

Evaluation of Mineral Resources Carrying Capacity and Sustainable Development Based on Multivariate Coupled Model

—Take Weifang City, Shandong Province as an Example

Kuifeng Wang^{1,2*}, Guoqiang Xu¹, Taiping Zhang¹, Qiang Wang¹, Yang Liu¹

¹Key Laboratory of Gold Mineralization Process and Resource Utilization Subordinate to the Ministry of Natural and Resource, Shandong Key Laboratory of Geological Process and Resource Utilization in Metallic Minerals, Shandong Institute of Geological Sciences, Jinan Shandong

²Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources (Chinese Academy of Land and Resource Economics, China University of Geosciences Beijing, Institute of Geographic and Natural Resources Research), Sanhe Hebei

Email: *maplewkf@126.com

Received: Aug. 17th, 2019; accepted: Sep. 5th, 2019; published: Sep. 12th, 2019

Abstract

Weifang City is an important mineral resource city in Shandong Province, taking into account the dual characteristics of coastal and inland mineral resources. There are many kinds of mineral resources and many exploitation and utilization mines in this region. However, there are realistic problems such as insufficient reserve of mineral resources and extensive mining development, which brings about certain ecological environment problems. In order to realize the sustainable development of mining economy in this region, it is necessary to evaluate and improve the carrying capacity of mineral resources and take the road of green sustainable development of mining industry. In this study, we select some representative mineral with relatively large reserves, which plays a certain role in national economic development: oil, coal, metal minerals, brine minerals as the object of mineral resources carrying capacity evaluation, and the evaluation index system and evaluation model of single mineral resources carrying capacity are constructed. On this basis, multiple coupling the single mineral resources carrying capacity, the overall evaluation of the carrying capacity of mineral resources in Weifang City is carried out by counties and districts. The results show that the carrying capacity of mineral resources in most counties and districts of Weifang city is low. Among them, Changyi city has the best bearing capacity of mineral resources, Hanting district is good, Fangzi district, Shouguang city and Changle county are general grade, and the other seven counties and districts have the poor bearing capacity of mineral resources. It is proposed to strengthen ecological restoration and environmental protection of mining industry, vigorously develop cluster industry chain and circular economy of mining industry and green mine construction, promoting scientific and technological innovation in mining industry and other sustainable development countermeasures for mineral resources development.

*通讯作者。

Keywords

Mineral Resources Carrying Capacity, Weifang City, Multiple Coupling Model, Comprehensive Evaluation, Sustainable Development

基于多元耦合模型的矿产资源承载力评价及可持续发展

——以山东省潍坊市为例

王奎峰^{1,2*}, 徐国强¹, 张太平¹, 王强¹, 刘洋¹

¹山东省地质科学研究院, 自然资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室, 山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室, 山东 济南

²自然资源部资源环境承载力评价重点实验室, 河北 三河

Email: *maplewkf@126.com

收稿日期: 2019年8月17日; 录用日期: 2019年9月5日; 发布日期: 2019年9月12日

摘要

潍坊市是山东省重要的矿产资源城市, 兼顾沿海及内陆矿产资源双重特性。该区域矿产资源种类较多, 矿山开发利用点较多, 但是资源储量后备不足, 矿业开发较粗放, 带来一定的生态环境问题。要实现该地区矿业经济的可持续发展, 必须要评估和提高矿产资源承载力, 走矿业绿色可持续发展道路。本研究选用潍坊市境内储量相对较大, 对国民经济发展有一定作用的代表性矿种: 石油、煤炭、金属矿产、卤水矿作为矿产资源承载力评价的对象, 构建了单矿种矿产资源承载力评价指标体系和评价模型, 在此基础上, 多元耦合单矿种矿产资源承载力并以县区为评价单元, 开展了潍坊市的矿产资源承载力总体评价。结果表明, 整个潍坊市绝大多数县区矿产资源承载力较低, 其中, 昌邑市矿产承载力为优, 寒亭区为良, 坊子区、寿光市、昌乐县为一般等级, 其余7个县市、区矿产资源承载力等级为差, 提出了加大矿业生态修复和环境保护、大力发展矿业集群产业链及循环经济、绿色矿山建设、提升矿业科技创新等矿产资源开发可持续发展对策。

关键词

矿产资源承载力, 潍坊市, 多元耦合模型, 综合评价, 可持续发展

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

矿产资源是人类生存发展的基础性资源, 其有效开发利用已成为我国经济社会持续稳定发展的重要

保障,对国家资源安全也起着举足轻重的作用[1]-[7]。上世纪 90 年代,我国学者徐强(1996)最先提出了矿产资源承载力的概念,他认为矿产资源承载力是指在可预见的时期内,在保证正常社会文化准则的物质生活条件下,矿产资源以直接或间接的方式可以持续供养的人口数量[8]。而后王玉平(1998)等从矿产资源人口承载力和经济承载力方面对矿产资源承载力开展了相关研究[9][10],进入新世纪,徐大富(2004)、魏景明(2006)分别对贵州省[11]、黑龙江省[12]矿产资源承载力进行了一定的初步分析,李静娜(2009)[13]、刘叶志(2011)[14]分别对矿产资源单矿种煤炭资源的承载力开展了评价对策研究,并分别以中国和福建省进行了实例验证,段彦玮(2011)[15]开展了基于可持续发展的郴州市矿产资源承载力研究,并对煤和铁两种主要矿产资源的经济承载力状况开展了分析和预测研究,严也舟(2014)[4]从矿产资源经济承载力和矿产资源保证年限的角度对重点矿业经济区矿产资源承载力进行评价,文茜茜(2015)[16]对青海省能源资源承载力进行了分析评价,王奎峰(2016)[5]对山东半岛矿产资源承载力及保障程度开展了研究。笔者认为矿产资源承载力是指在一个可预见的时期内,在当时的科学技术、自然环境和社会经济条件下,矿产资源的经济可采储量(或生产能力)对社会发展的承载能力,它是衡量一国家或区域矿产资源可持续保障供应及满足社会经济发展需要程度的重要指标,亦能在一定程度上体现和反映其区域矿产资源的保障能力和承载能力。

现有文献资料检索表明,承载力的研究目前大多是针对生态、土地、水等自然资源承载力[17]的研究,而对于矿产资源承载力单项研究的文献成果相对比较少,目前多侧重于矿产资源经济承载力和矿产资源人口承载力两部分,在研究方法上主要采用考虑矿产资源对经济的静态承载力,矿产资源承载能力评价指标上主要考虑资源保有储量和资源储量,因为这两个指标还能反映出资源勘查和利用水平[18],整体来看,矿产资源承载力的研究仍处于探讨阶段。由于不同矿产资源的分布赋存特征差异较大,不同地区矿产资源承载能力的评价侧重点和指标模型也不尽相同。本论文基于山东省潍坊市矿产资源特征在充分调研基础上,针对潍坊市的矿产资源现有优势矿种和开发利用模式,探讨性建立了该城市的矿产资源承载力评价指标体系模型及评价方法,以期为区域可持续发展战略的制订提供参考借鉴。

2. 潍坊市矿产资源概况

潍坊市位于山东省中北部地区,境内矿产资源丰富,矿产开采是区内国民经济的重要来源之一,下辖县、区均有矿产资源分布,种类较齐全,其中,探明储量的矿产 46 种,其中能源矿产 4 种,金属矿产 6 种,非金属矿产 34 种,水气矿产 2 种,矿产规模以中小型为主,大型矿床较少,贫矿、难采、难选冶矿居多,受成矿地质条件控制,形成分布上的区域特色,西北部有油田天然气分布,中部山区分布金属矿产,北部近海沉积环境分布煤炭及卤水矿资源[3]。我国不少地区也具有潍坊市这种多矿产分布的区域特色,而对于矿业管理部门往往是按照行政区域来管理和指定战略方针,因此针对这种多种矿产分布特点的区域,开展多种矿产富集的矿产资源承载力评价研究就更具有代表性和典型性,且具有一定的地方参考指导意义。

3. 评价指标体系的构建

虽然潍坊市内的矿产资源种类较多,但是,绝大多数重要矿产可供开发利用的储量相对较少,或严重短缺,在国民经济中所占比重有限。因此,本次对潍坊市矿产资源承载力评价,选用潍坊市境内代表性矿种:石油、煤炭、金属矿产、卤水矿作为其矿产资源承载力评价的对象,由于这 4 种矿产资源其地质赋存特点、储量利用、开采管理模式等都不尽相同,其矿产资源承载力评价不可能采用统一的评价指标体系和评价方法,在评价指标体系构建中,我们遵循科学性、代表性、可操作性、因地制宜性原则来筛选指标。因此,我们对四个典型矿种分别选取评价指标体系和评价方法,在单矿种矿产资源承载力评

价基础上，耦合四者评价结果，采用综合加权法开展矿产资源综合承载力评价。

3.1. 石油资源承载力评价指标体系(U1)

针对石油资源的储量及开发利用特点，选用资源动用程度、开采程度、经济承载能力、就业保障能力作为石油资源承载力评价因子(图 1)。

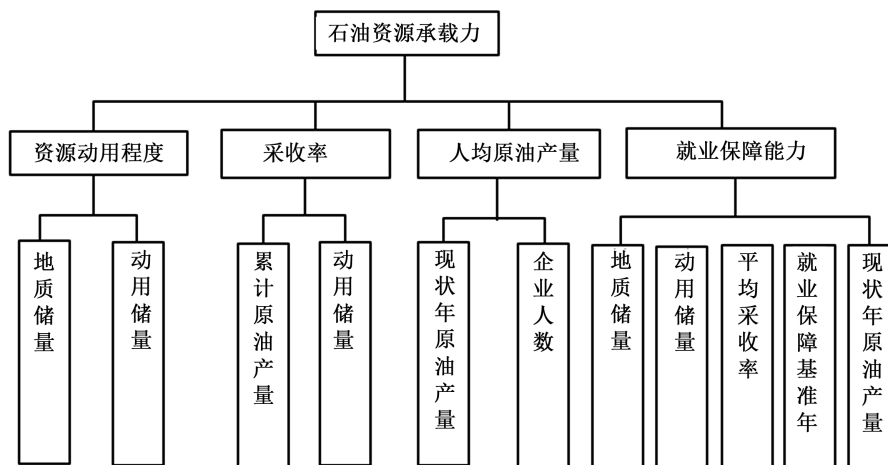


Figure 1. Oil resources carrying capacity evaluation index system
图 1. 石油资源承载力评价指标体系图

1) 资源动用程度

石油地质储量是衡量区内石油资源丰富程度的指标。而动用储量是指实际动用的工业储量，是某一时期内采出量和损失量之和。资源动用程度因子从资源量角度反应石油资源可供开采的潜力，其计算公式如下：

$$\text{资源动用程度} = \frac{\text{动用储量}}{\text{地质储量}}$$

2) 采收率

采收率是衡量油田开发水平高低的一个重要指标。它是指在一定的经济极限内，在现代工艺技术条件下，从油藏中能采出的石油量占地质储量的比率数。该因子反映了已动用储量中蕴含的可进一步采出的石油资源潜力，其计算公式为：

$$\text{采收率} = \frac{\text{累计原油产量}}{\text{动用储量}}$$

3) 人均原油产量

人均原油产量直接反映了石油开采企业的经济效益情况，也间接反映了石油开采对国民经济的支撑能力。其计算公式为：

$$\text{人均原油产量} = \frac{\text{现状年原油产量}}{\text{企业人数}}$$

4) 就业保障能力

经过多年的开采，境内大部分油气田已进入晚期，剩余油气资源对现有企业人员的就业保障压力较大，以该指标作为一个综合反映剩余油气资源对油田职工就业的支撑能力，其计算公式为：

$$\text{就业保障能力} = \frac{\text{地质储量} - \text{动用储量} * \text{平均采收率}}{\text{就业保障基准年限} * \text{现状原油产量}}$$

3.2. 煤炭资源承载力评价指标体系(U2)

煤炭资源承载力评价, 采用煤炭资源总量、可利用资源、煤炭资源社会需求总量作为其评价指标。

1) 煤炭资源总量(M)

煤炭资源总量(M)是指一个地区和国家在现有科学和技术条件下已探明的煤炭资源的总规模。它包括可采储量(M_K)和不可采储量(M_B), 关系式为: $M = M_K + M_B$ 。

2) 可利用资源(M_Y)

可利用煤炭资源是指在经济合理、技术可行和生态环境容许的前提下, 通过技术措施可以利用的煤炭资源量。在数量上, 它等于区域可采煤炭资源量(M_K)和进口煤炭资源量(M_J), 即: $M_Y = M_K + M_J = M - M_B + M_J$, 其中, 可采资源量(M_K) = 可采保有资源储量 × 回采率。

3) 煤炭资源社会需求总量(M_X)

煤炭资源的需求总量是指在现有社会经济发展规模水平条件下, 各承载对象对煤炭资源的最大需求量之和。它包括社会直接需求量和煤炭出口数量。对于环境承载对象, 即不可采煤炭储量部分, 直接减少可利用煤炭资源。其社会需求量分别表示为: 工业用煤(M_G)、人民生活用煤(M_R)、出口煤量(M_C)、其它用煤(M_Q), 则: 煤炭资源社会需求总量: $M_X = M_G + M_R + M_C + M_Q$ 。

3.3. 卤水资源承载力评价指标体系(U3)

本次针对浅层卤水, 采用工业品位资源量比、国民经济贡献比与资源保障能力作为卤水资源承载力的评价指标(图 2)。

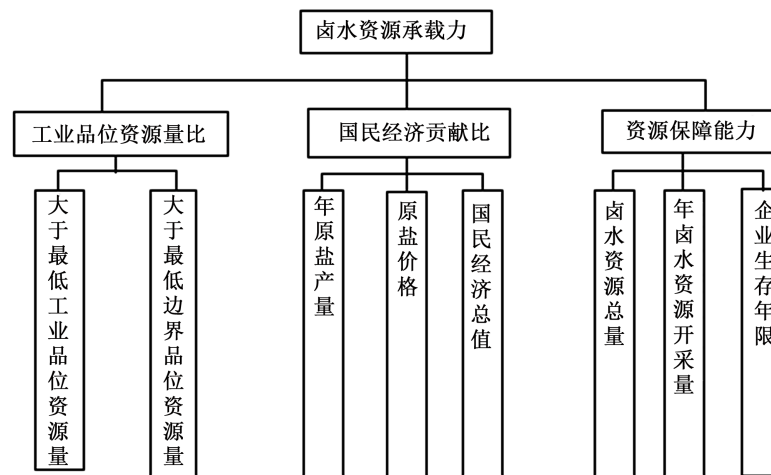


Figure 2. Brine resources carrying capacity evaluation index system

图 2. 卤水资源承载力评价指标体系图

1) 工业品位资源量比

该指标定义为大于最低工业品位的资源量在总资源量中的比重, 总体上反映了卤水矿的品位。工业品位资源量在总资源量中所占的比重越大, 说明该矿区的开采价值越大, 该指标的计算公式为:

$$\text{工业品位资源量比} = \frac{\text{大于最低工业品位的资源量}}{\text{大于边界品位的总资源量}}$$

2) 国民经济贡献比

该指标定义为盐矿生产在国民经济中所占的比例，也反映了盐矿生产对国民经济的重要程度。莱州湾沿岸地区土壤中含盐量高，除少量喜盐植物能生长外，农作物均不能生长，人民的国民经济收入大部分来自盐矿生产，因此，盐矿在国民经济中所占的比例越大，说明当地经济对盐矿生产的依赖程度越大，盐矿的国民经济的承载力也就越高。该该指标的计算公式为：

$$\text{国民经济贡献比} = \frac{\text{年原盐产量} * \text{原盐价格}}{\text{GDP}}$$

3) 资源保障能力

该指标定义为卤水资源对现有开采企业生产的资源保障程度。以现有企业的年卤水开采量为基础，计算一定企业生存年限内卤水资源对企业生产的满足程度，从社会经济角度反映卤水资源的承载能力，其计算公式为：

$$\text{资源保障系数} = \frac{\text{卤水资源量}}{\text{年卤水资源开采量} * \text{企业生存年限}}$$

3.4. 金属资源承载力评价指标体系(U4)

潍坊市境内的金属矿产主要为金矿、铁矿和铜、铅锌矿，由于金属矿产经济价值高，其开采对国民经济的增长影响较大，因此，在矿产资源承载力评价中应该加入该因子。因为金属矿产的成矿特点，矿体分布有一定的局域性和稳定性，往往不跨区域和县市，某一矿种和矿产地往往集中于某一县市内，因此，金属矿产资源承载力评价因子的值域通过与其他各因子的值域进行对比分析，根据其矿种经济价值和资源储量规模，采用专家打分确定。

4. 矿产资源承载力评价模型

针对潍坊市矿产资源特点，对其矿产资源承载力评价先分矿种进行，其中，石油及卤水矿资源承载力采用综合加权评分法，煤炭资源承载力采用煤炭资源承载倍数模型评价，金属矿产承载力采用德菲尔法评价。在此基础上采用综合加权评分法进行最终的多元耦合矿产资源承载力评价。

1) 综合加权评价

综合加权评分法是用评价指标无法用统一的量纲进行定量分析的情况，而用无量纲的分数进行综合评价。综合评分法是先分别按不同指标的评价标准对各评价指标进行评分，然后采用加权相加，求得总分，这一方法采用的比较多，大家也比较熟悉，在此不再赘述。

2) 煤炭资源承载倍数模型

煤炭资源承载力的计算模型：即在一个可预见的评价周期(以 20 年计)内，煤炭资源承载倍数(e)； $e = M_Y/M_X$ ；其中， M_Y 为可利用资源， M_X 为煤炭资源社会需求总量，由承载倍数 e 的计算公式可见，当 $e \geq 1$ 时，煤炭资源可利用量大于煤炭资源社会需求总量，即 $M_Y \geq M_X$ ，说明煤炭资源供需状况良好，煤炭资源对社会经济发展具有足够的支撑力[19]。当 $e < 1$ 时，煤炭资源的可利用量小于煤炭资源社会需求总量，即 $M_Y < M_X$ ，说明煤炭资源可利用量不能支撑社会经济发展对煤炭资源的需求，即承载力不足。通过 e 值的大小，即可判断煤炭资源承载力的大小。在本次煤炭资源承载力评价中，我们确定当 $e < 0.8$ 时，承载力等级为差；当 $0.8 \leq e < 1.2$ 时，承载力等级为中等；当 $1.2 \leq e < 2$ 时，承载力等级为良；当 $e \geq 1$ 时，承载力等级为优。

3) 德菲尔法

德菲尔法，即函询调查法，它的宗旨是将提出的问题和必要的背景材料，向有经验的专家提出，然

后把他们答复的意见进行综合，再反馈给他们，如此反复多次，直到认为合适的意见为止。

5. 矿产资源承载力评价

5.1. 矿产资源单矿种承载力评价

5.1.1. 石油资源承载力

潍坊市已发现并查明 3 个中、小型油气田，分别为昌邑市潍北油田、寿光市八面河油田和羊角沟油田。羊角沟油田，位于寿光与广饶交界处，油田面积 5.90 km²，探明石油地质储量 310 万 t，油气埋深 1600~2100 m。寿光八面河油田，位于小清河与新塌河之间三角地带，油田面积 31.40 km²，探明石油地质储量 9957 万 t。昌邑潍北油气田，位于昌邑市下营、柳疃镇和寒亭区的泊子、央子镇，油田面积 2500 公顷，探明石油地质储量 1268 万 t，探明天然气可采储量 5.25 亿 m³ [3]。

石油资源承载力评价采用综合加权评分法，所选的四个因子，经过计算，其数量级在同一范围内，对所采用计算的数值进行加权综合评分。其中采收率与其他三个因子相反，数值越小，证明可以进一步开采的潜力就越大，因此，在评分时取其负值进行加权综合评分。四个因子从不同的侧重点描述了石油资源承载能力，其权重采用均分法，即采用所有因子计算结果的代数和作为最终的承载力评价结果，并确定评价值在{0, 0.5]之间为承载力差区，{0.5, 1.0]之间为承载力一般区，{1.0, 1.5]为承载力良区，大于 1.5 为承载力优区(表 1)。通过石油资源承载力的评价结果我们可以看出，寒亭区、寿光市、昌邑市的承载力为一般区域。

Table 1. Oil resources carrying capacity evaluation result list

表 1. 石油资源承载力评价结果一览表

行政区	动用程度	采收率	人均原油产量(万吨/人)	就业保障能力	承载力评价
寒亭区(潍北油田)	0.86	0.32	0.05	0.19	0.78 一般
寿光市(八面河油田和羊角沟油田)	0.85	0.31	0.045	0.17	0.76 一般
昌邑县(潍北油田)	0.86	0.32	0.05	0.19	0.78 一般

数据来源：潍坊市资源环境承载力综合评价与区划研究报告，山东省地质科学研究院，2015。

5.1.2. 煤炭资源承载力

潍坊市煤炭资源较少，共有小型煤矿矿床 6 处，散布于昌乐县朱刘、五图、临朐县五井和坊子区坊子煤矿等地。累计探明资源储量 187,796 千 t，保有资源储量 109,004 千 t (见表 2、表 3)。潍坊市仅有昌乐县、临朐县、坊子区有煤炭资源储量，昌邑县有潜在的煤炭可利用资源储量，其它县区无煤炭资源量，煤炭资源承载力评价值为 0。我们采用煤炭资源承载倍数(*e*)评价时，进口煤炭资源量和煤炭社会需求总量是按照 20 年的煤炭储备年限周期来计算的，由于每年的数据是在不断变化的和难以预测的，我们以 2016 年的数据作为平均数据(表 4)来计算，即：进口煤炭资源量和社会需要总量其数值是以 2016 数据的 20 倍来计算的。

Table 2. Coal identified resources distribution in various counties urban weifang city (reserves units: one thousand tons)

表 2. 潍坊市查明资源在各县市区分布表(储量单位：千吨)

行政区	储量	基础储量	资源量	累计查明资源储量 M
坊子区	24,235	81,821	35,031	116,852
临朐县	407	12,627	239	12,866
昌乐县	2781	17,505	40,573	58,078

Table 3. Coal keep resources distribution in various counties urban weifang city (reserves units: one thousand tons)
表 3. 潍坊市煤炭保有资源在各县市区分布表(储量单位: 千吨)

行政区	保有储量	保有基础储量	保有资源储量	已占用保有资源储量	回采率
坊子区	24,235	29,199	64,230	64,230	83%
临朐县	407	462	701	701	88%
昌乐县	2781	3500	44,073	40,772	87%

Table 4. Coal resources carrying capacity evaluation result list of weifang city (reserves units: one thousand tons)
表 4. 潍坊市煤炭资源承载力评价结果一览表(储量单位: 千吨)

行政区	可采煤炭资源储量 (M_K)	进口煤炭资源量 (M_I)	可利用资源 (M_Y)	社会需求量 (2011 年)	社会需求量 (20 年期限) (M_X)	$e = M_Y/M_X$	承载力 等级
坊子区	53311	0	53311	260	5200	10.25 (>10)	优
临朐县	617	600	1217	739	14780	0.08 (<1)	差
昌乐县	35472	400	35872	1309	26180	1.37 (>1)	良

数据来源: 潍坊市资源环境承载力综合评价与区划研究报告, 山东省地质科学研究院, 2015。

值得一说的是第三次煤田预测中在潍坊市圈定出了昌邑北预测区和潍坊预测区, 预测面积 463 km², 预测资源量 4.24 亿吨。可以说, 昌邑市和寒亭区在不远的将来, 其煤炭资源的远景承载力为逐步上升, 可以将其昌邑市作为煤炭资源承载力良区, 寒亭区作为煤炭资源承载力一般区。

根据煤炭资源承载力模型的计算结果, 我们进行综合分析, 可认定为, 坊子区为承载力优区, 昌乐县和昌邑县为良区, 寒亭区为一般区, 临朐县为差区。

5.1.3. 卤水资源承载力

天然卤水为潍坊市优势矿产, 集中分布于潍坊市北部的昌邑、寒亭、寿光三市区沿莱洲湾海岸地带, 东西长约 100 千米, 垂直海岸带宽度 10~20 千米, 总面积 1295 平方千米, 构成一个广阔的潍北地下天然卤水矿田, 是全国重要的海洋盐化工生产基地(表 5)。

Table 5. Shallow hidden brine resources list in Weifang city
表 5. 潍坊市浅藏卤水资源基本情况一览表

地市	卤水(万 m ³)				NaCl(万吨)				矿区		开采量	
	5~7°Be'	7~10°Be'	≥10°Be'	合计	5~7°Be'	7~10°Be'	≥10°Be'	合计	数量 (个)	面积 (km ²)	卤水 (万 m ³ /a)	盐 (万 T/a)
寿光市	67,401.6	145,465.3	111,530.5	324,397.4	3095.7	10,959.4	10,654.5	24,709.6	123	122	15,000	1620
寒亭区	18,379.9	17,056.6	41,633.6	77,070.1	871.4	1286.2	4382.7	6540.3	47	94	1000	520
昌邑市	51,831.7	34,320.7	72,144.2	158,296.6	2249.5	2469	7803.9	12522.4	30	80	2250	300

数据来源: 潍坊市资源环境承载力综合评价与区划研究报告, 山东省地质科学研究院, 2015。

卤水资源承载力评价采用综合加权评分法, 采用的各评价指标数据及标准如下:

1) 工业品位资源量比

本次将浓度 7°Be' 作为卤水的最低工业品位, 以浓度 5°Be' 作为卤水的边界品位。

2) 国民经济贡献比

年原盐产量取 2016 年的统计数据, 原盐价格取 2016 年的平均价格 340 元/吨。

3) 资源保障能力

该因子的计算涉及三个参数,其中前两个参数已出现过,卤水企业的生存年限取 20 年。

4) 卤水资源承载力

根据专家经验及其他参考文献,结合潍坊市当地实际情况,将工业品位资源比、GDP 贡献比(%)和资源保障能力的权重以此定为 0.5, 0.33 和 0.17。分析所选三个参评因子的计算数值,并确定评价值在{0, 0.4}之间为承载力差区, {0.4, 0.7}之间为承载力一般区, {0.7, 1.0}为承载力良区, 大于 1.0 为承载力优区(表 6)。

Table 6. Brine resources carrying capacity evaluation result list of weifang city
表 6. 卤水资源承载力评价结果一览表

指标及权重	工业品位资源量比	GDP 贡献比(%)	资源保障能力	承载力评价	
				评价值	等级
行政区	0.5	0.33	0.17		
寿光市	0.87	10.15	1.08	0.65	一般
寒亭区	0.87	5.9	3.85	1.11	优
昌邑市	0.82	3.87	3.52	1.02	优

通过卤水资源承载力的评价结果可以看出,潍坊市有卤水资源的三个县(市、区)中寿光市承载力等级为一般,寒亭区和昌邑市承载力等级均为优。

5.1.4. 金属矿产承载力

1) 金矿

金矿资源相对较少,辖区内已知小型岩金矿床 1 处,金矿点 1 处,砂金矿点 2 处。小型岩金矿区为临朐县铁寨金矿,目前划分为马鞍山、大汞山和杨桃三个矿段,保有资源储量 81.592 千克,矿石量 212.5 万吨,矿床成因类型为接触交代型。岩金矿点为临朐县松树崮,矿石金品位一般为 2.06 克/吨,最高 26 克/吨,含铜最高 0.66%,该矿点成因为岩浆热液充填型。砂金矿点分别位于临朐县李季和安丘市东崔崮峪,金品位在 0.1625~7.8988 g/m³,一般为 1.4808 g/m³。安丘市东崔崮峪探明砂金普查资源储量 124 kg。另外,在青上铜矿、白石岭铅锌矿和担山铅锌矿中伴生有金、银组分。在铁寨金矿中还有独立的银矿脉伴生,探明伴生银金属量 5230 kg [3]。

2) 铁矿

铁矿是潍坊市重要的矿产资源,矿产地较多,勘查较高,探明的资源储量较大,开发利用程度较高,大部分铁矿资源已开发利用。已知铁矿床(点) 34 处,其中大型矿床 2 处,中型 5 处,小型 11 处,矿点 16 处。保有资源储量 3.12 亿吨,其中储量 12,632 万吨,基础储量 1.87 亿吨。铁平均品位在 22.7%~45.52%。其中变质型铁矿主要分布在昌邑、临朐、昌乐、安丘一带。接触交代型的中—低温热液型铁矿主要分布在临朐县铁寨地区。晚期岩浆分异型铁矿分布于昌邑、安丘等市。风化淋滤—地下水热液型铁矿分布于青州市。铁矿潜在资源量较大[3]。

3) 铜、铅锌矿

探明铜矿床多数为伴生矿,矿床规模小,资源分散,共计 3 处,均为小型矿床;矿石品位低,一般 0.31%~0.82%。保有资源储量(金属量) 3321.2 吨。昌乐青上铜矿因选矿难度大,早已闭坑[20]。铅锌矿主要集中在安丘市,多为铅锌共伴生矿,矿床规模小,共计 3 处,均为小型矿床;其中,担山铅锌矿和白石岭铅锌矿区属于闭坑和停采矿区,宋官疃铅矿区保有资源储量(金属量) 3272 吨[3]。

本次金属矿产承载力评价中,昌邑市铁矿资源丰富,有多个已探明储量的中小型铁矿区,可利用程

度高；安丘市有多个铅锌矿及铁矿，部分已停采，青州有两个大型铁矿次之；临朐及昌乐有少量的铁矿、铜矿及金矿点较次之，其它县市基本未见到金属矿产的存在，根据矿产资源的价值和储量利用特点，直接采用德尔菲法将昌邑市划为金属矿产承载力优区，安丘市和青州市为承载力良区，临朐县和昌乐县划为承载力一般区。

5.2. 多元耦合矿产资源承载力综合评价

根据综合加权评分法的原理，将各参评因子按其评价结果制定评分表(表 7)，矿产资源缺乏的县不予评价。根据 4 个矿种的资源储量及在当地国民经济所占比重，4 个矿种各评价因子的权重按金属矿、石油、煤炭、卤水的顺序进行重要性排序，计算其权重系数为{0.3、0.25、0.25、0.2}，经综合加权评分计算得到矿产资源承载力评价价值，并确定矿产资源承载力评价价值在{0、1}之间为承载力差区；{1，2}之间为承载力一般区；{2，4}为承载力良区；{4，8}之间为承载力优区，其具体评价结果见表 8、图 3。

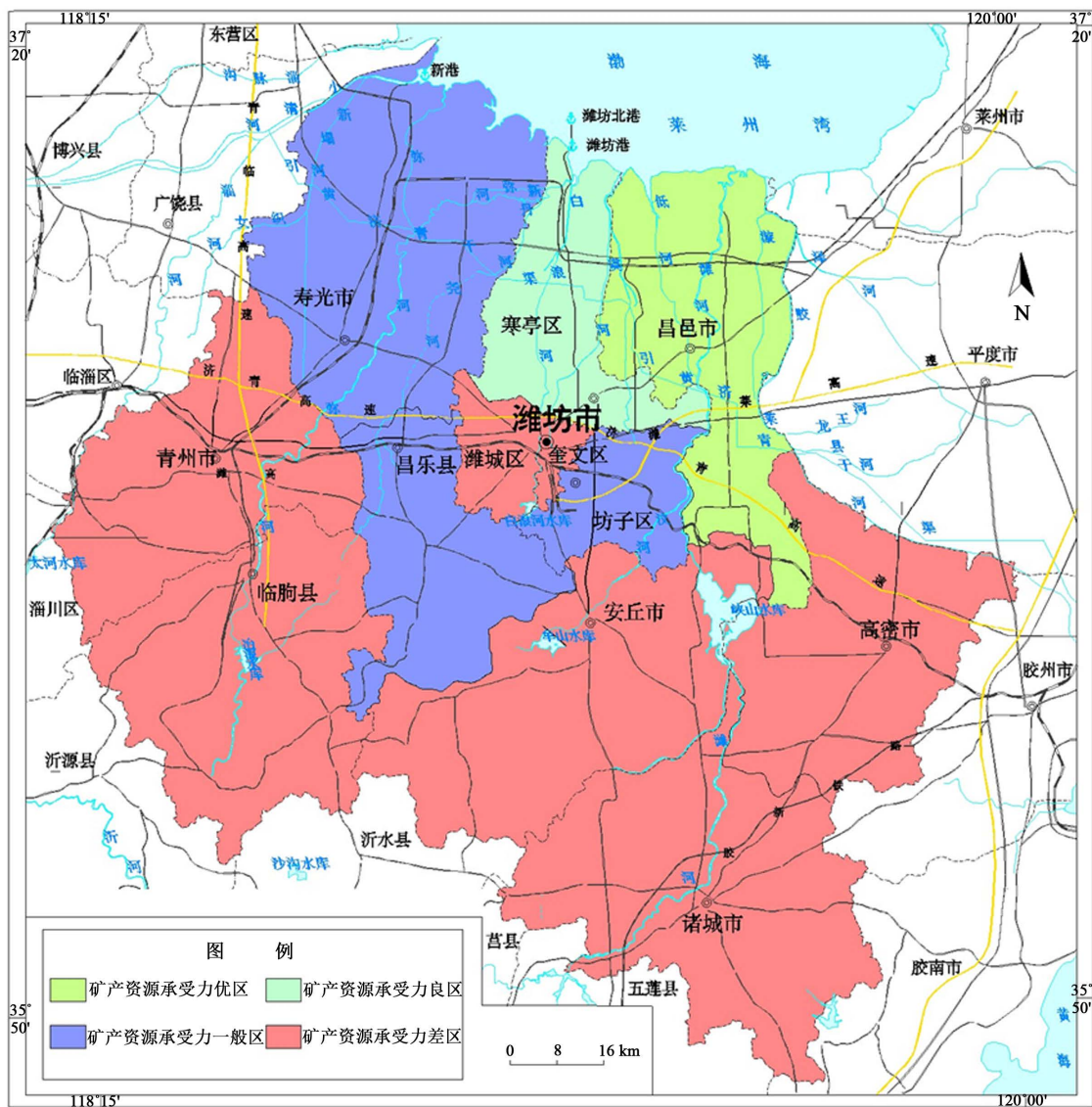


Figure 3. Evaluation of current status of mineral resources carrying capacity in Weifang City, Shandong Province
图 3. 山东省潍坊市矿产资源承载力现状评价图

Table 7. Mineral resources carrying capacity evaluation factor assessment**表 7.** 矿产资源承载力评价因子评分表

评价结果	优	良	一般	差
评分值	8	4	2	1

Table 8. Mineral resources carrying capacity comprehensive evaluation result list**表 8.** 矿产资源承载力综合评价结果一览表

行政区	指标及权重	石油	煤炭	卤水矿	金属矿	承载力	
		0.3	0.25	0.25	0.2	评价值	等级
寒亭区		2	1	8	0	2.85	良
坊子区		0	8	0	0	2	一般
青州市		0	0	0	4	0.8	差
寿光市		2	0	2	0	1.1	一般
安丘市		0	0	0	4	0.8	差
昌邑市		2	4	8	8	5.2	优
临朐县		0	1	0	2	0.65	差
昌乐县		0	4	0	2	1.4	一般

从评价结果来看，潍坊市所辖县、区有 1 个矿产资源承载力优区，1 个承载力良区，3 个承载力一般区，7 个矿产承载力差区。总体来说，潍坊市矿产资源承载力评价分级主要以一般和差为主，仅有昌邑市矿产承载力为优，寒亭区为良。昌邑市在四种重要矿产资源的评价中均取得较高的得分，因此评价结果为优不足为奇；寒亭区有丰富的卤水资源，石油资源也较丰富，还具有一定的煤炭资源，因此评价结果为良；其余各县市要么只具有评价过程中所确定一种重要矿产资源，要么具有两种但是储量不丰富，因此其评价结果等级主要为一般和差。

6. 可持续发展建议

1) 矿产资源开发要走绿色可持续发展道路，需加强矿山生态环境修复，建设绿色矿山。由于多方面的问题，潍坊市矿产资源的开发利用中，环境污染破坏较为严重，重开发、轻保护现象较为突出，造成土地、植被、山体的破坏和次生地面沉降、崩滑流等地质灾害隐患较多。政府应建立矿业可持续发展规划，对矿山总量、结构布局进行宏观调控。同时，要加强矿山生态修复，建设绿色矿山，比如上海世茂深坑酒店、辰山矿坑花园等都是利用废弃矿坑改造而成的范例，赢得世界的关注和称赞，对矿山改造和生态修复要注重总体规划布局，因地制宜，切实具有可操作性。生态文明不是远离矿产资源开发，而是在矿业开发过程中采取更加严格的绿色发展措施来保证人与自然的和谐共生。

2) 打造矿业产业集群，大力发展矿业循环经济，构建矿产资源产业链。潍坊市矿产资源种类丰富，分布较为分散，储量较大，但多以共生形式为主，构建产业集群及产业链能有效地实现地区矿业产业升级，提升地区矿产资源的利用水平。可根据潍坊市矿产资源的特点，以龙头企业为核心，通过兼并、重组等方案来实现上下游矿业结构优化提升。如潍坊滨海新区，可依托卤水资源建立产业集群开发产业链，实行卤水资源联产制度，实现卤水资源的综合利用，将多种化工产业整合到卤水资源开发产业链之中，这样既有利于形成区域经济联动优势，又有利于加强矿产资源的综合利用效率，还有利于降低对环境的污染破坏。在矿业循环经济方面，可结合矿山企业自身实际特点，加强矿业循环经济的技术创新，

努力探寻适合自身矿业循环经济发展的适用模式，构建矿业循环经济共生产业链。

3) 要加大矿业及伴生产业的科技创新扶持力度，提升矿产资源的综合利用水平。目前潍坊市矿产资源储量及综合利用水平较低，多以出售原矿为主，深加工、精加工产品相对较少，如卤水资源开发利用集约化程度不高，部分金属矿山伴生组分综合利用率低，采易弃难，回采率低。因此，应适当调整矿业结构，提高矿产资源开发利用水平，解决“多、小、散”问题，转变传统的粗放型增长方式为集约型增长方式，淘汰落后的生产工艺和生产技术，提高矿产资源利用效率，建立起规模化、集约化的矿产资源开发利用模式。同时，要科技找矿，寻求新的矿产地和发掘已有矿山的深部和外围找矿潜力，提升矿业全球视野和科技含量。

基金项目

国家自然科学基金项目(41602356)、自然资源部资源环境承载力评价重点实验室开放课题(CCA2019.07)、中国博士后科学基金(2017M622240)、中国地调局综合研究项目(12120113007200)、山东省地勘基金项目(鲁勘字 2013(55)号、鲁勘字(2016)7 号)联合资助。

参考文献

- [1] Feng, Z.M., Sun, T., Yang, Y.Z., *et al.* (2018) The Progress of Resources and Environment Carrying Capacity: From Single-Factor Carrying Capacity Research to Comprehensive Research. *Journal of Resources and Ecology*, **9**, 125-134. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2018.02.002>
- [2] 陈其慎, 张艳飞, 邢佳韵, 等. 矿产资源强国评价指标体系构建与评价[J]. 中国矿业, 2017, 26(11): 1-9.
- [3] 王奎峰, 刘洋. 潍坊市资源环境承载力评价与区划[R]. 济南: 山东省地质科学研究所, 2016.
- [4] 严也舟, 成金华. 重点矿业经济区矿产资源承载力评价[J]. 国土资源科技管理, 2014, 31(4): 29-33.
- [5] 王奎峰, 韩祥银, 王岳林, 等. 山东半岛矿产资源承载力及保障程度研究[J]. 地质调查与研究, 2016, 39(1): 47-55.
- [6] 陈其慎, 干勇, 延建林, 等. 从矿产资源大国到矿产资源强国: 目标, 措施与建议[J]. 中国工程科学, 2019, 21(1): 49-54.
- [7] 李政, 姜兴伟, 麻林巍, 等. 中国建设“矿产资源强国”的内涵探讨和政策建议[J]. 中国工程科学, 2019, 21(1): 55-60.
- [8] 徐强. 区域矿产资源承载能力分析几个问题的探讨[J]. 自然资源学报, 1996, 11(2): 135-141.
- [9] 王玉平, 卜善祥. 中国矿产资源经济承载力研究[J]. 煤炭经济研究, 1998, 15(12): 15-18.
- [10] 王玉平. 矿产资源人口承载力研究[J]. 中国人口、资源与环境, 1998, 8(3): 22-25.
- [11] 徐大富, 渠丽萍, 张均. 贵州省矿产资源承载力分析[J]. 科技进步与对策, 2004, 21(5): 56-58.
- [12] 魏景明. 黑龙江矿产资源承载力竞争力及可持续力分析[J]. 中国矿业, 2006, 15(11): 102-106, 109.
- [13] 李静娜. 中国煤炭资源承载力评价及对策研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2009.
- [14] 刘叶志. 矿产资源承载力评价及其环境约束分析——以福建省煤炭资源为例[J]. 闽江学院学报, 2012, 33(3): 43-48.
- [15] 段彦玮. 基于可持续发展的郴州市矿产资源承载力研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [16] 文茜茜. 青海省矿产资源承载力评价——以能源资源为例[J]. 商, 2015(6): 263.
- [17] Wang, L. and Liu, H. (2019) Comprehensive Evaluation of Regional Resources and Environmental Carrying Capacity Using a PS-DR-DP Theoretical Model. *Journal of Geographical Sciences*, **29**, 363-376. <https://doi.org/10.1007/s11442-019-1603-4>
- [18] 熊英, 黄钞华, 马海燕. 河南矿产资源的经济承载力评价: 基于五种主要矿产资源分析[J]. 中国矿业, 2014, 23(8): 46-49.
- [19] 刘庆志. 我国煤炭资源可持续利用承载力探讨[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2006, 25(4): 87-89.
- [20] 王奎峰, 李文平, 杨德平, 等. 山东省铜矿床类型、时空分布、典型矿床特征及成矿远景[J]. 地质学报, 2013, 87(4): 565-576.