



含铍废水污染及我国主要地面水中铍的本底调查

龙盛喜 卢自然 胡子南 肖功华 汤利民

(湖南省劳动卫生职业病防治研究所)

铍及其化合物,具有很大的毒性,铍的开采、冶炼及铍制造业的废水已造成了对环境的污染。煤用于取暖和发电所排出的铍,也对局部环境构成了威胁,并有可能导致对水源、土壤和农作物的污染^[1,2]。我国工业含铍废水对农作物的污染以及天然水体中铍的本底状况至今报道甚少。本文就我国主要铍矿、铍冶炼厂和湖南省主要火力发电厂排放的含铍废水对水源、土壤、蔬菜、稻谷的污染水平并对我国十五个省(市)有代表性的江河、湖泊和水库水体进行了本底调查,现将结果报告如下:

一、内容和方法

1.选点 (1)污染区:以水口山六厂(铍冶炼)、江西沅坪钨矿的绿柱石开采场及省内主要火力发电厂的废水排放口以及废水排放口下游 1000m、2000m、3000m 的河段为污染区采样点;上游 500m、1000m 的河段为对照区采样点。然后根据水样的测定结果和污染水对农作物的灌溉情况,选择水口山六厂、金竹山电厂的外环境作为重点调查对象,即在原采水点附近的稻田、菜地采集土壤、蔬菜和稻谷样。(2)本底区:以湖南、河南、湖北、陕西、广西、广东、河北、上海、北京、辽宁、黑龙江、四川、贵州、福建、江西等十五个省(市)的主要水系、湖泊、水库水为调查对象。

2.样品采集处理和测定方法 (1)水样:离岸边约 2m 远的 30—50cm 深处采集江河、小溪、湖泊、水库水 1000ml,并随即加入 0.5ml 浓硝酸作固定剂。(2)稻谷、蔬菜和土样:在早、晚稻收割期间,抽样采集早、晚稻谷和蔬菜样各 500g,并分别在同一取样点采集深表层土样 500g。稻谷晒干去壳,蔬菜和土样烘干研磨,其中土样用 120 目过筛。上述样品各称取 0.5—1.0g,用 1:1 硝、硫混合酸湿式消化,以乙酰丙酮萃取铍,然后把经过消化、萃取处

理好的样品用铍-铍试剂且有机络合物吸附波法测定^[3]。

二、结果与讨论

1.含铍废水对地面水的污染情况:在上述厂矿的总排放口及总排放口上游和下游的不同距离采集水样 127 份,测定结果见表 1。

从表 1 看出,虽然水口山六厂总排放口下游 2000m 以内的小溪水,含铍量很高,但沿小溪流经约 2500m 汇入到湘江下游 500m 后的湘江水,其含铍量已下降到 0.001—0.008 $\mu\text{g/L}$ 。绿柱石采场及各火力发电厂排放口废水含铍量虽然较高,但排入水体 1000—2000m 后,水中的含铍量已接近或低于国家地面水铍的卫生标准^[4],与上游对照点水样含铍量接近。调查结果表明,这些厂矿的生产性铍废水排入地面水后,尚未对水源构成危害程度的污染,而且各厂矿的废水在排入地面水后的 3000m 范围内,没有居民直接取做饮水,只是在枯水季节,沿河两岸农民有时用来浇灌农田和蔬菜。

2.含铍废水在土壤内的蓄积情况:据美国的水质评价标准认为:用来连续灌溉各种土壤的含铍废水排放浓度,可容许达 100 $\mu\text{g/L}$ ^[5]。在我国目前铍废水排放浓度最高的水口山六厂,也只有 36—74 $\mu\text{g/L}$,低于容许排放标准。关于土壤中铍的最高容许浓度目前尚无标准可参照。本次调查共采集土样 129 份,结果见表 2。

从表 2 看,水口山六厂总排放口附近的污染区土壤与对照区比较,田泥样高 2.2—12.3 倍,菜土样高 3—13.5 倍,但离总排放口距离越远,土壤中铍的浓度越低,距 3000m 以外时与对照区土样中铍浓度接近。金竹山电厂排放的铍废水中,由于本身铍浓度较低,用该厂含铍废水灌溉的稻田和菜地土壤中铍的蓄积浓度亦较低,污染区与对照区土壤中铍浓

表 1 污染区水样含铍量 ($\mu\text{g/L}$)

采 样 地 点	总排放口	离总排放口下游距离 (m)			离总排放口上游距离 (m)	
		1000	2000	3000	500	1000
水口山六厂 ^(I)	36.710	22.97	3.612	0.001*	0.082	0.150
水口山六厂 ^(II)	73.000	23.00	11.72	0.008	0.152	0.151
绿柱石坑口	10.000	4.000	2.800	0.175	0.016	0.023
绿柱石尾砂	2.500	0.660	0.250	0.012	0.015	0.012
鲤鱼江电厂	0.470	0.300	0.200	0.010	未检出	未检出
衡阳电厂	0.667	0.160	0.024	0.005	0.060	0.016
岳阳电厂	未检出**	0.010			0.029	
株洲电厂	0.450	0.033	0.028		0.012	未检出
湘潭电厂	0.670	0.033	0.027		0.015	0.025
金竹山电厂	0.600	0.040	0.010		0.015	未检出
牛马司电厂	0.080	0.023	0.040		0.010	0.010

注: (I) 丰水期; (II) 枯水期; * 汇入湘江后下游 500m; ** 污水处理泵出水口。

表 2 土壤内铍的蓄积情况 (ppm)

离总排放口距离 (m)	水 口 山 六 厂				金 竹 山 电 厂				大 庸	
	污 染 区		对 照 区		污 染 区		对 照 区		本 底 区	
	田泥	菜土	田泥	菜土	田泥	菜土	田泥	菜土	田泥	菜土
排放口旁	11.285	13.825			0.944	0.945			0.617	0.640
500			0.836	0.874			0.835	0.876		
1000	9.269	8.565	0.855	0.846	0.771	0.751	0.725	0.840		
2000	2.670	3.419			0.799	0.793				
3000	0.741	0.876			0.725	0.631				

表 3 蔬菜、稻米中铍含量 (ppm)

样品名称	水 口 山 六 厂				金 竹 山 电 厂				大 庸 (本底区)
	距总排放口下游 (m)			上游 (m)	距总排放口下游 (m)			上游 (m)	
	1000	2000	3000	1000	1000	2000	3000	1000	
白菜	0.066	0.0554	0.0097	0.0144	0.0165	0.0139	0.0054	0.0052	—
萝卜	0.0937	0.0695	0.0080	0.0131	0.0243	0.0140	0.0076	0.0095	—
油菜	0.0346	0.0169	0.0290	0.0123	—	—	0.0016	0.0107	0.0169
辣椒	0.0056	0.0014	0.0030	0.0031	未	检	出	未检出	0.0019
茄子	0.0029	—	0.0023	0.0021	0.0017	0.0006	—	0.0001	0.0003
豆角	0.0025	0.0023	0.0024	0.0020	0.0007	—	0.0004	未检出	0.0001
早稻	0.0005	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	—	未检出	未检出
晚稻	1.730	0.7350	0.2495	0.1245	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	未检出

度接近。以上结果表明,铍在土壤中的蓄积量与废水中铍的浓度有关。另外,从表 2 还可看出,水口山六厂和金竹山电厂的对照区与大庸(本底区)土壤中铍的浓度非常接近,这揭示出土壤中铍的本底浓度范围在 0.6—1.0ppm 之间

3. 废水和土壤中的铍对农作物的转移情况: 本

次调查共采蔬菜、稻谷样 130 份,测定结果见表 3。

从表 3 看出,水口山六厂、金竹山电厂污染区蔬菜和稻米中铍的含量均比对照区高,其中水口山六厂污染区的白菜、萝卜中铍的含量分别比对照区高 3—6 倍,油菜高 2 倍,晚稻米高 13 倍,而且在同一距离内污染区晚稻米比早稻米中铍的含量高 345。

倍。金竹山电厂污染区早稻米未检出铍,晚稻米中铍的含量比对照区高1倍,白菜、萝卜中铍的含量比对照区高2倍。但离排放口越远,样品中铍的含量也就越低,距排放口3000m后,对照区和本底区同类蔬菜中的铍含量接近。这表明污染区、对照区和本底区土壤中的铍都有程度不同地被转移到农作物体内。并且茎叶兜类菜比籽实类菜中含铍量高。据调查,因为茎叶兜类菜往往用污水直接浇灌食用部位,而籽实类蔬菜则往往浇灌根部。早稻生长期,正逢雨水旺季,很少用污水灌溉,而晚稻生长期,正逢枯水季节,沿河两岸农民一般都要用污水灌溉稻田,显然,农作物中铍的含量与土壤、水中含铍浓度及灌溉方式和程度有关。据国外有关资料报道,大米中铍浓度为0.08ppm,西红柿为0.24ppm,莴苣为0.33ppm,甘兰为0.01ppm^[2]。不过文献上记载的是以干重计,而本次调查除大米外,均以鲜重计,况且品种也不完全相同,仅供参考。

表4 地面水中铍的本底浓度 ($\mu\text{g/L}$)

采样地点	水源(系)名称	水样种类	测定结果
西安市	通渭河	河水	未检出
广州市	珠江	河水	0.088
郑州市	黄河	河水	未检出
开封	黄河	自来水	未检出
锦州	大凌河	河水	未检出
沈阳	辽河	自来水	未检出
哈尔滨	松花江	河水	未检出
赣州	赣江及支流	河水	未检出
武汉	长江	河水	0.007
武汉	汉水	河水	0.060
武汉	东湖	湖水	未检出
上海	黄浦江	河水	0.060
福州	闽江	河水	0.008
成都	沱江	河水	0.010
贵州	南明河	河水	0.043
广西	河池水库	水库水	0.028
北京	十三陵水库	水库水	未检出
湖南	湘江	河水	0.027
湖南	沅江	河水	0.036
湖南	资江	河水	0.026
湖南	澧江	河水	0.015
湖南	洞庭湖	湖水	0.046
湖南	柘溪水库	水库水	0.046
湖南	益阳红旗水库	水库水	0.045
湖南	张家界	水溪水	未检出

从本次调查结果和国外有关资料的报道情况来看,这些都足以说明蔬菜和稻米中都含有一定量的铍,至于农作物中铍的最高容许含量为多少,目前尚无标准可查。污染区居民长期食用含铍量较高的蔬菜、大米,是否有损于健康,有待进一步研究。

4.地面水中铍的本底调查:此调查共采集水样57份,结果见表4。

从表4看,样品中铍检出率为79%,浓度范围为0.007—0.088 $\mu\text{g/L}$ 。据Kopp和Kroner(1965)报道,他们对美国蒙农加拉希河、匹兹堡的阿拉格泥河、宾夕法尼亚的德韦河进行了铍浓度调查,结果为0.09—0.36 $\mu\text{g/L}$ ^[6],稍高于本次调查,这可能与地理环境因素有关。

三、小 结

1.受铍废水污染的地面水,虽然在铍废水排放口附近的地面水中铍浓度较高,但流入大的江河500—1000m之外,水中的铍浓度已接近本底水平。

2.受铍废水污染的土壤中铍的蓄积浓度,水口山六厂为2.67—13.85ppm,比对照区高3—15.3倍,金竹山电厂为0.613—0.945ppm,与对照区接近。

3.受铍废水污染的蔬菜与稻米中铍的含量,水口山六厂的蔬菜、白菜、萝卜比对照区高1.8—6.2倍,稻米高13倍,同一距离(1000m)的污染区内晚稻米比早稻米中铍的含量高3459倍。金竹山电厂白菜、萝卜比对照区高1.6—2倍,晚稻米高1倍。

4.我国不同地区地面水中铍的本底浓度在0.007—0.088 $\mu\text{g/L}$ 之间,均低于我国地面水中铍的卫生标准2倍以上。

参 考 文 献

- [1] Cikrt, M. et al., *Arch. Toxicol.*, **34**, 53(1975).
- [2] U. S. Department of Commerce National Technical Information Service, *Ambient Water Quality Criteria: Beryllium* PB-292, 422, C-1, 1978.
- [3] 陈桂贻等, *环境科学* **4**(3), 68(1983).
- [4] 中华人民共和国卫生部, *工业企业设计卫生标准* TJ 36—79, 人民卫生出版社, 北京, 1979年。
- [5] 美国环境保护局编(许宗仁译), *水质评价标准*, 25页 中国建筑工业出版社, 北京, 1981年。
- [6] [苏] Я. М. 格鲁什科著(钟祥浩译), *工业废水中有毒金属及其有机化合物*, 64—67页, 科学出版社, 北京, 1979年。

(收稿日期: 1987年11月24日)