

联合国煤研石利用会议论文集

(译文选编)



煤炭工业部选煤科技情报中心站

一九八五年三月

联合国煤矸石利用会议论文集

(译文选编)

目 录

1、研究煤矸石的物理机械和物理化学性质的特点及所采用的研究方法·····	(1)
2、波兰煤矸石洗选后的矸石综合利用的经济问题·····	(7)
3、采煤矸石和洗选加工的经济问题·····	(15)
4、煤炭开采和洗选矸石的利用·····	(19)
5、采煤及选煤废渣的成份与特性·····	(29)
6、从露天矿排弃的含煤矸石中回收煤炭·····	(38)
7、从矸石中回收可燃物·····	(43)
8、洗选矸石作建材原料时的分类·····	(50)
9、煤炭开采和洗选的矸石在建筑和工程建设中的利用·····	(54)
10、波兰上西里西亚煤田的煤矸石利用·····	(56)
11、上西里西亚煤田煤矸石用作多孔烧结料原料时的制备技术与工艺·····	(62)
12、工业中应用细粒煤矸石造砖·····	(65)
13、英国建筑工程中使用矿井矸石·····	(66)
14、用煤矸石作生产建筑材料的原料·····	(69)
15、浮选尾煤作为建材工业的原料·····	(74)
16、利用洗矸生产墙砖的制作工艺·····	(78)
17、烧煤电站煤矸石的利用·····	(84)
18、煤矸石用于农业·····	(89)

研究煤矸石的物理机械和物理化学性质的特点及所采用的研究方法

М.Я.施皮尔特

近10—15年来出现了采煤与选煤的矸石（页岩）数量不断增长的趋势。好些国家的煤矸石达几千万吨。例如，1980年波兰选出的矸石量达4700万吨，西德约6000万吨，美国超过9000万吨。今后30—40年内大概仍能保持这种趋势。煤矸石的运输费、贮存费、保管费极为可观，不仅如此，还占用了肥沃的土地，污染了周围土地、空气和河流。

与此同时，许多国家的研究结果信服地表明，这些所谓废矸石，一般地说，都是宝贵的原料。至少在下列几个方面就是宝贵的原料。

- 用作燃料（煤矸石洗选后再用，或者不经洗选就用）；
- 生产建筑材料，如制砖、制造轻型混凝土的多孔填料和水泥等等；
- 有色金属及黑色金属冶金（得到矾土和其它氧化铝、硅铝合金、碳化硅材料等等）；
- 生产硫酸及作肥料；
- 建筑公路及工程建筑。

显然，具体到某种煤矸石用于某种目的的前景问题在很大程度上取决于其性质是否符合用于某种目的的要求。

因此，有必要选择各种指标来评定煤矸石用作原料时的主要的物理机械和物理化学性质，确定这些指标的各种可靠方法。研究成果可用于煤矸石的总分类，作为确定在各方面利用的大方向。对某种煤矸石利用的合理性则可以根据是否符合工艺要求作出最后结论，这就要进一步确定特定条件下的参数。

这里我们力求把捷克、西德、波兰、英国及苏联等国代表提出的很有意义的资料与我们提出的资料作一比较。

与会代表已有这些报告的全文及摘要，因此本报告不准备重述其内容，只是拿我们的意见来说明这次座谈会第一题需要讨论和进一步研究的主要问题。

共提出了25个分类指标，归纳起来有以下几个：

- 煤矸石来源及粒度；
- 岩石矿物组成；
- 有机物特性；
- 硫分及矿物组成；
- 加热时的性质及热物理性；
- 物理机械性质。

煤矸石的来源及粒度

在所提出的报告中都建议把煤矸石分为采煤矸石、洗选矸石及矸石山矸石（燃烧了的和未燃烧的）。这样的分类首先可以用一次近似值评价煤矸石组成的稳定性、水分和一些其它性质。洗选矸石分类的具体数据取决于矸石的最大粒度，即入洗粒度上限。由于各国的入洗粒度不同，如西德、波兰、苏联的入洗粒度就不同，因此洗选矸石的最大粒度也就不相同。但是，无论如何，浮选尾煤应该分开来考虑。

岩石矿物组成

所有报告都提出了这样的一个意见，把煤矸石分成粘土、砂石和碳酸盐三大类。但是各国煤矸石中的粘土矿物，砂岩、粉砂岩及碳酸盐的含量都不一样，例如苏联粘土类矸石中的粘土矿物含量不低于60%，而波兰则要高于70—80%。大概可以作这样的解释，各国对确定矸石是否适合于生产供墙壁用的陶瓷产品、多孔填料和水泥的参数值的观点都不一样。此外，各国采用什么方法测定岩石矿物组成以及这些方法可比性如何，不完全清楚。这些问题应该在座谈会上进行专门讨论。

有机物的特性

属于这一方面的指标有碳氢化合物（有机物）含量，发热量、煤的碳化程度、自燃性。发热量是煤矸石作为综合有机矿物原料的最重要的特性之一。遗憾的是，我们不知测定灰分超过70—75%的物料（通常矸石是这样的）的发热量有什么可靠方法，所以发热量通常是根据这样或那样的公式计算出来的，这些公式是以碳氢化合物（有机物）为主，再把氢、水、硫化物及其它一些因素考虑进去。测定碳氢化合物（有机物）的方法大家都清楚，但是，书籍和报刊上发表的算式各不相同。因此这个问题必须专门讨论。

我们提出了一个建议，即把煤的碳化程度作为评价煤矸石性质的一个主要指标，也可用作总的分类指标。这个建议得到波兰的赞同。从煤矸石作为工程建筑用的材料及选择矸石山的堆放工艺方面讲，对煤矸石的自燃性作出评定是有着重大意义的。遗憾的是，我们未能及时得到英国专门论述这个问题的报告。

硫分及矿物组成

对于硫分及矿物组成的各种测定的方法，大家都很清楚，除了确定矸石属于哪一类的具体值外，通常是可比的，不必另行专门研究。综合所有研究报告提出的材料，可以得出结论：总的分类指标应当是按干基计算的煤矸石全硫分(S^d , %), 灰分中的 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 $\Sigma CaO + MgO$ 的含量（最好是扣去硫酸盐基后来计算%）。在必要时 SiO_2 的含

量或者测定，或者根据下列近似公式相当准确地计算出来：

$$\text{SiO}_2 = 100 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \sum \text{CaO} + \text{MgO} - 3^*$$

式中 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 $\sum \text{CaO} + \text{MgO}$ 为相应成分的含量（%），这些含量是根据煤矸石灰分扣掉硫酸盐基后计算出的。

在灰分中 SO_3 含量是一随机值，它取决于灼烧条件和灰分组成，因此不能作为分类指标。

波兰报告提出一个经过详细研究的洗选矸石作为生产不同建筑材料的原料时应有的基本工艺分类指标，这个建议只需要作些修正。其中部分洗选矸石大概还可分作陶瓷制品用原料、轻型混凝土多孔填料用原料、水泥及其它粘结剂用原料。这就需要更详细说明，比如在配料中煤矸石占多大比重时才能作为基本原料、或者是燃料——矿物添加剂。为了有别于总分类，最好是用配料的硫分来说明煤矸石，因为硫分是煤矸石的一种成分。在说明煤矸石的特性时，还应考虑成品（砖、多孔烧结料及其它）的硫分定额和在工艺过程中硫的性质。看来，波兰煤矸石硫分比苏联煤矸石硫分低。硫分高，在烧结过程中，由硫转化气体的产率就比较多。硫分低于0.7—1.0%，当用煤矸石生产多孔烧结料时，在气态硫化物生成量上，波兰专家所得的结果与我们的资料是一致的。但当 $S^d_t = 1—3\%$ 时，气态硫化物的产率可达75—85%。所以对苏联的煤矸石来说，大概可以选取比波兰高的硫分，作为矸石生产多孔烧结料的定额。此外，关于 $\sum \text{CaO} + \text{MgO}$ 含量作为限制煤矸石生产多孔烧结料原料的指标问题，最好不要用 $(\text{CaO} + \text{MgO}) : (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$ 的模数比，直接用灰中的 $\sum \text{CaO} + \text{MgO}$ 含量比较好，因为根据我们的实验资料在 $\sum \text{CaO} + \text{MgO} \leq 12\%$ 时，可以取得硅离散物少的优质多孔烧结料，其原因是前一模数比的碱土金属含量大大超过波兰报告提出的把模数比作为指标时的碱土金属含量。

水溶性盐类含量也是煤矸石用于公路建设和工程建筑（堤、坝、基础等等）时的一个重要分类指标。当评价煤矸石作为热处理原料时，这个指标的意义就小些，因为在这类过程中原来水溶性化合物可分解而生成新的物质。

在评价煤矸石作为肥料组分时，大概水浸出物的pH值及微量元素的含量有着重要意义。在这次座谈会上讨论这样一个问题是合适的，即讨论有哪些微量元素、其含量多少在特定的条件下是有利的，或者含量超过多少要危及生态。

加热时的性质及热物理性

不论哪一种工艺分类都得考虑把矿物熔化特性、膨胀温度及膨胀值列入本方面的指标。但是应当特别注意这些指标测定方法的可比性，其中在生产多孔烧结料时进行热加工的煤矸石从开始出现第一批液相到全部熔融的温度间隔有着重要意义。

波兰的报告建议，用开始粘结温度与全部熔化的温度差来确定这一温度间隔，可惜这两个温度是用不同方法测定的。煤矸石属于多相原料，按多相原料的标准熔化特性，根据温度差 $t_A - t_C$ 或 $t_B - t_C$ 来计这个间隔可能更合适些。波兰专家用洗选矸石生产多孔烧结料方面有着丰富的经验，最好请他们来领导起草这一部分的工艺分类。

3*——校正系数，大多数煤矸石中 TiO_2 、 P_2O_5 的总含量。

在准备用洗选矸石作为生产多孔烧结料的工艺分类中，苏联的建议可能是可取的。

本篇论文建议采用试验得出的公式，根据所谓的熔化模数比，计算出配料中燃料组成的最佳含量。所谓的熔化模数比，就是难熔成分（ $\sum \text{SiO}_2$ 、 Al_2O_3 、 TiO_2 ）与“可熔物”（ $\sum \text{CaO}$ 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 R_2O ）含量的比例。

热物理特性（热容量，导热性及温度传导性）在设计有关煤矸石热处理的设备时有着重要的作用，但是它们不能作为分类指标，因为还不清楚这些指标达到什么数值时要妨碍矸石的利用。显然，这些指标及矸石有机物的特性及硫分在确定采煤矸石及洗选矸石直接燃烧时有重要的作用。捷克、西德的专家在这方面对煤矸石的利用有很丰富的经验，应当请他们准备这部分的工艺分类，并把其分类介绍给会议参加者。

物 理 机 械 性 质

在说明煤矸石物理机械特性的指标中，应当把可塑性作为总分类的一个指标。这个指标对评价煤矸石对于各种领域（建设公路，工程建设，生产砖、多孔填料及其它产品）的适用性是很重要的。但是，各国测定可塑性的方法不同，必须更准确地说明各种方法测出结果的可比性，讨论作为总分类或局部分类指标的可塑性的具体作用。

堆比重、真比重、自然安息角、煤尘的爆炸性等指标对评价煤矸石作原料使用是很重要的。各国应当互相交换确定这些指标的方法。但是这些指标不能限制矸石利用，这就是说不能当作分类指标来看待。

西德和捷克，还有英国分别用洗选矸石及矸石山矸石建设公路、人造土地设施方面积累了大量的试验资料和生产经验。因此，应当委托这些国家的专家来拟定这方面的工艺分类、分类指标为粒度组成、耐压强度、耐寒性能、渗透系数等等。与此同时，这些指标的测定方法必须统一。

采样方法及性质的稳定

要想使评价上述各指标靠得住，显然采样方法有着极重要意义。为了对现有洗选矸石作出初步评价，我们认为可以采用苏联制订的方法。

英国及哈尔德克斯（匈牙利）公司对矸石山的取样化验有着极其丰富的经验。苏联建议的矸石山采样化验方法已经公布。至于把矸石划分为性能稳定和不稳定的指标波动范围的界限还不清楚。显然，这些具体界限将取决于煤矸石的应用领域。例如用洗选矸石作生产砖的燃料矿物添加剂时，其化学组成的波动范围就可比用它作的制砖主要成分要大得多。

工业原料用煤矸石总分类

西德的报告用图表形式提出了简明的类似分类方案，这个方案相当成功。不过，它没有定量分析采煤矸石和洗选矸石的物理化学性质和物理机械性质。

为了便于讨论, 座谈会提出了一个总分类方案, 关于分类原则问题苏联的报告已阐述得很详细, 并根据波兰、西德、捷克及英国的材料加以补充。表1列出了分类索引。

所采用的指标对选择煤矸石最合理利用领域的影响在很大程度上取决于各国采用的各种工艺过程的经济技术指标。由于此, 各国专家可以做出与苏联建议差不多的汇总表。

作工业原料用煤矸石总分类索引

类别	名称与组别	代号
A	煤矸石来源	A
	1) 采煤矸石	A ₁
	a) 剥离矸石	A _{1a}
	b) 井下矸石	A _{1b}
	c) 天然段烧粘土	A _{1c}
	2) 洗选矸石	A ₂
	a) 大块矸石 (>13毫米)	A _{2a}
	b) 中块矸石 (13毫米)	A _{2b}
	c) 粉矸 (<1毫米)	A _{2c}
	3) 炉渣	A ₃
	a) 燃烧或气化的高灰炉渣	A _{3a}
	b) 氢化煤渣 (煤泥)	A _{3b}
	4) 矸石山矸石	A ₄
	a) 燃后矸石	A _{4a}
	b) 未燃矸石	A _{4b}
B	岩石矿物特性	B
	1) 粘土	B ₁
	a) 高岭土	B _{1a}
	b) 水云母	B _{1b}
	c) 胶岭土型	B _{1c}
	2) 砂岩	B ₂
	3) 碳酸盐	B ₃
	a) 方解石	B _{3a}
	b) 菱铁矿	B _{3b}
C	有机碳含量	C
	1) 较低碳 (C _{有机} 0—4%)	C ₁
	a) 有机碳 (低于2%)	C _{1a}
	b) 有机碳 (2—4%)	C _{1b}
	2) 低碳 (C _{有机} 4—8%)	C ₂
	3) 中碳 (C _{有机} 8—12%)	C ₃
	4) 较高碳 (C _{有机} 12—20%)	C ₄

	5) 高碳 (C^T 有机 20%)	C_s
D	有机质碳化程度	D
	1) 低碳化 ($C^T \leq 75\%$) $R^o \leq 0.49\%$	D_1
	2) 中碳化 ($C^T 75-90\%$) $R^o = 0.50-2.49\%$	D_2
	3) 高碳化 ($C^T \geq 90\%$) $R^o \geq 2.5\%$	D_3
F _e	灰中铁化合物含量	F _e
	1) 较低铁 (Fe_2O_3 低于 1.5%)	Fe ₁
	2) 低铁 (Fe_2O_3 1.5—5.0%)	Fe ₂
	3) 中铁 (Fe_2O_3 5—12%)	Fe ₃
	4) 较高铁 (Fe_2O_3 12—18%)	Fe ₄
	5) 高铁 ($Fe_2O_3 > 18\%$)	Fe ₅
S	含硫量	S
	1) 较低硫 (S^d 低于 0.5%)	S ₁
	2) 低硫 (S^d 0.5—1.5%)	S ₂
	3) 中硫 (S^d 1.5—3.0%)	S ₃
	4) 高硫 ($S^d > 3.0\%$)	S ₄
Al	铝化合物含量 (灰中)	Al
	1) 低矾土 ($Al_2O_3 < 15\%$)	Al ₁
	2) 中矾土 (Al_2O_3 15—28%)	Al ₂
	3) 高矾土 ($Al_2O_3 > 28\%$)	Al ₃
M	灰中钙、镁化合物含量	M
	1) 低钙 ($\sum CaO + MgO < 3\%$)	M ₁
	2) 中钙 ($\sum CaO + MgO$ 3—6%)	M ₂
	3) 较高钙 ($\sum CaO + MgO$ 6—12%)	M ₃
	4) 高钙 ($\sum CaO + MgO > 12\%$)	M ₄
P	可塑性	P
	1) 无可塑性	P ₁
	2) 低可塑性	P ₂
	3) 中等可塑性	P ₃

吴式瑜译
周楫 校

波兰煤矸石洗选后的矸石综合利用的经济问题

波 兰

一、加工煤矸石的目的及技术经济参数

在采煤过程中，由于种种原因，不得不把大量的矸石采运至地面。这些矸石或作为采掘矸石废弃或混杂于原煤中直接运往选煤厂。

在波兰煤炭生产高度集中的西里西亚矿区，每年大约开采两亿吨煤炭。这样，如何合理利用数量可观的矸石就成为一个重要的技术经济问题。由于环境保护的要求，在地面排放煤矸石的普通方法是不能考虑的。这种情况在城市规划要求十分严格的西里西亚矿区尤为突出。采用将煤矸石运往很远的地方进行处理的方法的代价太高，而且也并不总是可行的。然而，通常被认为是废物的矸石可用来作各种有价值的原料，特别是由于煤矸石中还含有相当数量的发热量，在一定条件下，这些发热量是能够被合理利用的。

哈尔德克斯方法，是利用煤矸石中剩余发热量的方法之一，该方法在波兰已使用多年。其基本原则是：

- 1、回收矸石中的煤炭；
- 2、将回收煤炭后的全部物料加工成有用产品或半成品；
- 3、整个加工过程经济上自给自足。

采用上述方法处理煤矸石获得的产品如下：

- 1、粒度为30~10毫米及10~0毫米的煤；
- 2、供水泥工业用的30~3毫米碎煤矸石；
- 3、供建筑工业和陶瓷工业用的3~0毫米粉状煤矸石；
- 4、多孔轻质砌块的原料。

所有这些产品都是在未来技术加工工艺中可利用的热能载体。

除此之外，煤矸石还可代替传统的充填材料——砂子用于水砂充填。然而，在这一应用中，并没有利用煤矸石的发热量。

二、选矸厂的工艺流程图

图1为煤矸石加工厂的工艺流程方框图。每个作业环节的作用如下：

进入加工厂的煤矸石的特性是不稳定的，其粒度、水份、各种矿物组分和各粒级的含量也在相当广泛的范围内变化。

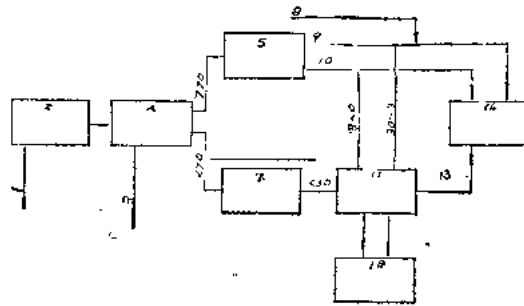


图1 煤矸石综合利用的工艺流程方框图

1—煤矸石；2—准备作业；3—废金属、木块、水泥；4—预先筛分利于排除杂物；5—破碎筛分；6—湿法处理；7—破碎；8—干法处理；9—30~3毫米煤矸石；10—3~0毫米煤矸石；11—分选、分级和产品中洗；12—脱水；13—煤；14—储存装仓。

由于矿井和开采条件的不同，通常各次运来的煤矸石特性也不相同。

准备作业的任务是接收送来的物料，接着把物料混匀到适合于加工的程度，并保证均匀地给入矸石加工设备。

准备作业一般包括卸料、粗破碎、将物料运往原料堆放场，此堆放场起缓冲仓的作用。下一道工序是进行预先筛分，即将含煤率低的物料分离出来，再送去分选。然后将剩余的物料进行初步分选。

多年的观察表明，不管矸石的来源如何，矸石中所含煤炭大多集中于细粒级矸石中，在>70毫米级物料中不含可燃物。

因此，只能把>70毫米的矸石破碎至<30毫米，然后再分级为30~3毫米和3~0毫米。

<70毫米的矸石也破碎到<30毫米，再进行分选。

分选出的产品经分级和脱水后直接外运。

三、选矸厂各作业介绍

1、准备作业

准备作业的流程如图2所示。对于含有大于500~300或+500毫米大块的矸石，可采用有预先破碎的方案I。这种矸石大多为来自井下的矸石。

大量的矸石将会给矿井运输、铁路运输以及卸车造成很多困难。这就是在大多数情况下煤矿废弃矸石的理由。在这种情况下宜采用无初始破碎的准备作业方案。

由于标准的卸料设备是自卸车，因此固定仓通常装有往复式给料机，用以接收由皮带运输机不断送往原料仓—堆放场的物料。

高达15~18米的物料堆是由装在悬臂上的皮带运输机堆成的，此皮带接收来自装在堆放场地面下边坑道中的给料机的物料。如果要将物料堆的不流动物料运走，可采用堆土机，它可根据选矸厂工作状况的需要从储备场中为选矸厂供料。物料堆的流动部分大

约有2000~3000吨，这取决于集中物料的安息角。物料堆的总体积容量为30000~50000吨。

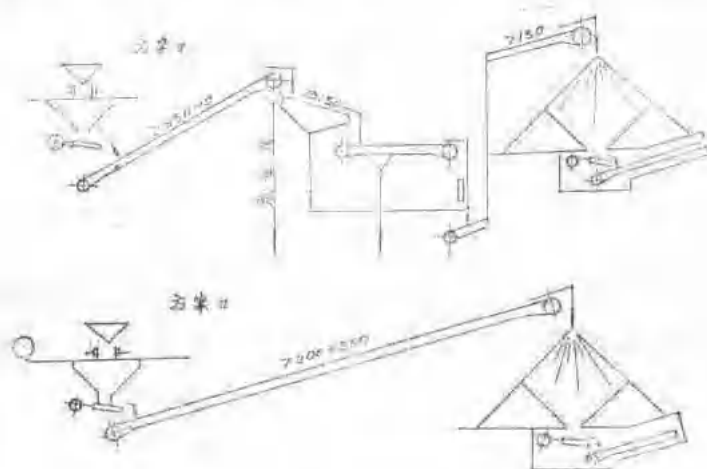


图2 准备作业工艺流程图

2、筛分破碎作业

在筛分车间，通常采用干法或湿法进行预先筛分和破碎

图3所示为筛分破碎车间工艺流程图。此图还包括了干法分级工艺，它通常位于将在后面介绍的洗选车间。

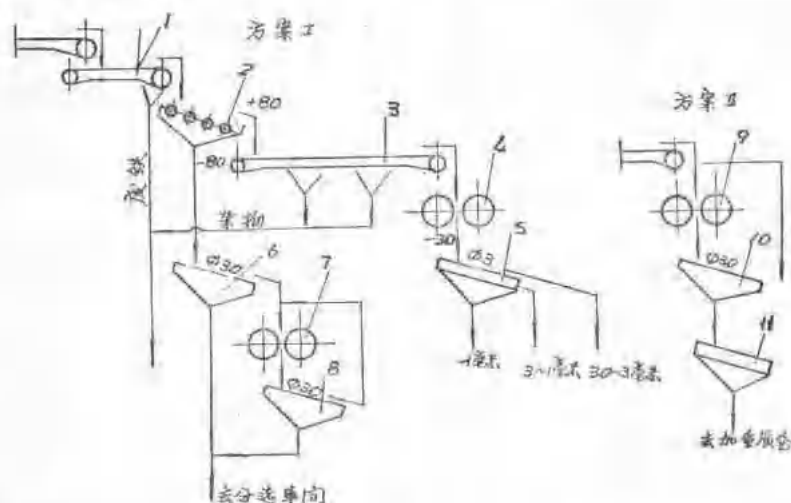


图3 筛分破碎车间工艺流程图

- 1—电磁滚筒；2—滚轴筛（振动筛）；3—手抓皮带；
4、7、9—破碎机；5、6、8、10、11—筛分机

先用电磁滚筒1将来自原料堆放场的矿并矸石中的废铁拣出。然而这种设备的工作效率是不高的，它不能拣出非磁性的金属杂物，同时要将磁性物全部排除出来也有很大困难。因此，必须采用感应传感器以便在物料中有金属时发出信号，从而保护泵与旋流器等设备。

可用滚轴筛或振动筛 2 进行预先筛分。约占入料 15~30% 的 >80 毫米级大块矸石，一般要筛分出来。在这些大块中含有大量杂物，如木块、水泥制品、橡胶以及其它物质，这些杂物可在手拣皮带 3 上排除。

由于这些大块矸石中的煤很少，因此不再进一步洗选，只用破碎机 4 将其破碎到 <30 毫米，并用筛分机 5 分为 30~3 和 3~1 毫米级。当采用没有检查筛的冲击式破碎机时，根据方案 II，必须采用破碎机 9、筛子 10 和 11 处理大量大块矸石。

当入料中含有大量适合于作加重介质的 <1 毫米级矸石时，则将分级筛中的 <1 毫米矸石粉送去作加重质。

用破碎机 4 将筛子 2 筛下的 <80 毫米级物料破碎至 <30 毫米，再用筛分机 5 和 6 进行检查筛分。>30 毫米级物料返回破碎机再进行破碎，这样可以防止 >30 毫米级物料堵塞水介质旋流器的入料口。

在以干法方式进行上述作业时，会产生很大灰尘。因此，必须在筛分车间内设置有效的除尘设备。

8、分选车间

分选车间如图 4 所示，待分选的 30~0 毫米级矸石进入缓冲仓 1，通过板式给料机 2 给入搅拌桶 3，此搅拌桶内装有规定浓度的悬浮加重介质。搅拌桶内物料的混匀是通过导入桶底的重介质流的水力搅拌作用而完成的。用一离心泵将介质和入料混合物打入水介质旋流器 4，在旋流器内分为两种比重的物料，水介质旋流器的溢流为煤，底流为煤矸石。

妨碍煤矸石在带有重介质的水力旋流器内分选的因素如下：

(1) 由前段筛分作业分出来的物料组成的水介质旋流器入料中 +1.8 比重级物料的百分含量有着予想不到的变化，其变化范围为 5~30%，这就要求能在相当大的范围内调整分选参数。

(2) 某些矸石成份，特别是入料中占比例很大的砂岩具有坚硬的磨蚀特性，这会造成水介质旋流器的快速磨损。

(3) 由于在前面作业中没有把矸石中的杂物如木块、橡胶和金属块清除干净，故上述杂物的出现很可能会导致水介质旋流器堵塞。

上述工艺中采用的水介质旋流器的分选参数如下：

一重介质的比重	1.27~1.32
一入料压力	0.4~0.6 公斤/厘米 ²
一分选比重	1.6~1.8

充分精确和灵活地调整最后一个因数，是取得有效分选效果的必要条件。通过改变悬浮液的比重进行调整的可能性会受到限制，这是由于加重质的比重较低（大约 2.5）所致，这种情况使得所采用的悬浮液比重必须近似于在这种情况下可获得的最大分选比重。由于重介质循环系统中，设备的耐磨性较差，水介质旋流器入口的压力也很难调节。

对于直径为 380 毫米的水介质旋流器来说，可通过下列范围内交换溢流管与底流口的方法调整分选比重：

一溢流管	175~190 毫米
一底流管	105~129 毫米

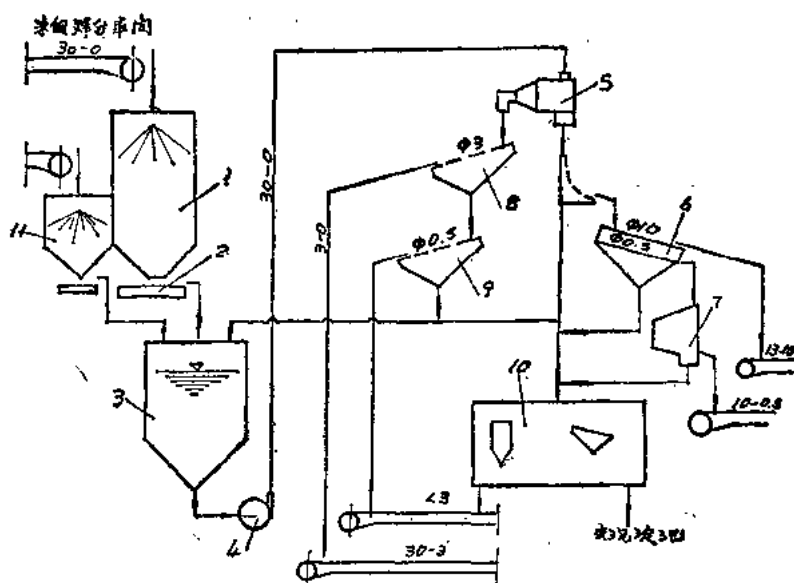


图4 分选车间流程图

- 1—缓冲仓；2—给料机；3—搅拌桶；4—离心泵；
5—水介质旋流器；6、8、9—振动筛；7—离心脱水机；10—煤泥水处理系统；11—加重质仓

上述一系列调节措施可使水介质旋流器的工作参数适合于实际遇到的人料特性，并能与给料泵的压力匹配。应在最初的调整中替换溢流管，并在入料发生临时变化时调整底流口的直径。在实际操作中，矸石洗选厂配备两台可按不同参数运转的水介质旋流器，可根据实际情况任选其中的一台进行工作。

一台旋流器的流量在额定入料压力下为 $2.5 \text{ m}^3/\text{分}$ 左右，按干煤计的处理能力为 35 吨/时。

由于煤矸石的特性各异，完美地精确估计分选精度是困难的。用普通方法通过在认真管理分选工艺的条件下进行数据测量，得出的可能偏差 E_p 值为 0.08。该值说明可以回收入料中 80~85% 的 <1.8 比重级物料。

水介质旋流器的锥体、圆筒部分以及入料口和底流口都衬有玄武岩。旋流器采用可拆式结构，这样易于更换部件和快速排除堵塞。

为了保证洗选厂的正常运转，需要有一台水介质旋流器备用。万一工作中的水介质旋流器发生故障，备用旋流器即可投入运转，这些故障大多是因准备作业中未能排除的大块矸石、木块及其它杂物堵塞旋流器入料口造成的。

分选出的产品在振动筛 6、8、9 上进行脱水和筛分。为了脱水可采用淋水器，这样可脱除产品中的加重质。此外，细粒粉级物料应用离心脱水机 7 进行脱水。

对于旋流器排出的矸石来说，没有必要用淋水器冲洗。这是因为价格很低的加重质的损耗不受限制。悬浮液循环系统是比较简单的，其工作原理如图 4 所示。未被淋水器冲淡的悬浮液去搅拌桶，把筛下水送往洗水沉淀池。

为把洗水中所含物料量减至最低程度，可让它们通过煤泥水处理系统 10，该系统由

2~3台浓缩旋流器和脱水筛组成。所获得的煤泥为含有3~0毫米含煤矸石的物料，可作为一种产品出售。

悬浮液循环系统具有很高的稳定性；该循环系统还具有使悬浮液比重自趋稳定的能力。如果工作期间随入料进入的加重质过多而造成比重增高，则可通过淋水器给入清水的方法限制比重增高。为了缩短准备工作时间或在紧急情况下可将储存在加重质仓中的加重质补充给悬浮液循环系统。

4、选矸厂的布置及经济技术指标

根据选矸厂处理大量物料的实践经验，至今可以认为选矸厂的最佳处理量为2000~5000吨/日。事实证明：应考虑到选矸厂的两种局限性，一方面是这种类型的选矸厂在经济上是独立的，这就使基建投资和生产费用都很高。另一方面是输送矸石和排运加工后产品的能力有限和工艺设备的规格尺寸不大。

由铁路把外矿的矸石运至受煤坑，然后再从那里运至储煤场。储煤仓的储煤能力为30000~40000米³。这一能力足以保证连续不断地供应选矸厂原料，此外还可在停车或检修期间连续不停的进料。把原料从储煤场运往筛分车间，在那里按照图2进行技术处理，然后准备进行分选。

用两条皮带运输机将筛分车间和洗选车间连接起来，其中一条皮带用来输送待分选物料，另一条用于排放不适合进一步洗选的低含煤量物料。

洗选车间的分选设备有重介质旋流器和悬浮液循环系统以及用于干产品分级的设备。

最终产品将被迅速装入铁路车厢，用皮带运输机把选后的煤和3~0毫米的矸石（陶瓷工业原料）运往铁路上的装车仓，再从那里装火车。

将占入厂矸石中绝大部分的30~3毫米级的水砂充填矸石集中在一储煤场内，它的容量近似于入厂原料的堆放场的容量。为预防实际中不可避免的无规律地接收协作矿井的来料，必须相应加大堆放场的储存能力。

为了快速装载自卸组合列车，应采用大能力的皮带运输机直接将水砂充填的矸石装车。

载煤货车可在能保证精度要求的轨道衡上称重，而装载的水砂充填矸石只用皮带称进行计量。

操作控制室位于耗电量最大的洗选车间附近。紧随洗选车间之后布置的是工业用水的水泵站和洗选车间排放水的水池。

表1示出了处理煤矸石的洗选厂的主要技术经济指标。这些指标说明了1960~1967年在下列各矿建立起来的6个现有选矸厂（米哈尔、松比子基、马科松维、迪米特罗瓦、罗基堤尼卡和米西奥维希附近的布里兹恩卡）的生产情况。

下列数字是按每吨/时计算的技术经济指标：

机械设备重量，吨	2.2—4.2
建筑用钢材，吨	2.3—4.5
电机容量，千瓦	10.9—15.5
建筑体积，米 ³	62—102

选矸厂的主要技术经济指标

表 1

项 目	选 矸 厂 名 称					
	米哈尔	松比尔基	马科松维	迪米特罗瓦	罗基堤尼卡	布里兹恩卡
处理能力 (吨/时)	220	150	140	100	180	220
机械设备的重量 (吨)	933	446	602	300	656	482
建筑用钢材 (吨)	759	462	555	459	412	725
电机容量 (千瓦)	3,400	2,080	1,900	1,500	2,260	2,400
建筑体积 (米 ³)	15,400	9,360	11,500	10,280	12,600	13,700

上面所示的指标有较大的变化范围,这是由于各厂的位置和条件不同,入料特性也不同的缘故。

5、加工后产品的利用

洗选矸石所回收的煤可作为符合标准发热量的能源原料。从矸石中回收煤炭的数量与特性,主要取决于来料的性质和数量,这种煤的质量指标的变化范围很大。

- 煤炭回收率 3—8 %;
- 粒度 30—10毫米, 10—0 毫米;
- 发热量 5500—4800大卡/公斤, 5200—4600大卡/公斤;
- 水份 5—7 %, 9—12 %;
- 灰份 17—22 %, 20—35 %。

总的来说,从现有大量矿井矸石中回收煤炭时,煤炭产率低,煤炭质量就高,换句话说,煤炭产率高,其质量就低。

煤矸石经上述技术加工而获得的副产品可用于煤炭工业中的水砂充填和作为建材工业中的原料用来生产水泥、陶瓷和轻质砌块。

就水砂充填而言,30~3毫米级的矸石可以与砂子混合构成混合物料进行充填。然而矸石也可以用作充填的主要材料。

粒度上限还取决于所采用的充填管道的参数,而下限则取决于从矸石中分出细粒级物料的粒度,这些细粒级物料的存在将意味着要处理大量的煤泥水。

在水泥工业中,煤矸石可作为原料的一部分代替所谓的低质原料。事实证明,在水泥工业中利用矸石是合算的,理由是这种低质原料短缺或枯竭,自行开采这些原料的费用又高。

除此之外,还可把煤矸石运用于水泥熟料的烧结,这样可得到很多好处。最大的好处来自煤矸石的化学成份,尤其来自硅氧系数(二氧化硅含量与氧化铝及铁之和的比)和铝氧系数(氧化铝与氧化铁的比)。

哈尔德克斯选矸厂的大多数矸石中较低的硅氧系数和较高的铝氧系数使原料的烧结效果良好,下列效果与此有关:

- 降低水泥熟料的烧结点,从而也降低了燃料消耗。
- 提高了水泥熟料的强度,因此提高了水泥的质量。
- 提高了水泥转窑的生产能力。

—延长了转窑耐火砖内衬的使用寿命。

—在不增加游离 CaO 含量的情况下,降低转窑的计算密度。

除已介绍的优点外,煤矸石的另一个优点是它们自身含有燃料,这些燃料的70%可利用于转窑烧结。从粒度和水份来看,用哈尔德克斯方法洗选的矸石块也可以达到水泥生产的要求。

另一方面,矸石的缺点是它们的化学成份复杂。原因是这些物料来自各个矿井的混合矸石。

在建筑陶瓷工业中,煤矸石可用来作可使成份敏感化的原料。由于象 Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 这类成份的含量相当高,而且还有一定数量的煤,所以矸石可改善工艺加工过程和成品的质量。

采用煤矸石在下列方面取得了较好的效果:

—干燥砖坯的周期缩短了6~12个小时,同时使破损降低了1—4%。

—在燃烧过程中,由于矸石含煤,故提高了火势,这样就节省了燃料。

—提高了产品质量,降低了次品率,产品的强度提高一到两级。

—某些工厂成功地生产了花色品种繁多的产品,如盖瓦·格状砖。

水分限制在建筑陶瓷业中采用煤矸石的主要因素。水分为12~15%的煤矸石就不能使用。

采用哈尔德克斯方法利用煤矸石生产轻质砖是令人感兴趣的。

轻质砖是非常有价值的建筑材料。轻质砖的制造方法是将配制好的原料放置在一烧结传动带上,然后进行煅烧成型。

西里西亚大多数矿井的煤矸石,具有利于生产多孔材料的物理化学特性。这些矸石的非常有价值的特点是含有大量陶化碳(7—9%),这样就便于烧结。原始状态中的煤矸石不适宜作此项生产的原料,原因是它们的粒度、水分和含煤量不稳定。

在采用哈尔德克斯方法处理矸石的过程中,煤矸石具备了全部必不可少的特性,这些特性可满足对用于生产轻质砖的原料和烧结的要求。

目前,还没有了解用煤矸石烧结多孔材料的详细情况。但可以认为,这种技术可全面利用煤矸石中的残留燃料。这就使它在节省燃料方面比其它原料更有竞争力。

表2示出了用于生产各种轻质砖块的外来热能量(原料中的含量除外)的消耗量。因使用的燃料种类不同,可将发热量表示为生产1米³轻质砖块需用发热值为7000大卡/公斤的标准煤公斤数。为了进行对比,还给出了生产1米³砖所需的上述数据。

表 2

编号	产 品	标准燃料耗量 (公斤/米 ³)			使用的 燃 料
		干燥与灼烧	烧结	总 计	
1	陶 磁	40.0	74.0	114.0	重油
2	粘土多孔材料	8.5	80.0	88.5	褐煤
3	片岩多孔材料	5.5	—	5.5	煤气
4	砖	60.0	72.0	132.0	硬煤

由于在燃结中利用了煤矸石里的残留煤炭，所以可大大节省能源。

最后可以得出下列结论：

——可以从随开采煤炭而来的矸石中回收大量煤炭，这就需要采用特殊的选煤技术和方法。

——可利用含煤矸石代替传统的原料生产建筑材料，同时也可利用煤矸石中的热能。

李建国译

石德明校

采煤矸石和洗选加工的经济问题

伊·波·克拉普钦

减少煤炭生产过程中的矸石量和广泛地将其用于工业中，可以提高自然资源的有效利用水平，充分发挥原料基地的作用和降低环境保护的费用。这些原则对煤炭工业的发展有着直接关系，因为在煤炭开采和洗选过程中产生了大量的矸石。本报告探讨了这类矸石的利用问题，并根据所阐明的问题和对具体经济效益的分析，提出了矸石利用主要方向。

一、目前的矸石量及其用于工业生产的先决条件

正如上面所指出的那样，煤矿和从事煤炭加工的单位及烧煤部门产生了大量的矸石（或废料）。表1所列的数据表明，每开采或加工1吨煤所产生的矸石量是很大的。

煤炭开采和加工过程中的单位矸石产量

表1

指 标	采煤，吨/吨		煤炭加工和燃烧，吨/吨		
	井工开采	露天开采	洗选	加氢作用	燃烧
单位矸石产量	0.24	7.1	0.15	0.36	0.21

目前在煤炭开采、洗选和燃烧过程中所产生的矸石，其总产量为每年20亿吨以上。绝大部分矸石（特别是采煤矸石）用于充填煤矿采空区和复田、以及修筑本地区的公路，而在工业生产中为获得产品而利用的矸石量是相当少的。目前作为砖厂的添加剂被利用的矸石仅60万吨。

因此，矸石中所含的部分煤炭和其它成份不能作为燃料和原料进行回收而被舍弃了。由于这一缘故，发生诸如污染环境、侵占农田贮存矸石和使用设备收集和贮存矸石等不良的社会经济后果。收集和贮存1吨采煤矸石和洗选矸石的费用约占开采1吨煤的平均成本的4%。