文章编号: 1000-0550(2010) 02-0299-08

# 舞阳凹陷盐岩沉积与构造的响应关系<sup>®</sup>

孔 敏 石万忠 宋志峰 王晓龙 (中国地质大学(武汉)资源学院石油系 武汉 430074)

摘 要 舞阳凹陷在核二1时期开始沉积大量的盐岩,核一段沉积末期盐岩消失。依据地震资料与钻井资料,采用定 量与定性相结合的方法,从时空上分析该凹陷盐岩沉积与构造的响应关系,得出如下2个结论:(1)核二2段沉积末 期是舞阳凹陷的一个重要构造转换期,在该时期受构造挤压作用舞阳凹陷开始抬升,基底走滑构造开始活化,核三 段一核二2段沉积地层与核二1一核一段沉积地层有明显的差异。(2)舞阳凹陷的盐岩沉积与构造有明确的响应关 系,构造活动控制了盆地边界的变化,使之成为一个较为封闭的凹陷,进而减少了进入盆地的物源,盐岩开始沉积。 关键词 盐岩沉积 走滑构造 盆地边界恢复 基准面 舞阳凹陷

第一作者简介 孔敏 女 1985年出生 硕士 沉积学及地震地质综合解释 E-mail kongmin1985@ 163 com 中图分类号 P512 2 文献标识码 A

0 前言

我国发育广泛的中新生代盐湖盆地<sup>[1]</sup>,一直是 地质学家研究的重点。开展对盐湖盆地沉积及层序 地层学的研究对于寻找油气及盐矿都具有重要的意 义。由于不同的盐湖盆地的沉积背景及沉积的主要 矿产有明显的不同,所以目前对不同的盐湖盆地研究 的出发点及侧重点不同,对于以盐矿沉积为主的盐湖 研究,主要研究盐源及盐岩类型及气候对成盐的影 响<sup>[2~4]</sup>,而对于与油气生成相关的盐湖盆地,则主要 从盐湖盆地的层序地层划分<sup>[15~6]</sup>,盐岩对油气保存 的作用<sup>[7]</sup>及盐底辟构造在油气运移中的作用等角度 进行分析与研究。

舞阳凹陷发育大量的盐岩,马庆元曾对舞阳凹陷 的含盐地质特征进行了分析,认为该凹陷的盐岩沉积 主要发生在核桃园组,形成的主要原因是物源供给不 足,气候干燥,湖水蒸发量大于补给量<sup>[8]</sup>。而更多的 研究<sup>[9~11]</sup>表明舞阳凹陷南边紧邻秦岭一大别山物源 区,在核桃园组沉积期,一直是稳定的物源区,因此马 庆元有关蒸发岩的成因机制解释并不合理。此后一 直没有舞阳凹陷蒸发岩成因机制的研究,主要的研究 集中在舞阳凹陷的异常流体压力<sup>[12]</sup>、沉积相<sup>[13]</sup>及成 藏模式<sup>[14]</sup>等方面。

目前舞阳凹陷内已经分布有高密度的高分辨率

二维地震资料和 10 口钻井, 有必要重新认识舞阳凹 陷盐岩的沉积特征和成因。本文主要以地震资料及 地质资料出发, 以盐岩的集中出现与消失为切入点, 将盐岩沉积特征与该区构造演化特征相结合, 探讨该 区盐岩沉积与构造之间的响应关系。

# 1 舞阳凹陷地质背景

舞阳凹陷位于河南省境内的平顶山一漯河以南, 为中一新生代断陷盆地,是一个呈狭长形展布的断陷 盐湖盆地,面积约 1 800 km<sup>2[12]</sup> (图 1)。该研究区的 北部发育叶鲁断裂,是控盆断层,南部发育缓坡,整体 为北断南超的箕状凹陷。第三系从下到上有玉皇顶 组、大仓房组、核桃园组及廖庄组,玉皇顶组与大仓房 组沉积较薄,有的地区无沉积纪录,而核桃园组的厚 度最大,也是勘探的主要目的层段,自下而上可分为 核三段、核二 2段,核二 1段及核一段。廖庄组在整 个研究区内沉积厚度及连续性也比较稳定,上覆古近 系。

舞阳凹陷核桃园组为典型的盐湖沉积,主要的盐 岩沉积期为核二1段与核一段。碎屑岩和蒸发岩纵 向上频繁交互、横向上紧密共生,旋回性和韵律性十 分发育,构成非常复杂的多层系地层结构剖面<sup>[9]</sup>。

# 2 舞阳凹陷盐岩沉积特征

舞阳凹陷在核桃园组的核一段与核二1段沉积

①国家自然科学基金项目(批准号:40602015);中国地质大学(武汉)优秀青年基金(编号:CUGQNL0605)和中国地质大学(武汉)湖北省油气勘 探开发理论与技术重点实验室开放基金(编号:YQ2006KF17)联合资助。 收稿日期:2009-06-09.收修改稿日期:2009-08-12

<sup>© 1994-2012</sup> China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 1 舞阳凹陷构造纲要简图 (据南阳油田修改, 2009)

Fig 1 Sketch m ap of structure of W uy ang depression (mod ified from Nanyang O ilfield, 2009)



(据河南油田修改, 2008)



了大量盐岩 (图 2),该区的盐岩沉积主要有以下几个 特点:①沉积期。主要沉积在核二 1段与核一段,核 一段沉积时期,盐湖沉积范围最大;②沉积范围。主 要沉积在凹陷中心,即图 1中舞 3井,舞参 2井附近 (图 3),盆地两侧未发现盐岩沉积;③韵律性强。盐 岩与膏岩、泥岩互层。

盐岩在核二 1段开始出现,到了核一段盐岩的沉 积厚度与分布范围进一步扩大,而到了廖庄组盐岩完 全消失,岩性由还原色迅速转变成氧化色,这种盐岩 沉积的集中出现与消失的成因机制目前并不清楚,是 否与本区的构造运动有关,目前没有相关的研究。



图 3 舞阳凹陷盐湖沉积示意图 Fig 3 Sketchmap of the salt lake depositionalmodel ofWuyang Depression

3 盐岩沉积的构造响应分析

### 3.1 舞阳凹陷南边界变化特征分析

31.1 盆地边界恢复方法

© 1 Depression (modified Grade MenabourifiedEl2008) nic Publishing House. All rights reserved. http://www.cinki.net

抬升,南部缓坡受到了强烈的剥蚀改造,因此恢复盆 地南边界的原始沉积范围有助于了解不同沉积时期 的盆地沉积范围,依据沉积范围的变化进而分析构造 运动对盆地沉积的控制作用。依据这一研究目的,选 取了 2条长剖面定量恢复盆地在核桃园组不同沉积 时期的盆地沉积范围。

由于舞阳凹陷南部主要为碎屑岩沉积, 压实规律 较为一致, 因此采用地层几何法恢复南边界被剥蚀的 厚度。具体计算方法如图 4所示: EF 为削蚀面, AF 为地震剖面解释的基底面, BH、CK、DM 为解释的其 它沉积层位, HQ, KR MQ 为恢复的剥蚀层位。 Q, R Q 点为不同时期的沉积位置, R, S T为其水平投影点 位置, 为了便于计算, 可以依据 R, S T 点的位置代替 Q, P, Q点的位置确定构造的抬升时间或基准面的下 降时间。

如图 4所示, 记下每一个地震解释界面到基底的 最大沉积厚度及另外任一点处沉积厚度, 并记下这两 点的水平的位置, 根据三角形数学原理, 计算该层的 沉积边界 (沉积厚度为 0)的位置。假如恢复 PK 段 的沉积位置 (P点位置以投影点 S点位置代替)具体 计算公式如下所示:

$$\frac{\mathbf{K}}{\mathbf{AC}} = \frac{\mathbf{PK}}{\mathbf{PC}} = \frac{\mathbf{SK}}{(\mathbf{SK} + \mathbf{EK})} \tag{1}$$

$$SK = \frac{JK^* EK}{AC - JK}$$
(2)

根据已知 K点的 CDP号及上式得到的 SK 之间 的距离,可以最终确定沉积边界投影点 S点的 CDP 号 (CDP之间的单位距离为 25 m),若所得到的 S点 的 CDP越小说明当时沉积时期的边界越靠南,即沉 积范围越大,而 CDP越大说明该时期沉积范围越小。





31.2 恢复结果分析

通过对 2条横穿盆地南北边界的典型地震剖面 (图 5, 6, 平面位置见图 1)的定量计算, 恢复了各沉



图 5 舞阳凹陷南边界恢复所选的地震剖面 AA'(a为未解释剖面, b为解释后剖面) © 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.chki.net 积期的盆地南边界,恢复结果(表 1 及表 2)显示:① 核三段(T6)到核二 2段(T4)CDP号减小,这表明核 三段到核二 2段,沉积范围扩大,基准面上升。②从 核二 2段(T4)直到廖庄组(T2)的CDP号增大,这说 明这段沉积时期沉积范围逐渐缩小,基准面下降。核

1

二 2段 (T4)的最大沉积边界处 CDP号最小,说明该 段沉积范围最大,这也表明核二 2段末期是研究区古 近系基准面上升到下降沉积的一个重要转换期 (图 7),基准面的下降与构造的抬升密切相关,盐岩的沉 积与构造的抬升时间相一致。

表 1 图 5地震剖面最后的恢复结果

Fable 1	Position	of	erosion	horizon	in	se ism	ic	section	of	Fig	5
---------	----------	----	---------	---------	----	--------	----	---------	----	-----	---

层位	K点的位置	账的厚度	C点的位置	AC的厚度	EK之间的距离	SK 之间的距离	SK之间的距离	恢复的 S点位置
	( CD P)	<i>l</i> m s	( CD P)	/m s	/m	/m	(以 CDP表示)	(CDP)
T2	542	584	1 106	2064	14100	5563. 78	222. 551	319 449
Т3	443	436	1 106	1740	16575	5541.95	221. 678	221 322
Τ4	350	360	1 106	1436	18900	6323. 42	252. 937	97. 0632
Т5	269	170	1 106	1160	20925	3593.18	143. 727	125 273
Т6	191	32	1 106	740	22875	1033. 9	41. 3559	149 644
Тg	89	0		0				



图 6 舞阳凹陷南边界恢复所选的地震剖面 BB'(a为未解释剖面,b为解释后剖面) © 19骨囊-2018BChieranAcpidentaitas denama Solandar nicuredady isteinen Forwayand Signaturencempeded and ps/interpresentsi.net 表 2 图 6地震剖面最后的恢复结果

Table 2 Position of erosion horizon in seism ic section of Fig 6

层位	K点的位置	账的厚度	C点的位置	AC的厚度	EK之间的距离	SK 之间的距离	SK之间的距离	恢复的 S点位置
	( CD P)	/m s	( CD P)	/m s	/m	/m	(以 CDP表示)	(CDP)
T2	356	584	732	1804	9400	4499.67	179. 987	176 013
Т3	316	436	732	1392	10400	4743. 1	189. 724	126 276
T4	304	360	732	1052	10700	5566.47	222. 659	81 341
Т5	278	170	732	824	11350	2950. 31	118.012	159 988
Т6	254	32	732	488	11950	838 596	33. 5439	220 456
Τg	250	0		0				



图 7 舞阳凹陷各时期沉积示意图及基准面变化特征

Fig 7 The sketch map of every depositional stage and base level character in W uyang Depression

#### 3 2 盆地东部走滑断层的活动性分析

321 走滑断层

舞阳凹陷基底地质图 (图 8)中存在两处明显的 地质体错断,说明在基底形成时期存在两个大的左旋 走滑断层,其中东部的左旋走滑断层穿过舞阳盆地。 从图 8中可以清楚看到,基底左旋走滑断层规模比较 大,对整个盆地及周围区域的古近系沉积之前的地层 具有强烈的改造作用,而走滑断层两盘之间形成的裂 隙成为古近系沉积初期沉积物的重要物源通道。

32.2 走滑断层的活动性分析

走滑断层由于弯曲或断裂组合的不同可以产生 压紧弯曲或松开弯曲,派生出压扭性构造或拉张性构 造,同时产生次级走滑断裂,所以在剖面上会形成不 同类型的花状构造<sup>[15]</sup>。图 9清楚地显示了断到基底 的负花状构造(平面位置见图 1中的 C-C') 剖面), 这表明了图 8中东部走滑断层古近系晚期重新活动。 地震剖面 (图 9)显示走滑断层产状都比较陡,次级逆 断裂发育,花状构造以内的地层出现褶皱,这表明该 走滑断层为一种压扭性走滑构造。从图中还可以看 出:核二 1-廖庄组西边厚而东部薄.核二 2-核三段 地层沉积厚度整体较为均一,这种沉积地层厚度上的 差异主要由左旋走滑断层的活动所致。当走滑断层 不活动时,盆地地层沉积均匀,地层厚度协调,因此核 二 2-核三段地层整体上较均匀。当走滑断层活动 时,断层东部的地层由于左旋作用而被挤压抬升,沉 积厚度减薄、因此核二 1-廖庄组西部厚而东部薄。 从以上地层厚度的变化特征上来看,舞阳凹陷东部走 滑断层开始活动的时间是在核二 1-廖庄组沉积期, 与南边界构造抬升时间是相吻合的。

33 凹陷内砂体分布与盐岩沉积特征

前以述及的盆地南边界的恢复结果及东部走滑 断层的活动特征均显示研究区构造抬升发生在核二 1沉积早期。构造活动必然造成舞阳凹陷内不同时 期砂体与盐岩沉积的差异,同样,沉积物的差异也反 应了构造的活动。

依据对研究区内 10口钻井各层段的砂岩百分比 的统计作出了含砂率图 (图 10), 图中显示在核三段 时期及核二 2段时期含砂率较高, 无盐岩沉积, 无论 是砂岩还是泥岩基本为红色或紫红色, 表明为一种氧 化浅水沉积 (图 2)。核二 1段开始有盐岩沉积, 含砂 率急剧减少, 砂体主要展布在盆地东西两侧, 而盆地 两侧正是无盐岩沉积的地区, 在盆地中心的盐岩沉积



图 9 测线 98-722e地震解释剖面 (a为未解释剖面, b为解释后剖面) © 1994-2012 China Acrossing of File of Drie 98-1223 (ing Have pretected and glutin tempered). http://



图 10 舞阳凹陷不同层段含砂 (盐)率图

Fig 10 Sand (and salt) percentage in different stage of Wuyang depression

区,含砂率基本为 Q。在核二 1—核一时期岩性主要 以暗色泥岩,石膏岩及盐岩为主,砂岩含量很少,为浅 水还原沉积环境。在廖庄组盐湖完全消失,砂岩分布 于整个盆地,岩性主要为氧化色粗粒沉积,表明该沉 积期完全暴露地表。

从图 10中还可以看出:在基底走滑断层的位置, 砂体百分含量也高,这表明走滑断层的活动不仅造成 盆地边界的局部抬升,而且也形成了物源入盆的重要 通道。

从砂岩和盐岩分布以及岩性颜色反应的沉积环 境来看,盐岩沉积的出现与砂体分布的急剧减小相伴 而生,这表明核三段一核二 2段沉积期为一种开放式 过补偿沉积,而在核二 1一核一时期为一种封闭式饥 饿性沉积。

# 4 讨论与结论

依据盆地南边界恢复结果以及凹陷东部走滑断 积与核二 1一核 1段沉积有明显的差异。 层的活动性分析都显示舞阳凹陷构造活动发生的时<sub>的时间</sub>(2)舞阳凹陷的盐岩沉积与构造有明确的响应

间在核二 1沉积早期,而舞阳凹陷内的砂体与盐岩分 布特征也显示核二 1开始地层沉积有明显的差异。 从构造活动与岩性沉积的时间上来看,两者完全在时 间上一致,从内在的逻辑上来看,正是由于此时构造 活动致使盆地边界开始抬升,阻隔了南部与东部盆外 物源的入盆,因此盆内在核二 1—核一段时期凹陷内 沉积的砂体开始急剧减少,使盆地处于饥饿性沉积, 随着盆地进一步抬升逐渐暴露地表(廖庄组沉积期) 砂体沉积范围又开始扩大。因此可以说,舞阳凹陷的 构造活动控制了凹陷边界的变化,而边界的变化影响 了进入舞阳凹陷内的沉积物减少和盐岩的沉积,盐岩 沉积与构造活动有明确的响应关系。

依据以上分析可以得出以下两个结论:

(1)核二 2段沉积末期是舞阳凹陷的一个重要构造转换期,在该时期受构造挤压作用舞阳凹陷开始 抬升,基底走滑构造开始活化,核三段一核二 2段沉积与核二 1一核 1段沉积有明显的差异。 关系,构造活动控制了盆地边界的变化,使之成为一 个较为封闭的凹陷,进而减少了进入盆地的物源,盐 岩开始沉积。

#### 参考文献(References)

- 胡光明,纪友亮,张亚京,等. 陆相盐湖层序地层学研究简述 [J]. 盐 湖研究, 2006, 14(1): 55-59 [Hu Guangming Ji Youliang Zhang Yajing *et al.* Summarization on continental salt lake sequence stratigraphy[J]. Journal of Salt Lake Research 2006, 14(1): 55-59]
- 2 徐天光,顾家裕,薛叔浩,等.塔里木盆地轮台断隆第三系盐湖沉积 环境研究 [J].沉积学报,1998,16(3):137-140 [Xu Tianguang Gu Jiayu, Xu e Shuhaq, et al. Saline kke sed in entary environments of Tertiary in Luntai Fracture-up lift Tarim Basin [J]. A cta Sed in ento bg÷ ca Sinica, 1998, 16(3):137-140]
- 3 刘振敏,李博昀,刘国庆,等. 腾格里地区盐湖的盐类沉积特征 [J]. 化工矿产地质, 2007, 29(4): 193-201 [Liu Zhemmin, Li Bojun, Liu Guoqing *etal*. Saline deposit features of salt lakes in Tenggeli Region [J]. Geology of Chemical Minerals, 2007, 29(4): 193-201]
- 4 王春男,郭新华,马明珠,等.察尔汗盐湖钾镁盐矿成矿地质背景 [J].西北地质,2008,41(1):98-106[Wang Chunnan, Guo Xinhua, MaMingzhu, et al. Ore-forming geological background of K-Mg salt in Qarhan Salt Lake[J]. Northwestern Geology, 2008, 41(1):98-106]
- 5 方志雄,陈开远,杨香华,等. 潜江盐湖盆地层序地层特征[J]. 盐湖研究, 2003, 11(2): 15-23 [Fang Zhixiong Chen Kaiyuan, Yang Xianghua, et al. Sequence stratigraphy characteristic of Qian jiang Saline Sub-basin [J]. Jou mal of Salt Lake Research 2003, 11(2): 15-23]
- 6 张本书,赵追,韩朝阳,等. 盐湖盆地层序地层学研究综述 [J]. 西北 地质, 2005, 38 (1): 94-99 [Zhang Benshu, Zhao Zhui Han Chaoyang et al. Research summ ary of sequence stratigraphy in sal+lake basin [J]. N orthwestem G eobgy, 2005, 38(1): 94-99]
- 7 陈凤玲. 潜江盐湖构造演化及沉积充填与油气成藏[J]. 石油天然 气学报(江汉石油学院学报), 2007, 29(2): 50-53[Chen Fengling Structural evolution and deposition alpacking as well as hydrocarbon aecumulation in Q ianjiang Salt Lake Basin[J]. Journal of O il and G as Technology, 2007, 29(2): 50-53]

- 8 马庆元. 舞阳凹陷含盐地质特征 [J]. 中国煤田 地质, 1993, 5(3):
  32-34[MaQingyuan The salt sediment features in Wuyang Depression
  [J]. CoalGeology of China, 1993, 5(3): 32-34]
- 9 徐汉林,赵宗举,吕福亮,等.南华北地区的构造演化与含油气性 [J].大地构造与成矿学,2004,28(4):450-463[Xu Hanlin, Zhao Zongju, Lu Fuliang *et al*. Tectonic evolution of the Nanhuabei area and analysis about its petroleum potential[J]. Geotectonica et M etallogenia, 2004, 28(4):450-463]
- 10 余和中,吕福亮,郭庆新,等.华北板块南缘原型沉积盆地类型与构造演化[J].石油实验地质,2005,27(2):111-117[Yu Hezhong Lv Fuliang Guo Qingxin, et al. Proto-sediment basin types and teetonic evolution in the southern edge of north China plate Petroleum Geology & Experiment 2005, 27(2):111-117]
- 11 黄泽光,高长林.秦岭一大别造山带北侧盆地序列及油气前景 [J].石油实验地质,2007,29(1):25-31 [Huang Zeguang Gao Chang lin Basin sequence and oil-gas potential in near northerm Q inling-Dabie Mountain [J]. Petroleum Geobgy & Experiment 2007,29 (1):25-31]
- 12 李兰斌,孙家振,陈文礼,等. 舞阳盐湖盆地地 层压力特征与 成因 机理探讨 [J]. 石油 实验 地质, 2000, 22(3): 265-269 [Li Lanbin, Sun Jiahen, Chen W en li *et al*. Characteristics and genetic m echanism of formation pressure in the Wuyang Salt-Lake Basin [J]. Experimental Petroleum Geobgy, 2000, 22(3): 265-269 ]
- 13 杨云飞,李丽贤,段生旭,等.用高分辨率地震资料研究舞阳凹陷 地震相[J].河南石油,2001,15(6):13-16[Yang Yunfei Li Likian, Duan Shengxu, et al. Seismic facies characteristics in Wuyang sag[J]. Hen an Petroleum, 2001, 15(6): 13-16]
- 14 赵全民,刘喜林,范传军,等.舞阳、襄城盐湖盆地未熟一低熟油成 藏模式 [J]. 地质科技情报, 2002 21(4): 23-26[Zhao Quanmin, Liu Xilin, Fan Chuanjun, et al. Immature oil reservoir forming model in Wuyang and Xiangcheng Saline Basin, Henan, China[J]. Geological Science and Technology Information, 2002, 21(4): 23-26]
- 15 李晓清,汪泽成. 拉分盆地分析 与含油气性 [M]. 山东东营:石油 大学出版社, 2003 9-19 [Li X iaoqing W ang Zechen. Pull Apart Basin An alysis and Its O il & Gas-Bearing Character [M]. Dongying Shandong China Petroleum University Press, 2003: 9-19]

# The Response Relation Between Salt Sediment and Tectonic Activity in Wuyang Depression

KONG M in SH IW an-zhong SONG Zhifeng WANG X iao-long (Department of Petroleum Engineering China University of Geosciences Wuhan 430074)

**Abstract** A tH e  $2_1$  sedimentary stage, there appeared a lot of salt sediments while they all disappeared at the end of He\_1 stage in W uyang depression Both of qualitative method and quantitative method are used in this paper, which can recover the relationship between salt sediment and tectonics effectively in this sag. Through this study, two results are as follows (1) The sedimentary end of He  $2_2$  section is a very inportant tectonic activity stage, when the whole depression began up lift while the basal strike-slip tectonic started to reactivate. The He 3 and He  $2_2$  sedimentary stratum which deposited before the key stage have obvious difference with the ones of He  $2_1$  and He 1 that deposited after the key stage (2). The response relation between salt sediment and tectonic activity is definite in W uyang sag. The teetonic activity controlled the change of basin boundary, which made the study area a relatively closed depression, then decreased the provenance into the basin, the salt started to deposite

Key words salt sedment strke-slip structure basin boundary recovery base level Wuyang Depression (1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net