

江西省萍乐坳陷煤矿采空区瓦斯富集机理研究

付奇睿, 刘云云, 张玉树*

江西省地质局能源地质大队 江西南昌

【摘要】为有效防治瓦斯灾害并推动煤层气资源开发,本研究旨在系统揭示江西省萍乐坳陷丰城煤矿区主采 B₄煤层中瓦斯富集的关键地质控制机理,核心科学问题是厘清控制该矿区瓦斯非均质赋存的主导地质因素及其耦合关系。本研究采用多手段综合分析方法,系统整合了区域地质勘探、钻孔数据、煤质测试(包括镜质组反射率测定与工业分析)及瓦斯参数实测数据,重点从顶底板岩性、煤层埋深、煤层厚度、煤变质程度及地质构造等核心地质控气因素出发,对瓦斯赋存规律进行定量与定性相结合的综合研究。研究表明,B₄煤层瓦斯赋存受多因素协同控制:①岩性控制:致密顶底板(如泥岩、粉砂岩)是优良封闭层,而上覆 S5 砂岩“西厚东薄”的分布直接导致瓦斯含量“东低西高”。②埋深效应:瓦斯含量总体随埋深增加而增大,但在局部构造复杂区(如第 2~5 勘探线)出现异常。③煤厚影响:瓦斯含量与煤层厚度呈正相关,煤层“南薄北厚、西薄东厚”的分布与瓦斯“南小北大、西高东低”的格局高度吻合。④煤级作用:B₄煤层处于焦煤-瘦煤的中变质阶段($R_o=1.4\%\sim 1.895\%$),其生气潜力与强吸附能力共同促进瓦斯富集。⑤构造控气:曲江向斜北翼与轴部等挤压构造区是瓦斯富集区,而开放性断层及南翼古风化剥蚀带则导致瓦斯逸散。丰城矿区 B₄煤层的瓦斯富集是“生、储、盖、保”动态系统共同作用的结果,其“东低西高、南低北高”的分布格局受中变质煤的生气潜力、顶底板封闭能力、煤层储集条件及构造保存/逸散效应的综合控制。本研究成果为矿区瓦斯赋存规律精准预测及差异化治理策略的制定提供了关键地质理论依据。

【关键词】丰城煤矿区; 瓦斯赋存; 地质控制; B₄煤层

【收稿日期】2024 年 11 月 14 日 **【出刊日期】**2024 年 12 月 18 日

【DOI】10.12208/j.jesr.20240005

Study on gas enrichment mechanism in goaf of coal mine in Pingle Depression, Jiangxi Province

Qirui Fu, Yunyun Liu, Yushu Zhang*

Energy Geological Brigade, Jiangxi Geological Bureau, Nanchang, Jiangxi

【Abstract】To effectively prevent gas disasters and promote the development of coalbed methane resources, this study aims to systematically reveal the key geological control mechanisms of gas enrichment in the main B₄ coal seam of the Fengcheng mining area, Pingxiang-Le'an Depression, Jiangxi Province. The core scientific problem is to clarify the dominant geological factors controlling the heterogeneous gas occurrence in this mining area and their coupling relationships. This study adopted a multi-method integrated analysis approach, systematically combining regional geological exploration, borehole data, coal quality testing (including vitrinite reflectance determination and industrial analysis), and measured gas parameter data. The research focused on key geological gas-control factors such as roof and floor lithology, coal seam burial depth, coal seam thickness, coal metamorphism degree, and geological structures, conducting a comprehensive study that combined quantitative and qualitative analysis of gas occurrence patterns. The research indicates that gas occurrence in the B₄ coal seam is controlled by the synergistic effect of multiple factors: ① Lithological Control: Dense roof and floor strata (e.g., mudstone, siltstone) act as excellent seals, while the "thicker in the west, thinner in the east" distribution of the overlying S5 sandstone directly

*通讯作者: 张玉树

leads to a gas content pattern of "lower in the east, higher in the west." ② Burial Depth Effect: Gas content generally increases with burial depth, but anomalies occur in locally structurally complex areas (e.g., between exploration lines 2–5). ③ Coal Thickness Influence: Gas content is positively correlated with coal seam thickness. The coal seam distribution pattern of "thinner in the south, thicker in the north, thinner in the west, thicker in the east" highly aligns with the gas pattern of "lower in the south, higher in the north, lower in the east, higher in the west." ④ Coal Rank Effect: The B₄ coal seam is in a medium metamorphic stage (coking coal to lean coal, Ro=1.4%–1.895%). Its gas generation potential and strong adsorption capacity jointly promote gas enrichment. ⑤ Structural Control: Compressional structural areas such as the northern wing and axis of the Qujiang Syncline are gas enrichment zones, while open faults and the ancient weathering denudation zone in the southern wing facilitate gas escape. The gas enrichment in the B₄ coal seam of the Fengcheng mining area results from the combined effects of a dynamic "generation, storage, seal, and preservation" system. Its distribution pattern of "lower in the east and higher in the west, lower in the south and higher in the north" is comprehensively controlled by the gas generation potential of medium-metamorphic coal, the sealing capacity of the roof and floor, coal seam reservoir conditions, and structural preservation/escape effects. The findings of this study provide a key geological theoretical basis for the accurate prediction of gas occurrence patterns and the formulation of differentiated management strategies in the mining area.

【Keywords】 Fengcheng mining area; Gas occurrence; Geological control; B₄ coal seam

1 引言

丰城煤矿区作为我国华南地区重要的煤炭生产基地,其主采的B₄煤层瓦斯含量高、煤与瓦斯突出灾害严重,安全生产形势严峻。本文明确构建了以“生、储、盖、保”动态系统为核心的综合成因模型,阐明了中变质煤的生气潜力、顶底板封闭能力、煤层储集条件及构造保存/逸散效应四者之间的协同控制关系。首次明确指出S5砂岩标志层的“西厚东薄”分布特征是导致瓦斯含量“东低西高”格局的直接关键控制因素,并建立了其厚度与瓦斯含量间的负相关量化关系。识别并圈定了局部异常区(如第2~5勘探线)。指明了曲江向斜北翼中深部是资源勘探的有利靶区,而开放性断层带及南翼古风化壳则是灾害防治的重点区域。

比利时学者A.拉巴斯在1947年提出了预成裂隙假说,认为随着在工作面推进,由于上方支承压力,将会对煤层顶板上覆岩层的连续性产生部分的破坏,从而在煤层顶板上覆岩层提前形成裂隙,他将回采工作面分为应力降低区、应力升高区与受采动影响区三个区域^[1]。刘天泉、钱鸣高院士^[2]等人收集了我国大量的煤矿地质资料,根据这些资料对覆岩的采动裂隙进行了大量的实验和理论研究,并针对采动裂隙带确立了“横三区”和“竖三带”的认识,沿工作面推进方向依次划分为煤壁支撑区、离层区、重新压实区,采空区自下而上依次划分为垮

落带、断裂带、整体弯曲下沉带^[3]。

为系统揭示丰城煤矿区瓦斯赋存规律,本报告将从地质背景和顶底板岩性、煤层埋深、煤层厚度、煤变质程度及地质构造等关键地质因素出发,综合以往地质勘探、煤质测试及瓦斯参数实测数据,进行深入分析与探讨,旨在为矿区瓦斯地质规律研究、瓦斯灾害防治及煤层气勘探开发提供科学的地质依据。

2 调查区地质背景

调查区内由老至新出露地层有:二叠系中统茅口组(P_{2m})、二叠系上统乐平组(P_{3l})、二叠系上统长兴组(P_{3c})、三叠系下统青龙组(T_{1q})、侏罗系下统水北组(J_{1s})、古近系始新统临江组(E_{2-3l})和第四系(Q)^[1]。区内断裂构造发育,矿区浅部和深部均发育有不同性质的断层,将区内对规模较大且对煤层瓦斯赋存起重大影响,见图1。

区域内未见岩浆岩。

3 调查区煤层分布及煤质特征

3.1 含煤地层及赋存特征

江西省萍乐坳陷丰城矿区乐平组含煤地层,乐平煤系含煤地层自下而上可划分三个体系域,即官山段,底界至B₄煤层底板为低位体系域。B₄煤层至老山中亚段的中部为海进体系域,老山中亚段中部至长兴组底界为高位体系域,自下而上有三个含煤段,即官山段、老山下亚段和王潘里段。丰城煤矿区含煤地层厚度一般厚度为460m,但从东往西有逐渐

变薄的趋势，东部曲江井田含煤地层厚达 520m，西部的白富井田含煤地层厚为 340m。各含煤段地层厚

度在全区内基本上是稳定的^[1]。
各矿区（井田）C、B 煤组的发育情况见表 1。

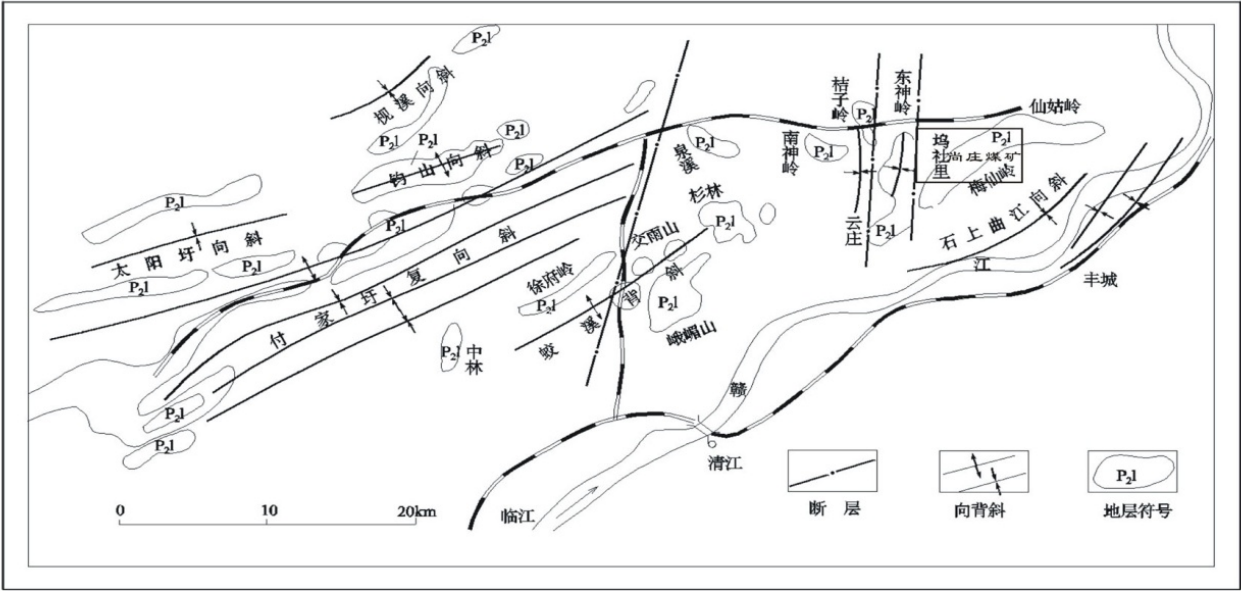


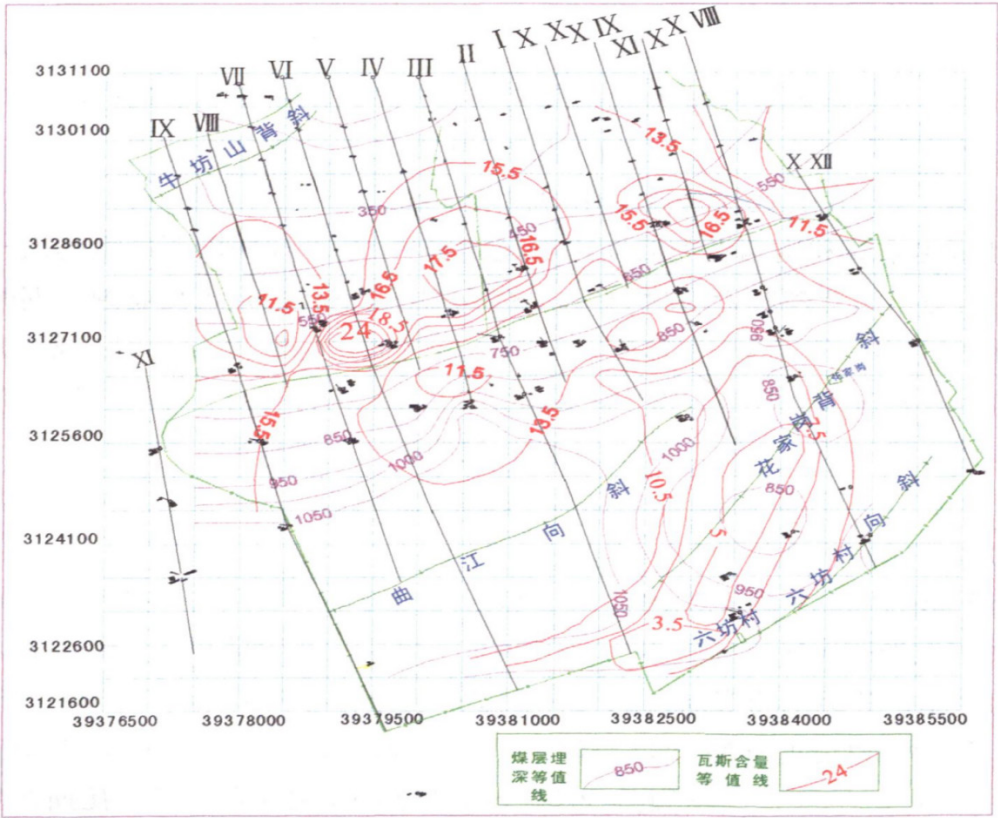
图 1 调查区构造纲要图

表 1-1 丰城煤矿区 C、B 煤组赋存特征表

勘查区 (井田)	含煤地层						可采煤层					备注
	王潘里			老山下亚段			煤层编号	含夹矸层数	最小值 (m)	最大值 (m)	平均值 (m)	
	地层厚度 (m)	倾角 (°)	含煤层数	地层厚度 (m)	倾角 (°)	含煤层数						
石上				86.76	10~32	4	B ₄	1~3	0.35	4.09	1.5	全区可采
							B ₃	1	1.01	2.00	1.56	局部可采
	91.85	10~32	15				C ₂₃	1~3	0	3.46	1.07	局部可采
仙姑岭	89.59	10	16				C ₂₃	1~3	0	2.33	0.78	局部可采
							C ₁₈	1	0	3.54	0.9	局部可采
							C ₈	1	0.25	1.79	0.00	局部可采
				112.51	10	3	B ₄	0~1	0.39	3.99	2.52	全区可采
曲江	89.89	10	16				C ₈	1	0	1.95	0.99	局部可采
				90.58	10	3	B ₄	1	0	3.87	2.16	全区可采
梅仙岭	85	10~15	22				C ₂₃	1	0	1.34	0.85	局部可采
							C ₁₈	1~5	0	1.81	0.74	局部可采
				72.88	10~15	4	B _{4b}	1~2	0.5	1.75	1.09	全区可采
							B _{4a}	1~2	0.5	1.80	1.03	全区可采
坞社里	91.85	10~15	10				C ₂₃	0-2	0	1.82	0.83	局部可采
				87	10~15	4	B ₄	0-3	0	3.59	1.63	全区可采

表 1-2 丰城煤矿区 C、B 煤组赋存特征表

勘查区 (井田)	含煤地层						可采煤层					备注
	王潘里			老山下亚段			煤层编号	含夹矸层数	最小值 (m)	最大值 (m)	平均值 (m)	
	地层厚度 (m)	倾角 (°)	含煤层数	地层厚度 (m)	倾角 (°)	含煤层数						
云庄	75	5~26	7				C ₂₃	1~3	0.12	3.97	1.46	局部可采
							C ₁₈	1	0.82	1.6	1.36	局部可采
							C ₁₇	0	0.75	0, 83	0.78	局部可采
				74	5~26	3	B _{4上}	1~3	0	4.22	1.04	全区可采
							B _{4下}	1~3	0	1.5	0.57	全区可采
东神岭				74	10~30	4	B ₄	1~4	0	3.6	1.20	全区可采
石溪	80	20~50					C ₂₃	0~2	0.29	2.44	0.94	局部可采
							C ₁₈	1	0.37	1.03	0.77	局部可采
				70	20~50		C ₁₅	1~2	0.36	1.41	0.88	局部可采
							B _{4上}		0	1.66	0.82	全区可采
							B _{4下}	0~1	0	2.75	1.25	全区可采



4 煤层瓦斯赋存特征

结合图 2 瓦斯含量等值线分析, 丰城煤矿区 B₄ 煤层瓦斯含量分布存在明显的分区分带性, 表现为:

1) 东低西高、南低北高是本区域瓦斯含量的特征, 同时, 瓦斯含量随煤层深度增长而增长, 后期存在构造运动使得矿区某些部分的瓦斯含量随深度增加而减少。

2) 北翼是 B₄ 煤层瓦斯主要富集区域, 而南部没有富集倾向。煤层北翼具有倾角平缓、厚度大的特增特征, 赋存条件和保存条件良好, 煤层瓦斯含量在 15m³/t 左右, 因向斜翼部抬起和向斜东端翘起作用, 致使本区以曲江向斜北翼区域为 B₄ 煤层瓦斯富集区。B₄ 煤层瓦斯含量平均为 11m³/t 左右, 尤其是作为向斜轴东段的中深部最为富集, 煤层瓦斯含量在 25m³/t 左右。

3) 曲江向斜南翼因古风化带的影响, 南翼地层抬升, 煤层遭受到长期剥蚀, 这是得煤层与大气相通,

瓦斯有了逸散的通道, 经过漫长地质时期, 大量瓦斯排除, 从而导致瓦斯含量降低。同时古风化带使岩石破碎, 裂隙发育, 进一步增强了煤层的通气性, 使得南翼瓦斯含量低, 其最高瓦斯含量在 4.87m³/t。

4) 浅部范围内, 东西两侧正断层的形成致使中央富集带瓦斯含量增大, 东部煤层瓦斯含量在 7m³/t 左右, 瓦斯含量不高, 而砂泥岩厚度小, 煤层厚度较大, 但受开放性断层影响, 煤层瓦斯在生成后受后期构造运动破坏较为严重^[8]。

5 瓦斯赋存影响

5.1 顶底板岩性对瓦斯赋存的影响

煤层瓦斯的赋存除良好的生气与储气条件外, 其中顶低板的封闭性起着重要的作用。煤层围岩透气性好的砂岩顶板, 有利于煤层瓦斯的逸散, 煤层瓦斯含量相对较低; 透气性差的泥岩、砂质泥岩顶板, 对煤层瓦斯的逸散起阻碍作用, 含量则相对较高。丰城矿区 B₄ 煤层顶底板岩性统计见表 2。

表 2 丰城矿区 B₄ 煤层顶底板岩性统计表

层号	厚度	岩性
12	3.51	老顶: 灰黑色粉砂岩和细砂岩
11	6.13~8.13	砂质页岩: 深灰色, 含大量植物化石
10	0.08	炭质页岩
9	0.06	砂质页岩
8	0.08	炭质页岩
7	0.02	黄铁矿结核 (断续成层)
6	0~3.75	B ₄ 煤层
5	0~0.3	伪底: 炭质泥岩
4	0.2~0.3	灰黑色粘土岩遇水膨胀
3	2.54	灰及灰色砂质页岩及细粉砂岩, 含大量植物根化石及菱矿结核 B ₃ 煤层: 分上下两层, 各层厚度为 0.25 米
2	1.12	中间为浅灰色粉砂岩
1	>1.5	砂质泥岩及粉砂岩, 含大量植物根茎化石

丰城煤矿区 B₄ 煤层位于乐平组煤系地层下部的老山下亚段, 该段为一套海陆交互相的砂泥岩沉积, 其中致密页岩和粉砂岩占地层总厚度的 90% 以上。该煤层顶板以炭质粉砂岩、炭质页岩及粉砂岩为主, 厚度一般为 6 - 8 米, 层位较为稳定; 底板则以粘土岩、泥质或砂质粉砂岩为主, 含较多煤线和黄铁矿

线理, 水平层理清晰, 透气性差, 有利于瓦斯的保存。B₄ 煤层具有较强的封闭性顶底板, 为煤层甲烷提供了直接封闭条件。同时, 上覆较稳定的 B₅ 煤层以及全区广泛分布的老山中亚段厚层泥岩, 共同构成了良好的盖层, 有利于煤层瓦斯的赋存。

坪湖矿 19 线 CK151 孔中, B₄ 煤层距第一层钙

质砂岩 53 米, 其中砂岩厚度仅 11 米(占总厚 20%), 页岩厚度达 42 米(占 80%)。该矿中央采区与西采区瓦斯赋存条件良好, 煤层瓦斯含量高。曲江矿则属于浅海—障壁海岸沉积体系, 岩性组合自下而上为炭质粉砂岩或炭质页岩—细粉砂岩—石英细砂—煤—炭质泥岩—粘土岩, 煤层位于组合中部, 岩层封盖能力强, 瓦斯不易扩散。该矿已采煤层的伪顶为炭质页岩, 平均厚度 0.2 米, 局部可达 1.2 米。在 3 号钻孔勘探线以东, 煤层厚度约 2.7 米, 西翼采区则约为 3 米。煤层厚度越大, 上、下分层对中层分的封盖作用越强, 瓦斯向顶底板扩散的路径越长、阻力越大, 越有利于瓦斯保存。

此外, B₄ 煤层顶底板岩性较为单一, 多为细粉砂岩或泥页岩, 一般厚度约 8 米, 透气性较差。然而, 其顶板上覆发育一层全区分布的 S5 砂岩标志层, 厚度一般为 3~6 米, 最大 11.7 米, 平均 3.65 米。该砂岩体总体呈北东向展布, 与区域地层走向一致, 且向西南方向颗粒变粗, 厚度呈现“西厚东薄”特征。S5 砂岩的分布与煤层瓦斯含量呈明显负相关关系, 即砂岩厚度大的西部瓦斯含量高, 厚度小的东部瓦斯含量低, 表明顶板砂岩的分布对瓦斯赋存具有直接影响^[10]。

5.2 煤层埋深对瓦斯赋存的影响

随着煤层埋藏深度与上覆基岩厚度的增加, 上覆岩层自身重力所产生的地层压力也随之增大。这一过程促使煤层及围岩由松散状态逐渐变得致密, 其孔隙性相应变差, 导致瓦斯向外运移或逸散扩散的阻力增大、越来越困难。因此, 大部分瓦斯以吸附状态被保存下来, 有利于其在煤层与围岩中滞留。由此可以总结出瓦斯含量和瓦斯压力随埋深增加而增大的普遍规律, 见图 3。

在丰城煤矿区东部, 煤层瓦斯含量总体上遵循这一规律, 随埋深增加而增大。瓦斯富集区主要位于曲江向斜的南北东翼及中部, 其中北东翼的瓦斯含量高于中部, 且变化更为显著。该北东翼实测最大瓦斯含量点(25.3 m³/t)位于曲江向斜附近的 2001 孔。在约 600 米埋深范围内, 该区段的瓦斯含量普遍高于其他地段。然而, 规律也存在局部异常: 在第 2 至第 5 勘探线之间(埋深 560~680 米), 瓦斯含量随埋深增加反而减小; 而在 F3-1~1 勘探线、以及第 7 至第 8 勘探线区间, 瓦斯含量则均随深度增加而增大, 详见图 3-1、图 3-2。

局部出现相反的现象, 如建新矿中央采区第三~五勘探线之间位于矿区深部 600~700 米埋深、坪湖矿西一采区第二~三勘探线到南部井田边界埋深在 500~700m 内瓦斯含量随埋深的增大而减小^[9]。

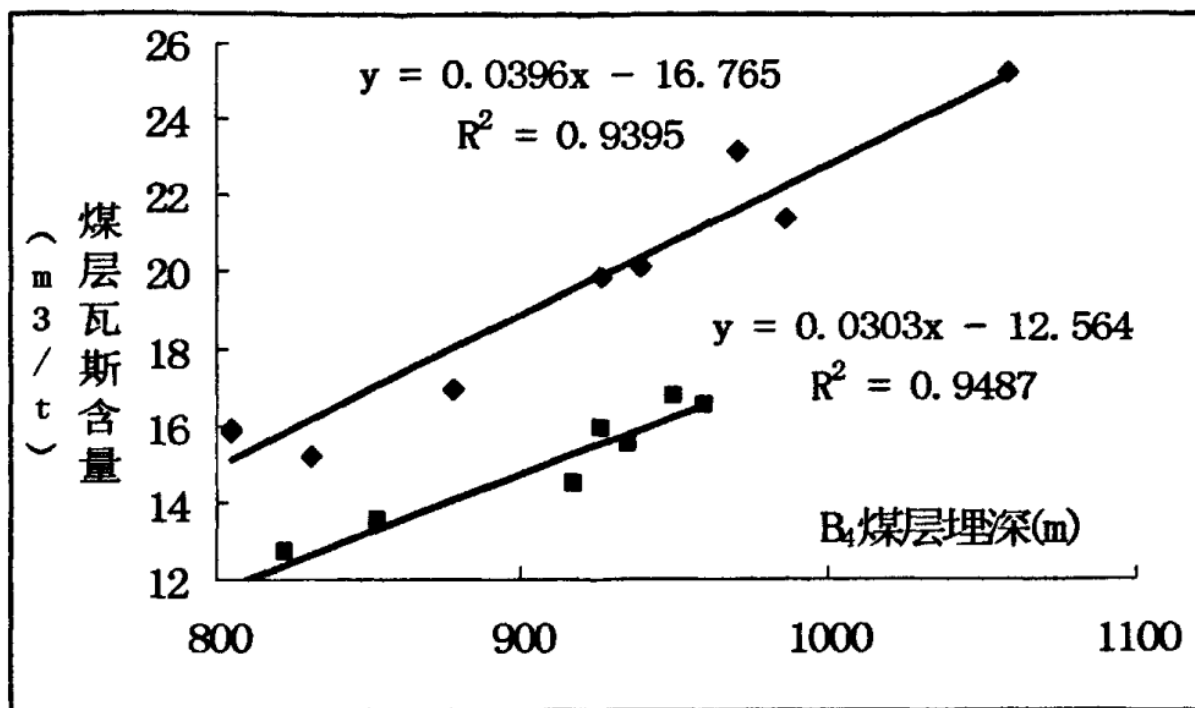


图 3-1 曲江井田北东翼和中部煤层埋深和瓦斯含量关系图

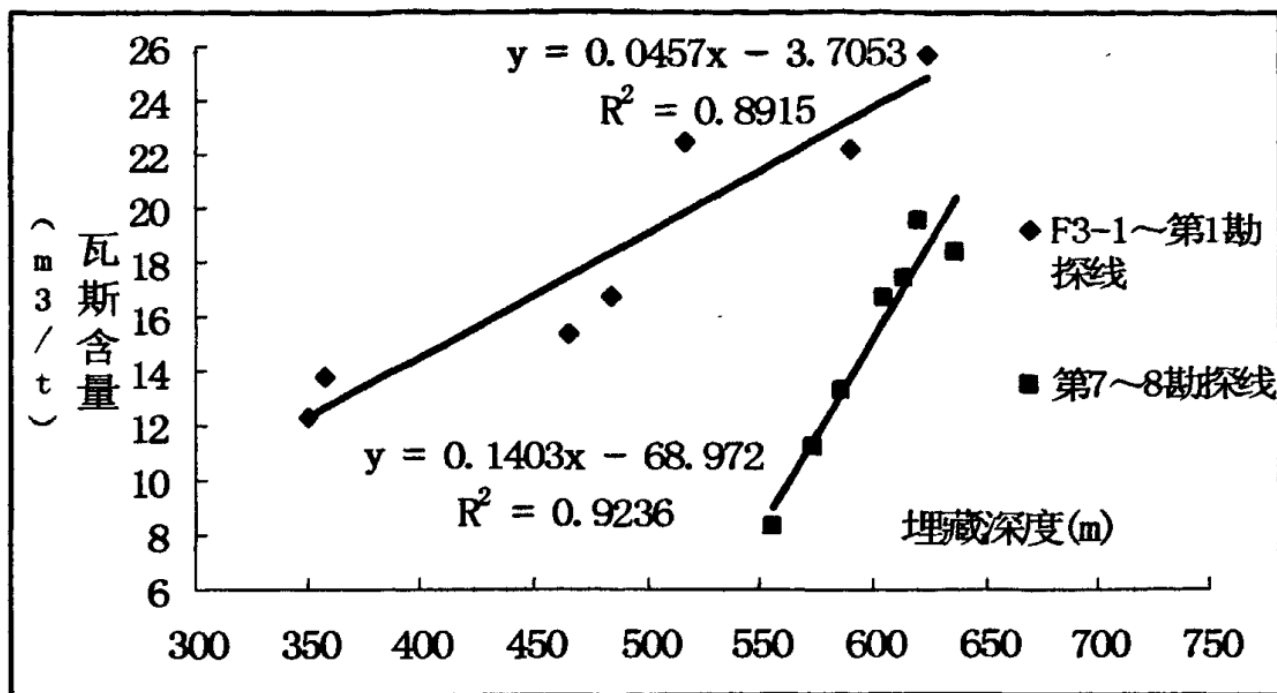


图 3-2 坪湖矿煤层埋深和瓦斯含量关系图

5.3 煤层厚度对瓦斯赋存的影响

瓦斯含量呈现出随煤层厚度的增加而提高的趋势。其原因为厚煤层本身生成和储存的瓦斯量更大,且厚煤带周围的封闭条件以及煤层内部发育的裂隙系统,共同为瓦斯的贮存与富集创造了有利环境。

这一规律在本矿区表现得尤为明显。根据勘探钻孔数据,在3线以东、向斜轴以北的区域,煤层厚度多在2.5米以上,相应的煤层瓦斯含量大多超过10 m³/t。相反,在3线以西的903孔、303孔、2005孔南、305孔、603孔、904孔、907孔所围成的不可采区及其外围的薄煤区(煤层厚度约1米左右),瓦斯含量则多低于5 m³/t。介于上述厚煤区与薄煤区之间的过渡带,煤厚为1~2.50米,其瓦斯含量多在5~10 m³/t之间^[10]。

整体上,煤层分布呈现“南薄北厚、西薄东厚”的特征,而瓦斯含量则相应地表现为“南小北大、西高东低”。具体而言,矿区中西部煤层平均厚度约2.73米,最厚处达4.0米(煤层中夹有约0.2米厚的炭质页岩薄层),加之伪顶为透气性差的炭质页岩,共同导致了该区中西部瓦斯含量较高。特别是在2~19勘探线之间,煤与瓦斯突出的情况常见,突出强度最高可达16000 m³,这进一步印证了该区域瓦斯的高度富集^[9]。

5.4 煤变质程度对瓦斯赋存的影响

根据以往煤质资料及本次采集的7件煤样分析,煤变质程度对瓦斯含量的影响主要体现在两方面:其一,随着煤化程度增高,煤层生成的瓦斯总量逐渐增加;其二,煤对瓦斯的吸附能力随变质程度加深而显著增强。

这主要是因为,在煤的变质过程中,其内部会生成大量微孔隙,致使煤体的吸附表面积趋于变大。因此,较高的煤变质程度高为瓦斯的生成与富集创造了有利条件。据江西煤田地质局提交的《煤炭地质勘探阶段瓦斯评价的研究》科研成果资料,乐平组B₄煤层其煤化作用程度和瓦斯含量的关系见图4,本次工作采集煤质分析结果详见表3。

根据煤质挥发分(Vdaf)与瓦斯含量的关系,可划分为两个主要域值:

低瓦斯含量域(Vdaf < 3% 或 Vdaf > 32%): 该区间瓦斯含量多小于4 m³/t。其中,当Vdaf < 3%时,二者多呈正相关;当Vdaf > 32%时,则多呈负相关。

高瓦斯含量域(Vdaf 介于4%~21%): 此区间内瓦斯含量多大于4 m³/t,且实测含量大于20 m³/t的样本多集中于此。在整个3%~32%的Vdaf区间内,瓦斯含量与Vdaf呈不对称的“钟形”关系,拐

点约在 V_{daf} 为 5.20% 处（相当于二号无烟煤）。当 V_{daf} 小于 5.20% 时，二者呈正相关；大于 5.20% 时则转为负相关。

本区 B4 煤层的煤质特征与此规律高度吻合。煤层主要为焦煤和瘦煤，属中变质阶段，实测镜质组反射率（ R_o ）介于 1.4%~1.895% 之间。具体而言，坪湖矿与建新矿的变质程度相对较低（全层样 R_o 为

1.4%），而尚一矿略高（ R_o 达 1.67%）。这表明在矿区浅部，虽存在自东向西变质程度增高的趋势，但整体仍处于焦煤阶段；在深部，煤的变质程度则呈现明显增加趋势。

综上所述，本区煤层以深成变质作用为主导，变质程度由上往下逐渐增高，这一趋势是导致煤层瓦斯含量随深度逐渐增大的根本原因。

表 3 本次工作采集煤质分析结果表

序号	送样编号	常规项目 (%)							
		水分 (M_{ad})	灰分 (A_{ad})	挥发分 (V_{ad})	固定碳 (FC_{ad})	焦渣特征	全硫 ($S_{t,ad}$)	灰分 (A_d)	挥发分 (V_{daf})
1	曲江 H1	0.47	26.92	17.43	55.18	5	13.58	27.00	24
2	曲江 H2	0.71	10.44	18.15	70.7	6	0.97	10.51	20.43
3	曲江 H3	0.61	7.92	18.64	72.38	6	1.42	7.97	20.38
4	曲江 H4	0.7	9.38	18.25	71.67	6	2.32	9.45	20.3
5	尚庄 H1	0.54	8.83	16.79	73.84	6	1.39	8.88	18.53
6	尚庄 H2	0.66	6.42	16.86	76.06	6	1.06	6.46	18.14
7	尚庄 H3	0.42	9.28	17.82	72.48	6	1.96	9.32	19.73

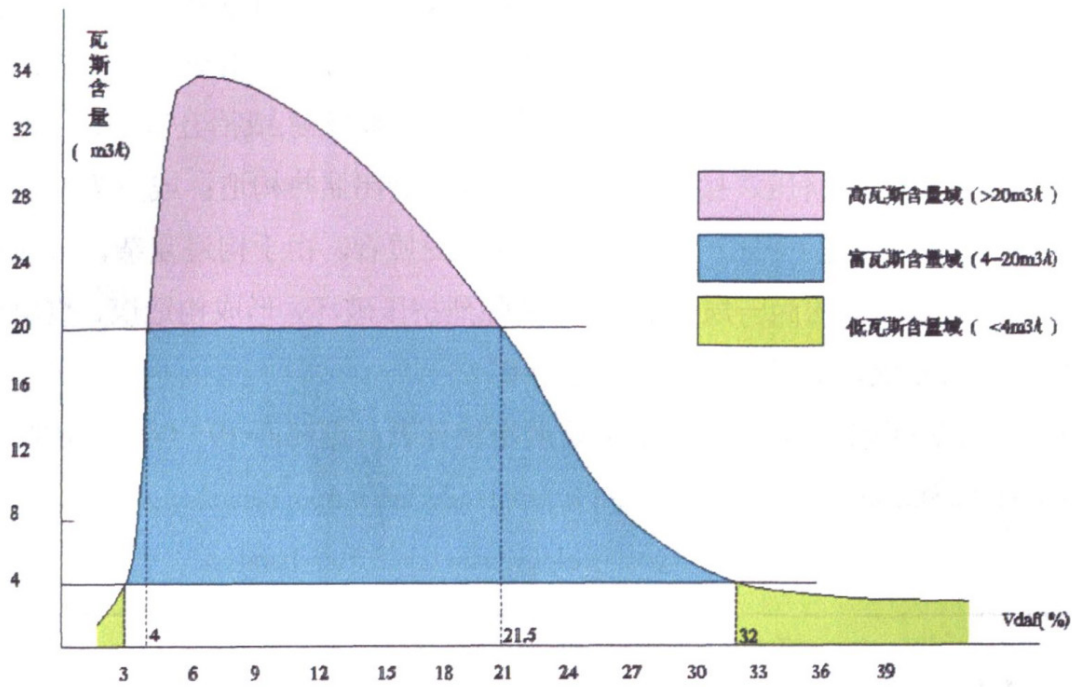


图 4 丰城矿区 B4 煤层挥发分与煤层瓦斯含量关系图

5.5 构造对瓦斯赋存的影响

(1) 褶皱构造对瓦斯赋存的影响
闭合且完整的背斜或穹隆构造，若上覆有不透

气地层，往往形成良好的瓦斯储集构造。在此类背斜的轴部煤层中，通常赋存有高浓度瓦斯；同样，在倾伏背斜的轴部，瓦斯含量一般也高于相同埋深的

翼部。

然而, 若背斜轴部岩层本身透气, 或因张力作用形成与地表连通的裂隙, 则会导致瓦斯大量逸散, 致使轴部瓦斯含量反而低于翼部。

向斜构造则通常表现为轴部瓦斯含量高于翼部。这是由于轴部岩层受强烈挤压, 围岩透气性显著降低, 从而更有利于瓦斯的封存。此外, 受构造作用影响, 煤层发生局部增厚的部位也容易出现瓦斯富集现象。

(2) 断裂构造对瓦斯赋存的影响

断层对瓦斯赋存的影响较为复杂, 主要取决于以下两方面因素:

断层自身的封闭性: 开放性断层(如张性、张扭性或导水断层)通常会形成瓦斯逸散通道; 而封闭性断层(如压性、压扭性、不导水且现今仍受挤压的断层)则能有效阻止瓦斯排放。

对盘岩层的透气性: 当断层另一侧的岩层透气性较低时, 会更有利于瓦斯的保存与富集。

此外, 受断层应力集中效应的影响, 其附近一定范围内的岩层与煤层会因受挤压而透气性降低, 常形成瓦斯含量增高区^[12]。

6 瓦斯富集机理探究

“生、储、盖、保”是一个完整的动态系统, 其在丰城矿区的应用如下:

生: B₄煤层就是典型的“生”岩, 它在中变质阶段(焦煤-瘦煤)生成了大量的瓦斯。

储: B₄煤层的厚度、内部裂隙发育程度, 决定了其作为“储”集层的能力。报告中提到的“煤层厚度越大, 瓦斯含量越高”就体现了“储”的条件。

盖: B₄煤层的直接顶板(炭质粉砂岩、炭质页岩)以及上覆的老山中亚段厚层泥岩和 B₅煤层, 这些致密、透气性差的岩层共同构成了有效的“盖”层。相反, S₅砂岩作为透气层, 则破坏了封盖作用, 导致其下方瓦斯含量降低。

保: 曲江向斜的北翼和轴部, 因为受到挤压, 围岩透气性变差, 构造环境稳定, 有利于瓦斯保存, 成为富集区。但, 曲江向斜南翼, 因古风化剥蚀导致煤层与大气相通, 以及开放性断层的形成, 都破坏了保存条件, 导致瓦斯大量逸散。

7 结论

根据对丰城煤矿瓦斯赋存影响因素的分析, 可

以得出以下结论:

顶底板岩性: 顶底板岩性对瓦斯赋存具有重要控制作用。透气性差的泥岩、粉砂岩等岩层有利于瓦斯保存, 而透气性较好的砂岩则促进瓦斯逸散。

B₄煤层顶底板以致密岩性为主, 形成了有效的封闭条件。S₅砂岩的分布与瓦斯含量呈负相关关系, 其“西厚东薄”的特征直接导致了瓦斯含量的“东低西高”。

煤层埋深: 瓦斯含量和压力总体上随埋深增加而增大, 但在局部构造复杂区域(如向斜轴部、断层带)可能出现异常。

煤层厚度: 煤层厚度与瓦斯含量呈正相关, 厚煤层不仅生成和储存的瓦斯量多, 且其内部结构及围岩条件更有利于瓦斯富集。矿区煤层厚度与瓦斯分布具有明显的“南薄北厚、西薄东厚”及“南小北大、西高东低”的特征。

煤变质程度: 煤变质程度直接影响瓦斯的生成和吸附能力。中变质阶段的焦煤和瘦煤为瓦斯富集提供了有利条件。随着煤变质程度增高, 瓦斯生成量和吸附能力增强, 瓦斯含量总体呈增大趋势。

地质构造: 褶皱和断层构造对瓦斯分布具有显著控制作用。封闭性背斜、向斜轴部及压性断层带有利于瓦斯保存, 形成高瓦斯富集区; 开放性构造则促进瓦斯逸散。构造引起的煤层厚度变化也常导致瓦斯局部富集。

参考文献

- [1] 杨达明, 郭文兵, 于秋鸽, 谭毅, 邓伟男. 浅埋近水平煤层采场覆岩压力拱结构特性及演化机制分析[J]. 采矿与安全工程学报, 2019, (02): 323-330.
- [2] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [3] 钱鸣高, 许家林. 覆岩采动裂隙分布的“O”形圈特征研究[J]. 煤炭学报, 1998(10): 466-469.
- [4] 褚杨, 林伟, FAURE Michel, 王清晨. 华南板块早中生代陆内造山过程——以雪峰山-九岭为例[J]. 岩石学报, 2015, 31(8): 2145-2155.
- [5] 汪雄友. 丰城矿区 B₄ 煤层瓦斯赋存及分布特征研究[D]. 安徽理工大学, 2011.
- [6] 李毅翔, 艾薛龙, 李欣, 等. 萍乐坳陷西段重要金属矿床成

- 矿背景及找矿方向[J].世界有色金属,2018,(13):78-79.
- [7] 杨鑫,张玉贵.安泰煤矿瓦斯地质规律研究[J].中州煤炭,2010,(03):12-13+18.
- [8] 黄守安,陈细进,廖电生.曲江矿井瓦斯地质因素分析与瓦斯分带[J].江西煤炭科技,2008,(04):7-9.
- [9] 韩秋,秦伟影,李琳.丰城矿区瓦斯赋存规律及影响因素分析[J].科技资讯,2011,(33):36.
- [10] 龚荣林,沈峰.江西省丰城矿区曲江井田煤质特征[J].矿业世界,1997(4):19-22.
- [11] 石晓燕.高安建山-丰城曲江矿区煤层气储层研究[J].山东煤炭科技,2024,42(05):142-146.
- [12] 白爱卿,韩鑫涛,郭宇.断层封闭能力评价及其对煤层瓦斯赋存的影响[J].科技创新与应用,2025,15(20):21-29.
- 版权声明:** ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**