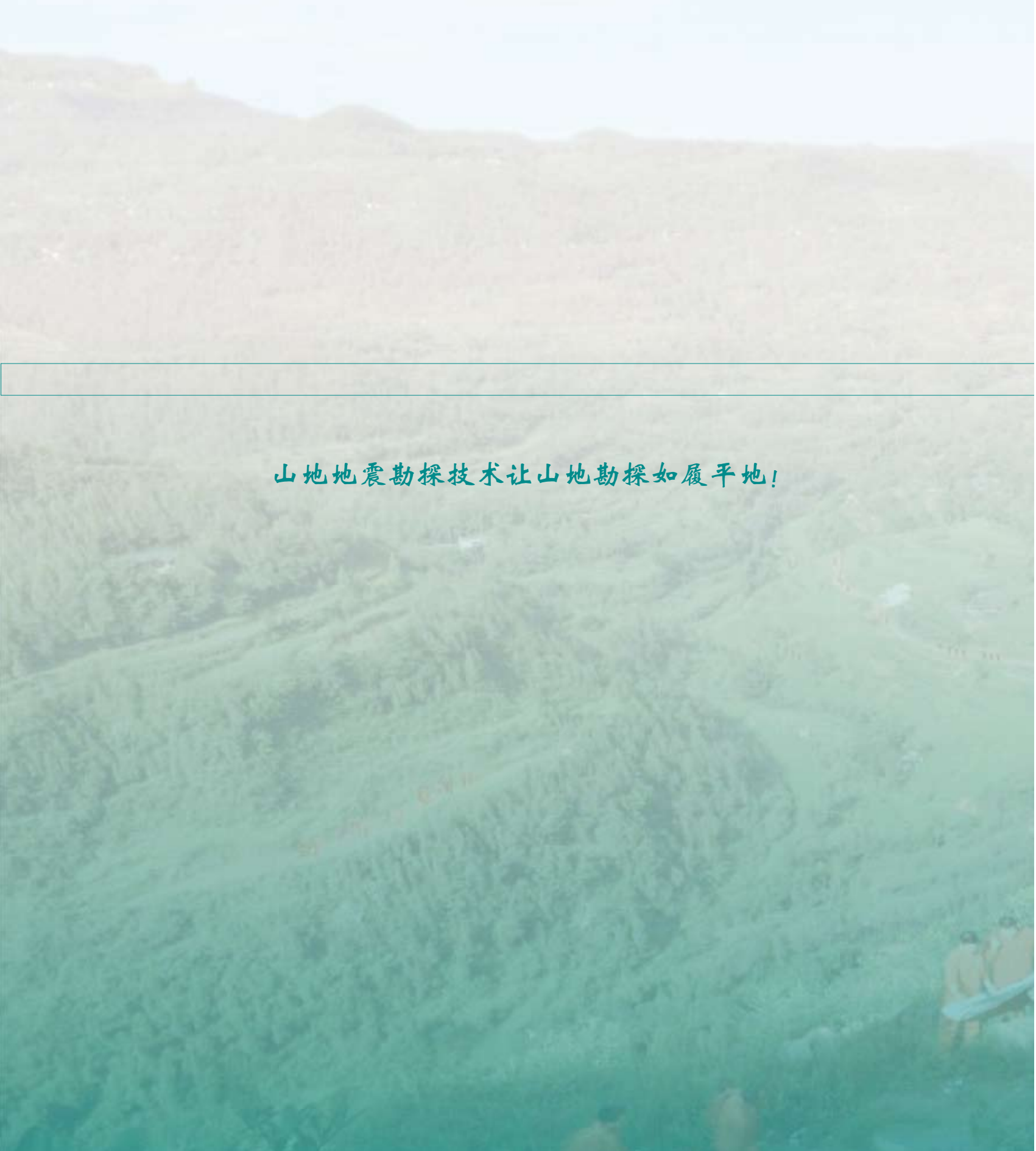


山地地震勘探技术

2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

An aerial photograph of a mountainous region. The top half of the image shows a wide, flat, light-brown area, possibly a dry lake bed or a cleared field. Below this, the terrain becomes more rugged and green, with a winding road visible. In the bottom right corner, a person is standing on a rocky outcrop, looking out over the landscape. The overall scene suggests a remote, mountainous area.

山地地震勘探技术让山地勘探如履平地！



目 录

简介	3
特色技术	5
典型案例	14
软硬件装备及工程 技术服务能力	17
资质与标准	19
专家团队	21



中国石油

中国石油天然气集团公司是国家授权投资的机构和国家控股公司，是实行上下游、内外贸、产销一体化，按照现代企业制度运作，跨地区、跨行业、跨国经营的综合性石油公司，下设上游 17 家、下游 33 家、销售 36 家大型企业。作为中国境内最大的原油天然气生产、供应商和最大的炼油化工产品生产、供应商之一，中国石油天然气集团 2010 年国内生产原油 10500 万吨，生产天然气 725 亿立方米，加工原油 1.35 亿吨，全年实现营业收入 1.72 万亿元，实现利润 1727 亿元，实现利润在国内企业中位居榜首。

美国《财富》杂志 2010 年度全球 500 强

公司排名中，中国石油天然气集团公司居第 10 位，在全球 50 家大石油公司中位居第 5 位。中国石油天然气集团公司履行资源、市场和国际化战略，坚持推进科技进步，实施技术创新，以全面提升技术创新能力为主线，以解决制约主营业务发展的重大瓶颈技术为重点，不断完善技术创新体系，优化科技资源配置，强化科技人才队伍建设，技术创新能力大幅度提升，技术实力显著增强，取得了一大批高水平，具有自主知识产权的创新成果。

山地地震勘探技术就是具有代表性的重大创新成果之一。

奉献能源 创造和谐

1

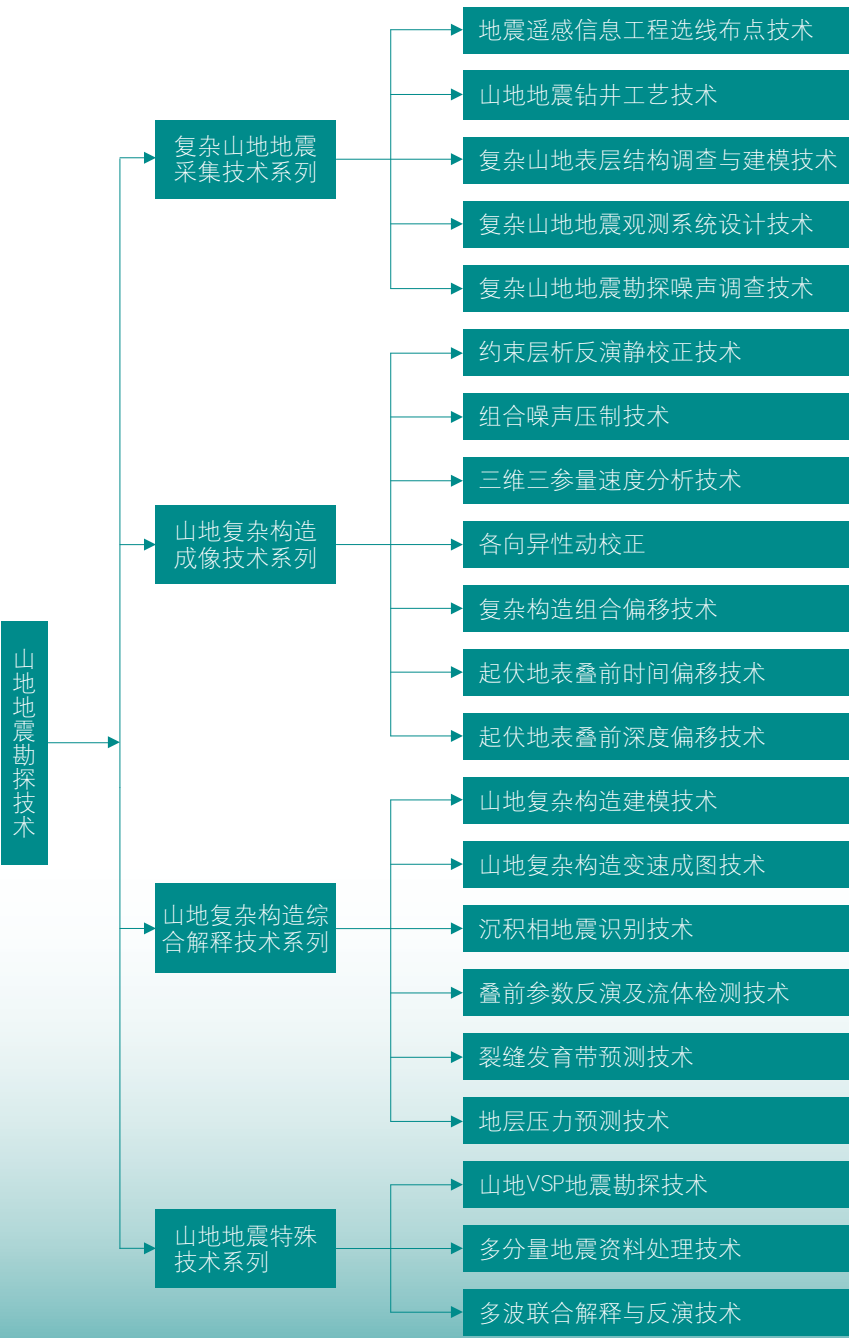
简介

地球物理勘探是油气资源发现的有效勘探方法。其中广泛应用的是地震勘探方法，工作流程分为地震资料采集、处理、解释三个步骤。复杂山地低信噪比地区是油气勘探的一个重要战略接替区。

山地地震勘探面临地表复杂，沟壑纵横，地腹构造复杂多变，勘探目标呈现出“低孔渗、深度大、隐蔽”等特点。中国石油一直致力于复杂山地地震勘探技术的探索与研究，成功研发了复杂山地地震采集、山地复杂构造成像、山地复杂构造综合解释、山地地震特殊

技术等 4 大特色技术系列 21 项特色技术。以 GeoMountain® 为标识的采集工程师、处理工程师、解释工程师三套软件系统，能够针对复杂山地地震勘探面临的各种复杂问题，提供地震采集、处理、解释一体化的解决方案。

中国石油以其领先的山地地震勘探技术，先后在四川、新疆、塔里木等中国六大盆地及许多国外石油公司提供了优质服务，发现了一大批潜伏构造、圈闭以及大中型油气田，为山地复杂油气藏的储量探明提供了重要的技术支撑。



2

特色技术

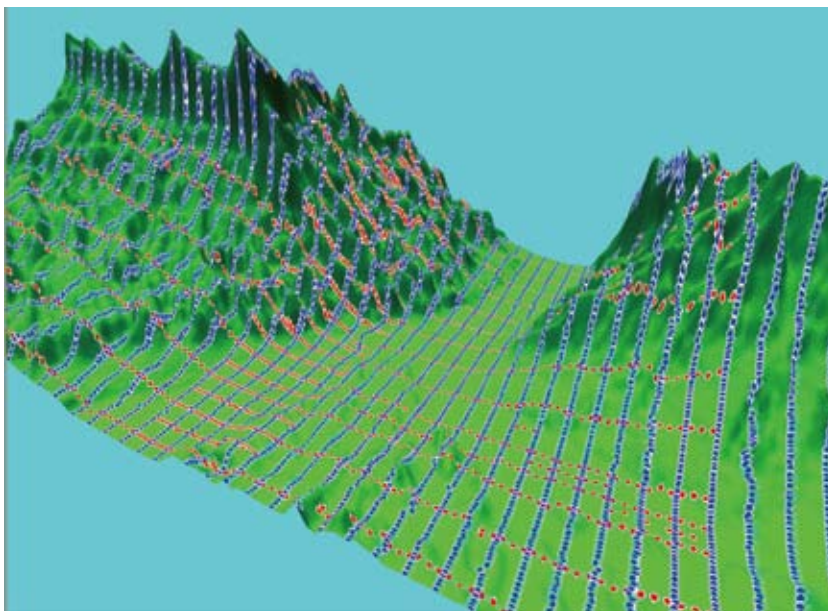
(1) 复杂山地地震采集技术系列

复杂山地地震采集技术是指在山地复杂地区使用地震资料采集设计软件、小型钻井设备，由人工激发地震波并通过地震仪接收装置，获取各地层反射地震波的信息。中国石油拥有针对复杂山地地震勘探的 GeoMountain®山地采集

工程师、KLSeis 采集设计等专业软件，拥有先进的 428XL 遥测地震仪和配套齐全的采集设备，能够在陡崖、森林、水域、河滩砾石、黄土砾石等复杂地区提供地震资料采集、观测系统设计等复杂山地地震勘探资料采集服务。



复杂条件下的采集作业



复杂地表三维地震勘探部署

● 地震遥感信息工程选线布点技术

技术可优化观测系统设计，保证在安全、环保条件下获得高品质资料，入选中国石油 2008 年度十大科技进展。

● 山地地震钻井工艺技术

技术可实现河滩砾石区、黄土砾石区等易垮塌区的地震深井钻井（10 ~ 15m），有效地解决了易垮塌区难钻深井的难题。

● 复杂山地表层结构调查与建模技术

采用 VSP、微测井、小折射、地质露头等

多种方法联合求取表层速度结构模型，大大提高了近地表模型的精度和可靠性。

拥有 4 项发明专利：

- ①一种井下检波器串式微测井的方法；
- ②井下检波器串推靠装置；
- ③井下检波器串；
- ④带推靠装置的微 VSP 井下检波器。



自主研发的井下检波器串

● 复杂山地地震观测系统设计技术

可实现复杂山地的快速建模、观测系统测试和表层结构调查信息的充分利用，设计成本较低，效果好。

● 复杂山地地震勘探噪声调查技术

能够系统了解地形起伏大、灰岩出露等复杂地表区干扰波特征，利用雷达分析、信号、噪音定量和定性分析技术剖析噪音特点，选择合适的野外地震采集参数，改善反射目的层信噪比和分辨率。

(2) 山地复杂构造成像技术系列

高陡复杂构造成像技术是依靠先进的计算机硬件和资料处理软件，采用配套的静校正、速度分析、偏移成像等方法，对山地复杂地表和地下高陡构造的地震波场准确归位的资料处理技术。中国石油拥有自主研发的 GeoMountain®山地处理工程师软件，有先进的并行处理计算机集群，能够提供一套完整的高陡复杂构造成像解决方案。



四川盆地复杂的地质构造

● 约束层析反演静校正技术

利用该技术可建立较为准确的初始速度模型，迭代收敛具稳定性，大大提高了表层速度模型反演的精度。

● 组合噪声压制技术

能自由组合各种去噪方法，适应性强，效率高、效果好。

● 三维三参量速度分析技术

技术在速度分析中速度拾取精度高，特别适用于高陡复杂构造地区的三维资料处理。

● 各向异性动校正

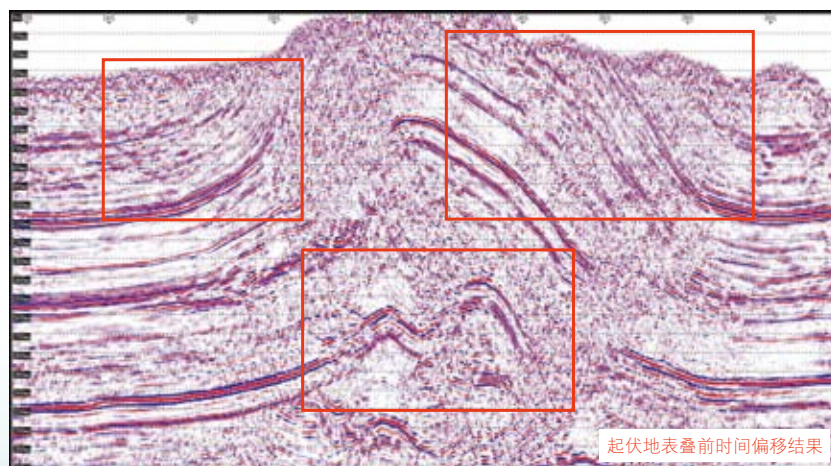
技术可减少各向异性造成的大炮检距动校拉伸畸变，获得层状地层 VTI 介质的视各向异性参数，消除成像位置深度—空间方向上产生的误差。

● 复杂构造组合偏移技术

叠前偏移处理中不需要构造精确的速度模型，就能获得相对较好的偏移成像结果，再通过叠后的剩余偏移，能实现高陡复杂构造的准确成像。

● 起伏地表叠前时间偏移技术

从起伏地表出发对地震资料进行叠前时间偏移，可避免射线路径截断、获得更精确的旅行时，能更好解决高陡构造的成像问题和常规 Kirchhoff 叠前时间偏移对陡倾角或者大偏移距偏移成像质量差的问题，同时大大提高了数据处理进度。



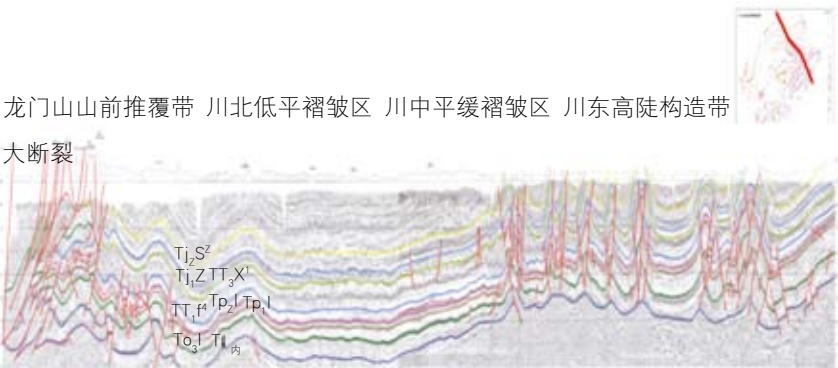
起伏地表叠前时间偏移成像效果

● 起伏地表叠前深度偏移技术

从起伏地表出发对地震资料进行叠前深度偏移，利用“边延拓—边累加”的波场延拓技术实现了起伏地表的偏移，可刻画近地表的反射，其成像精度高，断点、断面成像清楚，数据处理进度也较高。

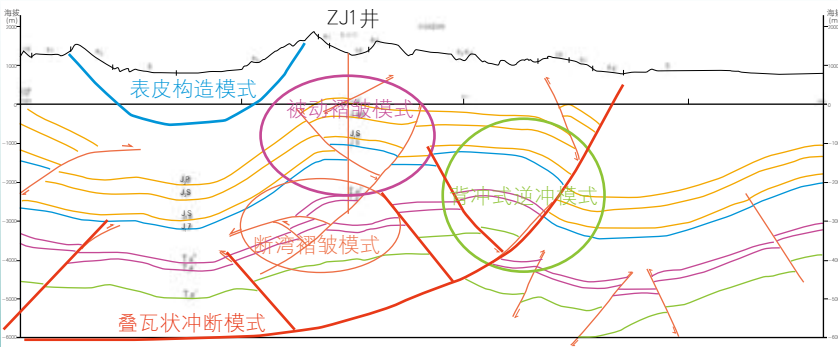
(3) 山地复杂构造综合解释技术系列

通过长期致力于山地复杂地震地质条件地区的地震资料解释，形成了构造解释—井位跟踪—井旁构造—构造解释的工作模式。应用变速成图、基于波动方程的模型正演等技术，有效地降低了复杂高陡构造地震解释的多解性给勘探工作带来的风险，提高了钻井成功率和获气率。中国石油拥有自主研发的 GeoMountain®山地解释工程师软件和国外的多种解释专业软件，可以提供山地复杂构造解释、储层预测与油气藏描述技术服务。

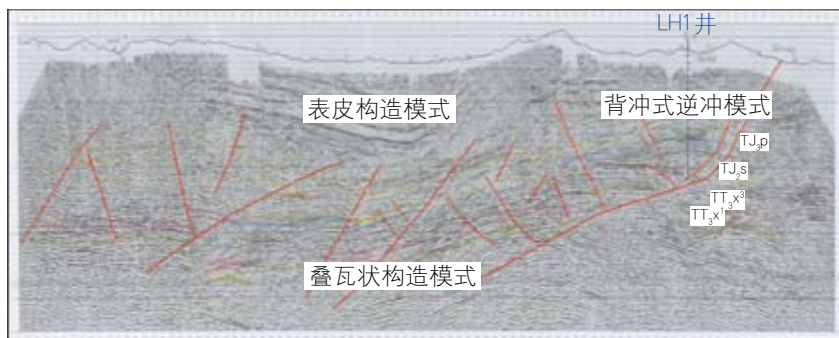


● 山地复杂构造建模技术

该技术的构造解释成果和构造模式，受地质露头 and 钻、测井资料约束，可降低多解性带来的风险，能够直接、客观地指导地震资料解释。



川西某区典型构造模式



川西某构造 02LHS014 线水平叠加解释剖面

● 山地复杂构造变速成图技术

实现了地震与多井约束的速度模型构建方法，能够有效减小山地复杂构造地区速度陷阱造成的时深转换误差，提高了构造解释成果精度，降低了钻探风险。

● 沉积相的地震识别技术

技术可全面了解地层单元的空间结构和几何关系，有利于寻找储层发育的有利沉积相带，帮助提高储层预测精度。

● 叠前参数反演及流体检测技术

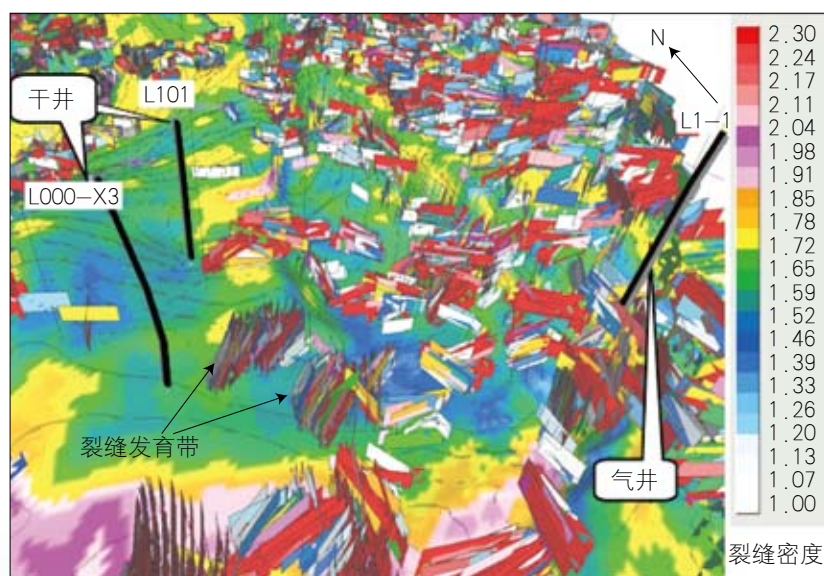
拓宽了流体检测的领域，能够获得较叠后数据更多、更敏感的储层及流体性质参数。

● 裂缝发育带预测技术

联合叠后、叠前地震资料对不同尺度的裂缝发育带进行综合预测，可降低裂缝检测风险，并实现裂缝发育带密度和方位的半定量预测。

● 地层压力预测技术

该压力预测方法不依赖于常规的压实趋势线，可充分综合地层压实信息、地震速度、压力背景恢复等参数进行区域压力分析。



川西 L 地区利用叠前地震资料预测的裂缝发育带空间分布
(背景为须二底构造模型叠合地震振幅属性)

(4) 山地地震特殊技术系列

山地地震特殊技术包括：山地 VSP 地震勘探技术、多分量地震资料处理技术和多波联合解释与反演技术。

● 山地 VSP 地震勘探技术

VSP 采集设备先进，软件系统完备，应用 VSP 成像资料和模型正演相结合的地震资料解释技术成熟，可提供完整的井震联合采集、处理、解释服务。该技术成像质量高于地面地震资料，可准确标定地质层位，精确描述井周构造、储层细节，利于复杂构造侧钻靶心的确定。

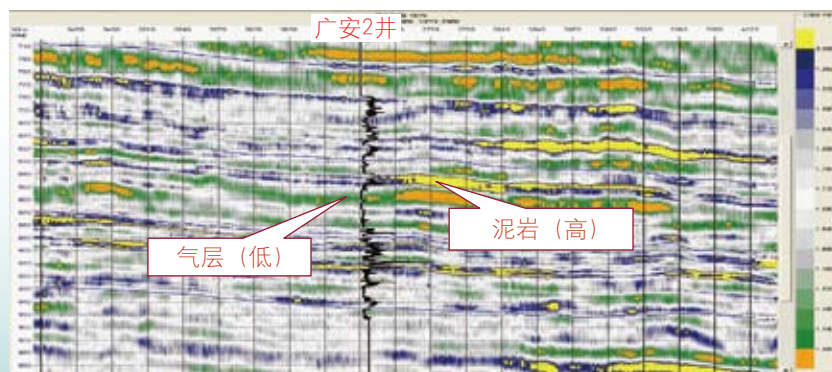
● 多分量地震资料处理技术

多分量地震勘探可综合利用纵波、横波和转换波等多种地震波信息，能够改善构造和储

层成像、识别岩性和流体、检测储层裂缝以及直接预测油气等。该技术可综合应用模型静校正、初至波静校正、反射波静校正，并结合多波同相轴对比解释，较好地解决横波静校正难题，有效提高转换波的成像精度；利用转换波方位各向异性校正还能获得地层各向异性或储层裂缝参数。

● 多波联合解释与反演技术

自主研发了 GeoMountain®多波处理、解释软件，形成了多波地震资料联合解释、岩性和流体识别、多波联合反演等技术。该技术能够获得纵波阻抗、横波阻抗、泊松比、纵横波速度比等更合理、更丰富的岩石物理参数；采用纵波与转换波反射剖面的联合解释，能够直接进行岩性和流体识别。



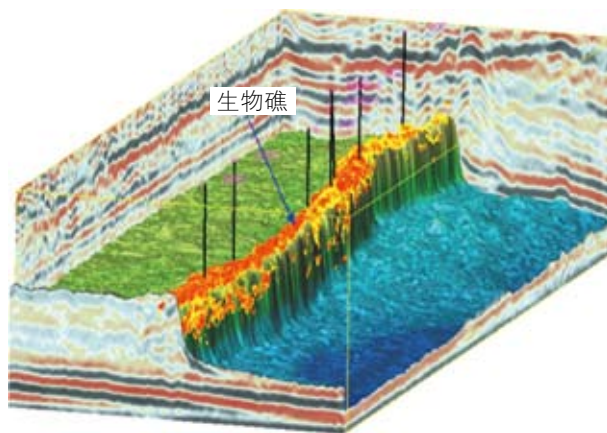
广安构造某测线的 PP 波、PS 波速度比联合反演剖面

3

典型案例

● 山地碳酸盐岩礁滩气藏勘探获得重大突破

山地地震勘探技术在四川盆地开江—梁平海槽两岸区域，发现了一批大中型礁滩气藏，落实了礁滩发育的有利相带展布规律和储层分布情况，探明了铁山坡、渡口河、罗家寨等多个飞仙关组气藏，共获飞仙关组鲕滩储层天然气探明储量约 1793 亿立方米；并实现了龙岗地区礁滩气藏勘探的重大突破，基本探明龙岗主体礁滩气藏分布格局和储量规模，采纳了 41 口建议井位，台缘带礁储层、鲕滩储层的钻探成功率分别达到了 100% 和 93%。



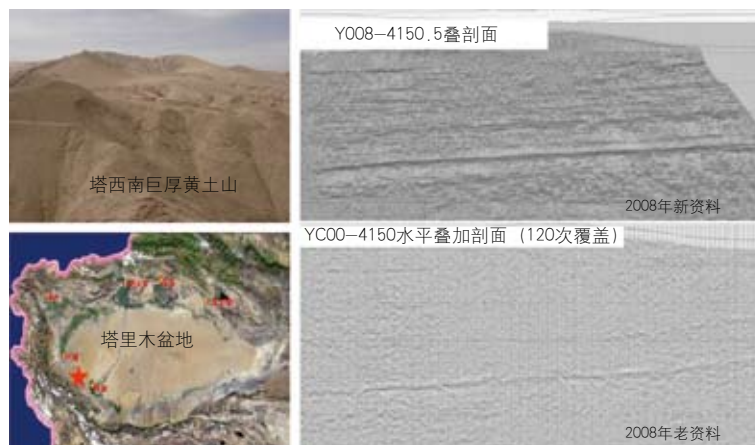
LG 生物礁分布图

● 碎屑岩气藏勘探开发获重大成果

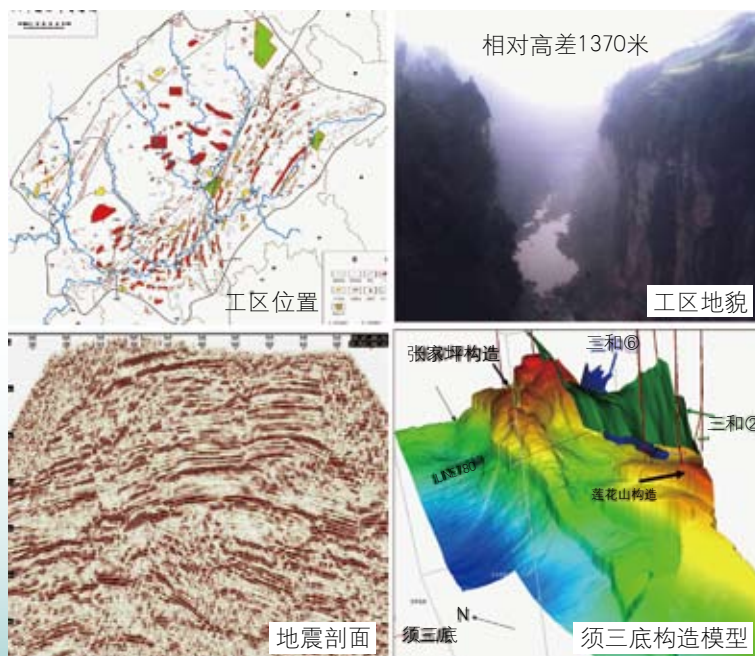
山地地震勘探技术在四川盆地广安地区有效提高了储层预测精度，工业气井钻探成功率由应用前的 40% 提高到目前的 72%，有力地支撑了该区须家河组探明储量 1252.1 亿立方米；在合川、潼南区块，建议井位 46 口，完钻 39 口，储层有效厚度预测符合率达到 87.18%，

钻探成功率达到 84.6%，获新增天然气探明储量 1183 亿 m^3 ，新增控制储量 1166 亿 m^3 。

在鄂尔多斯盆地苏里格气田苏 5、桃 7 区块寻找到多个含气富集区，截至 2009 年 10 月，完钻井 406 口，其中 I + II 类井 349 口，I + II 类井成功率由以前的 62% 增加到 86%，大幅提升了苏里格气田开发效益。



塔西南巨厚黄土区勘探进展



川西龙门山山前带高陡复杂构造区勘探进展

4

软硬件装备及工程服务能力

中国石油在复杂山地油气勘探领域从事石油、天然气地震勘探工程技术服务已有五十多年的历史，具有一流的山地地震工程技术服务实力。拥有山地地震作业队伍 30 支，VSP 队 1 支，测量队 1 支；408 XL、428 UL 等地震仪器、采集系统 28 台套，各型采集设备 56280 道；可控震源 6 台，GPS 卫星定位仪和全站仪 367 台套；各型地震钻机 1774 台；各种工程车辆 790 台。

在西南地区有最大的计算机中心作为山地地震资料处理解释支撑，处理、解释计算机集群系统共有 4290 个 CPU，存储容量达 1505TB；在气藏工程领域，拥有自主研发的 GeoMountain® 山地地震采集工程师、处理工程师、解释工程师软件系统，支持各种主流的工作站、移动 PC 等单机环境，能良好地运用于野外生产，支持计算机集群系统等大规模计算环境，能应用于室内精细处理、解释；具有引进的各类分析软件。





在山地地震、高陡复杂构造、碳酸盐岩复杂油气藏的地震勘探上具有独特的技术和服务优势，为国内外用户提供二维、三维、VSP、多波多分量等地震勘探采集、处理、解释、综合研究的一体化工程技术服务。年地震采集能力二维可达 20000km、三维地震 6000km²。年地震资料处理解释能力二维可达 100000km、三维地震 10000km²，VSP 20 口井，在行业内得到了高度的认可和信任。

5

资质与标准

中国石油川庆地球物理勘探公司是主要从事山地地震勘探工程技术服务的专业公司，是国际地球物理承包商协会（IAGC）和勘探地球物理学家协会（SEG）会员单位，SCGC 拥有中国“甲级测绘单位”资质，通过了 ISO—9001:2000 国际质量体系认证，建立了完善的环境管理体系、完善的职业健康安全管理体系，通过环境管理体系认证及得到中国石油 HSE 管理体系认证。SCGC 先后为中国各大油气田和海外业主（壳牌、道达尔、德士古等）提供了优质的地震勘探工程技术服务。已累计完成地震采集二维 31.31 万 km、三维 17095km²；地震处理解释二维 146.9 万 km、三维 98444km²。





序号	标准编号	标准名称
1	ST/T5775—95	山区地震勘探测量技术规程
2	ST/T6291—97	石油全球卫星定位系统动态测量技术规程
3	ST/T6051—2000	山区二维地震勘探资料采集技术规程
4	ST/T6247—2003	山区三维地震勘探资料采集技术规程
5	ST/Y5723—95	山地地震钻机
6	SY/T6248—96	全站仪使用与维护技术规程
7	SY/T5937—94	石油物探行业质量手册编写指南
8	SY/T5934—2008	地震勘探成果钻井符合性检验
9	ST/Y5499—2003	人抬钻地震勘探劳动定额
10	SY/T6643—206	陆上多波多分量地震勘探资料采集技术规程
11	SY/T6732—2008	陆上多波多分量地震勘探资料处理技术规程

6

专家团队



李亚林 天然气勘探专家、SEG 会员，具有 20 多年从事高陡复杂构造成像与综合解释、复杂油气藏储层预测与油气藏技术描述、多分量地震勘探技术研究和现场实践经验。主持“裂缝性气藏多波勘探方法及应用研究”等多项重大科研项目，发表学术论文 27 篇。

电话：13608089513

E-mail: liyal_sc@cnpc.com.cn



李志荣 地震勘探专家。长期从事地震勘探方法研究，将小波理论等多项新技术、新方法引入到地震勘探中，为地震资料处理、储层解释提供了新的思路 and 手段。荣获“孙越崎科技教育基金优秀青年奖”。

电话：13708024769

E-mail: lizhir_sc@cnpc.com.cn



文中平 陆上地震勘探采集技术专家。长期从事地震勘探采集技术及方法研究。在库车坳陷高陡复杂山地区域提出的技术方案获得了一批高品质的地震剖面，为后来整体解剖库车坳陷油气藏起到了重要的作用。运用小折射、深微测井和野外小道距层析折射相结合的施工方法，解决了黄土塬砾石区表层结构问题。

电话：13980763859

E-mail: wenzhongping_sc@cnpc.com.cn



何光明 地震资料处理解释和地质综合研究系统技术专家。多年从事小波理论、分形理论、神经网络等多项新理论的研究，在国内率先将适合于研究复杂对象的分形理论成功应用于物探领域。负责“GeoMountain®复杂山地地震软件系统研发与应用”研发工作。

电话：13618030586

E-mail: heguangming_sc@cnpc.com.cn



巫芙蓉 地震资料解释及地质综合研究技术专家。在裂缝预测、储层预测方面取得多项研究成果。曾荣获第十六届孙越崎青年科奖。

电话：13648090807

E-mail: wufurong_sc@cnpc.com.cn



联系人：刁顺 先生
电 话：59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

