

# 重配方完全可行

《含铅涂料重配方技术指南》  
和本信息使用指南摘要

全球环境基金 全面规模项目 9771:

《国际化学品管理战略方针》

关注的新兴政策问题的全球最佳实践

## 背景和简介

《含铅涂料改制技术指南》（以下简称“《指南》”）全文系在全球环境基金（GEF）9771号全面规模项目：[《国际化化学品管理战略方针》（SAICM）关注的新兴政策问题的全球最佳实践](#)（下称“SAICM GEF项目”）下完成编制。《指南》由塞尔维亚国家清洁生产中心（NCPC）制定，其中包括七个国家的中小型企业（SME）重配方试点示范结果：中国、哥伦比亚、厄瓜多尔、印度尼西亚、约旦、尼日利亚和秘鲁。SAICM GEF项目合作伙伴（中国、哥伦比亚、厄瓜多尔、约旦和秘鲁国家清洁生产中心、印度尼西亚国际消除污染物网络伙伴组织 Nexus 3 基金会和尼日利亚环

境发展可持续研究和行动组织）与选定的中小企业合作进行试点，示范用无铅替代品替代添加的铅化合物。中小型企业自愿选择参加 SAICM GEF 项目。

制定《指南》是为了帮助解决替代涂料中的铅化合物所面临的能力限制和技术障碍，重点关注中小型企业对有效和高效进行涂料重配方的需求。为了满足颜色和其他涂料特性，有许多不同的初始含铅配方。因此，《指南》仅提供了关于涂料重配方工艺的一般信息。深入分析和具体数据已通过SAICM GEF项目的试点示范提供给参与企业，并在案例研究中进行了描述。《指南》中的**关键信息**明确表明，**重配方完全可行**。

### 方框 1：《指南》的目标受众

《指南》以涂料制造商为主要目标受众，以帮助指导其产品的重配方，因为涂料重配方是涂料去铅和遵守含铅涂料法律的关键步骤。尽管如此，《指南》中提供的信息也可能对致力于通过含铅涂料法律消除含铅涂料的政策制定者有所帮助，因为该文件将帮助其了解重配方的工作原理。最宽泛的含铅涂料法律包括任何强制性的法律要求以及不遵守法律要求的后果。只要规定了执行机制，其形式可以是法规、条例或标准。各国政府在制定、颁布和实施含铅涂料法律的同时，可以利用《指南》中的信息来提高对涂料制造商进行重配方的可行性和必要性的认识，从而推动遵守相关法律要求。

《指南》还可为参与重配方的民间组织和行业利益攸关方助力，让涂料零售商及其消费者知晓使用不含添加铅化合物的涂料对人类健康的益处。

本文件概述了《指南》中的信息、重配方试点示范的发现和**建议**以及涂料制造商完成涂料产品重配方的两个案例研究。本摘

要还旨在重点介绍参与逐步淘汰含铅涂料的不同利益攸关方可以如何使用《指南》中的信息。

### 方框 2：利益攸关方可以利用《指南》来支持含铅涂料法律的讨论和实施？

《指南》也可与全球消除含铅涂料联盟（含铅涂料联盟）开发的其他材料一起使用，如[《规范含铅涂料的示范法和指南》](#)，[《全球性消除含铅涂料的技术简介》](#)以及[制定消除含铅涂料法律的工具包](#)。含铅涂料联盟是由联合国环境规划署（UNEP）和世界卫生组织（WHO）组成的自愿伙伴关系，旨在通过推动逐步淘汰含铅涂料来防止铅暴露。

《指南》可以通过如下所述的各种方式支持围绕起草和实施含铅涂料法律的讨论。



**《指南》可以支持循证决策，为政策制定过程的各个阶段提供决策依据。**

《指南》中的结果和证据可以为政策制定者制定含铅涂料法律提供参考依据。通过介绍与涂料重配方有关的考虑因素，并提出案例研究，《指南》可以帮助政策制定者确定哪些东西行之有效，并强调在缺乏明显法律效力之处所存在的差距。例如，政策制定者可以使用该文件来评估公司重配方其涂料产品需要多长时间，这对于确定逐步淘汰含铅涂料的时间至关重要。

该文件提供的数据也将有助于设计和开发出监测实施和衡量关键成果的系统。



**《指南》可用于指导现有含铅涂料法律的实施。**涂料监管法律的一个重要特点是注重建立各项机制，促进执法和遵守。《指南》可以帮助政府和行业决策者确定重配方的最佳实践，以促进对含铅涂料法律的遵守。文件中的技术信息也可以提高政府对重配方系统的理解，进而促进含铅涂料法律的实施。《指南》强调了转向无铅化合物添加涂料的益处，如改善工人的健康和安全的、优化企业管理（通过向更安全的涂料过渡，企业有机会凭借新的“绿色”认证和创新式品牌建设，建立起自己的品牌）以及通过确保遵守现有法律推进成本节约做法等，因此，其还可用于促进对合规要求的遵守。



**《指南》可以为涂料行业、民间社会和政府之间关于制定新的涂料法律的对话提供参考。**根据已通过含铅涂料法律或者正在遵循建议的步骤制定含铅涂料法律的国家的经验，对话和多利益攸关方的相互协作，特别是与民间社会和工业界的对话和相互协作，对于确保所有相关方在制定法律时各抒己见至关重要。这样可以确保提高法律的效力，提高参与其中的所有利益攸关方的主人翁意识，并促进法律的实施。涂料行业是一个重要的利益攸关方，含铅涂料法律对其有着直接的影响。因为要遵守法律，制造商就势必要对涂料产品进行重配方。在这些讨论中，可以将《指南》分享给利益攸关方，以强调涂料重配方完全可行，并提供有用的工具（如替代品供应商名单）来支持重配方过程。



**《指南》中的技术信息可以为含铅涂料法律的讨论中提出的技术方面提供参考。**根据所选的法律文书类型，法规的技术水平可能有所不同，而《指南》则提供了可供考虑的关键技术信息。例如，虽然《规范含铅涂料的示范法和指南》提供了关于样品制备和涂料铅浓度测试方法的推荐国际标准清单，但《指南》还额外提供了测试涂料特性和性能的标准。在相关情况下，可以在有关涂料特性和性能的条款中提及这些标准。



**《指南》有助于说明涂料重配方的可行性。**《指南》在全球三十多个中小型企业试点示范项目中进行了两年多的测试，该文件表明，通过遵循《指南》中的技术说明和添加不含添加铅的原料，可以重配方铅含量较低的涂料。《指南》在中小型企业试点示范的基础上进行了完善和微调，文件中提供了案例研究、经验教训和最佳实践。例如，厄瓜多尔的一项案例研究表明，通过遵循《指南》，用替代品取代铅基黄色颜料，最终产品呈现出与含添加铅产品类似的特性。含铅涂料测试表明，重配方后，铅含量从 34689 ppm 下降到 56 ppm 以下（见《指南》第 71 至 74 页和本文件的案例研究部分）。



**随着越来越多的国家对涂料中的铅进行监管，可以鼓励涂料制造商利用《指南》对含铅涂料进行重配方并扩大贸易市场，从而促进行业和政府增收。**当制造商出于自愿或为遵守现有法规而生产铅含量低的涂料时，便可实现向通过立法对涂料施以低铅限制的国家进行出口并与之贸易。《规范含铅涂料的示范法和指南》建议将 90 ppm 作为可适用于大多数涂料的含铅量监管限值。目前，超过 40% 的国家落实了含铅涂料法律（UNEP，即将发布），其中大多数国家规定了较低的法定含铅量限值，并且根据目前的势头，会有更多国家落实此类法律。这样，那些能够生产无添加铅涂料的公司将获得更大的国际市场。通过宣传《指南》和鼓励企业应用《指南》中的各项原则，政府和行业可以帮助促进国际贸易，确保企业增加利润，并通过进口税和海关费用增加政府收入。

## 《指南》结构

《指南》开篇提供了内容摘要（第 1 章）并介绍了全球消除含铅涂料联盟的工作背景（第 2 章）。之后，文件提供了术语和定义（第 3 章），并对铅和涂料配方中使用的铅化合物的危险特性作了简要描述（第 4 章）。

然后，《指南》提供了替代过程的一般方法和具体步骤（第 5 章），以帮助中小型企业选择不比其希望取代的铅化合物危害性更大的替代品。为了满足颜色和其他涂料特性，有许多不同的初始含铅配方，

《指南》仅提供了关于涂料重配方工艺的一般信息。

《指南》介绍了替代颜料的特性和主要含铅颜料的详细信息，如功能（耐久性、分散性、热稳定性、渗色和保光性）、环境质量、健康和安全性、经济可行性和可得性（第 6 章）。文件还介绍了关于分散性（至少两种材料的异质混合物，材料彼此之间互不相溶或微溶，而且没有化学键）的信息，因为涂料的颜色和特性在很大程度上取决于分散工艺和分散用的添加

剂。下一章（第7章）介绍了催干剂的作用和类型，以及含铅催干剂的替代品。

文件的最后一部分介绍了重配方试点示范的结论和主要发现。

此外，《指南》的附录还提供了一些信息，包括来自重配方试点示范项目的中小

## 涂料中的铅（第4章）

《指南》第4章介绍了为什么含铅涂料需要引起重视。目前尚不知安全的铅暴露水平，即使是相对较低的暴露水平，也可能造成严重和不可逆的神经损伤，导致智商下降和行为问题增加。铅暴露还可能导致贫血症，增加肾脏损伤和高血压的风险，并损害生殖功能。健康指标和评估研究所估计，仅在2019年，铅暴露已造成90.17万人死亡，以及由于长期健康问题而带来的残疾和死亡所造成的2160万年的寿命损失（健康指标和评估研究所，2020）。

铅对环境也有危害性影响：从任何来源释放到生态环境中的铅，包括含铅涂料，对植物、动物和微生物均有毒性。在所有被研究过的动物中，都显示出铅会对多个器官和器官系统造成不良影响，包括血液、中枢神经系统、肾脏、生殖和免疫系统。通过多种来源和途径的环境暴露，铅在大多数生物体内可进行生物累积（UNEP 2020a）。

涂料中使用的铅化合物会对人类健康和环境造成极大危害，应优先取代。改用替代方案应能降低给人类健康和环境带来的整体风险。

型企业案例研究、关于色漆和清漆通用试验方法的ISO标准精选清单，以及一份非详尽的供应商名单。

第4章至第7章的主要内容以及试点示范结论概述如下。

涂料被定义为一种着色的涂层材料，当涂覆于底材时，会形成具有保护性、装饰性或特定技术性能的不透明干膜。涂料可满足各种不同的技术特性，如特定的耐化学性或耐候性、信号或伪装效果、装饰效果、绝缘性或导电性、抗菌性等。涂料也配制成适应各种基材和涂覆方法。

从历史上看，铅化合物被添加到装饰和工业涂料和其他涂层中，以增强颜色，减少金属表面的腐蚀或缩短干燥时间。虽然涂料中使用的铅化合物符合严格的技术要求，但它们仍然对环境和人类健康极为有害。如今，无铅颜料和催干剂已广泛用于涂料，因此，无需再使用含铅原料（WHO，2020年）<sup>1</sup>。

使用含铅涂料后，涂料的风化、剥落或碎裂会将铅颗粒释放到家庭、学校、游乐场和其他地方的灰尘和土壤中。家用装饰涂料已被确定为儿童接触涂料中铅的主要来源。此外，如果无适当的工程控制措施和职业安全措施，并且工人没有穿戴足够的个人防护设备，在涂料制造、涂覆和清除工艺中就会出现铅的职业性接触（WHO，2020）。

<sup>1</sup>需要注意的是，涂料中的某些原料仍然天然地含有高浓度的铅。然而，所用的铅化合物替代品应尽可能具有最低危害。

### 铅暴露对儿童的影响



智商降低



注意力持续时间缩短



反社交行为增加



在学校表现不佳



贫血



高血压



肾脏损害

从家庭，学校和其他建筑物的表面去除现有装饰性铅涂料的成本可能很高。相比之下，在生产新型装饰性涂料时不使用铅化合物的经济成本较低。事实上，许多制造商已经成功地重配方了他们的涂料产品，以避免添加含铅成分。据涂料行业反映，通过重配方住宅和装饰涂料以消除铅化合物是可行的，并且技术和成本影响是可控的。越来越多的涂料生产商公开表示可以消除所有类型涂料中的铅化合物。

涂料中的铅暴露可以预防。保护人类和环境免受铅危害的最有效行动，就是通过制定法律推动涂料生产配制工艺中使用无铅原料，从而从源头上消除铅暴露。世界各

国政府日益寻求制定法律来消除涂料中的铅。涂料制造商应该多了解其本国或其产品出口国家的此类活动，以便为其涂料的重配方决定提供信息。

涂料中使用的可能含铅的原料包括颜料、填料和催干剂，可用于油性漆、底漆、二道底漆和面漆。

在生产过程中也有可能出现涂料的交叉污染。如果同一设备在用于生产含铅涂料之后未经妥善清洁即用于生产拟不含铅的涂料，则会发生铅污染。

《指南》还介绍了最常见的含铅涂料原料的危险特性。

### 替代过程：含铅涂料的重配方 (第5章)

涂料重配方是确保产品安全性和可持续性的一个关键因素。

#### 方框 3: 什么是含铅涂料重配方?

含铅涂料重配方是指用更安全的替代品取代涂料配方中的含铅成分（如溶剂、添加剂、催干剂、填料和颜料）的过程。含铅涂料重配方的一个重要要求是，这些成分对人类健康和环境没有危害。

化学品替代原则规定，危险化学品应系统地用危害较小的替代品进行替代，或者最好使用暂无已知危害的替代品（Hansson 等人，2011）。替代通常不仅仅是将一种化学品替换为另一种化学品，两种化学物质的性质差异可能需要其他转变（技术上但也可能是组织结构上）。替代可能包括有害物质的替代，使用技术替代品替代原物质，使用组织措施替代某一危险物质或重新设计整个产品。

世界各地的涂料制造商仍然在生产含铅涂料，原因多种多样，包括缺乏生产不含铅涂料的技术知识，缺乏对铅的健康和环境危害的认识，或者不知道在哪里可以采购到无铅替代品，或者其所在国家（或出口国）没有制定含铅涂料法律。由于全球涂料市场 58% 的市场份额由中小企业构成，因此必须确保他们不会被排除在推进重配方的努力之外（关于全球涂料市场的

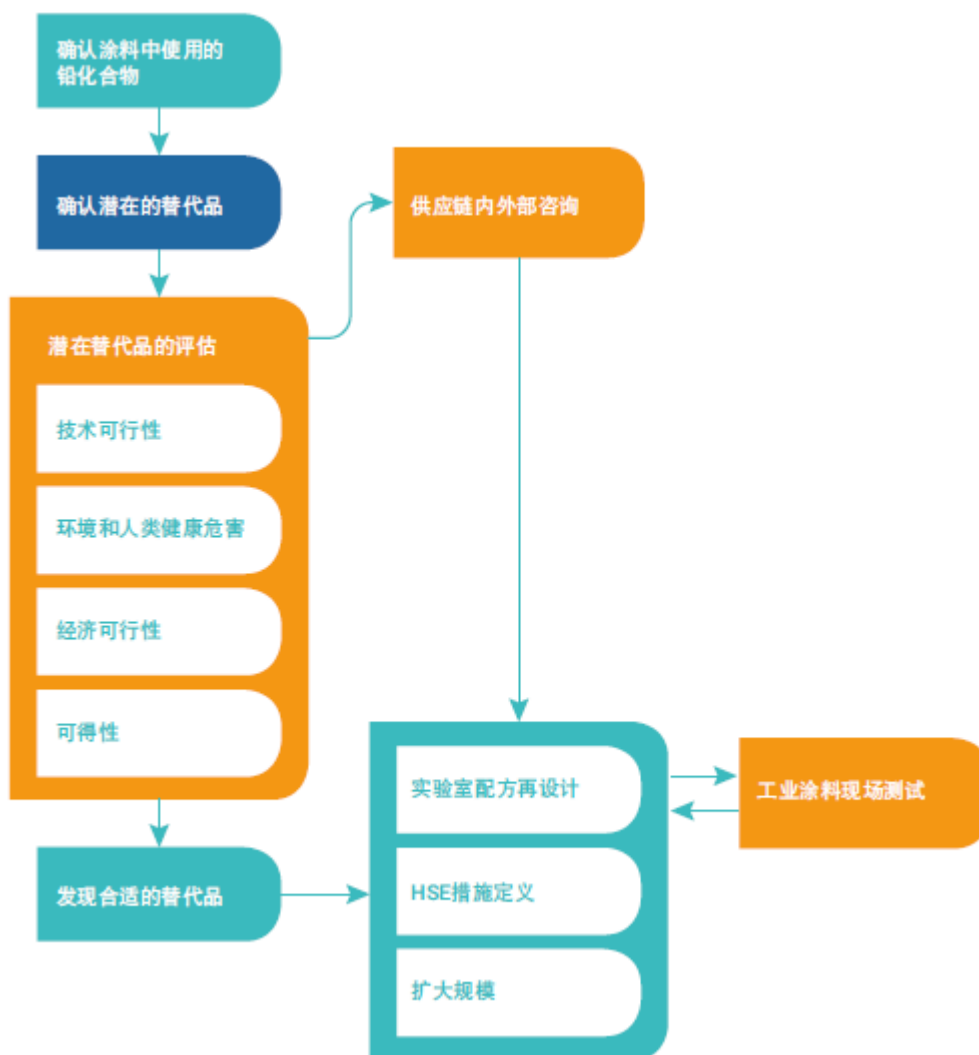
概况，见 UNEP 2020b）。对于缺乏研发资源的中小型企业来说，重配方没有添加铅化合物的涂料难度可能特别大。按照建筑和住房的增长趋势，预计涂料市场将继续扩大，除非采取协调一致的行动，否则全球范围内的涂料使用量也会增加，包括含铅涂料。尽管存在这些障碍，[全球各地的涂料产品制造商已经证明，消除铅化合物是可行的](#)，并且技术和成本影响是可控的。

以下流程图介绍了替代涂料中含铅成分的必要步骤。<sup>2</sup>这将有助于满足现有或预期的铅浓度限值（例如，根据肯尼亚、菲律宾、乌拉圭等国家要求），或满足逐步淘汰特定含铅化合物的要求（如欧盟《化学品注册、评估、许可和限制条例》（REACH））。替换过程的各个步骤详见《指南》第22至25页。

---

<sup>2</sup>这些活动适用于任何市场上有替代品的危险化学品。

### 铅化合物替代步骤



来源：《含铅涂料重配方技术指南》（UNEP 2022）

### 含铅颜料的替代（第6章）

在替代任何涂料原料的过程中，选择合适的原料以达到最佳涂料性能是十分必要的，例如如何涂覆（如通过喷涂或浸渍等方式）、与特定表面粘合、固化工艺、机械和/或化学保护以及装饰性要求。本章提供了关于颜料和填充剂的功能和性能要求，以及关于色彩理论的基本要素、分散工艺和分散添加剂的相关信息。在涂料重配方的过程中，所有这些不同方面的信息，可以为匹配涂料特性（和性能）的努力提供参考。本章还概述了涂料的生产工艺。

《指南》对红丹防腐颜料、铅白、铬酸铅以及无机和有机颜料的替代颜料进行了评估，包括功能比较、技术可行性和可用性以及对环境和人类健康的危害。

### 含铅颜料的替代（第7章）

本章介绍了最常用的催干剂（辛酸铅和环烷酸铅）的相关内容，读者如需了解其他催干剂的相关信息或进一步了解常用催干剂的具体信息，可参考文献引用。



替代含铅催干剂的重配方工艺并不复杂。因此，《指南》介绍了有关催干剂的功能的一般原则，以及剂量和涂料测试的个别特征和原则的信息作为替代和未来无铅添加剂风干涂料配方指南。

### 重配方试点示范项目的结论、主要发现和建议

《指南》表明，含铅涂料的重配方完全可行。由于含铅涂料的重配方已经进行了几十年，市场上有很多原料可以替代涂料中的铅化合物。此外，涂料重配方并不是一项新的技术或方法。然而，虽然在技术上可以实现向不添加铅化合物的涂料重配方转变，但对制造商来说，获得合适的原料仍然是一个挑战。此外，还需要注意不能采购到被铅污染的原料。一些原料供应商

正在努力帮助涂料制造商应对这些挑战。企业面临的技术障碍也可以通过《指南》中提供的信息来解决。

通过各种政策行动和信息共享，政府和行业决策者可以推动生产不添加铅化合物的涂料。这将有助于制造商改变其行业做法，实现可持续生产，并有助于有效实施和遵守含铅涂料法律。逐步淘汰涂料中的铅这一全球势头正在增长，要鼓励所有感兴趣的利益攸关方对含铅涂料采取行动，实现消除含铅涂料这一目标。

虽然《指南》主要是一份理论文件，是对涂料配方过程中关于铅替代的各个方面的解释说明，但必须强调的是，那些遵循《指南》中所述原则的企业已成功对其产品进行了重配方。

#### 方框 4：主要发现和建议

基于 SAICM GEF 项目下三十多家中小型企业的涂料重配方试点示范经验，得出了以下发现和建议：所有试点示范项目都涉及通过颜料替代进行涂料重配方。项目中的所有中小型企业均未使用含铅催干剂。

- **发现：**溶剂型和水性涂料含有含铅颜料。
  - **建议：**在起草含铅涂料法律时，所规定的涂料范围应尽可能广泛，以涵盖水性和溶剂型涂料。
- **发现：**一些小型企业不具备开展涂料性能测试和扩大规模必需的所有设备。
  - **建议：**缺少研磨设备可以通过使用颜料浆来解决。
- **发现：**供应商对小市场的商业兴趣较少，因此这些地区的无铅颜料供应有限。
  - **建议：**鼓励替代品供应商同时向较小的市场供应原料，如通过贸易展览会或促进与中小型企业的会面。
- **发现：**所有试点示范参与者都认为，替代品供应商提供的技术支持很重要。
  - **建议：**在启动重配方之前与供应商会面以获得技术支持，这样可以更好地了解这一过程，加快选择正确的替代品，进而高效地进行重配方。
- **发现：**重配方的经济成本各不相同。在一些情况下，铅替代品原料的价格较低，降低了成本。在其他情况下，涂料的价格明显上升。
  - **建议：**作为日常业务规划的一部分，企业应对重配方的经济成本进行估算。
- **发现：**试点示范公司成功对其含铅涂料进行了重配方。但是，为了遵守含铅涂料法律，在色相微调和成本优化方面有待开展进一步的工作。进一步的工作意味着需要更长的时间来完善不含添加铅化合物的类似涂料产品。
  - **建议：**含铅涂料法律的遵守期限应允许制造商有合理的时间来修改涂料配方和生产工艺。

#### 涂料重配方案例研究




下面详细介绍了两个案例研究，并强调了政策制定者在协调制定和实施含铅涂料法律时的考虑因素。

##### 案例研究 1：防腐醇酸涂料的重配方，用作溶剂型和水性工业涂料

在中国，浙江鱼童新材料股份有限公司决定重配方一种防腐涂料和一些醇酸产品，这两种产品都使用红丹颜料（PR105）。这

将确保生产方案中不再使用铅。该公司选择了两种替代品进行测试：氧化铁红和铁钛粉末。选择替代品的原因是其生产工艺与红丹类似，不含重金属且价格较低。涂料经过重配方和测试后，附着力、硬度和干燥时间都较为相似，含红丹产品与含氧化铁和铁钛粉产品之间的差异很小。保留原产品颜色的难度较大；带有氧化铁红的涂料颜色与原产品明显不同，但铁钛粉涂料的颜色很相似。

平行实验测试结果

要求 (根据技术规格)	含铅涂料 (红丹)	无铅涂料 (氧化铁红)	无铅涂料 (铁钛粉末)
颜色			

对该公司而言，较低的成本和替代品的可得性也使重配方变得可行。红丹颜料的价格相当高，因为所使用的原料供应有限，而替代品则更具成本效益：铁钛粉颜料的价格比红丹低 40%，氧化铁红颜料则低 50%。另外，这两种替代品都可在市场上轻松购得。

此案例研究是试点项目期间少有的经济评估结果表明具有成本效益和可行性的案例之一。在其他许多情况下，由于有机替代品的成本很高，涂料重配方的总体成本高于含铅涂料。

尽管在技术和成本效益方面取得了积极的成果，但浙江鱼童新材料股份有限公司提到，他们的客户仍然偏爱采用红丹颜料的涂料，这一挑战有待克服。**无论涂料重配方需要怎样的经济代价，都需要进一步提**



**高认识，让客户和涂料零售商了解无铅涂料对人类健康和环境的益处。政策制定者可以在其法规中强调这一信息。**

### 案例研究 2：用于保护金属和木材的黄色醇酸涂料的重配方

在厄瓜多尔，LiP 04as<sup>3</sup>公司决定重配方一种亮黄色的搪瓷漆（作为金属或木材表面的面漆使用的醇酸搪瓷漆），并去除一些醇酸产品中所含的含铅颜料。这将确保该公司的生产计划中不再包含含铅涂料。需要替代的铅化合物是中铬黄（PY34）。为了选择替代品，涂料色样被送往 Mathiesen（一家拉丁美洲的大型油漆和涂料原料供应商）进行分析并寻求建议；得到的建议是使用一种名为“金丝雀黄”（LF761）的混合颜料。替代品的选择基于产品之间的相似特性。

<sup>3</sup>试点测试中的厄瓜多尔公司要求匿名。

平行实验测试结果

要求（根据技术规格）	含铅涂料	无铅涂料
测试方法和值		
干基材上的铅含量 (NTE-INEN 2093)	34689 ppm	<56 ppm

涂料完成重配方和测试后，硬度和干燥时间等多项涂料特性均无明显的差异。<sup>4</sup>然而，涂料在附着力方面略有差异。<sup>5</sup>

在这个试点测试中，中小型企业还测试了涂料中的铅含量。测试结果令人震惊：含铅涂料的总铅含量达到 34689 ppm，而重配方涂料的总铅含量则不到 56 ppm，远远低于厄瓜多尔的现行限值（600 ppm）。这是按照《指南》重配方现有涂料，并用替代品替代黄色含铅颜料之后取得的成果。

在本案例研究中，替代性黄色颜料的成本高于其所替代的化合物，这也是全球普遍存在的情况。结果，涂料产品重配方的成本增加了 40% 以上。需要注意的是，对于不同的颜色，含铅颜料的价格可能比其替

代品更贵。为了减轻涂料制造商的经济和物流负担，政府可以提供一个较远的生效日期，以允许企业进行必要的研究，确定无铅替代品，考虑这些替代品的可行性，并进行必要的测试，从而生产出符合较低铅浓度限度的涂料产品。这样，制造商便有时间向其供应商求购无铅原料，进而能够更加轻松地按照含铅涂料法规，对其涂料进行重配方。此外，如果需求增加，原料的单价可能会下降，而且可能无需从其他地方进口，直接在国内即可获得，进而减轻物流压力。

## 参考文献

Pilcher, G.R. and Cocuzzi, D.A.(2020).Der “Covid-effekt” und die globale farben- und lackindustrie.*Farbe und Lack* 126, 10–15.  
[https://360.farbeundlack.de/zeitschriften/farbe\\_und\\_lack--10.2020](https://360.farbeundlack.de/zeitschriften/farbe_und_lack--10.2020).

Olofsson, A.(2011).The substitution principle in chemical regulation: a constructive critique.*Journal of Risk Research* 17(5), 573–575.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13669877.2013.841739>.

健康指标和评估研究所(2020).Global Burden of Disease Data Visualization.  
<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>.2021 年 2 月访问。

纽约大学朗格尼医学中心（无日期）。Economic Costs of Childhood Lead Exposure in Low- & Middle-Income Countries.  
<https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead->

<sup>4</sup>干燥包括涂覆的涂层材料从液体到固体状态所经过的所有阶段。干燥时间是指干燥所需的时间。

<sup>5</sup>这涉及到固体表面和另一种材料之间的界面上的附着现象，这种附着由分子力引起。

重配方完全可行

[exposure-low-middle-income-countries](#).2021年2月1日访问。

联合国环境规划署 (2020a).*Assessment Report on Issues of Concern:Chemicals and Waste Issues Posing Risks to Human Health and the Environment*. 日内瓦和内罗毕。

联合国环境规划署(2020b).*Eliminating Lead Paint:The Role of the Paint Industry*.SAICM 政策简报。

联合国环境规划署 (即将发布) .2021 *Update on the Global Status of Legal Limits on Lead in Paint*.日内瓦和内罗毕。

联合国环境规划署 (2022).*Lead Paint Reformulation Technical Guidelines*.日内瓦和内罗毕。  
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/39709>.

Were, F.H., Moturi, M.C., Gottesfeld, P., Wafula, G.A., Kamau, G.N. and Shiundu, P.M.(2014).Lead exposure and blood pressure among workers in diverse industrial plants in Kenya.*Journal of Occupational Environmental Hygiene* 11(11), 706–715.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15459624.2014.908258>.

世界卫生组织 (2020)。全球消除含铅涂料：各国应采取行动的原因和方式。日内瓦。

