

海底地震仪 (OBS)



自1989年起, Güralp公司的海底地震仪(OBS)便开始用于探测深海海域的地震活动。

我们是力反馈、宽频带地震传感器的专业生的厂家, 自1989年起便不断开发基于自家传感器的海底地震系统。如今, 我们能够为几乎所有类型的部署场景开发海底地震系统, 这也使我们在该领域处于全球领先的地位。我们将最先进的传感器技术与强大的OBS设计能力相结合, 设计了一系列真正全面的海底地震仪器。除了安装宽频带三分量传感器以捕获整个地震频率范围内的信号外, 我们还可以集成其它传感器和仪表, 大大扩展了OBS系统的工作能力和应用范围。

无论您需要的是一个为地震或海啸预警提供实时数字化数据的永久性的海洋观测站, 一台能够近实时传输数据的便携式仪器, 一款灵活适用于多种研究应用的观测仪器, 或者需要与您自己的系统集成地震传感器, 我们都能为您提供满足您需求的解决方案。

我们将地震传感器集成到标准商业电信电缆中, 从而创造了智能地震海缆系统。如需了解该系统请跳转至18-19页。



为独特的项目需求提供灵活设计

我们将在规划和设计阶段全程提供支持，根据您的项目的独特需求，精心调整最合适的仪器设备。

若需构建完整的OBS系统，我们可根据您的需求，灵活整合其他多学科传感器。例如：

- > 水听器 (1 Hz – 30 kHz)：扩展OBS系统的频宽范围，用于捕捉气枪震源等高频信号。
- > 声学海流计：监测海底水流（服务于科学研究），并校正地震仪信号中的海流噪声，显著净化波形。
- > 压力传感器：我们的OBS系统可集成差压计 (DPG) 或绝对压力计 (APG)。

专为适配部署环境设计

我们的仪器可选用钛合金、不锈钢或铝合金外壳，并根据您所需的额定深度选择最适宜的材质。我们还可提供符合您所需深度等级的水下设备外壳模块，以便集成到您的自有系统中。我们还可提供搭载符合您深度等级要求的水下耐压舱内的OBS模块，以便集成到您的自有系统中。

设备完成设计与建造后，我们的资深工程师可提供系统部署支持，亦可按需为您的团队安排现场或远程全方位技术培训。

系统支持加装其它传感器来最大限度提升数据捕获范围。



海底地震仪器设备

缆系式地震系统

为永久型海底观测站及地震预警系统, 提供实时数据流

便携式地震系统

支持声学通讯技术, 系统功能可按需灵活配

OBS 模块

提供可集成模块, 无缝对接第三方平台

ORCUS

绞车或ROV投放
全埋或半埋式海底布设
±26° 万向自动调平
加速度 (Fortis) 频率范围: DC 至 100 Hz
速度 (3T) 频响范围:
120 s 或 360 s 至 50 Hz

MARIS

支持ROV布设, 可直接
推入或钻孔后推入海底
沉积层
±180° 工作倾角范围
订购时可选择速度响应
或加速度响应模式
120 s 至 200 Hz 频响范围,
用户可设置长周期
截止频率

AQUARIUS

自由下落式安装
部署时长达18个月, 回收
后可快速充电继续部署
下一个项目
±90° 工作倾角范围
120 s 至 100 Hz 频响范围,
用户可设置长周期
截止频率

CERTIS & MINIMUS OBS

即装即用或系统集成
耐压舱按需定制
低功耗设计
配置灵活可选

缆系式 地震系统

- > 永久部署
- > 实时数据传输
- > 多学科系统

Orcus

Orcus地震观测站集成了长周期宽频带地震计与力平衡加速度计，提供无与伦比的动态范围。

适用于海岸缆式系统或浮标缆式系统，支持实时数据流传输。



独特球形外壳确保仪器在高压环境下安全运行，底部金属板设计优化地面耦合效果。在浅海海域，可加装混凝土穹顶罩，降低环境噪声并抵御拖网作业干扰。

可选配先进的Güralp 数据采集器，实现实时数据向岸基缆系系统传输。支持扩展附加传感器以增强观测能力。

核心特点:

- > 搭载3T-120宽频带地震计、Fortis加速度计及可选Güralp 数据采集器
- > 双传感器协同架构，单系统同步监测微弱的远场地震信号与近场强震信号
- > 适配海岸缆系系统或浮标缆系系统
- > 集成压力、温度、海流传感器，支持扩展2个额外环境传感器
- > 混凝土防护穹顶有效降低环境噪声，抵御拖网作业影响
- > 现场数据数字化处理，实时数据传输至陆地数据中心
- > 数据采集器通过NTP（网络时间协议）或PTP（精确时间协议）实现时间同步
- > 兼容多类型缆系接口（如以太网、光纤）
- > 主电源持续供电+备用电池双重保障
- > 绞车布设（深水區需ROV辅助安装）
- > 高可靠性万向自调平机构

高灵敏度3T-120宽频带地震仪与FORTIS强震传感器的组合，提供无与伦比的动态范围。

该传感器的频率范围可根据项目需求进行定制化设计。若需实现多响应频段覆盖，可通过加装额外传感器或水听器实现系统扩展。此外，还可集成非地震类传感器（如用于海啸预警的绝对压力传感器）构建多功能监测网络。

应用实例： 土耳其缆系地震预警系统

北安纳托利亚断层（NAF）是全球最危险的大陆断层带之一。

2010年，Güralp公司在该海域部署了一套缆系式五节点海底观测站，将区域地震监测网络从陆域扩展至海域。每个OBS节点都装有宽频带传感器、强震传感器和数据采集器，以及海流传感器、差压计和温度传感器，以确保准确计时。

为应对繁忙内海的拖网破坏风险，每个OBS配备直径1米的混凝土穹顶形防护罩，其作用包括：抑制海流扰动、优化海底耦合效果、抵御渔船拖网冲击。

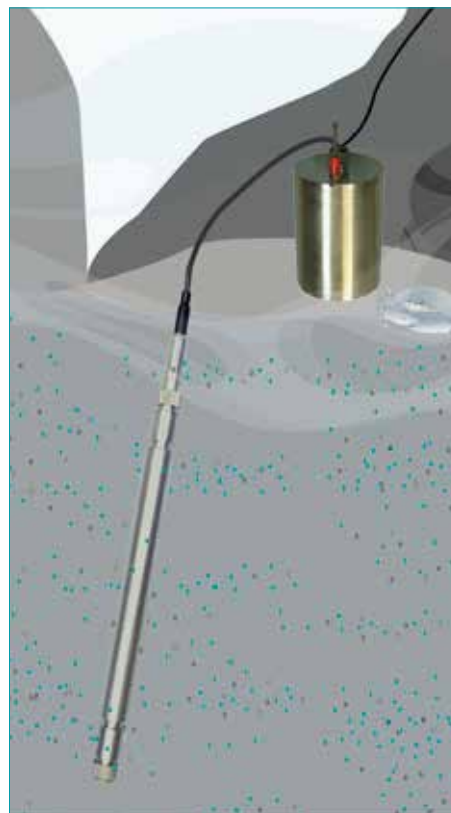
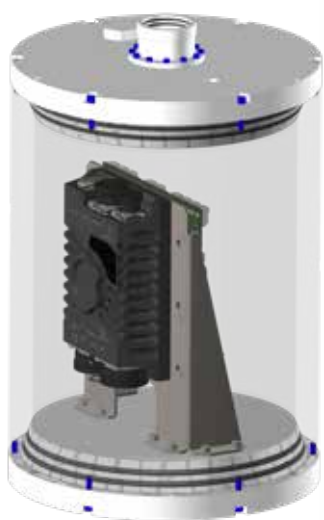
该 OBS 海底观测站显著提升地震震源定位精度，并能探测到陆地台站无法单独识别的小型地震活动。



可选的穹顶形混凝土防护罩可以有效减小噪声影响并保护仪器设备不被渔网拖动

Maris

Maris传感器拥有纤细的流线型设计, 便于直接推入或钻孔后推入海底沉积层并输出实时数据流传输。Maris系统可单台独立工作, 亦可串联最多八台设备, 构建海底观测阵列。



Maris内置宽频带传感器,可在任意角度下完全正常运行,支持多样化安装需求。将其插入海床可最大限度减少环境噪声干扰,从而获取卓越的数据质量,并在较浅水域部署时增强抗拖网能力。

Maris系统既可单独运行,也可组建最多八台仪器组成的串列系统。该系统搭载的Minimus数据采集器采用独立舱体设计,通过以太网将数据直接传输至缆式系统。该数据采集器还提供低延迟模式,在传统非因果滤波器基础上同步运行因果滤波器,专为地震预警等实时性要求严苛的应用场景而设计。

核心特点:

- > 120 s 至 200 Hz 宽频响应,用户可在此范围内自定义长周期截止频率
- > 搭载尖端地震传感器,通过质量块自动居中技术实现 $\pm 180^\circ$ 全倾角稳定运行
- > Maris 直径仅60mm,采用直插或取芯式海底安装设计,最大限度降低环境噪声干扰,确保数据卓越品质
- > 海底掩埋部署模式可同步提升数据质量与抗拖网能力
- > 支持菊花链式级联组网,轻松构建多设备阵列
- > Minimus 数据采集器支持现场数据转换,并通过以太网实时回传至陆地数据中心
- > 可配置超低延迟输出模式(延迟约为0.04 s)
- > 采用干插拔连接器集成电力供应与以太网数据流传输
- > 与陆地GPS保持绝对时间同步
- > 可灵活接入光纤等各类海底电
- > 支持潜水员或遥控无水下机器人(ROV)实施设备部署与线缆铺设
- > 配备ROV可操作接口,无需回收设备即可实现菊花链阵列扩展或既有阵列延长

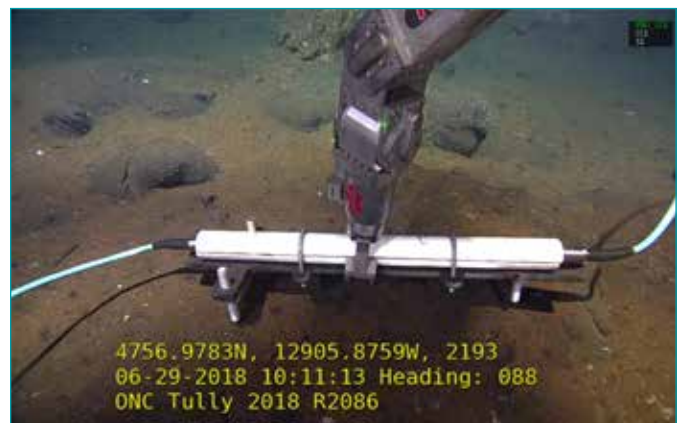
数据在监测现场完成数字化处理,并通过实时流传输技术同步传输至陆地数据中心。

应用实例: 加拿大海洋网络的”深渊联网”计划

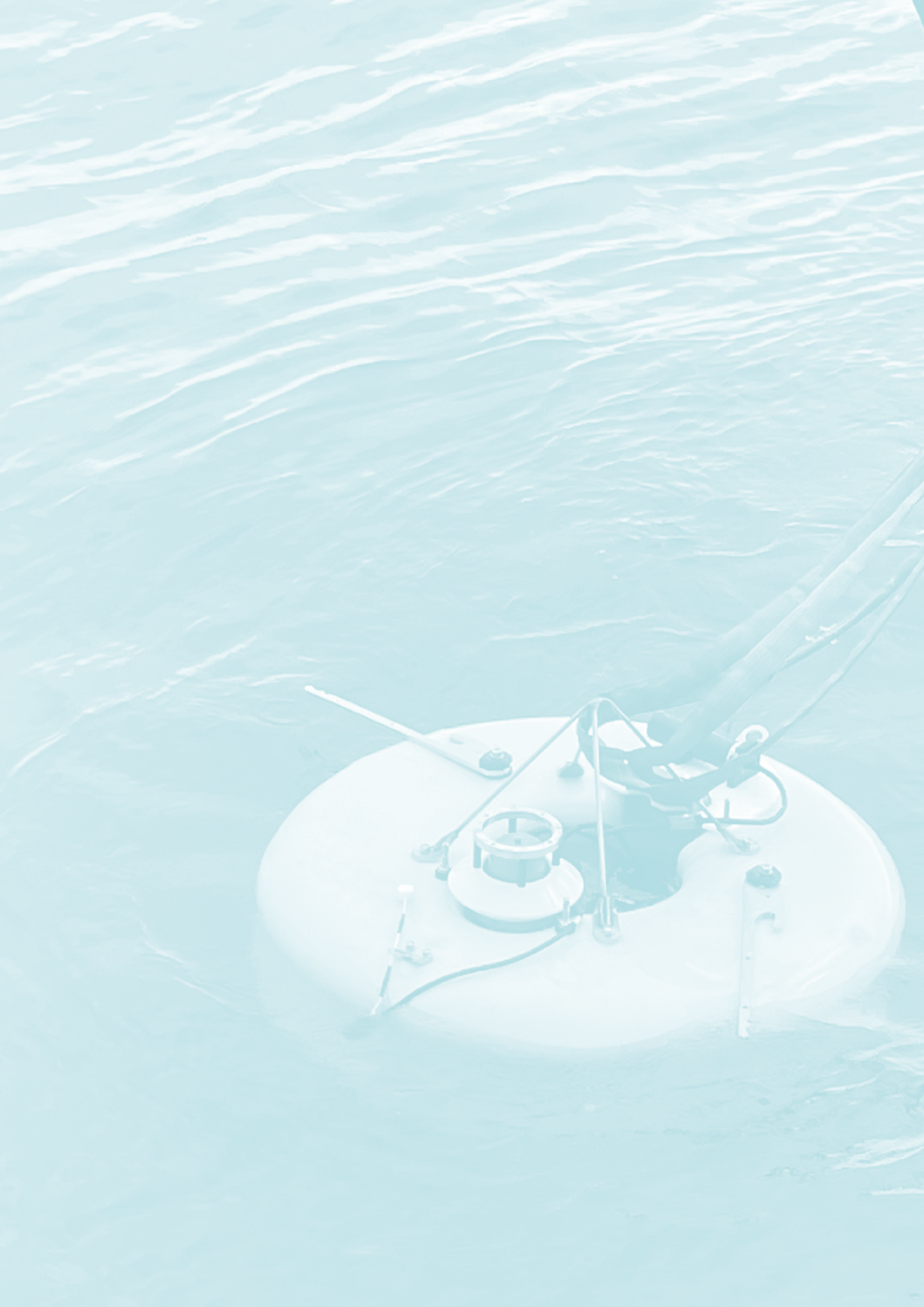
2018年,维多利亚大学主导的加拿大海洋网络(Ocean Networks Canada, ONC)在加拿大海岸警卫队”约翰·P·塔利号”科考船执行”深渊联网”科考任务期间,成功布设了一套由三台Güralp Maris海底地震仪(OBS)组成的缆式观测阵列。

该阵列被部署于太平洋板块与胡安德富卡板块分离边界——胡安德富卡海脊上,安装深度约2200米,毗邻海脊沿线的热液喷口群。布设工作由加拿大科学潜水器设施的海洋科考遥控潜水器ROPOS完成。

这套地震仪阵列具有加速度响应特性,每秒达500次采样。其核心科学目标是探测与Endeavour主热液喷口区的热液活动相关的极微弱、高度局部化的事件。仪器间距设置于70-100米范围内。



Güralp Maris海底地震仪布设于2200米深度示意图
(图片来源: 加拿大海洋网络中心)





自主式 地震系统

- > 自主式自由下落系统
- > 第四代升级版技术架构
 - 实时部署验证
 - 声学通讯技术
 - 全向工作模式
 - 环境传感器扩展接口
 - 紧凑型抗冲击结构
 - 智能回收机制

Aquarius

Aquarius系统采用自由落体式布放设计, 可在 $\pm 90^\circ$ 倾角范围内全工况运行。该设备集成声学遥测技术, 无需电缆即可将海底地震数据实时传输至海面平台。



该地震仪采用低矮流线型紧凑式结构设计并进行了优化，显著降低水流噪声干扰，同时有效缩减运输及布设成本。

仪器具备±90度全向工作能力，在120 s至100 Hz频带内保持平坦响应特性，并支持用户自定义长周期截止频率（120 s至1 s可调），可依据实际环境灵活调整系统响应频率。

通过声学通讯技术，系统可将设备健康状态参数与噪声性能曲线从海底实时传输至甲板控制单元，用于评估布放完整性。该声学链路还可同步实现两大功能：远程选择传感器最佳响应模式、精确测量OBS耐压舱内数字化仪的时间

同步偏差。

一旦到达海底，Aquarius就可以使用集成的定位和测距软件准确定位。Aquarius恢复系统通过声学链路、预编程超时或可选的电池临界电压触发器进行触发。

Aquarius 核心特点:

- > 可在非专业船只实施布放作业，单次海底驻留时间最长可达18个月
- > 采用低矮流线型紧凑式结构设计，有效抑制海底水流噪声干扰
- > 支持±90度全倾角工况运行
- > 具备120 s 至 100 Hz 宽频响应范围，用户可自定义长周期拐点频率（120秒至1秒可调）
- > 实时传输设备健康状态参数与噪声性能曲线，支持远程配置传感器响应模式
- > 通过水声链路实现海底地震波形数据及STA/LTA 触发事件的近实时传输至海面接收单元
- > 海底-海面数据传输速率最高达9000 比特/秒
- > 通过单缆连接Güralp 甲板控制单元，集成千兆以太网数据通信、数据下载、系统配置及外部供电功能
- > 锂离子电池支持快速充电（1 小时充电/1个月续航），便于设备循环部署
- > 熔断释放模式：按需声学触发、预设程序触发或电池临界电量触发（可选）
- > Discovery 智能软件平台提供一套强大的工具套件，显著简化仪器和数据管理和系统回收
- > 智能回收系统包括：
 - 卫星追踪系统通过Discovery 平台显示定位警报，并支持邮件/SMS 通知
 - Discovery 软件声学定位功能
 - LED频闪指示灯确保OBS 系统回收快速精准

应用实例： 加拿大国家地震成像中心项目

基于Aquarius系统业界领先的技术性能指标，加拿大国家地震成像中心（NFSI）选定英国Güralp公司作为设备供应商，采购120套Aquarius海底地震仪组建国家级宽带OBS设备库。

该批设备配置最大工作水深6000米，单次布放周期逾12个月，通过高密度数据采集与先进分析技术的应用，可大幅提升地下结构成像分辨率及速度模型精度，同时增强被动源地震研究中震源定位与特征描述的准确性。

NFSI首批Aquarius系统已于2021年10月完成布放。



图示：2021年10月，NFSI团队执行Güralp Aquarius海底地震仪布放作业

当前市场上领先的紧凑型 海底地震仪 (OBS)

OBS 模块

Certis OBS

- > 甚宽频带地震计
- > 120 s - 100 Hz 频率响应
- > 免万向节全向工作能力
- > 超低功耗
- > 紧凑型结构设计
- > 全集成兼容架构

Minimus OBS

- > 高精度地震数据采集器
- > 行业标准数据协议和格式
- > 超低功耗架构
- > 双冗余 SD 存储卡
- > 多传感器扩展接口
- > 全系统集成能力

Certis OBS

The Certis OBS 是一款紧凑便携式甚宽频海底地震传感器，集成了先进的传感技术，可输出带健康状态监测参数的模拟信号，并支持全倾角工况运行。

核心特点:

- > 三轴正交 (ZNE) 地震计，交叉轴抑制比>65 dB
- > 紧凑型深水耐压设计，满足项目对深度的需求
- > 串行数据流输出仪器序列号、响应和标定参数
- > 模拟输出包含传感器质心位置信息
- > 最先进的传感器可以在任何角度运行，而无需使用万向架，实现高效部署
- > 120 s 至 100 Hz 的 甚宽频响应，7 个 可调的长周期拐角设置，包括20 s、30 s、45 s、60 s、90 s 和 100 s等
- > 当连接Minimus 数据采集器使用时，可以在部署后调整长周期角设置，以显著缩短传感器的稳定时间
- > 外壳直径130 mm 高200 mm



用户友好化设计，实现与系统无缝整合

Minimus OBS

Minimus 提供24 位ADC 转换，结合最先进的通信能力，并能使用Discovery平台上的仪器和数据管理工具。

核心特点:

- > 24 位 四/八通道模数转换器
- > 宽动态范围
- > 紧凑型水下耐压舱体设计，满足项目对深度的需求
- > Minimus 系 统支持现场数据数字化处理，并通过以太网实时流传输至陆地数据中心
- > 可选低延迟输出通道模式 (约0.04 秒 延迟)，用于地震早期预警 (EEW) 等实时应用
- > 具备行业标准STA/LTA 触 发算法，符合地震预警需求
- > 通过干式接合连接器实现供电与以太网数据流同步传输
- > 与陆地GPS时钟同步，确保时间基准精度
- > 设计兼容主流海缆系统接口



智能海缆



世界首个智能海缆

2023 年 12 月, Güralp 与 国家地质与火山研究所 (INGV) 合作, 成功部署了世界上第一条“智能海缆”, 用于监测爱奥尼亚海底的地震活动。

21 公里的 SMART (科学监测和可靠电信) 电缆是 Güralp 与 INGV 合作为意大利 InSEA 智能海缆海底演示项目开发的创新系统。



顶部: 正在投放 SMART cable 智能海缆中继器
底部: 正在投放智能海缆仪器吊舱

智能海缆是什么?

从历史上看, 部署具有实时通信功能的海洋传感器在预算、部署和支持要求方面都很苛刻。

全球智能海缆倡议者正在探索各种方法, 将这些传感器集成到商业标准电信电缆中以创建智能海缆系统。

人们的期望是, 如果科学界能够意识到利用现有的行业 and 部署方法部署海底传感器的潜力, 就有可能实现真正的节约。这将为提高海底传感器密度、加快气候变化和地震/海啸预警的研究和监测策略铺平道路。



智能海缆部署路线图



系统设计和部署

中继器外壳是从退役系统中回收的, 并由Güralp团队进行内部改造, 以安装必要的仪器。这使得该系统能够使用行业标准的电缆铺设技术进行测试。

该仪器由安装在中继器框架内的Fortimus加速计和Certimus地震仪组成。这些仪器是高性能传感器, 用于本地和远程地震监测。仪器吊舱位于中继器外部, 相距一定距离, 装有绝对压力计 (“APG”) 和全球海洋科学界青睐的优质温度传感器。

国际电联/教科文组织/国际奥委会/世界气象组织联合工作队

当前, 智能海缆 (SMART Cable) 概念的全球推广工作由联合国于2012年设立的联合工作组主导。该工作组核心使命是评估海底通信光缆应用于海洋环境监测、气候观测及灾害预警的可行性, 其研究项目纳入” 联合国海洋科学促进可持续发展十年 (2021-2030) ” 计划框架下的” 海洋观测协同设计: 构建可持续未来观体系” 专项。

联合工作组通过跨组织协作机制, 联合多家公共机构与私营企业开展技术创新评估与研发, 重点突破智能海缆系统的关键技术瓶颈 (Howe等, 2022) 。其研究成果为海底通信-传感一体化网络的工程化实施奠定理论基础, 推动海洋观测技术体系向低成本、高密度、可持续方向演进。



未来工作

InSEA 海底演示项目是全球智能监测海缆系统推广的关键节点。

该项目已经证明, 可以使用标准的商业电信电缆铺设程序部署高性能的地震和海洋观测传感器。

人们对试图利用SMART智能海缆概念的项目越来越感兴趣, 因此我们正在进一步发展与行业专家的关系, 以确保我们能够有效地应对出现的任何机会。

我们致力于进一步开发这项技术, 将会进一步探索如何改进现有设计。



如需了解更多详情, 请联系:

格拉普 (北京) 技术有限公司 Grapp (Beijing) Technology Co., Ltd
北京市通州区世界侨商中心7号楼B103 室
Room B103, Building 7, World Overseas Chinese Business Center,
Tongzhou District, Beijing
中文请拨打电话 +86 17502284949
英文请拨打电话 +86 17200387562
china@guralp.com

www.guralp.com.cn

UK Head office:
Güralp Systems Limited
Midas House, Calleva Park,
Aldermaston, Reading, RG7 8EA
United Kingdom
+44 118 981 9056
sales@guralp.com
www.guralp.com

为了在设计、可靠性、功能或其他方面
不断改进, 所有产品规格和数据如有
变更, 恕不另行通知。

本译文仅供参考, 如存在任何差异, 以
最新的官方英文原版为准