



“有色”米

衡东工业园周围环境及稻谷 重金属污染调查

湖南既是全国水稻产量最高的省份¹，同时又是著名的有色金属之乡。有色金属行业近年来迅速增长²，与此同时，湖南接连被查出大米镉含量超标。有科统计指出有色金属工业是中国镉污染的最主要来源³，种种因素都暗示着湖南有色金属行业与水稻镉污染之间可能存在的关系。为深入调查个中关联，绿色和平以湖南衡阳市一个有色金属工业园及其外围农村作为研究对象，研究发现工业园附近耕地的稻米和土壤都含有高浓度重金属镉，怀疑与工业园的烟气及废水排放有关。本文件将详细说明调查手法及结果分析⁴。

1. 《国家统计年鉴 2012》

2. 《中国有色金属工业年鉴》(2007-2012)

3. 范小杉，罗宏. 工业废水重金属排放区域及行业分布格局. 中国环境科学 2013,33(4): 655-662

4. 更详尽科学技术分析报告可于以下网址下载：<http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2014/04/Technical-Report-04-2014.pdf> (英文)

概述

湖南既为全国水稻产量最高省份，同时又是著名的有色金属之乡，有色金属行业近几年迅速增长（详见附录1）。2011年湖南省工业废水镉排放量居全国首位，占全国的工业废水中镉排放量四成¹，而有色金属工业是中国镉污染的最主要来源，其废水中镉排放量占中国所有工业排放超过80%²，加上多种有色金属熔炼技术也会产生含镉、铅、砷等重金属的烟气³。湖南近年接连曝出生产镉米，令人怀疑湖南有色金属行业与水稻镉污染之间可能存在着因果关系。

本调查选取湖南省衡阳市大浦镇衡东工业园，对该工业园周围农田土壤和稻谷镉污染情况进行调查。衡东县大浦镇生产的稻米在2013年5月被广东省验出镉超标⁴，而衡东工业园是该地最大的有色金属生产园区。

绿色和平调查员于2013年7月到9月期间到湖南衡阳市衡东县大浦镇，衡东工业园一带进行调研。在距离工业园2.5公里范围内的5个村采集稻谷、稻田土壤及地表水样本。调查员还到了工业园东南面10多公里以外，及工业园西北面约11公里外，远离衡东工业园及其他工业污染源影响的2个村采集对照样本。在这7个村范围内共采集20个稻谷样本、21个耕地土壤样本和12个地表水样本。全部稻谷样本送往具有资质的第三方实验室进行重金属检测，土壤及地表水样本则送到位于英国艾克赛特大学的绿色和平科学实验室进行检测。

结果显示，在距离工业园2.5公里范围内的5个村的13个稻米样本中，12个样品的镉含量超出食品安全国家标准-食品中污染物限量。其中炉铺村最接近工业园，就当地主风向而言也处于该工业园的下风向，其稻米样品检出了所有样品中的最高镉含量，镉含量最高的样本更超过国标近21倍。而2个对照村的7个稻谷样本的镉含量则全部低于国家标准。耕地土壤样本结果则显示，工业园附近的5个村的全部稻田土壤样本的镉含量都超出土壤环境质量二级标准，且过半数超标3倍以上；对照村中的1个村的农田土壤样本的镉含量略超出土壤环境质量二级标准，但仍明显低于工业园附近5个村的相应结果。

此外，为调查土壤重金属污染程度随距离工业园区不同方向和远近的变化，从而研究工业园的烟气排放对附近环境的影响，研究员在工业园的4个方向，不同间距位置采集了32个闲置土壤样本⁵。根据当地主导风向，在工业园的下风向采集的样本金属浓度较其他

1. 《中国环境统计年鉴2012》

2. 范小杉, 罗宏. 工业废水重金属排放区域及行业分布格局. 中国环境科学 2013,33(4): 655~662

3. 韩明霞, 孙启宏, 乔琦, 杨晓松. 中国火法铜冶炼污染物排放情景分析. 环境科学与管理. 2009, Vol. 34, 12.

4. <http://www.infzm.com/content/90675>

5. 闲置土壤样本是指工业园区附近非耕地也非道路的自然覆盖土壤，最大程度保证没有或很少受到人为干扰。通过检测非耕地样本检测结果以期可以反映该处大气沉降物累积水平。

位置采集的大部分样品为高。然而也有一些地点的样本含有异常高的重金属浓度也暗示了此区域可能有其他重要的重金属（特别是镉）污染来源。另一方面，数据统计分析也表明有五种金属/类金属污染物（砷，镉，铅，锰和锌）很有可能都来自共同排放源，根据地理距离和主导风向等资料分析，来自衡东工业园有色金属相关企业的烟囱的烟气排放很可能是此主要污染源。

综合结果分析，在衡东工业园附近的土壤及出产的稻谷有着普遍的重金属污染，而衡东工业园的污染排放很可能是一个主要污染源。然而，此区域同时仍存在一些通过本次研究无法确定的其他重金属污染来源，需要进一步的调查研究。

调查概要

一、调查目的

调查大浦镇衡东工业园周围稻田土壤，稻谷及闲置土壤环境的重金属污染情况。

二、样品采集及检测方法

1. 采样范围和时间

选取衡东工业园区 2.5 公里范围内的 5 个村庄（分别为炉铺村、永宁村、石桥村、新民村、堰桥村，位置如图 1 所示）进行样品的采集和调查，另外选取 2 个远离衡东工业园及其他工业污染源（其灌溉水源及 10 公里范围内没有工业污染源）的村庄（堰江村和德圳村）作为对照点。本次调查于 2013 年 7 月到 8 月其间实地采集共四类样本：地表水样本、闲置土壤样本、稻田土壤样本、水稻样本。地理位置见图 1：

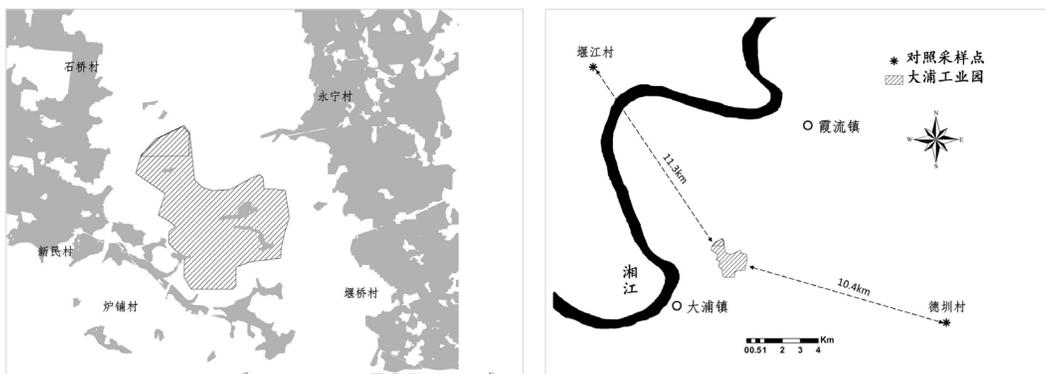


图 1 左：工业园区附近的五个村庄及工业园空间信息图（斜线区域为工业园）；

右：两个对照样采集点相对衡东工业园的位置和距离

2. 采样及检测方法

A. 稻谷样本

调查人员戴上洁净的实验用外科手套后用不锈钢剪刀在水稻茎处（实验室只选取稻穗进行检测）剪下，并立即密封保存于干净的塑料密封袋中。样本经低温冷藏后运输至一具相关资质的独立第三方实验室进行检测。检测铅、汞、总砷和镉四个项目。实验室检测限、检测标准及检测方法见表 1 及表 2。

表 1 水稻样本实验室检测信息表（第一批）

项目	检测限 (mg/kg)	检测标准	检测方法
铅	0.02	GB 5009.12-2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定	石墨炉原子吸收光谱法
汞	0.01	GB/T 5009.17-2003 食品中总汞及有机汞的测定	冷原子吸收光谱法
总砷	0.01	GB/T 5009.11-2003 食品中总砷及无机砷的测定	氢化物原子荧光光度法
镉	0.01	GB/T 5009.15-2003 食品中镉的测定	石墨炉原子吸收光谱法

表 2 水稻样本实验室检测信息表（第二批）

项目	检测限 (mg/kg)	检测标准	检测方法
铅	0.005	GB 5009.12-2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定	电感耦合等离子体质谱 ICP/MS
汞	0.001	GB/T 5009.17-2003 食品中总汞及有机汞的测定	原子荧光光谱分析法 AFS
总砷	0.010	GB/T 5009.11-2003 食品中总砷及无机砷的测定	氢化物原子荧光光度法
镉	0.005	GB/T 5009.15-2003 食品中镉的测定	电感耦合等离子体质谱 ICP/MS

B. 稻田及闲置土壤样本

土壤样本的采集严格按照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）。用木勺采集离地表 2cm 处的土壤，适当挑出所含的石子和植物根细等杂质后，放入清洁的玻璃容器中密封。由位于英国艾克赛特大学的绿色和平科学实验室以酸消解样品后以电感耦合等离子体 - 原子发射光谱法 (ICP-AES) 进行检测。闲置土壤样本的采集位置可参考图 3。

C. 地表水样本

严格按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91—2002）。取水库水面以下约 5cm 处水样作为水库水样品；而对于灌溉取水口处和水渠处的地表水采集，则选择活水处的水作为样品。由位于英国艾克赛特大学的绿色和平科学实验室以酸消解样品后以电感耦合等离子体 - 原子发射光谱法 (ICP-AES) 进行检测，采集位置可参考图 4。

三、结果及分析：

1. 稻谷样本：

于工业区 2.5 公里范围内的 5 个村庄及约 10 公里外的 2 个对照村庄，采集共 20 个稻米样本。其中工业园区附近的 5 个村庄的采样点位置及金属镉的检测结果如图 2 所示。从检测结果可见，除永宁村其中一个样本 (YN-R3) 的镉含量低于《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2012) 中的标准 (稻谷中镉含量限量: 0.2 mg/kg)，其他在工业园附近 2.5 公里范围内的 12 个稻谷样本镉含量都超出此标准。其中炉铺村最接近工业园，与工业园距离少于 500 米，此外以当地主风向 (东北风) 计，其位于工业园区的下风向 (西南面)。在该村采集的的 3 个稻米样本的镉含量最高，达 2.723~4.393mg/kg，超过国家标准约 12~21 倍。此外，工业园 2.5 公里内的 13 个稻谷样本中，有 4 个样本的铅含量也超出标准。2 个对照村庄 - 德圳村及堰江村的全部 7 个对照稻米样本检测出的铅、镉含量均符合国家标准，并且其含量平均值均低于工业园附近 5 个村庄的稻米样本 (堰桥村的稻米样本的铅含量除外)。总砷含量没有相对应的国家标准；全部 7 个村的稻谷样本的汞含量都符合国家相关标准。详细检测结果参阅附录 2。

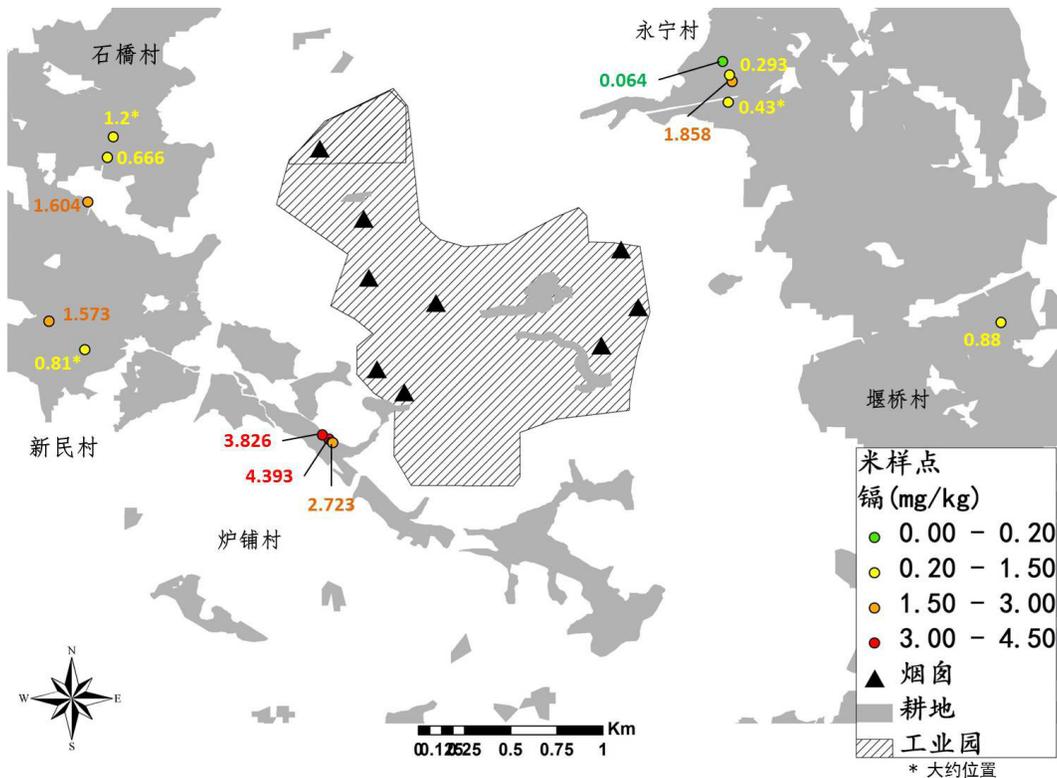


图 2 衡东工业园附近稻谷采样点和样本镉浓度检测结果 (不包括 2 个对照村)

* 表示该样本的大约采样位置，其他为准确采样位置

2. 稻田土壤样本

在上述范围共采集 21 个稻田土壤样本，其结果显示，工业园附近的 5 个村庄的全部稻田土壤样本的镉含量都超出《土壤环境质量标准》(GB15618-1995) 的二级标准¹，且半数超标准 3 倍以上。对照村中的堰江村的 3 个耕地土壤样本镉含量略高于土壤环境质量二级标准，但明显低于工业园附近 5 个村的结果。另一对照村德圳村的全部对照样本的镉含量都略低于土壤环境质量二级标准。处于工业园主风向向下风向且最接近工业园的炉铺村的稻田土壤样本中亦检出最高浓度的铅及砷。

在这 5 个村庄中，永宁村的 2 个稻田土壤样品 (YN-S1 和 YN-S2，见图 3 红点位置) 显示出最高的镉 (以及钼、镍和锌) 含量，特别是其镉含量远远超出其他样品。这表明工业园区随烟气排放并沉降的重金属很可能并不是这 2 个采样点重金属污染的最主要污染源，或存在其他的污染源或污染渠道，需要更多的研究以确定。

所有样品的铅、汞、总砷的含量都普遍符合标准。详细检测结果参阅附录 2。

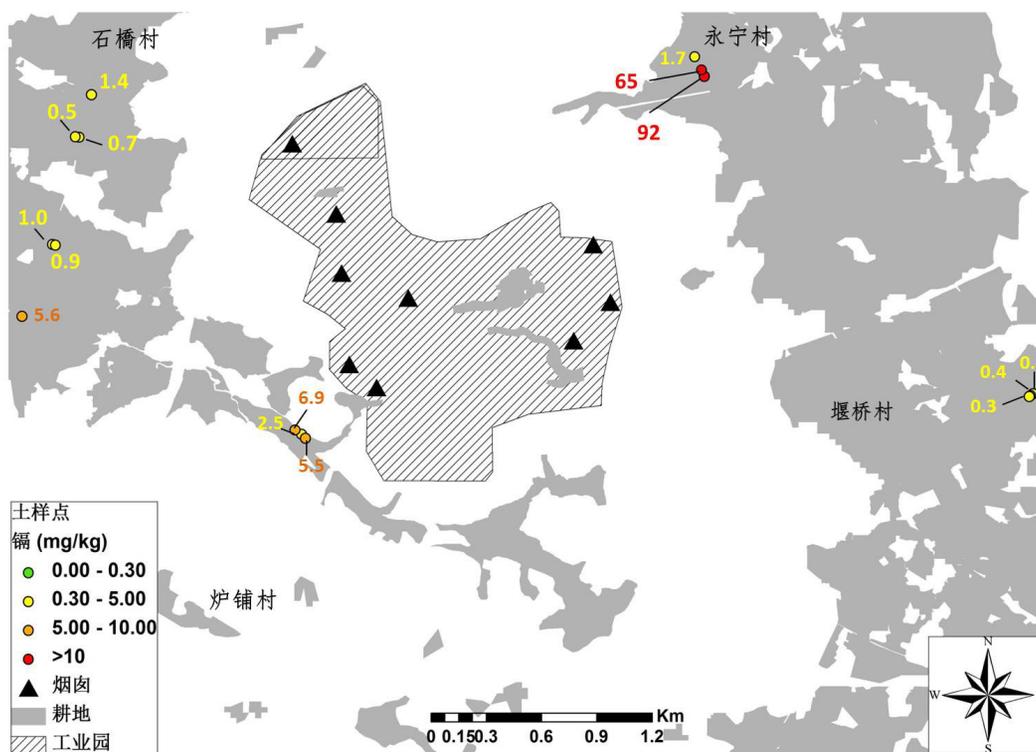


图 3 衡东工业园附近稻田土壤采样点和样本镉浓度检测结果 (不包括 2 个对照村)

1. 为保障农业生产，维护人体健康的土壤限制值。

3. 闲置土壤样本

对闲置土壤¹进行采样和检测是为了排除农业耕作对土壤可能带来的污染。通过研究土壤重金属污染程度随距离工业园区远近和方向的变化，来初步调查随工业园区烟囱排放并沉降的重金属是否导致附近土壤重金属污染的主要因素。以衡东工业园(大浦片)为中心，分别在东、西、南和西北四个方向，以200米、500米、1000米和2500米为半径(因实际地况距离有所微调)，确定了16个采样点。为比较短距离内样本是否具有差异性，在每个点位处分别采集了间隔不大于100米的两个样本A、B。故每一个点采集了两个土壤样本，一共32个样本。(见图4)²。

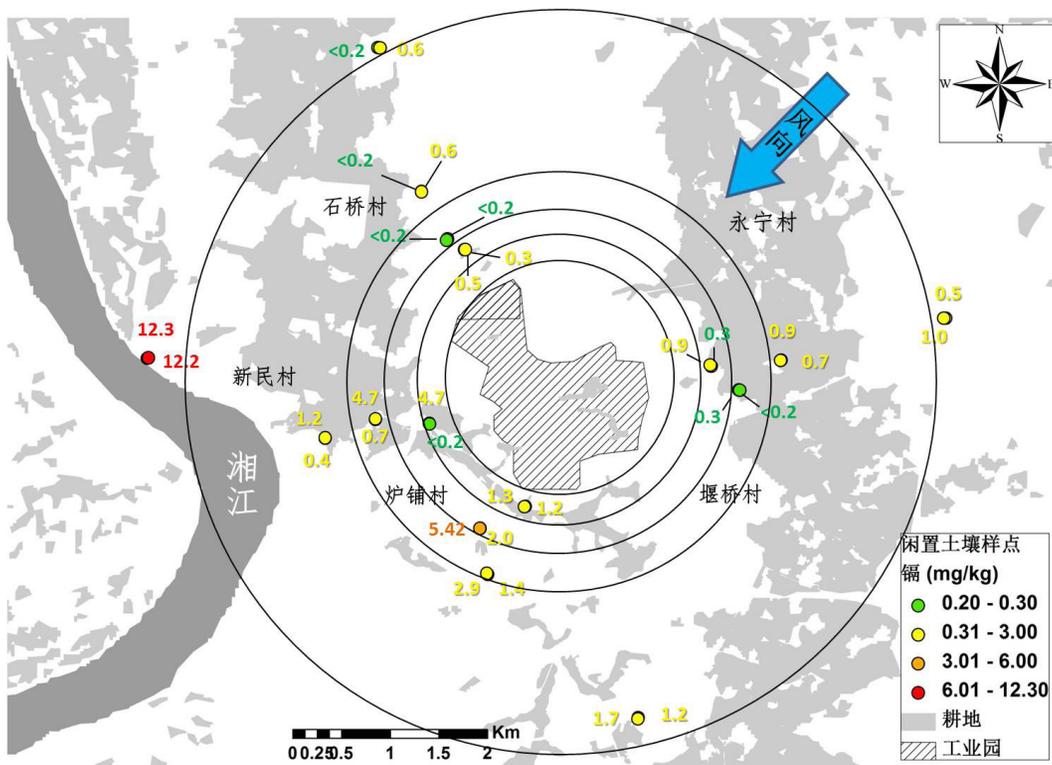


图4 闲置土壤采样点位置及镉浓度检测结果及该地区主导风向

在工业园南面及西面(特别是南面)采集的闲置土壤样本的镉、砷、铅、锌含量普遍比其他方位的样本高。根据统计资料,当地主导风向为东北风³。故上述金属含量的分布模式和预期的主导风向对工业园的大气污染物的飘散及沉降方向基本一致。此外,数据统计分析发现有五种金属/类金属污染物(砷,镉,铅,锰和锌)彼此显著相关,很有可能都

1. 本研究中闲置土壤指的是工业园区附近非耕地也非道路的自然覆盖土壤,最大程度保证没有或很少受到人为干扰。通过检测闲置土壤样本检测结果以期可以反映该处大气沉降物累积水平。
2. 土壤采样点的设计借鉴大气污染源监测采样点的设计方法,采用同心圆法对具有多个污染源(烟囱)且污染物集中的工业园区周围未扰乱土壤进行采样。在间距的选择上,由于考虑烟囱点源排放污染物的扩散特点,间距不宜等距离划分,而应在靠近污染源处密一些。
3. 衡阳市国土资源局. 2012. <http://www.hygt.gov.cn/gtzyyw/dzzh/dzhjbh/201210/W020131028371575543602.swf>

来自共同排放源。根据地理距离和主导风向等资料，工业园的烟气排放很可能是其附近的土壤重金属污染的一个重要污染源。然而，在部分点位采集的样本含有异常高的重金属浓度（特别是 W2500A&B）；此外，有部分点位短距离内（间隔 <100 米）的两个样本也显示出相当明显的重金属（特别是镉）含量差异，这些都在暗示此区域或存在其他重要的重金属（特别是镉）污染来源，并需通过进一步研究确定其来源。详细检测结果参阅附录 2。

4. 地表水样本

于 2013 年 8 月，在工业园周围水库及引水道共采集 12 个水样本，其中工业园附近的 5 个村庄所采集的 10 个地表水样本的位置如图 5 示。由于采样时正值衡阳旱季，当时 3 个水库（LP-W1, SQ-W1, YN-W2）水位比正常低，无法作灌溉水水源。但当地村民证实在水位正常时这三个水库是当地的灌溉水源之一。

在工业园的直接排放入炉铺村水库的一个排污口采集到的水样中（LP-W2），检测出比其他大部分地表水样浓度高的镉和锌。另外，在连接着另一个工业园排污口和石桥村水库的引水道的水样中（SQ-W2），检测出较高浓度的镉、锌和钒。炉铺村水库水样中（LP-W1）检出含极高浓度镉及锌。虽然采样时水库接近干涸，未必能反映水库正常供水时的水质，但是其作为当地的灌溉水源之一，如此高浓度的的镉和锌仍暗示其为当地环境的一个重要污染源。详细检测结果参阅附录 2。

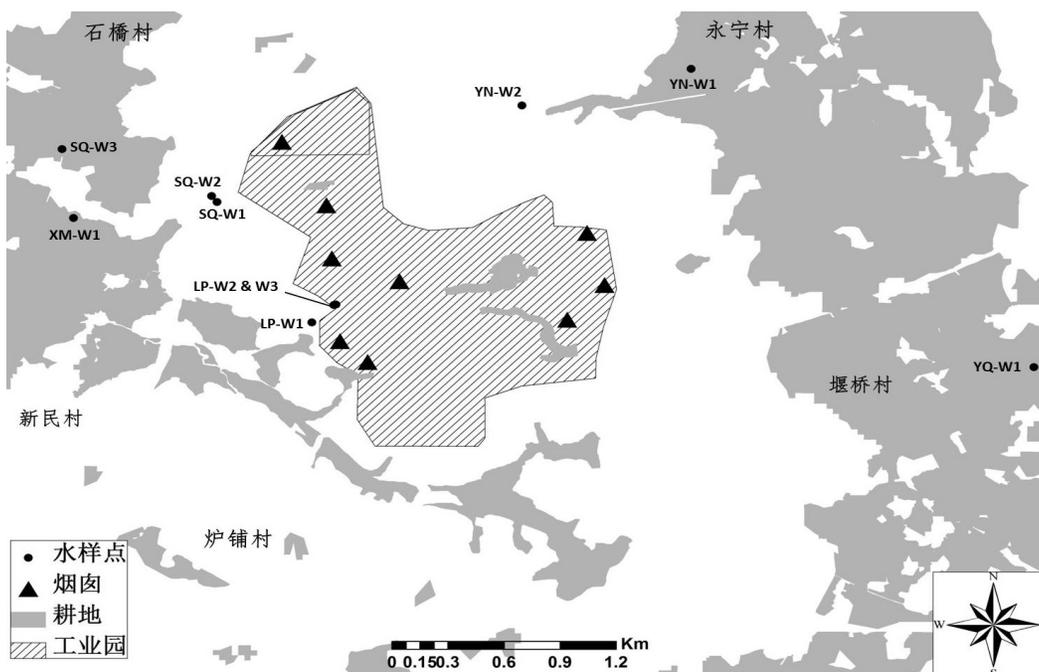


图 5 工业园周边水库及灌溉水水样采样点

5. 综合分析：

调查显示此次所采集的工业园附近 2.5 公里内的大部分稻田土壤样品均发现重金属污染，而所采集的当地出产的绝大部分稻谷样本亦检出较高含量的重金属镉和铅。

根据工业园周围村庄及对照村庄样本的结果分析，工业园周围的稻谷、耕地土壤及地表水样本的许多重金属含量都明显比两个对照村的高。除永宁村的 1 个稻谷样本 (YN-R3) 外，在工业园周围 2.5 公里范围内的 5 个村庄所采集的其他 12 个稻谷样本的镉含量全部超出国家标准，其中 4 个稻谷样品的铅含量亦超出相应国家标准。处于工业园下风向距离工业园不足 500 米的炉铺村采集的 3 个稻谷样本，其镉含量为所采集的所有稻谷样本中最高，超出国家标准约 12~21 倍，其对应的土壤样本亦测出较其他大部分稻田样本为高的镉含量。

另外，根据闲置土壤样本的分析结果，其样本中的多种金属 / 类金属元素 (砷、镉、铅、锰、锌) 浓度彼此间有显著的关联性，表明这 5 种元素很可能来自同一个主要的排放源。考虑到当地主导风向、工业园的位置、样本与工业园的距离、样本的重金属浓度分布趋势和工业园可能的含有重金属的烟气排放及沉降等因素后，此工业园的排放很可能是造成附近土壤污染的一个重要污染源。

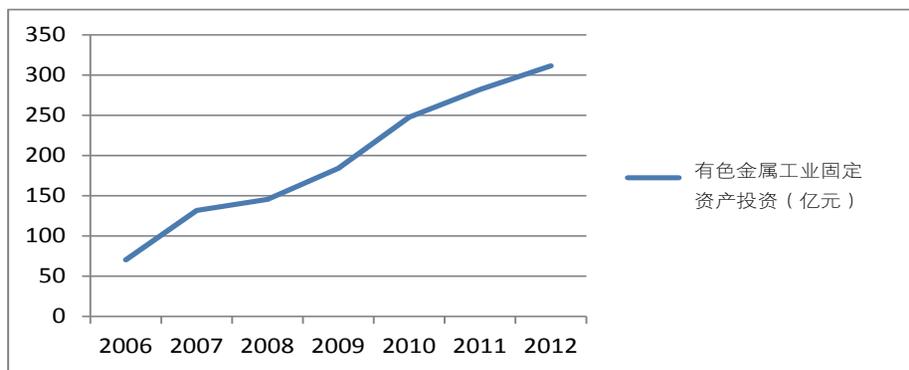
综合上述分析，在工业园周围 2.5 公里范围内的土壤都广泛受到重金属污染。在这个范围内的绝大部分稻谷样本亦检出高含量重金属 (特别是镉) 。几个废水样本中的检测结果亦表明工业园内某些工厂正对环境排放有害重金属。另外，工业园周围土壤的重金属分布模式与预期的工业园的大气金属排放并随主风向沉降模式大致一致，表明工业园的活动很可能是当地土壤重金属污染的一个主要来源。与此同时，调查中亦发现在个别位置采集的稻田土壤和闲置土壤样本有异常高的金属浓度值，暗示该地区亦有其他重要的污染源，但通过本次的调查研究并未能确定其来源，或需要更多调查及分析才能得到更详尽的结论。

附录 1

湖南省有色金属行业与农业

湖南省是著名的有色金属之乡，2011年湖南省有色金属工业总产值名列全国第五，2010年湖南省工业废水镉排放量占全国的工业废水中镉排放量的43.29%，而有色金属工业是镉污染的最主要来源，2010年有色金属工业废水中镉排放占全国工业废水中镉排放80.16%¹。但同时，湖南省也是重要的粮食产地，2011年湖南省农业总产值名列全国第六。这样的双重身份意味着有色金属工业在全省范围内对农业可能的污染伤害，尤其在近几年，有色金属行业迅速增长，有色金属行业迅速增长，农业增长趋缓，2013年重金属污染导致的镉米事件重创湖南省大米产业。

异常扩张的有色金属产业



附图 1 湖南省近几年有色金属工业固定资产投资

数据来源：中国有色金属工业年鉴，其中 2012 年数据基于 2008 固定资产投资增长率年作出保底假设，实际数据将于 3 月底公布于《中国有色金属工业年鉴 2013》

	有色金属冶炼及压延加工业存货水平(存货-销售额比)(中国) ^a	有色金属冶炼及压延加工业存货水平对上年比率	有色金属冶炼及压延加工业固定资产投资额(亿)(湖南) ^b	有色金属冶炼及压延加工业固定资产投资额对上年比率	有色金属冶炼及压延加工业出厂价格指数(中国) ^b
2006	16.02%	91.38	45.97	119.78	122.5
2007	13.98%	87.27	101.55	220.90	113.9
2008	13.93%	99.63	111.36	109.66	96.8
2009	16.04%	115.13	145.14	130.33	83.4
2010	16.36%	101.98	178.39	122.91	117.3
2011	15.17%	92.74	206.81	115.93	113
2012	14.75%	97.27	253.91	122.77	93.1

注：a. 有色金属冶炼及压延加工业存货水平参照大中型有色金属冶炼及压延加工业存货-销售额比，数据来源《中国工业经济统计年鉴》(2006-2012)

b. 有色金属冶炼及压延加工业出厂价格指数与有色金属冶炼及压延加工业固定资产投资额来源于《中国工业经济统计年鉴》(2006-2012)

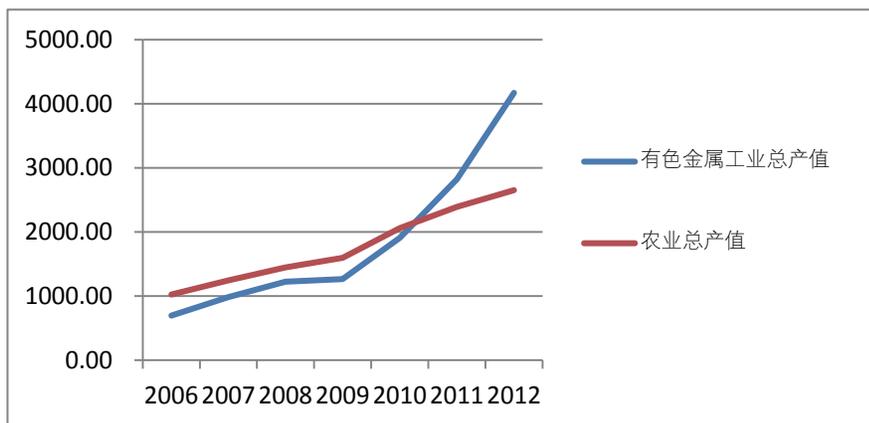
1. 范小杉, 罗宏. 工业废水重金属排放区域及行业分布格局. 中国环境科学 2013,33(4): 655-662

2009 至 2010 年间，全国的有色金属冶炼及压延加工业因金融危机库存大增，但同年湖南省有色金属行业固定资产投资却大幅增长，行业产能扩张。产业固定资产投资异常增长背后的是湖南省政府对有色金属产业的扶持，湖南省政府的扶持使得湖南省有色金属产业快速增长。

这其中包括：

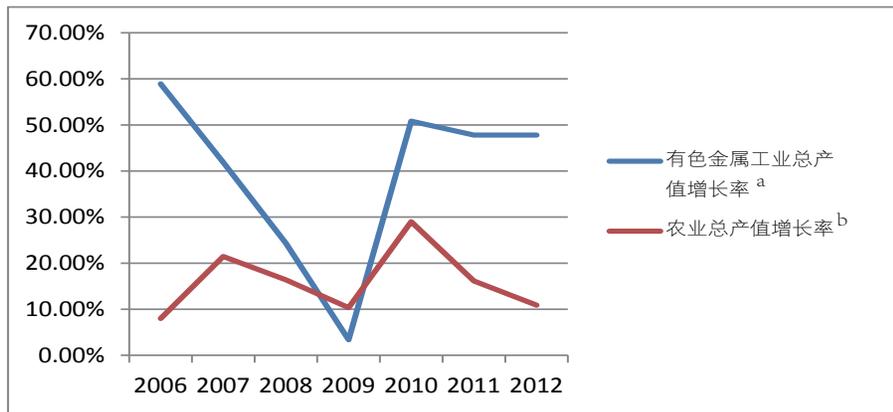
- 2008 年底《湖南省人民政府关于支持有色金属产业又好又快发展的意见》¹ 从资金，税收，土地，融资和资源保障等方面扶持有色金属产业。
- 《湖南省有色金属产业振兴实施规划（2009-2011 年）》² 推出一些列政策扶持措施其中便包括建立有色金属收储制度与拓宽企业融资渠道。
- 《2013 年湖南省人民政府关于进一步支持重点产业重点企业发展的若干意见》³ 将有色金属列为重点产业予以予以扶持。
- 《2014 年湖南省产业园区主导产业指导目录》⁴ 的园区中，25 个将有色金属相关产业列为主导产业，仅次于农业相关的主导产业（农副产品加工业与农副食品加工业）。这些园区将在在招商引资、财政划拨和政策制定上受到扶持倾斜。

农业增长趋缓 有色金属产业快速增长



附图 2 湖南省有色金属工业总产值与农业总产值

1. http://www.hunan.gov.cn/xxgk/fz/zfwj/szfwj/200812/t20081210_233689.html
 2. http://www.hunan.gov.cn/xxgk/fz/zfwj/szfwj/200906/t20090610_237103.html
 3. http://hunan.gov.cn/zwgk/zjzf/hnzb/2013/201307_41962/szfwj_40043/201308/t20130821_894563.html
 4. <http://www.hnfgw.gov.cn/zt/zthnkfqdt/48941.html>



附图 3 湖南省有色金属工业总产值增长率与农业总产值增长率

注：a. 有色金属工业总产值来源于中国有色金属工业年鉴，其中 2012 年数据基于 2011 行业年增长率作出假设。

b. 农业产值来源于《湖南统计年鉴》

湖南省农业总产值增长率近几年持续下降，农业资源环境紧张。根据 2012 年官方报导，湖南省耕地数量 5 年减少 101.61 万亩，30 年土壤酸化程度相当于自然状态下 300 年的酸化程度。¹

然而湖南省有色金属产业却一直保持高速增长的态势，除去受金融危机影响 2008 年和 2009 年，湖南省有色金属产业产值近几年一直以超过 40% 的速度增长。

湖南省快速增长的有色金属产业很可能对当地耕地土壤质量构成更严重的威胁。对于农业资源环境已经趋于紧张的湖南省，有色金属产业如此高速的扩张带来的重金属污染风险，将对紧张的湖南农业资源构成更大压力。

“亏本”的有色金属产业



附图 4 湖南省有色金属行业近年利税总额

数据来源：数据来源中国有色金属工业年鉴

1. http://www.gov.cn/jrzq/2012-11/08/content_2259993.htm

据湖南省环保厅近日测算，治理湘江要达到预期效果，总投入将超过 4000 亿元¹。湘江主要遭受有色金属矿采选及冶炼所产生的重金属污染²。即便完全按照“十一五”期间湖南省有色金属行业的利税总额计算，湖南省有色金属行业的利税总额仅仅治理一条湘江的投入便需要至少 27 年，还未计算可能新增的污染及治理需要。

1. <http://www.czt.gov.cn/Info.aspx?ModelId=1&Id=20225>

2. 中国环境报：治理重金属污染 还湘江漫江碧透。对话人：蒋益民，湖南省环境保护厅厅长 http://www.cenews.com.cn/xwzx/dh/201108/t20110819_705401.html

附录 2

调查检测结果表

附表 1 衡东工业园周围五个农村稻米样本和两个对照村的稻米样本检测结果

(* 红字代表超出国家标准)

	编号	镉 Cd	铅 Pb	总汞 total Hg	总砷 Total As
单位		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
国家标准		0.2	0.2	0.02	无 (无机砷 0.2)
检测方法		GB/T 5009.15-2003	GB 5009.12-2010	GB/T 5009.17-2003	GB/T 5009.11-2003
炉铺村	LP-R1	2.723	0.274	0.005	0.124
	LP-R2	4.393	0.270	0.006	0.083
	LP-R3	3.826	0.166	0.005	0.087
新民村	XM-R1	1.573	0.179	0.006	0.131
	XM-R2	1.604	0.368	0.009	0.407
	XM-R3	0.81	0.13	<0.01	0.35
石桥村	SQ-R1	0.666	0.275	0.009	0.421
	SQ-R2	1.20	0.047	<0.01	0.14
永宁村	YN-R1	1.858	0.154	0.006	0.275
	YN-R2	0.293	0.123	0.006	0.188
	YN-R3	0.064	0.135	0.006	0.715
	YN-R4	0.43	0.03	<0.01	0.28
堰桥村	YQ-R1	0.88	0.047	<0.01	0.28
对照村					
德圳村	DZ-R1	0.033	0.082	0.005	0.202
	DZ-R2	0.070	0.086	0.004	0.154
	DZ-R3	0.020	0.069	0.005	0.223
	DZ-R4	0.019	0.02	<0.01	0.28
堰江村	YJ-R1	<0.005	0.061	0.004	0.540
	YJ-R2	0.028	0.047	0.003	0.189
	YJ-R3	0.012	0.069	0.009	0.532

附表 2 衡东工业园周围五个农村和两个对照村的稻田土壤样本检测结果

(* 黄格代表超出二级标准；红格代表超标 3 倍以上)

单位: mg/kg	编号	pH	砷 As	钡 Ba	镉 Cd	铬 Cr	钴 Co	铜 Cu	铅 Pb	锰 Mn	钼 Mo	镍 Ni	钒 V	锌 Zn
土壤环境标准值 (GB15618-1995)	二级 (pH<6.5)		30		0.3	250		50	250			40		200
炉铺村	LP-S1	5.47	21	2470	5.5	39	6	26	108	94	<1	13	43	191
	LP-S2	5.9	14	1200	2.5	37	5	24	82	73	<1	11	34	118
	LP-S3	5.72	19	2310	6.9	42	6	26	94	63	<1	14	46	245
石桥村	SQ-S1	5.83	11	1400	0.7	37	7	21	29	95	<1	15	41	91
	SQ-S2	5.84	<10	520	0.5	35	7	19	30	76	<1	15	42	88
	SQ-S3	6.14	<10	636	1.4	33	8	17	30	198	<1	13	34	73
新民村	XM-S1	5.96	11	1060	1	33	8	20	38	123	<1	14	40	109
	XM-S2	5.74	13	789	0.9	38	8	20	38	143	<1	15	45	107
	XM-S3	5.55	10	2840	5.6	23	7	24	41	127	<1	11	27	130
堰桥村	YQ-S1	5.83	12	725	0.4	43	12	22	27	258	<1	19	45	60
	YQ-S2	6.29	11	1680	0.4	50	11	25	30	146	<1	21	49	68
	YQ-S3	6.12	10	737	0.3	44	11	22	29	175	<1	19	45	65
永宁村	YN-S1	5.25	10	1290	92	39	8	24	23	161	5	63	54	566
	YN-S2	5.46	11	301	65	40	7	23	26	130	3	61	47	517
	YN-S3	5.3	12	414	1.7	42	6	21	26	136	1	17	47	73
对照村														
堰江村	YJ- S01	5.16	<10	95	0.3	40	11	21	21	227	<1	20	39	68
	YJ- S02	5.52	<10	92	0.3	37	11	22	22	176	<1	20	39	70
	YJ- S03	4.9	<10	92	0.3	37	9	18	19	141	<1	18	37	61
德圳村	DZ- S01	5.36	<10	85	0.3	71	13	31	33	217	<1	18	47	70
	DZ- S02	5.03	<10	85	0.4	74	13	32	32	151	<1	18	49	73
	DZ- S03	4.96	<10	79	0.3	72	13	30	29	179	<1	17	46	67

标准分级

一级标准: 为保护区域自然生态, 维持自然背景的土壤环境质量的限制值

二级标准: 为保障农业生产, 维护人体健康的土壤限制值

三级标准: 为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值

附表 3 衡东工业园(大浦片)周围闲置土壤样本检测结果

(* 红格代表超出三级标准; 黄格代表浓度较高值; 因 pH 值不适用而不能直接与三级标准作比较)

单位: mg/kg	编号	pH	砷 As	钡 Ba	镉 Cd	铬 Cr	钴 Co	铜 Cu	铅 Pb	锰 Mn	钼 Mo	镍 Ni	钒 V	锌 Zn
土壤环境标准值 (GB15618-1995) 三级		>6.5	40		1.0	300		400	500			200		500
西	W200 - A	5.07	10	91	<0.2	39	6	14	17	79	<1	15	46	63
	W200 - B	5.28	12	101	0.3	41	6	14	18	72	<1	14	48	72
	W500 - A	7.88	<10	1100	4.7	27	10	17	28	363	<1	13	27	213
	W500 - B	6.31	13	361	0.7	30	15	17	34	414	<1	20	31	78
	W1000 - A	6.16	12	125	0.4	35	10	13	23	219	<1	12	39	59
	W1000 - B	7.90	21	274	1.2	26	6	17	35	300	<1	10	29	97
	W2500 - A	7.08	148	1110	12.3	37	13	60	162	2130	2	33	50	408
	W2500 - B/1	7.19	111	1000	12.2	30	11	46	123	1525	1	26	38	352
东	E200 - A	5.07	11	167	0.9	38	10	26	38	161	<1	15	44	89
	E200 - B	4.87	13	120	0.3	40	10	21	23	172	<1	15	43	64
	E500 - A	4.82	<10	95	<0.2	33	5	13	23	81	<1	10	35	46
	E500 - B	5.18	<10	79	0.3	31	4	11	19	90	<1	9	31	43
	E870 - A	7.03	14	662	0.7	36	11	21	27	520	<1	14	31	84
	E870 - B	7.86	10	1000	0.9	37	9	22	34	431	<1	15	34	102
	E2500 - A	8.20	29	1320	1	29	14	23	35	549	2	24	32	83
	E2500 - B	8.23	14	384	0.5	34	11	49	20	413	<1	21	38	71

续附表 3

单位: mg/kg	编号	pH	砷 As	钡 Ba	镉 Cd	铬 Cr	钴 Co	铜 Cu	铅 Pb	锰 Mn	钼 Mo	镍 Ni	钒 V	锌 Zn
土壤环境标准值 (GB15618-1995) 三级		>6.5	40		1.0	300		400	500			200		500
西北	NW290 - A	5.30	<10	80	0.5	40	5	18	27	80	<1	13	45	63
	NW290 - B	5.10	<10	90	0.3	40	4	16	25	71	<1	13	44	53
	NW500 - A	4.24	11	66	<0.2	31	3	15	18	44	<1	9	35	39
	NW500 - B	4.46	14	69	<0.2	40	5	21	30	73	<1	13	48	53
	NW1000 - A	5.64	<10	76	<0.2	37	7	14	17	187	<1	14	37	49
	NW1000 - B	4.35	14	159	0.6	49	10	16	38	258	<1	12	46	67
	NW2500 - A	5.98	<10	100	0.6	45	9	10	24	161	<1	13	33	57
NW2500 - B/1	6.06	<10	73	<0.2	29	9	10	15	149	<1	12	29	44	
南	S200 - A	5.16	11	3100	1.3	38	6	42	54	67	<1	13	41	113
	S200 - B	5.52	<10	3590	1.2	36	6	44	57	58	<1	13	41	119
	S500 - A/1	5.88	22	1230	2	42	5	27	57	79	<1	12	46	114
	S500 - B	7.89	31	1590	5.4	40	6	48	175	192	1	15	46	202
	S900 - A	4.85	15	1660	2.9	42	31	35	74	472	<1	28	43	418
	S900 - B/1	5.43	18	1120	1.4	35	11	37	83	253	<1	14	34	100
	S2500 - A	8.03	10	155	1.2	48	29	20	31	572	<1	43	40	137
	S2500 - B	8.11	11	143	1.7	36	20	18	51	617	1	27	40	108

标准分级

一级标准: 为保护区域自然生态, 维持自然背景土壤环境质量的限制值

二级标准: 为保障农业生产, 维护人体健康的土壤限制值

三级标准: 为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值

附表 4 经过滤水样的溶解态重金属检测结果

(红格代表超过地表水 IV 类标准及 / 或农田灌溉水质标准)*

单位: ug/l	编号	砷 As	钡 Ba	镉 Cd	铬 Cr	钴 Co	铜 Cu	铅 Pb	锰 Mn	镍 Ni	钒 V	锌 Zn
地表水 IV 类标准**		100		5	50		1000	50				2000
农田灌溉水质标准***		50		10	100		500	200				2000
炉铺村水库****	LP- W1	<50	91	528	<10	<20	<20	121	1080	21	<10	3210
炉铺村水库旁废水排放口	LP- W2	<50	40	84	<10	<20	<20	<50	46	<10	<10	319
炉铺村废水池	LP- W3	<50	29	<2	<10	<20	<20	<50	5	<10	<10	92
石桥村水库	SQ- W1	<50	44	9	<10	<20	<20	<50	891	13	<10	792
创大冶金与水库间的引水道	SQ- W2	<50	13	4	<10	<20	<20	<50	3	<10	599	111
石桥村灌溉水	SQ- W3	<50	113	<2	<10	<20	<20	<50	24	<10	<10	53
新民村灌溉水	XM- W1	<50	122	2	<10	<20	<20	<50	<2	<10	24	84
檀桥村灌溉水	YQ- W1	<50	436	<2	<10	<20	<20	<50	<2	<10	<10	16
永宁村灌溉水	YN- W1	<50	50	<2	<10	<20	<20	<50	<2	<10	<10	31
永宁村水库	YN- W2	<50	19	<2	<10	<20	<20	<50	70	<10	<10	32
对照村												
堰江村灌溉水	YJ- W1	<50	12	<2	<10	<20	<20	<50	<2	<10	<10	19
德圳村灌溉水	DZ- W1	<50	<5	<2	<10	<20	<20	<50	<2	<10	<10	33

* 此次水样样本的前处理方法为以 0.45micron 过滤后的水样作检测, 而国家《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) 中规定的前处理方法为自然沉降 30 分钟后取上层非沉降部分进行检测。在前处理方法稍有不同的基础上与国家标准作出大致比较。

**《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)

IV 类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;

V 类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域

***《农田灌溉水质标准》(GB5084—2005)

**** 采样时水库干涸

附录 3

衡东工业园及周边农村概况

衡东工业园周边农村

检测村	实际种植面积 (2013) (亩)	预估平均稻谷产量 ¹ (吨)	距工业园距离 (公里)
炉铺村	798	341.87	0.5
新民村	1355	580.50	0.5
石桥村	1405	601.92	1
永宁村	1213	519.67	1-1.5
堰桥村	1247	534.23	2-2.5

附表 5 衡东工业园周围村农业情况

注：预估平均稻谷产量根据 2012 年湖南省每千公顷平均稻谷产量计算，数据来源于《中国统计年鉴 2013》

根据检测的 5 个村庄 2013 年的实际种植面积，按照 2012 年湖南省每千公顷平均稻谷产量，计算出 5 个检测村庄稻谷年产量大约在 2578 吨，这些稻谷都在距离衡东工业园 2.5 公里以内的距离内种植。

2012 年，有报导指衡东工业园附近村民被查出血铅超标，村民则抱怨农作物连年减产，果树不结果，蔬菜也无人购买¹。

衡东工业园 (大浦片) 有色金属企业概况

地址：衡阳市衡东县大浦镇

衡东工业园是于 2003 年 8 月成立的省级工业园，规划面积 726 公顷，工业园以化工及冶炼企业为主。2012 年 1 月中旬通过区域环评审批。《湖南省有色金属行业“十二五”发展规划》将其列为重点园区。² 至 2014 年 3 月的资料，园区内共有 12 家企业，其中有

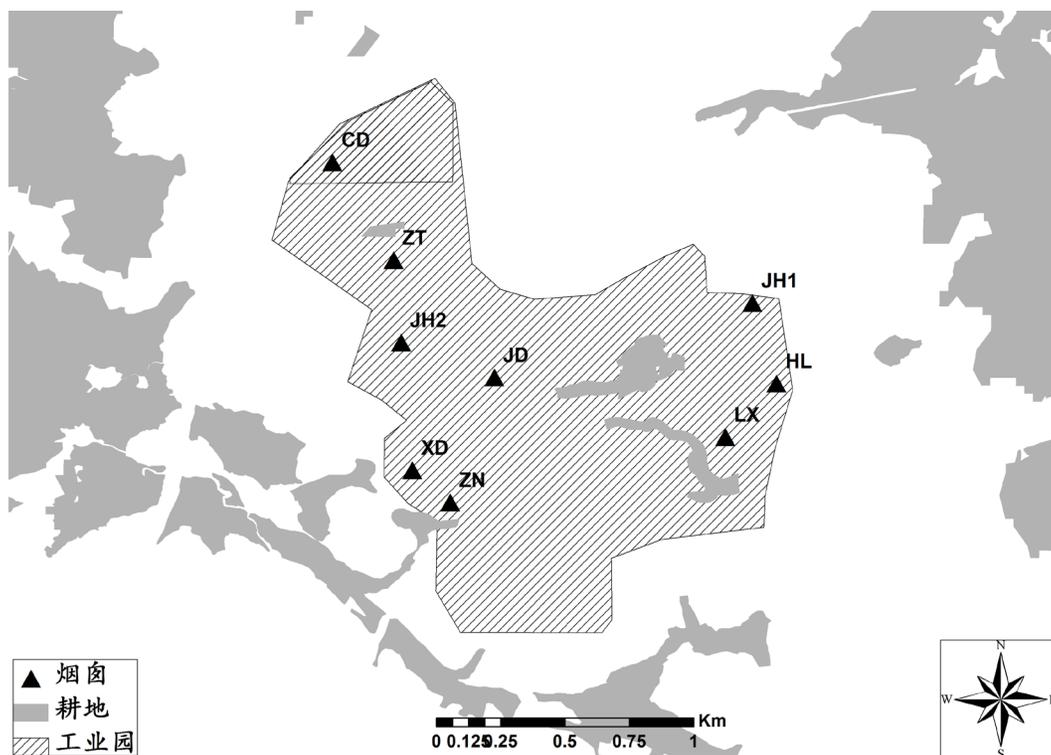
1. <http://business.chinadaily.com.cn/2013/1030/1355765.html>

2. 衡东工业园环保整改到位，区域环评获审批 http://www.hbt.hunan.gov.cn/new/dtxx/szdt/content_26877.html

9家为有色金属冶炼企业¹，主要生产铜及铝材等产品，部分企业已暂时停产或关闭。截至2014年3月，根据调查人员实地走访情况，工业园至今仍未建成集中污水处理设施。工业园内9家有色金属冶炼企业，都建有约60米高的烟囱排放废气，其余的企业都没有大型排气烟囱。

工业园内规划建设《湖南省有色金属行业“十二五”发展规划》内的重点项目：金虎铜业废杂铜回收加工电解铜及铜材生产线建设项目，建设一条年产10万吨电解铜、3万吨铜材料生产线。²即由现时5万吨的生产线扩充最少一倍。厂房负责人称或于2014年开始改造扩建。

根据国务院第一次全国污染源普查工作办公室编纂的《污染源普查产排污系数手册》，铜、锌、铅等产品冶炼都会排放含镉及铅等重金属的废水及烟气³。涉及这几项生产的有色金属企业占工业园内企业的三分之二。



附图5 衡东工业园企业位置图

注：根据2010年卫星图片制作，工业园区内的耕地目前是否仍在耕种尚不确定

1. 另外三家分别生产水泥、建材和化工。
2. 《湖南省有色金属行业“十二五”发展规划》<http://www.hnfgw.gov.cn/hgzh/zdxxgh/26337.html>
3. 《污染源普查产排污系数手册》2011年9月第一版；韩明霞，孙启宏，乔琦，杨晓松. 中国火法铜冶炼污染物排放情景分析. 环境科学与管理. 2009, Vol. 34, 12.



附表 6 衡东工业园有色金属企业基本资料

工厂	缩写	2014 国控	生产现状	原材料	产品	产能 (吨/年)	2012 年产量 (t/a) ¹	备注
衡阳市金虎铜业有限公司 (2012 年 5 月改组为湖南金虎再生资源产业集团有限公司； 2014 年已更名为湖南金宇铜业)	JH1	Y	在生产	废铜	铜阳极板	50000	11300	将于 2014 年扩建并将 产能加倍
衡阳市金虎铝业有限责任公司 (金虎铝业分拣中心)	JH2	Y	在生产	废铝	再生铝合金 (ADC12, ADC10, A380, A390)	10000		与金虎铜业属同一集团
湖南子延有色金属有限公司	ZT	Y	在生产	次氧化锌	高纯锌锭 (电 解锌)	6000	1666	
湖南创大冶金集团有限公司钒铁 分厂	CD		在生产	钒磷铁	五氧化二钒	7700	340	环评批复文件：60 米 高排烟筒，厂界南 120 米为卫生防护距离
衡阳领欣铜业有限公司	LX		在生产	废铜	铜阳极板	40000	0	
衡东中南冶金有限公司	ZN		2012/11 被取 缔关闭	废铅泥、 铅精矿	粗铅	30000	2000	2012 年 11 月炉铺村发 生血铅中毒事件，当地 村民围堵中南冶金，其 后被迫关门。 ²
衡阳市金铟有色金属有限公司	JD*		已结业 (原址已 改建为衡阳腾 波化工科技有 限公司)		铟酸铵		0	
衡阳合林铜业有限公司	HL		2013 年淘汰落 后铜冶炼 2 万 吨生产线，估 计不会再生产)	粗铟、杂 铜	铜阳极板	20000	0	
衡阳市鑫大化工有限公司	XD		自 2013 年底取 缔关闭，估计 2014 年内不会 再生产		氧化锌		0	

1. 参考 2012 年 9 月当地环保局公布的《涉重金属矿采选、冶炼企业检查整治表》http://www.hengyang.gov.cn/main/hyzw/zfxxgk/ndzdzfxgk/hjbh/pwzxxx/1_230842/default.shtml

2. <http://business.chinadaily.com.cn/2013/1030/1355765.html>

附录 4

镉的危害¹

暴露于过量的镉中可损害健康。2012 年，镉及其化合物被世界卫生组织癌症研究机构（IARC）列为已知的人类致癌物（1 类）。

食入被镉严重污染的食物以及水可能会严重影响胃部，造成呕吐和腹泻。吸入大量的镉可能影响及损伤肺部，在严重状况下甚至可能致命。

然而，长期慢性镉中毒更令人担忧。长期通过空气或者食物摄入低含量的镉可能会导致肾脏受损。虽然大部分情况下并不会直接威胁到生命，但可能会导致肾结石的形成并影响骨骼，造成骨痛或衰弱。同时也可能对肺造成损伤。

一些动物实验显示，食入被镉污染的食物以及水可能造成高血压、血红细胞减少、肝脏疾病、神经受损或者大脑受损。但这些疾病尚未在人身上发现。

1. <http://www.epa.gov/wastes/hazard/wastemin/minimize/factshts/cadmium.pdf>

附录 5

国家相关重金属含量标准

一、《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB 2762-2012）

食品类别（名称）	限量（以 Cd 计）mg/kg
谷物及其制品	
谷物（稻谷 ^a 除外）	0.1
谷物碾磨加工品（糙米、大米除外）	0.1
稻谷 ^a 、糙米、大米	0.2

a. 稻谷以糙米计

检验方法：按 GB/T 5009.15 规定的方法测定

二、《土壤环境质量标准》（GB 15618-1995）

土壤环境质量标准值

单位 :mg/Kg		一级	二级			三级
		自然背景	pH <6.5	pH 6.5-7.5	pH >7.5	>6.5
镉		0.20	0.30	0.30	0.60	1.0
汞		0.15	0.30	0.50	1.0	1.5
砷	水田	15	30	25	20	30
	旱地	15	40	30	25	40
铜	农田等	35	50	100	100	400
	果园		150	200	200	400
铅		35	250	300	350	500
铬	水田	90	250	300	350	400
	旱地	90	150	200	250	300
锌		100	200	250	300	500
镍		40	40	50	60	200

标准分级

一级标准：为保护区域自然生态，维持自然背景的土壤环境质量的限制值

二级标准：为保障农业生产，维护人体健康的土壤限制值

三级标准：为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值

三、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

地表水环境质量标准基本项目标准限值（重金属类项目）

单位:mg/L	I类	II类	III类	IV类	V类
铜	0.01	1	1	1	1
锌	0.05	1	1	2	2
砷	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
汞	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
镉	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
铬(六价)	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
铅	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1

I类 主要适用于源头水、国家自然保护区；

II类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等；

III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区；

IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；

V类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。