

二次资源

浅谈煤矸石的组成特征及综合利用途径*

卞孝东

(中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 郑州, 450006)

摘要:煤矸石堆积如山,难以利用且污染环境。论述了煤矸石的产出和组成特征,提出了煤矸石从产矸源头分装、分排、分放的措施,以及综合利用和无污染化处理的方法。

关键词:组成特征;利用途径;煤矸石

中图分类号:TD849+.5 文献标识码:A 文章编号:1001-0076(2007)05-0051-04

Discussion into Constitutions Characteristics of Coal Gangue and its Comprehensive Utilization

BIAN Xiao-dong

(Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: The enormous coal gangue is difficult to use and causes environment pollution. The author expounded the output and constitutions characteristics of coal gangue, then put forward some processing measures including separate loading in coal mining, separate discharging and piling, and comprehensive utilization and decontamination processing.

Key words: constitution characteristics; utilization ways; coal gangue

煤矸石是煤炭开采和加工过程中排放出的废弃岩石。开采煤炭时,从煤层的顶板夹石层或底板部位,以及在开拓掘进中从煤层周围挖掘和爆破出来的各类岩石。煤矸石在采煤、选煤过程中被剔除而丢弃,一般煤矸石综合排放量占原煤产量的15%~20%。我国每年煤矸石排放量近亿吨,目前已累计堆积30多亿吨,形成了1500多座矸石山,占地约1.2万 hm^2 。

煤矸石长期堆积,不仅占用大量土地,而且由于自然和污水渗漏,造成大气和地下水的污染。煤矸石利用是资源综合利用的重要组成部分,大力开展煤矸石综合利用可以增加煤炭企业的经济效益,改善煤矿生产结构,改善环境质量。

1 煤矸石的组成特征

1.1 煤矸石的成因

地壳运动将植物的遗体长期压在地壳深处,在温度和压力作用下而形成了煤,煤矸石就是在形成过程中,由于沉积速度不均衡和沉积基底不平,在煤层中沉积的泥沙层就是夹矸层,煤层上部的覆盖层就是煤层的顶板,煤层的下伏地层就是煤层的底板。随煤层所在的地层不同,煤矸石中含有各种不同的岩石。

1.2 煤矸石的矿物组成

含煤岩系是特定的古地理环境和古气候条件的产物,是以灰色、灰黑色和灰绿色为主的沉积岩系,主要由砾岩、各种粒度的砂岩、泥岩、炭质泥岩、粘土岩、可采和不可采煤层组成,石灰岩也比较常见。在含煤岩系中还经常见到铝土矿、耐火粘土、油页岩、

* 收稿日期:2007-02-21;修回日期:2007-04-10

作者简介:卞孝东(1964-)男,河南民权人,副教授,学士,现从事矿产资源地质勘探和研究工作。

菱铁矿、黄铁矿等。含煤岩系形成过程中,若附近有火山喷发,煤系中就会有相应的火山碎屑岩分布。若含煤岩系遭到岩浆侵入,煤系中还会见到各种岩浆岩。

粘土岩类,主要组成为粘土矿物,其次为石英、长石、云母、岩屑等碎屑矿物,再其次为黄铁矿、碳酸盐等自生矿物,此外,往往还含有丰富的植物化石。粘土岩类在煤矸石中占的比例最大,尤其是泥质页岩、炭质页岩、粉砂质页岩等更为常见。

砂岩类,是含有大量砂粒的碎屑沉积物,可视为碎屑矿物和胶结物二部分组成,根据碎屑矿物的粒径大小又可分为砂岩和粉砂岩。在砂岩中,碎屑矿物多为石英、长石、云母;石英往往被碳酸盐所融蚀和交代,云母矿物碎屑一般以白云母为主,长石碎屑往往易风化为粘土矿物或被碳酸盐交代;胶结物一般为炭质浸染的粘土矿物,以及含有碳酸盐的粘土矿物或其它化学沉积物。在粉砂岩中,碎屑矿物多为石英、白云母;胶结物比较复杂,通常为粘土质、硅质、腐殖质、钙质等;我国石灰二迭纪煤系地层中粉砂岩含有丰富的植物化石和菱铁矿结核。

碳酸盐类,多属石灰岩,以方解石、菱铁矿为主,其次还有白云石、霞石等,往往还混有较多的粘土矿物、有机物、黄铁矿等。

铝质岩类均含有高铝矿物,以三水铝石、一水软铝石、一水硬铝石为主,而粘土矿物退居次要地位,但常常含有石英、玉髓、褐铁矿、白云石、方解石等矿物。

一般而言,煤矸石中含有多种岩石,其基质大都由粘土矿物组成,夹杂着数量不等的碎屑矿物和炭质,因此,可以将煤矸石看成是一种硬质粘土矿物,其中杂质主要是铁钛氧化物。煤矸石中最常见的粘土矿物种类有高岭石类、水云母类、蒙脱石类、绿泥石类,其中地质条件不同,煤矸石有的以高岭石为主,有的则以水云母为主,有的试样中还含有少量的绢云母。据有关资料介绍,我国的煤矸石以高岭石为主的占 2/3 强,以水云母为主的占 1/3 弱。煤矸石中的粘土矿物成分,经过适当温度煅烧,便可获得与石灰化合成新的水化物的能力,所以,煤矸石又可视为一种火山灰活性混合材料,其活性大小的衡量标准是粘土矿物含量。由于炭质页岩、泥质页岩和砂质页岩占煤矸石的绝大部分,因此,在利用煤矸石时,要对这三种岩石分别进行研究。

1.3 煤矸石的化学组成

化学组成是评价某一矿物性质,并决定其工业用途的一项重要指标。作为天然固态岩石集合体,煤矸石是由无机质和少量有机质组成的混合物,主要是 SiO_2 (含量波动在 37% ~ 68%), 其次是 Al_2O_3 (含量平均波动在 11% ~ 36%), 其它依次 C 为 20% ~ 30%, Fe_2O_3 为 2% ~ 10%, CaO 为 1% ~ 4%, MgO 为 1% ~ 3%, Na_2O 和 K_2O 分别为 1% ~ 2%, SO_3 和 P_2O_5 分别为 0.5% ~ 1%, 还有少量 N 和 H 等。此外,也常含有极少量的钡、锰、铍、钴、铜、镓、铟、镍、铅等金属元素,煤矸石的化学成分不稳定,不同地区的煤矸石成分变化较大。

2 煤炭开采与加工所产煤矸石及装运特点

2.1 煤炭开采与加工所产煤矸石岩性特征

露天煤矿剥离的煤层顶板及上覆岩层的岩性主要是砾岩、砂岩和泥岩;回采过程中排出的煤中夹石层,一般是炭质砂岩、炭质泥岩,这类煤矸石具有一定热值。

选煤厂排矸是混入原煤中的伪顶和夹矸层,岩性主要是炭质泥岩、粘土岩、粉砂岩和伴生硫铁矿等,有一定的块度,含炭、硫、铁、铝等,具有一定的热值。

地下采煤排矸以掘进矸石为主,一般将井巷分为开拓巷道、准备巷道和回采巷道。开拓巷道和各种硐室,由于施工断面大、服务年限长,为了减少维护量、减少煤柱损失、提高资源回收率、避免自燃发火等等,均布置在煤层底板岩层中,掘进排矸排出的是岩石矸。准备巷道根据可采煤层层数、煤层层间距不同,掘进排矸有所不同。开采单一煤层一般沿煤层掘进,排出的是掘进原煤,主要有煤、含有部分顶、底板岩石。开采多煤层,各煤层回采时共用一套采区生产系统,准备巷道布置在煤层底板岩层中,掘进排出的是底板岩石。若掘进岩层中夹有薄煤层、炭质页岩,排矸则是含有低热值的煤矸石。石门和各种穿层联络巷,掘进产出的是所穿过的各种相邻岩石及薄煤层的混合煤矸石。回采巷道基本是沿各可采煤层掘进,排出物大量是煤,含有破顶或破底的部分岩石,是掘进原煤还是有低热值煤矸石则视含炭多少而论。由于含煤岩系的区域变化,掘进回采

也具有区域性和阶段性,所以,同一矿井排出煤矸石的组成是随时间变化的。开拓阶段排出岩矸石较多,准备和回采阶段排出含炭矸石较多。掘进含有某种伴生矿物的层段时,排出的煤矸石具有深加工价值。但该层段掘进完成后,这一阶段不再产生这种煤矸石。

2.2 煤矸石的装运特点

露天煤矿剥采工程中的破岩工艺,多采用钻孔爆破,铲斗机械装运矸石,煤层中夹石层也一同装运到排土场。所以,排出堆存的为混合煤矸石。

地下掘进井巷总的可分为岩巷、煤巷和半煤岩巷。我国煤矿广泛应用钻眼爆破方法掘进破岩,也有少数使用掘进机械直接破岩的。井巷施工断面上的岩石分层或夹有的薄煤层,在破岩时被混杂成为混合煤矸石,由装载机装入矿车,再由机车编组运出。同一矿井中有多条处于不同岩层的井巷同时在施工,所以,一串机车拉出的是各种岩石碎块组成的混合煤矸石。穿层巷道如石门、联络巷等在掘进破岩、装车工序中排岩的已经成为混合煤矸石。顺层掘进的全岩巷道,在破岩、装车时是岩性较单一的岩矸石,在编组运出时与其它煤矸石混合排放。顺层掘进的半煤岩巷道,有煤与岩分破分装和混破混装的不同情况。为了便于利用不同岩性的煤矸石要尽可能采用分装分放的原则。

3 煤矸石的利用途径

煤矸石综合利用,不外乎是煤矸石发电、生产建材、无污染化复垦等大宗量利用和高科技、高附加值的深加工利用。但是,若煤矸石已经混杂堆积,再加工利用就会增加成本,影响产品质量,甚至无法利用。因此,应该从产矸源头分装分运分排,为分类利用创造有利条件。因矿区的装运场地有限,煤矸石过细的分类分排不切实际,但至少可以分成含炭矸石和岩矸石两大类进行分运分排。含有伴生矿物、具有深加工价值及特殊用途的煤矸石也可以单独排运,以最大限度地提高利用率,减少堆存量。

3.1 用煤矸石发电和造气

一般利用热值大于 $3\,768.12\text{ J/kg}$ 的中炭至高炭煤矸石作燃料,通过循环流化床锅炉燃烧发电。我国已有一批煤矸石电厂在运转之中。如新汶集团公司自1995年以来,先后投资1.98亿元,相继建成

了协庄、华丰两座矸石热电厂。总装机容量 36 MW ,年发电 $1.8\text{ 亿 kW}\cdot\text{h}$,实现年利税 $2\,881.3$ 万元,年利用矸石 32.72 万吨,同时安置人员 780 人。为了治理煤矸石燃烧释放的 SO_2 ,两个矸石电厂均采用了循环流化床锅炉,燃烧中脱硫效率较高,同时使用了水膜除尘脱硫工艺,大大减少了矸石燃烧时对环境的污染。

造气用的煤矸石一般要求炭为 $70\%\sim 80\%$,发热量为 $4\,186.80\sim 5\,024.16\text{ J/kg}$ 。煤矸石煤气炉造气原理与一般煤气发生炉基本相同。所得煤气的热值可达 $2\,930.76\sim 4\,605.48\text{ J/m}^3$ 。

3.2 变废为宝,用煤矸石制砖

岩矸石中的岩浆岩、石灰岩、钙、硅质砂岩砾岩等,可以破碎筛分,其块、粒、粉均可作为混凝土拌料和掺合料,生产建材预制件、各种砌块、免烧砖。机械强度差、易于破碎的岩矸石,如泥岩、泥质砂岩、粘土岩等,适于制作烧结砖、陶瓷砖。如新汶集团公司,自1997年以来,先后投入资金 $4\,680$ 万元,建成并投入运营煤矸石砖厂 2 座,主要生产以煤矸石为原料的多孔砖,年生产能力为 1.2 亿块折标砖,年消耗煤矸石 32.5 万吨。

3.3 用煤矸石制取碱式氯化铝和水玻璃

据研究,可用煤矸石在同一工艺过程中,制取碱式氯化铝和水玻璃。将煤矸石破碎、煅烧、酸溶和过滤,滤液中的氯化铝经加碱调整盐基度就可得到合格的液态碱式氯化铝。滤渣中的 SiO_2 与加入 NaOH 的反应,在 $120\sim 150^\circ\text{C}$ 的温度下,在反应釜中反应 $2\sim 3\text{ h}$,然后在贮存池中沉淀,滤去不溶物,滤液浓缩后便得到水玻璃。该工艺产生的残渣含有大量活性物质,可用作建筑材料,如作为水泥配料,对于有些煤矸石原料,还可从残渣中提取金属元素。

3.4 煤矸石制取聚合氯化铝

据报道,以煤矸石为原料,用酸溶法制取聚合氯化铝技术已成熟,其工艺流程可分为破碎、焙烧、连续酸溶、浓缩结晶、沸腾分解和配水聚合等工序。目前用该方法生产 1 t 聚合氯化铝的总成本为 741.45 元,税金为 135 元,而市场售价可达 $1\,350$ 元,即每吨产品利润可达 473.55 元。生产过程中,酸溶产生的残渣可用作水泥配料,或制成水玻璃等产品。

3.5 用煤矸石制取硫酸铝

用煤矸石制取硫酸铝的工艺比较简单,主要工

序是破碎、酸解、过滤提纯、蒸发结晶和脱水烘干。其成品是十八水硫酸铝($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)。目前,采用本工艺生产 1 t 硫酸铝成本为 1 523 元,按售价 2 100 元计,减去税收 210 元,每吨产品的利润为 367 元,产品质量符合中华人民共和国化工行业一级品标准(HG/T-92)。

3.6 用煤矸石配制水泥

煤矸石已被广泛用于水泥生产。如河南义马煤业集团公司水泥厂利用煤矸石代替粘土生产水泥,水泥中煤矸石含量可达 30%,煤矸石的掺入可使吨熟料(非标准煤)煤耗由 475 kg 降至 378 kg,每年可节煤 11 640 t。熟料台时产量由 6.54 t 提高到 8.33 t,而且吨熟料电耗下降 6.93 kW·h。1997 年义马煤业集团公司使用的煤矸石已超过 3.6 万吨。再如新汶集团公司 2002 年又建成一条生产水泥熟料 30 万吨的回转窑生产线。现每年集团公司可利用煤矸石、粉煤灰 44 万吨,年水泥总产量达 100 多万吨。

煤矸石还可用于配制速凝早强水泥。以煤矸石、石灰石、萤石、石膏和铁矿粉为原料,采用高铝矸石加复合矿化剂的配料方案,生产出的速凝早强水泥已达到国家建材标准(JC314-82),符合“快凝快硬硅酸盐水泥”(双快的-150)的技术指标。

3.7 用煤矸石生产肥料

煤矸石中含有大量的有机质和丰富的、植物生长所需的稀有元素,也是携带固氮、解磷、解钾等微生物的理想原料基质和载体。用含岩矸石生产的有机复合肥料和微生物肥料,施于田间可以增强土壤疏松、透气能力,改善土壤结构,起到一定的增产效果。如重庆煤炭研究所利用煤矸石制取氨水,产品除氢氧化铵外,还含有亚硫酸铵、碳酸铵和磷、钾等,属于复合肥料。北京市勘察院与中国地质大学合作,利用煤矸石生产高浓度有机复合肥,具有速效

和长效的特点,适用于各种农作物的土壤。

3.8 煤矸石的其它用途

除了上述用途外,煤矸石还被用来生产新型工业填料,用于泡沫、人造革、薄膜、橡胶工业制品和涂料等。可取代轻钙、碳黑和立德粉等。高硫煤矸石可用于生产硫磺和硫酸;一些煤矸石还可用作陶瓷原料和耐火材料。此外,岩矸石暂时不能加工利用的,可以充填塌陷区或埋填造地。在山区,岩矸石可以充填山沟,修筑矸石重力大坝,拦泥淤地,既利于水土保持又可造山间平地。山西阳泉矿务局四矿与平担镇富山村,工农联合利用废弃煤矸石充填山沟造地 3 hm² 多,每年排矸 60 万吨既不需支付购地费,又使煤矿周围的生态环境得到了改善。

4 结论

煤矸石既占用大量土地,又严重污染环境。开发利用煤矸石具有环境和经济双重意义。目前,我国已将煤矸石用于发电和造气,生产各种化工产品、建筑材料和复合肥料等。然而,总的说来,开发利用煤矸石在我国还属于起步阶段。利用规模还很小,大约为产出总量的 10%,即每年全国约利用 1 000 万吨煤矸石。因此,必须加强对煤矸石的开发利用工作,变废为宝,变害为益。随着环境意识的增强和研究程度的深入,可以预见,煤矸石的应用领域和规模必将不断扩大。

参考文献:

- [1] 韩德馨,杨起. 中国煤炭地质学[M]. 北京:煤炭工业出版社.
- [2] 朱建荣. 全国资源综合利用工作会议评述[J]. 煤炭加工与综合利用,1997(1).
- [3] 郭廷义,田义. 贯彻固体废物污染环境防治法,加速煤矸石利用[J]. 煤炭加工与综合利用,1997(3).