

山东省金桥煤矿塌陷地综合治理研究

寿冀平¹,张太平^{1,2},吕晓舟³

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 260000; 3. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘要:通过对金桥煤矿开发利用方案的分析,结合煤层赋存特征,进行了塌陷地预测,并与首采区实际塌陷地对比分析了预测的可靠性。按照边开采边治理的原则,提出了首采区塌陷地综合治理方案,为恢复矿山环境提供了依据。

关键词:塌陷地;综合治理;金桥煤矿;山东省

中图分类号:P642.26

文献标识码:A

山东省煤炭资源开采方法主要有充填开采法、条带开采法、覆岩离层带注浆减沉法、陷落法等。由于充填采煤法费用高,已基本不采用;而采用条带法要损失40%~60%煤炭资源;覆岩离层带注浆减沉法是一项新技术,应用的矿山还很少;陷落法目前还是主要采煤方法^[1]。金桥煤矿采用长臂式陷落法,全部冒落法管理顶板,产生地表塌陷地成为必然。由于不同煤矿煤层赋存条件、水文地质条件等各不相同,所采取的塌陷地综合治理方案必须结合实际。该文通过对煤层赋存条件分析,采取合理模型进行塌陷地预测,并与首采区塌陷地对比,进而提出塌陷地综合治理方案,符合矿山实际,具有针对性,为矿山环境恢复提供了依据。

1 矿山概况

1.1 井田范围及煤层赋存特征^①

金桥煤矿位于济宁市西南部,地处金乡县的高河乡和城郊乡境内。井田范围东起嘉祥断层,西至17煤露头线及F₃₆断层,南到F₂断层,北部以菏泽支断层为界,东西长7~9 km,南北宽5~7 km,井田总面积39.401 2 km²(图1)。

金桥煤矿的含煤岩层为山西组和太原组,属华北型含煤沉积,厚度200.80~269.24 m,煤层倾角

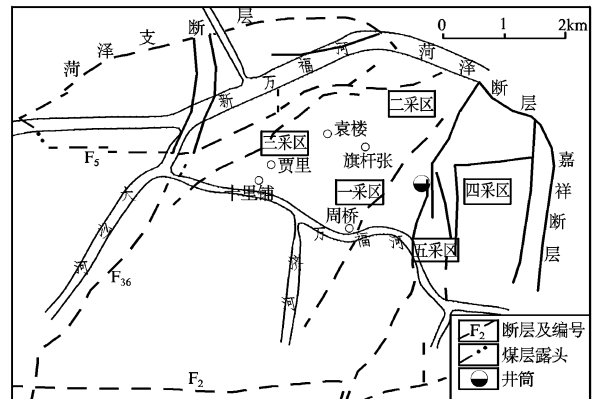


图1 井田范围与水平采区划分图

较缓,一般在6°~10°之间,共含煤19层,其中山西组含煤2~3层,太原组含煤16层,可采或局部可采5层,分别为3,12_下,15,16,17煤,平均煤厚8.84 m,其中3,16,17煤为该矿的主采煤层,平均煤厚7.30 m。煤系上覆岩层为新生代松散沉积物,厚度大于400 m,煤系基底为奥陶纪灰岩。

1.2 开采现状

金桥煤矿设计生产能力为60万t/a,其主要生产环节按90万t/a考虑。矿井服务年限为90.7年。分2个水平开采:一水平(-430 m)开采F₅以南之3煤,分5个采区,3煤层为稳定—较稳定的厚

* 收稿日期:2009-07-20;修订日期:2009-11-13;编辑:陶卫卫

作者简介:寿冀平(1963—),河北涞源人,研究员,主要从事水工环地质环境等方面工作。

①山东省地质科学实验研究院,韩树红等,济宁市金桥煤矿矿山地质环境保护治理方案,2006年10月。

煤层,厚 0.98 ~ 9.90 m,平均 5.28 m。地质储量 8 808 万 t,其中能利用储量 8 487 万 t,可采储量 2 894 万 t,设计服务年限为 34.5 年。二水平(-570 m)开采 F₅ 断层以北的 3 煤与 12_下 及 15 煤。地质储量 18 306 万 t,其中能利用储量 8 946 万 t,可采储量 4 725 万 t,设计服务年限 56.2 年。16,17 煤层因目前技术条件下不能解决矿井突水问题暂不考虑开采。煤层开采采用长壁式陷落采煤法,后退式回采,全部冒落法管理顶板。

1.3 塌陷情况

金桥煤矿自 2002 年进行开采,至今已连续开采 6 年。目前因煤矿开采已经引起了一定范围的地面塌陷等地质灾害问题,截至 2004 年 4 月,首采区地表塌陷面积已达 89.9 hm²(按地表下沉大于 10 cm 计),最大下沉深度达 2.7 m。其中水面面积 45.85 hm²,陆地面积 44.05 hm²。对区内的村庄、道路、农田、地表植被等产生了不同程度的损坏,使部分农田丧失生产功能。

2 矿山塌陷地预测与评价

2.1 塌陷地预测

2.1.1 采空塌陷预测

金桥井田共划分成 2 个开采水平,F₅ 断层以南的 3 煤为一水平,F₅ 断层以北的 3 煤与 12,15 煤作为矿井二水平。该预测主要分析金桥井田主采煤层上覆岩层的结构与岩石力学性质,从而确定岩移预测参数,在此基础上进行矿井一水平开采后地表沉陷预计。

2.1.2 预测方法

目前实际应用的岩移预测方法有典型曲线法、经验公式法、格网法和概率积分法等,其中概率积分法比较全面地考虑了影响地表移动变形的各主要因素,较为严谨。对于没有实测资料的矿区或矿井也可以有效地计算出开采影响地表的移动变形值。其原理是把整个开采单元分成无数个微小单元,因此,整个开采过程对地表的影响等于各个微元开采后对地表影响之和,地表任意点(x,y)处的下沉为:

$$W(x,y) = \int \int \frac{q \cdot m \cdot \cos\alpha}{\gamma^2} \cdot \exp\left\{\frac{-\pi}{\gamma^2}[(X-s)^2 - (Y-t-d)^2]\right\} dF \quad (\text{mm/m})$$

$$\text{任一点倾斜值: } T(x,y) = \left(\frac{W_{\max}}{\gamma}\right) e^{-\pi\left(\frac{x}{\gamma}\right)^2} \quad (\text{mm/m})$$

$$\text{任一点水平变形: } \varepsilon_{\max} = \pm 2\pi b \left(\frac{W_{\max}}{\gamma^2}\right) e^{-\pi\left(\frac{x}{\gamma}\right)^2} \quad (\text{mm/m})$$

$$\text{最大下沉值: } W_{\max} = q \cdot m \cos\alpha \quad (\text{mm/m})$$

$$\text{最大倾斜变形: } T_{\max} = W_{\max}/\gamma \quad (\text{mm/m})$$

$$\text{最大水平变形: } \varepsilon_{\max} = 1.52b \cdot W_{\max}/\gamma \quad (\text{mm/m})$$

式中:q 为下沉系数;m 为采高(m);α 为煤层倾角(°);γ = $\frac{H}{\text{tg}\beta}$,γ 为主要影响半径(m);H 为地面上待计算点(x,y)与煤层上微元点(s,t)标高差(m);d 为开采影响传播方向向下山方向的偏移量;tgβ 为主要影响角的正切值。

2.1.3 预测参数的确定

(1)下沉系数 q:条带开采时为 0.03 ~ 0.15,水砂充填时为 0.06 ~ 0.20,全部陷落法时为 0.6 ~ 0.9,该井田下沉系数取 0.85。

(2)主要影响角正切 tgβ:tgβ 的大小主要取决于岩性,根据该区的岩性影响系数及一水平采深(430 ~ 680 m),该井田取值分别为 1.87 和 1.95。

(3)水平移动系数 b:根据类似条件矿井的实测资料,考虑金桥井田的煤层埋深、采厚和松软冲积层厚度,该井田确定为 0.27。

(4)开采影响传播角 θ:开采影响传播角与煤层倾角有密切的关系,其变化规律是随煤层倾角的增大而减小,当煤层倾角 < 45° 时,有公式:θ = 90° - 0.5α。

(5)煤层厚度采用块段内钻孔,可采煤层厚度。

2.1.4 预测结果

由前面确定的岩移参数和地质采矿条件,运用概率积分法,得到一水平特征值(表 1,表 2)。

2.2 塌陷地评价

由预计结果可知,一水平开采后地表达达到充分下沉,最大下沉值为 6 632.3 mm,地表将形成 8 个大小不等的下沉盆地。盆地内最大积水深度达 1.75 ~ 3.75 m,积水面积约 1.5 ~ 2 km²,积水体积约 1.05 × 10⁶ ~ 2.8 × 10⁶ m³。

该矿区开采范围内地下潜水位埋深为 3.0 ~ 5.0 m,因此选沉降量大于 3.0 m,有发生半年或常年积水的可能,对耕作和建筑物破坏性大的区域定为危险性大;沉降量 1.0 ~ 3.0 m 为危险性中等;沉降量小于 1.0 m 为危险性小。选取地面沉陷量、倾斜变形、水平变形的最大值作为采空塌陷危险性分级依据,将金桥井田划分为大、中、小 3 个级别。

表 1 一水平各下沉值的地面塌陷面积

下沉值 (mm)	≥10	≥1000	≥2000	≥3000	≥4000	≥5000	≥6000
塌陷面积 (m ²)	1.04 × 10 ⁷	7.33 × 10 ⁶	4.95 × 10 ⁶	2.67 × 10 ⁶	9.4 × 10 ⁵	1.84 × 10 ⁵	1.1 × 10 ³

表 2 一水平预计特征值

下沉 W 最大值 (mm)		6632.3
倾斜 iz 最大值 (走向) (mm/m)	+	20.2
	-	19.5
倾斜 iy 最大值 (倾向) (mm/m)	+	30.8
	-	27.4
曲率 kz 最大值 (走向) (mm/m/m)	+	0.12
	-	0.14
曲率 ky 最大值 (走向) (mm/m/m)	+	0.19
	-	0.26
水平移动 ux 最大值 (走向) (mm)	+	1533.0
	-	1454.7
水平移动 uy 最大值 (倾向) (mm)	+	1999.9
	-	1509.7
水平变形 εz 最大值 (走向) (mm/m)	+	8.4
	-	10.4
水平变形 εy 最大值 (倾向) (mm/m)	+	12.7
	-	16.2

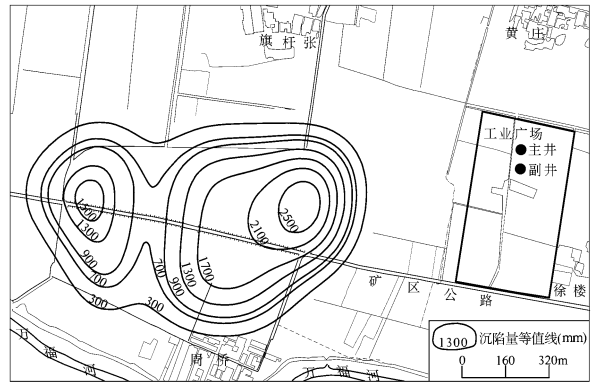


图 2 首采区地面塌陷现状图

根据一水平预测结果,通过对比首采区塌陷地现状,可以看出有很好的对应关系,说明预测结果可信。

3 矿山塌陷地综合治理方案

3.1 工程方案设计

根据有关技术资料,金桥煤矿一水平首采区目前地表塌陷面积已达 89.9 hm²,塌陷深度 0.1 ~ 2.7 m。其中塌陷的道路面积 3.84 hm²,果园面积 18.6 hm²,水塘(域)面积 2.14 hm²,农田及其他面积 65.31hm²。塌陷区积水面积已达 45.85 hm²,陆地面积 44.05 hm²(图 2)。塌陷区村庄已经搬迁,治理的目的主要是恢复土地功能和景观^[2]。

根据边开采边治理的原则,结合该矿井及塌陷区的实际情况,对首期采煤塌陷区实行综合治理工程。其工程总体布局如下:

3.1.1 工程措施总体布局

对采空塌陷区进行挖深填高,实行整地工程,填高部分用于发展农业生产,挖深部分形成人工湖,发展水产养殖和水上生态旅游观光,并对人工湖堤岸实施护坡工程,同时对塌陷区内的道路、桥涵进行规划设计,对道路排水沟进行护坡,减轻水土流失造成的危害^[3,4]。

3.1.2 植物措施总体布局

对塌陷区内的矿区公路、田间生产路及环湖路两侧营建防护林和风景林带,以达到美化环境,增加地表植被,改善农田小气候,恢复改善矿山生态环境的目的^[3,4]。

3.2 工程施工措施设计

3.2.1 工程措施设计

(1)整地工程。采取挖深填高的方法实施整地工程。经土、石方挖填平衡计算,可整平土地面积 50.18 hm²(含道路)。采用挖掘机挖装,自卸汽车运输,推土机整平进行施工。整地填高部分应先清理表土层,集中堆放,清理表土层深度 0.4 m,待回填土方达到设计高程后,再将表土层还原。填高深度为 0 ~ 1.7 m,平均填高深度为 0.7 m(图 3)。

(2)人工湖护坡工程。人工湖总面积为 39.72 hm²,深 3.0 m,正常蓄水深度 2.1 m 左右,总库容为 114.66 万 m³,正常蓄水库容 79.9 万 m³。护坡总长度 4 390 m(含桥涵长度 70 m)。其中人工湖堤岸护

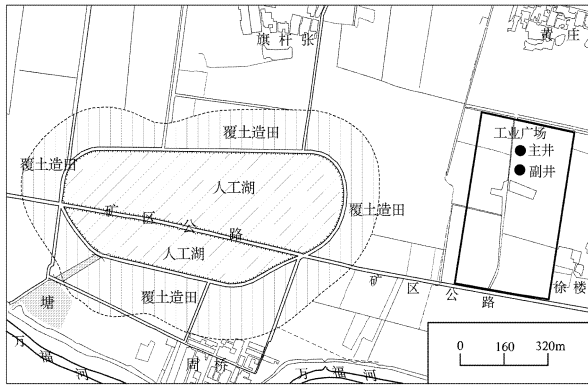


图3 综合防治措施平面图

坡长度2 590 m,矿区公路两侧护坡长度1 800 m。边坡为1:2.0,表层采用M 7.5水泥砂浆砌块石,砌石厚40 cm,下层铺设碎石、粗砂反滤层,厚25 cm。每200 m设置一处踏步,踏步路面宽200 cm,每层踏步石高15 cm,宽30 cm;路两侧设置路边石,厚12 cm。采用M 7.5水泥砂浆砌块石,M 12.5水泥砂浆勾缝。沿护坡方向,每20 m设置一道沉降缝,缝宽2.0 cm。

(3)人工湖溢洪道工程。利用塌陷区西南部的天然水塘作为溢洪道,将超标准洪水排入万福河。溢洪道洪水设计标准为20年一遇,采用100年一遇洪水标准进行校核。经初步计算,溢洪道净宽不小于20 m,深不小于2.0 m。

(4)道路排水沟护坡工程。采用M 7.5水泥砂浆砌块石,M 12.5水泥砂浆抹面、勾缝。过水断面采用梯形断面,尺寸为:下宽40 cm,上宽240 cm,深100 cm,砌石厚30 cm,边坡1:1.0。排水沟护坡总长度8 050 m。其中矿区公路排水沟护坡长度700 m,环湖路排水沟护坡长度2 590 m,生产交通路排水沟护坡长度4 760 m。

(5)道路、桥涵工程。塌陷区内需新建一条矿区公路,公路长1 250 m,路基宽12 m;环湖路1条,长2 590 m,路基宽12 m;生产交通路11条,长2 380 m,路基宽10 m。路面采用混凝土或沥青路面。新建钢筋混凝土桥梁3座,钢筋混凝土盖板涵或管涵23座。该方案对道路和桥涵工程未进行工程设计,建议改由公路部门进行专项设计。

3.2.2 植物措施设计

(1)矿区公路两侧防护林带。树种选用法桐,规格为株高3 m,胸径4 cm。公路两侧各栽一行,株

距3.0 m,两侧林带总长度2 500 m,需栽植苗木834株,采用植苗造林。

(2)田间生产路两侧防护林带。树种选用白腊,规格为株高3 m,胸径4 cm。两侧栽植,株距3.0 m。林带总长度4 760 m,需栽植苗木1 587株,采用植苗造林。

(3)环湖路两侧风景林带。树种选用垂柳,规格为株高3 m,胸径4 cm。路两侧各栽一行,株距3.0 m,两侧林带总长度5 180 m,需栽植苗木1 727株,采用植苗造林。

3.2.3 恢复治理规划标高的确定

恢复治理规划标高的确定,主要根据预测的塌陷情况、地下水位、周边地区的自然地理条件,并考虑到防洪、防旱排灌系统的设计等诸多因素综合确定的。

影响该规划区的水域有老万福河、新万福河、大沙河,河流水位一般33.7 m,该区潜水位标高一般为29.8 m左右,5年一遇洪水位为36.5 m。由以上综合得出复垦土地标高为34.2 m。在实际复垦时,复垦耕地的标高应根据当地的实际(特别是原标高)不小于理论值。

4 结语

地表塌陷地的综合治理应在技术上可行、环境上有效、经济上合理的前提下,因地制宜,制定切实可行的综合治理规划,尽量实现土地复垦,保护农业生产。对可能二次下沉且持续时间较长的地表变形区,主要用于耕作或种树造林,不可用于建设用地。常年积水区域发展水产养殖或建造水上游乐园,开展游憩、康体、度假等项目开发,增加工业场区多功能环境景观效益。

参考文献:

- [1] 彭建,蒋一军,吴健生,等.我国矿山开采的生态环境效应及土地复垦典型技术[J].地理科学进展,2005,24(2):38-48.
- [2] 王仰麟,韩荡.矿区废弃地复垦的景观生态规划与设计[J].生态学报,1998,18(5):9-16.
- [3] 姜军,程建光.煤矿矿区生态恢复与可持续发展[J].煤田地质与勘探,2001,29(4):7-9.
- [4] 李树志.煤矿塌陷区土地复垦技术与发展趋势[J].煤矿环境保护,1993,7(4):5-8.

Study on Comprehensive Management of Land Subsidence in Jinqiao Coal Mine in Shandong Province

SHOU Ji - ping¹, ZHANG Tai - ping^{1,2}, LV Xiao - zhou³

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Environmental Science and Engineering College of China Ocean University, Shandong Qingdao 260000, China; 3. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Through analysis on development and utilization plan of Jinqiao coal mine, combining with characteristics of coal strata occurrence, land collapse in this area is predicated. After contrasting with actual collapse in the first mining area, predication reliability is analyzed as well. In accordance with the principles of managing while mining, comprehensive management countermeasures for managing land subsidence in initial mining area are put forward. It will provide basis for the restoration of mine environment.

Key words: Subsided land; comprehensive management; Jinqiao coal mines; Shandong province