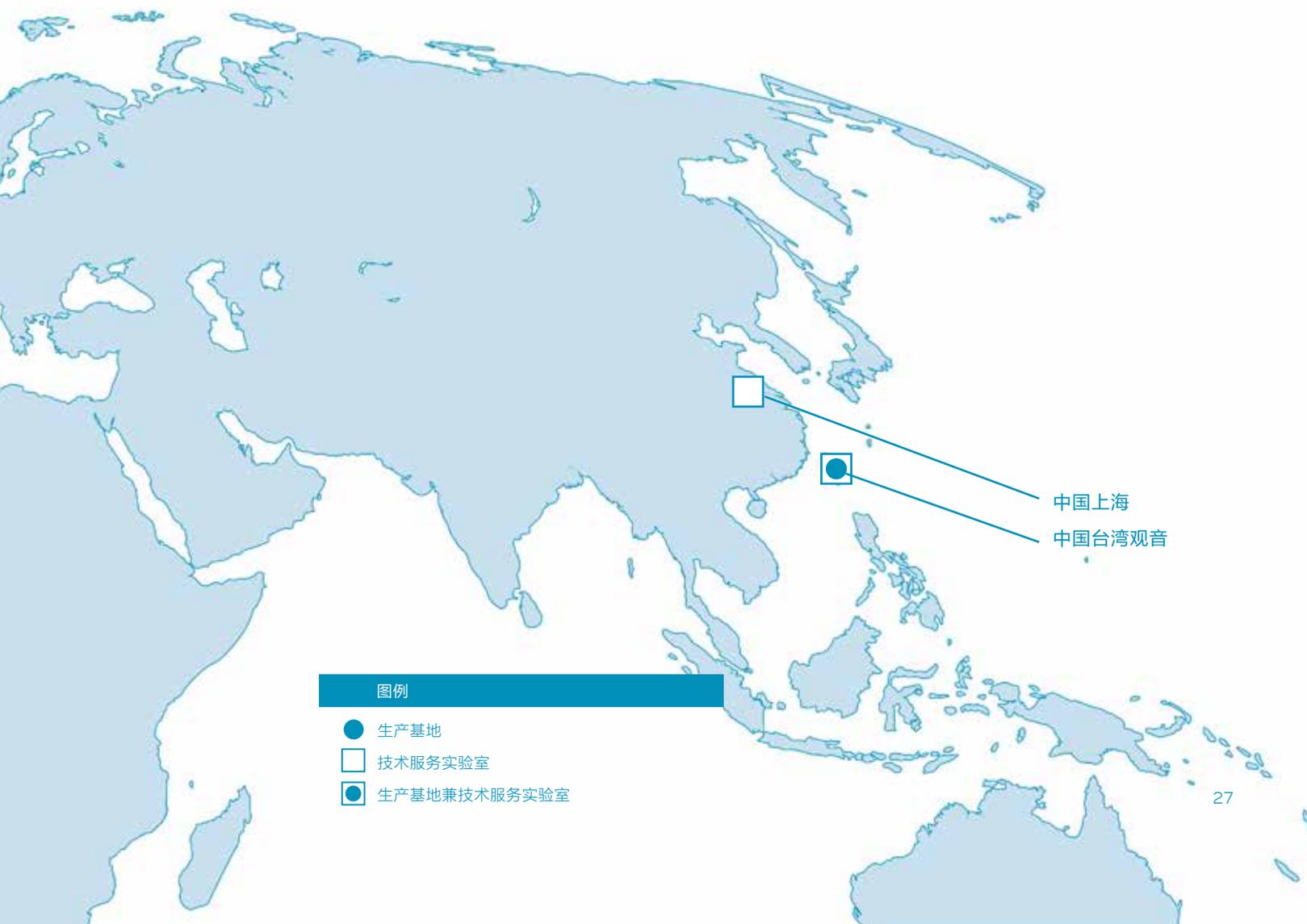
全球部分地区可通过铁路罐车和卡车罐车运送多款钛白粉水浆。浆料处理设施相对简单，并且通常能够通过实现系统节省来证明其必要性。有关钛白粉浆料和浆料设施的更多信息，请联系您当地的淳泰™销售代表。

技术服务

我们不仅为客户提供产品和包装，还通过平易近人、知识渊博的销售和技术服务代表更好地服务客户，帮助客户确定哪些产品特性最符合其需求。科慕拥有设施完善的技术服务实验室，让我们在满足客户的个性化配方需求时如虎添翼（图20）。

索取样品/下单

您可以通过www.tipure.com轻松获取淳泰™钛白粉干粉和浆料样品，建议您用于产品开发和测试。如需下单，请联系您当地的销售代表。



VI. 科慕的企业承诺



科慕一直秉持着“安全第一，预防为主，综合治理”的安全指导方针，并努力成长为一家新型的化学公司，满足人们日益增长的需求。

我们的日常生活离不开化学，化学是现代生活的基础科学。化学让我们拥有凉爽的家、新鲜的食物，保障我们家人的安全。化学让汽车和飞机能够以高效的燃油效率运行，使我们的世界保持洁净、互联，生机勃勃。

时至今日，化学必须做出更大的贡献。作为基础科学，化学需要肩负相应的重任，即便当前的化学解决方案已达到史无前例的丰富程度。我们致力于提供世界一流的技术来解决问题，同时不产生新的问题。

科慕将持续开发创新解决方案，以满足不断增长的市场需求，并且为2030年联合国可持续发展目标做出切实贡献。

这意味着提供有助于提高发动机燃油效率的材料；提供帮助城市降温的涂料；发明不会破坏臭氧层或导致地球变暖的新型制冷剂；以及推动5G通信、物联网等新技术更好地联通世界。

科慕的可持续发展目标包括：

- 加快步伐，力争到2050年实现碳中和
- 将温室气体排放强度降低60%
- 改善水质，确保排放到空气和水中的有机氟化物减少99%

我们鼓励科慕供应商在所有业务领域都更加负责任，并选择与我们价值观一致的合作伙伴。

我们对整个世界、客户、消费者、投资者以及与人类生活息息相关的基础科学负有责任。

更多信息，请访问：<https://www.chemours.com/our-company/corporate-responsibility/>。



欢迎联系
淳泰™团队!

联系我们

本文所述信息为免费提供，并且基于科慕认为可靠的技术数据。这些信息可供具有专业技能的人员使用，但必须自行承担任何可能的风险。由于我们无法控制使用条件，科慕公司不作任何明示或暗示的保证，也不承担任何与使用此信息相关的责任。本文中的任何内容均不得视为根据任何专利进行经营的许可或侵犯任何专利的建议。

© 2024科慕公司版权所有。Ti-Pure™和淳泰™及相关标志是科慕公司的商标。
Chemours™和科慕徽标为科慕公司的商标或注册商标。
C-10416-2 (2/19)



如需与我们联系
请关注科慕公司公众号