

# 微震监测技术发展状况及各提供商 技术特点简介

周乐

---

1. 题引：微震技术简介 .....	3
2. 国际微震监测技术主要提供商 .....	4
3. 各大公司软硬技术特点及其主要业务领域 .....	5
3.1. 矿震研究院 INSTITUTE OF MINE SEISMOLOGY (IMS) .....	5..
3.2. 加拿大 ESG Solutions 公司 (ESG).....	6
3.3. 美国 MicroSeismic 公司 .....	7
3.4. 英国 Semore Seismic 公司 .....	8
3.5. 加拿大 Microseismic Industry Consortium (mu-SIC) .....	9
3.6. 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 CSIRO .....	10
3.7. Schlumberger 公司 .....	11
3.8. 英国 Applied Seismology Consultants 公司 .....	12
4. 各大提供商硬件主要技术指标对比 .....	13
5. 各大主要厂商用户群区域及市场占有率分析 .....	14
6. 主要信息来源 .....	15

# 1. 题引：微震技术简介

微震监测技术用于监测岩体在变形和破坏过程中，裂纹产生、扩展、摩擦时内部积聚的能量以应力波的形式释放，产生微震事件。1990 年代以来，由于引入了现代计算机技术、现代通讯技术、GPS授时定位技术、地震学相关知识，该技术取得了突破性进展。借助专业化的数据处理软件，能够实现在三维空间中实时准确地确定岩体中微震事件发生的位置、量级，从而对岩体的变形破坏的活动范围、稳定性及其发展趋势做出定性、定量评价。

微震监测技术在工程上的应用领域主要是矿山微震监测，监测并定位不稳定岩体，做出预警，还可以预测岩体对工程开展的反应，进行灾害等级评估等。在石油开采领域，通过监测水压制裂过程中储油或储气层产生的微震信号，可以帮助操作人员得到压裂过程信息，以指导并优化工程参数设置。在土木工程领域，利用微震监测技术，还可以进行隧道稳定性监测、边坡稳定性和大坝稳定性监测等。

微震监测技术相比其他工程力学监测技术有着某些优势：

- 三维实时监测岩体整体；
- GPS 授时准确定位；
- 小直径钻孔安装、兼容各种传感器，实现多参数综合监测；
- 专业化的数据处理软件；
- 全波形、全数字、高速信号采集；
- 高分辨率、多通道、宽频率、灵活的有线、无线通讯，可建遥测站等；
- 同时在空间和时间的预测方面有突出优势；
- 特别适合长期观测。

## 2. 国际微震监测技术主要提供商

随着微震监测技术的日臻成熟和应用领域的逐步扩展，越来越多的公司进入此领域，开发出自己的微震监测软硬件，并提供相应的技术服务。在全球范围内，设备、技术比较成熟，提供服务比较完善，并具有一定规模和市场占有量的公司有如下几家：

南非的矿震研究院， INSTITUTE OF MINE SEISMOLOGY (IMS)

加拿大的 ESG Solutions 公司，简称 ESG

美国的 MicroSeismic 公司

其他还有一些公司，如：

英国的 Semore Seismic 公司

加拿大的 Microseismic Industry Consortium (mu-SIC) 公司

澳大利亚的 CSIRO公司

Schlumberger 公司

英国的 Applied Seismology Consultants 公司，简称 ASC



### 3. 各大公司软硬技术特点及其主要业务领域

#### 3.1. 矿震研究院 INSTITUTE OF MINE SEISMOLOGY (IMS)

南非的矿震研究院，在业界具有较为丰富的经验，现在为世界 200 多家矿山企业的微震监测服务。公司具有丰富的人才储备和技术储备，注重新技术开发和基础性研究，使得公司能够不断开发新技术和提升其硬件软件制造开发水平。

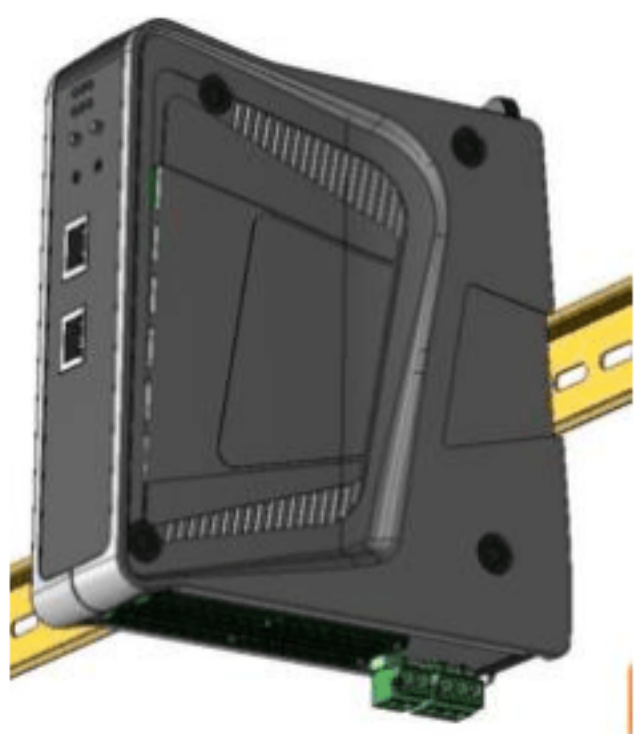
业务的主要领域集中在矿山企业的微震监测，并提供一整套完善的服务方案。从硬件选型，硬件布置和安装，软件实时监控采集数据，软件后期处理数据，到提供微震监测报告，协助矿山企业完成对由于作业造成的岩体失稳预警、监测、分析和管理工作。

其硬件系统的主要特点为：数采可调的采样率高，动态范围大；组网灵活；适应多种通用的通信方式，并研发出特有的通讯协议和通讯硬件；方便耐用。

软件的主要特点是：分工明确，具有四种不同功能的软件；软件功能强大，分析处理微震数据方便；可视化功能强大，基于用户设计。

服务特点：可以根据用户的需要，提供多层次多角度的服务。用户既可以选择自己应用软件进行微震监测，也可以由 IMS 提供人工微震数据处理分析、大地震事件预警和定期提供岩体灾害管理报告等服务。公司也提供特殊地震事件调查和静态应力模型建立等其他服务。

数采：netADC



### 3.2. 加拿大 ESG Solutions 公司 (ESG)

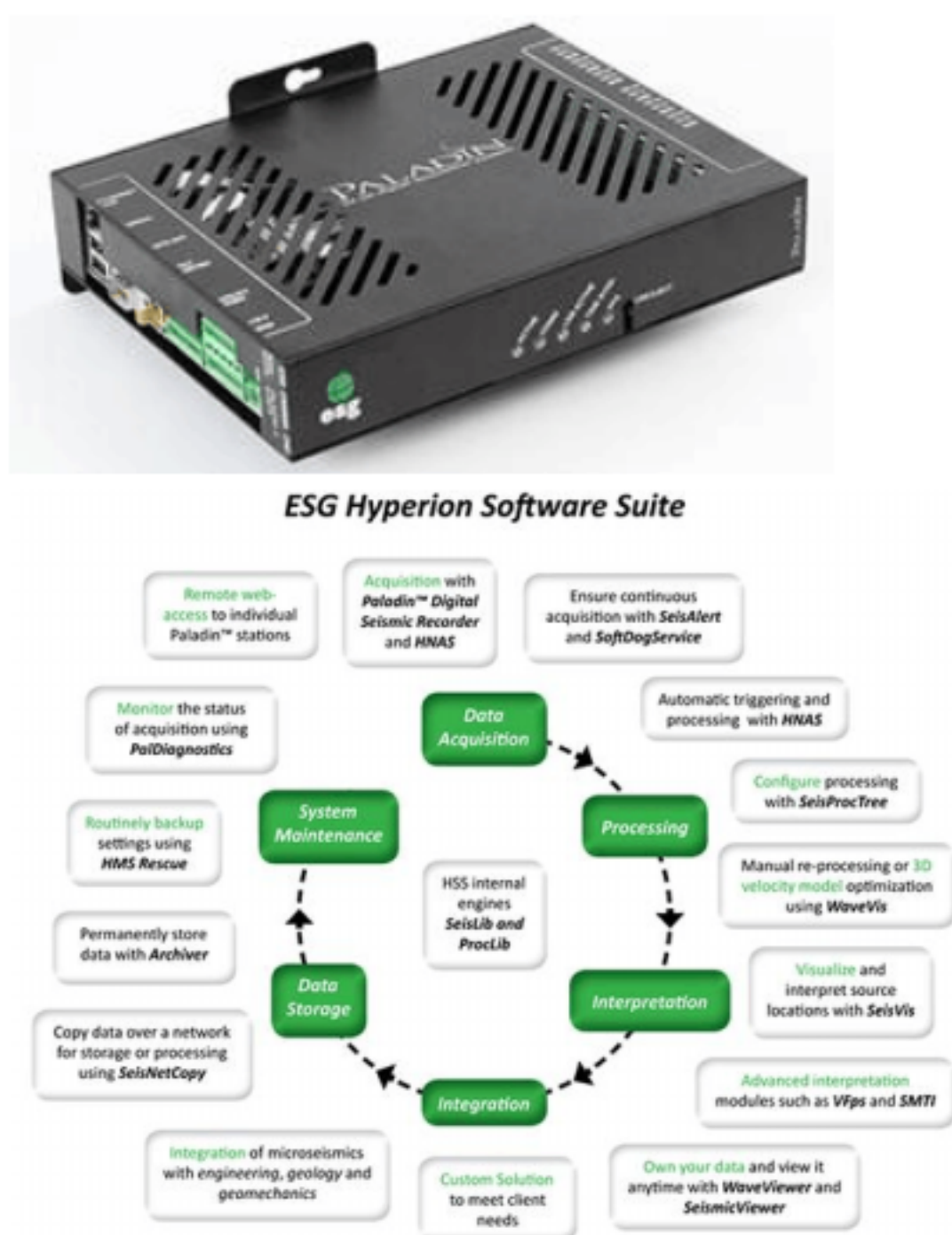
ESG公司在微震监测领域具有 25 年的经验，服务涉及能源，矿山和岩土工程等多个领域。其中包括：水制压裂监测，储气储油层长期监测，废气废物存储监测，矿山监测和在岩土工程的应用。

公司具有完整的软硬件体系。其硬件方面的特点为：数采仪灵活，可独立或组网运行，并有便携式型号的设备；数采设备具有体积小，质量轻，结实耐用的特点；数采仪不但可以连接地震传感器，也可以连接其他类型传感器，如斜度计，温度计和压力计等；地震传感器类型众多，可以满足不同用户的需要。

软件方面：公司开发出特有的微震数据采集、处理和解释软件；设有软件开发组，可以不断提升软件功能；软件开发组能够客户的需要对软件进行特殊化处理设置。

服务方面：公司提供从可信性研究、系统设计、安装、运行和维护支持一整套解决方案。提供高级微震数据分析服务；致力于不断提升微震应用技术，开发软件算法和分析方法；提供咨询和科研服务。

数采：Paladin





### 3.3. 美国 MicroSeismic 公司

成立于 2003 年，位于美国德克萨斯休斯顿，其微震监测系统主要监听水制压裂产生的低能量微震噪声。系统能够获取微震数据，产生实时三维结构图像。能够使操作者获得液体运动模式，裂缝发展动向，改善压裂过程管理。通过更好地理解压裂反应，结合裂缝几何形状，方位，连续性，密度和长度，操作者能够实时调整压裂参数，如泵压，泵速，支撑剂，以增加产量和提高回收率。

硬件特点：BURIEDARRAY<sup>®</sup> SERVICE 技术，放置在地表，范围广泛，可达 40 到 1300 平方公里，并提供高分辨率的地质图像数据；FRACSTAR<sup>®</sup> SERVICE 技术，安置在地表，为辐射状的检波器链组矩阵，安装方便，定位精确。

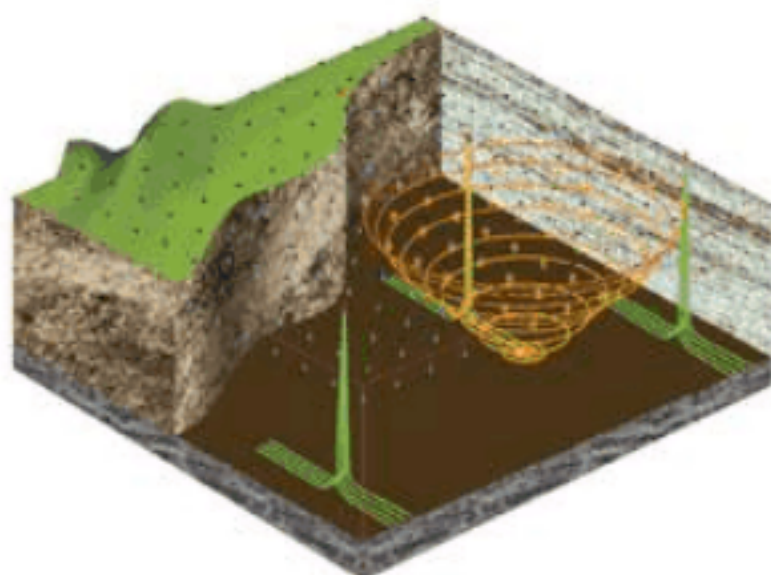
特有的被动地震波发射层析技术，Passive Seismic Emission Tomography (PSET<sup>®</sup>) technology，采用波速控制概念，采集并处理来自 FRACSTAR<sup>®</sup> SERVICE 和 BURIEDARRAY<sup>®</sup> SERVICES 的结果。通过采集，处理和分析数据，所得结果有助于理解储层的非均匀性和地质条件。

通过 PSET 技术，微震监测服务主要包括：

- 水制压裂导致的断层测绘
- 描述储层大规模断层或不连续性
- 油藏压实区域识别
- 注射液作业面监测
- 连续储层监测。



BURIEDARRAY<sup>®</sup> SERVICE



### 3.4. 英国 Semore Seismic 公司

公司提供的微震监测服务主要应用在如下几个领域：

- 压裂监测
- 整场监测
- 生产监控
- 钻井诱发地震 / 钻孔稳定性监测
- 废物再注射监测
- 岩爆监测

硬件方面，公司开发出系列微震钻孔传感器，包括检波器和加速度计。分别有低温型号，高温型号，及极恶劣环境下使用的型号。

Semore Seismic 主动地震成像和被动地震（微震）处理软件封装软件包，其主要功能包括：

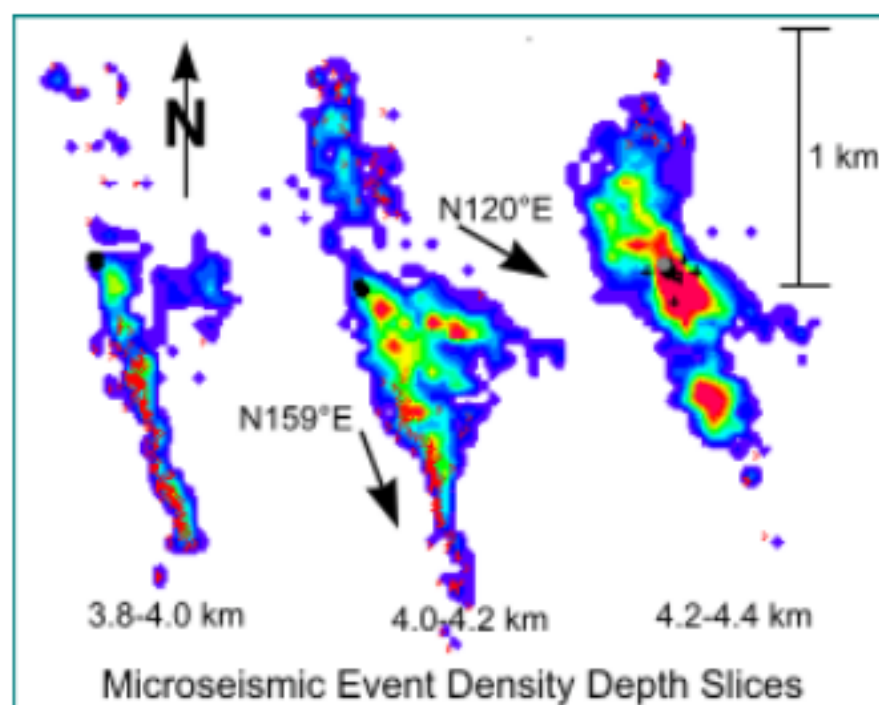
- 跟踪显示和互动解释
- 走时层析成像和误差分析
- 衍射堆栈深度偏移
- 多的跟踪 / 多分量处理
- 光线追踪和地震模拟
- 微震数据实时采集
- 自动微震事件定位
- 微震网络解决分析
- 交互式三维事件和图像显示

Divine 是一个集成的二维和三维

Divine 的应用包括微震数据采集，处理和井间，

VSP, 表面反射，单井和关键折射的调查处

理和光线跟踪建模。





### 3.5. 加拿大 Microseismic Industry Consortium (mu-SIC)

微震产业联盟 ( MU - SIC), 是创新的, 应用研究计划, 致力于微震方法的推进研究, 教育和科技创新。

MU- SIC是由阿尔伯塔大学和卡尔加里大学联合主办, 并由在微震监测领域积极探索和服务公司的赞助。

MU-SIC和两所大学多学科的研究人员紧密联系, , 能够得到各种相关学科的专家、研究人员的帮助。

研究视野在一个多学科的研究环境内, 包括数据采集, 处理和解释。随着项目的发展, 具体的研究目标与行业赞助商的密切协商。主要方面包括以下内容:

创建改进对数据进行处理算法。

更新现有项目的微震数据。

提高断裂过程的地质力学特性。

通过数值方法模拟断裂过程。

了解的应力场和它是如何演变的。

调查在油藏条件下, 时空变化, 包括地震各向异性。

### 3.6. 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 CSIRO

联邦科学与工业研究组织已经开发并建立了自己的微震监测系统。微震监测系统采用连续作业设计，仅有很少的干扰，从数量众多的三轴检波器记录数据，也可以在布里斯班的办事处进行远程控制。

微震监测技术在许多国家都得到了应用，用来进行岩爆调查和岩体不稳定研究。联邦科学与工业研究组织已经率先使用微震监测技术，研究采用长壁开采方法开采地下煤炭的崩落过程。在长壁开采过程中，需要将顶岩陷入采空区，以避免作业面和两侧支柱的应力集中。应力的产生量是和长壁作业面、地层区域压力，区域应力和长壁设备都有关系，因此需要微震监测由于岩层陷落产生的微震波发射。监测可以帮助确定断裂位置，采矿引起的应力释放，以及震源机制解释。

微震监测已进行在昆士兰州和新南威尔士州的十个长壁煤矿和两个边坡煤矿进行应用。这些项目的成果已经证明微震监测可以准确，动态地确定了煤层顶底板地层断裂的程度，岩石失稳的力度和失稳机制。因此，在检测采矿业灾害方面具有巨大的使用潜力。基于微震监测结果，可以改善开采布局以确保矿山更安全和更有效率。

Siroseis 是一个联邦科学与工业研究组织开发，专门设计的矿井规模微震监测的地震数据处理包。可以减轻地震数据处理所需的劳动强度。Siroseis的功能包括：

- 确定断裂位置和起源时间。
- 易于使用的基于 MS - Windows 的程序。
- 事件的震级测定。
- 能谱分析。
- 确定断裂机制（剪切或拉伸失败）。
- 多种信号处理和过滤工具。
- 自动到达的时间选取和事件的位置。

信息对地层控制和矿山危险管理非常重要。Siroseis 目前正在进一步发展。

用户表

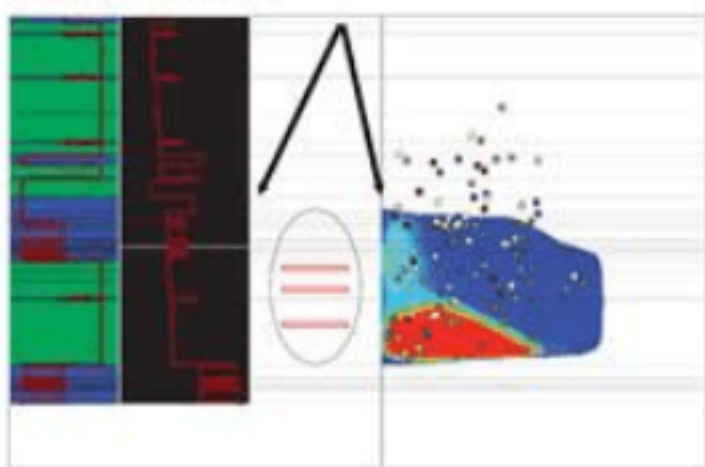
Coal Mine	Location	Research Area	Year of Experiment
Gordonstone Colliery	Queensland, Australia	Longwall Caving	1994
Appin Colliery	NSW, Australia	Longwall Geomechanics	1996
North Goonyella Colliery	Queensland, Australia	Longwall Geomechanics	1997
Oaky Creek Colliery	Queensland, Australia	Highwall Stability	1996
Southern Colliery	Queensland, Australia	Longwall Geomechanics	1998
South Blackwater	Queensland, Australia	Longwall Geomechanics	1998
Xinglongzhuang	Shandong, China	Longwall Geomechanics	1999
South Blackwater	Queensland, Australia	Longwall Geomechanics	1999
South Bulli Colliery	NSW, Australia	Longwall Geomechanics	1999
Moura Mine	Queensland, Australia	Highwall Stability	1999
Southern Colliery	Queensland, Australia	Longwall Geomechanics	1999
Dartbrook Colliery	NSW, Australia	Longwall Gas, Geomechanics	1999

### 3.7. Schlumberger 公司

Schlumberger 公司提供名为 StimMAP LIVE 的微震压裂监测服务，实时监控的压裂过程。技术 StimMAP LIVE 实时监测在 30 秒内的微震活动。基于专有的聚结微震映射 (CMM)，允许每分钟处理更多的事件，相比用手工操作，对同一数据集，能够得到形状更接近真实的压裂监测结果。CMM 技术提供更多的事件功能，因为多重数据可以在一个单一的时间窗口显示并处理。

服务能够提供精确的压裂特性分析。了解压裂几何形状对于操作处理和经济性十分重要。微震压裂监测提供水制压裂的几何成像，以准确估计压裂形状。能够为水力压裂系统提供精确的数据，以增加对压裂过程的理解。

#### Case Study



#### Mapping Hydraulic Fracture Systems

Optimize fracturing treatment using StimMAP data in Cotton Valley sand formation.

### 3.8. 英国 Applied Seismology Consultants 公司

公司旨在提供对岩体、混凝土结构的微震监测服务，应用领域涵盖石油工程、地热工程、矿山、辐射废弃物存储、二氧化碳存储、工程实验室检测。公司提供一整套的技术服务，包括传感器布置、数据采集、数据处理和数据解释。可以承接任何级别的工程：从实验室级别到区域微震监测。

ASC提供国家的最先进的微震和声波发射监测设备，使用了最新的数据采集和计算技术。整合创新性的高频率电子技术和实时数据处理软件，并根据客户的技术要求，以低廉的成本提供高品质的地震数据流。

其硬件有如下几个特点：

- 新一代的微震采集仪
- 多功能高频系统
- 国家的最先进的技术
- 高数据流量率
- 复杂的触发选项设置
- 连续数字化数据记录
- 宽范围的技术解决方案
- 量身定制的传感器封装系统
- 传感器阵列的设计和部署
- 定制的传感器接口
- 自动速度调查机制

InSite 软件是 ASC的咨询业务中广泛使用，现在应用于许多国际组织的内部数处理和地震数据管理。

InSite 在 PC的 Windows 平台上运行，用一个单一的用户界面实现数据和所有功能。数据管理系统，可以处理复杂的地震数据集（数以千计的事件），进行数据管理和可视化。

处理的数据，波形和频谱，可以很容易地以文件格式输出。

该软件是独立于采集硬件，原始波形数据可以导入到其专门设计的数据库系统。它可以集成硬件包，进行实时数据采集和处理。

有广泛的标准和先进的数据处理选项，自动化程度高，使数据处理和再处理成为一个简单的任务。

具有可视化工具，用于从多分量传感器采集的波形，三维位置和震源机制。

通过智能化的信息接口进行数据传递，该软件可以连接到客户自己的软件代码。

InSite 可作为服务器系统，允许一组用户通过网络访问一个集中式的数据。



## 4. 各大提供商硬件主要技术指标对比

数采仪是微震监测系统的核心设备，其性能决定着采集数据的质量，从而决定最终结果的精度和可用性。尤其一些关键性指标，如采样率、模数转换位数、动态范围等，直接体现数采仪的性能。一些其他指标，如通道数、安装方式、电压功率、数据传输方式等也直接体现数采仪的可用性。下表显示出几个提供商的数采仪的具体技术参数。

表格 1 不同厂商数采仪技术参数比较表

名称：	IMS：netADC	ESG: Paladin	ASC:RICHTER
通道数：	4 or 8 (differential)	3 or 6 (differential)	4
分辨率：	24-bit	24-bit	16-bit
采样率：	1 sps - 192000 sps	50 sps - 20000 sps	10MS/S
带宽：	DC - 0.21 fs (192K sps) DC - 0.42 fs (up to96K sps)	DC - 0.25 fs	
动态范围：	147 dB @ 50 sps	115 dB	
信噪比：	110 dB		80dB(1 MS/S input, SR 10 MS/S, ± 1 V)
系统组成：	多台站网络或独立台站	多台站网络或独立台站	
计时：	PPS/ATU授时	RTC, PPS	
记录模式：	连续，触发采集	连续采集，触发采集	
存储模式：	n/a	1GB 本地，32GB 外接 USB	2 1 TB SATA disks
系统状态：	微震服务器	Web 界面	
通信：	WoE, 10/100 Base TX, 光纤	以太网，万维网，无线网络 光纤	Dual 10/100/1000BT
尺寸：	180 mm x 52 mm 165 mm	23.3 mm x17.8 mm 4.1 mm	442 mm x488 mm 88 mm
环境要求：	外部保护，封闭环境	外部保护，封闭环境	
操作温度：	0 ℃ to 75 ℃	-20 ℃ to 55 ℃	0 ℃ to 55 ℃
电源电压：	9 - 18 V DC	6 - 18 V DC	110/230 VAC
耗电量：	2 - 4 W	最高 4.5W	350W



## 5. 各大主要厂商用户群区域及市场占有率分析

下表显示的是各大主要微震技术厂商用户所在区域统计：

表格 2 各大厂商用户所在区域统计表

	IMS	ESG	MicroSeismic	CSIRO
用户数量	200 多个	350		12
所在国家	100 多个		美国和加拿大	澳大利亚
非洲	50 多个			
澳大利亚	50 多个			12
其他国家	100 多个			
领域：	矿山	矿山，油田等	油田	煤矿（长壁开采）

## 6. 主要信息来源

<http://www.seismology.org/index.aspx>

<http://www.microseismic.com/>

<http://www.seismics.net/>

<https://www.esgsolutions.com/english/view.asp?x=1>

<http://www.mu-sic.ca/>

[http://www.slb.com/services/completions/stimulation/hydraulic\\_fracture\\_monitoring.aspx](http://www.slb.com/services/completions/stimulation/hydraulic_fracture_monitoring.aspx)

<http://www.cat.csiro.au/dem/msg/seismic/seismic.html>

<http://www.imseismology.org/>