矿山酸性废水对乐安江水质影响

林玉环 李 琪

(中国科学院生态环境研究中心,北京 100085)

摘要 矿山酸性废水对乐安江的污染是严重的,尤其在排污口附近江段,pH时有低于 6.5 的情况,重金属含量 严重超标,模拟计算表明,在 pH < 6.5, Cu, Zn, Pb 等元紊主要以离子形态存在,分别为 79.7%,76.8%,58%, 提高了它们对鱼类的毒性.在排污口附近,底泥中重金属很高,Cu>3000ppm,Pb>15ppm,Zn>100 ppm;而在河 口地区,Cu>500ppm,Pb>100ppm,Zn>600ppm,高度富集于底泥中.由于河流水质中碳酸盐含量低,其影响是严 重的.此外,Al、Fe 和 Mn 等元素,也对饮用水处理和鱼类生存造成负效应.

关键词 矿山酸性废水,重金属影响,乐安江.

矿山酸性废水 pH 低,含有大量重金属元素,如Cu、Pb、Zn、Cd、As等,直接排入江湖河海,对水生生物和饮用水源造成严重危害。目前,引起国内、外的广泛注意^{[11}].

德兴铜矿是我国正在开采的最大露天矿 山,它属多金属硫化物矿山,储量丰富,但品位 低,分布广.因而,在露天开采中,大量的废石及 低品位废矿,暴露于空气中,由于风化,淋溶等 原因,形成大量矿山酸性废水.多年来,废水直 接排入乐安江,造成河流的严重污染.本文重 点研究水体重金属的浓度分布,并进行水质的 重金属形态模拟计算,阐明重金属在乐安江的 迁移转化,评价它们对水质和生物影响。

一、采样及分析

为了查明污染源及水质现状,分雨季和旱 季,定期采集矿山酸性废水及乐安江各断面水 样(图1). 水样在现场测 pH 和 Eh,分两份, 一份用 0.45μ 滤膜过滤,用于测定阴离子及溶 解态金属离子;另一份用 1mL 1mol 浓度的硝



图 1 乐安江采样点布置图 1.海口 2.沽口 3.中洲 4.香屯 5.代村 6.虎山 7.接渡 8.韩家渡 9.石镇街 10.蔡家湾 11.黄龙庙 12.双港 13.龙口

酸处理,测定各种重金属总浓度.悬浮物样品 用超滤膜装置,过滤10-20L水,收集在滤膜 上. 底泥用聚乙烯塑料瓶保存. 所有样品在 2-3天内采集完成,实验室冰箱保存备用. 阳 离子用 ICP 和 AAS 分析,阴离子用 Dionnex 离子色谱分析.

收稿日期: 1991年9月10日

二、结果和讨论

(一) 矿山酸性水的组成

德兴铜矿矿山酸性水的组成列于表 1. 结果表明,酸性水的 pH 在 2.22—2.75 之

间,含有大量的铁和硫酸根,主要元素为 Fe,Cu, Mn,Zn 等,其含量都大大超过地面水标准,其 它三个铜矿矿山酸性废水组成基本类似,富家 坞铜矿酸性水的 pH 稍高于德兴铜矿,主要是 坑采作业,水量少,排放量为 60-70 万吨/年,

|--|--|

Ca	Mg	K	Na	Cu	РЬ	Zn	Cd	Ni	Fe	Mn	Al	As	\$O ₄ ²⁻
195.0	382.2	0.932	0.978	72.53	0.156	2.38	0.084	3.54	35724.2	55.48	741.8	0.355	8250
222.2	430.8	0.186	0.716	104.7	0.095	3.22	0.086	4.63	32345.2	99.24	1300.4	0.449	9750
288.3	802.9	140.1	7.63	129.2	1.02	1.53	0.22	5.26	2367.3	43.11	896.2		11150

大茅山矿山废水 Cu,Pb,As 含量较高,铅锌矿矿 山废水 Pb, Zn, Cd, As 含量较高. 总之, 乐安 江每年接纳废水几千万吨,大量金属和重金属 进入水体,已引起严重后果,两条支流已成排污 沟,生物基本灭绝,水质污浊,乐安江在德兴市 境内,已受严重污染,并波及下游。

表2 乐安江水质(ppm)*

采样点	pН	Ca	Mg	K	N	a	Cu	Pb	Zn
1	6.56	7.068	1.54	1.73	1.8	34	0.003	0.021	0.031
2	4.79	20.59	11.07	1.05	2.5	55	1.94	0.021	0.053
3	6.46	13.76	2.48	1.51	2.1	11	0.10	0.001	0.010
4	7.17	9.33	2.33	0.87	2.1	10	0.18	0.001	0.013
5	7.20	5.82	1.43	0.93	1.6	<u>61</u>	0.07	0.001	0.021
7	7.25	9.05	2.18	1.09	1.8	31	0.04	0.01	0.057
	7.25	9.05	2.145	0.64	1.9	1	0.02	0.003	0.052
8	7.25	7.45	1.81	1.22	2.1	1	0.01	0.004	0.034
9	7.25	7.82	1.81	3.63	3.1	3	0.001	0.001	0.007
10	7.25	8.51	1.73	1.01	1.9	1 L	0.001	0.004	0.059
11	7.25	9.21	2.02	3.20	2.9	5	0.001	0.001	0.001
12	7.25	9.02	1.98	3.49	2.6	6	0.001	0.001	0.001
13	7.25	8.89	1.82	3.39	2.5	3	0.001	0.001	0.001
采样点	Cd	Fe	Mn		Al		As	S	\$0 <u>-</u>
1	0.00	0.24	0.03	30	0.098	_	0	4.315	3.27
2	0.00	13.41	0.71	9	4.582	-	0	58.82	152.08
3	0.00	3.20	0.11	2	0.299		0.003	7.79	25.68
4	0.00	3.45	0.12	.5	1.061	-	0	7.82	28.35
5	0.00	1.10	0.07	8	0.462	-	0	3. 6 9	8.48
7	0.00	0.64	0.09	6	0.289	-	0	4.48	12.62
	0.00	0.38	0.07	1	0.164	-	0	3.54	9.62
8	0.00	0.39	0.07	0	0.186	-	0	2.09	4.79
9	0.00	0.193	0.06	51	0.135	1 -	0	3.08	4.80
10	0.00	0.36	0.05	4	0.225	-	0	2.54	24.40
11	0.00	0.097	0.00	1	0.016	-	0	4.62	6.60
12	0.00	0.035	0.00	1	0.010	0.	0007	3.69	5.90
13	0.00	0.014	0.00	1	0.0023	0.	0007	3.72	5.80
	•		-						

* 为 1988 年 5 月监测结果

13 卷 4 期

环境科学

(二)乐安江水质现状

1987—1990年,水质监测结果基本类似。

1. pH 变化

表 2 表示洪水季节结果,乐安江在两条支流入口处, pH 经常发生变化(图 2).在洪水季节, pH 明显降低,一般比枯水期低半个 pH

单位,有时低于 6.5 地面水标准。在排污口附近,形成长达数公里,有时20—30 km的污染带。由水质调查结果可知,在 30km 江段范围,各种 重金属时有超标。

2. 水体悬浮颗粒物元素分析

结果见表 3. 颗粒物主要由铁、锰、铝等

花素	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cu	34.5	10199.7	3495.1	613.6	292.1	1251.5	1097.6	1908.5	728.5	392.7
Fe(%)	1.4	23.4	15.0	2.9	1.87	7.3	6.4	10.8	3.2	1.1
Al(%)	2.5	22.0	15.8	15.5	16.4	14-1	3.7	10.5	2.3	0.4
РЬ	131.0	470.9	217.1	236.0	327.1	356.9	722.8	1044.1	1110.3	59.7
Zn	1293.2	5921.2	2445.3	2598.3	33141.5	3724.7	5583.6	1260.7	981.7	1150.7
Cd	22.8	72.4	31.4	25.9	30.5	24.2	20.0	18.3	13.3	11.0
Mn	293.9	1822.4	502.3	476.4	528.4	871.3	1244.2	2461.3	895.2	205.4
Cr	120.1	966.4	257.4	271.0	279.5	302.3	226.3	75.1	79.5	90.3
Ca(%)	0.74	4.2	1.8	1.4	1.2	1.2	1.45	0.8	1.17	0.5
Mg(%)	0.28	2.1	0.33	0.35	2.7	0.28	1.1	1.8	0.4	0.2
S(%)	2.1	9.0	3.44	1.2	1.3	1.7	5.6	6.9	1.5	0.99

表 3 悬浮颗粒物中重金属及元素组成 (mg/kg)*

* 为 1989 年 12 月监测结果

表4 乐安江底泥中重金属及元素组成 (ppm)*

	Ca	Na	К	Mg	Cu	РЬ
1	4264.75	7078.75	22022.5	4202	333.475	45.35
2	949.55	1252.25	28445	3896.25	3109	0.9325
3	2104.85	1422.95	24237.25	2431.33	2689.25	15.858
4	2188.775	4135.75	22069.5	2541.25	1648.0	38.29
5	1368.425	7414.75	17189.75	365.55	670.0	139.09
6	1386.7	3725.0	18245.25	762.195	1100.08	72.828
7	2852.75	3685.75	24628.5	6200.25	586.15	116.115
8	2101.275	3599.75	19168.5	1892.53	592.15	75.73
9	1396.55	3550.25	17154	235.545	517.35	67.425
10	5985.75	18560.5	20035	1683	526.7	79.9
样点	Zn	Cd	Fe	Mn	Al	S
1	244.955	3.4525	31237.5	713.75	44370	1357.18
2	53.18	1.695	4105	18.69	28657.5	29615
3	92.44	2.36	20967.5	231.75	21130.25	26245
4	183.47	3.0375	38575	748.85	13826	8968.25
5	1039.975	4.61	35890	604.18	12642.75	5059
6	706.95	4.405	37322.5	1442.9	10366.25	2410.13
7	787.05	5.7725	45295	1353.98	94607.5	1853.03
8	608.025	4.5025	36402.5	1246.68	27460	1003.65
9	496.75	4.3075	30845	1360.65	3100.25	3644.75
10	2229.65	5.7	25775	1728.83	11139.25	1560.55

* 为1989 年 9 月监测结果



图 2 乐女江水中 phi 的变化 1.1989年9月 2.1989年12月 3.1990年4月

组成,铜、铅、锌、镉等元素明显富集于颗粒物 上,颗粒物粒径很小,能漂移很长距离。

3. 沉积物中重金属含量

分析结果见表 4. 表 4 表明, 乐安江重金 属污染是严重的,在排污口以下 30km 处,底泥 中 Cu、Zn、Pb 的浓度很高。 各河段呈现出季节 差别。洪水期,上游底泥铜的浓度较之平水期 浓度低,下游则高于平水期;枯水期,则有相反 的趋势。上游底泥铜浓度较平水期高,有时达 5000mg/kg,下游则低于平水期(图 3).



综上所述,矿山活动已对乐安江水质构成 严重污染.而河流的环境因素又对污染的范围 产生影响.例如,不同的水期,不同的江段,污 染程度不同.枯水期,酸性废水量小,河流流量 亦小,流速慢,大部分污染物沉积于排污口河 床,迁移至下游的量少.但洪水期,废水量明显 增加,悬浮颗粒物也增加,流量和流速都明显提 高,对河床冲刷作用大,大部分污染物被迁移至 下游,导致下游污染严重.

(三)水质的热力学平衡模型模拟分析 重金属的毒性是与它的存在形态紧密相关

注境科学

的,溶解态金属比颗粒物上固着的金属毒性大, 自由离子则比络合态的毒性大.因而,模拟分 析各种金属元素在水体中的存在形态,不仅对 了解它们的迁移转化有帮助,且有利于分析它 们对生物的毒性效应.

本文根据上述现场水质资料,在水质分析 方面,应用热力学平衡模型计算,模拟重金属进 人乐安江水体后的形态变化。

目前,由美国环保局阿森斯实验室发展的 "MINTEQA 2"模型及其计算机程序,是比较成 熟的地球化学模型.模型计算,考虑水体的 pH, Eh 变化,以及各采样断面水质条件,考虑金属 络合、吸附、沉淀和溶解过程,计算出各种金属 进入乐安江后的形态比例,以及沉淀去除和所 形成的矿物,下面对主要元素逐个加予讨论.

1. 铝的形态

矿山酸性废水含高浓度溶解态 铝. 近年 来,铝的形态及生物学效应已引起 广泛 的关 注^[2]. 在不同水质条件下,铝可形成一系列的 形态,其毒性和对水质的影响是不同的.按乐 安江水质条件计算的结果表明,在 pH < 5.0 (或 4.8)时,大坞河口和沽口河段,自由离子 Al³⁺ 是主要形态,其含量 的 百 分 比 分 别 为 52.8%和 64.2%;其次的形态是 AlSO;离子 (38.9%;31.9%).说明在上述的水质条件下, 自由离子和单核络合物离子占绝对优势.而此 时所形成矿物是明矾和铝矾石,它们控制着水 溶解态 Al 的浓度.

当江水 pH 升高至 6.62,即中洲江段,铝的 形态转变为以 Al(OH),为主(58.3%),其次是 Al(OH);,此时,水中溶解 Al 的浓度是由 Al(OH),Al4(OH),OSO4 等矿物的溶解度控制 的.由现场调查可以发现,在中洲江段形成大 量的矾花,即为 Al(OH),沉淀物.

当 pH > 7.0 时,即由中洲到香屯江段, Al 主要以 Al(OH)₃, Al(OH);形态存在。此 时大部分 Al 以沉淀的形式进入江底,水中的溶 解态已很少。另外一种形态 Al₁₉(OH)₃⁷ 即聚 合铝,在 pH 6.0—6.5 之间形成^[4],说明 Al³⁺进 人乐安江后,由于江水的稀释作用, pH 不断升 高,形成一系列絮凝、沉淀产物,从江水中除去。 同时,由于絮凝、沉淀的吸附和包裹作用,大部 分其它重金属离子也被除去.这种作用是矿山 酸性废水在天然水体中的一种自净作用,是乐 安江重金属迁移转化的主要机制^[5].

Freeman 和 Everhart 的 Al 毒性试验发 现,当溶解态铝的浓度超过 1.5mg/L 时可使温 水鱼类中毒和产生畸变效应^[6]. 根据实验,他 们把溶解 Al 浓度 0.5 mg/L 定为温水鱼类的安 全浓度. 后 Roseland 在 pH - 5.0 时,用 0.45mg/L 的 Al 溶液作 48 小时的实验,证明了 上述 的标准^[7]. Muriz 和 Liebasted,在 pH 4.6~6.0 作试验,发现 0.15mg/l 的Al就能减少 鱼的种群^[8]. 由表 6 数据可知,乐安江由于矿 山酸性水的排放, Al 的浓度普遍偏高,洁口江 段浓度可达 4.58 mg/L, 其余江段在 0.2—0.5 mg/L 之间.乐安江的鱼群为温水鱼类,由此 可见,矿山酸性水中高浓度的铝对乐安江鱼类 的生存和繁殖的影响是不可忽视的、

2. 铁和锰的形态

矿山酸性废水铁含量最高,但在大坞河口的排水中,pH已提高到4.5以上,因此,大部分铁已在大坞河中沉淀除去,进入乐安江的废水中,Fe含量已明显降低。由计算可知,在大坞河口和沽口江段,铁主要以下列形态存在: FeOH⁺²(38.1%),Fe(OH);(43.2%),FeSO,(13.4%)。在酸性条件下,铁的溶解度主要由FeAl₂SO₄(OH),•22H₂O 控制.

目前,铁的毒性数据尚无报道,但国家规定 的饮用水标准为 0.3 mg/L,温水鱼类试验得出 的安全标准为 1.5 mg/L⁶⁹. 在乐安江沽口至中 洲江段,铁的浓度有时超过此标准,对鱼类有一 定影响.此外,大量的铁、铝沉淀也是饮用水所 不允许的.

锰是矿山酸性废水中第三个重要元素,它 主要以 Mn³⁺ 存在. 目前缺乏关于锰的毒性数 据. 海洋鱼类,推荐的可接受浓度为 0.77 mg/L (Daries 和 Woodling)^[10],饮用水 标 准 为 1.0 mg/L (EPA)^[11],由水质监测数据表明,乐安江 锰的浓度并未超标.

3. 铜的形态

铜是乐安江水质的主要污染元素。由计算 结果可知,铜在 pH - 6.64 以下,主要以 Cu²⁺ 离 子 态 存 在。 在 pH > 6.64 以 后,生 成 Cu(OH), 沉淀,乐安江水中缺乏重碳酸根,所 以不形成碳酸盐沉淀,

铜对水生生物是毒性很高的元素,渔业水 质标准为 0.01mg/L。 铜的浓度在沽口至中洲 河段,大部分超过地面水标准,高达 1.9mg/ L.在其它江段,浓度也超过或接近渔业用水标 准。因此,铜在乐安江对水生生物的影响,尤 其对鱼类的繁殖具有极大的危害。由于铜矿开 采,乐安江鱼产急剧下降,已引起沿江渔民的 极大关注。

4. 锌、铅等其它元素的形态

锌、铅元素在乐安江水质中,当 pH < 6.50 时,主要以离子态存在,只有当 pH > 6.50 时, 才出现氢氧化物沉淀.在乐安江水质中,重碳 酸盐含量低,不形成碳酸盐沉淀;但进人鄱阳湖 之后,由于 HCO; 浓度升高,才形成碳酸盐沉 淀.

渔业水质标准的锌、铅浓度为 0.1mg/L, 目前,乐安江水质监测结果表明,在枯水期,大 部分断面超过此标准,这是值得注意的、

通过上述分析可知,乐安江水质污染主要 是重金属元素铜、铅、锌等.它们在水质条件变 化时,会出现各种形态,但由于废水 pH 低,常 引起江水 pH 降低,当 pH < 6.50 地面水标准 时,铜、铅、锌等元素主要以离子形态存在,其危 害是十分严重的.尤其铜对鱼类繁殖的影响, 毒性等是明显的.另外,铝的形态变化和絮凝、 沉淀作用,对其它重金属的自净作用是很重要 的,应进一步开展研究.

三、 结 论

1. 矿山酸性废水对乐安江水质的影响是严重的,尤其在排污口下到中洲江段,酸性废水引起河水 pH 下降,时有 pH < 6.5 的情况出现。同时,排人铜、铅、锌等重金属元素,致使江水中重金属浓度超标,尤其在 pH 低的情况下,大部

环

分重金属以离子态形式存在,提高了这些元素的毒性,对鱼类等水生生物产生危害.乐安江水质中主要污染因素为 pH,Cu, Pb, Zn 等,高浓度的铝虽能产生絮凝,沉淀,但它本身的毒害也不容忽视。

2. 在污染带及排污口下十几公里河段,沉 积物中高浓度的 Cu,Pb,Zn,Al,Fe,Mn等元素,无 疑构成对水质的严重威胁;颗粒物中重金属元 素的高度富集,以及颗粒粒径很小,漂至下游, 势必造成下游水质的污染。目前,重金属污染 底质标准正在研究之中,其作用尚待进一步研 究. 尤其乐安江水质中碳酸盐含量低,酸容量 小,底泥对酸污染反应灵敏,更值得重视.

3. 应用热力学平衡模型模拟乐安江水质中 各元素的迁移变化,有助于分析,评价矿山酸性 废水的危害,但深入的了解各种机制的作用,还 需开展动力学方面的研究. Air and Soil pollution, 1988, 39:1

- 2 Envir. Res. Lab., Office of res. and development, USEPA. "MINTEQA2" Computer Programme for Calculating Aqueous Geochemical Equalibria. Athens, Georgia
- 3 Alfrey A C. New Engl. J. Med., 1984, 310:1113
- 4 Helliwell S, Batley GE, Florence T M and Lumsden G G. Environ. Technol. Latter. 1983, 4:141
- 5 Filipek L H, Nordstrom D K and Filiklin W H. Environ. Sci. Technol.. 1987, 21:388
- 6 Freeman RA and Everhart W H. Trans. Am. Fish Soc.. 1971, 109:644
- 7 Roseland B O. Impact Acid Precip, SNSF Project. Oslo, Norway: Proc. Int. Conf., 1980:348
- 8 Muniz 1 P and Leivestad H. Impact Acid Precip., SNSF Project. Oslo, Norway: Pro. Int. conf., 1980: 450
- 9 Loeffelman P H. Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, Eight Symposium ASTM STP 891, 1985: 281
- 10 Davies P H and Woodling J D. Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, ASTM STP 707, 1980:281
- 11 USEPA. Criteria for Water Quality. Washington D.C.:U.S. Govt. Print Off., 256

参考文献

1 Daniel L Ramsey and Danald G Brannen. Water.

(上接第 69 页)



综上所述,模糊最大矩阵元聚类法可定量

表 5 海面溢油与可疑油的相对峰高

	1#	2#	3#
h,	1.13	1.13	1.11
h ,	0.216	0.524	0.214
h,	1.06	1.11	1.07
h.	0.177	1.31	0.181

地分类油种,清晰地给出油种间的模糊动态聚 类图,避免了以往的指纹谱图辨识法的人为影 响,在海面溢油的鉴别中,建议推广本方法。

参考文献

马永安等. 海洋环境科学. 1988,7(3):82 1 2 徐恒振等. 交通环保, 1989,(5):8 3 马永安等. 海洋环境科学. 1990,9(2):76 戴云丛. 分析化学. 1990,18(3):206 4 徐恒振等. 交通环保. 1987,(2~3):27 5 徐恒振等.海洋环境科学.1987,6(4):67 6 徐恒振等. 海洋通报. 1990,9(5):33 7 徐恒振等、海洋学报。1991,13(1):50 8 于连生, 吉林大学自然科学学报, 1982,(4):106 0

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

A Study on the Mechanism of Biological Removal of Phosphorus-Microbial Composition of the Activated Sludge in a Sequencing Batch Reactor. Zhou Yuexi Qian Yi et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijiag 1°0084): Chin. J. Environ. Sci., 13(4), 1992, pp. 2-4

In this paper, the mecrobial composition of the activated sludge in a sequencing batch reactor, which can effectivety remove phosphates from waste water, was investigated. Experimental results demonstrate: (1) The population of bacteria in the mixed liquor of activated sludge during steady operation stage was much larger than that during the startup stage (about 26 times larger). (2) The predominant genus during the start-up stage was aeromonas and pseudomonas came second (with no acinetobacter found), while the predominant genera during the steady operation stage were pseudomonas and aeromonas (with a limited number of acinetobacter present).

Key words: phosphorus, activated sludge, phosphat e removal.

Investigation on the Kinetic Characteristics of Copper Adsorption on Red Earth in Flow Method by Utilizing First-Order Kinetic Differential Equ. ation. Lan Yeqing et al. (Nanjing Agricultural Uni. versity, Nanjing 210014): Chin. J. Environ. Sci., 13(4). 1992, pp.5-8

The kinetic characteristics of adsorption of copper on red earth in flow method was investigated by utilizing a firstorrder kinetic differential equation. Results show that the rate of copper adsorption is affected by diffusion. Specifically, the rate of the process is dominated by external diffusion when the adsorption is at lower levels and by the internal diffusion when the adsorption is at higher levels. At a given temperature and pH value, the theoretical saturated adsorption amount of copper is basically a constant and independent of flow rate and concentration of the solution under study. However, the experimentally determined saturated adsorption amount of copper was found to be significantly affected by the flow rate and concentration of the solution end smaller than the theoretical saturated adsorption amount.

Key words: red earth, adsorrption of copper, diffusion.

Influence of Acidic Mining Waste Water on Wa. ter Quality of Lean River. Lin Yuhuan, Li Qi (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): Chin. J. Environ. Sci., 13(4), 1992, pp. 9-14

The lean river, especially in the region of waste water discharging point, was seriously polluted by mining waste water. The pH vallues of the river water were sometimes observed to'be lower than 6.5 during flood season, the concentrations of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd etc.) in the river water were close to or even obviously higher than the national standards of water quality. Furthermore, simulatitotn calculation in dicates that, at pH values lower than 6.5, most of the heavy metals existed in he water in the form of ions, resulting in even higer toxicity to fishes. The heavy metals were also found to be accumulated in the sediment of the river. Besides, thte elements like Al, Fe, Mn etc, also exerted negative influence on the treatment of drinking water and fishery.

Key words: mining waste water, heavy metals, water pollution.

Application of Discrete Multicriteria Optimization Decision Model (DMODM) in EQDSS. Wang Jinnan (Chinese Research Academy of Environmental Sciences 100012): Chin. J. Environ. Sci. 13(4), 1992, pp.15-19

DMODM is a model that can solve a sort of decisive optimization problems which are formed by discrete values of a number of decisive variables and have multicriteria for assessment of alternatives. This essay briefly describes the principle, solving methods-dominated approximation method and reference point approach of the model, as well as its application and effect in the National Environmental Quality Decision Support System (NEQDSS).

Key words: discrete Multicriteria decision model, optimization decision problem, discrete package.

Study on Warning System of Environmental Impact Assessment. Chen Zhijian, Chen Guojie (Institute of Mountain. Disasters and Environment, Academia Sinica, Chengdu 610015), Chin. J. Environ. Sci., 13(4), 1992, pp.20-23

This paper discusses the concept and integrative principle, hierarchical principle and practicable principle of the environmental impact warning assessment, defines the warning standard according to the environmental quality index, proposes mathematical models for the poor or worse state warning, deterioration trend warning and deterioration speed warning, and gives a case of the environmental impact warning assessment of the Three Gorges Hydraulic Engineering on the Yangtze River in China.

Key words: environmental impact assessment, environmental impact warning, environmental deterioration.

Study on the Accumulation of Deposits in Was. te Water Stabilization Pond. Fan Xiaojun, Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): Chin. J. Environ. Sci., 13(4), 1992, pp.24-26

Results of the researches on the accumulation of deposits in waste water stabilization pond was summarized. Based on the analysis of the origin and composition of the deposits the authors suggested that the deposits are composed of two fractions: biodegradable and non-biodegradable. A theoretical model discribing the accumulation of benthic deposits was hence established. According to the model, the following conclusions could be drawn: (1) the amount of the accumulation of non-biodegradable is directly proportional to the operation time of the pond; (2) the accumulation of biodegradable part of the deposits will not surpass a maximum value; and (3) the accumulation of pond benthic deposits is closely related to the quantity and quality of influents as