

地质与矿产

## 煤炭地质勘查中共伴生矿产资源的综合勘查研究

——以内蒙古地区煤田中共伴生的锗、稼等矿床为例

张劼<sup>1</sup>, 荣晓伟<sup>2</sup>

(1. 内蒙古自治区矿产实验研究所, 内蒙古 呼和浩特 010031; 2. 山东省煤田地质局第一勘探队, 山东 滕州 275000)

**摘要:**煤炭地质勘查揭露的含煤岩系中共伴生有金属矿产资源、非金属矿产资源和能源资源, 加强含煤岩系中共伴生矿产资源的勘查可为国民经济建设提供更多的矿产资源具有重要现实意义和经济价值。如何在煤炭地质勘查中加强共伴生矿产资源的勘查与研究。文中列举了内蒙古自治区乌兰图与煤层共生锗矿床, 锗品位平均  $244 \times 10^{-6}$ , 锗金属量 1 805 t; 内蒙古自治区准格尔煤田与煤层共生稼矿床, 稼平均品位  $44.8 \times 10^{-6}$ , 保有稼金属量  $6.3 \times 10^4$  t, 预测锗金属量  $8.57 \times 10^5$  t, 该煤层还富集稀土元素, 其平均含量为  $255 \times 10^{-4}$ 。内蒙古自治区近几年在鄂尔多斯东胜煤田含煤岩系中侏罗统延安组的煤炭地质勘查中发现并勘查了一处世界级铀矿床, 从而改变了我国铀矿资源状况。因此, 在煤炭地质勘查中极需加强含煤岩系中共伴生矿产资源的勘查与研究, 并就此问题提出了若干建设性的意见。

**关键词:** 共伴生矿产资源; 煤层和含煤岩系; 煤炭地质勘查; 内蒙古地区

**中图分类号:** P618.11

**文献标识码:** A

**引文格式:** 张劼, 荣晓伟. 煤炭地质勘查中共伴生矿产资源的综合勘查研究——以内蒙古地区煤田中共伴生的锗、稼等矿床为例[J]. 山东国土资源, 2017, 33(2): 34-38. ZHANG Jie, RONG Xiaowei. Comprehensive Study on Coal Geological Exploration of Symbiotic and Associated Mineral Resources——Setting Symbiotic and Associated Germanium and Marry Deposits in Coal Mines in Inner Mongolia as an Example[J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(2): 34-38.

地质工作者皆知煤层和含煤岩系中共伴生有众多的矿产资源, 既有金属矿产(如铁、铝土矿、稀有分散元素、稀土元素和贵金属); 又有非金属矿产(如高岭土、膨润土、高铝粘土等)和能源矿产(铀、煤层气、页岩气、油页岩)。煤炭地质勘查规范中与煤层伴生矿产勘查亦有明确要求。近十几年来, 内蒙古自治区在煤炭资源勘查中相继发现和勘查了几处与煤层和含煤岩系共伴生的金属矿产资源, 矿产规模均达大型、超大型, 极大地提高了煤炭资源利用价值和经济效益。该文以几个矿床为实例, 探讨了如何在煤炭地质勘查中加强共伴生矿产资源的勘查与研究。

## 1 共伴生矿床实例概况

### 1.1 内蒙古乌兰图煤-锗矿床

乌兰图煤-锗矿床位于内蒙古自治区锡林郭勒盟, 矿床赋存于二连中生代盆地群乌尼特拗陷内, 延于胜利煤盆地西南隅。该盆地内充填的含煤岩系为早白垩世赛汉塔拉组。该组含煤 5 层, 煤岩类型为半暗-暗淡型褐煤, 其中 6-2, 7, 9, 11 号煤层为局部可采煤层; 6-1 号煤层全区可采, 层位稳定, 结构简单, 仅在下部有 0.15~0.30 m 的非稳定分布的炭质泥岩夹矸。煤层厚度为 0.82~16.66 m, 平均煤厚为 9.88 m。锗矿与 6-1 号煤层为同体共生, 即 6-1 号煤层既为煤矿体, 又为锗矿体。6-1 号煤层宏观煤岩类型为暗煤, 夹亮煤条带, 富含丝炭和木质结构植物残体。其上覆地层以各种粒级砂岩、砾岩为主, 泥岩和粉砂岩次之; 下伏地层岩性以黑色泥岩、粉砂岩为主, 夹少量中-粗粒砂岩薄层; 岩相具明显的盆地

收稿日期: 2013-12-02; 修订日期: 2017-01-06; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 张劼(1973—), 男, 江苏张家港人, 高级工程师, 主要从事地质矿产研究工作; E-mail: rongdw@163.com

边缘相沉积特征。矿体东西两侧各有 1 条断层 F2, F1;呈 NNW 向展布,倾向 SE,倾角 75°和 70°,破坏了 6-1 号煤-锆矿层的连续分布(图 1)。

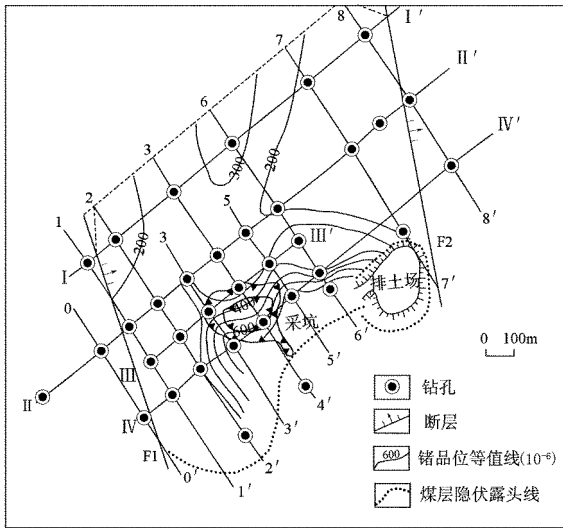


图 1 内蒙古自治区乌兰图锆品位等值线图

乌兰图煤-锆矿床估算的锆金属储量约 1 805 t。其中 6-1 号煤,即为锆矿体,矿体较稳定,连续分布。矿层东南厚度小于 10 m,西北厚度大于 10 m,平均厚度为 9.88 m,矿体形态简单。横向上,从盆地边缘向盆地内方向矿层厚度由薄变厚,锆品位则由高变低,锆含量南北部较高,东西部较低,呈“马鞍”状。矿区东南部约有 0.2 km<sup>2</sup> 范围内,锆品位(100~700)×10<sup>-6</sup>之间,矿体厚度为 0.80~2.03 m;矿区西北部 0.45 km<sup>2</sup> 范围内,锆含量为(169~345)×10<sup>-6</sup>,矿体厚度 10~20 m 不等。矿区范围内,大部分锆含量为 200×10<sup>-6</sup>以上,而在露采坑一带锆含量大于 400×10<sup>-6</sup>,最高可达 1 530×10<sup>-6</sup>,全矿区矿体锆平均品位为 244×10<sup>-6</sup>。

根据区内 20 多个钻孔锆含量资料统计,发现多数钻孔出现多个锆含量高峰。现以 3 号钻孔为例,该钻孔中矿体锆平均含量为 301×10<sup>-6</sup>,但自上而下矿体锆含量明显出现 3 个高峰值,2 个谷凹。这表明锆含量在纵向上分布是不均匀的。锆含量这种变化与锆源供给变化相关,当锆源供给充沛时,矿层中的锆富集,便出现高峰;当锆源供给不足时,矿层中的锆含量减少,锆含量就出现凹谷<sup>[1-4]</sup>。

### 1.2 内蒙古准格尔煤田

准格尔煤田位于鄂尔多斯盆地东北缘,煤田南北长 65 km,东西宽 26 km,面积 1 700 km<sup>2</sup>。该煤田

含煤岩系为晚石炭世本溪组、太原组和早二叠世山西组,含煤岩系总厚为 110~160 m。其下伏地层为中奥陶世马家沟群灰岩,上覆地层为二叠纪石盒子群、石千峰群等非含煤地层。准格尔煤田含煤岩系中共有单层煤 31 层,可采 17 层,太原组上部 6 号煤层为煤田主采煤层,厚度为 2.7~50 m,平均厚度 30 m;太原组下部 9 号煤层次之。6 号煤层镜质反射率 Ro 为 0.57%~6.00%,均值为 0.58%;挥发分均值为 33.5%;灰分产率均值为 17.72%;全硫含量为 0.73%,属低硫煤。

#### 1.2.1 镓矿床

以准格尔煤田黑岱沟矿区 6 号煤层为例,逐层采集样品分析镓含量(图 2)。

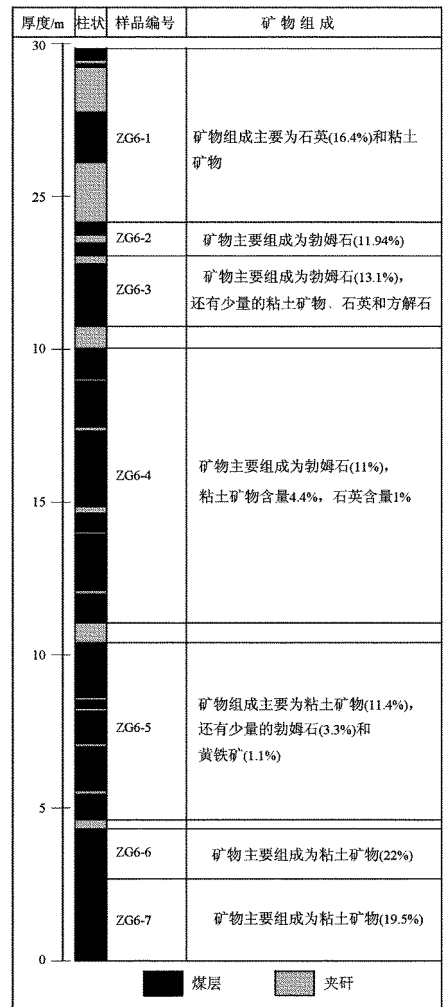


图 2 准格尔煤田黑岱沟矿区 6 号煤层柱状图

6 号煤层的矿物组成自上而下明显可分为 4 段。第 1 段 ZG6-1 组成,第 2 段 ZG6-2, ZG6-3

和 6-4 组成,第 3 段 ZG6-5 组成,第 4 段由 ZG6-6 和 ZG6-7 组成。这 4 段的矿物组成有很大区别(图 2),其特征如下:

①第 1 段 ZG6-1 分层矿物组成以石英为主,含量 16.4%。石英略有顺层理分布特征。②第 2 段 ZG6-2, ZG6-3 和 ZG6-4 等分层矿物组成以勃姆石为主,其含量分别为 11.9%, 13.1% 和 11.0%。高岭石含量分别为 4.3%, 3.6% 和 4.4%。③第 3 段 ZG6-5 分层矿物组成以高岭石为主,含量为 11.4%, 并含少量的勃姆石(3.3%), 以及痕量黄铁矿。④第 4 段 ZG6-6 和 ZG6-7 分层矿物组成以高岭石为主,含量分别为 22.0% 和 19.5%, 有痕量黄铁矿、石英和方解石,未见勃姆石。

准格尔煤田 6 号煤的高温(550℃)灰化产物中镓亦富集, 权衡平均值为  $81.8 \times 10^{-6}$ , 超过工业品位的所有煤分层中的权衡均值为  $89.2 \times 10^{-6}$ , ZG6-3 分层的灰化产物中镓含量高达  $178 \times 10^{-6}$ 。准格尔煤田 6 号煤层中镓的含量远远超过中国大多数煤( $9 \times 10^{-6}$ ), 美国煤( $5.7 \times 10^{-6}$ ), 土耳其煤( $5.8 \times 10^{-6}$ ), 英国煤( $5.4 \times 10^{-6}$ ) 和世界煤( $5 \times 10^{-6}$ ) 的算术均值。6 号煤层各分层及其高温(550℃)灰化产物中镓的含

量,除顶底部 ZG6-1 和 ZG6-7 分层镓的含量较低外,其他 5 个分层镓含量均超出了工业品位( $30 \times 10^{-6}$ ), 其中 ZG6-5 分层镓含量为  $30.1 \times 10^{-6}$ ; ZG6-3, ZG6-4 和 ZG6-6 分层镓的含量接近或超出工业品位 2 倍; ZG6-3 分层镓的含量最高( $76 \times 10^{-6}$ )。这 5 个分层亦是主要煤层, 占整个煤层厚度的 81.9%。按照分层厚度所占的比例, 计算出镓超出工业品位的分层(ZG6-2 至 ZG6-6)的权衡均值为  $51.9 \times 10^{-6}$ , 整个 6 号煤层镓的权衡均值为  $44.8 \times 10^{-6}$ 。

准格尔煤田 6 号煤层镓金属量: 黑岱沟矿区( $55 \text{ km}^2$ ) 保有镓金属量  $6.3 \times 10^4 \text{ t}$ , 整个准格尔煤田预测镓金属量为  $8.57 \times 10^5 \text{ t}$ 。

### 1.2.2 稀土元素

我国华北晚古生代煤中稀土元素均值为  $111.2 \times 10^{-6}$ , 稀土元素在准格尔煤田黑岱沟矿区主采 6 号煤层中亦富集(表 1), 6 号煤层稀土元素含量均值为  $255 \times 10^{-6}$ , ZG6-3 分层煤样中的含量高达  $715.10 \times 10^{-6}$ 。我国大多数煤中稀土元素总量为  $137.9 \times 10^{-6}$ , 美国煤中稀土元素总量为  $62.1 \times 10^{-6}$ , 世界大多数煤中稀土元素的总量为  $46.3 \times 10^{-6}$ 。

表 1 煤、煤灰化产物和燃煤产物中稀土元素

样品编号种类	LREEs/ $\mu\text{gg}^{-1}$	HREEs/ $\mu\text{gg}^{-1}$	L/H	REEs/ $\mu\text{gg}^{-1}$	$\delta\text{Eu}$	$\delta\text{Ce}$	
ZG6-1	煤	72.24	35.31	2.05	107.55	0.51	0.70
	灰化产物	228.83	87.69	2.61	316.52	0.48	0.78
ZG6-2	煤	527.66	93.20	5.66	620.86	0.51	0.67
	灰化产物	834.28	173.08	4.82	1007.36	0.60	0.81
ZG6-3	煤	649.61	65.49	9.92	715.10	0.58	0.74
	灰化产物	2364.70	221.33	10.68	2586.03	0.61	0.75
ZG6-4	煤	124.11	32.32	3.84	156.43	0.70	0.73
	灰化产物	583.56	86.48	6.75	670.04	0.68	0.66
ZG6-5	煤	53.40	15.07	3.54	68.47	0.51	0.69
	灰化产物	329.96	114.99	2.87	444.95	0.72	0.78
ZG6-6	煤	232.05	59.92	3.87	291.97	0.72	0.73
	灰化产物	430.04	105.12	4.09	535.16	0.65	0.80
ZG6-7	煤	193.41	47.49	4.07	240.90	0.74	1.10
	灰化产物	nd	nd	nd	nd	nd	nd
权衡均值 1	煤	199.40	39.89	4.31	239.29	0.59	0.74
	灰化产物	704.41	125.94	5.25	830.36	0.68	0.75
权衡均值 2	煤	215.30	39.70	4.61	255.00	0.59	0.71
	灰化产物	643.03	120.78	4.92	763.81	0.65	0.75
飞灰		408.88	100.04	4.09	508.92	0.57	0.72
底灰		166.32	40.04	4.15	206.36	0.52	0.75

注: nd; 未检测。权衡均值 1: 对 ZG6-2 到 ZG6-6 的权衡均值。权衡均值 2: 对所有煤分层(ZG6-1 到 ZG6-7)的权衡均值。LREE=La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu, HREE=Gd+Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu+Y, L/H=LREE/HREE, REE=LREE+HREE

准格尔煤田6号煤层镓的富集程度与其所含勃姆石数量有关,即勃姆石含量高,则镓富集;勃姆石含量低,镓含量亦低,表明勃姆石是镓的载体。6号煤层勃姆石含量均值为7.5%。同时该煤层和其他灰化产物中稀土元素总量分别为 $255 \times 10^{-6}$ 和 $830.36 \times 10^{-6}$ 。因此,准格尔煤田与6号煤层共伴生的稀土元素亦是可利用的资源。

6号煤样品灰化产物中稀土元素的总量为 $763.81 \times 10^{-6}$ ,在ZG6-3分层煤样灰化产物中稀土元素总量高达 $2586.03 \times 10^{-6}$ 。准格尔电厂燃煤产物飞灰中稀土元素总量为 $508.92 \times 10^{-6}$ ,底灰中稀土元素总量为 $206.36 \times 10^{-6}$ 。这表明稀土元素在准格尔煤田6号煤层中普遍富集。

### 1.2.3 高岭石

毕万昌等<sup>[1]</sup>对准格尔煤田晚石炭世太原组和早二叠世山西组含煤岩系的研究中,采用岩石学、矿物学、矿物化学等综合方法,发现该含煤岩系中前人认为的泥岩、粘土类岩石,煤层内的砂岩、泥质砂岩类夹矸,煤层顶底板的砂质泥岩均以高岭石为主要成分的高岭石岩类。高岭石岩层厚度为0.15~6 m,共有17层,总厚度累计达10~25 m,平均总厚度为15.75 m。仅对煤田内哈尔乌苏矿区—牛连沟矿区间预测高岭石矿石资源量约55亿t。

高岭石矿石化学成分:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量 23%~38.5%,含少量勃姆石的高岭石岩中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  达 41%~51%;  $\text{SiO}_2$  含量 45%~60%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  含量 1%~2.5%。部分高岭石岩层可用于造纸和增加剂<sup>[5-8]</sup>。

### 1.3 内蒙古东胜煤田铀矿床

近几年鄂尔多斯东胜煤田煤炭地质勘查中在早中侏罗世延安组含煤岩系发现并勘查了1处世界级铀矿床,改变了我国铀矿资源状况。

## 2 建议

上述几个与煤层和含煤岩系共伴生矿床实例表明,无论是陆相含煤岩系,还是海陆交互相含煤岩系均伴生丰富的矿产资源。含煤岩系中共伴生的锗、镓等分散元素,稀土元素,铀矿等金属矿产均是我国国民经济发展所需要的重要资源,尤其是高科技迅猛发展的今天,显得更为重要。这些共伴生金属资源的经济价值远超过了煤炭自身的价值,并可能改变我国某些资源的供需关系。因此,加强含煤

岩系中共伴生矿产资源的勘查与研究有着极为重要的现实意义<sup>[5]</sup>。

(1) 切实贯彻《煤、泥炭地质勘查规范》(DZ/T0215-2002)。该规范明确要求,煤炭地质勘查必须坚持“以煤为主、综合勘查、综合评价”,做到充分利用,合理保护矿产资源,做好与煤共伴生的其他矿产的勘查评价工作。在实际工作中必须树立综合找矿思想,切忌单打一。

(2) 加强区域地质矿产资料的搜集与研究,尤其要分析研究煤盆地基底的含矿性。亦就是说,要加强煤田盆地原始物质供给区的含矿性研究,判别含煤岩系中可能的共伴生的矿产资源。如乌兰图措矿的锗来源于胜利煤盆地西南部燕山中期二长花岗岩,其锗含量为 $15.28 \times 10^{-6}$ ,南部和东部的中酸性岩体锗含量为 $2.53 \times 10^{-6}$ ,煤田北部二叠地层和火山岩锗含量很低。因此,确认胜利煤盆地西南一带的原始物源区,在其附近煤层中锗含量高,而其他地区的锗含量较低。内蒙古准格尔煤田6号煤层镓来源于该煤盆地北偏西的阴山古陆的中元古代钾长花岗岩和盆地北偏东的本溪组隆起区。

(3) 加强煤盆地古地理、古构造的研究。判别水流方向,综合基底含矿性,可初步判别煤盆地的哪个地段可能赋存有共伴生矿产资源。

(4) 煤炭地质勘查实施中,应先施工1~2个基准孔。对基准孔所揭露的地层(含煤岩系和非含煤岩系)全孔采集光谱定量全分析样品,同时进行钻孔测井。根据光谱分析结果和测井资料,在出现异常地段再采集化学分析样品进行化学分析。依据化学分析结果,确认有共伴生矿产后,则要查明共伴生矿产的赋存位置、厚度、品位变化、矿石成分和结构构造,岩性、分布规律和煤层的关系等<sup>[9-13]</sup>。

## 3 结论

含煤岩系或煤层共伴生的矿产资源是极其丰富的,矿床规模往往可达大型、超大型。为了合理有效地利用和保护矿产资源,在煤炭地质勘查中必须切实贯彻“以煤为主、综合勘查、综合评价”的工作原则。在煤炭地质勘查中首先要加强含煤盆地基底含煤性研究,为勘查与含煤岩系共伴生矿产提供基础资料。先期施工基准孔,基准孔所揭露的地层(包括含煤岩系和非含煤岩系)必须采集光谱定量分析样品,以发现是否有共伴生成矿元素异常,为进一步

开展共生矿产提供依据。总之,加强含煤岩系中共生矿产资源的勘查可为国民经济建设提供更多的矿产资源,具有重要现实意义和经济价值。

## 参考文献:

- [1] 黄文辉,孙磊,杜刚,等.内蒙古自治区胜利煤田锗矿地质及分布规律[J].煤炭学报,2007,32(11):1147-1151.
- [2] 王兰明.内蒙古锡林郭勒盟乌兰图嘎锗矿地质特征及勘查工作简介[J].内蒙古地质,1999,(3):16-20.
- [3] 徐然,孙俊俊,葛梦春,等.内蒙古绥和查干地区多金属矿床流体包裹体研究[J].山东国土资源,2015,31(3):1-6.
- [4] 汪子杰,李青梅,王群.内蒙古突泉县大砬沟银多金属矿化区地质特征及找矿方向[J].山东国土资源,2016,32(5):20-24.
- [5] 代世峰,任德贻,李生盛.内蒙古准格尔超大型镓矿床的发现[J].科学通报,2006,51(2):177-184.
- [6] 唐修义,黄文辉.中国煤中微量元素[M].北京,商务印书馆,

2004:6-11,136-141.

- [7] 梁绍暹,任大伟,王水利,等.华北石炭-二叠纪煤系黏土岩夹砷中铝的氢氧化物矿物研究[J].地质科学,1997,32(4):478-485.
- [8] 刘敬杰,赵磊,侯庆林,等.内蒙古赛罕塔拉煤田地质特征及其聚煤规律研究[J].山东国土资源,2012,28(3):5-8.
- [9] 刘焕杰,张瑜瑾,王宏伟,等.准格尔煤田含煤建造岩相古地理研究[M].北京:地质出版社,1991.
- [10] 刘建强,迟乃杰,从培章,等.煤系共生矿产定义内涵及分类[J].山东国土资源,2015,31(9):30-34.
- [11] 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
- [12] 刘建权,赵鹏,董帅,等.内蒙古高地银多金属矿地质特征与找矿方向[J].山东国土资源,2016,32(7):16-20.
- [13] 熊双才,夏庆霖,姚春亮,等.内蒙古新达来草原覆盖区铜钼多金属成矿预测[J].地质学刊,2015,39(3):422-430.

# Comprehensive Study on Coal Geological Exploration of Symbiotic and Associated Mineral Resources

—Setting Symbiotic and Associated Germanium and Marry Deposits in Coal Mines in Inner Mongolia as an example

ZHANG Jie<sup>1</sup>, RONG Xiaowei<sup>2</sup>

(1. Inner Mongolia Mineral Experiment Research Institute, Inner Mongolia 010031, China; 2. No.1 Exploration Brigade of Shandong Coal Geology Bureau, Shandong Tengzhou 277500, China)

**Abstract:** Coal geological exploration revealed the coal-bearing rock series of the communist party of China associated with metal mineral resources, non-metallic mineral resources and energy resources, strengthen the coal-bearing rock series of the communist party of China of associated mineral resources exploration can provide more mineral resources for the national economic construction has important practical significance and economic value. How to strengthen in coal geological exploration of associated mineral resources exploration and research. This paper enumerates the Inner Mongolia autonomous region were ulam figure and symbiotic germanium deposits of coal seam, the average grade of germanium  $244 \times 10^{-6}$ , germanium metal reserves of 1805t; Inner Mongolia autonomous region must be associated with coal, coal gallium deposits, gallium average grade  $44.8 \times 10^{-6}$ , gallium reserves metal reserves of  $6.3 \times 10^4$ t, forecasts  $8.57 \times 10^5$ t resources, the coal seam also enrichment of rare earth elements, the average content of  $255 \times 10^{-4}$ . The Inner Mongolia autonomous region in recent years under the erdos dongsheng coalfield coal-bearing rock series in the jurassic yan'an group found in coal geological exploration and the exploration of a world-class uranium deposits, which changes the uranium resources in our country. So, exploration and research of associated mineral resources in coal-bearing rock series should be strengthened. Relative countermeasures and suggestions have been put forward as well.

**Key words:** Symbiotic and associated mineral resources; coal strata and coal-bearing strata; geological exploration of coal resource; Inner Mongolia