

薛特颜料公司的市场经理马克·瑞恩讨论了CICPs（复合无机颜料），这是一类为最苛刻的应用提供了特殊性能的颜料。

适用于粉末涂料的高性能颜料： 超耐候、功能性、色彩丰富

颜色无处不在。事实上，我们对颜色的使用甚至早于现代人类。科学家们已经发现，我们的祖先赫尔梅人(Homo helmei)，用鲍鱼壳和石英岩将颜料分散到天然树脂中，以生产用于身体装饰的颜料¹。那些最早的颜料是天然的赭石。后来随着技术发展，借助人工干预技术，我们扩大了颜料种类，包括合成颜料和有机化学颜料，无机颜料以性能优异著称，尤其是其中特定的一类被称为复合无机颜料（CICPs）的品种。

CICPs为苛刻的粉末涂料应用提供了有趣的选择。CICPs具有优异耐候性，可以承受住最有挑战性和严苛的加工和应用条件。它们良好的分散性也可以让颜色配方在生产过程中具有可预测性和稳定性。

最近的研究发现，除了颜色之外，这些颜料还可以满足合规性要求，赋予色彩的同时，兼具功能性。

背景

CICPs是颜料的一个特殊的分支，如图1所示。

它们通常是由简单的氧化物混合而成，然后在约600°C或更高温度的窑中煅烧。在这些升高的温度下，金属离子来回转移，因此它们不再是简单的氧化物，而是由一种或多种金属和氧元素组成的晶体化合物。在这种新的化学形式下它们有了新的特性，高温煅烧使得它们性能稳定。在煅烧后，通过各种研磨技术，如喷磨、球磨、冲击磨，以及筛分设备将颜料粒径减小到约1微米。

CICPs由于其高折射率，易于散射光线。粒径控制和优化可以改进这个特性。

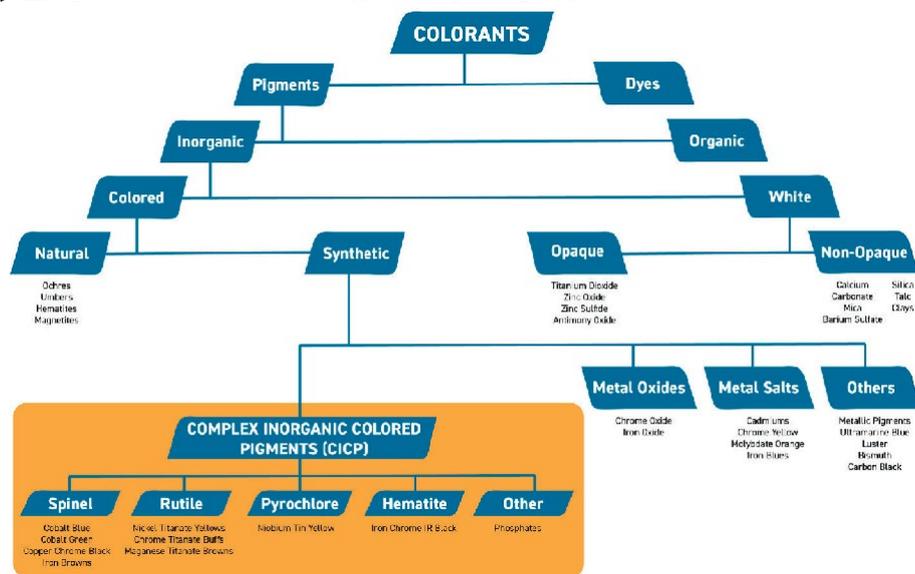


图1 颜料和着色剂分类组图

随着粒径减小，粒子表面积增大，使得着色力增强。对于大多数CICP颜料，需要在全色相和着色力之间做出权衡。对于大多数颜料而言，都有一个最佳粒径大小来平衡全色相和着色力。将颜料颗粒分解成更小的粒子需要耗费大量的能量。不过一旦达到最佳粒径，CICP颗粒在常规挤出设备中非常容易分散，且不易进一步分解。相比之下，有机颜料颗粒在挤出过程中经常会继续分解变小，特别是像在粉末涂料生产流程中的那样，挤出工艺不会根据时间进行优化或缩短。基于这些分散性和粒径的差异，相比有机颜料，CICPs具有更好的颜色可控性。

基于无机物本质和高温煅烧工艺，惰性是CICP的基本特性。在粉末涂料树脂体系中，CICP在大部分酸、碱环境中都能保持稳定，且不易溶解，不迁移。这种固有的稳定性意味着CICPs可以满足广泛的法规要求-

其固有的不溶性意味着它们能够通过浸出和萃取测试，加之其不迁移特性，意味着许多CICPs颜料可以满足FDA关于直接食品接触材料法规，其中一些甚至被批准用于医疗设备。

这种惰性性质也使CICPs成为需要高耐久性的长期建筑产品中使用的标准颜料，特别是一些高性能涂料产品，如氟涂料。虽然单一氧化物颜料也比较稳定的，但CICPs具有更宽的色域和更高的饱和度。

由于其更复杂的制造和高温加工工艺，CICPs的价格高于单一氧化物颜料。因此，CICPs大多用于其他颜料无法满足要求的场景，如有耐高温、耐UV、耐化学性或超耐候要求的领域。

颜料的范围

除正红色以外，复合无机颜料有很多种颜色。它们通常不如有机颜料鲜艳，

但由于较高的散射，它们遮盖力更好。较弱的光谱吸收会带来较低的饱和度，CICP的着色力通常比有机颜料低。

■ 视觉色彩以外的属性

.....

颜料的颜色是我们评判颜料实用性最基本的属性。CICPs，除了选择性地吸收和散射可见光波段来呈现颜色外，还通过其固有的属性和特点，表现出一些有益的特性。其中两个特性是：CICPs被广泛纳入了世界各地的直接食品接触法规清单中；另外，部分CICP在吸收可见光的同时，可实现近红外反射。

■ FDA食品接触法规批准的CICP颜料

.....

得益于优异的热稳定性、化学稳定性，以及低迁移率和低溶解性，CICP因而成为了FDA食品接触应用领域的优质颜料。除了典型的食品应用外，人们对着色剂FDA认证状态的兴趣与日俱增。市场上的许多公司都将FDA认证视为一种“安全”标签。

由于《食品药品和化妆品法案》(FD&C法案)的变化，新获准的FDA认证需细化到特定颜料生产商的特定颜料产品²。而不再像过去笼统地根据颜料索引号进行划分，所有生产商都可获得批准。FDA列出了特定的生产方法，要求使用相同的原材料，并且满足纯度要求，满足要求的颜料生产商会收到FDA基于CAS号的食物接触材料通告(FCN)。CFR178.3297第21章对此有详细的阐述。

在CICP颜料的黑色和蓝色范畴，有两支新的实用且独特的产品获得了FDA认证。

第一个是高温炊具行业经常会用到的一支黑色。薛特颜料的Black20F944-市场上熟知的一支26号黑，是常用的28号黑(铜铬黑)更好的替代产品。此型号粒径非常细、强烈的可见光吸收使其呈现出非常深的黑色全色相，根据不同应用体系，其耐温在600°C左右。

第二个是一支绿相蓝，36号蓝(钴铬



铝蓝)。红相蓝-28号蓝(钴铝蓝)已被批准用于食品接触多年，但薛特颜料推出的Blue10F545，被市场熟知的一支36号蓝，为CICP颜料在食品接触应用中开辟了一个新的色域。此型号有着深暗的全色以及强而鲜艳的调淡色，它的加入弥补了上述红相蓝和50号绿(钴钛绿)之间的空白。

因其广泛的合规性和固有的稳定性，CICPs是适用于炊具粉末涂的优质着色剂。

■ 红外反射黑色CICPs的发展和专业化

.....

红外线反射颜料已经在各种应用中使用了几十年。早在20世纪80年代初，为防止PVC材料因暴露在阳光下而出现变形和降解，基于铬铁氧化物的CICPs就已得到使用。如今这些铬铁氧化物颜料已经发展成为一个系列产品，不仅在建筑材料领域

如门窗型材，也在其他无数因太阳热能引起问题的领域得到成熟应用。

首先，简单总结下铁铬氧化物颜料，主要是29号棕，并解释它们为何如此有用。我们的眼睛只对400-700nm波长的光波敏感，但太阳光谱是远超这个狭窄波段的。太阳光中，大约一半能量来源于可见光(400-700nm)，而另一半在近红外(700-2500nm)波段，在高度破坏性紫外线波段(295-400nm)，也有少部分能量。黑色颜料势必会吸收可见光从而展现出黑色，并且大多数情况下，如炭黑，在近红外区域，会延续这一吸收状态。但铁铬氧化物(颜料棕29)为基础的黑色颜料(红外反射黑色)吸收可见光呈现黑色的同时，在700nm左右开始反射。当我们观察295-2500nm全波段太阳光，普通的黑色只会反射5%的太阳总能量，而红外黑色会反射大约20%。我们通常认为普通黑色的总太阳反射率(TSR)为5%(或0.05)，而红外黑色颜料的TSR约为28%(或0.28)。TSR可以用分光光度计读取。这种差异性也可以通过其他的设备来测试，如果这个设备可以显现使用不同颜料的两块样板在加热之后的不同状态的话。

到了20世纪90年代末，一些项目如美国环保署(EPA)的“能源之星”(Energy Star)项目、后来的USGBC LEED项目和加州能源委员会(California Energy Commission)的第24章建筑法规(Title 24)等都在陡坡屋顶的要求中增加了反射率要求。在这个阶段，红外反射黑色在市面上有两个方向：全色偏蓝相黑色和着色力更高，但偏红相的黑色。

红外反射黑色仍然是当今颜料领域中“最热”的话题之一。CICP红外反射黑色颜料不仅能够反射红外线，还兼具



耐久性、经济性和其他一系列适应特定应用的优越性能。

■ 结论

CICPs为要求最严苛的应用场景提供了专业化的性能。当其他颜料无法满足要求时，CICPs的热稳定性、惰性、耐候性和易分散性使其成为最佳选择。除色彩性能外，CICPs系列颜料，因为其固有的惰性，

获得了广泛的法规认可，如FDA食品接触法规。CICPs还具有有趣的近红外反射特性，这使得它们在建筑材料和军工伪装领域的信号管理方面有用武之地。

尽管无机颜料在石器时代就被使用，但从我们新的NTP黄(颜料黄227)和改进的RTZ橙(颜料黄216)产品可以看出，创新从未止步，新的颜料产品和应用还在不断被发现。

PPCJ

参考文献

1. 《如果这是人》，《经济学人》，2005年12月20日，
<http://www.economist.com/node/5299185>
2. FDA网站：<https://www.fda.gov/food/包装-食品接触物质-fcs/inventory-effective-food-contact-substancefcs-notifications>
3. 美国专利No. 4, 424, 292. “红外反射乙烯基聚合物成分”。拉维诺维奇等人。1984.

作者：Mark Ryan，薛特颜料公司的市场经理，

网站：www.shepherdcolor.com