

补作井田可采煤层灰、硫特征及聚煤环境分析

周莹, 管月娟, 丁静, 窦国元, 姜玮

宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

收稿日期: 2023年8月19日; 录用日期: 2023年9月13日; 发布日期: 2023年9月20日

摘要

依据补作井田大量的煤田地质勘探资料及煤储层灰分和硫分数据, 对主要可采煤层灰分产率、硫分含量的分布特点进行分析, 并通过原煤灰分产率、硫分含量特征对研究区聚煤环境进行了划分。研究结果表明: 垂向上, 随着可采煤层埋深的增加, 灰分产率和硫分含量呈降低趋势, 但平面上灰分产率和硫分含量的变化较大。总体上, 可采煤层灰分产率与硫分含量呈正相关关系, 灰分产率、硫分变化与海侵影响下的泥炭沼泽聚煤环境有显著的关系。

关键词

灰分, 硫分, 沉积环境, 煤层

Analysis on Characteristics of the Ash Yield and Sulfur Content and Coal Accumulating Environment in Coal Seams of Buzuo Mine

Ying Zhou, Yuejuan Guan, Jing Ding, Guoyuan Dou, Wei Jiang

College of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

Received: Aug. 19th, 2023; accepted: Sep. 13th, 2023; published: Sep. 20th, 2023

Abstract

Based on a large number of coal field geological exploration data and ash and sulfur data, the characters of the changes and distribution of the ash yield and sulfur content were emphatically analyzed, and through the characters of the ash yield and sulfur content, the coal environment of study area is measured. The results showed: In vertical as the depth of coal seam increased, ash and sulfur content was generally decreased, however, there was a large change in the plane. In general, ash and sulfur of coal showed a positive correlation, the change of ash and sulfur was ob-

viously related with the depositional environment of peat swamp under the extraordinary influence of transgression of the sea.

Keywords

Ash, Sulfur, Depositional Environment, Coal Bed

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤是含有多种微量元素，成分复杂的有机体，煤炭在我国能源结构中占主导地位，煤炭清洁利用是中国低碳能源的战略选择[1]。晚二叠世是中国南方地史上一个重要的聚煤期[2]。煤中微量元素含量的多少以及赋存状态对于煤炭环境分析具有重要的意义[3]，采区内可采煤层灰分、硫分作为判定煤质的重要指标，对煤层的高效开发利用具有重要的指导意义。前人多进行煤化学成分的研究，缺少煤的灰、硫分与聚煤环境关联性的分析。因此，本文主要从晚二叠世煤系的沉积特征和成煤环境方面进行讨论，揭示沉积环境对聚煤作用的控制，为成煤系统分析，解决盆地的原型和归属等问题提供基础素材和依据[4]。

补作井田位于贵州省纳雍县南部，属于织纳矿区，北西是中岭煤矿，西部与五轮山井田相邻。该煤田煤炭资源丰富，是贵州优质无烟煤基地[5]。井田位于水公河向斜东翼，整体为向水公河倾斜的近“S”的单斜构造。其间发育有次一级的断裂构造和褶曲，煤岩层走向近南北，倾向东西，倾角浅部较大，一般 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，深部较缓，一般 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。含煤地层为晚二叠世龙潭组，含煤43~57层，一般为50层左右，总厚度18.65~40.52 m，平均29.86 m，含煤系数9.74%。含可采煤层9层，煤层总厚8.10~18.76 m，平均厚度16.32 m，可采含煤系数为5.32%。补作井田所在位置及交通情况如图1所示。



Figure 1. The location map of Buzuo Mine

图1. 补作井田交通位置图

2. 原煤灰分、硫分特征

2.1. 可采煤层灰分、硫分特征

对采取内不同层位煤进行取样分析, 结果如下:

Table 1. The characteristics of the ash yield and sulfur content in coal seams
表 1. 可采煤层灰分、硫分特征

煤层	灰分(Ad)/%	全硫(St, d)/%
3	16.41–35.38%	1.72–7.02%
	25.81%	4.04%
6 ⁻²	14.73–34.27%	0.75–6.77%
	24.60%	2.58%
6 ⁻³	9.53–39.02%	0.37–4.72%
	21.06%	1.61%
6 ⁻⁴	9.090–35.06%	0.41–3.66%
	17.69%	1.34%
8	12.13–32.18%	0.41–6.60%
	19.95%	2.77%
16	9.71–38.64%	0.35–4.14%
	17.39%	1.36%

Table 2. The standard deviation of ash yield and sulfur content in coal seams
表 2. 可采煤层灰分、硫分标准差统计表

煤层	3	6 ⁻²	6 ⁻³	6 ⁻⁴	8	16
Ad	4.66	5.47	5.29	5.20	4.55	4.98
St, d	1.21	1.75	1.13	0.87	1.41	1.00

2.2. 原煤灰分产率及变化

3号、6⁻²号、6⁻³号、6⁻⁴号、8号、16号煤层均属于中灰煤(见表1), 6⁻²号煤层和6⁻³的灰分标准差分别为5.47和5.29, 说明其灰分产率变化幅度较大; 3号煤层和8号煤层的灰分标准差分别为4.66、4.55, 在可采煤层中灰分产率变化幅度较小(见表2)。

3号煤层大部分地段原煤灰分产率在20%~30%, 四周局部地段原煤灰分产率大于30%。6⁻²号煤层以中灰煤为主, 只在南部、中部和北中部插有高灰煤和个别低灰煤。6⁻³号煤层南部地区原煤灰分产率较低, 有6个钻孔为低灰煤, 其余地区均为中灰煤, 往南灰分有降低的趋势。6⁻⁴号煤层在板房向斜两侧灰分产率明显偏低, 为低灰煤。中东、中西大片地区均为低灰煤为主, 还有个别钻孔为特低灰煤。南面插入个别高灰煤, 西北地区以中灰煤为主。8号煤层中部地区以中灰煤为主; 往南、往东有降低趋势, 往北有升高的趋势。16号煤层灰分产率的分布为中东部和东南面灰分较低为低灰煤, 北部和西部灰分产率较高位中灰煤。

纵向上从下部的16号煤层一直到上部的3号煤层, 原煤灰分产率增高-降低-增高的变化趋势。同时, 煤层灰分产率变化的变化幅度较小-较小-较大。

2.3. 原煤全硫及变化

煤中硫分含量的高低主要与成煤物质、成煤时期所处的沉积环境以及沼泽的覆水程度等因素密切相关[6]。

由表 1 可知, 3 号煤属高硫煤, 6²号、6³号、8 号煤属中高硫煤, 6⁴号、16 号煤属中硫煤。该区主采煤层 6⁴号煤层西面和南面及中部有小片中高硫煤外, 其余地区均为中硫煤和低硫煤及特低硫煤; 8 号煤在中部、东北部和西南部部分地区为高硫煤, 在西部边缘东北面有分散中硫煤和低硫煤分布, 其余地区为中高硫煤。16 号煤层, 除四个钻孔为高硫分; 四个钻孔为中高硫煤, 其余地区均为中硫煤、低硫煤、特低硫煤连成一片(见图 2)。

由表 2 可知, 6²号煤硫分标准差最大为 1.75, 硫分变化幅度最大; 6⁴号煤硫分标准差最小为 0.87, 硫分变化幅度最小。总体看来, 各煤层原煤全硫在纵向上有一定的规律, 表现为随着深度的增加, 硫分含量呈减小的趋势, 但是在 8 号煤有异常, 硫分含量出现了一次高峰。

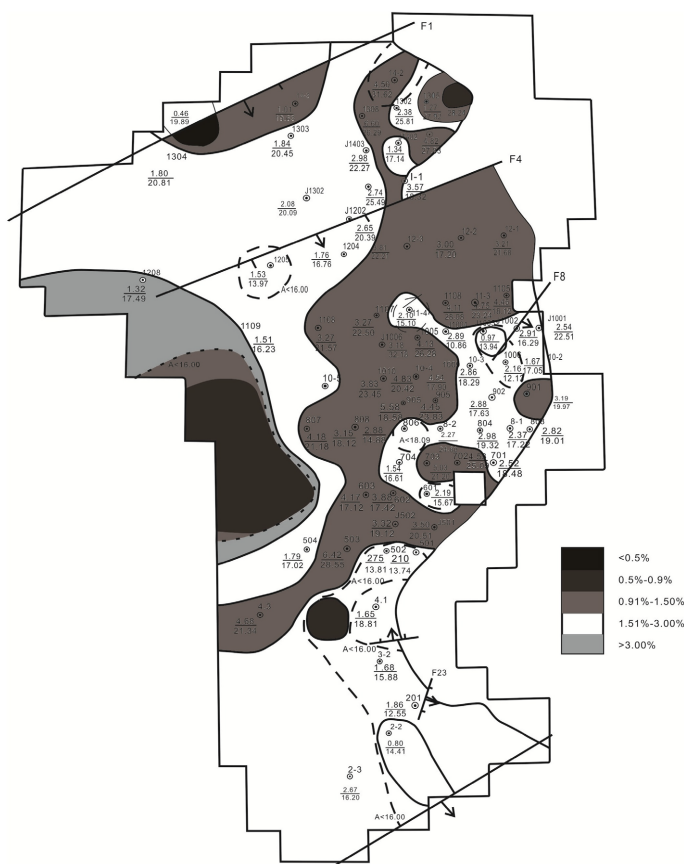


Figure 2. The contour line of the No.8 ash yield and sulfur content
图 2. 补作井田 8 号煤灰分、硫分等值线图

3. 灰分、硫与沉积环境

3.1. 灰分与硫分的相关性分析

原煤灰分产率与硫分含量呈一定的相关性(见图 3、图 4、表 3), 从 3 号煤到 16 号煤随着煤层的埋深增加, 灰分产率与硫分含量呈一种正相关关系, 3 号煤灰分产率最高, 其硫分含量也最高; 16 号煤灰分

产率最低，其硫分含量也相对最低。各煤层内灰分、硫分相关关系比不明显，各煤层局部地段出现一定的规律性，但总体看来规律性不明显[7]。

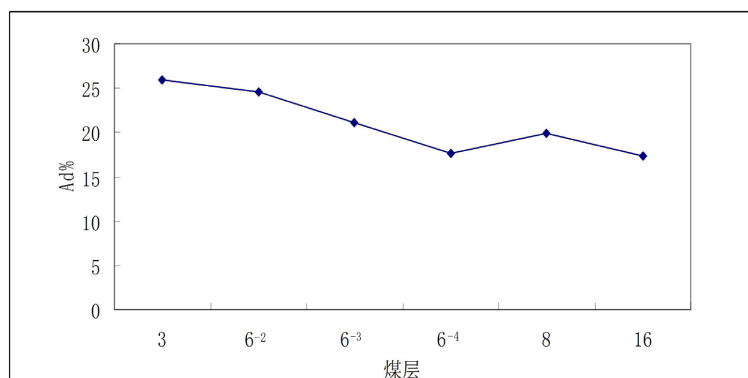


Figure 3. The relationship of ash yield in the vertical
图 3. 灰分产率垂向变化关系图

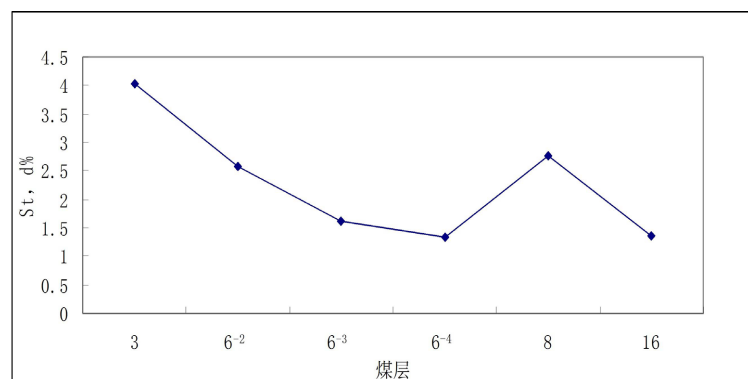


Figure 4. The relationship of sulfur content in the vertical
图 4. 硫分含量垂向变化关系图

Table 3. The drilling data of ash yield and sulfur content
表 3. 部分钻孔灰分、硫分数据

钻孔号	3号煤		6 ⁻² 号煤		6 ⁻³ 号煤		6 ⁻⁴ 号煤		8号煤		16号煤	
	灰分	硫分	灰分	硫分	灰分	硫分	灰分	硫分	灰分	硫分	灰分	硫分
2-2	26.03	3.69	-	-	17.80	0.79	30.38	0.53	14.01	0.80	12.73	2.25
2-3	24.81	3.59	-	-	15.20	1.21	-	-	16.20	2.67	-	-
4-1	29.50	6.84	-	-	16.21	1.42	32.46	2.50	18.81	1.65	22.67	0.56
4-2	22.72	4.18	-	-	17.38	1.03	16.36	0.61	14.18	0.64	16.92	0.75
4-3	27.35	5.23	34.27	6.25	-	-	-	-	21.34	4.69	18.43	0.62
702	25.64	3.26	-	-	24.03	4.45	13.94	0.65	25.09	4.53	14.28	0.51
704	26.53	6.36	-	-	18.48	2.97	11.89	0.50	16.61	1.54	13.92	0.70
805	23.93	3.52	19.21	3.09	16.77	0.52	15.66	0.25	14.69	2.58	14.9	1.65
807	30.16	2.90	-	-	19.23	2.74	-	-	21.16	4.18	24.06	2.16

Continued

806	30.17	4.03	22.47	3.41	-	-	23.53	3.66	18.12	3.15	12.03	1.48
901	30.05	4.29	21.43	2.65	-	-	17.95	1.19	19.97	3.15	-	-
904	22.06	3.36	32.42	3.07	24.11	0.92	29.00	2.01	23.83	4.45	30.64	0.58
11-3	22.33	5.61	-	-	-	-	-	-	23.24	4.75	-	-
11-4	30.55	2.11	20.10	2.34	-	-	-	-	15.10	2.10	-	-
1109	31.11	4.48	26.33	2.35	14.79	1.70	20.78	2.61	16.23	1.51	15.98	1.29
12-2	35.17	4.09	33.27	3.52	-	-	-	-	17.20	3.00	-	-
12-3	24.76	4.39	23.46	3.73	-	-	19.24	1.20	22.21	3.81	17.08	0.84
1206	29.24	3.25	24.73	3.33	21.85	2.16	-	-	17.49	1.32	-	-
J1402	35.02	3.07	23.06	0.89	15.80	1.36	16.19	0.90	17.14	1.34	15.20	0.70
J1403	22.16	4.70	-	-	21.32	1.79	19.60	0.84	22.27	2.98	25.04	1.07
J1404	33.75	4.44	22.51	2.13	-	-	-	-	27.83	4.84	-	-
14-3	25.09	3.75	-	-	-	-	-	-	19.63	1.01	-	-
14-4	20.88	5.09	-	-	20.80	0.84	14.74	0.62	19.69	0.48	-	-

3.2. 灰分、硫分与沉积环境

沉积环境对煤的灰分以及硫分有重要影响,灰成分参数可以作为成煤环境重要的地学指标;用全硫含量及灰成分参数可以对聚煤沉积环境进行划分[4] [8] [9]。补作井田3号煤层受海水影响最大为泥炭沼泽;6⁻²号煤层和8号煤层受海水影响较大为泥炭沼泽;6⁻³号、6⁻⁴号、16号煤层受海水影响最小为泥炭沼泽。

表4为聚煤环境划分标准[8]。依据表4和表5,结合研究区的沉积环境,3号、6⁻²号、6⁻³号、6⁻⁴号、8号、16号煤层受海水影响均较高,形成于受海水影响的泥潭沼泽,其中3号煤受海水影响最高,其原煤硫分含量也最高;6⁻⁴号、16号煤层受海水影响区域最小,因此其原煤硫分含量也最低。灰分特征除受到物源物质特性的影响,主要取决于聚煤环境。3号煤层受海水影响最大,Fe₂O₃+CaO+MgO含量值最大,6⁻³号、6⁻⁴号、16号煤层受海水影响较小,其Fe₂O₃+CaO+MgO含量值也较小(见表5)。

Table 4. The analysis parameters of coal environment

表4. 成煤环境分析参数[8]

沉积环境	St, d (%)	灰成分含量(%)		灰成分指数		煤层顶板
		Fe ₂ O ₃ +CaO+MgO	Al ₂ O ₃ +SiO ₂	Fe ₂ O ₃ +CaO+MgO Al ₂ O ₃ +SiO ₂		
受海水影响的泥炭沼泽	>1	>20	<75	≥0.23		滨海浅海灰岩或碎屑岩
陆相泥炭沼泽	<1	5-20	>75	≤0.22		过渡相或陆相碎屑岩

Table 5. The index of coal's ash yield and sulfur content of Buzuo Mine

表5. 补作井田各煤层灰分和硫分指数

煤层号	Fe ₂ O ₃ +CaO+MgO (%)	Al ₂ O ₃ +SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ +CaO+MgO Al ₂ O ₃ +SiO ₂	St, d (%)	煤层顶板岩性
3	31.1	60.49	0.51	4.04	灰岩
6 ⁻²	19.1	75.09	0.25	2.58	粉砂质泥岩

Continued

6 ⁻³	13.82	80.15	0.17	1.61	粉砂质泥岩
6 ⁻⁴	14.62	79.47	0.18	1.34	粉砂质泥岩
8	22.38	70.23	0.32	2.77	粉砂岩、细砂岩
16	17.48	74.43	0.23	1.36	粉砂岩 泥质粉砂岩

4. 结语

1) 补作井田煤层灰分产率变化不大, 3号、6⁻²号、6⁻³号、6⁻⁴号、8号、16号煤层均属于中灰煤; 垂向上从下部的16号煤层一直到上部的3号煤层, 原煤灰分产率呈现增高-降低-增高的变化趋势。同时, 煤层灰分产率变化的变化幅度越来越大。

2) 研究区硫分含量变化较大, 3号煤属高硫煤, 6⁻²号、6⁻³号、8号煤属中高硫煤, 6⁻⁴号、16号煤属中硫煤。总体上随着煤层埋深的增加, 硫分含量呈减小的趋势。但是8号煤出现异常, 硫分含量出现了一次高峰, 主要是由于海相环境的影响, 可能主要原因是由于海侵的作用导致硫分含量的增高。总体上补作井田原煤灰分产率与硫分含量呈一定的相关性, 从3号煤到16号煤随着煤层的埋深增加, 灰分产率与硫分含量呈一种正相关关系。

3) 通过对研究区全硫含量及灰成分参数分析可知: 研究区煤层的聚煤环境均属于海相泥炭沼泽。其中3号煤受海水影响最大, 其硫分含量也最高; 6⁻²号、6⁻³号、8号煤受海水影响较高, 其硫分含量也相对较大; 6⁻⁴号、16号煤层受海水影响最小, 其硫分含量也最低。

基金项目

宿州学院资助省级大学生创新创业训练计划项目, 项目名称: 基于低温氮吸附的多煤层区煤孔隙多重分形特征研究。

参考文献

- [1] 赵剑峰. 低碳经济视角下煤炭工业清洁利用分析及政策建议[J]. 煤炭学报, 2011, 36(3): 514-518.
- [2] 张文斌, 何碧, 陶刚, 等. 黔北新仁地区上二叠统龙潭组煤质地球化学特征及聚煤规律[J]. 西北地质, 2020, 53(4): 51-65.
- [3] 沈明联. 贵州水城小牛井田晚二叠世煤的地球化学特征及成煤环境分析[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [4] 张泓, 何宗莲, 晋香兰, 张慧, 等. 祁连山东段宝积山-红会煤盆地沉积环境与聚煤规律[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 622-631.
- [5] 唐显贵. 贵州省织纳煤田煤质特性分析[J]. 煤质技术, 2010(1): 11-14+25.
- [6] 张永生, 贺丹, 李静琴, 等. 陕北三叠纪煤田 3号煤中硫分与灰分组成特征及成因分析[J]. 煤质技术, 2018(5): 6-10.
- [7] 明方平. 织金以那矿区煤层灰分与硫分特征分析[J]. 煤质技术, 2008(6): 11-13.
- [8] 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.
- [9] 叶道敏, 罗俊文, 肖文钊, 等. 中国西南地区煤岩显微组分性质成因及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1997.