

陕北侏罗纪煤田采动损害现状及评价方法

李邦邦^{1,2}, 刘智^{1,2}, 余学义^{1,2}

(1. 西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054; 2 西安科技大学 教育部西部

矿井开采及灾害防治重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘 要: 为有效地对开采后的矿区进行环境修复和生态重建, 针对陕北侏罗纪煤田之神府、榆神、榆横矿区的地质采矿条件、开采沉陷损害和矿区生态环境的现状进行现场调查和分析, 总结了陕北侏罗纪煤田采动过程中生态及环境破坏现状。采用分区的评价方法, 依据地形、地貌将其分为 2 个一级区, 在此基础上依据地质条件、环境条件进行二级分区; 再以煤层赋存条件、开采方法、开采沉陷损害程度及特征等因素进行三级分区。分别给出了各区的范围、损害特征、损害程度, 确定了评价陕北侏罗纪煤田开采损害级别与判定条件, 为陕北侏罗纪煤田生态重建提供了理论依据。

关键词: 侏罗纪煤田; 采动损害; 分区评价; 判定条件

中图分类号: X 820.2

文献标识码: A

0 引 言

由于受富煤、贫油、少气资源能源结构的限制, 我国在未来相当长的时期内, 以煤炭为主的能源供应格局难以改变。^[1]据有关部门预测, 到 2020 年我国煤炭需求量为 30 亿 t, 而西部地区占全国储量的一半以上。^[2]随着煤炭大规模开发, 采煤沉陷引发严重的环境地质灾害和安全生产隐患, 已成为影响各大矿区经济发展和社会安定的重要因素和关键技术问题。特别是在陕北侏罗纪煤田, 煤炭资源开发给贫困落后的陕北地区带来了巨大经济效益和社会效益, 大大减缓了国家能源紧张的局面, 有效支援了国家经济建设, 同时也带来许多环境问题和社会问题。

该煤田煤炭资源主要分布于榆林市府谷、神木、榆阳、横山、定边、靖边等县(区), 总面积 27 140 km², 埋藏 1 000 m 以浅的煤炭资源 1 400 多亿 t。煤层总厚度 15~20 m^[3], 单层最大厚度 10.95 m, 煤层稳定, 构造简单, 煤质优良, 是国内外罕见的优质动力、液化、化工用煤, 是世界七大煤田之一。但该区域属温带半干旱大陆性季风气候, 冬季漫长寒冷, 夏季酷热短促, 温差悬殊, 水土流失, 土地荒漠化严重, 植被覆盖率低, 生态环境十分脆弱, 环境承载能力低。而前些年的杀鸡取卵、竭泽而渔的煤炭资源掠夺性开采, 无疑对这一生态脆弱的环境更是雪上加霜, 已到了非下大决心解决不可的地步。

1 研究区采动损害现状

1) 破坏地下水源。开采沉陷对地下水源的破坏表现在 2 个方面: 一是为防止矿坑涌水而进行的顶底板疏水, 使顶底板承压降低, 致使地下水位下降; 二是开采后采空区塌落, 使上覆岩层发生位移, 产生导水裂隙, 破坏了采煤区水均衡系统。大量地下水渗漏, 减少了地表径流。据观测, 在神府矿区, 采空区地下水位下降 8~12 m, 采空区附近下降 3~5 m。据专家研究, 从 1987 年到 2003 年, 因采煤造成神木县的水资源衰减至少在 50% 以上, 县内已有数十条河断流, 20 多个泉眼干枯, 窟野河全年 2/3 时间断流, 不少原

收稿日期: 2008-04-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(40572155)

作者简介: 李邦邦(1965-), 男, 陕西乾县人, 高级工程师, 主要从事采动损害及其防护研究。

来靠地表水作为生活和农业用水的村庄普遍发生水荒^[4]。

2) 水土流失加重。开采沉陷致使地表产生倾斜、凹凸不平、坡度加大。坡度越大,径流量越大,冲刷力也越大,致使土地严重侵蚀。同时在雨水、风力等因素的综合作用下,加重了地表水土流失,加剧了地表裸露,土壤侵蚀和耕地土壤退化,加大了土地旱化、沙漠化面积。据有关资料表明:仅神府矿区的一、二期工程建设,2万 hm² 土地出现风蚀荒漠化,每年新增水土流失 2 780 万 t,造成土壤中的氮、磷、钾及其他有机质大量流失,土壤肥力大大降低。大柳塔母河沟村、双沟村 13 多 hm² 水地全部弃耕,20 多 hm² 果树和几条大沟里的杨树全部枯死。

3) 人居环境恶化。煤炭开采诱发的地面塌陷与地裂缝,对矿区民房、道路、管线、桥涵、堤坝等基础设施造成严重破坏;在丘陵山区,同时诱发山体滑坡,直接威胁到群众的居住与交通安全。近年来,随着煤炭的大规模开发,原本脆弱的矿区生态环境遭到新的破坏。由于土地旱化、水源渗漏、植被枯死等生态恶化,许多村庄已经丧失基本生存条件。据不完全统计,截止 2005 年底,榆林市已有采空区面积约 320 km²;仅神木县采空区面积 99.12 km²,已塌陷 44 km²,造成 856 户、3 285 人、787 间房屋、18.93 hm² 水地、18.67 hm² 旱地、2 436.60 hm² 林草地受灾。1993 年 4 月在距神木镇约 3 km 的神榆公路发生边坡基岩滑塌,体积达 2 0 ×10⁵ m³,使长约 200 m 的沿河护岸设施全部破坏,中断交通达 40 d 左右^[5]。

4) 植被破坏严重。大范围的地裂缝导致植被根系拉断,枯萎死亡,并造成地面大量土层松散,风蚀水蚀加剧,破坏了植被的生长环境,影响植被的正常生长。同时,随着煤田的大面积开发和道路的修建,大量地移动土石方,扰动表土,破坏地表景观,毁坏自然植被,加大了地表的裸露。仅神木县自 1982 年以来,因为开办小煤窑,砍伐林木 18.67 hm²,毁坏植被 44 hm²^[6]。

5) 地质灾害频发。小煤窑的无序滥挖滥采,超限开采保安煤柱,导致随着开采范围的扩大,采空区顶板大面积暴露,顶板大面积垮塌灾害随时可能发生,给矿井安全生产和地表安全埋下了巨大隐患。2004 年府谷县就发生 6 起采空区引起的大面积地表塌陷;2005 年 11 月府榆煤矿发生顶板大面积垮塌,诱发了相邻矿顶板大面积垮落及重大顶板灾害事故发生,同时形成了采空区地表 2 59 ×10⁵ m² 的塌陷区;2006 - 09 - 14 相邻的西岔沟和府谷镇二矿 2 个矿井同时发生井下大面积冒顶灾害,导致地面大面积塌陷并引起山体滑坡灾害。

2 研究区开采沉陷损害分级评价

2.1 分区原则、方法、范围与特征

依据地貌类型进行一级分区;在此基础上依据地质条件、环境条件进行二级分区;再依据煤层赋存条件、开采方法、开采沉陷损害程度及特征等因素进行三级分区。

根据上述原则和方法,将陕北侏罗纪煤田依据地貌类型分成 2 个一级区;在每个一级区又可进一步划分成 2 个二级区;在二级区内再进行损害类型划分(三级分区)。分区结构如图 1 所示。

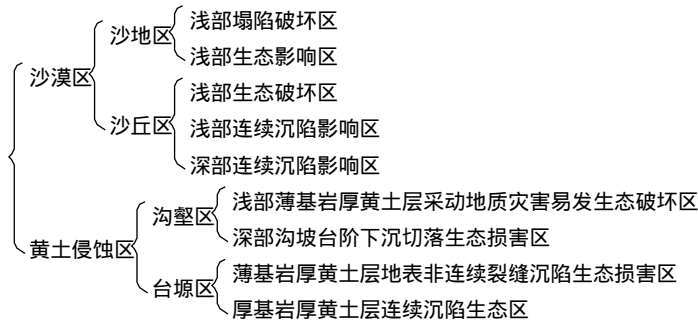


图 1 陕北侏罗纪煤田分区结构图

Fig.1 Area classification of Jurassic coalfield in north Shaanxi province

依据地貌类型及特征将陕北侏罗纪煤田开采损害分成沙漠区和黄土侵蚀区。沙漠区主要分布在乌兰木伦河流域、神木—榆林连线以西广大地区;黄土侵蚀区主要分布在:淳牛川以东、考考乌苏河北岸、秃

尾河以东、榆林—麻黄梁—大河塔连线以南、榆溪河以东、无定河以南地区。在此基础上依据地质、环境条件进行二级分区。在沙漠区内可分为:沙地区和沙丘区。沙地区广泛分布于西部地区,沙丘区主要分布于红碱淖周围和榆溪河流域及榆林西部地区。黄土侵蚀区内可分为:沟壑区和台塬区。沟壑区广泛分布于东部边缘的河谷两侧和无定河以南的广大地区;台塬区分布于东部边缘的河流分水岭地带。典型的有神府矿区新民区东南部和榆神矿区东南部 2 处。

2 2 开采损害分区评价分析

陕北侏罗纪煤田开采损害主要涉及的范围为:地表建筑设施、道路通讯线路、地表植被的破坏,地表水及地下水径流的改变与损坏,开采引起的工程地质灾害及其治理修复的周期与难易程度等。将这些因素联系在一起考虑,进行综合分区评价。

沙漠区内开采损害主要表现为:地表水、地下水损失,含水层水位下降(近年来,由于过度开采导致萨拉乌素组含水层水位大幅度下降^[7],最大可达 15 m);乔木、大灌木枯死,植被覆盖率降低(对陕北某矿采空区植被抽样调查显示,2004 年植被总覆盖度为 32.8%,2005 年降为 22.1%);道路、桥梁、房屋等建筑裂缝、下沉(受采矿活动影响,部分区域房屋已达到建筑物破坏等级的四级,有倒塌危险、需拆迁);荒漠化过程加快,耕地损毁或减产。

黄土侵蚀区内开采损害主要表现为:河流干枯、泉干枯或流量减小,地下水补排平衡破坏,受采矿活动的影响,泉流量变化非常大(双沟泉由 1998 年的 $0.28 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 下降至 $0.008 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,几近干涸,双沟泉、彩兔沟泉都有明显的下降);水污染严重,以榆溪河为监测对象,河内主要超标指标为 COD_{cr}、ArOH、BOD₅、油类、高锰酸盐指数、大肠菌群等;乔木死亡,植被覆盖度降低;引发滑坡、崩塌等地质灾害,由于采空区大面积悬空后整齐切落,诱发中小型地震,在山区导致滑坡、崩塌等灾害;道路、桥梁、房屋等建筑裂缝,由于过度开采,对地面建筑物在不同程度上都有一定的影响。

考虑到煤层赋存条件、开采方法等因素,对煤田进行三级分区,给出了不同条件下开采损害的特征(表 1)。

表 1 开采沉陷损害强度分区结果

Tab. 1 Results of classification in terms of mining subsidence damage intensity

二级分区	三级分区	特 征
沙地地貌 (S-D)	浅部塌陷破坏区(S-D-)	基岩厚与采高比小于 30~40,以地表塌陷坑、裂缝破坏为标志,水土流失严重,生态修复治理困难。
	浅部生态影响区(S-D-)	基岩厚与采高比大于 30~40,以地表小裂缝及沉陷盆地为标志,可以进行生态修复治理。
	浅部生态破坏区(S-Q-)	基岩厚与采高比小于 30~40,以地表塌陷坑、裂缝破坏为标志,水土流失严重,生态修复治理困难。
沙丘地貌 (S-Q)	浅部连续沉陷影响区(S-Q-)	基岩厚与采高比大于 30~60,以地表小裂缝及沉陷盆地为标志,生态修复治理较容易。
	深部连续沉陷影响区(S-Q-)	基岩厚与采高比大于 60,以地表大范围沉陷盆地为标志,对地表生态影响很小,生态可以自然修复。
沟壑地貌 (H-G)	薄基岩厚黄土层地表非连续裂缝沉陷生态型损害区(H-G-)	基岩厚与采高小于 30~40,以地表小裂缝及沉陷盆地为标志,可以进行生态修复治理。
	厚基岩厚黄土层连续沉陷生态型影响区(H-G-)	基岩厚与采高大于 30~40,以地表小裂缝及沉陷盆地为标志,生态容易恢复。
台原地貌 (H-T)	浅部薄基岩厚黄土层采动地质灾害易发生态破坏区(H-T-)	基岩厚与采高小于 30~40,以山体滑坡、坍塌、切落为标志,生态治理修复困难。
	深部沟壑台阶下沉切落生态损害区(H-T-)	基岩厚与采高大于 30~40,以山体台阶错落下沉为标志,生态(治理)修复较困难。

3 开采损害分级与判定条件

地表沉陷损害按开采引起地表沉陷的类型可分为连续移动变形和非连续移动变形 2 大类。我国目前还没有制定出开采损害的评判标准,仅仅在煤炭行业因开采沉陷对地表建筑设施的损坏制定了相关标准。针对陕北侏罗纪煤田开采损害所涉及的主要因素,对研究成果综合分析,给出评价陕北侏罗纪煤田开采损害分级与判定条件(表 2)。

表 2 开采沉陷损害分级与判定条件
Tab.2 Cllsifiation and judging conditions of m i n i n g subsidence damage

分级	判定条件
级	地表沉陷在 100 ~ 500 mm 范围,地表水平变形不大于 2.0 mm/m,倾斜变形不大于 3.0 mm/m,曲率变形不大于 0.2×10^{-3} /m,沉陷盆地平缓,在地表沉陷区范围不会出现拉伸裂缝,对耕地和地表建筑影响很小,对生态环境影响轻微,可自然恢复。
级	地表沉陷在 500 ~ 1 000 mm 范围,地表水平变形不大于 4.0 mm/m,倾斜变形不大于 6.0 mm/m,曲率变形不大于 0.4×10^{-3} /m,沉陷盆地较平缓,在地表沉陷区边缘会出现拉伸裂缝,对耕地和地表建筑有一定影响,短期内对生态环境有一定的影响,但可以进行恢复。
级	地表沉陷在 1 500 ~ 3 000 mm 范围,地表水平变形不大于 6.0 mm/m,倾斜变形不大于 10.0 mm/m,曲率变形不大于 0.6×10^{-3} /m,在地表沉陷区会出现拉较大的拉伸裂缝或局部出现塌陷坑破坏,地表建筑破坏严重,土壤退化,对生态环境影响较大,短期内不可恢复。
级	地表沉陷大于 3 000 mm,地表水平变形大于 6.0 mm/m,倾斜变形大于 10.0 mm/m,曲率变形大于 0.6×10^{-3} /m,地表出现大面积的裂缝、塌陷坑、台阶错落、滑坡灾害,耕地绝产,地表建筑物破坏非常严重,对生态环境影响很大,生态恢复困难。

4 结束语

在对陕北侏罗纪煤田采动损害现状分析的基础上,根据陕北特殊的环境、地质、采矿条件及采动损害的特殊性,提出了一种新的采动损害评价方法——分区评价法;针对陕北侏罗纪煤田开采损害所涉及的主要因素,给出评价陕北侏罗纪煤田开采损害级别与判定条件。提出的评价方法与判定条件,对陕北侏罗纪煤田采动损害评价有较强的针对性,将为采动损害评价提供可以借鉴的方法。

参考文献 References

[1] 祝兴祥,刘 薇,陈 灿.煤炭开发建设项目生态环境保护研究与实践[M].北京:中国环境科学出版社,2006
ZHU Xing-xiang, L I U Wei, CHEN Can Study and practice on ecological and environmental protection in coal developing projects[M]. Beijing: China Environment Science Press, 2006

[2] 黄森林,余学义,赵 雪,等.湿陷性黄土开采损害规律及控制方法研究[J].矿业安全与环保,2006,33(5): 11 - 15.
HUANG Sen-lin, YU Xue-yi, ZHAO Xue, et al On mining damage rules and control for collapsible loess[J]. Mining Safety and Environmental Protection, 2006, 33 (5): 11 - 15.

[3] 王双明,范立民,杨宏科.陕北煤炭资源可持续发展之开发思路[J].中国煤田地质,2003,15(5): 6 - 8
WANG Shuang-ming, FAN Li-min, YANG Hong-ke Developing thought on the sustainable development of coal resources in north Shaanxi[J]. China Coalfield Geology, 2003, 15(5): 6 - 8

[4] 范立民.论陕北煤炭资源的适度开发问题[J].中国煤田地质,2004,16(2): 1 - 3
FAN Li-min On moderate development of the coal resources in south Shaanxi[J]. China Coalfield Geology, 2004, 16(2): 1 - 3

[5] 王文龙,李占斌,张平仓.神府东胜煤田开发中诱发的环境灾害问题研究[J].生态学杂志,2004,23(1): 34 - 38
WANG Wen-long, L I Zhan-bin, ZHANG Ping-cang Environmental disasters incurred in the development of Shenfu Dongsheng Coal Field [J]. Ecology Magazine, 2004, 23 (1): 34 - 38

[6] 李国平,刘治国.陕北地区煤炭资源开采过程中的生态破坏与对策[J].干旱区资源与环境,2007,21(1): 47 - 50
L I Guo-ping, L I U Zhi-gua Ecological damage and countemeasures toward the coal mining in north Shaanxi[J]. Resources and Environment in Drought Area, 2007, 21 (1): 47 - 50

[7] 李连娟.榆神矿区矿山开发对水环境的影响及防治措施探讨[J].中国煤田地质,2005,17(5): 47 - 54
L I Lian-juan On the influence and control of the water environment in Yushen mining area[J]. China Coalfield Geology,

2005, 17 (5): 47 - 54.

Current mining damage situation and evaluation of Jurassic coalfield of North Shaanxi province

LI Bang-bang^{1,2}, LU Zhi^{1,2}, YU Xue-yi^{1,2}

(1. School of Energy, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. Key Laboratory of Western Mine Exploitation and Hazard Prevention of the Ministry of Education, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to effectively restore the environment and ecology of the mining area upon exploration, based on the geological mining conditions of the three mining areas of Jurassic Coalfield and the investigation and analysis on the damage evaluation on mining subsidence and environment, the paper concludes the current ecological and environmental condition during the mining process. With the divisional method of evaluation, the paper ascertains the classification of the mining damage and determinant conditions, and provides an important theoretical foundation by categorizing the area into two first-class zones according to the landform and physiognomy, into second-class zones according to the geological and environmental conditions with the previous class as the basis, into third-class zones according to the factors such as coal beds storage, mining methods, degree and damage of mining subsidence, with the scope, damage features and degrees of each zone clearly clarified.

Key words: Jurassic coalfield; mining damage; division evaluation; determinant conditions

* **Biography:** LI Bang-bang, Senior Engineer, Xi'an 710054, P. R. China, Tel: 0086 - 29 - 85583013, E-mail: zzb1bb029@126.com

(上接第 243 页)

Boltmesh supporting technology of roadways in high angle thick seam fully mechanized caving faces

SUO Yong-lu^{1,2}, ZHAO Feng^{1,2}

(1. School of Energy, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. Key Laboratory of Western Mine Exploitation and Hazard Prevention of the Ministry of Education, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: The roadway deformation and failure of high angle thick seam fully mechanized caving faces is comparatively severe in Wangjiashan coal mine. It is one of the main factors to restrict the safety and high efficiency production at the working faces. According to the observation of surrounding rock deformation and force on the bolt, the roadway and supporting by FLAD^{3D}, the authors analyze the basic features of high angle fully mechanized caving face roadway surrounding rock deformation and failure. Bolt asymmetric arrangement mode and fillet micro-arched rectangular roadway section are proposed. The field test has achieved a better technical and economical effect.

Key words: high angle thick coal seam; mining roadway; numerical simulations; boltmesh supporting

***Biography:** SUO Yong-lu, Professor, Xi'an 710054, P. R. China, Tel: 0086 - 13629205420, E-mail: shiya@xust.edu.cn