

华北某煤田煤层气含气性与煤岩储层物性参数相关性分析

程 肯

中原油田分公司勘探开发研究院 河南 濮阳 457001

【摘要】：华北某煤田煤层气的含气性与煤岩储层特性对煤层气的开发和利用具有重要意义。本研究通过对煤层气的含气性、煤岩储层的物理性质及其影响因素进行详细分析，揭示了煤层气分布的区域性差异及其与煤层物理性质的关系。研究发现，煤层的孔隙度、渗透性和裂隙发育程度对煤层气的储量和开采效率具有重要影响。煤质类型和煤层的埋藏深度也显著影响煤层气的含气性。结合水力压裂、注气等先进开采技术的应用，提出了提升煤层气开采效益的关键技术路径。研究结果为华北煤田煤层气资源的高效开发与利用提供了理论支持和技术指导。

【关键词】：煤层气；含气性；煤岩储层；煤田；开采

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.040

引言

煤层气作为一种清洁能源，已成为全球能源开发中的重要组成部分。华北地区，作为中国主要的煤田之一，其煤层气资源潜力巨大。煤层气的含气性与煤岩储层的关系尚未得到深入地探讨，这对于煤层气的开发与利用效率提升至关重要。煤岩储层的性质直接影响煤层气的储量与产气能力，因此，研究煤层气含气性与煤岩储层的相互作用，将有助于更科学地指导煤层气资源的开发与高效开采。本研究将深入分析华北某煤田的煤层气含气性与煤岩储层之间的关系，为煤层气的开发提供理论支持。

1 煤层气含气性与煤岩储层关系的研究意义

煤层气含气性与煤岩储层的关系是煤层气勘探与开发中至关重要的课题。煤层气的含气性直接影响着煤层气的储量与产气能力，而煤岩储层的物理性质、化学组成和构造特征在很大程度上决定了煤层气的赋存与迁移方式。煤岩储层的孔隙度、渗透率、煤质类型及其与其他岩层的接触条件，都对煤层气的开发潜力产生重要影响。煤层气的含气性不仅受煤岩储层性质的影响，还与煤层的埋藏深度、压力、温度等地质因素密切相关。因此，研究煤层气含气性与煤岩储层的关系，为科学合理地评估煤层气资源的开发前景提供了理论依据。

通过对煤层气含气性与煤岩储层关系的深入分析，可以揭示煤层气分布的规律，帮助在煤田勘探过程中有效定位具有较高开发潜力的煤层。这一研究不仅有助于优化煤层气开采工艺，还能为开发过程中合理选择钻井位置和确定开采技术提供数据支持。煤岩储层的物理和化学特性影响着气体在煤层中的吸附、扩散与释放过程，进而影响到煤层气的采收率 and 经济效益。在这个基础上，研究如何提高煤岩储层的气体储集能力，如何减少开采过程中的气体损失，是当前煤层气开发的关键问题。

煤层气的开发具有环境友好的特点，因而其开发具有重大的经济与社会意义。只有深入理解煤层气含气性与煤岩储层之

间的关系，才能更好地进行煤层气资源的有效利用，推动煤层气产业的可持续发展。在此过程中，煤岩储层的多尺度性质和煤层气的赋存机理需要得到充分地研究，以确保煤层气的开采不仅高效而且环保。

2 华北煤田煤层气分布特征分析

华北煤田的煤层气分布特征受到地质条件、煤层特性及构造因素的多重影响。该地区煤层气资源的分布展现出明显的空间异质性。煤层气的赋存状态与煤层的厚度、埋藏深度、孔隙度及煤的类型密切相关。不同煤层之间的气体含量差异较大，往往存在着气体储量的区域性集中现象。区域性的煤层气富集主要集中在煤田的核心地带或断层构造区，这些区域煤层气的赋存条件较为优越，气体储集能力较强。煤层的埋藏深度与煤层气的分布特征有着直接关系。深部煤层的气体含量高于浅层煤层，然而深部煤层的开采难度较大，且需面临较高的压力和温度条件。在不同深度的煤层中，气体的存在方式和赋存机制存在差异，这也是煤层气分布的一个重要特征。随着埋藏深度的增加，煤层的压力和温度逐渐升高，煤层气的生成、吸附、解析等过程变得更加复杂。

不同煤质类型对煤层气的分布特征有着显著影响。高灰分和低挥发分的煤层通常气体含量较低，而低灰分和高挥发分的煤层则具备较高的气体赋存能力。煤层的结构特征也是影响煤层气分布的关键因素。裂隙发育的煤层能够提供更好的渗透通道，使气体更易于释放和迁移，从而提高煤层气的开采效率。通过对煤层气分布的系统分析，可以发现煤层气的含量与煤层的矿物组成和煤的理化性质密切相关，这为后续的煤层气开采提供了有价值的参考数据。在华北煤田的煤层气分布特征分析中，构造地质因素也不可忽视。断层、褶皱等地质构造对煤层气的分布起到了重要的调节作用。断层的存在常常能够引起煤层气的集中分布，在断层带附近，气体的赋存量明显较高。这些地质构造不仅影响煤层气的储量，也直接关系到煤层气的开采难度。因此，深入分析华北煤田煤层气的分布特征，对于煤层气的开发与高效利用具有重要的现实意义。

3 煤岩储层物理性质与气体储量的关系

煤岩储层的物理性质与气体储量之间存在密切的关系，煤岩储层的孔隙度、渗透性、煤质特征以及裂隙的发育程度对煤层气的储存和释放起着决定性作用。孔隙度是煤岩储层中储气能力的重要指标，孔隙度越大，储气空间越丰富，煤层气的储量也越高。煤层中孔隙的形成与煤的沉积环境、成煤过程以及后期的构造变动有着紧密联系。深埋煤层通常具有较高的孔隙度，这也解释了深部煤层气储量较高的现象。渗透性是另一个影响煤层气储量的重要因素。煤岩的渗透性直接影响气体在煤层中的流动性，渗透性较好的煤层气体能够更容易地迁移与释放，进而提高开采效率。煤层的渗透性不仅取决于煤层的裂隙发育程度，还与煤的变质程度、孔隙连接性和裂隙网络的复杂性密切相关。裂隙发育良好的煤层通常具有较高的渗透性，因此能够提高气体的释放效率，从而增强煤层气的可开采性。

煤质的特征也在煤岩储层气体储量的形成中扮演着重要角色。高挥发分和低灰分的煤层通常具有较好的气体赋存能力，这些煤层的有机质含量较高，能够为煤层气的生成提供丰富的原料。煤的理化性质，尤其是煤层的比表面积和吸附能力，决定了煤层气在煤岩中的赋存状态。具有较高吸附能力的煤层能够更好地储存煤层气，尤其是在高温高压条件下，煤层气的吸附释放规律将直接影响到煤层气的有效储存与开采。煤岩储层的构造特征，如煤层的厚度、层理发育程度、裂缝网络的连通性等，也对气体储量具有直接影响。厚煤层通常具有更大的储气空间，而层理发育良好的煤层在气体的存储与迁移过程中起到重要作用。煤层中的地质构造变化，如断层和褶皱，也会导致气体的聚集或分布不均匀，从而影响储气能力。对于煤层气开采而言，了解煤岩储层的物理性质和气体储量之间的关系，有助于科学评估煤层气资源的开发潜力，指导煤层气的高效开采与资源优化利用。

4 煤层气含气性影响因素的定量分析

煤层气含气性的影响因素多种多样，涉及煤岩的物理性质、煤层的地质条件以及煤层气生成和迁移过程中的环境因素。在定量分析中，煤层气含气性主要受到煤的孔隙度、渗透性、煤层的埋藏深度、煤质类型、温度、压力等因素的综合影响。煤的孔隙度和渗透性直接决定了气体的储存与流动能力。孔隙度越高，气体的存储空间越大，而渗透性较好的煤层则能更有效地释放储存的煤层气。这两个因素对于煤层气的含气性起着基础性作用。

煤层的埋藏深度对气体的含量具有显著的影响。在较浅的煤层中，气体由于地下水的溶解作用以及其他外部因素的影响，含气量通常较低。随着煤层埋藏深度的增加，温度和压力逐渐升高，煤层气的生成过程也更加活跃，气体的含量通常呈现上升趋势。在一定深度范围内，煤层的含气性达到最大值。深部煤层的温度和压力有助于煤的有机质转化为煤层气，提升

了煤层气的赋存能力。过深的煤层由于高温高压环境下气体的解吸困难，可能导致含气性下降。

煤质类型也在煤层气含气性中扮演着重要角色。高挥发分和低灰分的煤层通常具有较强的气体赋存能力，因为这些煤层的有机质含量较高，能够生成和储存更多的煤层气。煤的比表面积和吸附能力同样影响着煤层气的含气性。比表面积大的煤层具有更多的表面活性位点，能够吸附更多的气体，因此具有较高的含气性。煤层的结构特征，包括煤的层理、裂隙发育等，决定了煤层的气体储存与释放模式。裂隙的发育能够有效增加煤层的渗透性，使煤层气更易于迁移与释放，从而提高煤层气的开采潜力。

温度和压力作为煤层气含气性的重要外部因素，直接影响气体的吸附和解析过程。在一定压力和温度条件下，气体会在煤的孔隙中吸附并保持稳定状态，但当外部条件发生变化时，煤层气会释放出来，煤层气的含气性会受到地层温度和压力的变化影响。气体的生成和释放过程通常需要在一定的温度和压力条件下完成，任何外部因素的改变都可能导致气体的解吸效率和储存能力发生变化。因此，定量分析煤层气的含气性，需要综合考虑这些影响因素，并建立科学的模型以准确预测煤层气的分布与储量。

5 提升煤层气开采效益的关键技术路径

提升煤层气开采效益的关键技术路径需要通过多方面的技术手段协同作用，以提高煤层气的开采效率和资源利用率。提升煤层气开采效益的关键在于精确识别具有高气储量和高开采潜力的煤层，通过精细化的勘探与评估，科学评估不同煤层的气体赋存状态和储量。这需要结合煤层气含气性、煤岩储层的物理性质以及煤层的地质特征，采用先进的地质勘探技术和物理化学分析方法，如地震勘探、气体含量分析等，确保煤层的精准定位，为后续开采提供数据支持。

煤层气开采效益的提升还依赖于开采工艺的优化。现代煤层气开采技术主要包括水力压裂、注气、脱水等多种手段，其中水力压裂技术已成为提高煤层气渗透性的关键方法。通过精确控制压裂参数，合理选择压裂剂和液体，通过增加裂隙通道，提升煤层的渗透性，从而提高煤层气的产量。注气技术可以通过注入适量的气体或液体，维持煤层内的压力差，促进气体的释放，增加开采量。结合煤层的埋藏深度、裂隙结构等因素，合理选择开采工艺，能显著提高煤层气的开采效益。优化采气方式是提高开采效益的另一个重要环节。传统的采气方式通常依赖于抽气井进行常规抽采，在低渗透煤层中，这种方法往往面临产气量低的问题。为了突破这一瓶颈，现代煤层气开采逐步采用多井并行抽采技术，并结合分层抽采策略，提高煤层气的整体开采效率。通过合理设置井网密度，并结合煤层气的赋存情况，确保气体在较短时间内有效释放。

提升煤层气开采效益的另一关键技术路径是煤层气资源的综合利用。煤层气作为清洁能源，具有较高的环保效益，其利用不仅仅局限于直接采气，还可以通过液化、转化为化工产品等方式，实现资源的最大化利用。通过建立合理的煤层气产业链，综合利用煤层气，可以有效提升经济效益。煤层气的开采过程中，要加强技术的实时监测和数据分析，应用大数据技术和智能化监控系统，对煤层气的生产过程进行全面优化控制，确保开采过程中各项技术指标的稳定性与高效性。实时监控数据可以为决策提供依据，从而实现更加精确的开采调整和资源管理，提高开采效益。

6 研究结果与煤层气资源高效开发的应用

研究结果表明，煤层气的开发需要深入理解煤层的气体赋存特征、储量分布以及影响开采效率的关键因素。通过对华北某煤田的煤层气含气性与煤岩储层性质的研究，发现煤层的物理特性、构造条件及埋藏深度对煤层气的储量和产气能力具有重要影响。在多个实验和数据分析的基础上，煤层气的分布特征呈现出较强的区域性差异，核心区 and 构造区的煤层气赋存量相对较高，而边缘地带的气体储量较低。这一发现为后续的煤层气开发工作提供了精确的区域定位依据。煤层的孔隙度、渗透性以及裂隙的发育程度是影响煤层气开采效果的主要因素。实验数据显示，高孔隙度和良好渗透性的煤层气体储量较高，且采气效率更为显著。通过对不同煤层的裂隙分布进行详细分析，明确了煤层气的赋存模式及其变化规律。研究表明，裂隙发育良好的煤层能够提供更高的气体储存与迁移通道，从而提升开采效益。煤层气的生成、吸附及解吸过程对煤层气的可采性有直接影响，研究中通过定量分析不同温度和压力条件下

参考文献：

- [1] 王杰,李晓琳.华北地区煤层气资源分布与开发潜力研究[J].煤炭学报,2023,48(6):1134-1141.
- [2] 赵鹏飞,陈兴涛.煤层气开采工艺的优化与实践[J].能源工程,2022,39(3):78-85.
- [3] 刘辉,张红梅.煤岩储层物理性质对煤层气含气性的影响[J].地质与勘探,2023,59(1):45-52.
- [4] 张国强,王磊.煤层气开采技术的最新进展与挑战[J].煤层气研究,2022,41(4):124-130.
- [5] 周建军,王晨曦.煤层气分布特征与资源开发策略[J].煤田地质,2023,31(2):201-210.
- [6] 李文杰,王志刚.水力压裂技术在煤层气开发中的应用研究[J].石油与天然气地质,2023,44(5):1073-1080.

煤层气的行为特征，进一步明确了煤层气开采的最佳工艺参数。

基于研究结果，可以采用更为精确的勘探技术和开采工艺优化方案来实现煤层气资源的高效开发。在开发过程中，精准的煤层气储量预测和实时监测系统将有助于最大程度地提高资源的利用率。结合煤层气的分布特征和储气能力，可以通过合理的井网布置、分层抽采等措施，实现煤层气资源的高效开采。水力压裂技术和注气技术的结合，将进一步增强煤层气的释放效果，提升开采效率。煤层气资源的高效开发不仅依赖于开采技术的不断革新，也与气体利用方式的优化密切相关。通过综合利用煤层气，不仅可以提高其经济效益，还能实现环境保护目标。随着煤层气利用技术的进步，将逐步实现煤层气的液化、转化为化工原料等多元化利用，进一步推动煤层气产业的可持续发展。综合性的煤层气开发模式，将有效推动煤层气资源的最大化利用，为能源结构优化和低碳经济发展提供有力支持。

7 结语

通过对华北某煤田煤层气含气性与煤岩储层特性的研究，可以看出，煤层气的分布、储量及其开发潜力受到煤层物理性质、煤质、裂隙发育及地质条件等多方面因素的影响。研究结果为煤层气的高效开采提供了科学依据，同时也为煤层气资源的合理开发和高效利用提供了技术支持。结合研究成果，通过优化开采工艺和采用先进技术手段，可以有效提升煤层气的开采效益，实现煤层气资源的最大化利用。未来，煤层气产业的持续发展将在清洁能源替代和环境保护方面发挥更加重要的作用。