

FRACTURE-CAVITY RESERVOIR PREDICTION AND EXPLORATION

石油地质勘探类系列书

缝洞型储层预测与勘探

胡伟光 王 涛 范春华 等◎编著

中国石化出版社

缝洞型储层预测与勘探

胡伟光 王 涛 范春华等 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以四川盆地缝洞型储层预测的勘探实例为基础,系统阐述了缝洞型储层预测的原理及详细的技术方法、应用实例。针对四川盆地内茅口组及雷口坡组缝洞型储层的预测,基于叠前或叠后地震资料使用相关的预测技术方法分别进行计算,得到缝洞型储层的预测成果并进行分析、研究;本书还总结了这些地球物理技术方法的应用情况及特点,提出缝洞型储层预测的一些关键要点;利用本书所提供的技术方法、参数可实施缝洞型储层的预测及研究,所得的成果可为勘探井井位布设提供相关的论证材料及依据。

本书可供全球各大石油公司从事碳酸盐岩及缝洞型储层的勘探、开发、研究的人员参考,也可供高等院校石油地质、地球物理、石油工程等相关专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

缝洞型储层预测与勘探 / 胡伟光,王涛,范春华等编著.
—北京:中国石化出版社,2016.6
ISBN 978-7-5114-4023-5

I. ①缝… II. ①胡… ②王… ③范… III. ①储集层-地质
勘探 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第113887号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

700×1000毫米16开本9.5印张162千字
2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷
定价:38.00元

前 言

目前，国内外已经发现不少缝洞型油气藏，但如何从测井、地震资料上识别缝洞型储层并描述缝洞的空间分布和定向、充填物等特征是石油工业界目前积极研发的技术方向。在我国油气勘探开发中，一些大型的油气田储层都是缝洞型储层。总的来说，与风化壳有关的碳酸盐岩缝洞型储层普遍发育，并在油气勘探中占有十分重要的地位。如塔里木盆地奥陶系、鄂尔多斯盆地奥陶系、四川盆地雷口坡组及茅口组经勘探证实，具有可观的地质储量，所以研究缝洞型储层相当有必要。

近些年来，中国石化勘探分公司在四川盆地缝洞型储层的油气勘探中取得了工业突破，获得一批高产工业气流井并荣获相关的油气勘探奖项。其中，在川东南的茅口组及川东北的雷口坡组均钻遇缝洞型储层，并有一些钻井经测试获得工业气流，取得了较好的经济效益。

为了更好地指导及研究缝洞型储层的预测，应业内同行要求，我们组织了针对元坝、川东南地区缝洞型储层的预测成果并进行分析研究，集成编著成书，探索、研究中国石化勘探分公司在这些地区缝洞型油气勘探中的成功经验，期待为中国的缝洞型储层预测、勘探实践提供一定的指导和借鉴作用。

本书共分为5章，第一章为介绍缝洞型储层的特点及相关的地球

物理技术，有助于读者了解相关的缝洞型储层及其预测的技术特点。第二至第四章重点阐述缝洞型储层预测的原理及实践操作、应用实例，利用成熟的商业软件分别对有关地区的缝洞型储层预测及成果展示。第五章是对缝洞型储层预测的集成总结，结论可以给读者一些启示及思考。缝洞型储层预测是个世界性难题，中国石化勘探分公司在四川盆地缝洞型储层的预测及实践中，获得了一些宝贵的经验。本书尽可能收集元坝、川东南等地区的主要缝洞型储层的预测资料，并结合相关储层预测成果进行分析、总结。在对缝洞型储层预测过程中，我们取得的主要认识和成果简述如下：

(1) 缝洞型储层中的裂缝预测可以使用叠前或叠后地震资料作为输入，并确定裂缝预测方法及最佳参数来完成裂缝预测；缝洞型储层中的溶洞预测可以利用相干技术来实施，并能取得相对较好的成果。

(2) 各种裂缝预测技术具有各自的优、缺点，大多数情况下使用单一裂缝预测技术难以对整个研究区的裂缝进行全覆盖。其中，叠前地震资料可预测微观—中型规模的裂缝（如P波各向异性分析技术），叠后地震资料则难以对该级别的裂缝进行预测，但对于大级别的宏观裂缝如断裂，则使用叠后的相干技术相对较好。

(3) 针对裂缝方向的预测，以构造应力场分析技术所计算的裂缝方向与井上的实测裂缝方向误差较小，其他裂缝预测技术所得的预测结果则与实测结果误差相对较大。

(4) 要预测缝洞型储层中的溶洞及裂缝所充填的不同流体，可利用AVO技术中的梯度及截距、交会分析技术实施不同流体预测；而使用叠后地震资料进行烃类检测（振幅谱梯度属性、吸收衰减技术），相对AVO技术来说精确度相对差一些。

(5) 波形分类及古地貌恢复技术可以划分出岩溶高地、岩溶斜坡及岩溶洼地等岩溶相，明确岩溶储层发育的有利区带，但岩溶中充填何种物质或流体不能准确确定，这需要其他物探技术相配合并进行相关

的验证。

(6) 针对提高地震资料的信噪比及分辨率可以对采集及处理进行技术攻关(如谱白化处理),使其得到的地震数据更好地为缝洞预测服务。

(7) 地震属性分析技术可以判断缝洞型储层的发育部位(如反射振幅类型),谱反演技术可以较好地刻画岩溶的横向展布及岩溶边界。

(8) 要采用溶洞、裂缝、烃类检测等综合分析及预测手段,实施对研究区的缝洞型储层预测,这样的预测结果相对更为准确、实用。

本书是中国石化参与四川盆地缝洞型储层勘探决策、评价研究和物探技术攻关的全体管理及技术人员集体智慧的结晶,从多年的缝洞型储层预测研究成果中进行总结,在这项集体劳动成果集结出版的时候,笔者对上述参加人员表示衷心的感谢!也感谢为本书编撰辛勤付出的绘图人员。

本书在中国石化勘探分公司各级领导关怀下,由胡伟光、王涛、范春华等人共同撰写完成。本书编写的具体分工是:第一章由胡伟光、王涛、何智勇执笔;第二章由胡伟光、王涛、赵卓男执笔;第三章由胡伟光、范春华、李苏光执笔;第四章及第五章由胡伟光、范春华执笔。全书由胡伟光统稿完成。

由于现阶段的油气勘探进程较快,对相关的缝洞型储层预测成果的分析、认识可能不足,并且本书成果集成总结的时间相对紧张,再加上作者水平有限,书中错误和分析不妥之处望读者不吝赐教。

目 录

1 概 论	(1)
1.1 缝洞型储层简介	(1)
1.1.1 缝洞型储层特征	(4)
1.1.2 缝洞型储层形成原因	(8)
1.1.3 四川盆地缝洞型储层	(9)
1.2 相关地球物理技术简介	(14)
1.2.1 古地貌分析技术	(14)
1.2.2 地震属性分析技术	(15)
1.2.3 地震反演技术	(17)
1.2.4 裂缝预测技术	(20)
1.2.5 油气检测技术	(24)
2 基于叠后地震资料预测	(26)
2.1 基于地震解释及沉积相分析	(26)
2.1.1 波形地震相分析	(26)
2.1.2 古地貌分析技术	(30)
2.2 相干体技术	(33)
2.2.1 相干数据体计算实现方法	(36)
2.2.2 相干技术参数的选择	(37)
2.2.3 相干体技术应用实践	(37)

2.3	曲率技术	(40)
2.3.1	曲率技术简介	(40)
2.3.2	曲率技术计算原理	(41)
2.3.3	曲率技术应用实践	(43)
2.4	吸收衰减分析法	(44)
2.4.1	吸收衰减的应用原理	(47)
2.4.2	吸收衰减分析法应用实践	(50)
2.5	地震属性分析法	(51)
2.5.1	三瞬属性	(51)
2.5.2	振幅谱梯度属性	(54)
2.6	振幅反射特征	(58)
2.6.1	缝洞模型正演分析	(61)
2.6.2	缝洞反射特征分析	(62)
2.7	多子波分解与重构	(68)
2.7.1	多子波分解与重构原理	(68)
2.7.2	应用效果分析	(72)
2.8	谱白化技术	(79)
2.9	反射系数反演技术	(82)
3	基于叠前地震资料预测	(85)
3.1	方位地震 P 波属性裂缝预测	(86)
3.1.1	AVA(方位 AVO)分析法	(87)
3.1.2	VVA 分析法	(89)
3.1.3	IPVA 分析法	(90)
3.1.4	FVA 分析法	(90)
3.1.5	AVAZ 分析法	(90)
3.1.6	实践计算分析流程	(91)
3.1.7	方位地震 P 波属性应用实践	(92)

3.2	AVO/FVO 技术	(101)
3.2.1	基本弹性参数	(102)
3.2.2	纵波与横波	(102)
3.2.3	速度、密度与波阻抗、孔隙度和弹性系数的关系	(103)
3.2.4	AVO 反演属性成果及油气物性含义	(105)
3.2.5	CMP 道集处理及叠前弹性波阻抗计算	(108)
3.2.6	AVO/FVO 技术应用实践	(110)
4	构造应力场模拟	(121)
4.1	构造部位和构造应力	(122)
4.2	应力场分析技术	(122)
4.2.1	基本公式	(123)
4.2.2	地层曲率计算	(125)
4.2.3	裂缝参数计算	(125)
4.3	应力场分析应用实践	(125)
5	结束语	(128)
	参考文献	(130)

1 概 论

1.1 缝洞型储层简介

随着我国经济的快速增长,对能源的需求量越来越大,国内的油气产能已不能满足国民经济发展的需要,所以对石油天然气的勘探及开发显得相对迫切。现在,从碳酸盐岩储集层中发现的油气储量已接近世界油气储量的一半,产量则已达总产量的60%以上。世界上许多高产油气藏都属于缝洞型碳酸盐岩储层,我国塔里木盆地的塔河油田奥陶系油气藏也属于缝洞型碳酸盐岩储层。

和常规碎屑岩储层(如砂岩储层)相比,缝洞型碳酸盐岩储层的一个显著特点是孔隙空间非常复杂,裂缝与溶蚀孔洞分布严重非均质,其测井解释评价及地震预测的难度较大。一些油田利用相关的测井解释研究成果,在勘探中使用地震数据进行缝洞型储层的空间分布及定向、充填物等预测及分析,得到缝洞型储层的分布情况并布设相关的勘探井位,这方面的勘探流程相对成熟及成功。

碳酸盐岩具有与其他岩石不一样的物理特性,表现为在地下水径流或雨水淋滤作用下发生的岩溶现象,也称为喀斯特现象。这是由于碳酸盐岩类岩石具有一定的孔隙和裂隙,它们是流动水下渗的主要渠道。岩石裂隙越大,岩石的透水性越强,岩溶作用越显著。在溶洞发育过程中,岩溶作用愈强烈,溶洞越大,地下管道越多,喀斯特地貌发育越完整,并且可以形成一个不断扩大的循环网。地表露头的研究资料表明溶洞的发育与裂缝带相关(图1-1),溶洞附近的裂缝一般相对发育,裂缝发育往往是受到构造应力的作用而发生——源于灰岩相对坚硬,在外力的作用下易破裂。况且在地下水径流的作用下,破碎的灰岩易于溶解,从而形成溶洞,当然溶洞可以进一步形成溶洞群,大型溶洞附近可能发育小型溶洞,这从溶洞的地质特征上能发现和识别。其次,溶蚀会沿裂缝带发生。因此,碳酸盐岩中发育的缝洞往往具有一定的伴生关系。



图 1-1(a) 广西壮族自治区灵山县某地的石灰岩溶洞及其洞顶上的裂缝



图 1-1(b) 石灰岩溶洞洞壁上发育的微型溶洞(广西某地)



图 1-1(c) 石灰岩中的溶蚀作用沿裂缝带发生(广西某地)



图 1-1(d) 石灰岩中的裂缝具有一定的切割关系(广西某地)

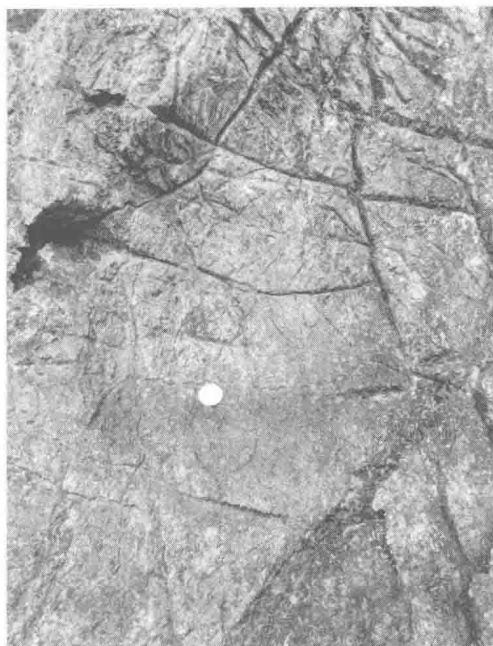


图 1-1(e) 石灰岩中缝洞之间的伴生关系(广西某地)

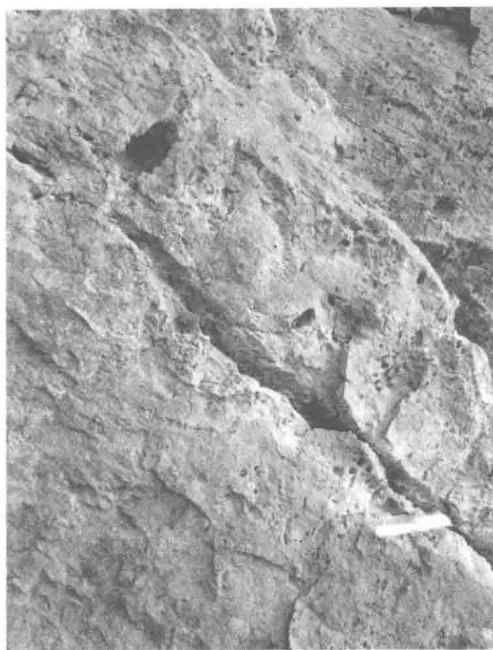


图 1-1(f) 石灰岩中发育的小型缝洞——裂缝附近溶洞(广西六峰山景区内)

在我国油气勘探开发中，与风化壳有关的碳酸盐岩古岩溶储层普遍发育，并占有十分重要的地位。如塔里木盆地奥陶系、鄂尔多斯盆地奥陶系、四川盆地雷口坡组及茅口组经勘探证实，具有可观的地质储量。四川盆地的油气勘探经过几十年的勘探，经历了一个十分艰难的过程，从“一占一沿(占高点、沿长轴)”到“一占三沿(占高点、沿长轴、沿扭曲、沿断层)”再到“三占三沿(占高点、沿长轴、占鞍部、沿扭曲、占鼻凸、沿断层)”的布井原则(陈宗清, 2007)，取得了可喜的成绩，随着油气勘探的发展及深入，构造有利布井部位所剩无几(曹刚等, 1999)。相反，构造翼部和向斜区部位中有油气显示并且勘探程度较低，而且已在相关海相储层中获得突破(如普光气田)。据前人研究，四川盆地东吴期古岩溶是溶洞系统发育的主要原因，储层主要受裂缝的发育和岩溶作用的控制(陆正元等, 1999; 李昌全, 2000; 康沛泉, 2000)寻找构造翼部和向斜部位的岩溶型气藏就越来越重要了。四川盆地实际勘探中发现一些钻遇茅口组或雷口坡组的钻井出现井漏及放空、井涌等情况，经测试大部分钻井获得工业气流，实现了油气增储上产。

1.1.1 缝洞型储层特征

碳酸盐岩储层的类型很多,岩性以粒屑灰岩、生物骨架灰岩和白云岩为主;并具有多种孔隙类型,如可分为原生孔隙及次生孔隙两大类,并将这两大类划分为6个小类,这6个小类分别为:①粒间孔隙;②粒内孔隙;③晶间孔隙;④角砾孔隙;⑤溶蚀孔隙;⑥裂缝。

缝洞型储层主要是指碳酸盐岩岩层中所发育的溶蚀孔隙及裂缝体系,这些具有一定容积空间的储层是油气良好的聚集场所。其中溶蚀孔隙根据成因和大小,包括以下4种:

(1)粒内溶孔或溶模孔。由于选择性溶解作用而部分被溶解掉所形成的孔隙称为粒内溶孔,整个颗粒被溶掉而保留原颗粒形态的孔隙称为溶模孔。

(2)粒间溶孔。主要由胶结物或杂基被溶解而形成。

(3)晶间溶孔。主要由碳酸盐晶体间的物质选择性溶解而形成。

(4)岩溶、溶孔或溶洞。由上述溶蚀进一步扩大或与不整合面淋滤溶解有关的岩溶带所形成的较大或大规模溶洞。孔径小于5mm或1cm为溶孔;孔径大于5mm或1cm为溶洞。

另外,裂缝的成因可分为两个大类:①构造裂缝:边缘平直,延伸远,成组出现,具有明显的方向性、穿层;②非构造裂缝:包括:a.成岩裂缝。压实、失水收缩、重结晶而形成。这种裂缝不穿层,层面平行,裂缝面弯曲,形状不规则,延伸短。b.风化裂缝。地表水淋滤和地下水渗滤溶蚀改造形成,其大小不均,形态奇特,边缘具明显的氧化晕圈。c.压溶裂缝。由于压溶作用、选择性溶解而形成的头盖骨接缝似的缝合线。

在实际工作中,常把裂缝性碳酸盐岩储层的孔隙空间系统分为:①裂缝孔隙系统。油气渗流通道,是成为高产井的重要条件之一。②基块孔隙系统。它是油气的主要储集空间,也是获得稳产的关键。

缝洞型储层主要分布区域为不整合面及大断裂带附近,特别是古风化壳、古岩溶带。裂缝体系主要呈纵横交错构成的裂缝网。当储集空间的孔、洞、缝同时或出现两种类型时,有利于形成储量大、产量高的大型油气田,比如新疆的塔里木油田。因此,缝洞型储层的预测及勘探具有相当重要的意义,得到各个油田勘探者的重点关注。

缝洞型储层中的溶洞也是研究的重点。由于溶洞形成过程复杂、时间漫长,至今为止还没有一个如何对溶缝洞进行系统的划分和识别的分类方法。如塔河油

田奥陶系储层中的溶缝洞更是经历后期多期次的构造作用、岩溶作用、成岩作用的叠加改造，故对其进行分类就更具复杂性，也在各种岩溶储层预测中具有相关的典型的研究意义。

溶缝洞系统原则上可建立 5 种溶洞综合识别模式，即落水洞、潜流洞、溶道、表层溶蚀带以及洞边缝。落水洞、潜流洞和溶道识别模式的测井曲线特征、地震反射特征和产能特征非常明显，容易综合识别；表层溶蚀带模式测井曲线特征和产能特征明显，而地震剖面特征不明显；洞边缝模式严格来说是由溶洞模式派生出来的，不能算是单独模式。现分别对其进行描述如下：

(1) 落水洞及其识别特征。落水洞是在溶蚀通道的基础上遇到断裂发生纵向溶蚀作用，形成纵向上规模大、平面上基本不发育的溶洞(图 1-2)。该类型洞顶裂缝带发育厚度大，洞底有较厚的垮塌堆积，洞中净放空规模大，一般有几十米深。其识别特征为：①落水洞钻井特征：钻井中出现大段放空漏失、井涌，泥浆失返现象，钻时由 40~50min/m 正常钻时逐步下降为 0，再逐步变为低钻时，之后恢复到正常钻时，放空段长，伴有断续低钻时段、漏速快，总漏失量小，泥浆完全失返，后期伴有井涌现象。②测井曲线特征：总体上表现为顶部电阻率由高

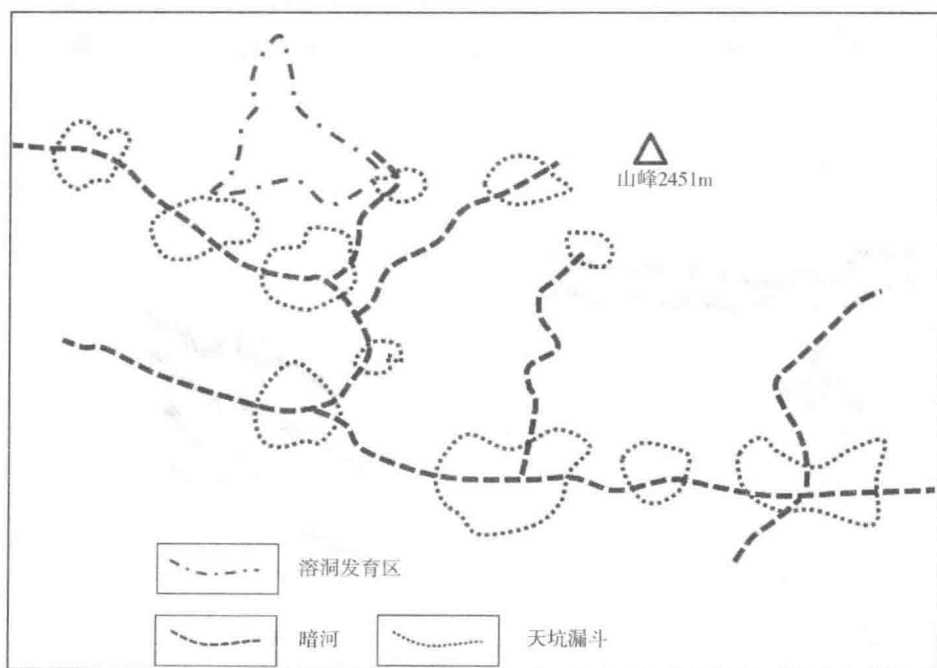


图 1-2 某山区暗河、天坑漏斗及溶洞发育分布区示意图

到低的漏斗状、中部放空段、底部电阻率由低到高反漏斗状的三段式特征，与落水洞的顶部裂缝带(裂缝不发育—很发育)、中部放空段、底部垮塌堆积段(裂缝很发育—不发育)模式相对应。③地球物理特征：地震剖面为典型的串珠状强反射(图 1-3)，与落水洞正演模型对应，振幅变化率为点状强振幅变化率区，地震测井约束反演结果低波阻抗区呈球状形态分布；生产动态特征：试井曲线为明显洞+不渗透(或低渗透)边界特征，生产动态表现出初期高产、很快停产、人工举升严重供液不足等。

(2)潜流洞及其识别特征。潜流洞是发育在古潜水面附近的水平延伸的溶洞，一般高度小，呈树枝状或河道状分布，多数溶洞由于上覆压力挤压造成上部地层下凹或垮塌。其识别特征为：①钻井特征：钻井中出现小段放空、漏失、泥浆失返现象，钻时由 40~50min/m 正常钻时突然下降为 0，放空段短、漏速快，总漏失量大，泥浆失返严重，一般无井涌现象。②测井曲线特征：顶部电阻率由高到低的漏斗状、底部放空段的二段式特征，与潜流洞的顶部裂缝带、底部放空段模式对应。③地球物理特征：地震剖面中最典型特征是反射面下凹变形(图 1-4)，内部为弱反射或杂乱强反射特征，与上覆地层挤压变形，溶洞对地震波的吸收特征对应，强振幅变化率呈带状分布，地震测井约束反演中低波阻抗呈带状分布。④生产动态特征：试井渗透率高，试采产能高，生产压差小，有较长的稳产期。

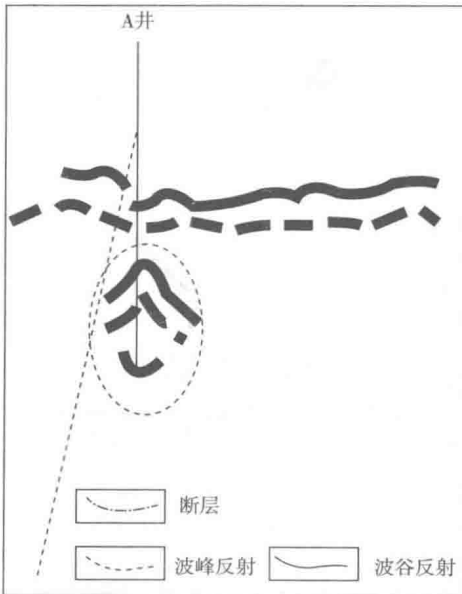


图 1-3 落水洞地震反射模式示意图(虚线框内)

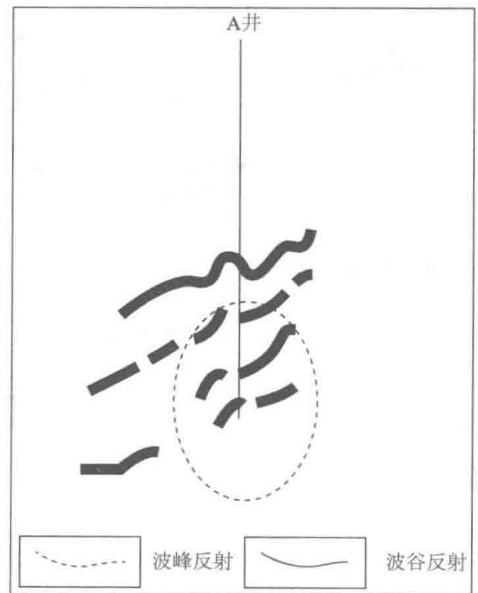


图 1-4 潜流洞地震反射模式示意图(虚线框内)

(3)溶道及其识别特征。溶道发育于溶洞的上游区,实际上就是长轴状溶洞,其形状和组合关系也受岩溶作用可分为多种类型。其识别特征为:①钻井特征:钻井中出现小段放空漏失、低钻时等现象,钻时由正常钻时下降为0或低钻时,之后恢复到正常钻时,放空、漏失、低钻时段相对短,漏速较快,泥浆轻微失返—正常返出,一般无井涌现象。②测井曲线特征:呈现电阻率由高到低的漏斗状特征,与溶道模式中的顶部应力变形,底部溶蚀和水流冲刷特征对应。③地球物理特征:地震剖面中表现出弯月状强反射特征(图1-5),与溶道的河道状特征对应,强振幅变化率呈带状或点状分布,地震测井约束反演中低波阻抗呈带状分布。④生产动态特征:试井表现出—缝洞相连、相互出现特征,生产中表现出产能中等,能长期稳定生产。

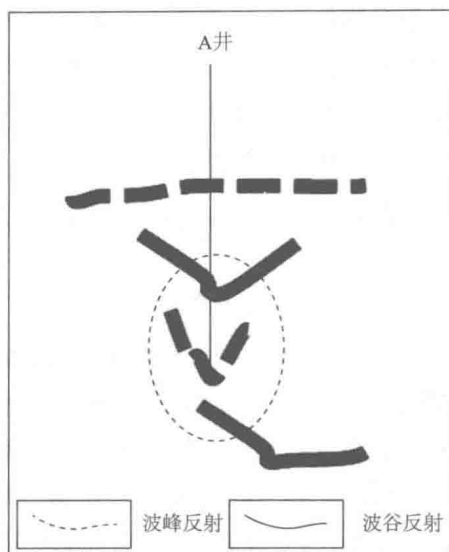


图1-5 溶道地震反射模式
示意图(虚线框内)

(4)表层溶蚀带及其识别特征。表层溶蚀带为古岩溶地表水向溶道流动过程中发生溶蚀形成的岩溶带,岩溶作用弱,并常有就地垮塌堆积和泥质充填。其识别特征为:①钻井特征:钻井中无放空漏失现象,钻时一般为20~40min/m,比正常钻时略低,泥浆正常返出,一般无井涌现象。②测井曲线特征:电阻率表现出上低下高的反漏斗状特征,泥质含量较高,成像测井以低角度缝洞为主,与溶蚀缝洞从上到下逐步减弱、陆源沉积、缝洞角度低的特征对应。③地球物理特征:地震剖面为较弱的杂乱反射特征,与表层溶蚀带缝洞发育差的特征对应,振幅变化率不强,并呈片状分布,地震测井约束反演中低波阻抗呈片状分布。④生产动态特征:试井常表现中—低渗特征,产能一般较低,产量一般较稳定。

(5)洞边缝及其识别特征。洞边缝实际上是钻遇落水洞或潜流洞边上裂缝带的情况,严格来说不是单独一种模式,也可能其裂缝带并不发育或延伸不长。其识别特征为:①钻井特征:钻井中无放空漏失现象,钻时一般为20~40min/m,比正常钻时略低,泥浆正常返出,一般无井涌现象。②测井响应特征:电阻率表现出上部漏斗状、中部直线状、下部反漏斗状的梯形特征,成像测井显示上部以高角度缝洞为主,中下部以低角度缝洞为主特征,与洞顶边缘由于构造变形产生

高角度缝和洞中边缘产生低角度溶蚀缝模式对应。③地球物理特征：地震剖面表现为串珠状、下凹变形等反射特征的边缘部位，位于强振幅变化率条带附近和低速阻抗区附近。④生产动态特征：该类型一般酸压建产，酸压沟通溶洞后与溶洞生产特征和试井特征相同。

1.1.2 缝洞型储层形成原因

1.1.2.1 同生岩溶作用

同生岩溶作用发生于同生（或准同生）期大气成岩环境中，受次级沉积旋回控制，与相对海平面下降导致的沉积物短暂暴露和富含 CO_2 的大气淡水淋溶有关，形成大小不一、形态多样的各种孔隙。大气淡水既可以选择性地溶蚀由文石、高镁方解石等不稳定矿物组成的颗粒或第一期方解石胶结物，形成粒内溶孔、铸模孔和粒间溶孔，也可能发生非选择性溶蚀作用，形成溶缝和溶洞。

1.1.2.2 表生岩溶作用

表生岩溶又称为风化壳岩溶，其发育与重大的海平面下降或构造运动造成的沉积区大面积暴露有关，常常是地层学中的主要不整合面。对于碳酸盐岩岩溶而言，表生岩溶和同生岩溶都是受大气淡水淋滤而发生的溶蚀，它们最大的区别在于同生岩溶发生的时间非常早，沉积物尚未完全固结成岩，碳酸盐组分的矿物成分尚未完全稳定化，而且经历的时间相对较短；而表生岩溶发生的时间比较晚，是对已经固结成岩、完成矿物稳定化转变后碳酸盐岩产生的岩溶作用，经历的时间可以很长（陈景山等，2007）。地质历史记录中的古风化壳岩溶主要是根据其广泛存在的侵蚀不整合、地下岩溶作用及其伴生的孔洞系统和内部充填物的特征等加以识别的（Jamed 和 Choquett, 1988）。如元坝地区雷口坡组不整合面之下约 90m 厚的地层内发育规模不等、形态各异的岩溶缝洞系统及其各异的内部充填物表明其经历了强烈的风化壳岩溶作用。

1.1.2.3 埋藏溶蚀作用

埋藏溶蚀作用主要是对前期存在的孔洞系统充填后残余的孔隙系统进行溶扩，埋藏期储层的发育分布具有继承同生期、表生期大气淡水溶蚀形成的孔洞缝系统的特征。构造拉张作用形成的断裂等有利于热液溶蚀作用的形成，从而有利于此类储层的发育，深埋藏过程中构造作用形成的裂缝、压溶作用产生的缝合线也是该类储层形成的有利因素。如元坝地区雷口坡组风化壳顶部的须家河组沉积物以及埋藏过程中胶结物对前期岩溶孔洞缝系统的充填必然制约埋藏岩溶储层的