

柴达木盆地地震相模式

王明儒

(青海石油管理局勘探开发研究院, 敦煌 736202)

本文根据水下地形地貌建立了柴达木盆地陡崖区、斜坡区、湖凹中心区地震相模式。前两区普遍发育三角洲、冲积扇、水下扇、河道砂体、河口砂坝、砂层等,是油气的储集体;后一区则主要发育泥质生油岩。在此基础上,作者绘制柴达木盆地早、中、晚、末四个阶段的地震相平面展布模式图,展示了盆地沉积演化过程中不同时期储集岩、生油岩的分布规律,为油气勘探部署提供依据。

关键词 柴达木盆地 陡崖区 斜坡区 湖凹中心区 地震相模式

作者简介 王明儒 男 43岁 工程师 地震地质

近年来我国陆续对东部陆相沉积盆地地震相模式进行了研究,并常为国内其它盆地所借鉴。但中国西部以挤压应力为主形成的断陷湖盆与中国东部拉张为主形成的湖盆在水动力、水化学、气候和物源方面存在种种差异,并由于其边界断裂对湖盆的物源、波浪及潮流有较大影响,所以在边缘扇体的形成方式等方面是有其独特性的。本文根据这一特点,对柴达木盆地的地震相模式进行探讨。

1 沉积背景

柴达木盆地三面环山,老山以逆掩、逆冲断裂形式与盆地相接触。山前断裂的走向与老山走向基本平行。根据大量地质资料研究成果及地震剖面的观测表明,柴达木盆地为一以挤压断陷类型为主的盆地,尤其早期(中生代)断陷特征更为突出,在局部断陷中既有不对称的单断类型,也有对称的双断类型;中期(古始新世—中新世)随着沉积范围扩大,断裂、断块活动规模逐渐变小,偏向拗陷性质;晚、末期(上新世—第四纪)拗陷性质则较突出,成为在发展历史上先断后拗的、在组合类型上以断为主的断-拗复合型盆地。在垂直断陷主断层的剖面上常表现为对称的双断式挤压断陷,而在平行于主断层的剖面上则表现为不对称的拗陷型。概括起来可以归结为以下四种类型的沉积背景。

1.1 陡崖区

这是我国西部盆地边缘边界断层一大典型特征。断层上盘隆起高,从老山到断陷变化突然,物源充足。陡崖区以冲积扇、“跌落”(或称“堕塌”)扇、扇三角洲为主以及这些扇体经波浪改造形成的浊流沉积为主,形成一个粗碎屑沉积的裙边状扇体群。断层的规模大小,活动时期及速度、陡崖下有无水体是控制沉积体类型的主要因素。陡崖区以形成各种杂乱、不规则的三角形反射为其特点。

1.2 斜坡区

在湖盆超覆带或两断层之间的夹道中,往往为斜坡,斜坡据其陡缓不同又可分陡斜坡和缓斜坡两种情况:

1.2.1 陡坡区

山高坡急,倾斜明显,坡度一般在 15° 至 30° 之间或更大,物源较丰富,沉积速度快。搬运方式与陡崖区虽然不同,但同以冲积扇及扇三角洲沉积为主,表现为楔型杂乱反射,呈发散或前积下超很快入湖,水体较深时也可成为浊流沉积,各扇体在剖面上皆为“三角形”形态。

1.2.2 缓坡区

地形倾斜较缓,一般在 15° 以下,物源显然较前两者贫乏,以滨、浅湖相沉积为主,以产生亚平行、发散及波状沉积为主,也可见较缓的前积和叠瓦状反射,也可见透镜状反射。

1.3 湖凹中心区

位于湖盆中心,一般多偏向陡崖区及陡坡区,是湖盆地势最低部分,可分为深湖、较深湖、浅湖、盐湖及浊流沉积环境,多以平行、亚平行、丘状、充填状反射为主。

2 各区典型地震相

2.1 陡崖区地震相

在柴达木盆地边缘逆冲、逆掩断层紧靠下盘存在一种呈不规则三角形形态的杂乱反射相,向湖盆或断陷中心突变或渐变为平行或亚平行反射。这种“三角形”地震相是柴达木盆地也是中国西部诸挤压断陷盆地陡侧常见的一种地震相,多反映成层性极差的粗碎屑杂乱快速沉积,不仅部位特定,形态醒目,内部反射独特,为柴达木粗碎屑沉积提供了依据,且据其形态可派生出不同的“三角形”地震相亚类,反映了不同类型的粗碎屑砂体。

(1)陡崖“正三角形”地震相 这种类型在祁连山前的断裂下盘比较多见,在一些持续隆起的高断块断层下盘也可见到(图1)。以位于北缘块断带的马海古隆起以北的马仙断裂下盘为例:该断裂下盘 T_8-T_9 反射层在剖面上呈“三角形”杂乱带,该带在平面上呈多个扇形,马参一井位于扇形区近边缘,井下4783~5140m为 T_8 地层,岩性以棕色、棕红色砾状砂岩为主,次为棕红、棕灰色含砾泥质粉砂岩。其中砾状砂岩砾石成份以石英为主,暗色矿物次之,分选中—差、次圆—次棱角状,砾径4~8mm。电测曲线的组合方式以箱状、齿状为主,漏斗状、钟状次之,单层曲线幅度中等,个别偏高,形态为对称齿形,顶底渐变,曲线基本齿化,反映沉积能量较一致,物源充足,为周期性加积沉积,是氧化环境下的粗碎屑沉积,但有间歇性湖水扰动,属以陡崖冲积扇沉积为主的沉积环境。

这种上小下大的“正三角形”地震相所反映的陡崖冲积扇类型是一种在沉积过程中冲积规模逐渐缩小的扇类型,而对湖泊来说则呈逐渐增大的趋势。

(2)陡崖“倒三角形”地震相 在柴达木西部南区昆仑山前及阿尔金山前断裂之下出现较多(图2)。经对切克里克断陷南的昆北断层上下盘地层分析,认为这类“倒三角形”地震相其下部具浊积性质,而上部具冲积扇性质,是一种湖泊环境由深变浅,粗碎屑性质也随之改变的沉积过程。

上述两种陡崖扇体的沉积物源一方面是由于逆冲断层上盘抬升剥蚀。正如R. Ewilcox所指出的:压扭性盆地逆冲断裂抬升形成物源。另一方面则由老山经短途搬运而供给。其搬运方式与东部拉张盆地所形成正断层陡斜坡上碎屑物质“滑塌”而下有所不同。压扭性断陷

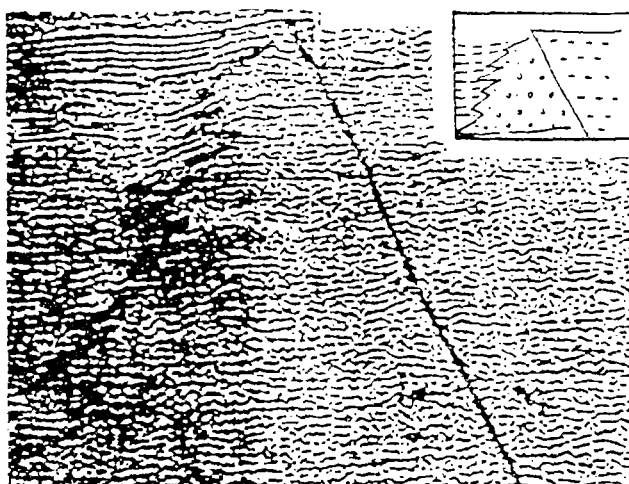


图1 陡崖“正三角形”地震相

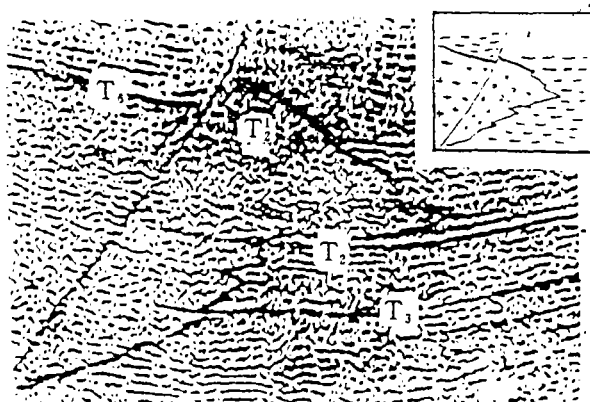


图2 陡崖“倒三角形”地震相

盆地逆冲断裂其断棱边缘在物理风化作用下逐渐崩塌,在重力作用下由断层上盘“堕塌”或“跌落”而下,在断层下盘形成锥形裙边状扇体,或被断层下盘水体改造。

2.2 斜坡区地震相

作为组成挤压性箕状断陷盆地的各单个断陷而言,除在陡崖一侧形成陡崖三角形地震相之外,在与陡崖垂直或斜交的另一侧斜坡上还分布着斜坡三角形地震相。因构造运动的不均一性,斜坡有陡、缓之分,在陡斜坡区与缓斜坡区所分布的地震相亦有所差异,缓坡区的地震相类型在陡坡区也可见到,而陡坡区的地震相在缓坡区则极少发现。

2.2.1 陡斜坡区地震相

(1)陡坡“正三角形”地震相 分布较广,为水进序列,代表沉积物来源少及湖泊扩大。较典型的如盆地东部246、1020测线上新统的近山斜坡带,因其位于昆仑山前,坡形较陡。据乌图美仁参1井岩性揭示为冲积扇类型(图3)。



图3 陡坡“正三角形”地震相

(2)陡坡“倒三角形”地震相 柴达木盆地西部南区铁木里克斜坡 1010 测线两端 N_2 的反射亦为此类。其次如盆地西北部牛鼻子梁 88 测线北端 N_2 也为“倒三角形”,位于阿尔金山前的陡斜坡上,据牛参一井岩性反映为冲积扇,且为水退序列(图 4)。

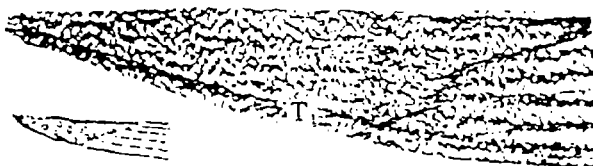


图4 陡坡“倒三角形”地震相

2.2.2 缓斜坡区地震相

(1)发散地震相 由盆地边缘的老山前向凹陷发散,渐至平行,柴达木盆地西部北区表现比较典型。据较多井下岩性资料反映其以滨湖相及浅湖相沉积为主(图 5)。

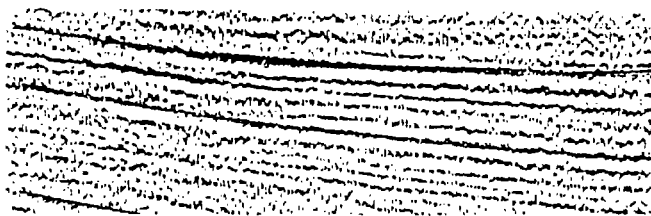


图5 缓坡发散地震相

(2)波状地震相 分布较广且较典型的是在盆地东部三湖地区的南斜坡上渐新统(E_3)的反射,同相轴弯曲起伏如波浪状、幅度较小(约 50m)。据周边钻孔岩性推断是冲积平原或三角洲平原的反映(图 6)。

(3)丘状地震相 有两种表现形式:一种是上下皆有反射外形界面的(图 7a),其岩性密度、速度与围岩差异较大;另一种表现为中振幅较连续反射中的弱反射或无反射(图 7b)。前

者如柴达木盆地西部南区红柳泉构造 E_3 地层中的丘状反射, 钻井证实为河道及河口砂坝的反映。后者虽无钻井钻穿, 但据其位置和邻近井推测可能为水下扇及三角洲砂的朵叶体。



图6 缓坡波状地震相

(4) 透镜状地震相 出现较多的地区是盆地西部北区中深层, 尤其 E_3 — E_{1+2} , 盆地东部及北缘块断带 E_3 以上也可见到。透镜状地震相也有两种表现形式: 一种是上下皆有较强反射界面; 另一种是连续反射中的弱或较弱的杂乱反射、无反射。第一种为河道砂的反映, 既有下切又有压实, 第二种为尖灭砂体或三角洲砂(图8)。

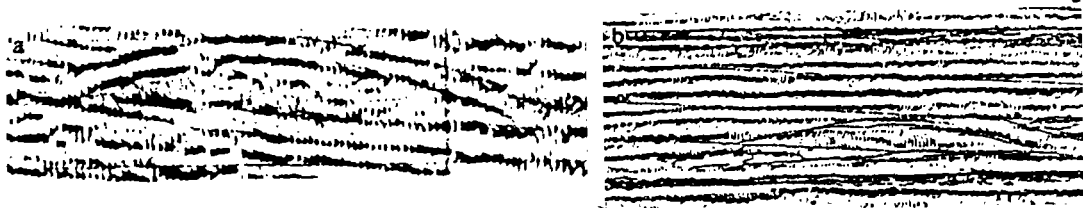


图7 丘状地震相

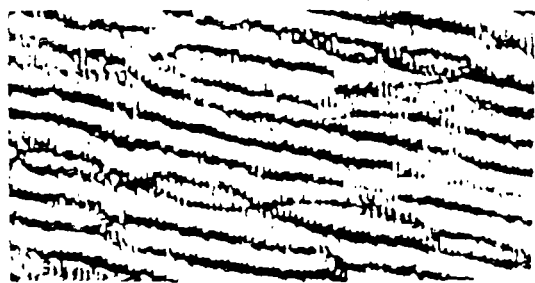


图8 透镜状地震相

(5) 前积地震相 柴达木盆地的前积反射多出现在中、浅层, 以 S 形前积、叠瓦状前积为主, S 形前积的规模较大, 延伸亦长, 反映了高能沉积, 如盆地西北区牛鼻子梁以东向一里坪凹陷的大型前积。而叠瓦状前积一般规模较小, 厚度薄, 反映了浅水低能的沉积, 但分布却较广(图9)。

2.3 湖凹中心区地震相

主要以平行及亚平行的席状连续反射为主在时间剖面上普遍可见, 根据其地震

反射的物理及几何参数分为以下几种:

(1) 中、强振幅高连续地震相 该反射在时间剖面上尤以中浅层的湖泊凹陷中分布甚为广泛, 且较醒目。如过西部北区小梁山凹陷的 1086 测线 T_2 — $T_2(N_2)$ 以及盆地东部穿伊北凹陷的 1124 测线 T_1 以上 (N_2 — Q_{1+2}) 均为较深湖相的反映(图 10a)。

(2) 中、弱振幅连续地震相 该相在中、深层出现较多。如西部南区杂斯断陷中 E_3 — N_1 的反射, 主要是较深湖相及浅湖相的反映。岩性中暗色泥岩占绝对优势 (95% 以上), SP 曲线主要为线型(图 10b 之 I)。

(3)变振幅断续反射地震相 大部分剖面上皆可见到,分布区域广,面积大,多与前两种席状相相接或与缓坡上各相过渡,相区内钻井揭示其岩性多与滨湖相及冲积平原相近,视其位置而定。如其在盆地北部边缘则多为后者(图10b之I)。

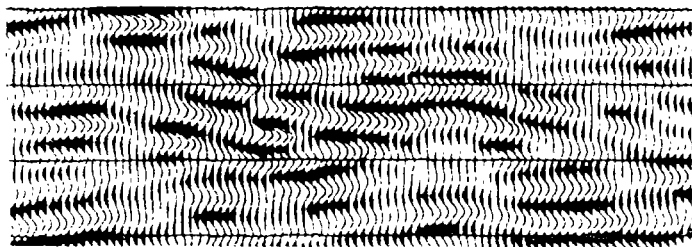


图9 前积地震相

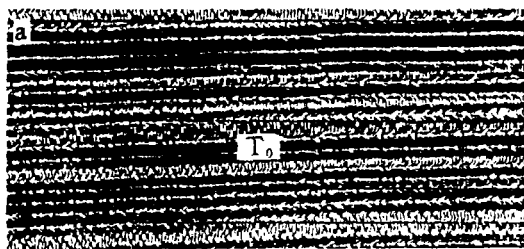


图10a 湖凹中心相中、强振幅高连续地震相

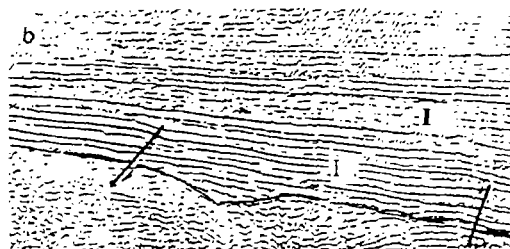


图10b 湖凹中心相

I. 中、弱振幅连续地震相:

I. 变振幅断续反射地震相

3 地震相基本格架及其模式

压、扭型断陷盆地因构造运动的规模与性质而造成盆地构造演化的不均一性和因水体变迁、气候原因造成的沉积环境的变化,各地震相在不同时期分布规律有所差异,使陡崖、陡坡、缓坡及湖凹中心区所形成的地震相类型突出程度不一。

陡崖区三角形地震相平面多呈裙带状分布,虽同为杂乱反射但早期反射较强,而中、晚期反射渐变弱。发育程度:正三角形地震相早、中期较发育,晚、末期随着湖盆迁移,大型断层向盆内分布也较少,因而该相则不发育。而“倒三角形”地震相随着沉积物质的增加而仍发育。

陡斜坡区“正三角形”地震相早期发育一般,中期较发育,晚期重要性减少。“倒三角形”地震相早期不太发育,中期一般,晚、末期发育好。

缓坡区以丘状及透镜状地震相早、中期发育较好,晚、末期不甚发育;发散相,波状相和前积相早、中期发育较差或一般,晚、末期则有较好的发育。

湖凹中心区早、中期以中、弱振幅连续相、变振幅断续反射相较发育,丘状相亦较发育,

晚、末期较差。而代之以中、强振幅高连续相发育为其特征。

从断陷的发育形态来看,早期双断及单断类型皆比较发育,中期单断类型有所减少,晚期渐由双断向拗陷形态发展,末期则以拗陷及单断形式为主。因拗陷以陡坡及缓坡型背景为主,包括在单、双断类型之中,所以,单、双断盆地或凹陷模式的建立,也可概括压扭性断陷盆地的地震相模式。

对于柴达木这种压扭性断陷盆地类型,可归纳其模式如下:

3.1 早期断陷湖盆地地震相模式

其时边界断层活动剧烈,山前形成一系列单断或双断的断陷湖泊,湖泊小且较深,气候较温湿,物源由老山及盆内隆起区供给,在单断湖泊陡崖区以“正三角形”地震相的洪、冲积扇沉积为主;陡斜坡区以“正三角形”地震相的水进型冲积扇为主;缓斜坡区则主要发育丘状及透镜状的河道、三角洲或水下扇的沉积为主;而湖凹中心区以弱、中反射的席状相为主,其次为丘状相(图11)。

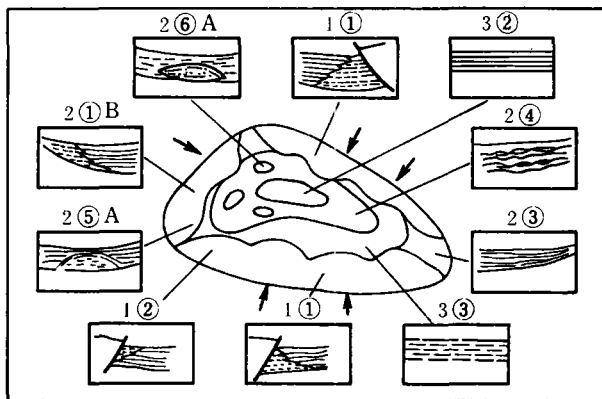


图11 柴达木盆地早期断陷湖盆地地震相模式

Ⅰ①陡崖“正三角形”相;Ⅰ②陡崖“倒三角形”相;Ⅰ③斜坡“正三角形”相,A(缓坡区),B(陡坡区);Ⅰ④斜坡“倒三角形”相,A(缓坡区),B(陡坡区);Ⅰ⑤波状相;Ⅰ⑥丘状相,A(缓坡区),B(陡坡区);Ⅰ⑦透镜相,A(缓坡区),B(陡坡区);Ⅰ⑧前积(叠瓦)相;Ⅱ①中、强振幅高连续相;Ⅱ②中、弱振幅连续相;Ⅱ③变振幅断续相;箭头为物源输送方向。下同。

3.2 中期断陷湖盆地地震相模式

边界断层的活动因地而异,或继续活动略有增强,或活动规模幅度变小相对减弱,湖泊有扩大趋势,因之陡崖区“三角形”相发育较好,陡斜坡“三角形”相发育亦佳,缓坡区以波状相及透镜相发育最好,其次为发散相、丘状相及前积相。湖凹中心区以中、弱振幅的平行席状相为最好的发育阶段,沉积底面上的丘状相也有很好的发育,为较深湖中的浊流沉积(图12)。

3.3 晚期断陷湖盆地地震相模式

随着印度板块向北推挤,青藏高原持续隆升,盆地周边抬高,边界断层仍有活动,但大断层陡崖下渐无湖泊水体存在,陡崖“正三角形”相极不发育,陡崖“倒三角形”相仍有发育,主要以冲积扇形式存在。陡斜坡上“倒三角形”相与“正三角形”相处于较好的发育阶段,以水退

型冲积扇为主,在缓斜坡上,以发散相和前积相此时发育最好,主要为滨、浅湖相及三角洲相,波状相有一定发育,而丘状相及透镜状相极不发育。由于气候十分干燥,蒸发量大,沉积物中盐类、钙质增加,甚至出现盐湖,所以在湖凹中心区以中强振幅高连续平行席状相,即以泥岩与钙质泥岩互层的较深湖及浅湖为主(图13)。

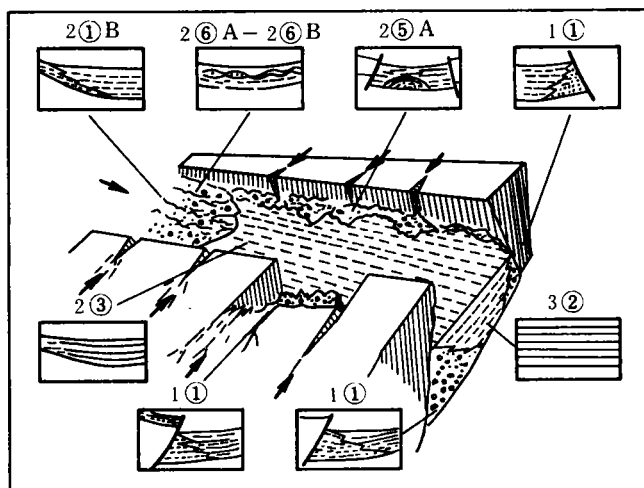


图12 柴达木盆地中期断陷湖盆地地震相模式

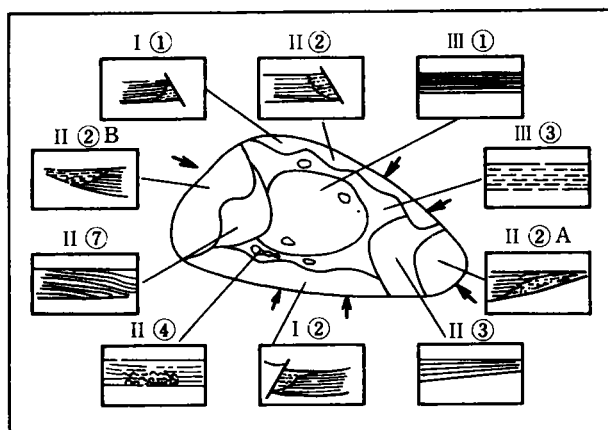


图13 柴达木盆地晚期断陷湖盆地地震相模式

3.4 末期断陷湖盆地地震相模式

由于喜山运动的直接影响,盆地挤压更烈,形成隆拗相间的大型条带,而在非主受力区的拗陷中则构成盆地沉积末期巨大沉积空间,沉积较厚的第四纪地层,最厚可达4000m。此时的边界断层虽有活动但已不明显,因此,陡崖区“正三角形”相杂乱极不发育,而陡崖“倒三角形”相仍有一定发育;陡坡区则与陡崖区相似。缓坡区除丘状相及透镜状相发育较差外,其它相发育仍好。湖凹中心区以中强振幅高连续席状相的浅湖相夹较深湖相与沼泽相为主(图14)。

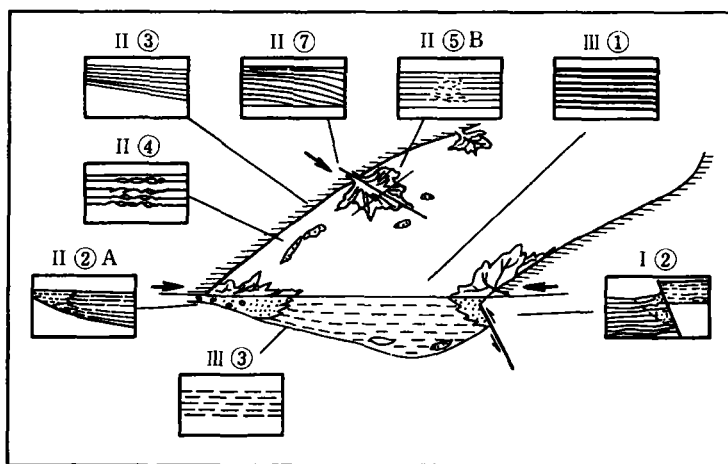


图14 柴达木盆地末期断陷盆地地震相模式

4 各沉积背景区油气预测

柴达木盆地经过近四十年的勘探,分别在沉积早期的中生界北部边缘断陷中找到侏罗系油藏;在沉积中期的西部南区断陷中找到下第三系油藏;在沉积晚期的西部北区断(拗)陷中找到上第三系油藏;而在沉积末期的盆地东部第四系找到相当规模的气藏。这些油(气)藏大部分是以构造作用为主控制的储集类型。通过对挤压型盆地四个沉积背景区地震相模式的分析,结合勘探实践,使我们对今后勘探有如下几点认识:

(1)陡崖区发育“正”、“倒”三角形地震相,反映冲积扇,扇三角洲及浊积类砂体为其特征,且砂体形成时间早,发育时期长,沉积速度快,砂体厚度大,大多临近生油凹陷,是油气的良好储层。

(2)陡坡区发育斜坡“正”、“倒”三角形地震相,反映冲积扇类型的砂体特征(可能还有扇三角洲),同样具有生油凹陷近、砂体堆积厚、发育时间长等有利聚集油气的条件。如盆地西部阿尔金山前的陡坡带,紧邻生油条件好的英雄岭凹陷,很多学者都推断陡坡下及陡崖下存在浊积砂体的可能性。

(3)缓坡区发育发散相、透镜相、丘状相、波状相、前积相等地震相,反映滨、浅湖及其同带所存在的河流、三角洲平原等沉积相为其特征,其中的浅湖带的河口砂坝、河道砂体、尖灭砂体、三角洲朵叶体等是油气的良好储层。

(4)湖的中心区发育连续很好的中、强振幅平行席状地震相,反映稳定沉积的生油凹陷,在良好的生油区范围内,已发现经后期改造而产生的挤压背斜构造顶部广泛发育的泥岩裂缝油气藏。

(收稿日期:1990年12月24日)

参 考 文 献

- 1 C. E. 佩顿编,牛毓荃、徐怀大等译.地震地层学.北京:石油工业出版社,1980
- 2 C. E. B 科尼比尔著,吴崇筠译.砂岩体油气田地貌学.北京:石油工业出版社,1982
- 3 袁秉衡、林梁、刘秋生.中国东部断陷湖盆的地震相模式.石油学报,1985,6(4)
- 4 张万选、曹洪流、张厚福.中国东部陆相单断式盆地地震相模式.石油实验地质,1989,11(2):125~133

SEISMIC FACIES MODELS OF THE QAIDAM BASIN

Wang Mingru

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Bureau of Petroleum Administration)

Abstract

Seismic facies models are established for the areas of klint, slope and lake centre in the Qaidam Basin based on their subaqueous topography and morphology, the former two prevailed by the sediments of delta, alluvial fan, subaqueous fan, channel sand body, river mouth bar and sand bodies, are favourable hydrocarbon reservoirs, while argillaceous source rocks are predominantly developed in the latter. On the basis mentioned above, the author has established the distributive models for the seismic facies of four stages (early, middle, late and end) in the Qaidam Basin, illustrating the distribution patterns of reservoirs and source rocks during various stages of the basin evolution, and it provides scientific basis for the planning of petroleum exploration in the basin.

=====

《石油实验地质》1993年第1期勘误表

页	行	误	正
92	例2	…和青坨子凸起环带构造,而环带构造之间…	…和青坨子凸起环带构造、义和庄-孤岛凸起环带构造、埕子口凸起环带构造,而环带构造之间…
98	7,8	…在断剖面上形成向不整合接触。	…在断剖面上形成反向不整合接触。