

江苏省地质环境综合区划研究

黄敬军^{1,2} 缪世贤^{1,2} 张 丽^{1,2}

(1. 国土资源部地裂缝地质灾害重点实验室, 江苏 南京 210018; 2. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要:城市化、工业化进程的加快不可避免地对地质环境产生巨大影响,从而影响到地质环境作为人居环境的功能。因此,合理划定地质环境保护区域,对有效保护地质环境、履行地质环境保护管理职能具有重要意义。本文以江苏地质环境调查成果为基础,基于地质环境的自然属性和社会属性,建立了包含地质灾害、矿山地质环境、山体资源保护、地质遗迹保护、地下水污染防治和土壤污染防治等 6 个专题区划的地质环境综合区划。具体划分的地质环境专题区划包括,地质灾害划分为重点防治区和一般防治区、矿山地质环境划分为重点治理(防治)和一般治理(防治)区、地下水(土壤)划分为修复治理区、重点防护区、一般防护区、自然防护区、山体资源划分为特殊保护区和适宜开发区、地质遗迹划分为重点保护(开发)区和一般保护(开发)区、地质环境综合区划划分为保护区、控制开发区、修复治理区和适宜开发区。

关键词:地质环境区划;评价指标体系;山体资源;江苏

中图分类号:P66 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)06-1982-11

区划起源于地理学,是从区域角度观察和研究地域综合体,是制定和实施社会发展战略的基础。中国是世界上较早开展现代区划研究的国家之一,新中国成立以来编制的中国自然区划成果,在中国的农业生产布局以及其它经济社会的各行业都得到了广泛的应用,为中国的经济社会建设做出了重要贡献^[1-2]。然而,在地质环境领域,区划工作较为薄弱,体现为很多区域都在开展地质环境调查与区划工作,对地质环境评价的理论研究也取得了较大进展^[3-7],并进行了生态地质环境影响评价^[8-9]、矿山环境地质综合评价^[10]、地下水脆弱性评价^[11]、地质灾害区划^[12-13]、地热资源区划^[14]、生态地球化学环境区划^[15]等大量的评价工作。但工作重点仍是集中在调查与评价方面,地质环境综合区划作为一项新的研究课题,没有成功的范例,其理论研究体系尚不成熟,相关的应用实例均属探索性的研究。

江苏省是中国地质环境工作程度最高的省份之一,以往工作取得了较多成果,为社会经济发展提供

了支撑。但是,随着《长三角地区区域发展规划》和《江苏省沿海地区发展规划》通过国务院的批准实施,使长三角区域经济一体化和江苏沿海地区发展进入国家战略,意味着江苏的资源开发与资源供给、经济建设与灾害防治、生态退化与生存安全的矛盾将更加突出,从而影响到地质环境作为人居环境的功能的发挥,这就迫切要求开展地质环境区划工作,为地质环境保护规划的制定提供依据,为社会经济建设提出地质环境方面的约束。

1 区划思路

2009 年 3 月实施的《江苏省地质环境保护条例》,提出了加强地质环境保护工作,明确矿山地质环境保护、山体资源保护、地质遗迹保护、地质灾害防治、地质环境保护规划与监测评价等主要地质工作内容。鉴于此,江苏省地质环境综合区划是建立在地质灾害、矿山地质环境、山体资源保护、地质遗迹保护、地下水污染防治和土壤污染防治等 6 个专题

收稿日期:2013-02-28;改回日期:2013-10-18

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(12120111014002)资助。

作者简介:黄敬军,男,1962 年生,研究员级高级工程师,主要从事水文地质和环境地质研究等工作;E-mail:hjihfy@163.com。

区划基础上的地质环境综合性区划^[10](图 1)。首先,6 个专题区划依据各自的目的建立相应的区划评价指标体系,并进行区域划分,其区划成果为相应的专项规划提供依据;其次,在分析利用 6 个专题区划成果的基础上,充分考虑各专题中未涉及到的地质环境因素,综合分析区域发展规划、建设开发现状,建立地质环境综合区划评判体系,对地质环境进行区域划分,其成果为地质环境保护规划提供依据。

2 地质环境专题区划

地质环境专题区划包括地质灾害、矿山地质环境、地下水污染防治、土壤污染防治、山体资源保护和地质遗迹保护等 6 个专题区划。依据江苏省地质环境调查成果资料,各专题区划选择相应的地质环境影响因素构建区划评价指标体系,指标体系分 3 个层次,第一层次为目标层,依据区划目的确定;第二层次为约束层,为评价指标的类别;第三层次为指标层,选取可量化评价的具体指标。

定性指标依据指标定性分析划分不同等级,定量指标则依据相关技术标准或数据分布形态进行标准化处理,划分不同等级。采用层次分析法(AHP)确定各指标的权重,并以 MAPGIS 的空间分析模块为评价平台,按照一定的评价标准和原则,采用综合指数模型进行各专题的区域划分。

2.1 地质灾害区划

地质灾害区划是依据全省地质灾害调查数据及相关成果资料进行,区划评价对象为主要地质灾害,包括地面沉降、滑坡崩塌、岩溶塌陷、采空塌陷等。

首先,依据地质灾害的地质环境条件、诱发因素

(易发性)和灾害事件的后果(危害性)及所处位置的重要性建立其区划评价指标体系(表 1)。

其次,分灾种进行地质灾害易发性评价,划分不同灾种的高易发区、中易发区和低易发区。在此基础上,结合地质灾害危害性及人类工程活动强度等因素,将全省划分 4 个地面沉降重点防治区、5 个滑坡崩塌重点防治区、2 个地面塌陷重点防治区及地质灾害一般防治区(图 2)。

地面沉降重点防治区 13 910 km²,分布在苏锡常、南通、盐城及淮安等地,是江苏地面沉降最严重的地区,累计沉降量均超过 100 mm,最大沉降量达 2.8 m,沉降速率大于 10 mm/a;滑坡崩塌重点防治区 4 700 km²,分布在宁镇、宜溧、盱眙、连云港等低山丘陵区,区内存在众多滑坡崩塌地质灾害隐患;地面塌陷重点防治区 2 500 km²,分布在丰沛和徐州煤田和隐伏岩溶区,是江苏煤炭资源开发利用最早和远景规划开采的地区,采煤塌陷地超过 200 km²,同时,岩溶水又是该地区城市供水水源之一,过量开采曾诱发十多起岩溶塌陷。

2.2 矿山地质环境区划

矿山地质环境区划是依据全省矿山地质环境调查数据及相关成果资料进行,区划评价对象为除砖

表 1 江苏地质灾害区划评价指标体系及权重
Table 1 Evaluation index and weight for geological disasters division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|-----|--------|-----------|-------|
| 重要性 | 工程活动强度 | 人口密度比重 | 0.108 |
| | | 人均 GDP 比重 | 0.072 |
| 危害性 | 现状灾害度 | 经济损失 | 0.033 |
| | | 伤亡人数 | 0.044 |
| | 隐患灾害度 | 经济预损失 | 0.055 |
| | | 威胁人数 | 0.088 |
| 易发性 | 滑崩灾害 | 地形坡度 | 0.150 |
| | | 构造发育线密度 | 0.090 |
| | | 岩性特征 | 0.060 |
| | | 隐患点密度 | 0.300 |
| | | 开采深度 | 0.240 |
| 易发性 | 采空塌陷 | 开采历史 | 0.060 |
| | | 开采方式 | 0.300 |
| | | 岩溶发育程度 | 0.150 |
| | 岩溶塌陷 | 上覆土层厚度 | 0.270 |
| | | 岩溶水开采强度 | 0.180 |
| | | 地面沉降发育程度 | 0.120 |
| 易发性 | 地面沉降 | 含水砂层厚度 | 0.150 |
| | | 弱透水层厚度 | 0.120 |
| | | 深层水开采强度 | 0.210 |
| | | 深层水开采强度 | 0.210 |

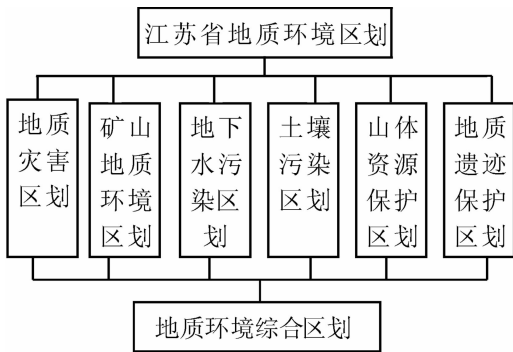


图 1 江苏省地质环境区划框架图

Fig.1 Framework of geo-environment division of Jiangsu

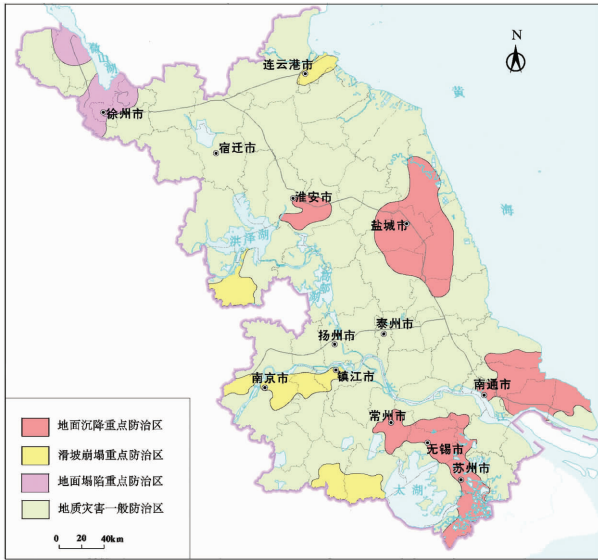


图2 江苏省地质灾害区划图

Fig.2 Geological disasters division in Jiangsu Province

瓦粘土矿外的所有关闭及在采矿山。

首先,依据矿山地质环境质量的优劣及矿产资源开发利用的重要性建立其区划评价指标体系^[17](表2)。

其次,进行矿山地质环境质量评价,将矿山地质环境分为极差区、较差区、中等区和一般区。在此基础上,综合考虑矿产资源规划及矿业经济等因素,将全省圈定的63个矿山地质环境保护与治理区划分为11个矿山地质环境重点防治区,面积2 040 km²; 21个矿山地质环境一般防治区,面积3 110 km²; 12个矿山地质环境重点治理区,面积3 490 km²; 19个矿山地质环境一般治理区,面积4 500 km²(图3)。

矿山地质环境防治区指在采矿区,其中,重点防治区分布在煤矿、磷矿、铁矿资源重点开采区或建筑石料集中开采区,矿山地质环境质量较差;一般防治区分布在石膏矿、盐矿、凹凸棒粘土重点开采区,矿山地质环境质量中等。矿山地质环境治理区指标关闭矿区,其中,重点治理区分布在城市规划区为主的开山采石禁采区,矿山地质环境质量较差;一般治理区分布在城市规划区及风景区除核心区外的区域内,也为禁止开山采石区。

2.3 地下水污染防治区划

地下水污染防治区划是依据全省地下水污染调查数据及相关成果资料进行,区划评价对象为浅层地下水。

表2 江苏矿山地质环境区划评价指标体系及权重
Table 2 Evaluation index and weight for mine geological environment division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|--------|----------|-------------|-------|
| 重要性 | 区位条件经济水平 | 矿产资源规划分区 | 0.123 |
| | | 矿业经济比重 | 0.097 |
| 矿山地质环境 | 资源损毁 | 土地资源损毁 | 0.117 |
| | | 植被资源损毁 | 0.109 |
| | | 水资源损毁 | 0.047 |
| | | 文化遗产及地质遗迹损毁 | 0.07 |
| 地质灾害 | 地质灾害 | 自然景观资源损毁 | 0.078 |
| | | 灾害规模 | 0.101 |
| 环境污染 | 环境污染 | 灾害隐患规模 | 0.107 |
| | | 废水废液排放量 | 0.047 |
| | | 废渣存放量 | 0.039 |
| | | 废水(渣)成分 | 0.055 |

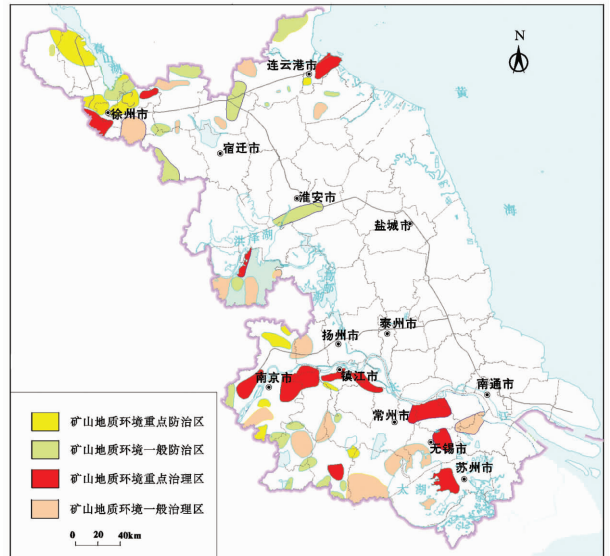


图3 江苏省矿山地质环境区划图

Fig.3 Mine geological environment division in Jiangsu Province

首先,依据地下水防污性能(易污性)^[18]、环境质量及地下水资源供给的重要性建立其区划评价指标体系(表3)。

其次,进行地下水质量评价、污染评价及防污性能评价,划分不同的地下水质量等级、污染程度及防污等级。在此基础上,综合地下水资源供给的重要性等因素,将全省地下水划分为修复治理区、重点防护区、一般防护区和自然防护区(图4)。

地下水自然防护区面积15 670 km²,主要分布在新沂—赣榆、泗洪—盱眙、宁镇、宜溧的丘陵岗地

表 3 江苏地下水污染防治区划评价指标及权重
Table 3 Evaluation index and weight for groundwater pollution prevention division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|----------|-------------|-----------------|----------|
| 重要性 | 水资源供给 | 浅层水资源量 | 0.099 |
| | | 浅层水开发利用程度 | 0.081 |
| | 经济水平 | 城市化率 | 0.060 |
| | | 污染源类型及程度 | 工业废水排放强度 |
| 环境 质量 | 地下水质量 | 有机 25 项、无机 39 项 | 0.162 |
| | 地下水污染 | 有机 20 项、无机 39 项 | 0.198 |
| 易污性 | 地下水 防污性能 | 水位埋深 | 0.092 |
| | | 净补给量 | 0.065 |
| | | 含水砂层厚度 | 0.027 |
| | | 包气带介质 | 0.037 |
| | | 水力传导系数 | 0.119 |

和山前平原。地下水防污性能好、水资源贫乏、开发利用程度低,水质以 III 类水为主,仅受轻度污染;地下水一般防护区面积 61 900 km²,主要分布在丰沛、沂沭泗及里下河平原。地下水防污性能一般、水资源较为贫乏、开发利用程度低,水质以 IV 类水为主,污染程度较重;地下水重点防护区面积 24 550 km²,主要分布在响水—启东沿海及邗江至太仓沿江地带,地下水水资源丰富,但防污性能较差、水质较差(以 V 类水为主、局部为 IV 类水)、污染严重;地下水修复治理区面积 480 km²,零星分布在南通、南京、徐州等地,地下水防污性能较差,水资源丰富,水质以 V 类水为主,污染极重。

2.4 土壤污染防治区划

土壤污染防治区划是依据全省 1:25 万地球化学调查数据库及相关成果资料进行,区划评价对象为浅表土壤。

首先,依据土壤环境质量、土地资源供给的重要性和污染源类型及程度建立其区划评价指标体系(表 4)。土壤环境质量评价采用综合指数法,以中国《土壤环境质量标准》(GB/T15618-1995) 所列的 8 个重金属元素,即 As、Cd、Cr、Cu、Ni、Hg、Pb、Zn 为评价指标,标准中的重金属含量限定值作为评价标准^[19-21]。

其次,进行土壤质量评价、土壤污染评价,划分不同的土壤质量等级和污染程度。在此基础上,综合土地资源供给的重要性和污染源类型及程度等因素,将全省土壤划分为修复治理区、重点防治区、一般防治区和自然防护区(图 4)。

土壤自然防护区面积约 62 400 km²,主要分布

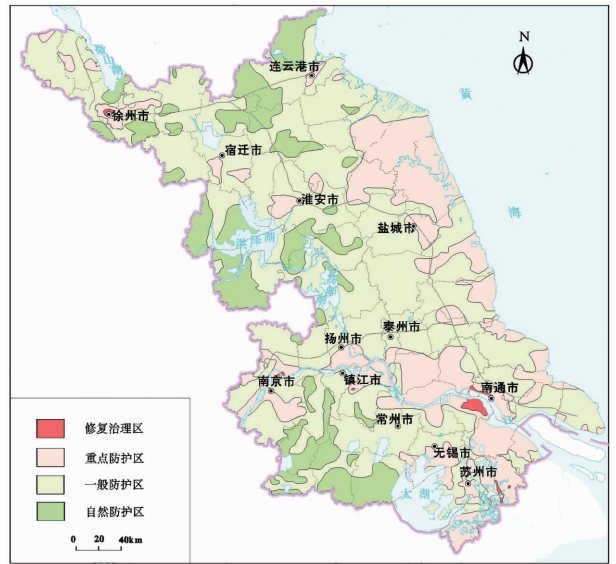


图 4 江苏省地下水污染防治区划图
Fig.4 Groundwater pollution prevention division in Jiangsu Province

表 4 江苏土壤污染防治区划评价指标体系及权重
Table 4 Evaluation index and weight for soil pollution prevention division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|----------|----------|---|----------------------------------|
| 重要性 | 土地资源利用 | 土地利用类型 | 0.084 |
| | | 工业化水平 | 工业生产增加值 |
| | 污染源类型及程度 | 工业废水排放强度 | 0.057 |
| | | 化肥施用量 | 0.035 |
| 环境 质量 | 土壤质量 | As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn 等毒害重金属的土壤环境质量等级 | 0.328 |
| | | 土壤污染 | As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn 等毒害重金属污染 |

在长江以北地区,土壤环境质量好,以一级土壤为主,未发生明显污染,且远离污染源或是受污染程度很低;土壤一般防护区面积约 27 000 km²,主要分布在沿江地区及环太湖地区,土壤环境质量较好,以一、二级土壤为主,轻度污染、污染负荷较低;土壤重点防护区面积近 7 000 km²,主要分布在连云港—灌南、徐州、盱眙、无锡—苏州、昆山—太仓等地,土壤环境质量较差,重金属轻度或中度污染、局部污染负荷较高;土壤修复治理区零星分布在苏州—无锡及昆山、太仓等局部地区,面积仅 380 km²,土壤环境

质量差、重金属污染严重、污染负荷高。

2.5 山体资源保护区划

山体资源保护区划是依据全省山体资源调查及各市特殊保护区划分等资料进行,区划评价对象为全省所有山体。

首先,依据山体资源的资源价值和敏感性,并考虑山体所处位置的重要性建立其区划评价指标体系(表5)。

其次,进行山体资源价值评价和山体资源敏感性评价,划分不同的山体资源价值和敏感性等级。在此基础上,综合山体资源重要性,将全省划分为689个山体资源特殊保护区和464个山体资源适宜开发区(图6)。

全省689个山体资源特殊保护区面积1717.55 km²,分布在城市规划区及主要风景区及自然保护区内,山体所处承载的人文历史底蕴深厚,资源价值较高,山体资源比较珍贵;464个山体资源适宜开发区面积878.05 km²,分布在城市规划区及主要风景区及自然保护区的外围,一般都是矿产资源集中开采区或重点开采区。

2.6 地质遗迹保护区划

地质遗迹保护区划依据全省地质遗迹调查数据库及相关成果资料进行,区划评价对象为地质遗迹点和地质(矿山)公园。

首先,依据地质遗迹资源价值及其重要性建立

其区划评价指标体系^[2](表6)。

其次,进行地质遗迹资源价值评价,将全省地质遗迹资源价值分为极高、较高、中等和一般。在此基础上,综合地质遗迹开发条件评价和社会经济因素,将全省分为9个地质遗迹保护(开发)重点区、10个地质遗迹保护(开发)一般区(图7)。

地质遗迹保护(开发)重点区有:盐城地质遗迹分布区,已建成沿海滩涂珍禽(丹顶鹤)和麋鹿国家级自然保护区;苏州西山地质遗迹分布区,于2005年建成苏州太湖国家级地质公园;南京六合地质遗迹分布区,已于2007年建成南京六合国家级地质公

表5 江苏山体资源保护区划评价指标体系及权重
Table 5 Evaluation index and weight for mountain resource protection division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|------|--------|----------|-------|
| 重要性 | 区位条件 | 区域位置 | 0.121 |
| | | 交通位置 | 0.121 |
| | 经济水平 | 人均GDP比重 | 0.059 |
| | 山体稀缺评价 | 山体稀缺度 | 0.149 |
| 资源价值 | 人文景观价值 | 人文历史价值 | 0.074 |
| | | 自然景观价值 | 0.074 |
| | 山体自然特征 | 山体规模 | 0.081 |
| | | 植被覆盖率/% | 0.081 |
| | | 山体土地利用类型 | 0.059 |
| 敏感性 | 山体损毁评价 | 山体扰动率 | 0.079 |
| | | 山体破损率 | 0.101 |

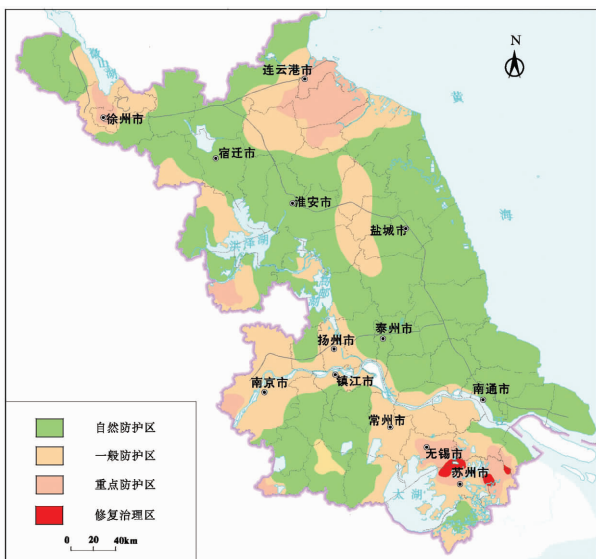


图5 江苏省土壤污染防治区划图

Fig.5 Soil pollution prevention division in Jiangsu Province

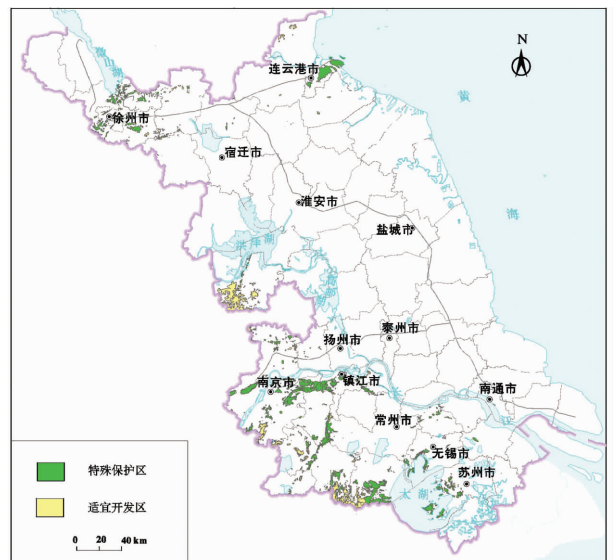


图6 江苏省山体资源保护区划图

Fig.6 Mountain resource protection division in Jiangsu Province

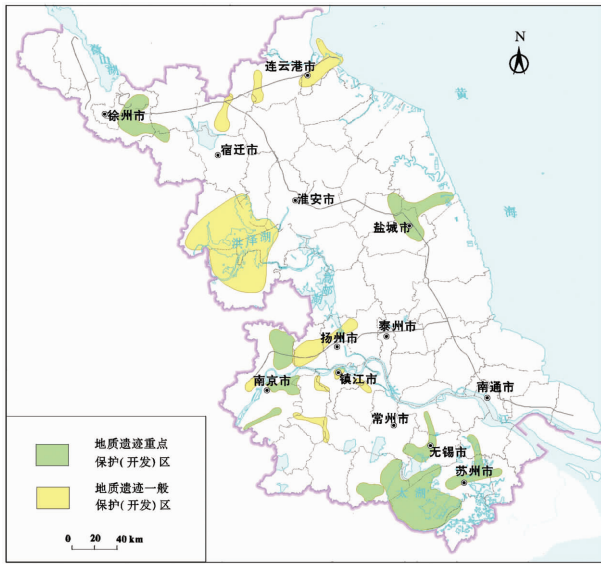


图 7 江苏省地质遗迹保护区划图

Fig.7 Geological heritage protection division in Jiangsu Province

园;南京方山—娘娘山和南京沿江地质遗迹分布区,已于 2011 年建成的南京汤山—方山国家级地质公园;宜兴地质遗迹分布区以其溶洞密集成群,洞内有洞,洞中暗河、瀑洞、水洞,尤以洞中水景国内罕见;苏州天平山—常熟地质遗迹分布区,已建成常熟虞山省级地质公园;无锡—江阴地质遗迹分布区,已建成无锡阳山火山省级地质公园;徐州地质遗迹分布区以新元古代淮河群地层剖面与灵壁石、叠层石化石产地为特色。

3 地质环境综合区划

地质环境系统的形成过程及其结构、功能是极其复杂的,它既受多种因素的影响,更是各个因素综合作用的结果。因此,综合区划不同于专题区划,涉及的指标太多,如果与专题区划一样,利用建立的区划评价指标进行赋值及加权,不仅会使重要的指标不再重要,而且也使得综合区划结果与各专题区划结果完全脱钩,使专题区划失去意义。

因此,江苏地质环境综合区划不再建立区划评价指标体系,而是在详细分析利用 6 个专题区划成果的基础上,充分考虑各专题中未涉及到的地质环境因素,建立对地质环境综合区划起主导作用的因素的评判体系,分二级进行地质环境综合区划。

表 6 江苏地质遗迹保护区划评价指标体系及权重
Table 6 Evaluation index and weight for geological heritage protection division

| 目标层 | 约束层 | 指标层 | 权重 |
|------|--------|-----------|-------|
| 重要性 | 经济水平 | 人均 GDP 比重 | 0.069 |
| | | 环境(客源)容量 | 0.041 |
| | 开发条件评价 | 地理位置/交通条件 | 0.069 |
| | | 保护开发基础 | 0.051 |
| 资源价值 | 景观价值 | 科学价值 | 0.192 |
| | | 美学价值 | 0.146 |
| | 自然特征 | 典型性 | 0.131 |
| | | 稀有性 | 0.139 |
| | | 系统完整性 | 0.093 |
| | | 自然性 | 0.069 |

3.1 区划思路与方法

3.1.1 一级区划思路与方法

一级区划以地质环境问题为导向,按照由深(部)入浅(部)、由主(要)至次(要)的原则,对所建立的区划评价指标进行筛选,先自然(属性)后社会(属性),分四个层次逐级区划。划分“保护区”、“控制开发区”、“修复治理区”和“适宜开发区”。

①考虑深部的地质环境要素

深部地质环境要素指人类工程活动无法涉及的空间,但对人类工程活动有影响的地质要素,即深部地质结构——区域地壳稳定性。区域地壳稳定性评价是建设重大工程和城镇的重要环境因素之一。因此,将区域地壳稳定性作为第一层次的划分,可直接采用地震活动度(性)(区域地壳稳定性评价)或地震烈度作为控制开发区的划分依据。地震活动性强、地震烈度高、地震发生频度大的区域,地质稳定性差,则应控制开发(表 7)。

②考虑中部的地质环境要素

中部地质环境要素指人类工程活动所涉及空间的地质要素,即地质环境承载能力和地质资源保障。地质环境承载能力主要考虑地基承载力,即工程地质条件,地质资源保障主要考虑地下水资源,即水文地质条件。因此,将工程地质及水文地质条件两方面作为第二层次的划分。

地质环境承载能力以岩(土)体质量为评判依据,岩(土)体质量的优劣影响建筑物的经济安全。岩(土)体质量从岩(土)体类型及结构(工程地质特性)两方面考虑,按岩体工程地质岩组划分,将较弱的层状—页状的砂岩与粘土岩互层状岩组分布区作为控

表 7 江苏省地质环境一级区划方法

Table 7 First division method for geo-environment in Jiangsu

| | 划分依据 | 区划分区 |
|----------------|--------------------------------|-------|
| | 地震烈度 $>8^{\circ}$ | 控制开发区 |
| | 区域地壳不稳定区 | 控制开发区 |
| | 软土层厚度 $>20\text{ m}$ | 控制开发区 |
| | 软土层厚度 15~20 m (结合顶埋深、单层厚度等) | 控制开发区 |
| | 严重超采区 | 控制开发区 |
| | 一般超采区 (结合超采层数、超采层的水位埋深等) | 控制开发区 |
| | 地面高程 $\leq 2.0\text{ m}$ | 控制开发区 |
| | 地形坡度 $>30^{\circ}$ | 控制开发区 |
| 专题 区划 成果 | 地质灾害重点防治区 | 控制开发区 |
| | 地下水污染修复治理区 | 恢复治理区 |
| | 土壤污染修复治理区 | 恢复治理区 |
| | 矿山地质环境重点治理区 | 恢复治理区 |
| | 山体资源特殊保护区 | 保护区 |
| | 地质遗迹保护(开发)区 | 保护区 |
| | 国家级和省级自然保护区 | 保护区 |
| 国家或国际重要湿地 | 保护区 | |

制开发区的划分依据(该岩组在江苏零星分布,实际划分时不考虑);按土体工程地质岩组划分,将特殊类土分布区作为控制开发区的划分依据(胀缩性土和盐渍土零星分布不考虑,实际划分时主要考虑淤泥类土),因此,将淤泥类土(软土)作为第二层次的划分依据之一;地质资源保障主要考虑地下水资源保障,地面沉降、岩溶塌陷均是由于大量开采深层地下水而引起,地下水开采潜力小,则出现地面沉降、岩溶塌陷地质灾害。为此,以深层地下水开采潜力评价(p)为评判依据,即将深层地下水超采程度作为第二层次的划分依据之一。

③考虑浅表的地质环境要素

浅表地质环境要素指人类工程活动所在区域的地质要素,将地形地貌特征及地质灾害、矿山地质环境、山体资源保护、地质遗迹保护、地下水污染防治及土壤污染防治等6个专题区划成果作为第三层次的划分依据。据江苏地形地貌特征,将地面高程作为平原区、地表起伏度作为低山丘陵区第三层次的划分依据,同时,将6个专题区划结果直接引入综合区划之中,建立专题区划与综合区划分区的一一对应关系。

④考虑人类工程活动要素

人类工程活动要素利用颁布实施的自然保护区

和重要湿地进行第四层次划分。将国家级自然保护区、省级自然保护区和国家重要湿地和国际重要湿地作为划分依据。即11个国家级和省级自然保护区、10个国家或国际重要湿地列入“保护区”。

在上述三区划定的基础上,再划定“适宜开发区”,即除“控制开发区”、“恢复治理区”、“保护区”外,均为“适宜开发区”。

3.1.2 二级区划思路与方法

二级区划是在一级区划的基础上,以地质环境功能为导向,考虑地质资源保障及地质环境承载力两方面,按照先现状(开发利用)后功能(地质环境)原则,以县级行政区为单元,在一级区划中的“保护区”外,依据现有开发功能、地质资源保障和发展潜力等指标,进行二级区划。二级区划以县(市)为划分单元,分“城镇优先开发区”、“农业优先开发区”、“工业优先开发区”和“矿业优先开发区”。

①考虑开发利用现状因素——农业与城镇优先开发

江苏以平原为主,尽管大部分平原区及其他自然条件较好的国土空间适宜工业化城镇化开发,但这类国土空间更加适宜发展农业,为保障农产品供给安全,不能过度占用耕地推进工业化城镇化,由此决定了我省可用来推进工业化城镇化的国土空间并不宽裕,即使是城市化地区,也要保持必要的耕地和绿色生态空间,在一定程度上满足当地人口对农产品和生态产品的需求^[29]。为落实坚守耕地红线不动摇的基本国策,必须优先划定农业开发区。“农业优先开发区”划定:一是以土地资源作为划分依据,耕地占有率(耕地/国土面积)大于50%;二是土壤污染防治区划成果的“土壤自然防护区”(表8)。

城镇是人类文明的重要组成部分,城市也是伴随人类文明与进步发展起来的,是因商品交换集聚人群后而形成的,经几百年乃至几千年的发展起来的具备行政管辖功能的区域。为此,必须优先划定城镇开发区。城镇的发展包括两类,一是已有城镇的外延,二是由一些村落直接发展起来,城镇建设最重要的因素是政策导向,因此,“城镇优先开发区”划定:一是考虑区位因素和社会现状,将已有城镇及其外延区划定为“城镇优先开发区”,包括全省13个省辖市及49个县(市)城市规划区;二是考虑发展规划需要,将新型城市开发区划定为“城镇优先开发区”,包括全省22个国家级和103个省级各类开发区。从全

表 8 江苏省地质环境二级区划方法
Table 8 Second division method for geo-environment in Jiangsu

| 划分依据 | 区划分区 |
|------------------------|---------|
| 耕地占有率大于 50% | 农业优先开发区 |
| 土壤污染自然防护区 | 农业优先开发区 |
| 已有城镇及其外延区 | 城镇优先开发区 |
| 新型城市开发区 | 城镇优先开发区 |
| 矿产资源规划的“重点开采区”及“集中开采区” | 矿业优先开发区 |
| 矿山地质环境重点防治区 | 矿业优先开发区 |
| 山体资源适宜开发区 | 矿业优先开发区 |

省区划的角度,城镇均为点状,因此,“城镇优先开发区”的划定不受其他区域划定的影响。

②考虑地质资源因素——矿业优先开发

江苏省矿产资源相对匮乏,除少数矿种能满足要求外,多数矿产资源的保有储量小,成为制约经济发展的重要因素,合理的规划、利用矿产资源在江苏省显得尤为重要。显然,将矿业开发潜力较大的地区单独划出是十分必要的。“矿业优先开发区”划定是以矿山地质环境区划和山体资源保护区划为依据,同时满足“矿山地质环境重点防治区”和“山体资源适宜开发区”的区域。

由于江苏地理位置、交通条件的优越,区域工程地质条件和地形地貌条件对工业开发的影响较小,除“保护区”外均可作为“工业优先开发区”,因此,“农业优先开发区”和“矿业优先开发区”以外的区域均划定为“工业优先开发区”。江苏地质环境综合区划思路见图 8。

3.2 地质环境综合区划综述

3.2.1 一级区划综述

全省共划定地质环境保护区 10 个,地质环境控制开发区 7 个,地质环境恢复治理区 5 个,其他为地质环境适宜开发区(图 9)。

10 个地质环境保护区包括太湖、洪泽湖、骆马湖、高邮湖、阳澄湖、白马湖、溮湖、石臼湖和盐城湿地等 9 个自然保护区(湿地)及山体保护区,分布面积 9 929 km²,占国土面积的 9.7%。

7 个地质环境控制开发区包括丰沛、徐州、盐城、南通和苏锡常等 5 个地质灾害控制开发区及新沂—泗洪区域稳定控制开发区和山体控制开发区,分布面积达 26 628 km²,约占国土面积的 26.0%。

5 个地质环境恢复治理区包括昆山、张家港、南

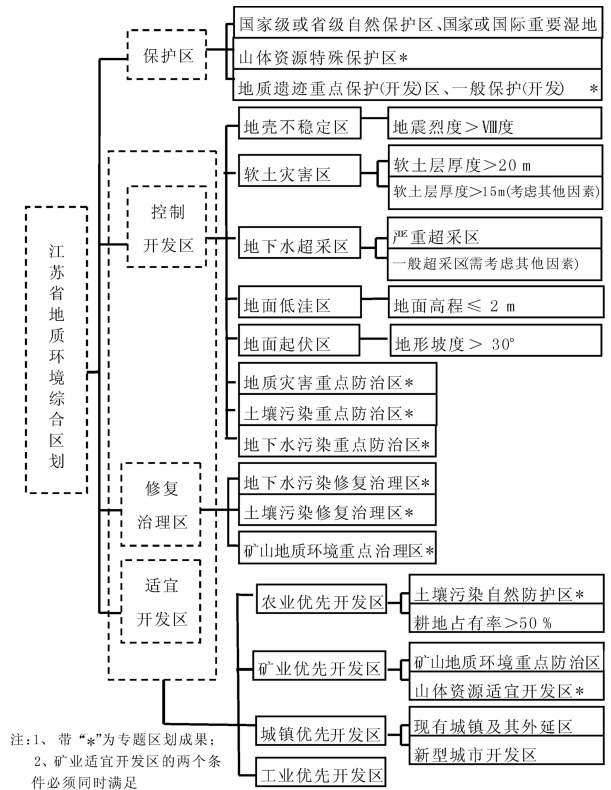


图 8 江苏省地质环境综合区划框图
Fig.8 Framework of geo-environment comprehensive division of Jiangsu

京六合、南京河西等 4 个水土污染修复治理区及山体恢复治理区,分布面积达 644 km²,约占国土面积的 0.6%。

其他地区为地质环境适宜开发区,约 65 400 km²,占国土面积的 63.7%。

3.2.2 二级区划结果综述

全省共有 15 县(市)为农业优先开发区、4 县(市)为矿业优先开发区,其他为工业优先开发区(图 10)。

农业优先开发区分布面积 23 145 km²,约占国土面积的 22.6%,区内耕地面积 13 423 km²,约占全省耕地面积的 28.6%,区内土壤质量好,适合优先发展农业。

矿业优先开发区分布面积约 5 832 km²,约占国土面积的 5.7%,是江苏省煤炭、盐矿资源重点开发区,矿业经济在地区经济发展中扮演着重要的角色,2009 年矿业生产总值达 111.81 亿元,约占地区生产总值(1 745 亿元)的 6.4%。其中,沛县以 56.54 亿元的矿业生产总值高居榜首,约占当地生产总值的

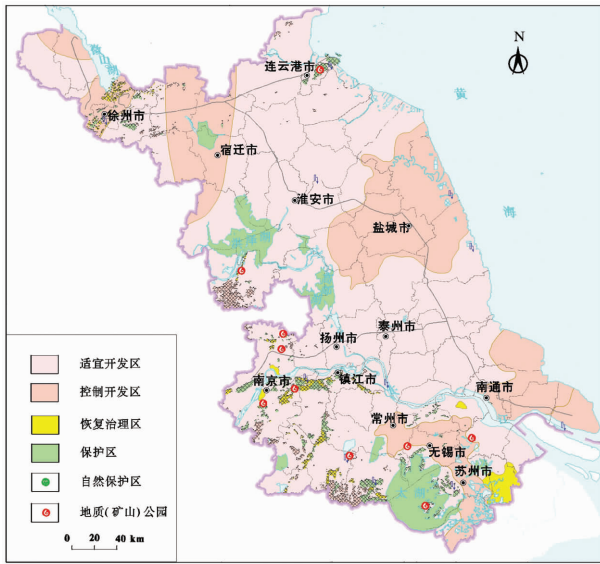


图9 江苏省地质环境综合区划图(一级)

Fig.9 Comprehensive geological environment division in Jiangsu Province (first grade)

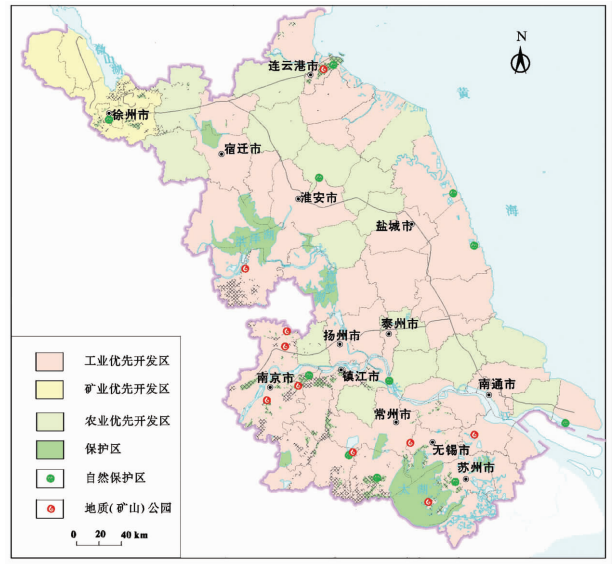


图10 江苏省地质环境综合区划图(二级)

Fig.10 Comprehensive geological environment division in Jiangsu Province (second grade)

22.62%。其他为工业优先开发区，面积约 63 695 km²，占全省总面积的 62.1%。

4 成果总结

(1)江苏省地质环境区划是基于地质环境的自然属性和社会属性，建立在地质灾害、矿山地质环境、山体资源保护、地质遗迹保护、地下水污染防治和土壤污染防治等6个专题区划基础上的综合性区划。各专题区划依据各自的目的建立区划评价指标体系，进行区域划分，其区划结果可作为相应的专项规划依据，综合区划是充分利用各专题区划成果的基础上，考虑各专题中未涉及到的地质环境因素，分两个层次对地质环境进行区域划分，其区划结果可作为地质环境保护规划依据。

(2)地质灾害区划评价指标体系是依据地质灾害易发性、危害性及所处位置的重要性建立的，由3个目标层、7个约束层、20个指标层组成；矿山地质环境区划评价指标体系是依据矿山地质环境质量的优劣及矿产资源开发利用的重要性建立的，由2个目标层、5个约束层、12个指标层组成；地下水污染防治区划评价指标体系是依据地下水易污性、环境质量及水资源供给的重要性建立的，由3个目标层、6个约束层、11个指标层组成；土壤污染防治区划评价指标体系是依据土壤环境质量及土地资源供给的

重要性建立的，由2个目标层、5个约束层、7个指标层组成；山体资源保护区划评价指标体系是依据山体资源的资源价值、敏感性及所处位置的重要性建立的，由3个目标层、6个约束层、11个指标层组成；地质遗迹保护区划评价指标体系是依据地质遗迹资源价值及其重要性建立的，由2个目标层、4个约束层、10个指标层组成。

(3)依据建立的区划评价指标体系，地质灾害、矿山地质环境、山体资源保护、地质遗迹保护、地下水污染防治和土壤污染防治等6个专题区划以层次分析法为核心，MAPGIS的空间分析模块为评价平台，采用综合指数模型进行各专题区划。地质灾害区划重点防治区和一般防治区，其中，重点防治区面积21 100 km²；矿山地质环境区划分重点治理(防治)和一般治理(防治)区，其中，重点防治区面积2 040 km²、一般防治区面积3 110 km²、重点治理区面积3 490 km²、一般治理区面积4 500 km²；地下水污染防治区划分为地下水修复治理区、重点防护区、一般防护区、自然防护区，其中，自然防护区面积15 670 km²、一般防护区面积61 900 km²、重点防护区面积24 550 km²、修复治理区面积仅480 km²；土壤污染防治区划分为土壤修复治理区、重点防护区、一般防护区、自然防护区，自然防护区面积62 400 km²、一般防护区面积27 000 km²、重点防护区面积7 000

km²、修复治理区面积仅 380 km²;山体资源保护区划分特殊保护区和适宜开发区,其中,689 个山体为特殊保护区,464 个山体为适宜开发区;地质遗迹保护区划将全省 19 个地质遗迹分布区分为 9 个重点保护(开发)区和 10 个一般保护(开发)区。

(4)地质环境综合区划是在利用 6 个专题区划成果的基础上,充分考虑各专题中未涉及到的地质环境因素,建立对地质环境综合区划起主导作用的因素的评判体系,分二级进行地质环境综合区划。一级区划以地质环境问题为导向,按照由深(部)入浅(部)、由主(要)至次(要)的原则,首先考虑深部的地质环境要素—区域地壳稳定性,其次考虑中部的地质环境要素—地质环境承载力及地质资源保障,再则考虑浅表的地质环境要素—地形地貌及专题区划结果,第四考虑人类工程活动—自然保护区及重要湿地,划分保护区、控制开发区、修复治理区和适宜开发区;二级区划以地质环境功能为导向,按照先现状(开发利用)后功能(地质环境)原则,首先考虑开发利用现状因素,提出农业与城镇优先开发,其次考虑地质资源因素,提出矿业优先开发,划分城镇优先开发区、农业优先开发区、工业优先开发区和矿业优先开发区。

(5)全省地质环境保护区面积 9 926 km²、控制开发区面积 26 628 km²、恢复治理区面积 644 km²、适宜开发区面积 65 400 km²;农业优先开发区 23 145 km²、矿业优先开发区 5 832 km²、工业优先开发区 63 695 km²。

参考文献 (References):

- [1] 刘燕华, 郑度, 葛全胜, 等. 关于开展中国综合区划研究若干问题的认识[J]. 地理研究, 2005, 24(3): 321-329.
Liu Yanhua, Zheng Du, Ge Quansheng, et al. Problems on the research of comprehensive regionalization in China[J]. Geographical Research, 2005, 24(3): 321-329(in Chinese with English abstract).
- [2] 郑度, 葛全胜, 张雪芹, 等. 中国区划工作的回顾与展望 [J]. 地理研究, 2005, 24(3): 330-344
Zheng Du, Ge Quansheng, Zhang Xueqin, et al. Regionalization in China: Retrospect and prospect[J]. Geographical Research, 2005, 24(3): 330-344(in Chinese with English abstract).
- [3] 周爱国, 周建伟, 梁合诚, 等. 地质环境评价 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2008.
Zhou Aiguo, Zhou Jianwei, Liang Hecheng, et al. Geological Environment Evaluation [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2008(in Chinese with English abstract).
- [4] 黄润秋, 许向宁, 唐川, 等. 地质环境评价与地质灾害管理[M]. 北京: 科技出版社, 2008.

- Huang Runqiu, Xu Xiangning, Tang Chuan, et al. Geological Environment Evaluation and Geological Disaster Management [M]. Beijing: Science Press, 2008(in Chinese with English abstract).
- [5] 闫满存, 李华梅, 文启忠, 等. 区域地质环境质量评价研究的现状与趋势[J]. 地球科学进展, 1999, 14(4): 371-376
Yan Mancun; Li Huamei; Wen Qizhong, et al. The current situation and trend of regional geo-environment quality assessment [J]. Advance in Earth Science, 1999, 14(4): 371-376(in Chinese with English abstract)
- [6] 蔡鹤生, 唐朝晖, 周爱国, 等. 地质环境容量评价指标初步研究[J]. 水文地质工程地质, 1998, 3: 23-25
Cai Hesheng, Tang Zhaohui, Zhou Aiguo, et al. The indexes for evaluating the capability of geo-environment [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 1998, 3: 23-25 (in Chinese with English abstract).
- [7] 周爱国, 孙自永, 徐恒力, 等. 地质环境生态适宜性评价指标体系研究[J]. 地质科技情报, 2001, 20(2): 71-74.
Zhou Aiguo, Sun Ziyong, Xu Hengli, et al. Study of indexes for assessment of geo-environmental ecology suitability [J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20 (2): 71-74(in Chinese with English abstract)
- [8] 许向宁, 葛文彬, 黄润秋, 等. 梯级水电开发对生态地质环境影响评价的思路与方法初探[J]. 中国地质, 2008, 35 (2): 351-356.
Xu Xiangning, Ge Wenbin, Huang Runqiu, et al. Concept and method of assessment of the effect of cascade hydropower development on the ecological geo-environment [J]. Geology in China, 2008, 35 (2): 351-356 (in Chinese with English abstract).
- [9] 王嘉学, 肖波. 河源区生态地质环境安全性评估 [J]. 水文地质工程地质, 2009, 3: 117-121
Wang Jiaxue; Xiao Bo, Security evaluation of eco-geological environment in head-water areas[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2009, 3: 117-121(in Chinese with English abstract).
- [10] 何芳, 徐友宁, 袁汉春, 等. 矿山环境地质问题综合评价客观权重确定方法探讨[J]. 中国地质, 2008, 35(2): 337-343.
He Fang, Xu Youning, Yuan Hanchun, et al. Method for the determination of objective weight-values in the comprehensive evaluation of mine environmental geological problems[J]. Geology in China, 2008, 35 (2): 337-343 (in Chinese with English abstract).
- [11] 孟素花, 费宇红, 张兆吉, 等. 华北平原地下水脆弱性评价[J]. 中国地质, 2011, 38(6): 1607-1613.
Meng Suhua, Fei Yuhong, Zhang Zhaoji, et al. Groundwater vulnerability assessment of North China Plain [J]. Geology in China, 2011, 38(6): 1607-1613 (in Chinese with English abstract).
- [12] 温守钦, 李仁锋, 任群智, 等. GIS 技术在地质灾害区划中的应用[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 512-517.
Wen Shouqin, Li Renfeng, Ren Qunzhi, et al. Application of GIS technology in the regionalization of geological hazards [J]. Geology in China, 2005, 32(3): 512-517(in Chinese with English abstract).
- [13] 杨勇, 郑凡东, 刘立才, 等. 地下水开采引发的地面沉降易发性区划及控制措施[J]. 中国地质, 2013, 40(2): 653-658.
Yang Yong, Zheng Fandong, Liu Licai, et al. Susceptibility zoning and control measures on land subsidence caused by

- groundwater exploitation [J]. *Geology in China*, 2013, 40 (2): 653-658(in Chinese with English abstract).
- [14] 尚宇宁, 高明志, 吴立进, 等. 济南北部地热资源区划研究[J]. *中国地质*, 2012, 39(3): 778-783.
Shang Yuning, Gao Mingzhi, Wu Lijin, et al. Division of geothermal resources in northern Jinan [J]. *Geology in China*, 2012, 39(3): 778-783 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李随民, 栾文楼, 宋泽峰, 等. 京东板栗生态地球化学环境比配模型与适应性区划[J]. *中国地质*, 2011, 38(6): 1614-1619.
Li Suimin, Luan Wenlou, Song Zefeng, et al. Ecogeochemical dosing model and adaptability regionalization of Jingdong chestnut [J]. *Geology in China*, 2011, 38 (6): 1614-1619 (in Chinese with English abstract).
- [16] 黄敬军, 甘义群, 缪世贤, 等. 江苏省地质环境区划评价指标体系初步研究[J]. *中国地质*, 2011, 38(6): 1599-1606.
Huang Jingjun, Gan Yiqun, Miao Shixian, et al. Preliminary study for evaluation index system of the geo-environment division in Jiangsu [J]. *Geology in China*, 2011, 38 (6): 1599-1606 (in Chinese with English abstract).
- [17] 黄敬军, 缪世贤. 江苏省矿山地质环境区划研究[J]. *水文地质工程地质*, 2012, 39(5): 88-92.
Huang Jingjun, Miao Shixian. Regionalization study of mine geological environment in Jiangsu Province [J]. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 2012, 39 (5): 88-92 (in Chinese with English abstract).
- [18] 钟佐燊. 地下水防污性能评价方法探讨 [J]. *地学前缘*, 2005, 12 (特刊): 3-11.
Zhong Zuoshen. discussion of groundwater vulnerability assessment methods [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12 (Supp.): 3-11 (in Chinese with English abstract).
- [18] 廖启林, 刘聪, 许艳, 等. 江苏省土壤元素地球化学基准值[J]. *中国地质*, 2011, 38(5): 1363-1378.
Liao Qilin, Liu Cong, Xu Yan, et al. Geochemical baseline values of elements in soil of Jiangsu Province [J]. *Geology in China*, 2011, 38(5): 1363-1378 (in Chinese with English abstract).
- [20] 廖启林, 华明, 金洋, 等. 江苏省土壤重金属分布特征与污染源初步研究[J]. *中国地质*, 2009, 36(5): 1163-1174.
Liao Qilin, Hua Ming, Jin Yang, et al. A preliminary study of the distribution and pollution source of heavy metals in soils of Jiangsu Province [J]. *Geology in China*, 2009, 36(5): 1163-1174 (in Chinese with English abstract).
- [21] 郭海全, 杨志宏, 李宏亮, 等. 河北平原表层土壤重金属环境质量及污染评价[J]. *中国地质*, 2011, 38(1): 218-225.
Guo Haiquan, Yang Zhihong, Li Hongliang, et al. Environmental quality and anthropogenic pollution assessment of heavy metals in topsoil of Hebei Plain [J]. *Geology in China*, 2011, 38 (1): 218-225 (in Chinese with English abstract).
- [22] 方世明, 李江凤, 赵来时. 地质遗迹资源评价指标体系 [J], *地球科学*, 2008, 33(2): 285-288
Fang Shiming, Li Jiangfeng, Zhao Laishi, Assessment index system of geological relic resource [J]. *Earth Science*, 2008, 33(2):285-288 (in Chinese with English abstract).
- [23] 潘圣明. 整合力量集聚优势切实加强农业地质环境调查的协调管理[J]. *中国地质*, 2004, 31(增刊): 7-10.
Pan Shengming. Regrouping our forces and concentrating a superior force to strength coordinated management of agrogeological environmental survey earnestly [J]. *Geology in China*, 2004, 31(supp.): 7-10(in Chinese with English abstract).

The comprehensive division of geo-environment in Jiangsu Province

HUANG Jing-jun^{1,2}, MIAO Shi-xian^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}

(1. Key Laboratory for Earth Fissures Geological Disaster of MLR, Nanjing 210018, Jiangsu, China; 2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, Jiangsu, China)

Abstract: The accelerated process of urbanization and industrialization inevitably impacts the geo-environment and affects the function of traditional geo-environment. Therefore, a reasonable delineation of the geo-environment protection area is of great significance for the effective protection of geo-environment and the fulfillment of the functions of the geological environment protection management. Based on a detailed analysis of geo-environment information and achievements obtained in Jiangsu province and considering the natural attribute of the geo-environment, the authors established geo-environment comprehensive division which includes six specialized divisions, namely geological disasters (prevention), mine geological environment (protection), mountain resource protection, geological heritage protection, groundwater and soil pollution prevention. On one hand, the six specialized divisions establish the evaluation index system according to certain criteria for their respective purposes whose results provide the basis for a special planning; on the other hand, based on an analysis of the advantages of the six specialized divisions and taking full account of the geo-environment factors that the specialized divisions do not include, the authors set up the comprehensive evaluation system of geo-environment at two levels, which can provide the basis for the geo-environment protection planning.

Key words: geo-environment division; evaluation index system; mountain resource conservation; Jiangsu

About the first author: HUANG Jing-jun, male, born in 1962, senior engineer, engages in the study of hydrogeology and environmental geology; E-mail: hjhfy@163.com.