

凤台县地质环境承载力评价与监测预警

贾立斌^{1,2}, 袁国华^{1,2}

(1. 中国国土资源经济研究院, 北京 101149;

2. 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 101149)

摘要: 安徽省凤台县地处平原和丘陵地区, 是典型的矿业经济区。影响地质环境承载力的主要因素是地质构造、矿山地质环境和水土质量。本文从地质构造稳定性、采空塌陷风险性和水土质量安全性三个方面对凤台县地质环境承载能力进行了评价与监测预警。结果显示, 凤台县地质构造稳定性评价结果为岳张集镇等四个乡镇为稳定区, 其他乡镇为次稳定区; 采空塌陷风险性评价结果为岳张集镇等九个乡镇为高风险区, 刘集镇为中风险区, 其他乡镇为低风险区; 水土质量安全性评价结果为超载。预警结果显示, 桂集镇等三个乡镇为巨警, 岳张集镇等六个乡镇为重警, 刘集镇为轻警, 其他乡镇为无警。根据评价结果开展了成因分析, 提出加强采空塌陷的调查评价与监测预警管理、加快推进塌陷区综合治理、加强水土质量监测与利用管理等对策建议。

关键词: 地质环境承载力; 矿山地质环境; 评价; 监测预警; 凤台县

中图分类号: X821 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051(2018)09-0102-07

Carrying capacity assessment, monitoring and warning for geological environment in Fengtai county

JIA Libin^{1,2}, YUAN Guohua^{1,2}

(1. Chinese Academy of Land and Resource Economics, Beijing 101149, China;

2. The Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 101149, China)

Abstract: Fengtai county in Anhui province is a plain and hilly area. The main factors affecting the carrying capacity for geological environment are geological structure, mine geological environment, and soil and water quality. The paper completed carrying capacity assessment, monitoring and warning for geological environment in Fengtai county. The results show that, geological structure stability for four towns are stable region, other towns rough stable region; the risk of collapse of the mining area for nine towns are the high risk area, one town the central risk areas, others low-risk areas; safety of soil and water quality is overloading in Fengtai county. The early warning results show that, three towns is huge, six towns serious, Liuji town light and other no warning. According to the evaluation results, the cause analysis was carried out and some countermeasures were put forward, such as strengthen investigation and assessment, monitoring and warning management, promoting comprehensive governance for collapse of the mining area, and strengthen monitoring and utilization of soil and water quality.

Keywords: geological environment carrying capacity; mine geological environment; assessment; monitoring and warning; Fengtai county

收稿日期: 2018-01-05 责任编辑: 赵奎涛

基金项目: 国家重点研发计划专项“土地资产负债表与资源承载力评价技术与应用”资助(编号: 2016YFC0503501); 部门预算项目重大专题“国土资源环境承载力评价顶层设计与成果集成应用研究”资助

第一作者简介: 贾立斌(1972—), 女, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为国土资源经济管理, E-mail: jlb_1972@126.com。

通讯作者简介: 袁国华(1965—), 男, 荷兰 ITC 学院硕士, 研究员, 主要研究方向为国土资源经济管理, E-mail: Ghyuan@126.com。

引用格式: 贾立斌, 袁国华. 凤台县地质环境承载力评价与监测预警[J]. 中国矿业, 2018, 27(9): 102-108. doi: 10.12075/j.issn.1004-4051.2018.09.011

地质环境是由岩石圈、水圈和大气圈交接组成的地球环境系统,是人类赖以生存和发展的基本场所和物质基础。随着人口增长、经济发展与科技进步,人类改造自然的对地质环境的影响也呈现空前增长态势,并因此产生了严重的环境问题,带来了一系列的危害和灾难。为此,业界开展了大量关于地质环境承载力的研究。20世纪90年代初,肖炳成^[1]从人口、面积角度提出城市地质环境承载力,计算了城市地质环境承载指数。夏玉成^[2]提出了矿山地质环境承载力,建立了煤矿区地质环境承载能力评价指标体系及评价方法。但其后研究者更多地从地质环境容量角度对地质环境质量进行评价研究,直到马传明等^[3]提出地质环境承载力的概念,将地质环境承载力作为单独对象进行研究。地质环境承载力是指一定时期、一定区域范围内,在维持地质环境系统结构不发生质的改变,地质环境系统功能不朝着不利于人类社会、经济活动方向发展的条件下,地质环境所能承受人类活动的影响与改变的最大潜能。地质环境承载力可以从以下三个方面进行分解:一是可能提供给人类利用的地质资源限值,即水土资源承载力;二是对人类工程活动排放的有害废弃物的最大容纳能力;三是地质环境对人类工程活动的最大忍受程度^[4]。也有学者将其定义为某一时期,在维持区域地质环境系统功能与结构不发生变化的前提下,地质环境所能提供的对人口及社会经济活动的最大支撑能力^[5]。更有学者将地质环境与生态相结合,提出生态-地质环境承载力^[6]。地质环境承载力的概念从本质上反映了地质环境与人类活动之间的辩证关系,建立了地质环境与人类活动之间的联系纽带,为地质环境与人类活动之间的协调发展提供了理论依据。

本文将地质环境承载力归纳为,在一定时间、技术及生态环境条件下,区域地质环境所能承受的所有人类活动的规模和强度。前提条件指出了地质环境承载力的客观性和动态性,规模和强度揭示了承载主体与客体之间的承载关系^[7]。承载主体与客体之间的承载关系是目前地质环境承载力研究的落脚点,也是难点。本文结合项目研究,强调地质环境承载主体的核心要素除了地形地貌外,主要有区域地壳稳定性、地质灾害密度与强度、矿山地质环境。在矿业经济区,矿山地质环境因素影响突出^[8]。本文从地质环境基础及地质环境对人类社会的影响两个方面,开展了凤台县地质环境承载力评价与监测预警实践。

1 凤台县地质环境概况

1.1 地质环境背景

凤台县位于安徽省中部偏北,淮河中游,淮北平原南缘,地势低平,地貌类型有平原、波状平原、丘陵等。凤台县境内地下水资源丰富,地表径流密布,焦岗湖、城北湖、花家湖、姬沟湖等分布其间,淮河、西淝河、永幸河、茨淮新河等穿境而过,可通长江达江浙。凤台县在大地构造单元中,属中朝准地台淮河台坳和江淮台隆的复合部位,境内构造为淮南复向斜,其两翼地层由晚太古代和古生代变质岩系组成,向斜核部以石炭纪、二叠纪煤系地层为主,其间构造较为发育。除东西向断层发育外,其南北向断层也较为发育,如阜风断层。除此之外,在淮南复式向斜范围内发育大小不等的次级褶曲。凤台县拥有丰富的煤炭、磷矿石、耐火土、石灰石等矿产资源,尤其是煤炭储藏较大,地处两淮煤田的中心地带,探明储量达120亿t,可开采储量达100亿t,是全国深井采煤第一大县。

1.2 地质环境类型与特点

地质环境承载力大小主要受到地形地貌、区域稳定性、矿山地质环境及地下水等众多因素的影响。

1) 地质灾害。凤台县属于平原和丘陵地区,地质灾害隐患点从2012年的7处到2016年的5处,基本不存在造成人员伤亡和财产损失的危险。

2) 矿山地质环境。凤台县矿山地质环境问题主要为采煤引起的地面塌陷。煤矿开采造成土地损毁,严重减少了耕地,破坏了生态环境,威胁到周边群众的住房安全。

3) 地面沉降。凤台县水资源利用主要以地表水为主,地下水开采造成地面沉降的因素对凤台县的影响较小,可以忽略不计。

4) 岩溶地面塌陷。主要涉及凤台县城,为开采岩溶水所致。近年来,凤台县根据勘查治理意见,采取限采地下水、对塌陷坑进行压密注浆处理等有效措施,对岩溶地面塌陷隐患点进行治理。通过5年的监测成果分析,该地质灾害隐患点已趋于稳定。

综上,凤台县地质灾害主要成因是长期从事采矿工程和其他人类工程活动,并由此产生的一系列地质灾害,使地质环境产生巨大的变化。对凤台县地质环境影响较大的因素主要有地质构造稳定性、矿山地质环境和水土环境。采煤引发的塌陷,造成耕地损毁、道路水系受损,群众生产生活空间受到影响,村庄搬迁矛盾重重,工农关系日益紧张,深层次社会矛盾剧增。因此,本文构建凤台县地质环境承载力评价指标体系,见表1。

表1 地质环境承载力评价指标体系

评价因子	现状评价指标	参数指标
构造稳定性	断裂活动性	断裂分布
	地震烈度等级	地震动峰值加速度
矿山地质环境	采空塌陷风险性	采空塌陷危险性
		采空塌陷易损性
水土环境	浅层地下水环境	地下水水质优于Ⅲ类的比重
	土壤质量	土壤质量等级

2 地质环境承载状态评价

地质环境承载力评价以乡镇为单元,结合国土功能定位,选择集成评价因子评价结果,对风台县地质环境承载能力进行综合评价。

2.1 构造稳定性

2.1.1 断裂活动性

就新构造运动而论,风台县是淮河中游地区较为显著的地方之一,也是历史上安徽省少数几个曾发生过六级以上地震的地区之一。据《中国地震资料年表》记载,“1831年11月28日,风台发生6.25级地震,平阿山民房犯五百余间,压毙多人”。平阿山即明龙山,山虽在怀远境,但地近淮南、风台。淮南、风台、寿县一带,在地质构造单元为淮南复向斜之一部分。淮南复向斜在新第三纪以后仍在明显活动,两翼(主要是南翼)节奏性抬升,槽部节奏性沉降,同时也使一些老断层复活,一些新断层产生。尚

塘断裂东西走向,断面向北倾斜,倾角约 70° ,为刘府断裂的组成部分,在风台县境内约长15 km,西自利辛县入境,北延至蒙城县境内。桂集向斜,为淮南复式向斜之一部,以桂集为中心,向东、西至县界,境内约长30 km,大部分为第四系覆盖。丁集背斜是潘集背斜向西北延伸部分,在境内长14 km左右,西北走向,平面上略有弯曲,轴部向西北部倾斜。

根据安徽省断裂带分布,叠加至安徽省风台县行政区域,得知F16临泉-刘府断裂经过尚塘镇、朱马店镇、古店乡、关店乡和大兴镇5个乡镇,F17颖上-定远断裂经过新集镇,因此判断尚塘镇、朱马店镇、古店乡、关店乡、大兴镇和新集镇6个乡镇为次稳定区,其他地区为稳定区(表2)。

2.1.2 地震动峰值加速度

根据《安徽省地震序列的类型与分布特征研究》,风台地震特征属于相对安全类^[9]。本文将中国地震动峰值加速度区划,叠加至安徽省风台县行政区域,得出风台县各乡镇地震动峰值加速度值及地震烈度等级(表2)。

2.1.3 地质构造稳定性评价

按照取劣原则,综合断裂活动性和地震烈度等级,判断风台县地质构造稳定性(表2),其中岳张集镇、顾桥镇、钱庙乡和杨村镇为稳定区,其他乡镇为次稳定区。

表2 风台县各乡镇地质构造稳定性评价

乡镇	朱马店镇	新集镇	岳张集镇	顾桥镇	凤凰镇	丁集镇	关店乡	大兴镇	刘集镇	桂集镇	钱庙乡	杨村镇	尚塘镇	古店乡	城关镇	李冲回族乡	风台县经济开发区
断裂分布	F16	F17	—	—	—	—	F16	F16	—	—	—	—	F16	F16	—	—	—
断裂活动性	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
地震动峰值加速度	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.067	0.1	0.075	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1
地震烈度等级	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
地质构造稳定性	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

注:F16-临泉-刘府断裂;F17-颖上-定远断裂。

2.2 矿山地质环境

风台县矿山地质环境承载能力评价指标主要是采空塌陷风险性。由采空塌陷危险性与采空塌陷易损性叠加取劣,判断采空塌陷风险性,分为高、中、低三个等级。

2.2.1 采空塌陷危险性

采空塌陷危险性采用采煤引起塌陷的易发程度

来表征。根据风台县境内矿井分布密度和规模以及历年来的塌陷面积,利用GIS叠加至风台县乡镇级行政区域,按照塌陷面积及变化趋势划档,确定各乡镇的采空塌陷危险等级,分为极高易发、高易发、中易发、低易发4个等级。

风台县采煤塌陷涉及9座煤矿矿井,其中主矿井位于境内的有7座,分别为张集矿、顾桥矿、顾北

矿、丁集矿、新集一矿、新集三矿、杨村矿;主矿井位于县境外的有 2 座,分别为新集二矿和朱集西矿。

张集矿、顾桥矿、顾北矿等 9 座矿井均有多层可采煤层,由于各矿可采煤层的厚度和开采深度不同、岩石的硬度和强度不同、生产能力和开采方式不同等,所以各矿开采塌陷的最大深度、塌陷面积及变化趋势等方面都有很大不同。根据《安徽省风台县采煤塌陷区产业发展规划 2011~2020 年》,2010 年底,风台县境内形成大约 92 895 亩^①塌陷区,主要涉及岳张集镇、顾桥镇、新集镇、关店乡、刘集镇、钱庙乡、桂集镇、丁集镇等 8 个乡镇。截至 2020 年底,全县塌陷区面积预计将达到 2010 年底塌陷面积的 2.37 倍以上,占全县总面积的 13.4%,占耕地面积的 31.9%。

根据塌陷面积三年平均值判断采空塌陷危险性,超过 3 万亩的岳张集镇和顾桥镇为极高易发,塌陷面积在 1 万~3 万亩之间的丁集镇、关店乡、桂集镇、新集镇和杨村镇为高易发,小于 1 万亩的刘集镇、大兴镇和钱庙乡和为中易发,其他乡镇为低易发。

2.2.2 采空塌陷易损性

考虑数据的可获性及塌陷危害的可量化性,本文采用塌陷引发的搬迁人数来表征采空塌陷易损性,分为极高易损性、高易损性、中易损性和低易损性四个等级。

风台县采煤塌陷区所涉及的村庄搬迁户数和人

数情况见图 1,按搬迁人数将风台县采空塌陷易损性划分为四档。超过(包括)2 000 人的岳张集镇、钱庙乡、桂集镇、关店乡、丁集镇和新集镇六个乡镇为极高易损性;1 300~2 000 人的顾桥镇和大兴镇为高易损性;400~1 300 人的刘集镇和杨村镇为中易损性;其他乡镇为低易损性。

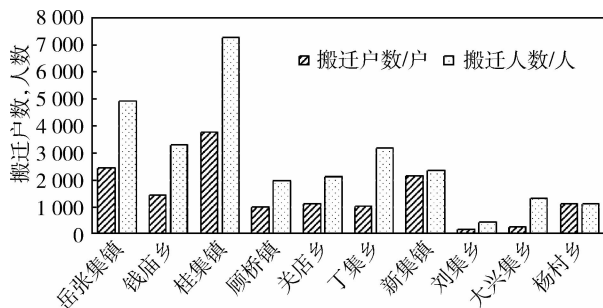


图 1 2011~2015 年各乡镇因塌陷计划搬迁户数数和人数
(资料来源:《安徽省风台县采煤塌陷区产业发展规划 2011~2020 年》)

2.2.3 采空塌陷风险性评价

通过上文分析,得出风台县采空塌陷危险性和易损程度评价结果,见表 3。根据采空塌陷危险性和易损程度的组合特征,建立采空塌陷风险的判别矩阵,以取高为原则,得出风台各乡镇采空塌陷风险性评价结果(表 3)。

表 3 采空塌陷危险性、易损性及风险性评价

乡镇	朱马店镇	新集镇	岳张集镇	顾桥镇	凤凰镇	丁集镇	关店乡	大兴镇	刘集镇	桂集镇	钱庙乡	杨村镇	尚塘镇	古店乡	城关镇	李冲回族乡	风台县经济开发区
采空塌陷危险性	低易发	高易发	极高易发	极高易发	低易发	高易发	高易发	中易发	中易发	高易发	中易发	高易发	低易发	低易发	低易发	低易发	低易发
采空塌陷易损性	低易损性	极高易损性	极高易损性	高易损性	低易损性	极高易损性	极高易损性	高易损性	中易损性	极高易损性	极高易损性	中易损性	低易损性	低易损性	低易损性	低易损性	低易损性
采空塌陷风险性	低	高	高	高	低	高	高	高	中	高	高	高	低	低	低	低	低

2.3 水土环境

2.3.1 地下水水质

2015 年安徽省水环境监测中心实测淮南市浅层地下水井 6 眼,监测频次为 2 次/年,每次连续监测 6 个时间段。水质类别评价项目为色度、嗅和味、肉眼可见物、pH 值、总硬度、溶解性总固体、挥发酚、高锰酸盐指数、氨氮、亚硝酸盐、氟化物、氰化物、六价铬、铜、锌、镉、铅、砷、汞、硒、铁、锰、硫酸盐等共 25 项。依据《地下水质量标准》(GB/T14848—93)评价,风台县 I 类、II 类水占 16.7%, III 类、IV 类水占

66.7%, V 类水占 16.6%。主要超标项目为锰、亚硝酸盐、氮和氨氮。风台境内分布有陈油坊沉陷区、岳张集沉陷区、新集镇沉陷区、钱庙乡沉陷区、小叶庄沉陷区等多个沉陷区,水质总体较好,多为 III 类水。

考虑到水质必须多数能达到饮用标准,设置阈值时,优于 III 类水比重为 60%~70%为临界超载,小于 60%则为超载,大于 70%为可载^[10]。据此,判断地下水水质承载状态为超载。

① 1 亩=666.67 m²。

2.3.2 土壤质量

土壤环境质量主要是对砷(As)、汞(Hg)、镉(Cd)、铬(Cr)、铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、镍(Ni)等八种重金属浓度的评价。因没有土壤环境质量数据,在本研究中,暂且视其为安全,承载状态为可载。

综上,凤台县水土质量承载状态的评判结果由浅层地下水水质来决定,初步判定为超载。

3 监测预警评价

根据地质环境承载力状态评价指标体系与评价结果,选取可持续、可量化、可获取的指标建立监测指标体系(表4)。采空塌陷监测采空塌陷引起的土地损毁和直接经济损失;地下水水质和土壤质量监测其环境质量变化趋势;依据行业标准、监测制度等获取监测数据;基于各要素的动态变化特征,确定监测周期。

由各监测指标的变化趋势,结合前面相应指标地质环境承载状态的评价,进行矩阵判定(判定原则见表5),得出地质环境承载力预警等级。

表4 凤台县地质环境承载力监测指标

监测因子	监测指标	监测周期
采空塌陷	因采空塌陷损毁土地面积	4次/年
	因采空塌陷直接经济损失	4次/年
水土质量	地下水水质变化趋势	2次/年,丰水期、枯水期各1次
	土壤质量变化趋势	1次/4~5年

表5 地质环境预警等级判定原则

预警等级判定	承载状态		
	可载	临界超载	超载
变优	无警	轻警	中警
变化趋势	稳定	轻警	中警
变劣	中警	重警	巨警

3.1 采空塌陷预警等级判定

3.1.1 因采空塌陷损毁土地面积

根据《安徽省凤台县采煤塌陷区产业发展规划(2011~2020年)》,预测2010~2020年采空塌陷面积呈上升趋势,预计2020年采空塌陷面积达14702 hm²。由于开采时限、技术进步等原因,各乡镇采煤塌陷区面积2014年与2015年、2016年与2017年变化情况见图2。其中,不再塌陷或塌陷减少的乡镇为变优,如,新集镇、岳张集镇、顾桥镇、丁集镇、关店乡、大兴镇、刘集镇、古店乡;塌陷加重的乡镇为变劣,如,桂集镇、钱庙乡、杨村镇;其他没有塌陷为稳定。

3.1.2 因采空塌陷直接经济损失

考虑数据的可获性及塌陷危害的可量化性,采用单位受损面积搬迁人口数量表征采空塌陷造成的经济损失。2010~2020年单位受损面积搬迁人口数量总体呈上升趋势,2016~2017年,出现一个激增的态势。2017年单位受损面积搬迁人口数量将达1138人/km²(图3)。

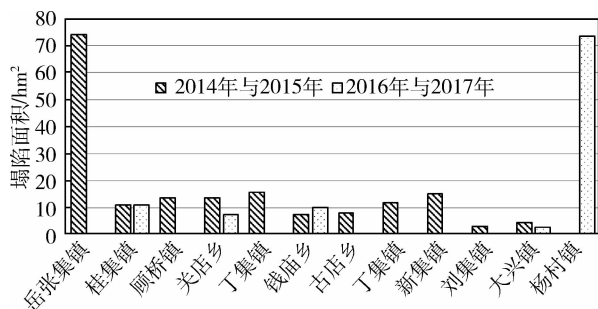


图2 采煤塌陷区2014年与2015年、2016年与2017年塌陷面积情况对比

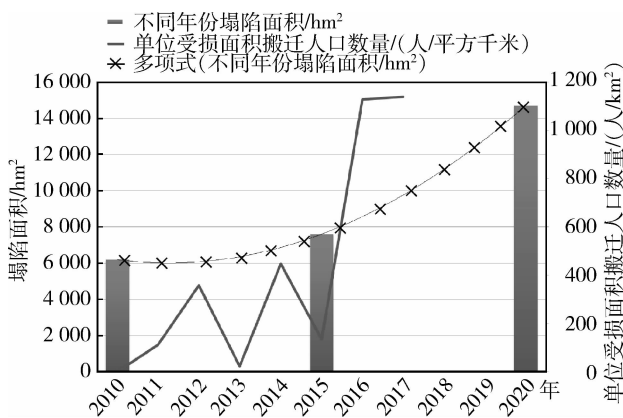


图3 2010~2020年采空塌陷面积变化情况及单位采空塌陷面积计划搬迁人数

同时,《安徽省凤台县采煤塌陷区产业发展规划(2011~2020年)》对采空塌陷区域进行了产业规划,2020年将充分利用塌陷区面积的76%,发展水库生态景观、水产养殖、水禽养殖、水上娱乐等约10种产业形态,有效解决了采空塌陷对土地造成破坏及对经济带来的损失,并积极创造经济效益、社会效益及生态效益等。

据上文分析内容,分别判定各乡镇的采空塌陷风险性变化趋势,见表6;结合前面评价章节中对采空塌陷风险性的评价结果,进行采空塌陷预警等级判定,见图4。

3.2 水土质量预警等级判定

据2011年凤台县地下水资源调查评价^[11],获得凤台县地下水背景数据,地下水质量总体一般,

表 6 风台县地质环境承载力预警等级判定

	朱马店镇	新集镇	岳张集镇	顾桥镇	凤凰镇	丁集镇	关店乡	大兴镇	刘集镇	桂集镇	钱庙乡	杨村镇	尚塘镇	古店乡	城关镇	李冲回族乡	风台县经济 开发区
采空塌陷 风险性	低	高	高	高	低	高	高	高	中	高	高	高	低	低	低	低	低
变化趋势	稳定	变优	变优	变优	稳定	变优	变优	变优	变优	变劣	变劣	变劣	稳定	变优	稳定	稳定	稳定
预警等级	无警	重警	重警	重警	无警	重警	重警	重警	轻警	巨警	巨警	巨警	无警	无警	无警	无警	无警

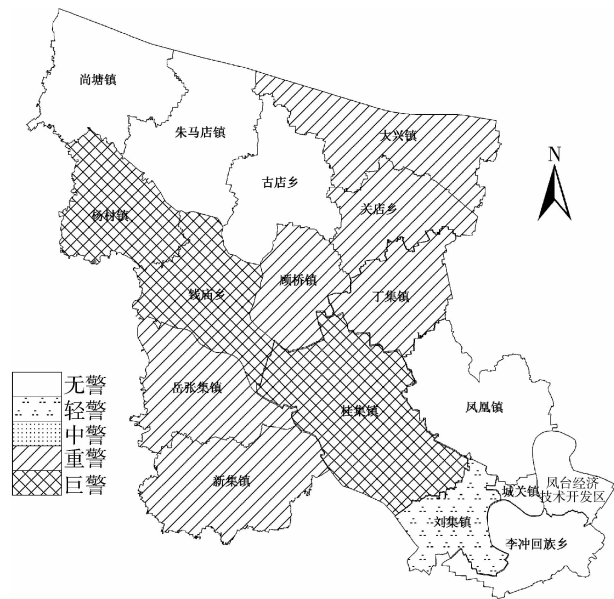


图 4 风台县地质环境承载力预警等级

II~III类水,占 75.2%,分布于大部分地段;IV~V类水,占 24.8%,主要分布在南部张集—新集矿区。将优于III类水的面积占比的现状数据与背景数据进行比对,其变化趋势为变劣。

根据水土质量承载状态评价结果及 2011~2014 年的水土质量的变化趋势,对照预警等级判断原则,判断风台县地下水质量承载力预警等级为红色巨警。

4 结论与对策建议

4.1 结论

1) 采煤引起的塌陷破坏土地和环境。风台县煤炭贮存量丰富,是“两淮煤矿”的主要产煤区,长期的煤炭开采形成大片塌陷区,造成了严峻的资源环境问题,如山裂地凹、矸石成堆、河道污染、道路沉陷、基础设施破坏。采煤沉陷造成地表土壤松散、土质恶化、水土流失严重;采煤沉陷范围大、程度深、影响面广,且沉陷影响时间长,通常需经过一定时间才能到达稳定期;且沉陷发生区域往往人口密集,有较频繁的人类活动,对当地村民的人身财产安全构成隐患,造成的经济损失比较大。根据不同乡镇煤矿分布、煤矿投产日期、矿井的开采方式、生产能力、岩

石的硬度和强度等影响因素的不同,造成地面塌陷的最大深度、塌陷面积及变化趋势等方面都有很大不同,所以说不同乡镇矿山地质环境承载状态不同。

2) 水环境堪忧。其一,风台县水资源缺乏,人均水资源量较低,仅为 335 m³/(年·人),相当于全国平均水平的 16%,而人均用水需求量在 520 m³/(年·人);其二,境内工农业用水耗水量大,尤其是农业耕种灌溉用水量占全县总用水量比重较大;其三,风台县处于淮河中游,上游来水水质不佳,境内有机污染较为严重,丰水期水质一般达 III类、IV类,平、枯水期为 V类水;其四,煤矿开采、化工等工业在迅速发展的同时,清洁高效的生产方式并未得到大规模应用,一方面增大了水资源需求量,另一方面还加大了对水环境的压力,造成地表水和地下水水质环境恶化,煤矿矿井水的排放、煤及煤矸石冲淋及煤尘、农药、化肥、其他固体废弃物等导致地表及地下水不同程度污染。

4.2 对策建议

1) 加强矿山地质环境调查评价与监测预警管理。加强矿山地质环境承载力研究,建立地质环境调查评价体系、监测预警体系、综合防治体系和应急响应体系。推广应用卫星遥感等先进技术,建立地质环境巡查和督察常态化机制,根据需要加强监测点布设与数据采集。加强分析会商,精准判断承载力变化诱因,提高预警预报水平和地质灾害防治能力。建立预警响应机制,保持信息传递渠道畅通,充分利用广播、电话、手机等有效渠道,保证地灾预报预警信息及时、快速传递到县、乡、村、组防灾责任人、群测群防监测员和受地质灾害威胁的群众和单位,不断提高预报的覆盖率。建立应急工作机制和应急专家队伍,确保灾害发生时能够有序、高效地开展应急救援工作,强化警情处理的时效性。完善矿山地质环境调查、评价、监测、治理技术标准体系,规范承载力评价与监测预警结果,对超载区域做出调控和管制。

2) 加快推动塌陷区综合治理,促进塌陷区可持续发展。明确采煤企业责任,对企业因煤炭开采造成的后果将依法追究企业负责人责任,确保塌陷区

群众生命财产安全。按照“谁造成塌陷,谁负责治理”的原则,采煤企业应该率先主动介入塌陷区综合治理工作,与政府共同制定相关的综合治理奖励扶持政策、措施,逐步实现煤炭资源开采与采煤塌陷综合治理协调共进,边开采边治理的模式。鼓励第三方治理。采取“责任者付费,专业化治理”的方式,发挥矿山企业主动性和第三方治理企业活力,提高治理效率和质量。引进民间资本,动员和鼓励企业和个人进入塌陷区的综合治理,建立沉陷区投融资平台,拓宽资金渠道,降低治理成本,加快综合治理工作。推动保护式开采。加快推广先进适用的开采技术,减轻矿产资源开发对地质环境的破坏。治理和利用相结合。全面、科学地利用好塌陷区资源,塌陷区实施产业发展的同时,做好塌陷区生态环境的保护、修复与重构,促进塌陷区可持续发展。

3) 加强水土质量监测与利用管理。加强地下水监测网络建设,不断完善水环境监测体系,结合国家对淮河的治理,加大监测点布设与治理力度,有效保护水资源。对现有多部门建设的监测网络进行有效集成,建立数据共享平台。对重点污染地区进行重点监测,系统掌握地下水水质、水量和地下水环境变化的动态特征,为地下水的开发利用和保护提供科学依据。加强地下水资源的保护和管理,完善水功能区监督管理。严格控制地下水开采量。加大地下水污染的防治,严格排污管控,杜绝水源污染。推

(上接第96页)

参考文献

[1] 吴冲龙,刘刚,张夏林,等.地质科学大数据及其利用的若干问题探讨[J].科学通报,2016,61(16):1797-1807.
 [2] 左仁广.基于地质异常的矿产资源定量化预测与不确定性评价[D].武汉:中国地质大学(武汉),2009.
 [3] 何彬彬,崔莹,陈翠华,等.基于地质空间数据挖掘的区域成矿预测方法[J].地球科学进展,2011,26(6):615-623.
 [4] 朱月琴,谭永杰,吴永亮,等.面向地质大数据的语义检索模型研究[J].中国矿业,2017,26(12):143-149.
 [5] 徐增林,盛冰潘,贺丽荣,等.知识图谱技术综述[J].电子科技大学学报,2016,45(4):589-606.
 [6] 刘峤,李杨,段宏,等.知识图谱构建技术综述[J].计算机研究与发展,2016,53(3):582-600.
 [7] 张斌,魏扣,郝琦.国内外知识库研究现状述评与比较[J].图书情报知识,2016(3):15-25.
 [8] 张平,蓝海林,黄文彦.技术整合中知识库的构建研究[J].科学学与科学技术管理,2004(1):32
 [9] 尚福华,原野,王才志,等.基于知识库的解释模型智能优选测井数据处理方法[J].石油学报,2015,36(11):1449-1456.
 [10] 钟秀琴,刘忠,丁盘苹.基于混合推理的知识库的构建及其应用研究[J].计算机学报,2012,35(4):761-766.

广节水技术、科学用水模式,提高工农业用水效率。加大污水处理力度,提升污水回收利用率,鼓励水质净化企业的发展,保障人民群众用水安全。土壤和水体密不可分,加强水质监测和防护的同时,也要重视土壤环境的监测与维护。加大土壤污染的监测、研究,并采取有效措施给予治理和维护。

参考文献

[1] 肖炳成.试论城市地质环境承载力[J].中国地质,1990(1):19.
 [2] 夏玉成.煤矿区地质环境承载能力及其评价指标体系研究[J].煤田地质与勘探,2003,31(1):5-8.
 [3] 马传明,马义华.可持续发展理念下的地质环境承载力初步探讨[J].环境科学与技术,2007,30(8):64-65,73,119.
 [4] 魏子新,周爱国,王寒梅,等.地质环境容量与评价研究[J].上海地质,2009,30(1):40-44.
 [5] 姚治华,王红旗,郝旭光.基于集对分析的地质环境承载力研究—以大庆市为例[J].环境科学与技术,2010,33(10):183-189.
 [6] 李树文,康敏娟.生态-地质环境承载力评价指标体系的探讨[J].地球与环境,2010,38(1):85-90.
 [7] 贾立斌,袁国华.基于系统动力学的土地资源承载力监测预警评价——以安徽省凤台县为例[J].国土资源科技管理,2018,35(1):61-72.
 [8] 袁国华,郑娟尔,贾立斌,等.资源环境承载力评价监测与预警思路设计[J].中国国土资源经济,2014(4):20-24.
 [9] 程鑫,黄显良,洪德全,等.安徽省地震序列的类型与分布特征研究[J].中国地震,2015,31(4):730-737.
 [10] 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室.安徽省资源环境承载能力监测预警机制研究[R].2016.
 [11] 王兵.淮南市凤台县地下水资源调查评价[J].地下水,2011,33(5):39-41.
 [11] 朱木易洁,鲍秉坤,徐常胜.知识图谱发展与构建的研究进展[J].南京信息工程大学学报:自然科学版,2017,9(6):575-582.
 [12] 漆桂林,高桓,吴天星.知识图谱研究进展[J].情报工程,2017,3(1):4-25.
 [13] 何凯涛,王勇毅,丁建华,等.数字矿床模型研究与系统实现[J].矿床地质,2008(1):113-119.
 [14] 邢宝荣.辫状河储层地质知识库构建方法——以大庆长垣油田喇萨区块葡一组储层为例[J].东北石油大学学报,2014,38(6):46-53,108.
 [15] 闫洪森,张野,孙娜,等.基于本体的知识库构建方法[J].情报科学,2007(9):1398-1400,1408.
 [16] LI D, FU Z, DUAN Y. Fish-Expert: a web-based expert system for fish disease diagnosis[J]. Expert Systems with Applications,2002,23(3):311-320.
 [17] COX D P, SINGER D A. Mineral deposit models[M]. US Geological Survey Bulletin,1986.
 [18] 温春齐,多吉.矿床学研究方法[M].成都:四川科学技术出版社,2009.
 [19] 成秋明.覆盖区矿产综合预测思路与方法[J].地球科学:中国地质大学学报,2012,37(6):1109-1125.
 [20] 陈毓川,王登红.重要矿产预测类型划分方案[M].北京:地质出版社,2010.
 [21] 罗捷,冯佐海,牛鹏飞,等.桂北牛塘界矿床成矿地质特征及成因[J].桂林理工大学学报,2015,35(4):701-711.