

DOI:CNKI:61-1390/S.20110810.1102.026

网络出版时间:2011-08-10 11:02:00

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110810.1102.026.html>

废旧电池液对小鼠染色体及肝肾功能的影响

石 靖,赵咏梅,侯 伟

(西安文理学院 生命科学系,陕西 西安 710065)

【摘 要】 【目的】研究废旧电池液对小鼠染色体及肝肾功能的损伤作用,为揭示废旧电池液对动物细胞的影响机理提供参考。【方法】先进行废旧电池液对小鼠的经口急性毒性试验,设置体积分数分别为 20%,40%,60%,80%和 100%的 5 个废旧电池液处理组,灌胃剂量为 0.5 mL/(只·d),同时设置阴性对照组(灌胃重蒸水)和空白对照组(不做处理),连续灌胃观察 10 d,记录小鼠行为变化及存活情况,并测定 LD₅₀。然后用体积分数为 20%,40%和 60%的废旧电池液经腹腔注射小鼠,剂量为 0.5 mL/(只·d),连续注射 5 d,同时设立重蒸水阴性对照组和环磷酰胺阳性对照组,通过对染色体畸变率和小鼠血清中肝功能指标(总胆红素(TBIL)、血清肌酐(Cr)、尿酸氮(BUN)浓度和谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性)的测定,研究不同体积分数废旧电池液对小鼠染色体及肝肾功能的影响。【结果】经口急性毒性试验结果表明,体积分数 20%,40%和 60%废旧电池液处理组小鼠均存活,无不良反应或异常行为,且 10 d 后小鼠体质量与对照组无任何差异,测得废旧电池液对小鼠的 LD₅₀ 为 80%。废旧电池液在体积分数为 60%时,能使小鼠骨髓细胞有丝分裂指数(MI)降低($P<0.05$);染色体畸变率在废旧电池液体积分数为 40%时开始上升,在体积分数为 60%时达到最高值 13.22%。与阴性对照组相比,40%与 60%废旧电池液处理小鼠的血清 TBIL 浓度和 ALT 活性显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)升高,各组小鼠的血清 AST 活性极显著($P<0.01$)升高,60%废旧电池液处理组小鼠的 BUN 和 Cr 浓度极显著($P<0.01$)升高。【结论】高剂量(体积分数 40%以上)废旧电池液能使小鼠染色体畸变率上升,体积分数 60%废旧电池液对小鼠肝肾脏有一定的损害作用。

【关键词】 废旧电池液;染色体畸变;肝肾毒性;小鼠

【中图分类号】 S859.83;S865.1⁺31

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)09-0024-05

Effects of wasted battery liquid on chromosomal, hepatic and nephric toxicity in mice

SHI Jing, ZHAO Yong-Mei, HOU Wei

(Department of Life Sciences Xi'an University of Arts and Science, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: 【Objective】 In this paper, we studied the toxicity effects of wasted battery liquid on chromosomal, hepatic and nephric in mice, to provide theoretical reference to reveal the affecting mechanism of the wasted battery liquid on animal cell. 【Method】 First, acute oral toxicity test of wasted battery liquid to mice was run. Five treatment groups include 20%, 40%, 60%, 80% and 100% volume degree's wasted battery liquid were set, irrigation dosage was 0.5 mL/(mouse·d), at the same time, set negative control group (distilled water irrigation) and blank control group (no treatment), animals would be irrigated for 10 days, different behavior and live would be record, LD₅₀ was measured as well. Then, the mice were treated by various volume (20%, 40%, 60%) degrees of wasted battery liquid though intraperitoneal injection, dosage being 0.5 mL/(mouse·d) for 5 consecutive days, at the same time, the distilled water and Cyclophospham-

* [收稿日期] 2011-05-27

[基金项目] 西安市科技局农业创新项目(NC08015);西安文理学院教育教学改革项目(2010C1008)

[作者简介] 石 靖(1968—),女,湖北黄陂人,讲师,硕士,主要从事生物化学研究。E-mail: shijingyuwei2008@163.com

[通信作者] 赵咏梅(1968—),女,陕西西安人,副教授,硕士,主要从事细胞生物学遗传毒性研究。E-mail: xazym1118@163.com

mide were chosen as the negative control and positive control. To research the effects of different volumes of wasted battery liquid on chromosomal, hepatic and nephric in mice, the chromosomal aberration (CA) assay was used to evaluate the genotoxic and blood samples were obtained to measure total bilirubin (TBIL), alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), serum creatinine (Cr) and blood serum uric acid nitrogen (BUN). 【Result】 Acute oral toxicity test showed that mice in 20%, 40%, 60% volume degrees treatment groups are all survived, no adverse reactions or abnormal behavior, Compare with control groups, the bodyweight of the mice without any differences after 10 days, the LD₅₀ of wasted battery liquid to mice was 80%. The mitotic index (MI) was decreased ($P<0.05$) in mice bone marrow cells when wasted battery liquid was at the 60% volume degree; The frequency of CA cells began to increase at 40% volume degree of wasted battery liquid, the highest frequency of CA cells got to 13.22% at 60% volume degree. Compared with the negative control group, serum TBIL and ALT were increased in significant difference ($P<0.05$) or in extremely significant difference ($P<0.01$) at 40% and 60% volume degrees, serum AST of each group was increased in extremely significant difference ($P<0.01$) in mice, the concentrations of BUN and Cr were increased in extremely significant difference ($P<0.01$) at 60% volume degree. 【Conclusion】 High dose-level (40% volume degrees up) of wasted battery liquid could increase the frequency of CA, 60% volume degree of wasted battery liquid had toxicity to hepatic and nephric in mice as well.

Key words: wasted battery liquid; chromosomal aberration; hepatic and nephric toxicity; mice

随着市场上电池种类的增多,电池的生产和消费数量也逐年大幅增加。统计数据显示,目前我国消费的电池中 96% 是普通锌锰电池和碱性锌锰电池,仅 2003 年锌锰电池的消费量就达 80 亿节,而未回收的废旧锌锰电池为 40 万节^[1]。这些电池在给人们带来方便的同时,也给环境和人类健康带来了一系列问题。这是因为废电池里含有大量重金属及电解质溶液,当废电池日晒雨淋表面皮层锈蚀后,其中的重金属成分就会渗透到土壤和地下水中,进而污染农作物及海洋生物等,给动植物的生长造成很大影响。人们一旦食用了受污染土地生产的农作物或是喝了受污染的水,这些有毒的重金属如汞 (Hg)、镉 (Cd)、锰 (Mn)、铅 (Pb)、铜 (Cu)、镍 (Ni) 等就会进入人体,并慢慢沉积下来,对人体的神经系统、造血功能和骨骼造成极大的伤害,甚至可能致癌^[2]。研究同时发现,各种重金属组成的混合物可能导致增效作用,重金属混合物对机体的伤害比单一重金属更为严重^[3]。目前,关于废旧电池液对植物和鱼类遗传毒性的研究已有很多,有研究表明,在废电池中 Hg、Cd、Pb 等重金属的胁迫下,植物保护酶系统紊乱,膜脂过氧化现象加剧^[4-6],同时,幼苗根系的生长受到抑制、染色体发生畸变^[7-8]; 电池液对金鱼基因的影响也十分明显,能引起金鱼红细胞细胞核的异常,微核率上升,甚至造成金鱼死亡^[9]。然而关于废旧电池液对哺乳动物的基因毒性、诱变效

应及对肝肾功能影响的研究还较少。为了全面深入地了解废旧电池液对生物体所产生的综合危害,本研究主要应用生物染色体监测技术及生化分析技术,以 ICR 纯种小鼠为受试对象,初步探讨废旧电池液对小鼠肝肾损伤及遗传的影响,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 动物 ICR 小鼠,由西安交通大学医学院实验动物中心提供,雌雄各半,体质量(25±2) g。基础饲料由西安交通大学医学院实验动物中心提供。试验前,小鼠在温度为(25±3)℃、湿度为 50%~70% 的动物饲养室适应喂养 1 周,12 h 照明循环。

1.1.2 电池废液的处理 购买同品牌同批号的 R6 锌锰电池 10 节,在相同条件下放电结束。将电池内容物(除碳棒外)在 500 mL 蒸馏水中泡制 1 周,过滤,取滤液(废旧电池液)备用。

1.2 废旧电池液对小鼠的经口急性毒性试验

将小鼠根据体质量随机分组,每组 6 只,雌雄各半,依据半数致死剂量(LD₅₀)的计算方法设计试验,将小鼠分成 5 个染毒组和 2 个对照组。染毒组小鼠分别经口灌胃体积分数为 20%, 40%, 60%, 80% 和 100% 的废旧电池液(用蒸馏水稀释),剂量为 0.5

mL/(只·d)。2 个对照组分别为阴性对照组和空白对照组,阴性对照组小鼠经口灌胃重蒸水 0.5 mL/(只·d),空白对照组小鼠不做处理。各组连续灌胃观察 10 d,记录小鼠行为变化及存活情况,依据 bliss 法,经方差分析(ANOVA)测定 LD₅₀。

1.3 废旧电池液对小鼠染色体毒性的检测

将小鼠随机分成 3 个染毒组和 2 个对照组,每组 6 只,雌雄各半。3 个染毒组小鼠分别腹腔注射体积分数为 20%(20%组),40%(40%组)和 60%(60%组)的废旧电池液,剂量为 0.5 mL/(只·d),连续注射 5 d。2 个对照组分别为阴性对照组(重蒸水)和阳性对照组(环磷酰胺),阴性对照组小鼠腹腔注射重蒸水 0.5 mL/(只·d),连续注射 5 d;阳性对照组小鼠腹腔注射环磷酰胺 40 mg/(kg·次),每天 1 次,连续注射 2 d。各组小鼠最后一次注射 6 h 后采血并脱颈处死,处死前 3 h 腹腔注射秋水仙素(3.5 μg/g)。

取小鼠股骨,用小止血钳挤出骨髓液,吸管吹打骨髓细胞使其分散,加入预热至 37℃的低渗液至 6 mL,并轻轻吹打混匀,置于 37℃水浴箱,恒温低渗 30 min,经固定、离心,制成细胞混悬液,常规方法制片,Giemsa 染色,镜检,每组计数 3 000 个细胞的中期分裂相,统计有丝分裂指数(mitotic index,MI)及染色体畸变(CA)的类型和数目。有丝分裂指数指在某一分裂组织或细胞群中,处于有丝分裂 M 期的细胞数占其总细胞数的百分数,是表示细胞繁殖活动程度的指数。

1.4 废旧电池液对小鼠血清生化指标的影响

取染毒组和阴性对照组小鼠血样,分离血清,测定血清总胆红素(TBIL)、血清肌酐(Cr)和血尿酸氮(BUN)浓度及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性。各项指标检测试剂盒均购自北京康大

泰科医学科技有限公司。并用 AMS-18A 自动生化分析仪(Bei Jing option Co.,LTD)进行生化分析。

1.5 数据处理

用 SPSS13.0 统计软件进行数据分析,试验数据以“平均值±标准差”表示,对废旧电池液处理组间的测定指标进行方差分析(ANOVA), $P<0.05$ 表示差异显著,有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 废旧电池液对小鼠的经口毒性

经口急性毒性试验的目的是获取小鼠对电池液中物质的生物反应信息并推测其作用机理。在本试验中,体积分数 20%、40%和 60%废旧电池液处理组小鼠均存活,无不良反应或异常行为的迹象,10 d 后以上试验组小鼠体质量与对照组无任何差异,表明电池废液对以上试验组小鼠没有经口急性毒性。测得废旧电池液对小鼠的 LD₅₀为 80%。

2.2 废旧电池液对小鼠的骨髓毒性

本研究以雌雄小鼠骨髓细胞有丝分裂指数为评价指标,来验证废旧电池液潜在的基因毒性效应,结果表明,雌雄小鼠对不同体积分数废旧电池液的反应非常相似,没有明显的性别差异。由表 1 可知,阳性对照组小鼠的骨髓细胞有丝分裂指数极显著低于阴性对照组,表明环磷酰胺对细胞分裂有明显的抑制作用,阳性对照选择合理;与阴性对照组相比,体积分数 20%或 40%废旧电池液对小鼠骨髓细胞分裂的影响不明显,只有在体积分数 60%时差异显著($P<0.05$),表明在较高剂量时,废旧电池液能抑制小鼠骨髓细胞的增殖。

废旧电池液对小鼠骨髓细胞染色体畸变率的影响结果如表 2 所示。

表 1 废旧电池液对小鼠骨髓细胞分裂指数的影响($n=6$)

Table 1 Effects of wasted battery liquid on MI in mice bone marrow cells ($n=6$)

组别 Group	分裂细胞数 No. of cells at metaphase	统计细胞数 No. of Statistical cells	有丝分裂指数/% Mean of MI	组别 Group	分裂细胞数 No. of cells at metaphase	统计细胞数 No. of Statistical cells	有丝分裂指数/% Mean of MI
阴性对照组 Negative control	144	3 000	4.8±1.21	60%组 60% group	121	3 000	4.0±1.44 *
20%组 20% group	140	3 000	4.7±1.03	阳性对照组 Positive control	102	3 000	3.4±1.66 * *
40%组 40% group	158	3 000	5.3±2.02				

注:与阴性对照相比,*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note:Compared with negative control,* means levels of significant difference ($P<0.05$),** means levels of extremely significant difference ($P<0.01$). The same at following table.

由表 2 可以看出,小鼠染色体畸变率随废旧电 池液体积分数的增大而上升,染色体畸变细胞平均

数在体积分数 40%和 60%组明显增加,与阴性对照相比差异极显著($P<0.01$);体积分数 60%组的染色体畸变率达 13.22%。表明随着体积分数的升

高,废旧电池液对小鼠骨髓细胞的遗传毒性逐渐增强。观察发现,染色体畸变的类型以染色体断裂和环状染色体为主。

表 2 废旧电池液对小鼠骨髓细胞染色体畸变率的影响($n=6$)

Table 2 Effects of wasted battery liquid on frequency of CA in mice bone marrow cells ($n=6$)				
组别 Group	分裂细胞数 No. of cells at metaphase	染色体畸变细胞数 No. of CA cells	染色体畸变 细胞平均数 Mean of CA cells	染色体畸变率/% Frequency of CA cells
阴性对照组 Negative control	144	3	0.50±0.49	2.08
20%组 20% group	140	5	0.83±0.54	3.57
40%组 40% group	158	13	2.17±1.19* *	8.23
60%组 60% group	121	16	2.67±1.65* *	13.22
阳性对照组 Positive control	102	16	2.67±1.11* *	15.69

2.3 废旧电池液对小鼠肝肾功能的影响

各组小鼠血清 TBIL 浓度和 ALT、AST 活性测定结果见表 3。表 3 显示,与阴性对照组相比,低剂量废旧电池液组(20%组)小鼠血清 TBIL 浓度和 ALT 活性无明显变化,但高剂量废旧电池液组(40%和 60%组)则显著($P<0.05$)或极显著($P<$

0.01)高于阴性对照组;各废旧电池液组小鼠血清 AST 活性均极显著高于阴性对照组($P<0.01$),且小鼠血清 AST 活性的升高与废旧电池液剂量呈现出明显的剂量效应。废旧电池液有显著升高血清 ALT 和 AST 活性的作用,表明废旧电池液对小鼠肝脏有一定的损害作用。

表 3 废旧电池液对小鼠肝功能指标的影响

Table 3 Effects of wasted battery liquid on hepatic indexes in mice				
组别 Group	小鼠数 No.	TBIL/($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	ALT/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	AST/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)
阴性对照组 Negative control	5	1.35±0.16	41.43±2.92	153.98±13.52
20%组 20% group	6	1.39±0.20	49.84±7.88	198.14±23.79* *
40%组 40% group	6	1.61±0.18*	65.31±4.39* *	212.54±35.33* *
60%组 60% group	6	1.84±0.13* *	72.66±4.99* *	230.72±28.98* *

小鼠血清中肾功能指标 BUN 和 Cr 的变化如表 4 所示。由表 4 可知,与阴性对照组相比,只有体积分数 60%废旧电池液组的 BUN 浓度极显著升高($P<0.01$),而 20%和 40%组的 BUN 浓度并无显著变化;体积分数 40%和 60%废旧电池液组小鼠的

Cr 浓度较阴性对照显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)升高。高剂量的废旧电池液有显著升高血清 BUN 和 Cr 浓度的作用,表明其对小鼠肾脏也有一定的损害作用。

表 4 废旧电池液对小鼠肾功能指标的影响

Table 4 Effects of wasted battery liquid on nephric indexes in mice				
组别 Group	小鼠数 No.	BUN/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	Cr/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	
阴性对照组 Negative control	5	5.49±0.48	52.44±8.22	40%组 40% group
20%组 20% group	6	5.84±1.08	57.68±6.79	60%组 60% group

3 讨 论

废旧电池中重金属对人体潜在的遗传毒性及对器官的损伤已越来越受到学者的关注,这些重金属可导致细胞不同组分受损,其中就包括 DNA。本试验结果显示,废旧电池液对小鼠骨髓细胞分裂的促进作用不明显,但高浓度的电池废液对小鼠骨髓细胞的遗传毒性较大,能明显提高染色体畸变率,在体积分数 60%废旧电池液作用下,染色体畸变细胞的比例甚至达到 13.22%,而染色体畸变的主要类型是染色体结构的断裂和环状染色体。上述结果表

明,废旧电池液存在基因毒性和诱发变异的风险。其他学者对重金属的研究也印证了这一点,如镍(Ni)能对正常染色体产生选择性破坏而转变成异常染色体^[10],或导致染色体畸变^[11];六价铬(Cr)、三价铁(Fe)及高浓度的锌(Zn)均能诱导哺乳动物细胞染色体畸变和微核的产生^[12-14]。本研究还发现,较高剂量的废旧电池液能抑制小鼠骨髓细胞的增殖,这意味着废旧电池液是一种有丝分裂的抑制剂。然而,细胞有丝分裂的延误也有可能是在细胞周期中细胞要修复 DNA 损伤造成的。因此,废旧电池液浓度与细胞有丝分裂的关系,还有待于进一步探讨。

废旧电池液中的重金属同样也能对其他组织和器官的代谢造成一定的损伤。几个生化试验中常用的指标最能反映肝肾功能的受损情况。由于 ALT 来自肝细胞浆、AST 来自肝细胞内线粒体,两者同时增高只有在肝细胞损伤严重的情况下才能显示出来。本研究发现,体积分数 40%和 60%废旧电池液有显著升高小鼠 ALT 和 AST 的作用。血清肌酐(Cr)和血尿酸氮(BUN)的浓度取决于肾的排泄能力,当肾小球滤过功能受损时,二者均升高。本试验发现,高剂量废旧电池液对小鼠 BUN 和 Cr 的浓度水平存在明显影响,因此可认为其对小鼠肝脏和肾脏有一定的损害作用。废旧电池液对肝肾的影响,潜在的途径可能是自由基的形成,使细胞膜脂质过氧化,从而导致组织受损^[3]。一般来说,过氧化氢酶(CAT)能通过有效地抑制自由基而保护细胞。有研究发现,重金属镉和铅对黑斑蛙肝脏过氧化氢酶活性有抑制作用^[15];同样,电池中的汞废弃在自然界可通过农作物进入人体,损伤人的肾脏;镉渗出污染土地和水体,最终进入人体,使人的肝和肾受损^[16]。在后续的试验中,还需进一步评估废旧电池液中重金属的诱变作用和毒性对人类的危害。

[参考文献]

- [1] 刘彤宙,李金惠,聂永丰.废锌锰电池真空蒸馏法去除汞的研究[J].环境污染治理技术与设备,2006,7(4):114-119.
Liu T Z, Li J H, Nie Y F. Study on mercury removal from waste Zn-Mn batteries by vacuum aided distillation technique [J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2006, 7(4): 114-119. (in Chinese)
- [2] 韩颖,付春辉,王智森,等.电池废液对小鼠骨髓细胞染色体的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(2):191-194.
Han Y, Fu C H, Wang Z S, et al. Effects of chromosome aberration rate in mouse bone marrow cells induced by the liquid of waste cell [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(2): 191-194. (in Chinese)
- [3] Adekunle A B, Alabi A O, Olusanmi A A, et al. Genotoxicity assessment of a pharmaceutical effluent using four bioassays [J]. Genetics and Molecular Biology, 2009, 32(2): 373-381.
- [4] 谷巍,施国新,巢建国,等.汞、镉、铜污染对草鱼细胞膜系统的毒害作用[J].应用生态学报,2008,19(5):1138-1143.
Gu W, Shi G X, Chao J G, et al. Toxic effects of Hg^{2+} , Cd^{2+} and Cu^{2+} on cell membrane system of *Cabomba caroliniana* A. Gray [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(5): 1138-1143. (in Chinese)
- [5] 刘周莉,何兴元,陈玮.镉胁迫对金银花生理生态特征的影响[J].应用生态学报,2009,20(1):40-44.
Liu Z L, He X Y, Chen W. Effects of cadmium stress on the growth and physiological characteristics of *Lonicera japonica* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(1): 40-44. (in Chinese)
- [6] Reddy A M, Kumar S G, Jyothsnakumari G, et al. Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (*Macrostoma unilorum* (Lam.) Verdc) and bengalgram (*Cicer arietinum* L.) [J]. Chemosphere, 2005, 60: 97-104.
- [7] 何俊瑜,任艳芳,严玉萍,等.镉胁迫对水稻幼苗生长和根尖细胞分裂的影响[J].土壤学报,2010,47(1):138-144.
He J Y, Ren Y F, Yan Y P, et al. Impacts of cadmium stress on the growth of rice seedlings and division of their root tip cells [J]. Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(1): 138-144. (in Chinese)
- [8] Kozhevnikova A D, Seregin I V, Bystrova E I, et al. Effects of heavy metals and strontium on division of root cap cells and meristem structural organization [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2007, 54(2): 257-266.
- [9] 葛清秀,陈世灿,庄树芳,等.利用金鱼红细胞微核和核异常监测电池的污染[J].泉州师范学院学报:自然科学版,2005,23(6):72-77.
Ge Q X, Chen S C, Zhuang S F, et al. Monitoring pollution of battery by *Carassius auratus* at micronucleus and abnormal nucleus of red blood cell [J]. Journal of Quanzhou Normal University: Natural Science, 2005, 23(6): 72-77. (in Chinese)
- [10] Costa M, Salnikow K, Consentino S, et al. Molecular mechanism of nickel carcinogenesis [J]. Environ Health Perspect, 1994, 102: 127-130.
- [11] Umeda M, Nishimura M. Inducibility of chromosomal aberrations by metal compounds in cultured mammalian cells [J]. Mutation Research, 1979, 67(3): 221-229.
- [12] Wise J P, Wise S S, Little J E. The cytotoxicity and genotoxicity of particulate and soluble hexavalent chromium in human lung cells [J]. Mutation Research, 2002, 517: 221-229.
- [13] Hada M, Meador J A, Cucinotta F A, et al. Chromosome aberrations induced by dual exposure of protons and iron ions [J]. Radiation and Environmental Biophysics, 2007, 46(1): 125-129.
- [14] Godet F, Babut M, Bernal D, et al. The genotoxicity of iron and chromium in electroplating effluents [J]. Mutation Research, 1996, 370: 19-28.
- [15] 蔡垚.重金属镉和铅对黑斑蛙肝脏过氧化氢酶活性的影响[J].湖北农业科学,2009,48(12):3103-3104,3112.
Cai Y. Effect of cadmium and plumbum on activities of catalase in the liver of the frog, *rana nigromaculata* [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2009, 48(12): 3103-3104, 3112. (in Chinese)
- [16] 马扣祥.锌锰电池的污染与产业政策[J].电池工业,2006,11(5):338-341.
Ma K X. Wasted battery pollution and industry policy [J]. Chinese Battery Industry, 2006, 11(5): 338-341. (in Chinese)