

兖滕两淮地区采煤塌陷地的动态 演变规律与综合整治

方创琳 毛汉英

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

提 要 兖滕两淮地区作为全国 19 个近期国土综合开发重点地区之一, 是华东地区最大的能源基地, 煤炭长期超强度开采对缓解华东地区能源供应紧张局面做出了不可磨灭的贡献, 但由此引起的土地塌陷衍生出一系列生态环境问题及深层次经济社会矛盾。解决这些矛盾与问题的有效途径就是从区域可持续发展的角度出发, 依据开采沉陷理论和流体力学理论, 在探讨采煤塌陷地动态演变规律基础上, 实施限制性煤炭开发战略和多元化协调开采方式, 推行政府、企业、农民三协合开发管理机制, 因地制宜分类整治, 运用市场价值法则合理确定重叠资源开发时序及强度, 成立塌陷复垦工程局, 多渠道吸纳塌陷治理资金, 更好地保证同位异类资源的同时开发和持续发展。

关键词 采煤塌陷 资源重叠 负面效应 动态演变规律 综合整治

1 采煤塌陷地对区域经济和生态环境带来的负面效应

煤炭和土地是工业与农业发展中同等宝贵的有限自然资源, 也是长期制约我国经济持续发展的重要因素。煤炭开发必然引起地面塌陷, 而土地资源合理开发利用反过来又限制煤炭资源的大规模开发。从区域可持续发展的角度分析, 采煤与塌陷是资源重叠区域资源、经济与生态环境失调发展的必然产物。如何协调这些地区同位异类资源同时开发与持续利用的关系, 做到既能最大限度地开发煤炭, 又能保护耕地, 促进同位异类资源同时开发, 经济持续稳定增长, 生态环境良性循环, 一直是煤炭分布地区走可持续发展之路所要长期奋斗的目标。我国是世界上产煤最多、塌陷面积也最大的国家之一, 每年因采煤造成塌陷面积约 $1.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中一半以上集中于平原地区, 尤其是兖滕两淮地区。这一区域包括山东省兖州、济宁、枣庄、滕州、临沂、肥城, 江苏省徐州、安徽省淮南、淮北、宿县等地市, 含煤地层北起山东肥城, 南至安徽淮南, 东自临沂, 西达菏泽, 含煤面积约 $2.31 \times 10^4 \text{ km}^2$, 探明煤炭储量 $710.44 \times 10^8 \text{ t}$ 左右, 占全国煤炭探明储量的 7.14%, 是我国东部地区一条重要煤带。1994 年全区产煤约 $10\,808.17 \times 10^4 \text{ t}$, 占全国煤炭产量的 8.72%, 是华东地区最大和我国重要的能源生产基地。煤炭资源的开发不论在过去, 还是今后都对华东地区乃至我国经济持续稳定发展已经或即将做出重大贡献, 但因资源的超强度开发, 导致了较严重的地面塌陷等生态环境问题。据实地调研统计, 全区已有采煤塌陷地 $4.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 主要矿区采煤与塌陷技术指标见表 1。平均每采 10^4 t 煤约塌陷土地 $0.18 \text{ hm}^2 \sim 0.33 \text{ hm}^2$,

来稿日期: 1997-01; 收到修改稿日期: 1997-05。

预测到 2000 年累计塌陷面积为 $7.15 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 2010 年将达到 $13.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上。

表 1 兖滕两淮地区采煤塌陷技术指标 (1994 年)*

Tab. 1 Technology indices of coal-mining collapse in Yanteng- Lianghuai (1994)						
技术指标名称	济宁(兖州)矿区	肥城矿区	枣滕矿区	徐州矿区	淮北矿区	淮南矿区
探明煤炭储量($\times 10^8 \text{ t}$)	332.0	10.7	45.2	35.5	80.5	149.6
煤田面积(km^2)	3 402	96	1 016	920	6 912	11 100
原煤产量($\times 10^4 \text{ t}$)	1 975.4	499.3	1 586.0	1 966.87	1 986.0	1 000.0
10^4 t 煤塌陷面积(hm^2)	0.18	0.21	0.19	0.21	0.33	0.19
塌陷面积($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	0.31	0.37	1.13	1.30	1.17	0.59
下沉系数	0.8~ 0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8
地面向下沉深度(m)	7~ 10	3~ 5	2~ 6	5~ 9	2.78	4~ 7
最大下沉深度(m)	9~ 11	8~ 12	9~ 10	10~ 12	5.44	8~ 10
塌陷速度(hm^2/a)	1466.67	133.33	55.00	666.67	666.67	562.00
2000 年塌陷面积($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	1.0	0.53	1.47	1.67	1.47	1.02

* 资料来源:《枣庄市土地利用总体规划》《济宁市采煤塌陷治理研究报告》《肥城采煤塌陷现状及治理规划研究》,淮北、淮南、徐州等矿区“九五”至 2010 年发展规划等。

开发利用煤炭、土地资源与改变生态环境之间、资源再生、经济发展与生态环境恢复之间存在着紧密的因果关系。当资源得到充分、有效、合理利用时,生态环境所遭受的破坏程度就会减轻、经济就可得到快速稳定发展,当生态环境遭受严重破坏时,必然制约资源的开发利用和经济正常发展。当资源获得再生永续利用时,必然会促进生态环境恢复。兖滕两淮地区正是未能处理好资源开发、经济发展与生态环境保护的关系,加之其处在人口稠密、村庄建筑物密布、路网水网电网星罗棋布的黄淮海厚层冲积平原上,人地关系矛盾本来就突出,因而造成的塌陷对地表的破坏程度及经济与生态环境损失比任何其他地区都更为严重和巨大,具体表现为:

(1) 生存空间遭到破坏,陆地生态环境退变为水生生态环境。随着采煤量的增加,煤层上覆的围岩开始下沉变形,当变形波及地表时,就在采空区上方形成比采空区面积更大的地表移动盆地。当地表拉伸值超过 $3 \text{ mm/m} \sim 6 \text{ mm/m}$ 时,产生断裂带及塌陷坑,所及之处大片农田被毁,农作物大幅度减产,生存空间和土地原貌遭到破坏。在河流改道、降水等因素综合影响下,塌陷地在物理性状上呈现为长期积水地和沼泽地,在化学性质上表现为土壤酸化和营养物淋失,原来平原陆地生态环境退变为水生生态环境。两淮地区采煤塌陷地中有 70% 以上为 $2 \text{ m} \sim 20 \text{ m}$ 深的水域;徐州矿区积水塌陷地达 $9\,300 \text{ hm}^2$, 占已塌陷地的 71.79%, 积水深度 $2.5 \text{ m} \sim 4 \text{ m}$ 。即使如此,塌陷积水地还在以每年平均 333.33 hm^2 的速度递增,对粮棉油基地建设和生态环境构成严重威胁。

(2) 千里良田被迫荒废,数万农民失去土地。目前,我国平原地区每年因采煤毁掉的良田达 400 hm^2 之多,兖滕两淮地区更为严重,现有塌陷地中有 85% 以上为可耕地。至 1989 年底,兖州矿区塌陷的 $3\,093.33 \text{ hm}^2$ 土地几乎全为耕地,肥城矿区塌陷的 $3\,700 \text{ hm}^2$ 土地有 85.78% 为耕地;枣滕矿区历史上共因采煤破坏的耕地达 $2.34 \times 10^4 \text{ hm}^2$; 两淮矿区至

2140 年矿山服务年限结束时, 将累计塌陷耕地 $17.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右, 平均每年减少耕地 $1\ 000 \text{ hm}^2$, 增加失地农民约 10 000 人, 兖州、济宁东、滕南三大矿区开采完毕后将最终形成 $8.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 塌陷地, 平均每年减少耕地 $4\ 000 \text{ hm}^2 \sim 4\ 667 \text{ hm}^2$, 最终将有 100 多万人失地, 形成数量庞大的农民失业大军。试问, 采煤与塌陷该与不该, 何去何从?

(3) 水旱田在塌陷中交替, 农业生产结构在渐变中失调。采煤造成的土地塌陷, 轻者地表起伏不平, 影响耕种和灌溉, 重者一则使地表下沉引起塌陷地积水, 传统高产旱作农业退变为低产乃至绝产水田; 二则因地下含水层受损, 地表农田灌溉水源缺乏, 又使传统高产水田退变为低产旱地。水旱田在塌陷中交替互变, 导致农业生产结构在渐变中失调。淮南矿区到服务年限结束时, 耕地面积将比目前减少 46.75%, 水面增加 173.14%, 种植业产值比重将由目前的 45% 下降为 10%, 渔业产值比重将由 2.04% 上升至 10%, 乡镇企业产值比重将由 40% 上升为 70% 以上。农业结构的巨变与水旱田交替加重了本区粮棉油征购任务, 大批农村劳力因失地闲置而成为社会不安定因素, 给地方政府背上了沉重的财政与社会包袱。

(4) 地面设施严重受损, 村庄搬迁矛盾重重。区内淮南大通镇、九龙岗镇和淮北烈山镇均因塌陷破坏而易地重建; 淮南矿区谢李深部矿井(市中心)开采完毕后将将在市区形成 17.7 km^2 、深 21.7 m 的水域, 将淮南市区分成东、西两块, 城市整体环境发生巨变, 淮南铁路望李段、淮河主航道的二道河河床及河堤将分别下沉 16 m、5 m 和 15 m 左右, 并将有几百个村庄约 20 余万农民搬迁安置。淮北矿区已有 209 个村庄约 12.63 万人, 济宁矿区已有 14 个村庄 1.19 万人被迫搬迁。在村庄搬迁中, 受物价指数上升影响, 搬迁费用居高不下。兖州矿区 1985 年每户搬迁费用平均为 8 000 元, 至 1994 年增加为 7 万元。即使如此, 农民因迁离故土, 提出一系列实际问题, 导致搬迁矛盾重重, 工农关系日趋紧张。由此可见, 采煤塌陷造成的工农矛盾已在资源重叠的本区长期积结, 农业对工业的奉献是无私无奈的, 程度是过度的, 代价是相当沉重的。

2 采煤塌陷地的动态演变规律

受制于自然动力地质因素和人类工程活动的双重影响, 采煤塌陷地的动态演变机制和塌陷破坏程度, 可运用开采沉陷理论和流体力学理论进行分析, 这是通过改变开采方式, 及时预警塌陷强度和破坏程度, 进而采取工程与生物措施综合整治的重要依据。

2.1 开采沉陷理论支持下采煤塌陷地动态演变的基本规律

依据开采沉陷理论和兖滕两淮地区煤炭地质赋存条件, 当采煤长壁工作面离开切眼的推进距离大于 $0.45H_0 \sim 0.55H_0$ (H_0 为平均采深)、开采面积大于或接近 $1\ 300 \text{ m}^2 \sim 1\ 500 \text{ m}^2$ 时, 地表开始移动变形, 当深厚比介于 150~200 时, 移动变形宏观上呈连续态, 否则为非连续的离散态; 当地下采煤区的长宽尺寸都达到或超过开采深度的 1.4~1.8 倍时, 地表移动变形过程转为塌陷过程; 当塌陷最大深度为煤层开采厚度的 70%~90% 时, 称其为充分采动塌陷。上述塌陷与变形临界水平适合于在采空区无任何支撑条件下, 通常因地下留有各种煤柱用于支撑地层, 使塌陷区呈凹凸不平的复杂形状。从宏观总体上看, 一般地表塌陷容积约为煤层采出体积的 60%~70%, 塌陷面积系数约为 1.2, 积水率为 30%~50%, 附加坡度为 $1^\circ \sim 3^\circ$; 从微观上具体分析, 由于兖滕两淮地区地表塌陷过程基本上呈连续状态,

因而地表任意点 $P(x, y)$ 的塌陷下沉值可用概率密度函数中的积分表达式来表达和计算。设 $TH(x)$ 表示坐标为 x 的地面点 P 的下沉值, $TS(x)$ 为该点水平移动值, 则有:

$$TH = TH(x) \quad TS = TS(x) \quad (2-1)$$

对 TH 分别求一阶、二阶导数, 对 TS 求一阶导数分别得到 P 点的倾斜率 $f(x)$ 、曲率 $\varphi(x)$ 和水平变形率 $k(x)$, 即:

$$f(x) = \frac{d}{dx}TH(x) \quad \varphi(x) = \frac{d^2}{dx^2}TH(x) \quad k(x) = \frac{d}{dx}TS(x) \quad (2-2)$$

在有限开采条件下 P 点沿 x 方向的地表下沉值 $TH(x)$ 为:

$$TH(x) = \frac{TH_o}{2} \left[\left(1 + \int_0^{\frac{x-L}{r_1}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right) - \left(1 + \int_0^{\frac{x-L}{r_2}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right) \right] \quad (2-3)$$

相应地有:

$$f(x) = TH_o \left[\frac{1}{r_1} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_1}\right)^2} - \frac{1}{r_2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-4)$$

$$\varphi(x) = -2\pi TH_o \left[\frac{x-L}{r_1^2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_1}\right)^2} - \frac{x-L}{r_2^2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-5)$$

$$TS(x) = bTH_o \left[e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_1}\right)^2} - e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_2}\right)^2} \right] + \frac{TH_o \tan^{-1} \theta}{\sqrt{\pi}} \left[\int_0^{\frac{x-L}{r_1}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt - \int_0^{\frac{x-L}{r_2}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right] \quad (2-6)$$

$$k(x) = -2\pi bTH_o \left[\frac{x-L}{r_1^2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_1}\right)^2} - \frac{x-L}{r_2^2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_2}\right)^2} \right] + TH_o \tan^{-1} \theta \left[\frac{1}{r_1} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_1}\right)^2} - \frac{1}{r_2} e^{-\pi \left(\frac{x-L}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-7)$$

沿 y 方向的地表下沉值为:

$$TH(y) = \frac{TH_o}{2} \left[\left(1 + \int_0^{\frac{y}{r_1}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right) - \left(1 + \int_0^{\frac{y}{r_2}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right) \right] \quad (2-8)$$

倾斜率、曲率、水平变形率与水平移动值分别为:

$$f(y) = TH_o \left[\frac{1}{r_1} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_1}\right)^2} - \frac{1}{r_2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-9)$$

$$\varphi(y) = -2\pi TH_o \left[\frac{y}{r_1^2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_1}\right)^2} - \frac{y}{r_2^2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-10)$$

$$k(y) = -2\pi bTH_o \left[\frac{y}{r_1^2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_1}\right)^2} - \frac{y}{r_2^2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_2}\right)^2} \right] + TH_o \tan^{-1} \theta \left[\frac{1}{r_1} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_1}\right)^2} - \frac{1}{r_2} e^{-\pi \left(\frac{y}{r_2}\right)^2} \right] \quad (2-11)$$

$$TS(y) = bTH_o \left[e^{-\pi \left(\frac{y}{r_1}\right)^2} - e^{-\pi \left(\frac{y}{r_2}\right)^2} \right] + \frac{TH_o \tan^{-1} \theta}{\sqrt{\pi}} \left[\int_0^{\frac{y}{r_1}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt - \int_0^{\frac{y}{r_2}} \frac{1}{\pi} e^{-\pi t^2} dt \right] \quad (2-12)$$

则, 对于地表任意点 $P(x, y)$ 的下沉值可表示为:

$$TH_{p(x,y)} = \frac{1}{TH_o} TH(x) \cdot TH(y) \quad (2-13)$$

公式 (2-1) ~ (2-13) 中, TH_o 为充分采动条件下最大下沉值, b 为水平移动系数, r 为主要影响半径, L 为工作面长度的水平投影, θ 为影响传播角。设 h 为煤层厚度, α 为煤层倾角, Q 为煤采出量, δ 为下沉系数, 则其值为: $\delta = TH_o / Q \cos \alpha$ 。根据兖滕两淮地区的实际情况, 开采深度不同, 上述参数取值不同, 实际计算与应用中建议 δ 取值 0.8~0.9, b 取值

0.25~ 0.30, θ 取值 $90^\circ - 0.52\alpha \sim 90^\circ - 0.60\alpha$

2.2 流体力学理论支持下采煤塌陷地动态演变的基本规律

利用流体力学理论可以分析采煤塌陷地的形态和大小。设 $TS(x, y, o)$ 、 $TV(x, y, o)$ 和 $TH(x, y, o)$ 分别为地面沉陷中任意点 $P(x, y, o)$ 的水平移动分量, 沿倾向的水平移动分量和地表下沉分量, 则 $P(x, y, o)$ 的移动向量 $\vec{TP}(x, y, o)$ 即可表示为:

$$\vec{TP}(x, y, o) = \vec{TS}(x, y, o) + \vec{TV}(x, y, o) + \vec{TH}(x, y, o) \quad (2-14)$$

其中

$$TS(x, y, o) = -4\Delta h/\pi^2 \times \int_0^{\eta} \left[\frac{h_i \text{sh} \rho h_i (\rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1} + \text{sh} \rho h_{i+1} \sin \xi_1 \sin \eta_2 \sin \xi \cos \eta_d \xi d \eta)}{(\text{sh} \rho h_i \text{ch} \rho h_i + \rho h_i) (\text{sh} \rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1} + \rho h_{i+1}) + \frac{G_i(1 - \gamma_{i+1})}{G_{i+1}(1 - \gamma_i)} (\text{sh}^2 \rho h_i - \rho^2 h_i^2) \text{sh}^2 \rho h_{i+1}} \right] \eta \quad (2-15)$$

$$TV(x, y, o) = -4\Delta h/\pi^2 \times \int_0^{\xi} \left[\frac{h_i \text{sh} \rho h_i (\text{sh} \rho h_{i+1} + \rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1}) \sin \xi_1 \sin \eta_2 \cos \xi \sin \eta_d d \xi}{(\text{sh} \rho h_i \text{ch} \rho h_i + \rho h_i) (\text{sh} \rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1} + \rho h_{i+1}) + \frac{G_i(1 - \gamma_{i+1})}{G_{i+1}(1 - \gamma_i)} (\text{sh}^2 \rho h_i - \rho^2 h_i^2) \text{sh}^2 \rho h_{i+1}} \right] \xi \quad (2-16)$$

$$TH(x, y, o) = -4\Delta h/\pi^2 \times \int_0^{\eta} \left[\frac{(\text{sh} \rho h_i + \rho h_i \text{ch} \rho h_i) (\text{sh} \rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1} + \text{sh} \rho h_{i+1}) \sin \xi_1 \sin \eta_2 \cos \xi \cos \eta_d \xi d \eta}{(\text{sh} \rho h_i \text{ch} \rho h_i + \rho h_i) (\text{sh} \rho h_{i+1} \text{ch} \rho h_{i+1} + \rho h_{i+1}) + \frac{G_i(1 - \gamma_{i+1})}{G_{i+1}(1 - \gamma_i)} (\text{sh}^2 \rho h_i - \rho^2 h_i^2) \text{sh}^2 \rho h_{i+1}} \right] \xi \eta \quad (2-17)$$

公式 (2-15) ~ (2-17) 中, h_i , h_{i+1} 分别表示第 i 层岩层厚度和第 i 层的下一层厚度; Δh 为开采厚度, L_1 , L_2 分别表示矩形工作面的走向长度和倾向长度; G_i , γ_i 分别表示覆盖岩层第 i 层剪切模量和泊松比; G_{i+1} , γ_{i+1} 分别表示第 i 层下一层剪切模量和泊松比; ξ , η 为积分变量, 且 $\rho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$; x , y 为开采工作面有效角点坐标。采用上述公式一方面可求出地表采煤塌陷的水平分量和下沉分量, 另一方面可直观地描述出采煤塌陷地的形态实际上是一个不规则形状的三维曲面。

运用开采沉陷理论和流体力学理论分别从两个切入点描述采煤塌陷地的动态演变规律, 同时具有可行性和结论的一致性, 只要确定了采矿要素, 如煤层倾角、煤层厚度、开采深度、长壁工作面长度、煤炭产量、层间距等, 就可确定地表移动与塌陷参数, 如下沉系数、塌陷面积系数、水平移动系数、影响传播角、曲率、水平变形率、积水率、附加坡度等, 进而求得地表任意点下沉值和下沉持续时间等。以这些计算与预测结果为依据, 即可因地制宜地采取生物与工程措施防患于未然, 避免产生“船到江心补漏迟”的恶果。采用公式 (2-13) 和 (2-14) 计算的地面任意点下沉值科学而精确。在实际应用中, 不少矿区为简便起见, 还采用一些经验公式近似计算并预测塌陷面积。如肥城、淮北矿区采用万吨煤塌陷率 $d = 15n \cos \alpha / km$ (n , α , k , m , γ 分别代表影响系数, 煤层倾角, 水平回采率, 开采厚度及煤的容重) 求得两矿区的 d 值分别为 $0.21 \text{ hm}^2/10^4 \text{ t}$ 和 $0.30 \text{ hm}^2/10^4 \text{ t}$ 。

3 采煤塌陷地的综合整治途径

采煤与塌陷是兖滕两淮地区客观存在的现实矛盾, 对于已塌陷、正塌陷和待塌陷的土地, 要想采取工程与生物措施恢复其原貌原用途已不太现实, 但只要遵循其动态演化的基本规律, 按照采煤塌陷与复垦的四大原则, 即工业对农业的索取与农业对工业的奉献适时适度原则、采煤能力与土地复垦能力同步设计原则、限制性采煤方针与多元化协调开采方式交互作用原则、采煤塌陷经济和生态损失与土地复垦及生态恢复基金等量同额原则进行综合开发整治, 同样可使矿区生态环境恢复良化, 实现经济、生态环境和社会效益的高效统一。

3.1 调整采煤方针, 坚定不移地实施限制性煤炭开发战略

在计划经济体制长期约束下, 为缓和华东地区能源供应严重不足局面, 兖滕两淮地区自 70 年代以来一直采取“有水快流”的采煤方针, 原有矿井一再扩建, 生产能力成倍增加, 塌陷面积与日剧增, 一系列生态环境与经济社会问题激化。面对这些问题, 本区煤炭开发必须遵守国家“九五”提出的“优先盘活总量、严格控制外延”的投资总方针, 从煤炭与土地同位同时协调开发长远利益出发, 必须变“有水快流”为“细水长流”的采煤方针, 稳定老区, 有计划地建设新区, 以煤为主, 多种经营, 深度加工, 综合发展。适时适度控制发展速度、强度与规模, 将煤炭产量稳定在 $1.1 \times 10^8 \text{ t} \sim 1.2 \times 10^8 \text{ t}$ 水平上。未来我国煤炭生产布局重点将由东部集中转向山西、陕西、内蒙古西部地区; 全国煤价放开将使煤炭生产通过竞争最终由市场需求决定; 全国性运煤通道的陆续开通使更多的耗煤大户有机会寻求新的能源供应基地。这些都利于本区实施限制性采煤战略, 但毗邻的华东地区 2000 年、2010 年将分别缺煤 $2.15 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $2.63 \times 10^8 \text{ t}$, 缺能的一部分仍将继续就近依靠本区补充。因此, 今后全区煤炭以稳产为主, 并将限制性开采作为长期目标。

3.2 因地制宜地采用多元化采煤方法, 多渠道减少塌陷影响

受本区煤层埋藏条件的限制, 全区煤炭产量的 96% 以上采用竖井开采方式, 今后煤炭开采在绝大多数地区只能采取竖井开采方式, 但在开采方法上应有所改进。目前绝大部分地区采用长壁、分层、放顶等常规开采方法, 本着因地制宜的原则, 除继续采用这些常规方法外, 还可在合适的地区采用充填开采法、顺序开采、协调开采、条带开采、高压注浆等采煤方法。对于“三下”(建筑物下、路下、水下)压煤建议采用充填开采法; 对地表村庄少、煤埋深小于 400 m 矿井, 建议采用条带开采法; 对于厚层煤建议采用分层开采法, 并适当缩小分层厚度, 以降低开采对地面的破坏程度; 对多层煤建议采用顺序开采法和协调开采法, 使数个煤层按顺序同时开采, 但应将工作面错开一定距离, 使开采一个煤层产生的地表压缩区准确地置于开采另一个煤层所产生的地表拉伸变形区内, 保证地表变形应力相互抵消; 对于上覆冲积层很厚的煤层, 仍可采用长壁与放顶等常规开采法。上述各种开采方法均可不同程度地减轻塌陷影响或合理安排塌陷影响。

3.3 推行政府-企业-农民三协合开发管理机制, 因类制宜地综合治理塌陷地

采煤塌陷地的综合整治是一项复杂的社会系统工程, 单靠土地部门显然力不从心, 需各级政府、企业和农民的通力协作。这就要求建立一个由政府牵头、企业配合和农民自垦三协合开发管理运行机制, 改变过去强调的“谁破坏、谁复垦”的原则, 实行以补代征模

式,只要治理后的土地经济效益达到或高于相应农田即可征用,而只补偿一定数额的复垦资金,这既利于企业降低生产成本,亦利于农民充分就业和安居乐业。在这种机制运作下,对塌陷地分类改造,综合整治,宜农则农,宜牧则牧,宜林则林,宜渔则渔,宜建则建(材)。对已稳定塌陷地以造地还田、发展网箱网围养殖为主,积极发展农业生产和基本建设;对不稳定塌陷地以因势利导利用为主,随高就低,能种则种,能养则养。通过分类整治与复垦,将有望在塌陷区形成田成方、树成行、水路相通、桥涵闸电线网配套的良好生态环境与经济发展格局。

3.4 依据市场价值法则,超前预警采煤塌陷造成的生态环境与经济损失,合理确定重叠资源开发时序与强度

在市场经济条件下,各类资源开发时序、强度及规模均由市场需求来调节,资源开发造成的环境破坏亦将通过缴纳生态环境损失补偿费弥补。按照市场价值规律,采煤塌陷对生态环境破坏造成的直接经济损失、间接经济损失、恢复费用和保护费用均由市场价格来计算。通过效益、费用与损失的计算、分析比较,一方面可推知待塌陷地区采煤的经济效益、采后对生态环境造成的经济损失以及治理费用大小,以便在环境费用效益分析中确定重叠资源开发时序、方式及强度;另一方面可推知已塌陷地对生态环境造成的经济损失及恢复费用,以便将有限的资源预算用于最大限度地恢复生态环境和塌陷复垦方面。这种超前预算采煤塌陷费用效益的方法利于采煤部门决策者把煤炭生产计划与土地塌陷复垦计划同时纳入企业生产计划,根据资金投量的大小调整吨煤生产成本和煤价,既利于工农业生产的协调发展,又利于生态环境的恢复与良性。

3.5 成立采煤塌陷复垦工程局,制订优惠政策,多方筹集塌陷治理与土地复垦资金

采煤塌陷综合整治耗资巨大,周期特长。区内平均每采 1 t 煤就需治理费 6.7 元。考虑物价上涨因素,未来吨煤治理费用若按 8 元算,则兖滕两淮地区共需塌陷治理费千亿元以上。筹措如此巨额资金必须动员全社会力量,制订各种优惠政策,多渠道吸纳塌陷治理资金。一是根据市场规律,将塌陷治理费用全部摊入采煤成本,通过提高煤价向用户换回治理资金;二是依据资源价值化理论开征资源税,换取治理资金;三是建立专项治理基金;四是广泛吸纳社会零散资金和外国资金;五是调动农民积极性,以优惠政策鼓励农民自力更生复垦。为了保证资金筹措和塌陷复垦工作的顺利进行,必须改变过去存在的政府、企业和农民之间互相扯皮的现象,专门成立采煤塌陷复垦工程局,建议由主管市长兼任局长,由所在矿务局长兼任副局长,由土地管理局局长专任常务副局长并主持日常事务工作,形成关系理顺、责任明确、目标统一、通力协作的管理与决策体系。

参 考 文 献

- 1 杨硕 采动损害空间变形力学预测 北京 煤炭工业出版社,1994
- 2 毛汉英主编 苏鲁豫皖接壤地区资源开发、产业布局与生态环境整治 北京 中国科学技术出版社,1997
- 3 中国矿业大学编 煤矿岩层与地表移动 北京 煤炭工业出版社,1981
- 4 周风祥 两淮能源开发与生态环境综合整治 生态经济,1995(5)
- 5 胡振琪,陈龙乾 采煤塌陷区土地复垦管理新模式初探 中国土地科学,1994(1)
- 6 祝国军 淮北平原煤矿塌陷区的综合开发 国土与自然资源研究,1993(2)
- 7 郭广礼,何国清 煤炭开采沉陷引起的环境损害及其整治费用效益分析方法 煤炭环境保护,1995(3)

- 8 方创琳 采煤塌陷地的综合开发与工农业的协调发展 中国人口、资源与环境, 1997(2).
9 郭达志, 盛业华, 金学林 矿产资源开发对环境影响的时空模拟 煤炭环境保护, 1996(1).

THE NEGATIVE EFFECTS, EVOLUTIONARY PATTERNS AND COMPREHENSIVE MANAGEMENT OF COAL-MINING AREAS IN YANTENG-LIANGHUA I REGION

Fang Chuanglin Mao Hanying

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Key words coal mining collapse, resources overlapping, negative effect, evolutionary pattern comprehensive management

Abstract

Coal mining and collapse are a pair of contradictions which are usually objective realities in resources overlapping areas. Yanzhou-Tengzhou-Lianghuai (Huainan-Huaibei) region is the most important energy base of the region of East China, the long period overloaded coal mining here has contributed indelibly to the relaxation of energy supply tension in East China. Now it is one of the 19 major territorial comprehensive development regions in China. But the land collapse due to the coal mining has given rise to a series of ecological problems and deeply social contradictions. To solve these problems, it is effectively to begin with the approach to the basic laws of dynamic evolution in coal mining areas using the mining collapse theory and the theory of fluid mechanics. Only after this should we adjust the coal mining policy, improve the mining method, adopt the restrictive mining strategy, and multiform coordinate exploit pattern, take forth the exploit management pattern coordinated by government, enterprise and peasants, renovate separately in line with local conditions, and determine the time series and intensities of the region development of overlapping resources according to the law of market price, we should also make favourable policies, take more fund from multiple channels, so as to ensure the coordinate exploitation of various resources at the same areas and the sustainable development of the region.

作者简介

方创琳, 男, 1966年9月生, 副教授, 中国科学院地理所博士生。主要从事区域持续发展规划与生态环境综合整治的研究。主编出版著作3部, 参编出版5部, 在《地理学报》《生态学报》《自然资源学报》《地理研究》《地理科学》等45种杂志上公开发表学术论文85篇。近期主要论文有“新时期区域发展规划的基本思路及完善途径”、“中国垃圾资源综合利用”、“河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究”等。