

河南禹县煤矿区煤质特征与成煤环境的关系

龚绍礼

(江西省煤田地质勘探公司)

提要 咸水、半咸水及淡水成煤环境中形成的煤层，其硫含量变化趋势由高向低，灰成分的比值则由小至大。同一煤层中的硫含量变化与成煤沼泽的覆水深度呈正相关。煤层灰分的高低与成煤沼泽中的陆源碎屑的供应及沼泽水体的流通扩散状态有关。同一煤层中的灰分含量高低与成煤沼泽古地貌关系密切，反映了风携沉积物对煤中灰分的影响。

主题词 硫分 灰分 成煤环境 沼泽水体 古地貌

作者简介 龚绍礼 男 30 工程师 煤田地质

在煤田勘探、开发中，煤质研究预测工作日益受到人们的重视，如何在高灰、高硫煤中寻找相对的低灰、低硫煤，是一个有实际意义的课题。为此，笔者对河南禹县煤矿区内不同煤质特征的煤层进行了研究，发现煤质特征与成煤环境关系极为密切。

禹县煤矿位于河南省中部，其含煤岩系为石炭—二叠纪，含可采煤层近十层。对该煤系的沉积环境进行了较详细的研究工作。笔者选择不同成煤条件下的一₄煤层、四₄煤层和五₂煤层进行剖析。晚石炭世太原组的一₄煤层夹于海相碳酸盐岩中，属滨海咸水泥炭沼泽成煤环境^①。早二叠世晚期下石盒子组第四含煤段的四₄煤层，形成于废弃三角洲朝陆地区，属陆上淡水泥炭沼泽成煤环境。下石盒子组第五含煤段的五₂煤层，形成于废弃三角洲边缘席状砂之二，属废弃三角洲之上的半咸水泥炭沼泽成煤环境。

一般认为，煤质特征与成煤植物种类、成分，以及沼泽中潜水面、氧供给、酸碱度等生态环境和煤层聚集时的气候条件有关。研究表明，本区煤层均由高等植物堆积而成，成煤期的气候条件也没有明显差异。影响本区煤层硫分、灰分等的主要因素，是成煤沼泽水体的酸碱度、流程程度及成煤沼泽的古地貌。而这些因素都与煤系沉积环境密切相关。

一 硫 分

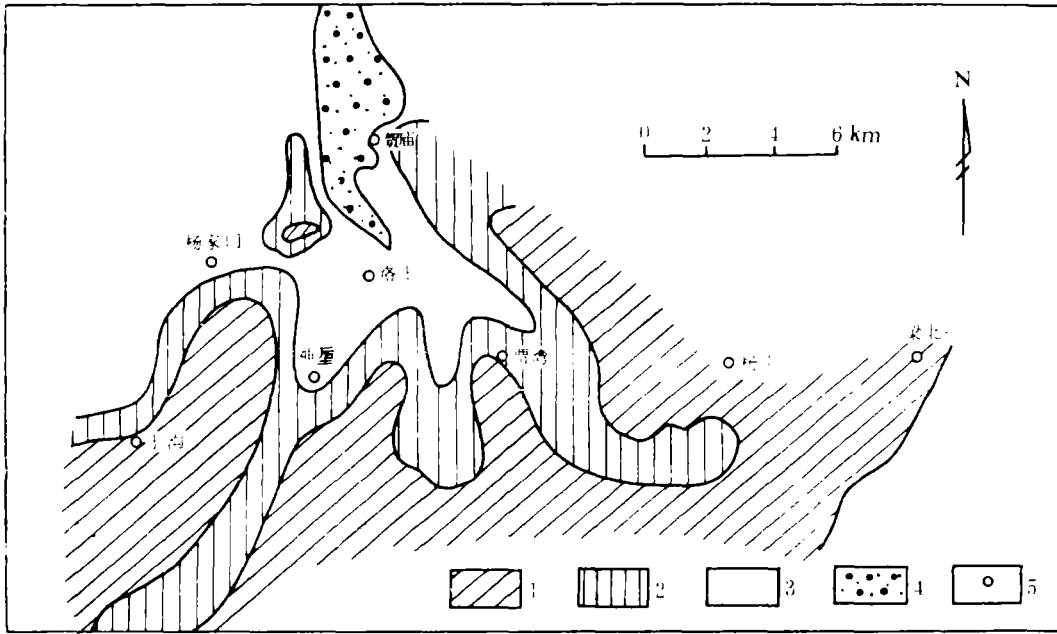
1、沼泽水体酸碱度的影响

煤中硫分，由有机硫和无机硫组成，硫含量的明显变化，主要反映在无机硫的含量上，硫分统计分析表明（表1）了硫含量变化与相应煤层的成煤水介质之间的关系。

表1 全硫(S_T)含量统计表
Table 1 Statistical results of the total sulfur content

项 目 \ 煤 层	一 ₄ 煤	五 ₂ 煤	四 ₄ 煤
样 品 组 数	24	69	53
平均含量 (%)	4.86	1.14	0.43
主 要 分 布	>3%占95%	0.6—<3%占91%	>0.6%占85%
成煤水介质	咸 水	半咸水	淡 水
资 料 来 源	129队(1983)	126队(1965、三峰山、大刘山井田)	

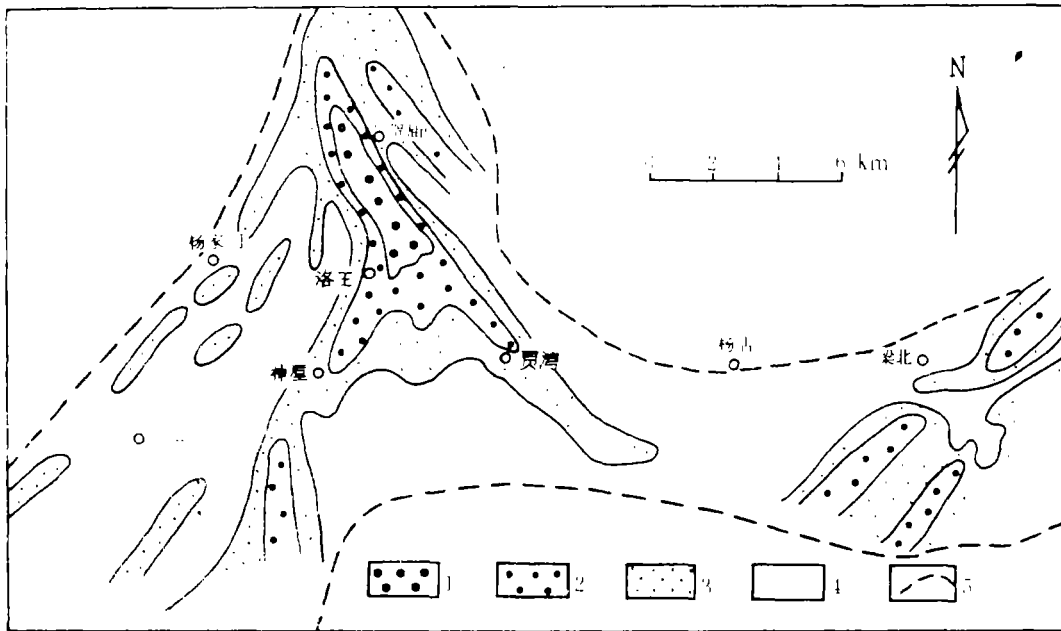
①雷世泰，1982，硕士研究生毕业论文



1. >1% 2. 0.7% 3. <0.7% 4. 无煤区 5. 村庄

图1 禹县矿区西部五₂煤层硫分等值线图

Fig.1 Isopech of the sulfur content of the coal seams № V₂ in the west Yuxian district.



1. >15米 2. 10~15 3. 3~10 4. <5 5. 钻孔控制区

图2 禹县矿区西部五₂煤层底板砂岩厚度等值线图

Fig.2 Isopech of the sandstone thickness of the coal seam № V₂ in the west Yuxian district

显微镜下对硫的赋存状态的观察表明: 一₄煤和五₂煤中以莓状黄铁矿为主。据 L.G 洛夫(1957) 研究, 莓状黄铁矿是由一种生活在咸水或半咸水条件下的使硫还原的微生物形成的。

四₄煤的硫含量很低。镜下未见莓状黄铁矿。煤灰分分析结果, SO₃ 的含量几乎全为零。说明煤中主要硫分是有机硫。因有机硫燃烧后不会残留在灰分中。无机硫则以 SO₃ 的氧化物形式保存下来。

2. 沼泽覆水深度的影响

同一水介质条件下的煤层, 其硫含量在平面上也有明显变化。主要与成煤沼泽的覆水深度有关。以五₂煤为例, 在平面上, 五₂煤的含量变化(图1)与₂煤底板砂岩厚度(图2)表现为正相关, 即硫含量较高地区, 下伏砂岩厚度较小。硫含量较低地区则相反。由于泥岩的压实效应比砂岩要显著得多。这实际上说明薄砂岩区之上的成煤环境是一个有利硫细菌生存的较深水滞留沼泽环境。在废弃三角洲边缘的沿岸砂坝之后发育的煤层硫含量高(图1、图2), 其原因也是如此。

在剖面上, 五₂煤层的硫分也与沼泽的覆水深度有关。其下部硫含量较高, 以光亮型煤为主, 上部硫含量较低, 以暗淡型为主。区内云盖山井田采有分层煤样的二十多个煤层点, 其中85%的点硫含量下部高于上部。这一特点, 代表着沼泽水体由深变浅, 由弱还原向弱氧化或半咸水向淡水的演变过程, 这与五₂煤层形成于不断充填的半咸水浅水海湾这一环境有关。

3. 煤层顶板沉积环境对硫分的影响

霍恩(Horne, 1978)认为: 对于煤层顶底板沉积物而言, 煤层顶板的沉积环境, 对煤中新含硫的类型和含量更为重要。

然而, 本区煤层顶板沉积环境对下伏煤层的硫含量似乎没有什么影响。本区内几层可采煤层二₁、三₉、四₄、五₂、六₄和七₃煤, 其顶板沉积物中都含有较多半咸水指相动物化石海豆芽(*Lingula sp.*), 但仅五₂煤硫含量明显偏高, 其余则属于特低硫煤(<1%)。对这一现象, 笔者初步认为: 影响本区煤层硫含量及类型的因素, 主要取决于泥炭沼泽的酸碱度(咸水、半咸水及淡水)。至于顶板的沉积环境, 对煤层中硫的类型和含量是否产生影响, 不能只看到煤层顶板的沉积环境, 更重要的是覆盖泥炭沼泽的顶板所形成环境持续的时间长短。因为沉积物堆积之后的早期成岩阶段一般都保存着沉积环境中的水介质特征(刘宝珺, 1980)。埋藏初期的泥炭也是如此。要改变沉炭中的水介质特征, 必然要经历一个较长时间。在地层上, 则常表现为煤层顶板的某种水介质的沉积物必须具有一定厚度。

本区主要可采煤层形成后均为半咸水浅水海湾所覆盖, 水浅且流通程度好, 加之随后注入其中的分流河道, 引入大量淡水使半咸水海湾边缘淡化, 从而减弱了对下伏泥炭中水介质的改造作用。另外, 分流河道沉积使浅水海湾迅速充填, 也缩短了半咸水对泥炭层的覆盖时间。这就是本区淡水泥炭沼泽未受到半咸水明显改造的原因所在。五₂煤层由于本身形成于半咸水条件, 后来又为短暂的半咸水环境所覆盖, 故而保持了半咸水条件下泥炭的特征。

二 灰 分

1. 不同环境下煤层的灰分

灰分的高低, 主要取决于成煤沼泽中碎屑物质的供应, 2. 不同沉积环境中碎屑物质供应的方式往往不同。

矿区南带的三峰山—大刘山井田, 一₄煤、四₄煤和五₂煤之间的灰分存在一定差别。五₂煤中常见波状层理, 煤岩组分也有搬运的现象。反映了当时成煤沼泽水体动荡, 具有一定的搬运能力。沉积环境的研究也表明存在一定的潮汐作用的影响。在成煤时期, 原三角洲朵叶的废弃干河道仍可能是洪泛期的溢洪通道(图1北部无煤区位置), 由此带入丰富的陆源悬浮质被潮汐一波

浪扩散于沼泽中，故而形成了高灰分煤层。

四₄煤形成时，处于废弃三角洲朝陆地区，沼泽水体搅动能量低，灰分可能主要来自侧翼三角朵叶上的主要河流洪泛沉积物，故灰分较五₂煤低。

一₄煤低灰分特点，主要是因为成煤沼泽水体中缺乏陆源碎屑物质。它当时形成于一个广阔碳酸盐缓坡上。在这种环境下，水体的动荡对于煤中灰分分布可能不起决定的作用。

2. 同一成煤沼泽中灰分分布

同一成煤沼泽中的碎屑物质的搬运营力和成煤古地貌有关。

五₂煤层的灰分平面分布图(图3)，表明了同一成煤环境中灰分的变化。在废弃三角洲残存河道周围(图3北部无煤区位置)，灰分均高于40%。说明煤中碎屑物质主要为原残存河道带入的溢洪沉积物。从图3可以看出，在灰分总体趋势向南降低的情况下，仍有一些高灰分地区。比较图2与图3，发现煤层较高灰分区正好与其下伏砂岩厚度较大区相重合，即在原下伏废弃三角洲的砂脊、外围障壁砂坝等高砂值地带，煤层灰分较高。这一特征与通常持有的高位沼泽灰分低于低位沼泽灰分的观点相悖。笔者认为，煤中灰分的分布规律比较复杂，洪泛沉积、水道注入、大气降尘、风携沉积、地下水物质沉淀等都有不同影响。五₂煤层南带高砂区之上的高灰煤，正是由于较高沼泽地貌有利捕获风携沉积物的结果。这一灰分分布规律，对多数滨岸地区的煤层可能具有普遍意义。

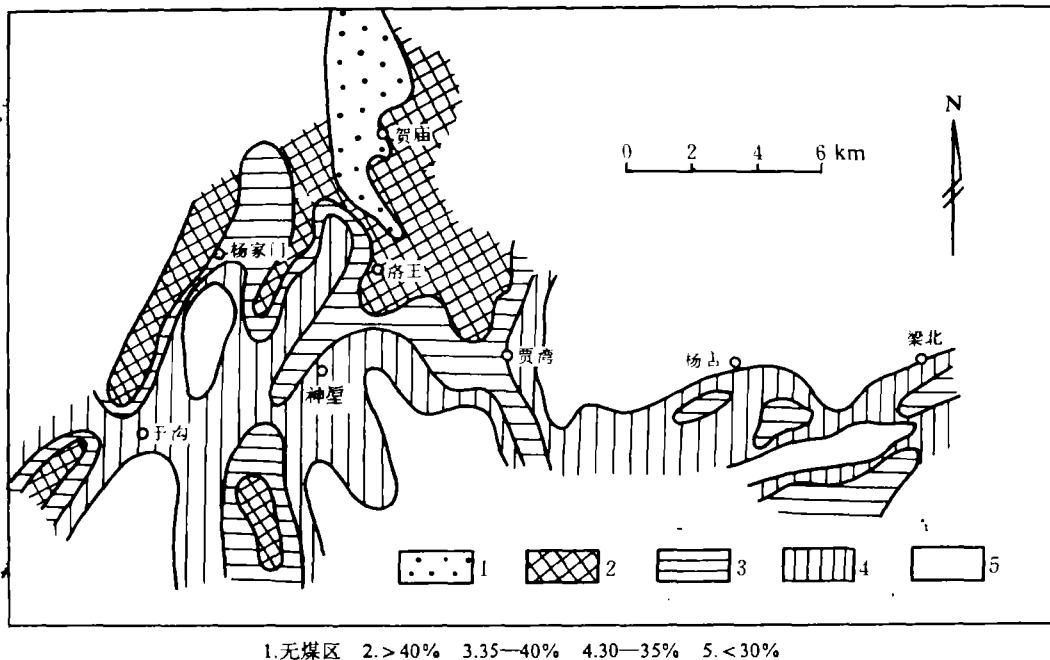


图3 禹县矿区西部五₂煤灰分等值线图

Fig.3 Isopech of ash content of the coal seam № V in the west Yuxian district.

3. 灰分成分的环境意义

对所收集的一₄煤、四₄煤和五₂煤的灰分成分的数据加以分析整理，发现其中某些化学成分在不同环境显示不同的特点。从表2中可以看出在咸水、半咸水至淡水条件下形成的煤层，其SiO₂和Al₂O₃含量增高，而Fe₂O₃、CaO、MgO、SO₃含量降低。

造成上述变化的原因，可能是与沼泽水介质化学成分有关。将现代海水和河水中所含溶解物质含量进行比较可以看出，除铁含量外，它们的相对含量变化规律与不同水介质条件下形成的煤层灰分成分的变化规律相一致。这一特征，可能主要是成煤沼泽水介质下列作用所致。1.不同水

介质条件下生长的成煤植物本身所含碳物质及成分不同；2.不同水介质的泥炭沼泽中会形成不同的自生矿物组合，3.不同水介质对泥炭沼泽中碎屑物质的改造程度不同。当一种水介质中的矿物沉积在另一水介质环境中时，那么这种矿物最终要与新环境达成平衡。同样，煤中许多陆源碎屑矿物，碱性水介质作用下，会改变矿物成分和化学成分。

那么，为什么河水中的铁含量比海水中高，而淡水条件下的煤层，其灰成分中铁含量却比半咸水、咸水条件下的煤层低呢？主要是河水携带大量铁质进入咸水盆地之后，在电解质作用下发生沉淀的结果。因此，海水中虽较河水低，但在河流入海口附近的泥炭沼泽及沉积物中，可沉淀较多的铁类水化物。现代和古代过渡环境中就常见铁矿层和铁结核。

根据灰分成分变化特点，采用 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 含量和 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{SO}_3$ 含量作端元制作的散点图（图4），直观地反应了不同环境下煤层的灰成分特点。前者，随着水介质含盐度的增加，含量逐渐变低，后者则恰恰相反。如果选用两端元的比值 K ($K = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{SO}_3$) 作为指标，那么，不同环境下煤层灰分的 K 值为：咸水为主条件下的煤层， K 值小于 3.5；半咸水为主时， K 值 3.5—10；淡水为主时， K 值大于 10。 K 值不仅具有成煤环境的意义，还对评价煤的工业利用有帮助。在国外某些国家，煤灰污垢性就是采用碱酸比值来进行评价的。一般定义碱酸比值 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) 大于 0.4 时认为容易产生污垢。

需要指出的是，在咸水、半咸水泥炭沼泽的朝陆方向，可能渐渐变为淡水沼泽。因此，必须注意煤质指标在平面上的变化趋势。

表2 灰分成分平均含量统计表
Table 3 The statistical results of average content of ash component

煤层	灰成分组数	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	水介质
一 ₄ 煤	14	41.50	25.05	12.11	9.05	1.52	5.76	咸水
五 ₂ 煤	17	55.78	28.21	6.95	3.97	0.80	1.64	半咸水
四 ₄ 煤	9	62.00	29.25	3.02	2.69	0.35	0.89	淡水

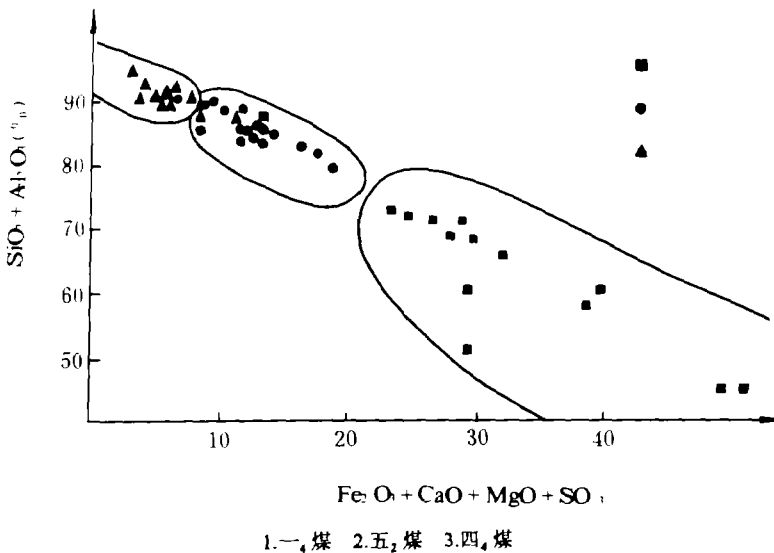


图4 一₄、四₄、五₂煤灰成分分布图

Fig.4 The distribution map of ash content in coal seams № I₄, VI₄, V₂

三 结 语

随着成煤沼泽水体含盐度的增加,煤中的硫含量也不断增高,灰成分比值 K 由大变小。同低一沼泽中形成的煤层,其硫含量大小与沼泽覆水深度及水体流通程度有关,其灰分含量高低与沼泽中碎屑物质的成因及沼泽古地貌有关。覆水较深,地形较低地段,硫含量高而灰分较低。

煤层顶板沉积环境是否对煤中硫含量产生影响,不仅要看两者环境有无变化,还要看顶板环境持续存在时间的长短。

可以利用煤层的上述特征,进行成煤环境分析和开展煤质预测。

本文曾得到杨起、李宝芳教授、傅泽明副教授的指导和帮助,煤炭部 129 队提供了部分资料,在此一并致谢!

收稿日期 1987 年 1 月 3 日

参 考 文 献

- (1) 杨起等, 1982, 地球科学, 第3期, 263—272页
- (2) 龚绍礼, 1986, 煤田地质与勘探, 第6期, 2—9页
- (3) 武汉地质学院煤田研究室, 1979, 煤田地质学(上册), 地质出版社
- (4) 张伟中(译), 1980, 国外地质, 第1期, 1—20页
- (5) 刘宝瑞主编, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社
- (6) Stach, D.E., *et al.*, 1975, Stach's textbook of coal petrology, second completely revised edition, Berlin

STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN COAL-ACCUMULATING ENVIRONMENT AND COAL QUALITY IN YUXIAN COAL DISTRICT, HENAN

Gong Shaoli

(Jiangxi Coal Geology and Exploration Company)

Abstract

In order to forecast, explore and exploit relative high quality coals, it is necessary to understand the changing law of sulphur and ash contents and the factor controlling the changing law. For this reason the preliminary study on the coal quality of coal seams No. V_4 , IV_4 and V_2 , which were formed in different coal-accumulating environments and is located in Yuxian coal district, Henan, have been taken by the author.

The result shows that the range of the sulphur content of the coal seam formed in salt water swamp is $> 3\%$, and exist as strawberry pyrite. The sulphur content of the coal seam formed in fresh water swamp is $< 0.6\%$, and this sulphur mainly exists as organ sulphur.

Ash content in coals is bound up with coal-accumulation environment and disturbing degree of swamp water. The coal seams formed in the carbonaceous shore with clear water and slight disturbance usually contain relative low ash content. The coal seams developed in the seaward area of abandoned delta with the disturbing

water and detrital supplement frequently contain the relative high ash content; and in the landward area of abandoned delta, the relative low ash content.

The ash component in coal reflects the character of swamp water. With increasing the water salinity in swamp, ash component specific value ($K = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{SO}_3)$) gradually decreases. The coal seams formed in fresh water swamp, $K = 10-3.5$; in salt water swamp, $K < 3.5$.

In same coal seam the change of sulphur content is responsible for the depth of water in swamp. The depth was mainly controlled by the ancient topographical features which were effected by the thickness of underlying sandstone. Where the underlying sandstone is relative thick, the defferent compact is smaller, generally formed higher landforms, therefor the coal seams formed under the shallow water usully contain lower sulphur. These character is opposite from the places where under lying sandstone thickness is small. The higher landform in swamp catches the deposits carried by wind easily, then the coal seams contain higher ash content.

Whether depositional enviroment of coal roof will effect the sulphur content and sulphur type in underlying coal seams is determined by the lasting time of the environment of coal roof. The looger the lasting time, the more marked effect.

Combining the change features of sulphur and ash contents with the study of depositional and coal-acumulating enviroments, it is posible to forecast, explore and exploit the coal with lower sulphur and ash contents in wherc coal seams is considered containing high sulphur and ash contents.