

文章编号: 1001-1986(2009)02-0013-05

贵州省煤炭资源优度评价

徐宏杰¹, 桑树勋¹, 黄华州¹, 易同生², 李 林¹, 李 军¹

(1. 中国矿业大学资源学院, 江苏 徐州 221008;

2. 贵州省煤田地质局, 贵州 贵阳 550006)

摘要: 基于贵州省煤炭资源分布和赋存特点, 构建了煤炭资源评价体系。运用灰色聚类分析方法, 对贵州省 166 个勘查区进行分析评价, 确定其优劣顺序。结果表明: 单元优度值介于 44.46~83.13, 各单元间差异不大; 贵州省具有良好的煤炭资源条件, “优”和“良”级资源占参评总资源量一半以上; 煤炭资源在毕节和六盘水分布优势明显, 适于优先带动开发。

关键词: 煤炭资源; 灰色聚类; 评价; 贵州省

中图分类号: P618.11 **文献标识码:** A

Evaluation of privileged coal resources in Guizhou Province

XU Hongjie¹, SANG Shuxun¹, HUANG Huazhou¹, YI Tongsheng², LI Lin¹, Li Jun¹

(1. College of Mineral Resource and Geological Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. Coalfield Geology Bureau, Guizhou Province, Guiyang 550006, China)

Abstract: Based on the occurrence characters and distribution of coal resources, an evaluation system is constructed, which adopts the grey cluster to evaluate the 166 exploration areas in Guizhou Province and determines the priority of them. The result indicates that the units vary slightly, and the unit superiority value ranges from 44.46 to 83.13. In Guizhou Province there is a good coal resources condition, the high grade and meddle grade resources amount to over 50% of the total evaluated resources; it is notable in Bijie and Liupanshui and suitable for preferential exploitation.

Key words: coal resources ; grey cluster ; evaluations ; Guizhou Province

贵州省煤炭资源极其丰富,含煤面积 7 万余 km², 占全省总面积的 40%以上。截至 2005 年底,全省发现和预测煤炭资源总量达 2 419.6 亿 t, 其中,预测 2 000 m 以浅的远景资源量为 1 903.6 亿 t, 已勘查的 331 处井田或矿区,发现煤炭资源总量为 504.27 亿 t, 其中煤炭储量 91.70 亿 t, 基础储量 148.91 亿 t。

作为全国重要的产煤基地之一,贵州省客观上具备发展煤炭工业的基本资源保障,但由于受地区经济发展水平较低,长期以来资源勘探和开发利用程度不高,诸多不利因素的制约,其资源优势未得到充分发挥。对贵州省目前的煤炭资源开展综合评价,可对该省煤炭资源有一个准确定位,从而科学、合理地进行资源开发决策,获得最大的经济和社会效益。

1 煤炭资源评价主要因素分析

1.1 资源分布特点

贵州省煤炭资源十分丰富,但分布相对集中。

从成煤的时间背景来看,含煤地层主要分布在上二叠统龙潭组和长兴组。从含煤空间展布来看,探明的资源储量集中分布于桐梓—遵义—贵阳—安顺—晴隆—兴义一线以西地区;烟煤分布在六盘水市及普安等地,无烟煤主要在毕节地区织金、纳雍、大方、金沙及遵义市习水、桐梓等地。该省东部及东北部地区为缺煤区。

1.2 资源赋存条件

贵州煤炭资源埋藏一般较浅,适于平硐或斜井开拓。但煤层厚度变化大,可采煤层最多可达 20 层,倾斜和急倾斜煤层占相当大的比例。很多井田构造复杂,断层发育,煤层结构及稳定性变化较大,工程地质和水文地质条件均较复杂。主要产煤区均为高瓦斯或有煤与瓦斯突出,地质灾害严重,对开采不利。总的来看,贵州省煤炭资源的赋存条件一般。

收稿日期: 2008-05-19

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2007AA06Z220); 教育部科学技术研究重大项目(307014)

作者简介: 徐宏杰(1981—), 男, 河南信阳人, 硕士研究生, 从事煤与煤层气地质研究。

1.3 煤类煤质特点

贵州省境内的煤炭资源煤类较齐全,各变质阶段的煤种均有分布,主要有气煤、肥煤、焦煤、1/3焦煤、瘦煤、贫煤和无烟煤,此外,尚有少量褐煤、泥炭产出。从煤质特征来看,贵州省主要含煤区和主要煤层中的形态硫均以硫铁矿硫为主,硫分由西北向东南,从陆相到海相,逐渐升高;垂向上一般以龙潭组下段和长兴组的煤层含硫量最高。灰分的分布总的趋势是中部和南部较低,一般龙潭组下段煤层的灰分高于上段和长兴组,而以龙潭组上段煤层灰分最低。

低硫优质无烟煤区集中在织金、金沙、大方、黔西与仁怀、习水等县市,尤其是织金为中灰、低硫、高发热量无烟煤,经洗选后,可作为化工、动力用煤。金沙、黔西一带为优质无烟煤。

1.4 经济环境条件

贵州省煤炭资源集中分布于交通方便、水资源与电力丰富的西部地区,尤其是大中型煤炭产地主要集中于毕节及六盘水两个地区,使该省煤炭资源

的产出与开发处于相对优越的区位。但受山区、高原地带的自然地理条件限制,该省基础设施差,交通运输不便,生态环境脆弱。此外,地质灾害时有发生,煤炭资源的不合理开发导致环境质量的恶化,进一步制约了资源开发。该省人均国民生产总值、社会总产值和工农业总产值均低于全国平均水平,尤其是黔南、黔东南和同仁等地,差距更大。

2 煤炭资源评价

2.1 指标体系与权重

根据上述贵州省煤炭资源分布和赋存的基本特点,以及影响目前勘探和开发利用的主要因素建立指标体系(图 1,图中数据为权重系数)。以全省勘查区为评价单元,选用层次分析法,以专家咨询方式确立各指标的权重集合。体系共分 4 层:第 1 层是目标层,即煤炭资源综合评价;第 2 层为约束层,是影响煤炭资源开发利用程度之参数组合;第 3 层为参数层,由构成约束条件的 8 个参数组成;第 4 层是指标层,共 24 个,是最低层。

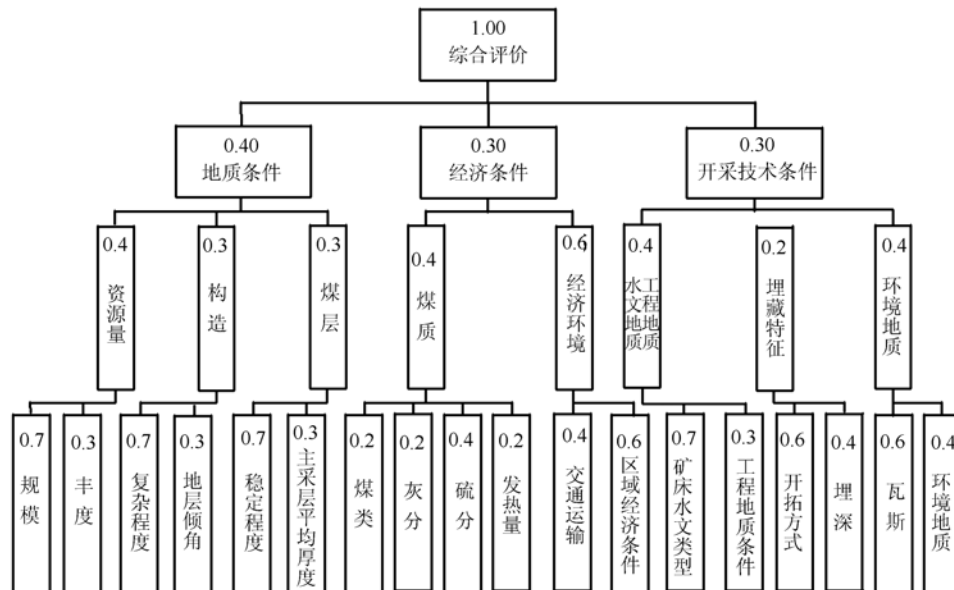


图 1 贵州省煤炭资源评价指标体系及层次分析结构模型

Fig. 1 Evaluation index system for coal resources and the hierarchical analysis model in Guizhou Province

2.2 煤炭资源评价的数学模型

采用灰色聚类分析方法,定量与定性相结合,按照统一的评价数学模型,对煤炭资源进行综合评价及优劣分类,其基本步骤如下:

设评价对象为 $i(i=1,2,\dots,m)$;评价指标为 $j(j=1,2,\dots,n)$ 。本系统 $n=18$;聚类灰类为 $k(k=1,2,\dots,p)$ 。本系统 $p=4$ 。

记 d_{ij} 为聚类白化数,是指第 i 个聚类对象的第

j 个指标所拥有的白化数。

a. 给出聚类白化数 d_{ij} ,构造样本矩阵。评价选取指标体系共 18 个,其中 6 个定量指标,12 个定性指标。

b. 确定灰色白化函数,记 f_{jk} 为第 j 个指标属于第 k 灰类的白化函数。

c. 按给定的指标权重值计算第 i 个聚类对象,对第 k 个灰类的聚类系数确定聚类系数:

$$\sigma_{ik} = \sum_{j=1}^n f_{jk} (d_{ij}) \eta_{jk} \quad ;$$

d. 构造聚类向量： $\sigma_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{ik})$ 。

e. 进行聚类，在 σ_i 中选取最大者，即该聚类对象就属于相应的灰类，即 $\sigma_i = \max\{\sigma_{ik}\}$ ，则聚类对象 i 属于 k 灰类。

f. 聚类系数归一化， $\delta_{ik} = \sigma_{ik} / \sum_{k=1}^4 \sigma_{ik}$ 。

g. 求综合评价价值(分值)。预先设定优、良、可、差 4 个级别的隶属度最高分值分别为 90、70、50、30。因此， $M_i = 90 \times \delta_{i1} + 70 \times \delta_{i2} + 50 \times \delta_{i3} + 30 \times \delta_{i4}$ 。由于评价中各聚类对象(评价单元)的勘探程度不同，必然会给评价结果带来一定的误差，因此，对上述所得的 M_i 按勘探程度进行了不同程度的折减。具体的折减系数为：勘探 1.00；详查 0.90；普查 0.80；预查 0.70。

2.3 评价单元划分

本文以全省 166 处勘查区为单元进行分析评价，其中勘探区 79 处，详查区 23 处，普查区 41 处，预查区 21 处。还有预查-普查勘查区 2 处，在评价过程中以普查区计。这些勘查区主要分布在六盘水、毕节、遵义、贵阳和黔西南州等地(表 1)，这几个地区的勘查区数目占参评勘查区总数的 95.78 %。

表 1 不同地区参评煤炭资源勘查程度
Table1 The surveying degree of evaluated coal resources in Guizhou Province

地区	勘探区	详查区	普查区	预查区	总计
贵阳市	7	0	10	1	18
六盘水市	36	6	10	4	56
遵义市	5	7	9	7	28
安顺市	2	0	0	0	2
黔西南州	5	4	4	1	14
毕节地区	23	5	10	5	43
铜仁地区	0	0	0	1	1
黔东南州	1	0	0	0	1
黔南州	0	1	2	0	3
总计	79	23	45	19	166

2.4 评价结果与分析

根据上述方法计算得到各评价单元的优度分值及约束条件分值，并按参数与地区划分评价结果，进行可利用性分类。

优级 评价单元的综合优度值 70 分，其资源量可供优先建井利用；

良级 评价单元的综合优度值 60~70 分，其资源量通过进一步地质工作后，可供近期利用；

可级 评价单元的综合优度值 50~60 分，其资源量可供规划利用；

差级 评价单元的综合优度值 < 50 分，其资源量暂不能利用。

2.4.1 评价单元分析

参评的 166 个评价单元中，根据各评价单元对所有指标的聚类结果，综合优度值介于 44.46~83.13，各单元间差异不大，70 分以上主要为六盘水地区，50 分以下主要为遵义地区。

参评的 79 个勘探阶段的评价单元中，聚类分值最高为 83.132 分(盘县特区金竹坪井田)，最低为 64.56 分(盘县马依东一井田)。其中优等单元 17 个，占 21.5 %；良等单元 53 个，占 67.1 %；可等单元 9 个，占 11.4 %。

详查阶段评价单元共 23 个，聚类分值最高为 70.66 分，为水城杨梅树发耳勘查区；其次是盘南马依东勘查区，69.85 分，最低为幸福(北)井田，57.02 分。其中优等单元 1 个，为水城杨梅树发耳勘查区，占 4.3 %；良等单元 18 个，占 78.3 %；可等单元 4 个，占 17.4 %。

普查阶段评价单元共 45 处，聚类分值最高者泥堡勘查区 53.50 分，最低者遵义县庙林、新庄勘查区 47.85 分。其中良等单元 2 个；可等单元 41 个；差等单元 2 个。

预查阶段评价单元共 19 处，聚类分值最高为水城杨梅树未详查区，54.74 分，最低为金沙大顶坡背斜东翼勘查区，44.46 分。其中可等单元 4 个，占 21.1 %；差等单元 15 个，占 78.9 %。

2.4.2 约束参数分析

按照约束参数综合评价价值，对各地区进行进一步评价和优度排序。根据综合评价价值确定每个地区的优度类型(表 2)，进而对地质、经济和开采技术条件 3 方面进行评价。

由表 2 各地区的计算结果可知，从地质条件来看，六盘水和毕节两个地区资源特性较好，勘查开发程度较高(黔东南和安顺主要因为评价单元太少不予考虑，下同)，且在全省参评的 79 个精查阶段的评价单元中，这两个地区占 74.68%，分值在 80 分以上的达 40%；从经济条件来看，六盘水和贵阳居于前列，分值分别为 71.06 和 67.73，其他大部地区处于“良”或“可”的水平，受基础设施和经济因素制约较大；从开采技术条件来看，贵阳地区开采技术优先，铜仁最低为 56.43 分。

综合优度为优和良的勘查区主要分布于六盘水、毕节两个地区。地质条件以毕节、黔西南和六

表 2 不同地区煤炭资源综合评价价值及优度表
Table 2 The comprehensive evaluation value and superiority list of coal resources of different areas

约束条件	综合评价值	评价单元所在地区及其综合评价值	优度类型
地质条件	70~60	毕节(66.08)、黔西南(64.75)、六盘水(69.31)、黔东南(64.27)、安顺(67.48)	良
	60~50	遵义(52.16)、贵阳(54.97)、黔南(52.03)	可
	50	铜仁(42.84)	差
经济条件	70	六盘水(71.06)、黔东南(75.98)、安顺(79.17)	优
	70~60	毕节(62.22)、贵阳(67.73)、铜仁(61.8)、黔南(60.46)	良
	60~50	黔西南(54.33)、遵义(58.88)	可
开采技术条件	70	黔东南(75.71)、安顺(70.74)、贵阳(71.44)	优
	70~60	毕节(63.01)、黔西南(63.25)、六盘水(66.96)、遵义(62.73)、黔南(65.36)	良
	60~50	铜仁(56.43)	可

盘水地区相对较好；六盘水和贵阳的经济条件好于其他地区；贵阳地区的开采条件最好。六盘水、毕节和贵阳市资源优势十分明显，各类条件分值较高且匹配性较好，适宜煤炭资源集中生产和规划；其他地区虽然个别条件较好，但受另外两种因素的影响和制约较大，尚不具备大规模开发的条件，可选择一些条件相对较好的地区进行重点开发，随着经济不断发展及有关条件的改善，不断扩展。

2.4.3 煤炭资源综合评价

通过对不同地区各优度类型煤炭资源量的统计分析可知（表 3），优类评价单元(勘查区)18 个，资源量共 591 059.0 万 t，占参评总资源量的 15.4 %；良类评价单元 73 个，资源量共 1 629 854.0 万 t，占参评总资源量的 42.46 %；可类评价单元 58 个，资源量共 134 881.0 万 t，占参评总资源量的 35.14 %；差类评价单元 17 个，资源量共 268 760.0 万 t，占参评总资源量的 7.00 %。

优级单元主要分布于六盘水、毕节 2 个地区，其中六盘水 13 个，资源量共 376 469.0 万 t；毕节地区 5 个，资源量共 214 590.0 万 t。可级单元主要分

布在六盘水、贵阳、毕节、遵义和黔西南，以六盘水最多，共 16 个。差级单元共 16 个，遵义共 9 个，占本地区参评单元的 32.14 %。

从地区来看，只有毕节和六盘水有优级单元，分别占本地区资源量的 12.21 %和 29.68 %。大部分地区，“良级+可级”的个数和资源量都在 90 %以上，遵义地区在 75%以下，只有铜仁 1 个参评单元为差级。总之，全省以毕节和六盘水比较突出，遵义和铜仁评价结果最差。

从勘查程度看，精查阶段程度较高，以优和良级资源为主，没有差级资源；详查阶段以良和可级资源为主，可供矿区总体规划及择优进行精查勘探。普查阶段以可级资源最多，良级次之；预查阶段全部为可级和差级资源，其中差级占近 40%（表 4）。

综上所述，贵州省具有良好的资源条件，优和良级煤炭资源共占参评区总资源量的 57.86 %，其次为可级别资源，而差级别资源较少。另外，贵州省不同优度级别资源量的分布比例较合理，这对煤炭资源的开发有利。

表 3 参评煤炭资源综合评价结果地域分布表
Table 3 The regional distribution list of comprehensive evaluation value of coal resources

地区	优度类型				
	优级	良级	可级	差级	总计
遵义	0\0	85 257\10	153 460\9	89 480\9	328 197\28
贵阳	0\0	24 070\5	83 910\12	370\1	108 350\18
毕节	214 590\5	738 001\24	700 806\12	103 990\2	1 757 387\43
黔南	0\0	2 860\1	690\2	0\0	3 550\3
黔东南	0\0	270\1	0\0	0\0	270\1
铜仁	0\0	0\0	0\0	70\1	70\1
安顺	0\0	12 190\1	680\1	0\0	12 870\2
黔西南	0\0	176 990\7	160 163\6	22 320\1	359 473\14
六盘水	376 469\13	590 216\24	249 172\16	52 530\3	1 268 387\56
总计	591 059\18	1 629 854\73	1 348 881\58	268 760\16	3 838 554\166

注：表中数据(如 214 590\5)表示不同地区、不同优度类型的“资源量(万 t)\勘查区数量(个)”。

表 4 综合优度统计表 万 t
Table 4 Statistics of comprehensive superiority

勘查程度	优度类型			
	优级	良级	可级	差级
精查	526 214.23	1 285 804.55	20 314.31	—
详查	44 630	278 276.1	42 920.86	—
普查	—	31 495.85	882 009.57	7 617.7
预查	—	—	386 500	256 296.13
总计	570 844.23	1 595 576.49	1 331 744.74	263 913.83

注：表中数据表示不同勘查程度下各优度类型的保有资源量。

3 结 论

主要通过层次分析法(AHP 法)建立了煤炭资源评价体系。应用灰色聚类分析方法和灰色统计法对贵州全省煤炭资源进行了评价，结论如下：

a. 构建了科学的资源评价体系与灰色聚类分析模型。对全省 166 个勘查区进行评价，综合优度值介于 44.46~83.13，各单元间差异不大，70 分以上主要为六盘水地区，50 分以下主要为遵义地区。

b. 毕节、黔西南和六盘水地区的地质条件相对较好；六盘水和贵阳的经济条件好于其他地区；贵阳地区的开采条件最好。六盘水、毕节和贵阳市各类条件分值较高，且匹配性较好，适宜煤炭资源集中生产和规划；其他地区虽然个别条件较好，但

受其他因素的影响和制约较大，目前尚不具备大规模开发条件。

c. 评价结果表明，贵州省具有良好的资源条件，优、良级资源量占参评总资源量的 57.86 %，其次为可级别资源，而差级别资源较少。另外，该省不同优度级别资源量的分布比例较为合理，这有利于煤炭资源的开发。

参考文献

[1] 贵州煤田地质局. 贵州省煤炭资源预测与评价[R]. 贵阳：贵州省煤田地质局，1997.

[2] 贵州煤田地质局. 贵州省煤炭资源开发利用及有效保障能力分析[R]. 贵阳：贵州省煤田地质局，2007.

[3] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉：华中理工大学出版社，1987.

[4] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉：华中理工大学出版社，1990：5-10.

[5] 许惠龙，程爱国，宗金锋，等. 中国煤炭资源评价的思路与方法[J]. 煤田地质与勘探，1997，25(1)：25-28.

[6] 汪云甲，黄宗文. 矿产资源评价及其应用研究[M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1998.

[7] 中国煤田地质总局. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京：煤炭工业出版社，1996.

(上接第 12 页)

表 1 离散点和断层数与所耗时间的关系
Table 1 Relation between dots/faults and time

点/个	断层线/条	三角形/个	时间/s
1 038	55	1 461	0.474
1 936	113	2 388	1.515
2 780	167	3 119	2.395

4 结 论

本文对顾及逆断层等结构性上的非连续性的 TIN 生成提出了新算法。通过实践检验，该算法具有明显的优势。

a. 在即便有逆断层作为约束的情况下，生成的 TIN 仍然符合 Delaunay 三角形剖分准则。

b. 由于该算法主体上是采用一般成熟的三角形剖分算法，在实际应用中即便处理大数据量，也表现出很大的稳定性和高效性，并得到了充分的验证。

c. 由上述可知，该算法具有动态断层处理能力(即任意增加或删除有向断层线组)，可方便地实现煤层顶底板断层动态错断三维建模等。

d. 与传统方法相比，该约束 TIN 算法具有执行效率高，可靠性好，易实现等特点。

参考文献

[1] 李利军，袁尤军，王乘. 一种基于不规则三角网 TIN 的等值线计算方法[J]. 计算机与数字工程，2007，35(99)：34-35.

[2] MARCUS A. Development of a 3D GIS based on the 3D modeler GOCAD [M]. IAMG Meeting, 2001：256-268.

[3] 毛善君，马洪兵. 自动构建复杂地质体数字高程模型的方法研究[J]. 测绘学报，1999，28(1)：57-61.

[4] 刘少华，程朋根，史文中. 约束 Delaunay 三角网生成算法研究[J]. 测绘通报，2004(3)：4-7.

[5] 王丽萍，潘云鹤，邱飞岳. GIS 中空间拓扑关系的形式化描述[J]. 浙江工业大学学报，1999，27(2)：168-172.

[6] 涂美义，李星. 基于 GIS 空间实体的自动拓扑模型设计与实现[J]. 地理空间信息，2005，3(1)：28-30.

[7] 徐明海，张俨彬，陶文. 一种改进的 Delaunay 三角形化剖分方法[J]. 石油大学学报，2001，25(2)：100-105.