

如何实现化妆品中重金属对人体健康影响的研究与防治

刘芳¹ (刘卓依), 朱怀杰^{1, 2}

¹河南卓依文化传播有限公司生物科技部, 1650451367@qq.com;

³ Corresponding Author: 郑州大学第二附属医院, Columbia University, New York.US.
Jacksun Easy Biotech Inc. NYC. US, jacksun689@qq.com

摘要: 化妆品作为日常消费品, 其安全性关乎广大消费者的健康权益。近年来, 化妆品中重金属污染问题持续引发社会关注。本文系统梳理了化妆品中重金属的来源、健康危害机制及防治策略。研究表明, 化妆品中重金属主要来源于原料天然伴生、生产过程带入和违法故意添加三条途径; 铅、汞、砷、镉等重金属可通过皮肤吸收进入人体, 对神经系统、肾脏、免疫系统等造成多靶点损害, 其毒性机制涉及氧化应激、酶活性抑制和线粒体功能障碍等通路。当前, 我国已建立较为完善的化妆品重金属限量标准体系, 2026 年全面禁汞新规的实施标志着监管进入新阶段。防治策略应坚持“源头控制、过程监管、末端监测”的整合思路, 在完善法规标准、强化检测技术、提升消费者素养等方面协同发力。

[刘芳 (刘卓依), 朱怀杰. 如何实现化妆品中重金属对人体健康影响的研究与防治. *Academ Arena* 2026;18(9):46-49]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 07. doi:[10.7537/marsaaj180926.07](https://doi.org/10.7537/marsaaj180926.07)

关键词: 化妆品; 重金属污染; 健康风险; 毒性机制; 监管防治; 化妆品与健康

1. 引言:

化妆品已成为现代生活中不可或缺的消费品, 从日常护肤到彩妆修饰, 其使用频率和品类不断扩展。然而, 随着检测技术的进步和监管信息的透明化, 化妆品中重金属污染问题逐渐浮出公众视野。铅、汞、砷、镉等重金属元素在部分产品中被频繁检出, 甚至出现超标数万倍的极端案例, 引发了“美丽消费”背后的安全焦虑。

重金属对健康的危害具有蓄积性、隐匿性和多系统性特征。与急性中毒相比, 长期低剂量暴露更值得警惕——它可能在不引起即时症状的情况下, 悄然损害神经系统、肾脏功能和免疫屏障。这一问题的重要性还体现在暴露人群的特殊性上: 化妆品使用者多为育龄女性, 重金属可通过胎盘屏障和血脑屏障, 对胎儿发育和子代健康构成潜在威胁。

值得关注的是, 化妆品重金属问题具有双重属性: 一方面, 由于重金属在自然界广泛存在, 完全“零残留”在技术上不具可行性; 另一方面, 部分不法商家为追求速效美白而故意添加汞等禁用物质, 构成严重的公共健康风险。这种“技术性残留”与“违法性添加”的混杂, 使得问题的认知和治理更为复杂。

本文旨在系统解析化妆品中重金属的来源与归趋、健康危害的毒理学机制, 并在梳理国内外监管框架的基础上, 提出整合性的防治策略, 以期

为消费者科学认知和监管部门精准施策提供参考。

2. 化妆品中重金属的来源与暴露途径:

2.1. 来源分析:

从天然伴生到人为添加化妆品中重金属的来源可归纳为三类, 其性质和风险程度差异显著, 具体分类如下。

第一类, 天然原料中伴含重金属; 广泛存在于地壳、水体和土壤中, 化妆品原料在采集和提取过程中不可避免地会带入痕量重金属。矿物颜料 (如氧化铁、二氧化钛) 常伴随铅、铬、钴等元素; 植物提取物可能富集生长环境中的砷、镍等元素。这类来源属于“被动带入”, 其含量通常处于痕量水平。

第二类, 生产过程中的混入; 在原料运输, 生产制造和包装环节, 金属管道磨损、包装材料迁移等均可能导致镍、铬等元素进入产品。即便是严格遵循良好生产规范的企业, 也难以完全杜绝此类技术性带入。

第三类, 违法故意添加: 这是最值得警惕的来源。汞化合物能不可逆地抑制酪氨酸酶活性, 阻断黑色素生成, 在短期内产生显著的美白效果。氯化氨基汞等物质采购成本极低, 被不法商家包装为“特效淡斑霜”“七天焕肤精华”等产品, 通过微商、直播、美容院等监管薄弱渠道销售。

2005年北京市场调查显示,美容院40.7%的产品为“三无”产品,汞不合格率高达43.8%,部分样品汞含量超过国家标准数万倍。一项针对亚洲七国网购化妆品的检测发现,超过58%的样品汞含量超标,最高达144,893.9 mg/kg,超出限量标准14万倍。

2.2. 暴露途径与吸收动力学:

重金属主要通过三种途径进入人体:经皮吸收、经口摄入和呼吸道吸入。具体描述如下。

经皮吸收是化妆品暴露的主要途径。无机汞可通过跨表皮或经皮肤附属器(汗腺、皮脂腺、毛囊)途径被吸收,经皮吸收率在特定条件下可达局部实用剂量的6%。吸收率受解剖部位,剂型基质和皮肤屏障完整性影响。值得注意的是,口周涂抹或手口接触可能导致化妆品被误食,经消化道吸收的无机汞生物利用度更高。

一旦进入体内,重金属的分布具有靶器官选择性。无机汞约80%蓄积于肾脏,肾脏因此成为汞中毒最常见的靶器官。铅可在骨骼中长期储存,成为反映慢性暴露的生物标志物。汞能够穿透血脑屏障和胎盘屏障,在脑组织中的残留可达20年之久。

3. 重金属对人体健康的影响与毒理学机制:

3.1. 靶器官毒性:

肾脏损害:肾脏是汞蓄积的主要靶器官。进入肾小管上皮细胞的汞离子与含巯基的酶结合,干扰细胞能量代谢和转运功能,引发蛋白尿、肾病综合征,严重者可致肾功能衰竭。临床案例中,一名45岁女性因使用汞超标美白化妆品6个月,出现双下肢水

肿和大量蛋白尿,尿汞/尿肌酐比值达31.7 $\mu\text{g/g}$ (正常值0—4 $\mu\text{g/g}$),确诊为继发性肾病综合征。

神经系统损害:铅和汞均为强神经毒性物质,铅离子可阻断电压门控和受体操纵的钙通道,干扰突触发育和神经递质释放,导致学习记忆能力下降。汞中毒早期表现为神经衰弱综合征(失眠、记忆力减退、情绪不稳),进展期可出现意向性震颤和共济失调。

其他系统影响:镉可激活caspase蛋白酶级联反应,诱导神经细胞凋亡,同时抑制Ca-ATP酶活性,干扰钙稳态。铅还可引起线粒体功能障碍,通过活性氧积累导致DNA损伤和细胞凋亡。此外,汞可在睾丸组织中蓄积,影响精子质

量;穿透胎盘屏障则直接损害胎儿神经系统发育。

3.2. 毒理学机制:

重金属毒性的分子机制主要包括以下通路:

氧化应激通路,重金属离子通过Fenton样反应催化活性氧生成,导致脂质过氧化、蛋白质羰基化和DNA链断裂。铅诱导的线粒体通透性转换孔开放是细胞凋亡的关键环节。

酶活性抑制。汞离子对含巯基的酶具有高亲和力和力,可结合超氧化物歧化酶、精氨酸酶I等多种酶的半胱氨酸残基,干扰其催化功能。汞对酪氨酸酶的不可逆抑制是其美白作用的分子基础,但也正是这一机制的中断导致了黑色素代谢紊乱和皮肤屏障损伤。

离子稳态干扰。铅和镉可模拟钙离子,干扰钙通道和钙结合蛋白,影响神经递质释放、肌肉收缩和细胞信号转导。

3.3. 健康风险的空间差异:

值得注意的是,化妆品重金属健康风险在不同人群中存在显著差异。一项针对巴基斯坦偏远地区的研究提示,社会经济条件较差的人群更可能使用廉价、未经监管的化妆品,从而承受更高的暴露风险。网络销售渠道的监管薄弱进一步放大了这一问题—网购化妆品的重金属超标率显著高于实体店正规产品。

4. 测技术与监管框架:

4.1. 检测技术进展:

准确的重金属检测是风险评估和监管执法的基础。当前主要检测方法包括:原子光谱法是应用最广泛的技术平台。原子荧光光谱法对砷、汞具有高灵敏度和低检出限,优化后的方法可将检出限分别降至0.012 $\mu\text{g/L}$ 和0.008 $\mu\text{g/L}$ 。电感耦合等离子体发射光谱法可实现多元素同时检测,对Hg、Pb、Cr、Ni、Cd、As、Bi、Ti的检出限为

0.50—2.03 $\mu\text{g/L}$ 。荧光光电化学法作为新兴技术,可同时测定6种重金属,相关系数达0.999968,加标回收率99.38%—104.86%。X射线荧光光谱法的非破坏性特点使其适用于快速筛查,一项针对网购化妆品的大型调查即采用该方法完成。不同方法的适用性取决于检测目的——执法筛查需要高通量,确证检测则要求高精度。

4.2. 国内外监管标准比较:

我国《化妆品安全技术规范》(2015年版)规定:汞 $\leq 1 \text{ mg/kg}$,铅 $\leq 10 \text{ mg/kg}$,砷 $\leq 2 \text{ mg/kg}$,镉 $\leq 5 \text{ mg/kg}$ 。2026年7月1日起,新修订的汞及

其化合物标准正式实施，将此前允许在眼部产品中微量使用的有机汞防腐剂（硼酸苯汞、硫柳汞）彻底禁用，标志着化妆品“全面禁汞”。

国际层面，《关于汞的水俣公约》要求缔约方逐步淘汰含汞化妆品；美国 FDA 规定除痕量杂质外不得含有汞；欧盟允许眼部产品中含 70 ppm 有机汞防腐剂，但 SCCS 持续收紧评估标准。标准差异导致监管套利空间——部分超标产品可能从监管宽松地区流向严格地区，网购渠道尤其突出。

4.3. 行业合规现状与挑战：

正规品牌已基本完成配方升级，含汞防腐剂在合法渠道已难觅踪影。然而，非法添加问题在灰色渠道依然严峻。国家药监局历年抽检显示，美白祛斑类产品长期位居不合格品类前列。监管面临的主要挑战包括：网络销售溯源困难、非法产品识别成本高、处罚力度不足以形成有效威慑。

5. 防治策略与消费者保护：

5.1 监管层面：制度与技术并重：

完善法规标准。全面禁汞新规为行业树立了更高标杆，后续应在化妆品新原料审批、功效宣称审核等环节强化重金属风险评估。对尚未设定限量标准的元素（如铬、镍），应基于暴露评估建立科学限值。

强化网络销售监管；网购化妆品超标率显著高于实体渠道，建议建立“平台审核—定期抽检—问题溯源”的线上监管闭环，压实电商平台的主体责任。推动检测技术创新。发展适合基层执法使用的快速筛查设备和适用于确证检测的高精度方法，提升监管的覆盖面和时效性。

5.2. 消费者层面，科学认知与理性选择：

破除“零残留”迷思。由于重金属在自然界广泛存在，宣称“不含任何重金属”既不科学也不可信。消费者应关注产品是否符合国家标准限值，而非追求绝对“纯净”。

识别风险信号。对“三天美白”“立即祛斑”等违反皮肤代谢规律的功效宣称保持警惕，这类产品大概率添加了禁用成分。购买前可通过国家药监局官网或“化妆品监管”APP 查询产品的注册备案信息。

选择正规渠道；远离上门推销、微商代理等非正规渠道销售的“三无”产品，优先选择在商场、品牌专柜或官方电商旗舰店购买。

5.3. 行业层面：原料创新与质量升级：

全面禁汞”倒逼行业寻找更安全的美白替代成分。2020 年《化妆品监督管理条例》实施后，新

原料审批提速，植物提取物、肽类、合成生物学来源的原料蓬勃发展。这不仅是合规需求，更是中国化妆品行业实现差异化竞争的战略机遇。企业应将重金属控制纳入质量管理的全链条，从原料采购、生产监控到成品检验形成闭环。

6. 结语：

化妆品中重金属问题是一个兼具科学深度和社会广度的议题。从科学角度看，它涉及痕量分析化学、毒理学、流行病学等多学科交叉；从治理角度看，它考验法规设计、监管执行和行业自律的协同能力。2026 年全面禁汞新规的实施，标志着我国化妆品重金属治理从“限量管控”走向“源头清零”的新阶段。然而，技术性残留无法彻底消除，非法添加仍有滋生空间，防治工作注定是一场持久战。唯有坚持科学认知、完善制度设计、提升公众素养三管齐下，方能让美丽不再以健康为代价。

参考文献：

- [1] 河北省药品监督管理局. 化妆品中的“隐形杀手”——水银君[EB/OL]. (2025-09-29).
- [2] 南京 12320. 天哪！三个月逆袭美白肌，结果竟造成肾损伤！[EB/OL]. (2024-11-26).
- [3] Multi-metric health risk assessment of heavy metal contamination in cosmetics: A comparative analysis of makeup, henna and skin creams[J]. ScienceDirect, 2026.
- [4] 严向阳. 荧光光电化学法测定护肤品铅、汞等 6 种重金属含量[J]. 现代科学仪器, 2024(2).
- [5] 中国消费者报. 拨开护肤品重金属疑云[N]. 2025-06-13.
- [6] 光明网. 化妆品“无汞时代”全面来临[EB/OL]. (2026-07-29).
- [7] 电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)测定化妆品中 8 种重金属含量[J]. 日用化学工业, 2025(9).
- [8] Heavy Metals and Human Health: Possible Exposure Pathways and the Competition for Protein Binding Sites[J]. NIH/PMC, 2021.
- [9] 海南省市场监督管理局. 聊聊化妆品中的重金属[EB/OL]. (2025-09-04).
- [10] Heavy Metals and Human Health: Possible Exposure Pathways and the Competition for Protein Binding Sites[J]. NIH/PMC, 2021.
- [11] 中国医药报. 警惕汞超标化妆品[N]. 2021-11-02.
- [12] 原子荧光法测定化妆品中砷汞含量的优化研究[J]. 广东化工, 2025(19).

[13] Heavy metal in cosmetics and its risk to future generation [J]. Scientific Reports, 2025.

09092026