

库车坳陷盐构造特征及其对油气成藏的作用

邬光辉 刘玉魁 罗俊成 汪 海 雷刚林 高 辉

(塔里木油田分公司勘探开发研究院,新疆 库尔勒 841000)

摘 要 塔里木盆地库车坳陷盐构造发育,根据盐构造的外部形态及其发育程度将其分为盐枕、盐背斜、盐墙、盐株、盐脊、盐席、盐楔、盐川和盐蘑菇等构造样式,并归纳了各种盐构造的特征及其分布。盐构造对库车坳陷的油气成藏起着至关重要的作用,不仅提供了优质的盖层,有利于形成大型圈闭、保持较高的孔隙度,而且有利于油气的运聚形成大型油气田。

关键词 库车坳陷 盐构造 油气成藏

Salt Structures in the Kucha Depression and their Role in the Formation of Oil and Gas Accumulations

WU Guanghui LIU Yukui LUO Juncheng WANG Hai LEI Ganglin GAO Hui

(Institute of Exploration and Development, Tarim Oil and Gas Branch Company, Korla, Xinjiang 841000)

Abstract Salt structures are well developed in the Kucha depression of the Tarim basin and can be divided into salt pillow, salt anticline, salt wall, salt stock, salt ridge, salt nappe, salt edge, salt glacier and salt mushroom according to their external shapes and development levels. This paper summarizes the characteristics and distribution of all kinds of salt structures in the Kucha Depression. Salt structures provide good cap rocks, help to form large-size traps, maintain relatively high porosity, and contribute to the migration and accumulation of oil and gas and the formation of large-size oil-gas fields. They are therefore important in the formation of oil and gas accumulations.

Key words Kucha depression salt structure oil and gas accumulation

盐构造是一种与油气密切相关的特殊构造类型,它是由于盐膏岩等塑性岩层流动形成的各种形式的构造,在墨西哥湾、北海、波斯湾、欧洲西北部等含油气盆地中都有着广泛的分布(Davison 等,2000; Jackson 等,1986; Jackson 1995; Talbot 等,1984; Trusheim, 1960),对油气的运聚成藏具有重要的作用。

塔里木盆地库车坳陷(图1)第三纪发育盐湖,沉积了巨厚的膏盐岩,在喜马拉雅运动中晚期的强烈挤压与上覆载荷的差异作用下,形成各种盐构造,而且影响到挤压构造的构造样式与变形机制,形成大量的盐相关构造,为油气的聚集提供了多种类型的大型圈闭。目前库车坳陷已发现克拉2特大型整装气田等一系列与盐相关的油气田,成为“西气东输”工程的主力气区,因此有必要分析库车坳陷盐构造的样式及其特征,以利于库车坳陷的地质研究与

油气勘探。

1 库车坳陷盐层的分布特点

库车坳陷塑性变形层主要分布在西部的下第三系库姆格列木群与东部的上第三系吉迪克组。下第三系塑性层岩性为盐岩、泥膏岩、泥岩,主要形成于干旱的蒸发咸湖、盐湖环境,具有间歇性海侵、多咸化期形成的多套沉积旋回。当时构造古地理具有西低东高、南北高中间低的特点,东部阳霞凹陷膏盐岩不发育,膏盐岩从西部拜城凹陷的4000多米向东很快变为数十米。至中新世吉迪克组沉积时沉积中心向东迁移至阳霞凹陷,盆地发生东西翘倾运动,变为西高东低,塑性地层主要以泥膏岩、盐膏岩、泥岩为主,厚度达2000m,西部仅为400~600m的砂泥岩夹薄层膏泥岩。

库车坳陷盐膏的发育主要受干旱的气候、区域

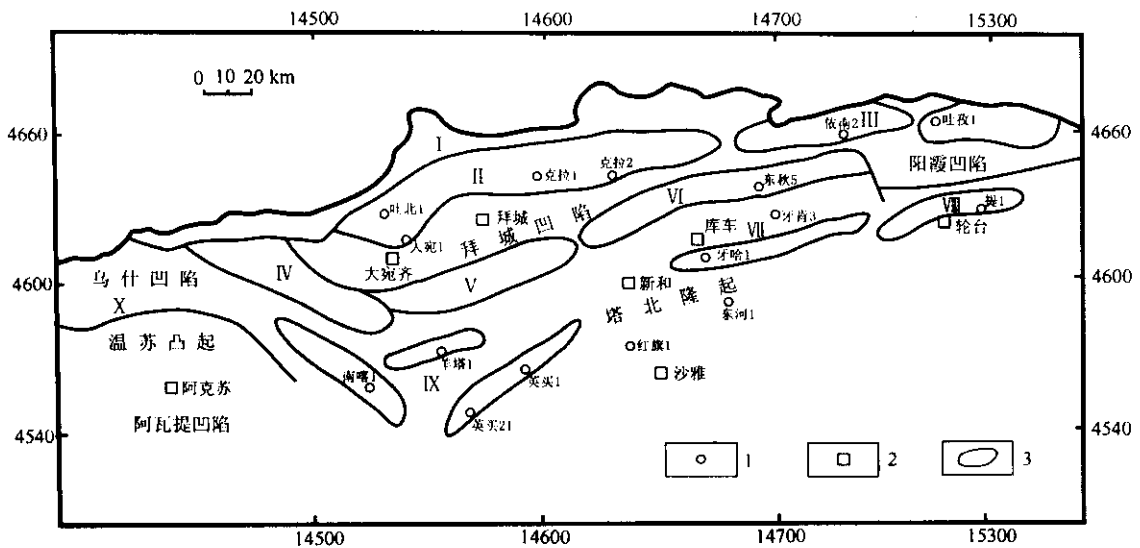


图 1 库车拗陷构造区划略图

Fig.1 The schetch structural area map of the Kucha depression

I -北部单斜带 ;II -克拉苏构造带 ;III -依奇克里克构造带 ;IV -西秋里塔格构造带 ;V -中秋里塔格构造带 ;VI -东秋里塔格构造带 ;VII -牙哈构造带 ;VIII -阳南 -提尔根构造带 ;IX -羊塔克 -英买力构造带 ;X -古木别兹构造带
1-井位 2-地名 3-构造带

I -north single-dip belt ;II -Kelasu structural belt ;III -Yiqikelik structural belt ;IV -Xiqiu structural belt ;V -Zhongqiu structural belt ;VI -Dongqiu structural belt ;VII -Yaha structural belt ;VIII -Yangnan-Tiergen structural belt ;IX -Yangtake-Yingmaili structural belt ;X -Gumubiezi structural belt
1-well 2-place 3-structural belt

差异构造沉降和陆源碎屑供给的控制 ,在实际工作中应考虑到盐层原始厚度。第三系的盐膏岩从库车拗陷向塔北迅速减薄 ,其中有相变因素 ,更主要的原因是基底的差异沉降 ,现今盐岩从大宛齐向南在拜城凹陷中部变薄 ,向秋里塔格构造带又加厚 ,综合分析早期沉积中心应在凹陷中 ,后期由于差异沉降才向南北方向运动 ,改变了原始沉积时的几何形态。

2 盐构造的样式及其特征

由于塑性盐膏层具有易于流动的特点 ,又受到喜马拉雅运动晚期强烈的构造挤压作用 ,造成库车拗陷盐构造复杂多变 ,而且不同于墨西哥湾、北海及中国东部等地伸展构造背景下的盐构造。根据盐构造顶面的起伏特征及其发育程度 ,结合大量地震剖面、盐层顶面构造图、盐层等厚图等的综合分析 ,可将库车拗陷盐构造分为盐枕、盐背斜、盐墙、盐株、盐脊、盐楔和盐席等构造样式(图 2)。

盐构造首先表现为低幅度的盐枕 ,在过西秋构造带、拜城周围的地震剖面上都可见到 ,盐枕在平面上为圆形或椭圆形 ,在剖面上顶部基本上是对称的低幅度弧形 ,一般为平底 ,但构造活动使北部盐下地层呈弧形拱起 ,从而有别于国外的标准样式(Jackson 等 ,1986)。

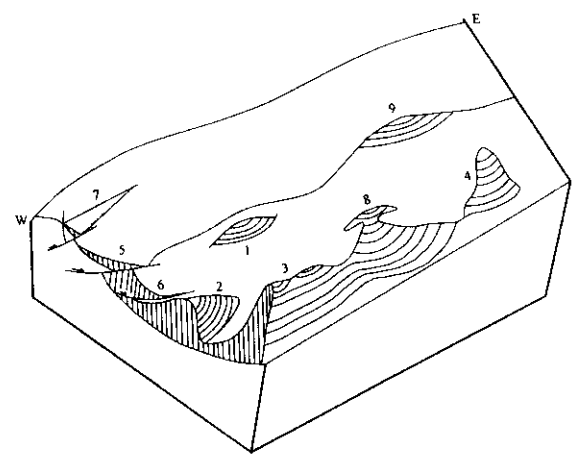


图 2 库车拗陷盐构造模式图

Fig.2 Salt tructural model of the Kucha depression

1-盐枕 2-盐背斜 3-盐墙 4-盐株 5-盐脊 ;
6-盐席 7-盐楔 8-盐蘑菇 9-盐断背斜
1-salt pillow 2-salt anticline 3-salt wall 4-salt stock 5-salt ridge ;
6-salt nappe 7-salt edge 8-salt mushroom 9-salt faulted-anticline

盐背斜在其剖面上基本上是对称的 ,有一个平底和拱形的顶 ,大宛齐盐构造最典型(图 3) ,该构造为一呈 EW 向展布的短轴背斜 ,长达 20 km ,宽约 14 km ,盐层最厚超过 4 000 m ,该区剖面分析表明 ,大宛齐盐背斜早期的生长形式是简单的盐枕 ,只是北

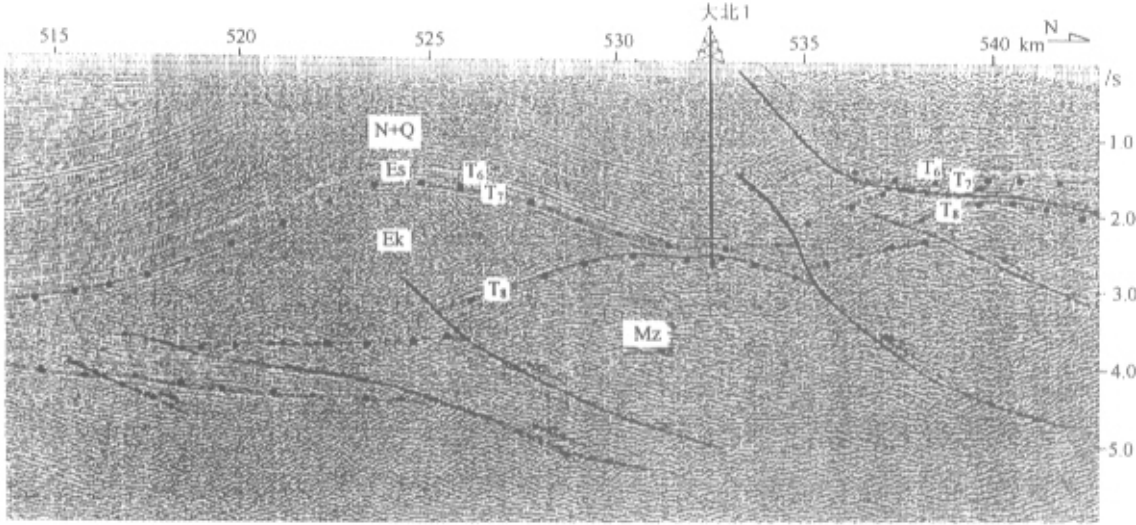


图 3 大宛齐地区盐背斜地震剖面

Fig. 3 The seismic section of salt anticline in Dwanqi area

N + Q-上第三系 + 第四系 ;Es-下第三系苏维依组 ;Ek-下第三系库木格列木群 ;Mz-中生界
N + Q-Neocene + Quaternary ;Es-Suweiyei formation of Eocene ;Ek-Kumugelie mu group of Eocene ;Mz-Mesozoic

部盐下由于构造作用形成叠瓦状构造 ,造成差异抬升 ,破坏了早期的对称。由于盐背斜的强烈上升挠曲 ,造成盐上盖层在挤压构造背景下的局部伸展断陷 ,背斜顶部共发育了 3 组正断层 ,形成大宛齐背斜顶部的复杂断块。由于构造北部盐下断裂断穿盐层 ,造成油气向上运移到盐上圈闭 ,形成了大宛齐盐上断块油藏。

在西秋构造带、东秋构造带东部也发育盐背斜与盐断背斜(图 2) ,其北翼被断层错断 ,盐下断裂发育 ,形成断背斜 ,但背斜的基本形态未被破坏。在其底部被小型断裂错断 ,但基本保持了平底形态 ,顶部在构造活动强烈的地区有派生断层发育 ,盐体走向与局部构造走向一致 ,多呈椭圆形 ,盐层最厚的地方接近 2 000 m。

在盐源充足、构造活动不是特别强烈的地方 ,盐背斜的进一步生长可形成盐墙、盐株等。在中秋里塔格构造带盐墙发育 ,延伸长达 100 多公里 ,平面上的延伸方向平行于断层走向 ,盐体突破上覆盖层比盐背斜的幅度高(图 2) ,通过盐层顶部断裂 ,盐体可能突破顶板逸出形成盐蘑菇 ,在盐墙上也可能生长椭圆至圆形的盐株。在中秋里塔格构造带的中部 ,盐墙宽达 10 多公里 ,盐体两侧由于断裂作用出露吉迪克地层 ,盐顶分为北秋里塔格与南秋里塔格 2 个高点 ,其中部下陷 ,有地震剖面清晰显示弯曲的上覆平行地层 ,可能由盐构造生长造成的地层缺失 ,地表覆盖第四系沉积物。

盐株的形状从短粗到柱状 ,并能形成圆锥形或桶形 ,如库车塔吾构造(图 2) ,其两翼的形态大致对称 ,由于底板的逆冲抬升与侧向挤压 ,在狭窄的区域内塑性层急剧抬升 ,造成顶板强烈的翘倾形成地表的高陡构造 ,顶板被冲断 ,东秋 5 则在被动顶板上产生了一系列派生断层 ,在地表形成箱状背斜。顶部盐冠盐体向侧向膨胀形成盐“帽” ,这可能是盐体挤压变形的结果。

在克拉苏构造带挤压作用强烈 ,发育盐脊 ,其形状类似屋脊或倒“V”字型(图 2) ,但在其剖面上是不对称的 ,在与盖层接触的地层中有一个长而微倾的斜坡 ,伸展构造中通常是在正断层中有一个短陡崖斜坡与盖层接触 ,克拉苏盐构造的形态近似盐辊 ,具有不对称的脊型 ,只是由于强烈的构造挤压 ,造成与盖层陡倾的斜坡 ,盐下部也强烈变形为弓型 ,在逆冲断层上盐体侧向可移动数公里。塑性层呈不对称楔状 ,顶板冲断层沿塑性层冲至地表 ,底板断裂发育 ,冲起高度达 3 000 多米 ,形成构造三角带 ,塑性层的形态受底板构造的控制 ,被动顶板呈弧形上凹。构造的进一步发育可能形成盐楔或推覆盐席 ,破坏了原有的脊状形态 ,也破坏了盐下相关构造圈闭的完整性 ,从而造成油气的散失 ,因此在克拉苏构造带北部地表油气显示较多。

盐体随断裂一起推覆至地表形成推覆盐席 ,在秋参 1 井钻到推覆盐席(图 4) ,其推覆距离超过 20 km ,盐席下面的冲断构造收缩量较小 ,很显然在

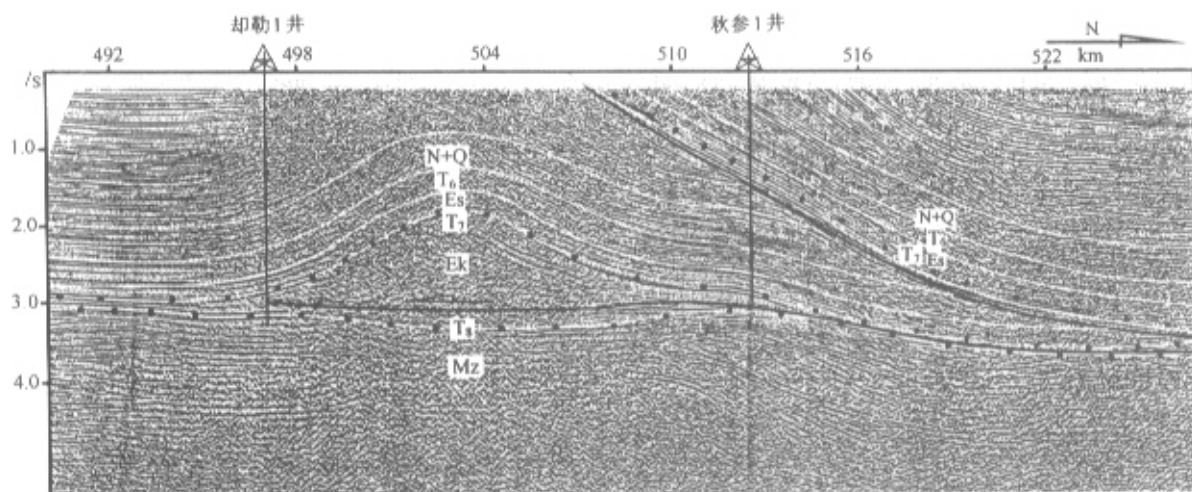


图 4 中秋构造带推覆盐席地震剖面

Fig. 4 The seismic section of salt nappe in Zhongqiu structural belt

N+Q-上第三系+第四系 Es-下第三系苏维依组 Ek-下第三系库木格列木群 Mz-中生界

N+Q-Neocene+Quaternary Es-Suweiyi formation of Eocene Ek-Kumugeli mu group of Eocene Mz-Mesozoic

剖面上盐上与盐下构造的缩短量差距很大,预测在北部的盐下构造中存在隐伏的盐下推覆体。在克北、吐北断裂带上推覆盐席较发育,在吐北地区还存在冲断盐席,盐下叠瓦构造发育,造成盐体减薄并随盐下构造顶部的起伏而变化,盐体迁移距离较小,盐席整体的连续性未受破坏,因此该区保存条件较好。

盐楔往往出现在盐体尖灭的地方,呈楔形抬升,在吐北、克拉苏北部比较常见,盐体从近千米很快尖灭消失,在乌什凹陷与阳北构造带上也有分布。这种形式能在任何阶段停止生长,且非成熟的盐构造与它们的盖层多是平行的。

底辟突出盐体可形成地面盐蘑菇、盐川,在西秋构造带沿阿瓦特河可见下第三系库姆格列木群的盐体突出到吉迪克组之上,这种点状分布的盐蘑菇可能是下部的盐墙或盐株的延伸物。大量的盐体突出地表就会形成盐川或“Namakier”(Talbot等,1984),在秋参1井东面大面积的盐沼泽就是正在流动的盐川,该区盐少的地方地层倾角大,盐层夹于其间成层性好,不同于一般变形严重的盐底辟突出体,初步分析,该区有断裂存在,所见的是断裂抬升的残余物,而流动的盐沼泽是地下底辟通过断裂运移供给的。

3 库车坳陷盐构造的分布特征

库车坳陷盐构造主要分布在克拉苏与秋里塔格构造带上,平面上在西部呈圆弧形,向东收敛,整体呈鸭梨型。盐体多呈长条形、椭圆形或弧形,长轴方

向平行于构造走向,多沿构造带展布,其分布与形态受原始塑性层及其上覆盖层特征、构造位置与构造活动的控制。盐构造样式变化大,在克拉苏构造带受断裂影响强烈,复杂多变,规模也不一样,西秋里塔格盐墙延伸近百公里,克拉苏北部仅为数公里的盐席或盐楔,大宛齐盐厚度达5 000 m,而在盆地边缘盐层可能仅数十米。

库车坳陷盐构造或多或少都与断层相伴生,大量盐构造造成了深浅构造不一致和深层构造高点的偏移,造成盐上与盐下相关构造的复杂性。尽管库车坳陷盐构造样式复杂多变,但由于盐体具有从沉降中心向边缘运移的特点,盐构造发育的位置与挤压构造的分布有着密切的联系,因此其分布也有一定的规律,在构造活动强烈的克拉苏构造带主要发育盐脊、盐楔与推覆盐席等,在构造活动适中、盐源充足的中秋里塔格构造带主要为盐墙、盐株,在构造挤压较弱的大宛齐、东秋里塔格构造带发育盐背斜、盐断背斜及盐株,西秋里塔格构造带由于扭动作用强烈,发育盐株、盐墙及底辟突出的盐蘑菇。

4 盐构造与油气的关系

库车油气系统目前发现的油气藏绝大多数与盐膏层有关,盐构造对油气的运聚成藏具有非常重要的作用。主要表现在4个方面。

4.1 提供优质的盖层

库车坳陷第三系巨厚(100~5 000 m)的膏-盐-泥岩区域性盖层基本封盖了全区,这套盐膏层为非

渗透层,不仅非常致密,而且突破压力大(克拉 2 井的突破压力高达 74 MPa),具有极高的排驱压力,构成具有特强封闭性的区域盖层。前陆盆地冲断带油气藏对盖层的要求相对较高,克拉 2 气田的压力系数大于 2.0,断裂一直处于活动状态,构造活动往往会在盖层中形成裂缝与小断层,造成油气的散失,但由于膏盐层具有塑性强、易流动的特点,使得裂缝与小断层得以充填,加上膏盐岩强烈封堵性的特征,才使得克拉 2 这个大型气田得以完好保存,从而为“西气东输”奠定了坚实的资源基础。

4.2 有利于形成大型圈闭

喜马拉雅运动晚期强烈的挤压为大量大型圈闭的形成提供了动力,盐体的分布、特征影响盐相关构造与圈闭的形态和发育程度,在盐层不发育或很薄的地方断裂一般都贯穿中新界,直至通到地表,发育断展褶皱,缺少断弯、断滑褶皱,难以形成有效圈闭。盐层发育的地方可分为盐上与盐下构造,其构造样式、演化特征各异,发育断弯褶皱和断滑褶皱。由于磨擦阻力小,挤压构造中反冲和前冲自由发展,导致对称的突发构造与对冲构造,甚至形成盲冲断层三角带。但如果没有盐膏层的封挡就很容易受到破坏,因此盐上的有效圈闭极少。盐构造为其盐下背斜、断块圈闭的形成提供了优质的顶板条件,而且有利于盐下构造的应力释放,使得高幅度构造不易遭受破坏,从而形成大型的圈闭,目前发现的大型圈闭与油气藏多位于巨厚盐膏层之下。由于盐构造样式与挤压构造密切相关,因此盐构造的特征对于盐相关构造的构造建模与圈闭搜索具有一定的指导作用。

4.3 有利于盐下储层保持较高的孔隙度

塑性膏盐岩在喜马拉雅运动中晚期强烈挤压下

形成异常高压,异常高压会阻碍岩层的进一步压实,有利于保存良好的储层物性,克拉 2 等井的钻探结果证实,膏盐岩层以下的砂岩储集性能较好,而在较正常地层压力下的类似构造上储层物性较差。同时盐下异常高压容易导致大量裂缝的发育,形成次生孔隙,克拉 2 井钻探结果证实裂缝非常发育,岩层破碎强烈,储层物性较好。

4.4 盐构造有利于油气的运聚

盐构造的存在为油气的聚集和保存提供了非常有利的条件,库车坳陷盐下断裂发育,可直接将三叠-侏罗系烃源岩生成的油气输送到盐下构造圈闭中,盐岩层较厚的地区盐下断层多数没有断到盐上地层,阻碍了油气的向上运移,使得油气不易散失。秋里塔格构造带、克拉苏构造带盐构造发育,盖层条件好,紧邻油源,盐下相关构造发育,规模大,成藏条件非常好,是库车坳陷寻找大型油气田的主要勘探方向。

致谢 工作中得到王招明教授级高级工程师、谢会文高级工程师、杨文静和史宏祥高级工程师的大力帮助,在此表示衷心感谢。

References

Davison I, Alsop I, Birch P et al. 2000. Geometry and late-stage structural of Central Graben salt diapirs, North Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 17: 499~522.

Jackson M P A, Talbot C J. 1986. External shapes, strain rates and dynamics of salt structures. *AAPG Bulletin*, 9(3): 305~323.

Jackson M P A. 1995. Retrospective salt tectonics. *AAPG Memoir*, 65: 1~28.

Talbot C J, Jarvis R J. 1984. Age, budget and dynamics of an active salt extrusion in Iran. *Journal of Structural Geology*, 6(5): 521~533.

Trusheim F. 1960. Mechanism of salt migration in northern Germany. *AAPG bulletin*, 44(9): 1519~1540.