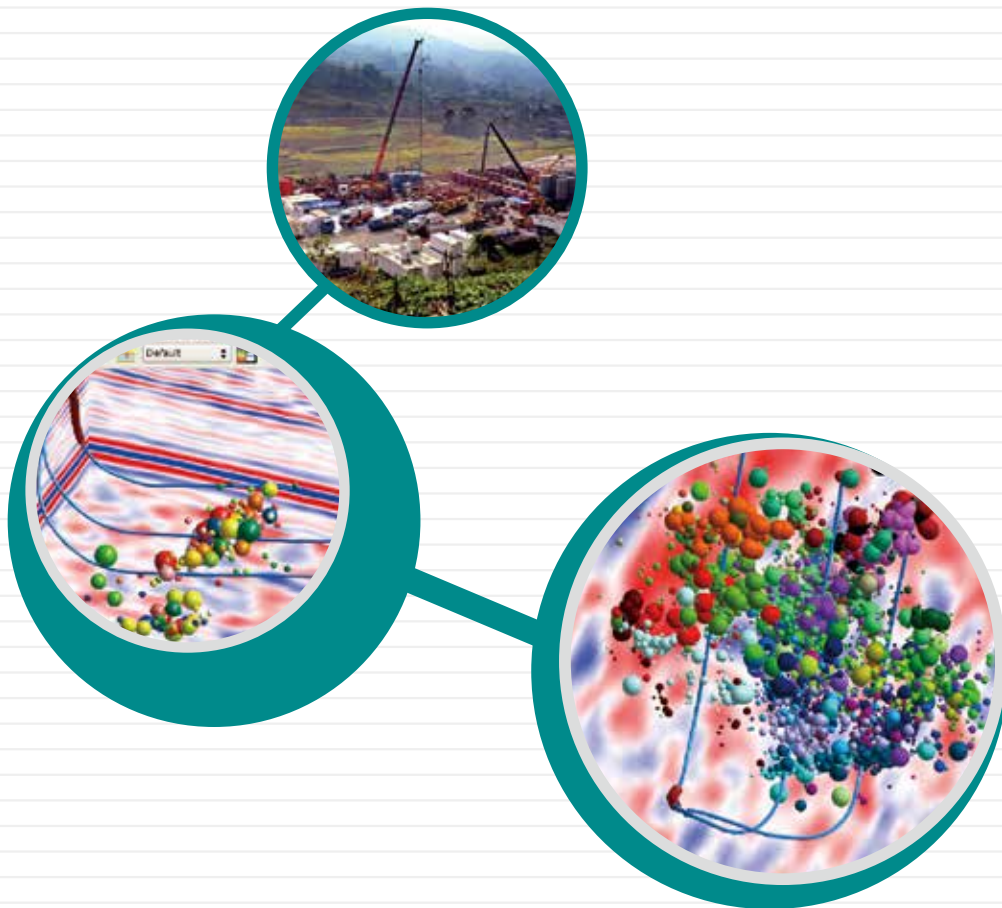




CQ-GeoMonitor 微地震监测系统

2014 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

监测地下岩石瞬时脉动，透视裂缝延展动态影像！





目 录

1 简 介	3
2 软件功能	4
3 特色技术	7
4 典型案例	9
5 科研装备	13
6 资质标准	15
7 售后服务	17
8 专家团队	18



中国石油天然气集团公司（简称“中国石油集团”，英文缩写：CNPC）是根据国务院机构改革方案，于1998年7月在原中国石油天然气总公司的基础上组建的特大型石油石化企业集团，系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，主要业务包括油气业务、石油工程技术服务、石油工程建设、石油装备制造、金融服务、新能源开发等。中国石油天然气集团公司2013年国内生产原油1.13亿吨，生产天然气888.4亿立方米，加工原油1.46亿吨，全年实现营业收入2.76万亿元，实现利润1880亿元。

2013年，中国石油在世界50家大石油公司综合排名中位居第4位，在全球500家大公司排名中位居第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“主营业务战略驱动，发展目标导向，顶层设计”科技发展理念和“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的指导方针，以国家科技重大专项为龙头、公司重大科技专项为核心、重大现场试验为抓手、重大装备、软件、产品、标准为载体，持续推进科技进步，提升科技创新能力，取得一大批具有自主知识产权的先进实用技术。

CQ-GeoMonitor 微地震监测系统就是具有代表性的重大创新成果之一。

奉献能源 创造和谐

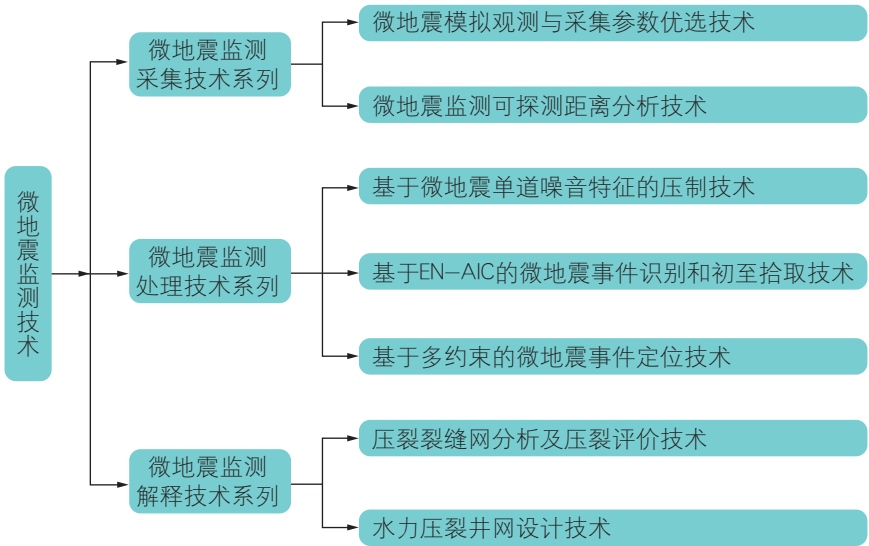
1 简介

微地震监测技术是有效、可靠性高的一种压裂裂缝监测技术，能够实时监测压裂裂缝的空间展布，被国内外广泛应用于压裂裂缝监测和油藏动态监测。

中国石油长期致力于微地震监测技术的研发，成功研发出了 CQ-GeoMonitor® 微地震监测软件系统。软件系统为微地震压裂监测、微地震水驱监测和微地震气驱监测等提供了一体化解决方案，是非常规油气勘探、开发、开采的重要技术利器。

CQ-GeoMonitor® 微地震监测软件系统覆盖了世界通用的微地震地面、浅井、深井监测技术，既能满足密集井网区压裂微地震监测的施工需求，又能满足无监测井微地震压裂监测的需求，更能适应不同勘探开发阶段微地震监测面临的各种地质条件。

国内首个 CQ-GeoMonitor® 微地震监测软件系统，推动了中国石油在水力压裂监测和其他油气田生产监测的发展，提高了中国石油在工程技术服务领域的核心竞争力。

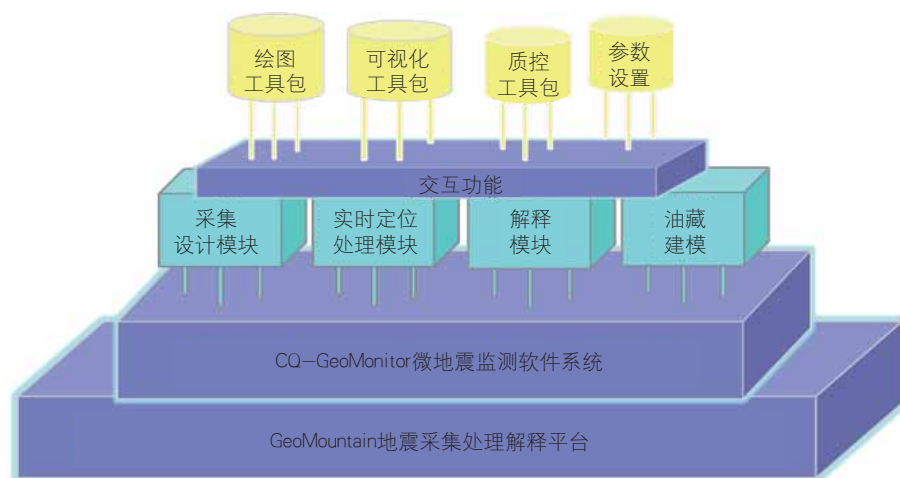


微地震监测技术构架图

2

软件功能

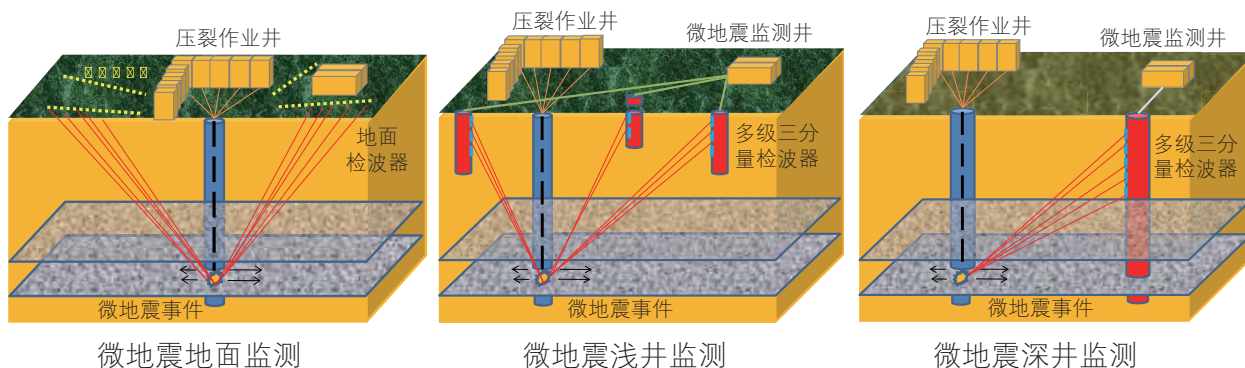
中国石油自主研发的 CQ-GeoMonitor[®] 微地震监测软件系统，能够提供涵盖微地震监测采集设计、资料实时处理、裂缝解释的完整解决方案。



CQ-GeoMonitor[®] 微地震监测软件系统架构

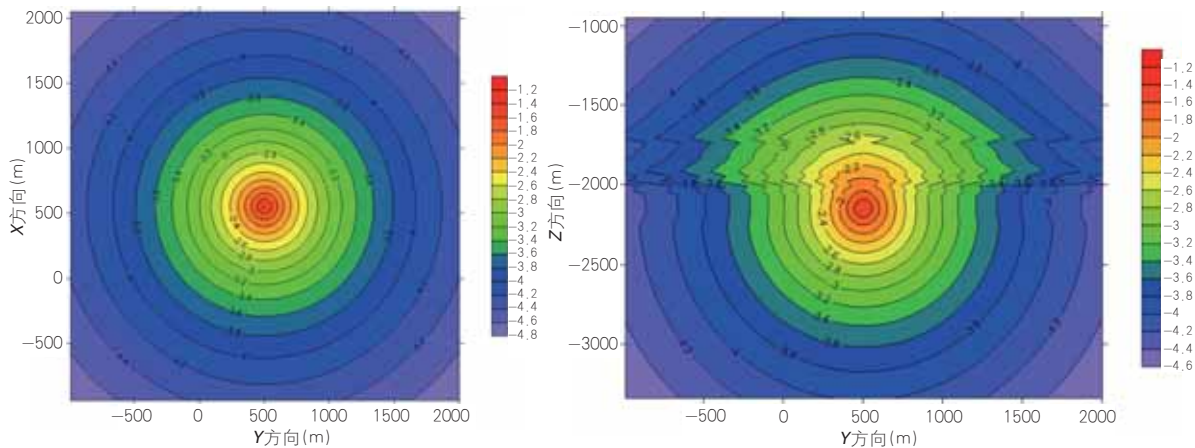
2.1 多方式微地震监测

CQ-GeoMonitor[®] 微地震监测软件系统，能够为不同的压裂施工作业条件提供全面的监测手段，具备微地震地面监测、微地震浅井监测、微地震深井监测、微地震联合监测等功能。



2.2 微地震监测采集设计

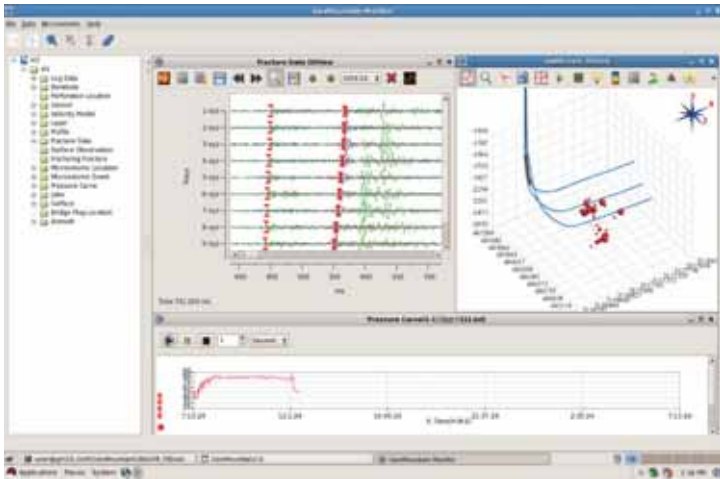
CQ-GeoMonitor[®] 微地震监测软件系统，可以结合不同地层物性参数、压裂参数，对微地震事件的发震、传播特性进行高仿真度模拟，提供监测距离、观测方式等优化的微地震监测设计方案。



微地震事件可探测距离能量模拟

2.3 微地震实时监测

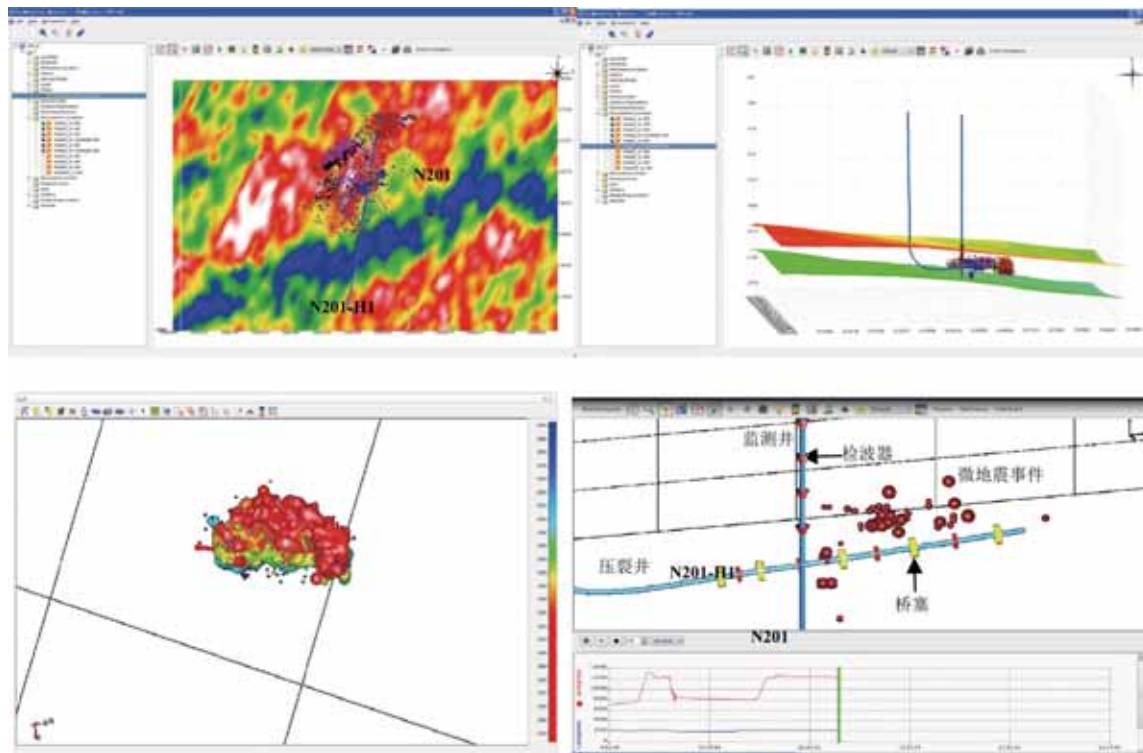
CQ-GeoMonitor[®] 软件能够实时监测压裂施工动态，自动识别微地震事件和准确进行微地震震源定位，使用户全面掌握压裂裂缝的动态空间展布，为动态调整压裂参数提供依据，软件的现场实时处理响应小于 10s。



实时监测界面

2.4 微地震协同一体化数据融合解释

CQ-GeoMonitor[®] 软件系统采用了地震解释软件系统的一体化架构和软件平台，较国外软件，更能够同时兼容地质、测井、地震数据以及三维可视化等功能，便于充分结合地震、地质、测井、压裂及微地震数据，提高微地震监测结果的合理性、可靠性。



多域协同一体化数据（地震、地质、测井、压裂、微地震）融合显示

3

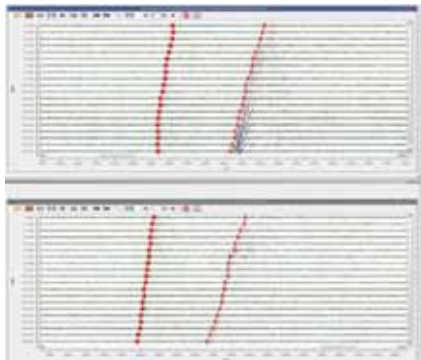
特色技术

◆ 基于 En-AIC 的微地震事件识别和初至拾取技术

En-AIC 方法能高精度、高效识别微地震事件和拾取初至，可根据阈值控制拾取不同能量级的事件信号。

◆ 基于多约束的微地震事件定位技术

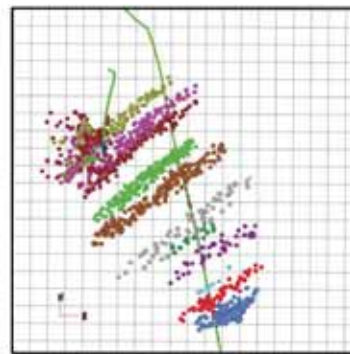
一种多参数约束的微地震事件综合定位技术，将微地震初至、能量、偏振等特性充分结合，相互验证和约束，最终反演得到最优化的震源空间位置。



En-AIC 方法可识别和拾取
不同能级微地震事件



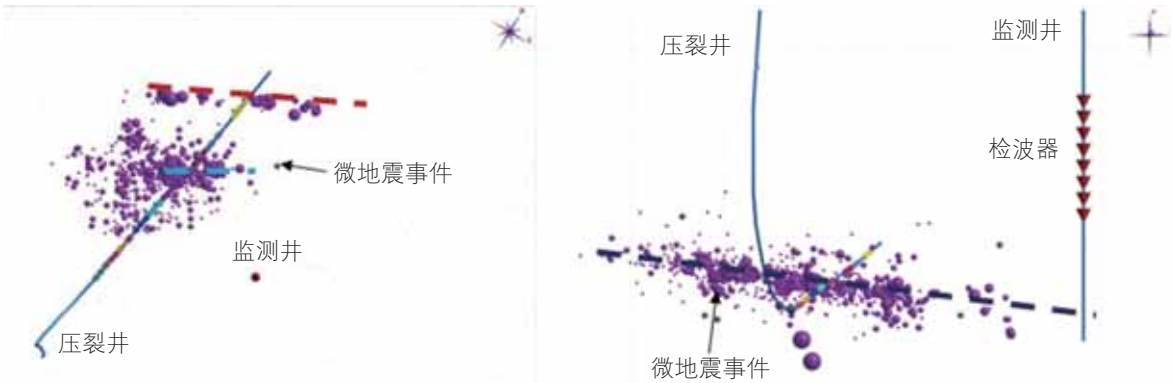
N 井微地震事件定位结果俯视图



HP 井微地震监测俯视图

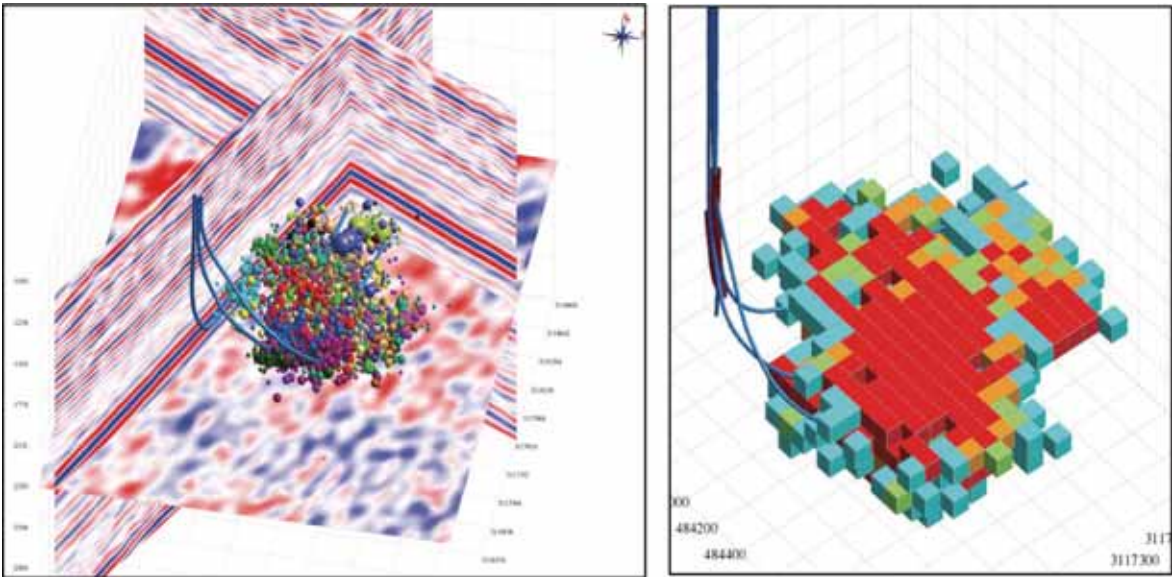
◆ 压裂裂缝网分析及压裂评价技术

利用微地震事件点集的时间、空间、震级、偏振等特性，结合主地应力方向、前期地质物探测井成果，分析井区压裂主裂缝与微裂缝、次生裂缝与天然裂缝的空间展布情况。



压裂裂缝网分析

采用三角剖分方法，计算有效的压裂储层改造体积（SRV）。



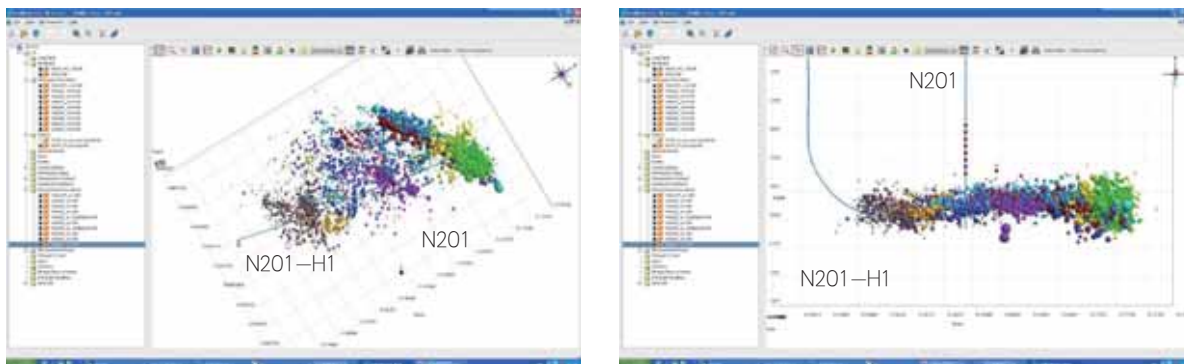
某井微地震监测及 SRV 体积展示

4

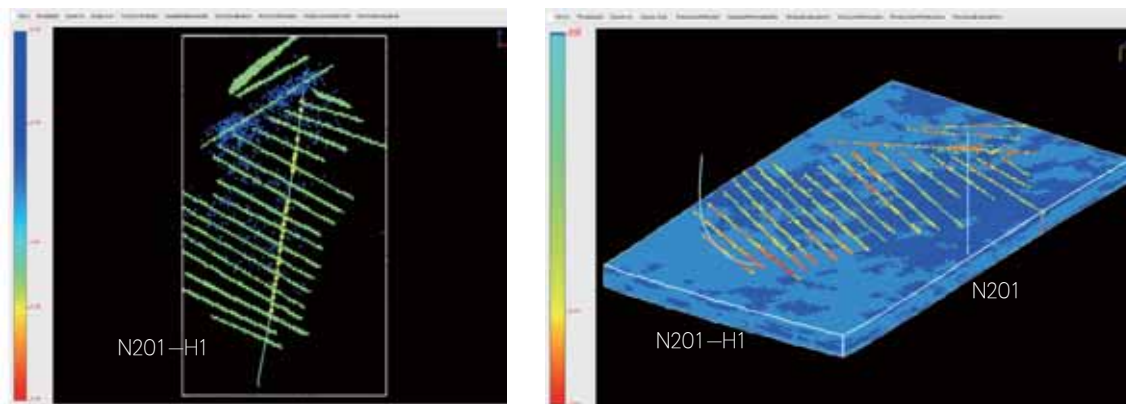
典型案例

4.1 微地震深井监测

N201 井位于四川长宁地区，压裂过程中出现压力水平低、填充剂大量流失的现象。利用 CQ-GeoMonitor[®] 软件系统的现场实时处理，确定压裂区域存在较大规模的天然断层，实时指导压裂施工参数调整，很好地规避了压裂风险，形成了大范围的网状裂缝，压后产气量达到 $14 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的无阻流量，提高了压裂质量，达到了良好的储层改造效果。



N201—H1 井微地震深井监测定位结果

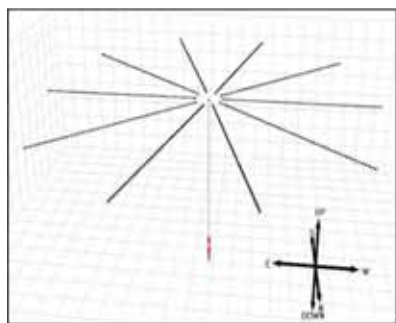


基于微地震监测结果的综合解释

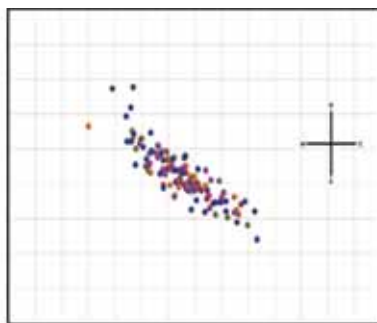
(左：块状储层裂缝主体方位标定；右：块状储层渗透率更新)

4.2 微地震地面监测

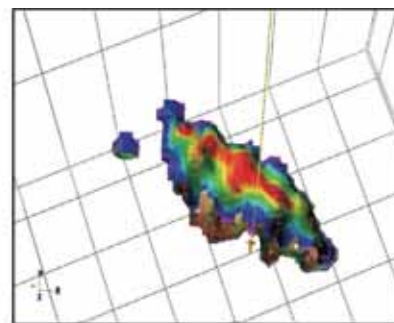
X03 井是一口直井，为了让目的层砂岩产生足够的渗流通道，对其分 5 段进行压裂，由于 X03 井周围无合适距离的监测井，故利用微地震地面监测方法监测压裂效果。运用中石油 CQ-GeoMonitor[®] 软件系统，对该井压裂进行实时监测，监测结果表明，该井区压裂裂缝主要受应力方向控制，呈北西向 60° 方位展布，裂缝网长度为 728m，宽度为 241m，M-SRV 为 $1184.8 \times 10^4 \text{m}^3$ ，达到了压裂目的。



X03 井微地震地面监测排列



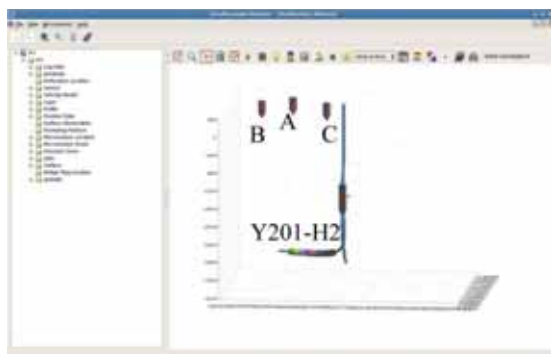
X03 井微地震监测结果俯视图



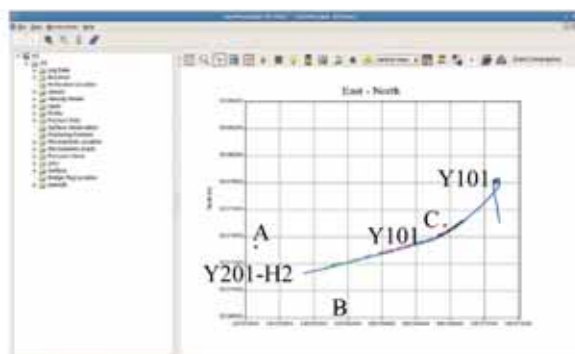
X03 井压裂裂缝体

4.3 微地震“浅井 + 深井”联合监测

Y201-H2 井是四川一口页岩气水平井，水平段长度 1000m。为了实时评估压裂效果和提高压裂监测精度，微地震监测采用“3 口浅井 + 1 口深井”的联合监测模式，如下图所示的微地震观测系统。



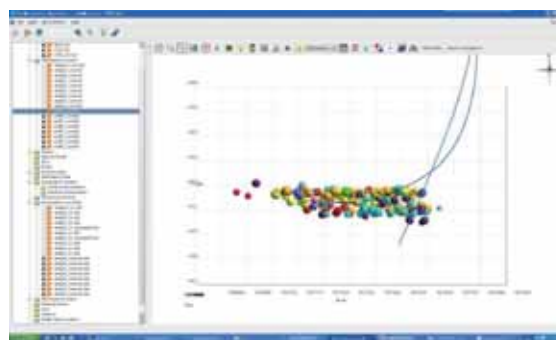
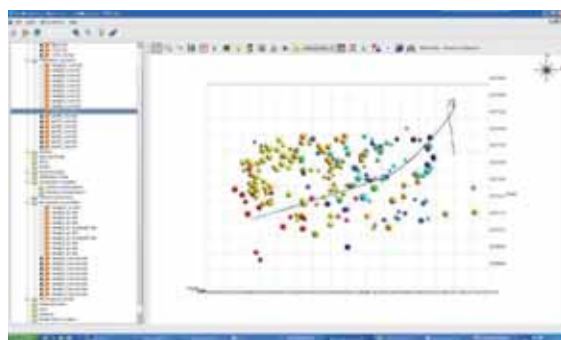
Y201-H2 井压裂监测观测系统侧视图



Y201-H2 井压裂监测观测系统俯视图

记录仪器布设:3 浅井 +1 深井, 其中每口浅井布设 19 级检波器, 深井布设 40 级检波器, 检波器间距 15m。

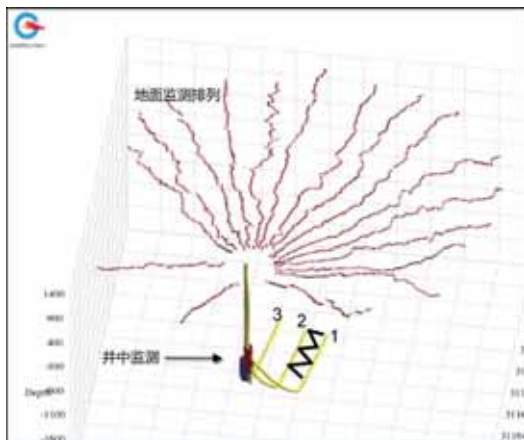
利用 CQ-GeoMonitor[®] 软件系统, 进行射孔速度校正、去噪、检波器方位校正、弱信号增强、震源定位等处理, 在距离压裂目的层 3300 余米的浅井监测到有效微地震事件。处理结果表明, 该井压裂裂缝半长 330 ~ 620m, 高度 240m, SRV 体积为 $3300 \times 10^4 \text{m}^3$, 在井眼周围形成了复杂的裂缝系统, 该井页岩气获得日产气 40 多万立方米, 压裂达到目的。



Y201-H2 井压裂微地震监测定位结果

4.4 微地震“地面 + 深井”联合监测

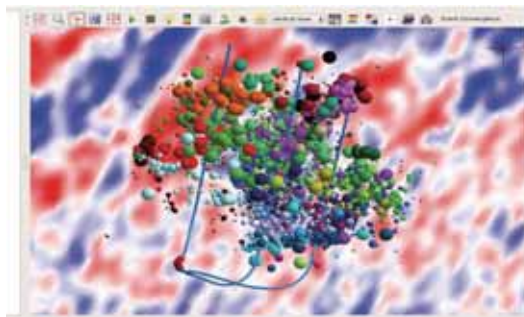
“四川长宁—威远国家级页岩气示范区”的H3平台项目，共有3支水平井。为了提高效率和精度，国内首次实施了24小时不间断工厂化拉链式压裂微地震监测，并采用“地面 + 深井”联合监测的监测模式。利用CQ-GeoMonitor[®]软件系统进行实时监测，通过实时监测压裂裂缝的空间分布，实时地指导了压裂施工作业、优化了压裂施工设计、规避了压裂作业所致的地下潜在风险。



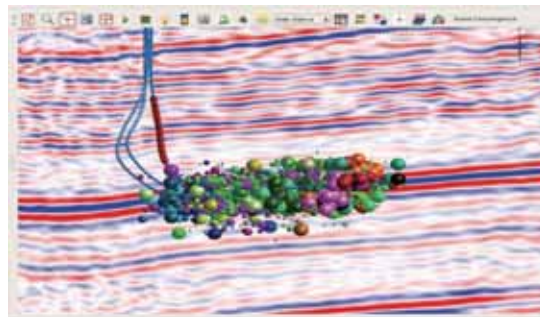
井中监测和地面监测同时进行：

- 地面监测：布设 17 条排列
(2425 道检波器)
- 井中监测：30 级检波器

H3 平台微地震监测观测参数



H3 平台微地震监测俯视图



H3 平台微地震监测侧视图

5

科研装备

拥有的微地震监测专用设备：井中监测数字采集仪和地面监测采集系统；井中采集设备 105 级和地面采集设备 11000 点数字检波器；GPS 卫星定位仪和全站仪 50 台套；电缆绞车 1 台；各种工程车辆 30 台；300m 浅层钻井设备 1 套。



硬件设备

西南地区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；拥有自主研发的 CQ-GeoMonitor[®] 微地震监测软件系统，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。



计算机集群

6 资质标准

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，SCGC 拥有中国“甲级测绘单位”资质，通过了 ISO—9001:2008 国际质量体系认证，建立了完善的管理体系、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，制定或参与制定了多项行业、企业物探技术标准。





序号	标准编号	标准名称
1	SY/T 5314—2011	陆上石油地震勘探资料采集技术规范
2	SY/T 5171—2011	陆上石油物探测量规范
3	SY/T 5332—2011	陆上地震勘探数据处理技术规范
4	Q/SY 1116—2010	山区地震勘探资料采集技术规程
5	Q/SY 1628—2013	微地震井中监测技术规程
6	Q/SYCQZ 700—2013	GeoSpace GeoRes 井下地震数据采集系统检验技术规范
7	Q/SYCQZ 701—2013	标准化作业程序 微地震地面监测作业
8	Q/SYCQZ 702—2013	标准化作业程序 微地震井中监测作业
9	Q/SYCQZ 692—2013	微地震监测技术规范
10	Q/SYCQZ 688.2—2013	页岩气藏储层改造技术规范第 2 部分：微地震监测
11	Q/SYCQZ 297—2013	地震勘探资料解释技术规程

序号	专利名称	专利类别	申请号 / 专利号	状态
1	相对震级类比反演方法	发明	201210424232.0	受理
2	基于大斜度井的微地震监测定位方法	发明	201310330211.7	受理
3	基于四维聚焦的地面微地震定位方法	发明	201210423976.0	受理
4	波包叠加微地震地面定位方法	发明	201310330555.8	受理
5	一种基于射孔约束的 EnKF 微地震事件定位反演方法	发明	201210313570.7	受理
6	基于扫描面正演的伪三维快速微地震正演方法	发明	201210307813.6	受理
7	基于数据库技术的同型波时差定位方法	发明	201110356935.X	受理
8	基于数据库技术的纵横波时差定位方法	发明	201110356780.X	受理
9	基于方位角约束的微地震事件定位方法	发明	201210301342.8	受理
10	用于检测微地震的检波器的推靠装置	实用新型	ZL201220633272.1	授权

7

售后服务

用户数据模型：中国石油为每一位压裂监测用户建立用户数据库、后期油藏模型、提供动态模拟，为每一个开采区域建立压裂监测参数体系。

软件升级：定期提供软件升级服务，并且可针对不同用户需求，订做软件模块。

培训：竭诚为每一位 CQ-GeoMonitor 的用户提供专业的培训服务。

专家团队：每一次监测任务，中国石油都将为您配备专业的压裂监测专家团队。

远程服务团队：提供远程服务，及时为您解决实际问题。

8

专家团队



李亚林

天然气勘探专家、SEG 会员、多年从事石油地球物理勘探技术研究及应用工作，主持完成了微地震监测、页岩气地球物理勘探、多分量地震勘探、裂缝检测等二十余项国家级、省部级项目。曾获中国地球物理学会“傅承义青年科技奖”、“第七届四川省青年科技奖”，发表论文 80 余篇，获得发明专利授权 9 项。

电话：13608089513

Email：liyali_sc@cnpc.com.cn



巫芙蓉

微地震监测技术专家，多年从事储层预测、裂缝检测、微地震监测技术研究及应用工作。主持完成了微地震监测、页岩气地球物理勘探、裂缝检测等十余项国家级、省部级项目。曾荣获“第十六届孙越崎青年科技奖”、“第九届四川省青年科技奖”，发表论文 30 余篇，申请发明专利 14 项。

电话：13648090807

Email：wufurong_sc@cnpc.com.cn



何光明

地震资料处理解释和综合研究技术专家。多年从事小波理论、分形理论、神经网络等新理论研究，主持完成了 GeoMountain 复杂山地地震软件系统、CQ-GeoMonitor 微地震监测软件系统的研发和应用，发表学术论文 30 余篇，获得发明专利授权 20 余项。

电话：13618030586

Email：heguangming_sc@cnpc.com.cn

**刘 鸿**

信息工程技术专家，多年从事地震资料处理方法研究与软件开发工作，多次参与省部级研发项目。负责实施了 CQ-GeoMonitor 微地震监测软件系统的研发和应用工作。发表学术论文 6 篇，获得发明专利授权 10 余项。

电话：13076085786

Email：Liu_h_wt@cnpc.com.cn

**曹立斌**

VSP 与微地震监测技术专家，多年从事 VSP 技术、微地震压裂监测技术，井控地震资料处理技术研究。完成了多项省部级、局级项目，发表论文 10 篇，申请发明专利 3 项。

电话：13438321239

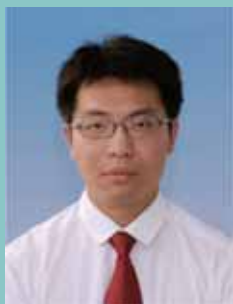
Email：caolibin_sc@cnpc.com.cn

**尹 陈**

微地震监测技术专家，从事微地震监测技术研发及软件研制工作。完成了多项省部级、局级微地震监测技术研究及应用项目，曾荣获川庆钻探工程有限公司“十大杰出青年科技工作者”称号，多次参加国际会议，发表论文 10 余篇，申请发明专利 9 项。

电话：028-85762513

Email：yinch_wt@cnpc.com.cn

**康 亮**

微地震监测技术专家，完成了多项微地震监测技术研究，在微地震监测采集设计、处理、解释等方面取得多项技术突破，发表论文 10 余篇，申请发明专利 9 项。

电话：028-85762513

Email：kangl_wt@cnpc.com.cn



联系人：刁顺 先生
电 话：86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn



