我国褐煤共伴生资源分析及利用方向

罗培培[1]，傅雪海[1,2]
（1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院，江苏 徐州 221116；2. 新疆大学 地质与勘查工程学院，新疆 乌鲁木齐 830047）

摘 要： 为给我国褐煤及其共伴生资源的开发利用提供参考，针对褐煤共伴生资源的特点，分析总结了我国褐煤共伴生资源褐煤蜡、腐植酸和煤层气的分布规律及其特征，初步估算了我国褐煤主要分布区褐煤蜡、腐植酸和煤层气的资源量，并就褐煤共伴生资源的利用方向进行了探讨。结果表明：我国褐煤中共伴生资源丰富，褐煤主要分布地区的褐煤蜡资源量约为 13.76×10^8 t，腐植酸资源量约为 674.26×10^8 t，煤层气资源量约为 $13\ 954.65\times10^8$ m^3。

关键词： 褐煤；褐煤蜡；腐植酸；煤层气
中图分类号： TQ533 **文献标志码：** A **文章编号：** 0253－2336（2012）12－0118－04

Analysis and Utilization Direction on Associated Resources of Lignite in China

LUO Pei-pei[1], FU Xue-hai[1,2]
(1. *School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou* 221116, *China*;
2. *School of Geology and Exploration Engineering, Xinjiang University, Urumchi* 830047, *China*)

Abstract: In order to provide the references to the development and utilization of the lignite and the associated resources in China, according to the features of the lignite associated resources, the paper analyzed and summarized the distribution law and features of the montan wax, humic acid and coal bed methane in the lignite associated resources of China. The paper preliminarily estimated the resources value of the montan wax, humic acid and coal bed methane in the major distribution area of lignite in China. The paper had a discussion on the utilization orientation of the lignite associated resources. The results showed that the associated resources in lignite were rich and the montan wax resource value in the major distribution areas of lignite in China was about 13.76×10^8 t, the resource value of the humic acid was about 674.26×10^8 t and the resource value of the coal bed methane was about $13\ 954.65\times10^8$ m^3.

Key words: lignite; montan wax; humic acid; coal bed methane

褐煤是煤变质程度最低的煤种，是泥炭经脱水、压实转变为有机生物岩的初期产物，按透光率可将褐煤分为年轻褐煤和年老褐煤2种[1]。我国褐煤资源储量丰富，据第3次全国煤炭资源预测，我国褐煤总资源量约为3 194.38亿t，占全国煤炭总资源量的5.7%。其中，褐煤资源主要分布于东北赋煤区，约为2 965亿t，尤以海拉尔盆地群和二连盆地群资源量大；其次，在华南赋煤区褐煤资源主要集中在昭通—曲靖含煤区，为83亿t；全国其他赋煤或含煤区褐煤有零星分布[2]。2008年我国褐煤产量接近2亿t，在当前全球能源日趋紧张的形势下，褐煤的经济价值及其相关加工生产技术得到世界各国政府的高度重视。目前有关褐煤中共伴生资源，如褐煤蜡、腐植酸等研究较少，基于此，笔者就褐煤中共伴生资源进行了分析，以期为褐煤的综合开发利用提供参考。

1 褐煤蜡

褐煤蜡是指褐煤经有机溶剂浸取，在常压和溶剂沸点下所得的一种复杂化合物，称为粗褐煤蜡，其外观是深棕色或棕黑色的固体，由纯蜡、树脂和地沥青组成，其中，纯蜡占60%～70%，树脂占20%～30%，地沥青占5%～10%。纯蜡主要是一

收稿日期：2012－07－10；责任编辑：代艳玲
基金项目：国家自然科学基金面上资助项目（40872104）；新疆维吾尔自治区“天山学者”启动基金资助项目（036104）
作者简介：罗培培（1988—），男，湖北荆州人，硕士研究生。Tel：15896422117，E－mail：luopei1988620@126.com
网络出版时间：2012－12－12 09：58：32；网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20121212.0958.031.html
引用格式：罗培培，傅雪海. 我国褐煤共伴生资源分析及利用方向[J]. 煤炭科学技术，2012，40（12）：118－121.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

些长链脂肪酸，少量的长链高级醇以及由其组成的酯类所构成。树脂是含 70% 萜烯以及 30% 的树脂酸和含氧树脂酸等物质。地沥青是聚合的含氧树脂酸的高分子物质，其特性是熔点高、质硬发脆，断裂面呈贝壳状，耐温性、化学稳定性和机械强度好，表面光亮似镜，导电性低，且能与其他蜡类及其他合成材料共熔成均匀的蜡膏。

我国的褐煤蜡含量一般在 1% ～2% （干燥基），大于 3% 的不多见，含量最高者不超过 10% [3]，这与我国褐煤的变质程度较深有关。不同成煤时代褐煤中褐煤蜡含量不同，新近纪褐煤中的蜡含量最高，平均为 3.94%，古近纪和新近纪平均为 1.92%；早、中侏罗世含量较低，平均为 0.62%。不同地区褐煤蜡的含量也不同，云南褐煤中蜡含量最高，在产褐煤的矿点中，有 5 个矿区褐煤蜡含量为 2.0% ～8.0% [4]。其他地区褐煤蜡含量较低，总的来说南方褐煤中蜡含量高于北方。

根据不同地区的褐煤蜡含量及褐煤资源储量 [2]，估算我国褐煤主要分布地区的褐煤蜡总资源量约为 13.76×10^8 t。从区域上看云南的褐煤蜡资源量最大，为 8.36×10^8 t，其次是内蒙古，为 3.52×10^8 t，这几个地区褐煤蜡资源量占全国主要褐煤分布区褐煤蜡资源总量的 90% 以上；其他地区褐煤蜡资源量相对较少（表 1）。

表 1　我国褐煤主要分布地区的褐煤蜡资源总量

省份（自治区）	褐煤探明资源量/10^8 t	褐煤蜡含量/% [4]	褐煤蜡资源量/10^8 t
云南	155.00	5.394	8.36
广西	8.00	2.075	0.17
山东	7.00	0.675	0.05
辽宁	11.00	1.533	1.66
黑龙江	93.00	1.533	1.66
吉林	4.00	1.533	1.66
内蒙古	1 082.08	0.325	3.52

褐煤蜡的生产一般要求原料煤中蜡含量越高越好，最高在 8% 以上，这样褐煤蜡生产才有较好的经济效益。由于蜡能溶解在有机溶剂中，再分离成不溶物和可溶物，以达到将蜡从褐煤中浸取出来的目的。通常在生产工艺中所用的溶剂有苯、乙醇、汽油等。将褐煤粉碎到粒度 3 ～10 mm，再干燥到含水 20% 左右，置于浸取罐中，加入一定量的纯苯，煤在浸取罐中停留 2 ～4 h。浸取后将物料过滤，滤液进入蒸发皿，用水蒸气加热蒸发。低沸点的苯和水以蒸汽的形式从蒸发器顶部经冷凝器冷凝之后到油水分离器，留在蒸发器底部的物质即为褐煤蜡 [3]。

褐煤蜡来源于成煤植物的有机化合物，具有很好的物理化学性能，被广泛应用于电气、机械、纺织、造纸、制革、橡胶、包装、日用化妆品工业，如电线、电缆上用作绝缘涂料，可以防老化、防腐、防水、防黏，且表面光滑美观；用作复写纸、打字蜡纸的涂料成分，使纸质不干裂、字迹不扩散和渗化；用作抛光膏、地板蜡、上光蜡和皮鞋油中的光亮剂；也可用于制造精密铸造中的蜡模。伴随着国内褐煤蜡工业在新产品和新领域的不断研发应用，未来其在电线、电缆及城市建筑等方面将会得广泛的应用。

2　腐植酸

褐煤用稀碱溶液萃取出的物质中去除沥青和矿物质后，剩余部分即腐植酸。它是一种结构复杂的有机酸，由数个相似结构单元形成的大复合体，由溶于水的黄腐酸、溶于乙醇等有机溶剂的棕腐酸和只溶于碱的黑腐酸组成 [5]。由于活性基团的存在，决定了腐植酸的酸性、亲水性、离子交换性、络合能力、吸附能力等。

褐煤腐植酸含量变化大，介于 1% ～85%。不同煤化阶段褐煤中腐植酸含量不同，低煤化程度的土状褐煤腐植酸含量较高，一般在 40% 以上；煤化程度较高的亮褐煤腐植酸含量较低，一般在 1% ～10%，可通过化学氧化提高腐植酸含量。致密褐煤中腐植酸含量可达 30% 左右 [6]。不同地区褐煤中腐植酸含量不同，云南和内蒙古褐煤中的棕腐酸含量在 16% 以上，其他地区褐煤都在 10% 以下。我国不同成煤时代褐煤中的腐植酸含量不同，新近纪最高，平均为 38.67%，晚侏罗世和古近纪次之，分别为 15.83% 和 12.02%，早中侏罗世最低，为 5.29% [7]。

根据我国不同时代褐煤中腐植酸含量及不同地区的褐煤资源储量 [2]，估算我国褐煤中腐植酸资源总量为 674.26×10^8 t。目前，国内外关于褐煤利用的工业途径分为褐煤的热解和炼焦，褐煤气化，褐煤液化以及褐煤化学提取腐植酸 4 大类。由于褐煤中富含腐植酸，而煤中腐植酸的形成离不开土壤

中微生物的作用，因此利用生物方法降解褐煤，释放腐植酸是褐煤资源利用的新途径。

国内外科研工作者曾从土壤及褐煤中分离出许多微生物菌种，如杆菌、红酵母、木腐真菌等，这些菌种能使褐煤或者风化煤中的腐植酸发生变化。吴秀珍等[8]对褐煤的液相和固相降解试验表明，褐煤经微生物液相和固相 2 种途径降解后，均可使褐煤中腐植酸产率提高，使褐煤中原有的腐植酸结构发生变化，并增加水溶性富里酸的产率。武丽敏[9]对褐煤液相降解试验研究表明，褐煤经微生物分解后，煤中的腐植酸含量变化较大，平均增加 80% 左右，其中富里酸增长较为显著；由于富里酸为小分子水溶性物质，在土壤中移动快，易被吸收，能对农作物的生长起到促进作用。袁红莉等[10]对降解产物的生物活性研究表明，微生物降解褐煤产生的腐植酸，与未降解的褐煤腐植酸相比，前者对土壤微生物区系具有明显的刺激作用，表明褐煤经微生物降解后其腐植酸生物活性明显增强。

由以上分析可知，试验结果在相关数据分析上有一致性，微生物降解褐煤以提高腐植酸产率和增强褐煤腐植酸的活性，进而用于提高农作物产量是完全可行的。腐植酸作为有机原料，广泛地应用于农业、林业、牧业、石油、化工、建材、医药、卫生、环保等各个领域。目前，利用褐煤生产的腐植酸产品类型很多，包括硝基腐植酸、硝基腐植酸铵、硝基腐植酸钾、腐植酸钠、磺甲基腐植酸钠、腐植酸钾、黄腐酸、黄腐酸铁、腐西酸复混肥等。褐煤腐植酸还在钻井液添加剂、陶瓷用腐植酸钠、混凝土减水剂、蓄电池阴极膨胀剂、锅炉防垢剂等方面得到广泛应用。

3　煤层气

煤层气作为一种洁净能源，不仅环境性能好，而且热效率高。目前煤层气已广泛用于发电、汽车燃料和居民生活用气等多个方面[11]。我国褐煤中煤层气资源研究工作相对薄弱，尤其是开发尚未取得突破。郑玉柱等[12]预测我国褐煤主要分布地区煤层气地质资源量为 13 954.65 × 10^8 m^3。从区域上看二连盆地群的资源量最大，其次为海拉尔盆地群，这 2 个盆地群共拥有的煤层气资源量为 13 268.60 × 10^8 m^3，占全国主要褐煤分布区煤层气资源总量的 95.1%；辽河坳陷和昭通盆地的煤层气资源量超过 100 × 10^8 m^3；其他盆地（地区）煤层气资源量都很少。从层域上看煤层埋深浅于 1 000 m 的资源量为 10 596.46 × 10^8 m^3，占 76.0%；埋深 1 000 ~ 1 500 m 煤层气资源量为 1 332.23 × 10^8 m^3，占 9.5%；埋深 1 500 ~ 2 000 m 煤层气资源量为 2 025.96 × 10^8 m^3，占 14.5%。可见，我国褐煤分布区煤层气资源量绝大部分赋存于 1 000 m 深度以浅，煤层埋深 1 500 ~ 2 000 m 的资源量只占很少比例，有利于资源的开发利用。

褐煤是煤化作用成岩阶段的产物，褐煤中芳环层小且随机分布，分子结构变化不大，主要为压实、脱水和亲水富氧基团的脱落。压汞试验表明褐煤孔隙以中孔（孔径 100 ~ 1 000 nm）和大孔（孔径大于 1 000 nm）为主，微孔和孔隙内表面积相对较小。扫描电子显微镜下观察，褐煤中的孔隙主要为植物组织孔、碎屑粒间孔、气孔和各种裂隙等，其孔径都比较大，一般介于 500 ~ 1 000 nm。

褐煤的孔隙结构、煤化程度和含水性会导致其吸附能力较低，对甲烷的吸附量很少超过 4 cm^3/g。但王可新[13]对海拉尔褐煤三相态（吸附气、游离气、水溶气）含气量的模拟表明：在埋深 400 ~ 2 000 m，海拉尔盆地低煤阶煤平均总含气量为 3.55 ~ 5.15 m^3/t。年轻褐煤中水溶气占有较大比例，年老褐煤中游离气占有较高比例。我国褐煤分布广泛，资源量巨大，其中蕴藏着大量煤层气资源。褐煤中大孔发育，且储层普遍含水，游离气、水溶气占有相当大的比例，在估算和开发利用煤层气时这两部分资源量不可忽略。

我国新一轮的油气资源评价得出我国低煤阶煤层气资源量为 14.7 × 10^{12} m^3[14]，占全国煤层气资源总量的 40%。尽管我国已经在鄂尔多斯盆地、黑龙江伊兰盆地、内蒙古霍林河、抚顺等多个低煤阶煤盆地取得了煤层气产能的突破，但是依旧未能成功地实现商业性开发。因此，加快我国低煤阶煤特别是褐煤中煤层气的开发是提高我国煤层气产量的重要途径。

4　结　　语

在前人研究成果的基础上，概述了我国褐煤资源的分布及其特点，介绍了褐煤中共伴生资源褐煤蜡、腐植酸和煤层气的概况和利用方向，并初步估

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

算了其资源量，分别为 13.76 × 10^8 t，674.26 × 10^8 t 和 13 954.65 × 10^8 m^3。褐煤共伴生资源储量丰富，开发利用前景巨大。建议今后应在以下 3 个方面加强研究。

1）由于褐煤独特的孔径结构等特点，煤层气资源不可忽略，特别是水溶气和游离气的开发利用。应加强对褐煤吸附性能，煤层气赋存状态，含气量及其控制因素等特性的研究，以期建立适合评价和开采褐煤煤层气的理论和技术。

2）腐植酸是良好的有机肥料，理论证实利用微生物转化技术来提高腐植酸活性是可行的，因此应加大研究力度更好地为工农业服务。

3）建议我国在大规模开发利用褐煤资源的同时，加强其共伴生的煤层气、褐煤蜡、腐植酸等资源的综合提质和转化利用研究。

参考文献：

[1] GB/T 5751—2009，中国煤炭分类 [S].

[2] 毛节华，许惠龙. 中国煤炭资源预测与评价 [M]. 北京：科学出版社，1999.

[3] 马治邦. 由煤制取褐煤蜡 [J]. 当代矿工，1996（12）：11.

[4] 陈文敏. 我国褐煤蜡资源及其分布 [J]. 煤炭分析及利用，1987（2）：12－18.

[5] 朱雅娴，解彤辉. 褐煤资源的有效利用 [J]. 哈尔滨科学技术大学学报，1988，12（2）：120－123.

[6] 赵振新，朱书全，马名杰，等. 中国褐煤的综合优化利用 [J]. 洁净煤技术，2008，14（1）：28－31.

[7] 初　茉，李华民. 褐煤的加工与利用技术 [J]. 煤炭工程，2005（2）：47－49.

[8] 吴秀珍，黄　伟. 褐煤微生物降解指标分析 [J]. 阜新矿业学院学报，1994，13（3）：107－109.

[9] 武丽敏. 微生物降解褐煤的研究 [J]. 煤炭加工与综合利用，1995（1）：26－28.

[10] 袁红莉，杨金水，王风芹，等. 不可再生能源物质褐煤的生物可持续发展问题展望 [J]. 世界科技研究与发展，2002，24（3）：13－17.

[11] 张新民，韩宝山，李建武. 褐煤煤层气储集特征及气含量确定方法 [J]. 煤田地质与勘探，2006，34（3）：28－31.

[12] 郑玉柱，张新民，韩宝山，等. 全国褐煤主要分布区煤层气资源量预测 [J]. 煤田地质与勘探，2007，35（3）：29－32.

[13] 王可新. 低煤级储层三相态含气量物理模拟与数值模拟研究 [D]. 徐州：中国矿业大学，2010.

[14] 车长波，杨虎林，李富兵，等. 我国煤层气资源勘探开发前景 [J]. 中国矿业，2008，17（5）：1－4.

（上接第 92 页）

认证是基于 GB 3836 等具体的防爆技术标准，认证机构在对产品进行评判时，必须严格按照标准的条款履行程序，由于标准总是滞后于产品的发展，对于不适用于标准的新技术产品，进行安全评估和认证难度很大。

另外，国外认证以分析为主，试验验证为辅。以本安型产品为例，在国内进行防爆认证时，绝大多数情况下均需要进行本安火花试验；然而，据粗略统计，国外认证机构仅对 1/3 的本安产品进行火花试验，对大部分申请产品只进行电路分析，利用本安电路曲线和表格，进行本安电路评定。

5 结　语

欧盟防爆产品的生产、认证和使用具备完整的法律体系框架，建立在一个完全成熟的诚信社会基础之上，相比较而言，我国防爆产品认证在法律法规、标准体系建设、产品安全性能保障等方面，与欧盟还存在较大差距。近年来，随着我国经济的飞速发展，越来越多的欧盟防爆产品进入了中国市场，应抓住契机，借鉴其科学而规范的管理模式，对进一步理顺我国防爆产品认证各个要素和环节具有重要意义。

参考文献：

[1] 肖瑞玲. 美国矿用产品安全认证体系及对我国矿用产品安全标志认证工作的启示 [J]. 煤矿机电，2012（2）：80－82.

[2] 姚　源，王　磊，陈　杰，等. 国内外矿用产品安全认证管理体系对比分析 [J]. 煤炭科学技术，2010，38（2）：65－68.

[3] Franz Eickhoff. 防爆电气设备相关的功能安全要求与评定程序 [EB/OL]. [2012－03－22]. http://cpfd.cnki.cnki.com.cn/Article/cpfdtotal－zgyf200605001008.htm.

[4] 姚　源，陈　杰，王　磊. 安标管理体系与国内其他产品认证体系的比较 [J]. 煤炭科学技术，2009，37（12）：50－53.

[5] 张素艳. 矿用产品安全标志的监督管理探讨 [J]. 中国安全科学学报，2011，21（5）：148－153.

[6] 袁庆国. 谈煤矿矿用产品安全标志在安全管理中的作用 [J]. 煤矿安全，2004，35（2）：49－51.

[7] 陈　杰，王　磊，姚　源. 我国矿用产品安全标志管理制度现状分析及建议 [J]. 煤矿安全，2010，41（2）：126－128.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net