

济阳坳陷孤西潜山分布特征及其控因

张 波

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营

收稿日期: 2023年1月18日; 录用日期: 2023年2月15日; 发布日期: 2023年2月23日

摘要

多期构造运动作用的叠加造成孤西潜山地质条件非常复杂, 制约了研究区油气勘探进程。为指导下一步油气勘探, 利用丰富的钻井、地震资料, 对潜山分布特征及其控因进行了研究。结果表明, 孤西潜山带由高潜山与低潜山2类潜山组成, 其中高潜山埋藏相对较浅, 上覆地层主要是新近系, 低潜山埋藏深度一般在3500 m以上, 上覆地层为古近系。各潜山高点均分布在南西部位, 古生界残留地层主要分布在NW向断层下盘, 中生界主要分布在NW向断层上盘。印支运动时期, 逆断层上盘古生界剥蚀强烈, 下盘古生界保留相对完整, 燕山运动早中时期, 逆断层回返控制了中生界沉积, 厚度中心位于断层下降盘, 燕山运动晚期研究区整体隆升, 中生界遭受剥蚀, 喜山运动时期形成的近EW向、NNE向断层控制了潜山差异沉降, 断层上盘下降深埋而形成低潜山, 断层下盘相对隆升, 中古生界继续遭受剥蚀形成高潜山。

关键词

济阳坳陷, 孤西潜山, 地质特征, 构造演化

Distribution Characteristics and Controlling Factors of Guxi Buried Hill in Jiyang Depression

Bo Zhang

Exploration & Development Research Institute, SINOPEC Shengli Oilfield Branch Company, Dongying Shandong

Received: Jan. 18th, 2023; accepted: Feb. 15th, 2023; published: Feb. 23rd, 2023

Abstract

The geological conditions of Guxi buried hill are very complicated due to the superimposition of multi-stage tectonic movements, which restricts the exploration process of oil and gas in the study

area. In order to guide the next oil and gas exploration, the distribution characteristics and controlling factors of the buried hill are studied by using abundant drilling and seismic data. The results show that the Guxi buried hill is composed of high buried hill and low buried hill. The high buried hills are relatively shallow, and the overlying strata are mainly Neogene. The buried depth of the low buried hills is generally over 3,500 m, the overlying strata are Paleogene. The high points of all buried hills are distributed in the south-west, and the Paleozoic residual strata are mainly distributed in the foot-wall of the NW-trending fault, while the Mesozoic strata are mainly distributed in the hanging-wall of the NW-trending fault. During the Indosinian movement, the Paleozoic strata were strongly eroded in the upper plate of the reverse fault, and the Paleozoic strata in the lower plate were preserved relatively intact. During the early and middle period of the Yan-Mountains movement, the reverse fault returned and controlled the Mesozoic sediments, the study area was uplifted and the Mesozoic was denuded in the later Yan-Mountains movement. Near EW-trending and NNE-trending faults formed during the Himalayan movement, which controlled the differential subsidence of the buried hill. The hanging-wall of the fault dropped and buried deeply to form low buried hill. The foot-wall of the fault rose relatively, and the Mesozoic and the Paleozoic strata continued to be eroded to form high buried hill.

Keywords

Jiyang Depression, Guxi Buried Hill, Geological Features, Tectonic Evolution

Copyright © 2023 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

孤西潜山位于济阳坳陷沾化凹陷的中东部[1] [2], 为一北西向分布的潜山带, 西部通过孤西断层与罗西潜山带相接, 东部以埕北-五号桩断层与埕岛-桩海潜山带相邻, 勘探面积约 2000 km² (图 1)。根据钻井揭示, 钻遇潜山地层自下而上为下古生界、上古生界及中生界, 目前发现三级储量不足 3000 万吨, 勘探程度极低。近期随着勘探力度的加大, 孤西潜山带多层系油气勘探取得重要进展, 其中孤北古斜 4、渤古斜 404、孤古 32 等多口探井分别在下古生界、上古生界及中生界获得高产工业油气流, 展示了良好的勘探前景, 是研究区未来油气勘探的重要接替层系[3] [4]。然而由于孤西潜山带经历了印支运动、燕山运动和喜山运动等多次构造运动[4] [5] [6] [7] [8], 造成研究区地质条件非常复杂, 制约了油气勘探进程。利用丰富的钻井、地震资料, 结合区域地质背景, 对孤西潜山构造进行了重新厘定, 明确了潜山分布特征, 并分析了构造运动对潜山分布的控制作用, 以期为研究区下一步油气勘探提供指导。

2. 潜山区划及地质特征

2.1. 潜山区带划分

孤西潜山带是受孤西断层和埕北-五号桩断层夹持的北西走向的狭长潜山带, 长约 100 km, 宽约 20 km。受多条近 EW 向、NNE 向断层的切割作用, 孤西潜山带被分割成 7 个呈堑相间的潜山块体, 自北向南依次为埕西潜山、埕东潜山、孤北潜山、孤岛潜山、垦利潜山、富林潜山、垦东潜山(图 1、图 2)。依据潜山块体上覆地层特征, 这些潜山可划分为高潜山和低潜山, 其中高潜山包括埕西潜山、埕东潜山、孤岛潜山和垦东潜山, 此类潜山埋藏相对较浅, 上覆主要被新近系地层所覆盖。低潜山包括孤北潜山、垦利潜山和富林潜山, 此类潜山埋藏深度大, 一般在 3500 m 以上, 上覆地层为古近系。

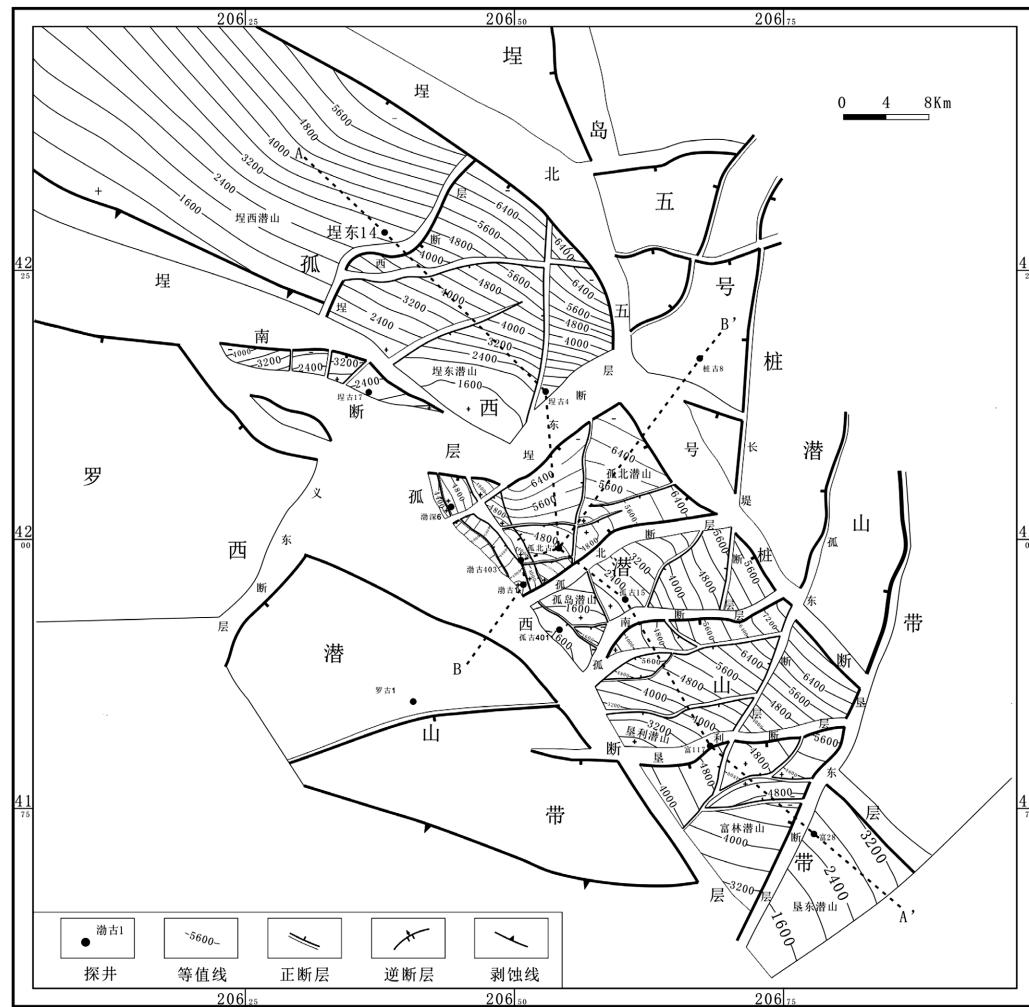


Figure 1. The topstructure of the early palaeozoic in Guxi buried hill

图 1. 孤酉潜山下古生界顶面构造图

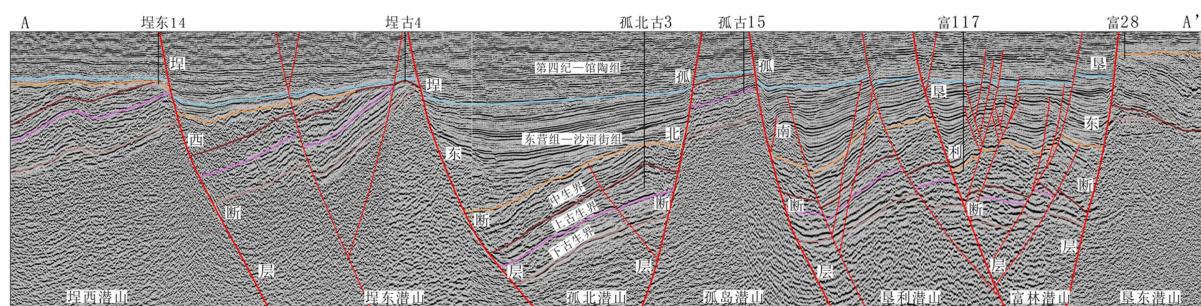


Figure 2. NW-trending seismic interpretation section of the Guxi buried hill (position shown in Figure 1)

图 2. 孤西潜山北西向地震解释剖面(剖面位置见图 1)

2.2. 潜山地质特征

2.2.1. 高潜山地质特征

埕西潜山是埕西断层与埕南断层控制的反向断块山，构造较简单，潜山整体北东倾，构造高点位于埕南断层上升盘一侧，此处潜山地层遭受强烈剥蚀，古生界剥蚀殆尽，向北东方向潜山地层保留逐渐趋

于完整，至埕北-五号桩断层附近古生界又逐渐变薄，下古生界保留相对完整，上古生界剥蚀强烈，中生界残留地层厚度逐渐变大。上覆地层自南向北东由馆陶组渐变为古近系沙河街组。

埕东潜山是埕东断层与埕南断层控制的潜山，潜山整体北东倾，内部发育北东向、近南北向次级断层，构造高点位于西南侧，潜山残留地层及上覆地层与埕西潜山类似。

孤岛潜山为受孤西、孤北及孤南断层共同控制形成的潜山，潜山整体北东东倾，次级断裂主要发育在中西部，北西走向为主，构造高点位于西侧孤西断层上升盘，下古生界顶部遭受剥蚀，馆陶组覆盖其上，向东古生界残留地层逐渐变大，至潜山中部之后又逐渐变薄，中生界逐渐加厚，至埕北-五号桩断层西侧，古生界完全遭受剥蚀，此处中生界残留地层最厚，上覆地层逐渐变为古近系东营组至沙三中亚段。

垦东潜山是受孤西断层和垦东断层控制的高潜山块，构造简单，高点位于西南部，地层北东倾，古生界大部分遭受剥蚀，该潜山主要残留中生界，上覆地层为馆陶组。

2.2.2. 低潜山地质特征

孤北潜山受孤西、孤北及埕东断层所控制，潜山整体北东倾，内部主要发育北西、东西向、近南北向次级断层，潜山高点位于孤西与孤北断层交汇处，该潜山古生界保存相对完整，北东侧埕北-五号桩断层下降盘古生界剥蚀殆尽，中生界残留地层厚度大，该潜山之上均为古近系沙三段、沙四段所覆盖。

垦利潜山是受孤西、孤南及垦利断层共同控制的潜山，潜山北东倾，构造高点位于孤西与垦利断层交汇处，古生界保存相对完整，但整体上古生界厚度小于孤北潜山上古生界厚度，北东侧埕北-五号桩断层下降盘地层保留状况与孤北潜山类似，上覆地层为古近系沙三段和薄层沙四上亚段。

富林潜山是受孤西、垦利及垦东断层控制的潜山，平面上呈“三角形”，潜山形态西高东低，构造相对平缓，向南东侧古生界残留层逐渐变薄，中生界残留厚度最大，上覆地层以古近系沙三段为主，局部深埋区覆盖薄层沙四上亚段。

上述潜山地质结构特征的差异主要受控于多期不同性质的构造运动叠加，不同时期、不同性质的构造运动造成了形态各异的潜山结构。

3. 构造演化对潜山分布特征的控制作用

自晚古生代以来，济阳潜山经历了印支运动、燕山运动和喜山运动等多期次构造运动[4] [5] [6] [7] [8]，形成了NW向、NNE向、近EW向等不同方向断裂组成的复杂断裂体系，地层遭受差异性剥蚀，形成多个区域性的不整合面。

3.1. 印支运动期

印支运动是晚三叠世发生的构造运动，该构造运动期，扬子板块与华北板块剪刀式的碰撞，华北地区全面抬升[9] [10] [11]，济阳坳陷此时受NE向区域挤压应力场的作用，形成一系列的褶皱与NW向逆冲断层，其中孤西断层与五号桩断层是最具代表性的两条逆断层，两条断层间夹持形成北西向展布的孤西潜山带，受两条逆断层控制，断层上盘地层抬升剥蚀，下盘地层产生挤压褶皱及大量次级逆断层(图3)，从剖面上可以看出，五号桩断层上盘古生界地层剥蚀殆尽，向西残留地层逐渐变厚，形成Tg剥蚀面，孤西断层下盘地层保留较全，发育褶皱及次级逆断层，如渤海1井钻遇褶皱，渤海4井钻遇逆断层，上述特征均为印支运动的产物。在后期的拉张过程中，这些逆断层断层发生不同规模的反转，其中孤西与五号桩主断层反转程度最大，控制了后期地层的沉积，部分逆断层未完全反转，现今仍保持逆断层状态。

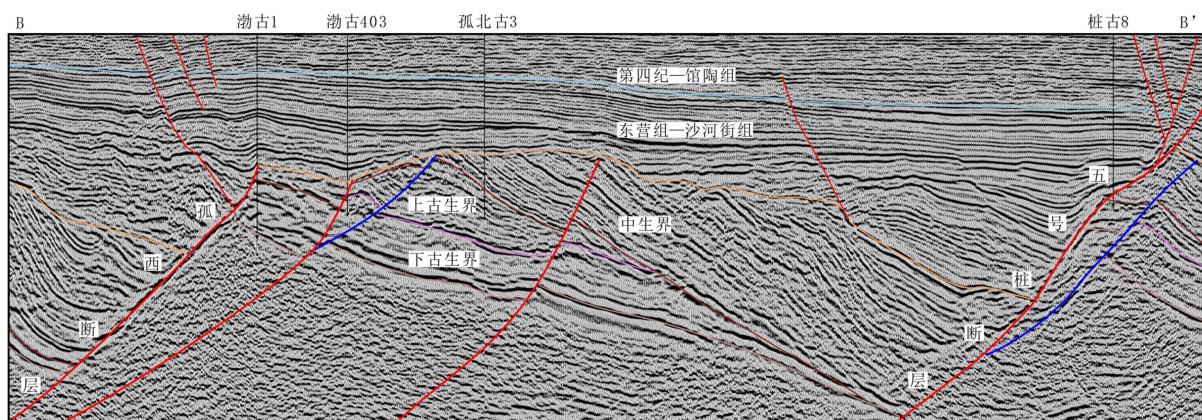


Figure 3. NE-trending seismic interpretation section of the Guxi buried hill (position shown in Figure 1)

图 3. 孤西潜山带北东向地震解释剖面(剖面位置见图 1)

3.2. 燕山运动期

该演化阶段，研究区构造作用主要受古太平洋板块 NW 向俯冲所控制[12] [13]。可以划分为早期、中期和晚期 3 个阶段，不同阶段构造变形及地层发育特征均存在差异。

燕山早期，太平洋板块向欧亚板块的俯冲作用开始增强，研究区处于截凸填凹补齐阶段，地层沉积具有披盖式、NW 向成带分布的特点。此时，埕北 - 五号桩、孤西等断层继承活动，但是活动强度大大减弱，断层上盘沉积厚度较小，随着离开断层距离的增加沉积厚度逐渐变大。在晚侏罗世，再次经历了一期整体挤压抬升剥蚀[14]。

燕山中期，太平洋板块 NNW 向的俯冲，郯庐断裂发生强烈的左旋走滑[15]，受郯庐断裂左行走滑的影响，前期形成的 NW 向逆冲断层发生构造反转，盆地沉积区与剥蚀区的位置发生了转移，先期 NW 向逆冲断层的上盘下降，发育了一套红色碎屑岩及安山岩建造[16]，逆断层下盘则抬升遭受剥蚀。图 3 中可以看出孤西潜山带东侧靠近五号桩断层沉降区沉积的白垩纪厚度大，向西逐渐变薄，至西侧在孤北古 3 附近下 - 中侏罗统遭受剥蚀。

燕山晚期，古太平洋板块沿 NW 方向的平板式俯冲造成了华北东部区域性的隆升[17]，研究区整体抬升剥蚀，形成的区域不整合面——Tr，构成了潜山顶部的不整合。

3.3. 喜山运动期

该演化阶段受西太平洋板块的俯冲后撤及郯庐断裂右旋走滑的共同控制，华北东部渤海湾盆地进入了强烈伸展阶段，该阶段济阳坳陷主要受控于近 SN 向伸展应力场进入强烈的伸展阶段，大部分 NW 向断层停止活动，研究区埕南断层、埕西断层、埕东断层、孤北断层、孤南断层、垦利断层等近 EW 向、NNE 向断层取而代之成为本区新生代的控盆断层。断层上盘下降，形成一系列沿 NEE 向展布的洼陷，下古生界及中生界埋藏较深而形成低潜山；断层下盘相对隆升，古生界、下 - 中侏罗统、下白垩统遭受剥蚀，形成了一系列高潜山。至此济阳坳陷新生代 NEE 向的盆山格局形成。

4. 结论

- 1) 孤西潜山带被多条近 EW、NNE 向断层分割成 7 个垄堑相间的潜山块体，形成高潜山与低潜山 2 类潜山，其中高潜山埋藏相对较浅，上覆地层主要是新近系，低潜山埋藏深度一般在 3500 m 以上，上覆地层为古近系。各潜山高点均分布在南西部位，古生界残留地层主要分布在北西向控山断层下盘，中生界主要分布在北西向控山断层上盘。

2) 印支运动形成的孤西与五号桩两条 NW 向逆断层控制了孤西潜山带的展布方向及古生界地层剥蚀, 逆断层上盘抬升造成古生界强烈剥蚀, 下盘古生界保留相对完整, 形成 Tg 不整合面。燕山运动早中时期, 孤西断层与五号桩断层回返控制中生界沉积, 厚度中心位于断层下降盘, 向南西方向地层厚度逐渐变薄, 燕山运动晚期研究区整体隆升剥蚀形成形成 Tr 不整合面。喜山运动时期研究区进入强烈的伸展阶段, 形成多条近 EW 向、NNE 向断层, 断层上盘下降, 古生界及中生界埋藏较深而形成低潜山, 断层下盘相对隆升, 中古生界继续遭受剥蚀形成高潜山。

基金项目

中石化胜利油田分公司科研攻关项目(YKK2207)。

参考文献

- [1] 张波. 渤海湾盆地济阳坳陷孤北潜山下古生界油气来源及运移方向[J]. 石油实验地质, 2022, 44(6): 981-988.
- [2] 王永诗, 彭传圣, 姜素华, 等. 孤西断裂带下古生界褶皱 - 块断型潜山油气成藏模式[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 25(4): 665-669.
- [3] 马立驰, 王永诗, 景安语. 渤海湾盆地济阳坳陷隐蔽潜山油藏新发现及其意义[J]. 石油实验地质, 2020, 42(1): 13-18.
- [4] 宋明水, 王惠勇, 张云银. 济阳坳陷潜山“挤 - 拉 - 滑”成山机制及油气藏类型划分[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26(4): 1-8.
- [5] 常国贞, 毕彩芹, 林红梅. 低潜山反转构造演化、成藏体系与勘探——以胜利油区孤北低潜山为例[J]. 断块油气田, 2002, 9(5): 19-23, 90.
- [6] 吴智平, 李伟, 任拥军, 林畅松. 济阳坳陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 280-288.
- [7] 侯贵廷, 钱祥麟, 蔡东升. 渤海中、新生代盆地构造活动与沉积作用的时空关系[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 201-206.
- [8] 任建业, 于建国, 张俊霞. 济阳坳陷深层构造及其对中新生代盆地发育的控制作用[J]. 地学前缘, 2009, 16(4): 117-137
- [9] Li, J.H., Zhang, Y., Dong, S.W. and Shi, W. (2013) Structural and Geochronological Constraints on the Mesozoic Tectonic Evolution of the North Dabashan Zone, South Qinling, Central China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **64**, 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2012.12.001>
- [10] Li, S.Z., Kusky, T.M., Wang, L., et al. (2007) Collision Leading to Multiple-Stage Large-Scale Extrusion in the Qinling Orogen: Insights from the Mianlue Suture. *Gondwana Research*, **12**, 121-143. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.11.011>
- [11] 兰浩圆, 李三忠, 李玺瑶, 等. 华北东部印支期变形特征: 对大陆深俯冲极性的启示[J]. 地学前沿, 2017, 24(4): 185-199.
- [12] 赵越, 张栓宏, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J]. 地质通报, 2004, 23(9): 854-863.
- [13] 董树文, 张岳桥, 龙长兴, 等. 中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释[J]. 地质学报, 2007, 81(11): 1449-1461.
- [14] 朱光, 刘程, 顾承串, 等. 郊庐断裂带晚中生代演化对西太平洋俯冲历史的指示[J]. 中国科学: 地球科学, 2018, 48(4): 415-435.
- [15] 吴智平, 侯旭波, 李伟. 华北东部地区中生代盆地格局及演化过程探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(4): 385-399.
- [16] 侯旭波, 吴智平, 李伟. 济阳坳陷中生代负反转构造发育特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2010, 34(1): 18-23, 28.
- [17] 朱日祥, 陈凌, 吴福元, 刘俊来. 华北克拉通破坏的时间、范围与机制[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(5): 583-592.