

文章编号:1672-9854(2010)-01-0027-08

冀中饶阳凹陷潜山演化类型及成藏差异性分析

吴孔友¹,李继岩¹,陆诗阔¹,崔永谦²,臧明峰³

(1 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院; 2 中国石油华北油田分公司地球物理勘探研究院)

(3 中国石油东方地球物理公司大港分院)



吴孔友

摘要 采用平衡剖面技术,对饶阳凹陷中的潜山进行构造演化恢复,根据潜山形成、埋藏、定型的时期,从潜山演化历史角度,将饶阳凹陷中的潜山分为五种演化类型:早形成、晚埋藏、晚定型(早-晚-晚型),早形成、晚埋藏、早定型(早-晚-早型),早形成、早埋藏、晚定型(早-早-晚型),早形成、早埋藏、早定型(早-早-早型),晚形成、早埋藏、晚定型(晚-早-晚型)。通过分析潜山的形成期、埋藏时间的长短和定型时间的早晚,认为早-晚-晚型的潜山构造(带)最有利于油气成藏。

关键词 构造演化; 构造类型; 潜山类型; 油气成藏; 饶阳凹陷

中图分类号: TE111.2; TE112.3 **文献标识码:** A

吴孔友 1971年生,1995年毕业于石油大学(华东)石油地质专业,2004年获石油大学(华东)地质资源与地质工程专业博士学位,现为中国石油大学(华东)地球资源与信息学院副教授,从事构造地质学与油气成藏研究。通讯地址:257061 山东省东营市;电话:(0546)8396864

冀中拗陷的潜山勘探时间最早,研究程度较高。由于成因和结构的复杂性,前人从不同的角度对冀中拗陷古潜山进行了分类^{①②③}[1-3](表1)。他们主要依据潜山的成因、形态或结构类型进行分类^[4],可称为静态分类,对潜山的动态演化过程考虑较少。本文充分利用工区最新的二维、三维地震剖面,结合钻井、测井资料,针对冀中拗陷饶阳凹陷内潜山,选取了垂直于潜山走向的剖面进行地震精细解释,然后采用平衡剖面技术,对各个潜山进行构造演化恢复,并在前人研究成果^[5-6]基础上,从潜山演化历史的角度,对饶阳凹陷的潜山重新分类,并根据新的分类对比分析了不同类型潜山成藏条件的差异。这一新的分类方案可称为动态分类方案,它能较好地确定潜山形成的时期、埋藏过程的先后、定型时间的早晚等,对了解潜山的形态、储层发育状况、潜山幅度大小等均具有指导意义。

表1 前人对冀中拗陷潜山类型划分表(据文献①-③,[1-3]编制)

作者(时间)	分类依据	类 型
杨宗起等 ^① (1980)	成因	侵蚀山、翘断侵蚀、翘断山
梁生正等 ^② (1986)	成因	侵蚀山、断块山、断块-侵蚀山
唐飞 ^③ (1999)	成因	侵蚀山、断块山、褶皱山、隆起
杜金虎等 ^[1] (2002)	形态	潜山、潜台、潜丘
党震荣等 ^[2] (2005)	成因	侵蚀地貌山、构造山、混成山
臧明峰等 ^[3] (2009)	成因	地貌潜山、构造潜山

1 区域地质背景

冀中拗陷是叠置在华北古生代地台之上的中生代断陷—拗陷型次级盆地,隶属于渤海湾盆地^[7]。饶阳凹陷位于冀中拗陷中东部,属于该拗陷的一个次级构造单元(图1)。饶阳凹陷的基底为太古宇—古元古界变质结晶岩系,盖层包括中—上元古界(蓟

收稿日期:2009-08-29

本文受国家自然科学基金项目(编号:40772081)、山东省自然科学基金项目(编号Y2008E16)及国家科技重大专项(编号:2008ZX05001)联合资助

① 杨宗起. 冀中拗陷基底断裂与古潜山的形成. 华北石油管理局勘探开发研究院, 1980:32-33.

② 梁正生,刘宜生. 冀中裂谷盆地演化与潜山油气藏的形成. 华北石油管理局勘探开发研究院, 1986:46-48.

③ 唐飞. 冀中碳酸盐岩岩溶与古潜山油气藏. 华北石油管理局勘探开发研究院, 1987:22-23.

县系雾迷山组、青白口系)、古生界(寒武系、奥陶系、石炭系—二叠系)、中生界和新生界(下第三系孔店组、沙河街组、东营组,上第三系),其中元古宙和古生代发育的巨厚碳酸盐岩为潜山形成提供了良好的物质基础。分析冀中坳陷的沉积、构造格架及岩浆活动特征,同时结合已有的区域地质研究成果^[16],将冀中坳陷的演化过程划分为中—晚元古代(Pt_2 — Pt_3 ,缺失震旦系)裂陷槽发育阶段,古生代(C_1 — O_2 , C_2 — P)克拉通盆地阶段,中生代(J — K)构造转变调整阶段以及新生代(E — Q)断陷—坳陷型盆地四个

大的演化阶段。饶阳凹陷内的潜山构造也正是在冀中坳陷长期发育过程中逐渐形成的,坳陷发育的每一个阶段对潜山构造的形成都有其特定的影响^[5]。在区域构造演化的控制下,饶阳凹陷构造演化大致经历了如下几个阶段^[6-7]:

- (1) 潜山形成的物质基础发育期(Pt_2 — Pz);
- (2) 潜山的初始形成期(Mz);
- (3) 潜山的发育一定型期(Ek — Ed ,即孔店期—东营期);
- (4) 潜山的深埋期(N — Q)。

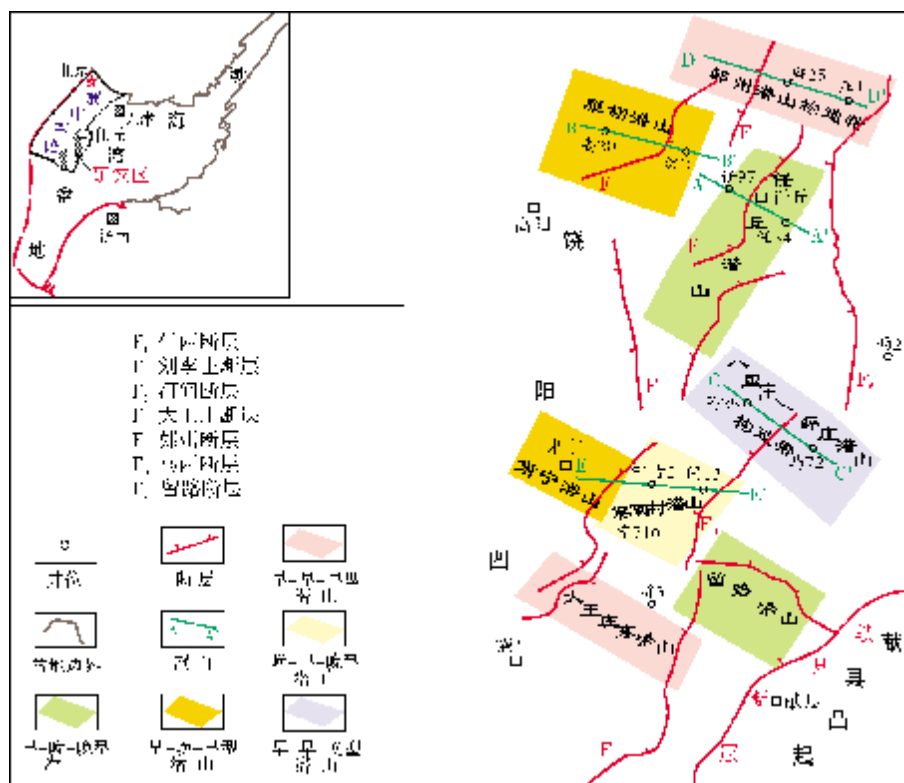


图1 饶阳凹陷潜山分布及构造测线位置

2 潜山演化类型划分

古潜山反映古地貌的一种形态。地层经过地壳变动、风化剥蚀等地质作用后,表面形态高低不平,后来再次下沉被新生代沉积层所覆盖,其中突起的山丘被覆盖后就称为古潜山^[8],其上发育不整合面。构成潜山的基岩属于上覆盆地的基底^[9]。由于潜山所处的构造背景、位置等不同,潜山的形成时期差别较大。根据实际资料研究,饶阳凹陷潜山的形成期可以分为两大阶段:早形成期(Mz 或 Ek — Es_4)(Ek ,孔

店期; Es_4 ,沙河街期),晚形成期(Es_3 — Es_2)。根据潜山所处的构造位置和潜山之上所覆盖的新生代地层的不同,将饶阳凹陷潜山的埋藏期可以分为早埋藏(Ek — Es_4)和晚埋藏(Es_3 — Es_2)两期。早埋藏的潜山经历的表生岩溶作用时间较晚埋藏的短,潜山储层发育较差。另外,潜山构造的发育表现出多阶段性,早期形成的潜山在后期构造活动中其幅度常常被加大,直至最终定型。将饶阳凹陷潜山定型期分为早定型(Es_3 — Es_2)和晚定型(Ed ,东营期)两期。在此基础上,根据潜山形成、埋藏及定型的时间,将饶阳凹陷

潜山划分为以下五种类型(表 2):

(1)早-晚-晚型 早形成,晚埋藏,晚定型;

(2)早-晚-早型 早形成,晚埋藏,早定型;

(3)早-早-晚型 早形成,早埋藏,晚定型;

(4)早-早-早型 早形成,早埋藏,早定型;

(5)晚-早-晚型 晚形成,早埋藏,晚定型。

表 2 饶阳凹陷潜山演化类型

演化类型	潜山名称	构造类型	潜山上覆层位	控制断层	形成时期	埋藏时期	定型时期	构造位置
早-晚-晚型	任丘	单断	Es ₂₊₃	任丘断层 任西断层	Mz	Es ₃ —Es ₂	Ed	洼陷带
	留路	单断	Ek+Es ₄	留路断层	Ek—Es ₄	Es ₃	Ed	斜坡带
早-晚-早型	肃宁	单断	Es ₂₊₃	大王庄断层	Mz	Es ₃ —Es ₂	Es ₁	洼陷带
	雁翎	断背斜	Es ₂₊₃	白庄子西断层	Mz	Es ₃ —Es ₂	Es ₁	斜坡带
早-早-晚型	八里庄-薛庄 (潜山带)	单断山	Ek+Es ₄	河间断层 薛庄断层 马西断层	Ek—Es ₄	Ek—Es ₄	Ed	斜坡带
早-早-早型	郑州	单断	Ek+Es ₄	郑州断层	Mz	Ek—Es ₄	Es ₃ —Es ₂	斜坡带
	郑东	单断	Ek+Es ₄	郑东断层	Mz	Ek—Es ₄	Es ₃ —Es ₂	斜坡带
	大王庄东	断垒	Ek+Es ₄	大王庄断层 大王庄东断层	Ek—Es ₄	Ek—Es ₄	Es ₁	洼陷带
晚-早-晚型	梁家村	单断	Ek+Es ₄	梁家村断层	Es ₃ —Es ₂	Ek—Es ₄	Ed	洼陷带

3 饶阳凹陷各种潜山演化类型分析

3.1 早-晚-晚型潜山

任丘潜山为早-晚-晚潜山类型的典型实例。该潜山位于饶阳凹陷洼陷带,是由任西断层控制的单断型山,面积约为 210 km²。组成该潜山的内幕地层包括奥陶系、寒武系、青白口系(Qn)、蓟县系雾迷山组(Jxw)和长城系高于庄组(Chg),潜山上覆地层为沙河街组三段、二段。本次研究通过选取过任 97、任 54 井(任丘北)的 NW—SE 向测线(图 1 中的 A—A'),利用平衡剖面技术恢复了任丘潜山的演化历史(图 2,图 3)。

钻井揭示任丘潜山内幕地层缺失中—上古生界及中生界,曾遭受长期的风化剥蚀和岩溶作用,从而改造了储集条件。燕山晚期白垩纪时期,任丘一带属于 NWW 向同口凸起东部组成部分^[10],地层遭到强烈剥蚀风化与淋滤作用,形成了任丘侵蚀山(图 2a)。Ek+Es₄沉积期,任丘地区受同口变换带的影响^[10],持续抬升剥蚀(图 2b,图 3a)。Es₂₊₃沉积期,任西断层形成并强烈活动,任丘地区普遍沉降接受沉积,任丘侵蚀山转化为断块山形态,任丘断块山形成并埋藏(图 3b)。Es₁沉积期,组成任丘断块山的地层进一步发生翘倾,潜山幅度进一步加大(图 3c)。Ed 沉积期,潜

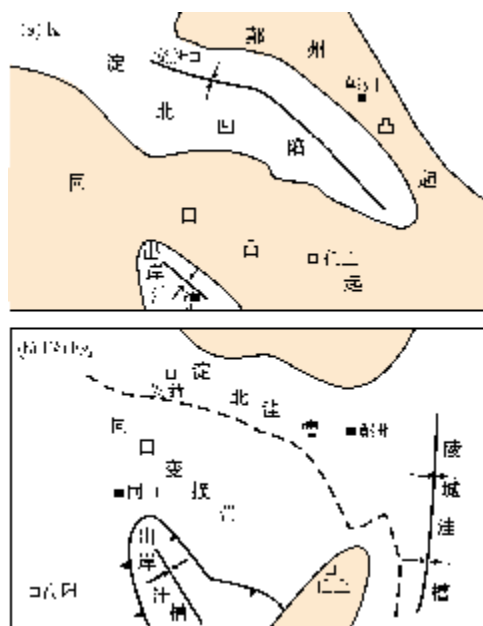


图 2 任丘潜山演化示意图(据王定一等^[10])

山最终定型(图 3d)。N+Q 沉积期,任丘断块山进入深埋期(图 3e)。

因此,任丘潜山经历了早形成(Mz)、晚埋藏(Es₃—Es₂)、晚定型(Ed)的构造演化历史。饶阳凹陷中留路潜山也具有相同的构造演化历史。

3.2 早-晚-早型潜山

该类潜山的典型代表为雁翎潜山, 位于高阳低凸起北部倾没端, 它是由刘李庄断层及一些次级的小断层复杂化的断背斜, 潜山面积约为100 km²。组成该潜山的内幕地层包括寒武系、青白口系、雾迷山组, 潜山的上覆地层为Es₂₊₃。本次研究选取过高20井—淀2井的近E—W向测线(B—B'), 利用平衡剖面技术研究雁翎潜山的演化历史(图4)。

中生代, 雁翎地区已初具背斜的形态^{④[6]}, 地形

相对较高, 遭受风化剥蚀, 该时期为雁翎潜山初始形成阶段(图4a)。Ek+Es₄沉积期, 刘李庄断层形成, 其下盘抬升并遭受风化剥蚀, 未沉积该期地层, 该时期形成了一些小规模断层, 先期形成的背斜被断层复杂化, 从而形成了雁翎潜山(图4b)。Es₂₊₃沉积期, 该潜山逐渐沉入水下, 其上沉积了较薄的该期地层, 潜山开始埋藏, 且地层发生进一步翘倾, 潜山规模加剧(图4c)。至Es₁沉积期, 潜山最终定型(图4d)。东营期开始, 雁翎潜山已进入深埋期(图4e, 4f)。

因此, 雁翎潜山经历了早形成(Mz)、晚埋藏

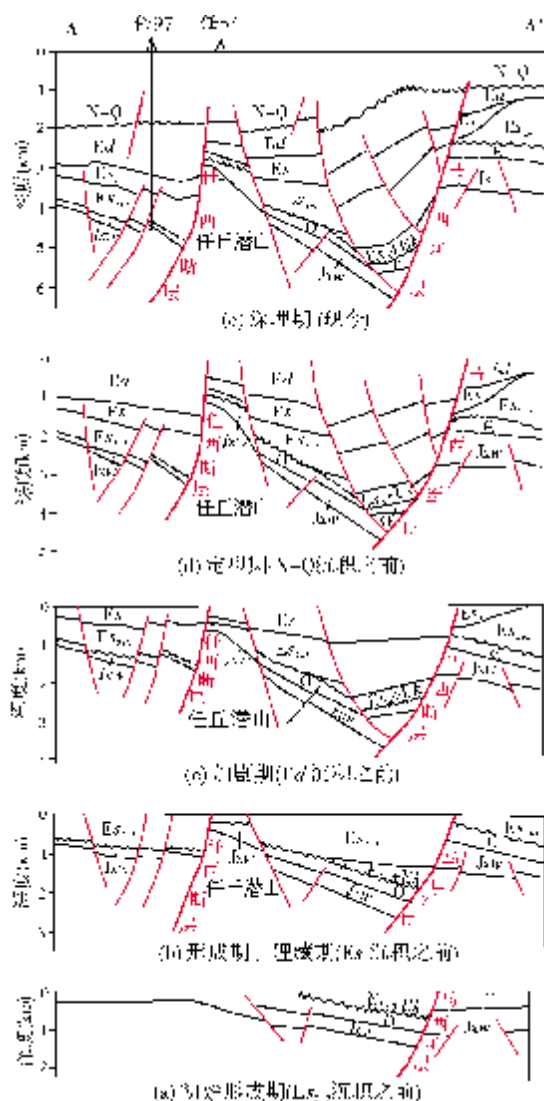


图3 任丘潜山构造演化平衡剖面

Jxw 雾迷山组; Ek 孔店组; Es 沙河街组; Ed 东营组。

A—A'剖面位置见图1

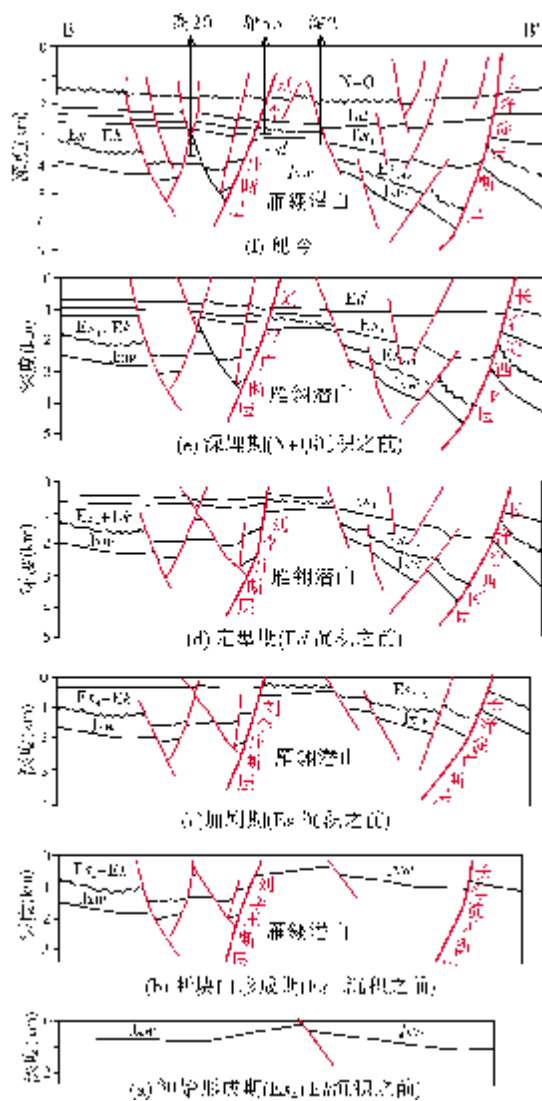


图4 雁翎潜山构造演化平衡剖面

Jxw 雾迷山组; Ek 孔店组; Es 沙河街组; Ed 东营组。

B—B'剖面位置见图1

④ 刘池阳, 孙冬胜, 赵红格, 等. 冀中拗陷构造演化研究及有利勘探区带选择. 西北大学含油气盆地研究所, 2001:100-110.

($Es_3—Es_2$)、早定型(Es_1)的构造演化历史。饶阳凹陷中的肃宁潜山也具有相同的构造演化历史。

3.3 早-早-晚型潜山

该类潜山的典型代表为八里庄、薛庄、八里庄西潜山,它们组成八里庄—薛庄潜山构造带。面积大约 150 km^2 ,潜山内幕地层包括奥陶系、寒武系、青白口系、雾迷山组,该潜山构造带位于饶阳凹陷西部陡坡带,主要是由河间断层、薛庄断层、马西断层控制形成的单断山,其中河间断层和马西断层分别控制河间西洼槽、马西洼槽的沉积,第三纪早期断陷活动开始时,断裂就开始发育^④,可推断该潜山构造带形成时间较早。本次选取过马 25 井—马 72 井的 NW—SE 向测线(C—C'),利用平衡剖面技术研究了八里庄—薛庄潜山构造带的演化历史(图 5)。

钻井揭示八里庄—薛庄地区缺失古生界、中生界,曾遭受长期的风化剥蚀和岩溶作用,改造了潜山储集条件。 $Ek+Es_4$ 沉积期,薛庄断层、河间断层、马西断层形成,从而在其下盘分别形成了八里庄西、薛庄、八里庄断块山,其中八里庄西断块山为断垒型(图 5a)。 Es_{1-3} 沉积期,八里庄—薛庄潜山构造带被埋藏。 Es_{1-3} 沉积期,八里庄、薛庄潜山之上的地层发生不同程度的翘倾或弯曲,从而使使得潜山规模加剧(图 5b, 5c)。 Ed 沉积期,潜山构造带最终定型(图 5d)。 $N+Q$ 沉积期,该潜山构造带进入深埋期(图 5e)。

因此,八里庄—薛庄潜山构造带经历了早形成($Ek—Es_4$)、早埋藏($Ek—Es_4$)、晚定型(Ed)的构造演化历史。

3.4 早-早-早型潜山

该类潜山的典型代表为郑州、郑东潜山,它们同属郑州潜山构造带。该潜山构造带位于饶阳凹陷和霸县凹陷过渡的部位,分别是由郑州断层和郑东断层控制的单断山,潜山构造带面积约为 250 km^2 。组成该潜山构造带的内幕地层主要包括雾迷山组,潜山构造带上覆地层为孔店组和沙河街组四段。本文通过选取过郑 25 井—庄 1 井的近 E—W 向测线(D—D'),利用平衡剖面技术研究了郑州潜山构造带的演化历史(图 6)。

郑州地区属于冀中坳陷一级调节构造带(徐水—文安调节构造带)的重要组成部分^[14],该地区在

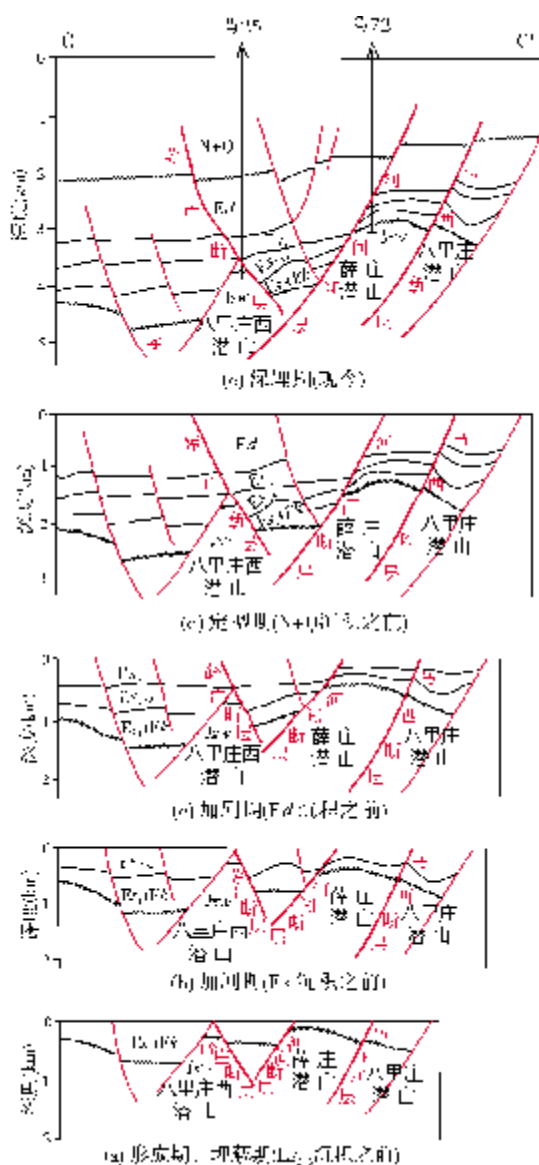


图 5 八里庄—薛庄潜山构造带演化平衡剖面

Jxw 雾迷山组; Ek 孔店组; Es 沙河街组; Ed 东营组。
C—C' 剖面位置见图 1

中生代即为一凸起^[10](图 2a),遭受大规模的风化剥蚀和岩溶作用。 $Ek+Es_4$ 沉积期,郑州地区下沉,接受较厚的沉积,中生代的凸起被埋藏,此时郑州断层和郑东断层就已形成,在其下盘形成了郑州潜山和郑东潜山,当时潜山的地层较平缓,并未发生大规模的翘倾(图 6a)。 Es_{2-3} 沉积期,伴随着郑州断层和郑东断层活动进一步加剧,郑州潜山抬升,使得该期地层在郑州潜山之上沉积较薄,地层发生进一步翘倾,潜山构造带的幅度加大(图 6b)。至 Es_1 沉积期,潜山构

造带最终定型(图 6c)。Ed 沉积期, 郑州潜山构造带已进入深埋期(图 6d, 6e)。

因此, 郑州潜山构造带经历了早形成(Mz)、早埋藏(Ek—Es₄)、早定型(Es₁)的构造演化历史。饶阳凹陷中的大王庄潜山也具有相同的构造演化历史。

3.5 晚-早-晚型潜山

该类潜山的典型代表为梁家村潜山, 位于饶阳凹陷中部洼陷带, 是由梁家村断层控制的单断山。组

成潜山的内幕地层主要包括高于庄组、雾迷山组等, 潜山的上覆地层为孔店组—沙河街组四段。本文通过选取过宁古 2 井—间 13 井的 NW—SE 向测线(E—E'), 利用平衡剖面技术研究了梁家村潜山的演化历史(图 7)。

梁家村地区缺失古生界、中生界, 表明遭受过大规模的风化剥蚀和岩溶作用, 改造了潜山的储集条件, 为潜山发育提供物质基础。Ek+Es₄ 沉积期, 河间断层控制的沉积地层较厚, 向肃宁地区附近, 地层逐

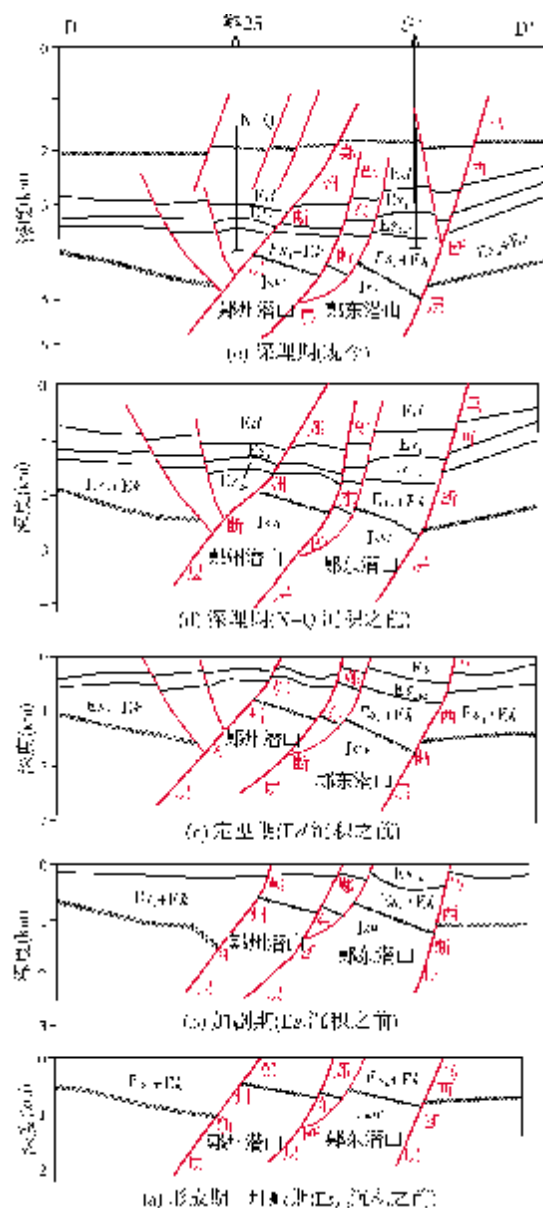


图 6 郑州潜山构造带演化平衡剖面
Jxw 雾迷山组; Ek 孔店组; Es 沙河街组; Ed 东营组。
D—D'剖面位置见图 1

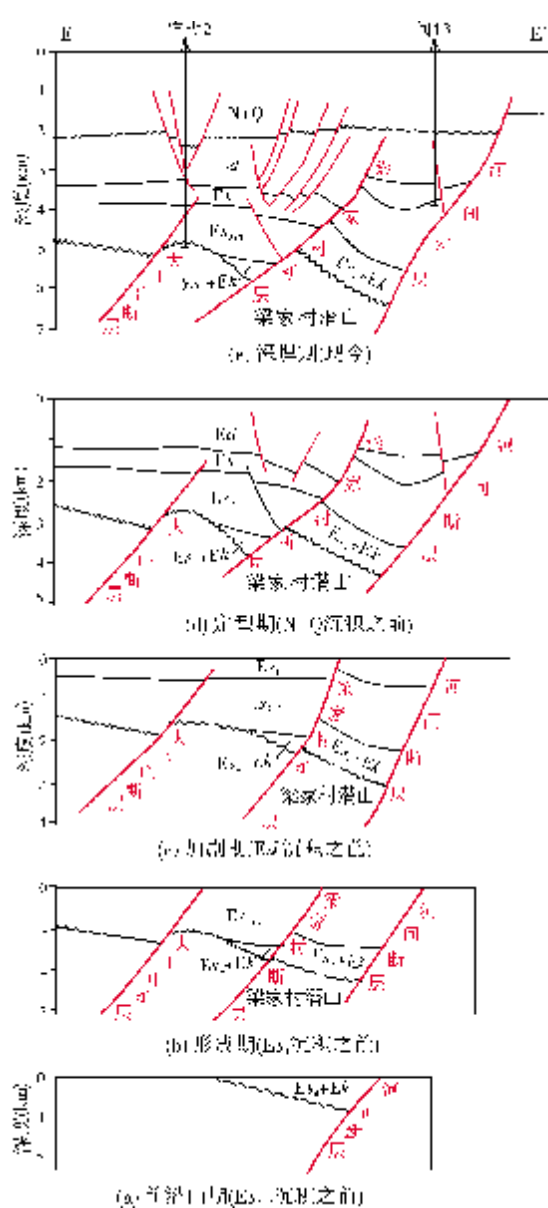


图 7 梁家村潜山构造演化平衡剖面
Ek 孔店组; Es 沙河街组; Ed 东营组。
E—E'剖面位置见图 1

渐减薄(图1,图7a)。 $E_{s_{2+3}}$ 沉积期,梁家村断层形成,其下盘形成了梁家村潜山(图7b)。 E_{s_1} 沉积期,地层发生了一定程度的翘倾,梁家村潜山规模进一步加大(图7c);至Ed沉积期,该潜山最终定型(图7d)。 $N+Q$ 沉积期,梁家村潜山进入了深埋期(图7e)。

因此,梁家村潜山经历了晚形成(E_{s_3} — E_{s_2})、早埋藏(E_k — E_{s_4})、晚定型(Ed)的构造演化历史。

4 不同演化类型潜山成藏条件差异性分析

4.1 储层发育的差异性

饶阳凹陷潜山储层主要包括奥陶系、寒武系、青白口系、蓟县系雾迷山组及长城系高于庄组。组成储层的岩石大多为碳酸盐岩,储集空间为裂缝、溶孔、溶洞等,因此,在构造演化历史中,前第三系与第三系之间不整合间断时间的长短(即潜山埋藏时间的早晚)和潜山形成时间的早晚直接影响着潜山储层次生孔隙的发育程度。潜山隆起的时间早,埋藏的时间晚,将会导致中—上元古界、古生界碳酸盐岩遭受长期风化剥蚀、淋滤,成为古岩溶发育的重要时期。因此,早—晚—晚型和早—晚—早型潜山往往储层发育,而早—早—晚型、早—早—早型及晚—早—晚型潜山储层较前者不发育。如任丘潜山为早—晚—晚型潜山,其碳酸盐岩岩溶发育,纵向上可分为三个岩溶带^[1],钻井过程中放空、漏失、扩径现象规模大,次数多,说明孔、洞、缝网络系统较发育,构成任丘潜山重要的储集层段。据统计钻遇八里庄—薛庄潜山(早—早—晚型)的井,大部分有放空、漏失、扩径现象,但规模较小,显示储层的储集空间不如任丘潜山发育。

4.2 构造位置及成藏配置的差异性

早—晚—晚型和早—晚—早型潜山一般位居凹中凸的古潜山构造发育带^[1],此类潜山在被埋藏之前为一高地,周围被洼陷槽所分隔,洼陷中继承性地沉积了孔店组—沙河街组三段的湖相生油岩建造,这些地层由老到新超覆于潜山之上,使其逐渐被埋藏。凹中凸的构造格局使得这类潜山具有充足的油气源条件。潜山幅度的增高与周围洼槽的下沉,使得第三系烃源岩和潜山储集层直接对接,不整合面和断面成为良好的运移通道^[1]。饶阳凹陷中任丘潜山即为

早—晚—晚型的典型实例,四周被马西、鄭州、河间、任西等生烃洼槽所环绕;早—晚—晚型的留路潜山被饶南、河间洼槽所环绕;早—晚—早型的肃宁潜山是位于河间西洼槽中的一个“凹中凸”古潜山^[6]。

4.3 圈闭有效容积的差异性

饶阳凹陷潜山发育的地质背景较为相似,早第三纪普遍受到喜马拉雅I幕构造运动的影响,处于同一构造应力场环境中,因此,潜山形成、定型的时间会影响潜山圈闭的幅度大小,即圈闭的有效容积会有差异。一般来说,早—晚—晚、早—早—晚型的潜山经历的构造运动改造时间较长,潜山幅度较大。潜山构造演化平衡剖面显示,早—晚—晚型的任丘潜山、早—早—晚型八里庄—薛庄潜山构造带的幅度较大,早—晚—早型的雁翎潜山、早—早—早型的鄭州潜山幅度其次,晚—早—晚型的梁家村潜山幅度最小。

4.4 油气富集和保存条件的差异性

饶阳凹陷自晚第三纪以来主要受到喜马拉雅运动II幕、III幕的影响,该构造运动微弱,对晚定型的潜山没有明显的破坏作用。而早定型的潜山经历了较为强烈的喜马拉雅I期构造运动,这对潜山油气的富集具有破坏作用^[1]。因此,早—晚—晚型和早—早—晚型潜山的油气富集条件较早—晚—早型、早—早—早型的好。如早—晚—晚型的任丘古潜山,自晚第三纪至今,构造运动微弱,处于整体稳定下沉时期,进一步被深埋^[1],生烃洼槽中的油气不断地向古潜山聚集,并且古潜山的盖层增厚,油气藏的保存条件良好。而早—早—早型的鄭州潜山经历了喜马拉雅I期构造运动,油气藏破坏严重,这是影响鄭州潜山油气富集和保存的重要因素。

通过以上对不同演化类型潜山成藏条件差异性的多角度分析,初步对饶阳凹陷五种类型潜山的成藏优劣由好到差排序为:

(1)早—晚—晚型潜山 任丘潜山油田是我国第一个在中—上元古界海相碳酸盐岩古潜山中找到的高产大油田,含油面积达到80 km²,探明石油地质储量4×10⁸ t。

(2)早—晚—早型和早—早—晚型潜山 雁翎潜山的含油面积约为13 km²,油源十分充足,临近淀北、鄭州和任西洼槽,于1977年淀2井首获高产油流。

(3)早—早—早型潜山 鄭州潜山的含油面积

2.96 km²⑤, 油源充足, 被郑州、任西、淀北洼槽环绕, 但潜山储层差、构造破坏严重, 潜山成藏条件不利。于1978年郑2井首获低产工业油流^[6], 目前有郑2、郑3等井打到潜山, 但仅有郑3井形成工业油流。

(4)晚-早-晚型潜山 梁家村潜山储层条件差、潜山幅度小, 不利于成藏, 至今未有很大突破。

5 结 论

饶阳凹陷潜山构造演化大致经历了以下四个阶段, 包括物质基础发育期、初始形成期、发育一定时期以及深埋期。

从潜山演化历史角度, 饶阳凹陷潜山可划分为五种类型, 按成藏优劣排序依次为: 早-晚-晚型, 早-晚-早型、早-早-晚型, 早-早-早型和晚-早-晚型。

参 考 文 献

- [1] 杜金虎, 邹伟宏, 费宝生, 等. 冀中拗陷古潜山复式油气聚集区[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 481-483.
- [2] 党震荣, 张锐锋, 赵淑芳. 从已知中、浅层潜山成藏规律看深潜山勘探[J]. 古潜山, 2005, (3): 4-7.
- [3] 臧明峰, 吴孔友, 崔永谦, 等. 冀中拗陷古潜山类型及油气成藏. 石油天然气学报, 2009, 31(2): 166-169.
- [4] 张青林, 任建业. 济阳拗陷中生界潜山类型及其分布规律与形成过程研究[J]. 重庆石油高等专科学校学报, 2004, 6(4): 11-15.
- [5] 李晓清, 丘东洲, 林承焰, 等. 车镇拗陷潜山油气藏形成条件与分布规律[M]. 山东东营: 中国石油大学出版社, 2007: 49-52.
- [6] 华北油田石油地质志编写组. 中国石油地质志 卷五: 华北油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1988: 26-27, 312-313.
- [7] 华北石油勘探开发设计研究院. 潜山油气藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1982: 5-6.
- [8] 郭良川, 刘传虎, 尹朝洪, 等. 潜山油气藏勘探技术[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 2(1): 19-25.
- [9] 郑和荣, 胡宗全, 张忠民, 等. 中国石化东部探区潜山油气藏勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2003, 12(4): 313-316.
- [10] 王定一, 梁苏娟. 任丘大油田形成与变换带演化[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 9-12.
- [11] 闫宝义, 黄艳, 崔永谦, 等. 饶阳凹陷构造转换带对新近系油气成藏的控制作用[J]. 石油地质, 2008(2): 17-20.

编辑: 吴厚松

Evolution Types and Hydrocarbon Accumulation Differences of Buried Hills in Raoyang Sag, Jizhong Depression

Wu Kongyou, Li Jiyan, Lu Shikuo, Cui Yongqian, Zang Mingfeng

Abstract: The tectonic evolution process of buried hills in Raoyang Sag, Bohaiwan Basin, is recovered by equilibrium profile method. According to the periods of buried hill formation, burial and shaping, combined with evolution history of them, these buried hills can be divided into five types of evolution models: (1) early formation, later burial and later shaping, or Type E-L-L; (2) early formation, later burial and early shaping (Type E-L-E); (3) early formation, early burial and later shaping (Type E-E-L); (4) early formation, early burial and early shaping (Type E-L-E); and (5) later formation, early burial and later shaping (Type L-E-L). By analyzing the formation periods, the experiencing burial time, the early or later shaping, it is believed that the first Type E-L-L of buried hill (belt) is the most favourable to hydrocarbon accumulation.

Key words: Tectonic evolution; Structure type; Type of buried hill; Hydrocarbon accumulation; Raoyang Sag; Bohaiwan Basin

Wu Kongyou: male, Doctor, Deputy Professor. Add: Faculty of Earth Resources and Information, China University of Petroleum-Eastern China, Dongying, Shandong, 257061 China

⑤ 王余泉. 冀中探区潜山成藏条件深化研究及风险勘探目标优选. 华北油田分公司勘探开发研究院, 2006: 6-7.