

国内外儿童用品吸入性化学应激源限量定值政策分析

孙旭东¹ 刘庚慧¹ 蔡晨蕊¹ 杨跃翔¹ 张庆² 刘晓^{3*}

(1.中国矿业大学(北京); 2.中国检验检疫科学研究院; 3.北方工业大学)

摘 要: 儿童健康安全一直是全社会高度关注的问题。随着各类儿童用品更加丰富多样,在生产过程中需要加入一定量的化学物质来提高质量与性能,但过量的化学物质会对儿童身体健康产生较大影响,因此对儿童用品中有害化学物质限量的研究十分必要。本文对吸入性化学应激源进行概念界定,介绍了儿童用品中的典型吸入性化学应激源,分析了其危害以及应用产品,并梳理对比欧盟、美国、日本与中国儿童用品中典型有害化学物质限量定值。本文研究为我国吸入性化学应激源限量社会经济分析研究提供了政策支持。

关键词: 儿童用品,吸入性,应激源,限量定值

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.09.009

Analysis of Domestic and International Policies on the Limit Values of In-halable Chemical Stress Sources in Children's Products

SUN Xu-dong¹ LIU Geng-hui¹ CAI Chen-rui¹ YANG Yue-xiang¹
ZHANG Qing² LIU Xiao^{3*}

(1. China University of Mining and Technology (Beijing); 2. Chinese Academy of Inspection and Quarantine;
3. North China University of Technology)

Abstract: Children's health and safety have always been a highly concerned issue in the whole society. As the types of children's products become more diverse, it is necessary to add a certain amount of chemical substances in the production process to improve quality and performance. However, excessive chemical substances can have a significant impact on children's physical health. Therefore, it is necessary to study the limit of harmful chemicals in children's products. This paper defines the concept of inhalation chemical stressors, introduces typical inhalation chemical stressors in children's products, analyzes their hazards and application products, and compares the limit values of typical harmful chemicals in children's products in the European Union, the United States, Japan, and China. The results provide support for the social and economic analysis of limited levels of inhaled chemical stressors in China.

Keywords: Children's products, inhalation, stressors, limited quantity

基金项目: 本文受国家重点研发计划“儿童用品中吸入性化学应激源限量研究”(项目编号: 2022YFF0606205)资助。

作者简介: 孙旭东, 博士, 副教授, 研究方向为能源经济与产业政策等。

刘庚慧, 硕士生, 研究方向为社会经济分析。

蔡晨蕊, 硕士生, 研究方向为能源经济与政策等。

杨跃翔, 博士, 教授, 研究方向为质量治理等。

张庆, 博士, 研究员, 研究方向为消费品中化学风险源的识别、评估及控制等。

刘晓, 通信作者, 博士, 讲师, 研究方向为决策评价。

0 引言

根据第七次全国人口普查数据,2020年中国0~17周岁儿童人口为2.98亿,占全国总人口的21.1%^[1],因儿童在身体、心理等各方面不够成熟,时常会受到来自各方面的伤害,儿童安全一直是全社会高度关注的问题。随着生活质量的提高,各类儿童用品更加丰富多样,在生产过程中通常需要加入一定量的化学物质来提高儿童用品质量与性能,但化学物质过量会对儿童身体健康或生命安全造成重大威胁,吸入性化学应激源是引起儿童身体不适,影响儿童健康的一种挥发性的可吸入的化学物质,其通常为长期的潜在危害,对儿童健康存在更大的威胁,因此对儿童用品中可吸入化学应激源限量的研究与规范十分必要。

在相关研究中,刘雅慧等^[2]基于气相色谱-轨道阱高分辨质谱建立了进口儿童纺织品中潜在化学危害物质的非靶向分析方法;周荣喜等^[3]基于社会经济影响分析(SEA)提出了消费品中有害化学物质限量定值的流程;杨跃翔等^[4]提出了一种确定消费品中化学品含量限制的方法,通过扩展ALARP原则,增加价格和成本变化的影响,确定消费品中化学物质的含量限制。基于现有文献来看,我国目前缺乏针对儿童用品吸入性化学应激源的限量方法研究。

为解决儿童用品吸入性化学应激源限量综合影响难以评价的问题,建立较为完善的儿童用品中吸入性化学应激源限量的社会经济分析方法,本文对国内外相关政策与机构进行了梳理与分析,追踪目前世界范围内较为完善的有害化学物质限量政策体系,为我国吸入性化学应激源限量研究与政策标准完善提供参考。

1 典型儿童用品吸入性化学应激源

1.1 吸入性化学应激源概念

“应激”一词源自于英文单词“stress”,最初是由加拿大病理学家汉斯·塞利(Hans Selye)于1946年首次提出该概念,并将其定义为“对于机体而言,任何使其失衡的事件”。机械物理学上,该词

译为“压力”;而在生物学或心理学领域,该词译为“应激”。吸入性化学应激源的基本认识可以概括为:当儿童用品处于暴露或接触环境下,通过口腔或鼻腔进入气管和下呼吸系统,影响人体健康的液态或固态化学品,文章中研究的吸入性化学应激源主要考虑具有挥发性的化学物质,不考虑呈现微颗粒状态的可吸入的化学物质。

1.2 儿童用品典型吸入性化学应激源

儿童用品中的有害化学物质很容易通过唾液、汗液迁移到儿童体内,可导致儿童出现抵抗力下降、精神状况差、记忆力减退、贫血、脱发等症状,严重时可对肝脏等器官造成损伤,有的甚至有致癌作用^[5]。吸入性化学应激源主要考虑具有挥发性的化学物质,对儿童的影响途径主要是吸入,图1展示了常见的典型吸入性化学应激源,主要包括邻苯二甲酸酯、甲酰胺、双酚A、三氯苯酚、甲醛、多环芳烃等。

邻苯二甲酸酯类(PAEs)增塑剂与聚合物基体一般属于物理链接,在制品的二次加工和使用过程中,会发生不同程度的迁移、抽出和挥发,从而进入与之接触的固体、液体或气体中^[6],研究表明邻苯二甲酸酯在人体和动物体内发挥着类似雌性激素的作用,长期摄入可能会影响人体内分泌,导致体内激素水平改变,对于正处于生长发育期的儿童,长期摄入可能会造成肝脏损伤,引发早熟症状^[7],常见于橡皮擦和书写笔等文具中。

甲酰胺具有挥发性,如若被吸入或者是接触并渗透至皮肤中,进入人体会损伤血液和神经系统,会对皮肤和眼睛产生刺激,还可以通过呼吸道、消化道及皮肤黏膜吸收进入体内,甲酰胺长期吸入对血液、肝肾、神经、生殖系统有一定损伤^[8],常见于儿童地垫、瑜伽垫。

双酚A主要用于聚碳酸酯塑料和环氧树脂的制造,儿童过量摄入双酚A会导致儿童的生长发育问题以及与生殖系统有关的疾病^[4],该化学物质广泛存在于食品容器、饮料罐和水管的内侧,以及婴儿奶瓶、热敏纸等日常用品当中^[9]。

三氯苯酚具有一定的防霉效果,但是对人体具有较大的生物毒性,因其有升华的特性,挥发

性极强,吸入或经皮肤吸收可引起头痛、疲倦、眼睛、黏膜及皮肤的刺激症状,神经痛,多汗,呼吸艰难,肝、肾损害等,常见于儿童木质玩具。

甲醛具有挥发性,是一种反应活性很强的醛类化合物,根据受甲醛刺激程度的不同,人体可能发生的疾病有:咽喉炎、结膜炎、胃炎及胃痛、不眠症以及视力减退等^[10],是白血病、鼻咽肿瘤等疾病的诱因,常见于婴儿床、仿瓷碗等儿童用品中。

多环芳烃可通过消化吸收、皮肤接触以及呼吸吸入而给消费者带来危害,具有致癌、致畸和致突变性,在儿童塑料玩具的生产过程中,它通常是

作为塑料添加剂进入生产环节中,危害性很高^[11]。

2 国内外儿童用品有害化学物质限量政策

2.1 欧盟典型有害化学物质限量标准

欧盟的有害化学物质限量研究政策体系以指令性文件为框架,分阶段、分领域、分角度发布指南文件作为总体标准,并依据相关指南文件发布具体的分类标准,形成了总体指令-总体标准-分类标准的层次结构。选择儿童玩具作为儿童用品有害化学物质的研究对象,图2重点梳理了2007年

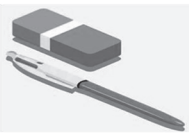
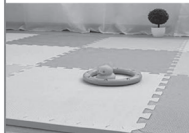
邻苯二甲酸酯 (DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP)  (橡皮擦和书写笔) 塑料中用量最大的添加剂,主要用于聚氯乙烯材料。 会危害男性生殖能力,促使女性性早熟,增加女性患乳腺癌的几率。	甲醛 (CH₂NO)  (儿童地垫瑜伽垫) 泡沫塑料制品中使用甲醛胶量越大塑料越轻。 可通过呼吸道和皮肤进入人体,通常会有刺激皮肤和黏膜、引起消化道不适、影响神经系统等危害。	双酚A (CAS: 80-05-7)  (婴儿奶瓶) 双酚A主要用于聚碳酸酯塑料和环氧树脂的制造。 儿童过量摄入会导致生长发育问题以及生殖系统有关的疾病。	三氯苯酚 (C₆H₃Cl₃O; HOC₆H₂Cl₃)  (木质玩具) 主要用作染料中间体、气相色谱对比样品、防腐剂。 误服或吸入有较高毒性,能经皮肤吸收中毒。	甲醛 (HCHO或CH₂O)  (婴儿床、仿瓷碗) 甲醛可以生产出工业树脂、防皱、阻燃、印染等的助剂等。 对呼吸道、眼睛和皮肤黏膜有刺激作用,是白血病、鼻咽肿瘤等癌症的诱因。	多环芳烃 (CAS:120-12-7)  (橡胶、塑料玩具) 橡胶制品填充油和炭黑的原材料。 可通过消化吸收、皮肤接触以及呼吸吸入而给儿童带来潜在危害,具有致癌、致畸和致突变性。
---	---	--	---	---	--

图1 典型吸入性化学应激源及对应的儿童用品

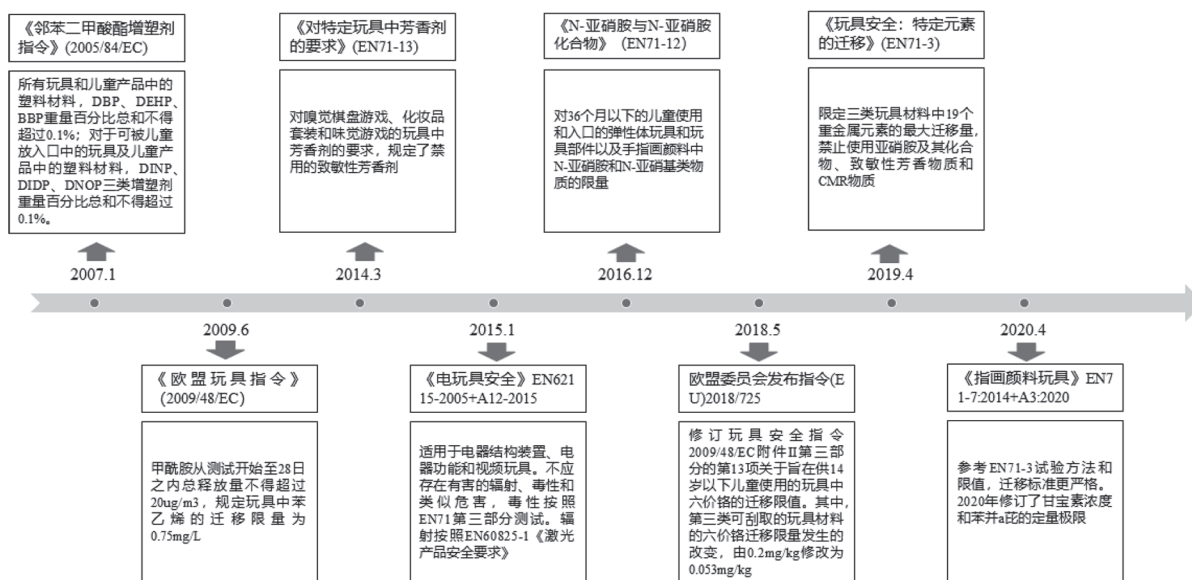


图2 欧盟典型有害化学物质限量法规标准演变

REACH指令实施之后的欧盟对儿童玩具中化学物质限量法规与标准,包括:2009/48/EC《欧盟玩具安全指令》、EN71系列《欧盟玩具安全标准》、EN62115《电玩具安全》等,可以看到欧盟的政策法规标准体系较为完备,规定玩具产品中化学物质必须符合REACH指令,建立有害化学物质列表达到205种。

2.2 美国典型有害化学物质限量标准

美国注重法规标准相应的体系建设,以儿童玩具产品法规为例,分为联邦强制性法规和自愿性标准。自愿性标准,类似于社会团队标准,逐渐成为美国标准形成的重要路径,通过所有利益相关方的广泛参与来制定,为公众参与方式视角下限量制定提供了借鉴。联邦强制性法规包括:美国联邦消费品安全法规《联邦规章典籍》第16部分(16CFR, FHSA)、《消费品安全法案》(CPSA)和《消费品安全改进法案》(CPSIA/HR4040)。自愿性标准有ASTM F963(国际标准认可并制定)。还有一些涉及到玩具产品的地方州法案,表明产品进

入美国既要满足联邦法规的要求也要满足地方法规的要求。表1中美国机构针对可迁移元素含量的规定与限量研究方法以及公众参与的方式,可为吸入性应激源限量确定提供借鉴。

2.3 日本典型有害化学物质限量法规标准介绍

日本曾在1973年颁布《化学物质控制法案》,与欧盟 REACH 体系类似,主要对具有生物富集性、持久性和长期毒性的化学物质进行规制和管理。在常见的有害化学物质中,日本针对邻苯二甲酸酯类物质的限量要求最严格,从表2可以看出,《食品、添加剂、容器和包装、玩具、洗涤剂规格标准》《玩具安全标准ST 2002》《食品卫生法施行规则》第八版等法规标准中禁止邻苯二甲酸酯类物质在儿童用品中添加。

2.4 中国典型有害化学物质限量标准

截至2022年底我国已发布国家标准超过4.3万项,涉及儿童用品相关研究的国内标准相对广泛,针对儿童用品吸入性化学应激源限量相关研究很少,目前相关标准已涵盖:安全层面、儿童用品层

表1 美国典型有害化学物质限量法规标准介绍

法规与标准分类	规制政策	主要内容
强制性法规	《美国联邦法规》(16CFR-1303)	关于含铅油漆和某些含有铅油漆消费品的禁令条款
	《消费品安全改进法案》(CPSIA/HR4040)	对DEHP、DBP、BBP的使用量和DINP、DIDP、DNOP的浓度含量限值
自愿性标准	《玩具安全》(ASTM F963)	限制总铅含量和表面涂层8种重金属可迁移化学元素(镉、砷、钡、镉、铬、铅、汞和硒)的含量
地方州法案	《包装用品之毒性要求》(USEPA)	法规限定包装中铅、镉、汞、六价铬4种重金属总和
	《儿童和婴儿用品法》(纽约州)	禁止销售含有阻燃剂磷酸三(2-氯乙)酯、苯、甲醛、石棉和有机卤素阻燃剂
	《防范铅毒法》(伊利诺伊州)	规定玩具及其任何零部件的总铅含量
	《儿童产品有毒物质控制法案》(缅因州)	现有36种高关注度物质,包括邻苯二甲酸二乙酯、甲醛等
	《华盛顿儿童安全产品法案》	法规包含的高度关注物质数量已达到67种,包括甲醛、双酚A、镉、阻燃剂2,3-二氯-1-丙醇磷酸酯和各种邻苯二甲酸盐物质等
	《美国宾夕法尼亚州玩具安全标准》	关于玩具填充物限制铅、氨、尿素、油和油脂的含量限制

表2 日本有害化学物质限量法规标准介绍

法规标准	限量要求
《食品、添加剂、容器和包装、玩具、洗涤剂规格标准》	规定玩具不得使用以DEHP为原材料的PVC10合成树脂
《玩具安全标准ST2002》第八版	以DEHP、DBP或BBP为原材料的PVC合成树脂不得用于玩具,以DINP、DIDP或DNOP为原材料的PVC合成树脂不得用于与嘴接触的玩具,3岁以下儿童玩具、安抚奶嘴和婴儿磨牙圈不得使用含PVC的合成树脂为原材料
《食品卫生法施行规则》	玩具不得使用以 DINP 为原材料的 PVC 合成树脂

面、卫生质量层面、可迁移元素层面、测定方法层面等。国内对消费品、学生用品有害化学物质限量进行限制,针对吸入性化学应激源限量研究目前缺乏。其中,同一种有害化学物质限量在不同类型的产品中限量不同,因此针对限量研究对象界定需要进一步明确。在研究期内,我国对儿童用品有害化学物质限量要求越来越严格且涉及的化学物品越来越多。从表3可以发现,国内更新的部分法规以及相关标准时间越来越频繁,安全限值、检测技术等相关标准的提出将为未来限量标准制定提供支撑和条件。

3 儿童用品典型有害化学物质限量定值要求

基于现有资料研究发现,除欧盟有明确的社会经济分析指南,各国在有害化学物质限量定值方面目前重点考虑健康安全维度,并通过理化试验进行定值。本文梳理了欧盟、美国、日本与中国儿童用品中典型有害化学物质限量定值,重点分析了邻苯二甲酸酯、甲酰胺、六价铬、双酚S、双酚A、三氯苯酚、甲醛、多环芳烃8种典型有害化学物质,结果见表4。可以发现欧盟对儿童用品限量要

表3 国内相关限量政策法规

规制政策	发布日期	主要内容
GB/T 41725-2022《消费品中化学物质限量制定导则》	2022.10	本文件给出了消费品中化学物质限量制定的基本流程,规定了收集信息、确定参考限量、社会经济分析、确定综合限量等相关内容。本文件适用于规范和指导各类组织开展消费品中化学物质限量制定的相关活动
GB/T 39498-2020《消费品中重点化学物质使用控制指南》	2020.11	中国第一次从整体消费品的层面去制定的基础通用的化学物质使用管控标准。本标准中限制了117种化学物质
《消费品化学危害限制要求》征求意见稿	2020.11	儿童鞋产品的皮革和皮毛用品,六价铬物质含量 $\leq 10\text{mg/kg}$;纺织品,六价铬物质溶出量 $< 5\text{mg/kg}$;接触皮肤的皮革产品和带有皮革的产品,皮革部分该物质浓度(以皮革干重计) $\leq 3\text{mg/kg}$
轻工行业标准QB/T 2309-2020《橡皮擦》	2020.8	提出DBP、BBP、DEHP 3种增塑剂总含量 ≤ 0.1 和DNOP、DINP、DIDP 3种增塑剂总含量 ≤ 0.1 ,同时对于单一样品的单一材料的取样量不足 10mg 时予以豁免
GB 21027-2020《学生用品的安全通用要求》	2020.7	增加了橡皮擦产品中邻苯二甲酸酯类增塑剂质量项目要求,并对其限量进行了规定($\text{DBP}+\text{BBP}+\text{DEHP} \leq 1\text{g/kg}$, $\text{DNOP}+\text{DINP}+\text{DIDP} \leq 1\text{g/kg}$)
GB 21027-2020《学生用品的安全通用标准》	2020.7	可触及的塑料件中邻苯二甲酸二乙酯(DEHP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、邻苯二甲酸丁基苄酯(BBP) 3种邻苯二甲酸酯总含量应不超过 1000mg/kg 。对于单一样品的单一材料的取样量不足 10mg 时予以豁免
台湾地区CNS 15493-2015《拼接塑料地垫之安全要求》	2015.4	甲酰胺不得超过 200mg/kg 。其中,46批次样品甲酰胺含量超出限量值,占比38.3%
GB 6675.1和GB 6675.4-2014《玩具安全》	2014.5	规定了玩具产品中材料和部件中可迁移元素8项重金属最大限量要求和塑化材料6种增塑剂的含量限量要求
GB 6675-2014《玩具安全》	2014.5	目前也只对DBP, BBP, DEHP, DNOP, DINP, DIDP几种邻苯二甲酸酯做出要求,而未对DIBP做出限量要求
GB 28482-2012《婴幼儿安抚奶嘴安全要求》	2012.6	婴幼儿安抚奶嘴产品中,奶瓶中双酚A物质的迁移量应 $\leq 0.1\text{mg/L}$
GB 24613-2009《玩具用涂料中有害物质限量》	2009.9	这一强制性标准适用于各类玩具用涂料,并规定了所有玩具用涂料中DEHP、DBP和BBP的总含量不超过0.1%,所有玩具用涂料中DINP、DIDP和DNOP的总含量不超过0.1%
GB 9685-2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》	2008.9	规定食品模拟物中双酚S的迁移限量为 0.05mg/kg
GB 9685-2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》	2008.9	规定丙烯腈单体迁移量不得超过 0.02mg/kg

注:邻苯二甲酸盐是一组化合物,常测试的是6种即DEHP、DBP、BBP、DINP、DNOP、DIDP。邻苯二甲酸盐是类似植物油的透明液体,很少或没有气味,是PVC(塑料)材料常用的增塑剂(提高弹性)。

表4 国内外儿童用品有害化学物质限量定值要求

化学物质	儿童用品欧盟限量要求	儿童用品美国限量要求	儿童用品日本限量要求	儿童用品中国限量要求
邻苯二甲酸酯	<0.1%	<0.1%	禁用	DBP+BBP+DEHP≤1g/kg, DNOP+DINP+DIDP≤1g/kg
甲酰胺	200mg/kg	——	——	200mg/kg (台湾)
六价铬	第一类0.02mg/kg 第二类0.005mg/kg 第三类0.053mg/kg	——	——	——
双酚S	0.05mg/kg	禁用	0.05mg/L	0.05mg/kg
双酚A	0.04mg/L	禁用(可重复使用的儿童食品和饮料容器)	——	禁止
三氯苯酚	作为CMR物质的含量限制: 10000mg/kg 聚合材料的迁移限制: 5mg/L 防腐剂含量要求: 10mg/kg	——	——	——
甲醛	纺织玩具材料中30mg/kg 皮革玩具材料中30mg/kg 纸制玩具材料中30mg/kg 水性玩具材料中10mg/kg	——	20mg/kg	500mg/kg
多环芳烃	1mg/kg	——	——	10mg/kg

求更全面、分类更清晰，且限量过程尝试纳入社会经济分析进行影响评估，其他各国限量要求基本和欧盟限量要求一致或更严格。

4 结论

本文对吸入性化学应激源进行概念界定并介绍了儿童用品中涉及到的典型吸入性化学应激源，梳理分析了欧盟、美国、日本与中国儿童用品有害

化学物质限量相关的法规标准与儿童用品中典型有害化学物质限量定值。基于现有研究资料发现欧盟的限量定值更全面，其余各国限量要求基本和欧盟一致或更严格，各国在有害化学物质限量定值方面目前重点考虑健康安全维度，并通过理化试验进行定值。通过梳理国内外儿童用品有害化学物质限量相关的法规标准，为我国吸入性化学应激源限量研究提供了政策支持。

参考文献

[1] 国家统计局, 联合国儿童基金会, 联合国人口基金会. 2020年中国儿童人口状况: 事实与数据[R]. 2023.

[2] 刘雅慧, 李红艳, 孔祥伟, 等. GC-Orbitrap MS非靶向筛查进口儿童纺织品中未知化学危害物[J]. 质谱学报, 2023,44(1):66-77.

[3] 周荣喜, 杨跃翔, 孙榛, 等. 消费品中有害化学物质限量定值标准研究[J]. 标准科学, 2020,559(12):115-120.

[4] Yuexiang Y, Zhen S, Xiao L, et al. Optimal Decisions on Harmful Chemical Limits in Consumer Goods within an Acceptable Risk Level[J]. Processes, 2022,10(11):2259.

[5] 李焘, 宗艺晶, 陈静, 等. 消费品中有害有毒有害物质管理控制研究[J]. 材料导报, 2014,28(S1):361-363.

[6] 陈茹, 张静, 姜浩, 等. PVC塑料制品中邻苯二甲酸酯类增塑剂向空气的迁移[J]. 大连工业大学学报, 2017,36(6):436-439.

[7] 朱填坪, 赵文爱, 吴洁兰. 印花台皮中邻苯二甲酸酯的现状 & 影响分析[J]. 丝网印刷, 2022,344(24):27-29.

[8] 张晨艺, 张晶晶, 张静, 等. 关于瑜伽垫中甲酰胺释放量及释放速率的检测方法[J]. 品牌与标准化, 2023,380(3):140-143.

[9] 黄丹, 郝加虎. 双酚A暴露与儿童哮喘关系的研究进展[J]. 中国学校卫生, 2022,43(9):1432-1435.

[10] 陈宏刚, 孙刚, 张树东. 人造板中甲醛的危害及降醛措施[J]. 木材工业, 2006(5):36-38.

[11] 府雨月, 丁洪流, 金琦, 等. 儿童玩具和用品中18种多环芳烃含量检测与风险分析[J]. 中国塑料, 2018,32(12):126-131.