

神府区块煤系天然气成藏条件研究

王广硕

新疆大学地质与矿业工程学院 新疆乌鲁木齐

【摘要】目的 为了明确鄂尔多斯盆地神府区块本溪组和太原组煤系天然气的富集规律，**方法** 本研究利用钻井及岩心分析资料，对烃源岩、储层、盖层及成藏模式进行系统剖析。**结果** 结果表明研究区内广泛发育煤层与泥岩两类优质烃源岩，本溪组煤层 TOC 均值为 65.6%，泥岩 TOC 均值为 4.1%，太原组煤岩 TOC 均值为 63.7%，泥岩 TOC 均值为 3.6%，均属优质烃源岩；Ro 值介于 0.8%~1.3%，平均 1.1%，处于成熟生气阶段；致密砂岩储层以石英砂岩为主，平均孔隙度 7.05%~7.54%，平均渗透率 0.71~0.84mD，属典型特低孔—超低渗致密储层；上部发育区域性泥岩与组内煤泥岩共同构成了多级封盖体系。**结论** 该区天然气成藏主要受源储配置控制，表现为源储紧邻、短距离运移特征，主要发育下生上储与自生自储两种组合模式。未来勘探应聚焦于生烃中心与优质砂体配置的耦合区。

【关键词】 神府区块；本溪组—太原组；煤系天然气；成藏条件

【收稿日期】 2025 年 12 月 15 日 **【出刊日期】** 2026 年 1 月 16 日 **【DOI】** 10.12208/j.sdr.20260016

Study on the accumulation conditions of coal-measure gas in the Shenfu Block

Guangshuo Wang

College of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang

【Abstract】 Objective To elucidate the enrichment mechanisms of coal-measure gas in the Benxi and Taiyuan Formations of the Shenfu Block, Ordos Basin. **Methods** Utilizing data from well drilling and core analysis, this study systematically investigated the source rocks, reservoirs, cap rocks, and hydrocarbon accumulation models within the study area. **Results** The results indicate that two types of high-quality source rocks—coal seams and mudstones—are extensively developed in the region. In the Benxi Formation, the average Total Organic Carbon of coal seams is 65.6%, and that of mudstones is 4.1%; in the Taiyuan Formation, the average TOC of coal rocks is 63.7%, and that of mudstones is 3.6%. Both are classified as high-quality source rocks. The vitrinite reflectance RO ranges from 0.8% to 1.3%, with an average of 1.1%, indicating a thermally mature stage favorable for gas generation. The tight sandstone reservoirs are dominated by quartz sandstone, characterized by an average porosity of 7.05%–7.54% and an average permeability of 0.71–0.84 mD, representing typical reservoirs with extra-low porosity and ultra-low permeability. The regionally developed mudstones in the upper section, combined with intra-formational coal-mudstones, constitute a multi-level sealing system. **Conclusion** Natural gas accumulation in this area is primarily controlled by the source-reservoir configuration, characterized by the close proximity of sources to reservoirs and short-distance migration. Two main assemblage models are identified: "lower-generation and upper-storage" and "self-generation and self-storage." Future exploration should focus on the coupled zones where hydrocarbon generation centers align with high-quality sandbodies.

【Keywords】 Shenfu Block; Benxi-Taiyuan Formations; Coal-measure gas; Accumulation conditions

1 引言

鄂尔多斯盆地作为我国第二大沉积盆地，蕴藏着丰富的油气资源^[1]。近年来，随着勘探深度的增加和

理论认识的深化，盆地东缘的煤系天然气逐渐成为天然气增储上产的重要领域。围绕煤系天然气富集规律及其储层特征与“甜点”评价等方面，国内学者开展

了大量研究。曹代勇等从构造—热作用角度系统讨论了临兴区块煤系天然气富集主控因素并提出相应成藏模式^[2]。刘彦成等针对神府区块本溪组—太原组致密砂岩储层特征及主控因素进行总结^[3]。但针对神府区块本溪组与太原组煤系天然气“源—储—盖”匹配关系、关键参数量化及其控制的成藏组合模式研究。

神府区块主要位于鄂尔多斯盆地东北缘，构造位置处于东部晋西挠褶带，地势东高西低，北高南低。研究区内地层发育齐全，自下而上依次为本溪组、太原组、山西组、下石盒子组^[4]。本研究聚焦的本溪组和太原组为一套含煤沉积地层。研究区本溪组和太原组发育多套煤层及海陆交互相沉积体系，具备形成大型煤系气田的地质条件^[5]。但本溪组与太原组埋深较大，储层致密化严重，非均质性强，且气水关系复杂，导致对天然气富集规律和主控因素的认识尚不完全清晰。对烃源岩的生烃潜力的评价，致密储层的精细刻画，源储配置关系的探索，是神府区块下一步高效勘探的关键科学问题。

本溪组沉积时期，研究区受海平面升降变化影响，发育潮汐水道—潮坪体系。岩性主要由灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、灰色中细砂岩及煤层组成，底部常发育铝土质泥岩。其中，本溪组上部发育的8+9号煤层是全区稳定分布的标志层，也是重要的烃源岩层系。

太原组继承了本溪组的沉积格局，但海水影响范围有所变化，主要发育三角洲前缘相沉积。地层由灰黑色泥岩、碳质泥岩、煤层及多套砂岩夹层构成。太原组煤层层数多，单层厚度小，形成了良好的源储组合背景。

本研究选取神府区块本溪组和太原组为研究对象，利用钻井及岩心分析资料，从烃源岩特征、储层特征、盖层条件等方面，系统剖析研究区煤系天然气的成藏地质条件，探讨天然气富集成藏的主控因素。

2 成藏条件分析

2.1 烃源岩条件

充足的烃源是天然气成藏的物质基础。神府区块本溪组和太原组发育煤、暗色泥岩两种类型的烃源岩，具有厚度大、有机质丰度高、热演化程度适中的特点^[6]。

2.1.1 烃源岩分布与厚度

通过对研究区内探井的统计分析发现，本溪组和太原组煤层在神府区块广泛发育。太原组主要发育多次薄煤层。本溪组发育8+9号煤层，全区连续

分布，单层厚度一般在3~10m，局部可达15m以上。除煤层外，两组地层中还发育大套的暗色泥岩，累计厚度可达30~60m。这种煤泥互层的沉积结构，为天然气的生成提供了充足的物质基础。

2.1.2 有机地球化学特征

实测地球化学数据显示（表1），煤岩的有机碳含量极高^[7]，太原组煤岩的有机碳含量在31.5%~78.1%之间，有机碳平均值为63.7%；本溪组煤层的有机碳含量在43.1%~77.2%之间，平均值是65.6%，属于特好烃源岩；暗色泥岩的有机碳含量，太原组的泥岩有机碳含量介于0.04%~8.51%之间，均值为3.6%，本溪组泥岩有机碳含量介于1.43%~9.15%之间，均值为4.1%大于1.0%，达到了好—极好烃源岩的标准。生烃潜量（S1+S2）与有机碳含量有明显的正相关关系，有机质丰度越高，生烃潜力越大^[8]。

表1 研究区太原组本溪组源岩有机碳含量

层位	岩性	TOC, %
太原组	煤层	31.5~78.1 63.7
	泥岩	0.04~8.5 3.6
本溪组	煤层	43.1~77.2 65.6
	泥岩	1.43~9.15 4.1

干酪根显微组分鉴定结果表明，本溪组和太原组烃源岩的有机质显微组分以镜质组为主，含量在60%~85%之间，其次为惰质组，壳质组含量较低。干酪根类型指数（TI）计算显示，有机质类型主要为III型（腐殖型），主要来源于陆源高等植物，具有良好的生气倾向。镜质组反射率 R_o 是评价有机质成熟度的关键指标^[9]。测试结果显示，神府区块本溪组和太原组烃源岩的 R_o 值介于0.8%~1.3%之间，平均值为1.1%左右。

根据石油天然气行业标准（表2），该区烃源岩处于成熟阶段，正处于大量生成湿气—干气的窗口期。与盆地南部的延安组相比，本区热演化程度更高，有利于天然气的大规模生成和充注。

2.2 储层特征

神府区块本溪组与太原组储层主要由致密砂岩组成，整体表现为低孔、低渗特征，但在局部相带和成岩作用下发育相对优质储层。

表 2 有机质演化程度标准表 (张厚福, 1999)

演化阶段	生物化学生气阶段 (未成熟阶段)	热降解生油气阶段 (成熟阶段)	热裂解生湿气阶段 (高成熟阶段)	深部高温生气阶段 (过成熟阶段)
Ro (%)	<0.5	0.5~1.2	1.2~2.0	>2.0

2.2.1 岩石学特征

储层砂岩类型主要为石英砂岩和岩屑石英砂岩, 石英含量较高, 平均达 75%以上, 长石和岩屑含量相对较低。填隙物主要包括硅质、钙质、泥质及少量的铁白云石。高石英含量意味着岩石具有较强的抗压实能力, 为原生孔隙的保存提供了一定条件, 同时也为后期的脆性压裂改造提供了有利的岩石力学基础。

2.2.2 物性特征

对岩心样品的物性分析表明, 本溪组孔隙主要分布在 8%~10%, 平均为 7.54%; 渗透率分布在 0.3~1 mD, 平均为 0.71 mD。太原组砂岩储层孔隙度为 4%~12.0%, 平均为 7.05%; 渗透率为 0.05~1 mD, 平均为 0.84 mD。根据致密气储层评价标准, 本区储层属于典型的特低孔—超低渗致密储层。

2.2.3 孔隙结构特征

对铸体薄片观察发现, 研究区本溪—太原组致密砂岩的孔隙类型主要分为三类, 分别是粒间孔、粒内溶蚀孔和微裂缝。其中, 粒间孔进一步分为残余粒间孔和晶间孔, 主要的储集空间类型为残余粒间孔和粒内溶蚀孔, 微裂隙虽也有发育, 但数量较少, 且延伸长度较短, 开度较小。其中, 溶蚀孔隙是改善储层物性的关键, 主要由早期碳酸盐胶结物和长石颗粒在酸性流体作用下发生溶蚀形成。

2.3 盖层特征

优良的盖层是天然气聚集成藏并长期保存的必要条件^[10]。神府区块本溪组和太原组不仅自身发育烃源岩和储层, 其岩性组合特征也形成了良好的生储盖组合。上覆的山西组和下石子组发育大套厚层泥岩, 构成了本溪—太原组气藏的区域性直接盖层。在太原组和本溪组内部, 砂岩体往往被上下发育的厚层泥岩或煤层所夹持。煤层不仅是烃源岩, 也可作为良好的局部盖层, 封闭砂岩中的天然气。

3 成藏模式

基于上述成藏条件的综合分析, 神府区块本溪组与太原组天然气成藏主要受控于源储配置关系和砂体展布。本溪组和太原组的砂岩储层与煤系烃源岩呈互层状沉积, 源储接触面积大。天然气生成后, 直接通过微裂缝或孔隙进入相邻砂体中聚集成藏, 无需经过长距离运移。这种接触关系极大地提高了充注效率^[6]。

关于成藏模式主要有下生上储型和自生自储型两种类型(图 1)。下生上储型即本溪组或太原组下部煤层生成的天然气, 向上运移至太原组上部的河道砂体中聚集成藏。这是区内最普遍的成藏模式, 砂体顶部的泥岩作为直接盖层。自生自储型则是主要存在于砂岩透镜体被烃源岩完全包围的情况下, 天然气进入储层进行富集^[11]。

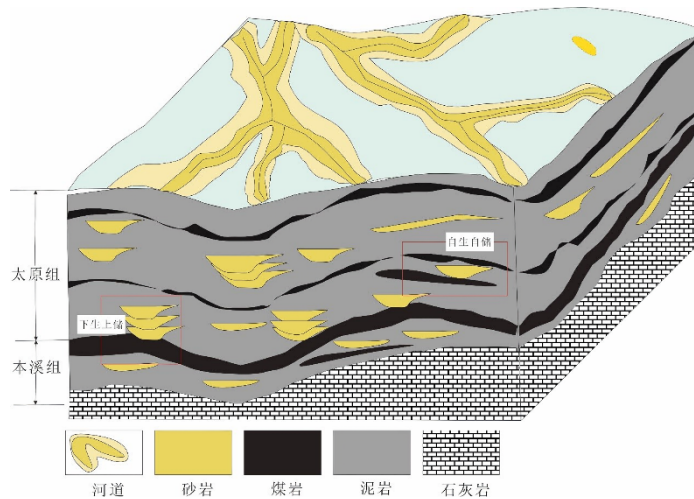


图 1 成藏模式图

研究表明, 烃源岩的生烃强度控制了含气范围, 而优质储层的发育程度则决定了气藏的高产富集。在构造相对平缓的背景下, 寻找高孔渗的河道砂体是勘探的关键^[12]。

4 结论

(1) 鄂尔多斯盆地神府区块本溪组与太原组具备优越的煤系天然气成藏地质条件。区内发育多套厚层煤岩及暗色泥岩, 煤层 TOC 介于 63.7%~65.6%, 泥岩 TOC 介于 3.6%~4.1%, 均属优质烃源岩; Ro 值介于 0.8%~1.3%, 平均 1.1%, 处于成熟生气阶段, 生烃潜力巨大。

(2) 储层以致密石英砂岩为主, 平均孔隙度 7.05%~7.54%、渗透率 0.71~0.84 mD, 属特低孔—超低渗储层, 溶蚀孔隙及微裂缝是改善物性的主要因素。

(3) 区内天然气表现为源内成藏, 主要受下生上储与自生自储两种模式控制, 组内煤泥互层形成了良好的局部盖层, 叠加山西组区域性泥岩封挡, 构成了稳定的多级封盖体系, 有利于气藏长期保存。

参考文献

- [1] 傅宁, 杨树春, 贺清, 等. 鄂尔多斯盆地东缘临兴—神府区块致密砂岩气高效成藏条件[J]. 石油学报, 2016, 37(S1): 111-120.
- [2] 曹代勇, 聂敬, 王安民, 等. 鄂尔多斯盆地东缘临兴地区煤系气富集的构造-热作用控制[J/OL]. 煤炭学报, 2018, 43(6): 1526-1532.
- [3] 刘彦成, 梅啸寒, 田继军, 等. 鄂尔多斯盆地神府区块煤系致密砂岩气储层特征、成岩作用与主控因素[J]. 中国石油勘探, 2025, 30(5): 39-55.
- [4] 郑森. 鄂尔多斯盆地北部上古生界致密砂岩气藏成藏模式[D/OL]. (2026)
- [5] 米立军, 朱光辉. 鄂尔多斯盆地东北缘临兴—神府致密气田成藏地质特征及勘探突破[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(3): 53-67.
- [6] 钟建华, 刘闯, 吴建光, 等. 鄂尔多斯盆地东缘临兴地区煤系气共生藏特征[J/OL]. 煤炭学报, 2018, 43(6): 1517-1525.
- [7] 何智同, 李勇, 侯雨庭, 等. 鄂尔多斯盆地本溪组 8#煤岩气地质特征及富集控制因素[J]. 天然气地球科学, 2026, 37(01): 110-125.
- [8] 傅宁, 杨树春, 贺清, 等. 鄂尔多斯盆地东缘临兴—神府区块致密砂岩气高效成藏条件[J]. 石油学报, 2016, 37(S1): 111-120.
- [9] 王子轶, 刘彦成, 林利明, 等. 鄂尔多斯盆地东缘上古生界致密砂岩有效气源岩下限与储层分级评价[J]. 天然气地球科学, 2023, 34(10): 1710-1725.
- [10] 孙昊. 鄂尔多斯盆地大宁-吉县区块深部煤层气富集成藏规律研究[D/OL]. 东华理工大学, 2025.
- [11] 桑树勋, 郑司建, 刘世奇, 等. 煤系气及深部煤层气高效勘探开发若干研究进展[J]. 中国矿业大学学报, 2025, 54(01): 1-25.
- [12] 田兵, 段志强, 赵俊梅, 等. 鄂尔多斯盆地神府地区含煤层气系统特征[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(22): 9298-9305.

版权声明: ©2026 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。

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



OPEN ACCESS