

国外煤矸石利用

陈振基等 译校

中国建筑工业出版社

国外煤矸石利用

陈振基等 译校

中国建材工业出版社

本书介绍了美、苏、英、法、波、比、日等一些国家在煤矸石利用方面的一些基本情况，包括各国的煤矸石排量、利用途径、利用效果及存在问题等。书中还具体介绍了这些国家用煤矸石生产陶质墙体材料、水泥、混凝土骨料（包括轻骨料），以及筑路工程和矿井回填方面的利用经验，反映了有关国家煤矸石性能研究方面的成果，材性测试技术及有关数据与资料。

本书可供建筑材料工业、建筑业、煤炭工业、环境保护部门以及从事煤矸石综合利用的单位有关技术人员参考。

* * *

责任编辑：袁孝敏

国外煤矸石利用

陈振基等 译校

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
河北省固安县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：11 1/2 字数：258千字

1981年11月第一版 1981年11月第一次印刷

印数：1—2,200册 定价：0.92元

统一书号：15040·4067

前 言

煤是世界主要能源之一。第二次世界大战之后，全世界经济发展迅速，能源需求急剧增加。在1960~1974年间，能源的需求主要靠石油和天然气的扩大生产来满足，这期间的煤炭生产基本稳定，全世界总产量徘徊在20~25亿吨之间，约占世界能源消耗量的三分之一。据权威人士估计，由于石油危机等原因，到本世纪末以前，煤炭产量将有大幅度的增加，总产量将达到44亿吨之巨。

煤矸石是在采煤过程中与煤一起排出的一种废石。煤炭产量增加，必然要排出更多的煤矸石。此外，为了满足冶金、化工等部门对煤炭质量的要求和减少运输量，今后的选煤比例也要增加，选煤过程中排出的洗矸量也很惊人。据笔者估计，这两项煤矸石的排出量到本世纪末将达十亿吨以上。

目前，美国、英国、法国、西德、日本等国的煤矸石排出量和历年积存量都很大。例如，美国每年要排出1亿吨以上，西德每年排出6千万吨。英国矿区自工业革命起至今已积存煤矸石20亿吨，两千多座煤矸石山占地面积达1万公顷。日本仅九州、北海道、常磐三地区就有1400座矸石山，堆积量达6亿5千万吨。这样大量积存的煤矸石不仅占用大片土地，而且风化自燃后产生的含硫气体和污水，还会严重影响附近居民的健康和农作物的生长。对于煤矸石的危害如不及早重视，今后的情况将更加恶化。

煤矸石综合合理利用的途径很多，比如烧沸腾炉为各行业提供热能，生产矸石煤气为工业、人民生活提供气体能源和提取化工原料等。但是，从目前技术水平和经济效益考虑，从煤矸石中提取其他有用成分毕竟是有限度的，大量的废渣必须寻找新的利用途径，这就是煤矸石在建筑上的应用。

世界经济的发展要求建造越来越多的建筑物和建筑设施，建筑材料的要求量与日俱增。可是多年来建筑材料一直是沿用天然矿物加工而成，这些矿物由于大量开采而储量越来越少，品位降低，且距加工厂地点越来越远，势必提高建筑材料的成本。为此，充分利用煤矸石作为建材原料，变废为宝，化害为利，作为综合利用煤矸石的主要途径是可行的。

利用煤矸石制造建筑材料，早在第二次大战以前就已开始，但是直到六十年代后期，这项工作才真正引起各国的重视。尤其是近几年来，由于工业废渣堆积量日益增多，危害越来越大，天然资源枯竭也日益突出，所以有些工业发达的国家把包括煤矸石在内的工业废渣称之为“新资源”而加以利用，提出向“新资源”要原料、要产品。用煤矸石生产的建筑材料和制品品种越来越多，规模越来越大，科学研究工作也越来越深入。目前有些国家用煤矸石已能生产出质量比以天然资源为原料还要优良的建筑材料。

利用煤矸石可以生产的建筑材料，最常见的是以挤出法或半干压法成型的实心砖或空心砖，其次是轻骨料和水泥。这些都是既利用了煤矸石中的可燃成分，又利用了其中氧化硅、氧化铝、氧化铁等有益成分。此外，用煤矸石作筑路材料和回填坑道也可以处理掉大量的煤矸石。

但是，由于煤矸石的排出量和积存量都很大，世界上除个别国家外，一般都还没有办法做到把当年的煤矸石全部处理掉。

我国煤矸石每年新增加约1亿吨，历年来的累积量已超过10亿吨。对于这种工业废渣的综合利用，党中央和国务院都很重视，有关工业部门采取了不少措施在煤矸石综合利用方面取得了较好的成效。1978年，仅煤炭工业和建筑材料工业系统，就利用了1458万吨。目前世界各国利用煤矸石的主要技术途径，我们国内都有过尝试，在某些利用技术方面，还具有一定的特色。

为了帮助读者了解世界各国综合利用煤矸石的概况和经验，有选择有目的地借鉴，为我所用，我们从国外有关书刊、杂志和国际会议资料中选译了一批文章，着重选用1974年以来的文章。其内容包括：煤矸石利用的一般情况综合介绍，煤矸石材性的研究报告，生产各种建筑材料的经验报导和科研总结，筑路和矿井回填方面的技术资料等。选材的重点是建材和筑路，而对作燃料用，以及提取化工产品和在农业上的利用等方面的资料则收集得较少。

由于文章的来源和作者不一，因此很难避免某些内容的重复，我们在汇总时对重复部分尽量删节，但还是保留了那些确有独特见解或科学依据的内容，以供读者掌握各家之见。有些数字则在几篇文章中说法不一，例如英国煤矸石的积存量和每年排放量，美国L.R.1052号公路的矸石用量等就是如此。对这些不一致的地方，笔者没有一一查证，留待读者们深入研究时去探讨了。

这本译文集是在煤炭工业部技术情报研究所、建筑材料工业部技术情报研究所、建筑材料研究院水泥研究所、煤炭

科学研究院煤化学研究所、北京市建筑材料研究所、平顶山
造煤设计研究所、国家建工总局东北建筑设计院、北京市环
境保护监测站、河南建筑工程材料研究所等单位有关同志的
大力协助下编选和翻译而成。大部分译稿曾经河南建筑工程
材料科研所副总工程师何力干同志看过，并指出了若干错
误。

由于我们掌握的资料有限，翻译的水平不高，时间又比
较仓促，谬误自然难免，希望读者批评指正。

陈振基

1979年7月于郑州

目 录

前 言

1. 煤矸石的威胁和危害(美国)..... 1
2. 煤矸石的利用与处理(美国).....16
3. 煤矸石利用潜力的评价(英国).....32
4. 煤矸石的综合利用途径(苏联).....47
5. 煤矸石生产有用的材料(英国).....67
6. 美国国内外煤矸石利用的经验(美国).....77
7. 法国煤矸石的利用情况(法国).....84
8. 波兰—匈牙利“哈尔德克斯”联合公司
煤矸石的综合利用(波兰).....89
9. 顿巴斯选煤矸石的基本性能及其应
用(苏联).....96
10. 肯塔基州选煤厂矸石的成分和性质(美国)139
11. 利用选煤矸石作生产陶质墙体制品的原
料(苏联)164
12. 用选煤矸石生产陶质墙体材料的工
艺(苏联)197
13. 选矸是生产烧土制品的重要原料(苏联)206
14. 比利时C.B.R.水泥厂的新干法生产
线(比利时)213
15. 在水泥窑中使用选煤副产品的经济和
技术前景(比利时)223

16.南朝鲜东下水泥厂用烧劣质煤的窑外 分解窑进行扩建(南朝鲜)	228
17.用含氧化铝的废渣综合生产优质快硬 水泥和氧化铝(波兰)	233
18.碳质页岩——制造新型建筑材料的原 料(法国)	240
19.用选煤厂矸石生产轻骨料(比利时)	249
20.烧结煤矸石用作建筑骨料(美国)	258
21.利用煤矸石生产人造轻骨料的调查(日本)	269
22.“哈尔德克斯”烧制轻骨料的工艺和设 备(波兰)	283
23.煤矸石和粉煤灰生产多孔烧结料的结 构形成机理(苏联)	289
24.选煤矸石生产轻骨料的前景和经济指 标(苏联)	295
25.利用煤矸石作混凝土骨料(美国)	304
26.顿巴斯利用自燃矸石的经验(苏联)	322
27.用契列姆霍夫自燃矸石生产无熟料水 泥、建筑砂浆和混凝土骨料(苏联)	325
28.利用自燃矸石生产耐热混凝土(苏联)	331
29.用硬矿渣和自燃矸石作骨料的碱渣矿 渣混凝土的耐腐蚀性(苏联)	337
30.利用煤矸石建筑公路路堤(美国)	341

1.煤矸石的威胁和危害

[美国] 全国科学院等

一、概 述

过去采煤和选煤留下的一个严重问题是积存了大量的矸石，尤其在阿帕拉契地区，成千座矸石山已经造成严重的环境污染和社会压力。随着煤炭生产的不断发展，煤矸石的处理问题将日趋重要。

矸石占美国矿井采煤量的25%，矸石选出后，被堆放在选煤厂附近。过去二百年来所堆积的矸石量是相当可观的。仅在东部煤田，至少有三千至五千座矸石山，堆积量达三十多亿吨。鉴于当前既要增加煤炭产量，提高煤的质量，同时又必须达到空气洁净要求的标准，因此今后几十年中，每年产生的矸石很可能比过去排出的更多。

这些矸石山造成了严重的社会问题和环境问题。矸石山是导致矿工和当地居民死亡的直接原因之一，造成当地大气、河流和地下水的严重污染同时对当地的经济、居民心理和社会问题都有影响。如果能对地面和井下的矸石加以适当的处理，将来就可减少类似的问题。但是老矸石山将继续长期地对当地及当地居民产生不良影响。

为了根治将来可能由煤矸石引起的问题，现在提出了许多处理方法，其中包括不断地用矸石作燃料，建筑工程的充填料、混凝土骨料、路基材料、防滑材料，或者用来制砖。

但是，用上述方法利用的数量并不是太大的。因此煤矸石的处理问题就更为迫切了。

二、问题的重要性

目前宾夕法尼亚州无烟煤采矿区的许多煤矿都对以往很显眼的老矸石山的矸石进行利用，并用细粒矸石进行井下湿法充填，以缩小煤柱体积或将煤柱全部采出。这样矸石堆就会日益减少，并将日趋消失。

（一）过去与现在排出的煤矸石量

大部分煤层中都含有薄岩层、板岩、页岩、粉砂岩或粘土岩，这些岩石和煤炭一起被开采出来。在实现机械化采煤前，这些废矸石在井下由人工拣出，在地面则由手选或筛分选出。第二次世界大战以后，采煤机械设备逐步增加，在井下选矸就不现实了。今天的商品煤都是经过选煤厂机选和人工选出的精煤。选出的矸石由皮带运输机、卡车、敞蓬货车、架空索道等运往其它地方进行处理，或者用其它方法运到堆积面积达几公顷的矸石堆上，或者运往长达一公里，高达几百米的矸石山上。特别细的矸石末一般在洗煤过程中流入沉淀池被集中起来，当沉淀池注满以后，就废弃了，或者待其干燥后，再挖出来倒到矸石堆上。

煤矸石的比例和采煤方法有直接的关系。从1940年以来的三十年里，矸石年产量逐步增长了近十倍。其中主要原因是改用了现代化的采煤设备，其效率比人工清除顶、底板岩石要高近三倍。从最近的一些数字来看，从原煤中选出的尾矿约占25%，这些都作为矸石被处理掉。

虽然近二百多年来由于堆积的煤矸石中含有燃料成分，因此对一部分矸石进行了二次利用，有许多用于填洼造田或

其它用途，但绝大部分仍未得到利用。美国矿务局于1966年、1968年和1972年曾对几个地区的矸石堆和蓄水坝进行了调查，但仍未确定矸石山的具体数量及其堆积量。1968年对全国的961座大矸石山进行了调查，以确定哪些将造成有害于公民健康和塌方、自燃以及蓄水安全的问题。其结果证明一半以上都可造成这样或那样的问题。1972年布法罗山谷事件●后不久，美国内政部对所有的蓄水坝和矸石堆进行了普查，并将对此可能引起的有损于安全和健康的危害进行了分类。仅在无烟煤区所调查的812座矸石山中，有631座是不活动的矸石山，27座已自燃过，28座正在燃烧，109座筑成库蓄存了水，10座可能造成事故，危及安全。

（二）矸石处理的长远规划与今后矸石的生产趋势

美国矿物燃料资源中煤炭资源几乎占80%。近六十多年来，能源总需求量中的煤炭部分已缩减了。虽然到二〇〇〇年煤炭的消耗量将增加一倍，但从1945年以来煤炭消耗量一直保持稳定不变。假如把原打算用石油和天然气的那一部分改用煤炭，那么到1985年煤炭的需求量将翻一番，到二〇〇〇年将增加到四倍。

由于近三十多年来采煤方法和选煤工艺的改革，矸石的增长率比煤炭生产要快十倍。然而，过去十年来市场对原煤的需求是有助于减少矸石积累率的。由于诸如较低的运输费用等一类的经济因素，电站都购买原煤来烧锅炉。原煤燃烧以后，排出的不再是矸石，而变成灰渣。因为发电厂燃煤量占美国煤炭总产量的一半以上，所以现在烧煤方法的改变，

● 指西弗吉尼亚州 Buffalo Creek 矸石坝倒塌事故，本文后面有介绍。该地名曾有人译为“布法罗湾”、“布法罗格里克”及水牛湾。——校者注

在很大程度上影响了选煤厂矸石的排出量。在前十年中，电厂对原煤的优先需要使得煤炭总产量中入洗煤的比例从65%减低到50%。如果电厂烧原煤的趋势继续发展，当前矿区和选煤厂的矸石比例将不会象煤炭总产量那样快速增长，而灰渣的数量将相应地快速增加。然而，宾夕法尼亚州电厂最近燃煤的趋向表明，为了达到空气净洁的要求，电厂越来越想得到含硫分低的煤和精煤。因此就难以预测后十年当中煤矸石生产比率是否会有显著的变化。当然随着煤炭生产的增长，矸石的数量也会自然而然地增加的。由于煤炭产量的增加，采煤方法和洗煤技术的改进，以及强调燃料的净化，这些对增加矸石生产都有很大影响，如果直接利用井下和露天生产的原煤，同样也会影响到矸石的积累。总之，据估计，矸石的排出量将由目前的一亿吨增加到1980年的两亿吨。

三、矸 石 的 特 性

选煤厂排出的矸石有两种：粗粒矸石(粒度大于1毫米)和细粒矸石(粒度小于1毫米)。细粒矸石占煤矸石的10%。煤矸石的特性是根据煤层中含矸夹层的形成、邻接地层的组成成分、采煤方法、洗煤的方法与效率、煤的质量和市場精煤的质量等因素而定的。新矸石与老矸石及烟煤的特性比较见表1。

(一) 与煤矸石应用有关的几个特性

1. 一般来讲，有一部分煤矸石不经过破碎就可用于风力充填。但是用于水力充填时，几乎所有的矸石都得经过破碎。

2. 煤矸石的比重大于煤，但是1吨矸石的体积与采出1吨煤后顶板轻微下沉后的体积相近。

精煤，新矸石和风化后老矸石的物理特性之比较 表 1

	精 煤 (95%的精煤 为烟煤)	新 矸 石 (堆积量在很大程度上 取决于顶板材料的 特性，稳定性取决于 堆放的方式)	风化后的矸石 (取决于原来含煤量 和已燃掉的煤量)
比 重	1.23~1.72	各矸石堆之间差别 很大 范围 1.6~2.7 平均 2.2	比重随含煤量而异 范围 1.4~2.7 平均 2.0
粒 度	粒度范围很 宽，一般为15 厘米	粒度大小不一，但 矸石堆上的一般都很 均匀，粗粒一般为10 厘米，20厘米的极少	细粒矸石和煤末较 新矸石堆为多，10~ 20%
含 水 率	范围 1~40% 平均 3~6%	干态矸石 5~10% 选煤厂排出的湿态矸 石 10~40% 煤泥 25~70%	
含碳量和 挥发分(一 般指干态矸 石的)	80~95%	7~25%	10~45%
每磅的英 热单位①	10000~15000	1500~6000	高于新矸石的发热 量，3000~10000
透 水 性	现场透水性 为 10^{-1} ~ 10^{-3} 厘米/秒	未压实的透水性较 高，压实的为 10^{-2} ~ 10^{-4} 厘米/秒	透水性较高，但根 据矸石堆不同的形 状，其透水性也不同
抗剪强度	煤试块为14 ~70 公 斤/厘 米 ² ，平均 43	脱水状态下的抗剪 角度为25.5°~41.5° 平均 30° 压实的矸石抗剪角 度较大	脱水状态下的抗剪 角度平均值为30° 饱水状态的平均值 为11°

续表

	精 煤 (95%的精煤 为烟煤)	新 矸 石 (堆积量在很大程度 上取决于顶板材料的 特性, 稳定性取决于 堆放的方式)	风化后的矸石 (取决于原来含煤量 和已燃掉的煤量)
抗压强度	35~420 公斤/厘米 ²	压 实 的 7~35公斤/厘米 ²	3.5~10.5公斤/厘米 ²
粘结强度	缺乏实用性	零	零
灰 分	范围 3~12% 平均 8%	—	—
其他成分	粘土、二氧化 硅、碳酸盐	主要成分为粘土、 云母含碳的材料, 经 常含有石英、黄铁矿、 红铁矿	熔渣和硫酸盐的含 量与新矸石相同

① 即Btu, 见本书“肯塔基州选煤厂矸石的成分和性质”一文表1的注。

——校者注

3. 密实的煤矸石的最大含水率为10~20%，实际上这也就是平均含水率。

4. 压实后的矸石的透水性大约相当中等粒径砂的透水性。未压实的矸石具有较高的透水性，使矿物易于风化和浸蚀，因而会引起水的污染和煤矸石的自燃。水力充填材料的透水性小于风力充填材料的透水性。

5. 煤矸石的含碳量最高达45%，但是大部分矸石的含碳量平均小于10%，因此如果堆放适当就不应出现火灾危险。如果堆放不当（如未经压实，颗粒之间有间隙），发生自燃的可能性就会增加，特别是含硫多的矸石更易自燃。

6. 煤矸石和煤炭一样，在一定的时间里散发出本身带有的甲烷。煤矸石破碎后，暴露面就更多了，这样又会散发出一些甲烷。经过处理以后，矸石还将继续长时间的慢慢地释

放甲烷。

（二）陈化与风化使得煤矸石的性质发生了变化

当前煤矸石的地面处理与严峻的现状及联邦的规定是一致的。经过处理以后，矸石堆的自燃可能性减低了，矸石的粒度也相对均匀了。然而，当矸石从翻矸车上翻下来时，大粒度的滚到矸石堆底部，小粒度的就留在矸石堆顶部。大小粒度的矸石分离后，又增加了矸石堆自燃的可能性，而且一旦发生自燃，就会很快蔓延开。如果经过长期的风化，就会产生许多矸石末和小粒矸石，这些东西填满了大粒矸石间的空隙，进而减低了自燃发火的可能性。矸石堆顶部与外围的矸石经过风化以后，就变成比新矸石堆上的细粒矸石更小的矸石末和小粒矸石，这种小粒矸石的粒度比老矸石堆中间的细粒矸石的粒度还要小。

矸石的成分一般不受冻结和解冻的影响，但是受析出的影响很深。渗入矸石堆的水中浸出硫化铁的氧化物或碳化物。如果矸石堆压得不实，又没有覆盖土，浸出物中除了含有氧化铁和氧化铝，硫酸钙和硫酸镁以外，还可能含有氧化镁、氧化钡和氧化钠。如果矸石堆压得很结实，并有覆盖土壤，而且又有地被植物，则可减少化学、物理和生物方面的不良影响。

如果对一堆矸石从上到下全部洗选，便可对其所含的各种成分、粒度大小，矿物和化学特性都予以分类。经过风化的老矸石比新矸石含有较多的可溶硫化物。经过自燃的矸石内硫酸盐的含量较高，因此压实后可能膨胀，也可能比原来的矸石显示出更大的抗冻力。经过风化但未自燃的矸石被压实后具有与新矸石相同的膨胀特性，同时根据页岩和黄铁矿的含量不同，其膨胀性也可能根本不同。

四、过去和现在地面堆放过程中造成的问题

根据1969年颁布的煤矿健康与安全条例，最近制定了强制性的联邦标准，建议企业管理处采用可靠的方法，将矸石堆放在不妨碍地面排水的地方，并要将矸石堆摊平、压实、再将外表层封实。如果矸石堆堆放在较干燥的地方，堆高较低，再被压紧和封实，就不会再发生污染大气和水源的问题。然而，目前许多地面矸石处理都不符合上述要求。

1973年宾夕法尼亚州环境资源部对135座矸石山作了调查，其中有93座由于排出酸性水和淤泥而污染了水利资源，由于自燃而污染了大气。有的甚至有塌方的迹象。

过去矸石堆放的有害影响是很突出的，其中包括对大气和水源的污染，对安全的危害，并影响了社会学和心理学。

（一）矸石山对大气的污染

矸石山的自燃，曾一度被认为是采煤的必然后果。尤其在阿帕拉契地区，常有矸石堆自燃后特有的难闻的气味、烟尘、有毒气体和粉尘。矸石山自燃对土地价值及经济发展造成的有害影响早已为人共知，但是这些毒气烟雾对人、牲畜和各种植物所产生的影响则从未作过全面分析。众所周知，正在燃烧的和熏烧的矸石堆散发出种种气体，其中有一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、二氧化硫和氨。这些气体使树木落叶，损害庄稼，又使下风处许多英里之内的油漆褪色。在气温逆变，暴雨和濛濛雨极少的时候，矸石堆自燃散发出的烟雾和烟尘驱使环境条件起变化。但最严重的是散发出来的那种气体将加剧患有慢性气管炎、气喘或肺炎之类疾病和呼吸系统不健康的人的病情。这种情况在不断延续，上述气体造成的危害，以及因此缩短寿命或丧失性命的例子未经统计过。