

湖南龙潭组瓦斯灾害与沉积环境对比分析

刘海波^{1*}, 刘铁标², 施式亮³

(1. 湖南理工职业技术学院 智能制造学院, 湖南 湘潭 411104; 2. 湖南地质局 煤炭地质勘查院, 湖南 长沙 410014;
3. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 研究井田瓦斯分布规律对矿井瓦斯灾害防治和煤矿安全生产具有十分重要的意义。以湖南上二叠统龙潭组为研究对象, 选取相对瓦斯涌出量、瓦斯含量、矿区内突出矿井百分比等瓦斯地质技术参数, 采用平面图参数对比方法, 对比分析煤田地质技术参数, 如沉积总厚度、砂泥比、含煤层数、可采煤层累计厚度等的关系。结果显示: 湖南龙潭组的瓦斯灾害与三角洲沉积体系的关系密切, 但不同类型的三角洲具有不同的影响程度; 瓦斯灾害程度与其沉积速率具有负相关, 也即沉积速率越大, 瓦斯灾害越轻。研究表明瓦斯灾害程度与煤田地质技术参数一样具有区域分布特性, 需要考虑位置分布进行综合分析。

关键词: 安全工程; 瓦斯地质; 龙潭组; 沉积环境; 湖南

中图分类号: X936 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2021)03-0054-06

A Contrastive Analysis of Gas Disaster and Sedimentary Environment in Longtan Formation, Hunan Province

LIU Haibo¹, LIU Tiebiao², SHI Shiliang³

(1. College of Intelligent Manufacturing, Hunan Vocational Institute of Technology, Xiangtan 411104, China;

2. The Coal Geological Exploration Institute of the Hunan Geological Bureau, Changsha 410014, China;

3. School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: It is of great significance to study the law of gas distribution in mine field for the prevention and control of gas disaster and the safety production of coal mine. Taking the upper permian Longtan Formation in Hunan Province as the research object, this paper selects the relative gas emission, gas content, percentage of outburst mines in the mining area and other gas geological and technical parameters. It uses the plane diagram parameter comparison method to compare and analyze the relationship between the coal geological and technical parameters, such as the total thickness of deposition, sand mud ratio, the number of coal seams, the cumulative thickness of minable coal seams. Results show that the gas disaster in Longtan Formation is closely related to the delta sedimentary system, but different types of deltas have different degrees of influence. There is a negative correlation between the degree of gas disaster and its deposition rate, that is, the greater the deposition rate is, the lighter the gas disaster is. The research shows that the degree of gas disaster has the same regional distribution characteristics as the geological and technical parameters of coal field, and the location distribution should be considered for comprehensive analysis.

Keywords: safety engineering; gas geology; Longtan Formation; sedimentary environment; Hunan

上二叠统龙潭组是湖南境内分布最广泛、煤炭资源储量最丰富,同时也是开发强度最大、瓦斯灾害最

收稿日期: 2020-11-29

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(2018JJ5033)

* 通信作者, E-mail: 515224325@qq.com

严重的含煤岩系.由于利用价值大,湖南境内龙潭组的沉积环境^[1-2]、含煤特征^[3-4]、煤岩特征^[5]等都得到了广泛而深入的研究.由于瓦斯灾害严重,龙潭组瓦斯地质、瓦斯灾害^[6-8]、煤系地层含气特征^[9-12]等也受到高度重视.

将湖南境内开采龙潭组煤层的矿井瓦斯等级鉴定基础数据按矿区平均值绘制成平面图,发现其瓦斯含量、相对瓦斯涌出量、突出矿井百分比值等参数的分布呈现比较强的区域特征性.通过对比分析上述参数与沉积总厚度、砂泥比、煤层累计厚度、含煤层数等煤田地质技术参数的关系,并结合前人有关湖南龙潭含煤岩系沉积环境的研究成果,不难发现,湖南龙潭组瓦斯地质灾害区域分布特征性与其沉积环境的关系密切.

1 沉积环境特征

龙潭组是紧随东吴运动之后形成的、海陆交互的含煤岩组^[13-14].东吴运动是华南地区中、晚二叠世之交的一次以玄武岩喷发为特征的地壳运动,受其影响,我国南方经历了大规模的海退,湖南除南部外其他地方均上升为陆地.湘西北地区在遭受了较长时期的风化剥蚀之后,再次下沉成为潮坪环境,沉积了含有一层薄煤的黏土沉积物.退缩在湖南南部陆棚浅海的海水也在东吴运动之后迅速向北部侵入,经湘中进入湘东及湘东南,最后到达包括长沙在内的湘中北部,在这些地区沉积形成龙潭组含煤岩系地层.

1.1 沉积厚度及砂泥比

除了西部的雪峰古陆、中部的江南古陆、东南部的九嶷古陆、武夷古陆之外,湖南境内均有龙潭组分布,但受后期地质作用的影响,保存的龙潭组地层除湘西北外,其他地区呈零星状分布,如图1所示.

图1是以各个矿区龙潭组上段(含煤)的平均厚度值绘制而成.从图1中可知,湘中东部攸县至茶陵一带的沉积厚度大,多在300 m以上.往西,厚度减小,即便龙山隆起附近的湘中地区也多在100 m左右.湘南东部多在200 m以上,西部多在100 m左右.其他地方的沉积厚度均小于100 m.如龙山隆起至株洲一线以北的湘中北部区域内,龙潭组由碎屑岩和灰岩组成,厚约数十米,与下伏茅口组呈假整合接触.湘西北龙潭组相当层称为吴家坪组,分为下部含煤的辰溪段及上部灰岩段.辰溪段厚约10 m左右,由铝土岩、泥页岩组成,普遍夹煤1层,其底部为风化壳,与下伏茅口组呈假整合接触.上部灰岩段为硅质灰岩,夹泥页岩,厚约50 m.

砂泥比值等值线的峰值区域主要在龙山隆起附近,往东经双峰至攸县一带,以及攸县往南经永兴,直到梅田矿区一带.除了龙山隆起附近外,砂泥比值峰值范围与总厚度大于200 m的范围基本符合,其他地方的砂泥比值较小.

1.2 含煤层数及可采层数

依据湖南煤炭资源潜力评价报告的基础数据,采用矿区范围内的平均值,龙潭组所含煤总层数以及可采层数的平面分布如图2所示.

龙潭组所含煤层较多的区域是湘东攸县至茶陵一带,往南至湘东南的梅田矿区一带.湘东的界化垅矿区煤层多达21层,其他矿区多在10层左右;湘南梅田矿区煤层也有13层,其他矿区多在7层左右;龙山隆起附近的矿区煤层多为6层,往南或往北逐渐减为4层、3层;湘西、湘西北地区仅有8煤1层.龙潭组总含煤层数的分布具有较强的区域性,可以圈定为10层以上、10~5层和5层以下的3个区域(见图2).

同样,可采层数的分布与含煤总层数的分布范围具有较高的相似性,图2圈定了1,2,3,4层及以上可采层数的区域范围.

1.3 可采煤层及其累厚

可采煤层累计厚度也具有较强的区域性,如图3所示.

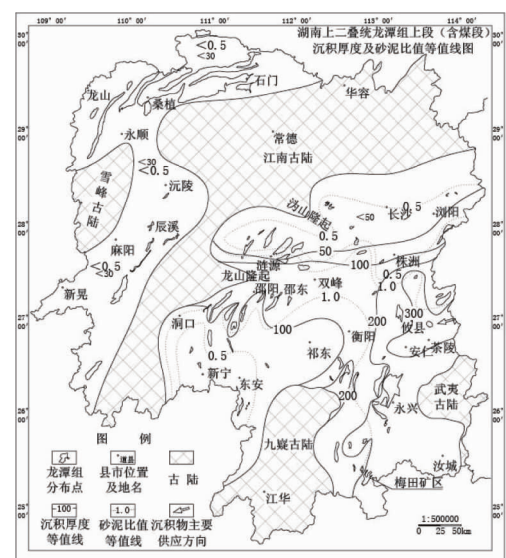


图1 沉积总厚度及砂泥比值等值线

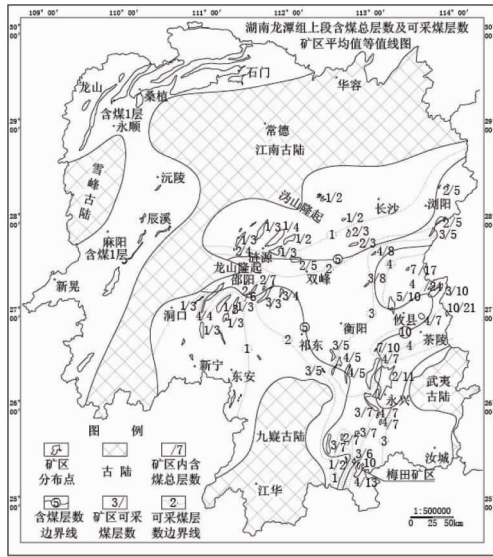


图2 含煤层数及可采煤层数分布

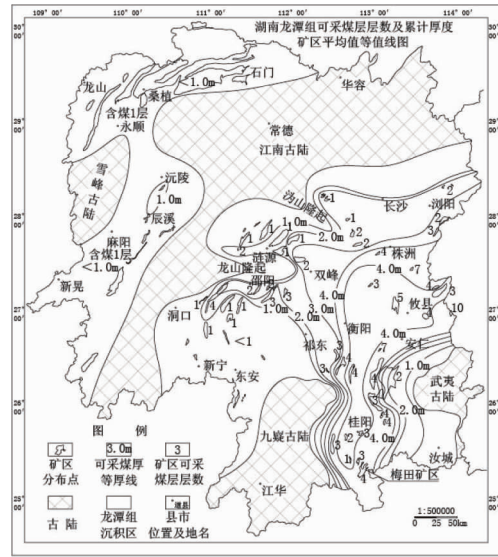


图3 可采煤层数及累厚等值线

可采煤层累厚平均值最高的区域分布在湘东株洲往南至湘南桂阳的湘东南一带.这个北北东向的条带状区域的可采煤层累厚均值由东、西两侧向中心区域逐渐增加,至中心地段煤厚又有所下降.龙山隆起附近也是一片厚煤区,其特点是煤层层数少、煤厚稳定性较好.湘西北煤层较厚的区域是辰溪至沅陵一带,厚约1 m左右;往南、往北逐渐变薄至不可采.

1.4 沉积环境特征分析

结合前人研究成果并综合上述分析可知,湘东攸县、茶陵一带为典型的高建设性三角洲,其沉积物来自武夷古陆北侧,抵达攸县、茶陵后又先后分为南、北两支,往北汇入龙山隆起以东区域,或湘东北的浏阳至醴陵东部;往南则汇入湘东南区域.湘东南的三角洲建设比较复杂,沉积物主要来自东边的武夷古陆,其次是西边九嶷古陆,南部来自梅田矿区以南的广东连阳煤田及其附近的黄沙东西向隆起区^[15].无论前人总结的砂岩体、厚煤带走向,还是本文各种等值线分布均呈南北向,表明本区主体流向是南北向的.龙山隆起南侧发育多个小型三角洲,龙山隆起北侧在龙潭组沉积早期填满低凹地段,后期的地势差异不大^[16].龙山隆起在龙潭组沉积后期则以破坏作用为主,但因水浅、内陆水体波浪能量小,破坏性不强,成为一个较稳定的成煤环境.

2 瓦斯地质特征

湖南境内龙潭组瓦斯地质具有明显的区域特征,特别是矿井相对瓦斯涌出量、瓦斯含量、突出矿井分布等技术参数都表现出比较明显的区域性.

2.1 矿井相对瓦斯涌出量

煤炭资源开发强度最大的2008年,湖南开发龙潭组的矿区有53个,矿井668对,其中629对矿井完成了当年的矿井瓦斯等级鉴定.经统计,相对瓦斯涌出量的省平均值为16.24 m³/t,矿区相对瓦斯涌出量最大值是短坡桥矿区的61.78 m³/t,矿井相对瓦斯涌出量最大值是洪山殿矿区成沙坝煤矿的103.54 m³/t.

采用2008年度瓦斯等级鉴定数据,按矿区所在位置及所属矿井相对瓦斯涌出量的矿区平均值绘成平面图,如图4所示.从图4可知,矿井相对瓦斯涌出量平均值大于10 m³/t的矿区分布在湘中和湘东南.可按10 m³/t为界限将区域分为2块,曲线圈定区域以外的所有矿区的相对瓦斯涌出量均小

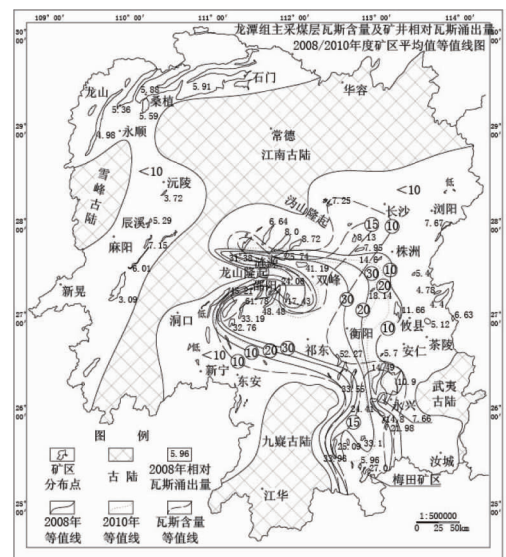


图4 2008年/2010年相对瓦斯涌出量等值线

于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$, 圈内的均大于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$. 圈内区域还可以进一步圈定 $10 \sim 20 \text{ m}^3/\text{t}$, $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{t}$, 大于 $30 \text{ m}^3/\text{t}$ 的区域.

2010年,湖南开发龙潭组的矿区仍有45个,矿井574对,其中完成当年瓦斯等级鉴定的有429家.同样可用曲线圈定2010年度矿井瓦斯相对涌出量小于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$, $10 \sim 20 \text{ m}^3/\text{t}$, $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{t}$, 大于 $30 \text{ m}^3/\text{t}$ 的区域,如图4中的点划线所示.

矿区主采煤层的瓦斯含量也在图4中采用虚线圈定了小于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$, $10 \sim 15 \text{ m}^3/\text{t}$, 大于 $15 \text{ m}^3/\text{t}$ 共3个区域.

从图4可知,2008年和2010年矿井相对瓦斯涌出量大于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 的矿区均分布在湘中龙山隆起附近和湘东南永兴至耒阳一带,且区域内相对瓦斯涌出量越高的矿区越靠近中心地带.其他地区的矿井相对瓦斯涌出量值均低于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$.

比较而言,龙山隆起附近区域的瓦斯涌出量更大,全省瓦斯最大涌出量的前5个矿区有4个位于这个区域,这4个矿区的平均相对瓦斯涌出量达到 $49.17 \text{ m}^3/\text{t}$;湘东南的永兴至耒阳一带的矿区平均相对瓦斯涌出量也多是大于 $20 \text{ m}^3/\text{t}$.

2.2 突出矿井分布规律

2008年,湖南开发龙潭组煤系的53个矿区中有23个矿区含有突出矿井,占比43.4%;629对矿井中有突出矿井188家,占比29.89%.2010年的45个矿区中有21个矿区含有突出矿井,占比46.67%;429家煤矿中有突出矿井146家,占比34.03%.这些突出矿井全部集中在湘中龙山隆起附近区域和湘东南永兴至耒阳一带,其他地区均无突出矿井.

突出矿井分布如图5所示.可以用一条曲线将湖南境内的突出矿井分布区域与无突出矿井区域分割开来.区域内所有矿区均含有突出矿井,只有石里山矿区异常.区域外的所有矿区均没有突出矿井.区域内还可以进一步圈定突出矿井数占区内总矿井数百分比大于50%的区域;区域外,除了马鞍山矿区外,其他矿区的突出矿井数均小于总矿井数的50%.

综上,突出矿井分布的区域性明显,中部突出性大,往周边地区,突出性逐渐减小,表现在矿区内突出矿井数占比降低.

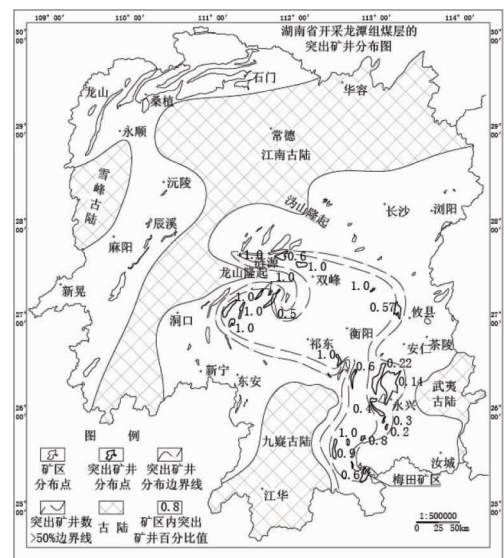


图5 突出矿井分布

3 瓦斯地质与沉积环境的关系

湖南龙潭组的相对瓦斯涌出量、瓦斯含量以及突出矿井分布等都具有明显的区域特征.经分析,瓦斯参数的区域性与沉积环境的关系密切,与沉积厚度的关系更为密切.

3.1 瓦斯灾害程度与沉积环境关系

湘西、湘北及湘中北部的沉积经历基本相同,都是东吴运动后久经风化剥蚀,在龙潭晚期海进时才逐步接受残积平原、沼泽、潮坪直至浅海相沉积.长期风化所形成的古岩溶带有利于瓦斯逸散,加上含煤岩系薄,如湘西、湘北煤岩厚约10 m,湘中北部30 m左右,这可能是该区瓦斯灾害程度低的原因.

湘南新宁、东安一带在龙潭组沉积期是海进通道,大部分时间处于水下环境,偶尔露出水面接受了少量海陆交互相沉积.因此,本区龙潭组不发育,偶然形成的煤层也难达到可采厚度,比如双江-崑山矿区等.

其他区域由3个三角洲相沉积区组成.即湘东的攸(县)茶(陵)三角洲、湘东南的郴(州)耒(阳)三角洲、龙山隆起附近的涟(源)邵(阳)三角洲.这些三角洲沉积区是龙潭组沉积期,三角洲随着水位升降而反复迁移,甚至是多个三角洲共同沉积而形成的沉积区.

湘东攸(县)茶(陵)三角洲沉积区应是典型的高建设性三角洲相沉积区,沉积厚度大、砂泥比高、含煤

层数多且不稳定.区内相对瓦斯涌出量低、瓦斯含量低.但往湘中盆地中心,瓦斯灾害程度逐渐增高.

湘东南的郴(州)耒(阳)三角洲沉积区的龙潭组应是由南北向迁移的三角洲沉积体系组成.沉积物主要来自东边的武夷山古陆,其沉积环境多变且不稳定,煤岩层相变严重、厚度极不稳定.区内瓦斯灾害严重,且内部差异大,单个矿区内可能突出矿井和高瓦斯、低瓦斯矿井并存.

湘中的涟(源)邵(阳)三角洲沉积区由多个小型三角洲沉积形成,建设性弱,沉积环境稳定,沉积厚度小但稳定.区内瓦斯灾害最为严重,瓦斯相对涌出量和瓦斯含量均是省内最高,突出矿井多.

3.2 相对瓦斯涌出量与沉积速率关系

瓦斯涌出量与沉积厚度对比图如图6所示,攸茶三角洲沉积区沉积厚度大于300 m的区域内都是低瓦斯矿井.但往盆地中心方向,随着三角洲作用减弱,沉积物供给速率降低、沉积厚度减少,矿区的平均矿井相对瓦斯涌出量是递增的.

郴耒三角洲沉积区相对瓦斯涌出量也是随沉积厚度往西递减而增加的.东部矿区的平均值较低,如石里山2008年和2010年的矿区平均瓦斯涌出量均低于 $10 \text{ m}^3/\text{t}$,永耒矿区2008年为 $10.8 \text{ m}^3/\text{t}$,2010年为 $8.82 \text{ m}^3/\text{t}$.往西至白沙、和坪圩矿区都在 $20 \text{ m}^3/\text{t}$ 左右,再往西至盐湖、袁家、桐木岭矿区在 $30 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上.本区南部也是如此规律,东南的鲁塘、梅田矿区的相对瓦斯涌出量比其西北的高桥、袁家矿区要低.

如前述,龙山隆起附近的涟邵三角洲沉积区的建设性弱,沉积厚度小,区内瓦斯灾害是湖南最为严重的.即便如此,沉积厚度大的矿区的矿井瓦斯相对涌出量平均值还是低些,如表1所示(表中序号对应图6中的矿区编号).经统计分析,表1中沉积厚度与瓦斯相对涌出量之间的相关系数 $r = -0.53$,属于中度负相关.如果考虑位置,三比田矿区比其东西两侧的箍脚底、枫江溪矿区要低,两市塘矿区比其东西两侧的牛马司、保和堂矿区要高,可知矿井相对瓦斯涌出量与沉积厚度的关系是高度相关的,详见图6和表1.

表1 龙山隆起附近矿区瓦斯涌出量

| 序号 | 矿区名称 | 沉积厚度/m | 相对涌出量/ (m^3/t) |
|----|------|--------|--------------------------------|
| 1 | 箍脚底 | 94 | 45.21 |
| 2 | 三比田 | 180 | 32.76 |
| 3 | 枫江溪 | 74 | 33.19 |
| 4 | 短陂桥 | 94 | 61.78 |
| 5 | 牛马司 | 134 | 24.06 |
| 6 | 两市塘 | 125 | 48.48 |
| 7 | 保和堂 | 160 | 17.43 |

3.3 突出矿井分布与沉积厚度关系

湖南龙潭组突出矿井全部分布在3个三角洲沉积区,突出矿井分布与沉积厚度关系如图7所示.

攸茶区沉积厚度大于300 m的区域内,无突出矿井.往西随沉积厚度减少,矿区中突出矿井百分比由霞流冲的57%增加到桃水矿区的100%.

郴耒区的突出矿井百分比也是随沉积厚度往西减小而递增的.北部由永耒矿区的17%,往西到白沙的28%,再到盐湖矿区的67%;中部由许家洞的24%,街洞的33%,和平圩的46%往西到华塘的83%,直到桐木岭矿区100%突出;南部由梅田的63%往西到袁家的88%,高桥矿区的100%突出.

涟邵区突出严重,区内基本上都是突出矿井.但靠近龙山隆起且沉积厚度大的保和堂矿区无突出矿井,两市塘的突出矿井也只占全部矿井的50%.三比田沉积厚度大且突出严重,应是该矿区远离龙山隆起伸入盆地过远的原因.

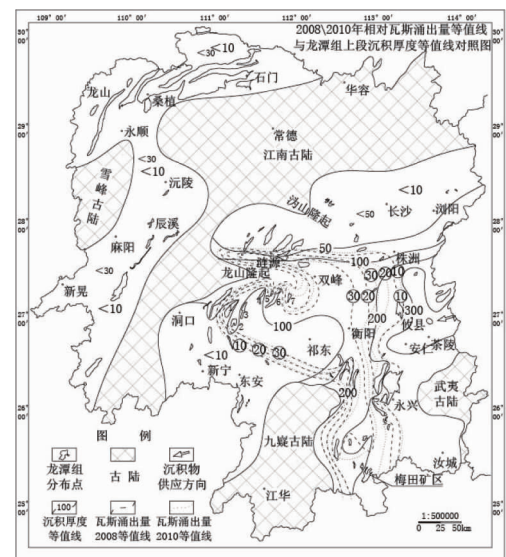


图6 瓦斯涌出量与沉积厚度对照

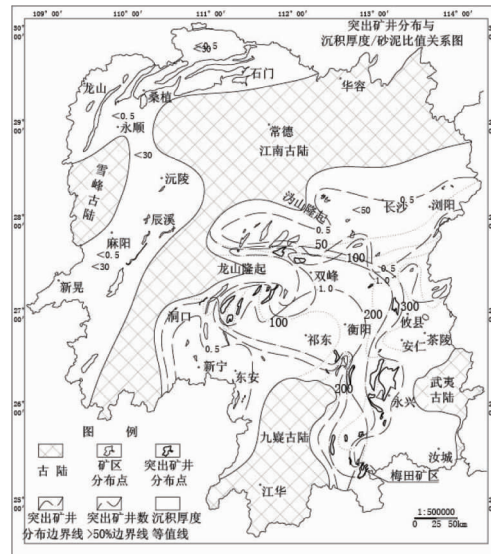


图7 突出矿井分布与沉积厚度关系

4 结论

1) 湖南龙潭组主要瓦斯技术参数与其煤田地质技术参数具有相似的区域分布特征性,表明矿井瓦斯灾害受含煤岩系沉积环境的影响较大。

2) 湖南龙潭组三角洲沉积相具有较高的瓦斯危害致因性,但不同类型的三角洲,对瓦斯灾害的影响程度是不同的。

参考文献:

- [1] 吴忠锐,何生,何希鹏,等.湘中涟源凹陷上二叠统龙潭组和大隆组海陆过渡相泥页岩孔隙结构特征及对比[J].地球科学,2019,44(11):3757-3772.
- [2] 刘国荣,卓越,陈淑珍,等.略论湖南白沙-永东煤田龙潭组含煤建造的沉积环境——一个古三角洲体系的实例[J].湘潭矿业学院学报,1986(1):2-10.
- [3] 李隆富,刘志臣,汪洋,等.二叠系上统龙潭组含煤岩系特征及对比探讨[J].矿业工程研究,2015,30(4):27-33.
- [4] 彭雪,田秀荣,左文贵,等.湖南省攸县兰村矿区深部龙潭组及煤层发育特征[J].中国煤炭地质,2013,25(12):36-40.
- [5] 陈纯芳,翁成敏.湘中南龙潭煤系不同演化程度煤的煤岩学特征及有机地球化学特征[J].现代地质,1998,12(4):591-597.
- [6] 景国勋.2008-2013年我国煤矿瓦斯事故规律分析[J].安全与环境学报,2014,14(5):353-356.
- [7] 尹国勋,张祖银.华南龙潭组煤层中的瓦斯含量与沉积环境的关系[J].煤田地质与勘探,1987,1987(2):5-9.
- [8] 念其锋,施式亮,李润求.煤矿瓦斯爆炸灾害态势评估的GRA-ANP-FCE模型及应用[J].安全与环境学报,2014,14(2):80-84.
- [9] 张玉柱,闫江伟,王蔚.基于褶皱中和面的煤层气藏类型[J].安全与环境学报,2015,15(1):153-157.
- [10] 王克营,杜江,蔡宁波,等.湖南省煤系气成藏基础及其共生组合模式[J].江西煤炭科技,2019,19(4):47-51.
- [11] 范喜生,张浪,汪东.煤与煤层气协调开采的含义及关键问题定量分析[J].安全与环境学报,2016,16(2):123-127.
- [12] 王克营,杜江.湖南省含煤地层及煤层气资源特征评价[J].低碳世界,2017,2017(1):67-68.
- [13] 李旭兵,曾雄伟,王传尚,等.东吴运动的沉积学响应——以湘鄂西及邻区二叠系茅口组顶部不整合面为例[J].地层学杂志,2011,35(3):299-304.
- [14] 孟逢源,潘昭世,林甲兴.湖南南部二叠系划分并论斗岭煤系的时代问题[J].地质论评,1980,26(3):233-238.
- [15] 刘治民,李慈良.梅田矿区晚二叠世龙潭期成煤规律的研究[C]//全国碳二叠纪含煤地层地质研讨会.1986.
- [16] 王钟秀,王文祥,易改危,等.一个独特的含煤矿区——斗笠山矿区系两个沉积体系的复合体[J].湘潭矿业学院学报,1994,9(2):24-30.