

文章编号: 0253-2697(2007)04-0031-05

松辽盆地拗陷期坡折带特征

黄薇^{1,2} 王建功^{1,3,4} 赵应成³ 王天琦³ 巩固³

(1. 中国地质大学 北京 100083; 2. 大庆油田勘探开发研究院 黑龙江大庆 163712;

3. 中国石油勘探开发研究院西北分院 甘肃兰州 730020; 4. 中国科学院兰州地质研究所 甘肃兰州 730000)

摘要: 论述了松辽盆地拗陷期坡折带即挠曲坡折带的特征以及挠曲坡折带对高频层序结构、沉积相带分布、砂岩类型和岩性油气藏类型分布的控制作用,总结了确定挠曲坡折带的方法。挠曲坡折带形成于盆地演化的拗陷发育阶段,由地壳运动的差异沉降和不均衡调整控制形成。挠曲坡折带与地壳深部莫霍面陡变带、地温梯度变化带和深大断裂带有良好的对应关系,并受控于盆地断陷阶段断裂坡折带的发育和分布。

关键词: 松辽盆地;拗陷期;坡折带;层序结构;构造运动

中图分类号: TE111.2

文献标识码: A

Characteristics of slope break in depression stage of Songliao Basin

Huang Wei^{1,2} Wang Jianguo^{1,3,4} Zhao Yingcheng³ Wang Tianqi³ Gong Gu³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Exploration and Development Research Institute, PetroChina Daqing Oilfield Company, Ltd., Daqing 163712, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development-Northwest, PetroChina, Lanzhou 730020, China;

4. Lanzhou Geology Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The characteristics of flexure slope break and the controlling effects of flexure slope break on the structures of high-resolution sequence strata, distribution of depositional facies belt and the distribution styles of sandstone and lithology reservoir were discussed. A set of methods for defining flexure slope break were proposed. The flexure slope break was generated in depression stage of basin evolution and formed by the differential subsidence and non-equilibrium regulation of earth motion. The flexure slope break had the excellent corresponding relationship with the abrupt change belts of Moho-discontinuity and geothermal gradient and was controlled by fracture slope break in rift subsidence stage.

Key words: Songliao Basin; depression stage; slope break; sequence structure; tectonic movement

坡折带是研究海相沉积盆地时在沉积学和层序地层学基础上发展的重要概念。坡折带的形成是物质均衡和消长的过程,主要表现在“物源剥蚀与沉积的均衡和消长”;“构造隆升与沉降的均衡和消长”;“古地貌夷平过程的均衡和消长”等。其控制因素为地球深部作用和构造运动。为了衡量海平面的变化速率、空间位置,也是为了确定层序类型、区分层序内的不同体系域,Vail等^[1]提出了以陆架坡折或陆架边缘作为衡量标准;Van wagoner^[2]等研究浅海沉积物时提出了沉积滨线坡折的对等概念,为避免高水位期的陆架坡折与地理位置上的陆架—陆坡折相混淆,Vail^[1]提出以“退覆坡折”取代原来提出的沉积滨线坡折或陆架坡折。目前,对陆相湖盆是否发育坡折带存在诸多争议和分歧意见。笔者非常赞同魏魁生教授的观点^[3],在

陆相湖盆中以最大风暴浪迹面作为“陆架坡折”理论上的参照物,其实质是指陆相湖盆古地貌的突变带。在陆相湖盆,坡折带往往是构造活动的敏感地带、也是沉积物的主要卸载区,对岩性油气藏的形成与分布起重要作用,并体现构造与沉积的有机统一。应用坡折带“控相”、“控砂”、“控藏”的理论模式寻找岩性油气藏,在渤海湾盆地胜利油田已取得良好的勘探成效^[4]。近几年,在松辽盆地、准噶尔盆地坡折带发育区也展现出良好的岩性油气藏勘探前景。

笔者根据前人研究成果^[4-5]并结合自己多年的生产实践,将中国东部中、新生带伸展盆地坡折带的成因类型划分为两大类^[5],分别为“断裂坡折带”和“挠曲坡折带”,断裂坡折带形成于湖盆的断陷期,主要分布在控盆(凹)断裂一侧,由一系列同沉积生长断层所造成

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科技项目(ktq-2004-002)资助。

作者简介: 黄薇,女,1964年4月生,1988年获大庆石油学院硕士学位,现为大庆油田勘探开发研究院副总地质师,中国地质大学(北京)在读博士研究生,主要从事沉积学、层序地层学、油气勘探研究工作。E-mail: Wei Huang@petrochina.com.cn

的古地形陡变带;挠曲坡折带形成于湖盆的拗陷期,由于地壳运动的差异沉降以及沉降中心和沉积中心的不断调整所造成的古地形陡变带。挠曲坡折的基本特征为坡折枢纽带,一般不发育断层,局部地区发育断层但不表现为同沉积特征。

1 挠曲坡折带的确定

1.1 地震剖面上超中止点

根据层序地层学原理,在同一个三级层序中,首次洪泛面之上为湖侵体系域,之下为低位体系域,所以首次洪泛面向陆的上超中止点,类似于“陆架边缘坡折”^[3],可作为识别陆相湖盆坡折的有效手段,但仅限于低频层序(某些盆地四级层序也可识别),而在四级以上高频层序中却难以确定。

1.2 古地貌等直线陡变带

利用去压实和回剥法恢复地层沉积时的古地貌,在此基础上绘制古环境等值线图,在平面上等值线由稀疏急剧变密处,也是确定坡折带平面分布的有效方法。

1.3 陆相湖盆碳酸盐岩集中发育区^[7]

在浅水环境,由于湖侵或河口的变迁造成陆相湖盆局部地区物源供给中断,致使底栖动物繁殖,可以形成生物滩。松辽盆地北部泰康隆起带青山口组生物滩主要由介形虫灰岩、藻灰岩和鲕滩灰岩组成。介形虫灰岩和藻灰岩是在低能条件下形成的席状灰岩层,鲕滩形成于高能环境,由真鲕、表鲕组成。由介形虫灰岩、藻灰岩以及鲕滩等碳酸盐岩集中发育区往往形成于坡折带发育区,因此也可作为确定坡折的重要依据。

1.4 风暴岩与浊积岩共存部位

松辽盆地北部齐家—古龙凹陷与西部斜坡交界带,在青山口组高水位期^[3]和姚家组低水位期已分别发现了风暴岩和由风暴作用所触发形成的浊积岩^[8],事件沉积的形成往往具备3个因素:物源供应充足;斜坡背景;一定触发机制。坡折点在同期地层中一般处于风暴岩与浊积岩共存的部位,横向上位于风暴岩消失而浊积岩开始出现的转换带。

2 挠曲坡折带的成因及分布特征

2.1 构造运动是挠曲坡折带形成的主要控制因素

在早白垩晚期登娄库组沉积时(K₁d),松辽盆地开始进入了拗陷阶段,此时岩石圈冷却,盆地开始大幅度沉降,沉陷规模不断增大。由于地壳均衡调整作用的差异性,中央凹陷区伸展作用表现较为强烈,并大量发育张性断层。在中央拗陷与西部斜坡的转换带,均衡调整作用逐渐下降,断裂相对不发育,但引起了地壳

的挠曲而形成挠曲坡折带。继续向西至西斜坡缓坡区,地壳的均衡调整作用很弱,并长期发育一东倾斜坡。挠曲坡折带主要形成于中央凹陷和西部斜坡的转换带,区域莫霍面埋深图表明(图1)^[9]松辽盆地深部莫

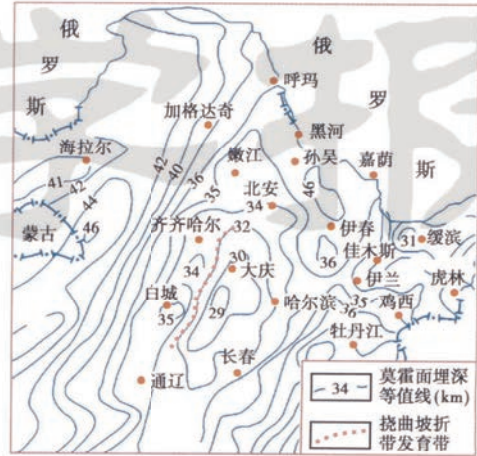


图1 松辽盆地莫霍面埋深与挠曲坡折带发育区的对应关系

Fig. 1 The corresponding relationship of flexure slope break with Moho surface depth in Songliao Basin

霍面埋深陡变带与挠曲坡折带发育带,特别是与一级坡折带的分布有良好的对应关系,同样与地壳深部的地温梯度变化带(图2)^[9]和深大断裂的分布对应关系

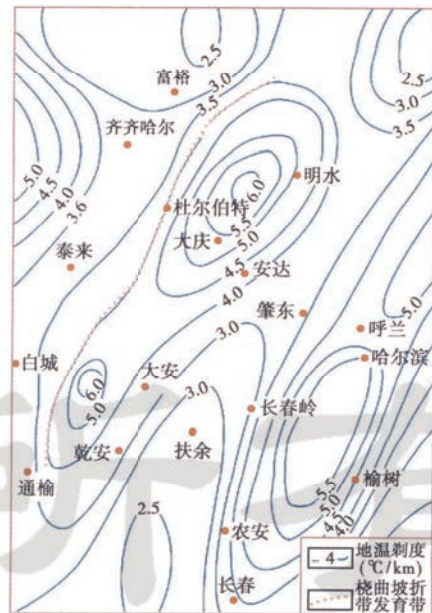


图2 松辽盆地地温梯度与挠曲坡折带发育区的对应关系

Fig. 2 The corresponding relationship of flexure slope break with geothermal gradient in Songliao Basin

也较好。因此,构造运动和地壳深部作用是松辽盆地挠曲坡折带形成的主要控制因素。受太平洋板块俯冲

作用的影响,松辽盆地拗陷期挠曲坡折带有向西迁移的趋势,但迁移规模不大。在盆地演化的反转阶段,挠曲坡折带在一定程度上控制了反转断层的形成与发育,如红岗油田西侧的反转断层。

2.2 挠曲坡折带的发育具有继承性

拗陷湖盆的一级坡折带与断陷期断裂坡折带在成因上具有较强的一致性,拗陷期挠曲坡折带往往发育在断裂坡折带同生大断层上方,挠曲坡折带的形成与发育受断陷期断裂坡折带的宏观控制,两者分布规模及延伸方向具有一致性。如松辽盆地南部一阶挠曲坡折带发育带的下方分别为英台断陷、红岗断陷、安广—平安镇断陷的控盆(凹)大断层;松辽盆地北部泰康隆起带、巴彦查干一带一阶挠曲坡折带的下方也分别为常家围子断陷、他拉哈断陷的控盆(凹)断层。因此,挠曲坡折带的发育受深大断裂的控制。

2.3 挠曲坡折带分布具有多级次性

大型拗陷湖盆挠曲坡折带的发育规模较大、延伸距离较远。如松辽盆地南部西部斜坡区一阶挠曲坡折带,南北长约300 km,分别跨越四方坨子西地区、镇赉

地区、红岗西地区、安广—平安镇以及南部的通榆地区,东西宽约5~20 km。松辽盆地北部齐家—古龙凹陷西侧、泰康隆起带、巴彦查干一带所发育的一阶挠曲坡折带,南北长约250 km,东西宽约5~30 km。在拗陷湖盆,挠曲坡折带一般与沉积盆地的主构造延伸方向一致,并表现为多级次特征,主要为1~3级。一级坡折带延伸距离可大于100 km;二级坡折带延伸距离为10~100 km;三级坡折带延伸距离为几千米至数十千米。

3 挠曲坡折带的控制作用

3.1 对高频层序内部结构的控制

挠曲坡折带发育时期湖盆处于整体沉降过程,此时构造运动相对平稳,构造对于高频层序内部结构的控制作用相对较弱,而古地貌、气候、物源供给与可容纳空间变化则直接影响高频层序的内部结构。如果物源供给充足,古地形坡度较陡,在坡折带卸载区低位体系域相对发育,易于形成湖底扇、斜坡扇,因此,在坡折枢纽带上下沉积相分异明显(图3);否则,坡折枢纽带上下区域沉积相分异特征不明显(图4)。

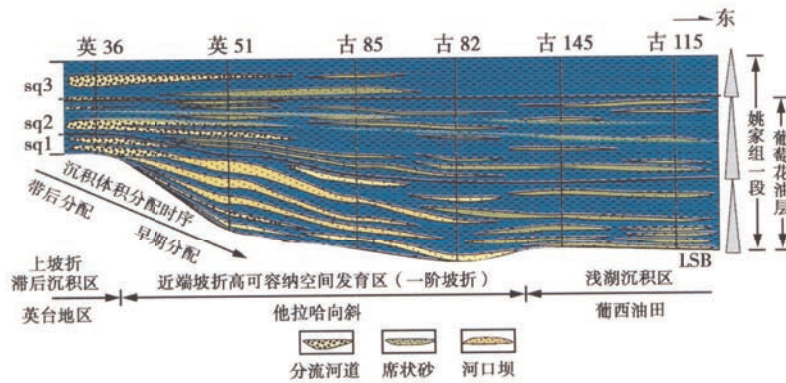


图3 英台—他拉哈地区近端高可容纳空间高频层序结构

Fig. 3 The architecture of high-resolution sequence strata of high accommodation in Yingtai-Talaha Block

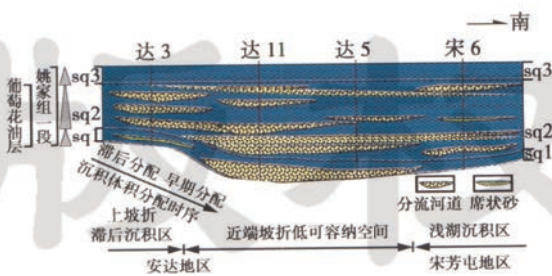


图4 安达—宋站近端低可容纳空间高频层序结构

Fig. 4 The architecture of high-resolution sequence strata of lower accommodation in Anda-Songzhan Block

3.2 对沉积相带分布的控制

挠曲坡折带对沉积相带的分布特征起宏观控制作用,不同级次坡折带对沉积相的控制作用具有一定差

异。一级坡折带往往发育在沉积体系的大尺度相变带,主要分布在(扇)三角洲平原与前缘转换带;二级坡折带则发育在一个或数个(扇)三角洲朵叶体根部;三级及以上坡折带主要分布在沉积微相或岩相突变带。

松辽盆地南部西部地区坡折带发育区古地形坡度为 $0.5^{\circ}\sim 3^{\circ}$,一般小于 1° 。挠曲坡折带发育区可造成陆源碎屑物急剧快速卸载,为沉积物的快速沉积提供了足够的可容纳空间。根据水介质搬运方式以及碎屑颗粒的沉积卸载特征,以坡折枢纽为界可将缓坡带划分为冲蚀区、沉积区(过路不留沉积区)和快速卸载区。坡折枢纽之上的缓坡带为扇三角洲平原相带,其沉积微相主要以多期叠加的分流河道、河道间以及决口扇为主;坡折枢纽之下的扇三角洲前缘亚相带的沉积

微相则以大规模厚层河口坝和分流河道末梢为主(图5)。因此,挠曲坡折带对沉积相带的分布控制作用明显。

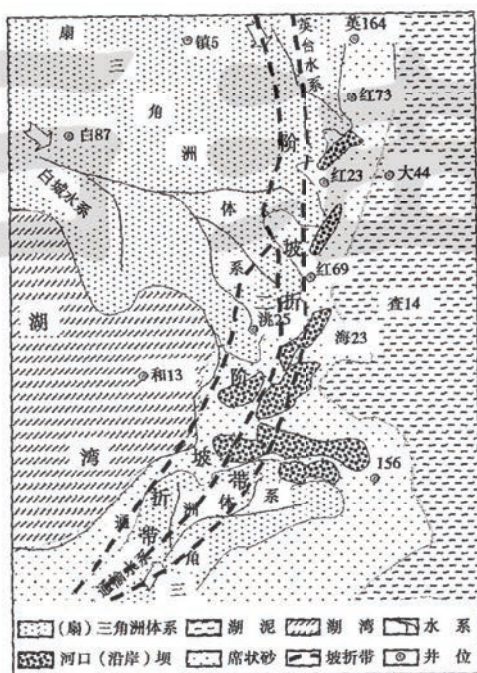


图5 松南西部挠曲坡折带对沉积相带分布的控制

Fig. 5 Control of flexure slope break to the distribution of depositional facies belt in southwestern Songliao Basin

3.3 对砂体类型分布的控制

挠曲坡折带发育区的物源供给、可容纳空间变化

及气候将直接控制砂体的分布样式。如果可容纳空间保持相对较大,物源供应充足,沉积物快速卸载,且 $A/S \approx 1$ 时,挠曲坡折带为沉积物体积分配提供良好的卸载和保存场所,则具备发育 I 型层序的物质基础和构造条件。因此,储层砂体类型有:①三级层序界面之上发育有低位扇、斜坡扇以及下切谷充填沉积;②水侵期的超覆体;③高水位晚期物源充足,大规模发育进积型扇三角洲和三角洲体系。储层以河口坝、沿岸坝以及滨面砂体为主。

如果可容纳空间相对较小,并长期处于冲蚀与沉积的交替发育区,低位体系域相对不发育,储层砂体类型主要包括:①低水位时期小规模的前积楔形体;②水侵期超覆体和湖岸滨面沉积体;③高水位沉积时期湖岸滨面沉积、小规模河口坝和沿岸坝等。

3.4 对岩性油气藏分布的控制

根据松辽盆地挠曲坡折带发育区的构造特征、沉积体系发育及沉积相带的分布特征,将挠曲坡折带划分为四大区带,分别为上坡折缓坡带、坡折枢纽带、下坡折斜坡带和下坡折深水区。在挠曲坡折带不同区带,由于层序特征、沉积相带以及砂体类型不同,造成油气藏类型的分布和油气聚集差异较大。松辽盆地挠曲坡折带发育区共发现三大类油藏,进一步可划分为 8 个亚类和 11 种油气藏类型。在不同区带,油气藏类型受挠曲坡折带控制呈有规律分布(表 1)。在上坡折缓坡带,主要为(扇)三角洲平原相带,古地形平缓、砂

表 1 松辽盆地挠曲坡折带油气藏类型分布特征

Table 1 Types and distribution of reservoirs in flexure slope break of Songliao Basin

大类	亚类	种	分布区带
构造 油气藏	背斜油气藏	背斜油气藏	上坡折带,坡折枢纽带
		断背斜油气藏	坡折枢纽带
	断层遮挡油气藏	断块油气藏	坡折枢纽带
		断鼻油气藏	坡折枢纽带
非构造 油气藏	岩性油气藏	地层超覆油气藏	下坡折斜坡带
		砂体上倾尖灭油气藏	下坡折斜坡带
		砂岩透镜体油气藏	下坡折深水区
	浊积体油气藏	下坡折深水区	
复合 油气藏	差异压实低幅度构造油气藏	差异压实低幅度构造油气藏	坡折枢纽带、下坡折沉积物快速卸载区
断层-岩性油气藏	断层-岩性油气藏	断层-岩性油气藏	坡折枢纽带为主;上、下坡折局部地区也有发育
		岩性-断层油气藏	

岩发育,发育背斜型构造类油气藏,断层-岩性、不整合面遮挡以及下切河谷充填等复合型油气藏和岩性油气藏;坡折枢纽带是古地形和沉积相带转换处,主要发育断鼻、断背、断块等构造类油气藏和差异压实岩性油气藏;下坡折斜坡带是(扇)三角洲前缘相带发育区,也是沉积物的主要卸载区,主要发育地层超覆、砂岩上倾

尖灭、差异压实以及断层-岩性类油气藏;下坡折深水区,主要发育砂岩透镜体、浊积砂岩体等岩性油气藏。

4 结论

(1) 松辽盆地“挠曲坡折带”形成于盆地演化的拗

陷发育阶段,由地壳运动的差异沉降和不均衡调整控制形成。挠曲坡折带与地壳深部莫霍面埋深的陡变带、地温梯度变化带和深大断裂带有良好的对应关系,并受控于断陷阶段断裂坡折带的发育和分布。在时空演化上具有继承性,平面分布上具有多级次性。

(2) 挠曲坡折带的确定可由地震剖面上超中止点、古地貌等直线陡变带、陆相盆地碳酸盐发育区边缘以及风暴岩与浊积岩共存部位综合进行确定和判别。

(3) 挠曲坡折带发育区对高频层序结构、沉积相带分布、砂岩类型分布有明显的控制作用,并进一步控制了岩性油气藏的分布,挠曲坡折带^[10]对岩性油气藏的勘探具有重要的理论及实践意义。

参 考 文 献

- [1] Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy, Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure [C]//Bally A W. Atlas of seismic stratigraphy. AAPG Study in Geology 27, 1987: 246-321.
- [2] Van Wagoner J C, Posamentier H W. An overview of the fundamental of sequence stratigraphy and key definitions [C]//Wilgus C K. Sea-level changes: An integrated approach. SEPM Special Publication 42, 1988: 39-45.
- [3] 魏魁生, 徐怀大, 雷怀玉. 非海相层序地层学——以松辽盆地为例 [M]. 北京: 地质出版社, 1996: 32-33.
Wei Kuisheng, Xu Huaida, Lei Huaiyu. Nonmarine sequence stratigraphy in the Songliao Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 32-33.
- [4] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造坡折带断陷湖盆层序和油气预测的重要概念 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260-267.
Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope-break zone: Key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260-267.
- [5] 王英民, 刘豪, 李立诚, 等. 准噶尔大型拗陷湖盆坡折带的类型和分布特征 [J]. 地球科学, 2002, 27(6): 683-688.
Wang Yingmin, Liu Hao, Li Licheng, et al. Types and distribution characteristics of slope breaks of large type down warped lake basins [J]. Earth Science, 2002, 27(6): 683-688.
- [6] 王建功, 卫平生, 郑凌茂, 等. 挠曲坡折带特征与油气勘探——以松辽盆地南部为例 [J]. 石油学报, 2005, 26(2): 26-29.
Wang Jianguo, Wei Pingsheng, Zheng Junmao, et al. Features of flexure slope break and oil-gas exploration in the south of Songliao Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(2): 26-29.
- [7] 王衡鉴, 曹文富. 松辽盆地白垩纪沉积相模式 [M]//杨万里. 松辽陆相盆地石油地质. 北京: 石油工业出版社, 1985: 127-140.
Wang Hengjian, Cao Wenfu. The Cretaceous sedimentary models of Songliao Basin [M]//Yang Wanli. The petroleum geology of Songliao Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1985: 127-140.
- [8] 王建功, 王天琦, 梁苏娟, 等. 松辽盆地北部葡萄花油层事件沉积 [J]. 石油学报, 2005, 26(6): 20-24.
Wang Jianguo, Wang Tianqi, Liang Sujuan, et al. Accident sedimentary of Putaohua formation in the north of Songliao Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(6): 20-24.
- [9] 俞凯, 侯洪斌, 郭念发, 等. 松辽盆地南部断陷层系石油天然气地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 31-33.
Yu Kai, Hou Hongbin, Guo Nianfa, et al. The oil and gas geology of rift stage in the south of Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 31-33.
- [10] 王建功, 卫平生, 赵占银, 等. 松南西部勘探领域及前景 [J]. 中国石油勘探, 2005, 10(3): 8-15.
Wang Jianguo, Wei Pingsheng, Zhao Zhanyin, et al. Exploration targets and their prospects in the west of southern Songliao Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2005, 10(3): 8-15.

(收稿日期 2006-06-06 改回日期 2007-03-06 编辑 张怡)

版权所有