

# Summary of the Utilization Status of Coal Gangue

Wang Qian<sup>1,2</sup>, Xichun Han<sup>2</sup>, Xiaobin Yang<sup>2</sup>, Wei Wang<sup>2</sup>, Ke Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shenhua Group, Beijing

<sup>2</sup>College of Resources and Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing, Beijing

Email: 10000242@shenhua.cc

Received: Nov. 13<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jan. 12<sup>th</sup>, 2016; published: Jan. 15<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 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

---

## Abstract

Coal gangue is a waste generated in the process of coal mining and coal washing, and has become one of the solid wastes of China's largest industrial generation and emissions. Gangue accumulation caused great waste of land resources and seriously affected the ecological environment. In this paper, the properties of coal gangue were briefly described, and the utilization status of coal gangue of the current domestic and foreign was summarized. In the end, the problems existed in the process of making use of gangue were analyzed, and some recommendations were put forward for these problems.

## Keywords

Coal Gangue, Solid Waste, Comprehensive Utilization, Physic-Chemical Property, Pollution

---

# 煤矸石利用现状综述

钱旺<sup>1,2</sup>, 韩希春<sup>2</sup>, 杨小彬<sup>2</sup>, 王巍<sup>2</sup>, 李珂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神华集团, 北京

<sup>2</sup>中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京

Email: 10000242@shenhua.cc

收稿日期: 2015年11月13日; 录用日期: 2016年1月12日; 发布日期: 2016年1月15日

文章引用: 钱旺, 韩希春, 杨小彬, 王巍, 李珂. 煤矸石利用现状综述[J]. 矿山工程, 2016, 4(1): 13-18.

<http://dx.doi.org/10.12677/me.2016.41003>

## 摘要

煤矸石是采煤过程和洗煤过程中产生的废弃物，目前已经成为我国产生量和排放量最大的工业固体废弃物之一。煤矸石的堆积造成了我国土地资源的极大浪费，严重的影响了生态环境。本文阐述了煤矸石的性质，总结了目前国内外对煤矸石综合利用情况。最后，分析了利用煤矸石过程中存在的问题，并对其发展提出建议。

## 关键词

煤矸石，固体废弃物，综合利用，理化性质，污染

## 1. 引言

煤矸石是存在于煤层中，在成煤的过程中与煤层共存的一种含碳量较低，硬度较大的黑灰色岩石。目前，我国煤矸石总量已经超过 45 亿吨，并以每年近 2 亿吨速度增加，煤矸石堆放泛滥，其中，大规模的矸石山就有近 2000 座，占地面积超过 1.3 万公顷，并以每年新增占地面积 400 公顷的速度递增[1]。在我国，煤矸石堆积成山，未能充分的进行利用，不仅造成土地资源浪费，污染土壤，严重影响环境，而且煤矸石中残存一定的可燃物质，在一定的条件下可发生自燃，并排放氮氧化物、碳氧化物、二氧化硫和烟等有毒有害气体。因此，对煤矸石的利用问题急需解决，对其资源化处理具有广阔的发展前景。

本文在叙述了煤矸石理化性质，收集总结了煤矸石国内外应用现状[2] [3]，分析了现有煤矸石应用的优缺点，为未来我国煤矸石利用及环境保护提供新的应用思路。

## 2. 煤矸石的理化性质

煤矸石的理化性质与其岩石属性有关，充分了解煤矸石的理化性质是对其合理利用的基本前提。

### 2.1. 煤矸石的物理性质

1) 力学性能。煤矸石的硬度与其岩石种类有关，含砂岩的煤矸石约为 4~5，而含有页岩的煤矸石硬度只有 2~3。煤矸石的抗压强度受风化影响严重，随着其风化程度的加大而降低，一般在 300~700 Pa 之间。

2) 堆积密度。煤矸石的密度约为 2100~2900 kg/m<sup>3</sup>，其堆积密度约为 1200~1800 kg/m<sup>3</sup>，煤矸石自然堆积密度要比煤矸石堆积密度小，约为 900~1300 kg/m<sup>3</sup> [4]。

3) 吸水性。煤矸石的吸水性能取决于其多孔结构。煤矸石的吸水率约为 2.0%~6.0%。

### 2.2. 煤矸石的化学性质

煤矸石的化学成分有 SiO<sub>2</sub>，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，CaO，MgO，K<sub>2</sub>O，Na<sub>2</sub>O 等，其中 SiO<sub>2</sub>，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量最高[5]。煤矸石的主要成分及其含量见表 1。

煤矸石中的有机元素主要有碳、氢、氧、氮、硫，其中碳含量约为 25%~30%。此外，部分煤矿产出的煤矸石中含有钒、钨、钼、镭等稀有元素，可以提取出来加以利用，具有很高的价值。

## 3. 煤矸石利用现状

### 3.1. 化工产品

1) 制备铝系产品

Table 1. The main chemical components and content of coal gangue

表 1. 煤矸石的主要化学成分及含量

成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O
含量(%)	40~65	15~40	2~14.6	0.4~3.5	0.4~3	1.5~3.9

煤矸石中可利用的化学元素有 Si、Al、Fe、Mg、Mn 等，当煤矸石中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量超过 35% 时，即可对元素 Al 进行利用，生产硫酸铝、硅铝铁合金、结晶氯化铝、铵明矾、聚合氯化铝、结晶氯化铝、氢氧化铝等产品。

吕淑珍研制出了平均粒径小于 200 nm 的超细 Al(OH)<sub>3</sub> 制取方法，她对煤矸石中的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 利用改性技术进行活化，成功将煤矸石活化烧结料全部自粉化，再用一定浓度的碳酸氢钠溶液提取自粉化料中的 Al 成分，再用高效分散-碳化方法制出超细 Al(OH)<sub>3</sub> [6]。这种煤矸石的利用方式具有很好的发展前景。

#### 2) 制备硅系产品

再制备出铝系产品的同时，例如聚合氯化铝，其产生的渣料中有高含量的 SiO<sub>2</sub>，将其与 NaOH 溶液进行反应可制出水玻璃。它的生产过程简单，可在常压下进行，且成本低廉，可发展空间较大。

#### 3) 提取化工原料硫

有些煤矸石中硫化亚铁的含量比较高，其氧化后会产生硫氧化物，硫氧化物是酸雨的主要成分，若任其自由排放会造成环境污染，相反，硫也是很重要的化工原料，提取煤矸石中的硫和铁具有生态和经济的双重效益。

### 3.2. 农业应用

#### 1) 生产有机复合肥料

煤矸石中含有 Zn、B、Cu、Mn、Mo、Mn、Co 等可促进植物生长的微量元素，其含量高出普通土壤数倍以上；煤矸石中的氮、磷、钾等这些植物所需的基本元素含量也是土壤中数倍以上；有些煤矸石中的有机质含量可高达近 20% [7]。

用煤矸石制造出的有机肥料具有吸收效果好、适应能力强并且可以改善土壤的疏松性达到增产的效果，加上其成本较比，具有广泛的应用前景。陕西省韩城地区使用矸石有机复合肥料使冬小麦增产了 15%~20% [8]。

#### 2) 生产微生物肥料

煤矸石中有机物含量丰富，是解甲、解磷、固氮等微生物的理想载体，因此可用来生产微生物肥料。2002 年，中国工程院院士牛憨笨历时 3 年，进行有关煤矸石生产微生物肥料的研究，挑选出了两种用煤矸石作为基质的菌种用于生产肥料，并设计出煤矸石制取微生物肥料的生产工艺 [9]。

煤矸石生产微生物肥料投资小且生产工艺不产生废料，具有很好的发展前景。目前我国的煤矸石微生物肥料厂近五十座，年产量约为 40 万吨。

#### 3) 改良土壤

由于煤矸石中富含微量元素和氮、磷、钾等营养成分，加入适当的有机肥料，可改善土壤的疏松度、酸碱度以及土壤结构，有益于土壤中腐殖质的增加细菌的新陈代谢和细菌的新陈代谢，使土壤的肥效有明显提高并促进农作物的生长。

### 3.3. 建筑材料

#### 1) 制砖

有些煤矸石与制砖所用的粘土的成分相似，用这类煤矸石制砖，矸石用料可以占坯料总量的 80% 再根据实际情况才入少量粘土。煤矸石制砖的工艺流程与粘土烧砖流程大体相同，只增加了一道破碎程序，其工艺流程历经破碎、粉磨、搅拌、压制、成型、干燥、焙烧、成品。煤矸石也可制得空心砖，其要求与煤矸石制砖基本相同，但对粉碎要求比较严格[10]。

煤矸石制砖相比传统粘土烧砖具有用土少，节约煤，减少污染排放、经济效益显著等优点，且收缩率小、硬度大、干燥快、耐腐蚀。

#### 2) 生产水泥

煤矸石不但与粘土的成分相似，而且能够释放热量，因此用煤矸石替代粘土生产出的水泥优于常规水泥。利用煤矸石生产水泥的工艺流程与常规水泥的工艺流程大体相同。目前在我国的水泥生产厂中，煤矸石的用途主要有三个方面，用煤矸石制作水泥混合材料；用煤矸石作为常规水泥的燃料；用煤矸石生产少熟料水泥和无熟料水泥[11]。

#### 3) 生产砌块

煤矸石制造砌块是近几年兴起的一种新型墙体材料，它可分为实心砌块和空心砌块。实心砌块是用石灰、水泥和石膏等作为钙质材料，用过火煅烧的煤矸石作为硅质材料，两者按一定比例进行研磨，再经后续工艺处理制成；空心砌块是通过人工或自然煅烧的煤矸石与一定量的生石灰和石膏混合作为胶结剂，模压成型制得，其工艺不需外加的燃料，节约能源且效果明显，生产出的墙体材料具有高强度抗压性能、耐腐蚀且外观独特[12]。

#### 4) 制作轻骨料

煤矸石是制作轻骨料的理想原材料，主要选用碳质岩和洗煤厂产出的煤矸石为宜且碳含量应小于 13%。煤矸石制作轻骨料有成球法和非成球法两种烧制方法，制得的骨料具有吸水性低、容重较轻和保温效果好等优点，是建材预制品的理想材料。

#### 5) 生产加气混凝土

加气混凝土是以水泥和发气剂为原料生产的轻型多孔混凝土。煤矸石生产加气混凝土是通过将生石灰作为钙质原材料，将过火煅烧后的煤矸石作为硅质原材料，加入少量的石膏和铝粉制成。它具有隔音、轻质、抗渗、保温、环保、耐久、经济等特点。

#### 6) 煤矸石在建材中的其他应用

煤矸石还可以通过严格控制人工煅烧温度生产高性能混凝土掺和料；通过煅烧煤矸石生产膨胀剂加入混凝土，使其强度增高，坍落度损失减小，阻止碱骨料的反应；通过煅烧的煤矸石替代偏高岭土生产无机矿物聚合物新材料，这种无机矿物聚合物新材料具有优异的耐久性和力学性能，是发展新型胶凝材料的趋势[13]。

### 3.4. 发电

煤矸石中含有碳和其他可燃物质，能够作为燃料进行发电。煤矸石的热值约为 3350~6280 kJ/kg，经过洗选后煤矸石的热值会更高[9]。目前我国煤矸石等发电装机规模约越来越大，经 30 年的发展，煤矸石、煤泥等低热值的煤发电装机已经达到 3000 万 kw。虽然这些装机只占到全国总装机的 4%，但煤矸石、中煤、煤泥等这些低热值的燃料储量很大，达到 1.35 亿吨相当于标准煤 4000 万吨[10]。美国还成功研制了从正在燃烧的煤矸石中直接回收热能并加力利用。

煤矸石发电是我国煤矸石消耗量最大的一种利用方式，可占总利用量的 80%，具有很好的环境和经济效益。

### 3.5. 填充

对于暂时不能利用的煤矸石可以进行填充, 填充是一种最快速、最直接、最低廉的, 同时也是最传统的煤矸石利用的方式。煤矸石充填是指煤矸石充填到采煤塌陷区、采空区、沉陷的公路或堤坝等。煤矸石可以不出矿井直接用于填充井下采空区或塌陷区的巷道等; 对于不好处理的煤矸石可以填充塌陷区或者填充造地, 同时可以与改良土壤措施并行, 用于恢复农田; 在道路或堤坝等土建工程中, 煤矸石可以取代粘土作为基材, 使其稳固性加强, 如英国的盖茨黑德高速公路和诺丁汉干线公路[14] [15]。

### 3.6. 煤矸石的其他应用

煤矸石制取无机高分子絮凝剂。煤矸石中含有丰富的制取无机高分子絮凝剂的成分, 是优异的天然原料。

煤矸石制取造纸涂料。以煤矸石作为材料生产涂料级煅烧高岭土, 通过除杂、研磨、煅烧、增白等方法对煤矸石进行处理后, 可得到性能良好的涂料级煅烧高岭土产物。这种利用方式用量大且对煤矸石处理较为彻底, 是对煤矸石处理方式的一种新途径[16]。

煤矸石作橡胶补强填充剂。表面疏水性较好的煤矸石矿粉经过超细研磨并进行表面改性, 对橡胶的补强填充具有很好的效果, 可大大的降低橡胶制品的成本。

近些年我国对煤矸石的利用发展很快, 利用煤矸石合成碳化硅、制备分子筛等新型材料也取得了很大的发展。

## 4. 结论

就我国目前形势来看, 虽然煤矸石利用的范围广泛, 但总体水平并不高, 对煤矸石利用的企业规模较小, 没有形成全面的综合利用; 我国煤矸石利用率还是很低, 国有煤矿煤矸石利用率不到 30%, 地方煤矿煤矸石利用率只有 5%, 而英、美、法等发达国家的煤矸石利用率可高达 80% 以上; 我国煤矸石利用方式不平衡, 其中发电消耗量占到全国煤矸石总消耗量的 80%, 为最大的利用途径, 其次是土建制砖大约可占到 10% 以上, 而对于煤矸石合成碳化硅、制备分子筛等新型材料的利用还是处于起步阶段, 并未形成一定的规模; 人们对煤矸石等废弃物的利用意识还很薄弱, 除了从事本行业和相关的科研工作者, 人们并不了解煤矸石还可以进行再利用。

煤矸石作为一种多用途的资源, 应该受到足够的重视与发展, 特别是对于我们国家煤炭资源日益紧缩、环境问题严重的现状。对于煤矸石的综合利用首先要根据其理化性质的不同而确定利用的方向; 要扩大煤矸石利用的规模, 小规模利用不能解决我国现存问题; 改造企业中技术落后、存在安全隐患和污染环境的工艺流程和设备, 提高煤矸石的利用效率; 引进先进的设备或技术, 并加大对煤矸石性质的研究和设备、技术的研发力度, 在不断的创新中寻求更为合理的利用方式; 此外, 煤矸石的综合利用是一个长期的过程, 应有一个合理的、系统的、可行的长期规划, 这样才能彻底的、科学的解决我国煤矸石所存在的问题。

## 参考文献 (References)

- [1] 赵苏启. 煤矿矸石山灾害防范与综合利用[J]. 现代职业安全, 2005(12): 40-41.
- [2] Temel, H.A. (2010) The Aggloflotation of a Mixture of Subbituminous Coal and Gangue Minerals Using, Sirkak Asphaltite and the Concentrate Obtained from Zonguldak Bituminous Coal. *Energy Sources Part A—Recovery Utilization and Environmental Effects*, **32**, 1248-1259. <http://dx.doi.org/10.1080/15567030802706762>
- [3] Salguero, F., Grande, J.A., Valente, T., et al. (2014) Recycling of Manganese Gangue Materials from Waste-Dumps in the Iberian Pyrite Belt—Application as Filler for Concrete Production. *Construction and Building Materials*, **54**, 363-

368. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.082>

- [4] 王万军, 赵彦巧. 青峰煤矸石矿物学特征及分子筛制备研究[J]. 矿产保护与利用, 2006(6): 18-23.
- [5] Ram, R., Charalambous, F.A., McMaster, S., *et al.* (2013) Chemical and Micro-Structural Characterisation Studies on Natural Uraninite and Associated Gangue Minerals. *Minerals Engineering*, **45**, 159-169.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2013.02.004>
- [6] 吕淑珍, 方荣利. 利用煤矸石制备超细  $Al(OH)_3$  [J]. 矿产综合利用, 2004(6): 34-37.
- [7] 常静. 煤矸石综合利用的探讨[J]. 科技信息, 2011(21): 40.
- [8] 王彦峰. 论煤矸石综合利用现状[J]. 北方环境, 2011(11): 52.
- [9] 胡立宏. 煤矸石综合利用初探[J]. 辽宁城乡环境科技, 2005, 25(3): 39-40.
- [10] 裴晓东, 张人伟, 杜高举, 等. 煤矸石的综合利用技术探讨[J]. 煤矿安全, 2008, 39(9): 99-101.
- [11] 王栋民, 左彦峰, 李俏, 等. 煤矸石的矿物学特征及建材资源化利用[J]. 砖瓦, 2006(6): 17-23.
- [12] 石磊, 牛冬杰, 金龙, 等. 煤矸石的综合利用[J]. 煤化工, 2005, 33(4): 15-18.
- [13] 张晶, 李华民, 丁一慧. 煤矸石发电发展趋势探讨[J]. 煤炭工程, 2014, 46(2): 103-105.
- [14] Clapa, D., Rusu, T., Pacurar, I., *et al.* (2009) Soil Formation Processes in the Gangue Heaps Resulted in Surface Mining in Cluj County (Romania). *Journal of Food Agriculture & Environment*, **7**, 248-251.
- [15] 李新宇, 樊景森, 雷亚飞, 等. 煤矸石的危害和综合利用[J]. 黑龙江科技信息, 2009(32): 165.
- [16] 周翠红, 常欣. 煤矸石综合利用技术综述[J]. 选煤技术, 2007(2): 61-64, 73.