

# 油母页岩废渣的循环经济化利用

吴冷\*

(辽宁工程技术大学 矿业学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:** 本文围绕我国油母页岩废渣再利用问题, 简要介绍油母页岩干馏和燃烧过程中产生的废渣数量和废渣成分, 重点介绍油母页岩废渣可用于制造建材、制备陶粒和做吸附剂等 8 个循环经济化利用方向. 分析发现合理利用油母页岩废渣不仅可以实现采矿废弃物零排放的环保目的, 还可创造可观的经济效益、社会效益和环境效益, 为油母页岩废渣循环经济化利用提供一定参考.

**关键词:** 油母页岩; 废渣; 综合利用

**中图分类号:** X752      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-9102(2020)04-0074-05

## Recycling Economic Utilization of Waste Residue of Oil Shale

Wu Leng

(College of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

**Abstract:** Focusing on the reuse of oil shale waste residue in China, this paper briefly introduces the quantity and composition of waste residue produced in the process of oil shale retorting and combustion, and emphasizes on the eight recycling economic utilization directions of oil shale waste residue which can be used for building materials, ceramsite and adsorbent. It is concluded that reasonable utilization of oil shale residue can not only realize the environmental protection purpose of zero discharge of mining waste, but also create considerable economic, social and environmental benefits. It provides some references for the recycling and economic utilization of oil shale waste residue in China.

**Keywords:** oil shale; waste residue; comprehensive utilization

我国是油母页岩储量大国, 储量约  $500 \times 10^8$  t, 居世界第四<sup>[1]</sup>. 随着新能源综合利用潜力的提高, 每年开采和因采煤伴生开采的油母页岩产量可观. 油母页岩可用于炼油、发电、供暖等, 精制后的页岩油也在各类化工行业发挥着重要作用. 但经燃烧或干馏后的油母页岩, 会产生大量主要成分为  $Al_2O_3$  和  $AlO_2$  的含水铝硅酸盐矿物废渣. 废渣露天堆砌或就地掩埋都会对土壤和地下水造成污染. 2017 年以来, 政府对科学管理和合理利用废物提出了更高要求. 利用循环经济实施节能降耗、发展绿色环保、深化废物产业是解决突出环境问题的新希望. 以循环经济的概念回收和经济利用油母页岩废渣不仅可以增加经济、社会和环境效益, 还可以增加就业机会, 稳定矿区社会, 符合国家经济可持续发展和绿色发展的理念.

目前, 我国对油母页岩废渣的利用主要集中在烧砖、制水泥和做吸附材料等方面. 深入研究废渣的物理化学性质, 尝试配合不同添加物, 利用各种加工法, 开发油母页岩废渣的更多价值, 是油母页岩废渣循环经济化利用的发展方向<sup>[2]</sup>. 本文以铁法矿区油母页岩废渣利用项目为实例, 对油母页岩干馏和燃烧后的化学成分进行了分析, 并针对废渣性质对废渣的循环经济化利用展开了综述, 通过对油母页岩废渣循环经

收稿日期: 2019-06-19

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“基于绿色度的露天煤矿生态环境恢复与开采一体化技术”(51474119)

\* 通信作者, E-mail: wuleng999@163.com

济利用的8种途径探讨,重点阐述了油母页岩废渣再利用的循环经济价值,对各项研究实现真正产业化应用提供了一定的参考。

## 1 工程概况

铁法矿区位于辽宁沈阳北部,横跨铁岭和法库两市.东起西营盘,西邻调兵山(原铁法市),北邻昌图通江口,南邻汪荒地,南北长29.5 km,东西长17.4 km,面积513.5 km<sup>2</sup>.在铁法矿区大平煤矿和小康煤矿开采过程中,发现了内源湖泊古近系伴生矿物含油矽石——油母页岩.油母页岩厚10~35 m,沉积在煤层顶部.为了实现油母页岩的多样化利用,铁法能源公司引进低倍率循环床油母页岩电站锅炉,并于2011年3月13日一次点火成功,迈出了油母页岩循环经济化利用的第一步.同年,低倍率循环床油母页岩利用项目实现盈利.油页岩公司建成投产后,每年可加工60万t煤矽石油母页岩,生产2万t页岩油.2011年,油页岩公司大胆采用新技术、新工艺和新设备,在原料含油量低、水洗后含水量高和传统油母页岩的低温干馏的基础上增加了中央供热系统,将水洗后油母页岩预热升温,除去其表面的水分和湿气,实现了用水洗石和低品位油页岩炼油的奇迹.然而在建设的初始阶段,油母页岩废渣露天堆积,在长期风化和雨淋的作用下,发生了一系列化学反应,大量污染物直接排放到外面,导致周围地区空气、土壤和地下水严重污染.同时,废渣占地面积大,不仅造成土地浪费,还限制了其他建筑的开发空间<sup>[3]</sup>.

## 2 油母页岩废渣的产生

油母页岩是页岩油的载体,是页岩油在被干馏、燃烧或煤气化利用后留下的废渣,占原页岩质量的60%~80%,这部分废渣因采出、装载、运输、转运、利用等过程后大多比较破碎.还有部分废渣是油母页岩开采过程中的矽石,堆放在排土场或矽石山<sup>[4]</sup>.这两部分共同称为油母页岩废渣.近几年油母页岩的开采和开发利用率逐年增高,油母页岩被干馏、燃烧后产生的废渣量也随之增大<sup>[4]</sup>.油母页岩废渣在存放中易燃、露天堆放风化污染大气、不加利用排弃浪费资源,是废渣产生后面临的几大重要问题<sup>[5]</sup>.

油母页岩废渣产生的简易流程如图1.

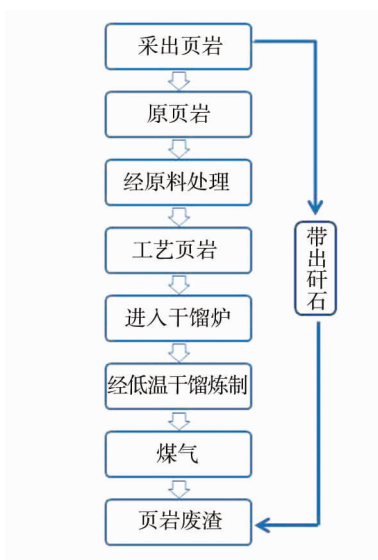


图1 油母页岩废渣产生的简易流程

## 3 油母页岩废渣的性质

### 3.1 矿物成分

油母页岩废渣含较多的矿物成分,有极高的再利用价值.其主要矿物成分有石英、高岭土、赤铁矿、云母、刚玉、白云石、硫铁矿等.其存在形态呈黏土型或钙质型状态.相比国外大多数油母页岩废渣为钙质型,

我国大多数油母页岩废渣为黏土型状态.

### 3.2 化学成分

根据铁法矿区开采出的油母页岩干馏后(1号)和燃烧后(2号)的样品分析,得出该矿区油母页岩废渣的化学成分见表1.

样品号	项目						%
	烧失量	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	
1号	13.31	63.63	23.03	6.52	0.87	0.77	
2号	12.86	65.23	22.05	6.84	1.03	1.07	

由表1可知,油母页岩废渣化学成分中含有大量Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,符合高岭土化学成分分布特征.因此可判断该油母页岩废渣含有黏土矿物、石英矿物及其他黏土矿物.

苏达根等<sup>[6]</sup>对油母页岩废渣微量元素进行光谱分析,发现其含有Ba,Be,As,B,Zr,Pb,Sn,Mn,Ca,Fe等微量元素,未发现放射性化学元素.

## 4 油母页岩废渣循环经济化利用途径

油母页岩废渣的利用途径很多,如矿井充填、制水泥、建材等<sup>[7]</sup>.下面列举几种循环经济利用途径.

### 4.1 生产加气混凝土

加气混凝土一种新型轻质、保温、性能优良的建筑材料,由水泥、石灰、沙子、粉煤灰、页岩渣和石膏为原料制成.配制成浆料后,经过轻质处理、入模浇注、切割成型和蒸汽高压处理,制成轻质、隔热的新型建筑材料.

加气混凝土具有一系列经济和技术优势,主要表现在以下几个方面:

#### 1) 重量轻

常见的建筑材料容重见表2.由表2发现加气混凝土容重一般为400~700 kg/m<sup>3</sup>,相当于1/3的黏土砖,1/5的普通砖,1/4的混凝土,也低于普通的轻骨料混凝土.因此,采用加气混凝土作为墙体材料可以大大减轻建筑物的重量,同时也节省了建筑材料和工程费用.

表2 几种常见的建筑材料的容重

建筑材料	加气混凝土	木材	黏土砖	空心砌块	陶粒混凝土	普通混凝土
容重/(kg/m <sup>3</sup> )	400~700	400~650	1 600~1 800	900~1 700	1 400~1 800	2 000~2 600

#### 2) 保温性能好

加气混凝土含有大量气泡和微孔,具有良好的隔热性能.容重为400~700 kg/m<sup>3</sup>的加气混凝土的导热系数通常为0.09~0.17 W/(m·K),其保温、隔热能力为黏土砖的3~4倍,为一般普通混凝土的4~8倍(见表3).

表3 几种常见的建筑材料的导热系数

建筑材料	加气混凝土	陶粒制品	土坯强	黏土砖	玻璃	普通混凝土
导热系数/(W/(m·K))	0.15	0.17	0.70	0.81	0.75	1.50

#### 3) 具有可加工性

加气混凝土不仅可以在工厂生产各种规格,而且可以对其锯、刨、钻、钉等加工.因此,制造商可以根据用户要求的规格进行加工,或根据实际需要在使用现场进行再加工.

#### 4) 生产效率高能耗少

一般来说,加气混凝土厂的生产效率相对较高而且生产消耗的能量较少,单位产品的能耗仅为相同体

积黏土砖能耗的11%.与其他传统建筑材料相比,它也相对较低.

#### 5) 效益高

以铁法矿区油母页岩废渣加工加气混凝土为例:年产10万 $\text{m}^3$ 加气混凝土,消耗页岩废渣6万t,生产成本1000万元,产值1600万元,年利润600万元.10万 $\text{m}^3$ 加气混凝土的利用价值,相当于5000万块标准砖,按市场利润0.0837元/块,产砖年利润为418.5万元.油母页岩废渣加工加气混凝土项目相较标准砖项目,多盈利100余万元.此外,油母页岩废渣加工加气混凝土项目还可以享受国家多项免税政策,效益更高.

### 4.2 生产承重加气混凝土

加气混凝土轻质墙体材料只能应用于非承重的框架结构,适用范围受到限制.在生态环保材料理念的指导下开发多功能承重加气混凝土,具有应用范围广、适合替代黏土砖、节土节能、生态效果显著等优点<sup>[7]</sup>.油母页岩废渣在提高蒸汽压力、增加废渣料细度、提高初始发泡水温等措施下,生产的承重加气混凝土是很好的绿色建材品种.目前东北大、中型城市发达地区已无耕地,所用黏土砖全部产自边缘地区,其成本已超过油母页岩废渣生产承重加气混凝土的成本.因此,承重加气混凝土在大城市,发达地区中等城市有着广泛的应用市场.

目前,我国利用油母页岩废渣生产承重加气混凝土的项目技术指标已超过国家对黏土砖的技术指标标准,也超过国外比如英国、日本、瑞典等国家对黏土砖的技术指标标准<sup>[8]</sup>.

### 4.3 生产高强度硅酸盐砖

通过CaO与 $\text{SiO}_2$ 水热合反应形成水化硅酸钙,加入托贝、莫来石等矿物,压制成型,温热处理后,制成人造石材<sup>[9]</sup>.

按铁法矿区年产5000万块标准砖的产量计算,废渣高强度硅酸盐砖项目可以利用废渣10万t,项目固定资产投资1200万元,固定资产折旧成本120万元/年;流动资金投资330万元/年;生产成本900元/万块,即450万元/年;年总成本900万元,年产值1500万元,年利润600万元.

### 4.4 开发水泥混合材料

油母页岩废渣属高岭土类的黏土矿物,经过活化处理具有很好的火山灰活性<sup>[10]</sup>.对其进行再活化处理可以作为商用混凝土高活性混合材料,作为水泥的活性掺合料,而且掺入量较大,可生产标号为425<sup>#</sup>,325<sup>#</sup>的火山灰质硅酸盐水泥<sup>[11]</sup>.

油母页岩废渣活化处理后还可以利用热载体(导热油)开发出大掺量砌筑水泥砂浆,或者制成水泥砂浆混合料,掺灰量40%~60%,强度性能可达到20<sup>#</sup>~30<sup>#</sup>砌筑水泥砂浆的要求<sup>[12]</sup>.

### 4.5 生产硅铝炭黑

由于废渣中的 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量较高,因此可利用废渣生产硅铝炭黑.硅铝炭黑可作为新型工业橡胶的补强改性填料,其抗撕裂和耐老化性强,可替代橡胶中的炭黑;硅铝炭黑还可作为农用化工产品的载体,其表面积大、悬浮性强、亲和力好、化学稳定性好,在喷施农药和肥料时作为载体,可保持雨淋、喷灌、暴晒时化学制品的稳定性;硅铝炭黑还可用作造纸填料,提高纸的抗透墨性和机械强度,增加纸的白度,降低纸的单位重量<sup>[13]</sup>.

### 4.6 制作吸附剂

油母页岩废渣具有较好的空隙结构,并含有大量 $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等酸碱两性氧化物,可以用来制备吸附剂.改性后的油母页岩废渣可以用来吸附湿地中的磷离子、土壤中的铅和镉离子、水中的重金属离子和对生物有强制毒性和致癌性的6-二硝基苯酚,2-仲丁基-4等.

### 4.7 烧制陶粒

油母页岩废渣与粉煤灰成分相似.通过测量、球磨、筛选、干燥、预煅烧、焙烧等工序,可将其烧成500级超轻陶粒.油母页岩废渣来源稳定广泛,成本低,烧制工艺简单,是粉煤灰很好的替代品<sup>[14]</sup>.

#### 4.8 提取氧化铝

油母页岩废渣中质量分数的20%为 $Al_2O_3$ ,可做氧化铝提纯处理.在特定实验条件下,油母页岩废渣加工业烧碱、通过工业硫酸提取氧化铝,实验室纯度可达99.40%.若能实现工业上大规模提取,油母页岩废渣将成为最廉价的铝源.

随着对油母页岩废渣研究的深入,未来有望利用油母页岩废渣生产微晶泡沫玻璃、砌筑及抹面干混保温专用砂浆等高端实用的建筑材料以及其他产品<sup>[15]</sup>.

### 5 结论

1) 油母页岩废渣循环经济化利用具备环保经济、工艺简单、技术成熟可靠、产品性能好、市场行情较好的特点.

2) 目前对于油母页岩提取氧化铝的研究,有些还停留在实验室阶段,未能实现工业上大规模应用,是目前尚难以解决的问题.

3) 为油母页岩废渣循环经济化利用提供更具创意性、更加多元化、科学化、更能增加经济效益的研究方向.

4) 建议将油母页岩废渣循环经济化利用的经验加以扩展,用以解决各类矿物废渣占地污染环境等问题,实现废渣经济附加值变现,做到最大限度清洁、高效利用资源.

#### 参考文献:

- [1] 夏寿亮,李东升.抚顺东露天矿提高油母页岩富矿回采率的途径[J].露天采矿技术,2017,32(10):33-35.
- [2] 黄本益,夏玉玲.循环经济与油田企业的可持续发展[J].中外企业家,2012(1):82-84.
- [3] 任哲,周波.浅谈煤炭企业如何推进生态文明建设、促进矿区绿色发展[J].管理观察,2013(13):20-21.
- [4] 侯祥麟.中国页岩油工业[M].北京:石油工业出版社,1983.
- [5] 杨英泽.页岩油干馏冷却新工艺研究[D].北京:北京工业大学,2013.
- [6] 苏达根,杨东生.含稀土油母页岩渣在水泥工业中的应用研究[J].华南理工大学学报(自然科学版),1995(2):139-145.
- [7] 段磊.抚顺市采煤沉陷区现状与对策[J].国土资源,2017(9):46-47.
- [8] 张亮. A类蒸压加气混凝土砌体力学性能和抗震性能试验研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2008.
- [9] 张飞龙.油页岩废渣制备蒸压灰砂砖实验研究[D].长春:吉林大学,2013.
- [10] 郭忠和.影响废渣烧结砖产品质量的因素探讨[J].砖瓦,2018(2):45-47.
- [11] 曹成龙,潘一,王敦,等.油页岩灰渣综合利用技术研究进展[J].能源化工,2015,36(2):39-42.
- [12] 常广利,王显利,简振鹏.油页岩电厂灰渣在混凝土中最佳掺量配合比[J].北华大学学报(自然科学版),2018,19(6):821-824.
- [13] 刘尊峰,王久生.新型补强填充剂 SAC 在橡胶制品中的应用[J].沈阳化工,1990(3):9-14.
- [14] 郭忠和.油页岩渣作为预分解窑生料原料的实践[J].新世纪水泥导报,2014,20(5):36-39.
- [15] 魏天飞,张羽飞.中国废塑料再生产业开始革命性转型——中国废塑料产业进入“后绿篱时代”[J].中国包装工业,2014(9):46-55.