

某电子废弃物处理区居民健康状况调查

张涛¹, 陈飞荣³, 曹中强¹, 武丽², 胡洋^{1,2}, 宇翔¹, 王友洁^{1,2}

摘要: [目的] 了解电子废弃物处理区主要处理工艺类型与污染状况, 探讨电子废弃物拆解产生的污染对拆解区居民及拆解从业者可能的健康损害。[方法] 采用普查方法, 选择浙江省某镇 3 个集中从事电子废弃物回收处理的自然村作为电子废弃物拆解 A 区, 另选择 1 个从事电子废弃物拆解较少、经济状况可比的自然村作为 B 区, 对 756 户共 1432 人进行健康问卷调查。[结果] A 区电子废弃物处理厂主要采取手工拆解工艺, 对电路板、电线电缆等废弃物进行处理。A 区与 B 区比较, 15 岁以上人群的疾病患病状况差异无统计学意义, 而 A 区 15 岁以下儿童的贫血患病率明显较高。与无拆解史人群比较, 有拆解工作史人群的高血压和冠心病患病率明显较高; 而呼吸系统、神经系统和皮肤类疾病以及其他慢性疾病患病差异无统计学意义。[结论] 电子废弃物污染对当地儿童健康有较大影响, 对成人居民与从业者健康可能存在潜在危害。

关键词: 电子废弃物; 回收处理; 健康

Health Survey of Residents in an Electronic Waste Disposal Area ZHANG Tao¹, CHEN Fei-rong³, CAO Zhong-qiang¹, WU Li², HU Yang^{1,2}, YU Xiang², WANG You-jie^{1,2} (1.Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430030, China; 2.Department of Maternal and Child Health, School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430030, China; 3.Wenling Center for Disease Control and Prevention, Wenling, Zhejiang 317500, China). Address correspondence to WANG You-jie, E-mail:wangyoujie@mails.tjmu.edu.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To learn the electronic waste (e-waste) disposal technology, and to explore the potential impact of e-waste on the health of recycling workers and residents in recycling area. [Methods] Three villages in Zhejiang province involving the business of e-waste centralized recycling and disposal were selected as site A, while another village with less the business was selected as control area (site B). A total of 1432 residents of 756 households were interviewed face-to-face using a self-designed questionnaire. [Results] In site A, the most common e-waste disposal technology was hand-disassembling to dispose circuit boards, wires and cables, etc. There was no statistical difference in the disease prevalence rate of people aged 15 or older between site A and site B, but the children below 15 years old in site A were more likely to have anemia than those in site B. People with the history of e-waste disassembling had a higher rate of hypertension and coronary artery disease than those without the history. There was no statistical difference in the rate of respiratory, nervous, skin, and other chronic diseases between them. [Conclusion] E-waste pollution has adverse effects on the health of children, and potential hazards to the adult residents and the workers exposed.

Key Words: electronic waste; recycling and disposal; health

随着现代科技的突飞猛进和人民生活消费水平的提高, 丰富多样的电子产品已进入人们的日常生活。全球范围电子产品的更新换代已加重电子废弃物的环境负荷, 该类废弃物已成为世界上增长最快的垃圾^[1]。由于我国人口众多, 电子产品保有量和电子垃圾产生量都相当大, 不仅如此, 我国大陆还成为世

界发达国家电子废弃物的倾销地区之一。据报道, 美国电子垃圾的 80% 被转运至亚洲, 其中 90% 进入了我国大陆^[2]。自 20 世纪 80 年代末以来, 广东贵屿地区和浙江台州地区在市场对原材料需求和经济利益的驱动下, 逐渐发展成为国内颇具影响的两个最大的电子垃圾拆解基地。数以千计的小作坊以焚烧、酸洗等落后工艺拆解旧电器, 对当地环境造成了严重的污染^[3]。电子废弃物中含有种类繁多的有毒有害物质^[4,5], 从事电子废弃物处理的工人以及电子废弃物处理较集中地区的居民健康都不可避免地因职业环境和生活环境的污染而存在潜在的健康问题。但是, 目前国内有关电子垃圾拆解地居民健康状况的研究报道较少, 因此, 本研究拟对我国大陆某规模化电子垃圾拆解地的居民健康现状进行调查, 以期掌握电子垃圾污染环境对所在地区普通居民健康以及电子垃圾从业人员健康的影响。

[基金项目] 环境保护部环保公益性行业科研专项(编号: 200909101)

[作者简介] 张涛(1984—), 男, 硕士生; 研究方向: 环境与健康; E-mail: zhangtao622@126.com

[通信作者] 王友洁教授, E-mail: wangyoujie@mails.tjmu.edu.cn

[作者单位] 1. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系, 湖北 武汉 430030; 2. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系, 湖北 武汉 430030; 3. 温岭市疾病预防控制中心, 浙江 温岭 317500

1 内容与方法

1.1 调查对象

采用普查方法,调查浙江省电子废弃物处理集中的 A 区作为污染区和处理较少的 B 区作为对照区。A 区相邻 3 个村长期从事电子废弃物处理并已经对当地环境造成污染;B 区为当地绿色产业示范区,处于常年主导风向的上风向,环境状况良好,接触废弃物处理较少。A 区和 B 区属同一乡镇,两区相距约 20 km,经济状况与文化背景相似。调查对象为 2010 年 8 月 23—28 日在家的所有村民。以家庭为单位入户询问式开展调查。登记调查表 1445 份,填写不完整者 13 份,不合格统计表不参与统计分析,最终回收合格调查表 1432 份。共调查 A 区 528 户,15 岁以上者 822 人,15 岁以下儿童 128 人,共 950 人,其中男性 461 人、女性 489 人;B 区 236 户,15 岁以上者 411 人,15 岁以下儿童 71 人,共 482 人,其中男性 240 人、女性 242 人。

1.2 调查内容

调查表项目包括:(1)个人基本状况,包括性别、年龄、婚姻状况、工作史等;(2)生活习惯,包括吸烟、饮酒史、饮食状况、食物来源等;(3)居民家庭生活环境,包括住房类型、面积、收入、饮水类型、居住环境周围处理厂基本状况、主观环境评价等;(4)疾病史,经乡镇卫生院级以上卫生机构确诊的疾病状况或体征,包括慢性病、呼吸系统疾病、神经系统疾病、皮肤类疾病等;(5)15 岁以下儿童相关情况,包括出生史、生长史、学校生活环境状况、儿童相关疾病史等;(6)废弃物处理从业者相关调查,包括从业时间、工作类型、工作环境等。

1.3 统计方法

调查表数据经严格核查,用 EpiData 3.1 软件录入原始调查资料,并进行逻辑纠错,用 SPSS 13.0 统计软件进行统计分析。人群基本状况数据用 χ^2 检验;调查人群患病状况比较,用多因素非条件 logistic 回归分析;儿童患病状况比较,用 χ^2 检验;不符合 χ^2 检验条件者用 Fisher 确切概率法。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 调查区人群基本状况

电子污染物处理 A 区 and 对照区 B 区调查人群男女构成比较均衡,差异无统计学意义;两区调查人群以 15~60 岁青壮年为主(均占 75% 以上);文化程度两区主要是小学、初中文化;两区均以大米为主食,食物来源均以购买为主;两区吸烟、饮酒状况及其他基本情况比较,差异均无统计学意义(表 1)。

2.2 调查区电子废弃物处理厂相关状况

电子废弃物处理集中的 A 区范围内有 149 家污染物处理厂,平均经营时间为 11.3 年;B 区范围内调查有 6 家污染物处理厂,平均经营时间为 5.78 年。调查显示,同一处理厂往往采用多种生产工艺对多种经济成品进行回收处理。废弃物工艺调查表明,A 区处理厂中以手工方式拆解的有 141 家(89.8%),露天焚烧处理的有 5 家(3.1%),酸洗的有 8 家(5.2%);B 区处理厂全部从事手工拆解。A 区内处理厂最终经济成品主要是贵重金属类(81.7%)和塑料类(10.0%)。两区拆解物类型稍有不同,A 区主要拆解电路板(52.1%),塑料类较少(15.8%);而 B 区电路板、电线电缆类和碎料类各占 33.3%。两区次级废弃物

处理都以就地堆放为主,见表 2。

表 1 调查人群基本状况

Table 1 General characteristics of the study subjects

特征 Characteristics	A 区 (Site A)		B 区 (Site B)		P
	人数 Cases	构成比 (%) Proportion	人数 Cases	构成比 (%) Proportion	
性别 (Gender)					
男 (Male)	461	48.9	240	49.8	0.651
女 (Female)	489	51.1	242	50.2	
年龄 (Age, years)					
<15	128	13.5	71	14.7	0.669
15~60	747	78.6	369	76.6	
≥ 60	75	7.9	42	8.7	
15 岁以上者婚姻状况 Marital status of people ≥ 15 years old					
未婚 (Single)	50	6.1	37	9.0	0.030
在婚 (Married)	692	84.2	347	84.6	
离婚, 丧偶 (Divorced/widowed)	80	9.7	27	6.4	
15 岁以上者文化程度 Education of people ≥ 15 years old					
文盲 (Illiterate)	281	34.2	143	34.8	0.581
小学 (Primary school)	311	37.8	163	39.6	
初中 (Junior high school)	160	19.5	77	18.8	
高中及以上 (Senior high school or higher)	70	8.5	28	6.8	
吸烟史 (Smoking)					
不吸烟 (Never)	551	67.0	280	68.1	0.699
吸烟, 以前吸烟 (Current/former smoking)	271	33.0	131	31.9	
饮酒史 (Drinking)					
不饮酒 (Never)	576	70.1	302	73.5	0.213
饮酒 (Drinking)	246	29.9	109	26.5	

表 2 调查区废弃物处理厂的生产工艺及生产状况

Table 2 Recycling technology of the e-waste disposal area

类别 Classification	A 区 (Site A)		B 区 (Site B)	
	数目 Number	构成比 (%) Proportion	数目 Number	构成比 (%) Proportion
工艺类型 (Processing type)				
手工拆解 (Manual disassembling)	141	89.8	6	100.0
露天焚烧 (Open burning)	5	3.1	0	0.0
酸洗 (Acid pickling)	8	5.2	0	0.0
机械粉碎 (Mechanical disintegration)	3	1.9	0	0.0
经济成品 (Economic products)				
贵重金属 (Precious metals)	139	81.7	6	66.7
塑料类 (Plastic products)	17	10.0	2	22.2
电子元件 (Electronic elements)	14	8.3	1	11.1
拆解废物类型 (E-waste type)				
电路板类 (Circuit boards)	99	52.1	3	33.3
电线电缆类 (Wires and cables)	61	32.1	3	33.3
塑料类 (Plastics)	30	15.8	3	33.3
次级废物排放方式 Ways of secondary waste disposal				
就地堆放 (Stacking)	28	54.9	6	100.0
掩埋 (Burying)	6	11.8	0	0.0
倒卖 (Selling)	17	33.3	0	0.0

2.3 调查区 15 岁以上居民健康现状

电子废弃物集中处理的 A 区 15 岁以上人群慢性病患病率

与B区比较,差异无统计学意义;两区人群在呼吸系统疾病、神经系统疾病、皮肤类疾病和其他类型疾病方面患病差异亦无统计学意义,见表3。

表 3 调查区 15 岁以上人群患病情况
Table 3 Disease prevalence of people ≥ 15 years old in the survey areas

疾病 Disease	A 区 (Site A)		B 区 (Site B)		OR [*]	P [*]
	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate		
慢病疾病 (Chronic diseases)	191	23.2	91	22.1	1.20	0.830
高血压 (Hypertension)	102	12.4	52	12.7	1.12	0.556
高血脂 (Hyperlipemia)	52	6.3	20	4.9	1.36	0.264
糖尿病 (Diabetes mellitus)	8	1.0	5	1.2	0.87	0.815
冠心病 (Coronary artery disease)	7	0.9	7	1.7	0.54	0.257
心肌梗塞 (Myocardial infarction)	4	0.5	3	0.7	0.69	0.640
中风 (Apoplexy)	9	1.1	2	0.5	3.37	0.143
肿瘤 (Tumor)	12	1.5	4	1.0	1.57	0.438
肾炎 (Nephritis)	4	0.5	0	0.0	—	0.993
关节炎 (Arthritis)	54	6.6	21	5.1	1.44	0.179
呼吸系统疾病 (Respiratory diseases)	86	10.5	44	10.7	1.01	0.968
神经系统疾病 (Nervous system diseases)	136	16.5	82	20.0	0.83	0.247
皮肤类疾病 (Skin diseases)	60	7.3	35	8.5	0.88	0.580
其他疾病 (Other diseases)	94	11.4	49	11.9	0.99	0.956

[注]*: 经多因素 logistic 回归计算校正年龄、性别、吸烟和饮酒状况 (Adjusted for age, gender, smoking and drinking status after multivariate logistic regression analysis)。

2.4 调查区 15 岁以下儿童健康状况

由于调查儿童数量较少,各个病例数目较少。A 区儿童贫血患病率明显高于 B 区儿童,差异有统计学意义 ($P=0.015$);而呼吸系统疾病、神经系统疾病、皮肤类疾病及其他症状 (龋齿、食欲不振和偏食) 的患病率差异均无统计学意义 ($P>0.05$),见表 4。

表 4 调查区 15 岁以下儿童疾病调查
Table 4 Disease prevalence of people < 15 years old in the survey areas

疾病 Disease	A 区 (Site A)		B 区 (Site B)		P
	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate	
呼吸系统疾病 Respiratory diseases	11	8.6	1	1.4	0.059 ^a
鼻炎 (Rhinitis)	6	4.7	0	0.0	0.090 ^a
肺炎 (Pneumonia)	2	1.6	0	0.0	0.539 ^a
咳嗽 (Cough)	3	2.3	1	1.4	1.000 ^a
神经系统疾病 Nervous system diseases	1	0.8	1	1.4	1.000 ^a
头痛 (Headache)	0	0.0	1	1.4	0.357 ^a
皮肤类疾病 (Skin diseases)	1	0.8	0	0.0	1.000 ^a
其他症状 (Other symptoms)	25	19.5	7	9.9	0.075
贫血 (Anemia)	10	7.8	0	0.0	0.015 ^a
龋齿 (Dental caries)	11	8.6	5	7.0	0.700
食欲不振 (Inappetence)	8	6.3	0	0.0	0.052 ^a
偏食 (Food preference)	8	6.3	0	0.0	0.749 ^a

[注]*: Fisher 确切概率法计算 (Calculated by Fisher's exact test)。

2.4 电子污染物处理工作史对从业人员的影响

本调查中,把从事废弃物处理工作 ≥ 1 年者界定为有拆解工作史人群;从事废弃物处理工作时间 < 1 年或非从事者视为无拆解工作史人群。电子废弃物处理较集中的 A 区人群调查显示,有拆解史人群 86 人 (男性 48 人、女性 38 人),平均年龄 49.83 岁;无拆解史人群 736 人 (男性 343 人、女性 393 人),平均年龄 50.71 岁。两组人群年龄、性别构成比差异无统计学意义 (P 值分别为 0.643 和 0.106)。

有拆解史人群与无拆解史人群相比,高血压和冠心病患病率差异有统计学意义 ($P<0.05$);呼吸系统疾病、神经系统疾病、皮肤类疾病及其他症状的患病率差异均无统计学意义 ($P>0.05$),见表 5。

表 5 拆解从业人员与非从业人员常见疾病的患病情况分析
Table 5 Prevalence of various diseases among e-waste processing and non-processing workers

疾病 Disease	无拆解史人群 Non-processing workers		拆解史人群 Processing workers		OR [*]	P [*]
	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate	人数 Cases	患病率(%) Prevalence rate		
慢性疾病 (Chronic diseases)	167	22.7	24	27.9	1.53	0.113
高血压 (Hypertension)	86	11.7	16	18.6	2.37	0.007
高血脂 (Hyperlipemia)	45	6.1	7	8.1	1.41	0.427
冠心病 (Coronary artery disease)	5	0.7	2	2.3	6.56	0.040
肿瘤 (Tumor)	9	1.2	3	3.5	3.43	0.083
关节炎 (Arthritis)	49	6.7	5	5.8	0.86	0.770
呼吸系统疾病 Respiratory diseases	78	10.6	8	9.3	0.78	0.543
鼻炎 (Rhinitis)	6	0.8	2	2.3	2.59	0.284
尘肺 (Pneumoconiosis)	0	0.0	1	1.2	—	0.989
咳血 (Hemoptysis)	2	0.3	1	1.2	5.08	0.244
神经系统疾病 Nervous system diseases	122	16.6	14	16.3	1.11	0.739
记忆力下降 (Memory decline)	23	3.1	4	4.7	1.95	0.247
多梦 (Dreaminess)	17	2.3	3	3.5	1.86	0.335
皮肤类疾病 (Skin diseases)	51	6.9	9	10.0	1.20	0.664
白斑病 (Leukoderma)	3	0.4	1	1.2	2.98	0.369
皮肤过敏症 (Skin allergies)	14	1.9	3	3.5	1.88	0.337
角化过度 (Hyperkeratinization)	4	0.5	1	1.2	3.05	0.327
湿疹 (Eczema)	4	0.5	1	1.2	2.10	0.558
其他症状 (Other symptoms)	84	11.4	10	11.1	0.92	0.828
贫血 (Anemia)	35	4.8	5	5.8	1.30	0.592
四肢无力 (General fatigue)	8	1.1	2	2.3	2.18	0.343

[注]*: 经多因素 logistic 回归计算校正年龄、性别、吸烟和饮酒状况 (Adjusted for age, gender, smoking and drinking status after multivariate logistic regression analysis)。

3 讨论

本次调查选取了浙江省某市长期从事电子废弃物处理作业的 3 个自然村为 A 区;选取该市电子垃圾处理较少,距离处理集中区较远的一个自然村作为 B 区展开对比调查。并且两地人们的生活习惯较一致,外来人员较少,经济状况相差不大,具有良好的代表性。

浙江省台州地区从事电子废弃物回收处理已有 20 多年历史,是我国大陆著名的垃圾处理集散中心之一^[6-7],电子废弃物例如电动机、电容器、电路板等含有大量重金属和持续性有机污染物等^[8]。不合理的回收处理方式、处理废弃物随意排放等对当地环境、从业者和其他人群都存在潜在健康损害威胁。FU 等^[9]对温岭地区水稻土中 10 种重金属含量分析发现,存在严重的镉、铜、汞污染;ZHAO 等^[10-11]研究发现温岭电子拆解区土壤中多氯联苯类有机污染物较对照区偏高。

通过本次调查研究发现,B 区废弃物处理厂很少,而 A 区废弃物处理厂较多,并且距离调查对象居住点较近,开工时间较长,处理方式主要是手工拆解,焚烧和酸洗较少,这与以前调查处理类型构成不同,高污染、高危险性处理方式减少;经济成品主要是获得金、银、铜、铝和能继续利用的电子元器件;主要是拆解电路板、电线电缆类,最终废弃物多以就地堆放方式处理,高污染性焚烧方式处理减少。

本次调查发现,生活在电子废弃物处理集中的 A 区 15 岁以上人群患病情况同 B 区相比,差异无统计学意义,但是 15 岁以下儿童呼吸系统疾病(如鼻炎、肺炎、咳嗽等)患病率高于 B 区儿童,儿童常见病(如贫血、龋齿、食欲不振和偏食等)A 区患病率也高于 B 区儿童。然而,由于调查人群规模较小,各个病例数目较少,故差异未显示出统计学意义。成人身体机能已经健全,而儿童正处于生长发育阶段,身体机能、免疫水平、承受能力、应激水平等各个方面都不如成年人,当地废弃物处理厂所致环境污染对儿童健康更容易构成威胁。越来越多的证据显示,环境污染与儿童死亡率上升、哮喘等疾病的增加有关^[12]。

通过对有电子废弃物拆解工作史人群健康调查发现,相对于没有该类拆解工作史人群,有电子废弃物拆解工作史人群有可能更容易患慢性鼻炎、尘肺、咳血、贫血、四肢无力、口腔炎、记忆力下降、多梦等与工作环境有密切关系的疾病。有拆解工作史的人群高血压和冠心病患病率高于没有拆解工作史的人群,并有统计学差异。研究发现^[13],从事拆解工作的人患头痛、恶心、失眠、记忆力下降、鼻塞等症状与体征均高于非该类从业者。电子废弃物处理从业者密切接触污染物质,同时自我保护意识较弱,拆解从业人员的身体健康状况受到不同程度的损害,因此应该在建立科学环保的电子废弃物循环工艺的同时提升作业者的职业防护措施,减少职业暴露,以保护该类从业者的健康。

本次调查还发现,无论是 A 区还是 B 区居民,主食都主要是大米,但是本地自产比例都很低,主要依靠外地供应,蔬菜、水果、肉类等食物也以非自产为主,并且当地饮用水供水工程改造较早,居民饮用自来水历史已有十几年,自来水水源是高山泉水,因此当地土壤和水体中的重金属和持续性有机污染物可能并未通过食物和饮用水在人体蓄积,从而减轻健康损害。实地调查中发现,近几年地方政府对此类废弃物拆解企业进行了大力治理,禁止了大批高污染的拆解作坊,并且在本调查中

也发现,即使当地废弃物较集中地区的自然环境依然是山清水秀,电子废弃物处理区一般居民的身体健康状况似还未见明显损害。电子废弃物污染造成的长期健康效应尚不明确,需要进一步的观察。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] DIRK B. Electronic scrap: a growing resource[J]. Precious Metals, 2001(7): 21-24.
- [2] HICKS C, DIETMAR R, EUGSTER M. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China-legislative and market responses[J]. Environ Impact Assess, 2005, 25(5): 459-471.
- [3] 吴锋. 电子废弃物的环境管理与处理处置技术初探——国外现状综述[J]. 中国环保产业, 2001(1): 38-39.
- [4] 刘助仁. 迎接电子垃圾的挑战[J]. 再生资源研究, 2004, 4: 7-8.
- [5] 张敦信, 吕峰, 彭秀丽. 废旧电脑的环境污染与防治[J]. 城市管理与科技, 2004, 6(1): 28-31.
- [6] TANG X, SHEN C, SHI D, et al. Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: an emerging e-waste recycling city in Taizhou area, China[J]. J Hazard Mater, 2010, 173(1/2/3): 653-660.
- [7] ZHAO G, XU Y, HAN G, et al. Biotransfer of persistent organic pollutants from a large site in China used for the disassembly of electronic and electrical waste[J]. Environ Geochem Health, 2006, 28(4): 341-351.
- [8] SHEN C, HUANG S, WANG Z, et al. Identification of ah receptor agonists in soil of E-waste recycling sites from Taizhou area in China[J]. Environ Sci Technol, 2007, 42(1): 49-55.
- [9] FU J, ZHOU Q, LIU J, et al. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health[J]. Chemosphere, 2008, 71(7): 1269-1275.
- [10] ZHAO G, ZHOU H, WANG D, et al. PBBs, PBDEs, and PCBs in foods collected from e-waste disassembly sites and daily intake by local residents[J]. Sci Total Environ, 2009, 407(8): 2565-2575.
- [11] ZHAO G, WANG Z, DONG M H, et al. PBBs, PBDEs, and PCBs levels in hair of residents around e-waste disassembly sites in Zhejiang Province, China, and their potential sources[J]. Sci Total Environ, 2008, 397(1/2/3): 46-57.
- [12] 顾伟栋, 傅华, 叶细标. 环境污染物与儿童健康的关系[J]. 环境与职业医学, 2006, 23(4): 345-348.
- [13] 丘波, 彭琳, 徐锡金, 等. 电子废弃物回收拆解业工人健康调查[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(6): 419-421.

(收稿日期: 2011-02-26)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 洪琪; 校对: 张晶)