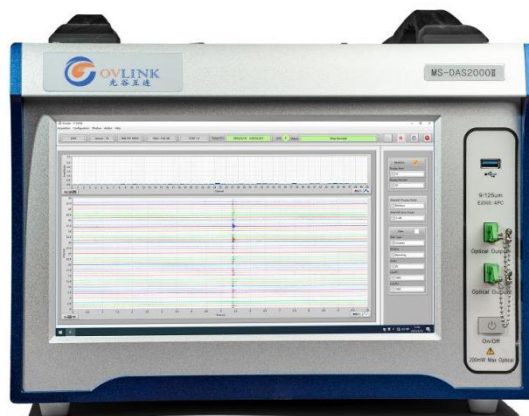




分布式光纤碳封存安全 全监测系统

声波传感 · DTS 测温 · 一体化平台



光纤感知世界

产品概述

分布式光纤碳封存安全监测系统以传感光缆为感知载体，融合 Φ -OTDR 相干瑞利散射振动传感与拉曼散射测温技术，配套高性能边缘处理平台，实现 CO₂ 封存区微震事件、振动扰动与温度场变化的连续、实时、高精度监测，为碳封存安全评估、泄漏预警与科研分析提供数据支撑。

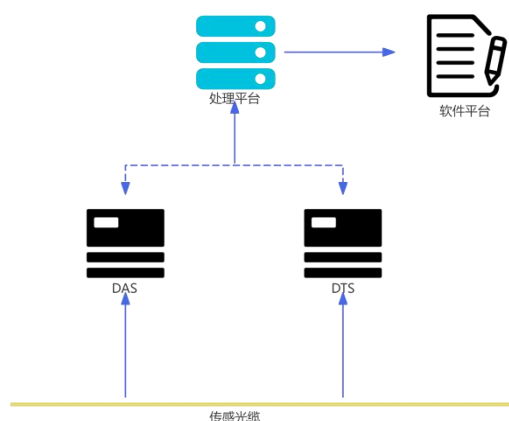
分布式声波传感 (DAS)

采用相干瑞利散射、相位敏感光时域反射 (Φ -OTDR) 或等效分布式声学/振动传感技术，能够沿传感光纤连续获取振动、声波或动态应变/应变率信号，并输出可用于频谱分析、时频分析和事件定位的原始或标定数据。

分布式温度传感 (DTS)

DTS 系统以光纤本身作为传感和传输介质，核心原理基于光时域反射 (OTDR) 和拉曼散射温度效应。激光脉冲沿光纤传播时，会与光纤分子发生散射，产生斯托克斯 (Stokes) 光和反斯托克斯 (Anti-Stokes) 光。温度变化会调制反斯托克斯光的强度，通过分析 Stokes 与 Anti-Stokes 光的比值，可实现沿光纤的温度分布测量。

系统架构



感知层：传感光缆；沿监测区域布设，感知振动、声波与温度信号

采集层：DAS 解调主机、DTS 解调主机；光信号发射、接收、解调，输出原始/标定数据

计算层：高性能边缘处理平台；数据存储、预处理、格式转换、算法分析、可视化

应用层：采集软件、分析模块、数据平台；监测应用、成果输出，与服务器/NAS/远程平台互联

数据流程：传感光缆采集信号 → DAS/DTS 解调主机解调输出原始数据 → 经 10GbE/25GbE 网络传输至高性能边缘处理平台 → 数据质量分析、多域滤波、时频分析、噪声评估 → 多源数据格式转换 → CCUS 微震自动处理与定位、应变与温度分析 → 三维可视化展示与成果输出。

应用场景

- CO₂ 注入过程微震监测：实时监测注入引起的地层微震/振动事件，识别裂缝扩展与诱发地震风险；
- 封存区温度场监测：连续获取井筒及地层温度剖面，辅助判断 CO₂ 运移与泄漏位置；
- 地表与设施安全监测：监测区地表振动、管道及设施异常扰动实时感知；
- 科研数据支撑：提供 SAC/MiniSEED/SEG-Y/HDF5 通用格式数据，支持 Python/MATLAB 二次开发。

软件功能

DAS 采集软件	数据降采样、频率分析；信噪比优化（根据现场光缆状态实时调整系统参数）；存储溢出/断电断网/内存溢出/采集报错卡死报警；邮件通知设备异常
DTS 采集软件	温度校准与数据运算；H5 等通用格式导出；温度与光强曲线实时显示；各类报警与邮件通知
数据质量分析模块	信号预处理、多域滤波、时频分析与频谱成像；多文件拼接与连续记录显示；噪声谱分析与底噪分布评估
多源数据格式转换模块	DAS/DTS 原始数据转 SAC、MiniSEED、SEG-Y；SAC 拼接转 HDF5；TDMS 转 HDF5
CCUS 微震自动处理与定位模块	DAS 地震数据自动预处理与微震识别；震相拾取、事件定位、地震目录生成；三维可视化交互展示
应变与温度分析模块	批量读取、时间筛选与抽稀；频带能量计算、慢应变反演与积分；实时能量变化追踪与应变场动态更新

技术指标

分布式声波/振动传感（DAS）	
工作原理	相干瑞利散射 / ϕ -OTDR
测量距离	50 km
标距	最小 1m，可设置
空间分辨率/通道间隔	最小 0.5m，可任意设置（单模光纤），最小空间采样间隔 0.1m
采样频率	≥ 200 kHz
采样分辨率	≤ 0.25 m
频率响应	0.001 Hz ~ 100 kHz
动态范围	≥ 120 dB@10Hz
噪声基底	$< 0.01 \text{ n} \varepsilon / \sqrt{\text{Hz}} @ 10\text{Hz}$
保真度	可记录外界信号振幅、频率、相位， $\geq 99\%$
授时同步	北斗&GPS 授时，授时精度优于 5 μ s，具备外部触发输入/输出
一体化主机	尺寸 $\leq 5\text{U}$ ，功率 $\leq 100\text{W}$ ，重量 $\leq 15\text{kg}$ ，工作温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
采集软件	数据降采样、频率分析、信噪比优化、存储溢出/断电断网/内存溢出/采集报错报警、邮件通知
分布式温度传感（DTS）	
工作原理	拉曼散射测温
传感距离	≥ 10 km
测温精度	≤ 0.1 $^{\circ}\text{C}$
空间分辨率	≤ 1 m，支持可调
响应时间	≤ 1 s
采集时间	1s / 10s / 30s / 1min / 30min / 1h 可调
光纤及接口	FC/APC 接口
功耗与重量	稳态 ≤ 50 W · 整机 ≤ 12 kg
采集软件	温度校准、数据运算、H5 等通用格式导出（温度、斯托克斯/反斯托克斯光强）、温度与光强曲线实时显示、存储溢出/断电断网/内存溢出/采集报错报警、邮件通知
其他	
电源	220V/50Hz
附件	提供测试光纤、光纤跳线、接口适配器、机架安装附件、授时天线、电源线及数据传输附件

