黄河口地区，Cu、Ni、Zn、Cd、Cr、Mn等六种元素在河口附近均以较高的浓度出现，随着远离河口浓度下降，从元素分布图中明显地表现出向东北和西北的两个优势梯度方向. 我们认为前者反映黄河河水入海后由于惯性继续向外运动，而后者表明部分泥沙受潮流作用向西北迁移，和该区底层余流的运动一致.

Fe 在河口地区的分布，我们考虑是因海洋与河流沉积物 Fe 含量的差别引起. 在黄河口地区. 海洋沉积物中的 Fe 浓度更高一些，因而在河口附近 Fe 的低值区与上述元素的高值区一致.

Pb 在河口与海洋沉积物之间的差别不大，指示作用不明显. 对于高含沙量的河口，重金属的浓度主要受沉积物中的矿物相控制，只有在河流与海洋沉积物中重金属含量有显著差别时，金属元素的分布特征才具有"指示"意义.

除 Cd 以外，大部分元素在工作区域东南部出现高值. 推测可能是受邻近岸段的影响.

四、结　论

对黄河口底质中重金属的分布特征的研究表明，黄河口地区基本上不存在近期重金属污染，黄河泥沙入海后，向东北和西北两个方向运动；在动力因素影响下，沉积物的再悬浮可能造成表层沉积物中重金属浓度的下降.

参 考 文 献

[1] 庞家珍　司书享，河流泥沙国际学术讨论会论文集，1，417—427 页，学术出版社，1980 年.

[2] 龚时旸　熊贵枢，同上书，43—53 页.

[3] 叶青超，地理学报，37(4)，349(1982).

[4] Joanny M., et al., *Metaux-trace dans les sediments marins. Document* JMG VI/7/10 (1981).

[5] Cronin, L.E., *Estuarine Reseach*. vol.1, pp 28—44, p 738, New York, Sanfrancisco, London, 1975.

[6] 王隆发，吴瑜端，东海大陆架学术讨论会论文集，2，825—833 页，海洋出版社，1983 年.

[7] 中国科学技术情报研究所等，地理环境污染与保护译文集，第八集，71—82 页，科学技术文献出版社，1980 年.

[8] 陶正史等，Report of Hydrographic Reseach,(17) 379—393 (1982).

[9] [美] B. 马逊，地球化学原理，陈浩琉等译，第 285 页，中国工业出版社，1964年.

[10] Riley, J. P. and R. Chester, *Chemical Oceanography*, **7**, 508 (1978).

[11] 南京大学地质系，地球化学，78—101 页，339—364 页，科学出版社，1979 年.

某些重要污染元素通过伊洛河向黄河输送量的估算

张　炳　臣

（黄河水资源保护科学研究所）

伊洛河是黄河的一条主要支流，它流经中国最大机械工业城市之一洛阳市. 由于洛阳市工业废水的排放，使水体遭受到一定程度的重金属污染，为了保护黄河水质以及控制洛阳市的污水排放量，必须对洛阳市下游的断面进行监测，同时估算向黄河输送污染物的数量. 本文的工作是选黑石关断面进行一年的系统监测. 包括 Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Ni、Mn、Al、Sr、Co、Mo、Ca、Mg、Fe 以及 As 进行了溶解态和颗粒态的分析测定. 并对重

本报告经中山大学唐永銮教授审阅，特此感谢.

要污染元素Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Ni、Co、As 向黄河输入量进行了估算.

一、工 作 方 法

本工作选择黑石关断面为污染计算断面，员庄为对照断面（图 1）. 黑石关断面位于伊洛河下游，巩县入口上游 6 公里处，距入黄河口约20公里，除巩县外，伊洛河全流域排入废水都经此断面进入黄河. 黑石关断面通量并不包括巩县的工业废水排放量. 从计算向黄河输送量出发选用在接纳巩县污水后的石灰务断面更为合理，但由于石灰务断面更接近黄河口，在黄河干流洪水时期会产生倒灌而影响取样. 另外石灰务断面缺少水文资料，而黑石关断面为水文测站所在断面，有齐全的水文资料，因此作为重点研究洛阳市对黄河的影响，黑石关的选用是合适的. 员庄断面位于洛河中下游，距洛阳市上游约 20 公里处，断面以上无大的工矿企业，作为本课题的对照断面.

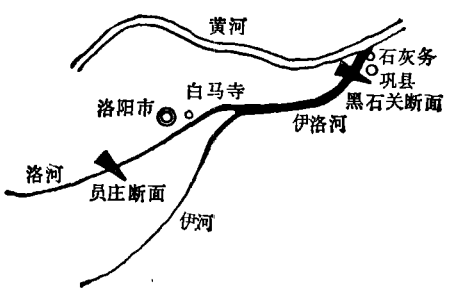

图 1　断面布设示意图

样品采集自1982 年 8 月—1983 年 7 月，每月采样一次，每次采样日期为月中. 根据不同含沙量采集不同数量的原水，原水经沉降，泸膜（$<0.45^{\mu}$）过泸，通过泸膜的水样，测定其溶解态金属，被泸膜阻留部分为悬浮物样品. 悬浮物和底质样品经风干或低温蒸干，磨细过筛作为分析样品.

样品分析方法：样品经二酸（HNO_3、$HClO_4$）消化处理，残留物用 0.1 NHCl 溶解，定容，然后用等离子体发射光谱法测定.

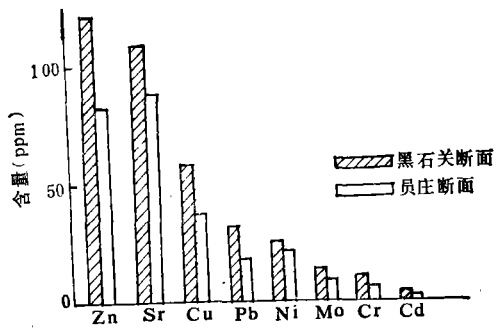

图 2　黑石关、员庄断面悬浮物中金属元素含量对比图

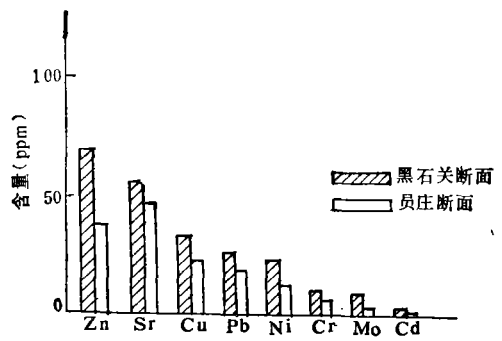

图 3　黑石关、员庄断面底质中金属元素含量对比图

二、结果与讨论

把所测得的悬浮物和底质结果取平均值后绘于图 2 和图 3. 从图中可以看出黑石关断面悬浮物及底质中金属元素含量均大于员庄断面含量. 根据有关资料，员庄断面主要污染元素在水体中不同时间含量的平均值略低于工业化前参考值，也略低于国外 50 个湖泊背景平均值，沉积岩地球化学平均值及洛河流域的土壤背景值（表 1），因此利用该断面作为污染元素的背景量是合适的.

在同一个断面中（员庄或黑石关），底质中金属含量要小于悬浮物中含量（表 2 及表 3）. 这也许和底质中细颗粒含量远低于悬浮物中含量有关. 以黑石关断面为例，悬浮物中含 <0.007 mm 的细粒部分占总量的 18.5%，底质中仅为 8.0%.

表 1　员庄断面底质泥沙中的金属平均含量与几种参比值对照表(ppm)

元　素	工业化前参考值	国外 50 个湖泊背景平均值	沉积岩地球化学值	洛河流域土壤背景值	员庄断面底质金属含量平均值
Cu	50	28.7	57	31	13.36
Pb	70	34.9	21	26	12.03
Zn	175	110.6	81	82	31.37
Cr	90	48.7	110	12	14.57
Cd	1	0.58	0.3	1.8	0.57

表 2　员庄断面底质中的金属含量与悬浮物中的含量对比表 (ppm)

元　素	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	Ni	Mn	Sr	Co	Mo
底　质	13.36	12.03	31.37	4.57	0.57	10.80	195	50.60	32.47	1.15
悬浮物	33.09	13.11	78.93	5.30	0.89	23.91	423	81.83	41.94	5.75

表 3　黑石关断面底质中的金属含量与悬浮物中的含量对比表 (ppm)

元　素	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	Ni	Mn	Sr	Co	Mo
底　质	25.68	19.64	66.00	6.60	0.70	20.55	269.10	53.82	28.71	5.27
悬浮物	52.20	28.66	124.00	7.39	1.12	24.87	400.83	111.47	32.03	10.25

水中金属含量均不超过地面水标准.

伊洛河向黄河输送金属量包括人为通量和基本背景通量、按下式计算.

人为通量＝总通量－背景通量

人为通量——洛阳市工业废水排入的金属总量.

总通量——黑石关断面的金属总量.

背景通量(自然通量)——员庄断面的金属总量.

由于每月流量和含沙量有很大差别，所以采用按月计算的方法,具体计算如下:

输送总量 (吨/月)＝水中输送量＋悬浮物中输送量

水中溶解态输送量(吨/月)＝水中金属含量 (mg/m^3)×月迳流量 (m^3) × 10^{-9}

悬浮物中输送量(吨/月)＝悬浮物中金属含量(克/吨)×月输沙量(吨)×10^{-6}

底质的输送量没有计算在内，因为根据水文资料自白马寺到黑石关为泥沙沉积区，大约每年有数十万吨泥沙沉积下来，因此以推移质的形式向黄河输送的污染金属是极少的.

计算结果列于表 4 和表 5.

从表 4 和表 5 中可得出如下结果:

1. 对 8 种污染元素的计算结果，伊洛河向黄河输送金属总量为 4733 吨/年，其中自然背景输送量为 3567 吨/年，人为输送量为 1166 吨/年. 其人为输送量/自然背景输送量＝0.33.

2. 计算的 8 种元素不管是人为输送量还是自然背景输送量都是以悬浮态输送为主(人为输送量中悬浮态占 89.3%，自然背景输送量中悬浮态占 92.2%) 可溶态的输送只占很少一部分,其可溶态输送量/悬浮态输送量

表4 伊洛河不同时间向黄河输送污染元素数量表

元素 \ 金属量(吨) \ 时间(月份)		1982年					1983年							合计
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
Cu	水	8.59	1.27	1.69	6.28	0.059	0.099	1.53	0.98	0.17	—	2.67	3.43	26.77
	悬浮物	695.00	17.26	16.20	0.20	0.15	0.14	0.04	0.10	0.25	11.39	16.96	—	757.69
	水+悬	703.59	18.53	17.89	6.48	0.209	0.239	1.57	1.08	0.42	11.39	19.63	3.43	784.46
Pb	水	—	—	—	1.49	—	—	1.04	3.12	—	—	18.66	—	24.31
	悬浮物	114.37	4.67	16.66	0.17	0.07	0.13	0.02	0.12	—	—	15.96	51.06	203.23
	水+悬	114.37	4.67	16.66	1.66	0.07	0.13	1.06	3.24	—	—	34.62	51.06	227.54
Zn	水	95.60	1.45	6.02	2.99	2.26	3.95	33.56	0.049	—	12.50	5.33	3.43	167.14
	悬浮物	2041.08	44.67	36.79	0.49	0.18	0.24	0.13	0.33	0.57	22.39	46.88	132.33	2326.08
	水+悬	2136.68	46.12	42.81	3.48	2.44	4.19	33.69	0.379	0.57	34.89	52.21	135.76	2493.22
Cr	水	0.59	—	—	1.49	—	—	2.26	2.14	0.086	5.05	2.66	1.37	15.65
	悬浮物	14.96	3.05	1.62	0.03	0.01	0.02	0.004	0.007	0.04	2.81	4.59	10.94	38.08
	水+悬	15.55	3.05	1.62	1.52	0.01	0.02	2.264	2.147	0.126	7.86	7.25	12.31	53.73
Cd	水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	悬浮物	—	3.52	0.46	0.01	0.002	0.003	—	0.002	0.01	0.35	1.00	2.08	7.44
	水+悬	—	3.52	0.46	0.01	0.002	0.003	—	0.002	0.01	0.35	1.00	2.08	7.44
Ni	水	1.17	—	—	—	—	—	18.22	3.92	0.034	—	5.33	0.69	29.36
	悬浮物	404.70	10.56	6.25	0.08	0.02	0.04	0.02	0.06	0.16	8.30	14.76	27.09	472.04
	水+悬	405.87	10.56	6.25	0.08	0.02	0.04	18.24	3.98	0.194	8.30	20.09	27.78	501.40
As	水	2.73	1.12	1.73	7.47	—	×	×	×	×	×	×	×	13.05
	悬浮物			—	—									
	水+悬	2.73	1.12	1.73	7.47	—	×	×	×	×	×	×	×	13.05
Co	水	—	—	—	—	—	—	31.24	27.68	—	—	45.32	23.98	128.22
	悬浮物	334.31	10.96	3.47	0.04	0.03	0.04	0.02	0.10	0.25	—	65.64	109.41	524.27
	水+悬	334.31	10.96	3.47	0.04	0.03	0.04	31.26	27.78	0.25	—	110.96	133.39	652.49
合计	水	108.68	3.84	9.44	19.72	2.319	4.049	87.85	37.89	0.29	17.55	79.97	32.90	404.50
	悬浮物	3604.42	94.69	81.45	1.02	0.46	0.61	0.23	0.72	1.28	45.24	165.79	332.91	4328.82
	水+悬	3713.10	98.53	90.89	20.74	2.78	4.66	88.08	38.61	1.57	62.79	245.76	365.81	4733.32

注：表中 × 未测 — 未检出

表 5　洛阳市不同时间进入伊洛河污染元素数量表

金属量(吨) 时间(月份) / 元素		1982 年					1983 年							合计洛阳市	伊洛河输送总量	百分比洛阳市/伊洛河
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7			
Cu	水	0	0	0	1.78	0	0	0	0	0	—	0	0	1.78	784.46	16.2
	悬浮物	112.79	3.82	0.88	0.06	0.09	0.04	0.01	0.05	0.07	3.46	3.75	—	125.02		
	水+悬	112.79	3.82	0.88	1.84	0.09	0.04	0.01	0.05	0.07	3.46	3.75	0	126.80		
Pb	水	—	—	—	0	—	—	0	0.67	—	—	8.00	—	8.67	227.54	6.7
	悬浮物	0	0	0	0	0.001	0.007	0	0.05	—	—	0	6.41	6.47		
	水+悬	0	0	0	0	0.001	0.007	0	0.72	—	—	8.00	6.41	15.14		
Zn	水	14.83	0	0	0	0	0	31.03	0	—	2.55	0	0	48.41	2493.22	31.4
	悬浮物	652.27	12.62	0.26	0.16	0.05	0.01	0.07	0.21	0.15	3.47	15.39	50.09	734.75		
	水+悬	667.10	12.62	0.26	0.16	0.05	0.01	31.10	0.21	0.15	6.02	15.39	50.09	783.16		
Cr	水	0	—	—	0	—	—	0.51	0.39	0	0	0	0	0.90	53.73	91.3
	悬浮物	0	38.71	0	0.007	0.002	0.001	0	0	0.02	1.54	2.47	5.42	48.17		
	水+悬	0	38.71	0	0.007	0.002	0.001	0.51	0.39	0.02	1.54	2.47	5.42	49.07		
Cd	水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.44	26.9
	悬浮物	—	0	0.05	0.003	0.001	0	—	0.001	0.004	0.14	0.64	1.16	2.00		
	水+悬	—	0	0.05	0.003	0.001	0	—	0.001	0.004	0.14	0.64	1.16	2.00		
Ni	水	0	0	—	—	—	—	15.63	1.33	0	—	0	0	16.96	501.40	5.6
	悬浮物	0	0.85	0	0	0	0	0.005	0.02	0.03	2.56	5.22	2.18	10.87		
	水+悬	0	0.85	0	0	0	0	15.635	1.35	0.03	2.56	5.22	2.18	27.83		
As	水	2.73	1.12	1.73	7.47	—								13.05	13.05	100
	悬浮物			—	—									0		
	水+悬	2.73	1.12	1.73	7.47	—								13.05		
Co	水	—	—	—	—	—	—	19.16	15.58	—	—	0	0	34.74	652.49	22.9
	悬浮物	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.03	—	48.90	65.71	114.68		
	水+悬	0	0	0	0	0	0	19.16	15.62	0.03	—	48.90	65.71	149.42		
合计	水	17.56	1.12	1.73	9.25	—	—	66.33	17.97	—	2.55	8.00	—	124.51	4733.32	24.6
	悬浮物	765.05	56.00	1.19	0.23	0.14	0.06	0.09	0.37	0.30	11.17	76.37	130.97	1041.95		
	水+悬	782.62	57.12	2.92	9.48	0.14	0.06	66.42	18.34	0.30	13.72	84.37	130.97	1166.46		

注：表中—未检出

的比值在人为输送量中为 0.12，在自然背景输送量中为 0.09. 可见人为加入的影响加大了可溶态的数量.

3. 洛阳市进入伊洛河的污染金属量占伊洛河输送总量的 24.6%，7 种元素所占的该元素总量的百分比顺序为：Cr (91%) > Zn (31.4%) > Cd (26.9%) > Co (22.9%) > Cu (16.2%) > Pb (6.7%) > Ni (5.6%). 这和伊洛河的污染状况基本相同.

三、几点看法

1. 计算通量是一项长期的艰巨任务，瞬间取样的方法常会引入较大的误差，今后在有条件的情况下应采用连续取样或多次取样及同一水团的追踪取样等多种方法来进行.

2. 为了全面掌握伊洛河向黄河输送量的情况，应对巩县的废水排放进行监测，可在巩县入伊洛河前的排污渠上的断面进行监测.

3. 在伊洛河入黄河口的黄河干流上应设上下两个对照断面，以便研究金属总量进入黄河后的变化.

参 考 文 献

[1] 张书农等，第二次河流泥沙国际学术讨论会论文集，139－147 页，水利电力出版社，1983 年 10 月.
[2] 王晓蓉等，环境化学，1(2)，140(1982).

(上接第 59 页)

为进一步验证上述对比与讨论，表 4 中也列出 9 组水质评价的实际分指数数据，计算内容全部与表 3 同. 由该表可知，其结果无一例外地重现了上述对比与讨论的规律和结论.

根据上述分析、对比和讨论，建立水质指数的综合数学模式，不仅要求在数学方法上准确、严谨、使用方便，更要求其环境效应合理. 从数理统计分析、实际环境影响以及计算结果可知，半集均方差模式基本上满足了上述要求，与所讨论的其它模式比较更为合理. 通过水质评价实践也证明了它能更确切地反映水质状况. 但由于我国地域辽阔，地面水质状况差异甚大，该模式还需通过更广泛的应用加以多方面的验证，以求更加完善.

参 考 文 献

[1] Bolton, P. W., *Water Pollut. Control*, **77** (2), 271 (1978).
[2] Nemerow, N. I., *Scientific Stream Pollurion Analysis*, Scripta Book Co, 210－231, New York, 1974.
[3] 姚志麒，环境科学，1(6)，53(1980).
[4] 熊广政、裘小松，环境科学，1(4)，53(1980).
[5] 申葆诚、徐国义，环境科学，2(4)，57(1981).
[6] 容跃、金键，环境科学，3(2)，69(1982).
[7] 张益智，环境科学，4(6)，80(1983).
[8] 高玉堂，环境监测常用统计方法，14—15，原子能出版社，1980 年.