

神府东胜煤田采煤对生态脆弱带 环境灾害的影响与对策

张汉雄

(中国科学院水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

摘要 神府东胜煤田是黄土高原生态环境最脆弱的地区。根据矿区考察研究, 分析采煤对该地区生态环境的影响。结果表明, 自1987年采矿以来, 沙暴、土壤侵蚀、洪水泥沙、河道淤积、水污染、滑坡和泥石流等人为环境灾害显著增加, 矿区生态环境恶化。并提出煤田开发与环境整治协调发展的建议与对策。

关键词 生态环境脆弱带, 神府东胜煤田, 采煤, 人为环境灾害。

神府-东胜煤田地处黄土高原生态环境脆弱带, 采煤对生态环境造成严重破坏和影响, 增加了灾害发生的频率与强度, 能源开发与环境保护矛盾十分突出, 引起国家和社会各界极大关注。本文分析采煤对生态脆弱带人为环境灾害的直接影响与潜在危害, 探讨该区能源开发与整治协调发展的对策。

1 区域环境与成灾背景

1.1 脆弱的生态环境

该区位于黄土丘陵与鄂尔多斯台地的过渡地带, 北邻库布齐沙漠, 西部与毛乌素沙漠接壤, 形成黄土丘陵、台塬与风沙丘陵3大地貌类型。地面物质主要是风积沙与黄土覆盖, 风积沙面积占70%, $>0.05\text{ mm}$ 的粗粒含量占65.0%, 黄土粘粒含量小于7%, 均属易侵蚀物质, 是水蚀、风蚀的主要物质源。气候属半干旱大陆性气候。雨量少, 蒸发量大, 多风沙侵袭。年平均雨量368.2 mm, 风速2.5—3.6 m/s, 出现 $>21.4\text{ m/s}$ 的起沙风41次, $>17\text{ m/s}$ 的年沙暴日数13—25 d。植被类型属灌丛草原区, 以沙生植物为主, 沟道中有少量杨、柳等乔木分布, 梁峁顶部呈现光秃秃的荒漠景观, 植被覆盖度小于0.5的面积占60%, 流动沙丘较活跃。

由于植被稀少, 土壤疏松, 水蚀和风蚀均很强烈。土壤侵蚀模数一般在7000—11000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 个别小流域可达25000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 仅窟野河(矿区下游)年输入黄河泥沙量达 $1.42 \times 10^8\text{ t}$, 是黄河流域多沙粗沙区。风蚀模数在5500—6000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 其部分直接输入河道, 大部分堆积于沟坡形成风积沙, 再经水蚀输入河道。据中科院兰州沙漠研究所估算, 仅风吹落入窟野河

的粉尘(粒径 $<0.05\text{ mm}$)每年约500—1000 $\times 10^4\text{ t}$, 占该河年输沙量的5%—10%; 而由风力作用蠕移、跃移进入窟野河的沙量则达 $3400 \times 10^4\text{ t}$ 。强烈的水蚀与风蚀形成该区脆弱的生态环境。

1.2 严重的自然灾害

1.2.1 大风与沙暴侵袭

据测算, 年平均风速大于2.5 m/s的大风10 d以上, 沙暴日5 d以上为强风蚀, 可剥蚀地表土层1—2 cm/a。该区各地年大风沙暴日数(表1)均属强风蚀区, 危害十分严重。它不仅影响作物和植被生长, 还埋没农田、设施, 威胁村镇安全。例如, 1983-04-28大沙暴, 内蒙伊克昭盟伤亡51人、牲畜44837只(头), 摧毁民房101间、棚圈378座; 陕西榆林地区伤亡78人, 牲畜974头(只), 毁坏树木3528棵、电杆1296根, 造成严重损失。风沙还破坏地面植被, 加剧流动沙丘和半固定沙丘移动, 加速土地沙漠化发展, 如毛乌素沙漠每年向东南移动100—200 m, 近30年来前进了3—10 km。

1.2.2 暴雨洪水危害

该区地处黄河中游的暴雨中心, 局地暴雨多、强度大, 常导致突发性洪水。加之土壤侵蚀严重, 洪水含沙量多在500 kg/m^3 左右, 最大达1640 kg/m^3 , 形成高含沙泥石流, 其危害比一般洪水更大。泥石流中的泥沙淤积阻塞河道, 埋没农田、道路和设施, 清理恢复极为困难。

据乌兰木伦河(集水面积3839 km^2)出口王道恒塔站1959—1993年实测资料, 出现大于1000 m^3/s 洪水

表 1 矿区各地年大风与沙暴日数

县(旗)	东胜市	伊金霍洛	准格尔	榆林	神木	府谷
大风日数/d	>50.00	25.5	26.0	12.6	16.2	29.4
年均风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	3.6	3.6	3.2	2.4	2.6	2.6
沙暴日数/d	25.0	26.0	15.2	12.0	8.0	6.8
最多沙暴日/d	17.0	72.0	50.0	33.0	35.0	32.0

22次、大于 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水 8 次。不同洪峰流量发生的频率为： $\geq 300 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为 91.2%， $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为 64.7%， $\geq 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为 8.8%， $\geq 9000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为 2.9%。例如，1976-08-02 上游乌兰镇日降雨 248 mm，该河下游最大洪峰达 $9760 \text{ m}^3/\text{s}$ ，平均含沙量 $609.5 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，次洪水输沙量达 $6413 \times 10^4 \text{ t}$ ，占年输沙量的 51.5%。这次洪水冲毁农田数万亩和桥梁等工程设施 150 余处，造成严重洪水灾害。

1.2.3 严重的土壤侵蚀危害

晋陕蒙接壤区是黄河的多沙粗沙产区，每年入黄泥沙总量 $4-5 \times 10^8 \text{ t}$ ，占黄河输沙总量的 25%—31% (表 2)。泥沙在河道淤积造成黄河下游的洪水灾害，给沿河工农业生产和城镇安全构成极大威胁，仅国家每年用于下游防洪投资多达数 10 亿元。

表 2 晋陕蒙接壤区主要河流水沙状况

河流	流域面积 / km^2	年径流量 $\times 10^9/\text{m}^3$	年输沙量 $\times 10^4/\text{t}$	输沙模数 / $\text{t} \cdot (\text{km}^2 \cdot \text{a})^{-1}$
窟野河	8691.6	7.81	12442	14367
秃尾河	3373.1	3.88	2570	7900
孤三川	1276.5	1.19	2682	21235
皇甫川	3242.0	1.87	6030	18850
偏关河	1922.0	0.42	1640	8654

2 矿区开发对环境灾害的影响

2.1 采矿后河道淤积严重，洪水危害加剧

神府东胜煤田的露天矿和井采矿主要分布于乌兰木伦河河谷地带，河谷中煤层埋深仅 1—5 m，煤层厚 5—7 m，极易开采。露天矿剥离与井矿外排的土石渣大量堆积于河道或沟坡，阻塞或淤积河床，影响行洪安全。如补连塔和马家塔矿用剥离沙石堆积的防洪堤高达 18 m，使河槽从 500 m 减到 230 m，河槽中的剥离沙石高出河床 4—8 m，水道仅宽约 20 m。在河道淤积最严重的大柳塔公路桥处，河床平均淤高 2.38 m，最大淤高 4.05 m。该桥过水断面从 2160 m^2 减少到 1347 m^2 ，原来可通过百年一遇洪峰流量 $11700 \text{ m}^3/\text{s}$ ，现仅能通过 18 年一遇洪水 $7160 \text{ m}^3/\text{s}$ 。1989-07-21 和 1992-08-07，2

次出现相当于 10 年一遇洪水 $4360-4600 \text{ m}^3/\text{s}$ ，就造成严重的洪水灾害，矿区工程设施、存煤被冲走，直接经济损失 1000 多万元。

据考察测算，采矿后 7 年来乌兰木伦河矿区河段新增淤积量 $1310.53 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，平均年新增淤积量 $187.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，河床平均升高 0.9 m。严重淤积对行洪安全造成潜在威胁，河谷中的高漫滩、一级阶地均处于潜在洪水淹没区，且原有的护岸堤、桥梁等工程设施防洪标准降低。

2.2 土壤侵蚀和河道输沙显著增加

据神府东胜煤田设计资料分析估算，矿区建设总排渣量为：一期 (1987—1997 年) $18700 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，二期 (1998—2006 年) $16858 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，三期 (2007—2022 年) $15459 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，至 1994 年 4 月排弃于乌兰木伦河流域约 $14800 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这些排弃的土石渣大部堆积于河(沟)道或沟坡，无有效防护措施，流失比例约 26%—30%。按弃渣容重 $1.95 \text{ t}/\text{m}^3$ 计，则弃渣流失量约 $8000 \times 10^4 \text{ t}$ ，平均每年新增侵蚀量 $1143 \times 10^4 \text{ t}$ ，相当于新增侵蚀模数 $3900 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ ，比采煤前增加了 52.1%。

乌兰木伦河 1956—1993 年实测水文资料与采矿后 (1987—1993 年) 水文资料比较见表 3。结果表明，采矿后比采矿前相同水文年的河道输沙量增加了 $735 \times 10^4 \text{ t}$ ，即增加 69.3%，洪峰流量增大 1.62 倍，最大含沙量增加 62.6%。如 1988-07-24 洪水与 1973-09-24 洪水径流量相近，而前者输沙量增加了 51.2%，含沙量平均增加 54.5%，在洪峰仅 $2020 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水中形成最大含沙量为 $1630 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的高含沙泥流。采矿后泥沙颗粒变粗亦很明显，采矿前 1959 年 d_{50} 为 0.047 mm ， $\geq 0.1 \text{ mm}$ 粗沙仅占 26.5%；而 1989 年 d_{50} 为 0.23 mm ， $\geq 0.1 \text{ mm}$ 的粗沙则占输沙量的 67.2%；即采矿后泥沙颗粒增大近 5 倍，粗沙比例增加了 2.5 倍。

2.3 滑坡、泥石流活动增强

该区地形条件与地质构造复杂，基岩主要是砂岩与泥页岩，岩性脆弱，抗蚀性差，矿区建设中大規模松动地表和破坏地层结构，改变了地層稳定条件，致使人为加速形成的滑坡和泥石流活动显著增加。采矿前矿区仅

表 3 乌兰木伦河采矿前后相同水文年的水沙变化

时间/a		径流量 $\times 10^4/\text{m}^3$		输沙量 $\times 10^4/\text{t}$		最大洪峰	最大含沙量
		总计	年平均	总计	年平均	$/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
采矿后	1987—1993	115302	16472	12567	1795	4600	1630
	1964—1965	33650	16825	1482	741	438	276
采矿前	1972—1975	65460	16365	6044	1511	3580	1460
	1981—1983	49100	16367	2785	928	1250	1330
平 均			16519		1060	1756	1022

有零星分布的小型滑坡、崩塌 12 处, 活动泥石流沟 21 条; 而采矿后滑坡崩塌增至 27 处, 且多为中型; 活动泥石流沟增加到 93 条, 多为密集分布。滑坡与崩塌的成因主要是修路建矿切断地层和地下水出露所致。泥石流主要由堆积于沟坡的弃渣流失形成, 多发生在工矿建设集中的地方。例如, 1992-08-06 和 08-08, 在神府公路矿区段连续 2 次发生较大滑坡, 滑动体积达 $66-70 \times 10^4 \text{ m}^3$, 严重毁坏交通, 经济损失近百万元。1993 年矿区采石场弃渣形成泥石流, 形成区面积仅 0.2 km^2 , 冲出后堆积体积达 3000 m^3 , 埋没公路与农田。另在燕子砭修铁路弃渣连续两次发生泥石流, 堆积沙石约 20000 m^3 , 冲毁公路和埋没桥涵。

2.4 水质恶化

采矿前该区的泉水硬度系数(德)在 10—14, 矿化度为 $100-530 \text{ mg/L}$, 属中矿化度硬水, 水质良好; 河水之 pH 值为 7.8, 呈微碱性, 矿化度 194 mg/L , 亦为中矿化度水, 水质较好。采矿后, 在矿坑排水和煤尘污

染较集中的地方, 矿坑排水的硬度系数在 12—15, 属强硬水; 矿化度为 $750-1400 \text{ mg/L}$, 为强矿化型水; 河水硬度增加到 24.9, 矿化度达 1602 mg/L , 为高矿化型硬水。尤其是采矿后河水中有毒元素含量显著增加(表 4)。以无采煤影响的石灰沟背景值加以比较, 砷的含量是背景值(采矿前)的 2 倍, 铜是背景值的 1.8 倍, 铅是 3 倍, 六价铬是 3.4 倍, 镉是 1.6 倍, 汞较稳定, 铁和锰增幅最大, 达 85—90 倍。

按国家水质标准对水体污染程度进行模糊综合评价(评判矩阵略)。结果表明, 泉水水质优良, 水化学性质良好。采矿后无显著变化, 可作为灌溉和生活用水的水源。矿坑水在毒理学指标和重金属含量上尚未受污染, 但水中煤屑含量大, 用于农田灌溉, 在地表和作物叶面沉积一层煤屑, 危害作物生长。河水水质虽未受严重污染, 但随着矿点分布集中和矿坑排水增多, 水质则趋于恶化, 将对沿岸的灌溉和农村生活用水产生潜在影响。

表 4 活鸡兔沟水质分析结果/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

样点	F	As	Hg	Cr^{6+}	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb
石灰沟	0.011	0.004	0.0006	0.00082	0.01	0.009	0.004	0.00	0.00029	0.0029
中鸡乡矿	0.022	0.009	0.0006	0.00082	0.32	0.054	0.006	0.37	0.00045	0.0082
沟口	0.019	0.007	0.0006	0.0047	0.86	0.046	0.008	0.97	0.00053	0.0099

另外, 在矿点分布集中的公路沿线, 装运煤导致大量的煤尘散布到大气中, 使地面形成 $0.5-1 \text{ cm}$ 厚的煤灰, 对环境和农作物生长造成严重危害。

3 矿区人为环境灾害的防治对策

3.1 加强环境保护的管理、监测与预报

环境保护是我国的一项基本国策, 应加强这方面的宣传和贯彻执行, 提高环保意识。特别是对生态环境脆弱带的煤炭等资源开发, 更应强化环境保护的管理与监督, 并由专业环保部门定期对环境质量进行监测、研究和预报, 为环保执法提供科学依据。矿区环境保护监测和预报的主要项目有: 大风与沙暴的变化、植被及农作

物受污染的发育突变、水质与大气污染和质量评价、土壤侵蚀与河流洪水、泥沙变化等。

3.2 制定和实施完善的采矿弃渣管理与保护法规

矿区建设中的大量弃渣是人为水土流失和河道淤积与输沙的主要产沙源, 也是导致水质与环境污染的根源。应堆积于不易流失、不影响河(沟)行洪的安全地带, 并采取有效防护措施; 对已在河道中乱堆积或沟坡堆积的弃渣, 应彻底清除或修建拦渣坝、防护堤等保护工程, 并在堆积物表面建造植被, 防止风蚀。

3.3 建立常青绿色林带, 减轻风沙侵袭, 美化环境

植被稀少地面疏松是沙暴和沙丘移动的主要原因。应

研究干旱区植被恢复与营造技术, 建设公路沿线和矿区的绿色林带, 沙生灌木固沙工程, 稳定沙丘, 防止沙漠化发展, 减轻煤尘、粉尘污染和沙暴危害, 净化空气, 美化环境.

3.4 建立矿区水土保持综合防治体系

水土保持是减轻矿区土壤侵蚀、河道输沙与洪水、人为滑坡与泥石流的根本. 综合治理应以小流域为单元, 实行工程与生物措施、治沟与治坡并重的原则. 植被稀少或地表扰动的地方应以乔、灌、草相结合, 尽快恢复植被; 弃渣堆积集中和地层破坏的地方, 以拦挡工程为主, 可修建拦渣淤地坝、谷坊、护岸堤等, 使废弃土地恢复利用, 形成层层拦蓄利用的水土保持综合防治体系.

3.5 建立工业废水处理设施, 合理利用废水

目前矿区虽已建立污水和工业废水处理设施, 但尚未投入使用, 随着大规模生产的进行, 排污量将大量增加, 污水(废水)净化处理刻不容缓. 净化水或污染较轻

的水应尽可能用于灌溉, 以合理利用有限的水资源.

3.6 建立环境监测与预警系统

在煤田开发与环境治理的同时, 应加强现代科技防灾工程研究, 建立暴雨洪水、水质、沙暴、侵蚀泥沙与泥石流的监测预警系统. 拟在矿区建立若干个雨情、水情(质)、气象监测站, 应用航天、航空遥感技术, 对环境变化进行高精度监测, 并同步反馈到信息中心联网分析, 预报灾害可能发生的时间、地点和强度, 以便及时采取有效防治措施.

参 考 文 献

- 1 唐克丽, 晋陕蒙接壤区土壤侵蚀及其治理问题, 黄土高原综合开发治理研究论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1993; 93—95
- 2 张平等, 神府东胜矿区开发人为滑坡泥石流及其防治. 水土保持研究, 1994, 1(4); 46—49
- 3 王百群等, 神府东胜煤田大柳塔矿区水质及其污染评价. 水土保持研究, 1994, 1(4); 103—106

(上接第 73 页)

替区内外混合煤的脱硫费用则计入了加工费和节煤调整价, 为 258 元/t.

表 3 汇总了上述计算的相关结果, 用户实际承担的费用应从表 3 数据中扣除少交的排硫费.

表 3 柳州市所选脱硫技术措施的脱硫费用¹⁾/元·t⁻¹

措施类别	流化床锅炉	层燃锅炉	工业窑炉
流化床燃烧脱硫	800		贵州块煤替换
型煤固硫		400	区内外混煤
配煤减排硫	365	365	258
湿法二级脱硫	<270	<220	

1) 按 1995 年价格计

4 结论和建议

以统一配煤为协调手段, 用贵州煤部分取代合山煤, 保证并发挥流化床燃烧脱硫和型煤固硫技术对高硫低热值煤燃烧脱硫优势; 副产贵州块煤用于工业窑炉燃烧减排硫; 利用和改造现有湿法除尘设备, 开发其脱硫功能以促成重点源脱硫达标. 此脱硫组合方案切合当地污染源实际情况, 以规模化的实用脱硫技术保证了总量控制削减量分配方案的实施, 经济实用性强, 可操作性好. 建议限制合山煤采掘规模, 随着经济发展加大配煤力度和提高煤种替换措施的减硫率, 以扼制 SO₂ 排放量的增长.

参 考 文 献

- 1 国家环境保护局. 燃煤固硫、烟气脱硫技术与酸雨研究. 北京: 科学出版社, 1992; 362
- 2 国家环境保护局. 工业型煤开发. 北京: 科学出版社, 1992; 62

Study on Knowledge Base Subsystem in the Expert System of Air Pollution Total Emissions Control Planning.

Wenying Chen and Dong Fang (Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 74—76

In this paper, the basic design idea of knowledge base in the Expert System of Air Pollution Total Emissions Control Planning (ESAPTECP) was discussed. The knowledge base in ESAPTECP was divided into meta-knowledge base and domain knowledge base. The former consists of category file and meta-rule file, the latter is composed of rule file and variable file. Moreover, how to design and achieve knowledge base deduction inference system, knowledge base explanation system and knowledge base management system was introduced.

Key words: expert system, knowledge base system, total emissions control planning.

The Influence and Countermeasure of Coal Mining on Environment Disaster in the Ecological Vulnerability Region Shenfu-Dongshen Coal Field. Zhang Hanxiong (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 77—79

Shenfu-Dongshen coal field is a worst vulnerability region of loess plateau in an ecological environment. Based on an investigation study on environment in the coal mining areas, an influences of coal mining on ecology environment of the region was analyzed. The results showed that the artificial environment disaster which includes sand flood, soil erosion, flood, river siltation, water pollution, landslide, mud-rock flow, all are remarkably risen since coal

mining in 1987, and the ecological environment of coal mining area has been deteriorating. Some suggestion and countermeasures on synchro-developing of coal mining and environment reclamation in the area also presented in the paper.

Key words: ecological environment vulnerability region, Shenfu-Dongshen coal field, coal mining, artificial environment disaster.

Systematical Analysis on the Principles of AB Process.

Shen Yaoliang et al. (Suzhou Inst. of Urban Construction and Environ. Protection, Suzhou 215008); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 80—82

Based on the flow-sheet and main characteristics of AB process, this paper analyzed the three basic principles systematically, i. e. open-to-out system principle, dynamic principle of biological reaction and biomass separation principle of the process. Based on the open-to-out system principle, AB process utilized fully the microbes which accounts for 15%—20% to the biomass in A-stage aeration pond; based on the reaction dynamics, AB process applied two reactors which are operated in series resulting in the reduction of total reaction volume of more than 38%. According to the requirements to the environmental factors of different biomass, AB process separates the biomass under different condition leading to more effective and stable treatment. It was practically showed that the AB process is much lower in capital investment (15%—25%), land requirement (10%—15%) and in operational cost (15%—25%).

Key words: wastewater treatment, AB process, principle analysis, application.