

中国涂料含铅情况 基础研究报告

涂料去铅化 - 2022 - 绿色新选择



项目发起方：



中国涂料工业协会



SEE

北京市企业家环保基金会

执行伙伴：



深圳零废弃
Shenzhen Zero Waste



通生先锋
Tongsheng Corp



曙光环保



关于涂料行业 绿色行动

涂料行业绿色行动由北京市企业家环保基金会联合中国涂料工业协会共同发起，搭建品牌商、供应链企业、公益组织等多方参与的行动平台，致力于推动涂料行业的环保、安全生产。

项目于2022年启动，聚焦涂料去铅议题，支持深圳市零废弃环保公益事业发展中心、长沙市曙光环保公益发展中心共同开展研究倡导等工作作为持续性行动奠定基础，并推动逐步淘汰含铅涂料的生产与销售，减少铅暴露带来的健康和经济损失。

研究人员：蔡力萍

审阅专家：张金良、叶旌

引言	04
第一章 背景介绍	06
1.1 含铅涂料的定义及用途	06
1.2 涂料中的铅来源与作用	07
1.3 涂料造成的铅暴露途径	08
1.4 铅的危害	10
1.4.1 健康危害	10
1.4.2 社会经济危害	11
1.5 涂料无铅化的社会经济影响	12
第二章 全球含铅涂料的管理	13
2.1 我国含铅涂料的政策规划及标准	13
2.1.1 政策规划	13
2.1.2 涂料限铅标准	16
2.2 国外含铅涂料的管理政策	21
2.2.1 美国	22
2.2.2 欧盟	23
2.3 我国涂料的现存问题及原因剖析	24
2.3.1 存在大量含铅量超标的涂料及相关品	24
2.3.2 原因剖析	25
第三章 含铅涂料中铅的控制替代技术	30
3.1 红丹的替代	30
3.2 铅白的替代	31
3.3 铅铬颜料的替代	32
3.3.1 颜色理论	32
3.3.2 铅铬颜料的替代方案	33
3.3.3 部分用于替代铅铬颜料的无铅颜料	42
3.3.4 总结	43
第四章 各种场景中涂覆的面漆检测	44
4.1 调查对象及方法	44
4.1.1 样品采集情况	44
4.1.2 样品检测	45
4.1.3 调查参照标准	45

4.2	结果讨论	46
4.2.1	样品铅含量的整体情况	47
4.2.2	场景1-建筑物及构筑物	49
4.2.3	场景2-休闲娱乐场所及其设施	52
4.2.4	场景3-车辆及船舶	53
4.2.5	场景4和5-道路标线及其他场景	54
4.2.6	不同面漆颜色的含铅情况	54
4.3	总结	55
第五章	市售工业涂料的检测	58
5.1	调查对象及方法	58
5.1.1	样品采集	58
5.1.2	样品检测	60
5.1.3	调查参考标准及依据背景	60
5.2	结果讨论	61
5.3	总结	63
第六章	市售溶剂型木器涂料的检测	65
6.1	调查对象及方法	66
6.1.1	样品采集	66
6.1.2	样品检测	66
6.1.3	调查参考标准及依据背景	67
6.2	结果讨论	67
6.2.1	样品铅含量的整体情况	68
6.2.2	样品的3C认证情况	72
6.2.3	对比2021年的调查结果	73
6.3	总结	74
第七章	问题总结及建议	75
7.1	问题总结	75
7.2	建议	78
	附录	80
	文献	94

引言

INTRODUCTION

铅是一种累积性有毒元素，对人类健康和环境危害巨大，研究显示铅对人体健康的危害没有阈值，即存在铅暴露就可能有健康危害。铅对儿童，尤其是6岁以下的儿童的危害尤为巨大，很低剂量的铅接触就可能给儿童造成不可逆的伤害，如智商下降、行为问题等，并且可能会影响终生。作为颜料的主要成分及作为其他用途，涂料中含有人工添加铅化合物，这些含铅涂料也成为了人们铅暴露的途径之一。含铅涂料是儿童接铅暴露的主要来源之一，例如吸入或摄入家中含铅涂料的粉尘等等。

如今，淘汰含铅涂料已被确定为《国际化学品管理战略方针》(SAICM)下的全球关切议题，国际上也已确立了通过在全球制定具有法律约束力的控制措施实现全球逐步淘汰含铅涂料的目标。2011年，联合国环境规划署(UNEP)和世界卫生组织(WHO)共同领导成立了消除含铅涂料全球联盟(GAELP)，该联盟是政府、私营企业和非政府组织的自愿合作伙伴关系，致力于推动逐步淘汰含铅涂料的生产、进口和销售，并最终消除此类涂料带来的风险。GAELP通过促进全球含铅涂料法律的

制定，已在消除含铅涂料的目标上取得进展，据WHO统计，截至2022年6月，全球累计有45%的国家已经通过并实施了约束含铅涂料的法律^[1]。

中国是亚洲最大的涂料生产国，也是世界上最大和增长最快的涂料生产国之一，产量占全球涂料市场的近三分之一^[2]。虽然目前已有诸多含铅涂料的替代产品，涂料行业也已明确生产无铅涂料的可行性，甚至已有世界知名涂料生产商将含铅涂料从其所有产品线中去除，但出于低成本和高效率等考量，含铅原料仍被国内诸多涂料厂商使用。

无毒先锋项目团队曾对我国市售溶剂型涂料的含铅量进行过两次抽样调查。2014年调查的141罐市售溶剂型磁漆装饰涂料中，有70%的总铅含量超过了90 ppm，50%超过了600 ppm，34%超过了10,000 ppm，其中最高总铅浓度达到116,000 ppm^[3]。在2021年调查的36款溶剂型木器涂料中，有75%的总铅含量超过了强制性国家标准《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》中规

定的 90 ppm, 其中最高超标 2621 倍^[4]。调查结果显示目前市售涂料仍有大量产品含铅量不达标。因此, 有必要对国内涂料市场及各种涂料使用场景进行进一步的调查检测, 为进一步制订相关政策法规, 控制涂料铅含量提供依据。

本报告作为“卫蓝侠·涂料去铅行动(2022)”的一部分, 对目前涂料行业的含铅基本情况进行了调研, 旨在推动涂料行业去铅议题进入公众视野, 帮助国内涂料去铅行动取得新进展。本报告的第一章详细介绍了含铅涂料的定义、用途, 和涂料中铅成分的来源及危害; 第二章概述了我国含铅涂料的政策规划及标

准, 以及国外对含铅涂料的管理政策, 分析了我国含铅涂料的监管现状及存在的问题; 第三章中详述并分析了目前涂料中铅的控制替代技术及其可行性; 第四至第六章分别报告了涂料行业绿色行动小组分别对城市各场景中涂覆的面漆、线上平台销售的工业涂料和线上平台销售的木器涂料进行了抽样检测调查的结果。最后, 根据本报告中的桌面研究及实物/实地检测的结果, 在第七章中提出了相应的建议以供各利益相关方作为参考。

第一章 背景介绍

CHAPTER 1, BACKGROUND INTRODUCTION

一个多世纪以来，铅被添加入诸多大众消费品中，其中之一便是“含铅涂料”^[5]。长久以来，铅化合物作为颜料加入到涂料中，此外在涂料生产时也会加入铅配方，以提高涂料的耐用性、改善涂料与底材/表面的粘附性、配置增强涂料的颜色、加速涂料的干燥过程、增强涂料的防腐防潮性等等^[5-8]。含铅涂料的危害早已为人所知，早在上世纪初便有澳大利亚和美国的学者发表了首批关于铅涂料造成儿童铅中毒的报告^[9-11]。目前，已经有大量的研究报告证明使用含铅涂料使用会对健康造成不利影响，并带来相关的社会经济损失^[5,9,12-15]。

1.1 含铅涂料的定义及用途

“涂料”被定义为一种着色的涂层材料，主要是由树脂、粘合剂、溶剂、添加剂、增塑剂、填料和颜料等不同成分组成的混合物，用其覆盖于底材时，可形成起到保护、装饰或其他特定作用（如耐化学性、耐候性、抗菌性等等）的不透明干膜^[3,16]。根据国家标准《GB/T 2705-2003 涂料产品分类和命名》，国内的涂料大致可以分为建筑涂料、工业涂料、通用涂料和辅助材料（详见表格1.1）^[17]。

“含铅涂料”或“铅涂料”指的是制造商有意添加了一种或多种铅化合物的涂料或类似的涂层材料，以赋予该涂料特定的特性^[9,18]。消

除含铅涂料全球联盟（GAELP）将“含铅涂料”定义为任何总铅含量高于最高限值（90 ppm）的涂料^[19]。铅添加剂最常被用于溶剂型涂料中，而水性乳胶漆则很少特意添加铅化合物^[18,20]。最常被添加于溶剂型涂料中的铅化合物是含铅颜料，另外，铅化合物也可作为助剂被添加于磁漆涂料和金属表层涂料中，树脂的生产过程中也可能以铅化合物为原料^[3,9,18,21-23]。

目前，我国建筑涂料的生产基本上不添加含铅成分，而其他的涂料则会在一定程度上添加铅，这些含铅涂料主要用于钢结构、道路标线、工程机械、野外输油气管道、海上作业平台以及军事设备等不同领域^[21,24]。涂料的分类和主要成分参见表1.1。

表1.1 涂料的分类及其主要成分

主要产品类型		
建筑涂料	墙面涂料	合成树脂乳液内墙/外墙涂料, 溶剂型外墙涂料, 其他墙面涂料
	防水涂料	溶剂型树脂防水涂料, 聚合物乳液防水涂料, 其他防水涂料
	地坪涂料	水泥基等非木质地面用涂料
	功能性建筑涂料	防火涂料, 防霉(藻)涂料, 保温隔热涂料, 其他功能性建筑涂料
工业涂料	汽车涂料	汽车底漆(电泳漆), 汽车中涂漆, 汽车面漆, 汽车罩光漆, 汽车修补漆, 其他汽车专用漆
	木器涂料*	溶剂型木器涂料, 水性木器涂料, 光固化木器涂料, 其他木器涂料
	铁路公路涂料	铁路车辆涂料, 道路标志涂料, 其他铁路、公路设施用涂料
	轻工涂料	自行车涂料, 家用电器涂料, 仪器、仪表涂料, 塑料涂料, 纸张涂料, 其他轻工专用涂料
	船舶涂料	船壳及上层建筑物漆, 船底防锈漆, 船底防污漆, 水线漆, 甲板漆, 其他船舶漆
	防腐涂料	桥梁涂料, 集装箱涂料, 专用埋地管道及设施涂料, 耐高温涂料, 其他防腐涂料
	其他专用涂料	卷材涂料, 绝缘涂料, 机床、农机、工程机械等涂料, 航空、航天涂料, 军用器械涂料, 电子元器件涂料, 以上未覆盖的其他专用涂料
通用涂料及辅助材料		调和漆, 清漆, 磁漆, 底漆, 腻子, 稀释剂, 防潮剂, 催干剂, 脱漆剂, 固化剂, 其他通用涂料及辅助材料, 和以上未涵盖的无明确应用领域的涂料产品。
*注: 在实际情况下, 涂料行业通常不将木器涂料归类于工业涂料之下, 而是单独成类		

摘自《GB/T 2705-2003 涂料产品分类和命名》^[16]

1.2 涂料中的铅来源与作用

通常, 添加于涂料中的铅化合物有: 一氧化铅、辛酸铅、铬酸铅(铬黄)、2-乙基己酸铅、硫酸铅、氧化铅、钼酸铅、硝酸铅、铅铬黄、环

烷酸铅、钼镉红、四氧化三铅(红丹)、碳酸铅(铅白)、氧化铬酸铅和碱式碳酸铅等^[25]。

根据来源, 涂料中的铅来源可能来自于“由涂料生产商有意添加的含铅原料”和“原

料或生产过程受到铅污染”^[23]。

1) 有意添加的含铅原料

(1) 含铅颜料:用于涂料着色、提高涂料的覆盖性而使其不透明、保护涂料和下垫面因阳光照射而降解、抑制金属表面腐蚀和生锈等等。最常被用于涂料的含铅颜料有铬酸铅和钼酸铅等呈现明亮的黄、橙和红色的颜料,它们也可以和其他颜料一起混配成绿色和紫色等鲜艳的颜色^[14,16,21,22,25]。

(2) 含铅干燥剂/催干剂:铅化合物可能会被添加至磁漆涂料中作为干燥剂/催干剂,促进涂层固化并缩短干燥时间,使涂料不仅干得更快且更均匀。含铅干燥剂是涂料中主要的铅来源之一,最常用的含铅干燥剂有辛酸铅、环烷酸铅、异辛酸铅、乙酸铅等等^[14,16,21,22]。

(3) 含铅催化剂:铅化合物可作为醇解催化剂被用于合成树脂的生产过程中,可加速醇解过程并使合成树脂清澈透明^[21]。

2) 原料或生产过程受到铅污染

(1) 原料被污染:虽然有时涂料制造企业在生产涂料时并未有意添加铅化合物,但是由于涂料中所使用的无机颜料、填料和其他的配料(如锌粉、云母氧化铁、天然硫酸钡、重质碳酸钙、硅微粉等)可能是源于自然、以土地为基础的天然材料,可能会受到铅污染,不同程度

地存在杂质铅。当生产过程中无意间使用了被铅污染的配料时,涂料也可能会含铅^[16,22]。

(2) 生产设备被污染:若在生产涂料的过程中与同一工厂的其他产品线之间发生交叉污染,也可能导致涂料含铅^[13]。另外,有些钢质生产设备或研磨珠中含有微量的铅,若这些设备受到磨损,也可能导致涂料在生产过程中受到铅污染^[23]。

由于涂料中的某些成分会或多或少地受到铅污染,因此使涂料中的铅含量为“零”是不可能的^[9]。如果在生产过程中并未人为添加含铅化合物,那么涂料中的铅含量可以非常低,总铅干重通常不超过90 ppm。若制造商在生产过程中特意避免使用受到严重铅污染的涂料成分,那么涂料中的总铅干重甚至低于10 ppm^[22]。本报告中的“含铅涂料”指的是在生产过程中人为添加铅化合物、且总铅含量高于90 ppm的涂料或类似的涂层材料。

1.3 涂料造成的铅暴露途径

如图1.1所示,含铅涂料造成的铅暴露途径可分为职业性暴露和非职业性暴露。

1) 职业性铅暴露

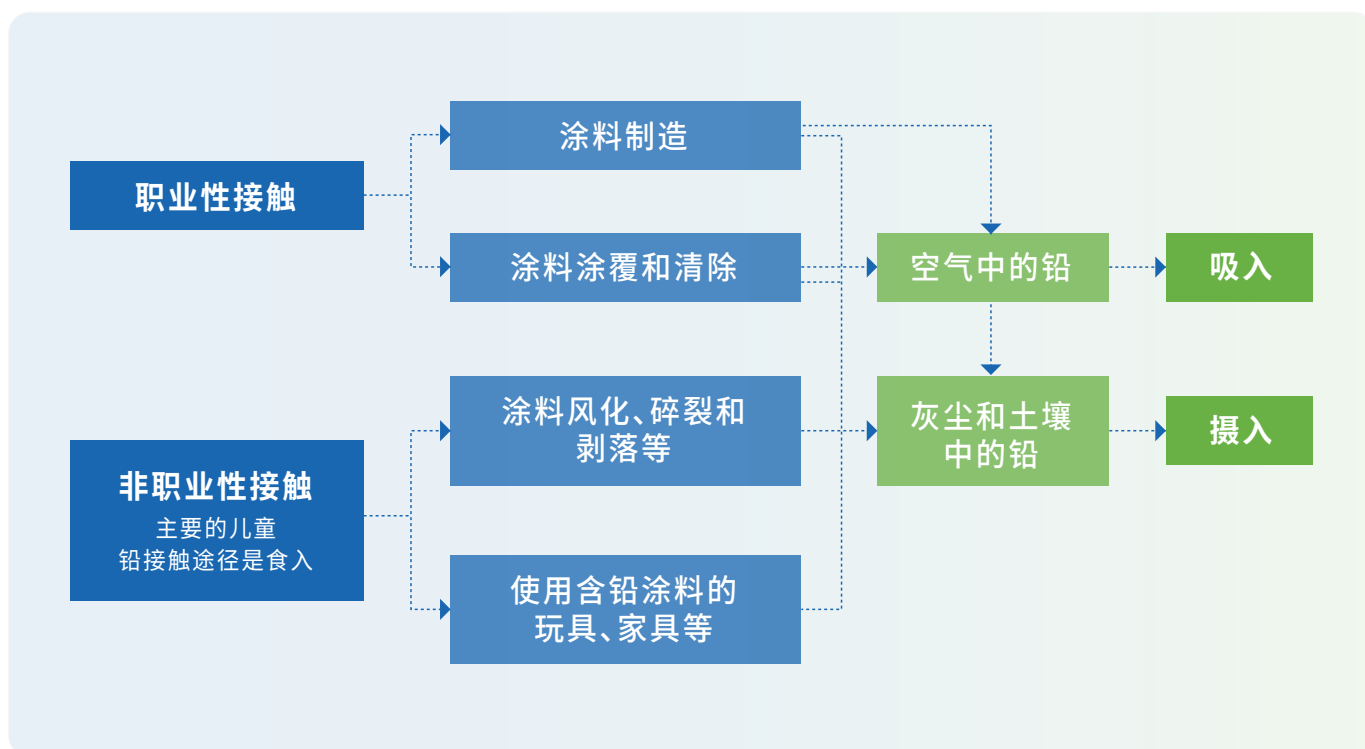
指在涂料的生产制造、涂覆和清除过程中发生的铅接触。在制造、涂抹和清除涂料的过

程中,若没有采取合理的工程控制和卫生措施,且工人未穿戴充足的安全防护装备,那么工人就可能会接触到含铅成分,这些成分通常以粉末状最为常见^[9,26,27]。若是以喷涂方式涂装涂料,或以刮擦、喷砂、干打磨或燃烧的方式来清除涂料时,铅成分可能会以烟雾和颗粒物的形式吸入,成为吸入性暴露源^[27]。如果工人缺乏职业安全卫生意识或工作条件不允许,未在结束工作后进行更衣和个人清洁,那么落在衣服或皮肤上的含铅成分可能会成为摄入性暴露源,甚至成为家庭的铅暴露来源^[9]。另外,在旧桥梁等建筑物翻新维护,或船舶拆解、住宅翻修、旧家具翻新、旧建筑拆迁等活动中,均会产生含铅粉尘,而后进入大气、水和土壤中,污染环境以及造成人体铅暴露^[9,25,28]。

2)非职业性暴露

指暴露于被含铅涂料污染的环境介质而导致的铅暴露,如家庭装饰装修所用涂料老化后形成的粉尘所导致的铅摄入^[25]。值得注意的是,老化的涂料碎片是儿童暴露于涂料中铅的主要途径,当涂覆于建筑、家具等物体表面的涂料老化时,可能会腐烂并分解成碎片和粉尘,从而成为家庭和周围环境的铅污染源^[5,9,29]。由于儿童经常在地面上活动,可能会接触到含铅土壤或灰尘,并通过手-口行为将铅摄入体内。另外,儿童可能会吞噬、吮吸和咀嚼涂有含铅涂层的玩具和家具等物品,或是直接食入含铅涂料碎片与土壤^[9,25,30]。

图1.1 涂料中铅成分的暴露途径(世界卫生组织,2020)^[9]



1.4 铅的危害

铅是一种累积性毒物，可对人体多个身体器官造成不可逆的损害(如有图1.2所示)，并且铅也是一种生态毒物，可对水生和陆地生态系统构成威胁，而含铅涂料是公认的主要

铅污染源之一^[24,31-33]。涂料中的铅成分可以通过多种不同途径进入环境与人体中，不仅会对环境造成负面影响也可严重危害人体，尤其是儿童的健康。另外，由于铅暴露会对人的行为与智商方面造成负面影响，随之而来也会造成社会经济的损失^[9,24]。

图1.2 铅对人体的危害 (World Health Organization, 2020) ^[34]



1.4.1 健康危害

铅暴露的生物学效应因铅暴露的强度、时间长短和时机而异^[33]。高剂量的铅暴露可导

致腹绞痛、贫血和中枢神经系统抑郁症等疾病，并可能导致昏迷、抽搐等，甚至可能导致死亡^[5,30]。由单次铅暴露导致的急性铅中毒十分罕见，最常见的是慢性的亚临床中毒现象，

而含铅涂料尤其符合此种情况。在使用含铅涂料后，可能会因接触铅尘或脱落的含铅涂料而长期暴露于少量的铅元素中，从而引起慢性铅中毒^[9]。

成人和儿童的铅暴露所可能导致的症状与表现有所不同，可能会涉及到胃肠道（呕吐、便秘、腹绞痛）、血液（贫血）、肾脏（肾功能下降、肾衰竭）、骨骼、生殖（不孕不育、孕妇流产）、免疫或神经系统等问题^[13,31,33]。铅在被身体吸收后会进入人体的软组织和器官中，而在几周后，大多数的铅会进入并被存储在牙齿和骨骼里，且随着时间的推移持续积累，成人全身铅总量的94%左右被存储在骨骼和牙齿中，而儿童约为73%^[31,35]。铅被从骨骼中清除的速度非常缓慢，其在骨骼中的半衰期长达几十年^[35,36]。但是在妊娠和哺乳期间，骨骼中的铅会再次进入到血液中，进而从母体转移到胎儿或婴儿体内^[33,35]。目前人为儿童或成人的铅暴露不存在安全水平，即使血铅浓度低至5微克/分升时，也可导致儿童智力下降、行为及学习困难等问题，而对于成人，即使低水平的铅接触（血铅浓度低于10微克/分升）也可增加心血管疾病风险^[9,31,37-40]。

相较于成人，儿童铅暴露的机会更多且更容易受到伤害，幼儿经消化道吸收的铅是成人（孕妇除外）的4-5倍，而且营养不良的儿童容易吸收更多的铅^[13,22,41]。在长期低剂量铅暴

露尤其容易造成儿童的中枢神经系统问题，表现为智商下降、注意力缺陷、学习困难、多动症和冲动控制力差，可增加反社会和犯罪行为的风险^[5,42,43]。铅造成的神经系统和行为的缺陷是不可逆的，其影响可能持续终生，或至少会持续到成年^[9,13,33,44-46]。儿童的年龄越小，铅暴露对其的危害越大，在生命早期受到的铅暴露可能会导致基因重组，改变基因表达，进而增加生命后期的疾病风险（如老年痴呆症）。另外，人类胎儿最容易受到铅暴露的伤害，若母亲有铅接触史，那么蓄积在其体内的铅可以通过胎盘转移到胎儿体内，即使是低剂量的暴露，也会导致胎儿的发育迟缓、出生体重减轻、早产甚至自发性流产^[9,13,39,47,48]。

1.4.2 社会经济危害

铅暴露对儿童的健康损害会带来额外的社会经济损失。儿童铅暴露造成的不可逆的神经系统伤害可引起智商下降、认知障碍、冲动和暴力行为等，且会影响终身^[22,49]。这会对儿童未来的工作造成不利影响，显著降低儿童将来的收入与经济生产力，使国家的经济遭受损失^[5,9,24]。有研究估计，儿童时期的铅暴露所导致的智商下降对中低收入国家造成的总年度经济损失高达9770亿国际元，其中非洲为1347亿国际元、拉丁美洲和加勒比海为1423亿国际元，亚洲为6999亿国际元^[50]。另外，体内铅水平高的儿童因为其可能有着发育迟

缓、学习困难以及行为障碍等问题，往往需要接受特殊的教育，因而造成额外的社会经济负担^[15]。

有不少研究表明体内铅水平高的儿童与青少年更倾向于表现出暴力于犯罪行为，童年时期的铅暴露可能会增加其未来的不良行为与犯罪风险^[32,51-56]。据估计，与铅暴露可能相关的犯罪行为每年为法国造成约6180万欧元的损失^[57]。减少儿童期间的铅暴露被证明可以显著降低未来的犯罪率，有研究发现导致美国在1990年代的犯罪率骤减的原因之一是1970年代后期实施的空气清洁法令，该法令的实施逐步淘汰了含铅汽油，从而减少了儿童的铅暴露，据估计1990年代暴力犯罪率的下降有56%归功于该去铅行动^[32]。

1.5 涂料无铅化的社会经济影响

消除含铅涂料所能带来的社会经济效益可以参考历史上消除含铅汽油所带来的效益。在90年代末，我国开始逐步推广无铅汽油，一份2004年的报告显示，在上海推行无铅汽油的2年多后，环境空气中的铅浓度降低，进而降低了学龄儿童的血铅水平。通过初步经济效益分析，在汽油去铅措施实施后，上海市学龄儿童因血铅降低而避免的智商下降可

为上海避免近6亿美元(约50亿元人民币)的损失^[58]。

同样的，在美国实施汽油去铅措施的十年内，人均血铅浓度下降了90%以上，基本消除了儿童铅中毒现象，提高了1980年以后出生儿童的认知能力与智商水平^[59]。该措施导致的智商水平与认知能力的提高增加了国民经济生产力，据估计自1980年以来累计带来了约6万亿美元的经济效益^[60]。

另外，美国经济政策研究所的研究者对家庭含铅涂料危害管控进行了成本效益分析。研究评估及对比了降低儿童铅暴露所需的成本及带来的效益，结果表明该含铅涂料危害管控所需的成本约在12亿至110亿美元之间，但通过减少铅暴露带来的医疗救治成本、经济生产力的损失、特殊教育开支、犯罪活动的代价的下降总计达1920亿至2700亿美元的效益，由此带来的净效益为1810亿至2690亿美元，意味着每投入1美元于含铅涂料的危害控制便可获得17至221美元的收益^[15]。

第二章 全球含铅涂料管理现状

CHAPTER 2, MANAGEMENT STATUS



2.1 我国含铅涂料的政策规划及标准

2.1.1 政策规划

近年来,中国政府出台了一系列政策规划用以限制含铅涂料的生产及使用。据不完全统计,表2.1中罗列了相关的重要政策规划。

表2.1 我国政府出台的与含铅涂料相关的重要政策

发布机构	政策规划名称	相关内容
工信部	《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录(2010年本)》	将“有害物质含量超过标准限量的内墙、溶剂型木器、玩具、汽车、外墙涂料”、“含红丹的涂料”列为需要立即淘汰的落后产品,一律不得转移、生产、销售、使用和采用 ^[61]
发改委	《产业结构调整指导目录(2011年本)》	淘汰“有害物质含量超标准的内墙、溶剂型木器、玩具、汽车、外墙涂料”以及“含红丹等有害物质的涂料”;限制“铅铬黄、溶剂型涂料(不包括鼓励类的涂料品种和生产工艺)”;并鼓励“水性木器、工业、船舶涂料”,“高固体分、无溶剂、辐射固化、功能性外墙外保温涂料”等环境友好、资源节约型涂料的生产 ^[62]
原环境保护部	《重金属污染综合防治“十二五”规划》	将“铅(Pb)”列为了重点防控的重金属污染物之一,并将涂料、油墨、颜料及类似产品制造业列为重金属污染防控的重点行业,并提出减少含铅涂料等产品消费 ^[63,64]

发布机构	政策规划名称	相关内容
原环境保护部	《2012年国家鼓励发展的环境保护技术目录》	将代替铅、铬颜料的复合铁钛粉防锈涂料生产及应用技术列为推广技术 ^[65]
原环境保护部	《2012年国家先进污染防治示范技术名录》	将“稀土硫化物颜料的制备技术”列为先进示范技术，使用该技术生产的颜料的含铅量可低于10 ppm ^[65]
工信部	《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录(2012年版)》	鼓励在防锈、防腐涂料产品中用亚磷酸钙防锈颜料替代铅系、铅铬系及锌系防锈颜料 ^[66]
原环境保护部	《环境保护综合名录(2013年版)》	将“硬脂酸铅、环烷酸铅、异辛酸铅、辛酸铅、铅铬黄、醋酸铅、松香铅皂、碱式碳酸铅白、一氧化铅、四氧化三铅等含铅涂料原料”及“含铅、铬的阴极电泳涂料”列入了“高污染、高环境风险”产品目录(2013年版) ^[67]
原环境保护部	《环境保护综合名录(2015年版)》	在《环境保护综合名录(2013年版)》的基础上,新增了“溶剂型涂料涂装的木质家具(高流量低压(HVLP)喷漆工艺除外)”和“溶剂型汽车涂料(高固体分含量的溶剂型汽车涂料除外)”为“高污染、高环境风险”产品 ^[68]
发改委和商务部	《市场准入负面清单草案(试点版)》	在天津、上海、福建、广东四个省、直辖市试行。规定禁止投资《产业结构调整指导目录》中的淘汰类项目、禁止新建《产业结构调整指导目录》中的限制类项目。即在涂料行业中,禁止投资“有害物质含量超标准的内墙、溶剂型木器、玩具、汽车、外墙涂料”以及“含红丹等有害物质的涂料”的项目;禁止新建“铅铬黄、溶剂型涂料(不包括鼓励类的涂料品种和生产工艺)”的项目。另外,该《草案》规定禁止生产、进口、销售或者使用列入淘汰名录的设备、材料和产品,以及禁止生产、销售或者使用列入产品淘汰名录的工艺、设备和产品 ^[67、69]
工信部、原环境保护部和科学技术部	《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录(2016年版)》	鼓励“使用亚磷酸钙防锈颜料替代含铅防锈、防腐颜料”以及“使用硫化铈等稀土硫化物替代铅基和镉基颜料” ^[70]

发布机构	政策规划名称	相关内容
工信部	《石化和化学工业发展规划(2016-2020年)》	提出强化包含环保型涂料在内的新一代化学品的标准制定。促进传统行业转型升级,加强环保型涂料产品的研发和推广应用。淘汰含铅涂料、根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰的高风险产品 ^[71]
发改委、原环境保护部、工信部	《涂装行业清洁生产评价指标体系》	规定了I级基准的汽车涂装用底漆应当采用无铅电泳漆 ^[72]
原环境保护部	《环境保护综合名录(2017年版)》	修订《环境保护综合名录(2015年版)》,将“含铅的道路标线涂料”新增至“高污染、高环境风险”产品目录中 ^[73]
发改委、商务部	《市场准入负面清单(2018年版)》	我国全面实施市场准入负面清单制度。全面禁止投资《产业结构调整指导目录》中的淘汰类项目、禁止新建《产业结构调整指导目录》中的限制类项目;禁止生产、销售、进口和使用国家明令淘汰的材料、产品和设备 ^[74]
发改委	《产业结构调整指导目录(2019年本)》	要求淘汰“有害物质含量超标准的内墙、溶剂型木器、玩具、汽车、外墙涂料”以及“含红丹等有害物质的涂料”;限制“铅铬黄、溶剂型涂料(不包括鼓励类的涂料品种和生产工艺)”;并鼓励生产“水性木器、工业、船舶用涂料”,“高固体分、无溶剂、辐射固化涂料”,“低VOCs含量的环境友好、资源节约型涂料”以及“用于大飞机、高铁等重点领域的高性能防腐涂料” ^[75]
生态环境部	《环境保护综合名录(2021年版)》	修订《环境保护综合名录(2017年版)》,将“铅、铬含量超过1000毫克/千克的铁路车辆涂料”、“铅、铬含量超过1000毫克/千克的建筑钢结构防腐涂料”、“铅、铬含量超过1000毫克/千克的集装箱面漆”、“室内装饰涂料用含铅、铬色浆”新增至“高污染、高环境风险”产品目录中 ^[76]

为响应国家的政策推进高性能环保涂料的研发生产,中国涂料工业协会推出了一系列的发展规划,见表2.2。

表2.2 中国涂料工业协会推出的发展规划

规划	相关内容
《中国涂料行业“十二五”规划》	鼓励符合标准的环境友好型涂料生产(水性木器涂料、水性工业涂料、水性船舶涂料、辐射固化涂料,以及在生产、使用、施工及后处理过程中对环境不造成污染或对环境质量有所改善的涂料生产),并提出限制3000 t/a以下铅铬颜料的生产线 ^[77]
《中国涂料行业“十三五”规划》	将“研发代替镉和铅铬系的环保颜料等新型颜填料”、“严格控制氧化铁颜料中铅(Pb)等有害元素的含量”等定为重点研发项目。在含铅与重金属涂料的替代目标中建议引入激励政策机制以推进淘汰含铅涂料工作的进展 ^[78]
《中国涂料行业“十四五”规划》	提出“逐渐淘汰溶剂型地坪涂料,大力发展无机、无溶剂和水性地坪材料”、“淘汰有毒有害的产品,发展无毒无害的产品”、“围绕无铅、铬的无毒害颜填料的开发、特种树脂和助剂等的开发”、“制定或修订工业防腐涂料、工程机械涂料、汽车修补涂料等重点领域的绿色设计产品标准体系”等“十四五”规划的目标 ^[79]

2.1.2 涂料限铅标准

近年来,我国政府、行业协会等陆续制定和修订了一系列涂料安全相关的标准,表2.3和2.4罗列了部分对涂料中的含铅量进行了限制的国家标准、行业标准及团体标准。其中国家标准分为强制性(标准号GB)和推荐性(标准号

GB/T),而行业及团体标准基本为推荐性标准(注:表2.2中的《JC 1066-2008 建筑防水涂料中有害物质限量》为强制性行业标准)。另外,中国涂料工业协会计划在“十四五”期间制定关于工业防腐涂料、工程机械涂料、汽车修补涂料等重点领域的绿色设计产品标准体系(表2.5),以配合工信部完善绿色设计产品标准体系^[80]。

表2.3 对涂料中的含铅量进行限制的国家标准

标准号	标准名称	铅限量 (mg/kg) ^①
GB 18581-2020	木器涂料中有害物质限量	90 ^a (限色漆、腻子 and 醇酸清漆)
GB 18582-2020	建筑用墙面涂料中有害物质限量	90 ^a (限色漆 and 腻子)
GB 24409-2020	车辆涂料中有害物质限量	1000 ^a (限色漆)
GB 30981-2020	工业防护涂料中有害物质限量	1000 ^a (限色漆、粉末涂料 and 醇酸清漆)
GB 38469-2019	船舶涂料中有害物质限量	1000 ^a (限色漆)
GB 38468-2019	室内地坪涂料中有害物质限量	90 ^b (限色漆)
GB 24613-2009	玩具用涂料中有害物质限量	600 ^a 90 ^b
GB 8771-2007	铅笔涂层中可溶性元素最大限量	90 ^b
GB 18584-2001	室内装饰装修材料 木家具中有害物质限量	90 ^b (限色漆)
GB 6675.14-2014	玩具安全 第14部分:指画颜料技术要求及测试方法	25 ^b
GB/T 27811-2011	室内装饰装修用天然树脂木器涂料	90 ^b
GB/T 34676-2017	儿童房装饰用内墙涂料	90 ^b
GB/T 33394-2016	儿童房装饰用水性木器涂料	90 ^b
GB/T 22374-2018	地坪涂装材料	30 ^b (限有色地坪涂装材料)
GB/T 19250-2013	聚氨酯防水涂料	90 ^b
GB/T 23996-2009	室内装饰装修用溶剂型金属板涂料	90 ^b (限色漆)
GB/T 24100-2009	X、γ辐射屏蔽涂料	90 ^b

标准号	标准名称	铅限量 (mg/kg) ^①	
GB/T 35602-2017	绿色产品评价 涂料	水性建筑涂料	20 ^a (限色漆和腻子)
		建筑无机粉体涂装材料	20 ^a
		水性工业涂料	20 ^a (限木器和地坪用色漆和腻子)
			200 ^a (除木器和地坪外用色漆和腻子)
		粉末涂料	20 ^a (限木质板、家具用)
			200 ^a (其他)
		辐射固化涂料	20 ^a (限木质板和家具用色漆)
			200 ^a (除木质板和家具外用色漆)
		高固体分涂料和无溶剂涂料	20 ^a (限木器涂料用色漆)
			200 ^a (除木器涂料外, 限大气腐蚀环境C1、C2、C3条件和埋在水中土壤中条件下色漆)
1000 ^a (除木器涂料外, 限大气腐蚀环境C4及C4以上条件下色漆)			
GB/T 23994-2009	与人体接触的消费产品用涂料中特定有害元素限量	A类涂料 ^c	600 ^a 90 ^b
		B类涂料 ^d	90 ^b
GB/T 21473-2008	调色系统用色浆	溶剂型色浆	90 ^b
		水性色浆	

a 指总铅的含量限值

b 指可溶性铅的含量限值

c 指直接与食品接触的消费产品用涂料。如直接与食品接触的包装容器(包括瓶、罐袋、纸张、输送管道、贮存池、贮存罐、槽车等)内壁、饮水舱内壁、炊具、餐具等消费产品用涂料。

d 指其他能与人直接接触的消费产品涂料,如家具、文具、运动器械、医疗器械、佩戴的饰品、室内家用电器、手机和数码产品、自行车、摩托车、载客用交通工具的内饰件等消费产品用涂料

① 注:1 mg/kg = 1 ppm

② 注:GB为强制性标准,GB/T为推荐性标准

表 2.4 对涂料中的含铅量进行限制的行业及团体标准

标准号	标准名称	铅限量 (mg/kg)	
HJ 2537-2014	环境标志产品技术要求水性涂料	90 ^b	
JC 1066-2008	建筑防水涂料中有害物质限量	水性建筑防水涂料	90 ^b (无色、白色、黑色防水涂料无需测定)
		反应型建筑防水涂料	
		溶剂型建筑防水涂料	
JG/T 415-2013	建筑防火涂料有害物质限量及检测方法	90 ^b	
JT/T 1326-2020	路面标线材料有害物质限量	热熔型路面标线涂料	100 ^a
		溶剂型路面标记涂料	
		双组分路面标记涂料	
		水性路面标记涂料	
		热熔型路面防滑涂料	
		冷冻型路面防滑涂料	
		立面反光标记涂料	50 ^a
		热熔型路面标线涂料用树脂	
		热熔型路面标线涂料用聚乙烯蜡	
HG/T 5682-2020	绿色设计产品评价技术规范 水性建筑涂料	10 ^a (限色漆)	
HG/T 5862-2021	绿色设计产品评价技术规范 水性木器涂料	20 ^a (限色漆)	
HG/T 5872-2021	绿色设计产品评价技术规范 阴极电泳涂料	90 ^a (限原漆)	

标准号	标准名称	铅限量 (mg/kg)
HG/T 2006-2006	热固性粉末涂料	合格品:-
		优等品:90 ^b
HG/T 5873-2021	绿色设计产品评价技术规范 金属氧化物混相颜料	80 ^a
HG/T 5175-2017	玻璃和陶瓷制品装饰用水性涂料	90 ^b
T/CPCIF 0113-2021 T/CNCIA 02011—2021 (团体标准)	绿色设计产品评价技术规范 地坪涂装材料	20 ^a (限色漆)
a 指总铅的含量限值 b 指可溶性铅的含量限值		

表 2.5 中国涂料工业协会在“十四五”期间拟制定的相关团体标准
(中国涂料工业协会, 2021)^[80]

标准名称	拟定铅限量 (mg/kg)
绿色设计产品评价技术规范 工业防腐涂料	C1、C2、C3条件:200 (限色漆)
	C4及C4以上条件:1000 (限色漆)
绿色设计产品评价技术规范 汽车修补用涂料	90 (限色漆)
绿色设计产品评价技术规范 无机建筑涂料	90
绿色设计产品评价技术规范 涂料用水性色浆	10
绿色设计产品评价技术规范 耐蚀涂料	水性耐蚀涂料 面漆:20
	水性耐蚀涂料 底漆:1000
	高固体分和无溶剂耐蚀涂料 面漆:20
	高固体分和无溶剂耐蚀涂料 底漆:1000
绿色设计产品评价技术规范 摩托车涂料	-
绿色设计产品评价技术规范 家具及家具用粉末涂料	-
绿色设计产品评价技术规范 汽车内饰件涂料	-
绿色设计产品评价技术规范 工程机械涂料	-

2.2 国外含铅涂料的管理政策

据WHO统计,截止至2022年6月30日,全球累计有45%的国家已经实施了对含铅涂料的生产、进口、销售和使用具有法律约束力的控制^[1]。目前已经制定法律管控涂料含铅量的国家通常以以下两种方式来限制铅含量,且这两种方式均能有效地限制涂料中的铅含量^[81]:

(1) **限制含铅量**:对涂料中铅的总浓度设置一个限量值(表2.6罗列了2020年以总铅含量来管控含铅涂料的国家及其限量值)。

(2) **限制特定铅化合物**:根据对添加至涂料中的不同铅化合物所带来的危害来进行风险管控,针对不同的铅化合物设定一系列不同的规限值,如欧盟REACH法规。表2.7罗列了采取REACH法规对涂料中特定的含铅化合物进行管控的国家(数据更新至2020年)。

表2.6 以限制总铅含量来管控涂料的国家及其规定的铅限量值

总铅限值 (ppm)	国家
90	孟加拉国, 加拿大, 喀麦隆, 中国, 哥伦比亚, 埃塞俄比亚, 印度, 伊拉克, 以色列, 约旦, 肯尼亚, 尼泊尔, 菲律宾, 美国
100	厄瓜多尔, 巴基斯坦, 瑞士, 泰国, 坦桑尼亚联合共和国
600	阿根廷, 巴西, 智利, 哥斯达黎加, 多米尼克国, 圭亚那, 墨西哥, 阿曼, 巴拿马, 卡塔尔, 南非, 斯里兰卡, 特立尼达和多巴哥, 乌拉圭, 越南
1000或以上	阿尔及利亚, 亚美尼亚, 澳大利亚, 白俄罗斯, 古巴, 新西兰

*截止至2020年

摘自:United Nations Environment Programme, 2021^[81]

表 2.7 采用欧盟 REACH 法规来管控含铅涂料的国家

奥地利	芬兰	拉脱维亚	葡萄牙
比利时	法国	列支敦斯登	罗马尼亚
保加利亚	德国	立陶宛	斯洛伐克
克罗地亚	希腊	卢森堡公国	斯洛文尼亚
塞浦路斯	匈牙利	马耳他	西班牙
捷克共和国	冰岛	荷兰	瑞典
丹麦	爱尔兰	挪威	英国
爱沙尼亚	意大利	波兰	

*截止至2020年

摘自:United Nations Environment Programme, 2021^[81]

2.2.1 美国

从2009年起,美国绝大多数涂料的总铅含量被限制在90 ppm以内,除了桥梁和船舶的涂料可能有着更高的铅含量^[82]。美国联邦政府规定以下油漆或其它类似的表层涂料中浓度不得大于90 ppm,《美国联邦法规》第16卷1303部分规定了该条法律^[83,84]:

(1) 用于消费品上的油漆及其他类似的表面涂层,包括所有涂于木头、石头、金属、布、塑料或类似表面后会变成固体薄膜的流体或半流体产品。

(2) 玩具和供儿童使用的其它物品。

(3) 某些家居用品,包括带有表面涂层的

可移动家具。但家用电器、固定装置(如固定橱柜、窗户和门等)以及窗帘和百叶窗等家居产品不属于本规定范围。

该禁令不仅适用于直接销售给消费者的产品,也适用于住宅和公共建筑物(如学校、医院、公园、游乐场)中使用的涂料,以及消费者可以直接接触到表面涂料的其它地方。但用于机动车辆、船只、工业和农业用途的涂料不在以上禁令的适用范围内^[83,84]。

另外,美国对于儿童用品和普通用途产品的检验认证要求有所不同。对于儿童用品的检验认证要求更为严苛,生产商或进口商必须提供由美国消费品安全委员会认可的实验室进行的第三方检测证明,表明产品中的含铅量符合规定,且必须出具一份儿童产品证书。

虽然美国没有对工业涂料的含铅量设置限制，但是通过联邦和州政府对公共工程项目实施了含铅涂料的禁令，在一定程度上解决该问题^[85]。除《美国联邦法规》外，不同州还有各自的涂料限铅政策与法律，以进一步加大州内的涂料限铅力度。比如，2018年特拉华州立法机关一致通过了众议院法案HB 456，对《特拉华州法典》进行了部分修订，由此特拉华州成为了美国第一个在户外结构物上全面禁止使用含铅涂料的州^[86]。法案HB 456中禁止在包括桥梁、水塔、管道、操场设备、高速公路、停车场、护栏和用于传输电话、互联网或电力的杆子或塔在内的结构物上使用含铅涂料（即含铅量大于90 ppm的涂料）^[87]。

2.2.2 欧盟

2.2.2.1

欧盟REACH法规 据联合国环境署统计，截止至2020年，全球有31个国家采用欧盟REACH法规（即《化学品注册、评估、授权和限制法规》）来限制涂料中铅化合物的使用。REACH法规通过对化学品进行注册、评估、授权和限制，来更好和更早地识别化学物质的内在特性，以促进人类健康和环境的保护^[88]。REACH法规适用于所有化学物质，其不仅限制了在工业过程中使用的化学物质，也限制了包括涂料在内的日常用品中的化学物质^[89]。在欧盟REACH法规中，与添加至涂料中的铅

化合物相关的主要有以下条例^[90]：

(1) 被REACH法规（附件XVII）定为受限制物质的涂料相关铅化合物（附件XVII第16、17、28、30项）：

碳酸铅、硫酸铅——禁止该物质或混合物作为涂料被投入市场或使用。但是根据国际劳工组织大会第13号公约，成员国可以在其领土范围内使用该物质或混合物修复和维护艺术作品和历史建筑及其内部，并以该用途为目的投放至市场。但在行使该豁免权时，成员国应当通知委员会^[91]。

在《欧盟物质和混合物的分类、标签和包装法规》（欧盟CLP法规）的附件VI中被称为**致癌1A类、致癌1B类、生殖毒性1A类、生殖毒性1B类的铅化合物**——禁止投放市场出售给一般公众使用。允许专业人士使用这些含铅化合物，对某些产品类别（如艺术家涂料）可予以豁免，但在投放市场前供应商应确保该物质或混合物的包装上有以下明显、清晰和不可擦除的标记：“限专业用户使用”^[91,92]。

(2) 被REACH法规（附件XIV）列于授权清单中的涂料相关铅化合物：

铬酸铅、铅铬黄、钼铬红——被列为高度关注物质（SVHC），自2015年5月21日之后，未

经欧盟委员会的授权不得使用该物质^[93]。

(3) 被 REACH 法规列于高度关注物质 (SVHC) 候选物质清单中的涂料相关铅化合物:

乙酸铅——①物品中的乙酸铅浓度超过 0.01% w/w, 并且该物品每年的总产量或者总进口量超过 1 吨, 除非在使用和废弃处置该物品时可避免其与人和环境接触, 否则该物品的生产商或进口商必须向欧洲化学品管理局 (ECHA) 进行申报。②若物品中的乙酸铅浓度超过 0.01% w/w, 该物品的生产商或进口商必须向使用者提供足够的信息以保证物品的安全使用^[94,95]。

2.2.2.2

欧盟玩具安全指令 2009/48/EC 欧盟玩具安全指令 (根据委员会指令 (EU) 2017/738 修订版) 中规定了 14 岁以下儿童所使用的玩具中的重金属铅的迁移限量值^[96],

(1) 干燥、易碎、粉末状或柔软的玩具材料: < 2.0 mg/kg

(2) 液体或粘性玩具材料: < 0.5 mg/kg

(3) 可刮去的玩具材料: < 23 mg/kg

2.3 我国涂料的现存问题及原因剖析

2.3.1 存在大量含铅量超标的涂料及相关产品

尽管我国早在 1986 年便出台了首个涂料安全标准条例, 对玩具涂料的含铅量制定了强制性限量值, 并在之后的近二十多年来陆续出台和修订了多个涂料安全标准, 但是市场上却经常可以买到铅含量超标的涂料^[3,5]。

广州市疾病预防控制中心、广州市卫生检验中心和南方医科大学的研究人员于 2006 年 10 月至 2007 年 7 月对广东省内的 31 家涂料零售商店的油性漆进行了调查, 采集了 12 个不同生产商的 58 个新油性漆样品 (包含了当地可购得的所有品牌及其所有颜色的涂料), 检测分析后发现 29 个样品 (占 50%) 的铅浓度不低于 600 ppm, 14 个样品 (占有所有样品的 24%) 的铅浓度不低于 5000 ppm, 其中一种红色胶木涂料样品的铅含量最高, 达到 153,000 ppm, 占涂料重量的 15%。若以可溶性铅含量 90 ppm 为上限标准, 则有 32 个涂料样品 (占 55%) 不合标准^[7]。

深圳市零废弃环保公益事业发展中心和 IPEN (国际消除持久性有机污染物联盟) 在 2017 年发表了一份《中国家用溶剂型涂料的

总铅和可溶性铅含量调查》的报告,该项调查于2014年从中国8个城市(北京、沈阳、郑州、南昌、广州、厦门、上海和昆明)的门店购买了47个代表品牌的141罐溶剂型磁漆装饰涂料。分析结果显示52罐涂料(占37%)的可溶性铅含量超过90 ppm,即有超过1/3的样品不符合当时的国家标准。共有48罐涂料(占34%)的总含铅量超过10,000 ppm,最高值达到116,000 ppm(黄色涂料),可严重危害人体健康^[3]。

自清华大学、加拿大阿尔伯塔大学和英国剑桥大学的研究者于2018年在我国最大的三个电商平台(某东、某宝和某猫)上抽样购买了100种儿童玩具,并进行检测分析。结果发现从某宝购买的玩具(总共33种)中有12%的总铅含量超过了《GB 24613-2009 玩具用涂料中有害物质限量》(600 ppm的限量值),有36%的总铅含量超过了美国和欧盟标准限值,其中最高含铅量最达到了1677 ppm^[97]。

2.3.2 原因剖析

2.3.2.1 政策的不足

首先,我国多数强制性标准仅对可溶性铅含量做了限制。虽然近几年我国已出台多个新的强制性国家标准,加强了对部分用途涂料的限铅力度,但目前仅有木器涂料(GB 18581-2020)和建筑用墙面涂料(GB

18582-2020)被强制无铅化(即要求总铅含量低于90 ppm)。多个强制性国家标准仅对涂料中可溶性铅的含量做出了限定要求,可溶性铅含量是通过某种标准化弱酸测试来测定能提取的铅含量,该值被假设可以代表含铅涂料/涂层物体进入口腔或被摄入时生物可利用且可能被吸收的铅含量^[3,18,98,99]。然而,实际上该测定值并不能准确地代表涂料中可被吸收的全部铅量,且即使涂料的可溶性铅含量较低,其仍可能具有很高的总铅含量^[3,97,99,100]。在由UNEP编写的《含铅涂料规范指南及示范法》中也明确指出涂料中的法定铅限量应当采用“总铅含量”而非“可溶性铅含量”^[18]。

再者,不同用途的涂料铅含量限制值不同,存在错用或者无用的风险。不同于《美国联邦法规》将绝大多数的涂料的铅含量统一限制在90 ppm以内、或如章节2.3.3中所列的以色列、菲律宾等8个国家强制所有涂料实施无铅化标准,我国对不同用途的涂料制定了不同铅含量限值,标准体系更为宽松,多种涂料的铅含量限值相对较大(如车辆涂料、工业防护涂料和船舶涂料的总铅限值为1000 ppm)。然而,仅对木器涂料和建筑用墙面涂料实施禁铅,对其他用途的涂料制定较为宽松的限定值的方式存在着涂料错用、误用的潜在风险。例如许多工业涂料(如防腐涂料)仍可能被用于家庭和学校环境中,未被禁铅的涂料仍可能会进入了家庭相关用途的消

费市场^[14,101]。除非强制禁止在所有涂料中添加铅,否则就没有切实可行的办法确保“工业”涂料不会在家庭、学校或医院等中使用^[85]。

此外,那些未被禁铅的涂料在生产过程中可能会导致工人家庭的铅暴露,在涂料的生产过程中产生的灰尘可能会附着在衣服和头发上而后被带回家^[14]。在钢结构、道路标志和消费品(如汽车)上使用含铅涂料是环境污染的一个重要来源,土壤中由外用漆的风化,或钢结构的日常维护、重漆和拆除导致的铅污染是儿童铅中毒的常见来源之一^[14,85]。因此,只要未对所有涂料全面实施禁铅,则仍会给人们带来不可避免的铅暴露的风险。

2.3.2.2 监管疏漏

市场上含铅量不合格产品频出的现象揭示目前国内存在对涂料市场监管不力的问题,即使我国近几年接连出台多个强制性标准加大了对涂料含铅量限制的强度,但由于市场监管的疏漏,仍有大量含铅量超标的“漏网之鱼”流入市场,进而对消费者的健康造成威胁。

目前,国内涂料的生产主要集中在广东、上海、江苏、四川、湖北和湖南等6个省市,在“十三五”期间,该6个省市的5年涂料总产量占了全国总产量的61.2%,其中广东省独占了全国的19.7%^[102]。

表2.8罗列了广东、上海、江苏、四川、湖南和湖北6个省市在2022年的涂料产品质量监督抽查实施细则及其存在的问题。不难发现,虽然各地区在抽查的涂料产品的种类和检测的项目上不尽相同,但都有1个共通的问题,即抽查的涂料品类不全,尤其是对工业涂料的抽查比例低,6省市均未对除了汽车以外的车辆涂料以及船舶、路面标线等工业涂料进行检测。另外,江苏省和湖南省未将工业防护涂料列为抽检目标。然而在我国工业涂料在涂料总产量中占比最高,在2018年工业涂料占我国涂料行业总产量的65%,其中工业防护涂料占37%,汽车涂料占9%^[21]。

另外,各省市的市场监督管理局在涂料的重金属方面的关注尺度不一。在6个省市中,仅有上海市市场监督管理局对《涂料产品质量监督抽查实施细则》中罗列的所有涂料按照最新的标准进行了铅含量的检测,其他5个省或多或少地忽略了部分涂料品类重金属含量的检测,其中不乏有重金属含量可能较多的工业涂料。值得注意的是,湖北省对其《涂料产品质量监督抽查实施细则》中罗列的涂料产品均未要求检测总铅含量,而仅要求对“室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料、建筑用墙面涂料、聚合物水泥防水涂料、聚合物乳液建筑防水涂料”等四种涂料的可溶性重金属含量进行检测,然而《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》、《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料

《GB 30987-2010 建筑用墙面涂料有害物质限量》和《GB 30981-2020 工业防护涂料有害物质限量》中规定木器涂料、建筑用墙面涂料以及工业防护涂料中的铅含量应当以总铅形式进行测定评估。

表2.8 2022年部分城市的涂料产品质量监督抽查实施细则及其存在的问题^[103-110]

实施细则	检测涂料种类	存在的问题
<p>广东省：</p> <p>《广东省涂料产品质量监督抽查实施细则》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 建筑用墙面涂料 · 建筑防水涂料 · 木器涂料 · 地坪涂料 · 工业防护涂料、涂料相关产品、调和漆、磁漆、工业漆、其他涂料 	<p>a)部分工业防护涂料未检测重金属含量，如：富锌底漆；低锌底漆；水性醇酸树脂涂料；硝基涂料；过氯乙烯树脂防腐涂料；氯化橡胶防腐涂料；建筑用钢结构防腐涂料；环氧沥青防腐涂料；玻璃鳞片防腐涂料；高氯化聚乙烯防腐涂料；水性环氧树脂防腐涂料；水性无机磷酸盐耐溶剂防腐涂料；酚醛树脂防锈涂料；潮（湿）气固化聚氨酯涂料（单组分）；溶剂型聚氨酯涂料（双组分）（面漆）；水性聚氨酯涂料，面漆；氨基醇酸树脂涂料；醇酸树脂涂料；热固性粉末涂料</p> <p>b)检测儿童房装饰用内墙涂料是采用的要求较为宽松的推荐性国家标准《GB/T 34676-2017 儿童房装饰用内墙涂料》（要求可溶性铅含量小于90 ppm），而非最新且要求更为严格的《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料有害物质限量》</p> <p>c)检测的涂料品类不全，如未检测玩具涂料、室内地坪涂料、车辆类涂料（除汽车涂料以外）、船舶涂料等等</p>
<p>上海市：</p> <p>1)《SHSSXZ0147-2022 上海市产品质量监督抽查实施细则 涂料产品》</p> <p>2)《SHSSXZ0236-2022 上海市产品质量监督抽查实施细则 内墙涂料》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 建筑用墙面涂料 · 木器涂料 · 车辆涂料 · 工业防护涂料 · 玩具用涂料 · 内墙涂料 	<p>检测的涂料品类不全，如未检测地坪涂料、建筑防水涂料、船舶涂料等等</p>

实施细则	检测涂料种类	存在的问题
<p>江苏省：</p> <p>1)《2022年江苏省合成树脂乳液内墙涂料产品质量监督抽查实施细则》</p> <p>2)《2022年江苏省建筑用外墙涂产品质量监督抽查实施细则》</p> <p>3)《2022年江苏省建筑防水涂料产品质量监督抽查实施细则》</p> <p>4)《2022年江苏省溶剂型木器涂料产品质量监督抽查实施细则》</p> <p>5)《2022年江苏省防火涂料(钢结构、饰面型)产品质量监督抽查实施细则》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 建筑用墙面涂料 · 建筑防水涂料 · 木器涂料 · 防火涂料 	<p>a) 未检测建筑防水涂料的重金属含量</p> <p>b) 检测的涂料品类不全, 如未检测工业防护涂料、地坪涂料、玩具涂料、车辆涂料、船舶涂料、除溶剂型以外的木器涂料、除合成树脂乳液以外的内墙涂料等等</p>
<p>四川省：</p> <p>1)《四川省内外墙腻子产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-542-2022》</p> <p>2)《四川省建筑涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-547-2022》</p> <p>3)《四川省建筑质感涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-545-2022》</p> <p>4)《四川省水性工业涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-544-2022》</p> <p>5)《四川省溶剂型工业涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-546-2022》</p> <p>6)《四川省水性木器涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-543-2022》</p> <p>7)《四川省溶剂型木器涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-551-2022》</p> <p>8)《四川省防火涂料产品质量省级监督抽查实施细则 SCSG-ZY-442-2022》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 建筑涂料 · 工业防护涂料 · 木器涂料 · 防火涂料 	<p>a) 检测的涂料品类不全, 如未检测建筑防水涂料、车辆涂料、地坪涂料、玩具涂料等等</p> <p>b) 防火涂料未检测重金属</p>

实施细则	检测涂料种类	存在的问题
<p>湖南省：</p> <p>2022年湖南省重点工业产品质量监督抽查实施细则(第二批)《HNC-CXZ052-2022 产品质量监督抽查实施细则 内外墙涂料》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 建筑用墙面涂料 	<p>a) 涂料品类不全,仅检测了合成树脂乳液内墙涂料、建筑室内用腻子、建筑用外墙涂料、建筑用外墙腻子、合成树脂乳液砂壁状建筑涂料(真石漆)、建筑内外墙用底漆</p> <p>b) 仅对合成树脂乳液内墙涂料检测总铅含量。其余涂料均只检测可溶性铅含量。与《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》要求不符</p>
<p>湖北省：</p> <p>1)《湖北省工业涂料产品质量监督抽查实施细则(2022年版)》</p> <p>2)《湖北省建筑涂料产品质量监督抽查实施细则(2022年版)》</p> <p>3)《湖北省建筑防水涂料产品质量监督抽查实施细则(2022年版)》</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 木器涂料 · 工业防护涂料 · 建筑用墙面涂料 	<p>a) 所有涂料均未检测总铅含量,与《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》、《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》和《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》标准不符</p> <p>b) 仅对四种涂料检测了可溶性重金属含量(室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料、建筑用墙面涂料、聚合物水泥防水涂料、聚合物乳液建筑防水涂料),其余涂料均未检测重金属含量</p> <p>c) 涂料品类不全,如未检测车辆涂料、地坪涂料、玩具涂料等等</p>

第三章 含铅涂料中铅的控制替代技术

CHAPTER 3, ALTERNATIVE TECHNOLOGIES



根据涂料行业有关人士表示,生产无铅添加物的涂料是可行的,并且其技术和成本也是可控的,目前世界著名涂料生产商PPG以及 Akzo Nobel 已从其所有涂料产品线中去除了含铅添加物^[14,16,18,111],佐敦涂料也已在自2013年宣布从全部涂料产品配方中废除铅铬颜料^[112]。以色列、肯尼亚以及菲律宾等8个国家已禁止在所有涂料中添加铅成分。因此,施行对涂料全面禁铅的政策是完全可行的^[18,113]。

涂料生产中的含铅催干剂和催化剂等助剂的完全取代在技术和经济两方面均不存在问题,所需的是对产品进行严格监督^[80]。含铅催化剂中最常使用的是黄丹(一氧化铅),其替代物有氢氧化锂和异辛酸锌^[21]。含铅催干剂最常用的是辛酸铅和环烷酸铅,其可被锆或锶催干剂(如辛酸锆和辛酸锶等)所替代,其中锶原料相较于锆原料的价格通常更低更稳定,且原料供应也不存在问题^[16]。

含铅颜料是涂料中的最主要的铅来源之一,主要包括铅铬颜料(主要为铅铬黄、铅铬红)、四氧化三铅(红丹)、碳酸铅(铅白)等,其中铅铬黄的替代是含铅颜料替代的关键,开发难度相对较大,在技术和经济两方面有着一定难度^[16,80,114]。因为铬酸铅颜料的色彩鲜艳、着色力优秀、价格相对低廉,具有很高的性价比。虽然国内一些大型涂料企业已经开始使用无铅颜料,但大多数中小企业出于成本考虑仍在使用含铅颜料^[21]。

3.1 红丹的替代

四氧化三铅(红丹)主要用于金属底漆,防腐性能优异,是最古老且最受欢迎的防腐颜

料之一^[16]。磷酸锌不含铅铬,是用于替代含铅防腐颜料的首选,但其防腐性能低于含铅颜料,可与氧化锌一起组合来达到良好的防腐性能。由于锌也是一种重金属,近年来对无锌防

腐涂料的需求有所增加，磷酸钙可作为磷酸锌的替代，表3.1中罗列了磷酸钙和磷酸锌作为防腐涂料的性能、经济性等方面的信息^[16]。值得注意的是，红丹具有较强的亮橙色，而以上替代品并不能呈现此种颜色，但是由于防腐涂料在大多数情况下是被作为底漆使用，其被涂在金属表面仅仅是为了提供保护作用，之后必须使用面漆将其覆盖，因此防腐涂料呈现的颜色并不重要^[16,115]。

3.2 铅白的替代

如今铅白颜料已经很少再被使用，取而代之的无铅产品是二氧化钛^[116]。二氧化钛具有优异的颜料性能且毒性较低，其不透明度优于铅白，遮盖力几乎是铅白的十倍。因此使用二氧化钛作为颜料时，可在干膜中添加更少量的白色颜料，然后通过使用成本较低的填料来弥补差异，便可达到预期的效果^[16,116]。

表3.1 红丹与其替代品的对比与评估

要求	红丹	替代品	
		正磷酸锌	正磷酸钙
防腐性能	优异	良好	优异
生产工艺		无需变更生产工艺	
环境和人类健康危害	摄入有害； 吸入有害； 可能致癌； 可能损害生育能力或伤害胎儿； 可能对母乳喂养的孩子造成伤害； 会对器官造成损害：长期或反复通过吸入或摄取的方式接触，可对中枢神经系统、血液和肾脏造成损害； 对水生生物具有长期毒性影响。	对水生生物极其有害； 对水生生物具有长期毒性影响； 通过使用个人防护设备来正确使用时，对人体无害。	危害性低，不会对人类健康构成危害； 因危害性较低，不具有对环境有危害的特性。
经济可行性		性价比高； 根据不同的产品，成本可能略有增加。	成本更高
可用性		市场上有较多磷酸锌供应商	可在市场上购得正磷酸钙

摘自：(联合国环境规划署, 2022)^[16]

3.3 铅铬颜料的替代

铅铬颜料主要分为铅铬黄、钼铬红两大系列。铅铬黄是铬酸铅、硫酸铅和氧化铅的混合晶体；颜色色相包含柠檬黄、中黄、深黄以及橙色色区，硫酸铅含量越高色相越偏绿；遮盖力随不同颜料品种而有所不同，一般铬酸铅含量越高遮盖力越高。涂料工业中常用的铅铬黄是柠檬铬黄、中铬黄、深铬黄。钼铬红是铬酸铅、钼酸铅、硫酸铅的混合晶体；颜色色相包含橙色、红色色区，铬酸铅含量越高色相越黄，钼酸铅含量越高，色相越红；遮盖力随不同颜料品种而不同。涂料工业中常用的钼铬红系列颜料主要包含钼铬红、钼铬橙。

铅铬颜料的部分品种颜色鲜艳、饱和度高，易分散，遮盖力优异，流动性良好，耐候性优异和低成本等优点。但是其耐酸碱性差，着色力低，且含有毒有害重金属，可能造成环境污染，危害人体健康。

因为很难有单独一种颜料可以精切替代铅铬颜料，一般依据颜色理论，综合考虑颜色本身、遮盖力、着色力和颜色性能重新组合颜料配方，达到相同颜色效果的原则实现替代。下面先简要介绍颜色理论：

3.3.1 颜色理论

含铅颜料的替代需要通过调色来调整颜色。明度、色相和饱和度是颜色三个属性，颜色可以在一个或者多个属性上有所不同。国际照明委员会(International Commission on illumination, 简称CIE)提供一个颜色模型CIE Lch表示颜色空间(图3.1)，L值表示明度，C表示颜色饱和度，H表示色角度即色相。圆形的中心是中性灰色，平面圆的径向表示饱和度，从圆周向圆心过渡，表示色彩饱和度降低；按彩色环的辐射轴从0到100，圆心的饱和度为零，圆周上的饱和度为100；垂直轴为明度轴或中性灰轴，由下往上明度增加，亮度(L)的范围从绝对黑(0)到参考白100，具有相同明度值L*的所有颜色都位于同一水平面上；同一水平截面中色相角从0到360度，色相角和色相一一对应。由此，不同颜料之间的差异可以通过Lch值的差异来表示。

格拉斯曼(H.Grassmann)在色光加色混合与颜色匹配实验的基础上总结出颜色混合的基本规律，称为格拉斯曼定律。格拉斯曼定律是色彩学中最基本的定律，具体有以下4条内容组成^[118]：

(1) 人的视觉只能分辨颜色的三种变化：明度、色调和饱和度。

(2) 在由两个成分组成的混合色中，如果一个成分连续地变化，混合色的外貌也随之

连续地改变。由这一定律导出两个推论：

补色律：每一种颜色都有一个相应的补色。如果某一颜色与其补色以适当比例混合，便产生白色或灰色(即非彩色)；如果二者按其他比例混合，便产生色调与比重大的颜色成分接近的非饱和色。

中间色律：任何两个非补色相混合，便产生中间色，中间色的色调决定于两颜色的相对数量，其饱和度决定于二者在色调顺序上差别的大小。

(3) 颜色外貌相同的光，不管它们的光谱组成是否一样，在颜色混合中具有相同的效果。也就是说凡是在视觉上相同的颜色都是等效的。由这一定律导出颜色的等效律和代替律：

等效律：两个相同的颜色各自与另外两个相同的颜色混合后，混合色外貌仍然相同。

代替律：凡是视觉上相同的色光(色貌相同)，便可以相互替代，代替后所得到的颜色视觉效果仍然是相同的。代替律是一条非常重要的基本定律，现代色度学和颜色复制理论就是建立在这一规律的基础上，几乎所有的彩色复制结果都是通过颜色的代替实现的。

(4) 混合色光的总亮度等于组成混合色的各颜色光的亮度之和，称为亮度相加定律。值得注意的是，亮度相加定律仅适合色光相加的混合，不适用于色料减色混合。不同色料混合后的结果使混合色明度降低，即有更多的照明光被吸收。

3.3.2 铅铬颜料的替代方案

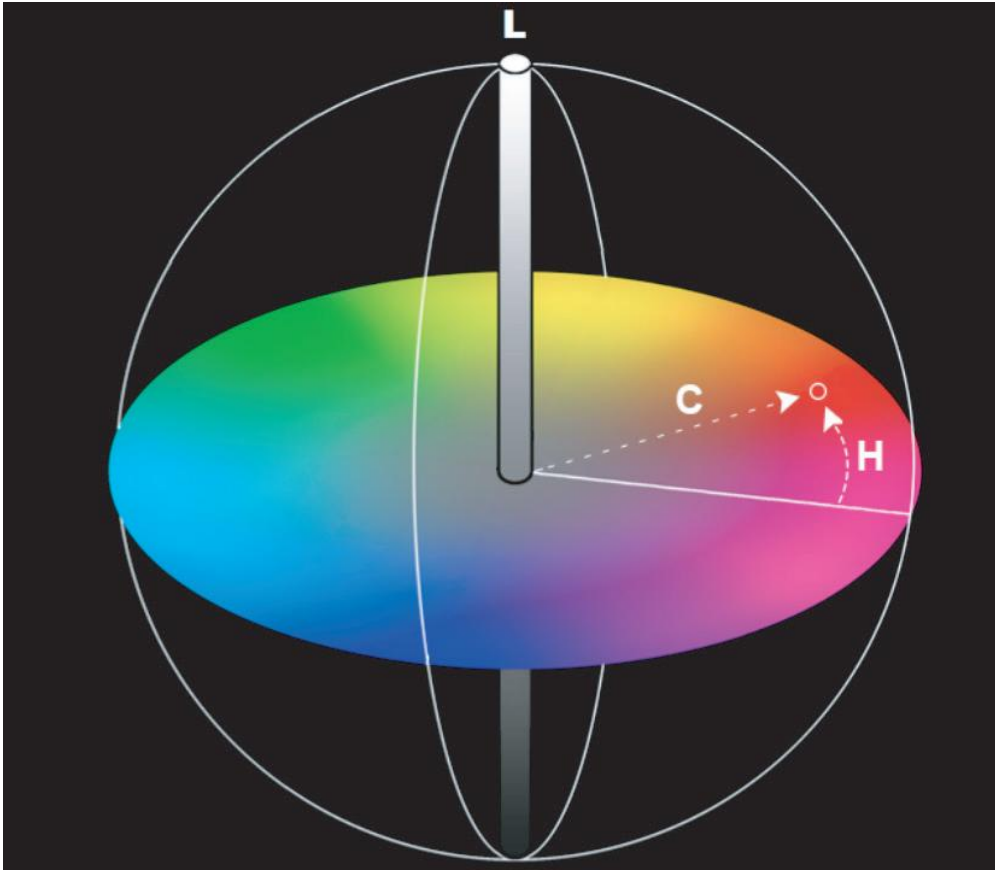
到目前为止，很难有单独一种颜料替代品可以精确地 1:1 替代铬黄 PY34 或钼酸盐红 PR 104 颜料。最成功的方法是使用有机和无机颜料组合，可在最终的薄膜中提供预期的性能组合^[16]。

基于颜色的代替律，取代铅铬颜料应该以其覆盖的整个颜色色区为着眼点，利用颜色理论如中间色律指导颜料配色实践，将符合使用要求的无铅颜料进行重新组合搭配，再现铬铅颜料的色彩，从而达到取代铅铬颜料的目标。

颜料配色遵从减法配色原理，颜料混合后饱和度、明度有所降低、色相介于混合颜料之间；混合颜料品种越多饱和度、明度下降的越多。

颜料作为涂料的组份之一，一方面为涂料提供丰富的色彩，另一方面又需满足若干使用要求。因此替代铅铬颜料需要从色彩、性能要求，和替代成本三方面综合考虑。其中替代成本

图3.1 CIE Lch色空间图 (ESKO, 2018) [117]



和无铅颜料的遮盖力、着色力和单价密切相关。

3.3.2.1 选择替代颜料的关键点:色彩替代

铅铬颜料部分产品颜色饱和度非常高,颜色替代难度最大;其中中铬黄、钼铬橙/红是典型代表。中铬黄、钼铬橙/红被广泛使用在涂料工业当中,原因之一即是颜色鲜艳、容易配色组合。

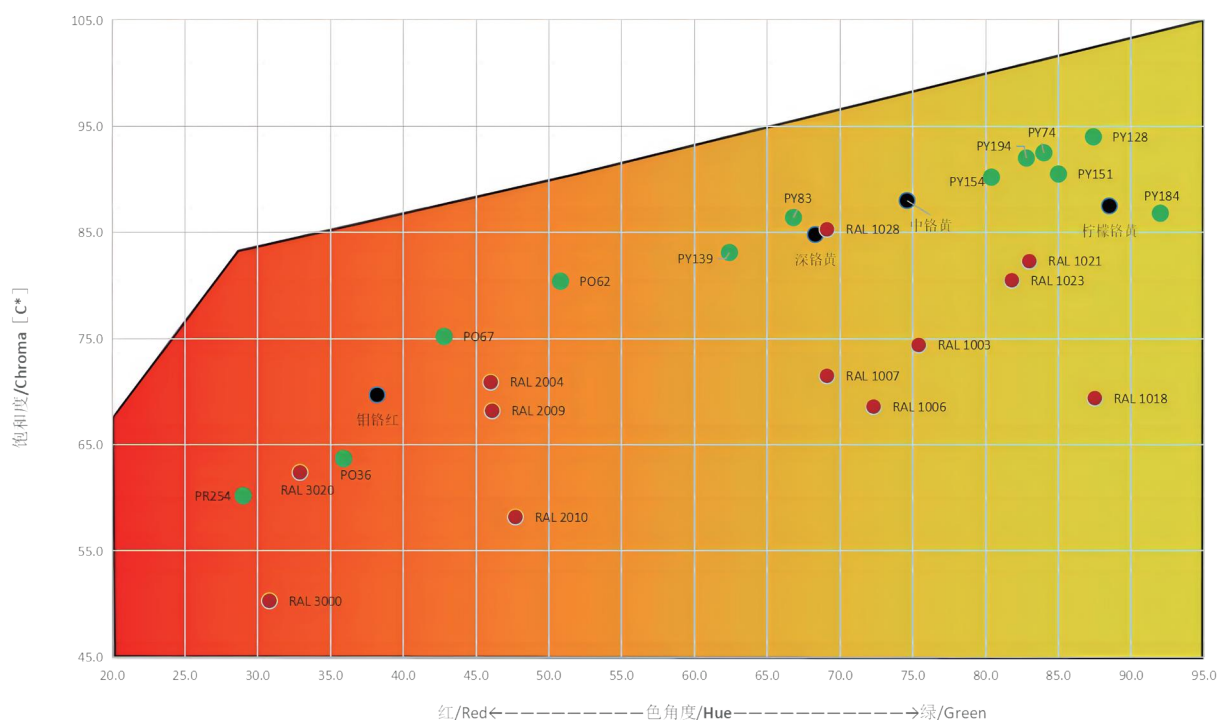
为了替代中铬黄、钼铬橙/红,需要高饱和度的无铅颜料。通常大部分的无机类颜料饱和度不高,因此利用有机颜料高饱和度的特点进行取代工作。

将铅铬颜料、部分有机颜料、无机颜料在CIE LCH色彩空间的位点投射在同一水平面上,可以清晰的分辨不同之间色角度(H)和饱和度(Chrome)之间的差异。如下图所示列举部分颜料数据^[119]。

从上图当中黑色点是常见的铅铬颜料,绿色点是部分常见有机颜料和钽酸铋无机颜料位点,红色点是工业领域常见的劳尔色。

由上图位点结合颜色的中间色律、减法配色理论,可知替代中铬黄颜色可以采用PY151+

图3.2 铅铬颜料及部分不含铅颜料CIE LCH 色空间位点 (李立民, 2022) [119]



PY139组合实现,亦可采用PY154+PY139或者PY151+PY83组合;同理替代钼铬红可采用PO67+PO36组合或者PO67+PR254组合。

上图中主要列出的主要是高性能有机颜料如PY151、PY154、PY139、PO67、PR254,和少量传统经典有机颜料如PY74、PY83;这些颜料可以满足绝大部分涂料使用要求,尤其是工业防护涂料。此外,在只注重色彩对其他性能无要求的涂料中,也可以采用其他经典颜料,如PY81、PY14、PO16、PO34进行替代。

由上可知,从色彩角度考虑替代铅铬颜料

是可行,而且有多种方案可以选择。

3.3.2.2 选择替代颜料的关键点:遮盖力

颜料的遮盖力是指颜料在涂料体系中被均匀地涂覆于物体表面时,遮盖住该物体表面底色的能力。颜料的遮盖力受颜料折射率、吸光率、结晶度、分散程度、颜料用量等因素影响。

比较与评价颜料的遮盖力的方法:在同等条件将颜料制成的涂料样品均匀涂在黑白卡纸上,方法(1)比较涂层在黑白底材上色差 ΔE (B/W)值, ΔE (B/W)值越小表示颜料遮盖力越高;方法(2)比较涂层在黑白底材上反射率的比值,即对比率(Contrast ratio),对比率

值越高表示越遮盖。方法(3)测定遮盖单位面积所需的最小用漆量,用 g/m^2 表示遮盖力;具体方法可参考《GB/T 1726-1979 涂料遮盖力测定法》。

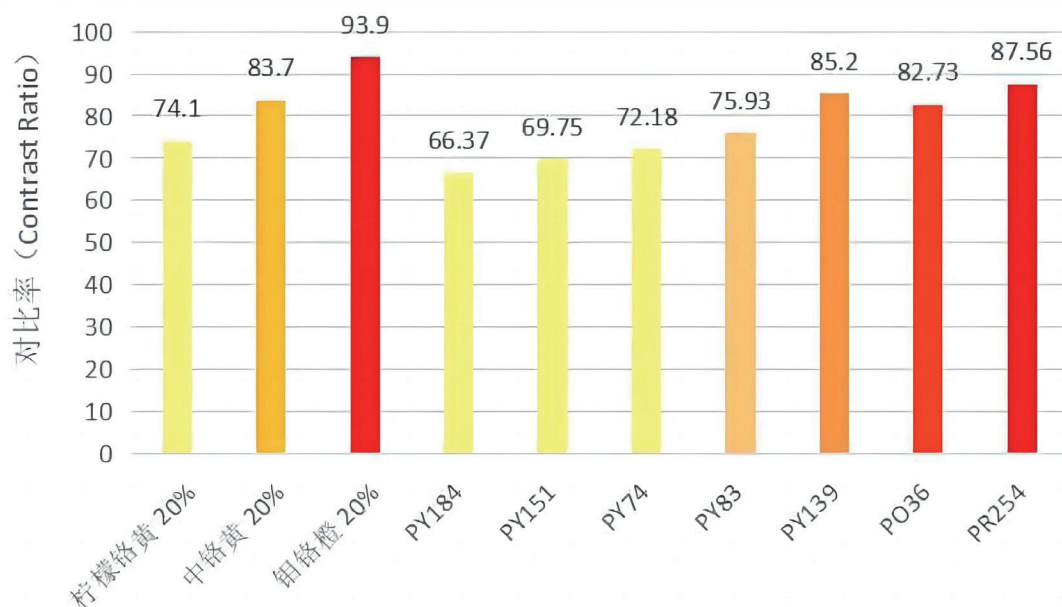
通常无机类颜料的遮盖力比较高,一方面是无机颜料的折射率比较高,与颜料周围介质的折射率差异大遮盖效果突出,如金红石型钛白粉折射率2.72;另一方面无机颜料可以通过提高添加量的方式达到遮盖效果。有机颜料的遮盖力根据化学结构和晶体结构不同存在比较大的差异,用于替代铅铬颜料需要有针对性的筛选。此外有机颜料受吸油量限制在涂料中添加量有限,无法通过大幅度提高添加量弥补遮盖力不足的问题。但是有

机颜料普遍颜色饱和度高、着色力远高于无机颜料,可以通过联合使用钛白粉的方式解决遮盖力不足的问题。

下图列举部分高遮盖力无铅颜料与铅铬颜料的遮盖力对比数据,其中对比率(Contrast Ratio)数值越大表示遮盖力越高^[120]。

即便是高遮盖力的有机颜料对比铅铬颜料的遮盖力仍然是不足。但是通过有机颜料、钛白粉的组合可以显著的提高颜料组合的遮盖力,甚至超过铅铬颜料。如图3.4列举部分有机颜料与钛白粉按照4:1、1:1比例混合后的对比率数据^[120]。

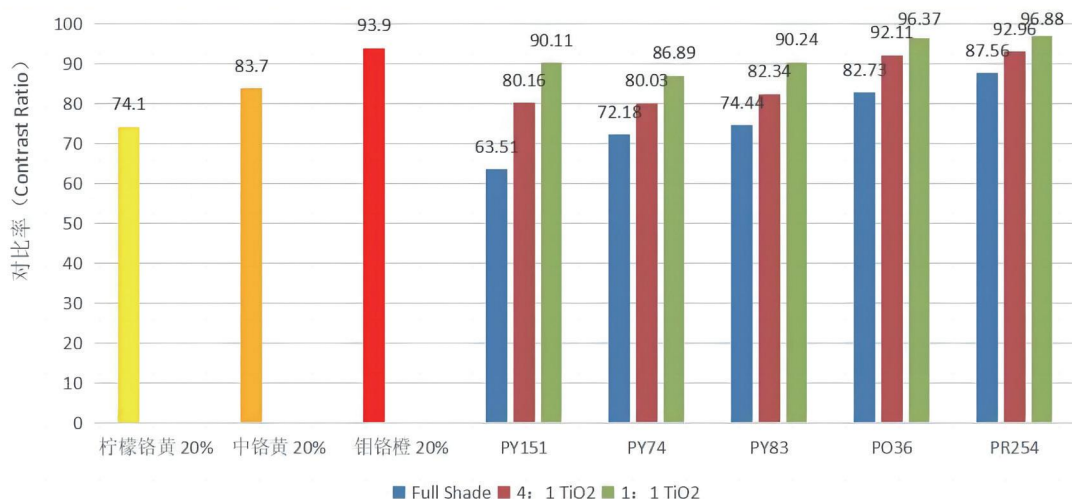
图3.3 部分高遮盖力无铅颜料与铅铬颜料的遮盖力对比数据
(注:铅铬颜料添加量为20%,有机颜料添加量为10%)^[120]



将高遮盖力的有机颜料和钛白粉组合使用,既能发挥有机颜料着色力高的优点,保持相当的色彩;又能利用钛白粉的高遮盖力优

势,提高颜料组合的遮盖力。同时引入钛白粉还能进一步降低替代铅铬颜料的成本。

图3.4 部分有机颜料与钛白粉混合后的遮盖力对比数据^[120]

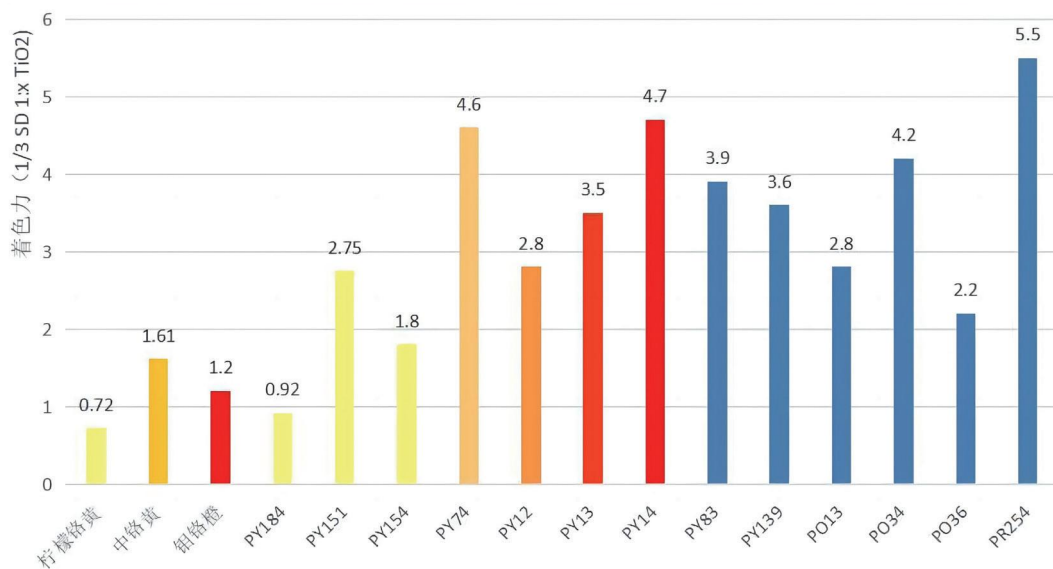


3.3.2.3 选择替代颜料的关键点:颜料着色力

颜料着色力是指颜料的着色强度。对于配制同一颜色而言,颜料着色力越高则添加量越少。颜料着色力的高低通常可用一份颜料达到

标准色深时所需钛白的添加量,钛白添加量越大表示着色力越强。常用色深度有三分之一色深、二十五分之一色深,即1/3 SD、1/25SD。下图列举了部分颜料的着色力对比。

图3.5 部分颜料的着色力对比



3.3.2.4 选择替代颜料的关键点:颜色性能

颜料作为涂料组分成分之一,需要具备某些性能以满足涂料的生产和使用要求;比如颜料的吸油量、耐光耐候性、耐酸碱性、耐热性、抗再涂迁移性、耐溶剂性等指标要求。替代铅铬颜料的过程中必须考虑最终涂料产品的性能指标,进而筛选适合的不含铅颜料进行替代。表3.2是部分无铅颜料的性能汇总表。

铅铬颜料广泛的应用于工业防护涂料领域,通常对于颜料的耐酸碱性、耐候性、耐热性等指标有一定的要求,替代铅铬颜料的方案需要同时考虑这些因素。例如:

1)对耐候性要求非常高的涂料,可选用无机类颜料如:钒酸铋颜料PY184、氧化铁、钛黄颜料;有机颜料PY151、PY154、PY139、PO36、PR254等;

2)无耐候性要求的涂料,还可以选择经典

有机颜料如PY12、PY13、PY14、PO16、PO34、PR53:1等等;

烤漆、粉末涂料、卷材涂料对于颜料的耐热性有较高要求,可以选择无机颜料和高性能有机颜料,比如钒酸铋颜料PY184,有机颜料PY139。

3.3.2.5 选择替代颜料的关键点:替代成本

替代铅铬颜料的成本因素主要受涂料颜色、涂料性能要求、无铅颜料物化性能与价格的影响。在满足涂料各项要求之下,筛选低成本的替代铅铬颜料方案是重要的目标之一。

选取涂料行业广泛使用的劳尔色(RAL)作为目标颜色,比较含铅配方与不含铅配方之间的成本差异。鉴于含铅颜料的耐候性优异,含铅涂料大量应用于户外的场景;表3.3列举了部分满足于户外使用的高耐候性要求的替代方案。

表3.2 部分无铅颜料的性能

颜料索引号	密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /g)	吸油量 (g/100g)	耐候性			耐热性/°C	耐酸性	耐碱性	耐再涂迁移性
				全色	1/3 ISD	1/25 ISD				
PY184	6	7.1	19	4-5	4-5	4-5	200	5	5	5
PY128	1.5	75	45	4-5	4-5	4	200	5	5	5
Py151	1.55	23	48	5	4-5	4	200	5	5	5
PY154	1.55	20	55	5	5	5	160	5	5	5
PY74	1.43	16	54	4-5	3-4	3	200	-	5	5
PY83	1.51	21	66	4	4	3	200	5	5	5
Py194	1.46	19	98	4-5	4	3-4	200	5	5	5
py139	1.7	25	50	5	5	4	200	4	4	4
P034	1.43	30	68	3-4	2	1-2	200	5	5	5
P036	1.64	31	68	4-5	4-5	4-5	160	5	5	5
P064	1.58	12	48	5	5	4-5	200	5	5	5
PR254	1.6	27	55	5	5	4-5	200	5	5	5
PR122	1.45	77	65	4	4-5	4-5	200	5	5	5

注：耐候性5级最佳，1级最差；耐酸、耐碱、耐再涂迁移性是5级最好，1级别最差

表3.3 部分符合高耐候性要求的含铅颜料替代方案的配方及成本^[119]

RAL 1018	颜料	含铅配方	不含铅配方1	不含铅配方2
	柠檬铬黄	14.51%		
	中铬黄	0.22%		
	PY151		5.66%	3.57%
	PY42	0.55%	0.58%	0.36%
	TiO ₂	5.67%	9.90%	6.53%
合计		20.95%	16.14%	10.46%
△E (B/W)		2.9	2.3	5.1
成本对比		100%	118%	72%

RAL 3020	颜料	含铅配方	不含铅配方1	不含铅配方2
	钼铬红	9.80%		
	PV19	2.55%		
	PY139		5%	
	POB6			7.85%
	PR254		5%	2.00%
	TiO ₂			
合计		12.35%	10.00%	10.22%
△E (B/W)		2.4	3.7	3.8
成本对比		100%	90%	89%

RAL 1007	颜料	含铅配方	不含铅配方1	不含铅配方2
	中铬黄	13.41%		
	钼铬橙	0.58%		
	PY42	1.01%	2.10%	1.25%
	PY151		5.54%	3.06%
	PY139		2.77%	1.39%
	TiO ₂		0.71%	0.69%
合计		15.00%	11.12%	6.39%
ΔE (B/W)		1.5	3.1	3.8
成本对比		100%	160%	87%

RAL 2010	颜料	含铅配方	不含铅配方1	不含铅配方2
	中铬黄	13.41%		
	钼铬橙	0.58%		
	PY42	1.01%	2.21%	1.61%
	P036		3.82%	2.23%
	PY139		3.83%	2.00%
	TiO ₂		2.20%	1.15%
合计		15.00%	12.06%	6.99%
ΔE (B/W)		1.5	0.9	3.8
成本对比		100%	106%	59%

由以上劳尔色替代含铅颜料配方可知：

1) 替代含铅颜料成本跟遮盖力 (ΔE 大小表示遮盖力高低) 密切相关。遮盖力要求低替代含铅颜料成本低, 甚至可低于含铅配方成本; 遮盖力要求高, 替代含铅颜料成本相应增加。

实际案例中可根据供需双方约定的遮盖力指标要求, 评估替代成本的变化。

2) 同等遮盖力水平下, 选择不同的无铅颜料组合, 替代成本高低不一。

以上仅是狭隘地从物料成本角度进行的替代含铅颜料成本分析。如果考虑替代含铅颜料带来的巨大环境收益,那么替代颜料的成本将是微乎其微。

3.3.3 部分用于替代铅铬颜料的无铅颜料

下表汇总了部分可用于替代铅铬颜料的无铅颜料,其中颜料的色相、着色力、遮盖力、耐候性、耐酸碱性等各不相同;通过这些无铅颜料的组合,可用于替代铅铬颜料。

表3.4 部分用于替代铅铬颜料的无铅颜料

色区	无机类颜料	有机类颜料	
		传统经典有机颜料	高性能有机颜料
黄色	钒酸铋颜料 PY184	PY81	PY151
	钛黄 PY53	PY74	PY154
	钛铬棕 PBr24	PY65	PY194
	氧化铁黄 PY42	PY83	PY139
		PY12	PY110
		PY13	PY155
		PY14	PY138
橙色		PO16	PO62
		PO34	PO64
		PO13	PO67
			PO73
红色	氧化铁红 PR101	PR170	PR254
		PR21	PR166
		PR53:1	PR122
		PR48:1	PR264
		PR48:2	PR188
		PR48:3	PR179
白色	钛白粉		
黑色	炭黑		

3.3.4 本章小结

虽然以上替代方案理论性较强,不过也可以提出如下结论:

(1) 虽然替代铅铬颜料很难有单一颜料做到1:1精确替代;但是可利用颜色原理重新组合涂料的颜料配方达到同一目标颜色的效果,进而实现替代含铅颜料的目的。

(2) 根据涂料的生产和使用要求筛选无铅

颜料,再次将无铅颜料进行不同组合进行替代铅铬颜料。其中无铅颜料无需同时满足所有含铅颜料的特点,只需满足涂料的最终使用要求即可。

(3) 将有机类和无机类无铅颜料组合使用的方案,可同时发挥有机颜料高饱和度、无机颜料高耐候性、高遮盖力的优势;进而达到较低成本的替代方案。尤其是钛白粉的加入,可以大幅提高无铅颜料配方的遮盖力。

第四章 各种场景中涂覆的面漆检测

CHAPTER 4, TOPCOAT INSPECTION

日常生活中涂料被涂覆于各种物体表面，无处不在。当物体表面的涂料老化后，可能会腐烂并分解成碎片和粉尘，而脱落后进入环境中的涂料碎片和粉尘可能会成为潜在的铅污染源和暴露来源，不仅污染环境也会危害到人们的身体健康。为了解目前国内公共场所中在用的建筑物、公共设施、车辆船舶、道路标线等场景中所涂覆的面漆的含铅情况，涂料行业绿色行动小组于2022年9月16日至30日分别在长沙、南昌和武汉三地对多种涂料应用场景进行了实地调查，并使用XRF仪器检测了5种不同场景中的共计85种面漆样本。

本次调查主要有以下两个预设目标：(1) 检测各种场景中的面漆的总铅含量，并根据相应的国家标准来评估国内城市环境中物体表面所涂覆的涂料的现状；(2) 对比不同颜色样本间的含铅量差异，重点评估与铅铬颜料的色相（黄、橙和红色色谱范围内）一致的涂料的达标情况。

4.1 材料及方法

4.1.1 样品采集情况

本调查在长沙、南昌和武汉三地选择检测样品85个。具体情况如下：

(1) 样本种类：本次调查选择检测的应用场景主要涉及以下几大类：

a) 建筑物及构筑物（如地坪、门墙、电梯标

识、墙面管道等部件，道路护栏/围栏、大桥桥梁、栏杆等），计36个样本。

b) 休闲娱乐场所及其设施（如儿童乐园设施、体育健身设施等），计13个样本。

c) 车辆及船舶（如共享单车/电单车、叉车、客车、载货车、挖掘机、救援车、收割机等专项作业车、三轮车、船甲板等），计21个样本。

d) 道路标线，计7个样本。

e) 其他场景（如彩钢瓦，金属材质保温

杯,建筑塔吊/塔机、货架、车位挡车器、集装箱等),计8个样本。

(2) **采样地点:**长沙31个样本,南昌28个样本,武汉26个样本。

(3) **样本颜色:**本次选择检测的样品包括

黄色系19个、橙色系7个、红色系13个、绿色和青色系16个、蓝色系15个、其他色系15个。

4.1.2 样品检测

使用XRF仪器对各个样本面漆中的总铅含量进行检测,全过程采用视频进行记录。图

图4.1 研究员正在使用XRF仪器对部分场景进行实地检测



4.1示例了研究员正在使用XRF仪器对部分场景进行实地检测的情景。

4.1.3 调查结果评价标准

本次调查结果采用以下四种国家标准来

评估检测结果:(1)《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》,总铅限值1000 ppm;(2)《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》,总铅限值90 ppm;(3)《GB 38469-2019 船舶涂料中有害物质限量》,总铅限值1000 ppm;(4)《GB 24409

-2020车辆涂料中有害物质限量》，总铅限值1000 ppm。

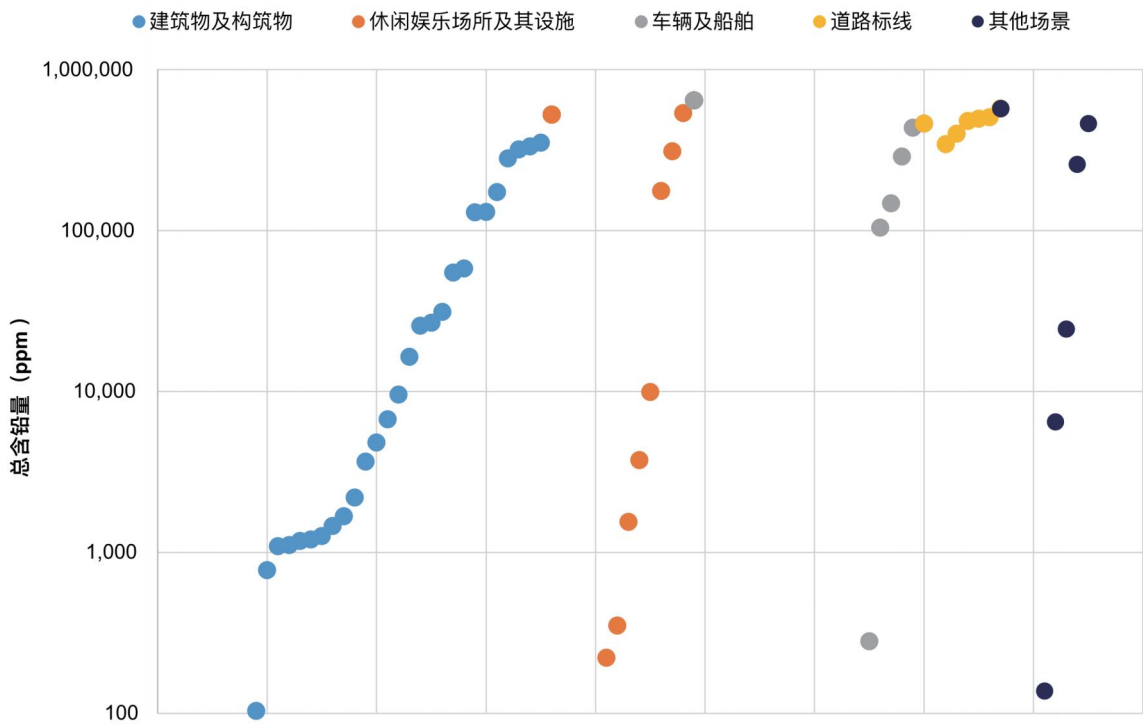
依据所检测涂料的种类和应用场景选择相应的标准限制进行评价。若检测结果**满足相应的标准**(含未检出和监测结果低于相应的标准限制)则被归为**达标**;反之,若**超过相应标准限值**则被视为**不达标**。

4.2 结果与讨论

附表1中提供了本次调查所有样本的基本信息及测得的结果,表格中将样本按照5个场景归类,并在每个场景中分别将样本按照总铅

含量的数值从小到大依次排列。检测结果显示样本的总铅含量范围在ND~64.4万ppm之间(ND为未检测出铅含量),如图4.2显示,本次的检测结果中各样本间的数值差距巨大。为了方便分析讨论,将样本按照总铅含量进一步分成5类,即(1)未检测出铅成分^②(以ND表示);(2)总铅含量在90~1000ppm之间;(3)总铅含量在1000~1万ppm之间;(4)总铅含量在1万~10万ppm之间;(5)总铅含量>10万ppm。并且,样本的铅含量数值按照5个铅含量区间分别用5种颜色归类于附表与图片中。本次调查中各种涂料的涂层铅的检出率为63.6%,达标率为38.8%。不同场景涂层中铅的检出率和达标率参见表4.1。

图4.2 除ND以外的所有样本的总铅含量分布



^②本调查检测结果显示所有样本总铅量均为ND或大于90 ppm,因此数据分析时省去了ND~90 ppm的范围

表4.1 不同场景涂覆面漆涂层的铅检出以及达标情况一览表

场景	样品数	检出铅的样品数	检出率 (%)	铅含量达标的样品数	达标率 (%)	标准限值 (ppm)
建筑物及构筑物	36	28	77.8	10	27.8	墙面:90 其他:1000
休闲娱乐场及设备	13	9	69.2	6	46.2	1000
车辆及船舶	21	6	28.6	16	76.2	1000
道路标志	7	6	85.7	1	14.3	1000
其他场景	8	5	62.5	4	50.0	1000
合计	85	54	63.5	37	43.5	-

注:目前国内没有采用总铅含量来限制地坪和道路标线的国家标准,因此次评估中也以限制要求较为宽松的工业防护涂料的标准来要求地坪和道路标线等涂料。

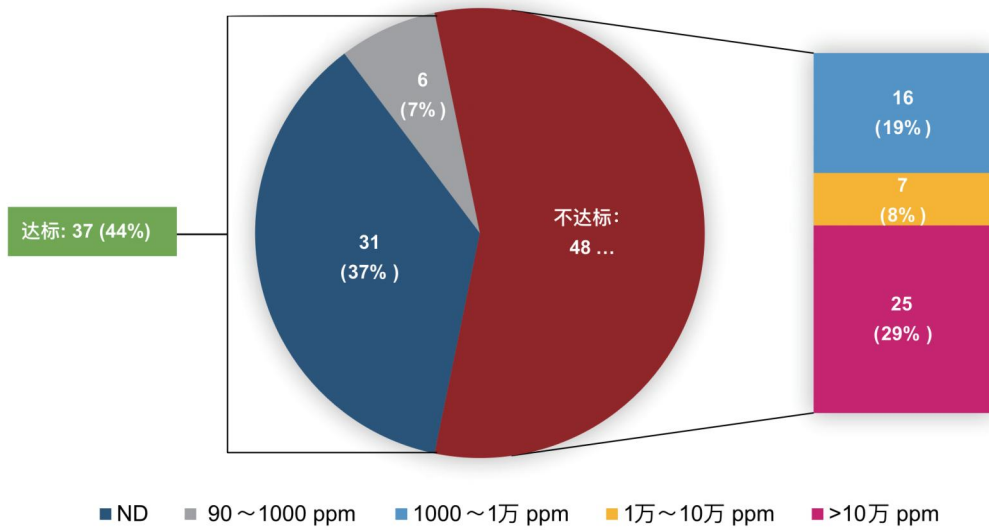
4.2.1 样品铅含量的整体情况

(1) 总体情况:所有样本中不达标率约56.5%,样本中总铅含量最高值为64.4万ppm,为某儿童乐园设施面漆。结果显示(见图4.3),85个样本中多达25个样本的总铅值高于10万ppm(约占总样本的29.4%),其中总铅值最高的是作为儿童游乐设施的“长沙市岳麓区某儿童游乐园的自控飞机坐骑”,其值高达64.4万ppm,超过我国工业防护涂料最高限值的644倍(《GB 30981-2020 工业防护涂料有害物质限量》中规定的最

高限值为1000 ppm)。另外,有7个样本的总铅值在1万~10万ppm之间(约占总样本的8.2%),16个样本的总铅值在1000~1万ppm之间(约占总样本的18.8%),6个样本的总铅值在90至1000 ppm之内(占36.5%)。剩下31个样本均未检测出铅成分(以ND表示,约占总样本的36.5%)。本次调查采样的不达标率高达56%,即有48个样本的总铅含量均超过本调查所参照的《GB 30981-2020 工业防护涂料有害物质限量》等四个标准中规定的最高限值^③。

^③本次调查对象中有地坪、道路标线、墙面涂料等。目前国内没有采用总铅含量来限制地坪和道路标线的国家标准,因此次评估中也以限制要求较为宽松的工业防护涂料的标准来要求地坪和墙面涂料。另外本调查的3个墙面涂料样本中两个总铅值为ND,剩下的1个样本超过了工业防护涂料的标准(即超过1000 ppm),因此在分析总体达标率时可将其和其他工业涂料样本一起分析。

图4.3 本次调查的所有样本在不同总铅含量区间值内的分布及达标情况



(2) 不同城市的分析比较:长沙、南昌和武汉的样本的不达标率分别约为67.7%、57.1%和42.3%

图4.4分别统计了长沙、南昌及武汉市内的样本含铅情况:

(1) 长沙市:有9个样本的总铅含量超过了10万ppm(约占该市总样本量的29.0%),3个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(约占9.7%),9个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间(约占29.0%),4个样本的总铅含量在90~1000 ppm之间(约占12.9%),6个样本未检测出铅成分(约占19.0%)。该市内总共有21个样本的总铅含量超过了《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》中规定的最高限值(占该市总样

本量的67.7%)

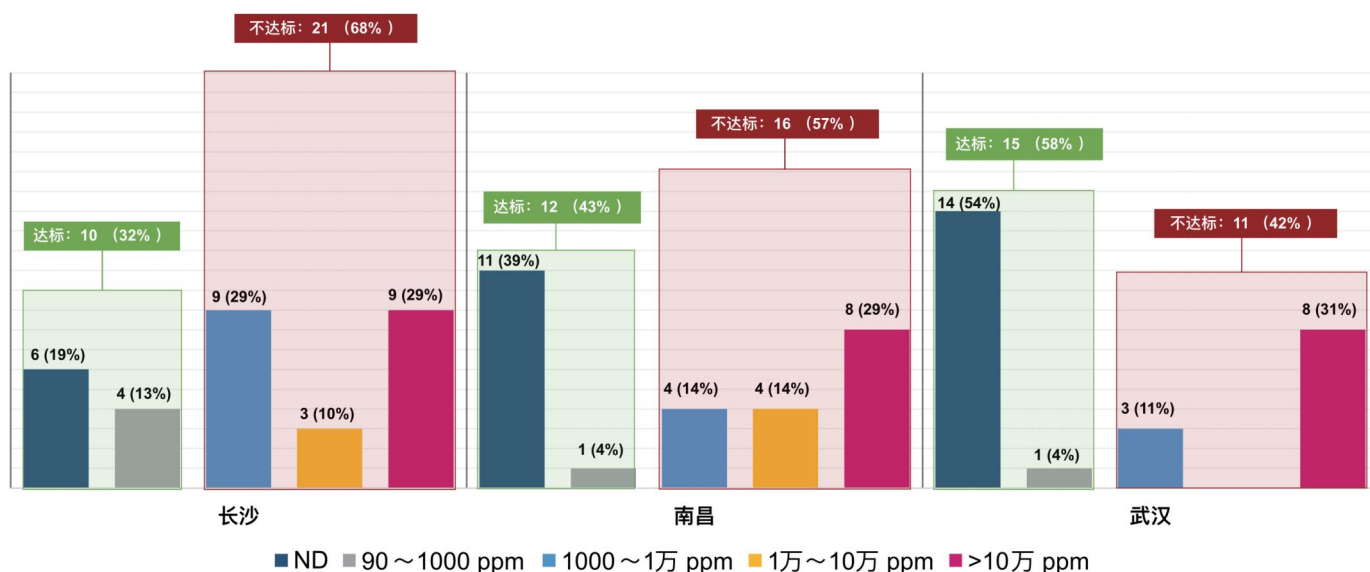
(2) 南昌市:有8个样本的总铅含量超过了10万ppm(约占该市总样本量的28.6%),4个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(约占14.3%),4个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间(约占14.3%),1个样本的总铅含量在90~1000 ppm之间(约占3.6%),11个样本未检测出铅成分(约占39.3%)。该市内总共有16个样本的总铅含量超过了《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》中规定的最高限值(占该市总样本量的57.1%)

(3) 武汉市:有8个样本的总铅含量超过了10万ppm(约占该市总样本量的30.8%),3个样本的总铅含量在1000~1万ppm之

间(约占11.5%),1个样本的总铅含量在90~1000 ppm之间,14个样本未检测出铅成分(约占53.8%)。该市内总共有11个样本

的总铅含量超过了《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》中规定的最高限值(占该市总样本量的42.3%)。

图4.4 长沙、南昌和武汉市内样本的总铅含量的分布与达标情况



4.2.2 场景1——建筑物及构筑物

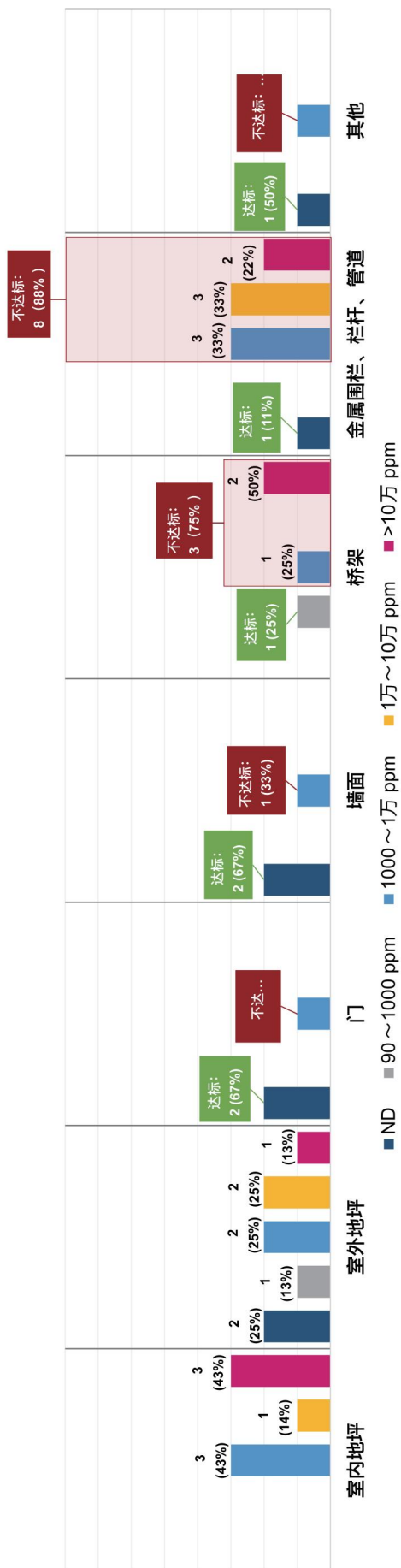
该场景包括地下停车场、室外廊道地坪、桥梁及栏杆和建筑物外墙等,地坪以总铅1000 ppm的限值为评价标准。样本中不达标率约72.2%,总铅含量超过10万ppm的样本量约占该场景样本量的22%

如图4.5所示,在36个建筑物及构筑物的样本中,有8个样本的总铅含量超过10万ppm(约占该场景样本总数的22.2%),其中4个是地下停车场和室外廊道地坪,2个为桥梁,1个为大桥栏杆,1个为建筑物外墙管

道。有6个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(约占116.7%),12个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间(约占33.3%)。若以工业防护涂料标准来评估地坪涂料,则不达标率为72.2%。其余样本中有2个样本的总铅含量在90~1000 ppm之间(约占5.6%),8个样本未检测出重金属铅(约占22.2%)。

(1) 建筑物墙面涂料:在该场景的样本中,有3个是建筑物墙面涂料,根据《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》中规定,建筑物墙面涂料的总铅含量不得高于90 ppm,然而其中有1个墙面样本(长沙市天

图 4.5 七类建筑及构筑物样本的总铅含量的分布与达标情况

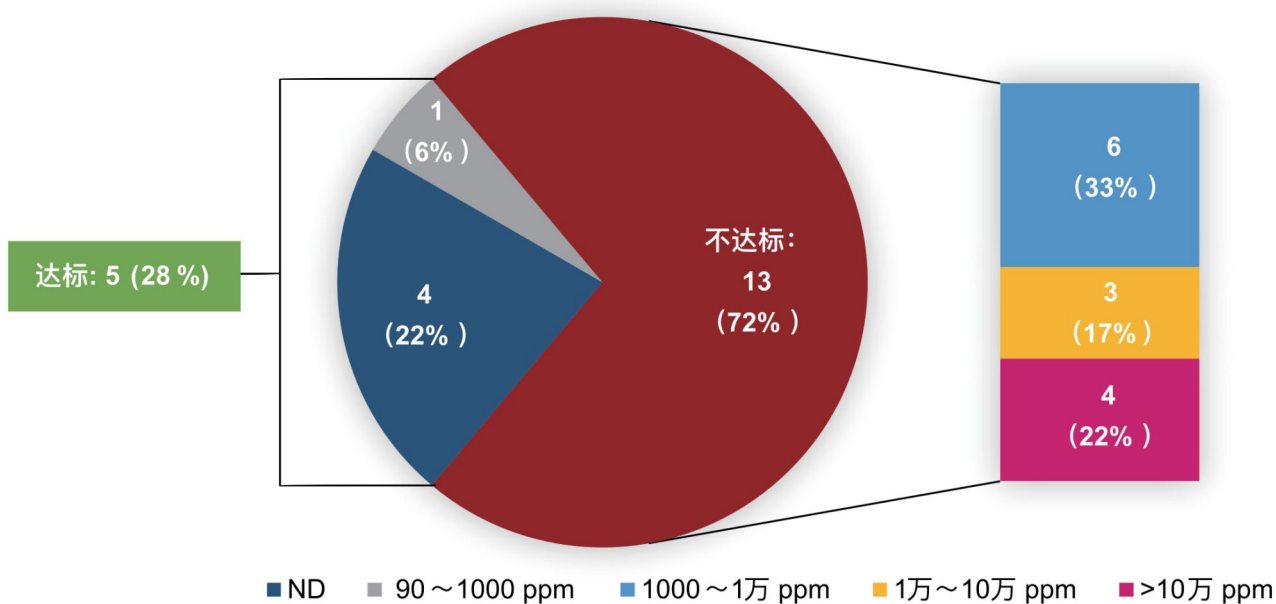


心区某小区地下停车场墙面)的总铅含量高达1091 ppm,其余2个未检测出铅成分。

(2) 地坪涂料:目前国家标准中对地坪涂料的铅限量是以可溶性铅为标准(详见《GB 38468-2019 室内地坪涂料有害物质限量》、《GB/T 22374-2018 地坪涂装材料》)。而本次的检测数据为总铅含量,因此目前尚无可用的国家标准来评估地坪涂料的达标情况。但值得注意的是,若以较为宽松的工业防护涂料标准来评估,则所有室内地坪涂料(7个均为地下车库地坪)和5个室外地坪涂料(约占室外地坪涂料样本量的62.5%)均不达标。

(3) 非地坪、墙面的建筑物及构筑物涂料:图4.6为除了地坪和墙面涂料以外的建筑物及构筑物涂料样本的总铅含量分布,在18个样本中有4个总铅含量超过10万ppm(约占场景样本总量的22.2%),3个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(约占16.7%),6个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间(约占33.3%),1个样本的总铅含量在90~1000ppm之间,剩下的4个样本未检测出重金属铅(约占22.2%)。按工业防护涂料的国家标准,该场景中的样本有72%的不合格率。另外,所有4个大桥栏杆及桥梁样本的总铅含量均超过1000 ppm,其中3个超过10万ppm。

图4.6 非地坪及墙面类建筑物及构筑物样本的总铅含量的分布与达标情况



4.2.3 场景2 —— 休闲娱乐场所及其设施

该场景儿童乐园设施和其他娱乐设施，13个样本中不达标率约53.8%，其中儿童乐园设施样本的不达标率约44.4%

13个休闲娱乐场所类场景样本包括9个儿童游乐场设施，1个室外篮球架，3个社区健身

器材。总共13个样本中有7个不达标(占该场景样本的53.8%)，值得注意的是，在该场景中总铅值最高的是作为儿童游乐设施的“长沙市岳麓区某儿童游乐园的自控飞机坐骑”(见图4.7)，其总铅含量达64.4万ppm，甚至远超所有其他场景的涂料含铅量。

儿童乐园设施与其他休闲娱乐设施涂料的铅含量情况如图4.8所示。

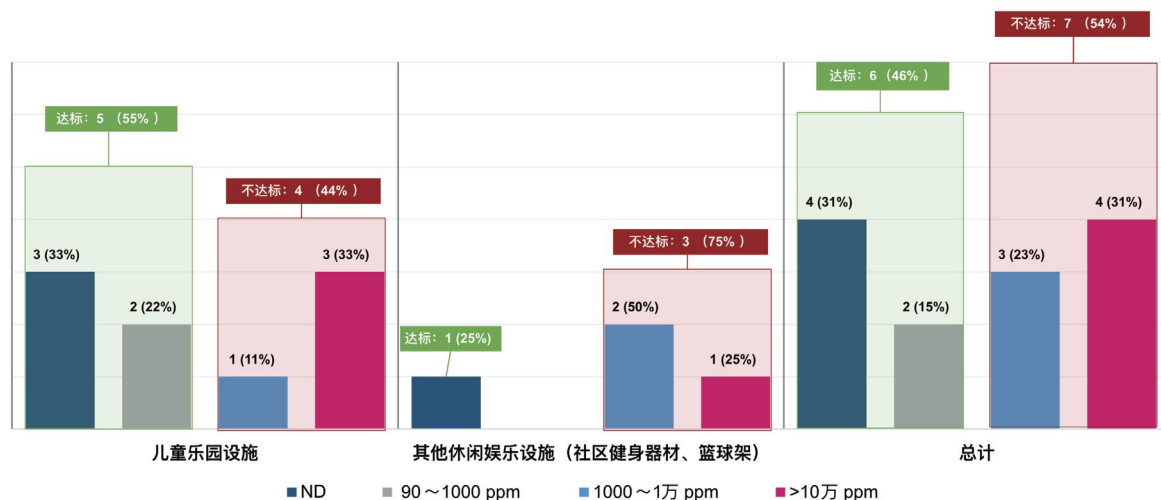
图4.7 长沙市岳麓区某儿童乐园自控飞机坐骑的橙色涂料



(1) 儿童乐园设施:有3个样本的总铅含量超过了10万ppm (3/9)，1个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间 (1/9)，2个样本的总铅含量在90~1000 ppm之间 (2/9)，剩下3个样本未检测出铅成分。按照工业防护涂料的国家标准，样本的不达标率约为44.4%。

(2) 其他娱乐设施:有1个样本的总铅含量超过了10万ppm (1/4)，2个样本的总铅含量在1000~1万ppm之间 (2/4)，其余1个样本未检测出铅成分 (1/4)。按照工业防护涂料的国家标准，样本的不达标率约为75% (3/4)。

图4.8 儿童乐园及休闲娱乐设施样本的总铅含量的分布与达标情况



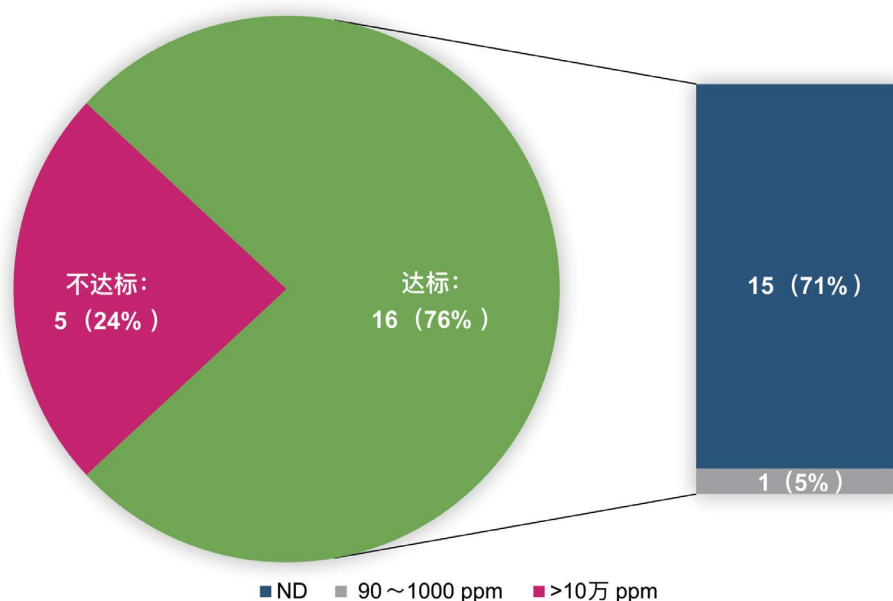
4.2.4 场景3 —— 车辆及船舶

该场景检测的21个样本中不达标率约23.8%，不达标样本的总含铅量均高于10万ppm。

我国在《GB 24409-2020 车辆涂料中有害

物质限量》与《GB 38469-2019 船舶涂料中有害物质限量》中规定车辆及船舶色漆的总铅含量必须低于1000 ppm，如图4.9所示，在此次调查的车辆及船舶类的21个样本中，有5个样本的总铅含量高于10万ppm，不达标率约23.8%。高于10万ppm的样本分别为大型清

图4.9 车辆与船舶涂料样本的总铅含量的分布与达标情况



洗吸污车(约10.4万ppm)、挖掘机(约14.7万ppm)、车辆事故救援车(约28.7万ppm)、叉车(约43.4万ppm)及船甲板涂料(约46.1万ppm)。另外有15个样本未检测出重金属铅(约占该场景样本总数的71.4%),剩下的1个样本的总铅含量在90~1000之间(279 ppm)。

4.2.5 场景4和5 —— 道路标线及其他场景

道路标线样本中不达标率约85.7%,其他场景的不达标率约50.0%

如图4.10所示,在7个路面标线样本中,仅有1个白色斑马线样本未被检测出重金属铅,其余6个标线涂料(均为黄色)的总铅含量都超过了10万ppm,不达标率85.7%(6/7),最高达值约57.1万ppm。8个其他场景的样本中,保温杯、消防栓等3个样本未检测出重金属铅,4个样本超过1000 ppm,不达标率50.0%。其中1个蓝色集装箱样本(天心区某大学校区对面广场的集装箱,非海洋运输用集装箱)的总铅含量超过2万ppm,吊塔与彩钢瓦等两个样本的总铅含量超过10万ppm。

4.2.6 不同颜色面漆涂层的含铅情况

黄、橙、红和绿/青色系的涂料总铅超标最严重,不达标率分别约为78.7%、85.7%、

61.5%以及68.8%

本次调查中的面漆样本中有70个样本的颜色分布于“黄色系、橙色系、红色系、绿色/青色系以及蓝色系涂料”这5个色系中,其余15个样本涂料为灰色、木纹色、褐色、白色、黑色等等其他颜色。

如图4.11所示,总铅含量超过10万ppm的25个样本均分布于黄、橙、红、绿色和青色这四个色系中。其中黄、橙、红和绿/青色系的涂料总铅超标最为严重,与铅铬颜料的色相范围相吻合。

(1) 黄色系:19个黄色系样本中有15个的总铅含量超过我国工业防护涂料标准(约占该色系样本量的78.9%),其中12个超过10万ppm(约占63.2%)。

(2) 橙色系:7个橙色系样本中有6个总铅含量未达工业防护涂料标准(约占该色系样本量的8%,6/7),其中5个超过10万ppm。

(3) 红色系:13个红色系样本中有8个总铅量未达工业防护涂料标准(约占该色系样本量的61.5%),其中5个超过10万ppm(约占38.5%)。

(4) 绿/青色系:16个红色系样本中有11个总铅量未达工业防护涂料标准(约占该色系样

本量的68.8%)，其中3个超过10万ppm(约占18.8%)。

4.3 小结

本次调查在长沙、南昌和武汉三个城市，选择测定不同场景面漆涂覆层的总铅含量，主要发现如下：

(1) 此次检测的面漆涂覆层普遍存在着含铅量严重超标的现象

所有样本中有超过一半的样本不达标，甚至有接近30%的样本的总铅含量超过10万ppm(超过国家标准的工业防护涂料的铅限值的100倍以上)，远超国家规定的工业防护涂料的铅含量限定值。本次调查的场景主要是城市环

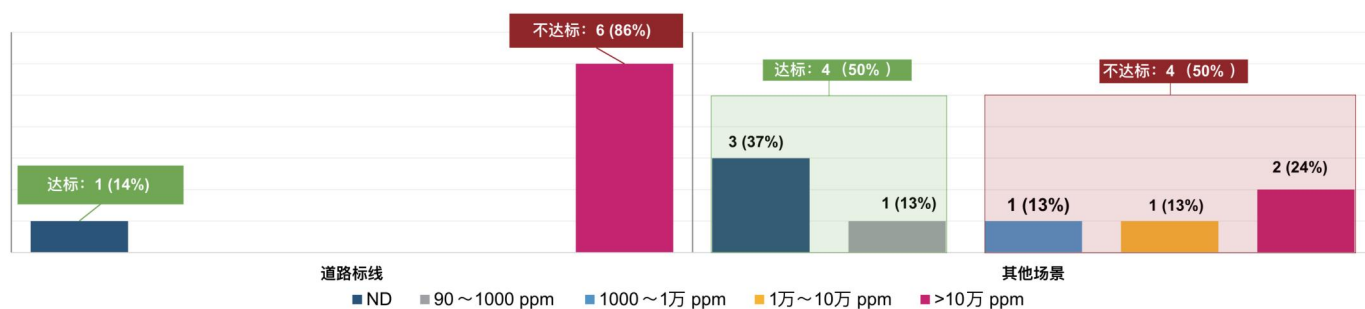
境中的人们可直接接触到的住宅、公共建筑物/构筑物以及公共设施的面漆，调查结果提示城市公共环境中存在着严重的铅暴露风险。

(2) 儿童乐园设施存在着面漆涂覆层含铅量严重超标的现象

在检测的儿童乐园设施样本中存在着含铅量严重超标的现象，9个样本中有1/3的样本含铅量超过10万ppm，最高超过64.4万ppm。由于儿童对铅更易感且更容易受到不可逆伤害。当儿童在游玩时很可能接触到这些游乐设施上脱落的面漆，并通过手口行为将面漆中的铅成分摄入体内。

(3) 道路标线、大桥栏杆和桥梁等是环境中铅污染的重要来源之一

图4.10 道路标线和其他场景样本的总铅含量的分布与达标情况

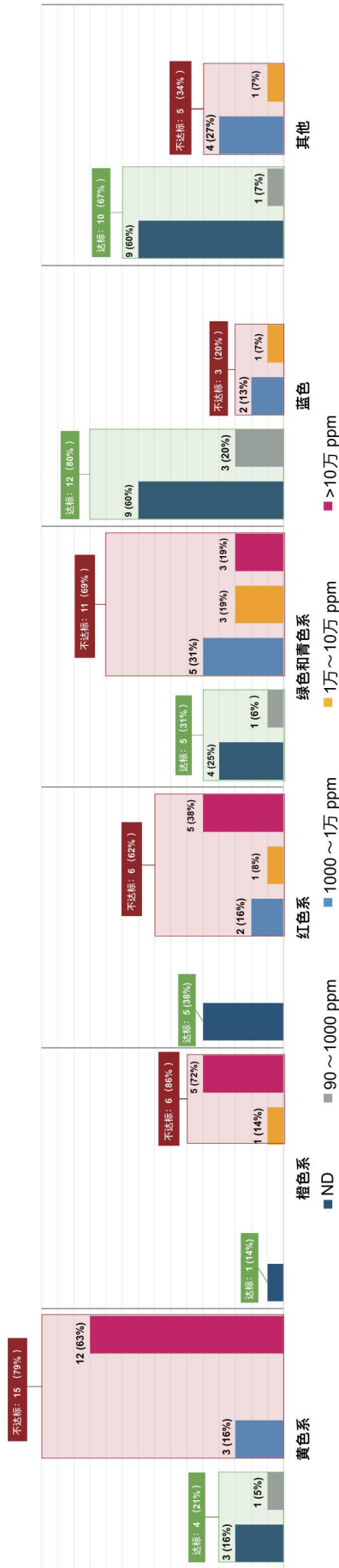


道路标线、大桥栏杆和桥梁面漆等样本的含铅量几乎都高于10万ppm,这些涂料老化脱落后会进入自然环境中,可严重影响陆地、海洋以及水生生态系统,亦可通过粉尘的形式被人体吸入/摄入。

(4) 铅含量超标最严重的是黄、橙、红色和绿色面漆

此次检测样本中,黄、橙和红色面漆的铅超标情况最为严重,这主要是由于铅铬颜料的色谱范围集中于黄、橙、红色。该检测结果意味着目前国内公共环境中的黄、橙及红色面漆的成分中含有铅铬颜料的可能不在少数。

图 4.1.1 不同色系涂料样本的总铅含量的分布与达标情况



第五章 市售工业涂料的检测

CHAPTER 5, TESTING OF INDUSTRIAL COATINGS

工业涂料中重金属含量,尤其是铅含量超标的情况屡见不鲜,不容忽视。为了解目前国内市售工业涂料的含铅情况,涂料行业绿色行动小组于2022年9月28日至10月18日对国内在线销售的工业涂料进行了随机抽样调查,共抽取了33种涂料样本,委托专业的检测机构进行检测。

本章节主要围绕以下三个预设问题进行讨论:(1) 根据国家标准对本次采样的工业涂料样品总铅含量的达标情况进行评估,分析目前市售工业涂料的含铅量现状;(2) 分析比较不同颜色的工业涂料样本的含铅量,重点评估颜色与铅铬颜料的色相(黄、橙和红色色谱范围内)一致的涂料样本的总铅含量及达标情况;(3) 根据产品包装上注明的执行标准,检查各样品是否有将重金属铅的限量要求纳入产品技术和质量要求中,以此评估目前涂料生产商对于涂料控铅的重视情况。

5.1 材料及方法

5.1.1 样品采集

采样范围:工业涂料

采样途径与方式:通过某东和某宝等线上平台购买。具体样本信息与数据见附表2。采样的具体情况如下:

(1)在某宝、某东官方旗舰店购买表5.1中列出的主要工业涂料生产商的工业涂料产品;

(2)若出现线上无法购买或因疫情原因无法配送等情况,优先考虑当地其他油漆供应商的工业涂料,检索时关键词以“工业涂料、金属涂料、船舶涂料”加上生产地,注意排除“木器涂料、室内涂料、家具涂料”等。在某宝、某东平台上以综合排序的方式从高到低随机抽取;

(3)采购的颜色以绿色、黄色、橙色、红色为主,随机选择,若出现无对应颜色的涂料则选择其他颜色替代。

样本数量:33种不同的工业涂料(来自不同品牌),其中购自某宝的26种,某东的7种。

样本颜色:本次采集的样品包括黄色系7个、红色系10个、绿色系7个、其他色系9个。

表5.1 主要工业涂料生产商

产地	生产商名
山东	1、山东乐化漆业股份有限公司
	2、山东齐鲁漆业有限公司
	3、山东奔腾漆业股份有限公司
	4、海洋化工研究院有限公司
陕西甘肃	5、西北永新涂料有限公司
	6、陕西宝塔山油漆股份有限公司
河南	7、南阳卧龙漆业有限公司
湖南	8、湘江涂料科技有限公司
	9、株洲飞鹿高新材料技术股份有限公司
湖北	10、湖北一桥控股集团股份有限公司
	11、武汉双虎涂料股份有限公司
	12、湖北天鹅科技有限公司
广西、广东	13、广西梧州龙鱼漆业有限公司
	14、广州集泰化工股份有限公司
浙江	15、浙江大桥油漆有限公司
	16、浙江天女集团制漆有限公司
上海	17、上海华谊涂料有限公司(含上海开林造漆厂)
江苏	18、江苏兰陵化工集团有限公司
	19、苏州吉人高新材料股份有限公司
	20、江苏冠军科技集团股份有限公司
	21、无锡造漆厂有限公司
	22、江苏(南京)长江涂料有限公司
	23、中海油常州环保涂料有限公司

产地	生产商名
福建	24、泉州信和新材料股份有限公司
	25、厦门双瑞船舶涂料有限公司
重庆	26、重庆三峡油漆股份有限公司
	27、重庆南方漆业有限公司
	28、重庆亿隆涂料股份有限公司
河北	29、石家庄油漆厂
	30、河北晨虹油漆有限公司
东北地区	31、齐齐哈尔北方油漆化工集团有限公司
	32、大连油漆有限公司

5.1.2 样品检测

样品委托专业的检测机构，依照《GB/T 30647-2014 涂料中有害元素总含量的测定》检测总铅含量(mg/kg)^④方法检测。

检测时间：2022-09-28至2022-10-18

所用仪器：用ICP-OES/AAS(电感耦合等离子体体(ICP)光谱)

检测单位：为独立第三方产品检测与认证实验室，它们是农业部“三品一标”检测实验室、全国土壤污染详查推荐检测实验室和中国CB实验室。这些机构由以下机构之一认

可，分别是中国合格评定国家认可委员会(CNAS)、中国计量认证(CMA)和农产品质量安全检测机构(CATL)认可。

5.1.3 调查结果评价参考标准及依据背景

本调查根据《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》(总铅限值1000 ppm)为标准对结果进行评估。由于本次购买的工业涂料全部生产于该新国标生效日之后，所有样本应当严格执行该标准，因此若样本总铅含量超过1000 ppm的限值则被视为不达标。

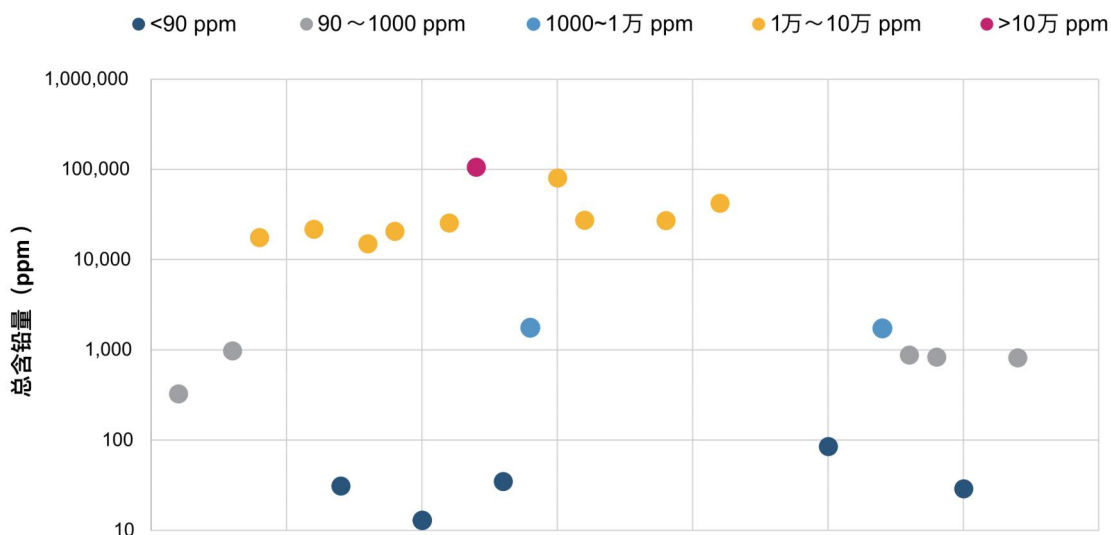
^④注：1 mg/kg = 1 ppm

5.2 结果与讨论

附表2中提供了本次调查的所有样本的基本信息及检测结果。本次的检测结果中各样本间的数值差距巨大,样本的总铅含量范围在ND~10.6万ppm之间,最大可相差5个数量级,为了方便分析讨论,将样本按照总铅含量

进一步分成5类,即(1)未检测出铅成分(以ND表示)~90ppm;(2)总铅含量在90~1000ppm之间;(3)总铅含量在1000~1万ppm之间;(4)总铅含量在1万~10万ppm之间;(5)总铅含量>10万ppm。样本的铅含量数值按照5个铅含量区间分别用5种颜色展示,见图5.1。

图5.1 除ND以外的所有工业涂料样本的总铅含量分布



(1)所有样本的不达标率为36.4%,某东和某宝抽检的样本的不达标率分别为57.1%和30.8%

如图5.2所示,33个样本中有12个不达标,不达标率为36.4%。其中大于10万ppm的样本有1个,其值高达10.6万ppm。不达标样本总铅含量主要分布于1万~3万ppm之间,该区间内的样本数约占不达标样本数的58.3%。

(2)某东抽检的7个样本不达标率约为57.1%(4/7)

如图5.2所示,在某东购买的7个样本中,有4个不达标(约占该平台采样数的57.1%),其中1个样本的总铅含量大于10万ppm,3个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(3/7,42.8%),有2个样本未检测出铅含量(2/7,约占28.6%)。

(3) 某宝抽检的26个样本中，不达标率约为30.8% (8/26)

如图5.2所示，在某宝购买的26个样本有8个不达标(约占该平台采样数的30.8%)，其中6个样本的总铅含量在1万~10万ppm之间(23.1%)，有2个样本在1000~1万ppm之间(2/26, 7.7%)。在达标样本中，有4个的总铅含量在90~1000 ppm的之间，14个未检测出铅成分，(分别约占某宝购买的样本数的15.4%和53.8%)。

(4) 总铅含量不达标的涂料样本分布于黄、红、绿和黑色系中，其中黄、绿色系涂料总铅含量超标最严重，不达标率分别约为71.4% (5/7) 和57.1% (4/7)。

如图5.3所示，黄、绿色系的涂料的铅超标情况最严重，与以铅铬黄为原料的颜料色相范围相吻合。在7个黄色系样本中有5个不达标(占该色系样本总量的71.4%)，其中本次抽样样品中唯一一个总铅含量高于10万ppm的涂料就属于黄色系，其值高达10.6万ppm。在7个绿色系涂料样本中，有4个不达标(占该色系样本总量的57.1%)，且总铅含量均在1万到10万ppm之间。

红色系的10个涂料样本中，有2个不达标(占该色系样本总量的20.0%，2/10)，有5个样本的总铅含量低于90 ppm，属于无铅涂料(占50.0%，5/10)。其他颜色的涂料样本主要包括黑色、灰色、白色、银色和蓝色，计9个样本，其中7个样本属于无铅颜料(占该颜色类别的样

图5.2 不同平台抽检样本总铅含量的分布与达标情况

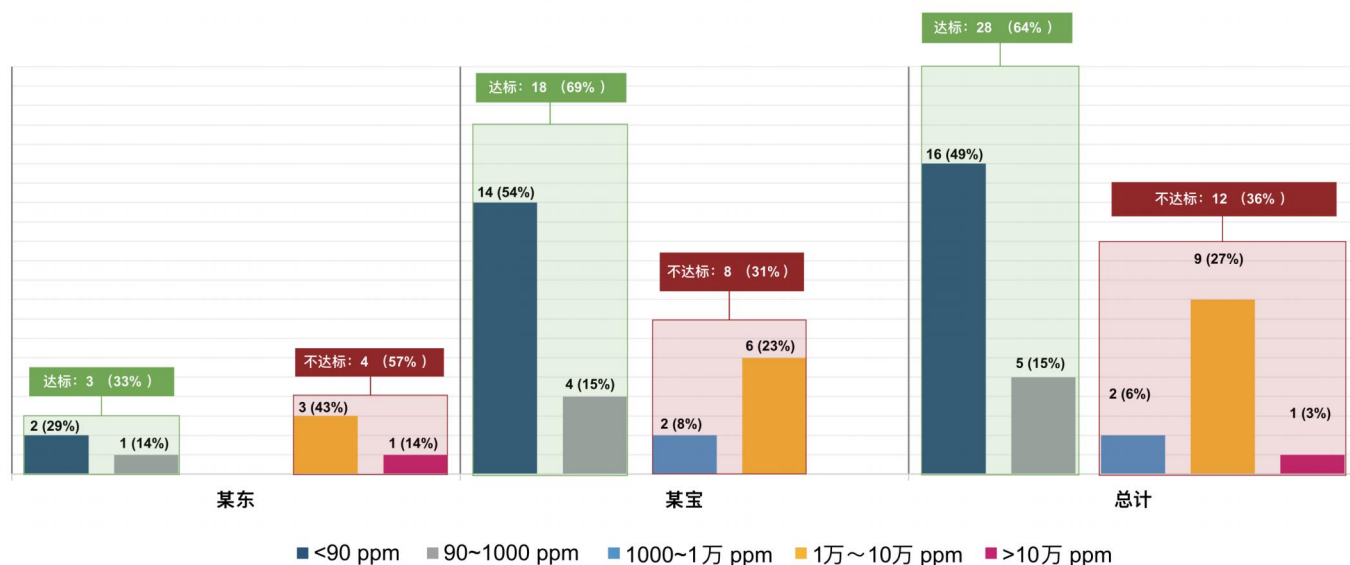
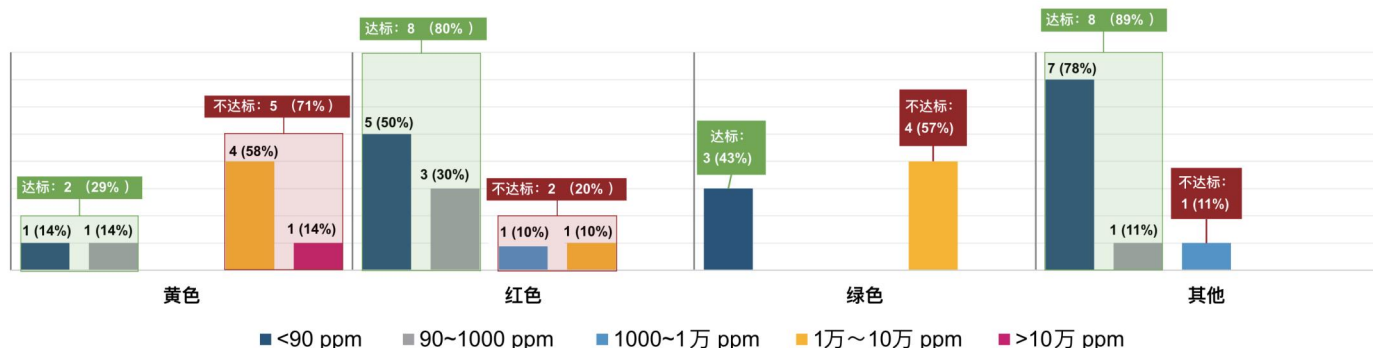


图5.3 各色系样本的总铅含量分布与达标情况



本量的77.8%)；1个中灰色涂料样本虽然达标,但其总铅含量为974 ppm,临近标准限值；1个黑色涂料样本不达标,其总铅含量达1754 ppm。

(5) 30个样本中仅有2款产品的执行标准中有关于涂料的有害物质限量的要求。

对所有抽检样本外包装上所声明的执行标准进行调查统计,仅有2款产品的执行标准中有对有害物质含量的限量要求。其中一款虽在其企业标准中要求满足《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》中总铅含量小于1000 ppm的限值要求,但其检测结果显示超过了总铅限值的17.6倍。有3款产品在外包装上未声明任何执行标准,另有两款产品所申明执行的国家标准和行业标准并不存在。

5.3 小结

本次调查以购买方式由某宝和某东采集工业涂料样品33个,委托专业检测机构检测分析其总前含量,结果主要有以下发现:

(1) 市售工业涂料的总铅含量超标现象较严重。

在所有样本中,共有36.4%的样本的总铅含量不达标,超过30.3% (10/33) 的总铅含量高于1万ppm (即超过国家标准的工业防护涂料的铅限值的10倍以上), 占有不达标的样本的83.2%以上。

(2) 黄色、绿色涂料的铅含量超标情况最严重。

超过71.4%的黄色和57.1%的绿色涂料样本的总铅含量高于1万ppm,该结果与工业涂料中绿色、黄色、橙色、红色等涂料的重金属含量较多的情况相符。意味着目前市售的黄、绿色系的工业涂料可能仍普遍存在着以铅铬黄颜料为原料的现象。

(3) 超过93.3%(28/30)的采样产品的执行标准并未对含铅量进行限制。

30个样本中仅有2款产品的执行标准对涂料的有害物质进行了限量,但其中1款检测出的总铅含量超标了17.5倍。提示目前国内工业涂料的生产商可能对于涂料控铅的意识仍较为薄弱,因而普遍未将铅含量的控制纳入产品技术/质量要求中。

第六章 市售溶剂型木器涂料的检测

CHAPTER 6, TESTING OF WOOD COATINGS

无毒先锋项目团队曾于2021年对市售的溶剂型木器涂料的调查显示,在36个样本中有27个(占75.0%)样品的总铅含量超过相关标准限值,且多达34个(占94.4%)样本无有效的3C认证(“中国强制性产品认证”),意味着市售溶剂型木器涂料的总铅含量存在着大量不达标、不合格的现象。在历时一年后,为了追踪国内溶剂型木器涂料总铅含量的达标、合规情况是否有所改善,涂料行业绿色行动小组对在国内主流线上平台销售的溶剂型木器涂料(硝基、醇酸、聚氨酯等三类木器涂料)进行了抽样调查。

本调查主要围绕以下两个预设问题进行讨论:

(1)根据国家标准对本次采样的溶剂型木器涂料样本的达标情况进行评估,分析目前市售溶剂型木器涂料的含铅量现状;

(2)分析比较不同颜色的涂料样本的含铅情况,重点评估颜色与铅铬颜料的色相(黄、橙和红色色谱范围内)一致的涂料样本的达标情况;

(3)检查并分析产品的有效3C认证情况;

(4)分析对比不同类型的溶剂型木器涂料(硝基、醇酸、聚氨酯等三类)总铅含量达标及3C认证方面的差异;

(5)根据产品包装上注明的执行标准,检查确认所采集的样产品是否将重金属铅的限量要求纳入产品技术和质量要求中,以评估目前涂料生产商对于涂料控铅的重视情况;

(6)与2021年的调查结果进行对比,评价溶剂型木器涂料达标与合规的改善情况。

6.1 材料及方法

6.1.1 样品采集

采样范围:溶剂型木器涂料;

采样途径:通过某宝、某东和某多多等线上平台购买。

采样方式:根据关键词“硝基木器漆、醇酸木器漆、聚酯胺木器漆”等三类需要3C认证的溶剂型木器漆作为搜索关键词,以综合排序

的方式在每个平台由高到低依次选取产品,在确认有“硝基、醇酸、聚氨酯”的相关字样,并排除“水性”涂料后,选取可用于木制品表面的油漆品类,每类溶剂型木器漆的选择数量参考表6.1的具体分配;

样本数量及种类:共采集29个样品,各平台采样数量及其涂料种类见表6.1;

样本颜色:本次采集的29个样品包括红色系10个、黄色系3个、蓝色系3个、棕色系2个、黑色2个、白色6个样本和透明3个。

表6.1 某宝、某东、某多多等平台的采样数量及其涂料类型

平台	“硝基木器漆”数量	“醇酸木器漆”数量	“聚氨酯木器漆”数量	总数
某宝	3	3	4	10
某东	3	4	2	9
某多多	4	3	3	10

6.1.2 样品检测

样品委托专业的检测机构,依照《GB/T 30647-2014 涂料中有害元素总含量的测定》检测总铅含量(mg/kg)^⑤。

检测时间:2022-9-22至2022-9-26

所用仪器:电感耦合等离子发射光谱仪

(ICP-OES)

检测单位:为独立第三方产品检测与认证实验室,完全按照ISO 17025运作,并获得中国合格评定认可委员会(CNAS)、中国实验室和计量认证(CMA)和美国消费者委员会(CPSC)认可的实验室。

^⑤注:1 mg/kg = 1 ppm

6.1.3 调查参考标准及依据背景

根据以下标准和规定对调查检测结果进行评估：

(1)《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》，铅限值为90 ppm。本调查的样本均来自于普通消费者可随意购买的线上平台商铺，基于普通消费者无法轻易区别家用木器涂料和工业涂料，很可能被产品标题与信息误导而误买工业涂料来作为木器涂料使用，因此我们将在产品标题与信息中写了可用于木器涂装的涂料，均以新国标《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》(铅限值90 ppm)作为评估标准。若样本的总铅含量**超过90 ppm**，则为**不达标**。

(2)《强制性产品认证目录描述与界定表(2020年修订)》。根据该《目录》第14条(建材产品)规定：适用于室内装饰装修和工厂化涂装用聚氨酯、硝基类和醇酸类溶剂型木器涂料(包括底漆和面漆)，均属于强制性认证(3C认证)的产品。虽然该强制性认证规定仅针对室内装饰装修和工厂化涂装的木器涂料，但由于目前线上平台销售

的木器涂料普遍不会注明是室内或室外用，因此在本调查中，将未在产品信息中写明仅可室外用的木器涂料均视为可用于室内装饰装修使用，其中若有样本**无有效3C认证**，则将被归类为**不合规**。

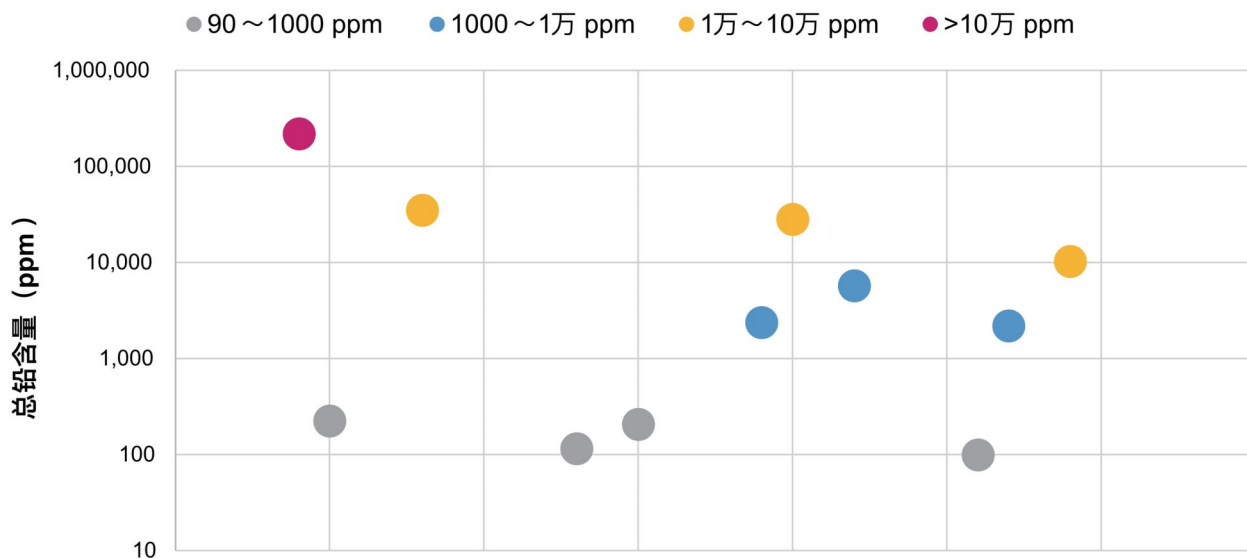
6.2 结果与讨论

附表3中提供了本次调查所有样本的基本信息及检测结果。本次调查的29个样本中有10个没有标示生产日期，其余19个样本的生产日期均为新国标《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》生效日之后。

本次的检测结果中各样本间的数值差距巨大，样本总铅含量范围在ND~21.9万之间，最大可相差5个数量级，为了方便分析讨论，将样本按照总铅含量进一步分成5类，即(1)未检测出铅成分^⑥(以ND表示)；(2)总铅含量在90~1000 ppm之间；(3)总铅含量在1000~1万ppm之间；(4)总铅含量在1万~10万ppm之间；(5)总铅含量>10万ppm。并且，样本的铅含量数值按照5个铅含量区间分别用5种颜色展示，见图6.1。

^⑥本调查检测结果显示所有样本总铅量均为ND或大于90 ppm，因此数据分析时省去了ND~90 ppm的范围

图6.1 除ND以外所有木器涂料样本的总铅含量



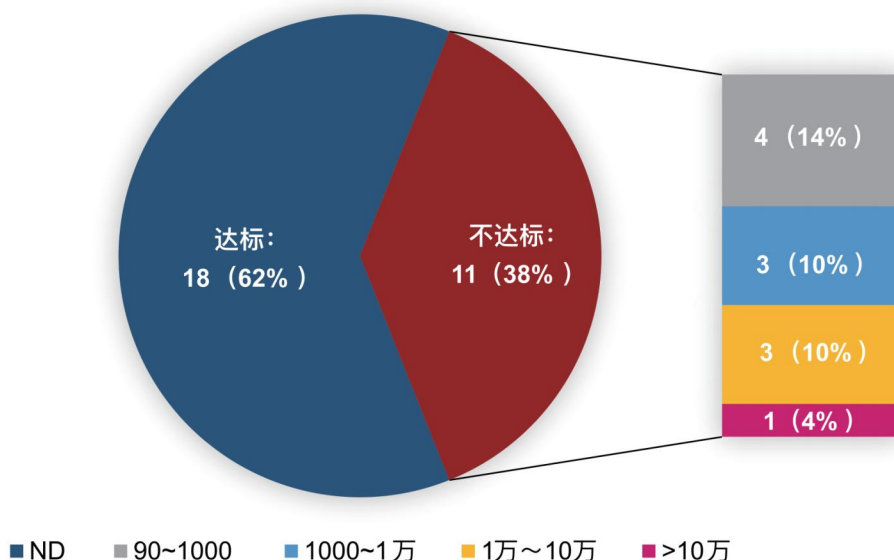
6.2.1 样品铅含量检测结果与分析

未检测出铅含量

(1)所有涂料样本的不达标率为37.9%，其中某“安全环保型涂料”的总铅含量高达21.9万ppm，剩下的62.1%的涂料样本均

如图6.2所示，29个抽样的样本的不合格率为37.9% (11/29)，其中有1个来自某宝的涂料样本的总含铅量高于10万ppm，

图6.2 抽检样本总铅含量分布与达标情况



为21.9万ppm。有3个样本的总含铅量位于1万~10万ppm之间(占1.3%, 3/29), 3个样本在1000~1万ppm之间(占10.3, 3/29%), 4个样本在90~1000 ppm区间(占13.8%, 4/29)。其余18个达标样本均未检测出铅含量(占62.1%)。

(2)某宝、某东和某多多平台所抽检样本的不达标率分别为30.0%、33.3%和50.0%

在某宝与某东抽检样本的达标情况相近,某宝的不达标率略低于某东;在某多多抽检的样品不达标情况最为严重明显高于其他两个平台。

某宝:样本的不达标率为30.0%,其中一个含铅量超过21.9万ppm的样本为本次

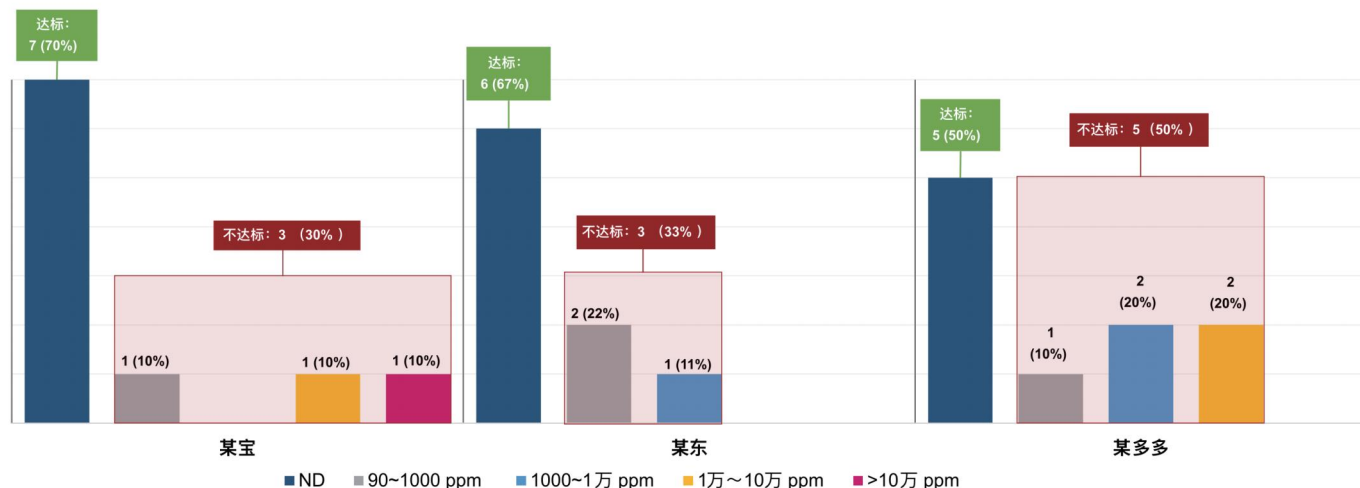
总铅含量最高的产品,值得注意的是,该产品实物包装上强调了为“安全环保型涂料”;

某东:样本的不达标率为33.3%,不达标产品中有2个产品的总铅含量值在90~1000 ppm之间(占该平台总样本量的22.2%, 2/9), 1个在1000~1万ppm之间(占11.1%, 1/9);

某多多:购买于该平台的样本有一半不达标(5/10),不达标样中有2个的总铅含量在1万到~10 ppm万之间(占该平台总样本量的20.0%), 2个样本在1000~1万之间(约占20.0%), 1个样本在90~1000之间。

(3)在14个不同品牌中有7个品牌产品存在不达标现象

表6.3 不同平台抽检样本总铅含量分布与达标情况



如表6.2所示,本次采样共采集了14种品牌的产品,其中有7个品牌至少有1种不达标产品,因此品牌达标率为50.0%。在有复数产品被检测的品牌中,“百家乐”的所有4个产品皆不达标。

(4)醇酸类、硝基类、聚氨酯类样本的不达标率分别为50.0%、40.0%和22.0%;

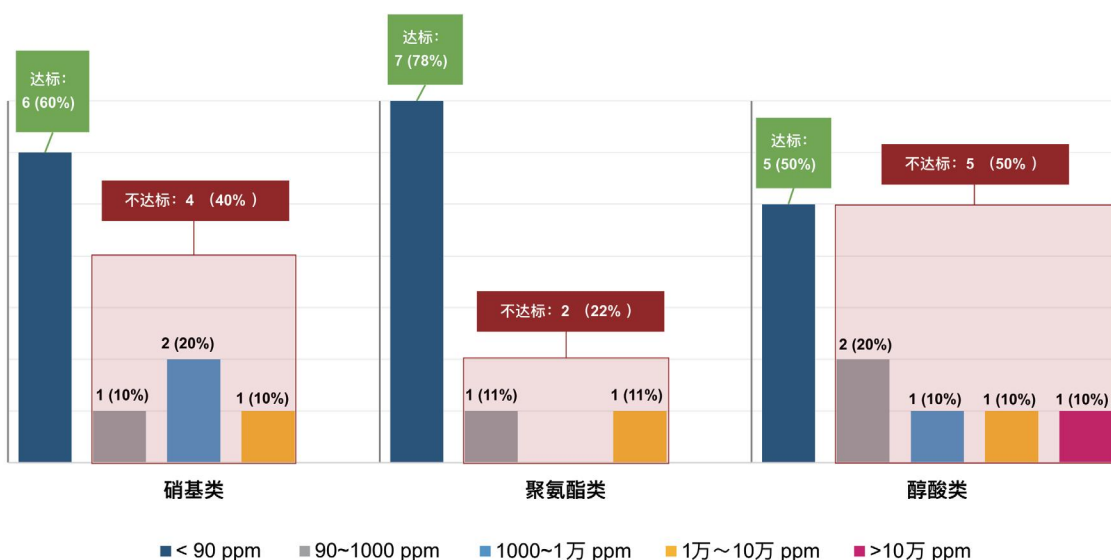
在不达标的样本中,醇酸类涂料占比最多,聚氨酯类涂料不达标的样品最少。

如图6.4所示,醇酸类、硝基类、聚氨酯类样本的不达标率分别为50.0%、40.0%和22.0%;醇酸涂料的不达标情况最为严重,在所有11个不达标样本中,有5个是醇酸类(约占所有不达标样本总量的45.5%,

表6.2 某宝、某东、某多多平台的样本抽检样品总铅含量分布及达标情况比较

达标情况	样品品牌														总计
	品牌1	品牌2	品牌3	品牌4	品牌5	品牌6	品牌7	品牌8	品牌9	品牌10	品牌11	品牌12	品牌13	品牌14	
总样本量	2	1	1	1	4	2	1	3	2	3	4	1	3	1	29
达标量	1	1		1		2		3	1	1	4		3	1	18
不达标量	1		1		4		1		1	2		1			11

图6.4 不同类型的涂料样本总铅含量分布与达标情况比较



其中包括总铅含量最高的样本),有4个硝基类样本(约占所有不达标样本总量的36.4%),有2个聚氨酯类样本(约占所有不达标样本总量的18.2%)。

(5) 红色系的涂料总铅含量和不达标率最高

如图6.5所示,本次铅含量不达标的涂料样本分布于红、黄、蓝和棕色系中,与铅铬系颜料的色相范围有着较大重合。红色系的不达标率为70.0%,在所有11个不达标样本中,有7个为红色系(约占所有不达标样本量的63.6%,包括总铅含量最高的样本),其中1个样本的总铅含量在超过10万ppm,1个样本在1万~10万ppm之间,3个样本在1000~1万ppm之间,其余

两个在90~1000 ppm之间。

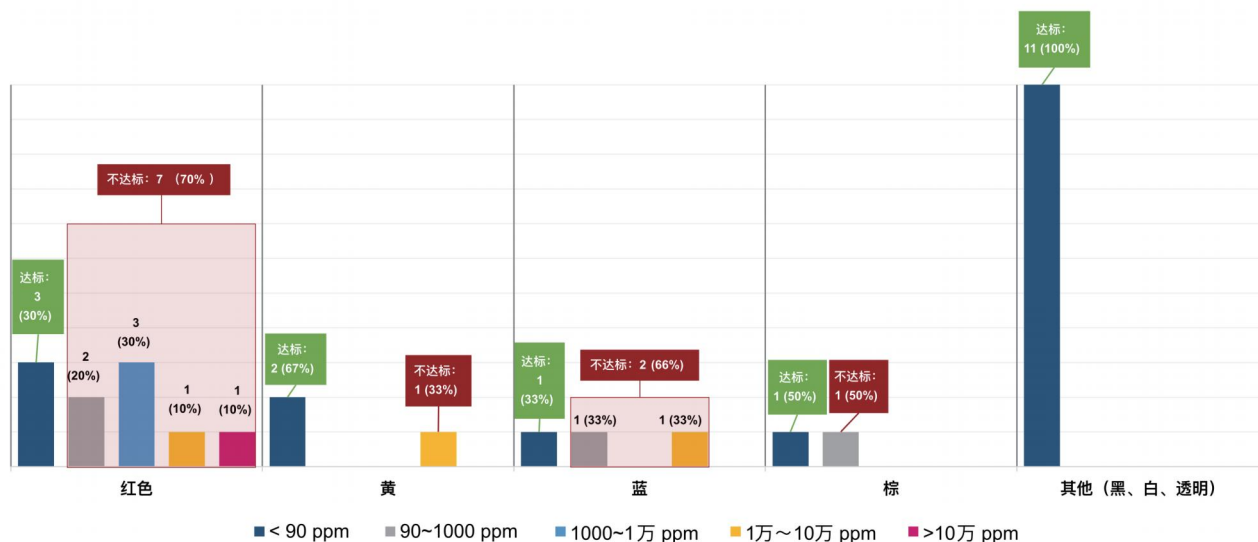
其余4个不达标样本分别为1个黄色系样本(总铅含量在1万~10万ppm之间)、2个蓝色系样本(总铅含量分别在1万~10万ppm之间和90~1000之间)以及1个棕色系样本(总铅含量在90~1000 ppm之间)。

所有2个黑色样本、6个白色样本以及3个透明清漆样本均未被检测出铅成分。

(6) 14款产品可用于金属及机械涂装的样本中有3款的总铅值在90 ppm~1000 ppm之间。

本次采样的产品中有14个产品并非单一用途的木器涂料,也可用于金属与机械

图6.5 不同色系的涂料样本总铅含量分布与达标情况



涂装,其中3款虽作为木器涂料不达标,但是作为金属与机械涂装用的工业防护涂料则达到了总铅含量小于1000 ppm的标准。

(7)29个样本中仅有12款产品的执行标准有关于涂料的有害物质含量的要求

对所有抽检样本外包装上所声明的执行标准进行调查统计,仅有12款产品(约占样本总量的41.4%)的执行标准有涂料中有害物质限量值,但其中3款产品执行的标准是已经废止且被替代的《GB 18581-2009 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》(规定可溶性铅的含量低于90 ppm),这3款产品的总铅含量的检测结果均不达标。因此总共有69.0%的产品无有效合规的对总铅含量进行限值的执行标准。9款具有有效合规的执行标准的产品检测结果均达标。另外,29款样本中有1款产品未在包装上声明执行标准,有2款产品声明的执行标准不存在。

6.2.2 样品的3C认证情况

(1)抽检样品中有18个(占62.1%)没有3C认证而被归为不合规产品,其中61.1%的总铅含量达标,远高于总样本的38%不达标率;3个样品虽无3C认证但在平台的产品介绍页显示有3C标识;所有持有3C认证的

样本均未检测出铅成分。

本次采样的所有木器涂料产品均未注明仅适用于室外,因此所有29个产品都被视为是可用于室内装修与工厂化涂装用的木器涂料,故应当遵守强制认证的规定。如表6.3所示,在所有29个涂料样本中有多达18个样本实物无3C认证。在线上平台选购涂料时,多达24个样本未在其产品介绍页面提供任何产品3C认证信息,在拿到实物后发现其中共有15个产品没有持有3C认证。共有5个样本在其购买页面的产品介绍页中显示持有3C标识,但在购得的实物中有3款产品实际并无3C认证,其中1个样本的总铅含量严重超标,高达1.03万ppm。另外,在实物有3C认证的11个样本中,仅有2个在平台购买页上有相关3C认证的信息。

此次购得的产品实际3C认证持有率约为37.9%,未进行3C认证的不合规率高达62.1%。在不合规的产品中,有11个总铅含量超标(约占所有不合规样本的61.1%),即在所有样本中约有37.9%的样本既不合格又不达标。另外,持有3C认证的11个样本的铅含量都达到了国家标准,且都未测出铅成分,而在达标的18个样本中有7个样本没有3C认证(约占总样本数的24.1%)。

表6.3 平台的购买信息介绍中有3C认证标识的样本数及商品实际持有有效3C认证的样本数

3C认证情况	产品介绍中有3C标识	产品介绍中无3C标识	总计
实物有3C认证的样本数	2	9	11
实物无3C认证的样本数	3	15	18
总计	5	24	29

(2)在某宝、某东和某多多的样本中分别有50.0%、77.8%和60.0%的样本没有3C认证

在18个无3C认证的不合规样本中,5个购于某宝(约占从某宝所购买的样本总量的50.0%),7个购于某东(约占从某东所购买的样本总量的77.7%),6个来自于某多多(约占从某多多所购买的样本总量的60%)。

(3)所有醇酸类涂料样本均无有效的3C认证。硝基类和聚氨酯类样本中分别有50.0%和33.3%无有效3C认证

所有10个醇酸类涂料样本均无3C认证。10个硝基类样本中有5个没有3C认证,而9个聚氨酯类样本中有3个没有3C认证。

6.2.3 对比2021年的调查结果

无毒先锋曾于2021年3月抽样调查过溶剂型木器涂料产品的总铅含量达标和3C认证情况。同样是通过某宝、某东和某多多三个线上平台购买样本,其中10个样本购于某宝、9个购于某东、11个购于某多多,与本报告的采样途径、各平台和样本数量基本一致。

表6.4和6.5总结了对两次调查检测结果的结果,对比发现:本次抽检样本的总铅含量达标率上升至62%,远超之前的20%;抽检样本的品牌达标率从15%上升至50%;总铅含量范围虽与2021年调查结果非常接近,但有一定的左移。见表6.4。某宝、某东和某多多三个平台的抽检样本的总铅含量达标率与产品持有有效3C认证的样本合规率均有大幅度地提升。见表6.5。

6.3 小结

虽然与2021年相比产品总铅含量达标和有效3C认证持有情况明显提升,但是产品总铅含量超标情况依然严重且3C认证率依旧很低,尤其是醇酸类涂料样本均无3C认证,且含铅量超标情况最为严重;线上店铺的产品介绍存在虚假信息难以辨别的情

况,且在平台的产品介绍中几乎不提及木器涂料的3C认证情况;另外发现存在涂料产品的用途分类不清晰的情况,或可导致工业防护涂料误用作木器涂料风险;目前涂料产品的有害物质限量标准执行情况不容乐观,抽样结果显示许多产品的执行标准中没有对涂料的有害物质含量作出限制。

表6.4 本次调查与2021年调查中样本总铅含量、总铅含量达标率以及样本品牌达标率的对比

	总铅含量范围 (ppm)	总铅含量达标率 (%)	品牌总铅含量达标率 (%)
2021年调查 (仅线上平台 样本数据)	55~23.6万ppm	20	15
本次调查	ND~21.9万	62	50
结果对比	→ 基本持平	↑ 上升	↑ 上升

表6.5 本次调查与2021年调查中不同电商平台的样本达标率与样本3C认证率的对比

	平台样本达标率(%)			样本3C认证率(%)		
	某宝	某东	某多多	某宝	某东	某多多
2021年调查 (仅线上平台 样本数据)	10	22	27	10	0	0
本次调查	70	67	50	50	78	60
结果对比	↑ 上升	↑ 上升	↑ 上升	↑ 上升	↑ 上升	↑ 上升

第七章 问题回顾总结与建议

CHAPTER 7, SUMMARY AND SUGGESTIONS



7.1 问题回顾与总结

根据本报告中关于国内的含铅涂料的监管现状的桌面研究,以及对国内各种场景中在用的面漆、市售工业涂料和木器涂料的含铅情况的检测调查结果,综合分析发现目前我国含铅涂料的使用及市场主要存在着以下几个问题:

7.1.1 现有国家标准尚不健全

(1)目前在多个国家标准中,仅对涂料中的可溶性铅的含量做出了限定要求(如《GB 38468-2019 室内地坪涂料中有害物质限量》),但是没有总铅含量的限制要求。实际情况是可溶性铅含量的数值并不能准确地反映涂料中可被人体吸收的全部铅含量;

(2)目前我国对于儿童用的玩具涂料的铅含量限值要求较为宽松,《GB 24613-2009 玩具用涂料中有害物质限量》中将玩具涂料的总铅含量限制于600 ppm以内,美国等国家则严格规定儿童产品的总铅含量应当低

于90 ppm;

(3)目前我国针对涂料产品的铅含量没有普适性限值标准,而是按照涂料的用途分类分别规定其铅含量限值。实际上,我国市售的涂料并没有完全按照涂料标准的分类方法来清晰地划分用途,因此可能出现涂料应执行的铅含量限量标准的定位不明确的问题。

7.1.2 对涂料产品质量的监管不力不够

我们在国内去铅涂料监管状况调查中发现,各个省市在各类涂料质量抽检时,对含铅涂料的重视不够,抽检与监管存在不同程度的问题,主要表现在以下几方面:

(1)普遍存在着抽检涂料种类不全的问题。尤其是工业涂料抽检比例低,处于被忽视、有标准无监管境地。例如,作为涂料生产大省之一的江苏省和湖南省甚至未将工业防护涂料列为2022年的抽检目标。根据市场统计,我国涂料总产能的最大组成部分为工业涂料,其中工业防护涂料的产量最高;

(2)部分省市未检测部分涂料的重金属含量尤其是总铅含量。在调查的6个涂料生产大省市中(广东、上海、江苏、四川、湖南和湖北),仅有上海市市场监督管理局在2022年对《涂料产品质量监督抽查实施细则》中罗列的所有涂料按照最新的标准进行了铅含量的检测,其他5个省或多或少地忽略了部分涂料品类的重金属含量的检测,其中不乏有重金属含量可能较多的工业涂料;

(3)部分省市在检测涂料的铅含量时并未采用最新且要求更为严格的总铅含量强制性标准。比如,广东省对儿童房装饰用内墙涂料检测时按照要求较为宽松的推荐性国家标准《GB/T 34676-2017 儿童房装饰用内墙涂料》,其要求为可溶性铅含量小于90 ppm,而非最新且要求更为严格的《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》规定的总铅含量小于90 ppm。湖北和湖南省对部分建筑墙面涂料、木器涂料以及工业防护涂料抽检时采用的也是可溶性铅含量,而非最新强制性国标《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》、《GB 18582-2020 建筑用墙面涂料中有害物质限量》和《GB 30981-2020 工业防护涂料中有害物质限量》中要求的总铅含量。

7.1.3 在城市中存在着大量涂覆着重金属铅严重超标的涂料的场景/物体

(1)不同场景涂覆层的抽检结果显示,长沙、南昌和武汉三城市样本的不达标率分别约为68%、57%和42%,提示各种场景涂料涂覆层总铅含量超标可能是我国大城市普遍存在的现象,需要对其他城市进行进一步的调研来论证;

(2)在涂覆于各种场景的涂料中,不仅存在着铅超标率高的现象,超标的程度也尤为严重。在所有不达标的样本中,超过50%的样本的总铅含量高于10万ppm,含铅量最高的样本为儿童游乐园设施的面漆,达64.4万ppm。另外,道路标线、大桥栏杆和桥梁面漆等样本的含铅量几乎都高于10万ppm。

7.1.4 消费者购买到总铅含量超标的工业涂料与木器涂料的几率较高

(1)调查发现市售工业涂料与木器涂料分别有36%与38%的样本超过了强制性国家标准规定的总铅含量限值。这些产品是我们根据相应的关键字在主流线上购物平台搜索购得,这意味着普通消费者若仅按照综合排名在平台上购买工业涂料或者木器涂料,买到总铅含量铅超标产品的几率高于三分之一;

(2) 不达标的涂料产品中总铅含量超标的程度普遍较为严重。在不达标的工业涂料样本中, 超过83%的总铅含量高于1万ppm(超过标准值的10倍)。在不达标的木器涂料样本中, 超过63%的含铅量高于1000 ppm(超过标准值的10倍)。

7.1.5 木器涂料的3C认证率低, 不达标的产品集中在无3C认证的产品中

(1) 调查发现木器涂料产品中, 有62%的产品无有效3C认证, 有醇酸类产品均无有效3C认证。产品包装上有3C认证的产品的铅含量均达标, 而在无3C认证的产品中, 不达标率高达61%;

(2) 无论是销售页面介绍还是产品包装上均未说明不可用于室内木器涂装, 因此消费者可能误将这些无3C认证的涂料用于室内木器涂装;

7.1.6 线上店铺在介绍涂料产品时有谎报虚假信息的现象

平台商家为了吸引顾客而在产品名称和信息介绍中添加一些不符合产品实际情况的关键词, 比如将某些工业涂料标介绍为可作为木器涂料使用等。本次调查发现有3个无3C认证产品, 却在其产品购买页面中使用了3C认证标识, 其中甚至有铅含量严重超标的产品。

7.1.7 颜色为黄、橙、红、绿等色系的涂料的总铅含量超标情况最为严重, 与铅铬涂料的色相范围相吻合

在各种涂料涂覆层的抽检结果显示, 黄、橙、红和绿色样本总铅含量的超标率为62%—86%, 且很大一部分涂料的总铅含量超过10万ppm。在抽检的工业涂料中, 黄、绿色样本的总铅含量超标率分别有71%和57%, 且所有不达标的总铅含量均超过1万ppm。在木器涂料中, 有超过70%的红色涂料不达标。

7.1.8 产品执行标准不合规的现象普遍存在

多达93%的工业涂料样本和69%的木器涂料样本未在产品包装上标明有效合规的执行标准。许多产品的执行标准中没有对涂料中的有害物质的作出限量要求, 还有的执行标准采用的是已经废止的国家标准, 甚至有的产品未标明执行标准。

7.2 建议

为加快我国涂料去铅的进程,进一步减少儿童铅暴露,保护儿童健康,增强民族素质,我们根据此次调研发现的问题,本报告提出以下建议:

7.2.1 对政府部门应进一步加强标准与法规建设,加大市场监管力度

(1) 进一步修改完善我国涂料控铅标准与法规

- 采用“总铅含量”来限定所有涂料相关标准中的法定铅限量;
- 对于多用途的涂料应当有明确的规定来指明它们应当遵守的标准,避免因涂料产品的用途分类含糊而被乘虚而入;
- 对与儿童相关的涂料应当制定严格的标准。建议对所有儿童相关产品的涂料实施无铅涂料的标准,将法定总铅限定值定为90 ppm,并对儿童相关的涂料产品实施强制认证;
- 对所有人们可直接接触到的住宅、公共建筑物/构筑物以及公共设施的面漆实施无铅化标准。比起涂料的用途,以具体的使用场景来进行限铅或许更为直观,且更能有效避免人们的铅暴露问题;
- 对所有木器涂料要求强制3C认证,或者强制要求生产商对不进行3C认证的木器涂料产品醒目地注明“不可用于室内木器涂装”。

(2) 出台法规明确涂料生产及销售商的告知责任,并强制执行

- 规定涂料包装上必须清楚申明该产品是否含铅及其他有毒有害物质,且标明该产品的总铅含量范围。
- 对于含铅涂料(即总铅含量大于90 ppm的涂料),要求生产商在产品包装上醒目地警示消费者,表明该产品含有重金属铅且存在铅暴露风险,明确提醒消费者该产品不可用于与人体频繁接触的物体及环境中,且应当在专业人士的指导下使用。

(3) 加强对涂料中铅等重金属含量的监查力度,落实相关部门的主体责任

- 完善涂料的抽查种类,尤其需要加强对各种工业涂料的抽查力度;
- 重视涂料中铅的监管工作,重点排查铅超标情况严重的工业涂料、以及与铅铬系涂料色相范围重合的涂料;
- 对涂料铅含量的检测应执行最新有效的强制性国家标准。

(4) 对涂覆层铅含量超标的公共建筑/构筑物及设施进行翻新改造

- 根据风险评估,安排对城市环境中的各类具有铅暴露风险的场景进行涂料检测,并尽早采用合格的无铅涂料对铅含量超标的场景进行专业的翻新改造,避免现有的面漆老化脱落进入环境进而危害到人体健康与生态环境。

(5)对销售涂料产品线上平台加强监管,发现问题及时整改

- 出台政策规定线上销售平台对涂料产品进行严格管控,下架不合规产品,要求产品介绍须准确清晰地提供关于涂料的类型、应用场景、认证情况等有效信息,以避免消费者误买误用涂料而暴露于含铅涂料之中。

7.2.2 政府及相关公益组织、团体、机构等应共同推进涂料去铅行动,帮扶小型企业

(1)鼓励含铅颜料替代技术研发,帮扶小型困难企业淘汰含铅颜料

- 某些小型企业或不具有成熟的替代技术与经验,国家应当出台政策以帮助小型企业对含铅涂料进行重配方,并激励有能力的企业开发新型的高性能、低成本的替代技术。

- 代表公共利益的非政府组织、社区团体、联合国机构等相关方可帮助技术落后的小型企业、提供关于含铅涂料重配方的技术指导,作为桥梁协助国内外各涂料企业进行技术交流与相互合作,联合多方共同发展与精进涂料的控铅技术。

(2)政府部门与各代表公共利益的相关方进行协作,共同推进涂料去铅行动。

- 各代表公共利益的相关方对国内的涂料去铅现状进行监测与审判(如:对现行的涂料控铅标准和法规进行评估、对政府部门的涂

料控铅管理制度的执行情况进行监督、对国内涂料的含铅现状进行广泛的检测调研),并向政府部门提供有效可靠的信息与建议;

- 政府部门通过各利益的相关方的参与,对有用的信息与建议予以采纳,精进涂料控铅的标准法规,完善管理制度。

(3)大力开展涂料去铅的科普宣传,加强社会对含铅涂料问题的重视

7.2.3 涂料生产商和流通商应关注涂料含铅问题,依法依规开展生产经营活动

(1)工厂、商家采购涂料产品时应关注涂料铅等重金属的含量

- 在采购涂料的合同中明确限制总铅含量
- 涂料合格品检验标准低于国家强制性标准时,应按照国家强制性标准检测;涂料合格品检验标准高于国家强制性标准时,按既有检验标准检验。

(2)涂料生产商、流通商应提高法律意识,依法依规开展生产经营活动

- 严格规范涂料产品的名称、标签、介绍,禁止在产品名称、标签和介绍中对产品进行不符合实际情况的虚假宣传;

- 避免生产、销售不符合国家强制性标准的涂料产品及由此带来的法律风险。

附录

APPENDIX

附表1. 实地场景的涂料调查的相关数据及检测结果

应用场景	地区	样本	面漆颜色	总铅含量 (ppm)
建筑物及构筑物	武汉	洪山区某篮球场地坪	军绿色	ND
	武汉	洪山区某篮球场地坪	铁红色	ND
	武汉	洪江区某广场地下停车场墙面	蓝色	ND
	武汉	洪江区某广场电梯标识	银色	ND
	武汉	洪江区某广场地下停车场升降车库杆	银色	ND
	武汉	某建材家居城大门(铝型材)	镜面咖色	ND
	南昌	某小区住户防盗门	褐色	ND
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场墙面	蓝色	ND
	武汉	江夏区某工地地铁皮围栏	蓝色	103
	长沙	天心区某小区入口外彩色地坪	蓝色	773
	长沙	天心区某小区地下停车场墙面	青绿色	1091
	武汉	洪山区某装饰柱	灰色	1104
	长沙	天心区某小区道路围栏	黑色	1176
	南昌	青云谱区某廊道地坪	红色	1199
	长沙	天心区某社区门口垃圾分类驿站栏杆	绿色	1261
	长沙	望城湘江某大桥钢架	白色	1450
	长沙	天心区某小区住户防盗门	木褐色	1670
	长沙	天心区某小区入口外彩色地坪	黄色	2182
	长沙	天心区某小区地下停车场地坪	军绿色	3662

应用场景	地区	样本	面漆颜色	总铅含量 (ppm)
建筑物及构筑物	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地坪	粉色	4794
	武汉	江夏区某道路围栏	军绿色	6691
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地坪	深蓝色	9549
	南昌	青云谱区某绿化带围栏	绿色	16400
	长沙	岳麓区某小区篮球场地坪	军绿色	25600
	长沙	岳麓区某小区篮球场地坪	铁红色	26700
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地坪	绿色	31200
	南昌	青云谱区某休闲廊道金属围栏	木纹漆	54600
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场墙面管道	橙色	58100
	长沙	望城湘江某大桥栏杆	淡青色	129200
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地坪	红色	129900
	南昌	南昌某大桥梁架	橙色	173000
	武汉	鹦鹉洲某大桥梁架	红色	279900
	南昌	青云谱区某休闲廊道地坪	黄色	318000
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地坪	橙色	331800
	武汉	洪江区某广场地下停车场地坪	军绿色	351100
	长沙	天心区某小区墙面管道	黄色	523900
	休闲娱乐场所及其设施	长沙	天心区某儿童乐园游乐飞机	蓝色
长沙		天心区某儿童乐园游乐飞机	红色	ND
长沙		雨花区某儿童乐园游乐设施扶手	褐色	ND
南昌		某小区运动健身器材	军绿色	ND
长沙		雨花区某儿童乐园游乐设施扶手	深蓝色	221
长沙		岳麓区某游乐园钓鱼池装饰物	绿色	351
长沙		雨花区某儿童乐园游乐设施扶手	黄色	1542
长沙		天心区某小区体育健身器材	蓝色	3727
武汉		洪山区某篮球场篮球架	绿色	9889

应用场景	地区	样本	面漆颜色	总铅含量 (ppm)
休闲娱乐场所 及其设施	长沙	天心区某儿童乐园游乐小火车	红色	175200
	长沙	岳麓区某游乐园钓鱼池装饰物	黄色	309200
	长沙	天心区某小区体育健身器材	黄色	536600
	长沙	岳麓区某游乐园自控飞机坐骑	橙色	643900
车辆及船舶	长沙	共享单车	蓝色	ND
	长沙	共享电动车	蓝色	ND
	长沙	小型货车	白色	ND
	武汉	小型挖掘机	黄色	ND
	武汉	共享单车	青色	ND
	武汉	共享单车	白色	ND
	武汉	共享单车	蓝色	ND
	武汉	共享单车	黄色	ND
	南昌	共享电动车	蓝色	ND
	南昌	三轮车	红色	ND
	南昌	三轮车	天青蓝	ND
	南昌	叉车	橙色	ND
	南昌	水稻收割机	绿色	ND
	南昌	某校车	黄色	ND
	南昌	自卸三轮车	深蓝色	ND
	长沙	共享单车	黄色	279
	长沙	大型清洗吸污车	红色	103700
	南昌	机械挖掘机	橙色	146900
	长沙	事故车辆救援车	黄色	287400
	武汉	杭州叉车	橙色	433500
武汉	黄鹤楼码头某船甲板	军绿色	461000	

应用场景	地区	样本	面漆颜色	总铅含量 (ppm)	
道路标线	武汉	洪山区某大道斑马线	白色	ND	
	长沙	天心区某道路标线	黄色	343000	
	南昌	红谷滩区某广场地下停车场地面标线	黄色	397700	
	武汉	洪江区某广场地下停车场地面标线	黄色	478300	
	南昌	青云谱区某大道道路标线	黄色	493000	
	武汉	某集团车间门口禁停线	黄色	503500	
	武汉	洪山区某道路禁停线	黄色	571200	
其他场景	武汉	江夏区某道路消防栓	红色	ND	
	武汉	某建材家居城外金属货架	青灰色	ND	
	南昌	某超市在售金属材质保温杯	红色	ND	
	南昌	某医院后门广场U型钢管停车位挡车器	黑色	137	
	南昌	某医院后门广场U型钢管停车位挡车器	黄色	6466	
	长沙	某大学对面娱乐广场集装箱	天蓝色	24400	
	武汉	江夏区吊塔架	黄色	257200	
	南昌	某废旧钢材大市场彩钢瓦	红色	460800	
ND- 未检测出铅含量					
总铅含量 -	<90 ppm	90~ 1000 ppm	1000~ 1万 ppm	1万~ 10万 ppm	> 10万 ppm

附表2. 对市售工业涂料进行调查的样本信息及检测结果

编号	油漆名称	颜色	色系	购买途径	生产日期	总铅含量 (ppm)	达标情况	产品执行标准	
								执行标准/标准号	执行标准中的铅限值 (ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
1	T04-1 酯胶磁漆	红色	红色	某宝	2022-04-01	326	达标	企业标准:《Q/ZJHG 106-2020 各色酯胶磁漆》	无
2	速干银粉磁漆	银粉色	红色	某宝	2022-08-23	ND	达标	企业标准:《Q/0725-SLH005-2017 速干银粉磁漆》	无
3	瑞荷系列LH-9 醇酸调和漆	中灰色	其他	某宝	2022-08-10	974	达标	GB/T 9754-2018 (无该国家标准)	无
4	高闪点高固分 高光醇酸防护 涂料	大红色	红色	某东	2021-03-23	17590	不达标	企业标准:《Q/320124NGJ31-2021 高闪点安全型系列涂料》	1000 ^a
5	高级荧光漆	桔黄色	黄色	某宝	2022-01-20	ND	达标	无	无
6	油漆外用醇酸 调和漆	军车绿	绿色	某东	2022-08-26	21855	不达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂 料》	无
7	水漆水性面漆	中灰色	其他	某东	2022-09-15	31	达标	行业标准:《HG/T 4758 水 性丙烯酸树脂涂料》	无
8	道路划线漆	黄色	黄色	某宝	2022-08-15	15050	不达标	国家标准:《GB/T 25263-2010 氯化橡胶防 腐涂料》	无
9	漆醇酸调和漆	绿色	绿色	某宝	2022-07-09	20595	不达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂 料》	无

编号	油漆名称	颜色	色系	购买途径	生产日期	总铅含量 (ppm)	达标情况	产品执行标准	
								执行标准/标准号	执行标准中的铅限值 (ppm) a: 总铅含量 b: 可溶性铅含量
10	新型环保防腐涂料	铁红色	红色	某宝	2022-05-18	13	达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂料》	无
11	工业涂料 CO3-3绿醇酸调和漆	绿色	绿色	某宝	2022-08-11	25490	不达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂料》	无
12	100系列醇酸类漆	中黄色	黄色	某东	2022-08-05	106000	不达标	无	无
13	醇酸调和漆	红色	红色	某宝	2022-07-26	35	达标	国家标准:《GB/T 25251 醇酸树脂涂料》	无
14	多功能涂料	黑色	其他	某宝	2021-05-07	1754	不达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂料》	无
15	油漆醇酸调和漆	中黄色	黄色	某宝	2022-02-27	80660	不达标	国家标准:《GB/T25251-2010 醇酸树脂涂料》	无
16	工业防腐涂料	黄色	黄色	某宝	2022-08-28	27495	不达标	Q/dyx-2009 (企业标准, 未公开)	/
17	油漆立体锤纹漆	银绿色	绿色	某宝	2022-05-20	ND	达标	企业标准:《Q/330483 TNP 09-2021 溶剂型醇酸树脂涂料》	无
18	高档金属涂料 氯化橡胶面漆	银色	其他	某宝	2022-08-01	ND	达标	行业标准:《HG/T 2454-2014 溶剂型聚氨酯涂料(双组分)》	无

编号	油漆名称	颜色	色系	购买途径	生产日期	总铅含量 (ppm)	达标情况	产品执行标准	
								执行标准/标准号	执行标准中的铅限值 (ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
19	道路标线涂料	中黄色	黄色	某宝	2022-08-12	27230	不达标	企业标准:《Q/JR022-2021 道路标线涂料》	无
20	水性地坪漆	苹果绿	绿色	某宝	2022-09-20	ND	达标	国家标准:《GB/T 22374-2008 地坪涂装材料》(过时标准,已被替代)	30 ^b
21	涂料工业涂料	中绿色	绿色	某东	2022-08-16	42250	不达标	企业标准:《Q/FH 004-2018 改性醇酸树脂系列涂料》	无
22	防水隔热涂料	白色	其他	某宝	2022-08-22	ND	达标	无	无
23	彩钢瓦翻新专用水漆	红色	红色	某宝	2022-09-10	ND	达标	行业标准:《HG/T 4758-2014 水性丙烯酸树脂涂料》	无
24	水性黑板漆	黑板绿	绿色	某宝	2022-09-02	ND	达标	行业标准:《JG/T 3003-1993 多彩内墙涂料》	无
25	涂料快干磁漆	中蓝色	其他	某宝	2022-07-27	85	达标	HGT2576-2013 (无该行业标准)	无
26	漆	银粉色	红色	某宝	2021-11-04	ND	达标	企业标准:《Q/320400ZQ900 酚醛类油漆及辅助材料》	无
27	钢铁保护专家	红丹色	红色	某宝	2022-09-18	1732	不达标	国家标准:《GB/T 19001-2008 质量管理体系要求》(过时标准,已被替代)	无

编号	油漆名称	颜色	色系	购买途径	生产日期	总铅含量 (ppm)	达标情况	产品执行标准	
								执行标准/标准号	执行标准中的铅限值 (ppm) a: 总铅含量 b: 可溶性铅含量
28	锤纹漆防盗门机械专用漆	金色	黄色	某宝	2022-03-08	878	达标	行业标准:《HG/T 2455-93 各色醇酸调合漆》	无
29	高档金属防锈漆	红色	红色	某宝	2022-09-02	834	达标	国家标准:《GB/T 25251 醇酸树脂涂料》	无
30	油漆	中灰色	其他	某宝	2021-11-19	29	达标	国家标准:《GB/T 25251-2010 醇酸树脂涂料》	无
31	涂料	白色	其他	某东	2022-03-24	ND	达标	国家标准:《GB/T 25271-2010 硝基涂料》	无
32	氟碳金属漆	铁红色	红色	某东	2022-08-13	816	达标	企业标准:《Q/L H036-2014 汽车漆》	无
33	水性金属漆	黑色	其他	某宝	2022-02-22	ND	达标	行业标准:《HG/T 4758-2014 水性丙烯酸树脂涂料》	无

附表3. 对市售木器涂料的调查的样本信息

编号	平台	涂料类别	产品名称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
1	某宝	硝基类	优质漆油	皇室金色	黄色	03/11/2021	有	有效	达标	ND	Q/STSL2-2017(企业标准未公开); 国家标准:《GB/T 19001 质量管理体系 要求》	无
2	某宝	硝基类	优质漆油	裂纹红色	红色	22/01/2021	有	有效	达标	ND	Q/STSL3-2020(企业标准未公开); 国家标准:《GB/T 19001 质量管理体系 要求》	无
3	某宝	硝基类	手扫漆	中黄	黄色	无	有	有效	达标	ND	国家标准:《GB/T 23998-2009 室内装饰装修用溶剂型硝基木器涂料》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
4	某宝	醇酸类	高级醇酸磁漆高闪点安全环保型涂料	红丹	红色	12/09/2022	无	无	不达标	218460	行业标准:《HG/T 2455-93 各色醇酸调合漆》	无
5	某宝	醇酸类	高级醇酸磁漆高闪点安全环保型涂料	大红	红色	25/08/2022	无	无	不达标	224	行业标准:《HG/T 2455-93 各色醇酸调合漆》	无

编号	平台	涂料类别	产品标称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
6	某宝	醇酸类	高级醇酸磁漆高闪点安全环保型涂料	防锈锈红	红色	07/09/2022	无	无	达标	ND	行业标准:《HG/T 2455-93 各色醇酸调合漆》	无
7	某宝	聚氨酯类	家易健康木器漆	PU白底漆	白色	09/03/2022	有	有效	达标	ND	企业标准:《Q/HR 036-2020 木器用聚氨酯漆及辅助系列表7 I类》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
8	某宝	聚氨酯类	聚酯彩色漆	大红	红色	17/07/2022	无	无	不达标	35265	行业标准:《HG/T 2454-2014 溶剂型聚氨酯涂料(双组分)》	无
9	某宝	聚氨酯类	家易健康木器漆	PU亚光白面漆	白色	12/06/2022	有	有效	达标	ND	企业标准:《Q/HR 036-2020 木器用聚氨酯漆及辅助系列表5 II类》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
10	某宝	聚氨酯类	聚酯彩色漆	黑色	黑色	23/08/2022	无	无	达标	ND	行业标准:《HG/T 2454-2014 溶剂型聚氨酯涂料(双组分)》	无

编号	平台	涂料类别	产品标称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
11	某东	醇酸类	醇酸清漆II类	清漆	透明	无	无	无	达标	ND	国家标准:《GB/T 25251 醇酸树脂涂料》	无
12	某东	醇酸类	醇酸清漆II类	清漆	透明	无	无	无	达标	ND	国家标准:《GB/T 25251 醇酸树脂涂料》	90 ^a
13	某东	醇酸类	新型环保防腐涂料	红色	红色	无	无	无	不达标	115	国家标准:《GB/T 19001-2016 质量管理体系要求》; 国家标准:《GB/T 24001-2016 环境管理体系要求及使用指南》; 国家标准:《GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系要求及使用指南》	无
14	某东	醇酸类	油漆	红调和漆	红色	无	无	无	达标	ND	企业标准:《Q/CY-QSC-1.02-2021 各色调合漆》	无
15	某东	聚氨酯类	水晶高聚酯漆	栗壳	棕色系	27/12/2021	无	无	不达标	207	企业标准:《Q/LH046-2016 聚氨酯漆》	无
16	某东	聚氨酯类	家易健康木器漆	PU透明底漆	透明	16/06/2022	有	有效	达标	ND	企业标准:《Q/HR 036-2020 木器用聚氨酯漆及辅助系列表6 I类》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a

编号	平台	涂料类别	产品名称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
17	某东	硝基类	漆	黑面漆(亮光)	黑色	22/06/2022	有	有效	达标	ND	国家标准:《GB/T 23998 室内装饰装修用溶剂型硝基木器涂料》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
18	某东	硝基类		哑深啡色	棕色系	01/11/2021	无	无	达标	ND	Q/STSL2-2017(企业标准未公开); 国家标准:《GB/T 19001 质量管理体系 要求》	无
19	某东	硝基类	硝基涂料	亮光大红	红色	无	无	无	不达标	2365	无	无
20	某多多	醇酸类	涂料高磁	中黄高光	黄色	26/08/2022	无	无	不达标	28337	HGT2576-2013 (无该行业标准)	无
21	某多多	醇酸类	涂料快干磁	中兰	蓝色	01/09/2022	无	无	达标	28337		无
22	某多多	醇酸类	高闪点低VOC醇酸防护涂料(高光)	大红高光	红色	无	无	无	不达标	5750	企业标准: 《Q/320124NGJ31-2019 高闪点安全型醇酸系列涂料》	无

编号	平台	涂料类别	产品标称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
23	某多多	聚氨酯类	木器漆	亮光白面漆	白色	20/06/2022	有	有效	达标	ND	国家标准:《GB/T 23997-2009 室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
24	某多多	聚氨酯类	木器漆	白面漆(柔哑)	白色	16/04/2022	有	有效	达标	ND	企业标准:《Q/JBLKJ 47-2020 木器用聚氨酯实色漆》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
25	某多多	聚氨酯类	家俪健康器木白漆	PU半亮白面漆	白色	13/03/2022	有	有效	达标	ND	企业标准:《Q/HR 036-2020 木器用聚氨酯漆及辅助系列表5 II类》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
26	某多多	硝基类	硝基涂料	亮光海兰	蓝色	无	无	无	不达标	100	国家标准:《GB 18581-2009 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》(过时标准,已被替代); 国家标准:《GB/T 23997-2009 室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料》(涂料类型错误)	90 ^b

编号	平台	涂料类别	产品称	颜色	色系	生产日期	实物是否有3C认证	实物3C认证是否有效	达标情况	总铅含量(ppm)	产品执行标准	
											执行标准/标准号	执行标准中的铅限值(ppm) a:总铅含量 b:可溶性铅含量
27	某多多	硝基类	硝基涂料	亮光大红	红色	无	无	无	不达标	2207	国家标准:《GB 18581-2009 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》(过时标准,已被替代); 国家标准:《GB/T 23997-2009 室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料》(涂料类型错误)	90 ^b
28	某多多	硝基类	木器漆	白底漆	白色	05/05/2022	有	有效	达标	ND	国家标准:《GB/T 23998-2009 室内装饰装修用溶剂型硝基木器涂料》; 国家标准:《GB 18581-2020 木器涂料中有害物质限量》	90 ^a
29	某多多	硝基类	硝基涂料	亮光中蓝	蓝色	无	无	无	不达标	10332	国家标准:《GB 18581-2009 室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》(过时标准,已被替代); 国家标准:《GB/T 23997-2009 室内装饰装修用溶剂型聚氨酯木器涂料》(涂料类型错误)	90 ^b

文献

LITERATURE

- [001] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Legally-binding controls on lead paint[EB/OL]. (2022)[2022-08-19]. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/legally-binding-controls-on-lead-paint>.
- [002] KIRIHARA O, LI X, BOHN D. The Asia Pacific Coatings Market[EB/OL]. Coatings World, 2020. (2020)[2022-09-16]. https://www.coatingsworld.com/issues/2020-08-01/view_features/the-asia-pacific-coatings-market/.
- [003] IPEN, 深圳市零废弃环保公益事业发展中心. 中国家用溶剂型涂料的总铅和可溶性铅含量调查[EB/OL]. (2017)[2022-10-08]. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-china-lead-report-v1_4-zh.pdf.
- [004] 无毒先锋. 2021年溶剂型性木器漆铅含量市场调查报告[EB/OL]. (2021)[2022-10-11]. <http://www.toxicfree.org.cn/html/751028183.html>.
- [005] O'CONNOR D, HOU D, YE J等. Lead-based paint remains a major public health concern: A critical review of global production, trade, use, exposure, health risk, and implications[J]. *Environment International*, 2018, 121: 85–101.
- [006] GILBERT S G, WEISS B. A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ [J]. *NeuroToxicology*, 2006, 27(5): 693–701.
- [007] LIN G Z, PENG R F, CHEN Q等. Lead in housing paints: An exposure source still not taken seriously for children lead poisoning in China[J]. *Environmental Research*, 2009, 109(1): 1–5.
- [008] GREENWAY J A, GERSTENBERGER S. An Evaluation of Lead Contamination in Plastic Toys Collected from Day Care Centers in the Las Vegas Valley, Nevada, USA[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010, 85(4): 363–366.

- [009] 世界卫生组织. 全球消除含铅涂料: 各国应采取行动的原因和方式. 技术简介 [Global elimination of lead paint: why and how countries should take action. Technical brief]. [EB/OL]. 日内瓦: (2020)[2022-09-26]. <https://saicmknowledge.org/sites/default/files/publications/9789240011212-chi.pdf>.
- [010] GIBSON J L. A plea for painted railings and painted walls of rooms as the source of lead poisoning amongst Queensland children. 1904.[J]. Public Health Reports, 2005, 120(3): 301-304.
- [011] RABIN R. Warnings unheeded: a history of child lead poisoning.[J]. American journal of public health, American Public Health Association, 1989, 79(12): 1668-1674.
- [012] JACOBS D E. Lead-based paint as a major source of childhood lead poisoning: a review of the evidence[J]. Lead in Paint, Soil, and Dust: Health Risks, Exposure Studies, Control Measures, and Quality Assurance (Beard ME, Iske SDA, eds). ASTM STP, 1995, 1226: 175-187.
- [013] IPEN. Asia Regional Paint Report[EB/OL]. (2014)[2022-09-28]. <https://ipen.org/documents/asia-regional-paint-report>.
- [014] IPEN. GLOBAL LEAD PAINT ELIMINATION REPORT[EB/OL]. (2020)[2022-09-26]. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-global-lead-report-2020-v1_3a-en.pdf.
- [015] GOULD E. Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control[J]. Environmental health perspectives, National Institute of Environmental Health Sciences, 2009, 117(7): 1162-1167.
- [016] 联合国环境规划署. 含铅涂料重配方技术指南[EB/OL]. 瑞士, 日内瓦: (2022)[2022-09-28]. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39709/Lead_Paint_Guide_CH.pdf?sequence=7&isAllowed=y.
- [017] 中国石油和化学工业协会. GB/T 2705-2003 涂料产品分类和命名[S]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2003.
- [018] 联合国环境规划署, 世界卫生组织, 美国国家环境保护局. 铅涂料规范指南及示范法 [EB/OL]. (2018)[2022-09-26]. unep.org/resources/publication/mod-

el-law-and-guidance-regulating-lead-paint.

- [019] UNEP, LEAD PAINT ALLIANCE. Lead Paint Factsheet[EB/OL]. (2019)[2022-10-09]. <https://saicmknowledge.org/library/lead-paint-factsheet>.
- [020] IPEN. GLOBAL LEAD PAINT ELIMINATION REPORT[EB/OL]. (2016)[2022-09-27]. <https://ipen.org/documents/global-lead-paint-report-2016>.
- [021] CHINESE RESEARCH ACADEMY OF ENVIRONMENTAL SCIENCES (CRAES) NCP. Market Analysis of the Coating Industry in China[EB/OL]. (2020)[2022-09-28]. <https://saicmknowledge.org/library/market-analysis-coating-industry-china>.
- [022] IPEN. 消除含铅涂料:保护儿童健康[EB/OL]. (2014)[2022-09-28]. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-booklet-lead-v1_3b-zh-web.pdf.
- [023] CHINA NATIONAL COATING INDUSTRY ASSOCIATION (CNCIA). State of art in Chinese Paint Industry and its efforts associated with the elimination of lead paint[EB/OL]. (2016)[2022-09-28]. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/25131>.
- [024] 伍思扬, 叶旌, 田祎等. 我国含铅涂料管控现状及建议[J]. 现代化工, 2017, 37(11): 1-5.
- [025] 屠振文. 消除含铅涂料危害 任重而道远[J]. 上海涂料, 2013, 51(12): 3.
- [026] WERE F H, MOTURI M C, GOTTESFELD P等. Lead exposure and blood pressure among workers in diverse industrial plants in Kenya[J]. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Taylor & Francis, 2014, 11(11): 706-715.
- [027] RODRIGUES E G, VIRJI M A, MCCLEAN M D等. Personal exposure, behavior, and work site conditions as determinants of blood lead among bridge painters[J]. Journal of occupational and environmental hygiene, Taylor & Francis, 2009, 7(2): 80-87.
- [028] US HUD. Lead-based paint and housing renovation. In: Guidelines for the evaluation and control of lead-based paint hazards in housing[EB/OL]. (2012)[2022-08-12]. https://www.hud.gov/program_offices/healthy_homes/lb-p/hudguidelines.
- [029] JACOBS D E, CLICKNER R P, ZHOU J Y等. The prevalence of lead-based paint

- hazards in US housing.[J]. Environmental health perspectives, 2002, 110(10): A599–A606.
- [030] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Childhood lead poisoning[J]. World Health Organization, 2010.
- [031] 世界卫生组织. 铅中毒[EB/OL]. (2021)[2022-08-11]. <https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
- [032] REYES J W. Environmental Policy as Social Policy? The Impact of Childhood Lead Exposure on Crime[J]. The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy, 2007, 7(1).
- [033] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Final Review of Scientific Information on Lead - Version of December 2010[EB/OL]. (2010)[2022-09-25]. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/27635>.
- [034] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fact: lead is toxic[EB/OL]. (2020)[2022-12-01]. https://www.who.int/multi-media/details/-fact-lead-is-toxic_EN.
- [035] ATSDR, EPA. Toxicological profile for lead[EB/OL]. (2020)[2022-11-01]. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>.
- [036] KNOLLMANN-RITSCHEL B E C, MARKOWITZ M. Educational case: Lead poisoning[J]. Academic Pathology, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 2017, 4: 2374289517700160.
- [037] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Alliance to Eliminate Lead Paint: operational framework[EB/OL]. World Health Organization(2012)[2022-11-02]. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FWC-PHE-EPE-12.02>.
- [038] LANPHEAR B P, HORNUNG R, KHOURY J等. Low-level environmental lead exposure and children’s intellectual function: an international pooled analysis[J]. Environmental health perspectives, National Institute of Environmental Health Sciences, 2005, 113(7): 894–899.
- [039] NTP. Health effects of low-level lead (National Toxicology Program Monograph)[EB/OL]. National Institutes of Health, 2012. (2012)[2022-08-11].

https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealth-effects-low-level-lead_newissn_508.pdf.

- [040] CHOWDHURY R, RAMOND A, O' KEEFFE L M等. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis[J]. *bmj*, British Medical Journal Publishing Group, 2018, 362.
- [041] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Preventing disease through healthy environments: exposure to lead: a major public health concern[R]. Geneva PP - Geneva: World Health Organization, 2019.
- [042] SCHWARTZ J. Low-Level Lead Exposure and Children's IQ: A Metaanalysis and Search for a Threshold[J]. *Environmental Research*, 1994, 65(1): 42–55.
- [043] WINNEKE G, KRÄMER U. Neurobehavioral aspects of lead neurotoxicity in children.[J]. *Central European journal of public health*, 1997, 5(2): 65–69.
- [044] NEEDLEMAN H L, BELLINGER D. The health effects of low level exposure to lead[J]. *Annual review of public health*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, 1991, 12(1): 111–140.
- [045] BELLINGER D C, STILES K M, NEEDLEMAN H L. Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: a long-term follow-up study[J]. *Pediatrics*, American Academy of Pediatrics, 1992, 90(6): 855–861.
- [046] SHEN X, WU S, YAN C. Impacts of low-level lead exposure on development of children: recent studies in China[J]. *Clinica Chimica Acta*, Elsevier, 2001, 313(1–2): 217–220.
- [047] U.S. EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for Lead (Final Report, Jul 2013).[J]. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2013.
- [048] ETTINGER A S, WENGROVITZ A M. Guidelines for the identification and management of lead exposure in pregnant and lactating women[EB/OL]. (2010)[2022-10-23]. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11854>.
- [049] MIELKE H W, ZAHRAN S. The urban rise and fall of air lead (Pb) and the latent surge and retreat of societal violence[J]. *Environment International*, 2012, 43: 48–55.

- [050] M. A T, LEONARDO T. Economic Costs of Childhood Lead Exposure in Low- and Middle-Income Countries[J]. Environmental Health Perspectives, Environmental Health Perspectives, 2013, 121(9): 1097–1102.
- [051] WRIGHT J P, DIETRICH K N, RIS M D等. Association of prenatal and childhood blood lead concentrations with criminal arrests in early adulthood[J]. PLoS medicine, Public Library of Science San Francisco, USA, 2008, 5(5): e101.
- [052] NEEDLEMAN H L, MCFARLAND C, NESS R B等. Bone lead levels in adjudicated delinquents: A case control study[J]. Neurotoxicology and Teratology, 2002, 24(6): 711–717.
- [053] DENNO D W. Biology and violence: From birth to adulthood[M]. Cambridge University Press, 1990.
- [054] NEEDLEMAN H L, RIESS J A, TOBIN M J等. Bone Lead Levels and Delinquent Behavior[J]. JAMA, 1996, 275(5): 363–369.
- [055] NEVIN R. How lead exposure relates to temporal changes in IQ, violent crime, and unwed pregnancy[J]. Environmental research, Elsevier, 2000, 83(1): 1–22.
- [056] NEVIN R. Understanding international crime trends: The legacy of preschool lead exposure[J]. Environmental Research, 2007, 104(3): 315–336.
- [057] PICHERY C, BELLANGER M, ZMIROU-NAVIER D等. Childhood lead exposure in France: benefit estimation and partial cost-benefit analysis of lead hazard control[J]. Environmental Health, BioMed Central, 2011, 10(1): 1–12.
- [058] 袁东, 叶舜华, 徐晓辉等. 无铅汽油使用后学龄儿童血铅, 智商变化及经济效益初探[J]. 环境与职业医学, 2004, 21(2): 104–106.
- [059] GROSSE S D, MATTE T D, SCHWARTZ J等. Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States.[J]. Environmental health perspectives, 2002, 110(6): 563–569.
- [060] LANDRIGAN P J, FULLER R, ACOSTA N J R等. The Lancet Commission on pollution and health[J]. The Lancet, 2018, 391(10119): 462–512.
- [061] 中华人民共和国工业和信息化部.《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录

- (2010年本)》发布[EB/OL]. (2010)[2022-08-18]. https://www.miit.gov.cn/x-wdt/gxdt/ldhd/art/2020/art_e7af6408cb2d4c12be28e7d2493236cd.html.
- [062] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 产业结构调整指导目录(2011年本)(发展改革委令2011第9号)[EB/OL]. (2011)[2022-08-18]. http://www.gov.cn/flfg/2011-04/26/-content_1852729.htm.
- [063] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发国家环境保护“十二五”规划的通知[EB/OL]. (2011)[2022-08-18]. http://www.gov.cn/zwggk/2011-12/20/content_2024895.htm.
- [064] 环境保护部. 重金属污染综合防治“十二五”规划[EB/OL]. (2011)[2022-08-18]. <https://www.mee.gov.cn/ywdt/hjnews/201409/W020140903603840681475.pdf>.
- [065] 环境保护部. 关于发布《2012年国家先进污染防治示范技术名录》和《2012年国家鼓励发展的环境保护技术目录》的公告[EB/OL]. (2012)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201207/t20120711_233344.htm.
- [066] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部 科技部 环境保护部关于发布《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录(2012年版)》的通告[EB/OL]. (2012)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/gwy/201301/t20130124_245486.htm.
- [067] 中华人民共和国环境保护部办公厅. 关于提供环境保护综合名录(2013年版)的函[EB/OL]. (2013)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/b-gth/201401/t20140124_266909.htm.
- [068] 中华人民共和国环境保护部办公厅. 关于提供环境保护综合名录(2015年版)的函[EB/OL]. (2015)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/b-gth/201512/t20151231_320861.htm.
- [069] 国家发展改革委, 商务部. 国家发展改革委 商务部关于印发市场准入负面清单草案(试点版)的通知[EB/OL]. (2016)[2022-08-18]. <http://images.mofcom.gov.cn/www/201604/20160415094358221.pdf>.
- [070] 工业和信息化部, 科学技术部, 环境保护部. 三部委关于发布《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录(2016年版)》的通告[EB/OL]. (2016)[2022-08-18]. https://www.miit.gov.cn/zwggk/zcwj/wjfb/tg/art/2020/art_dc43629922e941628a7c065dad0214d6.html.

- [071] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发石化和化学工业发展规划(2016-2020年)的通知[EB/OL]. (2016)[2022-08-19]. https://www.miit.gov.cn/jgs-j/ghs/wjfb/art/2020/art_1192e7a26da947aeb81276657052f8d1.html.
- [072] 国家发展改革委, 环境保护部, 工业和信息化部. 关于发布电解锰等5项行业清洁生产评价指标体系的公告2016年第21号[EB/OL]. (2016)[2022-08-22]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/g-g/201610/t20161014_961167.html?code=&state=123.
- [073] 中华人民共和国环境保护部办公厅. 关于提供环境保护综合名录(2017年版)的函[EB/OL]. (2018)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/zcghtjdd/sth-jzc/201812/t20181210_683997.shtml.
- [074] 国家发展改革委, 商务部. 国家发展改革委 商务部关于印发《市场准入负面清单(2018年版)》的通知[EB/OL]. (2018)[2022-08-18]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201812/t20181228_962356.html?code=&state=123.
- [075] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 发展改革委修订发布《产业结构调整指导目录(2019年本)》[EB/OL]. (2019)[2018-08-18]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/06/content_5449193.htm.
- [076] 中华人民共和国生态环境部办公厅. 关于印发《环境保护综合名录(2021年版)》的通知[EB/OL]. (2021)[2022-08-18]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202111/t20211102_958837.html.
- [077] 中国涂料工业协会秘书处. 中国涂料行业"十二五"规划(之一)——产业政策发展规划[J]. 中国涂料, 2011, 26(3): 8.
- [078] 中国涂料工业协会. 中国涂料行业"十三五"规划(二)[J]. 中国涂料, 2016, v.31;-No.23(04): 29-44.
- [079] 中国涂料工业协会. 中国涂料行业“十四五”规划(二)[J]. 中国涂料, 2021, 36(04): 1-13.
- [080] 中国涂料工业协会. 中国涂料行业“十四五”规划(三)[J]. 中国涂料, 2021, 36(05): 1-10.
- [081] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2020 Update on the Global Status of Legal Limits on Lead in Paint[R]. 2021.
- [082] ASTR. What Are U.S. Standards for Lead Levels?[EB/OL]. (2019)[2022-08-22].

https://www.atsdr.cdc.gov/csem/leadtoxicity/safety_standards.html#:~:text=Since 2009%2C the lead allowable,most paints is now 0.009%25.

- [083] UNITED STATES COMMISSION CONSUMER PRODUCT SAFETY. Lead in Paint[EB/OL]. [2022-08-22]. <https://www.cpsc.gov/Business--Manufacturing/Business-Education/Lead/Lead-in-Paint>.
- [084] UNEP. Toolkit for establishing laws to eliminate lead paint-Lead in Paint: U.S. Legal Framework Case Study[EB/OL]. 2021, [2022-08-24]. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22859/Module Hii US Case Study FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [085] GOTTESFELD P. Time to ban lead in industrial paints and coatings[J]. Frontiers in public health, Frontiers Media SA, 2015, 3: 144.
- [086] THE NATIONAL CAUCUS OF ENVIRONMENTAL LEGISLATORS. Delaware Passes First in Nation Ban on Outdoor Lead-Based Paint[EB/OL]. (2018)[2022-08-23]. <https://www.ncelenviro.org/articles/delaware-passes-first-in-nation-ban-on-outdoor-lead-based-paint/>.
- [087] JAQUES. AN ACT TO AMEND TITLES 14, 16, 17, 26, AND 29 OF THE DELAWARE CODE RELATING TO THE USE OF LEAD PAINTS ON OUTDOOR STRUCTURES[S]-Sate of Delaware, United states: Legislative Council, General Assembly Sate of Delaware, 2018.
- [088] EUROPEAN COMMISSION. REACH[EB/OL]. [2022-08-31]. https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm.
- [089] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Understanding REACH[EB/OL]. [2022-08-31]. <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>.
- [090] UNEP. Toolkit for establishing laws to eliminate lead paint-Establishing Legal Limits on Lead in Paint: The European Union Experience[EB/OL]. (2021)[2022-09-05]. <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/36927/ELLLPEUEMHi.pdf>.
- [091] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Substances restricted under REACH[EB/OL]. [2022-08-31]. <https://echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>.

- [092] OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION. REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC)[EB/OL]. (2008)[2022-09-05]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R1272&from=EN#d1e119-36-1>.
- [093] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Authorisation List[EB/OL]. [2022-08-31]. https://echa.europa.eu/authorisation-list?p_p_id=dislists_WAR_dislistsportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_dislists_WAR_dislistsportlet_cur=1&_dislists_WAR_dislistsportlet_substance_identifier_field_key=&_dislists_WAR_dislistsportlet.
- [094] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Candidate List of substances of very high concern for Authorisation[EB/OL]. [2022-08-31]. https://echa.europa.eu/candidate-list-table?p_p_id=dislists_WAR_dislistsportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_dislists_WAR_dislistsportlet_haz_detailed_concern=&_dislists_WAR_dislistsportlet_orderByCol=dte_inclusion&_dislists_WAR_dislistsportlet.
- [095] EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Summary of obligations resulting from inclusion of SVHCS in the Candidate List[EB/OL]. [2022-08-31]. <https://echa.europa.eu/candidate-list-obligations>.
- [096] COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Council Directive (EU) 2017/738 of 27 March 2017 amending, for the purpose of adapting to technical progress, Annex II to Directive 2009/48/EC of the European Parliament and of the Council on the safety of toys, as regards lead (Text with EEA relevance.)[EB/OL]. [2022-08-31]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:%3A32017L0738>.
- [097] SHEN Z, HOU D, ZHANG P等. Lead-based paint in children's toys sold on China's major online shopping platforms[J]. Environmental pollution (Barking, Essex: 1987), 2018, 241: 311-318.
- [098] LE BOT B, ARCELIN C, BRIAND E等. Sequential digestion for measuring leachable and total lead in the same sample of dust or paint chips by ICP-MS[J]. Journal of Environmental Science and Health, Part A, Taylor & Francis, 2011, 46(1): 63-69.

- [099] WORLD HEALTH ORGANIZATION, GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. Brief guide to analytical methods for measuring lead in paint[M]. 第2nd ed版. Geneva PP - Geneva: World Health Organization, 2020.
- [100] DESHOMMES E, TARDIF R, EDWARDS M等. Experimental determination of the oral bioavailability and bioaccessibility of lead particles[J]. Chemistry Central Journal, 2012, 6(1): 138.
- [101] IPEN. Statement for the International Lead Poisoning Prevention Week[EB/OL]. (2021)[2022-09-15]. https://ipen.org/news/statement-international-lead-poisoning-prevention-week#_ftn2.
- [102] 中国涂料工业协会. 中国涂料行业“十四五”规划(一)[J]. 中国涂料, 2021, 36(03): 9-29.
- [103] 广东省市场监督管理局. 广东省剃须刀、电推剪及类似器具产品 质量监督抽查实施细则 [EB/OL]. (2022)[2022-10-13]. http://amr.gd.gov.cn/zwgk/zcfg/qtwj/content/post_3986962.html.
- [104] 上海市市场监督管理局. 上海市产品质量监督抽查实施细则(2022版第五批)[EB/OL]. (2022)[2022-10-13]. <http://scjgj.sh.gov.cn/154/20221011/2c984a7283bc51ee0183c686a2114ca5.html>.
- [105] 上海市市场监督管理局. 关于发布《上海市产品质量监督抽查实施细则(2022版第一批)》的通知[EB/OL]. (2022)[2022-10-13]. <http://scjgj.sh.gov.cn/1511/20220228/2c9bf2f67f2b46c4017f3ee98eda71a8.html>.
- [106] 江苏省市场监督管理局. 2022年省级工业品产品质量监督抽查实施细则[EB/OL]. (2022)[2022-10-13]. http://scjgj.jiangsu.gov.cn/art/2022/6/30/art_78969_10524256.html.
- [107] 四川省市场监督管理局. 产品质量省级监督抽查(第二批)细则公告[EB/OL]. (2022)[2022-10-14]. <http://scjgj.sc.gov.cn/scjgj/c104492/2022/4/19/b730bab61e0444c888136f037c6cb110.shtml>.
- [108] 四川省市场监督管理局. 2022年产品质量省级监督抽查第三批细则公告[EB/OL]. (2022)[2022-10-14]. <http://scjgj.sc.gov.cn/scjgj/c104492/2022/7/8/07e453229d4648e49c2457b5585228b7.shtml>.
- [109] 湖南省市场监督管理局. 2022年湖南省重点工业产品质量监督抽查实施细则(第二批)[EB/OL]. (2022)[2022-10-14]. <http://amr.hunan.gov.cn/amr/ztx/ssjygkx/cpzlc->

j/202206/25563238/files/65eca1a64f8a447db908de640e3af227.pdf.

- [110] 湖北省市场监督管理局. 湖北省市场监督管理局关于发布《湖北省产品质量监督抽查实施细则(2022年版第一批)》的通告[EB/OL]. (2022)[2022-10-14]. http://scjg.hubei.gov.cn/zfxxgk/zcwj/qtwj/202203/t20220317_4044826.shtml.
- [111] PPG INDUSTRIES INC. 2021 ESG Report[EB/OL]. (2021)[2022-09-19]. [https://sustainability.ppg.com/Product-Innovation/Product-Stewardship#:~:text=The elimination of lead as,non-consumer products as well.](https://sustainability.ppg.com/Product-Innovation/Product-Stewardship#:~:text=The%20elimination%20of%20lead%20as%20non-consumer%20products%20as%20well.)
- [112] PAINT & COATING INDUSTRY. Jotun to Phase Out Lead Chromates from Formulations[EB/OL]. (2013)[2022-10-24]. <https://www.pcimag.com/articles/97771-jotun-to-phase-out-lead-chromates-from-formulations>.
- [113] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Legally-binding controls on lead paint[EB/OL]. [2022-09-06]. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/legally-binding-controls-on-lead-paint>.
- [114] 王文强, 吕晋茹, 贺修明等. 中国铅铬颜料替代技术最新进展[J]. 涂层与防护, 2018, 39(2): 7.
- [115] IPEN. Technical Guidelines for replacing lead oxide in anti-corrosives paints in Tunisia[EB/OL]. (2018)[2022-09-23]. <https://ipen.org/documents/replacing-lead-oxide-anti-corrosives-paints>.
- [116] IPEN. Alternatives to lead in paint[EB/OL]. (2016)[2022-09-26]. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/25113>.
- [117] ESKO. Color Pilot 16.1 - User Guide[EB/OL]. (2018)[2022-12-26]. https://docs.esko.com/docs/en-us/colorpilot/16.1/user-guide/home.html?q=en-us/common/cop/concept/co_cop_QuantifyingColors.html.
- [118] 刘浩学, 武兵, 徐艳芳. 印刷色彩学[J]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [119] 李立民. 高性能有机颜料在铅铬颜料替代中的应用[R]. 浙江: 中国涂料工业协会, 2022.
- [120] CLARIANT. Environmentally friendly coloration Lead Free Pigmen[EB/OL]. (2013)[2022-12-26]. https://saicmknowledge.org/sites/default/files/material/upload/GEF-Project/Jakarta-WS/03_Clariant_IPEN.pdf.



欢迎关注SEE基金会及SEE卫蓝侠公众号
了解更多环境治理信息！

涂 料 去 铅 化 绿 色 新 选 择