

On the Hazard Identification Method of Plastic Toys

Xia Liu, Bisong Liu, Qian Wu, Ya Li

China National Institution of Standardization, Beijing 100191, China

塑胶玩具危害识别方法研究

刘霞, 刘碧松, 吴倩, 李亚

中国标准化研究院质量管理分院, 北京 100191, 中国

Abstract

Safety of plastics toys has been paid more and more attention. Risk identification of plastic toy in product life cycle, has important effect on promoting the safety of the products. A comprehensive list is established during the design stage. During the manufacturing process, safety check list is used. The identification method of packaging stage is fault hypothesis analysis. Hazard identification of logistics stage using hazard and operability analysis (HAZOP) method. The using stage used FMEA and FTA to identify the hazards. The recovery stage adopted fault hypothesis analysis methods.

Keywords: plastics toy; life cycle; hazard identification

摘要

塑胶玩具的安全性关注度越来越高, 对其安全消费要求也越来越严格, 对塑胶玩具产品生命周期的风险进行识别, 对提升其质量安全水平具有重要的指导作用。设计阶段的危害识别建立了塑胶玩具在设计阶段的危害识别综合列表。制造过程中的危害通过基于制造工艺流程的安全检查表法进行识别。包装阶段的危害识别采用故障假设分析法, 物流阶段的危害识别采用了危险与可操作性研究 (HAZOP) 法, 使用阶段采用基于层次分析的故障模式影响分析法 (FMEA) 和故障树法 (FTA) 查找事故的根本原因及触发条件。回收阶段采用故障假设分析法, 分析消费品材料在回收阶段不当的处理方法可能导致的环境危害。

关键词: 塑胶玩具; 生命周期; 危害识别

1. 引言

塑胶玩具有多种形式, 是孩子们喜爱的玩具类型。目前市场上销售的塑胶玩具有一次模压成型的, 也有通过各种零部件组装而成的, 还有的可能会采用带铝合金扣件的工程塑料等。由于塑胶材料玩具的使用人群大多是儿童, 而儿童极易吞食塑料玩具, 塑胶材料中存在的危害因素对儿童的身体及成长会有很大的伤害, 所以对塑胶玩具存在的危害因素进行识别非常重要。

2. 设计阶段危害识别

2.1. 识别使用信息

塑胶玩具的设计阶段危害识别采用情景分析法, 以“使用者→使用动作→伤害情景→危害”为识别线索, 进行危害识别, 并将识别的信息记入设计阶段危害识别综合分析表。

2.2. 识别使用动作

塑胶玩具的正常使用动作包括: 按照塑胶玩具的不同功能正常使用、娱乐等, 其可合理预见的误使用包括: 非可拆卸的玩具随意拆卸、摔坏、啃噬、按压、过度拉伸、绳索缠绕、手指插桶玩具中的空隙、置于高温潮湿的环境、长期触摸等。

2.3. 识别危害

运用自下而上法识别危害, 分析路径为“使用者→使用动作→伤害情景→危害”。儿童在娱乐玩耍中因为啃噬可能造成如下伤害: 有害物质释放、被噎窒息、划伤、夹伤、弹伤、扎伤、缠绕脖颈窒息、肢体缺血坏死、喉咙被戳伤、微生物等细菌危害健康等。

塑胶玩具非正常使用 (如: 摔坏、破损、高温潮湿环境、液体被替换等) 可能造成的伤害为: 误食零件被噎窒息、啃咬塑胶碎片吞进有害物质、滋生微生物等细菌危害健康等。

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

2.4. 建立危害识别综合列表

采用建立危害识别综合列表法，以“使用者→使用动作→伤害情景→伤害”为线索，尽可能全

面的识别塑胶玩具的危害。专家小组成员组成：玩具设计人员、相关科研人员、质检专家等。

表 1 塑胶玩具设计阶段危害识别综合分析表

使用者		使用动作和操作		伤害情景 (从环境角度描述伤害事件发生过程)		伤害事件	危害
儿童	正常使用	化学物质	气温较高	长期触摸	化学危害儿童健康	有害物质释放：邻苯二甲酸酯 (DEHP、DBP、BBP、DINP、DIDP 和 DNOP)、可迁移元素 (镉、砷、钡、铬、镉、铅、汞、硒)	
		机械零件	零件脱落	零件被误食	被噎窒息	玩具零件松动	
				边缘或尖端锐利	划伤	玩具外缘或尖端锐利、带毛刺和斜薄边	
				手指被夹住	夹伤	活动部件间的可触及间隙尺寸不合适	
		弹性玩具		拉伸、撕扯、按压	弹伤	拉力强度被破坏	
		绳索和弹性绳		拉伸、缠绕脖颈或肢体	弹伤、缠绕脖颈窒息、肢体缺血坏死	绳索过长、拉伸强度不符合要求	
		畸形玩具		用嘴咬、插或被戳	喉咙被戳伤	突出物较硬	
		弹簧		按压	弹伤、夹伤、扎伤	弹簧距不合理、弹簧体材料易折断	
		造型多样、重叠	高温、潮湿	触摸、啃噬、误食	微生物等细菌危害健康	玩具含窝沟、褶皱	
		填充液	高温、潮湿、购置时间过长	滋生微生物等细菌	微生物等细菌危害健康	带填充液的玩具	
		被摔坏	化学物质	滋生微生物等细菌危害健康	同 1	同 1	
				啃食、撕咬	同 1	同 1	
被拆卸	机械零件	零件被误食	被噎窒息	玩具零件松动			
被替换	填充液	高温、潮湿	被替换的填充物带有微生物等细菌	微生物等细菌危害健康	带填充液的玩具		

3. 制造阶段危害识别

制造阶段的危害识别采用基于制造工艺流程的安全检查表法，主要识别制造过程中操作和管理等方面的疏忽而未能实现设计要求导致的危害，以及设计阶段未考虑而在制造过程中新增加的危害。识别工作的人员主要为企业质量控制人员，设计者和研究人员亦应参与以便及时了解过程和指导设计。

危害识别之前先进行工艺过程分析：a. 制造工艺设计：按设计要求细化工艺流程的实现，及各流程步骤中需要注意的事项及达到的安全性能以及玩具本身实现不同功能的要求。b. 原材料采购：按照设计要求进行原材料采购，包括塑胶原料、添加剂、零部件等。c. 原材料加工及零部件生产：塑胶原料需使用模具高温注塑成型，采用不同零部件进行组装。d. 组装：按照设计要求进行组装。

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

制造阶段基于工艺过程的危害识别检查表示例：

表 2 塑胶玩具制造阶段基于制造工艺的安全检查表

型号：	塑胶玩具 制造过程安全检查表				
危害识别 制造过程	设计要素	危害产生原因 (制 造工艺产生的)	危害	伤害情景	伤害
原材料采 购	化学原料中有害 物质不得超标	原材料有害物质超 标 进货检验缺少此项 对超标原材料未采 取相应措施 使 用超标添加剂 不 合格的弹簧、弹 性绳索等	有害物质易溶出 弹簧距不合理、绳索 过长、强度不够 玩 具外缘或尖端锐	触摸、啃食、撕咬	化学物质危 害儿童健康
	机械零件等应符 合要求	生产设备无法满 足 工艺要求 模具长期不检 修、 更换，导致危险突 出物产生 温度过高引起玩 具 变形，产生突出物	利、带毛刺和斜薄 边、活动部件间的可 触及间隙尺寸不合 适、玩具零件松动 突出物较硬	边缘或尖端锐利、 手指被夹住、零件 被误食 用嘴咬、捅或被戳	划伤、夹伤、 被噎窒息 喉咬被戳伤
工艺制造 过程	机械零件等应符 合要求	温度过高引起玩 具 产生化学反应	有害物质易溶出或 者分解或产生新的 聚合物	触摸、啃食、撕咬	化学物质危 害儿童健康
		操作人员对锐利边 缘处理不当	玩具外缘或尖端锐 利、带毛刺和斜薄边	边缘或尖端锐利	划伤
		操作者误操作，使 产品产生锐利边缘	玩具外缘或尖端锐 利、带毛刺和斜薄边	边缘或尖端锐利	划伤
		操作者未按照工艺 要求进行生产	活动部件间的可触 及 间隙尺寸不合适	手指被夹住	夹伤
		生产环境脏乱、高 温、潮湿	玩具沾染微生物	触摸、啃噬、误食	微生物感染
微生物指标应符 合要求	生产设备无法满 足 工艺要求	玩具含窝沟、褶皱	触摸、啃噬、误食	微生物感染	
	操作者未按照工 艺 要求进行生产	玩具沾染微生物	触摸、啃噬、误食	微生物感染	
	玩具中的填充液微 消毒、未作防腐处 理等	玩具沾染微生物	触摸、啃噬、误食	微生物感染	
装配	零部件安装应符 合要求，如：必 要的坚固、不可 拆卸、不易掉出 等	操作者未按照工 艺 要求进行生产	零部件安装不坚固、 易拆卸	啃噬、误食	被噎窒息
	填充液应采取必 要的防腐措施	操作者未按照工 艺 要求进行生产	填充液滋生微生物	啃噬、误食	微生物感染
成品检验	应按产品标准实 施出厂检验	检验人员未按照标 准完成出厂检验项 目	零部件安装不坚固、 易拆卸；玩具沾染微 生物	触摸、啃噬、误食	被噎窒息、 微生物感染 等

4. 包装阶段危害识别

消费品包装阶段的危害识别采用故障假设分析
法。专家小组通过“如果...怎么样”的提问方式，

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

对消费品包装阶段可能出现的危险因素进行设想，从而发现可能和潜在的事故隐患。包装阶段故障假设分析一般可考虑以下几方面的因素：

(1) 包装物本身的物理、化学、生物特性对消费者安全的影响。

(2) 包装通过对消费品自身性状的影响（如有害物质渗入等）从而影响消费者安全。

(3) 包装保证消费品储运方面的要求。

(4) 废弃包装物对环境的影响。

表 3 塑胶玩具包装阶段故障假设分析

类别	故障假设分析的问题	伤害	危害
包装材料物理特性	包装的方式不利于弱势群体安全开启	受伤	包装强度
	包装的结构、形状、大小不当	受伤	包装物理规格
	包装的材料是否有可靠的防潮性能	滋生微生物等细菌危害健康	受潮
包装材料化学特性	包装材料在非正常情况下会发生化学反应，产生有害物质	导致消费者中毒	化学危害
	包装填充物为有毒有害物质	导致消费者中毒	化学危害
	包装材料是否需要并采取了抗菌措施	滋生微生物等细菌危害健康	生物危害
包装材料生物特性	包装是否有可靠的防尘措施	灰尘进入影响性能进而可能影响安全	生物危害
	包装的材料不环保，不利于回收	资源浪费，破坏环境	环境危害
包装材料标识	外包装没有标明或者误标明产品的相关信息。	误导消费者，导致伤害的发生	强度
	外包装没有标明必要的警示信息	受伤	强度

5. 物流阶段危害识别

物流阶段危害识别

消费品包装阶段采用危险与可操作性研究

(HAZOP)法。通过引导词与参数得到消费品物流阶段可能出现的偏差（即事故的触发条件）和原因，进而得出消费品的危害。

HAZOP 分析方法的关键两点是引导词和参数。引

导词和参数的综合，便形成偏差，即引导词+参数

=偏差。例如，空白+压力=没有压力。参数依据消费品

不同有所不同，但引导词固定。常见的引导词如下表

所示。

表 4 HAZOP 分析常用引导词及其意义

引导词	意义
NONE (空白)	设计或者操作要求的指标和时间完全不发生
MORE (过量)	同标准值相比，数值偏大。
LESS (减少)	同标准值相比，数值偏小。
AS WELL AS (伴随)	在完成既定功能的同时，伴随多余事件发生。
PART OF (部分)	只能完成既定功能的一部分。
REVERSE (相逆)	出现和设计完全相反的事或者物。
OTHER THAN (异常)	出现和设计不同不相同的事或物。

消费品运输阶段可能用到的参数有：温度、湿度、压力、污染物、拿放轻重度，放置方向等。表 5 为塑胶玩具物流阶段 HAZOP 分析。

6. 使用阶段危害识别

使用阶段是对已有信息的辨识过程，因此采用基

于层次分析的故障模式影响分析法 (FMEA) 得到消

费品的故障模式 (危害) 信息，再已不可接受的危害

作为顶事件，采用故障树法 (FTA) 查找事故的根本

原因及触发条件。识别步骤为：系统层次分析→绘制可

靠性框图→故障模式影响分析→故障树分析。

(1) 系统层级划分：

表 5 物流阶段危险和可操作性分析

引导词	参数	偏差	原因	危害
过量	压力	折叠挤压	搬运工人疏忽、	零部件松动、脱落造成误食
伴随	高度	高处坠落	码放不当	零部件松动、脱落造成误食
过量	湿度	雨淋或受潮	储藏环境不当	滋生微生物等细菌危害健康
过量	温度	温度过高		化学有害物质析出危害健康
伴随	污染物	化学品侵蚀	储藏或运输环境不当	化学反应或直接作用危害健康
伴随	污染物	生物侵害		滋生微生物等细菌危害健康
伴随	污染物	微生物滋生		滋生微生物等细菌危害健康

- ① 系统层：一般塑胶玩具
- ② 零件层：零部件
- (2) 可靠性框图(图 1)

回收阶段危害识别
回收阶段主要考虑非设计目的零件、材料阶段也可以采用故障假设分析法,分析消费品材料在回收阶段不当的处理方法可能导致的环境危害。

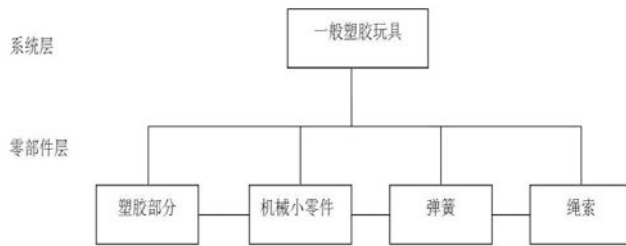


图 1 塑胶玩具可靠性框图

(3) 故障模式分析

- ① 系统层：有害物质释放、零件松动、玩具外缘或尖端锐利、带毛刺和斜薄边、活动部件间的可触及间隙尺寸不合适、玩具含窝沟或褶皱、玩具具有可盛装液体的空间、玩具具有可盛装液体的空间、突出物较硬等。
- ② 零件层：突出物较硬——有害物质释放；机械小零件——零件琐碎、易拆卸；弹簧——弹簧距不合理、弹簧体材料易折断；绳索和弹性绳——绳索过长、拉伸强度不符合要求等。下表为塑胶玩具的 FMEA 分析表(表 6)。

(4) 故障树分析

对故障模式影响分析不可接受的危害进行故障树分析,找出故障发生原因,并提出措施减小该风险顺序数。以化学有害物质的析出为例,建立如图 2 所示的故障树。

分析结论:塑胶玩具中有害物质析出的危害主要由设计阶段的设计缺陷、制造阶段的原材料与工艺、使用阶段的使用不当等因素引起。

塑胶玩具的回收阶段可能造成的环境污染主要为塑胶材料的有害物质污染(表 7)。当塑胶玩具没有经过回收处理而直接弃置于环境中,也会造成塑胶材料、金属材料、化学纤维类绳索布料等方面的污染。由于塑胶玩具的使用数量巨大,且更新较快,因此污染程度严重。有必要采取措施进行回收分解以及再利用。

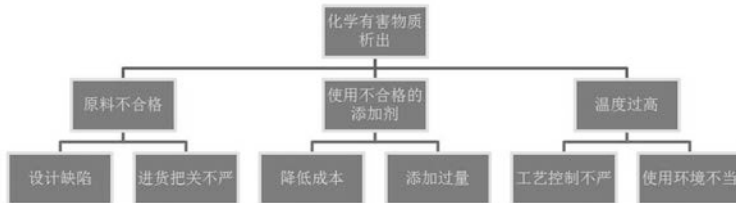
8. 结束语

塑胶玩具的质量安全需要符合各个国家相应的标准和技术法规。设计阶段的危害识别建立了塑胶玩具在设计阶段的危害识别综合列表。制造过程中由于操作和管理等方面的疏忽而未能实现设计要求导致的危害可以通过基于制造工艺流程的安全检查表法进行识别。包装阶段的危害识别采用故障假设分析法,对塑胶玩具包装阶段可能出现的危险因素进行设想,从而发现可能和潜在的事故隐患。物流阶段的危害识别可采用危险与可操作性研究(HAZOP)法,引导词与参数得到其在物流阶段可能出现的偏差(即事故

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

表 6 塑胶玩具使用阶段 FMEA 分析

层级	名称	故障模式 (危害) 图 2 塑胶玩具故障示意图	故障后果	故障原因/机理
136 系统层	一般塑胶玩具	有害物质释放：邻苯二甲酸酯（DEHP、DBP、BBP、DINP、DIDP 和 DNOP）、可迁移元素（镉、砷、钡、铬、镉、铅、汞、硒）	化学危害儿童健康	设计时未考虑有害物质含量标准；进货检验缺少此项；原材料有害物质超标、对超标原材料未采取相应措施；使用超标添加剂；生产过程中工艺控制不严格，温度过高等
		玩具零件松动	被噎窒息	设计时未考虑零件安装的坚固和耐用性、未标明玩具的适用年龄；制造中操作人员未执行工艺要求；生产设备不满足工艺要求
		玩具外缘或尖端锐利、带毛刺和斜薄边	划伤	设计时考虑不周；外缘或尖端过于锐利；制造中未修整
		活动部件间的可触及间隙尺寸不合适	夹伤	设计时考虑不周；制造中模具未检修；检验工具不齐全导致漏检
		玩具含窝沟、褶皱	滋生微生物等细菌危害健康	设计时考虑不周；工艺控制不严格；制造磨具出现破损；使用时环境潮湿、不卫生等
		玩具具有可盛装液体的空间	滋生微生物等细菌危害健康	原装液体产生微生物或使用者灌装了含有微生物的替代液体
		绳索过长、拉伸强度不符合要求	弹伤、缠绕脖颈窒息、肢体缺血坏死	设计时考虑不周；制造工艺控制不好
		突出物较硬	喉咙被戳伤	设计时考虑不周；制造工艺控制不好
	弹性玩具	拉力强度不符合要求	弹伤	使用中用力拉扯；拉伸弹力过大
带弹簧玩具	弹簧距不合理、弹簧体材料易折断	弹伤、夹伤、扎伤	原材料不符合要求；制造中工艺控制不符合要求	
零部件层	塑胶部分	有害物质释放：邻苯二甲酸酯（DEHP、DBP、BBP、DINP、DIDP 和 DNOP）、可迁移元素（镉、砷、钡、铬、镉、铅、汞、硒）	化学危害儿童健康	设计时未考虑有害物质含量标准；进货检验缺少此项；原材料有害物质超标、对超标原材料未采取相应措施；使用超标添加剂；生产过程中工艺控制不严格，温度过高等
	机械小零件	零件琐碎、易拆卸	被噎窒息	设计时未考虑零件安装的坚固和耐用性、未标明玩具的适用年龄；制造中操作人员未执行工艺要求；生产设备不满足工艺要求
	弹簧	弹簧距不合理、弹簧体材料易折断	弹伤、夹伤、扎伤	原材料不符合要求；制造中工艺控制不符合要求
	绳索和弹性绳	绳索过长、拉伸强度不符合要求	弹伤、缠绕脖颈窒息、肢体缺血坏死	设计时考虑不周；制造工艺控制不好



Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

表 7 回收阶段危害识别

材料名称 本材料名称	材料性质 本材料性质	危害 本材料危害
金属零部件（如弹簧、铆钉等）	金属材料	化学物质可能含有有害物质；材料本身不可降解对土壤、水等可能具有污染 金属固体废物对土壤、水等的污染
绳索、布料等	织物（不可降解的化学材料）	化学物质可能含有有害物质；材料本身不可降解对土壤、水等可能具有污染

的触发条件)和原因,进而得出危害。使用阶段是对已有信息的辨识过程,因此采用基于层次分析的故障模式影响分析法(FMEA)得到消费品的故障模式(危害)信息,再以不可接受的危害作为顶事件,采用故障树法(FTA)查找事故的根本原因及触发条件。回收阶段主要考虑环境方面的影响。这个阶段采用故障假设分析法,分析消费品材料在回收阶段不当的处理方法可能导致的环境危害。

Acknowledgements

This study was supported by the project of the central basic scientific research "the safety risk assessment method of consumer goods based on simulation technology -a case study for children" (No. 552015Y-3990), and the project of public welfare project for quality supervision "Research on the general safety standards of chemical hazards in consumer goods and the key technical standards of 10 kinds of goods kinds" (No. 201510203).

致谢

本研究得到中央基本科研业务费项目《基于仿真技术的消费品安全风险评估方法研究——以儿童用品为例》(课题号:552015Y-3990)、质检行业公益课题《消费品中化学危害共性安全标准及10类重点产品关键技术标准研制》(课题号:201510203)的资助。

9. 参考文献

[1] Liu Xia, Hongqi Luo, Fu RuI, Heliang Song, Study on Hazards Identification for the Life Cycle of Household Electric Blankets, *Advanced Materials Research*, 2014, 218-221
 [2] S.J. Guo The Meteorological Disaster Risk Assessment Based on the Diffusion Mechanism, *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2012, 2(2): 124 - 130.
 [3] Freija H., van Duijne, Dirk van Aken, Evert G.

Schouten, Considerations in developing complete and quantified methods for risk assessment, *Safety Science*, 245-254 (2008).
 [4] Xiankui Zeng, Dong Wang, Jichun Wu. Evaluating the Three Methods of Goodness of Fit Test for Frequency Analysis. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2015, 5(3): 178-187.
 [5] Kjellen, U.. Transfer of experiences from the users to design to improve safety in offshore oil and gas production. In: Wilpert, B., Fahlbruch, B. (Eds.), *System Safety- Challenges and Pitfalls of Intervention*. Pergamon Press, Oxford, 2002.
 [6] Zhou Haijing, Yu Jin. The failure mode, effect and criticality analysis and fault tree analysis. *Beijing: Aviation Industry Press* (2003)
 [7] 江艳, 章若红, 沈国耀, 风险评估标准和儿童用品风险评估研究, 上海标准化, 2010(6)
 [8] 刘胡炜; 曹寅, 碎纸机产品风险评估研究, 质量与标准化, 2014(8)
 [9] 徐蓓蓓, 鹿文军, 李辉, 毕凯军. 进出口商品风险评估价中的风险识别和等级确定. *检验检疫科学*, 2008(2)
 [10] CPSC. *Handbook for Manufacturing Safer Consumer Products*, US Consumer Product Safety Commission (2006)