

山西煤炭基地矿井水的环境影响及利用研究*

艾亚民 邹原 李彦 喻红

(山西煤管局环保研究所)

摘要 本文研究了山西矿井水水质特征及其环境影响。结果表明,矿井水中 50% 为高硬度、高矿化度水, 42% 为中性淡水, 8% 为酸性水。其污染特征为 SS 占第一位, 依次为 COD、硫化物、BOD₅、As 等。文章还对山西矿井水的涌水量、利用现状与利用潜力进行了调查研究, 指出山西矿井水应主要回用煤矿本身, 实行清污分流和分质供水。

关键词 煤炭基地; 矿井水利用; 环境影响; 分质供水。

煤矿排放的各种废水中, 矿井水占比例很大, 如能充分加以处理利用, 对减轻环境污染, 缓解矿区工业生活用水紧张将发挥重大作用。

矿井涌水量常与煤层顶、底板岩层的性质、埋深、含水层与煤层之间的距离、水力联系以及开采面积、地面水文情况、大气降水等因素有关。矿井水的组成和特性取决于围岩层的成分和特性、煤层特性、矿山地质和矿山技术条件、采煤机械和掘进机械的性能, 还有气候、地形、植被等。

一、山西矿井水的环境影响

1. 山西矿井水质特征与单项指标分析

我们于 1988 年 6 月至 1989 年 7 月对全省八大矿务局 50 多个煤矿矿井水进行了监测分析, 监测点分布见图 1。分析项目有 pH、矿化度等 16 项, 共获数据 900 多个。表 1 列出矿井水污染物含量经加权平均后的结果。表 1 和各矿监测数据表明, 山西矿井水除个别矿呈酸性外, 一般均符合污水综合排放(二级)标准, 达标率在 80% 以上。矿化度在 1000mg/L 以上的有 4 个矿务局, 主要分布在大同、阳泉、西山及汾西矿务局。轩岗的六亩地和焦家寨矿矿化度亦在 1000 mg/L 以上。高矿化度水量约占总水量的 42.6%。总

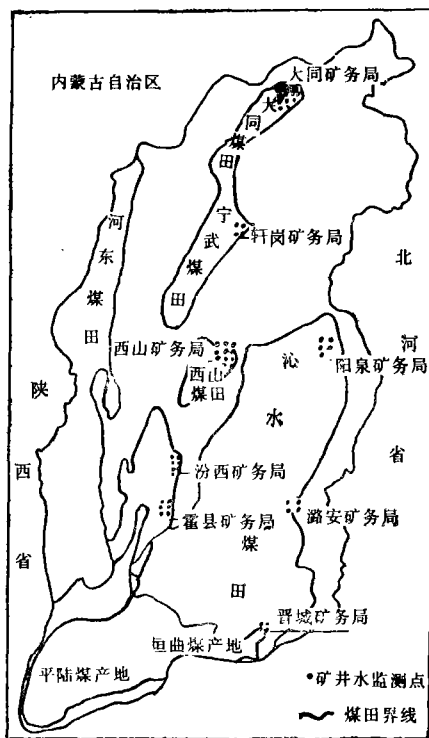


图 1 山西矿井水监测点分布

硬度在 25 德国度以上的也有 4 个矿务局, 分布在大同、西山、汾西及霍县矿务局, 矿井水中硬度与矿化度成正相关。从水的 pH 值看, 山西大部分矿井水呈中性, 仅个别局矿排

* 国家“七五”科技攻关项目。

表 1 山西矿井水水质特征*

矿 区	项 目	pH 值	矿化度	悬浮物	COD	总硬度 (德国度)	BOD ₅	硫化物	As	Fe	Hg	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻
大同		8.39	1562.8	148.03	120.03	50.07	7.52	0.031	<0.007	1.220	<0.0001	215.10	86.48	160.10	329.57	756.63	0.00
阳泉		8.00	1885.2	168.06	92.46	20.61	4.94	<0.02	<0.007	2.795	<0.0001	123.89	14.23	42.45	620.11	716.95	91.53
西山		5.35—6.90	1692.3	239.90	98.89	49.78	8.80	<0.02	<0.007	8.348	<0.0001	262.05	56.89	15.70	277.53	1248.34	38.15
汾西		3.55—7.93	1673.6	106.97	40.03	64.98	0.52	<0.02	0.022	3.901	<0.0001	443.93	12.02	47.02	151.13	895.76	11.13
潞安		8.15	467.1	227.66	13.58	16.01	1.29	1.154	<0.007	0.772	<0.0001	97.85	10.09	63.77	605.84	118.17	52.1
晋城		8.00	481.7	159.75	2.53	11.58	1.38	0.351	<0.007	1.344	<0.0001	82.81	0.00	41.33	544.86	134.55	12.66
轩岗		7.98	511.1	72.65	38.33	23.94	3.99	<0.02	<0.007	0.887	<0.0001	118.39	32.00	11.93	221.94	159.38	8.96
霍县		8.15	783.9	108.12	69.27	32.12	0.45	<0.02	0.018	0.118	<0.0001	209.97	11.76	83.06	222.01	223.38	9.34
地面水环境质量标准 (IV 类)		6.5—8.5			20		6		0.1	0.5	0.001			250		250	
污水综合排放标准 (二级标准)		6—9		250	200		80		0.5		0.05						

* 除 pH,总硬度外,其余各项单位均为 mg/L.

表 2 矿井水污染物年排放量 (t/a)

矿 区	项 目	悬浮物	COD	BOD ₅	硫化物	As	Fe	Hg
大同		1716.56	53.69	104.35	0.5840	<0.0730	14.16	<0.0012
阳泉		816.03	448.95	23.98	<0.1095	<0.0034	13.58	<0.0005
西山		647.69	266.99	23.76	<0.0360	<0.0019	22.56	<0.0003
汾西		609.44	228.05	2.96	<0.1095	0.1095	22.23	<0.0006
潞安		2091.71	124.76	111.86	10.5850	<0.0730	7.08	<0.0009
晋城		455.96	7.23	3.94	0.9855	<0.0020	3.83	<0.0003
轩岗		521.55	275.17	28.65	<0.1460	<0.0365	6.35	<0.0007
霍县		783.66	502.09	3.25	<0.1460	0.1460	0.84	<0.0007
合 计		7642.60	1906.93	202.75	<12.7015	<0.4453	90.63	<0.0052

水呈酸性,其 pH 值与硫及铁、锰含量成反比相关。排酸性水的煤矿主要分布在西山矿区的杜儿坪矿、官地矿和汾西矿区的柳湾、南关、水峪及张家庄等矿,酸性水量占总涌水量的 8% 左右。SS(悬浮固体)以煤粉为主,范围在 72.65—239.9mg/L,西山、潞安、阳泉等矿区含量偏高,霍县、轩岗含量较低。COD 有 5 个矿区超过地面水 IV 类标准,超标率 62.5%,最大超标为西山矿务局,超标 4.94 倍,并且和 BOD₅ 相关性不好,究其原因,主要是由于矿井水中含较多的煤粉所致。硫化物一般没有超过污水综合排放标准,但潞安矿区硫化物偏高,应引起注意,As、Hg 等有害元素浓度均低于地面水环境质量标准。Fe 除霍县矿务局外,其余均超标,超标率 87.5%,最大超标倍数为 16.70 倍(西山矿务局),酸性排水中其含量明显增高。从 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 及 Cl^- 等离子看矿井水的硬度以永久硬度为主,暂时硬度中重碳酸盐硬度比重远大于碳酸盐硬度。表 2 列出矿井水排放污染物统计结果。表 2 表明,矿井水虽然大部分符合排放标准,但因矿井水量大,排放的污染物仍相对较多,其环境影响不容忽视。

图 2 给出山西矿井水等标污染负荷比。从图 2 可以看出,矿井水污染物中 SS 占第一位,依次为 COD、硫化物、BOD₅、As 等。

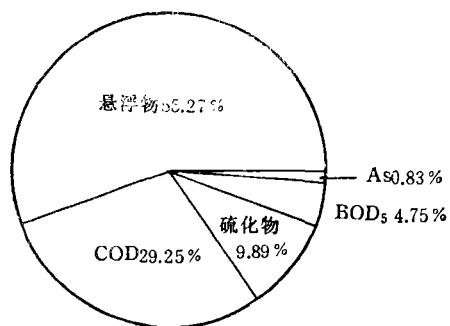


图 2 矿井水等标污染负荷比

另外,我们还对大同、阳泉等矿井排水进行了多次水质调查,发现枯水期和丰水期时污染物含量变化因污染因子和地区而异,没

有明显规律。

2. 矿井水的综合评价

采用模糊数学法对矿井水进行综合评价。

模糊综合评判模式: $A \circ R = B$

式中,

R ——由各单因子评价行矩阵组成的一个 $(m \times n)$ 阶模糊关系矩阵;

A ——由各评价因子的权数经归一化处理得到的一个 $(1 \times m)$ 阶行矩阵;

B ——综合评价结果。

评价参数的选取是根据煤矿矿井水质特点,并征求有关专家意见确定的,确定的参数有: pH、COD、SS、BOD₅、硫化物、挥发酚、Mn、As、Cu、Pb、Hg 及 Cd。

评价标准按 GB3838-88《地面水环境质量标准》划分,其中 SS 和硫化物参照其它标准自行确定。

各评价因子的权重采用指数超标法确定。

评价结果表明,山西省统配煤矿矿井水属于 I 类水的有 $155 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,占矿井涌水总量的 2.9%,主要分布在大同矿区的雁崖矿及汾西矿区的柳湾 2 号井。属于 IV 类水的有 $684 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,占矿井涌水总量的 13%,主要分布在轩岗矿区的刘家梁、霍县曹村矿。其余矿井排水均属于 V 类水,占矿井涌水总量的 84.1%。应该指出,鉴于选定的评价参数有限,评价结果表明的 I 类水为相对而言。

山西煤矿排放废水的受纳水体的环境质量一般应按 GB3838-88《地面水环境质量标准》IV 类水要求,并且受纳废水的河流多为季节性河流,水环境容量较小。因此,矿井水(V 类水占 84%)的排放既应考虑浓度控制,亦应考虑总量控制,矿井水的环境影响应引起重视。

二、矿井水的利用

1. 矿井涌排水现状及利用潜力

表 3 矿井涌排水现状与利用潜力

矿 区	1988 年 煤产量 ($\times 10^4 \text{ t/a}$)	一般涌水量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	平均含水系数 (m^3/t)	利用量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	利用率 (%)	2000 年日均 原煤产量 ($\times 10^4 \text{ t/d}$)	2000 年预测 矿井涌水量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
大同	53.42	3.1770	0.35	2.6071	82.06	12.8571	4.4999
轩岗	2.48	1.9668	2.82	0.1714	8.71	1.1428	1.1873
古交	13.74	0.5000		0.5000		4.7143	1.0400
西山前山	13.74	1.2397	0.23	0.5900	79.76	3.9857	0.9167
汾西	7.24	1.5609	0.78	0.1750	11.21	2.8571	2.1690
霍县	3.122	1.9858	2.29	1.0860	54.69	2.1857	3.9723
阳泉	15.10	1.3303	0.30	0.8011	60.22	7.4714	2.2414
潞安	10.28	2.5172	0.88	1.0700	42.51	4.0571	2.2197
晋城	10.03	0.7820	0.28	0.1600	20.46	3.7143	1.0400
总计	95.412	14.5597	0.53	7.1606	49.18	42.9857	19.3306

表 3 列出山西主要统配矿区矿井涌排水现状及利用潜力研究结果。表 3 表明,全省八大矿区一般涌水量约为 $5314 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 平均含水系数 0.53, 现利用量 $2613 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占 49.18%, 尚有 $2678 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 利用潜力占 50.82%。2000 年山西统配煤矿原煤产量预计达到 $145.95 \times 10^6 \text{ t/a}$, 比 1988 年增加 53%, 矿井涌水量预计达到 $7055 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 比现状增加 33%。矿井水可利用量按 90% 考虑, 2000 年矿井水总利用潜力为 $6350 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

应该指出, 山西有些矿区矿井涌水量和大气降水关系密切, 丰水期矿井涌水有较明显的增加, 增加幅度约 10%。大同矿区 11 个矿井涌水和降水的逐月变化规律见图 3。

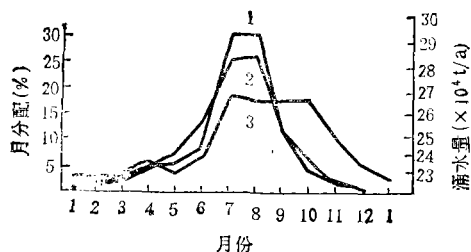


图 3 矿井涌水量与大气降水关系(1988 年)

1. 十里河流域降水量; 2. 口泉河流域降水量;
3. 矿井涌水量

2. 矿井水的利用途径

山西统配煤矿 1988 年原煤产量 9541 万

吨, 总供水量 $30.38 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 总缺水量 $9.09 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。八大矿区中霍县矿区现供水量基本能够满足; 轩岗、汾西、阳泉、潞安和晋城矿区现供水量尚有欠缺; 西山和大同矿区现供水量严重不足。西山矿区(包括古交和前山)现供水指标仅为 $0.93 \text{ m}^3/\text{t}$ 煤, 大同矿区现供水指标为 $0.94 \text{ m}^3/\text{t}$ 煤。因此, 为缓解煤矿缺水, 减轻环境污染, 对矿井水进行处理利用是十分必要的。山西矿井水应主要回用于矿区本身, 其利用途径主要分三个方面: 煤炭生产过程用水; 矿区生活用水; 其它用途用水。

为节省净水费用, 提高矿井水利用率, 应实行清污分流及分质供水。井下清洁水优先供生活饮用、澡堂用水等。水质较差的矿井水供井下防尘、灭火、配乳化液等。剩余的矿井水供洗煤厂补充水及绿化等。

大同矿区的矿井水应主要考虑满足井下洒水降尘、配乳化液和矿井火区的灭火灌浆使用, 部分严重缺水煤矿如挖金湾等应对矿井水进行深度处理, 供生活使用。

轩岗矿区的矿井水质好, 利用潜力大, 特别是刘家梁 $1.32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的奥灰岩溶底板突水, 水质优良, 可以满足地面生产和生活各种用水需要, 应该立即联网使用。

西山矿区的古交和前山区, 矿井水可满

表 4 矿井水处理利用经济效益估算

矿井水 类型	水 量		基建投资		处理费用		经济效益		节水创产值		
	水量 ($\times 10^4$ m^3/a)	比例 (%)	吨水投资 (元/t· 日)	费用 (万元)	成本 (元/t)	费用 (万元/a)	节省水费 (万元/a)	少交排 污费 (万元/a)	用水量 t/万元 产值	吨水创 产值 (元)	可创产值 (万元)
中性淡水型	1345.68	49.84	248.2	915.2375	0.17	228.7656	403.7813	134.568			
高硬高矿 化型	928.26	34.38	1000	2543.4	0.4	371.3040	278.5023	92.826			
酸性水型	426.33	15.79	521.95	609.6376	0.19	81.0027	127.9179	42.633			
合计	2700	100		4068.2251		681.0723	810.2015	270	483.77	20.67	55821.7637

注: 1. 吨水投资和吨水成本是参照国内 20 多个煤矿矿井水处理工程实例的平均数字。

2. 吨水创产值计算依据为 1987 年统配煤矿万元产值取水量。

3. 自来水费按 0.3 元/t 计算。

4. 排污费按 0.1 元/t 计算。

足井下自用,但地面利用潜力不大,每天外排的 2000 多吨水经处理后可供部分洗煤补充水。镇城底矿深部矿井水可补充地面生活用水。杜儿坪和官地矿的部分酸性水必须加以处理。

汾西矿区,预计 2000 年前除满足矿井井下用水外,还有 $1.31 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 矿井水可供地面利用。矿井水普遍水质较差,部分矿井水呈酸性并且多为高硬度、高矿化度水,需要中和及软化处理,才能为地面工业利用。

霍县矿区,预测 2000 年除满足矿井井下用水外,尚有 $2.63 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的矿井水可利用,而且水质一般较好,白龙和团柏矿井水需做软化处理,其它矿井水一般不需处理,可做地面工业补充用水。

阳泉矿区,预测矿井水量较小,应首先考虑满足矿井井下自用。

潞安矿区,预计 2000 年除满足井下自用外,尚有 $1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的水可利用,水质普遍较好,一般做沉淀处理后,就可满足地面工业补充用水使用要求。

晋城矿区,矿井水现利用潜力较大,应考虑改变矿区现在利用一部分奥陶系灰岩岩溶水返回井下使用的不合理状况,2000 年时矿

井水应主要满足井下自用。

3. 矿井水利用的经济效益分析

山西矿井水大致可分为三种类型,即中性淡水型,高硬度、高矿化度型;酸性水型。按目前的水处理技术,将矿井水处理后供煤矿地面生产和生活使用是可行的,其关键在于是否经济合理。按照地面生产和生活用水标准,矿井水处理的费用和节省的水费及排污费估算结果列于表 4。表 4 表明,实现矿井水全部利用目标,约需投资 4000 多万元,每年节省的水费为 810 万元,少交的排污费为 270 万元,扣除处理成本 681 万元,每年还可节约资金 400 万元,若考虑已利用的矿井水 $2613.69 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$,按每吨水节约水资源费 0.1 元,少交排污费 0.1 元,则每年节省的费用还有 522 万元。

根据 1987 年山西统配煤矿万元产值取水量计算,吨水可间接创产值 20 元,即实现矿井水全部利用时,每年共可创产值 10 亿多元。

三、小 结

1. 山西矿井水按污水综合排放标准衡量,除小部分酸性水超标外,绝大部分符合标

准,但鉴于矿井水排放量大,色度明显和排入的河流多为季节性河流,水环境容量小等,矿井水的环境影响应引起重视。

2. 山西矿井水中约 8% 为酸性水,有 50% 为高硬度、高矿化度水,有 42% 为中性淡水。按生活饮用水衡量,大部分矿井水应该经深度处理方可使用;按煤矿地面工业和井下用水标准,矿井水一般只经简单处理即可。

3. 矿井水利用不仅可缓解煤矿缺水,而且经济效益、环境效益亦十分显著。矿井水应主要回用于煤矿本身,应实现清污分流和分质供水。按万元产值取水计算,山西主要矿区矿井水实现全部利用,每年可创产值

10 亿多元。

致谢 韩亮等同志参加了部分研究工作,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] [苏] B. A. 高尔什可夫,煤炭工业企业废水的净化及利用,第 74—95 页,山西科学教育出版社,太原,1987 年。
- [2] [美] K.S. 舒马特等,煤炭科研参考资料,(3),26 (1984)。
- [3] 郭正宝,煤炭科学技术,(4),34(1984)。
- [4] 张家骅,煤矿设计,(7),37(1989)。
- [5] 刘晖等,环境科学,11(2),81(1990)。
- [6] 付雁鹏等,模糊数学在水质评价中的应用,第 64—85 页,华中工学院出版社,武昌,1986 年。

(收稿日期:1990 年 10 月 12 日)

大气混浊度系数和气溶胶粒子数的关系*

薛 德 强

(山东省气象局)

李 怀 瑾

(南京大学大气科学系)

摘要 本文根据气溶胶消光特性——气溶胶粒子光学厚度是消光波长的函数,采用随机的最小二乘技术;数值反演了垂直气柱中气溶胶粒子大小分布,并且对反演的气溶胶粒子谱分布,采用数值积分算出半径大于 $0.3\mu\text{m}$ 气溶胶粒子总数,求得了大气混浊度系数和半径大于 $0.3\mu\text{m}$ 气溶胶粒子总数之间关系,用太原市实测气溶胶粒子数资料验证,效果较好。

关键词 大气混浊度系数;气溶胶粒子谱分布。

大气混浊度反映了某地的大气污染程度,大气污染越严重,则大气中气溶胶含量越多,所以大气混浊度系数 β 和气溶胶粒子数必然存在着一定的联系。由于 β 反映的是从测点到大气上界整层大气的特性,而要了解整层大气气溶胶粒子数量及谱分布是很困难的,除非有详尽的梯度观测,所以气象学家纷纷研究用遥感的方法探求气溶胶粒子特性,早在 60 年代 Yamamoto 就研究过太阳光谱直接辐射资料推求气溶胶粒子数分布^[1], Michael D. King 发展了他的理论引出了约束的线性反演,至今还有好多人采用,但是此方

法稳定性差^[2], Jost. Heintzenberg 等人提出了一种随机的最小二乘技术反演气溶胶粒子数分布^[3],本文采用此法对上述问题做了探讨,

一、原 理

假设气溶胶是球形粒子,则在某一波长气溶胶消光的光谱光学厚度 $T_a(\lambda)$ 为:

$$T_a(\lambda) = \int_0^{\infty} \pi r^2 Q_c \left(\frac{r}{\lambda}, m \right) \cdot n(r) \cdot dr$$

* 国家自然科学基金资助项目。

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Research on Environmental Impact and Utilization of Mine Water in Shanxi Coal Base. Ai Yamin, Zou Yuan, Li Yan, Yu Hong (Research Institute of Environmental Protection of Shanxi Coal Administration Bureau, Taiyuan): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 2-7

This paper studies the characteristics of mine water quality in Shanxi Province and its impact upon the environment. It is shown from the study results that the mine water consists of 50% high earthy and high salinity water, 42% of neutral fresh water and 8% of acid water. Its pollution character is: SS in the first followed by COD, Sulphate, BODs. As and so on. The authors also carried out investigations and studies on water-make and the current situation and potentiality of the utilization of Shanxi mine water indicating that Shanxi mine water should be reused by coal mines themselves and separate pipes should be used for fresh and waste water.

Key Words: Coal Base, environmental impact, water supply with different quality, utilization of mine water.

Relationship between the Turbidity Coefficient and the Quantum of Aerosol Particles in the Atmosphere. Xue Deqiang (Meteorological Bureau of Shandong Province); Li Huaijin (Department of Atmosphere Science, Nanjing University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 7-10

The turbidity coefficient indicates indirectly the numbers of aerosol particles in the atmosphere. According to the extinction feature of aerosol, columnar aerosol particle size distribution is inferred by numerically inverting particulate optical depth measurements as a function of wavelength with a randomized minimization search-technique inversion algorithm. For each inverting size distribution, the total number of particles whose radius are greater than $0.3\mu\text{m}$ is obtained by using a method of numerical integral. The relation is presented between the turbidity coefficient and the number of particles which radius are greater than $0.3\mu\text{m}$. Taking Taiyuan City as a case study, there was a good agreement between the data of ractical-measurements and the calculation.

Key Words: atmospheric turbidity coefficient, aerosol particle distribution.

A Study on the Catalytic Oxidation of Lean SO_2 in Aqueous Solution to Produce Compound Fertilizer. Ning Ping, Sung Wenpiao, Sun Peishi (Kunming Institute of Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 10-14

The catalytic characters of Fe, Cu, Mn and Co, which are essential for the growth of crops, to the liquid phase oxidation of lean SO_2 and absorption with NH_3 under neutral conditions were investigated. It was observed that $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ solutions with concentrations as high as 56

(wt%) could be obtained when the absorption efficiency of SO_2 was higher than 85%. Three kinds of compound fertilizer could be prepared by concentrating the raw solution and the components of the fertilizer accord with the demands of agriculture.

Key Words: sulphur dioxide, catalytic oxidation, compound fertilizer.

Concentration of Organochlorine Pesticides from Aqueous Solutions Using the Macromolecular Porous Resin GDX-102. Gao Liancun, Li Guanbin, Wang Shuren (Environmental Science Center, Shangdong University, Jinan): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 14-17

The capacities and efficiencies of the adsorption of organochlorine pesticides in aqueous solutions by macromolecular porous resin GDX-102 were measured. The optimum dynamic rates of water samples were determined. The experimental results show that GDX-102 is possessed of great adsorption capacities and high adsorption efficiencies, which is slightly influenced by flow rate of water sample and therefore it is useful for field sampling of environmental water.

Key Words: concentration, organochlorine pesticide, adsorption resin.

Effect of the Waste Effluents from Semiconductor Material Production on the Activities of Enzymes in Activated Sludge. Xu Xiaolu (Zhejiang Normal University), Ye Zhaojie (Zhejiang Agricultural University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 17-22

By using the static experiments in which MLSS were controlled to be 2000 mg/l, the influences of GaAs, Ga(III), In(III), As(V) on the activities of three enzymes in activated sludge were studied. The results show that the concentrations of GaAs, at which 10% activities of dehydrogenase and urease were inhibited, were 80.3 and 29.0 mg/g MLSS, respectively; the concentrations for Ga(III) to produce 10% inhibition influence on the activities of dehydrogenase, urease and protease were 228.5, 56.0 and 204 mg/g MLSS, respectively; while for In(III) and As(V), the corresponding concentration were found to be 25.4, 89.0, 132.4 mg/g MLSS and 552.6, 464.6, 193.7 mg/g MLSS, respectively. Among the enzymes, urease is a more sensitive indicator to Ga(III)-containing sewage, and dehydrogenase is a more sensitive indicator to In(III)-containing sewage than others. Ga(III) and As(V) exerted synchronized inhibiting influence on the enzyme activities of activated sludge.

Key Words: semiconductor sewage, activated sludge, enzyme activity.

Adsorption Behavior of Organic Pollutants