

文章编号: 0254 - 5357(2012)04 - 0638 - 07

电镀企业搬迁后场地调查及其环境影响评价

刘 媛
(上海市地矿工程勘察院, 上海 200072)

摘要: 对上海新区一家刚搬迁的电镀厂场地进行现场采样, 评价土壤、地下水和废水的环境状况。土壤样品检测了 pH、CN⁻ 及主要重金属离子等 11 项指标, 地下水样品分析主量元素、重金属元素、NH₃ - N、NO₃⁻ - N、NO₂⁻ - N、溶解性总固体、总硬度、CN⁻、挥发性酚类、高锰酸盐指数等 24 项指标, 废水样品检测化学耗氧量 (COD_{Cr})、挥发性酚及土壤的分析指标共 13 项。结果表明: 厂区内土壤呈碱性, 综合污染指数为 0.67, 仅个别采样点 Zn、Ni 的单项污染指数大于 1, 土壤总体环境质量尚可; 地下水的综合评价指数在 4.27 ~ 7.58 之间, 水质判断为很差或极差, 不能作为饮用水源, 主要污染指标 NH₃ - N、氯化物、溶解性固体、总硬度、重金属元素、氯化物、挥发性酚、高锰酸盐指数等都低于地下水 IV 级标准, 未见明显的重金属污染; 废水除了 pH 之外, 重金属元素、挥发性酚和氯化物等指标都达到城市污水和电镀污染物排放标准。研究成果对污染型企业搬迁后的原厂区环境监测评价具有一定的借鉴意义。

关键词: 电镀企业; 土壤; 地下水; 重金属元素; 环境调查和评价

中图分类号: X830.2; X53; X52 **文献标识码:** A

Environmental Survey and Impact Assessment on the Relocation Site of an Electroplate Factory

LIU Yuan
(Shanghai Institute of Geological Engineering Exploration, Shanghai 200072, China)

Abstract: Samples from a newly relocated electroplating factory in Shanghai were analyzed to assess the environment quality of soil, groundwater and wastewater. Soils were analyzed for 11 proxies of pH, CN⁻ and the concentrations of heavy metals. Beside the proxies for soil samples, the proxies of COD_{Cr} and volatile phenols were determined for wastewater samples. Groundwater samples were analyzed for 24 proxies of the major elements, heavy metals, ammonia, nitrate, nitrite, total dissolved solids, total hardness, CN⁻, volatile phenols and permanganate. The results showed that the soil is alkaline and the integrated pollution index is 0.67, with pollution indexes of most elements, except Zn and Ni in individual samples, being less than 1, which indicates that the soil environment is good in this area. The comprehensive indices of the groundwater range from 4.27 to 7.58, indicating poor quality for drinking water. The main pollutants of the groundwater were NH₃-N, chloride, dissolved solids and total hardness, however, the proxies of heavy metals, cyanide, volatile phenols and permanganate were less than the IV standard for groundwater. For wastewater, the indicators of heavy metals, volatile phenols and CN⁻, except pH, were in line with the emission standards. The work provided a good experience for soil environment assessment where some polluting enterprises relocated from the city center to the suburbs.

Key words: electroplate enterprises; soil; groundwater; heavy metal elements; environmental survey and assessment

土壤环境是城市生态系统中重要的组成部分之一,具有重要的生态、环境和经济功能。随着我国城市化进程的迅猛发展,城市土地资源日益稀缺。土地置换开发已成为城市土地可持续利用的重要手段。历史上分布在城郊的一些农药、印染和化工等生产企业,由于城市的扩建,已逐渐处于城市的主城区位置。工厂与林立的城市建筑形成了鲜明的对比,显露着城市新区的兴盛和不协调。这种不协调已经不能满足城市环境安全和生态宜居的要求。因此,近年一些生产企业纷纷被搬迁或拆迁^[1],原厂址往往被规划为城市发展用地。据报道,1991~1995年上海有大约750家污染工厂从市中心迁入农村地区的工业带^[2]。

对于污染型企业(如电镀企业),人们关注的重点是在运营过程中企业对周边环境的影响^[3-4],而有关电镀企业搬迁后对原有环境的影响研究相对于其他行业来说还十分匮乏^[5-7]。事实上,包括电镀企业在内的污染型企业对环境的影响并不会随着企业的搬迁而瞬间消失。杨萌^[8]研究认为上海崇明滩地重金属分布规律与该地区工业发展及排污状况相符。电镀业是长江三角洲较为常见的企业,在日常生产过程中向周围环境排放了大量的重金属,这些重金属在环境中迁移、转化,最终进入并累积于土壤、植物中^[9-10],直接或间接地危害着人体健康^[3,11]。电镀厂搬迁后,场地上遗留下来的污染问题直接影响着新建项目的环境现状及其环境功能的符合性。为此,本文对一家刚实施搬迁的电镀厂原址进行了现场调查,采集土壤、地下水、废水样品,分析pH、CN⁻、主要重金属元素、氨氮、溶解性总固体、总硬度、挥发性酚类、高锰酸盐指数等指标,根据分析结果对环境现状进行了评价,旨在为电镀企业搬迁后评估其土壤环境提供科学依据。

1 实验部分

1.1 采样地点概况

厂址位于城市的新区内,根据对现场建筑物的调查,搬迁企业涉及电镀、酸洗、装配、喷漆、注塑、压铸、抛光等工艺,并配备了废水(含前处理)处理站、化验室等。主要工业原料为液碱、酸、焦亚硫酸、次氯酸钠等;化验室内少量洒落物为铜盐、镍盐、锌盐等。车间地面为混凝土结构,现场未发现任何地面裂缝。液槽所在的地面略低于周边,冲洗水通过窰井、管道进入前处理车间。前处理车间有多个地下水槽,以实现不同废水的收集与处理,废水经处理达

标后进入城市污水管道。

现场建筑物周围及附近的绿化植物和杂草生长正常。但有一处约6 m长、10 m宽的绿化带出现植物整体死亡,该土地较周围土壤湿润。厂区西、北两侧紧邻河流,东、南两侧为城市交通道,厂区与外界环境界限明显。周边除南面是建设工地外,其他三面都是新建的居民小区。

1.2 样品采集与保存

1.2.1 土壤和地下水样品的采集与保存

采样点的布设体现突出重点,兼顾均匀性的原则,在可能对环境有较大影响的电镀、前处理、酸洗等车间之外布设较多的采样点,植物死亡区布设1个采样点,共11个采样点。由于新业主要求不破坏办公楼周围及其东侧的混凝土地坪,因此采样的均匀性有所欠缺。

每个采样点分别采集深度为0~20 cm、40~60 cm和90~120 cm的上、中、下三层土壤,共计33个土壤样品。分析重金属的样品用聚乙烯食品袋存放,其他项目分析的样品用玻璃瓶存放。送实验室后将采集的土壤样品置于搪瓷盘中,阴凉处自然风干。木槌碾压样品,除去样品中的杂物,过1 mm孔径尼龙筛。混合均匀后,每份样品采用四分法缩分为50 g后继续研磨至全部过0.079 mm孔径尼龙筛,封存,备用。

地下水样品利用土壤的采样孔,并钻深至约4 m,将UPVC管(Φ 50 mm)安装在采样孔中,UPVC管位于地下水面下及井底以上各约0.5 m的区域。UPVC管顶部高出地面约0.3 m,管壁周围先用清洁石英砂(粒径>0.25 mm)作填料,填至UPVC管滤水孔顶部以上约0.5 m处,然后用膨润土密封,最后用含5%的膨润土水泥浆密封管口地面。采样前用潜水泵抽水洗井,直至出水稳定为止(pH、温度、电导率现场测量值偏差分别不超过0.05%、0.5%和5%)。

用贝勒管采集UPVC管中的水样(先用待采水样洗涤采样瓶3次),每个水样共采集4瓶,每瓶约1000 mL。其中1瓶(聚乙烯瓶)加5 mL HNO₃,1瓶(磨口玻璃瓶)加2~4 g NaOH,其余2瓶(聚乙烯瓶)原样保存。需要做平行分析和加标回收试验的样品采集双份样品。

1.2.2 废水样品的采集与保存

在前处理车间内共有24个水井,废水采样点分布见图1。先用水样润洗采样器具,然后吊取水井中的水样,采样量、保存方法以及平行样品与地下水样品相同。

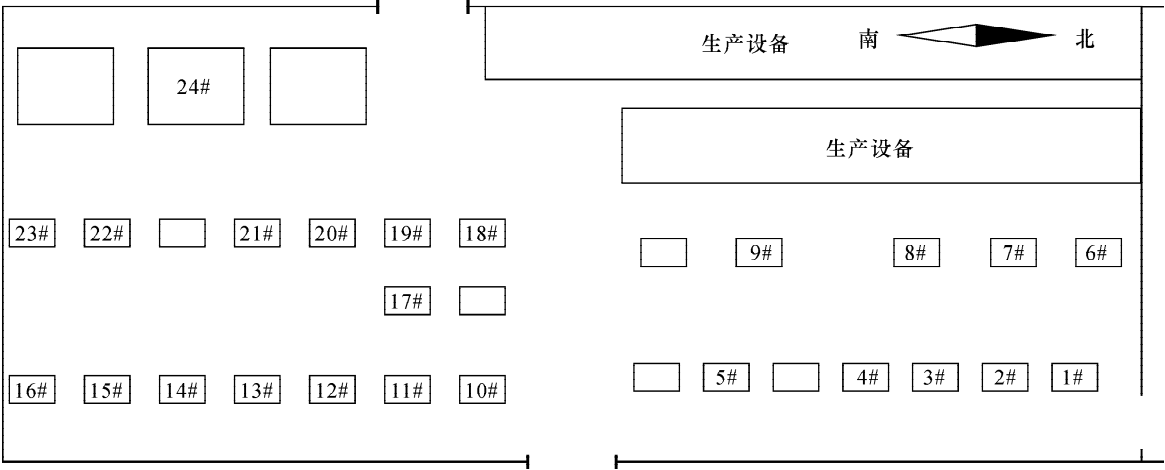


图1 废水采样点分布图
Fig. 1 Distribution of wastewater sampling sites

1.3 环境介质指标分析与检测质量控制

1.3.1 环境介质样品的检测指标

土壤样品:检测指标包括 pH、CN⁻、Hg²⁺、Cd²⁺、Ag⁺、总 As、Pb²⁺、Cu²⁺、Ni²⁺、总 Cr、Zn²⁺,共11 项。

地下水样品:检测指标包括 pH、CN⁻、挥发性酚(以苯酚计)、高锰酸盐指数、总硬度(以 CaCO₃计)、溶解性总固体(TDS)、NH₃ - N、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、NO₂⁻ - N、NO₃⁻ - N、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Hg²⁺、Cd²⁺、总 As、Pb²⁺、Cu²⁺、Ni²⁺、总 Cr、Zn²⁺,共 24 项。

废水样品:检测指标包括化学耗氧量(COD_{Cr})、挥发性酚和土壤的 11 项分析指标,共 13 项。其中 COD_{Cr}和挥发性酚为增设项目。

1.3.2 测试方法与测试单位

土壤、地下水、废水样品的测试采用国家标准方法^[12-19]和行业标准方法^[20-26]。分析仪器采用日立 180-80 原子吸收分光光度计、TAS-990 原子吸收分光光度计和 UV-1102 II 型分光光度计等。样品测试工作由上海市岩土工程检测中心完成。

1.3.3 检测质量控制

测试单位在样品测试过程中采用如下质量控制措施。

(1)平行双样分析

随机选择了 4 个土壤样品做平行双样分析,平行双样比例大于 10% 符合相应的技术规范^[27]要求。各指标的双样测定相对标准偏差均符合该规范要求。

随机选择了 2 个地下水采样点,采集双份水样做平行双样分析,平行双样比例大于 10% 符合相应

的技术规范^[28]要求。各指标的双样测定相对标准偏差均符合该要求^[28]。

随机选择了 3 个废水采样点,采集双份水样做平行双样分析,平行双样比例大于 10% 符合规范^[20]要求。各指标的双样测定相对标准偏差均符合要求^[28]。

(2)标准样品分析

在进行土壤样品分析的同时,对 4 个土壤标准样品进行同步双样测定,测定指标包括 Cu、Zn、Pb、总 Cr、Cd、总 As、Ni、Ag、Hg 共 9 项。测定结果的相对标准偏差和相对误差均符合相应技术规范^[27]要求。

在进行地下水、废水样品分析的同时,分别利用 2 个水质标准样品进行 NH₃ - N、NO₃⁻ - N、NO₂⁻ - N、pH 值、Cu²⁺、Zn²⁺、Pb²⁺、总 Cr、Cd²⁺、总 As、Hg²⁺、Ni²⁺等指标的双样测定。测定结果的相对标准偏差和相对误差均符合技术规范^[28]要求。用 1 个标准与样品一起测定 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻的浓度,另外还分别测定了标准样品的 COD_{Cr}和高锰酸盐指数,测定次数均为 2 次。标准样品测定结果的相对标准偏差和相对误差均符合技术规范^[28]要求。

(3)检测方法加标回收试验

对 Ag⁺、CN⁻、挥发性酚 3 项指标进行了加标回收试验,地下水加标样品数为 2 个,废水加标样品数为 3 个。Ag⁺、挥发性酚的加标回收率均符合技术规范^[28]要求,有 1 个废水样品的 CN⁻加标回收率低于 85%。返工后符合该要求,增加的 3 个废水样品的加标回收试验的回收率也符合该要求。

1.4 评价方法和依据

1.4.1 土壤的评价方法和依据

环境污染评价采用单因子污染指数(P_i)和内梅罗综合污染指数^[29-30]。考虑到该场地仍将作为建设用地,土壤质量主要考虑绿化植物的生长,因此选用土壤环境质量标准^[31]中的三级标准,标准中没有的指标 Ag 以太湖流域农业土壤重金属元素含量背景水平(上海部分)^[32]的最大测定值作为限量值。单因子污染指数 P_i 的计算公式如下。

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \tag{1}$$

式中, P_i 为土壤中污染物 i 的环境质量指数; C_i 为污染物 i 的实测浓度; S_i 为污染物 i 的评价标准。 $P_i \leq 1$,表示未污染; $P_i > 1$,表示污染,且 P_i 值越大污染越严重。

内梅罗综合污染指数 $P_{\text{综}}$ 计算公式如下:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{(C_i/S_i)_{\text{max}}^2 + (C_i/S_i)_{\text{ave}}^2}{2}} \tag{2}$$

式中, $(C_i/S_i)_{\text{max}}$ 为土壤污染中污染指数的最大值; $(C_i/S_i)_{\text{ave}}$ 为土壤污染中污染指数的平均值。

1.4.2 地下水的评价方法和依据

地下水评价采用地下水质量标准^[33]中综合评价分值指数,单项组分评分值 F 的计算公式如下。

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\text{max}}^2}{2}}, \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \tag{3}$$

式中,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类的 F_i 值分别为 0、1、3、6、10; $\bar{F}^2$ 为各单项组分评分值 F_i 的平均值; F_{max} 为单项组分评分值 F_i 中的最大值。

1.4.3 废水的评价方法和依据

本文仅对废水进行达标排放分析。依据上海市污水综合排放标准(DB 31/199—1997)^[34]和电镀污染物排放标准(GB 21900—2008)^[35],采用单因子污染指数法进行评价。

2 结果与讨论

2.1 土壤样品检测结果和环境质量评价

土壤样品各检测项目的检测结果统计情况见表 1。结果表明,厂区原址土壤呈碱性,pH 平均值为 8.52,范围为 8.13~10.14。与标准的限量值比较,As、Pb、Hg、Cr 的含量较低,都在一级或二级标准要求内;Cu、Cd 都有 1 个样品为三级,其余样品都符合一级或二级要求;Zn 与 Ni 均有 2 个样品超过了三级,其余样品符合三级或优于三级。

表 1 土壤样品的检测结果

Table 1 Analysis results of soil samples

检测 指标	样品 数量	$w_B/(mg \cdot kg^{-1})$					
		范围	平均值	中位值	标准 偏差	$x \pm 2s$	限量值
pH	33	8.13~10.14	8.52	8.45	0.35	9.22	—
CN ⁻	33	0.012~0.188	0.040	0.033	0.032	0.104	—
Hg ²⁺	33	0.053~0.412	0.123	0.112	0.069	0.261	1.5
Cd ²⁺	33	0.086~0.753	0.256	0.243	0.136	0.528	1.0
Ag ⁺	33	0.075~0.811	0.307	0.165	0.260	0.827	0.84
总 As	33	8.3~13.8	10.9	11.1	1.4	13.7	30
Pb ²⁺	33	10.0~128	28.0	22.1	20.5	69.0	500
Cu ²⁺	33	17.3~200	40.9	32.4	35.0	111	400
Ni ²⁺	33	17.1~290	61.2	41.8	60.1	181.4	200
总 Cr	33	43.9~132	76.9	72.1	26.9	131	300
Zn ²⁺	33	51.5~1410	220	172	247	714	500

注: pH 无量纲,其余表格同。

按照公式(1)计算各元素(组分)的单项污染指数,并依据公式(2)计算综合污染指数。各土壤污染物的综合污染指数见表 2。

表 2 土壤污染物的污染指数

Table 2 Pollution index of soil contaminants

检测指标	综合污染指数			超标率/%
	范围	平均值	限量值	
Hg	0.04~0.28	0.08	1.5	0.00
Cd	0.09~0.75	0.26	1.0	0.00
Ag	0.09~0.96	0.36	0.84	0.00
As	0.28~0.46	0.36	30	0.00
Pb	0.02~0.26	0.06	500	0.00
Cu	0.04~0.50	0.10	400	0.00
Ni	0.08~1.45	0.31	200	6.06
Cr	0.15~0.44	0.26	300	0.00
Zn	0.10~2.82	0.44	500	6.06

本项监测中污染元素的平均污染指数 P_i 以 Zn 为最高(达到 0.44),其次为 Ag 和 As(均为 0.36);再次是 Ni(0.31)。Hg、Cd、Pb、Cu、Cr 的 P_i 在 0.06~0.26 之间。土壤样品总体质量尚可,仅有 2 个样品的 Ni 和 Zn 超标,这与杨萌^[8]报道的长江口崇明岛滩地某电镀厂排污口下游河道淤泥中的主要重金属污染元素为 Ni、Cu、Zn 的结论相似。

在图 1 的 11[#]采样点即植物死亡区域,pH 值、CN⁻和 Hg 含量均远高于厂区内其余各采样点,该点的上层土壤的 pH 值为 10.1,CN⁻、Hg、Zn 的含量分别为 0.188 mg/kg、0.412 mg/kg、1410 mg/kg;而中、下层土壤就快速回落并达到三级标准:pH 在 8.45 以下,CN⁻、Hg、Zn 的含量分别降低至 0.064 mg/kg、0.129 mg/kg、162 mg/kg 以下。并且,上层

土壤样品的上述指标也远高于其他采样点。可见,11[#]采样点的上层土壤存在短期的人为污染,很可能是企业搬迁过程中在此倾倒了少量废液;但中、下层土壤未受污染,这与文献[36]的结论相符。

厂区内其余30个采样点的pH值、CN⁻和Hg范围分别为8.13~8.89、0.012~0.091 mg/kg和0.031~0.197 mg/kg。Zn和Ni的另一个超标样品为6[#]采样点的下层土,Zn、Ni的含量分别为699 mg/kg和290 mg/kg。据现场踏勘资料了解到,6[#]采样点附近是水处理污泥临时堆放处。因此,该点土壤可能受到污泥渗滤的影响。

表3 上海地区土壤的环境背景值
Table 3 Background values of soil in Shanghai city

检测指标	$w_B/(mg \cdot kg^{-1})$				
	监测值	来源①	来源②	来源③	来源④
Hg	0.053~0.412	0.030~0.317	0.065~0.280	0.067~0.496	0.030~0.259
Cd	0086~0.753	0.060~0.800	0.053~0.406	0.090~1.24	0.050~0.292
Ag	0.075~0.811	0.001~0.84	—	—	0.052~0.241 *
As	8.3~13.8	6.6~14.6	6.50~11.3	4.64~14.1	5.42~14.5
Pb	10.0~128	12.1~27.7	13.4~39.0	18.2~55.0	14.6~36.1
Cu	17.3~200	13.6~70.8	16.1~76.4	13.9~168	16.6~40.6
Ni	17.1~290	18.4~41.6	15.0~27.5	21.7~45.2	21.5~46.1
Cr	43.9~132	46.3~126	62.0~96.7	37.2~68.0	50.5~99.5
Zn	51.5~1410	56.0~176	76.3~218	74.4~143	61.6~117

注:来源①《环境背景值数据手册》—太湖流域农业土壤重金属元素含量背景水平(上海部分);来源②《上海市环境质量报告书(1996~2000年度)》—上海市区土壤质量状况;来源③《上海市环境质量报告书(2001~2005年度)》—上海市区土壤质量状况;来源④《上海地质志》—区域土壤地球化学,背景值中有“*”者为全程范围,其余为95%范围。

2.2 地下水检测 results 和环境质量评价

地下水检测结果统计情况见表4。地下水的pH值在7.07~7.65之间,呈中性和微碱性。对比了地下水质量标准,电镀企业厂区内地下水水质情况如下。

(1)Cd²⁺、总As、Hg²⁺、CN⁻、挥发性酚含量很低,pH值在7~8之间,达到地下水Ⅰ类标准要求。

(2)NO₃⁻-N、Pb²⁺、总Cr的含量较低。11个样品的NO₃⁻-N均属Ⅰ~Ⅱ类,Pb²⁺、总Cr在Ⅰ~Ⅲ类之间。

(3)SO₄²⁻、NO₂⁻-N、Cu²⁺、Zn²⁺、Ni²⁺、高锰酸盐指数的浓度一般。高锰酸盐指数在Ⅱ~Ⅳ类之间,其余在Ⅰ~Ⅳ类之间。

(4)总硬度、NH₃-N、Cl⁻、TDS的质量较差,有一个或多个样品属Ⅴ类。

根据水样中各监测参数的水质类别,按照公式(3)计算综合评价指数分值F。1[#]~11[#]采样点的F值分别为4.35、4.27、4.27、4.26、4.35、7.49、7.18、7.58、7.13、7.23、7.51,按照《地下水质量标准》

根据公式(2)计算得到的土壤内梅罗综合污染指数为0.67,土壤质量总体尚可。另外,本次调查结果与文献资料的土壤背景值(见表3)相比,厂区内土壤中Zn、Ni、Pb、Cu的浓度最大值较背景最大值高出2.9~9.1倍以上,这表明土壤中这些元素很可能来自电镀厂的影响。厂区土壤中Ag的含量范围为0.075~0.811 mg/kg,波动较大,并与《环境背景值数据手册》^[32]中太湖流域农业土壤重金属元素含量的背景水平(0.001~0.84 mg/kg)相近,说明其可能更多地受到成土母质的影响。

GB/T 14848—93的规定,综合评价结果为:1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、5[#]、7[#]和9[#]的F>4.25且<7.20,水质为较差;6[#]、8[#]、11[#]的F值均大于7.20,水质为极差。

综上所述,本地块地下水的水质很差,不可用作饮用水源,主要污染指标是氯化物、总硬度、TDS等。上海地区5年间20口潜水监测井的监测结果(资料来源同表3中的③)是:氯化物7.3~516 mg/L,总硬度71.4~755 mg/L,TDS最大值为1.6 g/L,多个样品中的氯化物、总硬度、TDS含量属异常。而具有电镀企业特征的重金属,并没有受到明显的污染,以地下水质量标准中的Ⅳ级(适合于农业用水)来判断,Cu²⁺、Zn²⁺、Pb²⁺、总Cr、Cd²⁺、总As、Hg²⁺、Ni²⁺等污染指数均小于1,最大为0.66(见表5)。这与该市20余口潜水监测井的重金属元素绝大多数监测结果(资料来源同表3中的③)小于生活饮用水标准限量的结论相似。杭小帅等^[37]对电镀厂下游水体中重金属的分布特征研究也认为,地下水重金属含量要显著低于地表水,这与重金属在土壤垂直方向上的迁移能力较弱有关^[35]。

表 4 地下水检测结果统计

Table 4 Analysis results of groundwater

检测指标	样品数	$\rho_B/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$					
		范围	平均值	中位值	标准偏差	$\bar{x} \pm 2s$	限量值
pH	11	7.07 ~ 7.65	7.41	7.46	0.20	7.01 ~ 7.82	$\geq 5.5, \leq 9$
CN ⁻	11	<0.010	<0.010	<0.010	—	—	≤ 0.1
挥发性酚	11	<0.002	<0.002	<0.002	—	—	≤ 0.01
高锰酸盐指数	11	1.5 ~ 6.1	3.56	3.4	1.75	0.06 ~ 7.06	≤ 10
总硬度	11	214.0 ~ 2160	219	484	154	1 ~ 526	≤ 550
TDS	11	328 ~ 3350	1210	814	1100	10 ~ 3400	≤ 2000
NH ₃ - N	11	0.13 ~ 9.86	1.92	0.82	2.96	0.03 ~ 7.84	≤ 0.5
Cl ⁻	11	16.0 ~ 1470	332	71.7	571	0.5 ~ 1470	≤ 350
SO ₄ ²⁻	11	7.2 ~ 344	130	123	99.3	0.5 ~ 328	≤ 350
HCO ₃ ⁻	11	160 ~ 712	428	443	185	59.0 ~ 797	—
NO ₂ ⁻ - N	11	0.002 ~ 0.086	0.026	0.012	0.031	0.002 ~ 0.087	≤ 0.1
NO ₃ ⁻ - N	11	0.12 ~ 3.70	1.11	0.68	1.38	0.12 ~ 3.87	≤ 30
K ⁺	11	1.72 ~ 6.76	3.06	2.46	1.50	0.06 ~ 6.06	—
Na ⁺	11	10.0 ~ 334	97.3	49.7	112	0.3 ~ 322	—
Ca ²⁺	11	60.8 ~ 560	183	102	192	0.5 ~ 567	—
Mg ²⁺	11	14.6 ~ 185	71.3	49.2	63.6	0.3 ~ 198	—
Hg ²⁺	11	<0.0001	<0.0001	<0.0001	—	—	≤ 0.001
Cd ²⁺	11	<0.001	<0.001	<0.001	—	—	≤ 0.01
总 As	11	<0.010	<0.010	<0.010	—	—	≤ 0.05
Pb ²⁺	11	0.010 ~ 0.016	<0.010	<0.010	0.007	0.010 ~ 0.018	≤ 0.1
Cu ²⁺	11	0.050 ~ 0.227	<0.050	<0.050	0.075	0.050 ~ 0.182	≤ 1.5
Ni	11	0.005 ~ 0.066	0.015	<0.005	0.023	0.005 ~ 0.061	≤ 0.1
总 Cr	11	0.010 ~ 0.040	<0.010	<0.010	0.016	0.010 ~ 0.040	≤ 0.1
Zn ²⁺	11	0.050 ~ 7.55	1.12	<0.050	2.49	0.050 ~ 6.100	≤ 5.0

表 5 地下水的污染指数

Table 5 Pollution index of groundwater

检测指标	污染指数			超标率/%
	含量范围	平均值	限量值	
	$\rho_B/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$			
pH	0.04 ~ 0.33	0.20	$\leq 5.5, \geq 9$	0.00
CN ⁻	<0.20	<0.20	≤ 0.1	0.00
挥发性酚	<0.20	<0.20	≤ 0.01	0.00
高锰酸盐指数	0.15 ~ 0.61	0.36	≤ 10	0.00
总硬度	0.39 ~ 3.93	0.40	≤ 550	36.36
TDS	0.16 ~ 1.68	0.60	≤ 2000	18.18
NH ₃ - N	0.26 ~ 19.7	3.84	≤ 0.5	45.45
Cl ⁻	0.05 ~ 4.21	0.95	≤ 350	18.18
SO ₄ ²⁻	0.02 ~ 0.98	0.37	≤ 350	0.00
NO ₂ ⁻ - N	0.02 ~ 0.86	0.26	≤ 0.1	0.00
NO ₃ ⁻ - N	0.01 ~ 0.37	0.11	≤ 30	0.00
Hg ²⁺	<0.10	<0.10	≤ 0.001	0.00
Cd ²⁺	<0.10	<0.10	≤ 0.01	0.00
总 As	<0.20	<0.20	≤ 0.05	0.00
Pb ²⁺	0.10 ~ 0.16	<0.10	≤ 0.1	0.00
Cu ²⁺	0.05 ~ 0.23	<0.05	≤ 1.0	0.00
Ni ²⁺	0.05 ~ 0.66	0.05	≤ 0.1	0.00
总 Cr	0.10 ~ 0.40	<0.10	≤ 0.1	0.00
Zn ²⁺	0.01 ~ 0.22	<0.01	≤ 5.0	0.00

2.3 废水样品检测 results 和达标情况

污水处理车间(前处理)废水检测结果统计情况见 表 6。结果表明,污水的 pH 在 6.76 ~

11.9 之间,呈中性和弱碱性。与上海市污水综合排放标准^[34]和电镀污染物排放标准^[35]的限量值比较,废水中重金属元素、挥发性酚和氰化物都可做到达标排放,但根据工艺流程,排污前的最后一个水槽(24[#])的 pH 值为 9.30,不能达标排放。

表 6 前处理车间废水检测结果统计

Table 6 Analysis result of waste water in the pool in water-treatment plant

检测指标	样品数	$\rho_B/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$			达标情况
		样品检测结果	污水综合排放标准	电镀污染物排放标准	
pH	24	6.76 ~ 11.9	6 ~ 9	6 ~ 9	部分不达标
CN ⁻	24	<0.010	0.5	0.5	达标
COD _{Cr}	24	40 ~ 46.4	100	100	达标
挥发性酚	24	<0.002	0.5	—	达标
Hg ²⁺	24	<0.0001	0.02	0.05	达标
Cd ²⁺	24	<0.001	0.1	—	达标
Ag ⁺	24	<0.005	0.5	0.5	达标
总 As	24	<0.010	0.5	—	达标
Pb ²⁺	24	0.010 ~ 0.011	1.0	1.0	达标
Cu ²⁺	24	0.050 ~ 0.108	0.5	1.0	达标
Ni ²⁺	24	0.037 ~ 0.316	1.0	1.0	达标
总 Cr	24	0.011 ~ 0.656	1.5	1.5	达标
Zn ²⁺	24	0.050 ~ 0.080	2.0	2.0	达标

3 结语

本文对上海新区刚搬迁的电镀厂场地进行采样分析,评价土壤、地下水和废水等介质的环境状况,结果表明土壤总体环境质量尚可;地下水的水质判为很差或极差;废水各项指标除 pH 之外均符合城市综合污水和电镀污染物排放标准。本调查结果为该场地的土地后续整治工作提供了依据,对于其他污染型企业特别是电镀企业搬迁后的环境质量监测与评价具有一定的指导意义。

对于污染型企业搬迁后的环境质量监测与评价,本文提出要结合污染企业类型及其工艺布局等特征均匀布设监测点。应根据行业类型以及置换出来的土地用途的特点对监测因子做相应的调整,除常规的必测指标外,还应包括原企业的特征污染物以及土地后续用途关心的因子,如本文废水的检测项目增加了化学耗氧量(COD_{Cr})、挥发性酚。一旦通过监测发现有污染或疑似污染的情况,应对现有污染或疑似污染的区域做加密监测,以明确污染的程度和范围,为后续的环境治理工作提供更有价值的依据。本项目没有能够找到合适的场外清洁点作为对照,采样点的布设忽略了可能产生环境污染的重点车间(如电镀车间和前处理车间),以及没有检测电镀企业特征污染物石油类和氟化物等指标。今后开展类似的环境质量评价工作,将对这些方面给予充分考虑。

4 参考文献

[1] 曲晴. 生态搬迁利国利民——北焦厂七月停产[J]. 环境教育,2006(8): 45-48.

[2] 赵沁娜. 城市土地置换过程中土壤污染研究进展评述[J]. 土壤,2009,41(3): 350-355.

[3] 范春霞. 电镀厂周围环境铬污染的调查分析[J]. 能源基地建设,2000(5): 57.

[4] 张学洪,罗亚平,黄海涛,刘杰,陈俊. 某电镀厂土壤重金属污染及植物富集特征[J]. 桂林工学院学报,2005,25(3): 289-292.

[5] 唐秋萍,张毅,王伟. 化工企业拆迁场地健康风险评价[J]. 环境监控与预警,2010,2(4): 7-11.

[6] 王慧娟. 企业拆迁的风险评估与补偿[J]. 城市问题,2009(5): 64-67.

[7] 钱永. 农药厂搬迁厂址用于房地产开发的选址环境影响评价[J]. 环境科学导刊,2011,30(3): 90-93.

[8] 杨萌. 长江口崇明岛滩地重金属元素分布探讨[J]. 上海地质,2002(1): 19-23.

[9] 杭小帅,王火焰,周健民,杜昌文,陈小琴. 电镀厂附近土壤重金属污染特征及其对微生物与酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(11): 2133-2138.

[10] 陈志明,王玉军,于森,李家业. 某电镀厂附近土壤铬污染及植物富集特征研究[J]. 中国农学通报,2010,26(19): 363-368.

[11] 彭文彬,刘晓虎,王琴芳,马金兴,张菊兰. 常州市武进区乡镇企业电镀业铬职业危害的调查[J]. 职业与健康,2004,20(12): 29-30.

[12] GB/T 17135—1997,土壤质量总砷的测定;硼氢化钾-硝酸银分光光度法[S].

[13] GB/T 17136—1997,土壤质量总汞的测定;冷原子吸收分光光度法[S].

[14] GB/T 17138—1997,土壤质量铜、锌的测定;火焰原子吸收分光光度法[S].

[15] GB/T 17139—1997,土壤质量镍的测定;火焰原子吸收分光光度法[S].

[16] GB/T 17141—1997,土壤质量铅镉的测定;石墨炉原子吸收分光光度法[S].

[17] GB/T 50123—1999,土工试验方法标准[S].

[18] GB 11911—1989,水质;铁、锰的测定;火焰原子吸收分光光度法[S].

[19] GB 6920—1986,水质;pH值的测定;玻璃电极法[S].

[20] DZ/T 0064—1993,地下水质检验方法[S].

[21] HJ 491—2009,土壤总铬的测定;火焰原子吸收分光光度法[S].

[22] HJ 597—2011,水质;总汞的测定;冷原子吸收分光光度法[S].

[23] HJ 345—2007,水质;铁的测定;邻菲罗啉分光光度法(试行)[S].

[24] HJ 535—2009,水质;氨氮的测定;纳氏试剂分光光度法(试行)[S].

[25] HJ 484—2009,水质;氰化物的测定;容量法和分光光度法[S].

[26] 国家环保局水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1997.

[27] HJ/T 166—2004,土壤环境监测技术规范[S].

[28] HJ/T 164—2004,地下水环境监测技术规范[S].

[29] 储彬彬,罗立强. 南京栖霞山铅锌矿地区土壤重金属污染评价[J]. 岩矿测试,2010,29(1): 5-8,13.

[30] 谢正苗,李静,徐建明. 杭州市郊蔬菜基地土壤和蔬菜中Pb、Zn和Cu含量的环境质量评价[J]. 环境科学导刊,2006,27(4): 742-747.

[31] GB 15618—1995,土壤环境质量标准[S].

[32] 李健,郑春红. 环境背景值数据手册[M]//北京: 中国环境出版社,1988: 171-172.

[33] GB/T 14848—93,地下水质量标准[S].

[34] DB 31/199—1997,上海市污水综合排放标准[S].

[35] GB 21900—2008,电镀污染物排放标准[S].

[36] 杨军,郑袁明,陈同斌. 中水灌溉下重金属在土壤中的垂直迁移及其对地下水的污染风险[J]. 地理研究,2006,25(3): 449-456.

[37] 杭小帅,王火焰,周健民. 电镀厂下游水体中重金属的分布特征及其风险评价[J]. 环境科学,2008,29(10): 2736-2742.