

# 济阳拗陷煤成气勘探优化效益选区评价

刘辰宇 (胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营 257000)

**摘要:** 济阳拗陷煤成气整体勘探程度和认识程度较低, 属于三新领域。济阳拗陷钻遇上古生界地层探井有两百余口, 在孤北、惠民等多个地区煤成气勘探取得突破, 试气产量 2.2~11.1 万方, 并上报控制储量, 证实了济阳拗陷煤成气的勘探潜力, 但是进一步的勘探效果并不理想, “十一五”以来胜利探区钻探煤成气井有多口井由于烃源、保存等原因失利, 尚未取得规模发现, 说明煤成气成藏的复杂性, 具有高效益的有利区带不明确, 面临着一系列的选区评价和经济效益问题。因此如何进行煤成气勘探选区评价, 优化高质量勘探效益并实现经济效益最大化, 成为了当前济阳拗陷煤成气研究的重要方向。

**关键词:** 济阳拗陷; 煤成气; 经济效益; 选区评价

## 0 引言

目前, 济阳拗陷在孤北、车西、惠民等地区煤成气勘探取得突破, 孤北古 1 井压裂日气 11.1 万方, 证实了胜利东部探区煤成气的勘探潜力, 但未能实现规模发现。整体勘探程度和认识程度都较低, 属于三新领域新层系。前期针对构造圈闭, 历经了偶然发现, 积极探索, 深化认识三个阶段, 未能实现规模发现。通过前期研究得出几点认识: 煤系烃源岩发育层系保留较全; 残余地层分割性强, 受多期构造运动控制; 煤系地层具有良好的生烃能力; 煤系地层二次生烃门限受构造格局控制。随着近年来钻井、测试、地震等资料的增加, 急需对煤成气的成藏规律进行再研究。

## 1 济阳拗陷煤成气勘探历程与取得认识

### 1.1 济阳拗陷煤成气勘探历程

济阳拗陷煤成气勘探可以划分为三个阶段:

第一阶段为 1990 年以前的发现阶段, 在潜山油气藏勘探过程中首次发现煤成气。

第二阶段为 1990~2003 年之间的积极探索阶段, 针对高台阶潜山开展古生界煤成气的勘探, 部署了一批探井, 分别获得日气万方以上的工业气流。

第三阶段为 2003 至今的深化认识阶段, 结合古生界之后持续活动的断层对气藏有破坏作用的认识, 针对低台阶潜山先后部署了 11 口煤成气专探井, 并且在沾化凹陷、惠民凹陷发现了煤成气藏。

### 1.2 济阳拗陷煤成气勘探取得认识

#### 1.2.1 煤系烃源岩发育层系保留较全

煤成气是由腐殖型有机质生成的天然气, 其源岩多为煤系地层。古生界为华北地台海陆过渡带沉积, 与整个华北地台上古生界较一致, 与下伏寒武—奥陶系呈平行不整合接触, 与上覆中生界呈角度不整合接

触。以印支运动为界, 济阳拗陷发育了海陆交互相的石炭—二叠系和陆相侏罗系两套煤系烃源岩。从现今情况来看, 这两套岩系均具有较厚的沉积、较高的有机质丰度和成熟度, 均具备形成大型煤成气藏的可能。济阳拗陷石炭—二叠系地层具有较好的可对比性, 下部的本溪、太原、山西组含煤地层分布稳定、保留较全, 上部石盒子组地层遭受不同程度的剥蚀。

#### 1.2.2 地层分割性强, 受北西向断层控制

济阳拗陷石炭—二叠系残留地层的分布主要受北西向断层的控制, 后期的北东向和北北东向断层进一步影响地层的展布, 具有南北分区、东西成块的特征。

#### 1.2.3 煤系地层具有良好的生烃能力

济阳拗陷主要发育浅沼森林相、深沼森林相煤岩, 有利于生天然气, 鲁西南、临清发育深沼森林相、深沼芦苇相, 可以探索煤成凝析油、煤成气。

#### 1.2.4 控圈断裂活动早更有利于成藏

根据鄂尔多斯盆地煤成气勘探经验及济阳拗陷煤成气成功井的勘探实践, 认为控制圈闭的断层活动结束越早, 越有利于煤成气藏的后期保存。

## 2 济阳拗陷煤成气资源潜力认识

胜利东部油气区位于我国山东省东北部、渤海湾西南面, 横跨山东省聊城、德州、潍坊、惠民、东营五地市以及临近浅海海域, 包括渤海湾盆地中的临清拗陷一部分 (山东境内)、济阳拗陷和昌潍拗陷。其中济阳拗陷由四排凸起和三排凹陷组成, 四排凸起自西北向东南顺次为: 呈子寇凸起—庆云凸起、义和桩凸起—无棣凸起、陈家庄凸起—滨县凸起、青城凸起—广饶凸起, 凸起间的三排凹陷由西北向东南依次有: 车镇凹陷、惠民凹陷、沾化凹陷、东营凹陷及渤海海域内的呈北凹陷、桩东凹陷、青东凹陷等等, 为胜利

东部油气区的主体。其石油勘探面积约 26500 平方公里。从老到新发育的地层有：太古界泰山群、元古界、下古生界寒武系和奥陶系、上古生界石炭系和二叠系、中生界侏罗系和白垩系以及新生界古近系及其上覆的新近系。其中下古生界以浅海相碳酸盐岩地层为主；上古生界以海陆交互相和陆相碎屑岩发育为特征。

中生界是由陆上湖沼含煤碎屑岩、中基性火山喷发岩及河流相红色碎屑岩所组成。新生界古近系古新统零星出现，始新统和渐新统十分发育，以湖相碎屑岩为主，夹碳酸盐岩、盐岩、石膏和基性火山岩；新近系则以河流相碎屑岩为主。上古生界石炭—二叠系为重点。目前济阳拗陷石炭—二叠系残留地层厚度 400~1200m，惠民凹陷的石炭—二叠系残留地层厚度较厚，达到厚度 800~1000m。济阳拗陷石炭—二叠系残留地层厚度整体呈现西厚东薄、西整东碎的特点。煤层和暗色泥岩两种类型组成了济阳拗陷石炭—二叠系烃源岩层系，剖面上主要的烃源岩层系集中分布在太原组和山西组地层中。

从平面分布看，东营和惠民凹陷烃源岩分布较为连续，沾化凹陷的烃源岩分布连续性较差，整体呈块状分布。煤层厚度在 0~40m 之间，暗色泥岩厚度 50~300m 之间。济阳拗陷石炭—二叠系煤层基本上都是典型的Ⅲ型干酪根，以镜质组分为主，壳质组分含量不高，成熟度总体上处于成熟和高成熟阶段。通过岩心取样进行分析化验，按国家中高演化煤系烃源岩评价标准来看济阳拗陷煤岩属于中等—好烃源岩，具有规模发现的资源基础，而炭质泥岩和暗色泥岩为中等烃源岩，生烃潜力相对一般。由于济阳拗陷多期构造运动，煤层发生了白垩纪、古近纪、新近纪三次生烃过程。目前认为经过多期构造运动留存下来的生气资源，是燕山期之后的生烃量。

### 3 济阳拗陷煤成气成藏要素及选区评价

以石油地质学、沉积学、油气地球化学、盆地模拟等理论为指导，综合应用钻井、测井、录井、地震资料、地层测试、岩心和各类分析化验资料及前期研究成果，首先开展统层、地层划分和对比，查清 C-P 残留地层分布，在此基础上分析煤系烃源岩特征，建立有效烃源岩生烃潜力评价方法，查清有效烃源岩展布，进一步分析煤系烃源岩的生烃过程，查清不同地区生烃过程差异性，然后研究 C-P 煤成气的储层、盖层及储盖组合特征，研究断层封堵能力对煤成气保存的影响，最终在煤成气生烃条件、储集条件、储盖组合、

保存条件研究的基础上，分析煤成气成藏的主要控制因素，并建立不同区带煤成气的成藏模式，总结煤成气成藏规律，预测煤成气有利富集区带，指出煤成气有利勘探方向，评价有利勘探目标。

煤成气最终是否成藏受控于圈闭、烃源、储层、盖层等多种条件相互匹配，通过剖析已钻探井，不断深化成藏认识，认为济阳拗陷煤成气成藏主要受控于“生烃、保存、运聚”等三个因素，三者的良好耦合关系是该区煤成气富集成藏的主控因素。煤系烃源岩是煤成气气藏形成的基础，煤系烃源岩的特征、展布、演化过程及演化程度决定了生烃中心，生烃中心资源量的大小将决定气藏的富集程度。保存条件是煤成气成藏关键。

众所周知，由于天然气的易扩散性，保存条件对天然气成藏至关重要。根据典型油气藏分析，“控圈断层活动性、圈闭定型期与二次生烃期的匹配关系”等保存条件是煤成气藏成藏的关键因素。相对于煤成气而言，评价圈闭的保存条件主要从以下三个方面考虑：控圈断层的活动性导致的圈闭形成期与生烃期的匹配关系、断层的封堵能力、盖层的封盖能力。运聚条件决定了煤成气富集层段。孤北斜坡带煤成气藏主要含气层位为上石盒子组，其煤成气主要是西侧的供烃断块依靠通过断层、或由断层伴生的裂缝向上部运移，当向上遇中生界底部泥岩封堵后在下伏的储集层中横向运移，而物性好的上石盒子等储层正临近封盖层，其成藏条件自然最为优越，最终在有利的圈闭中聚集成藏，形成古生古储类型。该种类型油气藏，由于临近供烃单元、资源量大、汇聚方向集中，往往气藏较为富集、规模较大。

在选区评价方面烃源岩条件是济阳拗陷煤成气成藏的最主要条件，二次生烃作用晚、二次生烃强度大是选择现今有利构造区带的重要指标。通过济阳拗陷 C-P 系煤系烃源岩现今生烃强度的研究，济阳拗陷目前存在 4 个生烃强度中心，分别是沾化凹陷的孤北和罗家、车镇凹陷的车西、惠民凹陷的临南、东营凹陷南坡等四个地区，因此这四个地区应该成为下一步煤成气勘探有利区带。

### 4 济阳拗陷煤成气藏效益优化策略

#### 4.1 开展科研攻关，以科技进步提高单井效益

通过积极采纳和利用最新的科技进步，大大减少在勘探油田区块时所面临的不确定性和风险，同时还显著增加油藏的采收效率。此外，科技在降低油田



的勘探与生产成本方面发挥着关键作用,进而提升每口井的盈利能力和油田的整体经济收益。

因此,增加对油气井生产技术研发的资金投入至关重要。它能有效地攻克那些可能阻碍生产进程的主要技术挑战。遵循科学性、有效性、协调性和长远规划的原则,鼓励对已经实践证明的技术进行更广泛的应用,不仅能促进单井的经济效益,也有利于整体油田的效益提升。

#### 4.2 完善单井效益评价机制,提高单井管理水平

随着对单井的经济效益分析不断深化,对油气井的细致管理显得更加关键。因此,提出以下建议:首先,建立专门的单井经济效益评价团队,汇集多方意见,充分利用现代信息技术,对勘探成本进行深入剖析。这项评价工作需要不同部门之间的合作与协调,从而提高效率和质量。其次,不断加强对油气井效益评价意义的宣传教育,以保持一定的宣传强度,使得从前线操作人员到各级管理人员都清晰地意识到这一点在整个生产和经营活动中的核心地位。应持续实施精细化的成本管理措施,合理科学地拆分和计算各项成本费用,加大对成本较高油气井的管理力度,并实时监控这些措施的效果。同时,仔细分析导致个别油气井成本偏高的根本原因,并采取相应对策。同时,注重推进从以生产量为中心转向以经济效益为核心的模式,通过实施精细化的成本和费用控制管理,有效确保了降低单井的成本。

此外,对单井的效益评价是持续不断、涉及多领域的综合性项目,评价过程需要地质勘探、开采技术、日常运作、市场销售、财务审计以及企业管理等众多专业领域和部门之间的紧密合作与协调。为进一步优化和深化油气井的经济效益评价体系,必须通过全面的评价分析,精确衡量单井的成本投入与产出,并确保其经济收益结果具有快速且有效的指导性,从而为勘探方案提供科学的决策依据。此外,评价结果需基于完整和准确的数据支持。同时,亟需持续推动油气井效益评价方法的研究与实践,以适应当前的勘探挑战。由于勘探难度的增加和高昂的非现金成本,结构性的成本与产量矛盾尤为明显。

增产措施带来的工作量加大等问题都不断提升了整个区块的运营成本,使得成本控制变得更加复杂困难。因此,优化单井的利益评估日益成为财务和勘探领域专业人士的核心任务。但是,评估工作面临许多实际挑战,如处理庞大的勘探、生产和财务数据集以

及低工作效率。传统的评估方法在时效性和准确性方面已经不能够满足当前的要求。随着财务信息化系统的成熟和实施,不同类型的数据可以更有效地被综合和使用。这为从追求产量增长转向注重成本效益的油田勘探提供了强大的技术支持,进一步推动石油和天然气生产活动向效益最优化转变。

#### 5 结论

以济阳坳陷上古生界煤系地层煤成气成藏规律、成藏要素及勘探方向为主要研究对象,综合应用钻井、测井、录井、地震资料、地层测试、岩心和各类分析化验资料及前期研究成果,首先开展统层、地层划分和对比,查清 C-P 残留地层分布,在此基础上分析煤系烃源岩特征,建立有效烃源岩生烃潜力评价方法,查清有效烃源岩展布,进一步分析煤系烃源岩的生烃过程,查清不同地区生烃过程差异性,然后研究 C-P 煤成气的储层、盖层及储盖组合特征,研究断层封堵能力对煤成气保存的影响,最终在煤成气生烃条件、储集条件、储盖组合、保存条件研究的基础上,分析煤成气成藏的主要控制因素,并建立不同区带煤成气的成藏模式,总结煤成气成藏规律,预测煤成气有利富集区带,指出煤成气有利勘探方向,在济阳坳陷煤成气藏勘探效益优化策略方面,提出开展科研攻关,完善单井效益评价机制,以优化高质量勘探效益价值并实现经济效益最大化。

#### 参考文献:

- [1] 孙杰,王佟,赵欣.我国煤层气地质特征与研究方向思考[J].中国煤炭地质,2022,30(6):6.
- [2] 常俊合,李新军,何江,等.东濮凹陷文古2井天然气地球化学特征及成因研究[J].天然气地球科学,2022,16(5):4.
- [3] 戴金星,秦胜飞,胡国艺,等.新中国天然气勘探开发70年来的重大进展[J].石油勘探与开发,2021,46(6):10.
- [4] 杨华,刘新社.鄂尔多斯盆地古生界煤成气勘探进展[J].石油勘探与开发,2022,41(2):9.
- [5] 熙时君.煤层气能否逆袭成为“中国版页岩气”?[J].新能源经贸观察,2022(12):122.
- [6] 贾承造,郑民,张永峰.中国非常规油气资源与勘探开发前景[J].石油勘探与开发,2023,39(2):129.

#### 作者简介:

刘辰宇(1991-),男,山东菏泽人,硕研,助理研究员,研究方向:油气勘探。