



中国石油勘探工程技术攻关丛书

ZHONGGUO SHIYOU KANTAN GONGCHENG JISHU GONGGUAN CONGSHU

复杂山地高陡构造地震勘探 关键技术及应用

○ 中国石油勘探与生产分公司 著



石油工业出版社

中国石油勘探工程技术攻关丛书

复杂山地高陡构造地震勘探 关键技术及应用

中国石油勘探与生产分公司 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以中国石油天然气股份有限公司物探技术攻关项目成果为主,围绕我国中西部地区复杂山地高陡构造地震勘探问题,从地震资料的采集、处理及解释三个方面,详尽地阐述了复杂山地高陡构造地震勘探的关键技术,并从实践上系统展示了地震勘探技术在复杂山地高陡构造勘探中的应用效果。

该书可作为山地地震勘探的技术人员和高等院校相关专业师生学习参考的资料。

图书在版编目(CIP)数据

复杂山地高陡构造地震勘探关键技术及应用 / 中国石油勘探与生产分公司著 .
北京:石油工业出版社,2009.11

(中国石油勘探工程技术攻关丛书)

ISBN 978-7-5021-7483-5

I . 复…

II . 中…

III . 山地 - 地震勘探

IV . P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 198128 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12.25

字数: 300 千字 印数: 1—1200 册

定价: 65.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油勘探工程技术攻关丛书》

编 委 会

主 任：周吉平

副主任：赵政璋 贾承造

委 员：（按姓氏笔画排序）

马新华	王元基	王玉华	王招明	付锁堂	冯志强
匡立春	孙 宁	孙龙德	杨 华	杜金虎	吴 枚
吴 奇	吴永平	吴国干	何江川	邹才能	张 玮
张国珍	陈建军	周明春	周海民	周家尧	周新源
郑新权	孟卫工	赵文智	赵邦六	赵志魁	赵贤正
袁士义	贾 东	夏义平	徐凤银	徐春春	梁世君
董月霞	董焕忠	魏顶民			

《复杂山地高陡构造地震勘探关键技术及应用》

编 写 组

主 编：杜金虎

副 主 编：张国珍 王招明 张 玮 邹才能 施海峰 李亚林

主要成员：杨举勇 陈学强 王彦峰 雷迎春 戴晓云 王志勇

张 孟 杨智超 梁向豪 肖又军 李志荣 郭绪杰

李静平 谢文导

顾 问：赵化昆 钱荣钧

序

中国石油作为我国能源行业的特大型骨干企业，在保障国家能源安全方面具有义不容辞的光荣使命。经过半个多世纪的大规模勘探开发，国内油气勘探已进入一个新的发展阶段，特别是随着勘探开发的不断深入，勘探领域发生了很大变化。从地面条件看，勘探对象已从平原向山地、沙漠、滩海大幅度延伸；从地质条件看，低渗透、复杂碳酸盐岩、火山岩等复杂储层和稠油等复杂油藏所占比例大幅度增加。在这种情况下，如何继续大幅度增加储量以满足油气产量持续增长的需要成了摆在我们面前的迫切问题。

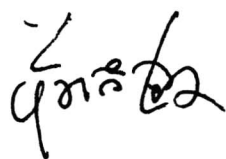
为了积极应对这种挑战，2005 年我们明确提出了“油气勘探必须走技术发展之路”的要求，并按照“突出重点探区、依托重点项目、注重实际效果”的思路，设立专项投资，发挥中国石油整体优势，分物探、钻井、测井、试油四个专业，重点在塔里木、四川、准噶尔、渤海湾、柴达木、松辽、鄂尔多斯等盆地组织了以现场为主体的工程技术攻关。通过几年的不懈努力，一大批制约油气勘探的瓶颈技术得以攻克，针对复杂地表和高陡构造的地震采集、处理和解释一体化技术取得明显突破，发现了一批具有战略意义的勘探目标；以欠平衡钻井、垂直钻井等为主的低压储层保护和高陡构造防斜打快技术极大地提升了钻井能力，保障了勘探发现；以成像测井为主的采集技术和以复杂油气藏饱和度研究为主的解释技术研发成功，较好地保障了火山岩、低渗透等复杂储层识别与评价的需要；以大型酸化和压裂改造为主的增产技术，提升了低渗透油气层的商业价值。一大批工程技术的突破不仅提高了其在油气勘探中的保障能力，也增长了工程技术服务队伍的竞争能力，更为重要的是拓展了新的油气勘探领域，开阔了找油找气的视野，进一步坚定了我们不断寻找大油气田的信心和决心。

伴随着工程技术的进步，近年来我们已经进入新的油气储量增长高峰期，连续六年探明石油地质储量大于 5 亿吨，连续三年探明天然气地质储量大于 3000 亿立方米。新发现并落实了长庆苏里格、塔里木库车等储量规模万亿立

方米的气田和目标区，发现并落实了长庆姬塬和西峰、塔里木塔北、准噶尔西北缘等一批储量规模 5 至 10 亿吨的规模储量区。由于勘探的快速发展，油气资源基础不断夯实，油气田开发也进入了快速发展的新阶段，原油产量从 2006 年开始连续三年创历史新高，天然气产量从 2005 年开始连续五年换“百”字头。

《中国石油勘探工程技术攻关丛书》系统总结了这几年来技术攻关的丰硕成果，凝聚了攻关单位数百名科技工作者的辛勤劳动。相信这套《丛书》的出版，必将对提高技术人员的业务素质和管理人员的驾驭能力、提升勘探技术应用水平起到带动和促进作用，也必将为推动中国石油上游业务的发展起到重要作用。

认识没有止境，攻关永不停步。随着勘探难度的增加，许多新的问题需要解决，大量技术难题有待攻克。我们必须继续坚定走技术发展之路不动摇，继续狠抓技术攻关不松劲。只有这样，才能持续推动工程技术进步，才能更好地为“储量增长高峰期工程”和“稳定并提高单井日产量工程”提供技术保障。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Song Zhen' (宋震), written in a cursive style.

2009 年 11 月 2 日

前 言

前陆盆地是我国油气勘探的重要领域，在我国中西部地区分布广泛，其油气资源量约占中西部七大盆地总资源量的三分之一。前陆盆地冲断带作为油气勘探主要类型，勘探潜力巨大，中国石油在此领域已发现克拉 2、迪那 2 等多个大油气田，为我国西气东输工程做出了重要贡献。然而，随着油气勘探的不断深入，前陆盆地冲断带因地表地形极其复杂，地下地质构造高陡，使地震勘探面临着作业环境恶劣、高陡构造成像不准及盐下地质结构识别困难等许多世界级的技术挑战，前期积累的地震勘探技术和方法难以适应复杂冲断带勘探的新需要，严重制约着油气勘探的进程和持续发展。

2005 年，中国石油提出“油气勘探必须走技术发展之路”，决定从 2006 年开始全面开展复杂山地物探工程技术攻关。通过三年的技术攻关，在复杂山地地震采集优化设计、低信噪比区深度域叠前成像处理和盐下构造识别方法等多方面有很多创新，建立了一套适应地表起伏剧烈、地下构造高陡、逆掩推覆严重、膏岩层巨厚的前陆冲断带物探配套技术系列，形成一批诸如基于高精度遥感影像数据的地震优化设计、二维宽线大组合山地地震采集、宽方位三维山地地震采集、复杂山地静校正计算、低信噪比区叠前深度偏移成像处理、盐构造建模地震解释技术等为代表的关键技术。地震技术攻关大幅度地提高了资料的品质，深化了前陆冲断带的地质认识，理顺和落实了一批前陆盆地重要的构造面貌；发现和落实了一批上千平方千米可供钻探的新圈闭，实现了大北 1、大北 2、克深 2 等多个千亿立方米大气田的新突破，技术攻关成果十分显著。

为更好地应用推广几年来物探技术攻关取得的成果，进一步推动物探技术进步，指导中国石油物探技术发展，为复杂地区油气勘探服务，勘探与生产分公司组织专家对三年来的物探技术攻关成果进行了深入分析、系统研究和全面总结，特编辑出版此书。

本书由勘探与生产分公司统一组织编写，参加单位有：东方地球物理勘探有限责任公司、川庆地球物理勘探公司、塔里木油田分公司、西南油气田分公司、北京石油勘探开发研究院，历时一年完成。

本书各章执笔作者如下：第一章，施海峰、李亚林、王招明、李静平；第二章，严峰、陈学强、王彦峰、雷迎春、张玮；第三章，戴晓云、杨举勇；第四章，赵邦

六、李志荣、王志勇、梁向豪；第五章，郭绪杰、肖又军、施海峰、谢文导、王志勇、张孟、杨智超。最后由杜金虎、张国珍负责统稿。

本书编写过程中，得到了中国石油天然气股份有限公司贾承造院士和赵政璋副总裁的大力支持；赵化昆、钱荣钧等专家对书稿提出了具体修改建议；石油工业出版社相关人员对出版样稿进行了详细的审查与修改；在前陆盆地高陡构造地震勘探技术攻关中，中国石油广大物探技术工作者为山地物探关键技术的发展和油气勘探的突破做出了重要贡献。值此本书正式出版之际，谨向他们表示衷心的感谢！

由于编写者水平有限，书中一定存在不妥之处，诚恳希望广大读者批评指正。

目 录

序	
前言	
第一章 概述	1
第一节 地震勘探现状	1
第二节 地震地质条件及难点	6
第三节 地震勘探成果	10
第二章 复杂山地高陡构造地震勘探采集关键技术.....	13
第一节 宽线大组合联合观测技术	13
第二节 三维地震观测系统优化设计技术	37
第三节 高精度遥感信息应用技术	52
第三章 复杂山地高陡构造地震勘探处理关键技术.....	66
第一节 近地表模型反演与静校正技术	66
第二节 多域分步迭代系列去噪技术	76
第三节 宽线资料拟三维处理技术	81
第四节 叠前深度偏移成像处理技术	89
第四章 复杂山地高陡构造地震勘探解释关键技术.....	101
第一节 复杂构造建模技术	101
第二节 速度建场及变速成图技术	122
第五章 典型实例	140
第一节 塔里木盆地库车坳陷地震勘探实例	140
第二节 四川盆地地震勘探实例	166
参考文献	184

第一章 概述

前陆盆地是世界上众多含油气盆地中重要的一种盆地类型，由于具有独特的地质特点、丰富的油气资源以及较高的油气丰度，一直受到勘探家的重视，是世界油气勘探的重点领域。20 世纪 90 年代，在全球范围内发现的 76 个可采储量超过 5×10^8 bbl 油当量的大型油气田中，约有 58% 的储量来自于前陆盆地。

我国中西部塔里木、准噶尔、吐哈、柴达木、四川、酒泉、鄂尔多斯等七大含油气盆地（图 1-1），广泛发育的前陆盆地冲断带，油气资源丰富，勘探潜力巨大，是中西部含油气盆地极为重要的组成部分。前陆盆地冲断带地表多为复杂山地，地下油气藏多为高陡构造圈闭，决定了前陆盆地冲断带地震勘探难度非常大，面临着许多世界级地震勘探技术难题。经过数十年的持续研究和攻关，中西部前陆盆地冲断带复杂山地高陡构造地震勘探取得了丰硕的成果。



图 1-1 中国中西部七大含油气盆地遥感卫星照片位置图

第一节 地震勘探现状

一、地震勘探区带

由于剧烈的造山运动作用，我国中西部含油气盆地周缘，复杂山地高陡构造极其发育。通过多年的地震勘探和综合地质研究，复杂山地高陡构造地震勘探重点区带已经明确，塔

里木盆地主要为库车坳陷和塔西南坳陷；准噶尔盆地主要为西北缘和准南山前冲断带；四川盆地主要为川东高陡褶皱带、川东北米仓山—大巴山复式褶皱带以及川西龙门山逆掩断裂带；吐哈盆地主要为北部山前带；柴达木盆地主要为柴西环英雄岭地区和柴北缘冷湖五号—红山—德令哈等地区。这些复杂山地高陡构造勘探区带，除了四川盆地川东高陡褶皱带外，按照其形成背景、构造演化和展布特征，都属于前陆盆地的范畴。前陆盆地是中西部复杂山地高陡构造地震勘探的主要领域。

我国中西部广泛发育挤压构造背景下形成的中—新生代前陆盆地，它们位于造山带和克拉通的结合部，沉积中心靠近造山带，从造山带向克拉通方向可划分为5个带：褶皱冲断带、前缘凹陷带、中央沉降带、枢纽带和克拉通隆起带。在中西部7个含油气盆地中，主要分布了13个前陆盆地（图1-2），包括塔里木盆地的库车、塔西南、塔东南和喀什4个，吐哈盆地北缘1个，准噶尔盆地的西北缘和南缘2个，柴达木盆地的柴北缘、柴西南2个，酒泉盆地酒西1个，鄂尔多斯盆地西缘1个，四川盆地的川西（龙门山）和川东北（米仓山—大巴山）2个。这13个前陆盆地是中西部含油气盆地极为重要的组成部分。目前，已

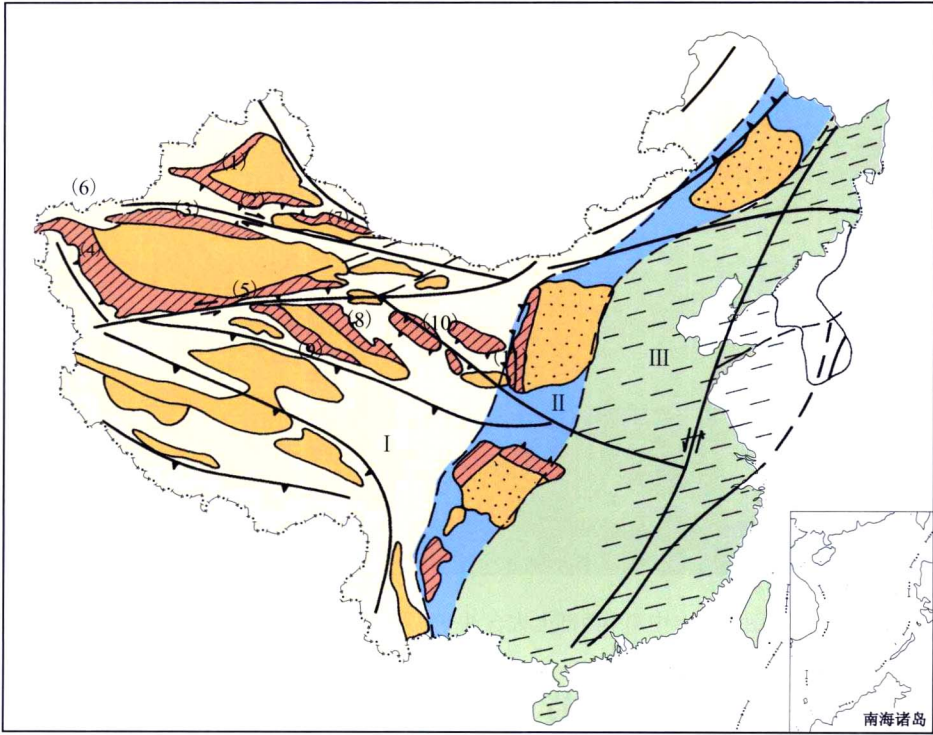


图1-2 中国中西部主要前陆盆地分布图（据翟光明等，2002，略作修改）

前陆盆地：(1) 准噶尔盆地西北缘；(2) 准噶尔盆地南缘；(3) 塔里木盆地库车；(4) 塔里木盆地西南缘；(5) 塔里木盆地东南缘；(6) 塔里木盆地喀什；(7) 吐哈盆地北缘；(8) 柴达木盆地北缘；(9) 柴达木盆地西南缘；(10) 酒泉盆地酒西；(11) 鄂尔多斯盆地西缘；(12) 四川盆地西缘（龙门山前）；(13) 四川盆地东北缘（大巴山前）；I. 挤压区；II. 大型沉降区；III. 伸展断陷区

在 9 个前陆盆地探明了 89 个油气田, 其中有 4 个前陆盆地共发现了 11 个大油气田, 在我国中西部油气资源结构中具有举足轻重的地位 (薛良清, 张光亚等, 2005; 宋岩等, 2008)。

前陆盆地冲断带位于造山带与盆地之间的过渡带上, 是造山带向盆地方向大规模逆冲推覆所形成的构造系统。前陆盆地冲断带是我国中西部复杂山地高陡构造地震勘探的重点区带, 大型背斜圈闭成排成带发育, 在三度空间上具有横向分带、纵向分段、垂向分层的特征, 是油气聚集的有利场所, 具有形成大油气田的有利构造背景, 油气系统以三叠系—侏罗系煤系为主要烃源岩, 白垩系、古近系、新近系为主要储盖组合, 以喜马拉雅晚期成藏为主。塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带, 南北向分为拜城北、克深南、克深、克深北和克拉苏等五带, 东西向分为博孜、大北、克深 1—克深 2、克拉 3 等四段, 垂向上分为盐上和盐下双重构造。在库车坳陷发现了克拉 2、迪那 2 等一批大中型气田, 气藏具有异常高压、高产能、高丰度的特征, 探明天然气地质储量 $8300 \times 10^8 \text{m}^3$, 具有形成数个万亿立方米天然气储量规模区的潜力 (贾承造, 2005)。

二、油气勘探潜力

根据中国石油天然气股份有限公司 2004 年油气资源评价结果, 统计中国中西部准噶尔南缘和西北缘、塔里木库车、塔西南和塔东南、柴达木柴西南和柴北缘、四川川西、大巴山前缘和米仓山前缘、酒泉酒西、吐哈吐鲁番、鄂尔多斯西缘等 13 个前陆盆地 (冲断带) 的油气资源量和探明储量得出, 石油潜在资源量 $89.17 \times 10^8 \text{t}$, 天然气潜在资源量 $10.1464 \times 10^{12} \text{m}^3$, 石油探明储量 $19.6622 \times 10^8 \text{t}$, 天然气探明储量 $9072.9 \times 10^8 \text{m}^3$; 石油探明率为 22%, 天然气探明率为 8.9%。从前陆盆地整体看, 剩余石油资源量为 $60.52 \times 10^8 \text{t}$, 剩余天然气资源量为 $8.72 \times 10^{12} \text{m}^3$, 可见中西部前陆盆地还有很大的勘探潜力, 尤其是天然气勘探潜力巨大。剩余石油资源量较大的前陆盆地依次为准噶尔盆地南缘和西北缘、塔里木盆地塔西南坳陷、鄂尔多斯西缘、塔里木盆地库车坳陷、柴达木盆地西南缘, 剩余天然气资源量较大的前陆盆地依次为塔里木盆地库车坳陷和塔西南坳陷、四川盆地西缘龙门山、鄂尔多斯西缘、准噶尔盆地南缘 (表 1-1, 宋岩等, 2008)。

三、地震勘探历程

复杂山地高陡构造油气勘探的历史很长, 最早可追溯到新中国成立以前, 如 1937 年在新疆发现独子山油田。新中国成立后, 我国油气勘探的主战场就是中西部前陆冲断带, 主要是利用重、磁、电、地面地质调查等技术, 勘查地面构造, 进行浅井钻探。20 世纪 50 年代中期, 我国开始引进地震勘探技术和装备, 组建队伍, 由于工作量少, 技术水平、仪器和设备相对落后, 地震勘探技术发展较慢。20 世纪 70 年代, 随着我国数字化地震仪器的研制成功, 地震勘探开始步入规模化、正规化的发展道路。按照复杂山地地震勘探技术的发展, 其勘探历程划分为三个阶段。

表 1-1 中国中西部前陆盆地(冲断带)油气资源量和探明储量(2004)

盆地名称	地区	石 油				天 然 气			
		资源量 (10 ⁸ t)	探明 储量 (10 ⁸ t)	剩余 资源量 (10 ⁸ t)	探明率 (%)	资源量 (10 ⁸ m ³)	探明 储量 (10 ⁸ m ³)	剩余资源量 (10 ⁸ m ³)	探明率 (%)
塔里木	库车	8.7651	0.3702	8.3949	4.2	34704.8	4889.2	29815.6	14.1
	塔西南	9.3581	0.3400	9.0181	3.6	17011.0	350.0	16661.0	2.1
	塔东南	0.9500	0	0.9500	0	1653.1	0	1653.1	0
准噶尔	南缘	13.904	0.465	13.4388	3.3	7945.4	175.4	7770.0	2.2
	西北缘	22.8205	11.4084	11.4121	50.0	2624.9	966.0	1658.9	36.8
吐哈	吐鲁番	7.3948	2.662	4.7328	36.0	2769.0	811.1	1957.9	29.3
柴达木	柴北缘	3.3793	0.223	3.1563	6.6	2024.0	146.6	1877.5	7.2
	柴西南	9.5330	2.4418	7.0912	25.6	3030.0	107.5	2922.5	3.5
四川	川西	—	—	—	—	13550.5	1335.3	12215.2	9.9
	大巴山前缘	—	—	—	—	7020.7	271.7	6749.1	3.9
	米仓山前缘	—	—	—	—	862.0	0	862.0	0
酒泉	酒西	3.9200	1.0900	2.8300	27.8	425.0	0	425.0	0
鄂尔多斯	西缘	9.1500	0.616	8.4884	7.2	7843.4	20.2	7823.3	0.3
	总计	89.1748	19.6622	60.5200	22.0	101464	9072.9	87200.9	8.9

第一阶段：起步探索阶段（1970—1990 年）。

20 世纪 70 代年开始，山地地震勘探主要集中在四川和准噶尔两个盆地，受技术水平、勘探装备和作业能力等条件的限制，山地采集主要采用沿沟弯线的方法，而且道数少排列短，覆盖次数低；山地主要采用坑炮激发，山前带戈壁区采用坑炮或小吨位可控震源激发；地震资料处理以叠加成像技术为主；资料解释以构造解释为主。

第二阶段：全面发展阶段（1991—2005 年）。

为实现中国石油“稳定东部，发展西部”的战略部署，加大了中西部盆地的油气勘探力度，对有利区带进行了详查。二维地震勘探基本采用直测线施工，针对重点目标实施三维地震勘探，并且进行了大量的技术攻关和研究，创新和引进了许多新技术和新方法，自主研发了 KLSeis、GriSys 等采集处理软件系统。复杂山地地震勘探技术得到快速发展，采

集、处理、解释技术基本实现了集成和配套，形成了系统的地震勘探技术系列，在复杂山地地震勘探中发挥了重大作用。

这一阶段的主要油气发现有：在塔里木盆地库车坳陷，1998 年发现了克拉 2 特大型气田，促成了我国西气东输工程的诞生；在四川盆地，1995 年发现了三叠系飞仙关组鲕滩白云岩气藏，2002 年邛西 3 井获得高产气流；在吐哈盆地，2000 年火 3 井获得油气突破，2001 年神北 4 井获得突破；在准噶尔盆地，2003 年霍 10 井获得高产油气流。

同时，对复杂山地地震勘探存在的问题也有了更深的认识。勘探实践表明，获得油气发现的构造多为地震资料好、落实程度高的圈闭，而钻探失利的构造多为地震资料差、落实程度低的圈闭。这种认识为下步地震勘探指明了方向，前陆冲断带找油找气的关键就是提高地震资料品质，准确落实构造。

第三阶段：瓶颈技术突破阶段（2006 年至今）。

随着我国经济的快速持续发展，对油气资源需求也越来越大，中国石油天然气股份有限公司进一步加大了对中西部复杂山地高陡构造领域的勘探力度。针对塔里木、四川、准噶尔、吐哈、柴达木等 5 个盆地的重点区带和构造，开展了大规模的采集、处理、解释一体化技术攻关。通过宽线大组合联合观测、叠前深度偏移成像、多信息综合构造建模等瓶颈技术的突破，以及配套技术的深化应用，大大提高了地震资料信噪比、成像质量和精度，构造落实程度得到了大幅度提高（图 1-3）。在此阶段，大吨位可控震源、50m 山地钻、100m 砾石钻、GeoEast、PC-Cluster 等地震采集装备和计算机软硬件的快速发展为地震勘探技术的突破提供了保障。

地震勘探瓶颈技术的突破直接带来了油气勘探的重大发现。塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带大北 201 井获得日产 $30.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 高产工业气流，大北 3 井获得日产 $41.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 高产工业气流，克深 2 井获得日产 $46.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 高产工业气流；柴达木盆地狮 35 井获得日产

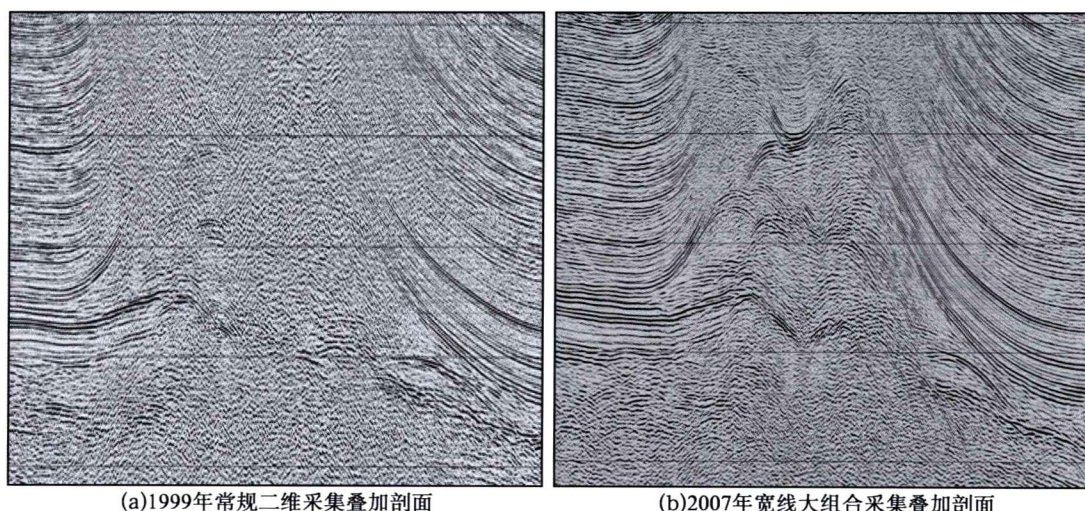


图 1-3 塔里木盆地库车坳陷西秋里格新老剖面对比

21.5t 的工业油流，冷 90 井获高产工业气流；吐哈盆地泉 4 井获得高产油气流，泉 5 井见到良好油气显示。

第二节 地震地质条件及难点

我国中西部含油气盆地复杂山地高陡构造地震勘探区带，由于大多处于前陆盆地冲断带或盆地周边造山带上，经过了多期构造运动，决定了其地震地质条件极其复杂多变，与其他类型的勘探领域相比，是地震地质条件最差的，地震勘探面临巨大的困难和挑战。

一、地震地质条件

中西部复杂山地高陡构造地震勘探区带的地震地质条件，虽然不同盆地各有差异，但共性特点非常突出：地表以复杂山地为主，一致性差；地下以高陡构造为主，各向异性强，地表和地下地震地质条件极其复杂。

1. 地表地震地质条件

(1) 地表类型复杂多变：主要表现为山高坡陡，断崖林立，沟壑纵横，地形起伏变化剧烈，相对海拔高差在几百米到几千米之间变化。复杂山地在不同盆地的具体表现形式各异(图 1-4)，不同盆地的山前过渡带还有戈壁、沙漠、丘陵、浮土等多种地表类型。



图 1-4 中国中西部复杂山地典型照片图

(2) 出露地层复杂多变：不同盆地地表出露的地层为新生界、中生界、上古生界乃至下古生界等不同年代的各种地层，地层倾角变化大，最大近乎直立（图 1-5）。地表岩性包括沙漠、浮土、砾石、砂岩、泥岩、石灰岩、变质岩等多种类型，而且地表岩性在区域上变化剧烈。

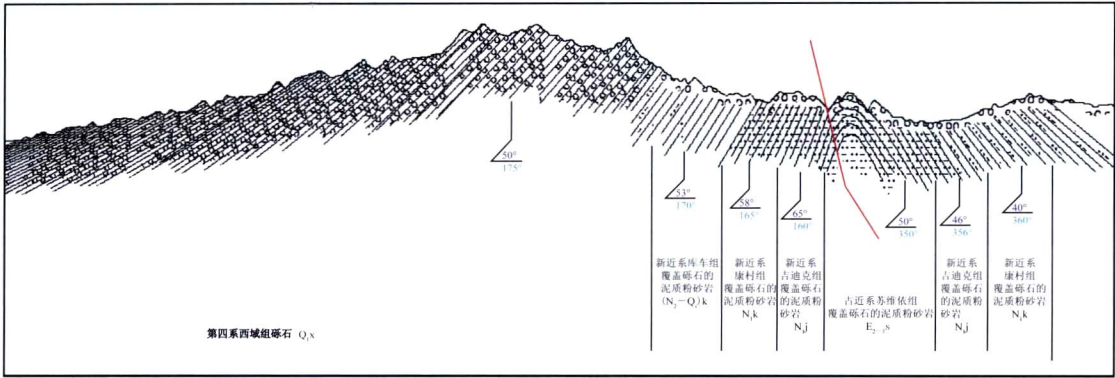


图 1-5 塔里木盆地库车坳陷复杂山地典型地质剖面图

(3) 表层结构复杂多变：主要表现在表层结构极不稳定，低降速层速度和厚度变化大，厚度一般在几米到几百米之间变化，低降速层速度特征不明显，高速层界面不稳定，同一条测线内，速度在 1600 ~ 4000m/s 范围内变化（图 1-6）。

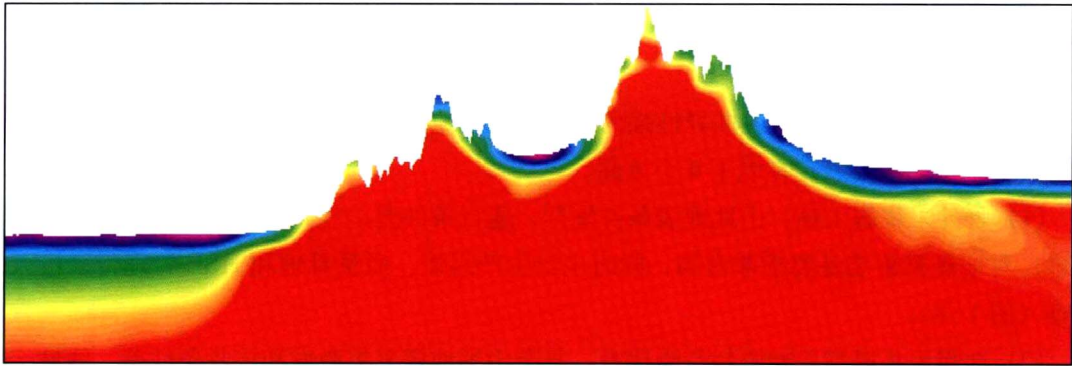


图 1-6 塔里木盆地库车坳陷西秋里塔格层析反演模型

2. 地下地震地质条件

(1) 地下构造复杂：多为逆掩断裂控制下的高陡构造，地层褶皱严重，断裂极为发育，地层倾角大，受推覆滑脱断裂影响，深浅层构造特征不一致，多重叠置现象明显，构造样式非常复杂（图 1-7）。

(2) 地层速度纵横向变化大：不同地层纵向速度变化大，存在速度倒转现象，横向上同一地层速度变化也非常明显。