

# Discussion on Low-Calorific-Value Combustible Organic Mineral Resources and Its Comprehensive Utilization

Lei Ge<sup>1,2,3,4</sup>, Yike Wang<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: gelei917@foxmail.com

Received: June 5<sup>th</sup>, 2019; accepted: June 20<sup>th</sup>, 2019; published: June 27<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Peat, lignite, weathered coal and oil shale are abundant low-calorific-value combustible organic mineral resources in China. This paper introduces the types of low calorific value combustible organic mineral resources, their occurrence status, and introduces their comprehensive utilization in agriculture, the way and its high value-added products—the development direction of humic acid in agricultural use. It is pointed out that the low calorific value combustible organic mineral resources have broad application prospects in the agricultural field.

## Keywords

Low Calorific Value Combustible Organic Deposit, Humic Acid, Agriculture, Application Review

---

## 浅谈低热值可燃有机矿藏资源及其综合利用

葛磊<sup>1,2,3,4</sup>, 汪怡珂<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>3</sup>自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: gelei917@foxmail.com

收稿日期: 2019年6月5日; 录用日期: 2019年6月20日; 发布日期: 2019年6月27日

## 摘要

泥炭、褐煤、风化煤、油页岩是我国储量丰富的低热值可燃有机矿藏资源, 本文介绍了低热值可燃有机矿藏资源的种类, 及其赋存状况, 并介绍了其在农业综合利用的方式及其高附加值产品——腐植酸在农业利用的发展方向。指出低热值可燃有机矿藏资源在农业领域具有广阔的应用前景。

## 关键词

低热值可燃有机矿藏, 腐植酸, 农业, 应用综述

Copyright © 2019 by authors 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. 引言

可燃有机矿藏资源具有有机成因, 主要由远古植物残骸经过漫长的岁月, 在地球化学、生物化学等因素的作用下形成的能够作为燃料的矿物。可燃有机矿藏资源按照其成因可分为泥炭、褐煤、烟煤等腐殖类有机矿藏; 藻煤、石煤、油页岩等腐泥类有机矿藏和石油、天然气、石蜡等沥青类有机矿藏这三大类。一般来讲, 可燃有机矿藏资源主要作为能源广泛利用, 而对于一些如风化煤、褐煤、泥炭、腐泥煤等低热值、高灰分、不宜作为能源利用的矿藏资源, 寻求一种高利用率、高附加值资源化利用途径变得更为迫切和需要。

低热值可燃有机矿藏中富含丰富的腐植酸, 从中提取腐植酸已广泛应用于农业领域, 包括植物生长调节、土壤、肥料、饲料、植物保护、农业生态学等学科。在新时期中, 将低热值可燃有机矿藏进行农业资源利用不仅遵循“绿水青山就是金山银山”的指导思想, 更是对贯彻“土十条”“土肥和谐”等国家战略有着重大意义。

## 2. 低热值可燃有机矿藏资源的种类及赋存状况

### 2.1. 泥炭

泥炭又称草炭、泥煤, 是地表丰富的可燃有机矿藏资源, 主要由沼泽动植物残体在多水、偏酸、嫌气环境下, 有机残体积累速度大于分解速度, 从而形成了泥炭, 属于成煤的第一阶段, 同时也是煤最原始的状态。泥炭由水、有机组分和无机组分构成, 其中有机组分主要为植物残骸和腐植质, 无机组分主要以  $\text{SiO}_2$  为主、其余分别为  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  等。由于泥炭在演变期间所处水热环境、区域地球化学特征、气候特征、成碳植物种类的不同, 其成分含量、组成结构均有较大的差异。因此, 泥炭的分级分类是评估工业开采价值和综合分析利用方向的基本依据。按照泥炭的成碳植物种类、可分为藓类泥炭、草本泥炭、木本泥炭。

由于泥炭形成发育时所处的湿热条件、地质环境、气候条件、造碳植物等不同, 所形成的泥炭的类型也不尽相同。我国处于中温带气候, 为草本泥炭提供了绝佳的发育场地, 我国草本泥炭储量约为  $4.26 \times 10^{10}$ , 占总量的 98.51%, 并且其中 50% 为可开采储量, 足够开发 100 年以上, 具有巨大的利用价值。

我国的泥炭资源丰富, 但分布不均, 北部多于南部, 沿海多于内陆。其中裸露型的泥炭主要分布在

东北山地丘陵区、三江平原、青藏高原, 其面积约占总面积的 55%, 总量约占 70% 以上; 埋藏型的泥炭主要分布于东部滨海平原、长江中下游及云贵高原。

## 2.2. 褐煤

褐煤是一种煤化程度最浅的低阶煤, 由泥炭经成岩作用形成, 一般呈现出褐色、黑褐色, 其物理、化学性质介于泥炭和烟煤之间。褐煤与泥炭的区别主要在于褐煤中不含有未分解的残体。

我国的褐煤储量约为 1400 亿吨, 虽然我国各地均有分布, 但分布极为不公, 其中华北地区褐煤储量可达 80%。我国的褐煤主要以含水量在 30% 左右、灰分含量为中低等级的硬褐煤为主。褐煤是一种优质的原生矿物源腐植酸资源, 但不同时期的褐煤中腐植酸含量也不同, 其腐植酸含量最高可达 87% 左右, 一般来讲, 褐煤的煤化程度越高, 腐植酸含量越少。

目前, 对于褐煤的资源化利用主要有以提质增效技术为核心的清洁能源利用方向, 另一方面则是从褐煤结构的角度出发, 以活化提取生产矿物源腐植酸为核心的利用方向[1] [2]。

## 2.3. 风化煤

风化煤又称露头煤, 主要由裸露地表或埋藏于地表浅层的低阶煤经过长期的风化氧化反应后形成的产物。风化煤热值低, 基本不用于做燃料煤和炼焦煤, 所以长久以来, 风化煤得不到有效利用, 任其废弃。我国的风化煤资源储量虽大但分布较广, 多分布于山西、内蒙古、新疆、黑龙江、江西等省区。

由于风化煤的氧化程度较高, 因此风化煤中腐植酸含量也相对较高, 腐植酸含量一般可达 50% 以上。另一方面, 长时间的风化氧化作用也增加了风化煤中的羧基、醌基、酚羟基、醇羟基等活性官能团的含量, 使得风化煤的生物活性相对较高, 这也体现出风化煤不同的应用前景。目前, 风化煤的利用方式主要以提取腐植酸为主, 提取产品多面向于农业、石油开采、陶瓷工业、医药卫生等领域,

## 2.4. 煤矸石

煤矸石是一种与煤系地层共存的硬度高、含碳量较低的沉积岩, 在采煤、洗煤过程中大量产生并大肆丢弃。目前, 我国煤矸石总量已超过 45 亿吨, 煤矸石的堆放泛滥造成了我国土地资源的极大浪费, 严重的影响了生态环境。

由于煤矸石的产出方式不一, 地区地质环境不一, 因此煤矸石的化学组成较为复杂。煤矸石中的有机物质较多, 部分品质的煤矸石中有机质可占 20%; 煤矸石中的无机矿物质主要以 Si、Al、Fe、Ca、Mg、K、Na 为主量元素, 同时富含可促进植物生长发育的 Zn、B、Cu、Mn、Mo、Mn、Co 等微量元素。

目前, 对煤矸石高效的资源化利用方式主要有以高碳含量煤矸石燃烧发电技术、绿色建材产品、陶瓷骨料、生态水泥、土壤改良材料和生产化工产品等多种模式。

## 2.5. 油页岩

油页岩又被称之为油母页岩, 是一种具有层理结构的可燃细粒沉积岩, 主要由藻类等低等生物和矿物质经煤化、矿化而形成的。油页岩与炭质页岩不同的是, 油页岩中含有一种通过低温干馏技术获取类似于原油的页岩油, 是一种非常重要的非常规接替资源。油页岩中的有机组分主要油 10%~25% 的油母质和少量可溶性沥青组成; 无机组分成分颇为复杂, 主要有石英, 黄铁矿, 方解石之类的碳酸盐矿物以及蒙皂石、高岭石、伊利石等硅酸盐黏土矿物组成, 此外, 根据地质环境以及成岩作用的不同, 还存在少量的铜、钴、钒等金属和金属氧化物以及稀有金属矿物[3] [4]。

油页岩在全球范围内储备相当巨大, 其蕴藏量约有 10 万亿吨。我国油页岩资源约有 7 千亿吨, 分布范围较广但不均匀, 主要分布于内蒙古、山东、山西、吉林、黑龙江、陕西、辽宁、广东、新疆等 9 省。

目前, 针对油页岩的资源化利用技术发展较快, 应用领域愈来愈多, 除了提炼油页岩外, 以及扩展到提炼化工生产水泥原材料、土壤改良剂、合成建筑材料等领域。

### 3. 低热值可燃有机矿藏资源农业利用方式

低热值有机矿藏资源经过进一步提质后, 可以有效提高其资源化利用效率和经济效益。低热值可燃有机矿藏资源中普遍富含腐植酸和类腐植酸物质, 所以低热值可燃有机矿藏资源进行农业资源化利用, 则成为了低热值有机矿藏资源综合利用的重要一部分, 其技术路线主要有两种, 一种是直接应用, 另一种是提取腐植酸再利用, 二者的核心均是矿物源腐植酸的综合利用。

#### 3.1. 低热值可燃有机矿藏资源在农业领域的直接应用技术

对于有机矿藏资源的直接农业资源化利用, 主要有以利用泥炭富含有机质和腐植酸以及多种营养物质, 并且具有较好的持水、透气性能的特点, 将其生产为花卉营养土、育苗基质等; 油页岩含有多种作物所必须的微量元素, 将油页岩粉碎后施入土壤中, 不仅可以改善土壤酸碱度, 还可以优化土壤结构, 平衡土壤养分, 提升土壤肥力。此外, 油页岩经过提炼页岩油后的废渣, 由于去除了油页岩内的有机组分和炭质结构, 保留了油页岩的一些 N、P、K 等无机元素和一些微量元素, 所以也以用作土壤肥料[5] [6]。

#### 3.2. 低热值可燃有机矿藏资源在农业领域的间接应用技术

腐植酸是一种具有不定型结构的三维空间结构高分子混合物, 分子量范围覆盖几百到几百万, 结构内含有多种活性官能团, 如羧基、酚羟基、醇羟基、羰基、甲氧基、醌基等。具有吸附、离子交换性、络合(螯合)等独特的理化生物性质。由于低热值可燃有机矿藏资源中富含的矿源腐植酸具有与土壤有机质相似的结构、相似的理化特性, 因此矿源腐植酸是改良土壤的最好的有机质。应该矿物腐植酸不仅可以有效改善土壤水、气、热状态, 促进土壤形成良好的团聚体结构, 还能够促进作物根系分泌物释放, 改善土壤酸碱环境。另外, 腐植酸能够提高土壤酶活性, 降低土壤养分流失, 提高肥料利用效率, 优化土壤肥力, 是构筑“土肥和谐”的最佳选择[7] [8] [9] [10]。

对于有机矿藏资源的间接农业资源化利用, 由于泥炭、褐煤、风化煤、油页岩结构和组成复杂, 其中富含的腐植酸多数为络合稳定态, 活性较低, 直接应用于农业生产价值较低, 发挥不了腐植酸高效土壤改良剂的应用效应。要想获取高活性、高附加值、高应用价值的腐植酸产品则需对腐植酸原料(泥炭、褐煤、风化煤)等进行处理, 目前, 提取腐植酸的活化方法主要有物理、化学和生物学等方法。其中物理方法主要有机械破碎、超声波处理等技术方法; 化学方法常用有酸催化氧化法、碱溶酸析法等; 生物学方法主要是微生物的酶解等。目前, 以腐植酸为原料开发生产的农业相关产品已超过 70 种、相关专利超过 4000 件。以矿源腐植酸为原料的农业领域产品主要有以下几类:

##### 腐植酸基土壤改良剂

由于矿源腐植酸结构内含有多种活性基团, 能够与丙烯酸、丙烯酰胺等单体产生接枝共聚或缩聚反应。腐植酸基土壤保水剂不单可以显著改善土壤保水性能, 提高作物抗旱能力, 还具有改善土壤结构, 抑制土壤肥力流失的优点。

##### 腐植酸基缓释肥

将矿源腐植酸为原料来制备的有机肥料, 具有比普通化肥更高的肥力利用效率, 能够明显增强氮肥的自然循环率, 减少磷肥损失, 提高钾肥利用率。并且, 腐植酸基肥料能够在大田作物以及蔬菜、瓜果、烟草等产生良好的促产提质效应。

##### 黄腐酸叶面肥

黄腐酸作为腐植酸中的低分子量组分, 具有更高的生物化学活性, 但多数低热值有机矿藏中的黄腐酸含量较低, 并且不易获得。利用硝酸氧解、过氧化氢氧解等工艺能够大大提高矿藏中的可提取黄腐酸。喷洒黄腐酸类叶面肥可以有效减少植物叶面开张度, 降低植物体内水分蒸发, 提高作物抗逆性, 对作物质量和产量均匀较大的提升效果。

#### 4. 结语

我国拥有丰富的低热值可燃有机矿藏资源, 但目前利用方式粗放, 对低热值可燃有机矿藏资源中蕴含的腐植酸进行综合开发利用, 符合高效农业现代化的发展需求。

#### 参考文献

- [1] 朱士飞, 秦云虎. 煤中共(伴)生矿产资源的研究进展[J]. 高校地质学报, 2013(19): 605.
- [2] 晏达宇. 我国煤系共生矿产资源概况及开发利用的意义[J]. 煤炭加工与综合利用, 2004, 35(6): 44-47.
- [3] 闫澈, 姜秀民. 中国油页岩的能源利用研究[J]. 中国能矿, 2011, 29(6): 721-728.
- [4] 游君君, 叶松青, 刘招君, 等. 油页岩的综合利用与开发[J]. 世界地质, 2014, 23(3): 261-265.
- [5] 隋小慧, 邹德乙. 腐植酸农林保水剂, 改善土壤水环境, 减少土壤侵蚀[J]. 腐植酸, 2010(2): 47-48.
- [6] 程亮, 张保林, 王杰, 等. 腐植酸肥料的研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2008, 29(1): 54-61.
- [7] 黄占斌, 张博伦, 田原宇, 等. 腐植酸在土壤改良中的研究与应用[J]. 腐植酸, 2017(5): 1-4.
- [8] 李通, 魏玉莲, 陈士更, 等. 含腐植酸风化煤对镉污染土壤理化性质及小白菜生理指标的研究[J]. 腐植酸, 2017(5): 26-34.
- [9] 袁天佑, 王俊忠, 冀建华, 等. 施用腐植酸对夏玉米产量、氮素吸收及氮肥利用率的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(4): 794-802.
- [10] 曾宪成, 李双. 腐植酸、腐植酸肥料在构筑“土肥和谐”关系中的重要作用和地位[J]. 腐植酸, 2017(1): 4-14.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)