

库拜煤田高陡地层煤层气勘探开发实践探究

李志远*, 韩生全, 徐洋, 张宏利, 胡香港

新疆亚新煤层气资源技术研究有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年6月24日; 录用日期: 2025年7月30日; 发布日期: 2025年8月8日

摘要

库拜煤田位于天山南山麓, 塔里木盆地北缘, 由于地层塑性及应力释放等原因, 区内构造复杂, 地层倾角及倾向变化快, 煤层展布难以摸清, 在复杂构造带缺乏地质资料及少量钻井资料的前提下, 开展煤矿瓦斯治理及煤层气勘探开发在国内基本上处于空白领域, 亚新煤层气集团在如此条件下为保障区内煤层气勘探开发, 积极开展研究, 不断尝试积累经验, 最终总结出适合区块煤层气勘探开发特色技术和方法。

关键词

库拜煤田, 煤层气勘探开发, 高陡地层, 方位导向

Practical Exploration and Development of Coalbed Methane in High and Steep Strata in Kubai Coalfield

Zhiyuan Li*, Shengquan Han, Yang Xu, Hongli Zhang, Xianggang Hu

Xinjiang Yaxin Coalbed Methane Resources Technology Research Co., Ltd., Urumqi Xinjiang

Received: Jun. 24th, 2025; accepted: Jul. 30th, 2025; published: Aug. 8th, 2025

Abstract

The Kubai coalfield is located in the southern foothills of the Tianshan Mountains, on the northern margin of the Tarim Basin. Complex formation plasticity and stress release have produced a structurally intricate zone where bed-dip and dip direction change rapidly, so the spatial distribution of coal seams remains hard to pin down. With sparse geological data and only a handful of wells in these intricate structural belts, the exploration and development of coalbed methane

*第一作者。

文章引用: 李志远, 韩生全, 徐洋, 张宏利, 胡香港. 库拜煤田高陡地层煤层气勘探开发实践探究[J]. 地球科学前沿, 2025, 15(8): 1123-1129. DOI: 10.12677/ag.2025.158104

in the area were virtually uncharted territory in China. Undeterred, Asia CBM Group launched a dedicated research campaign, testing and refining its approach step by step. Finally, the characteristic technologies and methods suitable for the exploration and development of coalbed methane in the block are summarized.

Keywords

Kubai Coalfield, Coalbed Methane Exploration and Development, High and Steep Strata, Azimuth Orientation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

2010年5月中央新疆工作座谈会,把加快推动新疆资源优势向经济优势转变摆在十分突出的位置,明确新疆要“以淮南、库拜、准东、吐哈等煤田为主,加大煤层气勘查开发和综合利用力度,建设2~3个煤层气开发利用示范工程”[1]。同时《新疆煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十三五”规划》明确将库拜煤田拜城矿区列为煤层气勘查和地面开发的重点区块。库拜煤田煤层气总体达到普查程度,拜城西区局部、库车阿艾矿区达到预探程度,拜城中区局部达到勘探程度[2]。拜城矿区施工过41口井,其中在拜城中区实施了煤层气先导性试验工程,取得了较好的成果[3][4]。

为合理规划、开发、利用拜城矿区的煤层气资源,有效降低煤层瓦斯含量,减少温室气体排放,保证煤层气开发的顺利开展,开发洁净能源,促进疆南煤层气勘探开发进程,促进能源结构调整,支持城市用气和西气东输工程,增强煤炭企业的市场竞争能力,开发新的经济增长点,同时根据2023年自治区发改委《新疆维吾尔自治区煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十四五”配套方案》规划,提出“十四五”期间加快推进“塔里木盆地北缘煤层气开发利用示范区”勘探开发建设,启动以库拜煤田为核心的自治区级“塔里木盆地北缘煤层气开发利用示范区”项目建设[5]-[8]。在库车、亚新煤层气集团在拜城矿区开展煤矿瓦斯抽采与分级利用示范矿井建设,引领、带动煤矿瓦斯抽采与分级利用技术装备的推广应用[9]-[11]。

2. 库拜煤田基本概况

库拜煤田位于天山南麓、塔里木盆地北缘,地势北高南低,由西北向东南倾斜。矿区范围东西长约161.70 km,南北宽3.3~16.38 km,区内设置有38个煤炭采矿权,9个预查区,总体规划24个井田,库拜煤田受燕山运动、喜马拉雅运动影响,侏罗系含煤地层发生强烈褶皱,形成大致平行于天山山脉走向的东西向山前褶皱,断裂和上升剥蚀,地质构造较复杂;含煤地层倾角 60° ~ 89° 高陡,煤层近乎直立,多处存在南北倾转换,区内煤层气资源量丰富,推断资源量441.73亿方;矿区内煤系地层主要分布于侏罗系,分别为塔里奇克组A组煤,阳霞组B组煤及克孜努尔组C组煤。

3. 勘探开发面临困难

3.1. 资料丰度低

资料丰度低,区内只有煤田钻孔资料,无任何地震资料。

(1) 原始资料少:区内钻井少,只有少量煤田钻孔,钻完井资料、原始测、录井资料难以收集,水平

井导向资料无。

(2) 井控程度低：已完钻井少，地层产状、构造展布等地下情况不明。

(3) 无任何地震资料：山前构造地面起伏大、地下煤层近乎直立，区内前期无物探资料，先开展物探采集面临地震反射差，采集精度低等困难。

(4) 地层变化不清：构造挤压变形强烈，煤层走向频繁发生变化，区内中深层无井控，地层变化不清楚。

3.2. 煤层层序确定难

(1) 煤层层序多：塔里奇克组主要发育 A5~A12 煤层，煤层层序较多。

(2) 煤层横向发育不稳定：连井剖面显示，各井煤层缺失不一。

(3) 煤层组合特征不明显：煤层顶底板均为砂、泥岩，标志特征不明显，煤层层序难以确定。

(4) 煤层倒转：构造变化剧烈，局部煤层层序反转，确定煤层较为困难。

3.3. 直立地层地质导向入靶难

常规地层：根据井斜，应用导向软件能够拟合、计算地层倾角，常规地层导向技术，先摆正方位，再调整井斜入靶。

直立地层：见图 1 随钻测量方位是井筒方位，现有软件无法用井筒方位拟合、计算地层方位，直立地层导向技术，先调整井斜，再控制方位入靶，由于无法计算地层方位，角差未知，入靶难。

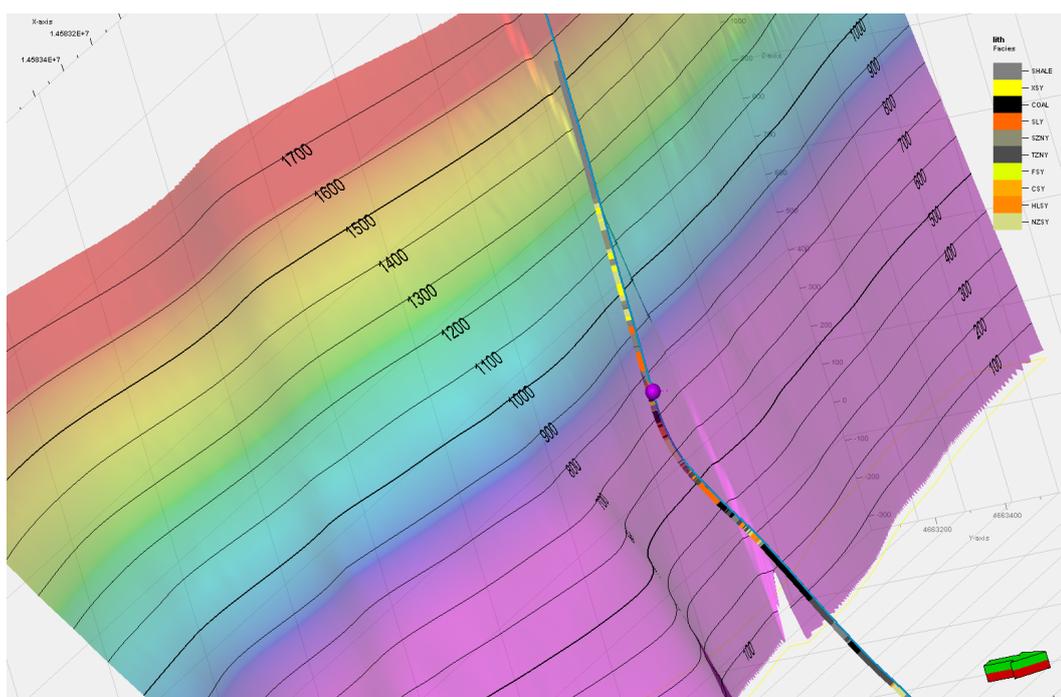


Figure 1. Schematic diagram of the adjustment of the orientation of the vertical strata in the Kubai block
图 1. 库拜区块直立地层调整方位入靶示意图

4. 勘探开发采用对策

4.1. 开展现场勘察

组织人员对库拜区块煤层露头开展系统踏勘，发现煤层倾向倾角变化频繁，走向变化大；主力煤层

A5 煤层中西部发育较稳定，具备一定厚度(真厚 3~8 m)，但均质性差，局部夹矸厚度大。托克逊煤矿以东煤层不出露或不靠实，对地质设计和导向具有指导意义。

4.2. 梳理煤田钻孔

梳理煤田钻孔，证实从地面到浅部煤层构造发生变化，工区煤田钻孔垂深 300 m 以浅为主，控制程度低，倾向、倾角数据不全。

通过梳理煤田钻孔的信息，揭示浅层倾向、倾角相较于地面发生变化。

基于倾向倾角的变化，修正地面到钻孔深度的构造线，靠实浅层构造。

4.3. 电成像测井

在补充地震资料受限的情况下，引入面波成像、微地震监测或电磁测深等多物理场数据，以提高深部构造与煤层走向预测精度。见图 2 加测电成像，刻画地层纵向形态变化，电成像反映地层高陡直立，倾角 70°~85°；500 m 以浅存在断层和南北倾转换。

煤层纵向呈“S”形变化，深部倾角小于浅层，倾角随井深有递减趋势。

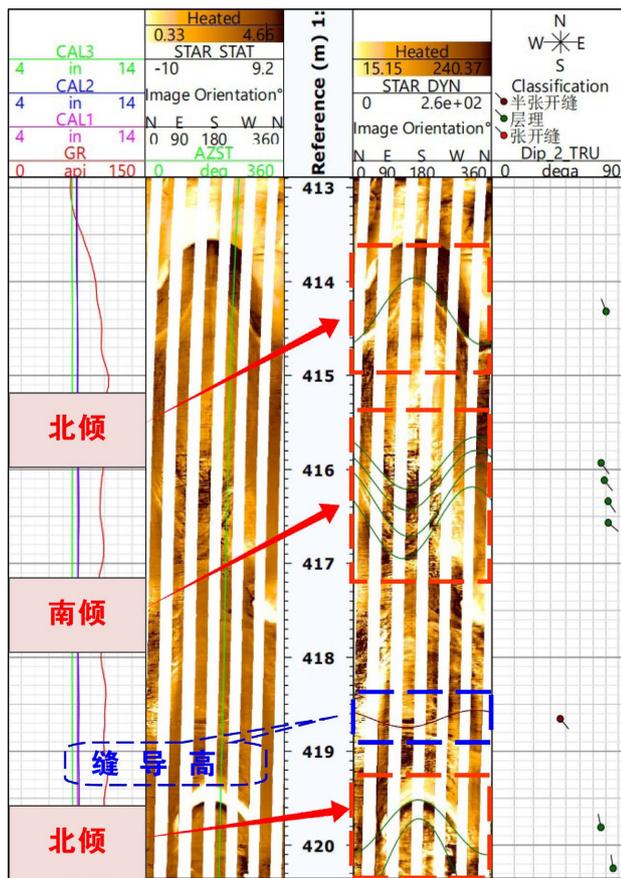


Figure 2. Directional well-electric imaging logging diagram of Kubai block
图 2. 库拜区块定向井电成像测井图

4.4. 建立构造模型

见图 3 建立构造模型并随钻迭代，提升预测精度，通过梳理拜城中区煤矿的地面露头、煤田钻孔、

勘探线剖面 and 实钻井资料, 建立工区基本数据库; 结合区域构造背景研究和构造模式推演, 建立三维构造模型, 随钻迭代, 提升地层预测精度。

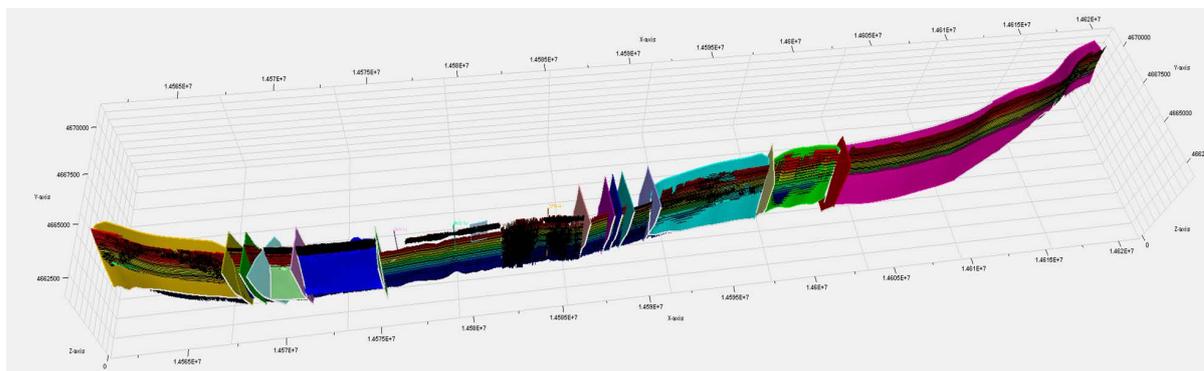


Figure 3. Schematic diagram of the geological structure model of the Kubai block
图 3. 库拜区块地质构造模型示意图

4.5. 部署风险探井

部署设计风险探井, 探索深部煤层发育及构造变化情况。

区内部署 16 口风险探井, 通过岩心地层产状测量、导向软件横纵向拟合和三维构造模型迭代 3 种方法结合岩屑和岩心发现 12 层煤, 气测显示见 11 层煤层气显示, 基本落实了 1400 m、1800 m、2330 m 垂深的煤层发育情况和地下构造情况。风险探井的部署基本完成了深部探煤任务, 为煤层气开发奠定基础, 提升了拜城区块煤层气资源开发潜力。

5. 勘探开发取得认识

(1) 全区主要构造形态为一向南倾斜的单斜构造, 具有西缓、东陡、中部直立倒转的特征, 主要含煤地层为塔里奇克组、阳霞组及克孜努尔组地层, 西区相对中区煤层变质程度较高, 中区以中煤级煤 II 阶为主, 部分煤层为较低或较高的低煤级煤和中煤级 III、IV 阶煤; 西区以中煤级煤 IV 阶为主, 部分煤层为较低或较高的低煤级煤和中煤级 I、III、V、VI、VII 阶煤。煤类型以亮煤~暗煤均有发育。

(2) 库拜矿区煤层物性相对较好。平均 7.03%, 属于低孔隙度的致密型储层, 但相对于其他地区煤层孔隙度而言, 全区煤层孔隙度处于中等水平。拜城中区 A5 号煤层属于中、低渗透率储层, A7 号煤属于低渗储层, A9~10 号煤层属于较高渗储层; 拜城西区煤层属中、低渗透率储层。

(3) 库拜矿区煤岩吸附能力较强, 西区 A 组兰氏体积平均为 20.84 m³/t 左右, 煤层含气量为 1.254~8.69 m³/t, B 组兰氏体积平均为 26.47 m³/t 左右, 煤层含气量为 3.58~21.15 m³/t, C 组兰氏体积平均为 23.99 m³/t 左右, 煤层含气量为 3.58~21.15 m³/t, 中区 A 组兰氏体积平均为 16.18 m³/t 左右, 煤层含气量为 1.91~14.47 m³/t (出自新疆亚新煤层气非常规油气实验室)。

(4) 煤层气空间分布差异大: 纵向上 B、C 组煤含气量最高, 主要分布拜城西区, A 组煤全区发育, 含气量随埋深的增加而增大; 横向上, 各煤层含气量有一定的变化规律, 在东西方向上呈现出大致“二低一高”的波状起伏特征, 即润华煤矿至宏利煤矿区域中浅部煤层平均含气量相对较高, 其他区域相对偏低。

(5) 利用体积法估算评价区 2000 米以浅煤层气资源量, 拜城西区为 175.535 × 10⁸ m³, 叠合资源丰度为 (0.18~2.86) × 10⁸ m³/km², 煤层气平均资源丰度为 1.59 × 10⁸ m³/km² 见表 1。资源量规模属中等丰度、中深埋深的中型煤层气田。资源丰度分布总体由浅至深、由两侧至中间逐渐升高。

计算煤层气资源量的方法主要有体积法、类比法等。本次资源量计算采用体积法进行。其公式为：

$$G = AHDCad$$

式中：

G —煤层气资源量(m^3)；

A —计算范围的面积(m^2)；

H —煤层厚度(m)；

D —煤的空气干燥基密度(t/m^3)；

Cad —煤的空气干燥基含气量(m^3/t)。

如果已知计算范围内的煤炭资源量(储量)值(M , 单位 t)，则上述公式可简化为：

$$G = M \times Cad$$

Table 1. Statistical table of resources graded by elevation of each coal seam

表 1. 各煤层标高分级资源量统计表

埋深范围	C ₂ 煤层 /万 m ³	B ₁ 煤层 /万 m ³	A ₁ 煤层 /万 m ³	A ₃ 煤层 /万 m ³	小计 /万 m ³	占比
地表-600 m	19823.5	43185.24	37003.57	94562.11	194574.42	11.08%
600~1000 m	37447.04	133389.38	29548.44	131299.54	331684.4	18.90%
1000~1500 m	25795.85	187453.32	28337.9	141034.4	382621.47	21.80%
1500~2000 m	49989.68	426791.56	52833.03	316855.06	846469.33	48.22%
平面面积	23.29	27.65	80.69	76.33	110.2	—
资源量	133056.07	790819.5	147722.94	790819.5	1755349.62	—
资源丰度小计	0.57	2.86	0.18	1.04	1.59	—

(6) BCS-1、BCS-12、BCS-22 等 12 口井压裂后排采效果表明矿区内煤层具备煤层含气量较高、饱和度高、煤层气可采性较好的特点。从煤层气排采经验看，在经过大规模井网和长期连续稳定排采后，可有效提高煤层气产能表现。因此，库拜矿区适合在单井连续排采的基础上，深入进行井组排采试验和试采评价，获得较完整试采效果后进一步扩大规模开发，随着各井压降漏斗的扩大，最终形成整体压降漏斗，各井的单井产量将会获得进一步提升。

(7) 通过本次工作认为库拜矿区煤储层物性相对较好，含气性高，资源量丰富，可采性较好。西区、中区均为有利区。

(8) 经济效益：拜城区块储量估算范围探明储量项目评价期为 22 年，预计截至 2045 年底，应用现金流量法计算得项目税后财务内部收益率为 13.45% (高于煤层气气田基准收益率 6%)；税后静态投资回收期为 6.13 年(含建设期 2 年)；评价期末税后财务净现值为 132,218 万元。

6. 结论

煤层气作为最现实的新能源，发展潜力巨大。开发和利用好煤层气，有利于调整我国能源结构，对于保障煤矿安全、减少温室气体排放、发展低碳经济具有重要意义。库拜区块的煤层气含气饱和度，煤层气资源丰富，已具备商业开发的储量基础、产能依据和工程技术条件，是开发利用煤层气最有利和

最现实的地区，并且煤层气的勘探开发空间和潜力巨大。笔者坚信，在国家一系列优惠政策支持和亚新煤层气集团的大力支持下，库拜区块的煤层气产业化进程必将加快，该区不久将被建设成为我国新型能源和煤层气规模工业基地。

基金项目

自治区重点研发项目“深部煤层气可采性评价与工程技术体系研究”(2024B01017-3)。

参考文献

- [1] 邹才能, 杨智, 黄士鹏, 等. 煤系天然气的资源类型、形成分布与发展前景[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(3): 433-442.
- [2] 门相勇, 娄钰, 王一兵, 等. 中国煤层气产业“十三五”以来发展成效与建议[J]. 天然气工业, 2022, 42(6): 173-178.
- [3] 王刚, 杨曙光, 李瑞明, 等. 国内外低煤阶煤层气地质差异性与聚气模式探讨[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(8): 1082-1091.
- [4] 张抗, 张立勤, 刘冬梅. 近年中国油气勘探开发形势及发展建议[J]. 石油学报, 2022, 43(1): 15-28, 111.
- [5] 叶建平, 侯淦译, 张守仁. “十三五”期间我国煤层气勘探开发进展及下一步勘探方向[J]. 煤田地质与勘探, 2022, 50(3): 15-22.
- [6] 滕吉文, 王玉辰, 司芾, 等. 煤炭、煤层气多元转型是中国化石能源勘探开发与供需之本[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(22): 9169-9193.
- [7] 徐凤银, 闫霞, 林振盘, 等. 我国煤层气高效开发关键技术研究进展与发展方向[J]. 煤田地质与勘探, 2022, 50(3): 1-14.
- [8] 李登华, 高媛, 刘卓亚, 等. 中美煤层气资源分布特征和开发现状对比及启示[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(1): 252-261.
- [9] 周德华, 陈刚, 陈贞龙, 等. 中国深层煤层气勘探开发进展、关键评价参数与前景展望[J]. 天然气工业, 2022, 42(6): 43-51.
- [10] 邹才能, 杨智, 董大忠, 等. 非常规源岩层系油气形成分布与前景展望[J]. 地球科学, 2022, 47(5): 1517-1533.
- [11] 徐凤银, 王勃, 赵欣, 等. “双碳”目标下推进中国煤层气业务高质量发展的思考与建议[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(3): 9-18.