

文章编号: 1009-6094(2003)02-0040-04

广州市河涌沉积物及底栖生物体内的重金属含量及分布*

王春风, 方展强, 郑思东, 江永芝

(华南师范大学生命科学学院, 广州 510631)

摘要: 本文报道了广州市河涌沉积物及底栖生物的重金属含量及分布状况。应用WFX-IF2型原子分光光度计对21个采样点沉积物及底栖生物样品中Cd、Cu、Zn、Pb、Cr和Ni的含量进行了测定, 并使用标准物作了对照分析。结果显示: 沉积物中Cd、Cu、Zn、Pb、Cr、Ni的平均含量分别为5.61、302.12、727.03、163.37、67.70、84.58 $\mu\text{g/g}$ 干重; 底栖生物中Cd、Cu、Zn、Pb、Cr、Ni的平均含量分别为0.78、29.20、268.38、10.75、3.89、3.44 $\mu\text{g/g}$ 干重。结果表明: 广州市河涌已受到不同程度的重金属污染, 受污染最严重的是赤岗涌、海珠涌和棠下涌。工业活动是造成污染的主要原因。河涌中的水栖寡毛类与沉积物中的重金属含量显著相关($P < 0.01$, $P < 0.05$), 可以作为Cu、Cr、Ni的良好指示生物。本文还探讨了将河涌污泥作为农用的可能性。

关键词: 环境化学; 重金属; 河涌; 沉积物; 底栖生物; 广州市

中图分类号: X132 **文献标识码:** A

0 引言

广州是我国经济最发达城市之一, 同时也是我国污染最严重的十大城市之一。随着经济的快速发展和居民人口的逐年增长, 工业废水及生活污水带来的环境问题日益严重。广州市内的河涌已变成城市的聚污水渠。河涌穿越市区, 沿途接纳了附近城区各种污水。每天未经处理的污水以高达100多万吨的排放量直接排入珠江的广州河段, 严重污染珠江水体。近年对珠江广州河段沉积物的重金属污染状况的研究已见报道^[1-3], 但未见对广州市内的河涌沉积物及生物体中重金属污染状况的评估。开展对广州市河涌底泥及底栖生物中重金属含量的调查及评价, 对广州乃至珠江三角洲地区的经济持续、健康发展及居民健康具有重要意义。本研究旨在调查分析广州市几条河涌底泥沉积物及底栖生物中重金属的含量分布规律, 并作出相应的污染评价以期有关部门的治污工作提供有益资料。

1 材料与方法

1.1 采样点布设及采样

在2002年2至5月期间对选择的21个采样点进行了底泥和底栖生物的采集工作。采样点覆盖了广州市东山、海珠、荔湾、天河等4个区的7条主要河涌。用抓斗式采泥器取表层淤泥, 将底泥沉积物与大颗粒物及底栖生物分离, 分别装于塑料袋中, 做好标签, 尽快运回实验室, 当天处理。对河涌水环境的pH值、水温及水质等理化指标做了记录。

1.2 样品处理及分析

沉积物样品自然风干, 清除少量生物和沙粒, 再置于冰冻干燥机干燥约72 h。用木棒捣碎, 然后过400目(150 μm)的尼龙筛网, 再置于塑料瓶中, 标好标签。21个采样点中, 能采到足量底栖生物样品做定量分析的有9个, 主要为正颤蚓(Tubificidae tubifexmuller), 是广州地区常见的水栖寡毛类优势种。生物样品用双蒸水清洗, 用塑料瓶装好, 称湿重, 记录数据, 标好

标签。样品置于冰箱内-25℃速冻后, 再置冰冻干燥机干燥约72 h。将干燥样品称重, 计算干/湿重比率。

称好样品约1 g各3份, 置于烧杯中, 各加入10 mL的65%浓硝酸(HNO_3 , 优质纯, 上海桃浦化工厂)和1 mL高氯酸(HClO_4 , 分析纯, 符合国家标准B 626-78), 置于电热板上消化4 h以上直至消化清晰。样品经过滤, 并用双蒸水冲洗多次, 再定容至100 mL, 待测。测定工作在华南师范大学测试中心进行, 采用国际通用的火焰原子吸收法, 使用WFX-IF2型原子分光光度计(北京市第二光学仪器厂)直接测定和分析样品中的Cd、Cu、Zn、Pb、Cr和Ni的含量。

1.3 数据统计及质量控制

其数据在95%的置信度下, 用Student's t-test 检验法进行分析, 比较各数据之间的差异。运用Excel和SPSS数据统计软件对数据进行一元线性回归、一元曲线回归等模式的处理, 寻找各组数据之间的相关关系。使用标准物Standard Oyster Tissue 1566a和Buffalo River Sediment在与样品分析流程相同条件作了对照分析, 标准物中的Cd、Cu、Zn、Pb、Cr和Ni的平均回收率达到86%以上, 表明本实验对样品的分析是可靠的。

2 结果与讨论

2.1 沉积物及底栖生物中重金属含量及分布规律

广州市各河涌采样点沉积物中的Cd、Cu、Zn、Pb、Cr和Ni的平均含量(干重)及标准差的分析统计结果见表1。由表中数据可见, 河涌沉积物重金属含量变幅比较大, 差异悬殊。其中Cu含量差异最大, 达64倍; Cd和Zn在杨箕涌(P3e: 寺右一马路)中含量最高; 而Cu和Ni在赤岗涌(P6a: 赤岗塔附近)中含量最高; Cr在海珠涌(P7c: 宝岗大道)中含量最高; 而猎德涌(P4b: 天河路)除Cd外, 21个样品中所有重金属含量都是最低的。Cd在杨箕涌(P3a: 寺右一马路)中含量最低。6种金属元素在沉积物中的含量c由高至低依次为: $c(\text{Zn}) \gg c(\text{Pb})$, $c(\text{Cu}) > c(\text{Ni}) > c(\text{Cr}) \gg c(\text{Cd})$ 。21个采样点的规律大致相同, 只有赤岗

* 收稿日期: 2002-11-13

作者简介: 王春风(1978-), 女, 硕士研究生, 从事环境科学研究; 方展强, 男, 教授。
基金项目: 广东省科委科技攻关项目资助(编号: 2KB05402N)。

涌(P6a:赤岗塔附近)例外。赤岗涌的Cu、Ni含量特别高,分别达 $3\,393\,21\ \mu\text{g/g}$ 和 $538\,92\ \mu\text{g/g}$,与其他各点存在极显著差异

($P < 0.01$) (见表1)。

表1 各采样点底泥中重金属含量

 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 干重

Table 1 Content of heavy metals in sediments from different sampling sites

 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, dry weight basis

河涌名称	样点编号	c(Cd)	c(Cu)	c(Zn)	c(Pb)	c(Cr)	c(Ni)
驷马涌	P1a	5.34 ± 1.48	110.59 ± 31.22	389.75 ± 25.07	130.08 ± 6.77	45.60 ± 7.91	51.93 ± 13.19
	P1b	5.09 ± 0.87	111.50 ± 12.23	590.41 ± 21.22	172.14 ± 32.61	34.71 ± 12.52	50.96 ± 21.17
东豪涌	P02	2.69 ± 0.56	86.68 ± 13.00	551.62 ± 21.76	137.36 ± 30.71	26.03 ± 3.52	43.29 ± 7.65
	P3a	2.30 ± 0.33	70.37 ± 15.56	377.28 ± 40.90	91.83 ± 5.00	21.86 ± 7.55	31.64 ± 9.66
杨箕涌	P3b	4.99 ± 1.33	108.66 ± 27.00	726.06 ± 95.25	188.65 ± 21.23	37.45 ± 2.52	68.81 ± 2.75
	P3c	4.19 ± 0.84	111.41 ± 21.23	$1\,801.69 \pm 62.22$	178.38 ± 13.57	33.38 ± 9.50	56.50 ± 3.30
	P3d	5.19 ± 1.01	76.16 ± 19.07	489.07 ± 67.36	182.65 ± 17.75	31.84 ± 6.96	42.72 ± 5.73
	P3e	10.30 ± 1.57	97.10 ± 6.55	607.00 ± 18.50	240.40 ± 36.61	44.60 ± 2.49	56.30 ± 7.86
	P3f	8.37 ± 0.31	92.62 ± 5.02	496.96 ± 55.96	222.69 ± 2.30	38.54 ± 2.50	42.72 ± 8.64
猎德涌	P4a	2.50 ± 0.62	90.64 ± 17.63	556.22 ± 19.01	125.05 ± 4.63	27.71 ± 2.55	35.71 ± 16.21
	P4b	4.95 ± 0.66	52.53 ± 4.00	235.43 ± 52.35	72.21 ± 2.28	14.64 ± 3.54	20.58 ± 5.21
	P4c	3.20 ± 0.86	91.49 ± 12.64	452.46 ± 26.33	106.37 ± 3.72	25.77 ± 6.54	44.75 ± 14.78
棠下涌	P5a	7.50 ± 1.03	316.70 ± 15.07	642.81 ± 68.43	114.67 ± 11.83	78.88 ± 39.47	100.77 ± 9.22
	P5b	5.10 ± 0.73	265.97 ± 10.05	773.92 ± 25.42	80.19 ± 8.93	54.49 ± 6.49	28.70 ± 7.60
	P5c	6.09 ± 1.01	139.72 ± 13.35	$1\,019.96 \pm 100.20$	143.71 ± 30.74	48.90 ± 10.03	33.03 ± 7.63
赤岗涌	P6a	6.39 ± 1.16	$3\,393.21 \pm 64.47$	823.35 ± 174.00	219.76 ± 4.03	143.91 ± 3.56	538.92 ± 10.86
	P6b	6.56 ± 1.20	112.52 ± 27.25	411.53 ± 26.52	132.31 ± 3.57	39.86 ± 3.52	49.01 ± 7.12
	P6c	5.16 ± 1.51	128.92 ± 3.35	295.99 ± 33.70	126.14 ± 1.66	46.38 ± 7.93	53.44 ± 3.00
海珠涌	P7a	8.39 ± 2.87	243.02 ± 22.32	$1\,141.91 \pm 34.43$	212.96 ± 15.96	97.40 ± 4.19	131.47 ± 1.31
	P7b	7.59 ± 1.58	248.70 ± 36.47	$1\,572.11 \pm 71.86$	282.26 ± 7.93	80.90 ± 7.00	107.67 ± 13.45
	P7c	6.00 ± 1.88	396.04 ± 16.34	$1\,312.13 \pm 439.36$	271.03 ± 16.52	448.84 ± 9.87	187.22 ± 6.37

各点底栖生物样品重金属含量见表2。其结果表明寡毛类体内不同程度已积累各种重金属,底栖生物中重金属含量变幅较小。含量差异最大的同样是Cu,达17倍;Cd和Pb在猎德涌(P4b:天河路)中含量最高;其余4种金属含量最高的均出现在赤岗涌(P6a:赤岗塔附近)。6种金属元素在底栖生物中的含量不呈现明显的规律,但所有样品均表现为: $c(\text{Zn}) \gg c(\text{Cu}) > c$

(Cr) > c(Cd),这与其在沉积物中的含量高底次序相一致。与沉积物中含量相似的是:赤岗涌(P6a:赤岗塔附近)的Cu、Ni含量也特别高,分别为 $137.57\ \mu\text{g/g}$ 和 $25.70\ \mu\text{g/g}$,同样表现出极显著的差异($P < 0.01$)。底栖生物与沉积物的相似性可以证明,赤岗涌Cu、Ni含量高并非样品被污染或误差造成的,而是该采样点含大量Cu、Ni所致(见表2)。

表2 各采样点底栖生物中重金属含量

 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 干重

Table 2 Content of heavy metals in benthic organism (Tubificidae tubifexmuller) from different sampling sites

 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, dry weight basis

河涌名称	样点编号	c(Cd)	c(Cu)	c(Zn)	c(Pb)	c(Cr)	c(Ni)
杨箕涌	P3c	-	8.89 ± 1.84	149.88 ± 51.14	-	-	5.30 ± 0.05
	P3d	0.20 ± 0.03	13.30 ± 2.94	187.93 ± 3.01	7.10 ± 2.00	1.30 ± 0.56	-
	P3e	-	11.74 ± 6.53	268.58 ± 23.69	18.90 ± 4.08	2.59 ± 0.56	-
	P3f	1.20 ± 0.97	14.00 ± 3.55	194.02 ± 22.13	9.50 ± 4.11	2.90 ± 1.34	-
猎德涌	P4b	3.18 ± 0.40	29.75 ± 4.54	$3\,822.59 \pm 84.57$	32.83 ± 4.07	6.37 ± 0.00	-
	P4c	-	7.79 ± 1.16	126.90 ± 15.53	4.70 ± 0.04	3.90 ± 1.04	-
棠下涌	P5b	-	28.68 ± 2.57	305.75 ± 24.89	-	5.18 ± 0.56	-
	P5c	0.20 ± 0.05	11.09 ± 7.00	165.92 ± 24.98	-	1.30 ± 0.60	-
赤岗涌	P6a	2.20 ± 1.38	137.57 ± 31.24	633.87 ± 11.55	23.70 ± 4.10	11.50 ± 5.46	25.70 ± 4.16

2.2 河涌采样点重金属污染评价及污染源分析

本研究中沉积物重金属污染评价方法为单因子污染指数法^[4]和国际比较通用的Nemerow综合指数法^[5],以反映各河涌的污染程度。有关沉积物评价标准到目前为止尚没有统一规定,本文沿用工业化前全球沉积物最高背景值^[6](表3),但Ni无此标准。由单因子污染指数法所得各样点污染指数(见表4)显示,广州河涌采样点沉积物受到除Cr以外Cu、Ni、Pb、Cd和Zn的

污染。超标率都达到100%,其中Cd、Cu和Zn在各采样点污染程度普遍较高。Cd超标倍数范围为2.29~10.30,平均超标倍数为5.61;Cu超标倍数范围为1.05~67.86,但各点Cu污染差别较大,其中赤岗涌的梅园新村(P5a)点高达67.86倍,平均超标倍数为6.04;Zn超标倍数范围在1.35~10.30,平均超标倍数为4.15;Pb超标略小,平均超标倍数为2.33;Cr污染相对最轻,仅海珠涌的宝岗大道(P7c)和滨江路(P7a)点,及赤岗涌的

棠下造纸公司(P5a)点超标。平均超标指数表明,所调查河涌中,赤岗涌、海珠涌和棠下涌受污最为严重。各样点综合污染指数值为 $3.78 > 1$,表明广州市河涌总体已受到严重污染。从受污河涌周围环境可知,重金属污染程度表现为:工业区>旧城区>新城区。

表3 工业化前全球沉积物重金属最高背景值

Table 3 The highest background value of heavy metals in pre-industrialized global sediments

重金属元素	全球沉积物重金属最高背景值/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$
Cd	1.0
Cu	50
Zn	175
Pb	70
Cr	90
Ni	

在本次调查中,受污染最严重的是赤岗涌、海珠涌和棠下涌。赤岗涌、海珠涌属海珠区,棠下涌属天河区。海珠区和棠下均是广州市工业较集中的地区,工业排放的废水、废渣、废气是造成重金属污染严重的主要原因。Cu、Ni在赤岗涌(P6a:赤岗塔附近)的高浓度主要来自于附近的造船、冶炼工业。海珠涌(P7c:宝岗大道)地处工业大道旁,重型机械、漂染等工业是Cr污染严重的主要来源。杨箕涌(P3e:禺东西路)中Cd的高浓度分布与其附近的火车站排放的燃烧废气有关。Cd、Zn的分布与水体的pH值和硫化物之间的相关关系明显^[7],故广州市河涌呈弱酸性的环境也是导致Cd、Zn污染普遍较高的可能因素。

表4 污染评价分析结果

Table 4 Analyzing results of contaminative evaluation

金属元素	样品数	平均含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	含量范围/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	单因子污染指数	综合污染指数
Cd	21	5.61	2.29~10.3	5.61	
Cu	21	302.12	52.53~3393.2	6.04	
Zn	21	727.03	235.43~1801.09	4.15	3.78
Pb	21	163.37	72.21~282.26	2.33	
Cr	21	67.70	14.64~448.85	0.75	
Ni	21	84.58	20.58~538.92		

2.3 沉积物中的重金属污染与底栖生物中重金属积累的相关关系

底栖生物是河流生态系统生物群落的重要组成部分。寡毛类是水体底栖生物的一个组成部分,在珠江流域分布广泛。它们有加速物质分解,翻匀底质和促进物质循环等功能^[7],在污染水域水质净化中具有重要作用;同时底栖生物又是反映水质状况的指标生物^[8]。相关分析表明,河涌沉积物中Ni、Cu分别与底栖生物中Ni、Cu呈极显著相关水平($P < 0.01$),沉积物中的Cr与底栖生物中的Cr含量也呈显著相关($P < 0.05$);但其余3种金属在沉积物中与底栖生物中的含量未发现有明显的相关性($P > 0.05$) (见表5)。

可见,随着沉积物中的重金属Ni、Cu和Cr积累的增加,底栖生物体内相应元素的富集量也随之增加。动物对不同的重金属的富集情况是有较大差异的。广州市河涌中的底栖生物可以作为重金属Ni、Cu、Cr的良好指示生物,在环境监测工作中具

有一定的价值。

表5 沉积物中的重金属与底栖生物中重金属含量的相关关系

Table 5 The correlative relationship of heavy metal concentrations in sediment and benthic organism

	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
相关系数 r	0.0185	0.9831 ²⁾	0.0817	-0.1725	0.7274 ¹⁾	0.9836 ²⁾

注: $r_{0.05(7)} = 0.666$, $r_{0.01(7)} = 0.798$; 1) 相关性显著, 即 $|r| > r_{0.05(7)}$; 2) 相关性极显著, 即 $|r| > r_{0.01(7)}$

2.4 广州市河涌污泥农用的可能性及污染防治

本次调查的结果与1999年魏俊峰等^[12]对广州市大坦污水处理厂脱水污泥、花地河、塞坝口河道和猎德涌与珠江交汇处等4个沉积物样品测量的结果相近,说明近三年来广州市在工业废水治理,废水处理设施建设及河涌截污方面的工作有一定成效。但目前广州市日污水排放量为189.6万T,而全市现有污水处理能力仅58万T,尚有日排放131.6万T的污水未经处理便直接排入珠江。因此,要减少重金属污染河涌,提高污水处理能力,并严格制定废、污水处理系统的排放标准是当务之急。此外,做好城市生态规划工作,使城市布局合理化也是解决环境污染问题的关键措施。

在城市污水处理厂的运转和河涌的疏浚工程过程中会产生大量的污泥。如何处置这些污泥已成为人们关注的问题。污泥的处置通常有农用、投海、填埋、焚烧等方法。污泥投海会污染海洋,已逐渐被禁止;填埋占用土地,也可能造成二次污染;焚烧成本很高。污泥含有丰富的有机质和N、P等植物养分元素,施入土壤后可以提高土壤的肥力,促进农作物增产,故污泥农用是解决城市污泥出路较为合理的途径;但是污泥中的重金属也可能对土壤农作物系统甚至人体健康带来不良影响,故其应用受到限制^[9]。通过比较Jacobs等^[10]推荐的污泥农用重金属含量标准(表6)发现,如果单纯考虑重金属的指标,除了赤岗涌(赤岗塔附近)外,各处沉积物的重金属含量均不超过此标准;但本研究未对样品中的有机质和N、P等元素进行测定,因此只能认为广州市河涌的污泥作为农用,在重金属含量方面是符合要求的。

表6 污泥农用重金属含量标准

Table 6 Concentration standard of heavy metals in sewage sludge applied agriculture

元素	Cd	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni
含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	25	1000	2500	1000	1000	200

3 结论

广州市河涌均受到不同程度的重金属污染,受污染最严重的是赤岗涌、海珠涌和棠下涌。工业活动是造成污染的主要原因。河涌中的底栖生物(主要是寡毛类)与沉积物中的重金属含量显著相关($P < 0.01$, $P < 0.05$),可以作为Ni、Cu、Cr的良好指示生物。广州市河涌中污泥作为农用,在重金属含量指标方面是基本符合要求的。

References(参考文献):

- [1] Zheng Xijian (郑习健). Pollution of mercury, copper and lead in sediment of Guangzhou Reach of Pearl River and its relationship with accumulation of organic matter and sulphide [J]. *Tropical and Subtropical Soil Science* (热带亚热带土壤科学), 1994, 3 (3): 132~ 137
- [2] Wei Junfeng (魏俊峰), Wu Daqing (吴大清), Peng Jinlian (彭金莲), et al. A study on heavy metal speciation in sediments from Guangzhou water body [J]. *Soil & Environ Sci* (土壤与环境), 1999, 8(1): 10~ 14
- [3] Xu Hengzhen (徐恒振), Zhou Chuanguang (周传光), Ma Yong'an (马永安), et al. Environmental quality of deposits in offshore zone of China [J]. *Communication and Environmental Protection* (交通环保), 2000, 21 (3): 16~ 18, 46
- [4] Wen Yanmao (温琰茂) and Wei Zhao tao (韦照韬). The concentration and availability of heavy metals in municipal sewage sludge and soil in Guangzhou [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报自然科学版), 1996, 35(Supp 1): 217~ 221
- [5] Nemerow N L. *Scientific Stream Pollution Analysis* [M]. Washington D C: Scrip ta Book Company, 1974
- [6] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sediment ecological approach [J]. *Water Res*, 1980, 14: 795~ 1001
- [7] Brit L S, Tom A, Eirik F, et al. Heavy Metal Surveys in Nordic: Concentrations, Geographic Patterns and Relation to Critical Limits [J]. *Ambio*, 2001, 15(5): 2~ 10
- [8] Liu Guocai (刘国才), Lai Wei (赖伟), Yin Haowen (殷浩文), et al. A study on macro- invertebrate of the Suzhou River, Shanghai [J]. *China Environmental Science* (中国环境科学), 2001, 21 (2): 112~ 114
- [9] Lu Yanbing (鲁艳兵) and Wen Yanmao (温琰茂). The factors affecting the availability of heavy metals of sewage sludge applied to soil [J]. *Trop Subtrop Soil Sci* (热带亚热带土壤科学), 1998, 7 (1): 68~ 71
- [10] Jacobs L W. Agricultural application of sewage sludge [A]. In: Jack A Borchardt, ed. *Sludge and Its Ultimate Disposal* [C]. New York: Ann Arbor Science, 1980. 109~ 126

CONCENTRATIONS AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS AND BENTHIC ORGANISMS FROM SEWAGE STREAM IN GUANGZHOU CITY

WANG Chun-feng, FANG Zhan-qiang, ZHENG Si-dong, JIANG Yong-yi
(College of Life sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract It is well known that heavy metals have a great ecological significance due to their toxicity and accumulative behaviour playing a prominent role in aquatic ecosystems. Toxic trace metals occur in all compartments in the sewage streams in many large cities of water environment, and become a potential hazard for hydrobious and man. The main objective of the present study is to investigate the concentrations and distribution of heavy metals in sediments and benthic organisms (aquatic oligochaetes) from sewage stream in Guangzhou city. Sediment and aquatic oligochaetes samples were collected from 21 sites in seven sewage stream in Guangzhou from February to May, 2002. The samples were homogenized, freeze-dried and digested by nitric acid. They were tested for their cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), lead (Pb), chromium (Cr) and nickel (Ni) concentrations (based on dry weight) by flame atomic absorption spectrophotometry. Analytical methodologies used were confirmed by reference to certified standard material (Standard Oyster Tissue 1556a and Buffalo River Sediment).

The results showed that the average concentrations of Cd, Cu, Zn, Pb, Cr and Ni in sediments were 5.61, 302.12, 727.03, 163.37, 67.70, 84.58 $\mu\text{g/g}$ (dry weight basis); and 0.78, 29.20, 268.38, 10.75, 3.89, 3.44 $\mu\text{g/g}$ (dry weight basis) in benthic organisms, respectively; and the great difference occurred in sediments and benthic organisms in different sampling sites. It indicated that all streams in Guangzhou have been polluted by heavy metals in different degree, which was mostly affected by human actions. Chigang stream, Haizhu stream and Shangxia stream are the most serious. Industry activities are responsible for the pollution mainly. The concentrations of heavy metals in benthos (aquatic oligochaetes) is remarkably correlated with that in sediments ($P < 0.01$, $P < 0.05$), so the former can be used as bio-indicator of Ni, Cu and Cr. The sewage sludge in Guangzhou streams used as agricultural fertilizer is basically safe in concentrations of heavy metals.

Key words: environmental chemistry; heavy metal; sewage stream; sediment; benthic organism; Guangzhou

CLC number: X132 **Document code:** A

Article ID: 1009-6094(2003)02-0040-04

(Journal of Safety and Environment 2003, Vol 3, No 2)