

平山湖矿区煤炭洁净等级划分及清洁利用方向

田步令, 琚惠姣, 王 普

(甘肃煤炭地质勘查院, 兰州 730000)

摘要:为查明平山湖矿区煤炭清洁利用途径,对平山湖矿区主要可采煤层煤3-3层的煤层分布规律、煤炭工艺性能进行分析,采用化验测试等手段对该区煤岩煤质进行系统分析,认为本区煤炭属于低至中灰、高挥发分、低硫、中发热量长焰煤,是较好的动力煤和民用燃料。依据煤炭资源洁净等级体系划分,本区煤3-3原煤洁净等级Ⅲ级,为较好洁净煤,浮煤洁净等级Ⅱ级,为好洁净煤,洁净程度较高。通过煤炭气化、液化、中低温热解评价体系评价,认为本区煤3-3层清洁利用方向总体上适用于气流床气化用煤和低温热解用煤,并不适合固定床气化煤和液化用煤。

关键词:平山湖矿区;煤3-3;长焰煤;洁净等级划分;清洁利用

中图分类号:TD984 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2024)S1-0065-05

Clean grade division and clean utilization direction of coal in Pingshanhu Mining Area

TIAN Buling, JU Huijiao, WANG Pu

(Gansu Coal Geological Exploration Institute, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In order to find out the way of coal clean utilization in Pingshanhu Mining Area, through the study of the main coal seam coal 3-3 layer of Pingshanhu Mining Area, coal process performance analysis, microscopic identification and other means of the coal quality of the area was systematically analyzed, that the coal belongs to low to medium ash, high volatile matter, low sulfur, medium calorific value of long flame coal, is a better thermal coal and civil fuel. According to the cleanliness grade system of coal resources, the cleanliness grade of coal 3-3 raw coal in the area is grade III, which is a good clean coal, and the cleanliness grade of floating coal is grade II, which is a good clean coal, with a high cleanliness degree. Through the evaluation system of coal gasification, liquefaction, and low temperature pyrolysis, it is considered that the clean utilization direction of coal 3-3 layer in the area is generally suitable for coal for gas flow bed gasification and low temperature pyrolysis, but not for coal for fixed bed gasification and liquefaction.

Key words: Pingshanhu Aining Area; coal 3-3; long-flame coal; cleanliness grade division; clean utilization

0 引言

碳达峰和碳中和的“双碳”目标,使煤炭清洁低碳高效利用备受关注,同时对煤炭勘探、开采及后续资源化利用提出更苛刻的要求^[1-2]。碳中和路线对于未来我国煤炭的发展具有重要意义。将推动矿区生态文明建设,并将推进煤炭清洁高效利用,支持煤炭分级梯级利用,从源头上控制污染物排放,提高煤炭资源综合利用效率和价值。

甘肃省长期以来煤炭的供需关系是需求大于供给,即煤炭消费量大于产出量,缺口靠外省调入弥补。随着近些年经济的稳定增长,能源需求进一步

增加,煤炭缺口日益增大。张掖市处于甘肃省河西走廊重要地段,目前仅有3处生产矿井,且均为炼焦用煤,紧缺民用煤和动力煤。新一轮找矿突破行动以来,我省加大河西走廊煤炭勘查力度,探获了平山湖矿区,该矿区探获总资源量达6.4亿t,为目前为止甘肃河西探获资源量最大的矿区。

笔者通过分析该矿区主采煤层煤3-3层分布特征、煤岩煤质特征,论述了灰分、挥发分、硫分、发热量及有害元素分布规律,建立煤炭洁净等级体系分方案进行洁净等级划分,并且论述了矿区煤层清洁利用方向,以期更好地开发利用该矿区的煤炭资源。

收稿日期:2024-03-17;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.24031701

基金项目:甘肃省地质勘查基金资助项目(201802-M01)

作者简介:田步令(1987—),男,陕西吴起人,高级工程师。E-mail:165003256@qq.com.

引用格式:田步令,琚惠姣,王普.平山湖矿区煤炭洁净等级划分及清洁利用方向[J].洁净煤技术,2024,30(S1):65-69.

TIAN Buling, JU Huijiao, WANG Pu. Clean grade division and clean utilization direction of coal in Pingshanhu Mining Area[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 65-69.

1 矿区地质概况

平山湖矿区位于位于潮水盆地西端,地层区划属华北地层大区阿拉善地层区潮水盆地。矿区距张掖市约 50 km,面积为 179.67 km²。根据 2022 年甘肃省发改委批复文件,平山湖矿区共划分为 3 个井田。分别为 1 号井田、2 号井田、3 号井田。

矿区大部被第四系覆盖,侏罗系中统青土井群是矿区主要含煤地层,自上而下含煤 8 组,22 层,可采煤层有 7 层,其中 3-3 为矿区主要可采煤层,平均厚度 1.96 m。

2 煤岩煤质特征

前人对平山湖矿区地质、煤层煤质及煤层气含量等情况均有所研究^[3-7]。但并未对煤炭资源洁净等级划分及利用方向做过系统研究。

本次研究以平山湖矿区 3 个井田的 217 个钻孔煤质化验数据为基础资料,对主要可采煤 3-3 层的煤岩煤质特征及清洁利用方向进行分析研究。

2.1 煤岩煤质特征

平山湖矿区煤 3-3 层宏观煤岩组分较复杂,煤的宏观煤岩组分整体以暗煤为主,夹镜煤条带或透镜状薄层,部分以亮煤为主、暗煤次之,呈条带状结构,含少量丝炭。宏观煤岩类型以半暗型居多,少数半亮型或暗淡型。

显微煤岩组分均以镜质组为主,平均含量在 45.42%~56.18%;惰质组次之,平均含量在 30.85%~36.92%;壳质组最少,在 2.01%~3.61%。无机显微组分含量变化较大,但均以黏土类居多,占无机显微总量的 64.59%;硫铁矿类、碳酸盐类和氧化硅类含量较少,分别占无机显微总量的 14.67%、11.83% 和 8.91%。镜质体反射率(R_{max})均小于 0.50%,说明该煤层的煤样属低变质煤^[8-9]。

2.2 煤质特征

2.2.1 M_{ad}

煤 3-3 原煤水分 3.41%~17.18%,平均 10.10%,浮煤水分 1.17%~12.31%,平均 7.24%。煤浮选后外在水分降低了 2.24%~4.87%。

2.2.2 A_d

煤 3-3 层原煤灰分为 8.94%~33.40%,平均 16.31%,根据 GB/T 15224.1—2018《煤炭质量分级第 1 部分:灰分》总体评级属低灰煤(LA)。原煤灰分平面上变化大,从特低灰煤到高灰煤均有分布,以低至中灰煤为主,高灰煤零星分布。浮煤灰分大幅降低,为 4.17%~14.30%,平均 8.94%,属于特低灰

煤。远低于原煤灰分,表明原煤浮选后普遍下降,有利于煤的气化和液化。

2.2.3 V_{daf}

煤 3-3 层原煤挥发分为 34.47%~51.94%,平均 41.26%,浮选后挥发分 33.76%~48.37%,平均 40.96%。煤 3-3 均属高挥发分煤。浮煤挥发分稍低于原煤。低阶煤一般挥发分产率与液化性能表现出良好的线性关系,一般将挥发分产率大于 35% 作为直接液化的煤类,平山湖矿区 3-3 煤层挥发分总体大于 35%。

2.2.4 $S_{t,d}$

煤中硫含量高低,不仅燃烧中对环境造成不同影响,而且会影响煤加工工艺及产品,如果是炼焦用煤,对焦炭有影响,甘肃省大气污染防治条例限制高硫分、高灰分煤炭的开采。平山湖矿区煤 3-3 层原煤全硫含量为 0.24%~2.61%,平均 0.70%,总体属低硫煤,仅有少量中硫煤零星分布。浮煤全硫含量为 0.18%~1.44%,平均 0.40%,脱硫系数 0.43。说明该区泥炭沼泽形成时期覆水浅,水动力环境较强且呈弱酸性,不利于硫化物形成,从而含硫低。低硫煤有利于煤炭开发利用,对环境污染小。

3 煤的工艺性能和元素分析

3.1 煤灰成分

矿区内煤 3-3 的煤灰均以 SiO₂ 为主,为 42.87%;其次为 Al₂O₃,含量 19.82%。CaO 含量占第 3 位,11.76%;以上 3 种化学成分在煤灰中的平均总含量约 74.45%,组成了煤灰成分的主体,其余 7 种成分(Fe₂O₃、MgO、TiO₂、SO₃、K₂O、Na₂O 和 MnO₂)的平均总和仅为 25%左右。

3.2 煤灰熔融性

煤灰的熔融性取决于煤灰成分,一般来说,煤灰中 SiO₂ 含量越高,则煤灰熔融性降低,灰熔融温度相应增高。

煤灰熔融性分软化温度(T_s)和流动温度(T_f)来评价。软化温度适用于固态排渣锅炉和煤气发生炉对煤灰软化温度的控制分级,流动温度(T_f)则适用于液态排渣锅炉和煤气发生炉的要求。矿区煤 3-3 软化温度 T_s 为 1 090~1 450 °C,平均为 1 230 °C,属较低软化温度灰(RLST);流动温度 T_f 为 1 110~1 450 °C,平均为 1 267 °C,属较低流动温度灰(RLFT)。

3.3 煤的低温干馏

煤在隔绝空气的条件下,加热到 500~600 °C 时,分解出的焦油含量百分比。焦油产率(T_{ar})是评

价低温干馏用煤的主要依据,一般要求 T_{ar} 不低于 7%。

矿区煤 3-3 焦油产率 7.03%, 属中油产率煤 (7.0% < 焦油产率 < 12.0%)。

3.4 煤对二氧化碳的反应性

在我国当前使用沸腾床气化炉条件下,对气化用煤主要技术要求是 950 °C 时对 CO₂ 的还原率不低于 60%。煤 3-3 层 950 °C 时煤对 CO₂ 的还原率为 73.9%。

3.5 煤的热稳定性

通常热稳定性是在 850 °C 下加热煤样后,筛选大于 6 mm 煤粒来量定,以 T_{s+6} (%) 表示。矿区内煤 3-3 为 44%, 属低热稳定性煤 (LTS)。

3.6 哈氏可磨性指数

煤的可磨性标志着粉碎煤难易程度,可以用可磨性指数来量度。可磨性指数大的煤,易粉碎;反之则较难。随着粉煤流态化技术的发展,很多工业部门,特别是用煤粉的火力发电厂和水泥厂等工业部门都需

要将煤制成煤粉状加以利用,因此测定煤的可磨性具有重要意义。设计和改进制粉系统并且估算磨煤机的产量和电耗时,需要煤的可磨性指标,需要根据煤可磨性设计磨煤机,并且估计磨煤机产率和功率。

矿区煤 3-3 可磨性指数 38~101, 平均值 58, 属较难磨煤 RDC (H_{Cl} > 40~60)。

3.7 煤的黏结性

矿区内煤 3-3 层黏结指数均为 0, 根据测试结果,煤 3-3 层的黏结指数分级均为无黏结性煤 (NCI)。

3.8 煤的元素分析

煤的元素组成包括碳、氢、氧、氮等 4 种元素,其含量不仅可以反映煤的煤化程度,而且直接影响煤的工艺性能。如碳和氢含量决定了煤的挥发分,也决定了煤的发热量。

矿区煤样元素分析见表 1。平山湖矿区煤 3-3 层的碳含量较高,说明煤化程度不高;氢含量相对较低,氧含量较高,表现出非黏结煤的低煤阶煤特征。

表 1 矿区煤样元素分析

项目	C _{daf} /%	H _{daf} /%	N _{daf} /%	O _{daf} /%	C/H	H/C
最小值~最大值	68.45~79.21	2.97~6.01	0.52~1.39	15.58~25.49	16.57	0.74
平均值(样品数)	74.94(46)	4.58(46)	1.08(46)	18.96(46)		

3.9 煤中有害元素

煤中有害元素是煤化工用煤评价的重要指标,是洁净煤地质研究的重要内容。

1) 氯 (Cl_d)。矿区煤 3-3 层原煤中氯含量 0.009%~0.348%, 平均为 0.123%, 煤 3-3 层总体为低氯煤, 分布少量中氯煤。浮煤氯含量 0.007%~0.156%, 平均为 0.031%。

2) 磷 (P_d)。矿区煤 3-3 层原煤中磷含量 0.000 9%~0.001 1%, 平均为 0.001%, 煤 3-3 层总体为特低磷煤。浮煤磷含量 0.000 8%~0.001 0%, 平均为 0.009%。

3) 砷 (As_d)。矿区煤 3-3 层原煤中砷含量 0~62 μg/g, 平均为 2.86 μg/g, 煤 3-3 层总体为低砷煤。浮煤砷 0~4 μg/g, 平均为 1.05 μg/g。

根据对矿区煤 3-3 层的化学性质和工艺性能的测定分析煤 3-3 为低至中灰、低硫、高挥发分、中

发热量长焰煤;符合动力用煤技术要求,是较好的动力用煤和民用燃料。

4 煤的洁净等级划分

对煤炭资源进行洁净等级体系建立和划分是煤炭高效利用的依据之一。前人已经总结出成熟的评价体系^[10-15]。本次采用煤炭资源洁净等级 6 级划分方法进行划分。主要利用灰分、硫分和煤中主要有害元素磷、氯、砷判定综合评级煤层洁净等级。

本区煤 3-3 有害元素含量均远低于划分标准。因此主要以原煤灰分和硫分确定洁净等级,当洁净等级不同时,选择最高浓度限值确定综合评价等级。

依据煤炭资源洁净等级体系划分,本区煤 3-3 原煤洁净等级 III 级,为较好洁净煤,浮煤洁净等级 II 级,为好洁净煤,洁净程度较高。

矿区煤层洁净等级划分结果见表 2。

表 2 矿区煤层洁净等级划分结果

煤样	项目	S _{t,d} /%	A _d /%	As _d /(μg·g ⁻¹)	P _d /%	Cl _d /%	综合评级
原煤	平均值	0.7	16.31	2.86	0.001	0.122	
	评级	II	III	I	I	III	III
浮煤	平均值	0.4	8.94	1.05	0.009	0.031	
	评级	I	II	I	I	I	II

5 煤的清洁利用方向

5.1 气化用煤

煤炭气化是当前煤炭清洁转化较普遍的利用方式,将煤中可燃部分转化为气体燃料或下游原料的过程,被认为是未来煤炭洁净利用技术的基础^[16-17]。

气化用煤的煤质评价指标主要有水分、挥发分、

灰分、全硫、热稳定性、煤灰熔融性、可磨性指数、黏结指数等,按照 GB/T 9143—2021《商品煤质量 固定床气化用煤》、GB/T 29722—2021《商品煤质量 气流床气化用煤》中用煤煤质指标要求。矿区煤质与气化用煤评价指标见表 3。本区煤 3-3 层热稳定性 (T_{S+6}) 为 44%,属低热稳定性煤 (LTS),总体上并不适合固定床气化用煤。但是总体上符合二级气流床气化用煤。

表 3 矿区煤质与气化用煤评价指标

气化工艺	指标级别	$A_d/\%$	煤灰熔融性		热稳定性 $T_{S+6}/\%$	$M_{ad}/\%$	黏结指数 $G_{R,1}$	$S_{t,d}/\%$	H_{GI}
			$T_S/^\circ\text{C}$	$T_F/^\circ\text{C}$					
固定床 气化用煤	一级	$A_d \leq 10.00$						$S_{t,d} \leq 1.00$	
	二级	$10.00 < A_d \leq 20.00$	$\geq 1\ 250$	$\leq 1\ 450$	> 60	≤ 20.00	≤ 30.00	$1.00 < S_{t,d} \leq 2.00$	—
	三级	$20.00 < A_d \leq 25.00$						$S_{t,d} > 2.00$	
气流床 气化用煤	一级	$A_d \leq 10.00$						$S_{t,d} \leq 1.00$	
	二级	$10.00 < A_d \leq 20.00$	—	$\leq 1\ 450$	—	≤ 20.00	—	$1.00 < S_{t,d} \leq 2.00$	≥ 40
	三级	$20.00 < A_d \leq 25.00$						$S_{t,d} > 2.00$	
煤 3-3 层		16.31	1 230	1 267	44.0	10.10	0	0.70	58

5.2 液化用煤

煤的液化按化学加工方法可分为直接液化和间接液化 2 类^[18-19]。液化用煤的煤质评价指标主要有挥发分、灰分、氢碳原子比 H/C、镜质体最大反射率、惰质组含量等 (GB/T 23810—2021《商品煤质量 直接

液化用煤》)。矿区煤质与液化用煤评价指标见表 4。矿区煤 3-3 层氢碳比低于 0.75,液化时需要提高加氢的供气量;同时原煤灰分大于 12%,影响液化效果。因此初步判断,本区煤 3-3 层总体上不能单独作为液化用煤原料^[20]。

表 4 矿区煤质与液化用煤评价指标

指标级别	$V_{daf}/\%$	可磨性指数 HGI	$A_d/\%$	镜质体最大反射率 $R_{max}/\%$	H/C	惰质组含量%
一级			≤ 8.00		H/C > 0.80	
二级	≥ 35.00	> 50	$8.00 < A_d \leq 12.00$	< 0.65	$0.80 \geq H/C \geq 0.75$	≤ 45
煤 3-3 层	40.95	58	16.31	0.46	0.74	35.98

5.3 中低温热解用煤

发展煤炭清洁高效利用技术对保障国家能源安全、支撑国民经济发展以及实现双碳目标具有重要意义。以煤热解为龙头的煤分质利用技术具有能源转化效率高、碳排放低、水耗低等优点,已成为最具前景的煤炭清洁高效转化利用的技术路线和工业实践方

向^[21]。煤炭中低温热解用煤的煤质评价指标主要有焦油产率、灰分、全硫、磷、氯、砷等 (GB/T 25210—2021《商品煤质量 中低温热解用煤》)。矿区煤质与中低温热解用煤评价指标见表 5。矿区煤 3-3 层焦油产率 (T_{ar}) 为 7.03%, A_d 为 16.31%,本区煤 3-3 层总体上属于良好的三级中低温热解用煤。

表 5 矿区煤质与中低温热解用煤评价指标

指标级别	T_{ar}	$A_d/\%$	$S_{t,d}/\%$	$P_d/\%$	$Cl_d/\%$	$As_d/\%$
一级	$T_{ar} > 12.0$	$A_d \leq 5.00$				
二级	$7.0 < T_{ar} \leq 12.0$	$5.00 < A_d \leq 10.00$	$S_{t,d} \leq 1.00$	≤ 0.030	≤ 0.100	≤ 20
三级	$T_{ar} \leq 7.0$	$10.00 < A_d \leq 20.00$				
煤 3-3 层	7.03	16.31	0.4	0.009	0.031	1.05

6 结 论

1) 通过矿区内以往资料分析平山湖矿区含煤地层为青土井群,宏观煤岩组分以暗煤为主,显微组

分以镜质组为主。工业分析原煤灰分 8.94% ~ 33.40%,平均 16.31%。原煤全硫含量为 0.24% ~ 2.61%,平均 0.70%。发热量 $Q_{gr,d}$ 在 14.86 MJ/kg ~ 27.39 MJ/kg 平均值 22.85 MJ/kg,确定本区煤层以

长焰煤为主,属于低至中灰、高挥发分、低硫、中发热量煤。是较好的动力用煤和民用燃料。

2) 经过洁净等级体系评级,矿区煤 3-3 原煤洁净等级Ⅲ级,为较好洁净煤,浮煤洁净等级Ⅱ级,为好洁净煤,洁净程度较高。

3) 通过煤炭气化、液化、中低温热解评价体系评价。认为平山湖矿区煤 3-3 层有害元素含量低,总体上适用于气流床气化用煤和低温热解用煤,并不适合固定床气化煤和液化用煤。

参考文献:

- [1] 潘月军.新形势下我国煤炭资源高效清洁利用途径分析[J]. 洁净煤技术,2023,29(S2):807-809.
- [2] 王双明,刘浪,赵玉娇,等.“双碳”目标下赋煤区新能源开发:未来煤矿转型升级新路径[J]. 煤炭科学技术,2023,51(1):59-79.
- [3] 邵浩浩.河西走廊平山湖盆地早白垩世地层沉积特征及其构造演化[D].北京:中国地质大学(北京),2018.
- [4] 琚惠姣.平山湖地区 7-2 层煤煤质特征及其成煤环境意义[J]. 煤质技术,2015(4):42-44.
- [5] 刘永亮,孙海川,鲁国防.综合物探在平山湖地区煤炭勘查中的应用[J].物探与化探,2015,39(4):738-742.
- [6] 李健,蒲丽君,刘娜.平山湖含煤区中侏罗统含煤性及其影响因素[J].煤田地质与勘探,2012,40(4):16-19,24.
- [7] 琚惠姣,田步令.平山湖矿区煤储层及含气特征分析[J].煤炭技术,2022,41(7):76-78.
- [8] WANG Yue, BAI Xiangfei, WU Linlin, et al. The petrographic compositions of Chinese commercial coals: A national survey and statistical analysis [J]. Fuel,2022,2310,122323.
- [9] 杨晓毓.动力用煤系列国家标准的修订及其与地方标准的比较[J].煤炭工程,2021,53(6):191-196.
- [10] 何建国,秦云虎,王双美等.神府矿区 5-2 煤层煤质特征及其气/液化性能评价[J].煤炭科学技术,2018,46(10):228-234.
- [11] 李聪聪.彬长矿区 4 号煤层煤质特征及洁净等级划[J].洁净煤技术,2017,23(1):28-35,47.
- [12] 余飞龙,王高皓,曹晓渊,等.王洼矿区 5#煤层煤岩煤质特征及清洁利用研究[J].煤炭技术,2023,42(7):230-234.
- [13] 乔军伟,宁树正,秦云虎,等.特殊用煤研究进展及工作前景[J].煤田地质与勘探,2019,47(1):49-55.
- [14] 李聪聪,魏云迅,杜芳鹏.永陇矿区煤岩煤质特征及煤炭资源清洁利用方向探讨[J].煤炭技术,2020,39(3):81-84.
- [15] 何建国,秦云虎,马荣,等.大南湖矿区煤岩煤质特征及清洁利用方向探讨[J].中国煤炭地质,2021,33(12):6-10,41.
- [16] 徐振刚.我国现代煤化工跨越发展二十年[J].洁净煤技术,2015,21(1):1-5.
- [17] 高聚忠.煤气化技术的应用与发展[J].洁净煤技术,2013,19(1):65-71.
- [18] 王恩泽,夏皖东,范肖南.浅谈煤炭液化技术研究现状及发展前景[J].煤质技术,2015(6):5-8,12.
- [19] 贾明生,陈恩鉴,赵黛青.煤炭液化技术的开发现状与前景分析[J].中国能源,2003(3):14-18.
- [20] 郭旭颖,里莹,董艳荣,等.宝日希勒露天煤矿煤层煤质特征及洁净等级划分[J].洁净煤技术,2018,24(3):8-13.
- [21] 尚建选,牛犇,牛梦龙,等.以煤热解为龙头的煤分质利用技术:回顾与展望[J].洁净煤技术,2023,29(7):1-20.