

防治技术

基于 GIS 的非稳沉采煤塌陷区
生态治理研究龚俊豪¹, 赵卫东^{2,3}, 赵纪堂², 周 弯², 高 飞¹

(1.合肥工业大学土木与水利工程学院,安徽合肥,230009;

2.合肥工业大学资源与环境工程学院,安徽合肥,230009;

3.安徽省生态工程技术研究中心,安徽合肥,230009)

摘要:以淮南矿业集团顾桥矿非稳沉采煤塌陷区为例,通过对该采煤塌陷区实测资料和工作面开采情况的详细分析,构建非稳沉采煤塌陷预测模型并对塌陷区发展态势进行预测。基于预测结果及土地利用信息,利用 GIS 的空间分析功能划定非稳沉采煤塌陷区的破坏等级,并据此进一步提出顾桥矿非稳沉塌陷区的生态治理模式。

关键词:采煤塌陷;预测模型;生态治理;GIS;非稳沉塌陷区

中图分类号:TD327

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2018)03-0015-08

GIS-BASED ECOLOGICAL MANAGEMENT RESEARCH IN
UNSTABLE SUBSIDENCE AREAGONG Jun-hao¹, ZHAO Wei-dong^{2,3}, ZHAO Ji-tang², ZHOU Wan², GAO Fei¹

(1.School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009,

China; 2.School of Resources And Environmental Engineering, Hefei University
of Technology, Hefei 230009, China; 3. Anhui Ecological Engineering Technology
Research Center, Hefei 230009, China)

Abstract: The unstable subsidence area in Guqiao mining area of Huainan Mining Industry Group was taken as an example in this paper to analyze the measured data of the subsidence area and the mining situation at working face. A prediction model of the unstable coal mining subsidence was set up to predict the development trend of subsidence area. Based on the prediction results and land use information, the damage level of unstable subsidence area was determined by spatial analysis functions of GIS and ecological management models were put forward.

Key words: Coal mining subsidence; Prediction model; Ecological management; GIS; Unstable subsidence area.

煤炭资源在我国工业发展中有着举足轻重的作用,其开发利用程度也相当大。随着矿区煤炭资源的大量开采,导致了诸如地面塌陷、环境污染、生态破坏等一系列问题。特别是采煤塌陷引起的耕地、道路和房屋等的破坏,给矿区农业生产和居民生活带来的负面影响越来越严重。根据采煤塌陷区地表移动的破坏情况、开采时间、是否仍在塌

陷,可将采煤塌陷区分为三种类型。第一类为稳沉塌陷区:所有煤层开采活动已结束,整个地表的塌陷活动已停止,一般造成的塌陷深度为 10 m ~20 m;第二类为基本稳沉塌陷区:第一水平煤层开采活动已结束,而第二水平煤层尚未开采,但地表塌陷活动已基本停止,整个地表处于一种基本稳定状态。该类采煤塌陷区的塌陷深度一般维持在 4 m~6 m 之间;第三类为非稳沉塌陷区:该类采煤塌

陷区的煤炭开采活动一般在最上面的第一或第二水平煤层上进行,煤炭开采工作仍在进行中,故矿区范围内的塌陷活动也在不断持续^[1-2]。本文以淮南矿业集团顾桥矿区非稳沉采煤塌陷区为研究对象,建立采煤塌陷预测模型,基于 GIS 空间分析提出非稳沉塌陷区的生态治理模式。

国外对开采沉陷理论的关注和研究始于 1838 年,比利时专家 Gonot 通过收集大量资料,于 1883 年提出了垂线理论,该理论打开了开采沉陷的研究大门^[3]。随后,“法线理论”^[3]、“二等分线理论”^[4]、“自然斜面理论”^[5]、“Hausse 理论”^[6]、“Dahl Hartmut 规则”^[7]等的提出,不断推动着开采沉陷理论向前发展。我国对开采沉陷学的研究从 1949 年新中国成立才开始。廖国华和刘宝琛(1965 年)在“随机介质理论”的基础上,发表著作《煤炭地表移动基本规律》,并首次在国内科研领域阐述了概率积分法基本原理^[8-9]。随后,钱鸣高等学者以及宋振骐等科研团队分别提出了砌体梁和关键层假说的理论^[10-11]。经过我国众多学者、专家对开采沉陷理论的深入研究,开采沉陷学已成功应用到我国煤矿开采活动中。

采煤塌陷区的生态修复理论比其他生态修复理论的内容更加丰富,主要包括对已破坏环境提出恢复措施使其还原和使已遗弃或荒废土地恢复耕种能力等两方面。国外对生态修复的研究,从 20 世纪 60 年代“生态工程”概念被提出到 1975 年以“受损生态系统的恢复”为主题的会议在美国首次举行,不仅明确了生态修复的基本概念、特征,还在如何恢复受损河流、湖泊、湿地等问题上取得了一系列进展^[12]。特别是采矿活动引起的生态破坏,引起了诸多学者的重视与研究。Runkle(1993 年)研究了矿山开采对地表土壤水分和树木生长影响及治理措施^[13]。James 和 Kuipers 等(2000 年)阐述了矿山开采的生态修复与硬岩复垦结合的做法^[14]。国外研究重点主要在土地复垦、野生动植物多样性的恢复方面。我国的生态恢复研究起始于 20 世纪 50 年代,研究重点集中在生态学方面^[15-16]。对矿区的生态修复主要与可持续发展结合进行研究^[17-18]。胡振琪(1996 年)阐述了采煤沉陷地的土地复垦及土地资源利用机理^[19];生物研究学者李清芳(2005 年)以淮北采煤塌陷区为实例,通过对淮北采煤塌陷区的土地利用模式进行分析,提出了不同土地复垦模式,为其他矿区

的土地复垦提供了一个良好的借鉴实例^[20]。近年来,GIS 和 RS 技术逐渐被利用到生态修复理论研究和工程实践中。宁茂岐(2008 年)以西南喀斯特地区为例,设计出生态修复监测系统,该系统中成功运用了 GIS 和 RS 技术^[21]。采煤塌陷地的生态修复问题已经被越来越多的研究人员和学者所重视。

综上所述,以往塌陷预测模型的研究在稳沉采煤塌陷区的地表沉陷规律、预测模拟方法、应用 GIS 实现矿区的动态监测等方面取得了较大进展。但是,尚未见到基于 GIS 空间分析技术划定采煤塌陷损害分区并进行生态修复模式方面的研究。为此,本文通过对淮南顾桥矿区非稳沉采煤塌陷进行分析和研究,利用 GIS 空间分析技术和采煤塌陷预测模型,为淮南顾桥矿区非稳沉采煤塌陷区提出合理的生态治理模式。

1 顾桥矿区概况

顾桥矿区(如图 1)位于潘谢矿区的中西部,向东离凤台县城约 20 km,矿区开采的井田面积约为 106 km²,截止 2012 年底矿井保有资源储量 177 414 万 t,可采储量 106716.9 万 t,是亚洲井工开采规模最大的矿井。顾桥矿区的全部井田按方位不同划分为 3 个分区,分别为东区、北区和南区,这三个分区又被划分为 9 个小区。目前,顾桥矿北一 11-2、13-1 上山采区已建成投产,北一 11-2 下山采区已开拓至 -880 m 辅助水平以下。当前正在开拓的采区有:北一 11-2 下山采区、北一 13-1 下山采区;顾桥南区正在开拓南二 11-2 下盘区、南二 11-2 上盘区。当前矿区采煤规划设计到 2020 年,属于典型的正在开采的非稳沉采煤塌陷矿区。2014 年该矿区的实测塌陷区面积为 11.91 km²,且基本上为积水区。据不完全统计,截止到 2010 年,矿区内耕地已采塌近 5 000 亩,2 100 多户农户失去土地,大量的房屋被破坏,给当地的经济社会发展和生态环境带来了极大的负面影响。图 2 是作者 2014 年进行采煤塌陷地表损害的野外实地调查时拍摄的顾桥矿区采煤塌陷区内房屋和耕地遭受破坏后的照片。

2 非稳沉采煤塌陷区的预测

2.1 概率积分法预测模型

概率积分法的运用是将预测对象划分为无限



图 1 研究区地理位置



图 2 房屋和耕地破坏

细小的单元, 这些划分得到的单元对矿区地表移动和破坏的影响总和就是整个矿区预测结果^[22-23]。

这些单元对矿区地表移动和破坏正好呈正态分布, 概率积分法是以正态分布函数为影响函数, 用积分法表示地表预测变形的方^[24]。概率积分法对任意形状的工作面以及采区内任一点的移动和变形均可应用, 这是概率积分法最大的优点, 另外概率积分法还具有模型相对简单, 利于参数的求取和程序编写的实现等优势^[25-26]。

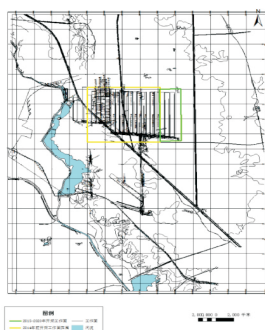
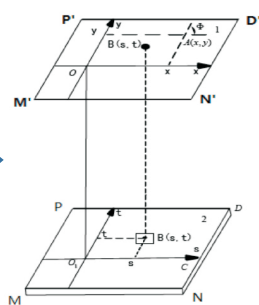


图 3 顾桥矿区工作面分布

图 4 空间坐标系(据文献^[24])

根据顾桥矿区的工作面分布图, 矿区内所有工作面均为矩形(如图 3)。选取矿区内任意工作面, 建立空间坐标系(如图 4)。假设地表开采的水平坐标用 s 表示, 地表开采的沉陷某一点 A 的水平坐标设成 x , 通过上述示意图可知, 引起地表任一点 A 的下沉预计公式为^[23]:

$$W_e(x) = \frac{1}{r} e^{-\frac{x^2}{r^2}} \quad (1)$$

上述公式中, 字母 r 代表着下沉的主要影响半径, 主要由单元开采深度和主要影响角两个影响因素决定。由公式(1)可知: 当煤炭开采假设为单元开采时, 地表发生塌陷时其预计公式符合正态分布概率密度的关系函数^[23]。

开采煤层顶板的最大下沉值可表示为 $W_0 = mq \cos \alpha$, 当开采煤层无倾斜角度时, 根据上图 4 所示, 地表单元开采导致在二维平面上任一点 A 的下沉值可表示为^[23]:

$$W(x, y) = \frac{1}{W_0} W^0(x) W^0(y) \quad (2)$$

$$W^0(x) = W_0 \int_0^{+\infty} \frac{1}{r} e^{-\frac{(x-s)^2}{r^2}} ds - W_0 \int_0^{+\infty} \frac{1}{r} e^{-\frac{(x-s-l)^2}{r^2}} ds \quad (3)$$

$$W^0(y) = W_0 \int_0^{+\infty} \frac{1}{r_{\perp}} e^{-\frac{(y-s)^2}{r_{\perp}^2}} ds - W_0 \int_0^{+\infty} \frac{1}{r_{\perp}} e^{-\frac{(y-s-l)^2}{r_{\perp}^2}} ds \quad (4)$$

上述公式中, $W^0(x)$ 代表煤层倾向主断面属于充分开采时, 对应的走向方向的水平坐标为 x 的下沉量(见公式 3); $W^0(y)$ 代表着煤层在走向主断面上属于充分开采, 对应的倾向方向的水平坐标为 y 时的下沉量(见公式 4)。公式参数意义为: m 为开采煤层厚度(米); q 为下沉系数; α 为煤层倾角(度); r 为主要影响半径(米), $r_{\perp}$, $r_{\parallel}$ 分别为倾向方向上山和下山主要影响半径。

由于采煤塌陷的下沉量不仅与工作面的煤层厚度、形状、倾角等有关, 还与其所在层位等相关, 因此每个工作面的参数选取都不相同。根据顾桥煤矿的地面塌陷监测报告中开采沉陷主要预测参数范围(见表 1), 利用 C# 编写上述概率积分法模型的计算程序, 并将表 1 中的参数设置为可手工输入。该模型计算的地面塌陷结果可导出为 ArcGIS 栅格数据格式, 以方便后续进行 GIS 空间分析和制图等。分别计算已开采的每个工作面的下沉量与塌陷范围, 然后将每个工作面的预测结果进行叠加, 最终得到整个研究区的采煤塌陷结果。

表 1 概率积分法预测模型参数

参数名称	下沉系数	主要影响角 正切	水平移动 系数	最大下沉角	拐点 偏移距
参数值	0.98~1.2	2.0~2.2	0.28~0.32	90°~(0.5~0.66)	0

2.2 模型有效性评价

为了对上述非稳沉采煤塌陷预测模型的有效性进行评价, 本文分别利用该采煤塌陷区的实测地面塌陷面积和垂向沉降量的数据对模型计算精度进行评价。评价结果表明, 该模型能够对研究区

非稳沉采煤塌陷的塌陷面积和垂向沉降量进行有效计算,计算结果可靠,可满足后续进行非稳沉采煤塌陷预测的精度要求。

2.2.1 基于实测地面塌陷面积的评价

在详细分析每个工作面参数及其空间分布形态等的基础上,利用上述非稳沉采煤塌陷模型对研究区所有已开采工作面引发的采煤塌陷区进行计算。将 2014 年野外调研的塌陷区边界点和模型计算的 2014 年采煤塌陷结果导入到 ArcGIS 中,并结合塌陷区的遥感图,最终得到实测塌陷区面积与预测塌陷区面积对比图。计算结果如图 5 和图 6 所示,从结果图中可以看出,模型计算出的采煤塌陷区的空间分布及其形态与实测采煤塌陷区基本一致。根据计算出的塌陷区面积与实测塌陷区面积的对比分析可知,2014 年野外实测塌陷区面积约为 1 191 万平方米,利用模型计算出的 2014 年塌陷区面积为约为 1 362 万平方米,计算误差约为 12.6 %。该模型计算误差较小,且计算的塌陷面积略大于实测塌陷面积,利用该模型进行非稳沉采煤塌陷区预测时得到的面积也将略微偏大,可使划定的采煤塌陷区面积变大,可在一定程度上提高基于该模型划定的采煤塌陷区边界的可靠性和安全性。因此,该模型可对非稳沉采煤塌陷区的塌陷面积进行有效预测。

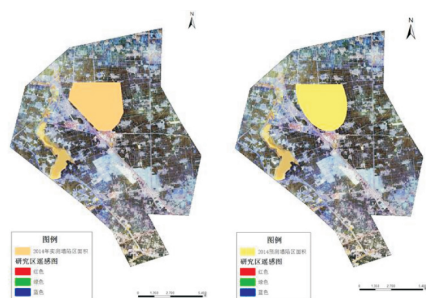


图 5 2014 年的野外实测塌陷区(左)与预测塌陷区(右)

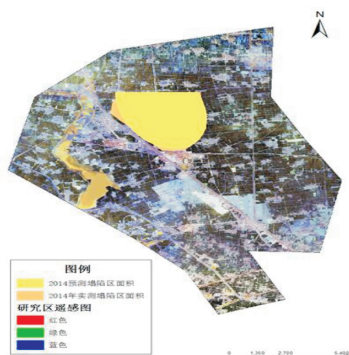


图 6 2014 年野外实测塌陷区与预测塌陷区对比

2.2.2 基于塌陷区最大下沉量的评价

为了对模型计算的地面塌陷垂向沉降量结果进行评价,本文收集了顾桥矿区现已开采完的工作面地表下沉量监测数据,重点收集了该矿区 10 个单一工作面的最大实测下沉量数据,作为模型计算结果的校验数据。利用模型分别对 1113(1)、1115(1)、1117(1)、1122(1)、1113(3)、1117(3)等工作面的最大下沉量进行计算,得出地面塌陷的实测最大下沉量与模型计算最大下沉量对比如表 2 所示。

表 2 实测最大下沉量与计算最大下沉量对比

工作面名称	实测下沉量(m)	计算下沉量(m)	误差(%)
1117(3)	2.98	3.12	4.7
1113(1)	5.02	5.36	6.8
1111(1)	4.65	5.14	10.5
1111(3)	2.89	3.21	11.1
1115(1)	5.19	5.49	5.8
1115(3)	5.37	5.63	4.8
1117(1)	4.95	5.25	6.1
1121(1)	4.51	5.16	14.4
1122(3)	2.98	3.24	8.7
1123(1)	2.61	2.98	14.2
1122(1)	3.11	4.01	16.6
1112(3)	7.58	8.24	8.7
1232(3)	5.85	6.17	5.5

从该表中可以看出,塌陷区最大下沉量的实测值与计算值基本吻合,计算值略大于实测值。计算结果表明,两者最大误差为 16.6 %,最小误差为 4.7 %,平均误差为 9.1 %。最大沉降量的计算平均误差略优于大多数类似模型的计算误差 10 %,表明该模型可对非稳沉采煤塌陷区的垂向沉降量进行有效预测。

2.3 非稳沉采煤塌陷区的预测

综上所述,本文构建的非稳沉采煤塌陷模型不仅能够有效计算出采煤塌陷区塌陷面积,而且还能有效计算出地表垂向沉降量。为此,本文根据顾桥矿 2016 年到 2020 年的年度煤炭开采规划方案,利用非稳沉采煤塌陷模型对未来 5 年研究区采煤塌陷区的塌陷面积进行预测。利用 ArcGIS 软件把预测结果叠加到顾桥矿遥感图上,形成 2020 年顾桥矿采煤塌陷区分布图(如图 7)和未来五年的动态扩展分布图(如图 8)。

从图 8 中可以看出,无论是野外实测塌陷区还是模型计算出的采煤塌陷区,其平面分布形态与其对应的采煤工作面的分布基本一致。根据模型预测成果,未来 5 年该采煤塌陷区主要往东南的方向扩展,其扩展方向与未来 5 年规划开采的

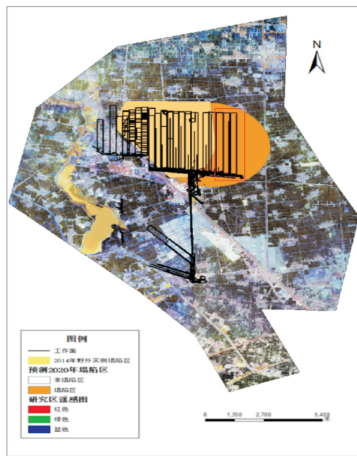


图 7 顾桥矿 2020 年预测塌陷区范围

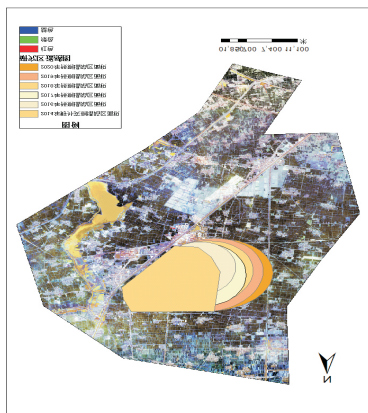


图 8 预测塌陷区动态扩展分布(2016-2020)

表 3 2016-2020 年不同年份塌陷区面积

年 份	2016	2017	2018	2019	2020
塌陷区面积 (km ²)	14.59	15.85	16.39	17.16	17.62
较上年份增加面积 (km ²)	0.82	0.99	0.81	0.77	0.46

最东面工作区的分布完全一致。根据预测,未来 5 年该采煤塌陷区的面积将由 2016 年的 14.59 km² 向东南方向扩展到 2020 年的 17.62 km², 共增加了 5.71 km², 平均每年增加 0.76 km²。此外,研究区西部虽然也规划布置了少量的开采工作面,但由于西部地表为顾北矿生产区和城镇生活区,开采过程中根据相关规范留设了大量保护煤柱,从而使采煤塌陷区无法往西扩展。

3 非稳沉采煤塌陷区生态治理模式

3.1 基于 GIS 的采煤塌陷区损害等级划分

结合上述非稳沉采煤塌陷区的预测塌陷面积及地面沉降量,利用 GIS 空间叠加分析等功能,对预测出的采煤塌陷区内的地表破坏程度进行等级划分,为后续非稳沉采煤塌陷区生态治理模式研

究奠定基础。由于我国目前还没有建立专门针对开采沉陷区地表损害分级国家标准,故本文采用地表下沉值作为分级标准,选取李白英等确定的土地沉陷损害分级^[27](表 3),对采空塌陷区的地表开采损害等级进行量化和预警。对于采煤塌陷区内的耕地和其他各类用地,当地表开采损害级别达到 B 级以上时发布相应的采空塌陷地质灾害预警信息。

表 4 地表开采损害分级

等级	地表下沉深度/mm	对土地的影响
A	100~500	轻微影响
B	500~1500	产生明显的影响
C	1500~3000	产生严重影响
D	>3000	一般积水而无法耕作

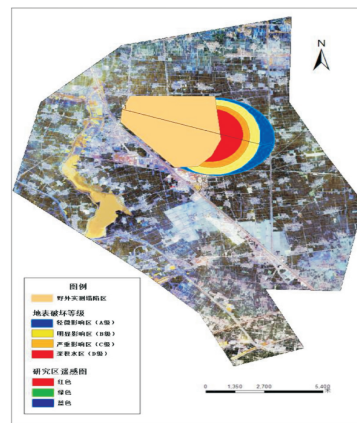


图 9 采煤塌陷预测区损害等级

从图 9 中采煤塌陷区的预测地表损害破坏等级的空间分布形态可知,图中蓝色区域的地面塌陷深度为 100~500 mm,多为泥泞分布区域(A 级损害区域),一般没有积水;黄色区域的塌陷深度为 500~1 500 mm,有少量积水,多为沼泽分布区域(B 级);橙色区域塌陷深度一般为 1 500~3 000 mm,为中潜水位塌陷区(C 级);红色区域的塌陷深度大于 3 000 mm,为高潜水位塌陷区,积水比较深(D 级)。

3.2 基于地表损害分级的生态治理模式

根据顾桥矿未来 5 年的煤炭开采年度规划,该矿未来 5 年的主要开采工作面布置在研究区的东部,将主要引发研究区东部的地面塌陷。也就是现有的积水主塌陷区将向东南方向动态扩展延伸,并逐步形成高潜水位塌陷区、中潜水位塌陷区、沼泽分布区和泥泞分布区域。因此,结合这类动态扩展的非稳沉采煤塌陷区的积水情况、水质状况

和地面沉降等综合特征,本文尝试提出能够适合不同塌陷分区的生态治理模式,为未来开展塌陷区生态修复、水环境治理等提供重要理论依据。首先,以图9中地表损害的4个等级为基础,依据塌陷区下沉量和积水情况,将未来的地表塌陷区划分为5个分区(图10),分别为深水位区(D级)、中水位区(C级)、浅水位区(B级)、水陆交替区和陆地塌陷区(A级)。为更好表现该塌陷区的垂向塌陷情况,绘制1~2线的采煤塌陷区剖面示意图(图10)。基于上述预测的未来5年的顾桥矿采煤塌陷分区,本文分别提出适合每个塌陷分区的生态治理模式。

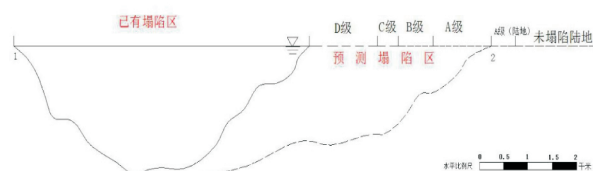


图10 预测的2020年采煤塌陷区1~2线剖面分区

深水位区生态治理模式:该区域直接与当前已形成的大面积塌陷区积水相连,根据实测水深并结合模型预测下沉量,该塌陷分区的水域面积为 1.45 km^2 ,水深范围为 $3\text{ m}\sim 8.82\text{ m}$ 。利用野外采集的水样数据对该区域的水质状况进行综合评价,结果表明当前积水区70%的水样水质达到了Ⅲ类或Ⅳ类,水质情况较好。该区最适合的治理模式为网箱水产养殖模式。该分区水域面积大,水体深,且水质状况良好,可充分发挥大面积塌陷积水盆地的水产养殖优势。由于该塌陷积水区没有接受其他自然活水补给,属于封闭式水域,有助于鱼类产卵量的增加和鱼类生长。特别是在该区域进行网箱养鱼时无需购买防鱼溜走的相关设备,使养殖人员的捕捞和管理更加方便,可减少养殖的前期投入资金,并增加养殖收益。

中水位区治理模式:该区水域面积约为 0.95 km^2 ,水深一般为 $1.5\sim 3\text{ m}$ 之间,属于中水位塌陷区。作为高水位区外围的浅水地带,该区域的生态治理模式不仅要适合该区域水位较浅的特征,还应和与其相邻的高水位区的生态利用模式相辅相成,主要有以下两种模式:

围栏水产养殖模式:相对于前述的高水位区,该区水底地势较平坦且水深较浅,适合围栏养鱼。

鱼种以鲢、鳙鱼为主,网围养鱼对水域的深度要求低,投资成本较低,管理相对简单。

水生蔬菜培植模式:在该区培植水生蔬菜,可在一定程度上改善整个塌陷积水区的水质和维持良好的生态平衡体系。可在该区培养植藕、菱角、良种芦蒿、良种菜藕、水芹等蔬菜。此外,还可以结合旅游和生态景观需求,适当栽种部分紫莲和白莲等长势较好,美观的水生植物,一方面可用于水产养殖的饲草及观赏,同时也有利于降低水体中N、P含量,改善水质环境。

浅水位区治理模式:该区水域面积约为 1.71 km^2 ,积水深度浅,水深一般为 $0.5\sim 1.5\text{ m}$ 之间,一般多为天然沼泽,主要为芦苇等水生植物生长区。主要包括以下两种模式:

精养鱼塘模式:该区积水不深,可适当将积水区用挖深垫浅法建造精养鱼塘,鱼的品种可选鲢鱼等易活鱼种。另外,根据前述的采煤塌陷趋势预测结果,可在东北方向受地面塌陷影响较小的塌陷积水区边界处,开发一个垂钓区,专供游人垂钓,把养鱼与旅游垂钓相结合,进一步提高经济效益。

水禽养殖模式:由于上述两个塌陷分区已融入了部分旅游观光模式,可进一步在该区域养殖可用于观赏的天鹅、雁、鸭类等水禽。这些水禽养殖成本低、周期短、见效快,不仅具有良好的观赏和经济价值,而且对于改善整个塌陷区的生态平衡也具有重要意义。对于这些水禽的陆地栖息建筑物,根据实地调研和采煤塌陷预测结果,在塌陷积水区西南部有大量的煤矸石,东南部分布有村庄,均无法建立水禽养殖场所。故水禽养殖地可建立在塌陷积水区东北部,靠近采煤塌陷积水区的地方。

为了确保上述三个分区中养鱼模式的成功运行,在确保良好经济效益的同时又能保证当地环境不被破坏,对于采煤塌陷区的大面积渔业用地,可整体承包给养殖企业,由企业实行统一经营和管理。养殖企业既可自主经营,也可以把大鱼塘分割为小片鱼塘承包给当地农民或他人经营,从而可在一定程度上解决部分失地群众的就业问题,产生良好的社会 and 经济效益。

水陆交替区生态治理模式:该区域面积约为 1.60 km^2 ,主要为泥泞土地,周围分布塌陷区台田、池埂、池坡等,对该区域的生态治理应充分利用积

水区域和陆地区域相结合的利用模式,也就是水旱草地种植模式。

水旱草种植模式:由于前述三个塌陷分区均重点发展水产养殖业,可在本区域附近的田埂、池埂、池坡及水边附近零星荒废的土地上种植各类陆生饲料作物。该类作物可作为鱼类饲料,可种植黑麦草、苏丹草、苦买菜等作物。此外,可在该区域的水沟、低洼积水区适量种植一些水生饲料作物,如水葫芦、茭萍、绿萍等。这些作物既可在一定程度上净化水质,维护整个塌陷水域的生态平衡,又具有一定的景观效应,同时还可作为鱼类良好的饲料。该类作物种植容易、生命力较旺。在这些作物成熟脱落前,可将其晒干压碎后与其他鱼类粮食混合,一起用于喂养鱼类。

陆地塌陷区生态治理模式:该区域主要为荒废的农田、荒地和村庄等,位于塌陷积水区周边。地表由于受到采煤塌陷影响,一般不同程度上出现地表开裂、倾斜以及房屋开裂等现象,为典型的塌陷荒废土地。尽管如此,由于该区域属于采煤塌陷区的最外围边缘,与塌陷积水区相比,其地面沉降幅度总体要小得多。为充分利用该类荒废土地,可在该区域建立养禽综合利用生态模式。

养禽综合利用模式:根据矿区土地利用情况,养禽基地可建在靠近采煤塌陷积水区的东北部。可利用废弃村庄里的平坦地面搭建一层简易养殖大棚,既可保证建筑物安全,又可大量节约养殖成本。在塌陷区陆地边界附近建立鸡鸭养殖基地,可与塌陷积水区的养鱼业有机结合,形成良性食物链,进一步提高养鱼养禽的综合经济效益。一方面,家禽动物的喂养饲料可充分利用种植或荒地上野生的草类植物;另一方面,喂养家禽的粪便中含有丰富的有机物和有效氮磷肥,可作为农用肥适量添加到塌陷水体中。此外,鸭、鹅等家禽在塌陷水体中放养时可带动水塘中底泥和水面的翻腾,也可在一定程度上加快鱼塘生物的物质和能量循环利用。另外,塌陷区特有的塌陷水体及荒废坡地、农田等生态环境对家禽动物的快速生长和产量提高都十分有利。

4 结论

针对淮南顾桥矿区这一典型非稳沉采煤塌陷区具有的采煤塌陷范围大、地表沉降尚未停止、塌陷区已形成大面积连片水体等现状,通过对采煤

工作面的合理概化,构建出的非稳沉采煤塌陷预测模型具有较高地面塌陷预测精度,可满足该采煤塌陷区的塌陷面积和垂向沉降量的模型预测要求。基于上述预测模型对塌陷区 2020 年的塌陷预测成果,构建地面塌陷损害分区,并据此提出适合各个分区特色的一系列生态治理模式。该生态治理模式借助 GIS 技术充分考虑塌陷积水区的面积、平面分布形态、地表沉降量和积水深度等诸多因素,通过渔业和家禽养殖相结合、生态环境保护与旅游观光并举等方式构建一个完整的非稳沉采煤塌陷生态综合治理体系。该体系是对现有采煤塌陷区生态修复治理模式探索的有益补充,对我国其他地区的非稳沉塌陷区的生态修复和治理具有重要借鉴和指导意义。

参考文献

- [1] 张宏刚.对淮南采煤塌陷区治理若干问题的探讨[A].重庆市水产学会.中国南方十六省(市、区)水产学会渔业学术论坛第二十六次学术交流大会论文集(上册)[C].重庆市水产学会:2010:6.
- [2] 申玉敏,高良敏,李少朋等.淮南顾桥采煤沉陷积水区水质现状研究[J].河南城建学院学报,2014,23(1):45-50.
- [3] 纪万斌.塌陷学概论[M].北京:中国城市出版社,1994.
- [4] Whittaker B.N. Surface subsidence aspects of room and pillar mining [J]. Mining Department Magazine, University of Nottingham, 1985, 37:59-67.
- [5] Asaoka A. Observational procedure of settlement Prediction[J]. Soils and Foundations, 1978,18(4):87-101.
- [6] F.G. Bell, M.G. Culshaw, J.C. Cripps. etc. Engineering geology of underground movement [M]. London, The Geological Society, 1998.
- [7] A.C. Waltham. Ground subsidence [M]. New York, Chapman and Hall, 1989.
- [8] 刘宝探,廖国华.煤矿地表移动的基本规律[M].北京:中国工业出版社,1965.
- [9] 何国清,杨伦,凌震娣,贾凤彩,洪钲.矿山开采沉陷学[M].北京:中国矿业大学出版社,1991.
- [10] 钱鸣高,缪协兴,许家林.岩层控制中的关键层理论研究[J].煤炭学报,1996(3):225-230.
- [11] 许家林,钱鸣高.关键层运动对覆岩及地表移动影响的研究[J].煤炭学报,2000(2):122-126.
- [12] National Research Council. Restoration of aquatic ecosystems [M].Washington D C:Nat AcadPress, 1992:552.
- [13] Runkle. Effect of long wall mining on surface soil moisture and tree growth [A].Processings of 3rd subsidence work-shop due to underground mining[C]. Kentureky,22-25,Jun,1993:173-181.
- [14] James R.Kuipers, P E. Hardrock reclamation bonding practices in the western United States [R].National. Wildlife federation, February 2000.

- [15] 李健,钟惠波,徐辉.多元小集体共同治理:流域生态治理的经济逻辑[J]. 中国人口.资源与环境,2012,12:26-31.
- [16] 韩黎.生态河道治理模式及其评价方法研究[D].大连理工大学,2010.
- [17] Bradshaw A D. Pollution and evolution. In: Mansfield T A. ed. Effects of Air Pollutants on Plants. Cambridge: Cambridge Univ. Press,1976.135-139.
- [18] Lothenbach B, Krebs R, Furrer G, et al. Immobilization of cadmium and zinc in soil by Al-montmorillonite and gravel sludge. Eur.J.Soil Sci,1998,49:141-148.
- [19] 胡振琪,毕银丽.试论复垦的概念及其与生态重建的关系[J]. 煤矿环境保护,2000,14(5):13-16.
- [20] 李清芳等. 煤矿塌陷区不同复垦方法及年限的土壤修复效果研究[J]. 淮北煤炭师范学院学报.2005,3,26(1):49-51.
- [21] 宁茂岐,付宇文,方启彬,等.西南喀斯特地区小流域水土流失

- 生态修复监测系统设计—以贵州毕节市石桥小流域为例[J].2008(1):5-59
- [22] 王超.济宁市采煤塌陷地预测和治理模式研究[D].山东农业大学,2011.
- [23] 李文梅,张红日,覃志豪,公言杰.济宁市采煤塌陷地状况与治理途径研究[J].山东科技大学学报(自然科学版),2008,06:24-28.
- [24] 何国清,杨伦,凌赓娣,贾凤彩,洪钺.矿山开采沉陷学[M].北京:中国矿业大学出版社,1991.
- [25] 刘敬龙,徐榕,刘学田.济宁市采煤塌陷区现状及变化趋势研究[J].济宁学院学报 2009,02:94-96.
- [26] 贺林. 乌鲁木齐矿区急倾斜煤层开采地表移动变形规律研究[D].西安科技大学,2008.
- [27] 李白英,郭惟嘉.开采损害与环境保护[M].北京:煤炭工业出版社,2004.

(上接第 38 页)

案以及考核制度,在工作中做到有据可依。先进管理人才的培养,也有助于新型管理手段的引进,利用现代信息技术使得管理更加系统化、现代化,整个环保工作体系更加健全,随着环保工作者素质的不断提升,环保工作效率也会大大的提升。

4.4 引进先进技术及设备

随着科技的不断发展,技术的革新步伐越来越快,煤矿企业要跟得上时代的步伐,淘汰老旧的生产技术与生产设备,及时更新技术,提高企业员工的职业技能。对于在煤炭开采过程中,产生极大噪音的设备进行降噪处理,通过设备的改造或是设备的更换,使噪声达到相关噪声标准^[3]。对生产技术的创新不仅有利于生产效率的提高,还有助于环保科技的研发,环保工作形式变得多样化。增加与高校之间的交流,将相关院校的研究成果与

生产实践相结合,尽快将理论应用于实际中。

5 结语

随着煤炭企业的不断发展与时代的要求,环保工作对于煤矿企业的可持续发展具有深远的意义,在煤矿作业的过程中,平衡好生产与环保的关系,促进煤矿环保工作的建设,通过对煤矿环保工作的改进,有助于煤矿环保工作的开展,有助于生态环境的保护。

参考文献:

- [1]孙铭喆.新形势下如何搞好煤矿环保工作[J].硅谷,2014(4):123.
- [2]刘楠.加强煤矿企业环保意识与构建绿色矿山的路径[J].理论观察,2015(2):49-50.
- [3]孟江.浅议在新形势下如何搞好煤矿环保工作[J].环境与生活,2014(5):23.

(上接第 43 页)

3 结语

煤炭的开采已经对我国生态环境造成了很大的破坏,响应“清洁生产”的号召,寻求提高煤矿环保的有效对策是具有实际意义的,以长远来看,对煤炭行业的可持续发展具有重要的作用。

参考文献

- [1]周海东.论煤矿“三废”与环境保护[J].煤矿环境保护,2012,三期:5-8.
- [2]王一淑.推进煤矿环保构建和谐绿色矿山[J].洁净煤技术,2011,四期:104-107.
- [3]王悦.浅析新形势下做好煤矿环保工作的对策.能源与节能,2017,四期:108-109
- [4]朱玉高.绿色矿山建设中煤矿环保技术的应用.化工管理,2014,七期:56-57
- [5]王继宏.新形势下煤矿环保工作探讨.机械管理开发,2016,六期:77-78