

陕北地区北洛河上游石油开发对水环境的影响^{*}

康 媛, 岳乐平, 徐 永, 孙 勃

(西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069)

摘 要: 陕北是我国重要能源基地, 随着陕北地区油气大规模的开采, 资源勘探开发对区域环境带来的影响日趋严重, 北洛河上游石油开发区内水质恶化, 水体功能降低等问题非常突出。通过对北洛河上游地表水采样测试分析, 并根据国家标准采用单因子污染指数进行评价, 结果显示六价铬、硫酸盐、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、挥发酚、石油类在集油站、井场、个别污水偷排处超标情况较严重, 在河岸有大量原油污染物沉积。在部分地区河水的氯化物含量较高, 除本地区地质条件因素之外, 油层水的排入也有一定影响。并且由于春冬季河水流量减少, 河流自净能力下降, 枯水期的污染程度大幅度上升。

关键词: 石油开发; 环境影响; 水污染; 洛河上游; 陕北地区

中图分类号: X522 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0071-05

近年来石油开发引起的环境问题引起了越来越多的关注, 陕北作为我国重要能源基地, 随着油气资源大规模的开采, 资源勘探开发对区域环境带来的污染日趋严重, 而该地区的研究相对薄弱。因此, 研究解决陕北油气资源勘探开发的环境问题, 尤其是水资源污染问题迫在眉睫^[1-5]。陕北油气资源勘探开发区内主要河流为北洛河、延河以及无定河, 其中北洛河流域是最主要的石油勘探开发区。据延安环保局的监测资料显示, 20世纪80年代以来, 北洛河流域水质恶化、水体功能降低、水质性缺水的问题非常突出。因此, 研究北洛河流域石油勘探开发的环境问题, 保护北洛河水资源, 使黄土高原的生态环境向良性循环, 对实现区域稳定与和谐发展具有非常重要的意义。

1 研究范围与区域概况

北洛河是渭河的一级支流, 黄河的二级支流, 流经甘、陕两省。干流总长 680.3 km, 流域总面积 2.69 万 km^2 。在陕西省延安市境内, 河长 385 km, 流域面积 17 948 km^2 。研究区主要集中在延安市的吴起县、志丹县、甘泉县境内(图 1)。位于研究区内的主要支流有头道川、二道川、三道

川、白豹川、乱石头川、宁赛川、杨青川、颍颥川、周河^[6]。

研究区内以往的水文资料显示, 北洛河上游总体的水质较差, 从吴起到甘泉的北洛河干流水质总硬度、矿化度、氯化物、硫酸盐等指标均存在不同程度的超标, 不适合饮用。在北洛河源头河段即使是非石油开发区的水质也不好, 水体的氯化物、矿化度等主要指标的超标的主要原因是由于受地质因素的影响, 造成本底值超标严重^[7-8]。

2 样品与分析

本次研究采集的样品依据中华人民共和国环境保护行业标准《水环境监测规范》(SL219-1998)进行布点和采样。在 2005 年 10 月 22~26 日进行第一次采样(图 1), 地表水采样点主要布置在北洛河干流、其较大的支流。本次采样断面共 55 个, 采集的水样均为瞬时水样。采样选择玻璃瓶以及聚酯乙烯塑料瓶作为本次采集地面水样的盛水容器, 在采样之前先用蒸馏水冲洗容器, 并准备好各测试项目中所要使用的保护剂。

^{*} 收稿日期: 2007-12-12

基金项目: 延安市环境保护局重点项目(延安北部石油勘探开发的环境问题及解决方案)

作者简介: 康媛(1982-), 女, 新疆石河子人, 硕士研究生, 主要从事第四纪地质环境及水环境方面的研究工作。

E-mail: ky-nwu@163.com

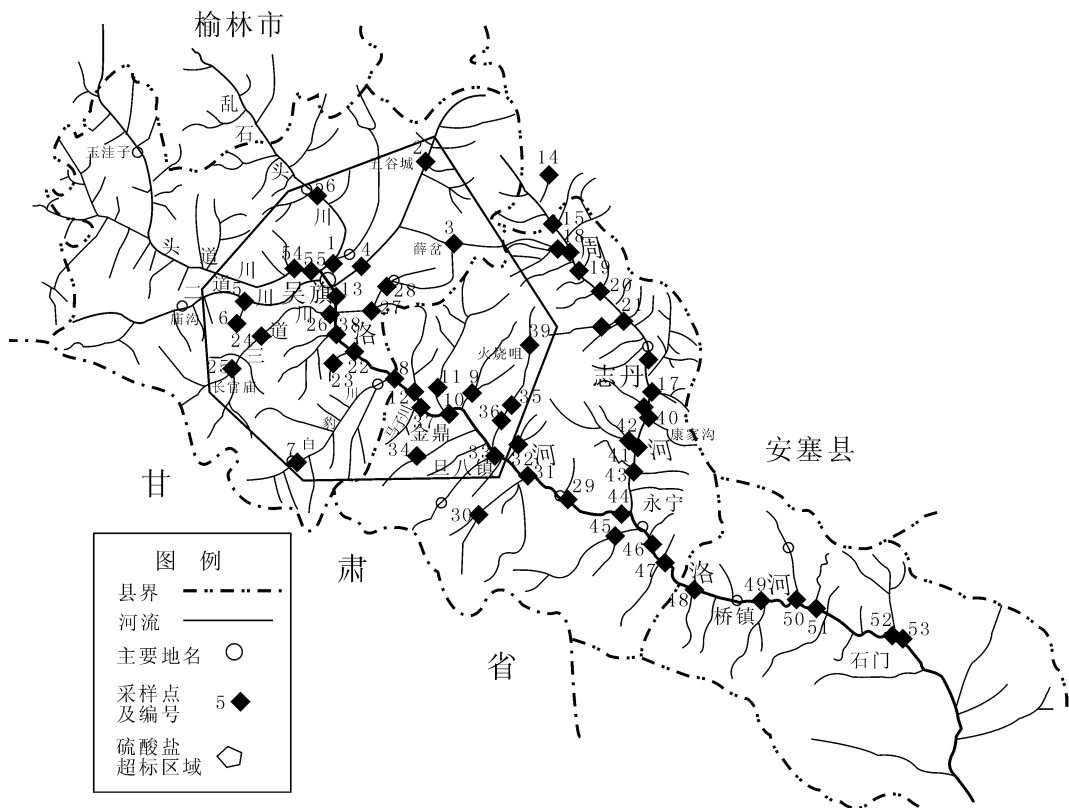


图1 2005 年 10 月采样点分布示意及硫酸盐超标区域图

在河流采样时，首先用待采样河段的河水冲洗采样盛水容器 3 遍，然后将河流表层杂物拨开用瓶直接采取。由于采油废水排放是该流域的主要污染源，根据需要每个样点采集水样 7 份，盛样容器为聚酯塑料瓶和玻璃瓶，其中 4 个塑料瓶分别加入 H_2SO_4 ($pH \leq 2$ 测试 TP、COD、 NH_3-N)； H_3PO_4 ($pH = 2$ 用 0.01 ~ 0.02 g 抗坏血酸除氯，测试挥发酚)； HNO_3 (1L 中加入浓 HNO_3 10 ml，测试 As、Cd、Pb)； $NaOH$ ($8 \leq pH \leq 9$ ，测试六价铬)；另外两瓶为原状水 (测试 pH 值、矿化度、硬度、 Cr^{6+} 、氟化物、氯化物、硫酸盐)；1 个为玻璃瓶，采样后加 HCl 酸化至 $pH \leq 2$ ，并保存在 2 ~ 5℃，测试石油类^[9]。

样品测试方法遵循国家环保总局颁布的《地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002)》中测试规定，由西安环境检测站测试完成。

3 环境影响评价

对于测试项目，利用单因子污染指数法进行地表水环境质量现状评价，其计算模式为： $Pi = Ci/Csi$ ；式中： Pi 为单因子污染指数； Ci 为单因子监测实测值 (mg/L)； Csi 为单因子评价标准。

当单因子污染指数 > 1 时，说明该水质因子已超过标准， Pi 值越大说明污染越严重。 Csi 采用《中华人民共和国地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002)》中的地表水环境质量标准基本项目标准限值中的Ⅲ类标准见表 1、表 2^[10]。

表 1 Csi 地表水环境质量标准基本项目

标准限值Ⅲ类						mg/L
项目	pH 值	六价铬	氟化物	总磷	COD	氨氮
Csi	6 ~ 9	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 20	≤ 1.0
项目	挥发酚	砷	镉	铅	石油类	
Csi	≤ 0.005	≤ 0.05	≤ 0.005	≤ 0.05	≤ 0.05	

表 2 地表水补充项目标准限值

项目	Csi 标准值
硫酸盐 (以 SO_4^{2-} 计)	250
氯化物 (以 Cl^- 计)	250
硝酸盐 (以 N^- 计)	10

根据样品分析结果，所有测试项目中 pH 值均在 6 ~ 9 之间，属正常范围。此外，As、Cd、Pd、氟化物、硝酸盐的 Pi 值均 < 1 ，单因子污染指数评价良好。而六价铬、COD、氨氮、挥发酚、硫酸盐、总磷、石油类有超标现象，且部分地区的某个项目超标严重 (表 3)。

表 3 北洛河上游各采样断面六价铬、COD、氨氮、挥发酚、硫酸盐、总磷、石油类单因子污染指数(2005 年 10 月)

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
六价铬	1	1.64	0.78	1.24	1.62	1.8	1	1.58	0.68	1.42	0.8	0.84	1.76	0.96
COD	0.5	0.6	0.45	1.8	0.7	0.45	0.65	0.65	0.2	0.75	0.2	0.45	0.2	0.15
NH ₃ -N	0.36	0.11	0.09	5.75	0.35	0.32	0.5	1.9	0.06	1.55	0.08	0.08	2.25	0.13
挥发酚	-	0.4	0.4	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TP	0.5	0.8	0.3	-	0.05	0.8	5.95	17.8	0.8	1	0.05	3.2	0.45	-
硫酸盐	1.69	1.12	1.13	1.23	0.91	1.32	1.14	1.48	0.83	1.36	0.76	1.02	1.62	0.36
石油类	0.68	0.42	0.22	1.12	0.66	0.56	0.64	0.62	0.84	1.02	0.38	0.52	0.34	0.2
样品编号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
六价铬	0.08	0.38	0.56	0.8	0.64	0.3	0.74	0.48	0.36	0.58	0.72	0.82	1.04	0.96
COD	0.6	1.3	1.85	0.3	0.55	0.35	0.95	1.1	0.65	1.55	6.05	1.5	0.25	4.4
NH ₃ -N	0.19	4.15	3.87	0.44	1.22	0.06	0.18	0.15	0.09	2.76	11.84	1.22	0.3	0.29
挥发酚	-	-	1.4	0.4	0.4	-	0.6	-	-	0.8	1.6	-	-	-
TP	-	0.75	1.4	-	-	-	-	0.25	0.35	0.3	0.55	0.15	-	0.35
硫酸盐	0.43	0.41	0.42	0.76	0.76	0.71	0.77	0.73	0.79	0.93	1.2	0.97	0.84	1.09
石油类	0.44	0.76	1.22	0.26	0.5	0.3	0.64	0.66	0.36	0.9	1.96	1.12	0.2	1.66
样品编号	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
六价铬	1.16	0.44	0.38	0.62	1.26	0.74	0.64	0.6	1.46	0.82	0.52	0.66	0.32	0.38
COD	0.9	1.1	0.65	0.8	1.3	0.2	0.45	0.65	1.05	0.7	0.35	0.15	0.3	2.25
NH ₃ -N	0.47	0.63	0.16	0.44	1.07	0.42	0.18	0.18	1.6	0.46	0.08	0.07	0.1	6.52
挥发酚	-	-	-	0.4	-	-	-	0.4	-	-	0.8	0.8	-	1.8
TP	0.05	0.3	0.25	0.1	0.65	0.5	-	0.15	0.25	0.1	-	0.05	-	0.6
硫酸盐	1.48	0.81	0.44	0.7	1.49	0.38	0.4	0.9	1.5	0.88	0.43	0.36	0.32	0.35
石油类	0.52	0.7	0.32	0.38	0.62	0.18	0.26	0.36	0.5	0.44	0.18	0.08	0.1	1.36
样品编号	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
六价铬	0.46	1.14	0.28	1	0.9	0.38	0.9	0.26	0.78	0.12	0.82	2.86	2.8	2.38
COD	0.6	0.4	0.1	0.3	0.2	0.4	0.35	0.15	0.6	0.75	0.6	0.7	1.1	0.65
NH ₃ -N	0.32	0.35	0.07	0.86	0.41	0.27	0.68	0.07	0.36	0.06	0.27	0.68	0.77	0.45
挥发酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TP	-	0.05	-	-	-	-	0.05	0.15	-	-	-	0.5	0.25	0.15
硫酸盐	0.32	0.42	0.41	1.02	0.88	0.16	0.91	0.28	0.89	0.37	0.8	2.1	2.1	2.06
石油类	0.24	0.2	0.06	0.14	0.18	0.18	0.08	0.08	0.18	0.34	0.38	0.32	0.52	0.26

注：- 该测试值为未到检出限

3.1 六价铬(Cr⁶⁺)、硫酸盐

六价铬单因子污染指数超标率在 30.35%，硫酸盐在 32.14%，均主要集中在北洛河上游的吴起县，其中头道川、乱石头川超标的断面较多。在北洛河上游的主要支流周河及周河与北洛河汇水

后的永宁-甘泉段，六价铬单因子污染指数均未超标。为看出六价铬单因子污染指数的地域变化趋势，将吴起-永宁段的北洛河干流断面按从上游到下游的顺序进行排列，从表 4 可以看出洛河干流六价铬浓度从上游往下游呈递减趋势。上游的

六价铬含量较高,随着下游逐渐有六价铬含量较低的支流注入,北洛河干流六价铬含量呈下降趋势。

表 4 2005 年 10 月北洛河干流吴旗 - 永宁段六价铬单因子污染指数

地点	齐园子	枣树湾	乱石头沟	宗石湾	金佛坪	白豹川	旦八镇	建湾	沙圪圪	料沟门
Pi	2.86	2.8	1	1.76	0.82	1.58	1.26	0.38	1.16	1.14

硫酸盐超标的 15 个断面中有 9 个点都在北洛河上游的支沟中,其中乱石头沟、二道川、三道川、杨青川各 1 个,白豹川 2 个,宁塞川 3 个,干流上的 5 个超标点均分布在旦八镇的上游(图 1)。由于单因子污染指数超标较多的上游支沟水汇入干流,造成该段干流超标。流出该段之后,由于河水本身的自净作用,而且沿途支沟再未有超标的河水流入,因此自旦八以下的河段,均未有硫酸盐单因子污染指数超标的现象。

3.2 挥发酚、石油类、COD、NH₃-N

COD、NH₃-N、挥发酚、石油类的超标率分别为 23%、21%、7%、12%。其中大部分断面的挥发酚样品都未到检出限,超标较少。经分析这 4 个项目的超标断面在地域分布上具有一致的趋势,集中在走马台、金丁镇、双河、麻地坪、齐桥、长官庙、石碑湾、刘砭、麻子川、前麻子沟口。在这些地段大多分布集油站或者是运油车偷排采油废水的现象,初步估计是由于岸边型油井采油废水和隔油池废水排水造成的点源污染。

由于北洛河上游的径流年内分配很不均匀,以上游金佛坪为例,夏季(6~8 月)径流为全年的 66.8%,冬季径流仅为 3.8%,因此在 2006 年 4 月进行了第 2 次采样(图 2),石油类项目的测试见表 5。

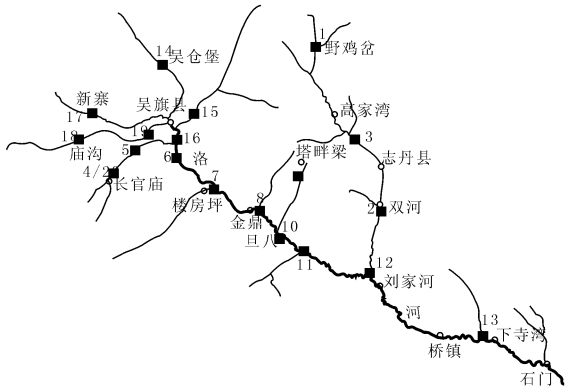


图 2 2006 年 4 月采样点及编号

表 5 2006 年 4 月石油类单因子污染指数

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
石油类 mg/L	0.57	1.21	0.31	3.72	0.37	4.15	0.37	6.53	1.21	0.29
石油类单因子污染指数 Pi	11.4	24.2	6.2	74.4	7.4	83	7.4	130.6	24.2	5.8

样品编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
石油类 mg/L	1.26	0.86	7.49	0.4	9.5	1.75	0.31	1.05	0.26	3.97
石油类单因子污染指数 Pi	25.2	17.2	149.8	8	190	35	6.2	21	5.2	79.4

从表 5 可以看出春季石油类超标的情况普遍都比较严重,尤其是金鼎、下寺湾、刘坪 3 处超标都在 100 多倍,特别是宁塞川的刘坪接近 200 倍。在这几处均见河岸油渍较多,河水上漂有油花,河边的河泥表面有散布大小不等的块状油斑,不少地方可见河泥内的原油上渗到地表形成的油痕,挖开河泥的表层后,在河泥表层下 5 cm 左右甚至形成了一层油泥层。可见由于冬季径流量相对夏季量较小,河水的输送作用大幅减弱,造成污染物的大量沉积,因而冬春季的单因子污染指数比夏秋季显著提高。

在采样中,对长官庙集油站中污水处理厂处理后的水样进行测试,该水样中石油类含量超标 79 倍(样品 20,石油类单因子污染指数 79.40),与相邻河水中的石油类超标倍数 74 倍基本相当(样品 4,石油类单因子污染指数 74.40)。

3.3 氯化物

测试结果显示北洛河吴起段地表水氯化物含量较高,多在 250~500 mg/L 之间,吴起-刘家河部分样品达到 1 000 mg/L 以上。志丹区域多在 250 mg/L 以下,属低氯化物水区;洛河干流金鼎-石门段水质氯化物含量达到 250~500 mg/L 之间,部分达到 1 000 mg/L 以上,属氯化物高含量区。北洛河干流水质氯化物含量受吴起区域水质控制。

地层水氯化物分析结果表明,志丹区域地层水中氯化物含量为 29.7 mg/L,属低氯化物水,吴起区域地层泉水氯化物在 32.6~83.8 mg/L 之间,属低氯化物水。油层水氯化物达到 125 000~67 000 mg/L 之间,因此油层水排入河流是洛河水水质高氯化物含量的主要原因。控制油层水排入洛河是降低氯化物含量的关键措施。

4 结论与建议

通过对北洛河上游石油开发区的地表水采样测试分析,并采用单因子污染指数进行评价,结果显示六价铬、硫酸盐、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、挥发酚的超标率分别为 30.35%、32.14%、23.21%、21.43%、7.14%。六价铬的超标程度随上游到下游有减小趋势,硫酸盐超标主要集中在吴起县境内,COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、挥发酚主要为点源污染,主要集中在采油废水排放较严重的地点。石油类的污染程度随丰枯水季有显著变化。

造成该地区的污染的主要因素为采油废水、落地原油及油泥、钻井油污的排放及生态破坏等。对污染源的控制特提出以下建议:

(1) 控制油井废水污染的根本措施是进行含油废水处理,应积极开展采油废水监测工作,改进处理工艺,加强处理设施管理,提高废水处理和利用程度,油区尽量不使用清水回注,对于不需要回注污水的油区,应考虑将废水处理达标后用作其他用途。

(2) 岸边分布的油井对河流的污染最为严重,应作为治理的重点,必须严禁岸边分布的油井向河流直接排放未经处理的含油废水和油污。

(3) 散落在井场附近和道路两旁的落地原油和油污是导致降雨期径流污染的主要污染源,也是土壤污染的直接原因,因此要尽量避免落地原油产生,同时对已经产生的落地原油做妥善处置。

(4) 严格控制钻井排污,在敏感区(水源地、农田、居住地等)泥浆池要严格防渗。

(5) 事故污染属于偶然事件,但对环境特别是河流水体造成的危害极为严重,因此必须从加强管理和预防措施上来避免事故的发生。

(6) 加强环境监控,法律手段、经济手段、行政手段、技术手段相结合。篇幅所限,笔者另有

专门文章对该地区的环境问题进行分析。

此外,在调查中我们也发现,近年来地方政府也开展了大量治理工作。政府非常重视加强清洁井场的建设工程,将原来开放式的井场改为封闭式;同时加大输油管线建设,减少车辆运输产生的污染;增建了污水处理厂,提高污水处理能力;重点对水源区进行严格的监测和管理,保证水源区水质;出台了一系列法律法规,为环境管理提供法律依据。

致谢: 本项目是在延安市人民政府,延安市环保局、延安市水利局及吴起县、志丹县人民政府的大力支持下完成的,特别是得到了师合林、韩长安及张斌同志的大力帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 易莉,刘志辉,李帅.石油开发对环境影响的初步分析及评价[J].干旱区资源与环境,2007,21(4):31-36.
- [2] 胡学丽.石油污染[M].台北:文库出版事业有限公司,1995:2-10.
- [3] 余银玲,慎镛健.石油开发对地表水体环境的影响[J].黑龙江环境通报,2006,30(3):39-40.
- [4] 朱艳吉,王宝辉,盖翠萍.石油类污染物的环境行为及其对环境的影响[J].化工时刊,2006,20(9):6-69.
- [5] 高云文,曹海东,常铮.陕北油气田开发中水资源综合利用[J].地球科学与环境学报,2005,27(4):5-78.
- [6] 刘斌,冉大川,罗全华.北洛河流域水土保持措施减水减沙作用分析[J].人民黄河,2001,23(2):2-14.
- [7] 吴起县地方志编纂委员会.吴起县志-陕西地方志丛书[M].西安:三秦出版社,1991:114-117.
- [8] 志丹县地方志编纂委员会.志丹县志-陕西地方志丛书[M].西安:陕西人民出版社,1996:87-91.
- [9] 史永松.浅谈地表水中石油类监测的质量控制[J].甘肃环境研究与监测,2003,16(4):334-335.
- [10] GB3838-2002.中华人民共和国地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2002.

(下转第 95 页)