T/CNMMIA

中国非金属矿工业协会团体标准

T/CNMMIA 014—2023

煤矸石分类分级及综合利用评价技术规范

Technical specification for classification grading and evaluation of comprehensive utilization of coal gangue

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国非金属矿工业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则（）	2
5 煤矸石分类	2
5.1 按产出方式分类	2
5.2 按岩石类型分类	2
5.3 按发热量分类	2
5.4 按利用利用方向分类	2
5.5 根据煤矸石堆存量分类	3
5.6 其他分类	3
6 煤矸石分级	3
6.1 按可利用领域为选冶行业分级	3
6.2 按可利用领域为化工行业分级	4
6.3 按可利用领域为建筑材料行业分级	4
6.4 按可利用领域为能源领域分级	4
6.5 按可利用领域为工程材料分级	5
6.6 按可利用领域为农业领域分级	5
7 煤矸石综合利用评价	5
7.1 评级方法和程序	5
7.2 技术指标	5
7.3 二级指标评分值的确定	6
7.4 一级指标单项评价	6
7.5 综合评价指数	7
附 录 A （规范性） 煤矸石分类表	8
附 录 B （资料性） 部分定量指标计算方法	9
B.1 原生资源替代率	9
B.2 技术投资回报率	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国非金属矿工业协会提出并归口。

本文件起草单位：中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所、山西金宇科林科技有限公司、北京建筑材料科学研究总院有限公司。

本文件主要起草人：刘岩、罗一、王钰、刘玉林、冯乃琦、吕振福、罗训樵、东芳。

本文件为首次制定。

煤矸石分类分级及综合利用评价技术规范

1 范围

本文件给出了煤矸石综合利用分类分级和评价过程中的术语和定义、煤矸石分类、煤矸石分级、煤矸石综合利用评价等方面内容。

本文件适用于煤矸石的综合利用评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8173 污染物控制标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准
- GB/T 14563 高岭土及其试验方法
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 16417 煤炭可选性评定方法
- GB/T 26742 建筑卫生陶瓷用原料
- GB/T 29162 煤矸石分类
- GB/T 29163 煤矸石利用技术导则
- GB/T 32326 工业固体废弃物综合利用技术评价导则
- GB/T 33687 煤矸石检验通则
- DZ/T 0210 矿产地质勘查规范 硫铁矿
- DZ/T 0213 矿产地质勘查规范 石灰岩、水泥配料类
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- TB 10001 铁路路基设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矸石分类 Classification of coal gangue

根据煤矸石的产出方式、岩石性质、发热量、可利用方向等主要特征划分煤矸石的类型。

3.2

煤矸石分级 Grading of coal gangue

根据煤矸石中可回收的物质组分或元素含量以及具有可利用前景的理化特性，划分煤矸石的等级。

3.3

综合利用方向 Comprehensive utilization direction

根据煤矸石分类和分级情况，划分煤矸石的综合利用方向。

3.4

综合利用评价 Comprehensive utilization evaluation

结合技术、环境、资源和经济等指标，对煤矸石综合利用性进行评价。

3.5

煤矸石堆存量 Stock of coal gangue

采用资料收集、遥感解译、实地调查测量、建模估算等方法估算某区域煤矸石的总体积。

3.6

煤矸石堆存面积 Distribution area of coal gangue

指一定区域内堆存的煤矸石及周边受煤矸石影响无法利用的土地总面积。

3.7

煤矸石年增量 Annual increment of coal gangue

指一定区域内煤矸石当年的产出体积减去当年的利用体积。

4 总则

对煤矸石进行分类分级和综合利用评价，目的是根据煤矸石的类型和可回收物质组分或元素含量、发热量以及具有可利用前景的理化特性进行综合评价，确定其最佳综合利用方向，最大限度的利用煤矸石中有用有价元素和组分，指导开发煤矸石新的利用途径，同时规范煤矸石综合利用相关名词的表述。

5 煤矸石分类

5.1 按产出方式分类

根据产出方式，将煤矸石划分为3个类别，见表1。

表1 按产出方式分类

编码	类别名称	说明
A ₁	煤巷煤矸石	沿煤层掘进工程排出的矸石。排量较大，且含有一定的热值。
A ₂	岩巷煤矸石	煤矿露天开采基建期剥离煤系地层上覆岩层而排出的矸石，井巷开掘过程中排出的除煤巷道矸石以外的矸石。岩种性多，排量集中，热值低。
A ₃	洗选煤矸石	煤矿洗煤、选煤过程中排出的矸石。粒度较小，具有一定热值。

5.2 按岩石类型分类

按煤矸石的岩石类型分为4个类别，见表2。

表2 按岩石类型分类

编码	类别名称	说明
B ₁	粘土岩型煤矸石	以粘土矿物为主的页岩型煤矸石。
B ₂	砂岩—粉砂岩型煤矸石	主要由碎屑矿物和胶结物两部分组成，以石英为主，其次是长石、云母等矿物。
B ₃	碳酸盐岩型煤矸石	主要矿物以方解石、白云石为主。以方解石矿物为主的称为灰岩、以白云石为主的称为白云岩。
B ₄	铝质岩型煤矸石	Al ₂ O ₃ 含量较高，主要由粘土矿物和一水铝石富铝矿物组成。

5.3 按发热量分类

按煤矸石低位发热量（Q_{ar.net}）划分为高、中、低，共三类，见表3。

表3 按发热量分类

编码	类别名称	说明
C ₁	高发热量煤矸石	≥5.02MJ/kg (1200kcal/kg)
C ₂	中发热量煤矸石	>2.52 MJ/kg, <5.02MJ/kg (603-1200kcal/kg)
C ₃	低发热量煤矸石	≤2.52 MJ/kg (603kcal/kg)

5.4 按利用利用方向分类

根据煤矸石利用领域，对煤矸石可利用方向进行分类，可利用方向见表4。

表4 煤矸石可利用方向

利用领域	编码		类别名称	可利用方向
选冶	D ₁	D ₁₋₁	富硫煤矸石	回收硫精矿
		D ₁₋₂	富镓煤矸石	回收镓
		D ₁₋₃	富有机质煤矸石	回收煤炭
化工行业	D ₂	D ₂₋₁	提铝用煤矸石	回收利用铝
		D ₂₋₃	吸附用煤矸石	分子筛吸附材料
建筑材料	D ₃	D ₃₋₁	水泥用煤矸石	水泥配料
		D ₃₋₂	制砖用煤矸石	煤矸石制砖
		D ₃₋₃	陶瓷用煤矸石	陶瓷用煤矸石
		D ₃₋₄	锻白土用煤矸石	煅烧高岭土
		D ₃₋₅	建筑集料用煤矸石	建筑骨料
能源领域	D ₄	D ₄₋₁	燃料用煤矸石	煤矸石燃料发电
工程材料	D ₅	D ₅₋₁	路基用煤矸石	路基材料
		D ₅₋₂	充填用煤矸石	充填材料
农业	D ₆	D ₆₋₁	矿物肥用煤矸石	煤矸石矿物肥料
		D ₆₋₂	土壤用煤矸石	土壤基质

5.5 根据煤矸石堆存量分类

煤矸石的堆存量可按照单一堆场的堆存量： $\leq 200000\text{m}^3$ 、 $200000-500000\text{m}^3$ 、 $500000-2000000\text{m}^3$ 、 $2000000-5000000\text{m}^3$ 、 $\geq 5000000\text{m}^3$ ，分为5类：堆存量少、较少、一般、较多、多。

5.6 其他分类

参照GB/T 29162-2012 煤矸石分类，煤矸石还可按照全硫含量、灰分产率、灰分成分等分类，见附录A。

6 煤矸石分级

根据煤矸石对应不同领域应用的原料要求，根据技术可行性与经济可行性两者可行分为一级品，二级品和其他，分级情况见表5。

表5 煤矸石回收硫精矿分级

分级	分级依据	说明
一级品	技术经济可行	在技术工程化应用可行，且具有一定的经济效益
二级品	潜在可行	技术上可以实现，单一利用经济效益差，整体综合利用具有一定经济效益
其他	不可行	技术上难以实现，且不具备经济效益的前景，在该利用方向不具有利用可行性。

6.1 按可利用领域为选冶行业分级

6.1.1 回收硫精矿用煤矸石

煤矸石中硫主要以黄铁矿形式存在，且呈结核状、团块状或者其他易洗出形态时，则可回收其中的硫铁矿，煤矸石应满足DZ/T 0210-2020指标要求，按硫（S）品位，分为三级，一级品：硫（S）品位%： $\geq 14\%$ ；二级品硫（S）品位%： $> 8\%$ ， $< 14\%$ 。

6.1.2 回收镓用煤矸石

根据矿产资源工业要求手册，煤矸石中镓（Ga）的矿石品位应该在0.003%以上。煅烧的煤矸石中镓（Ga）的品位应不低于0.01%。煤矸石煅烧的灰分或烟尘中镓含量在0.1%以上为一级品，镓含量在0.01%~0.1%为二级品。

6.1.3 回收煤炭用煤矸石

煤矸石回收有机质煤炭，参考GB/T 16417，可分为可选、难选、极难选。采用分选密度 ± 0.1 含量法，煤矸石的 $\delta \pm 0.1$ 含量不高于30%为可选，为一级品； $\delta \pm 0.1$ 含量大于30，不高于40%为难选，为二级品。

6.2 按可利用领域为化工行业分级

6.2.1 铝行业用煤矸石

煤矸石用于铝化工行业，其三氧化二铝含量（质量分数）应该大于40%为一级品，三氧化二铝含量应该在30-40%为二级品。

6.2.2 煅烧高岭土用煤矸石

煤矸石中高岭土含量（质量分数）应大于80%。煤矸石煅烧后理化性能符合GB/T 14563中第4节要求，一级品煅烧白度在90%以上，高岭土含量在90%以上；二级品煅烧白度为65%以上，高岭土含量在80%以上。

6.2.3 吸附用煤矸石

煤矸石灰分黏土含量不低于80%，煤矸石煅烧后转晶、老化后粉体的24h静态吸水率不低于23%为一级品，24h静态吸水率在20~23%为二级品。

6.3 按可利用领域为建筑材料行业分级

6.3.1 水泥用煤矸石

煤矸石用于普通硅酸盐水泥应按GBT 29163，二氧化硅含量大于35%；三氧化铝含量低于25%指标要求。

煅烧煤矸石用于水泥混合材料应按GBT 2847指标要求。

水泥用煤矸石按照DZ/T 0213-2020标准年黏土质原料，按其硅酸率SM，铝氧率分为一类、二类，对应一级品和二级品。

6.3.2 制砖用煤矸石

煤矸石用于生产烧结砖，其原料放射性应该符合GB6566要求，应满足GBT 29163指标要求。其二氧化硅含量控制在55~70%；三氧化铝含量在15~25%。

制砖用煤矸石根据其掺入量确定煤矸石等级，煤矸石掺入量根据配料后的塑性指数与干燥敏感系数来确定。掺入量不低于50%为一级品，掺入量在30%~50%为二级品。

6.3.3 陶瓷用煤矸石

煤矸石用于建筑卫生陶瓷应满足GB/T 26742要求。

煤矸石中的伊利石黏土作为陶瓷原料，其三氧化二铝品位不低于18%，三氧化二铁品位不高于3.5%，按其三氧化二铁品位分级，三氧化铁含量不高于0.5%为一级品，三氧化铁含量在0.5%~3.5%为二级品。

陶器用煤矸石三氧化二铝品位不低于18%，三氧化二铁品位不高于13%；三氧化铁含量不高于8%为一级品，三氧化铁含量在8%~13%为二级品。

6.3.4 建筑骨料用煤矸石

建筑骨料用煤矸石应满足GB/T 14685、GB/T14684要求。同时能满足建设用砂和建设用卵石、碎石要求为一级品，仅满足其中一项为二级品。

6.4 按可利用领域为能源领域分级

煤矸石用于热力发电，其低位发热量应大于5.02 MJ /Kg，按其热量进行分级。低位发热量大于6.27 MJ /Kg为一级品，低位发热量在5.02~6.27 MJ /Kg为二级品。

6.5 按可利用领域为工程材料分级

6.5.1 路基填料用煤矸石

铁路路基填料用煤矸石压实标准应符合TB10001要求。符合要求为一级品，不符合要求为其他。

公路路基填料用煤矸石轻度应符合JTG F10要求。公路路面基层用煤矸石压碎值应符合JTJ 034要求。符合要求为一级品，不符合要求为其他。

6.5.2 填充用煤矸石

填充用煤矸石按固体充填、胶结充填、膏体充填进行分级。满足固体充填要求为一级品，只能进行胶结充填、膏体充填为二级品。

6.6 按可利用领域为农业领域分级

6.6.1 肥料用煤矸石

煤矸石污染物含量应符合GB8173要求，微生物肥料用煤矸石煅烧后灰分产率应小于85%；有机复合肥用煤矸石煅烧后的灰分产率应大于20%。符合要求为一级品，不符合要求为其他。

6.6.2 土壤基质用煤矸石

土壤基质用煤矸石重金属含量应满足GB156188要求，并按GB/T 50123中常水头试验对煤矸石的渗透系数进行测定，并根据渗透系数分级。渗透系数小于 1×10^{-9} m/s为一级品；渗透系数在 1×10^{-9} m/s ~ 1×10^{-5} m/s为二级品。

7 煤矸石综合利用评价

7.1 评级方法和程序

参考GB/T 32326-2015中评价指标体系，对煤矸石利用方向进行综合评价，评价方法采用德尔菲专家咨询法。评价程序与各个指标分值设置参照GB/T 32326-2015中相关要求执行。

7.2 技术指标

评价指标体系分为一级指标和二级指标，其中一级指标包括技术指标、环境指标、资源指标和经济指标等，二级指标是一级指标的细化。各一级指标的权重值 $0 < F_j < 1$ ，所有一级指标的权重值之和等于1；每个一级指标下各二级指标权重值 $0 < K_i < 1$ ，同一个一级指标下各二级指标的权重值之和等于1。部分指标计算公式见附录B，二级指标为定性指标的，参考专家经验进行量化分析，定性指标量化表见表2。

7.2.1 技术指标：包括技术水平、技术成熟度、技术政策符合度、实施及管理维护复杂程度等二级指标

7.2.2 环境指标：包括工艺设备环保政策符合程度、污染降低程度、煤矸石年增量、资源化产品环境影响等二级指标。

7.2.3 资源指标：包括堆存量、堆存面积、原生资源替代率等二级指标。

7.2.4 经济指标：技术产业化前景、资源化产品附加值、技术投资回报等二级指标。

表x 定性指标量化表

指标		定性指标量化值				
		0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
一级指标	二级指标					

技术指标	技术水平	落后	国内一般	国内先进	国际先进	国际领先
	技术成熟度	差	较差	一般	较成熟	很成熟
	技术政策符合度	差	较差	一般	符合	完全符合
	实施及管理维护复杂程度	实施维护复杂	实施维护比较复杂	实施维护中等	实施维护比较容易	实施维护容易
环境指标	工艺设备环保政策符合程度	差	较差	一般	较好	好
	污染降低程度	差	较差	一般	较好	好
	煤矸石年增量	多	较多	一般	较少	少
	资源化产品环境影响	环境影响显著	环境影响较为明显	环境危害不能忽略	有轻微环境危害	环境危害小
资源指标	堆存量	少	较少	一般	较多	多
	堆存面积	小	较小	一般	较大	大
	原生资源替代率	低	较低	一般	较高	高
经济指标	技术产业化前景	市场潜力小, 前景差	市场潜力一般, 前景一般	有一定市场, 前景中等	有较大市场潜力, 前景较好	市场潜力巨大, 前景广阔
	资源化产品附加值					
	技术投资回报					

7.3 二级指标评分值的确定

7.3.1 二级指标单项评价指数 I_i 的确定

取各评价 S_i 最大值作为理想值, 其计算公式为:

$$I_i = \frac{S_i}{S_0} \dots \dots \dots (1)$$

式中: I_i —第 i 项二级指标的单项评价指数; S_i —第 i 项二级指标的单项评价指数; S_0 —第 i 项二级指标的单项基准值。确定各定量评价指标基准值的依据是: 凡在国家或行业有关政策、标准、技术规章等文件中对该项指标已有明确要求值的, 选用国家或行业要求的数值; 凡国家或行业对该项指标尚无明确要求值的, 则选用国内同行业重点大中型企业近年来实际生产过程中所达到的中上等以上水平的指标值; 定性指标基准值定为1。指标设置为取值越大越好, 对于负向指标, 需要进行处理后(如取倒数)计算。

7.3.2 二级指标单项评分值 P_i 的确定

$$P_i = I_i \times K_i \dots \dots \dots (1)$$

式中: P_i —第 i 项二级指标单项评分值; I_i —第 i 项二级指标的单项评价指数; K_i —第 i 项二级指标权重值。

7.4 一级指标单项评价

7.4.1 一级指标单项评价指数 Q_j 的确定

$$Q_j = \sum_{i=1}^n P_i \dots \dots \dots (1)$$

式中: Q_j —第 j 项一级指标单项评价指数, $j=1,2,3,4$; n —第 j 项一级指标之下的二级指标总数; P_i —第 i 项二级指标单项评分值。

7.4.2 一级指标单项评价指数 M_j 的确定

$$M_j = Q_j \times F_j \dots \dots \dots (1)$$

式中: $j=1,2,3,4$; M_j —第 j 项一级指标单项评分值; Q_j —第 j 项一级指标单项评价指数; F_j —第 j 项一级指标权重值。

7.5 综合评价指数

$$E = \sum_{j=1}^4 M_j \dots\dots\dots (1)$$

式中： E —某煤矸石综合利用评价指标； M_j —第 j 项一级指标综合评分值； j_1, j_2, j_3, j_4 分别对应技术、环境、资源、经济四个指标。

根据各利用方向的综合评价指数排序，理论上评价指数数值最高的为最佳综合利用方向。

附 录 A
(规范性)
煤矸石分类表

表 A.1 煤矸石按全硫含量分类

编码	类别名称	全硫 ($S_{t,d}$ 含量范围) /%
S ₁	低硫煤矸石	$S_{t,d} \leq 1.00$
S ₂	中硫煤矸石	$1.00 < S_{t,d} \leq 3.00$
S ₃	中高硫煤矸石	$3.00 < S_{t,d} \leq 6.00$
S ₄	高硫煤矸石	$6.00 < S_{t,d}$

表 A.2 煤矸石按灰分率分类

编码	类别名称	灰分 (A_d 含量范围) /%
H ₁	低灰煤矸石	$A_d \leq 70.00$
H ₂	中灰煤矸石	$70.00 < A_d \leq 85.00$
H ₃	高灰煤矸石	$85.00 < A_d$

表 A.3 煤矸石按灰分成分分类

编码	类别名称	钙镁含量 $W_{CaO+MgO}$ 范围 /%
GM	钙镁型煤矸石	$W_{CaO+MgO} > 10$
LG	铝硅型煤矸石	$W_{CaO+MgO} \leq 10$

注：煤矸石类型以钙镁含量划分，钙镁含量 $W_{CaO+MgO} > 10\%$ 划分为钙镁型煤矸石，其余为铝硅型煤矸石。其中铝硅型煤矸石按铝硅比的含量划分为低、中、高三类。

表 A.4 铝硅型煤矸石按铝硅比分类

编码	类别名称	铝硅比 $m(Al_2O_3)/m(SiO_2)$ /%
LG ₁	低铝硅比型煤矸石	$m(Al_2O_3)/m(SiO_2) \leq 0.30$
LG ₂	中铝硅比型煤矸石	$0.30 < m(Al_2O_3)/m(SiO_2) \leq 0.50$
LG ₃	高铝硅比型煤矸石	$0.50 < m(Al_2O_3)/m(SiO_2)$

附 录 B
(资料性)
部分定量指标计算方法

B.1 原生资源替代率

$$\rho_{zr} = \frac{\omega_{pt}}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (B.1)$$

式中： ρ_{zr} —原生资源替代率，%； ω_{pt} —统计报告期间，合格的综合利用产品中煤矸石的掺入量， t ； W_t —统计报告期间，合格的综合利用产品总质量， t 。

B.2 技术投资回报率

$$ROI = \frac{P_i}{IN_i} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中： ROI —煤矸石综合利用技术投资回报率，%； P_i —统计报告期内，采用综合利用技术的净利润，万元； IN_i —统计报告期内，采用综合和利用技术投资总额，万元。