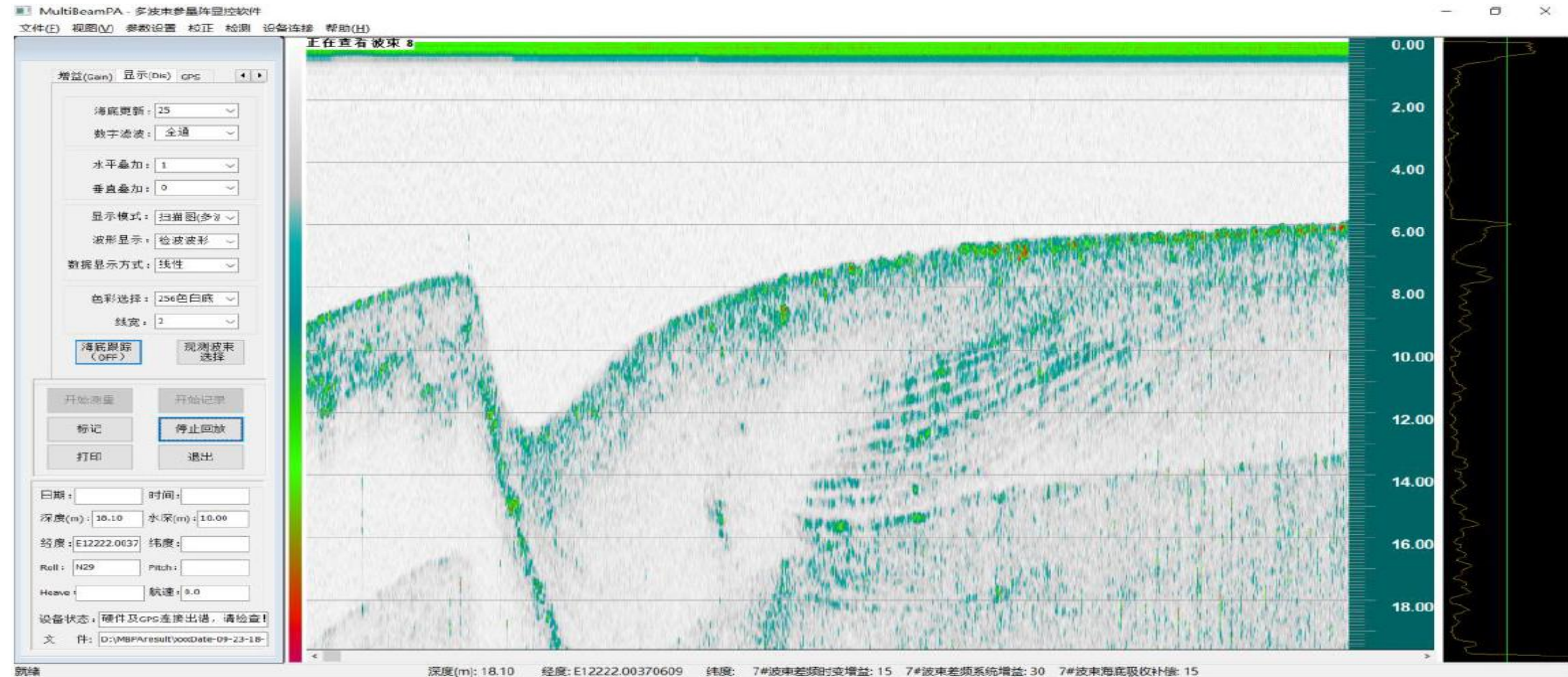




浅地层剖面仪的部分介绍和讲解



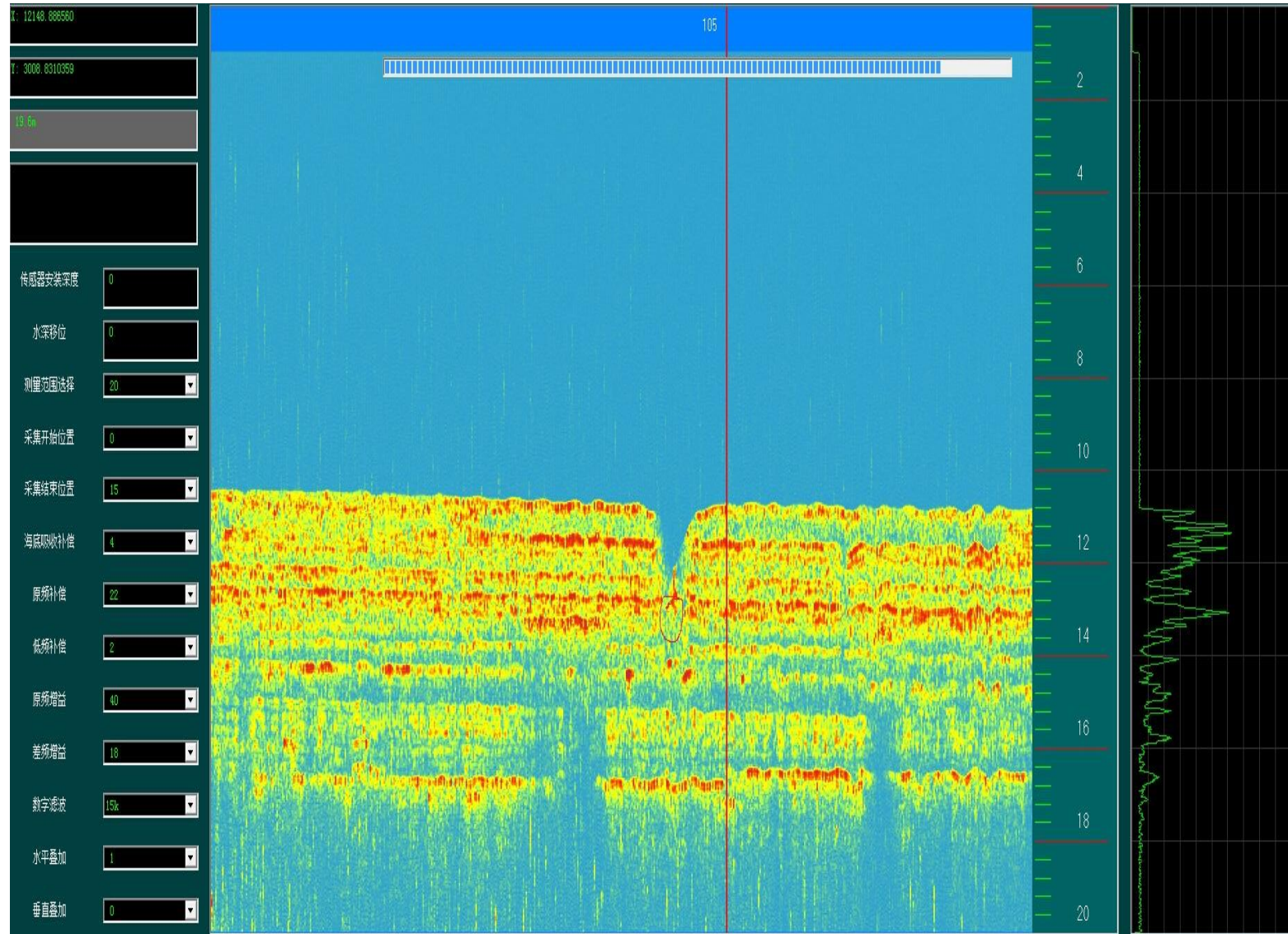
中国科学院声学研究所东海研究站第四研究室

邹彬彬

2022.08

非线性声学在浅地层剖面仪中的应用

- 1 浅地层剖面仪的简介
- 2 线性声学设备的分析
- 3 非线性声学结合浅剖
- 4 非线性设备测量表现
- 5 国产设备案列的介绍
- 6 中深水浅剖设备简介





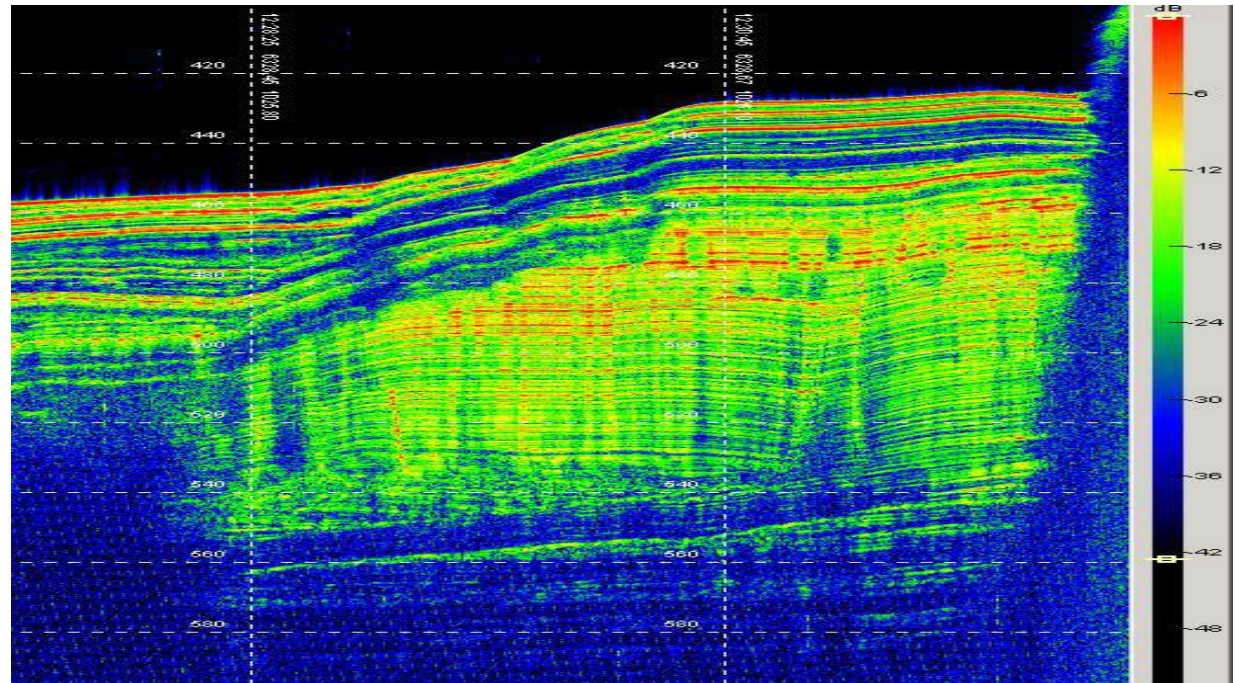
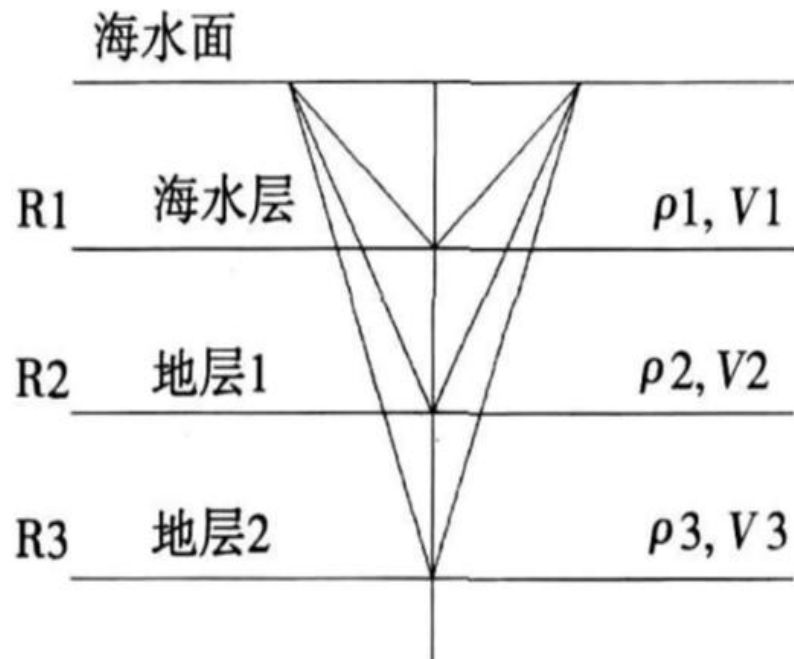
浅地层剖面仪简介

- 浅剖的原理简述

- 浅地层剖面仪利用多种形式产生声波，是基于声学原理的海洋探测设备。声波传播的速度主要与介质的密度、压强，温度等有关。比如把海水作为第一种介质，它的密度为 ρ_1 ，声脉冲在其中的传播速度为 V_1 。海底的沉积物，因物质成分不同存在分界面，它们的密度及声波速度分别为 ρ_2, V_2 和 ρ_3, V_3 以此类推，海底为 R_1 界面，沉积物的界面为 R_2, R_3 界面以此类推。利用不同界面的回波来获得底质分层，进而在时间轴上绘制剖面图。

- 常见的浅剖设备分类：

压电陶瓷式，声参量阵式（非线性），电火花式，电磁式等





浅地层剖面仪简介

• 浅剖发展缩略

20世纪50年代前

- 原型研讨初样

60~70年代

- 初代商业产品

80年代

- 脉冲压缩技术引入
- 参量阵应用兴起

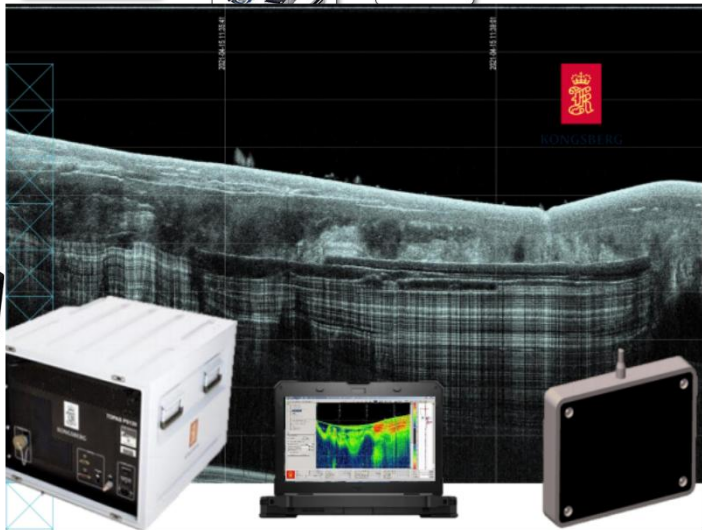
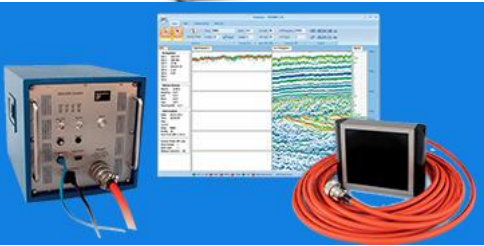
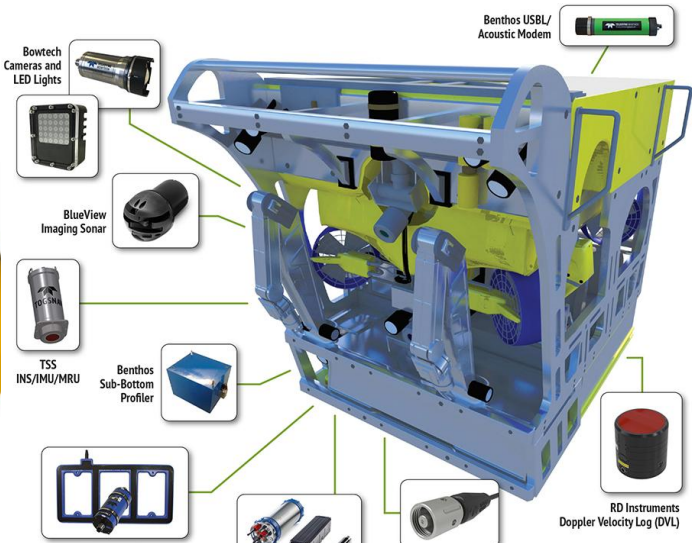
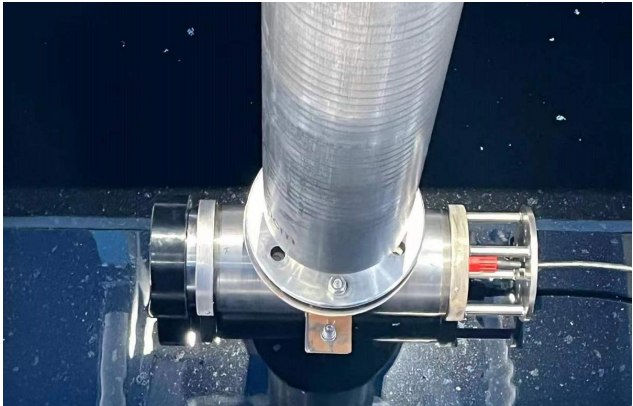
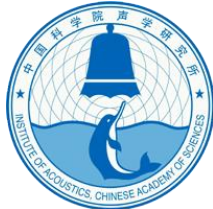
90年代

- 各类国外浅剖厂家推出多型优质设备

21世纪

- 各型深海船载设备
- 优质信号处理技术
- 各类载体搭载
- 综合一体化

浅地层剖面仪简介





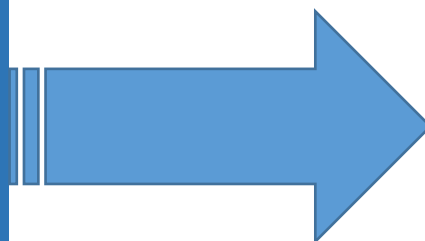
浅地层剖面仪简介

公司	国家	产品
KONGSBERG	挪威	SBP系列（线性）、TOPAS系列（参量阵）
EdgeTech	美国	2050、2200、2205、2300、2400、3300、3400（线性）
SyQwest	美国	Bathy-2010、StrataBox（线性）
Teledyne	丹麦	Chirp III（线性）、ParaSound系列（参量阵）
INNORMAL	德国	SES系列（参量阵）
Benthos	美国	Chirp 系列，SIS系列，CAP系列
AAE	英国	Boomer系列，Sparker系列
Knudsen	加拿大	Pinger
GEO	荷兰	GEO-Source电火花震源（盐水，淡水）系列
PanGeo	加拿大	SBI
国产	中国	PLS系列，SPAS系列，GeoScope系列，GPY等

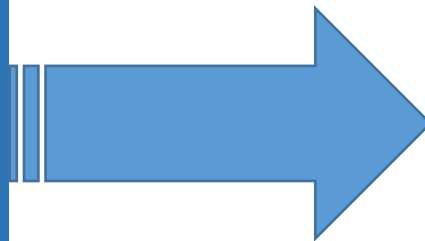
浅地层剖面仪简介



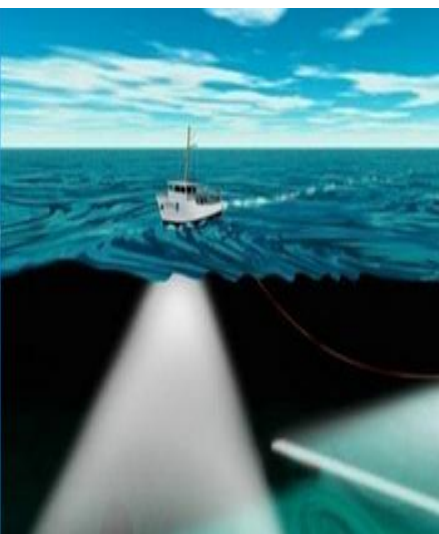
- 海底地质及地球物理调查
- 海底工程选址
- 海底矿产资源探测
- 疏浚
- 海底管线检查
- 海底军事目标检测
- 水下考古
- 基于浅剖原理的其它应用



地质调查
(底质识别)



掩埋目标探
测

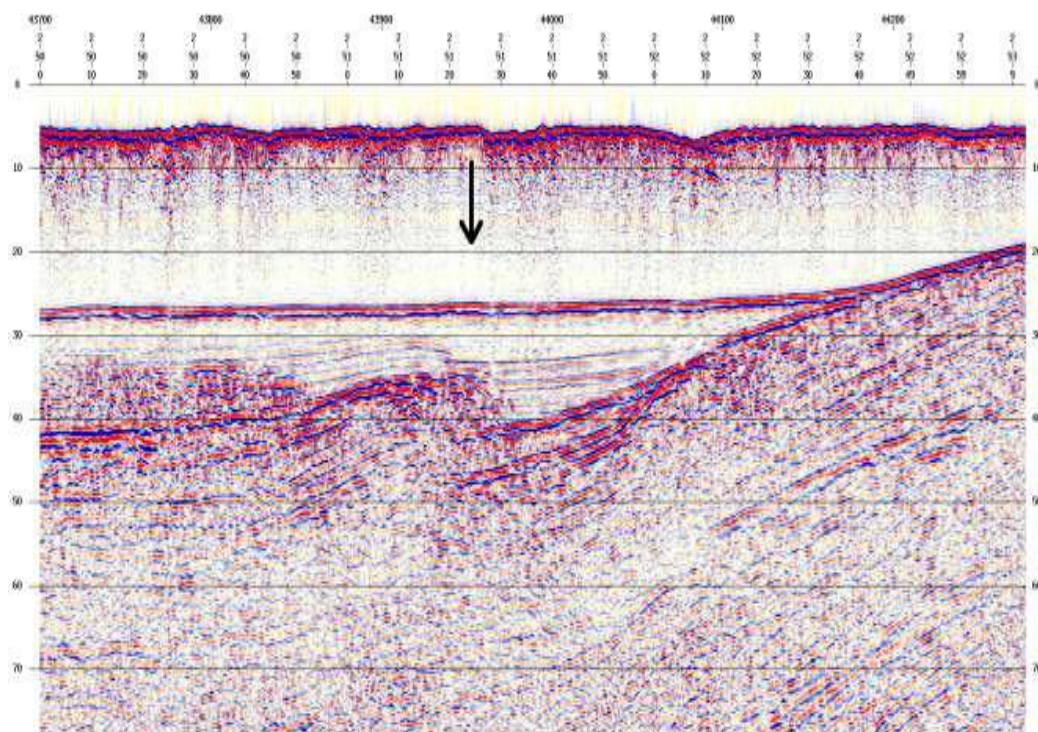


浅地层剖面仪简介

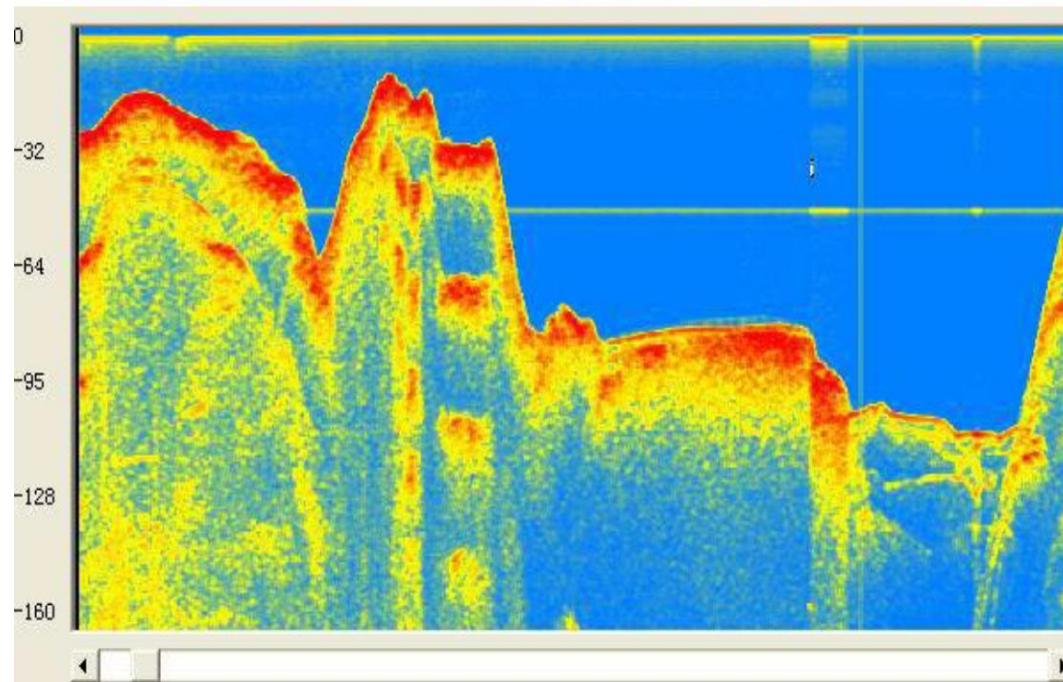
• 浅剖的用途简述

1 获取海底浅地层的分层信息

海底底质的分层信息用于了解海底浅地层构造，有助于近海岸工程实施，如港口建设，桥梁搭建等

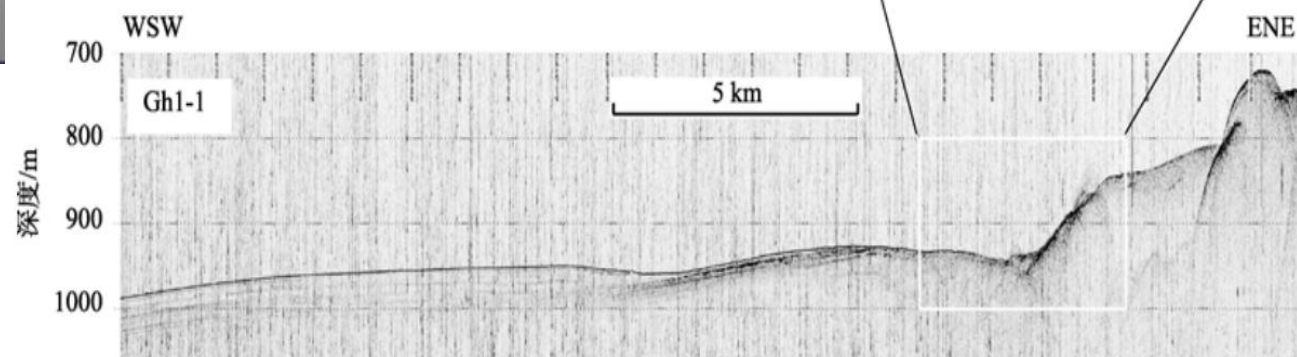
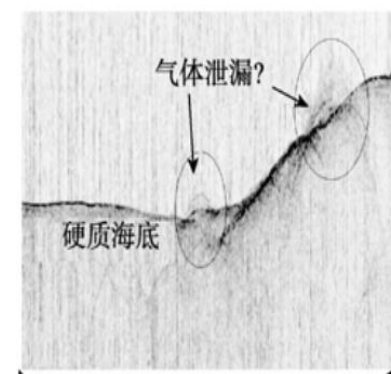
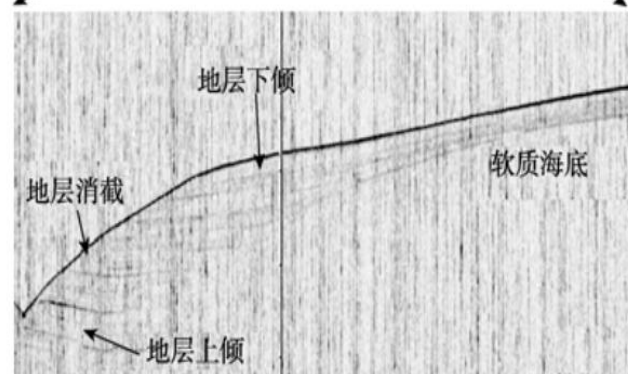
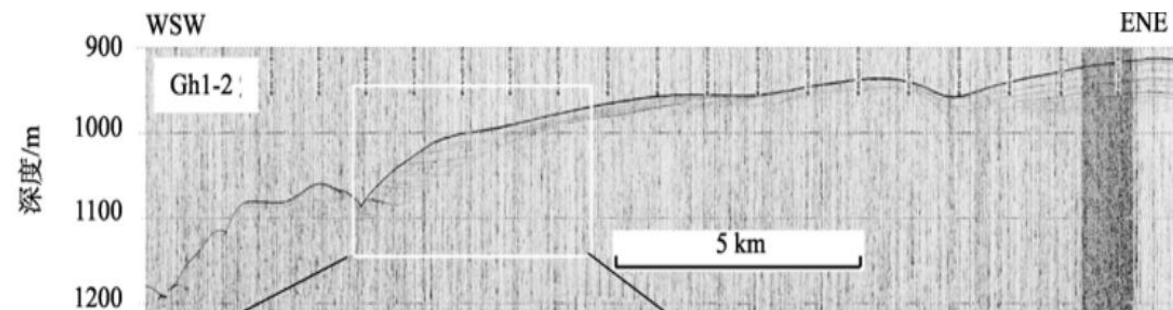
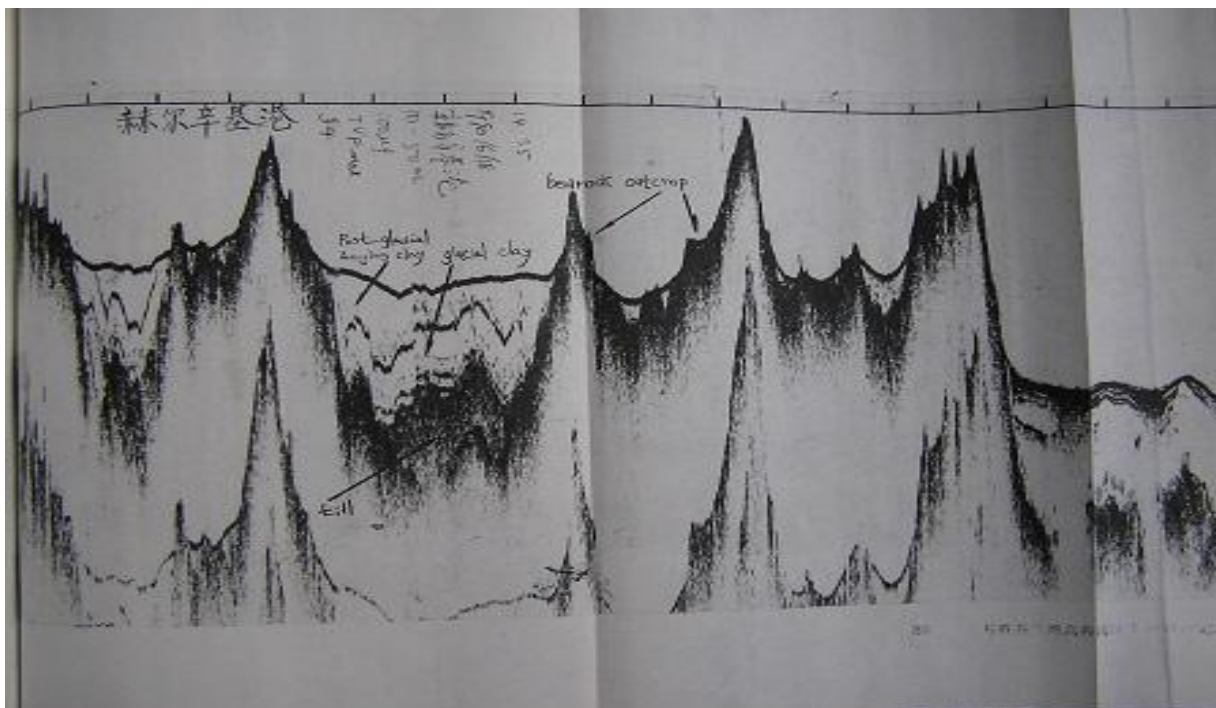


图二 小浪底水库某处浅地层原始数据记录



浅地层剖面仪简介

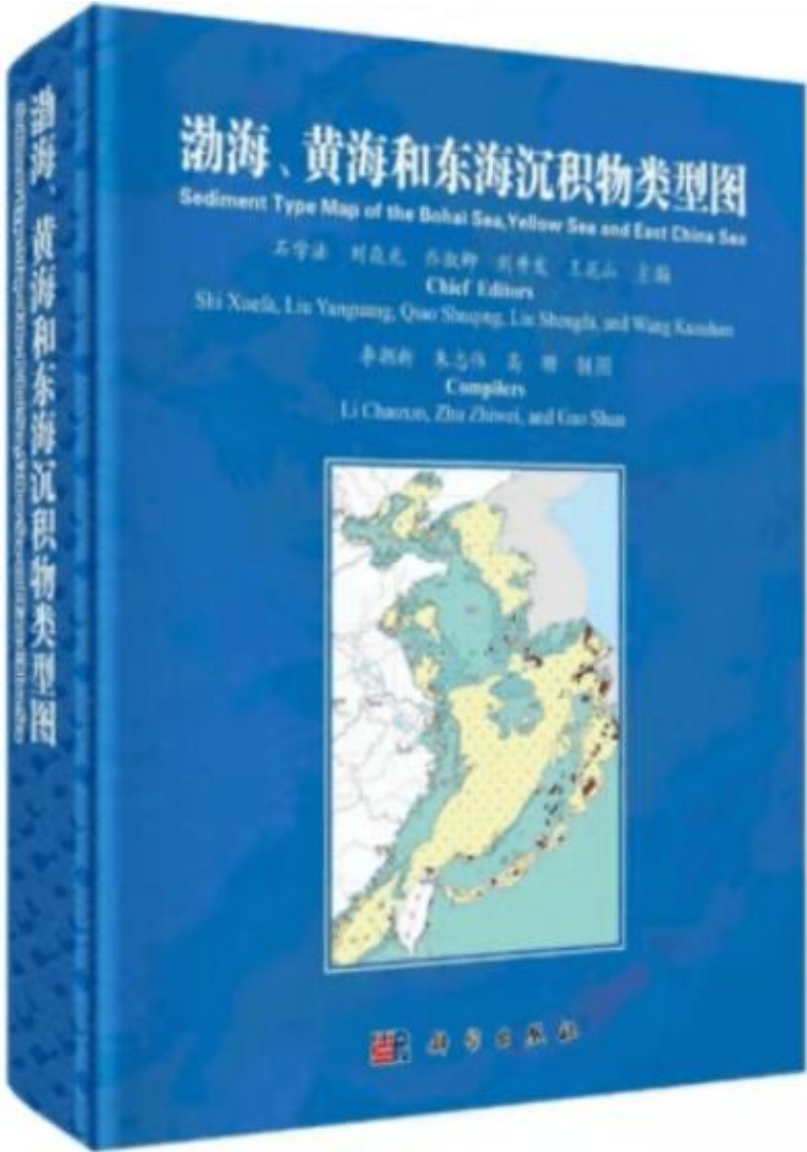
- 浅剖的用途简述





浅地层剖面仪简介

沉积物类型	密度(g/cm ³)		孔隙率(%)		声速(m/s)		速度比(沉积物声速/海水声速)	
	Av.	SE	Av.	SE	Av.	SE	Av.	SE
粗砂	2.034	...	38.6	...	1836	...	1.201	...
细砂	1.962	0.017	44.5	1.0	1759	9	1.152	0.006
很细砂	1.878	0.017	48.5	1.0	1709	14	1.120	0.009
粉砂质砂	1.783	0.014	54.2	0.8	1658	7	1.086	0.005
砂质粉砂	1.769	0.018	54.7	1.1	1644	7	1.076	0.004
粉砂	1.740	0.027	56.2	1.6	1615	6	1.057	0.004
砂—粉砂—泥	1.575	0.021	66.3	1.4	1582	7	1.036	0.005
泥质粉砂	1.489	0.014	71.6	0.7	1546	3	1.012	0.002
粉砂质泥	1.480	0.010	73.0	0.5	1517	2	0.990	0.001





浅地层剖面仪简介

• 浅剖的用途简述，关于底质分类和反演的讨论

1 声纳发射声源级的标定测量

2 传播损失的测算

3 信号声吸收的测算

4 声纳接收系统的灵敏度和增益标定

5 姿态系统的数据获取和计算

6 海底声阻抗特性计算

7 海底以下主要分层声阻抗计算

8 判断相对和绝对差别等工作.....

9 原位数据比对，数据库的建立.....

$$R = \frac{B_1}{A_1} = \frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

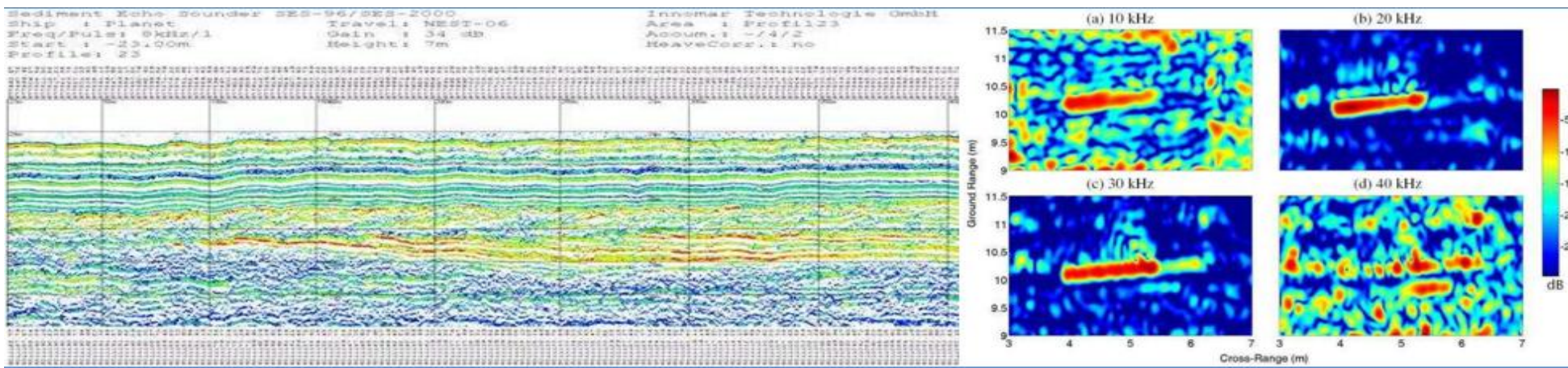


浅地层剖面仪简介

• 浅剖的用途简述

2 获取海底掩埋物的信息

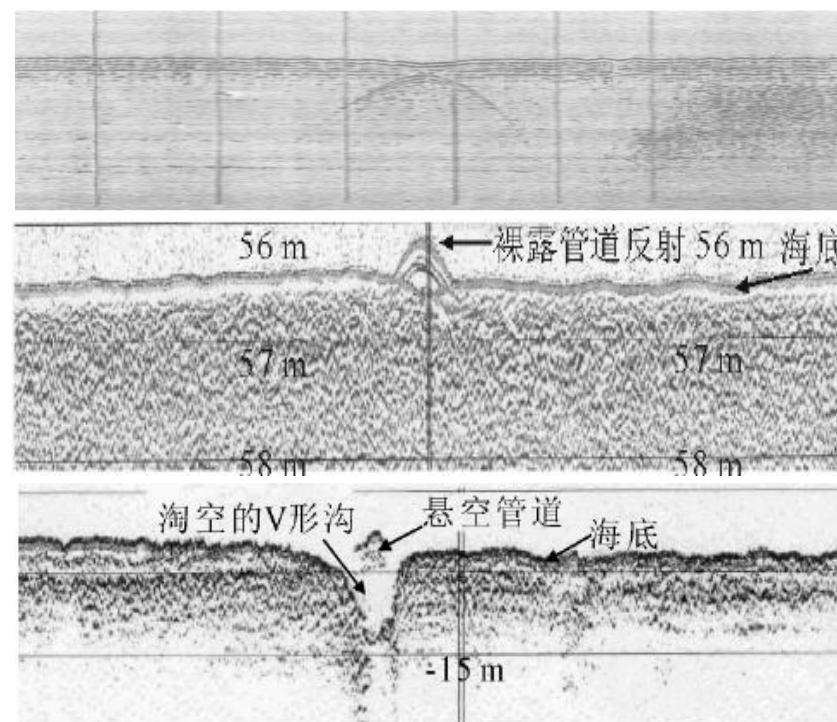
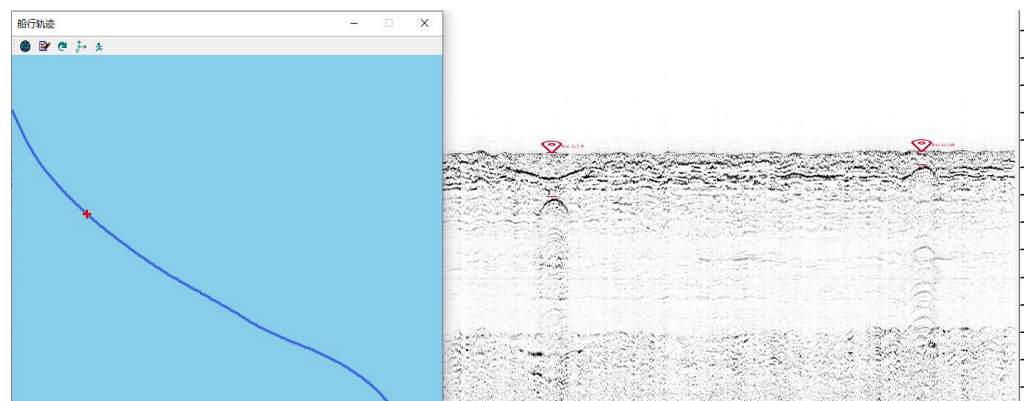
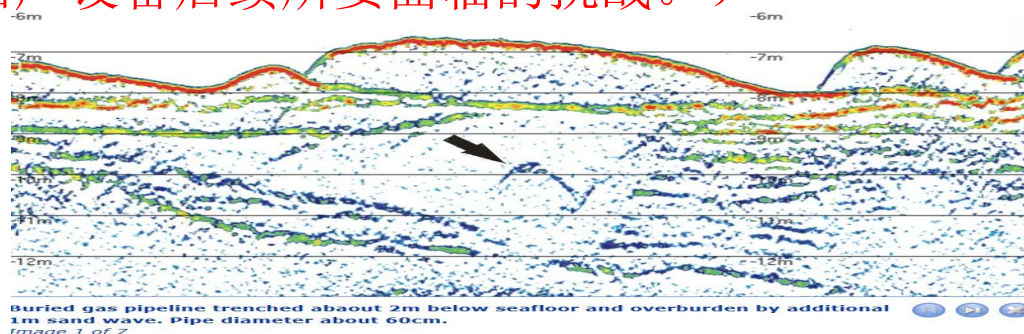
利用浅地层剖面仪探测海底目标广泛地应用于军民市场。主要用于海底掩埋物如海底管线（油、水、气，缆等），沉船找寻，军事目标（沉底雷、掩埋雷）探测。剖面仪等探测设备安装在无人艇中由母船放出，进行作业。也可由扫雷艇直接搭载进行雷体探测。



浅地层剖面仪简介

- 浅剖的用途简述:
- 海底掩埋物识别, 海底底质高分辨勘测, 利于保证航道测量, 潜器坐底勘测, 锚地选取, 远海平台建设等军事目的, 同时也便于海底管线巡查, 海底工程建设, 沉船找寻等军民融合多用途。

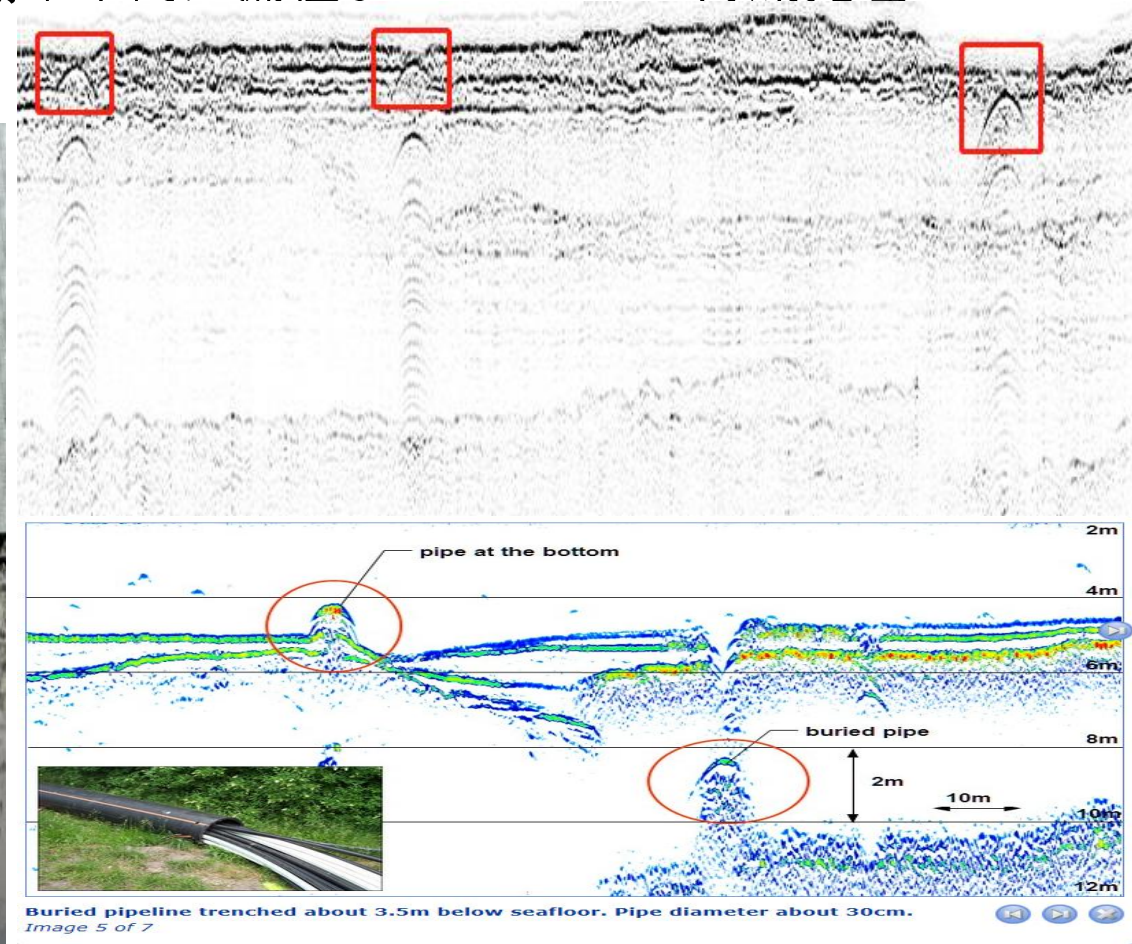
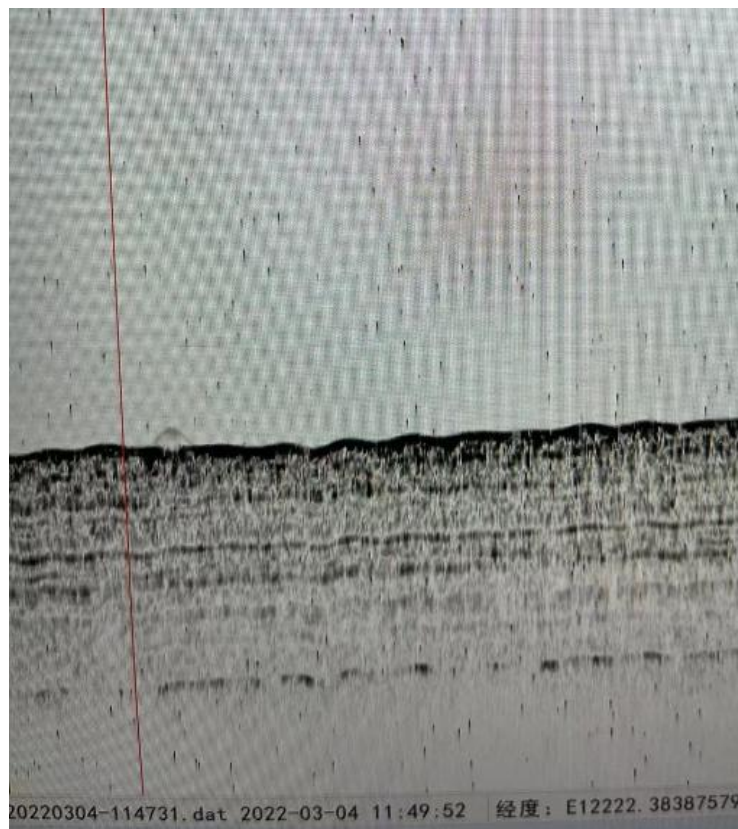
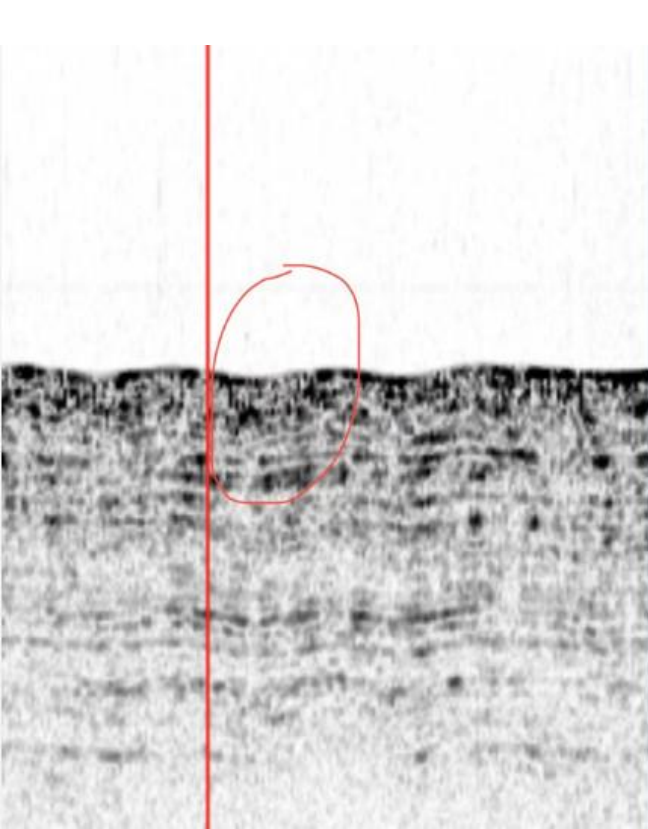
(同时后续数据处理平台的搭建, 多年来测量数据的汇总, 特征提取, 分类等这些工作都是国产设备后续所要面临的挑战。)



浅地层剖面仪简介

• 浅剖的用途简述:

国内在近20年来引入各类浅剖，在浅水区域较多用于海底掩埋管线的巡线，针对各类裸露，浅埋和深埋管缆，400~1000mm的各类管线检测率高，200~400mm的各类管缆检测率较高存在一定的漏检，100~200mm的各类管缆检测率受各类条件影响检测率不高，漏检多。50~100mm海底掩埋缆线的检测目前是行业难题，检测率普遍低下挑战较大。



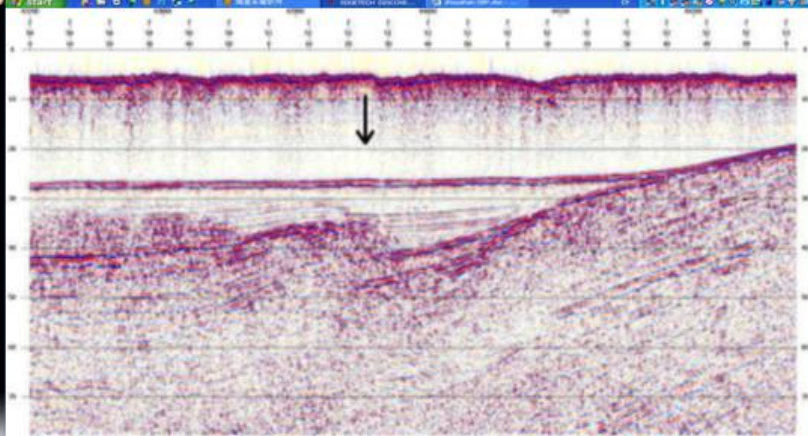
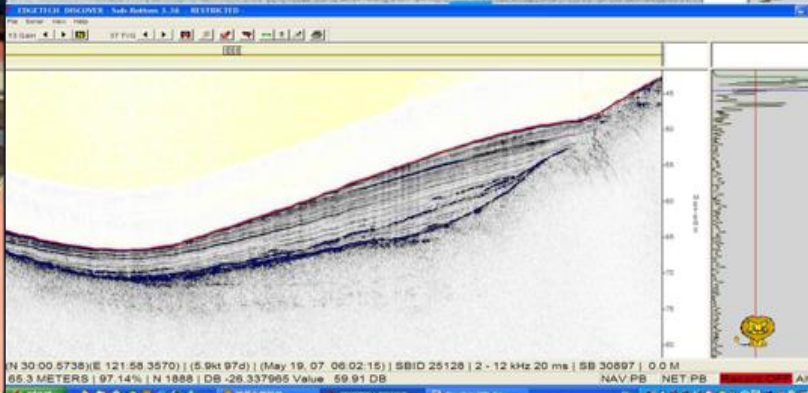
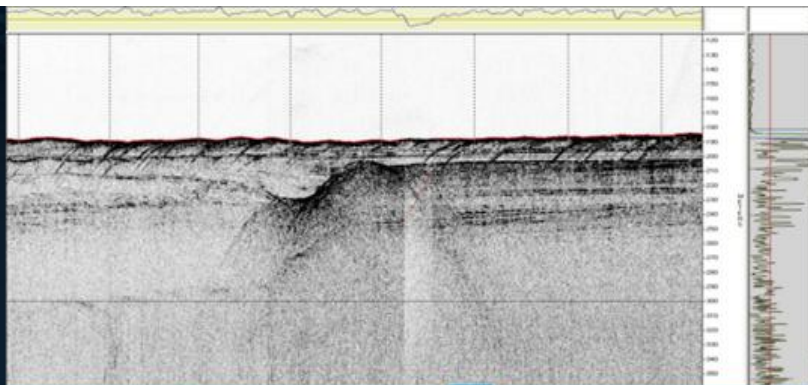
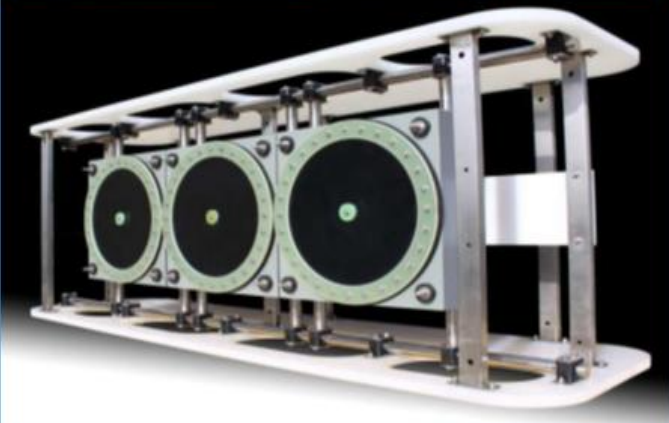


浅地层剖面仪简介

- 线性浅剖设备介绍
- 浅地层剖面仪从形成机理上可分为线性和非线性声源两类。线性浅剖利用换能器直接产生的声波进行探测。线性声源功率大穿透深度深，技术成熟。商业产品众多，市面上常见的设备如下表所示：

公司	国家	产品
KONGSBERG	挪威	SBP系列（线性）
EdgeTech	美国	2050、2200、2205、2300、2400、3300、3400（线性）
SyQwest	美国	Bathy-2010、StrataBox（线性）
Benthos	美国	Chirp 系列，SIS系列，CAP系列
AAE	英国	Boomer系列，Sparker系列
Knudsen	加拿大	Pinger
GEO	荷兰	GEO-Source电火花震源（盐水，淡水）系列
PanGeo	加拿大	SBI
等等	等等	

浅地层剖面仪简介-线性设备举例





浅地层剖面仪的简介

• 线性浅剖设备介绍

这20年来我国所用的浅地层剖面仪几乎全为进口设备，如中深水领域使用的CAP6600型浅地层剖面仪声呐（船底安装以及拖体集成），多为国外上世纪成型技术装备，属于线性声学设备范畴，较老旧，有张角大、空间分辨力低，旁瓣多，带宽窄等缺点。

而发达国家已在近20年来广泛装备基于非线性声学原理的参量阵型浅地层剖面仪设备。国内各单位科考、测量船也广泛换装该体制的浅水和中深水浅地层剖面仪。

线性设备的不足

- (1) 设备声源张角大，水平分辨力差
- (2) 小张角要求下尺寸会较为庞大
- (3) 旁瓣多杂，混响大
- (4) 不具备相控和精细对准，姿态难补偿



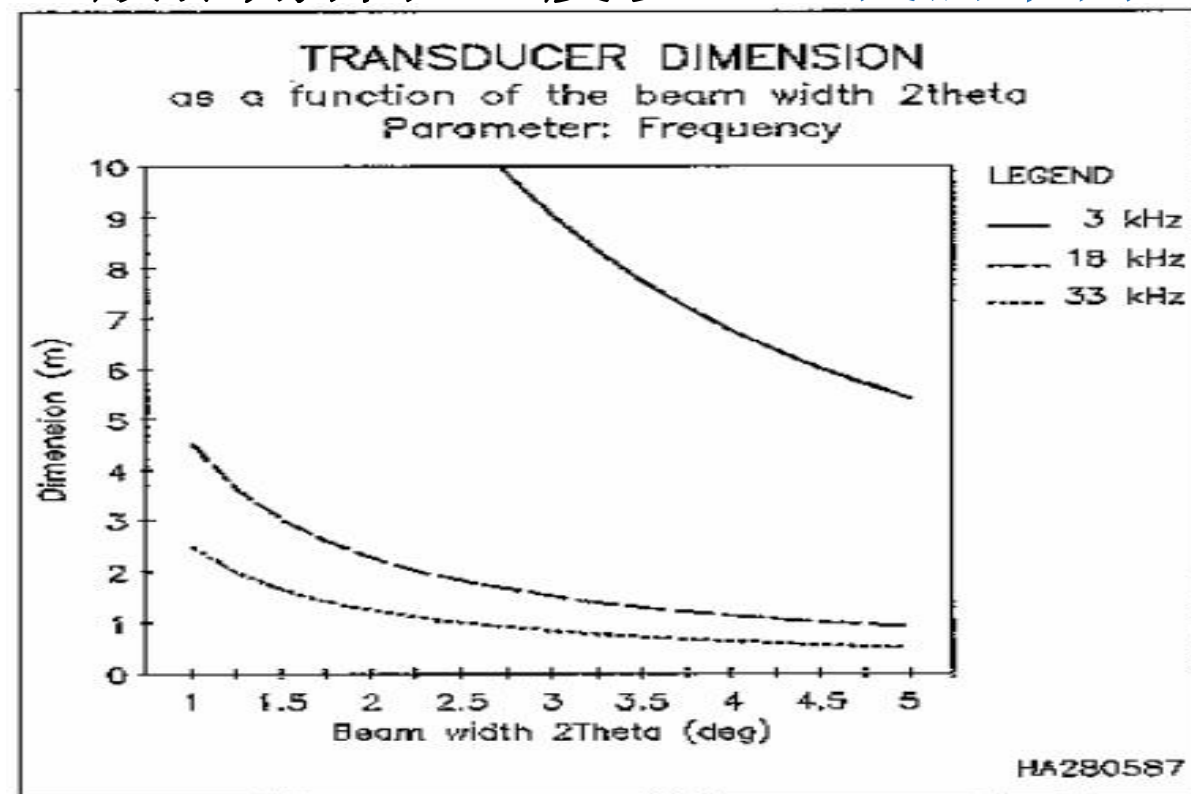
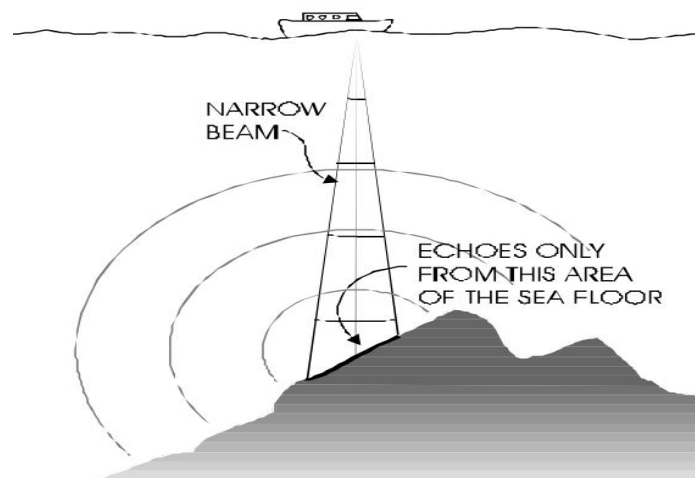
线性声学设备的不足（一）

- 线性声学范畴的声呐设备，一般张角较宽。

当需要深的穿透，那么就必然需要较低的发射频率。

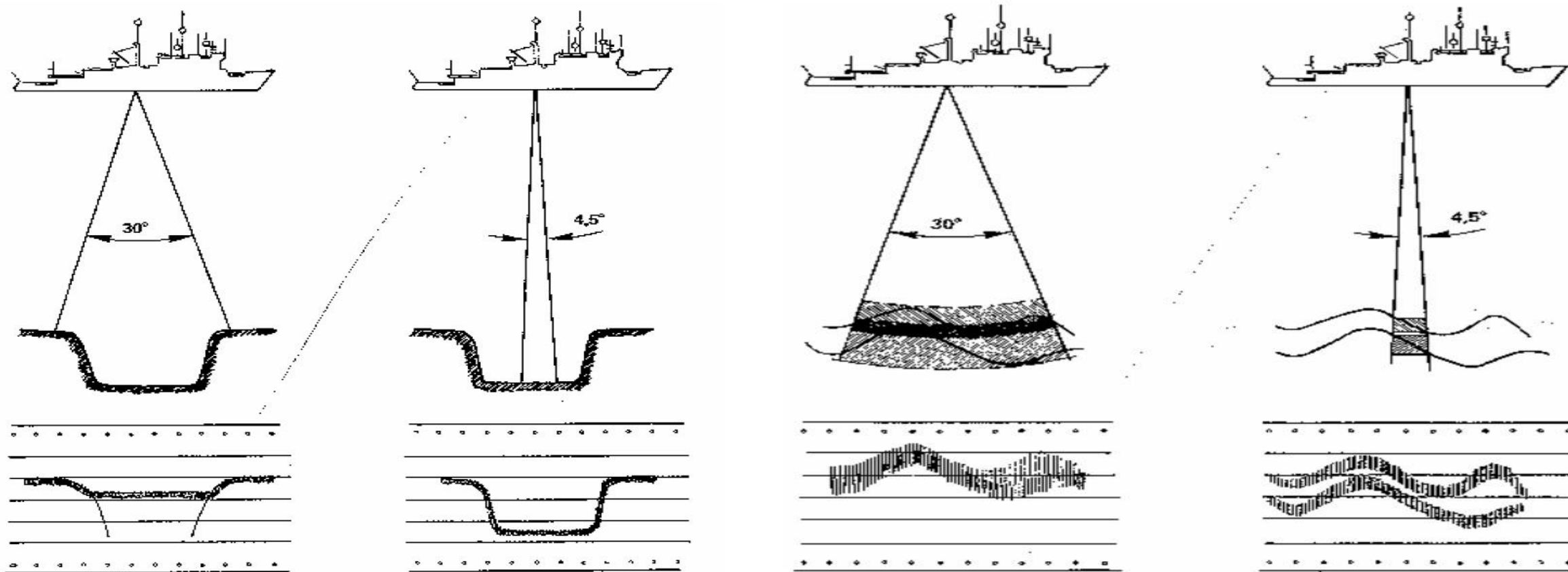
而低的发射频率，就必然有较长的声波波长。那么若想要尖锐的张角（对应海底脚印小），则必然会导致设备尺寸庞大，这个矛盾在线性设备范畴内是不可避免的。（前面提到的线性设备一般张角都在**20度以上**）我们举例：

若想在**7KHz**左右获得**4*4度**张角，那么阵的尺寸大概在**3米左右**，**3KHz**基本朝着**7*7m**尺寸发展，在船底开孔庞大的同时，基阵的重量自然也随之成为麻烦，这对于安装和施工是极大的麻烦，适装性不友好。



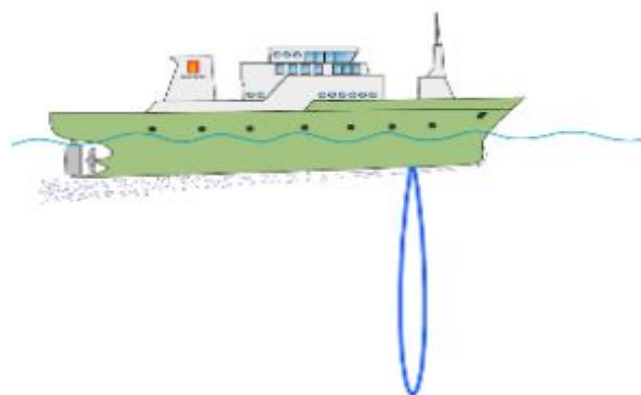
线性声学设备的不足（二）

- 市面上的线性声呐设备张角较大，水平分辨较差。受限于海底测量脚印，该类设备不适合精细地层测量作业。（比如要在100米测线上绘制500到1000点的剖面工作，混响，伪层等问题都会随着脚印变大而变严重，影响结果）
- 随着作用距离加深，大张角的线性剖面设备水平脚印会越来越大，影响成图，遗漏目标或地层，大的海底脚印容易导致混响的增强，不利于浅剖设备空间分辨的提升。

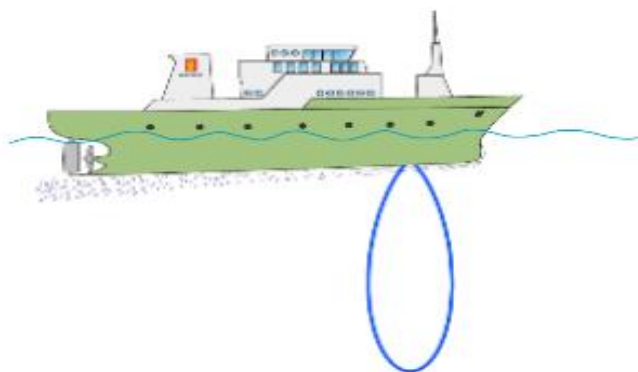


线性声学设备的不足（二）

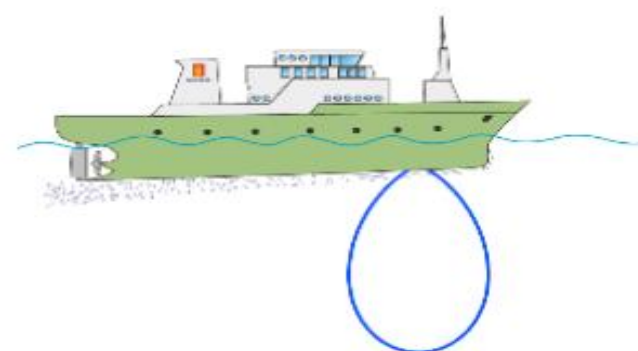
窄波束的比对效果：



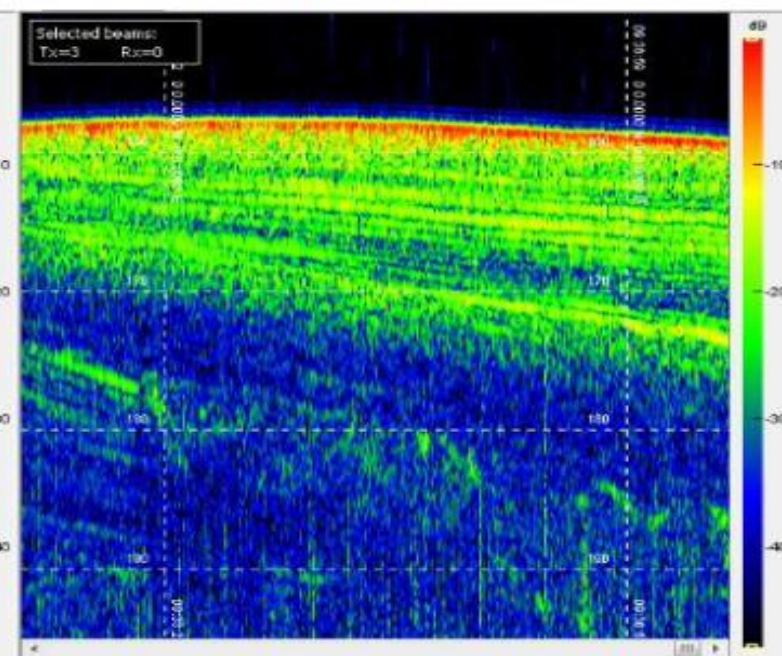
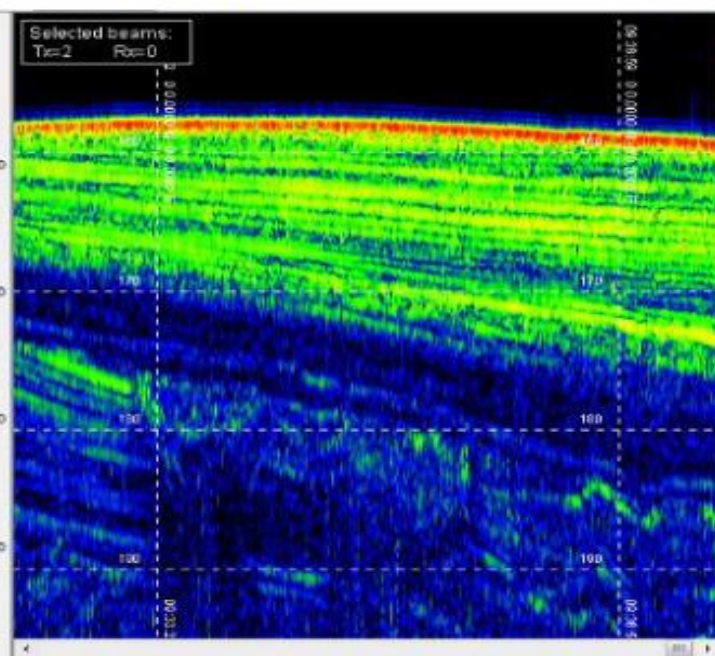
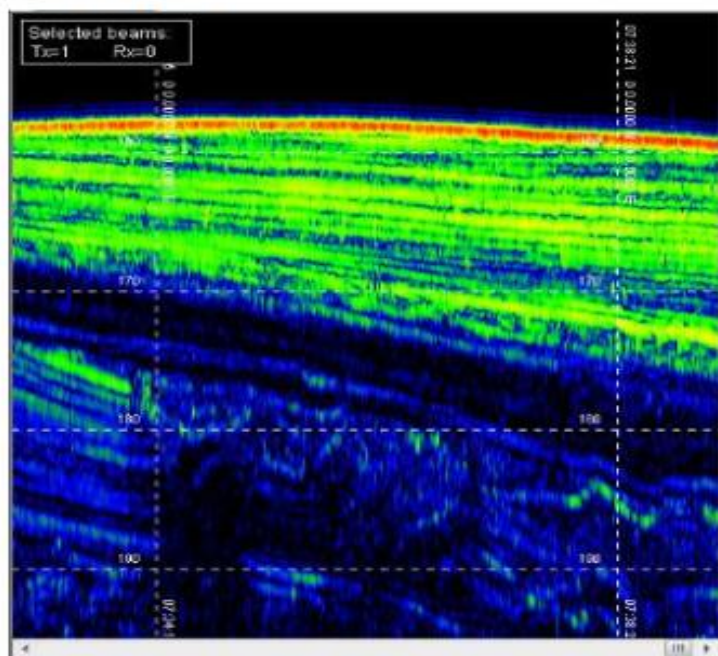
$3^{\circ} \times 3^{\circ}$



$6^{\circ} \times 6^{\circ}$

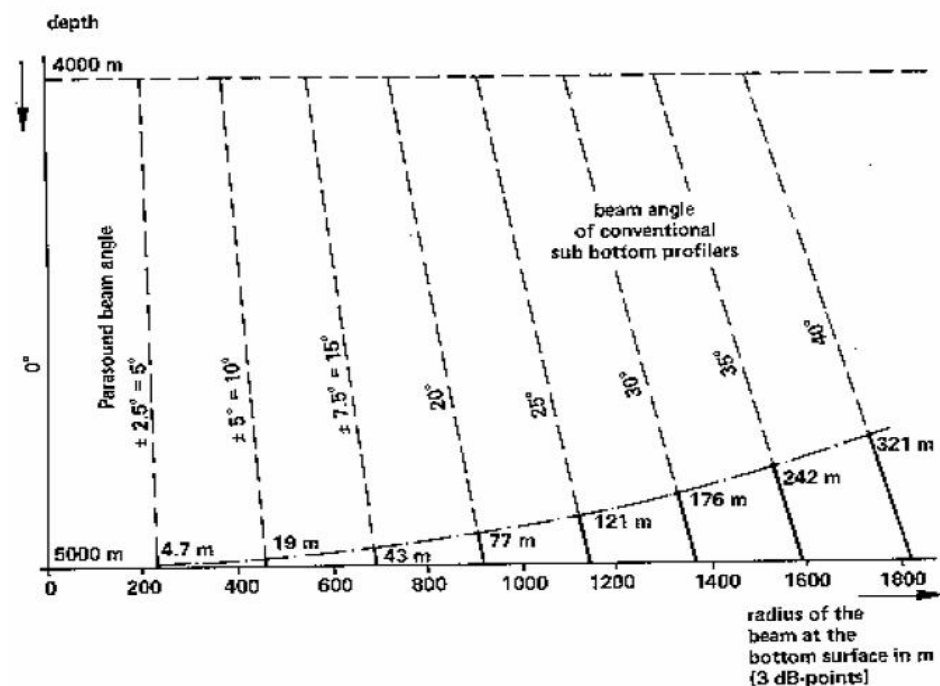
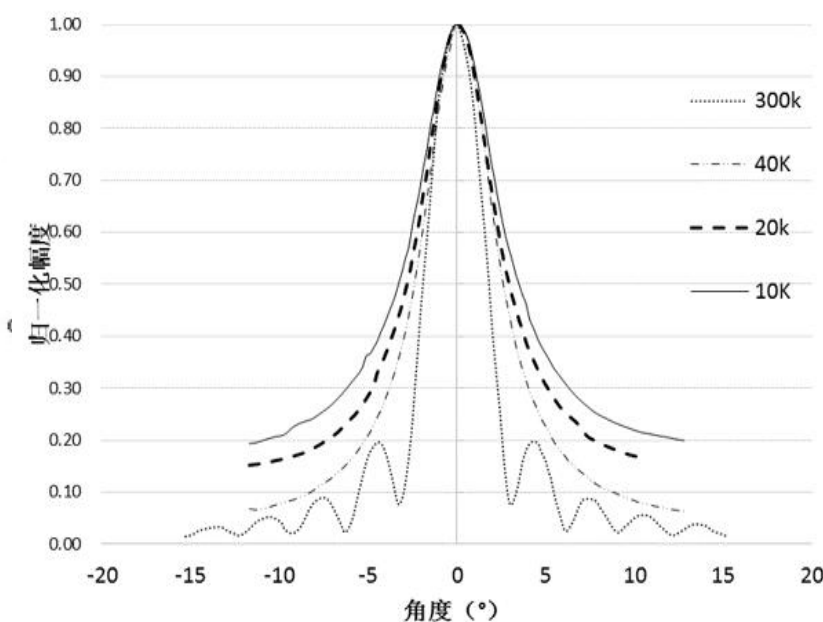
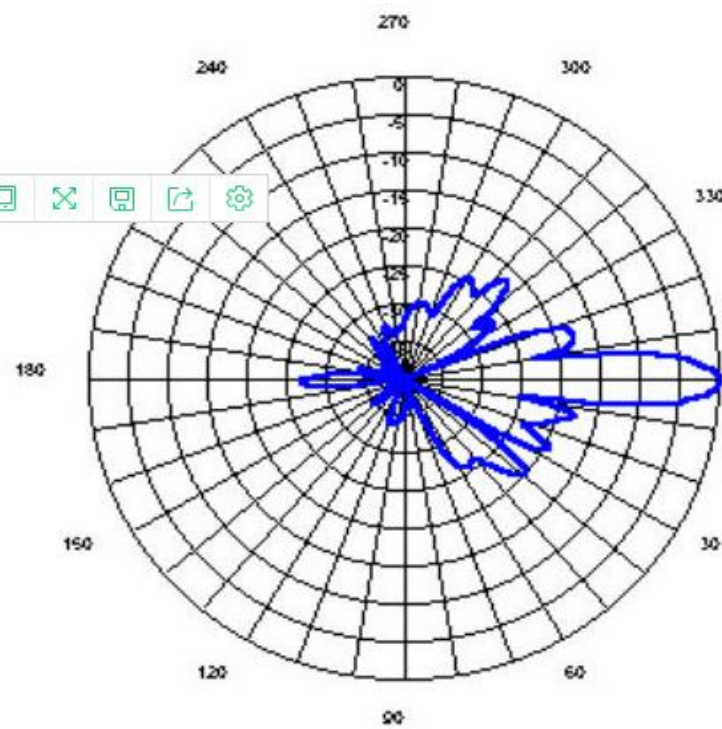


$12^{\circ} \times 12^{\circ}$



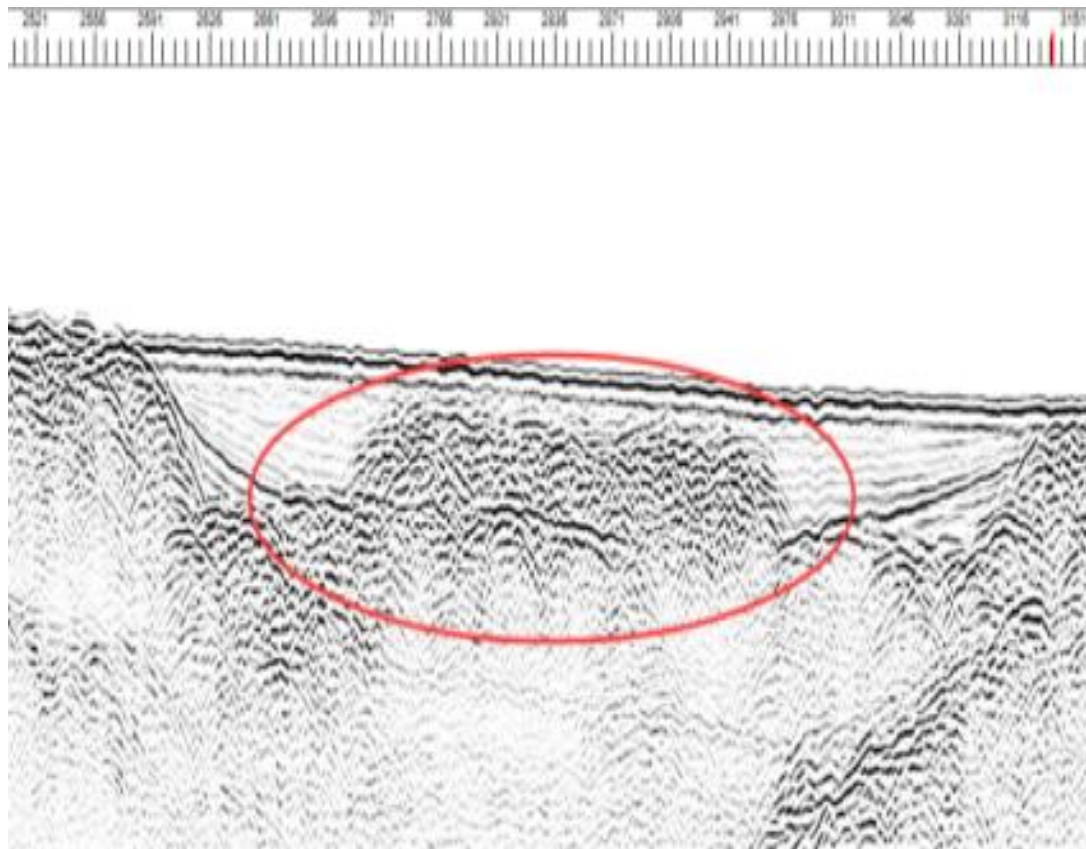
线性声学设备的不足（3）

- 线性声学设备旁瓣较多较大，这也是该类型设备无法避免的问题：
- 在需要精细测量浅地层时，旁瓣多容易造成目标模糊。
- 同时我们也需要意识到，大的海底脚印及众多旁瓣还会导致混响的增强。
- 且随着作用距离的加深，脚印愈发扩展，水平分辨自然变差，同时导致影响垂直分辨，这都是不利于精细勘测，都会增加外业辨识难度，内业也不友好。

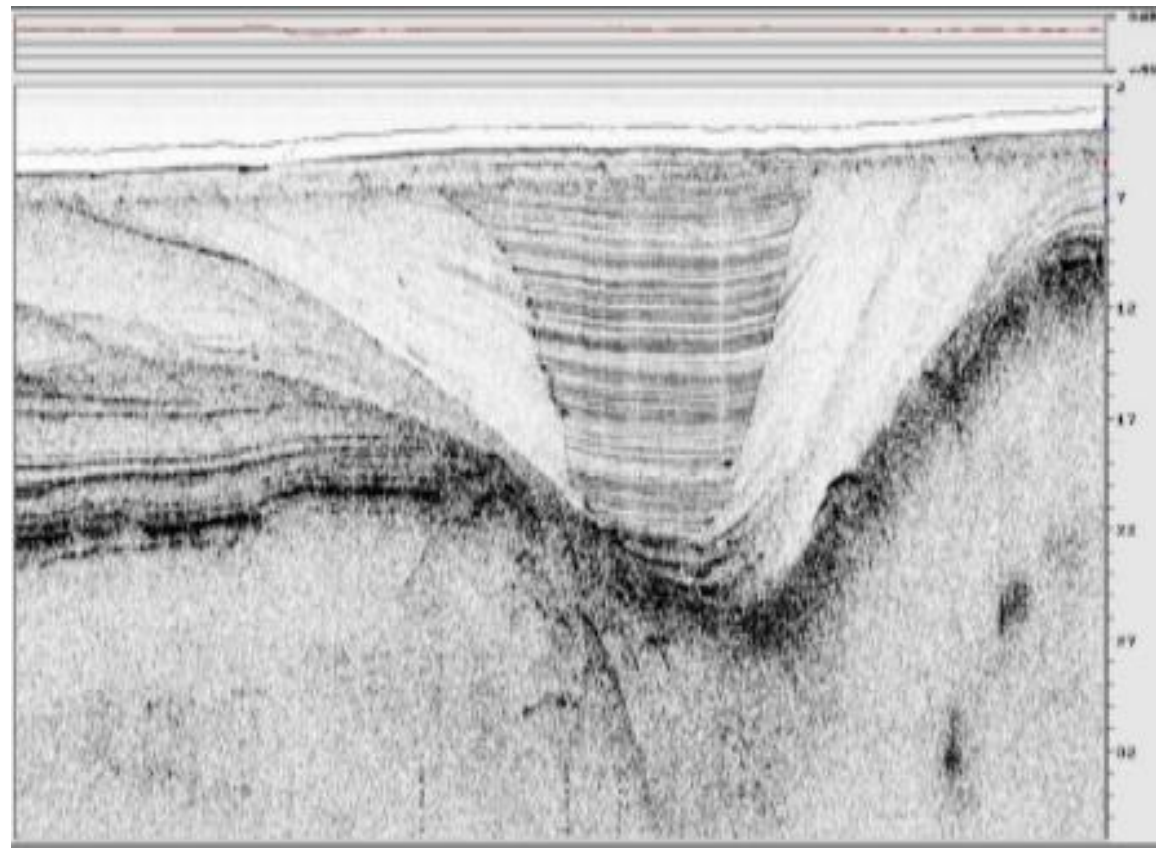


线性声学设备的不足 (3)

宽脚印，多旁瓣导致的空间分辨率下降是较难弥补的：



线性浅剖获得的典型古河道剖面图像



参量阵浅剖获得的典型古河道剖面

线性声学设备的不足（4）

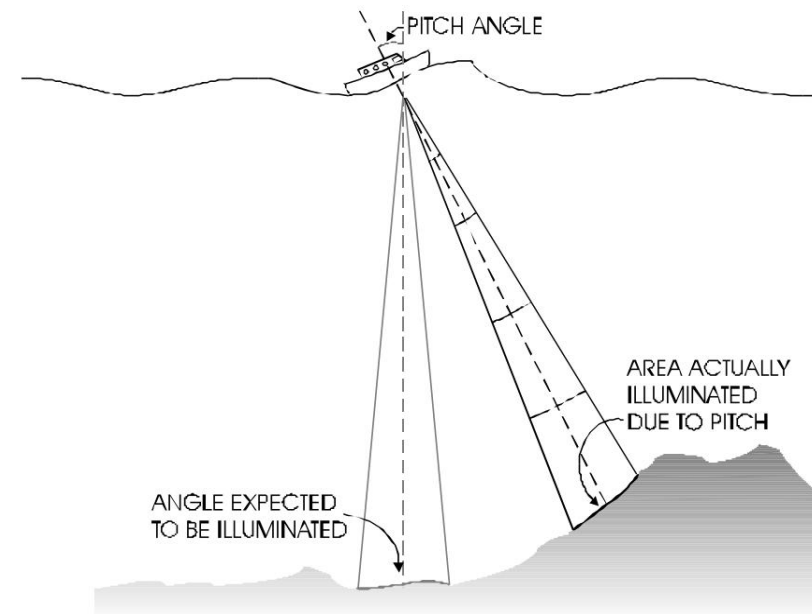
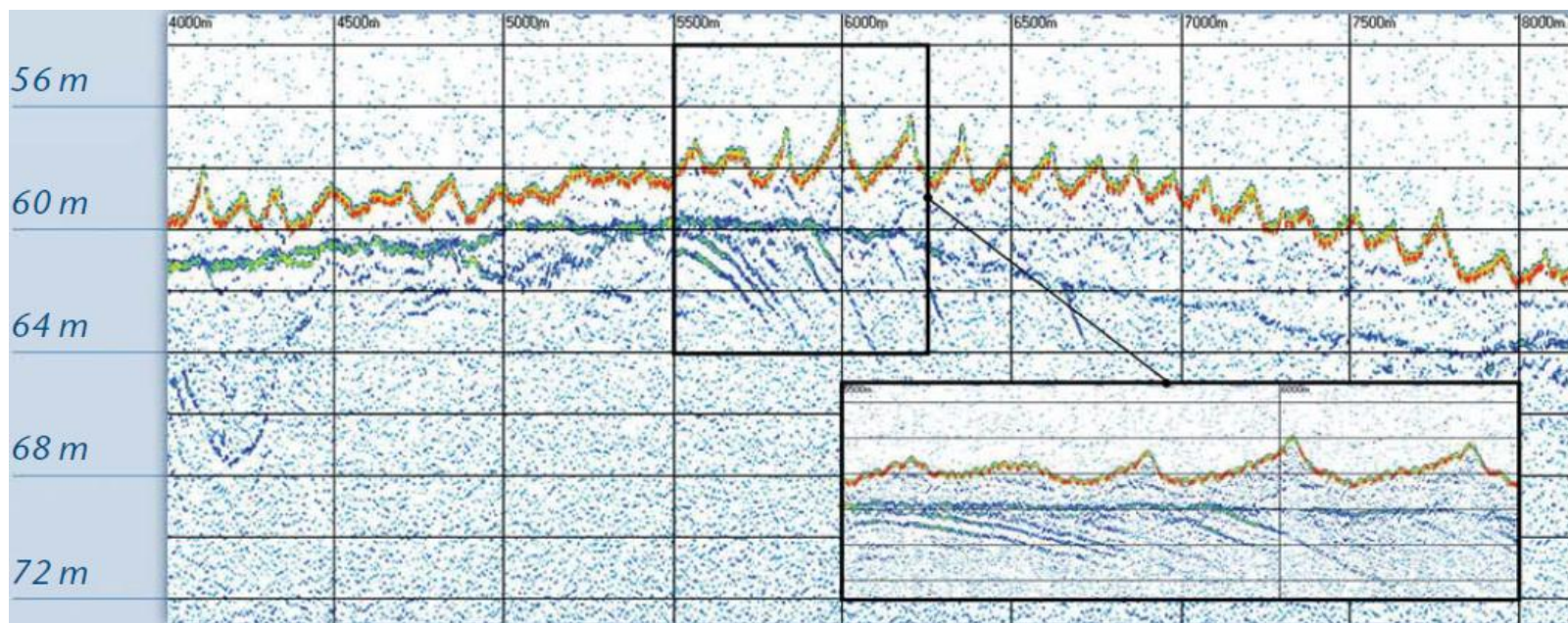
- 不具备相控扫描和精细对底，对准功能

A 声纳设备受海洋环境影响较大，风浪、船只起伏等，会影响收发波束的对应位置。

B 线性宽张角的传统浅剖不具备收发波束补偿的功能，无法对抗横摇和纵摇，无法准确得知回波位置的剖面数据对应情况。

C 在中远海，常有地形起伏，坡沟较多，斜度/深度较大，单波束线性设备无法及时跟踪海底和地层数据。

D 故需要具备精细校准的相控发射和Pitch, Roll, Heave补偿的浅地层剖面仪设备。



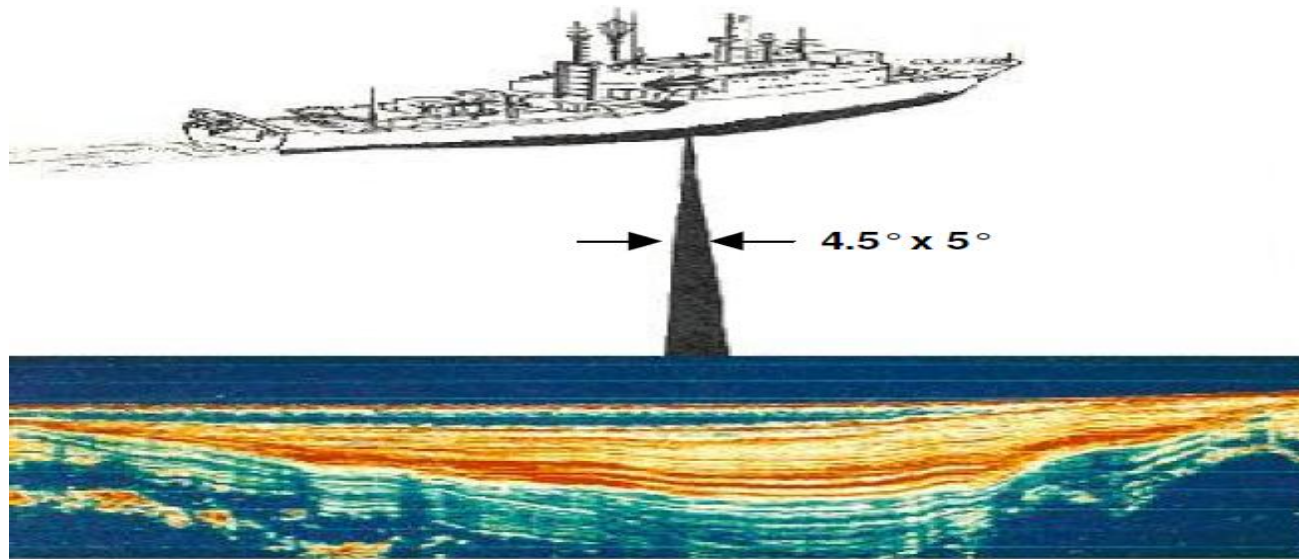


非线性声学结合浅剖—参量阵

疑问？优势！

- 1 是否可以在小尺寸的发射换能器下,得到较高指向性的低频声源？
- 2 是否同时可以使得设备具备几乎无旁瓣？
- 3 是否也同时可以使得设备带宽相对较宽？
- 4 是否在小张角，窄波束下可做到相控扫描？

Parametric Acoustics Sonar can do it !（参量阵型浅地层剖面仪）





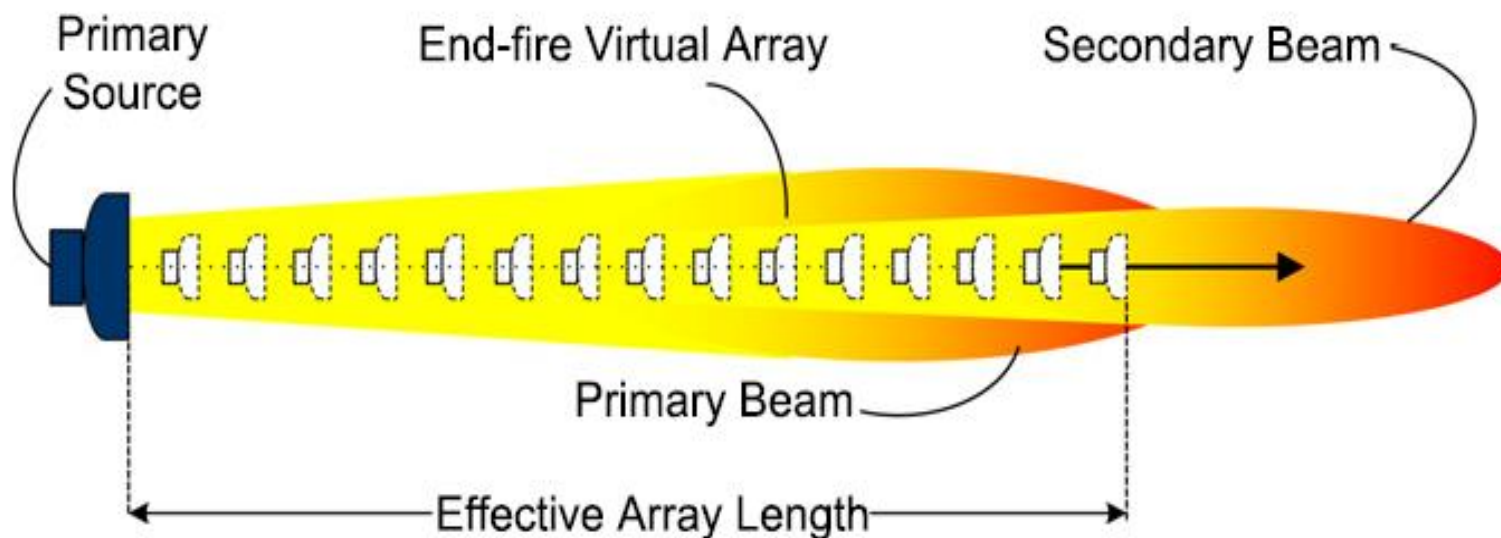
非线性声学结合浅剖—参量阵

- 非线性声学现象的简述：
- 区别于线性声学范畴，当发射声波的振幅（振速）较强，声马赫数较大，同时结合传播介质的非线性强弱，会导致声场发生畸变。实际测量结果中可发现接收频率较丰富，远不止发射端的声波频率。
（实际计算分析中导致高阶项不可忽略，源项丰富）
- 系统的研究计算始于20世纪60年代以后：
- Westervelt P J. Parametric acoustic array J. Acoust. Soc. Am. 1963; 35: 535-537
- Berklay H O. Possible exploitation of nonlinear acoustics in underwater transmitting applications. J. Sound Vib, 1965; 2: 435-461
- (Khokhlov–Zabolotskaya–Kuznetsov) equation的发表
- Hamblin Mark F, Blackstock David T. Nonlinear Acoustics: Theory and Applications. USA: Academic Press, 1997
- 等文献非常丰富。中科院东海站，南京大学声学所是国内研究较好的研究单位。

非线性声学结合浅剖—参量阵

- 低频频率（用作浅地层剖面仪穿透使用）是在海水介质中形成的，并非实际发射产生。从声学理论上说，线性声学是非线性声学的弱声场表现，参量阵型浅剖是非线性声学的典型应用。

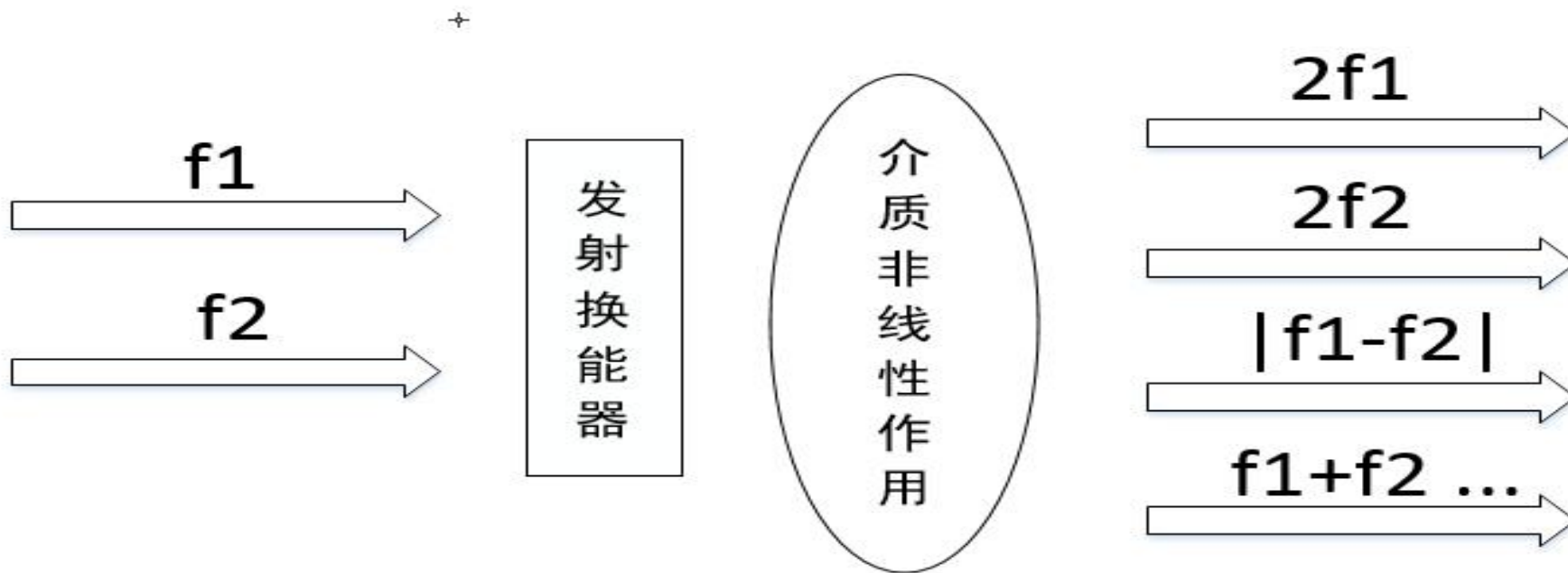
非线性形成的理论示意





非线性声学结合浅剖—参量阵

- 介质的非线性效应强弱主要指声吸收，很大程度上影响参量阵阵长（Effective Length），一般海水比淡水中容易形成，高频率原频比低频率原频容易形成。参量阵未完全形成时会有截断效应发生，比如差频张角会发生展宽，声源级相对会偏弱等等。



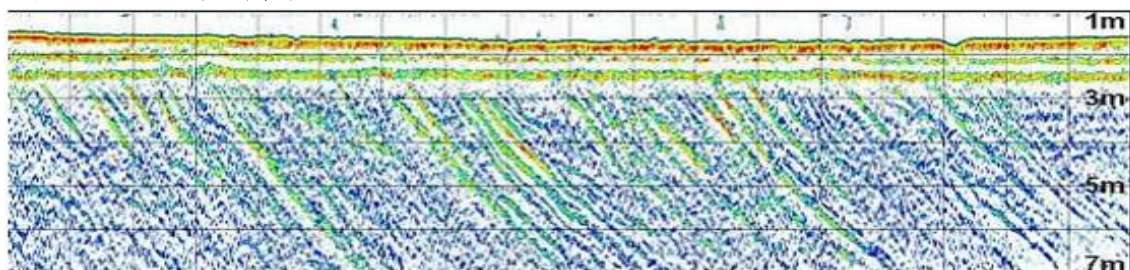
该类型设备具备张角尖锐，几乎无旁瓣，宽带宽，小尺寸，可扫描覆盖，功能拓展性强等优点，非常适用于海底掩埋物探测、海底底质高分辨识别和勘测等，同时也便于海底管线巡查、海底工程建设、沉船找寻等军民融合多用途。



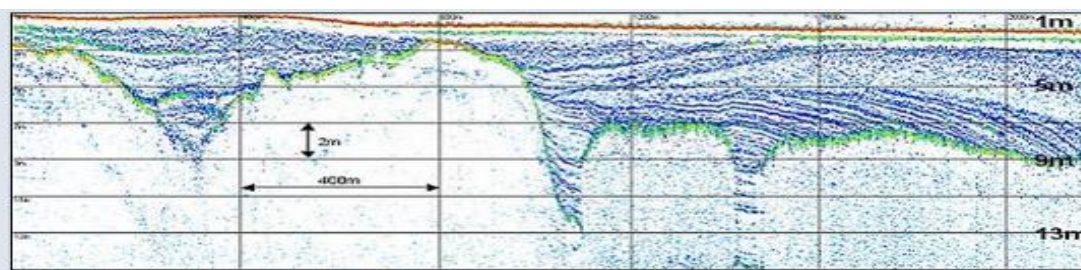
非线性设备测量表现—参量阵

- 我们完全可以利用非线性声学原理来指导声呐设计。就浅地层剖面仪应用而言：

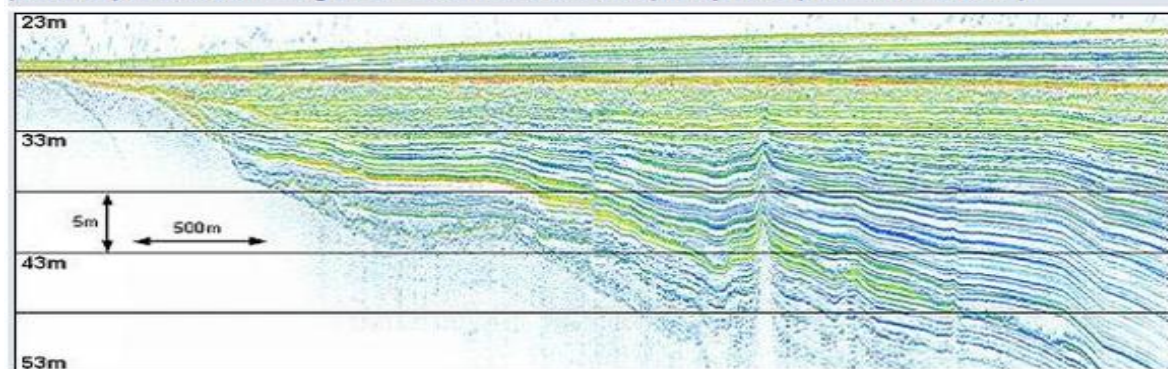
- 1) 非线性效应产生的差频作为低频信号可用于地层穿透，同时我们可以预先设计使得在介质中生成各种差频信号，构造多探测频率系统。
- 2) 产生的谐频或者和频信号可用于高分辨率海底识别，配合原频识别海底表层目标，高精度测深。



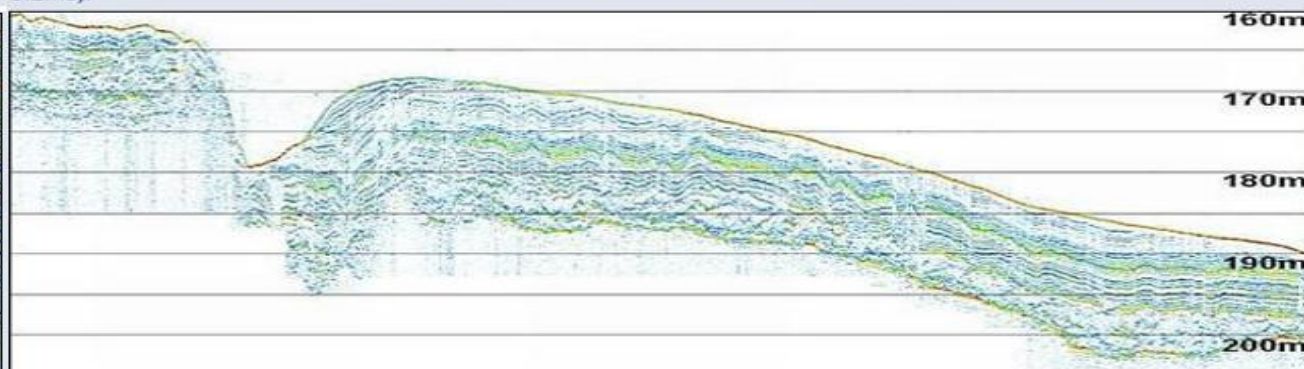
SES-2000 *compact* parametric sub-bottom profiler echoprint data example in extremely shallow water (water depth about 2m; range 1–7m below sea level; frequency 8kHz; pulse width 0.13ms).



SES-2000 *compact* parametric SBP echoprint data example from an extremely shallow river in Gambia (water depth 1–2m; range 1–15m below sea level; sediment penetration more than 10m; frequency 10kHz; pulse width 0.2ms).



SES-2000 *standard* parametric sub-bottom profiler echoprint data example from the Baltic Sea (water depth about 25m; range 23–53m below sea level; frequency 8kHz; pulse width 0.38ms).



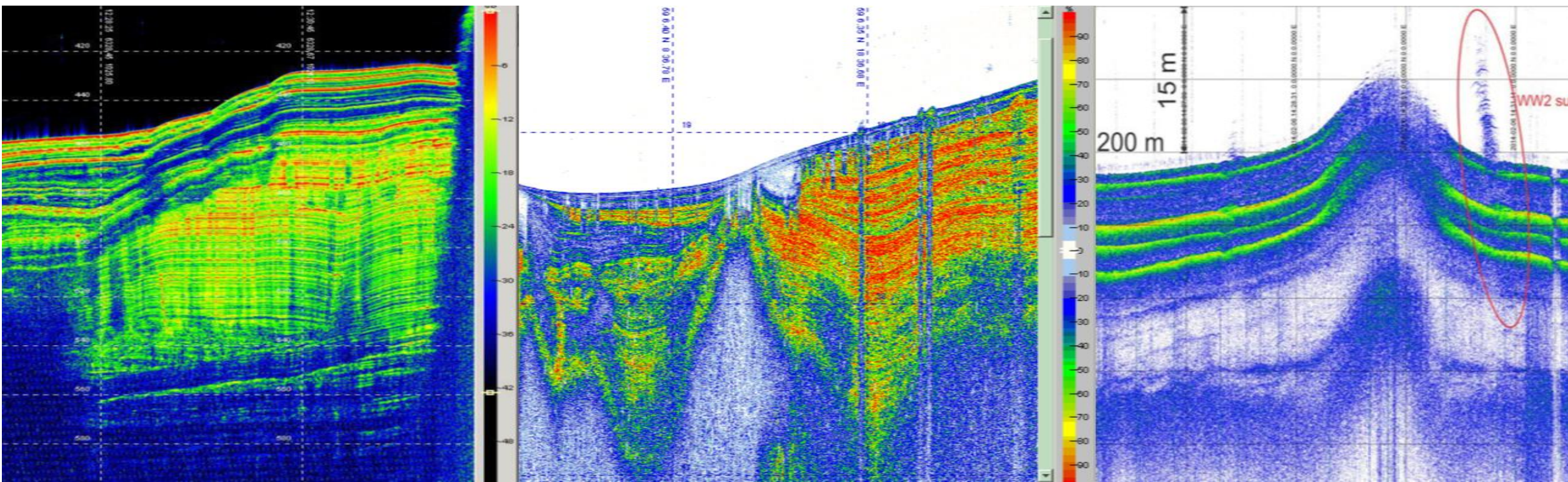
SES-2000 *standard* parametric sub-bottom profiler echoprint data example from the Baltic Sea (water depth 160–190m; range 160–205m below sea level; frequency 8kHz; pulse width 0.38ms).

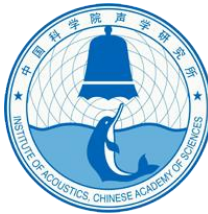


非线性设备测量表现—参量阵

非线性声学范畴的剖面仪全面研发设计始于二十世纪90年代，随着优质功率MOSFET器件的蓬勃发展，有效地解决大功率发射的难题，同时DSP，FPGA技术的逐步成熟，换能器新材料的兴起，使得目前诸多厂商该类型的声纳设备性能优异，销量突出（进口如kongsberg的Topas系列，Innomar的SES系列，Atlas的Parasound系列等，这些在国内外均为主流浅地层剖面仪产品）。

该类型声纳近20年来已经广泛应用于国内外海洋测绘，表现良好，很受欢迎。





作业设备类型简要归纳：

极浅水5米以内淤积检测：高频参量阵设备，部分线性设备

浅地层构造、地质作业：电磁式剖面仪和电火花为主，线性可做辅助
(湖泊，库区的地质构造类似)

浅海掩埋物探测找寻：参量阵型设备，3D各类SBI，部分线性设备

中深水船载浅地层剖面仪：参量阵型设备，大尺寸线性设备

(地震，反演相关作业不在讨论范围内)

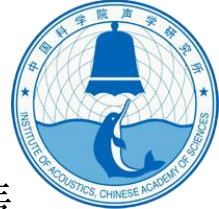


国产非线性设备介绍

- 国内民用参量阵型浅地层剖面仪的研制和生产单位主要是南方海洋科技，北京星天科技公司，上海遨菲克OPT和中科院声学所东海研究站等。军用各型浅地层剖面仪的研制和生产单位主要是北京星天科技公司，中船重工715研究所和中科院声学所东海研究站等。国产浅水参量阵型设备于近4年开始面向市场，逐步在民品市场拥有部分份额。目前国产设备有单波束型PLS200/300, SPAS-100/200和相控型MPAS-100等适合船载和无人搭载系统的浅水设备。专业浅剖后处理软件有“地层大师”和“底测达-LayerDataPRO”等。



国产非线性设备介绍

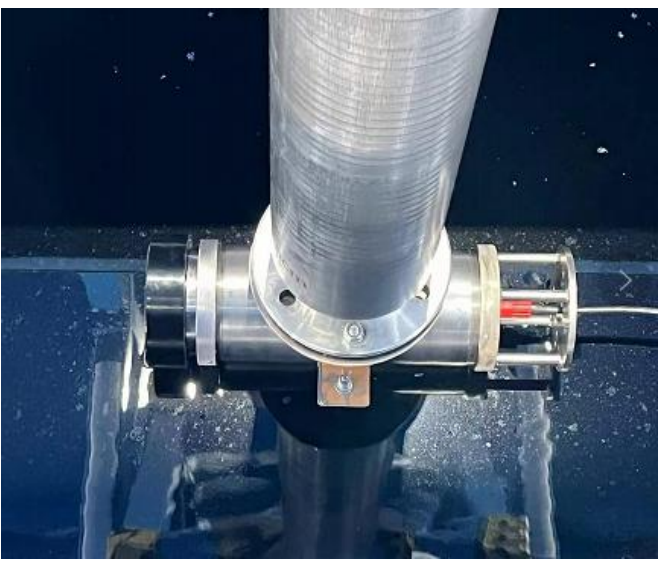


- PLS-200/300是单波束参量阵系列设备，频率选择丰富。原频频率200KHz/300KHz，差频覆盖10~40KHz，同时提供测深结果和穿透数据。为国内首款走向商业应用的非线性声纳设备。

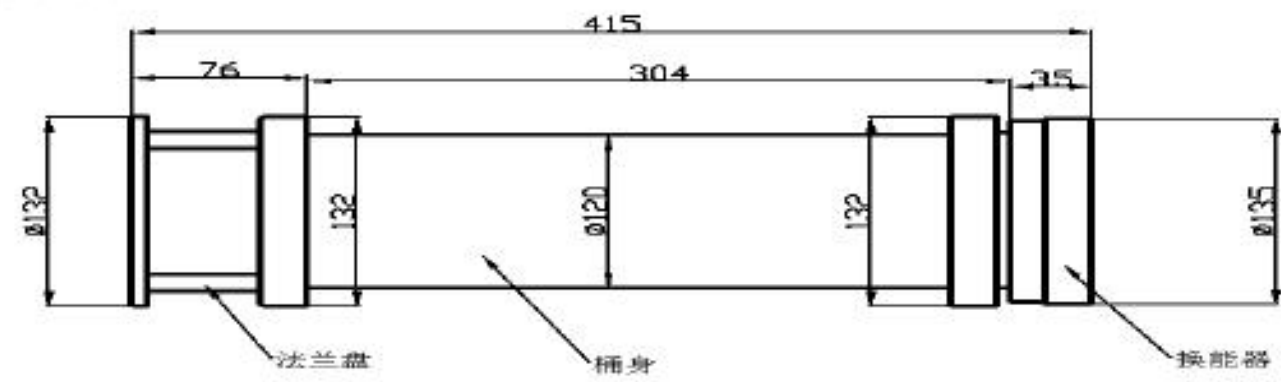


Basic Parameters for PLS-200:

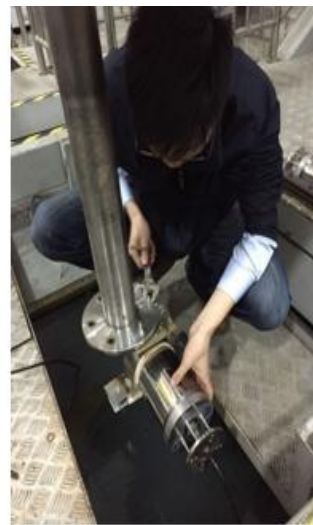
电源供电	24v（220v AC 转 24v DC 随设备一起提供） 供电功率<35W
与 PC 连接	RS485 转 USB 通讯
软件部分	PLS-2016 （随设备一起提供）
设备重量	约 8 kg（空气 钛合金） 约 4 kg（水中 钛合金）
材料	钛合金 不锈钢 可选
工作温度	-10°C~40°C
最大作用水深	建议<100 米
最大穿透深度	20 米（取决于底质类型与噪声情况）
每秒发射次数	Max 10 次/秒



尺寸单位: mm



国产单波束参量阵设备实验场景



国产单波束参量阵设备实验场景-关于安装

- 1 专用的挂架，便于工作
- 2 绑绳子的技艺（尤其暂时作业）
- 3 噪声的避免

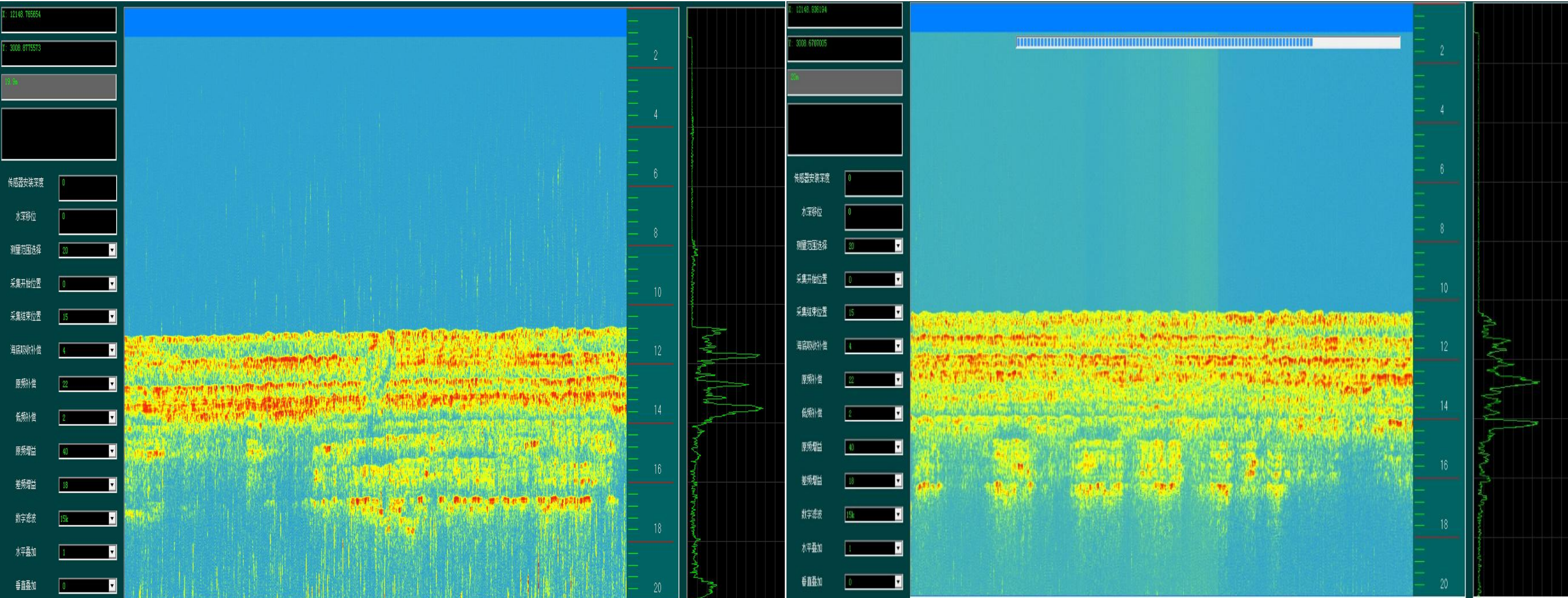
安装位置选择
气泡位置躲避
避免敲击船体
减少摆动杆架
载体航速适宜
船载电源滤波





国产非线性设备PLS 单波束海试结果 (1)

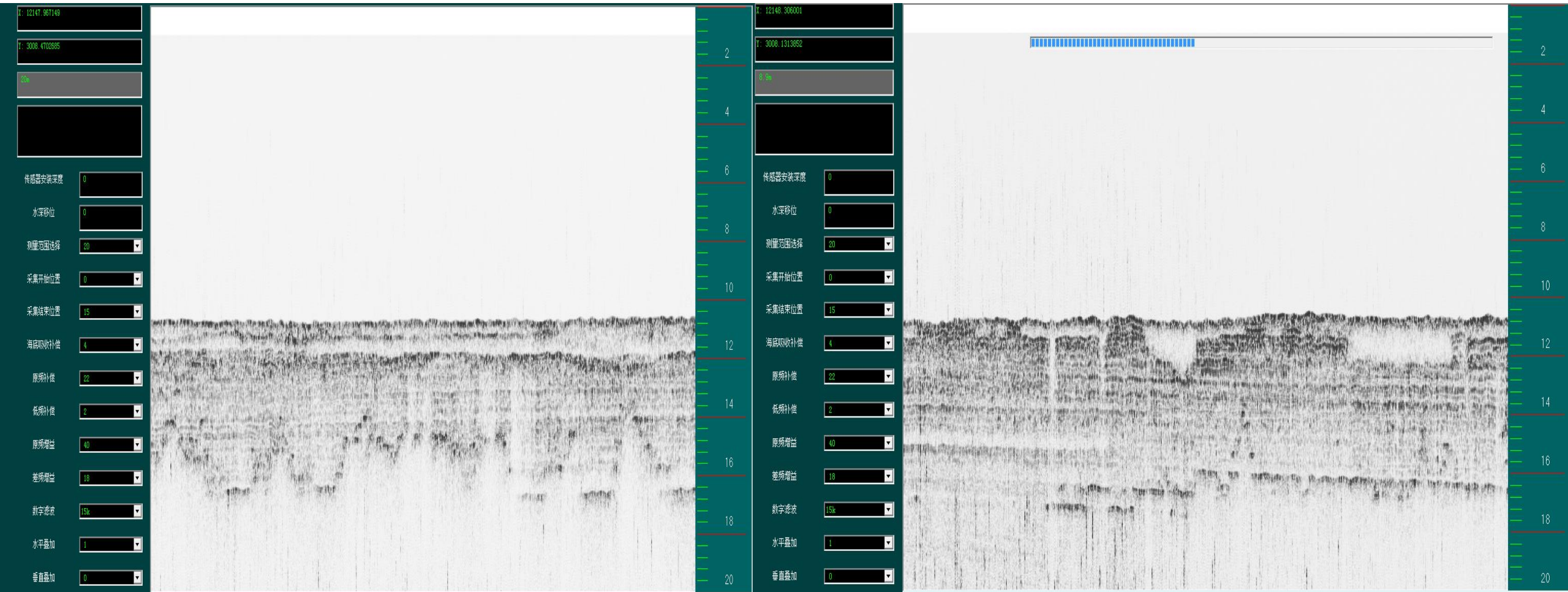
- 舟山海域：海底浅地层剖面，原始数据展示



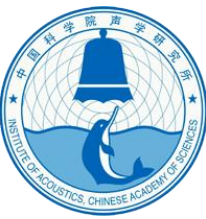
国产非线性设备PLS 单波束海试结果（2）



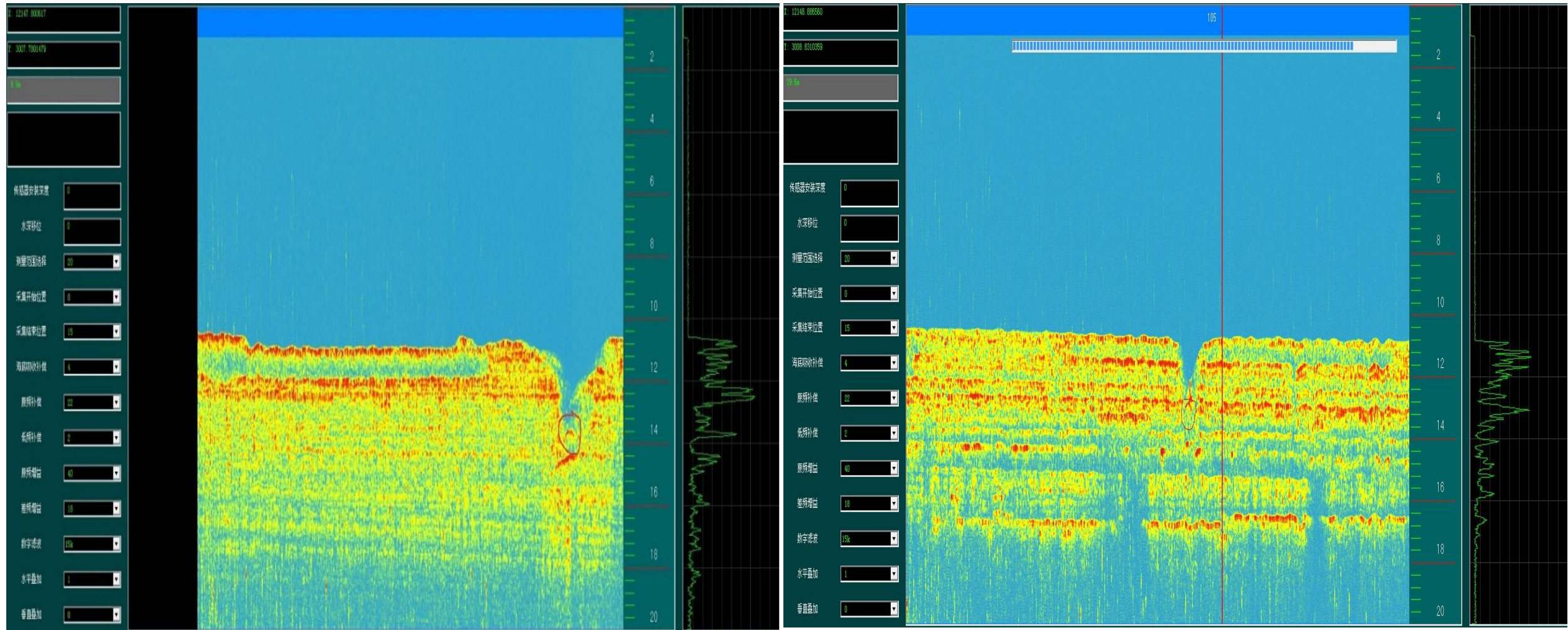
• 海底浅地层剖面数据



国产非线性设备PLS 单波束海试结果（3）

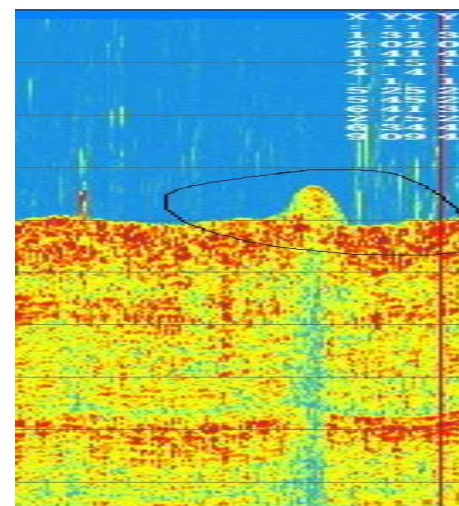
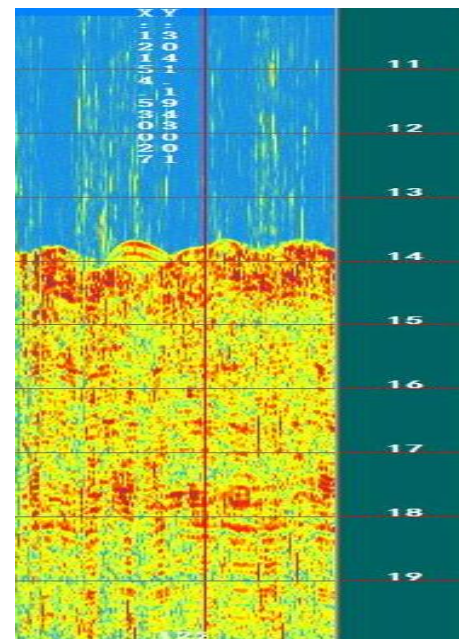
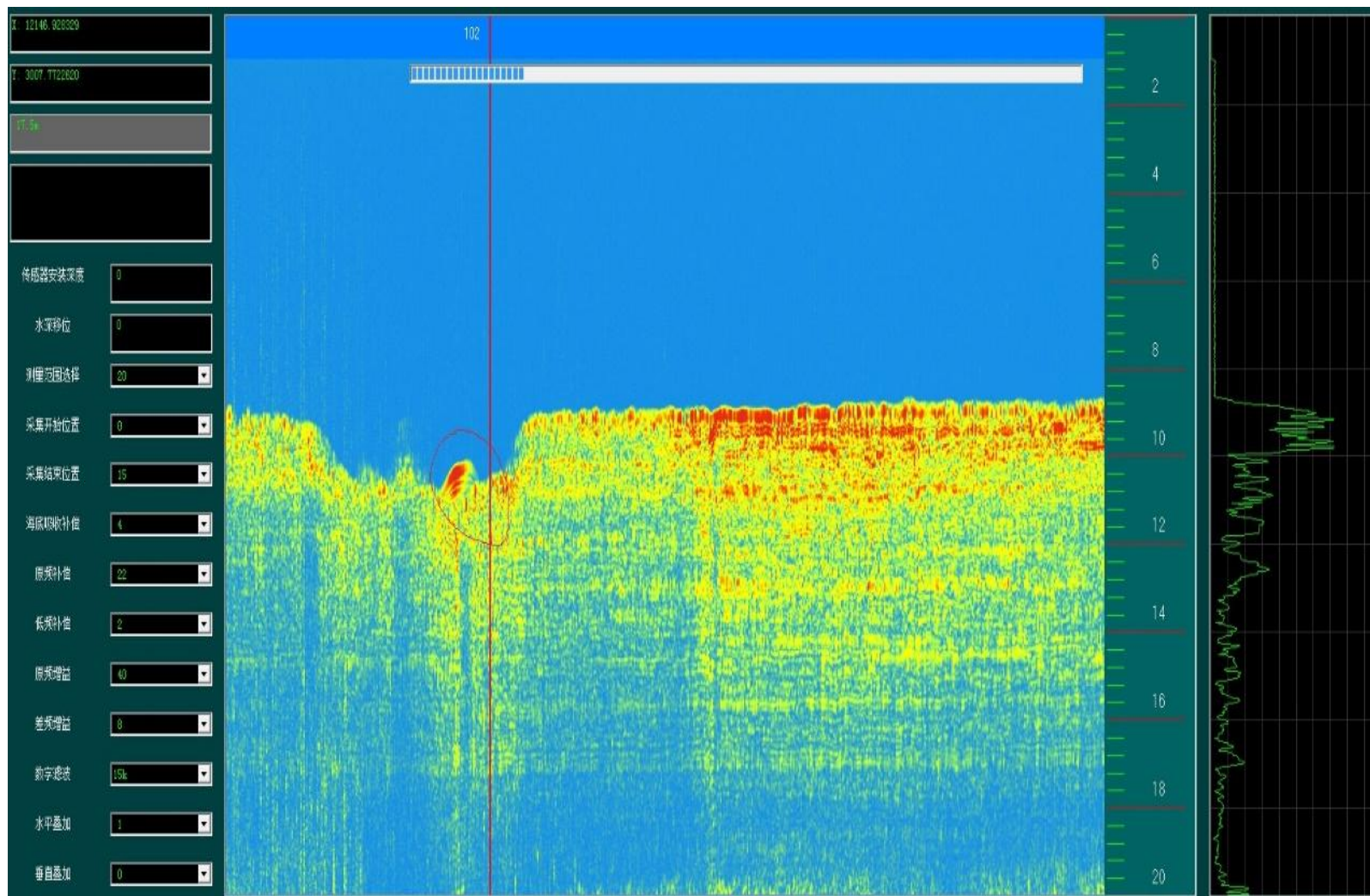


- 海底掩埋管线原始数据和周围浅地层情况



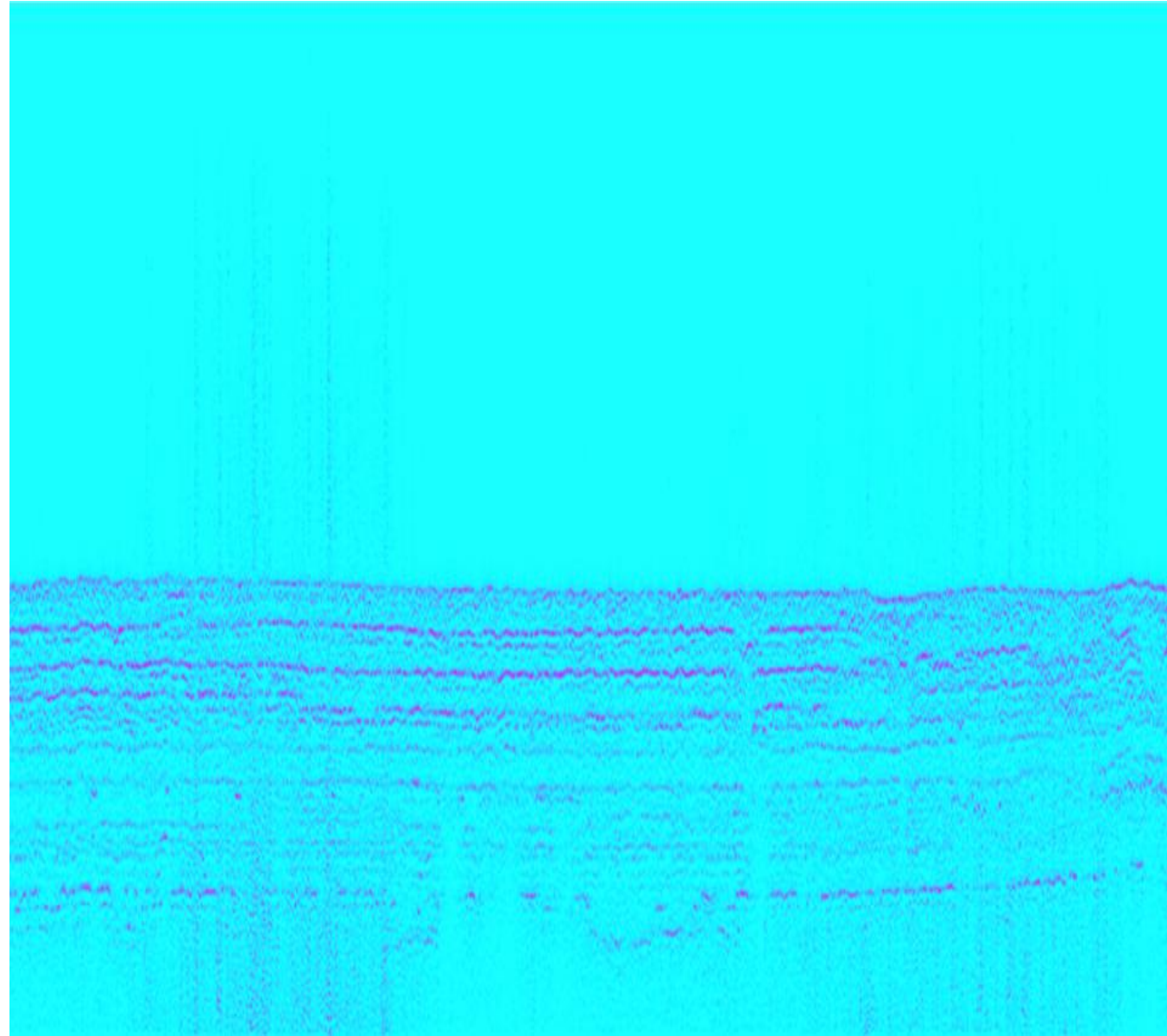
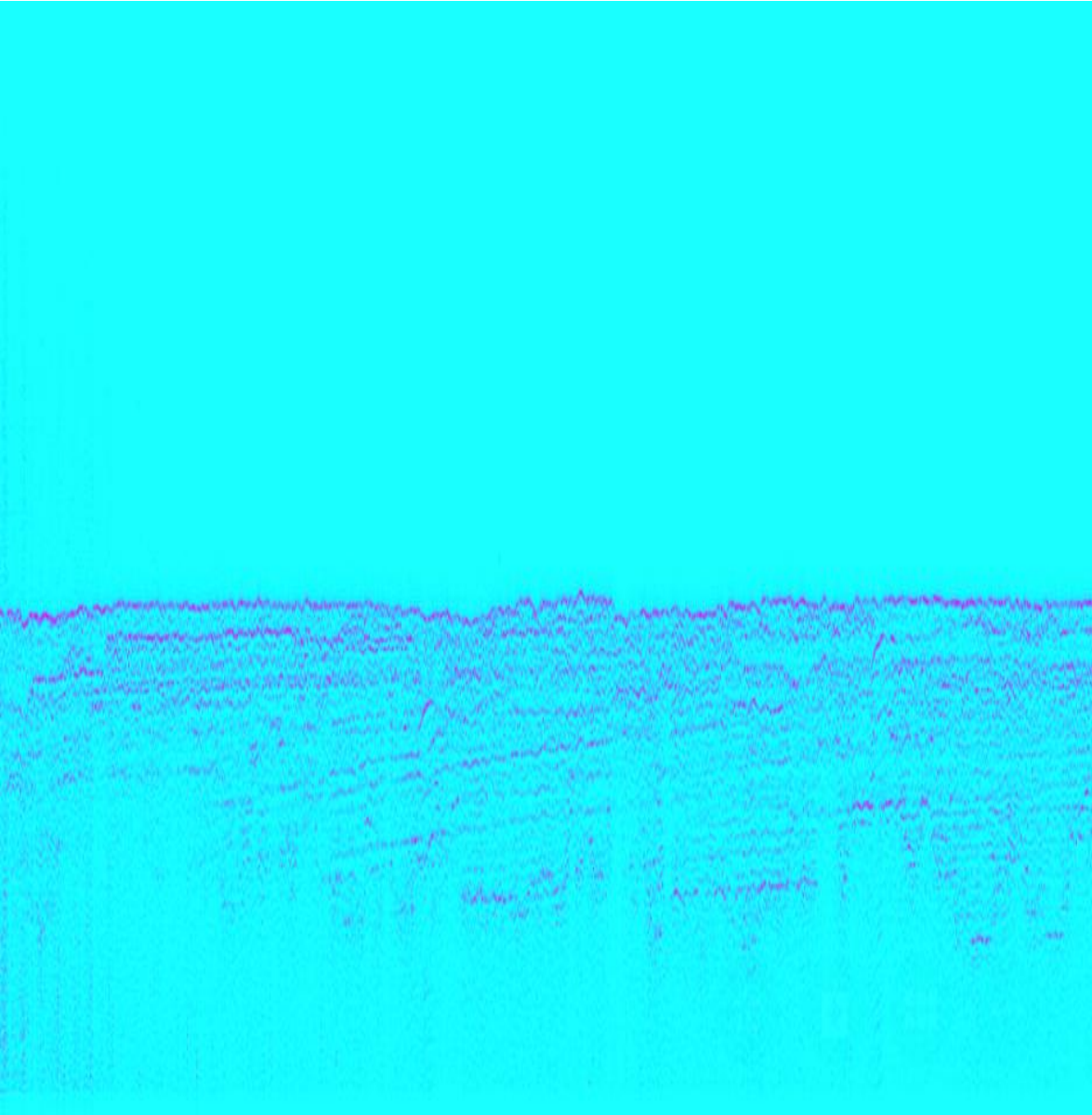
国产非线性设备PLS 单波束海试结果（4）

- 海底露裸管线地层原始数据



国产非线性设备PLS 单波束海试结果 (5)

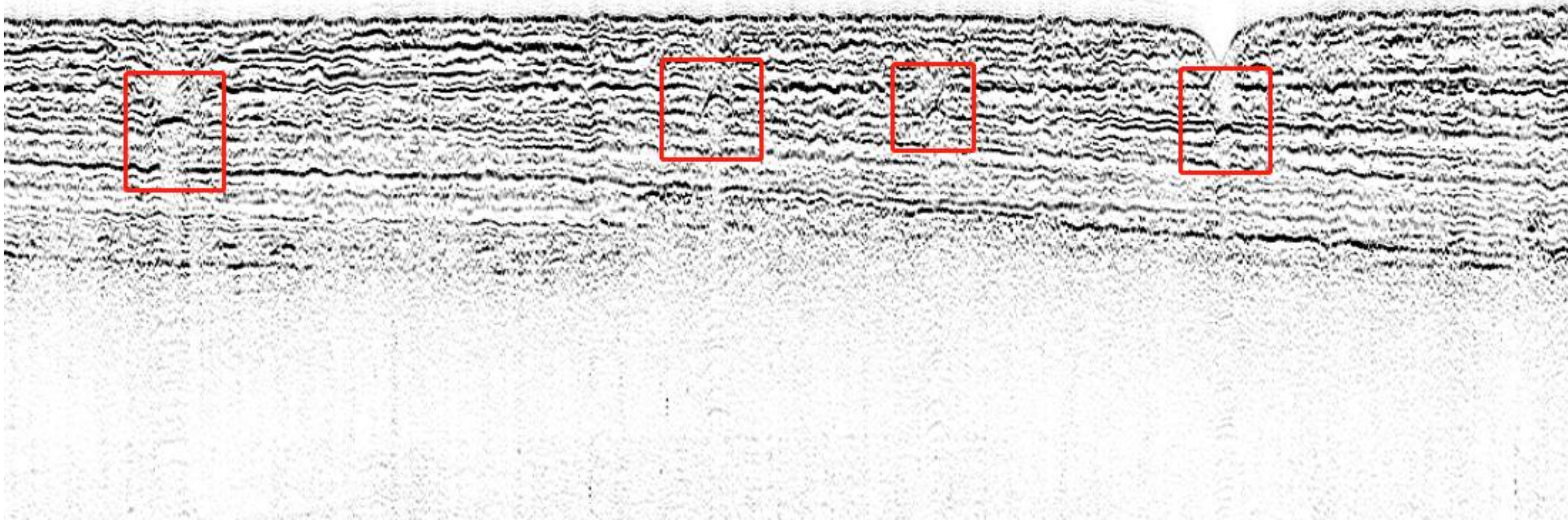
舟山海域：后处理数据1





国产非线性设备PLS 单波束海试结果（6）

舟山海域后处理数据2

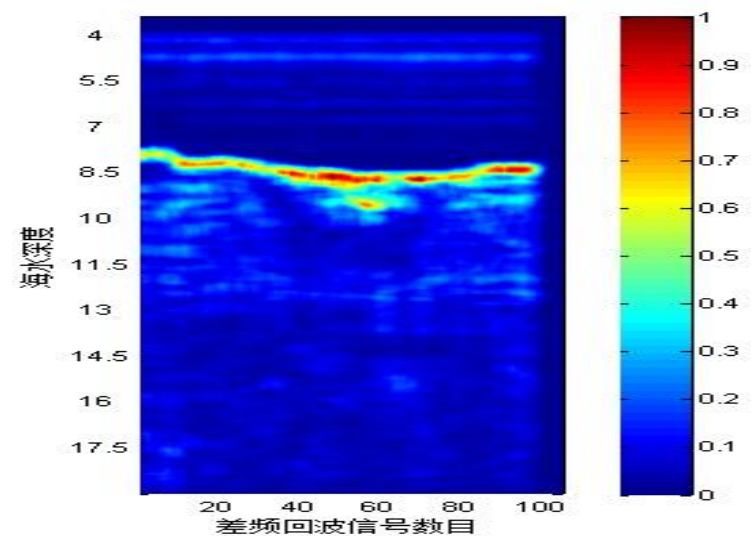
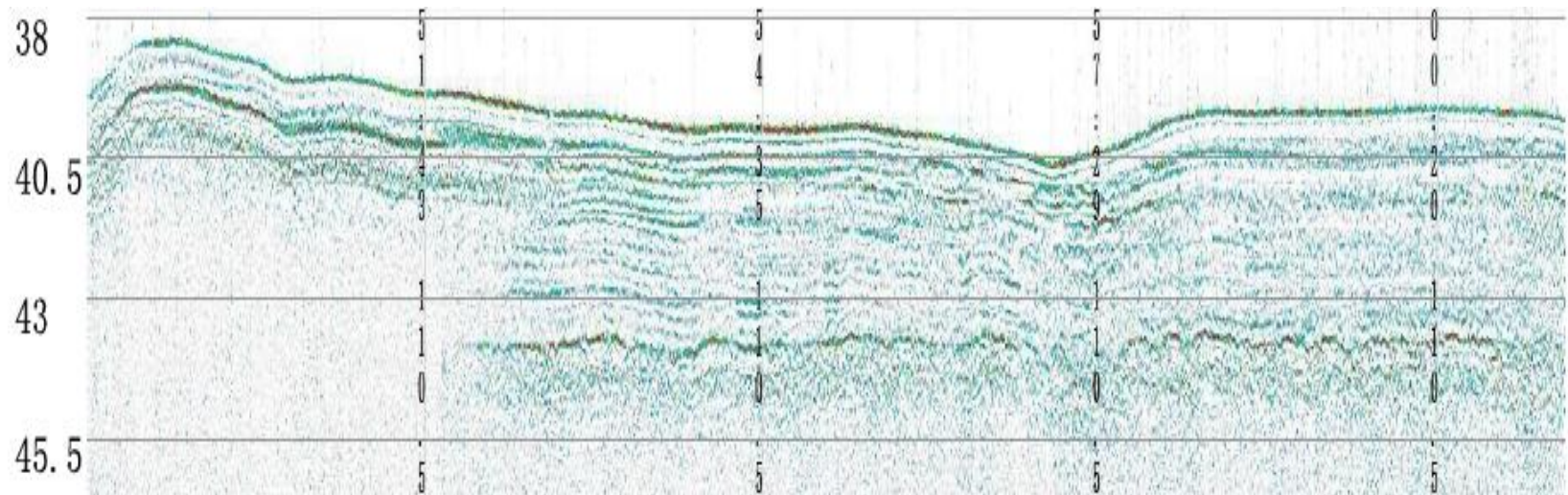
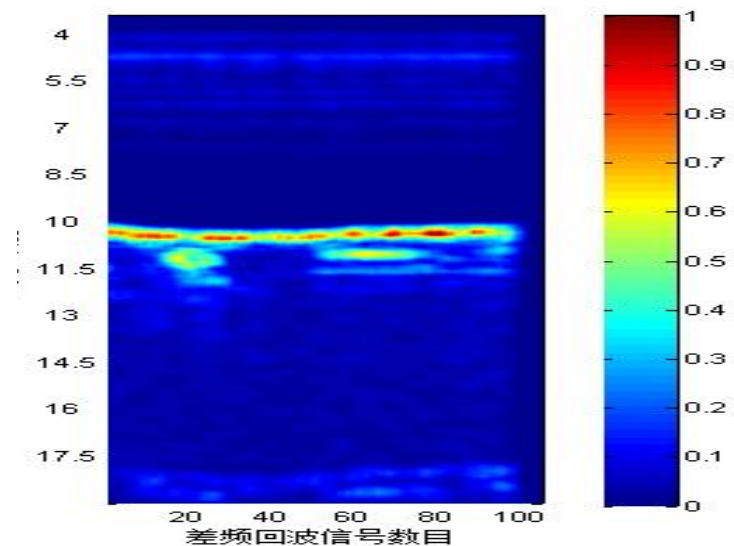
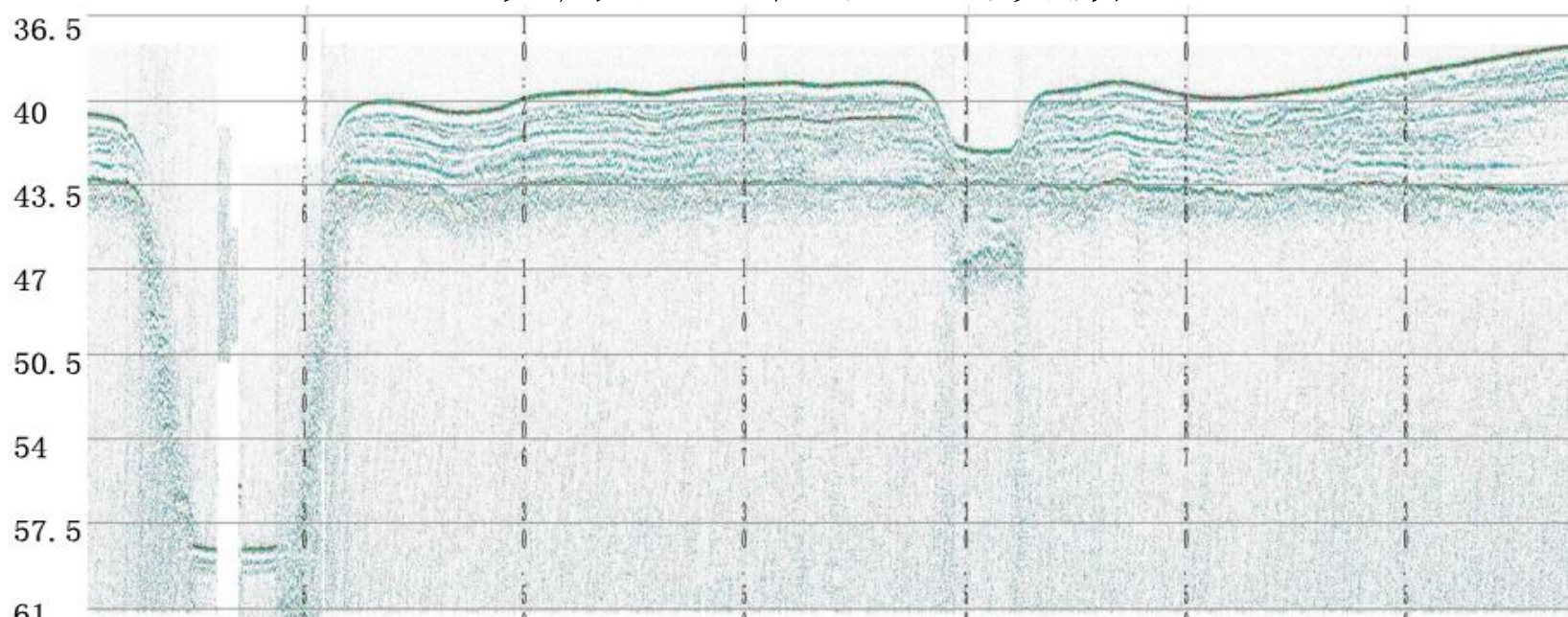


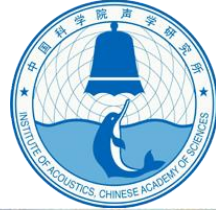
国产非线性设备PLS 单波束海试结果（7）



三峡库区：后处理数据3

掩埋小目标：后处理数据4





国产非线性设备-单波束参量阵SPAS

SPAS-100

声学原频：90 ~ 120 kHz； 声学差频：5 ~ 20kHz；

发射脉冲：0.05 ~ 1ms；

瞬时功率：>5KW；

原频张角：<4.6 deg； 差频张角：5 ~ 6 deg；

原频声源级：>238 dB/uPa， 110KHz@ 1m；

差频声源级：>195 dB/uPa， 20KHz@ 1m；

动态范围：>110 dB；

距离分辨率：最大0.04 m；

地层穿透能力：最大40米（取决于海底底质类型和海洋环境噪音）

作业水深：测深200米，可开放到400米；

有姿态补偿，可进行Heave的矫正和补偿；

配全中文UI界面（非汉化）的国产导航测量采集显控控制软件；

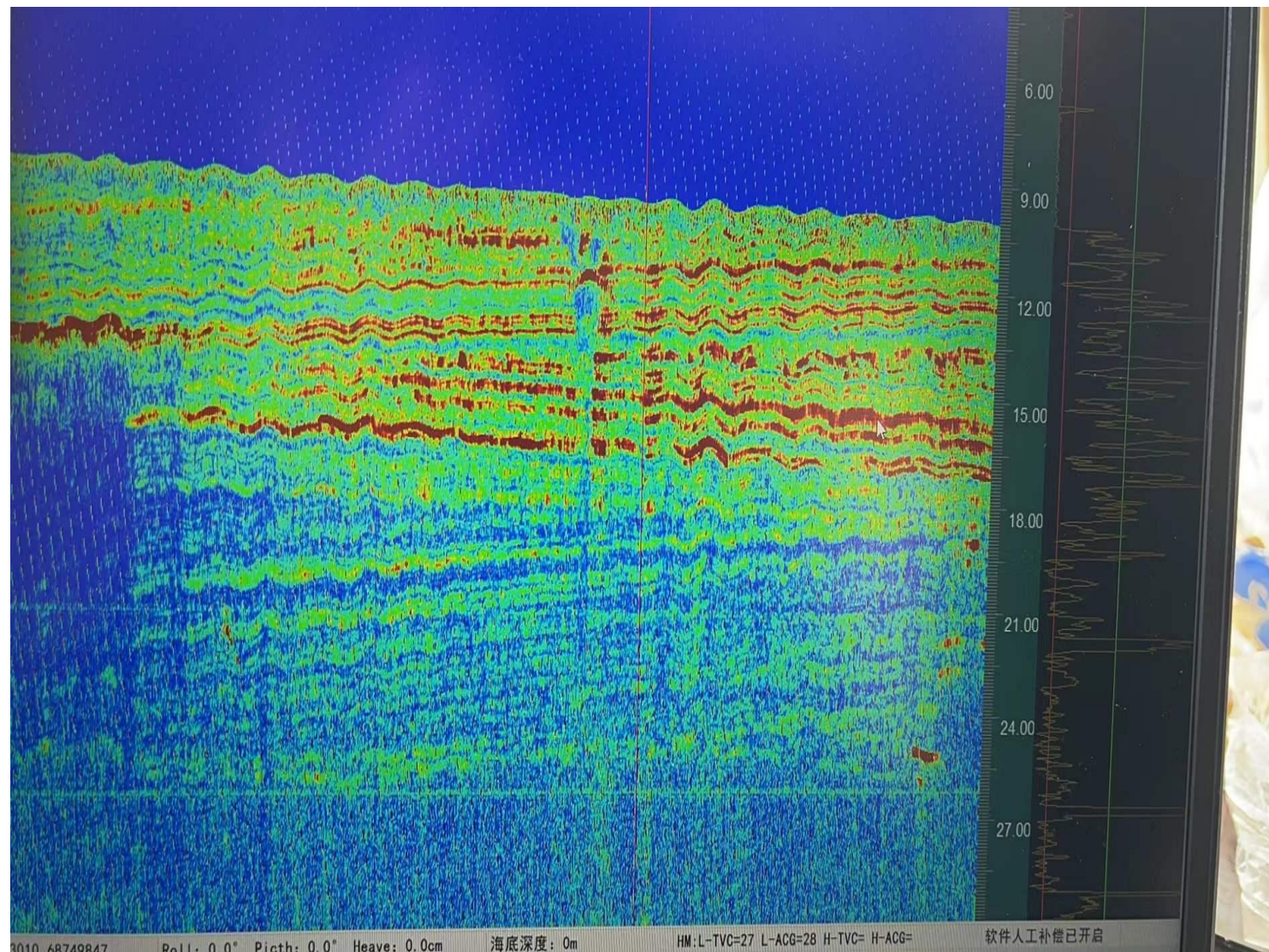
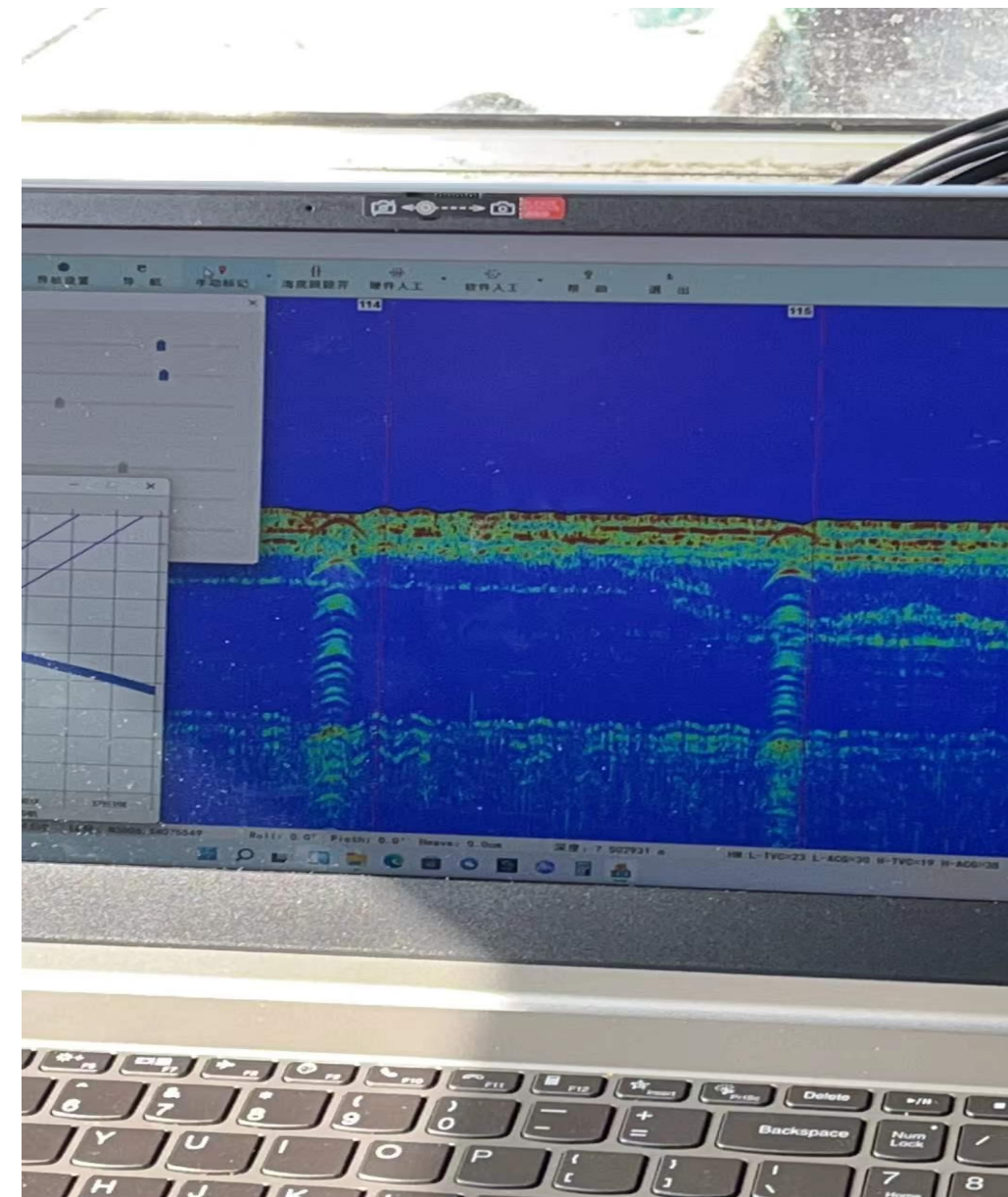
配全中文UI界面（非汉化）的国产专业浅剖后处理软件；



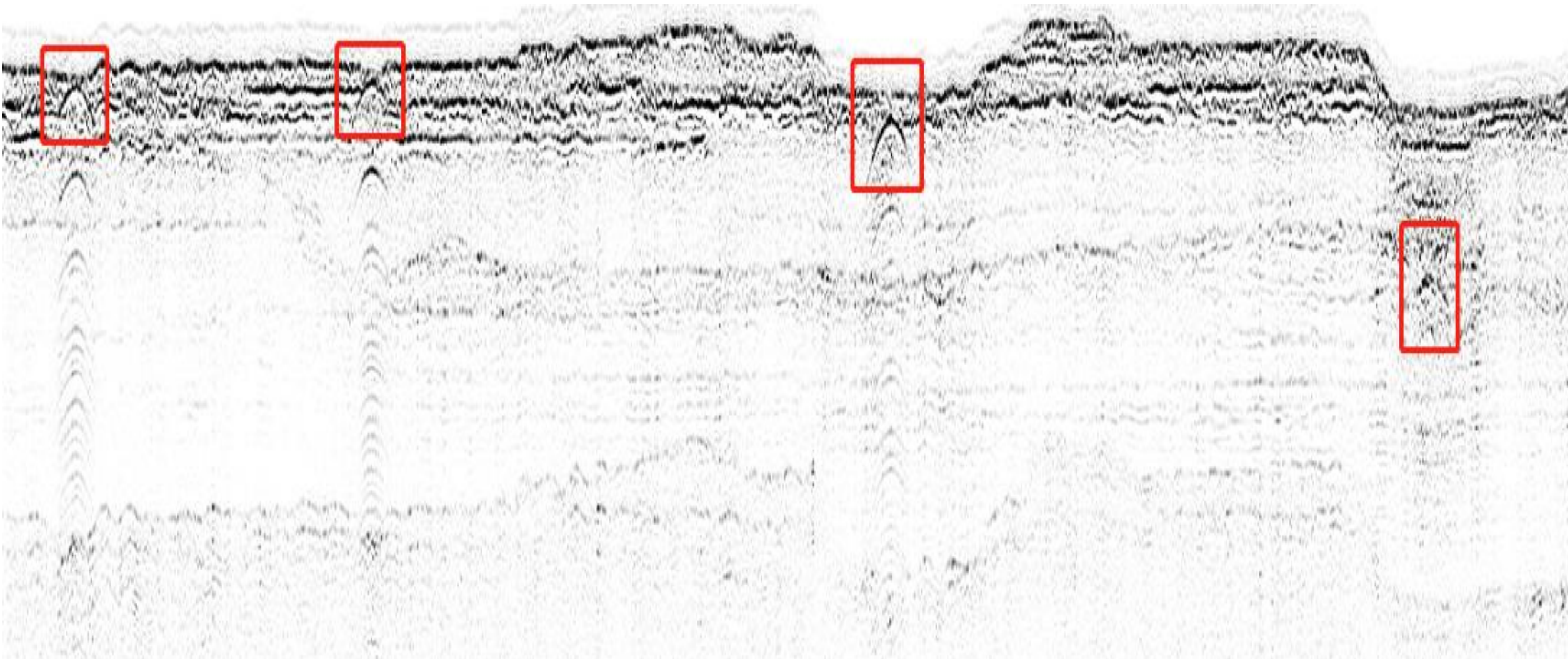
国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100



冬季金塘水域：海况、船只条件较差情况下的实时采集展示

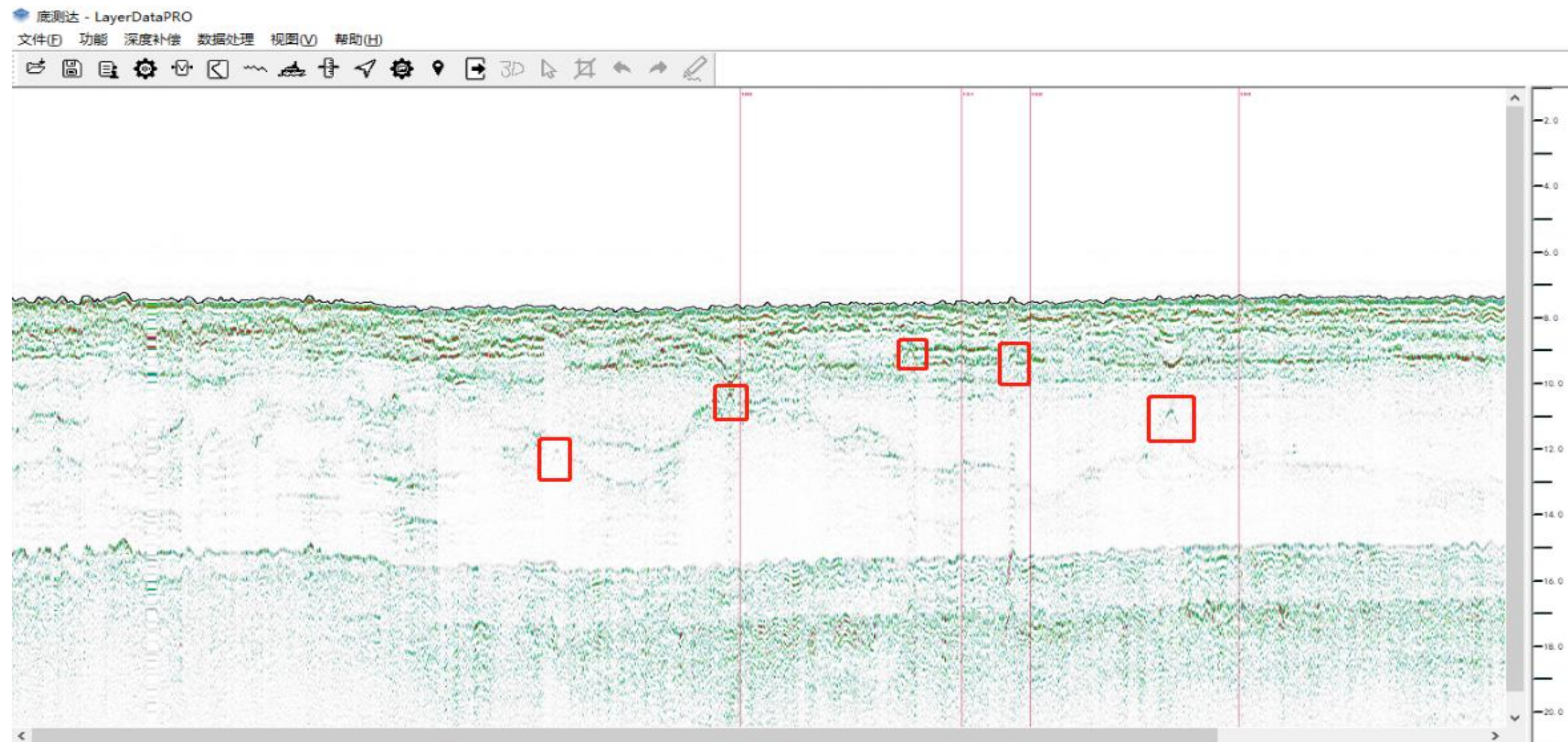


国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100

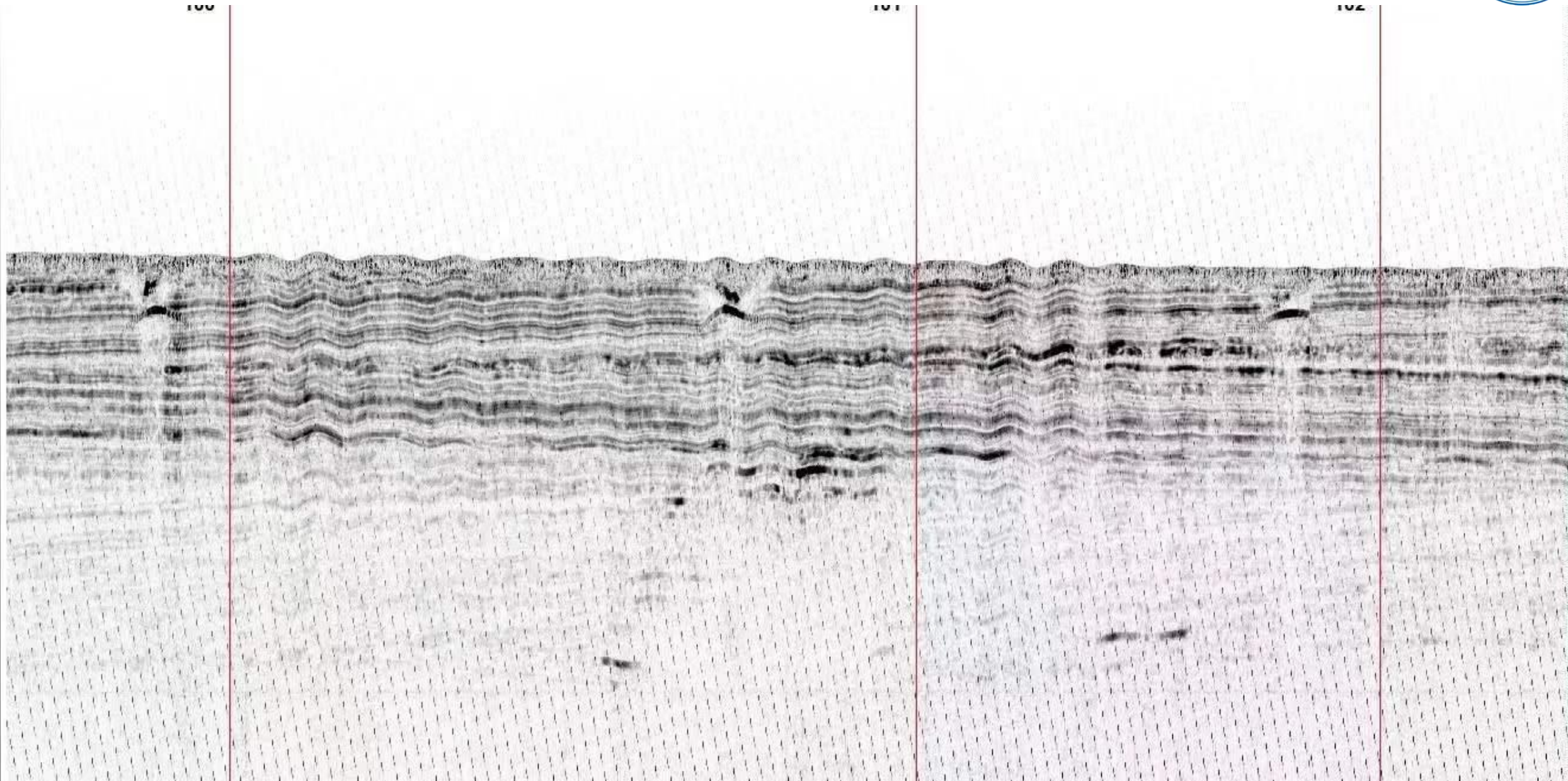
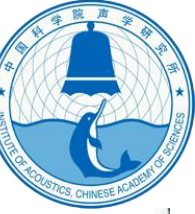




国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100



国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100

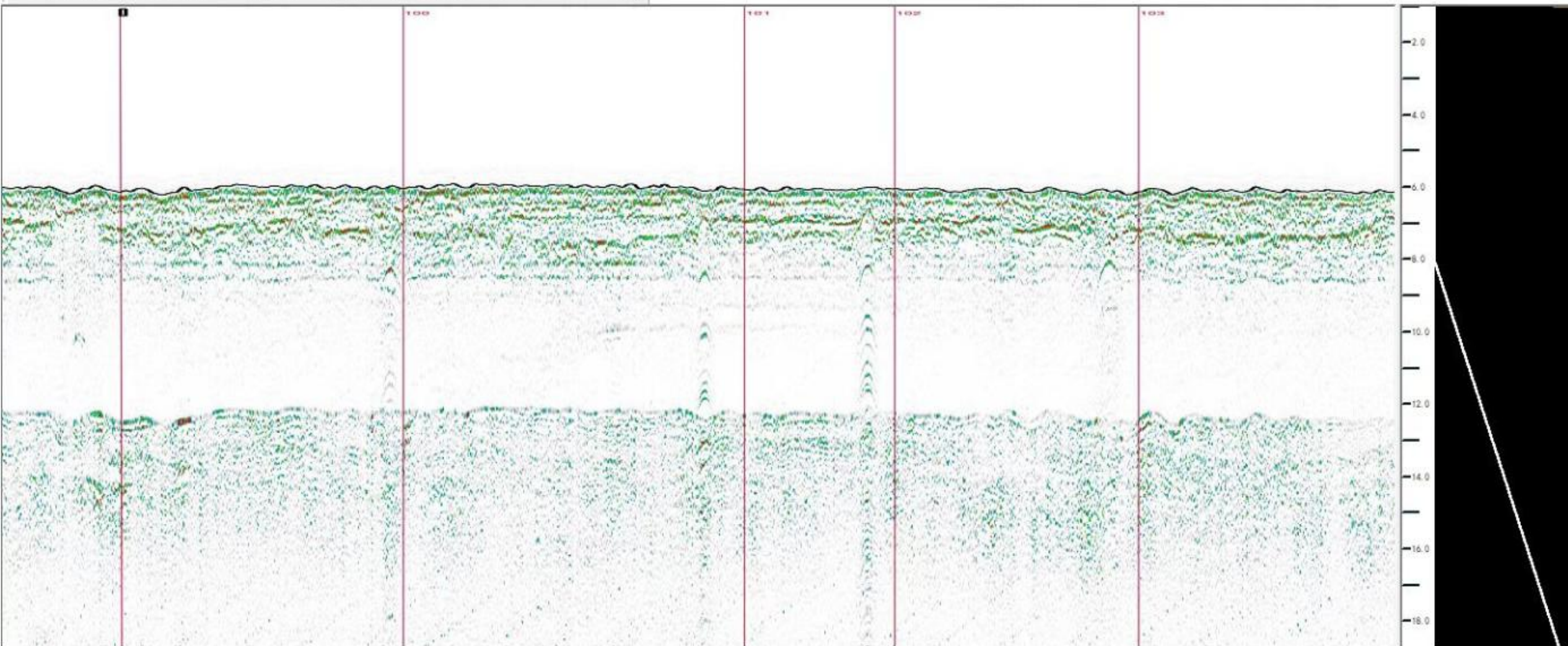


国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100

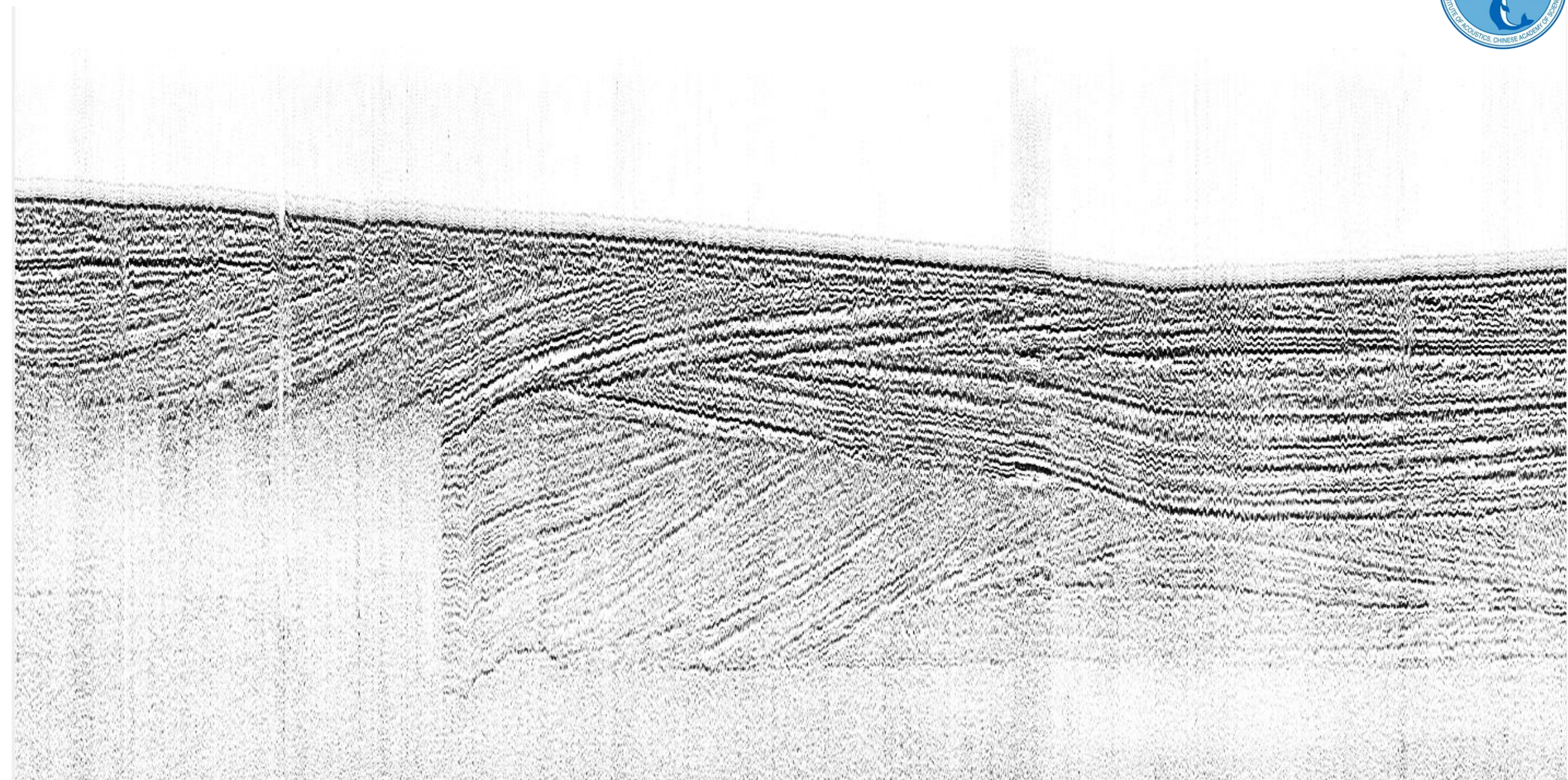


底测达 - LayerDataPRO

文件(F) 功能 深度补偿 数据处理 视图(V) 帮助(H)



国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100

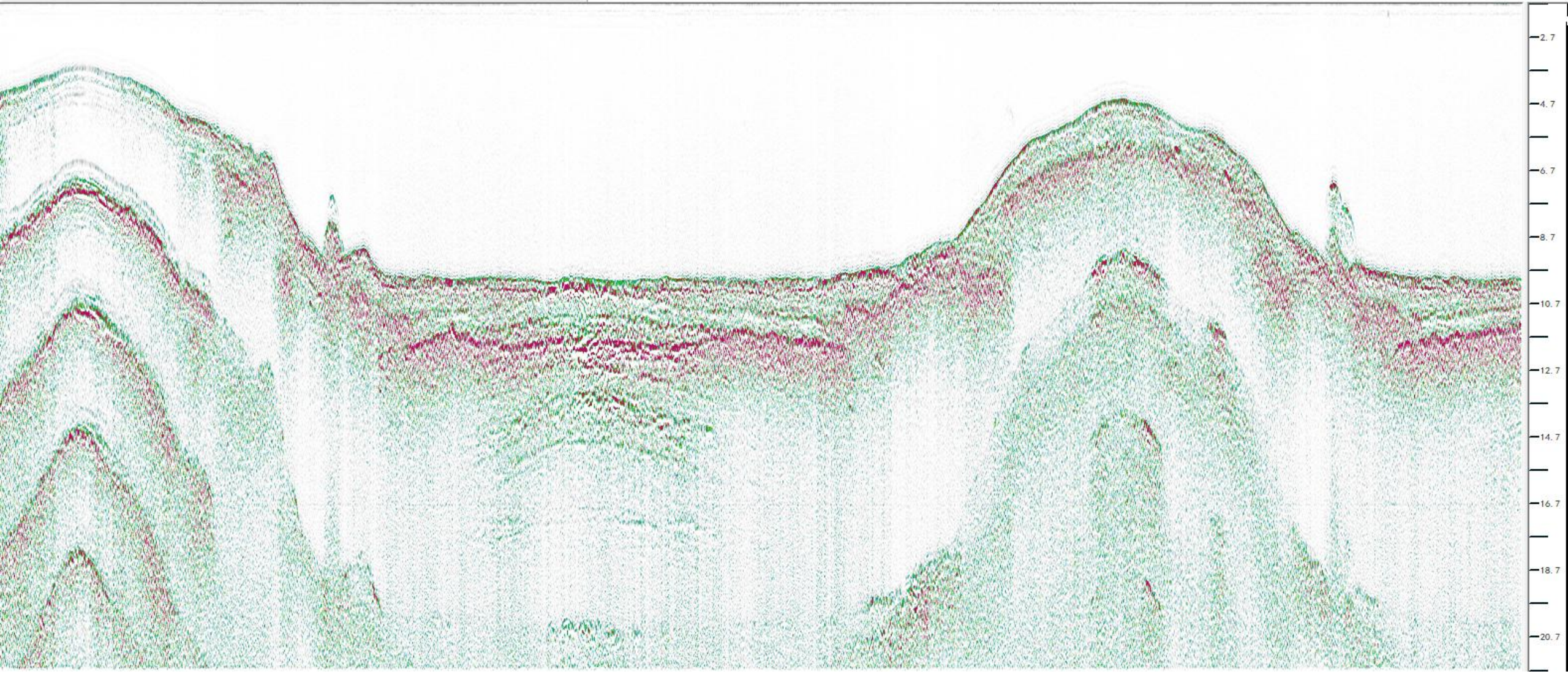


国产非线性设备介绍-单波束参量阵SPAS100



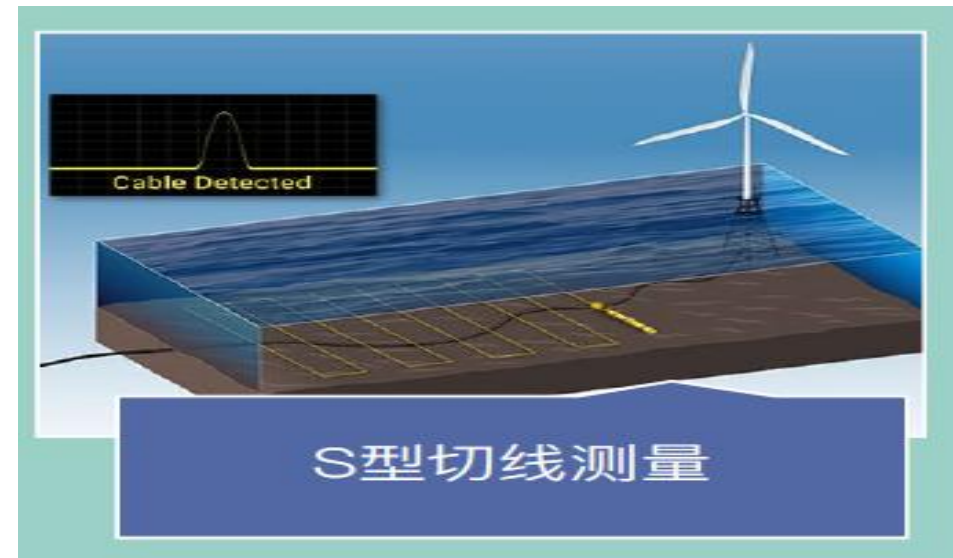
底测达 - LayerDataPRO

文件(F) 功能 数据处理 视图(V) 帮助(H)

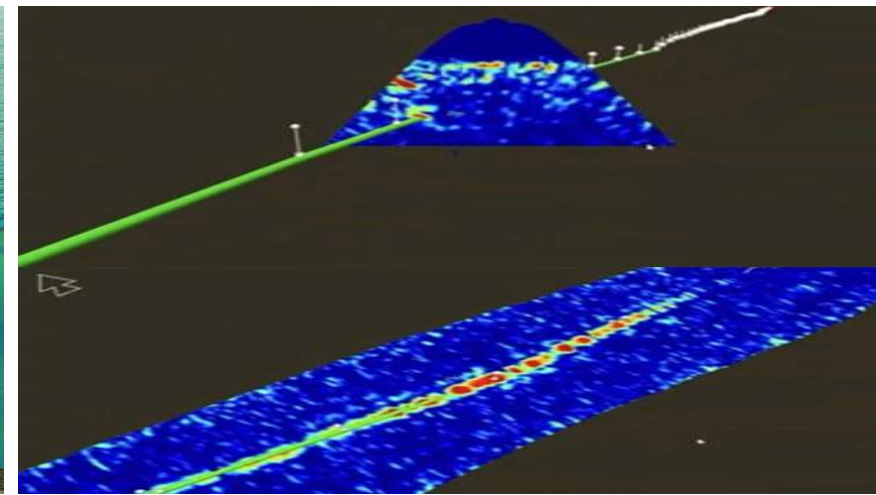
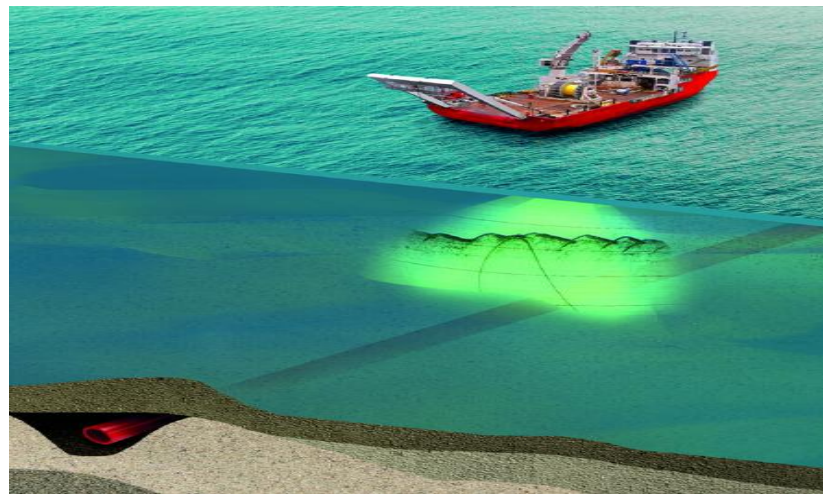
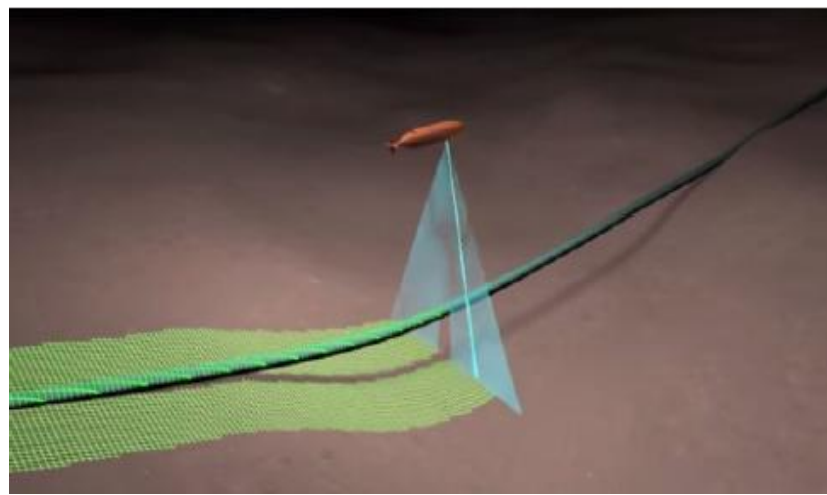


相控参量阵设备介绍

- 1 目前的浅剖巡线模式绝大多数采用“S”型切线，作业效率相对较低，同时不可避免地会出现漏扫。

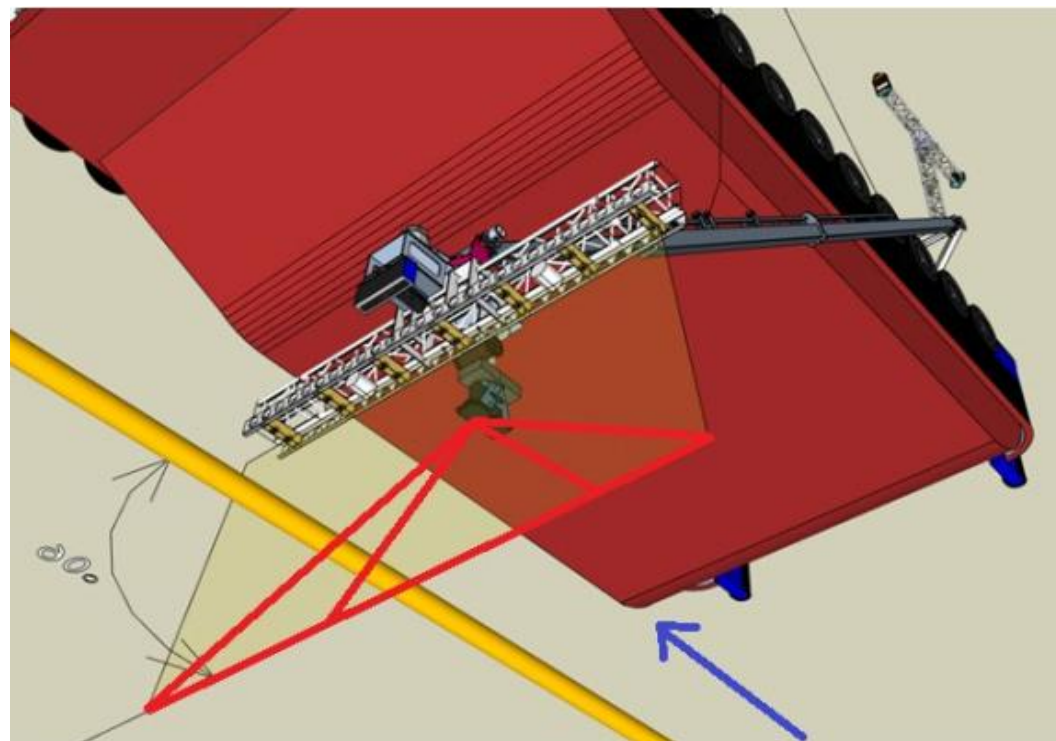


- 2 引入3D浅地层剖面仪（小尺寸的相控参量阵和大尺寸的SBI进行沿管线作业）



相控参量阵设备介绍

1 构建常规宽角Chirp声源+低频稳健BF+航向SAS技术构成三维浅剖设备Sub-Bottom-Imager

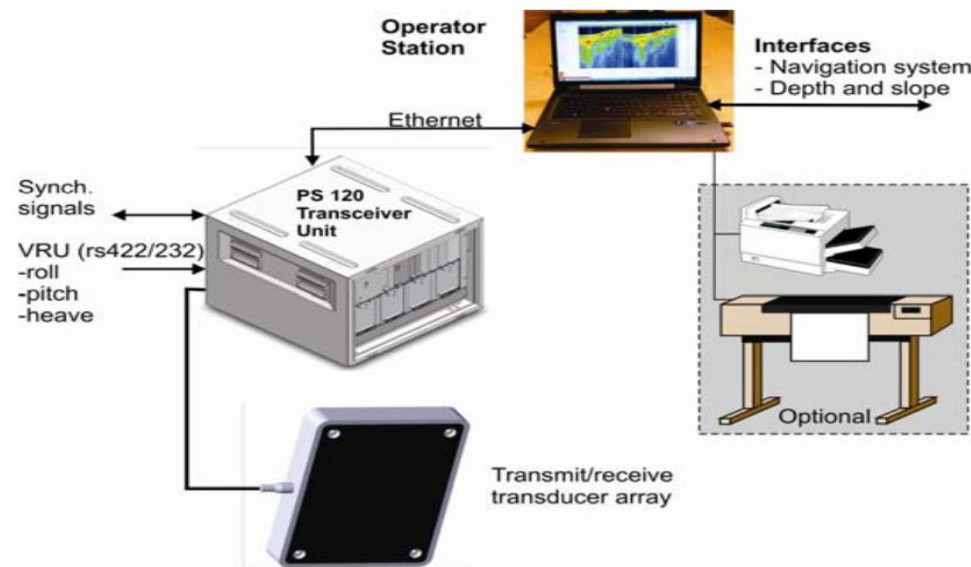
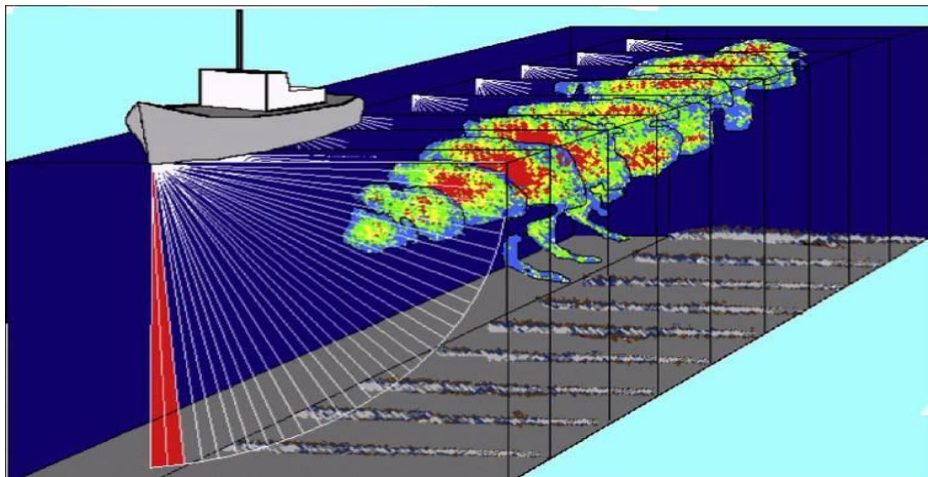


2 使用低频合成孔径型声纳设备LF-SAS

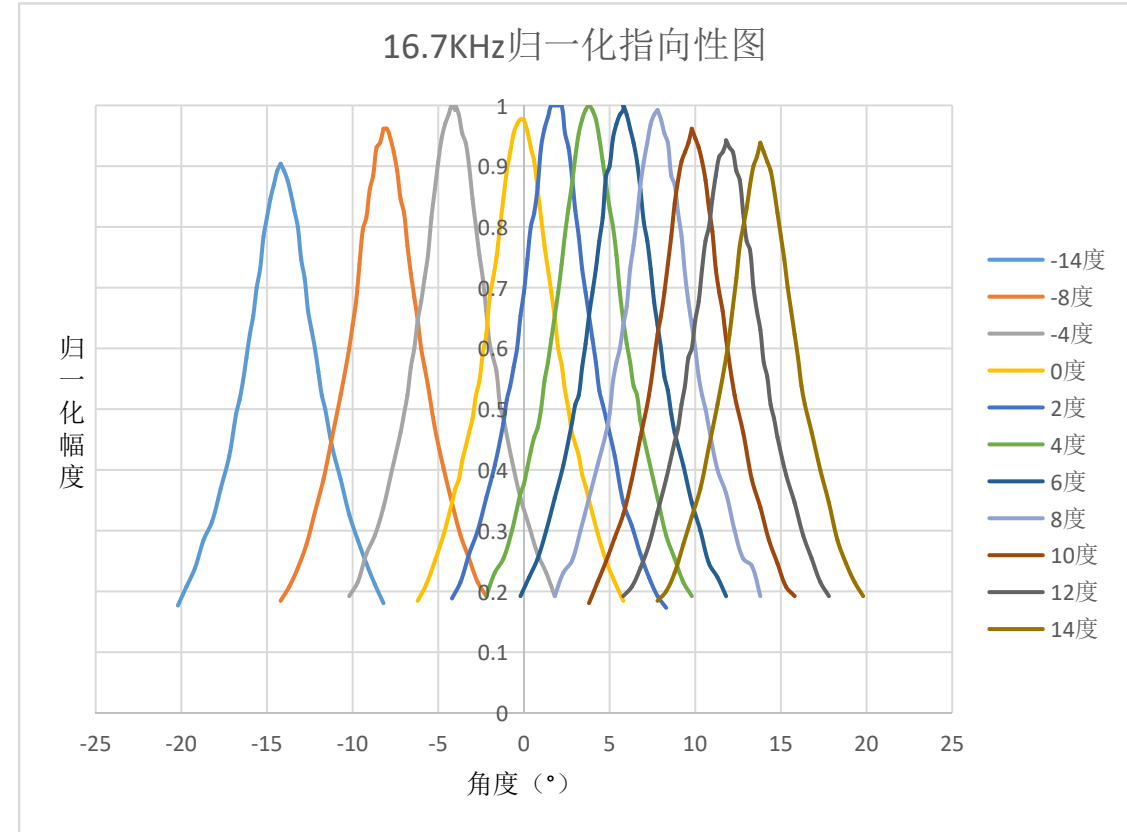
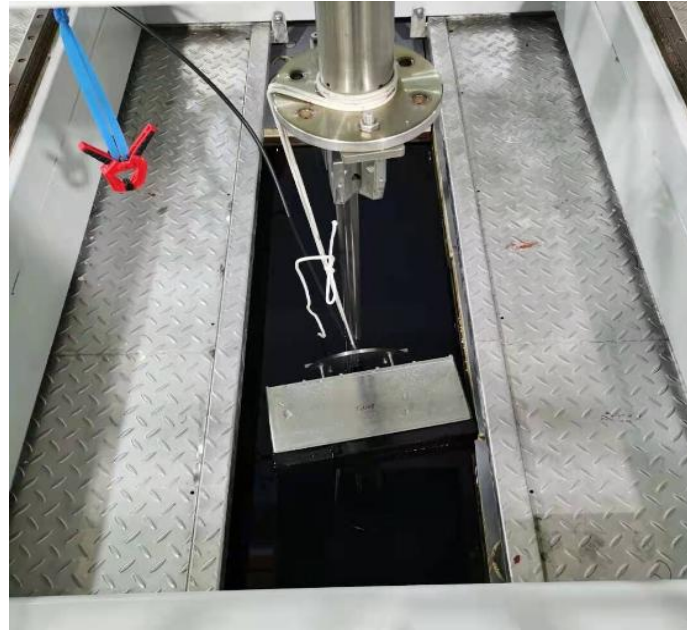
中国科学院声学研究所在这么方面的研究和实践上做出了非常突出的贡献。

相控参量阵设备介绍

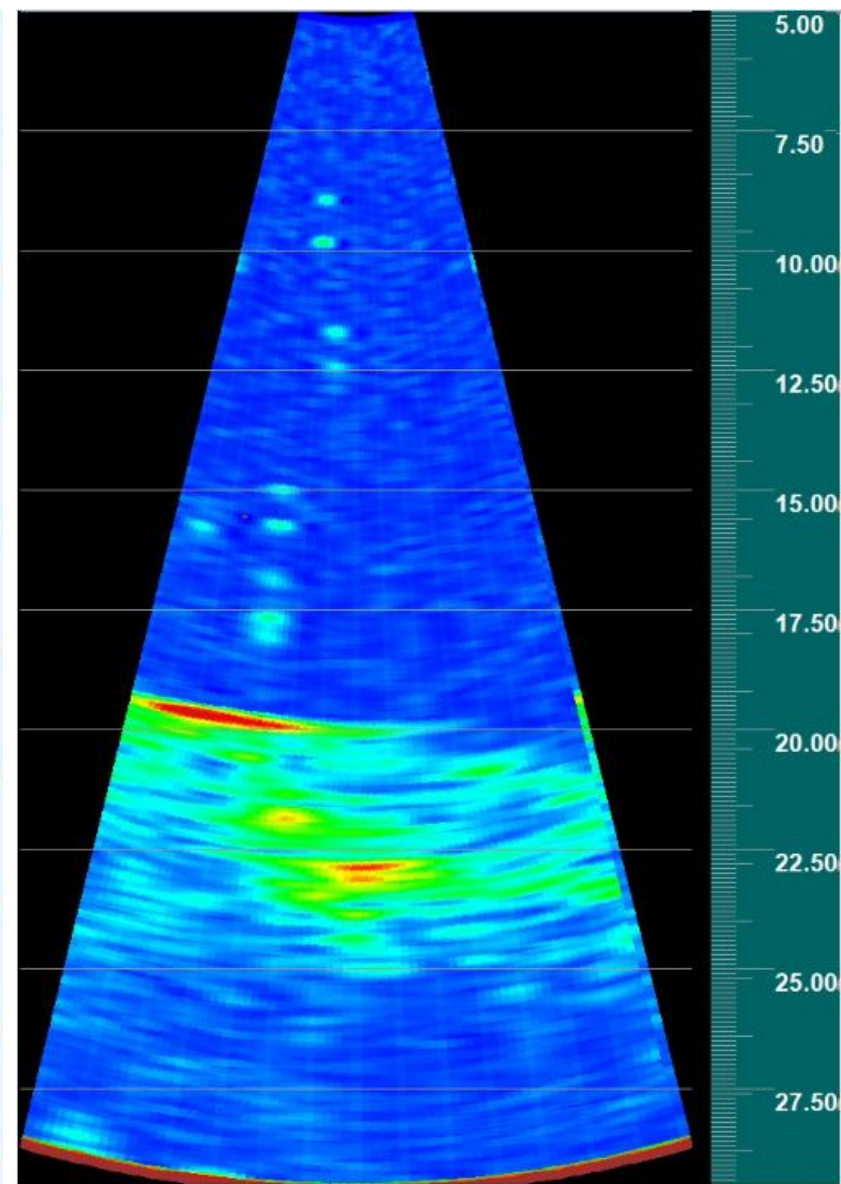
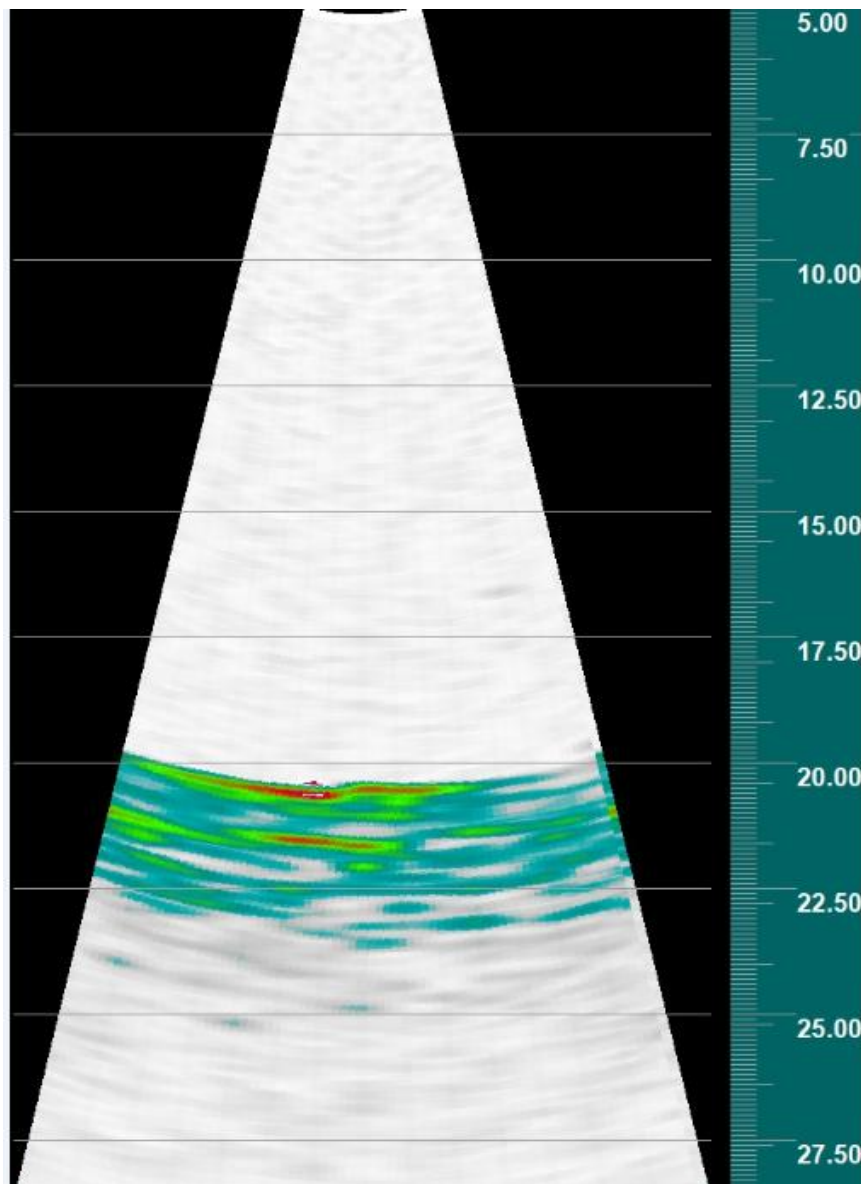
3 构建适合SAS角参量阵声源+发射BF技术构成三维浅剖即相控参量阵设备，同时相对于常规单波束参量阵浅剖，其可具备全姿态补偿功能。



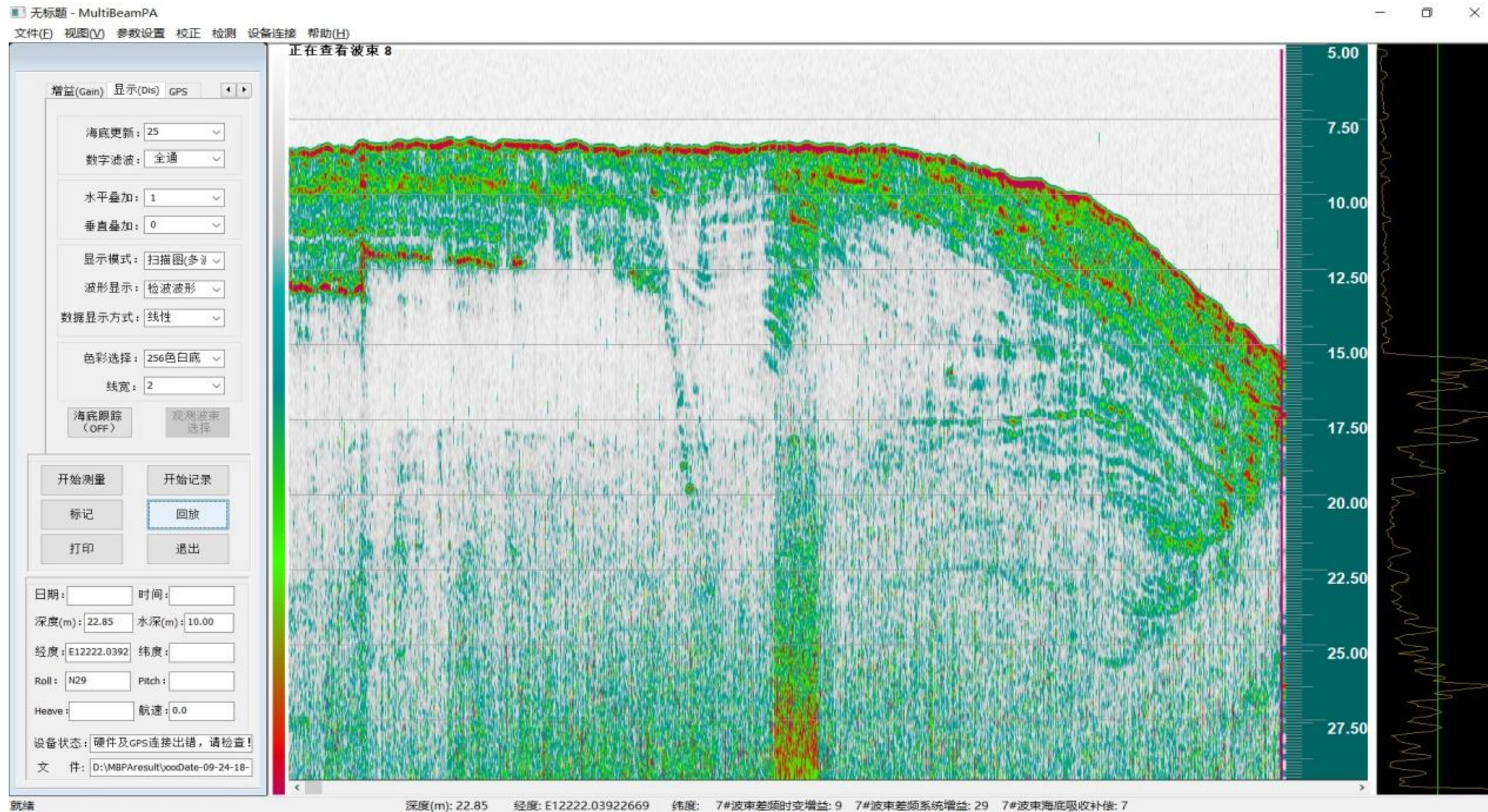
相控参量阵设备介绍-水池测试



相控参量阵设备介绍：海试原始结果（1）

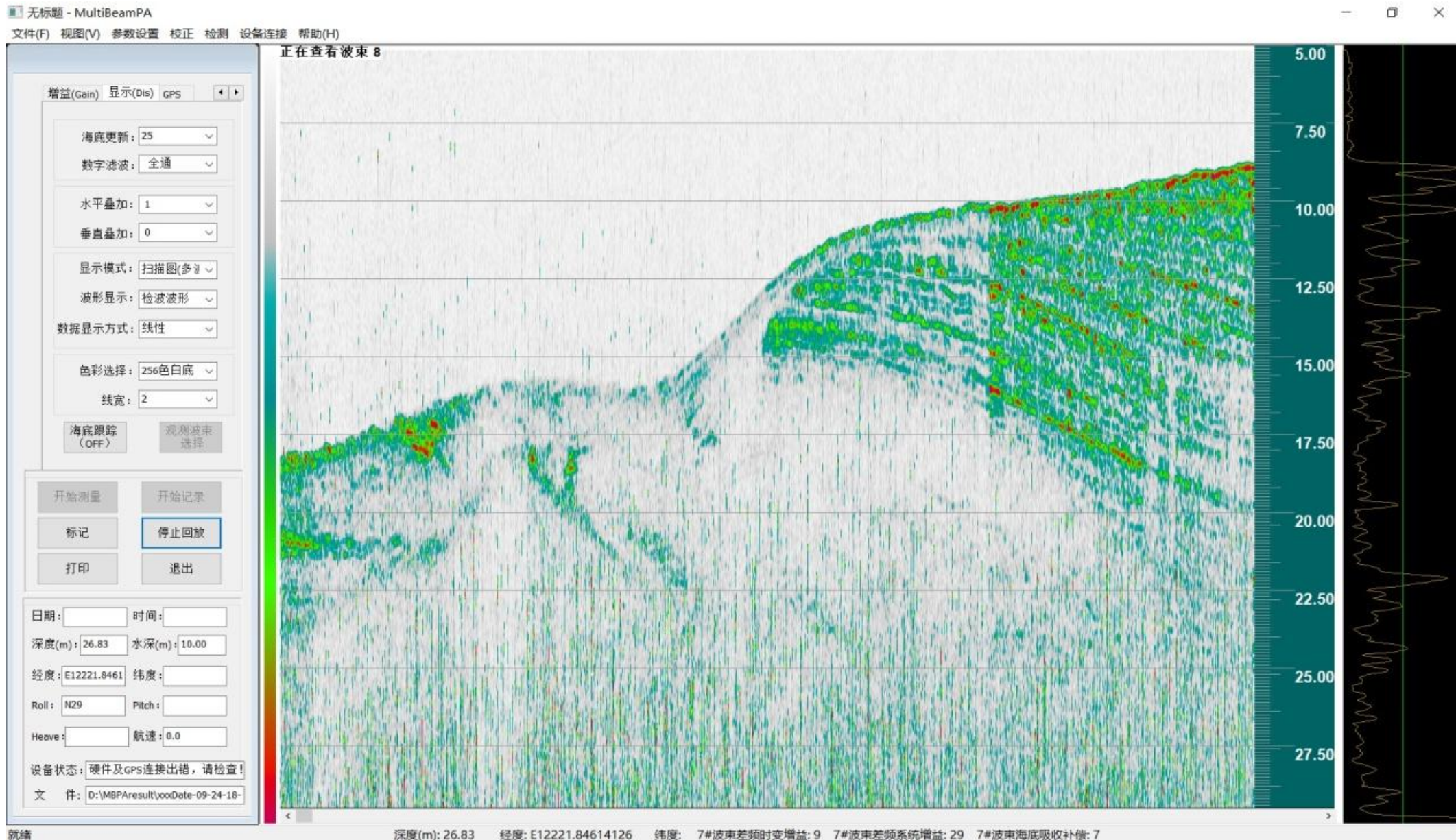


相控参量阵设备介绍：海试原始结果（2）





相控参量阵设备介绍：海试原始结果（3）





相控参量阵设备介绍：海试原始结果（4）

MultiBeamPA - 多波束参量阵显示软件

文件(F) 视图(V) 参数设置 校正 检测 设备连接 帮助(H)

增益(Gain) 显示(Dis) GPS

海底更新: 25

数字滤波: 全通

水平叠加: 1

垂直叠加: 0

显示模式: 扫描图(多)

波形显示: 检波波形

数据显示方式: 线性

色彩选择: 256色白底

线宽: 2

海底跟踪 (OFF)

观测波束 选择

开始测量

开始记录

标记

暂停

打印

退出

日期: 时间:

深度(m): 5.38 水深(m): 10.00

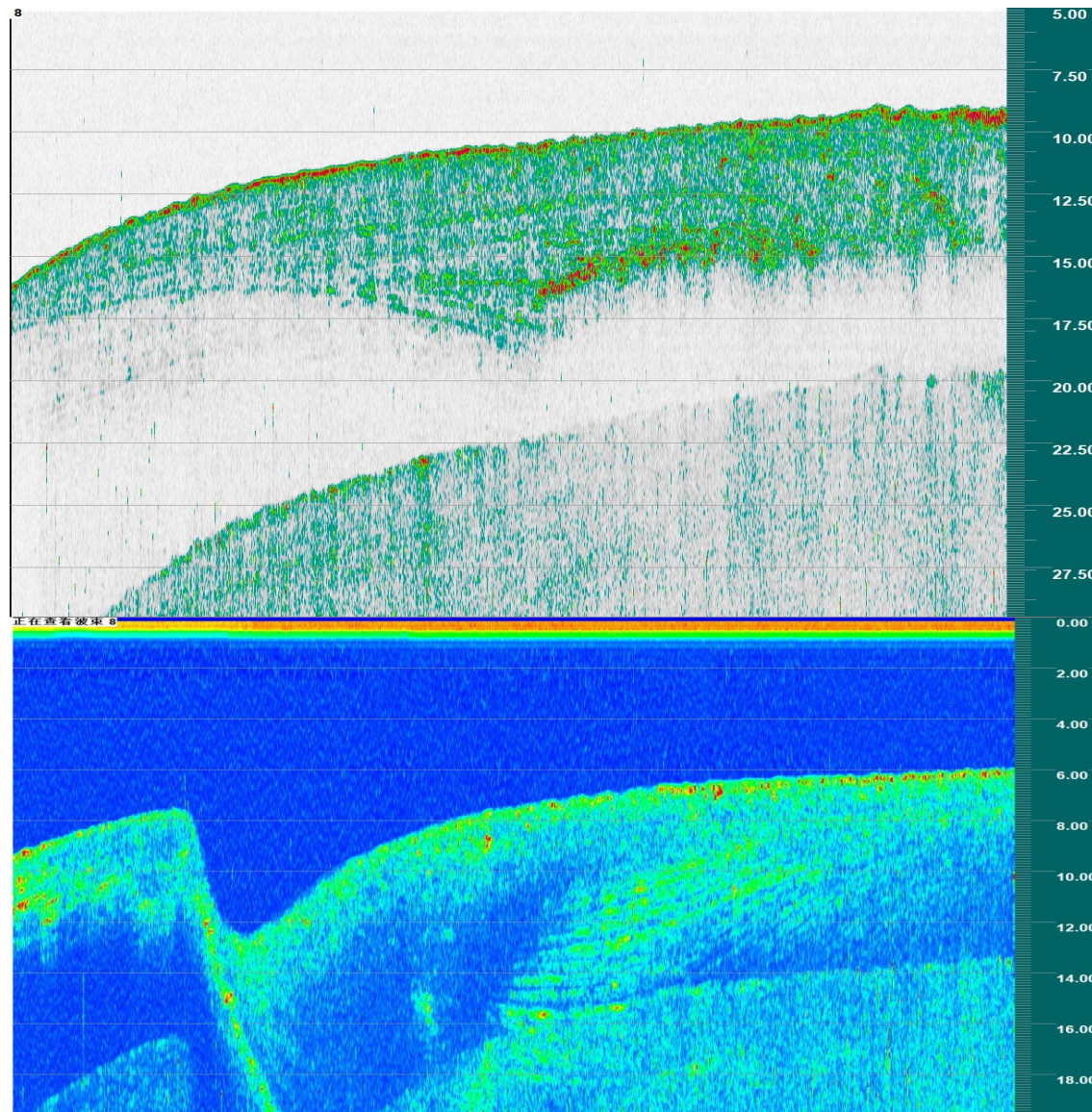
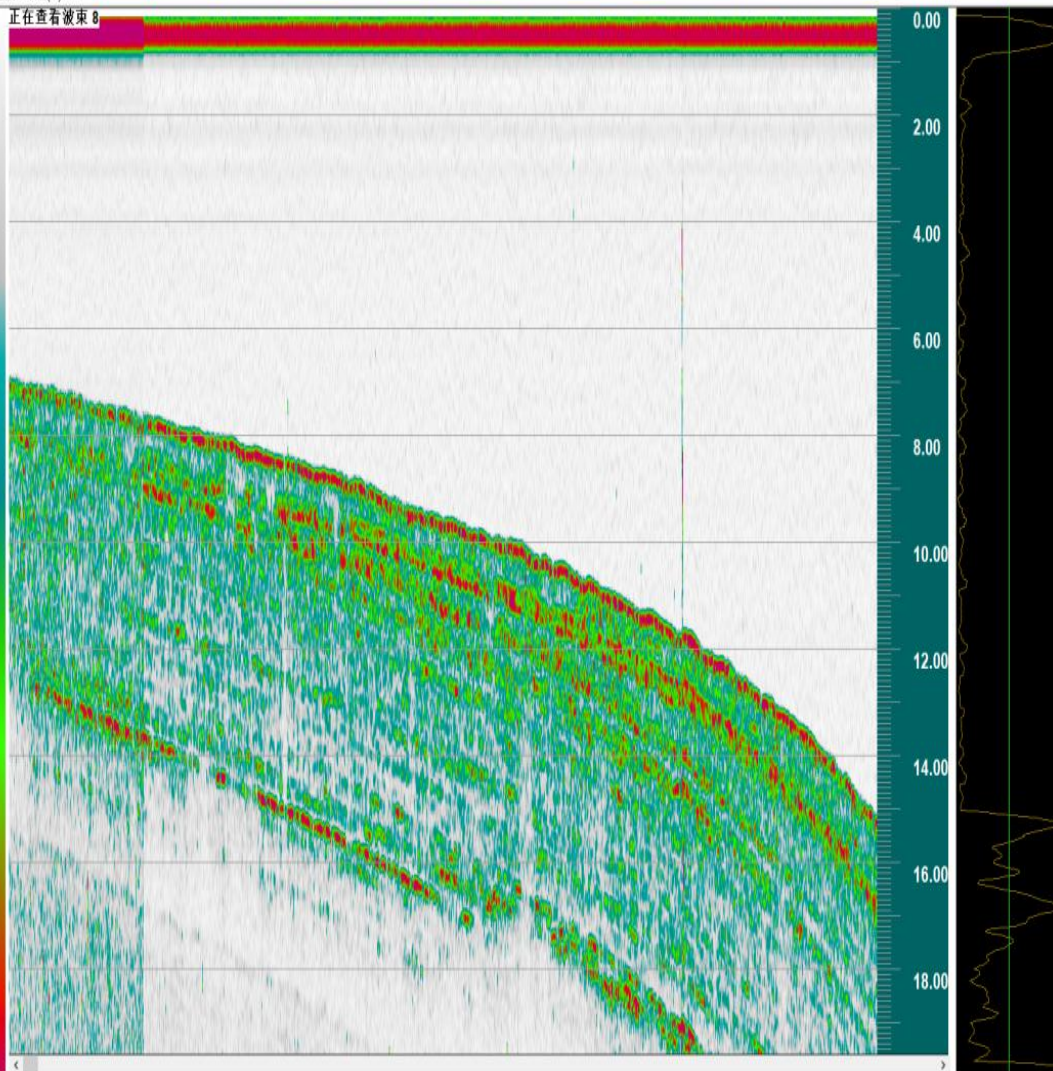
经度: E12221.8019 纬度: N2952.39727

Roll: 0.0 Pitch: 0.0

Heave: 0.0 航速: 0.0

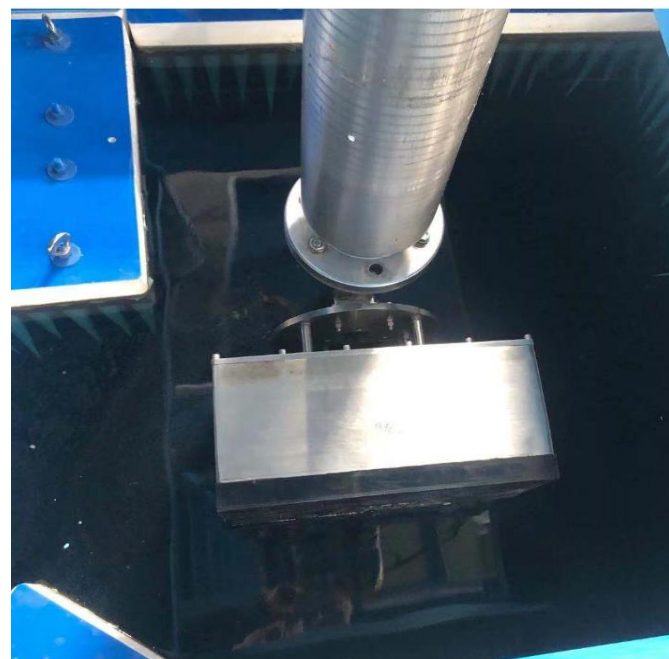
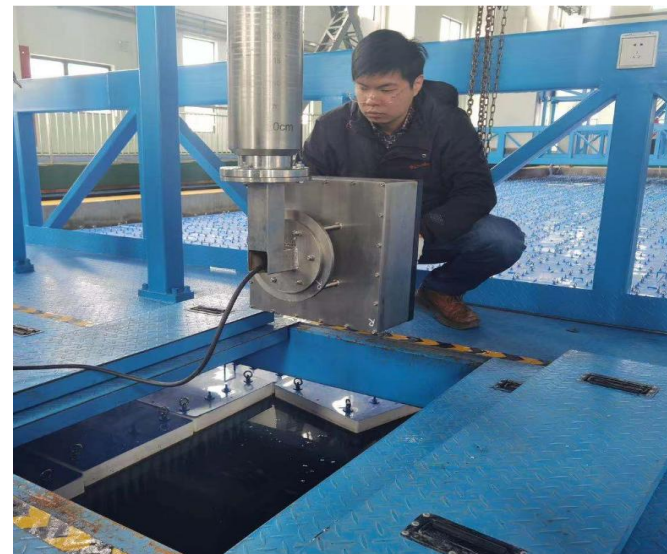
设备状态: 硬件及GPS连接出错, 请检查!

文件: D:\MBPAresult_w.dat

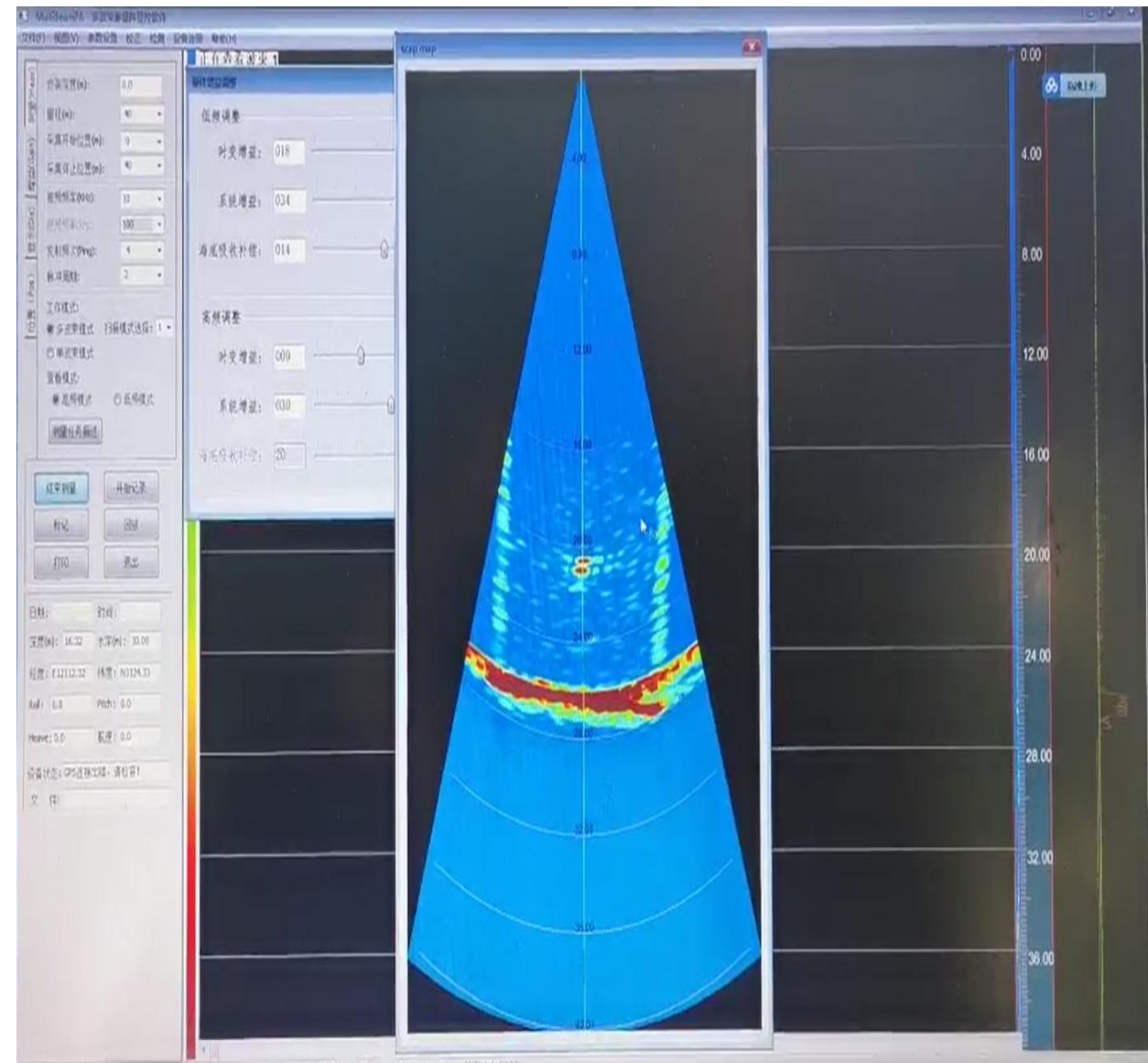
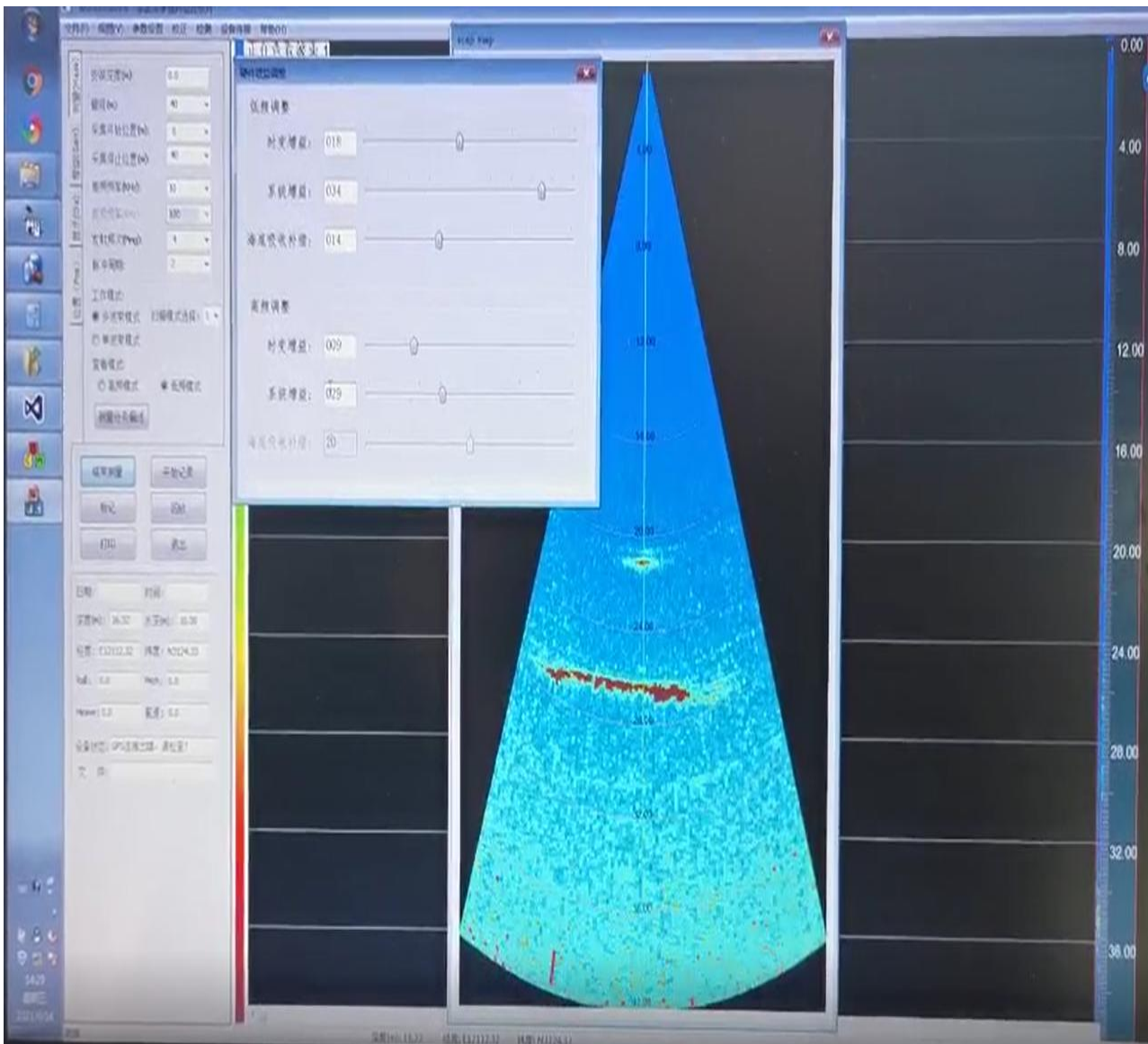


相控参量阵设备介绍

- 原频频率 85~115 kHz
- 差频频率.....5 ~20 kHz
- 脉冲长度0.04 – 1 ms
- 原频声源级 (100 kHz) >238 dB/uPa @ 1m
- 差频声源级.....>194dB/uPa @ 10KHz, >199 dB/uPa @ 20KHz
- 接收机.....低频/高频/谐波接收选配
- 采集情况.....128Ksps@24位
- 动态范围 >110 dB
- 发射频次.....最高到40次/秒（由深度决定）
- 距离分辨率 <0.04 m
- 穿透能力.....最多到40m（底质为软泥底）
- 作用距离<400 m（特指水深测距范围）
- 相控发射.....提供可选的发射相控角度，覆盖范围< $\pm 25^\circ$
- 姿态补偿.....提供Roll和Heave的矫正和补偿
- 外部接口.....GPS，姿态传感器，内外触发口
- 通讯.....外接网口通讯，PC端工作控制
- 供电及功耗.....<350W,220VAC



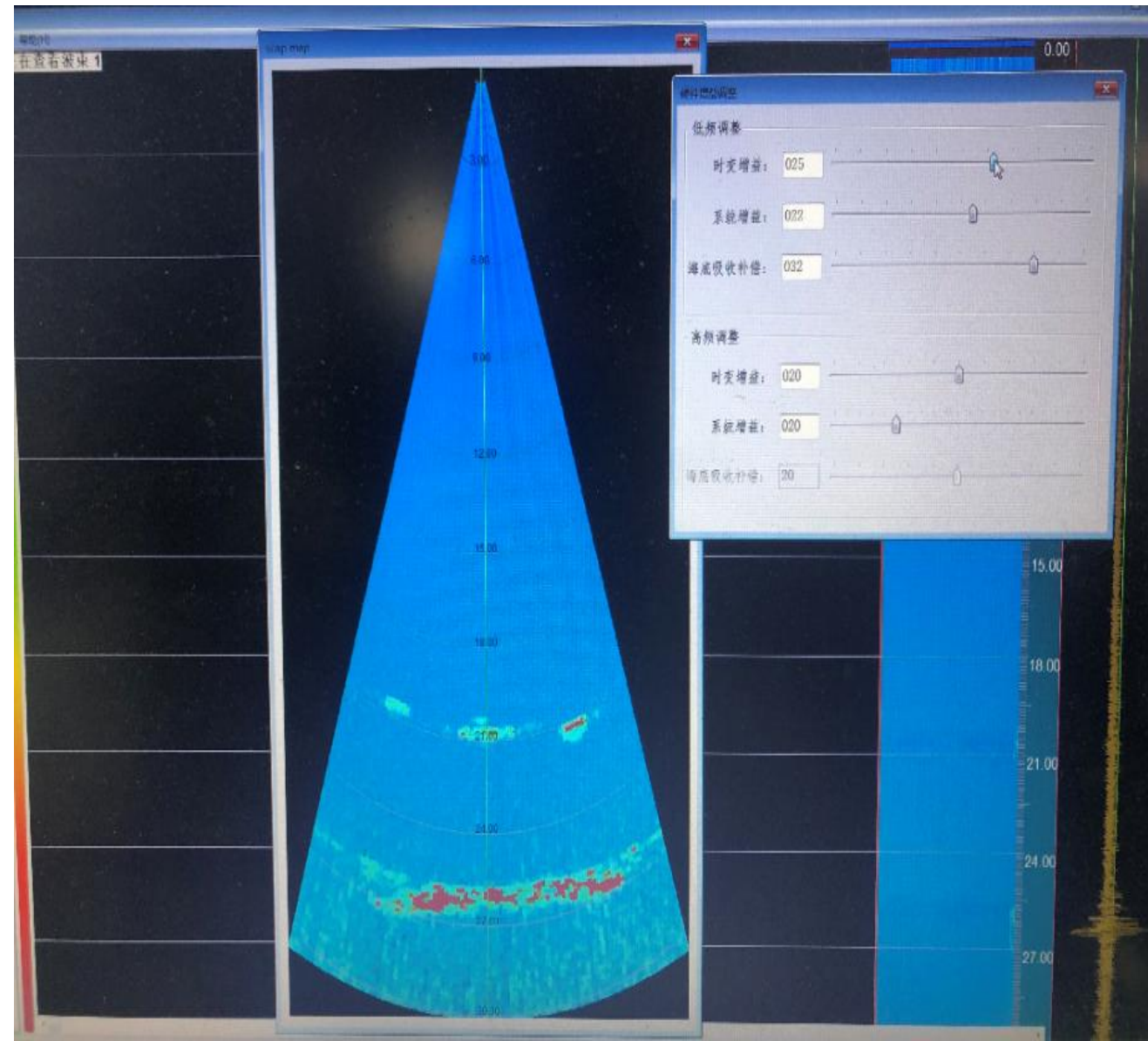
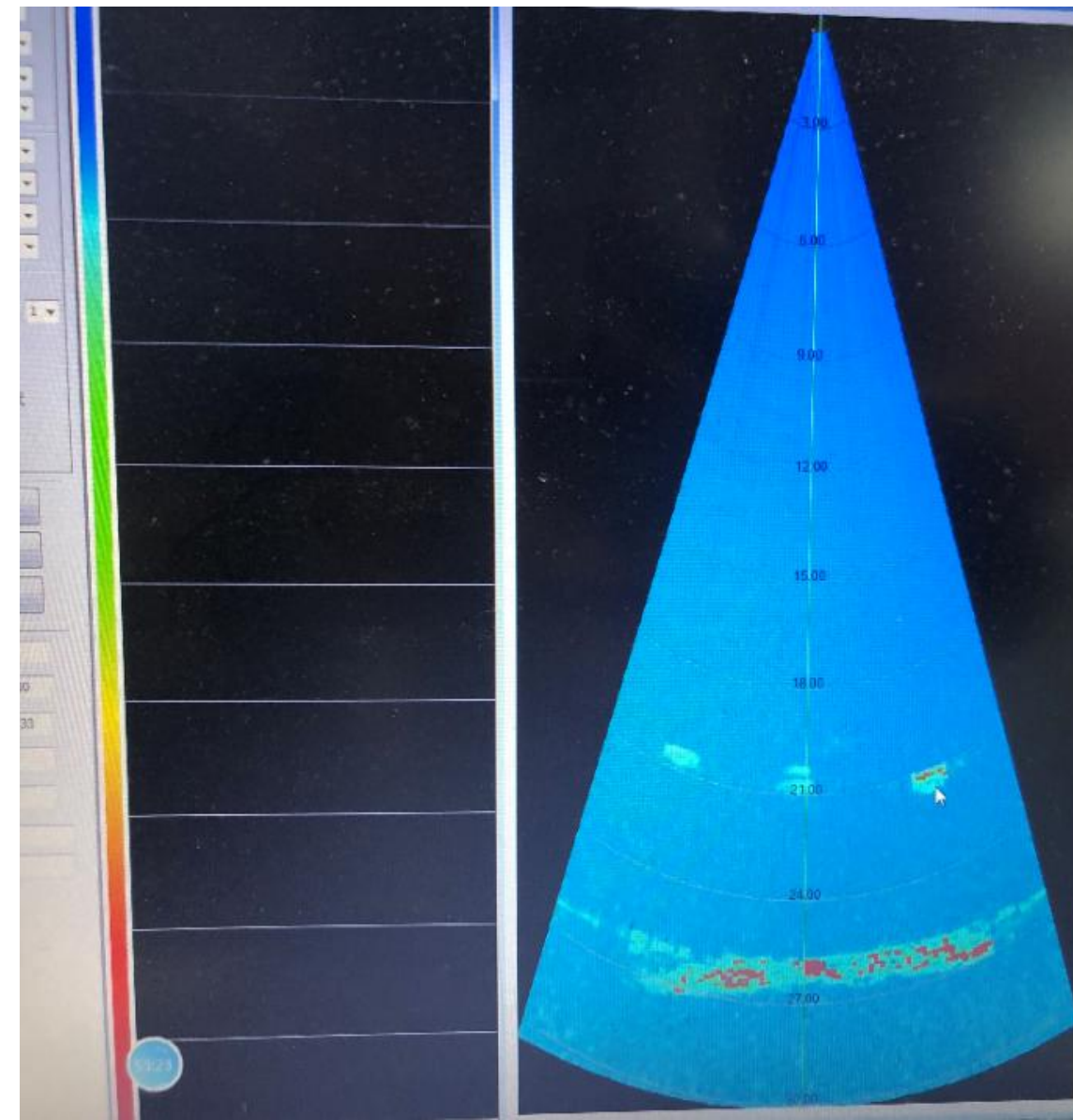
相控参量阵设备介绍-水池测试2021年



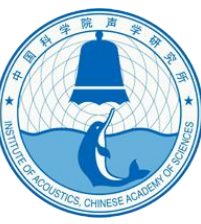
相控参量阵设备介绍-水池测试2021年



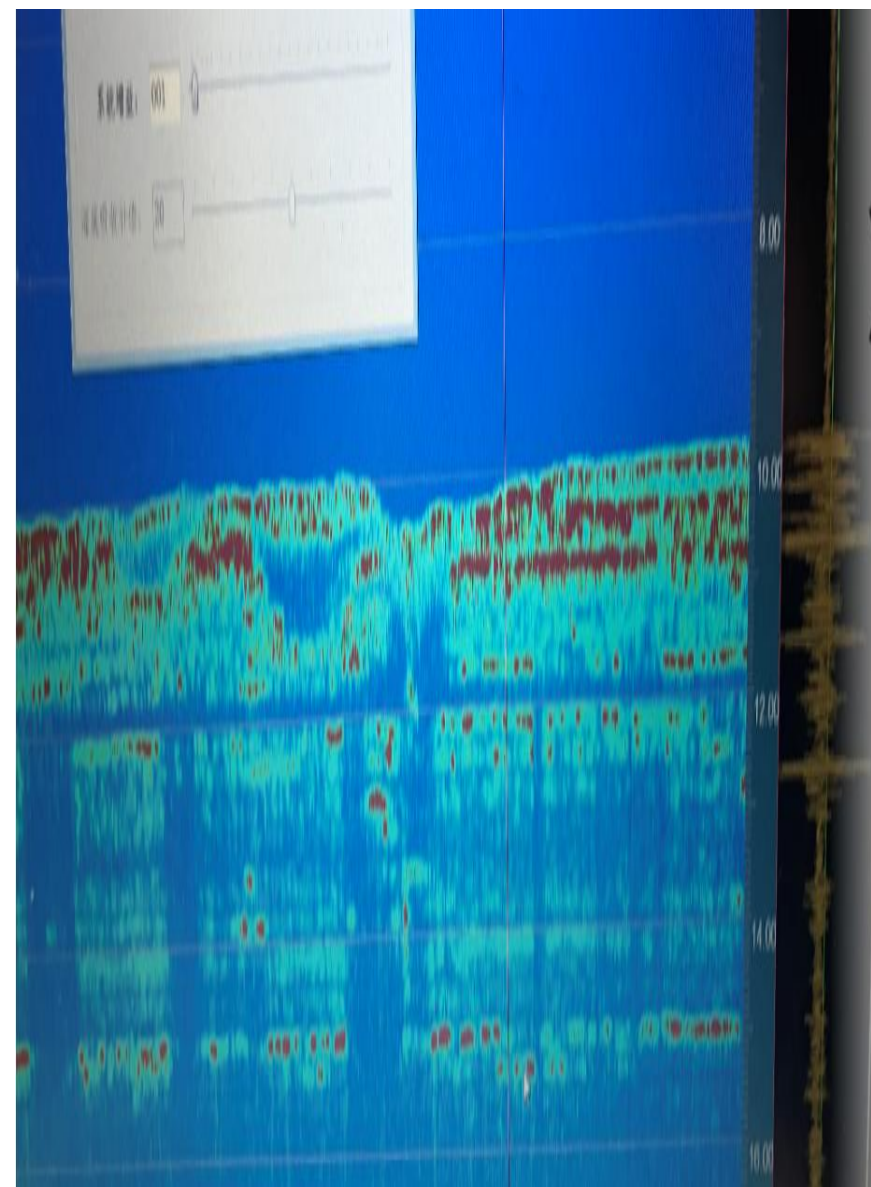
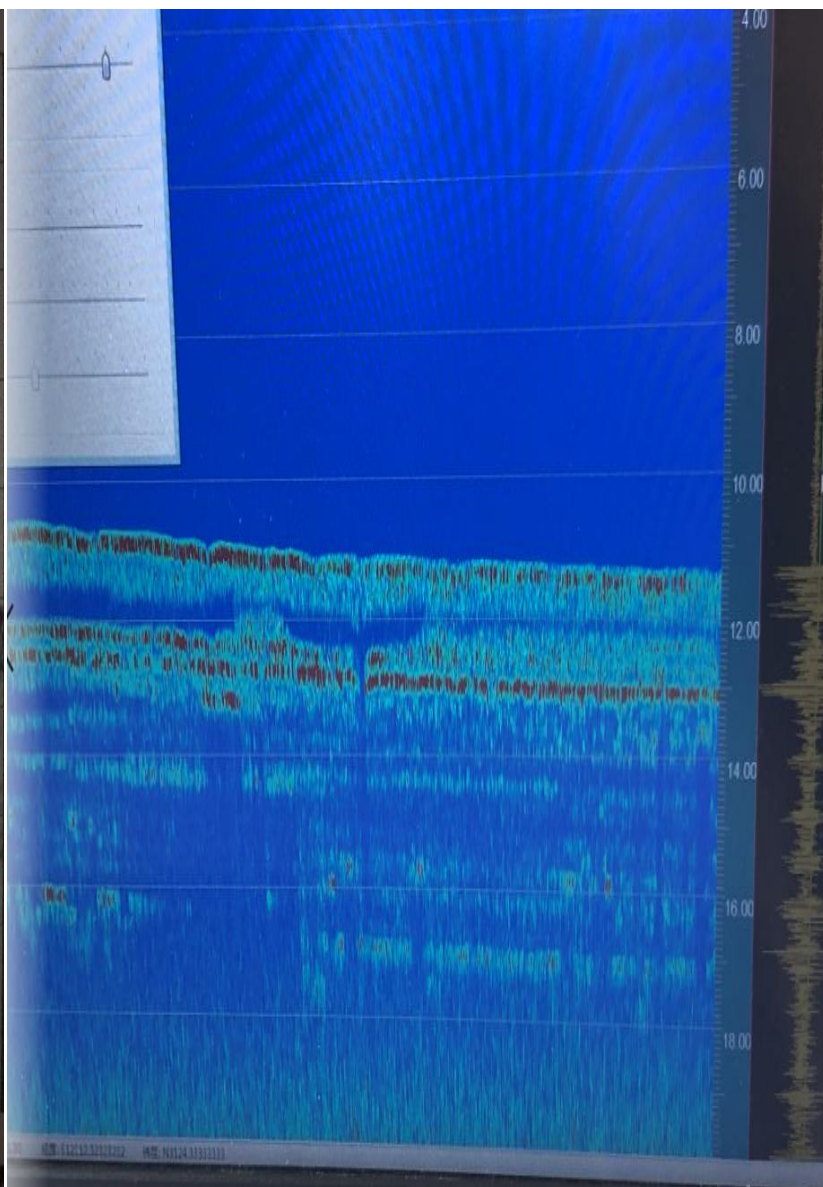
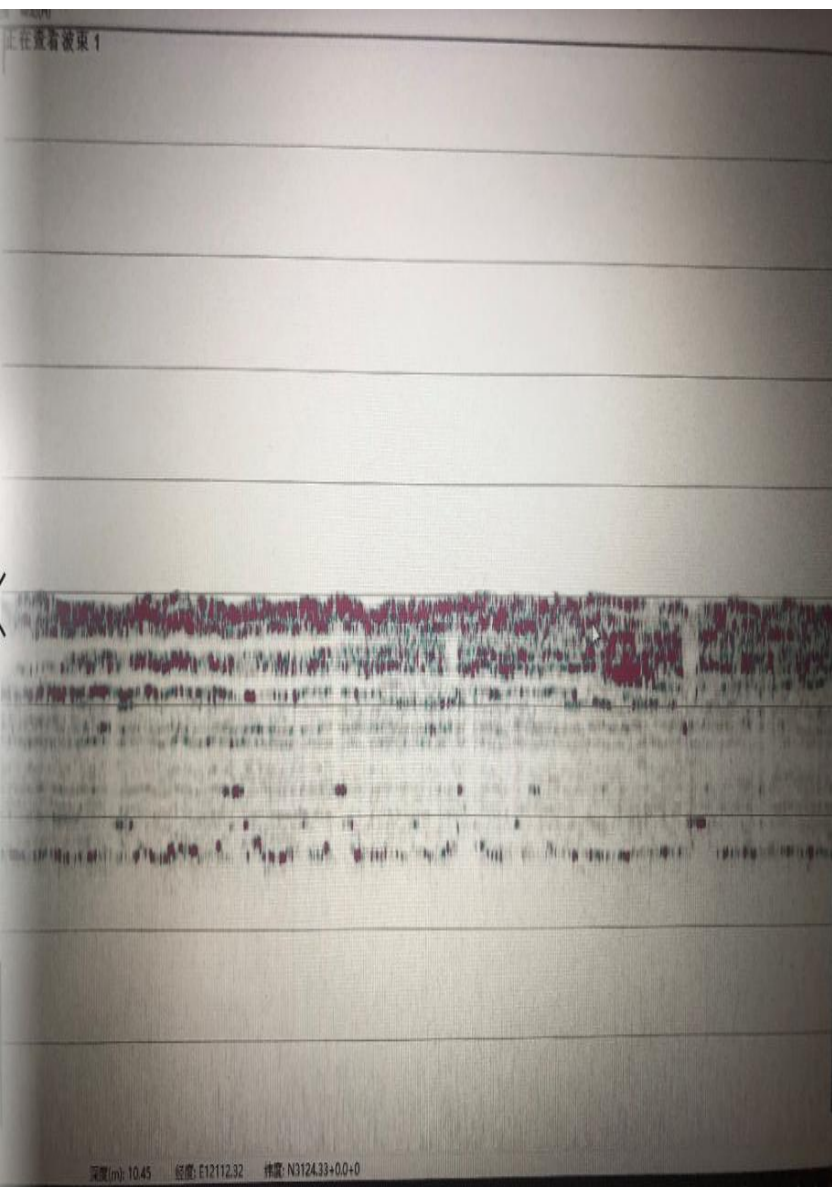
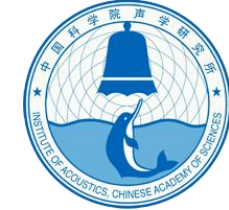
- 目标为直径20cm的塑料管，直径15cm的钢管，直径30cm的铁球



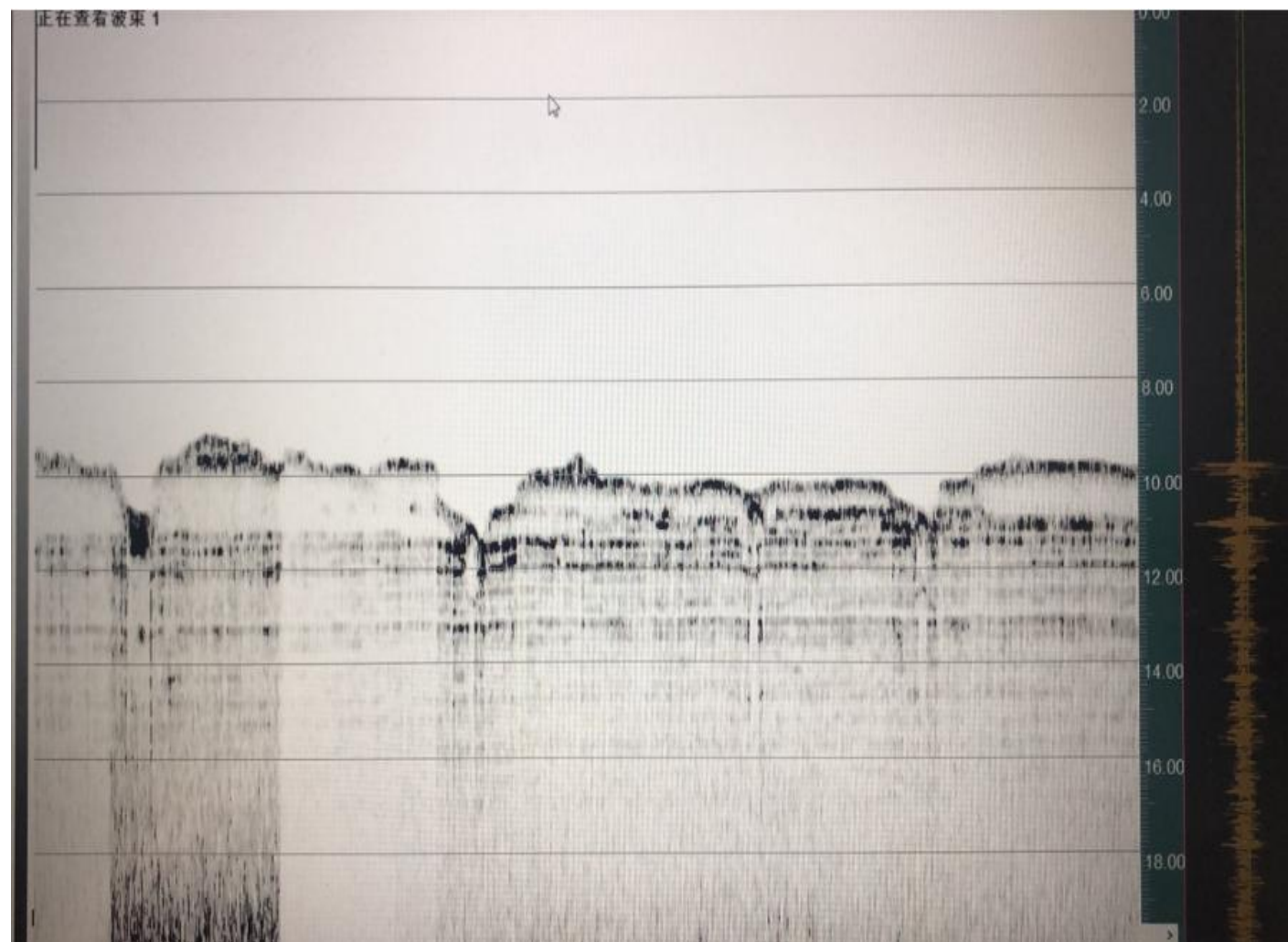
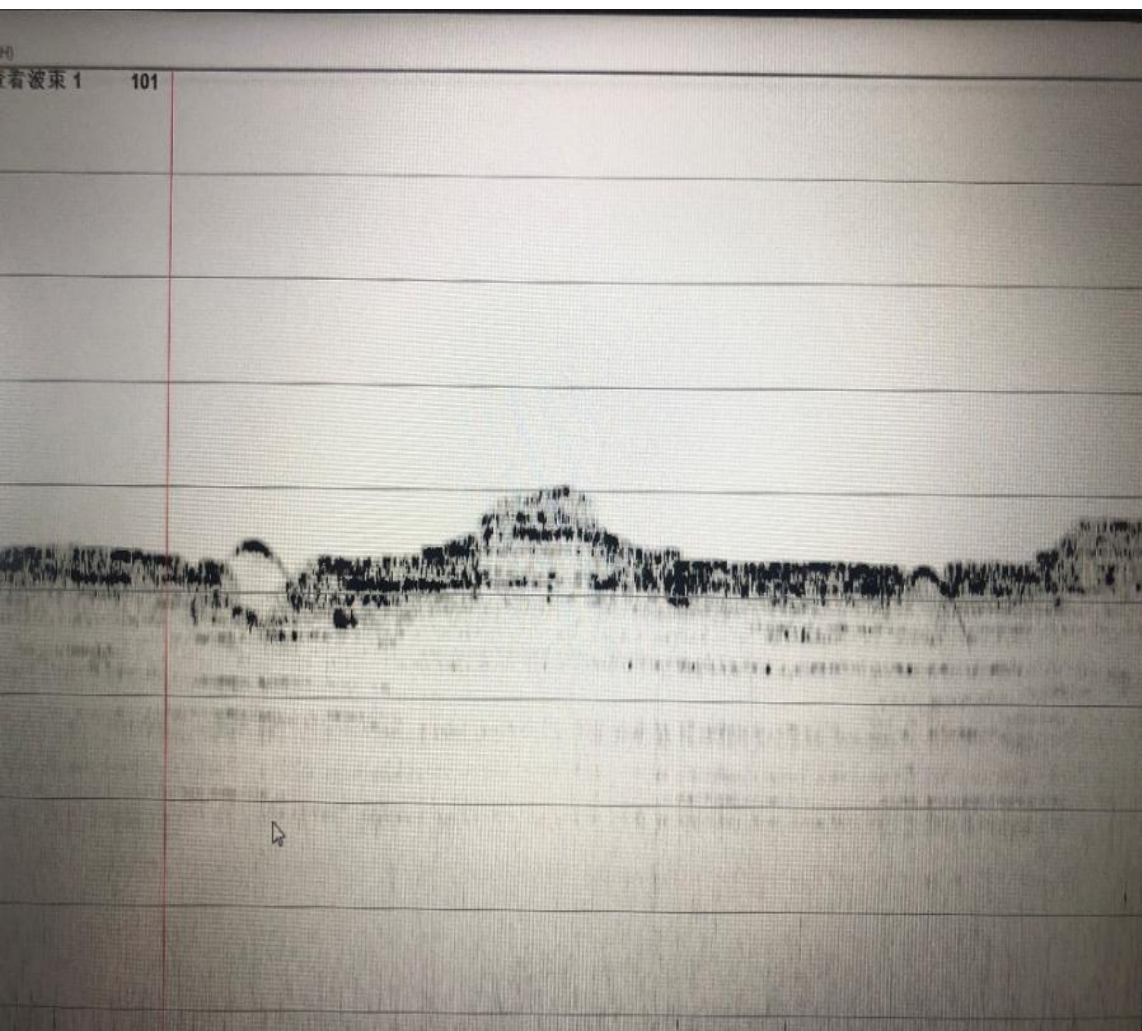
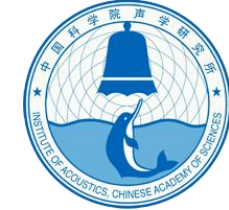
相控参量阵设备介绍-东海海试情景



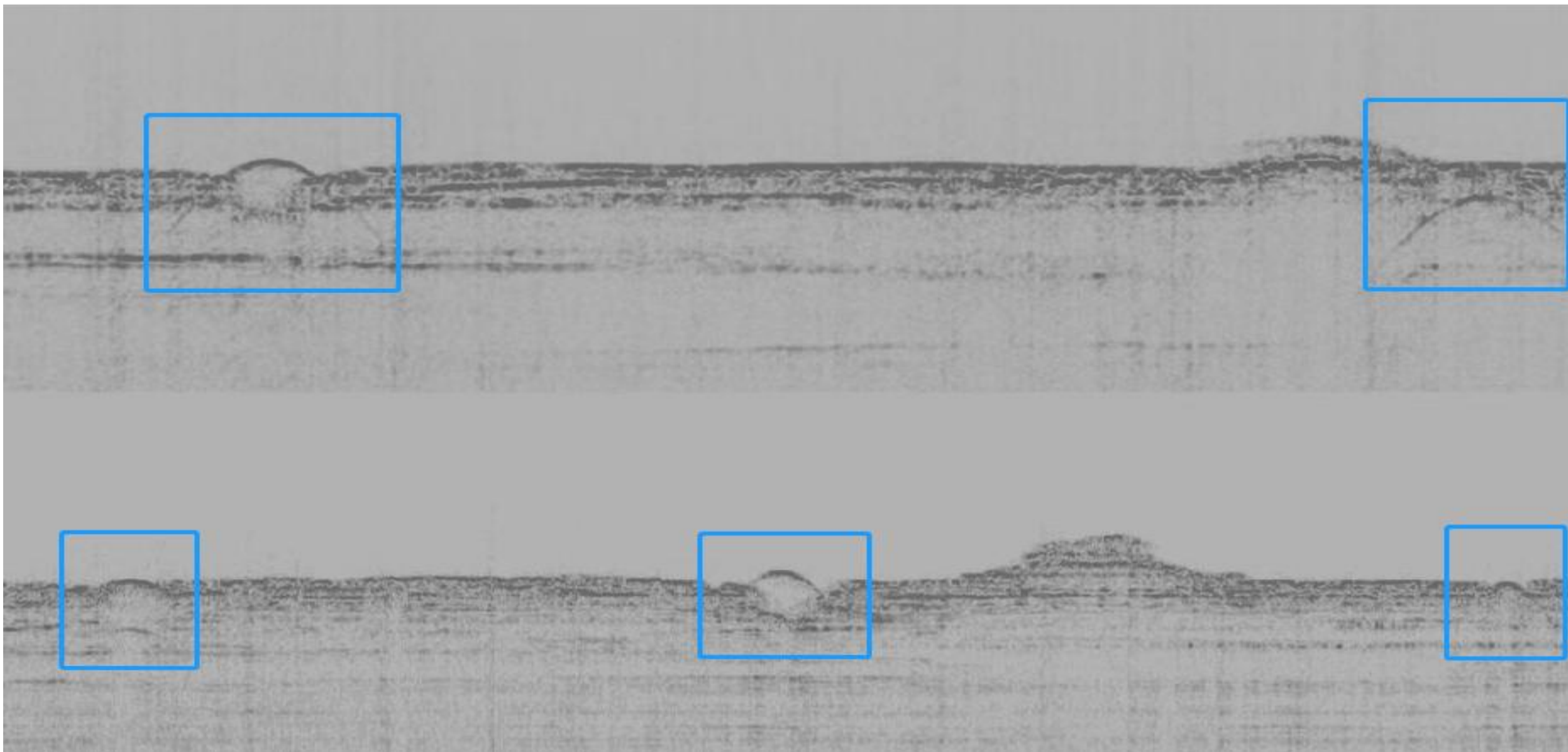
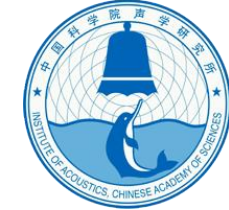
相控参量阵设备介绍-原始海试数据截屏1



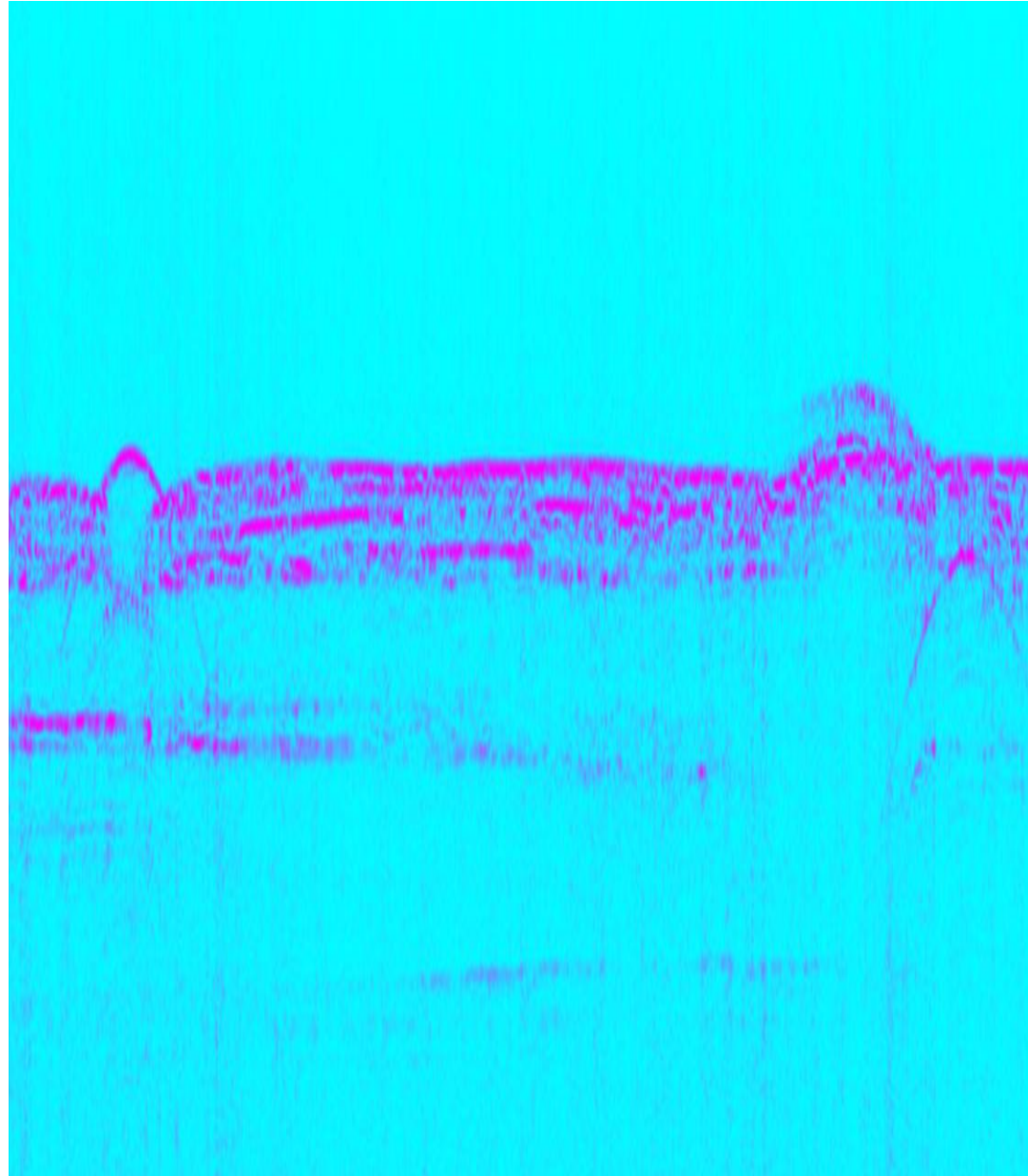
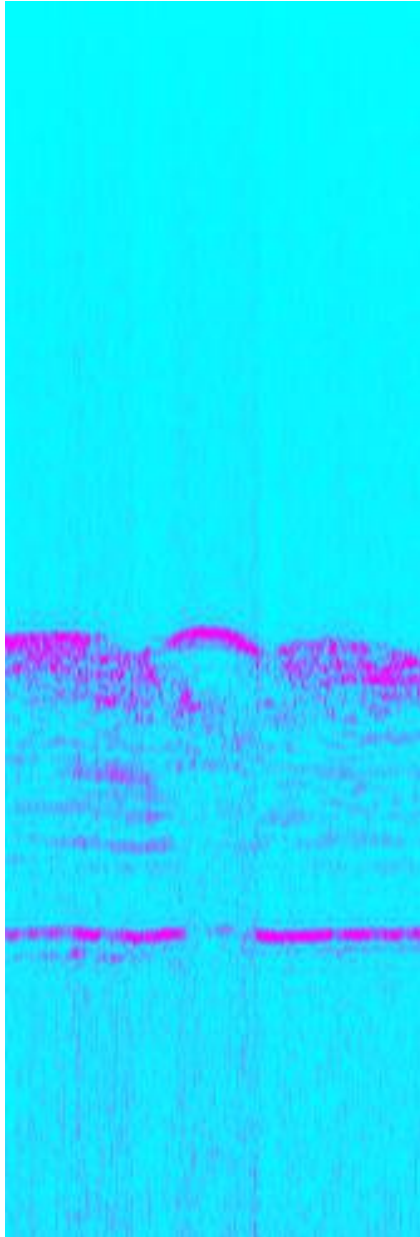
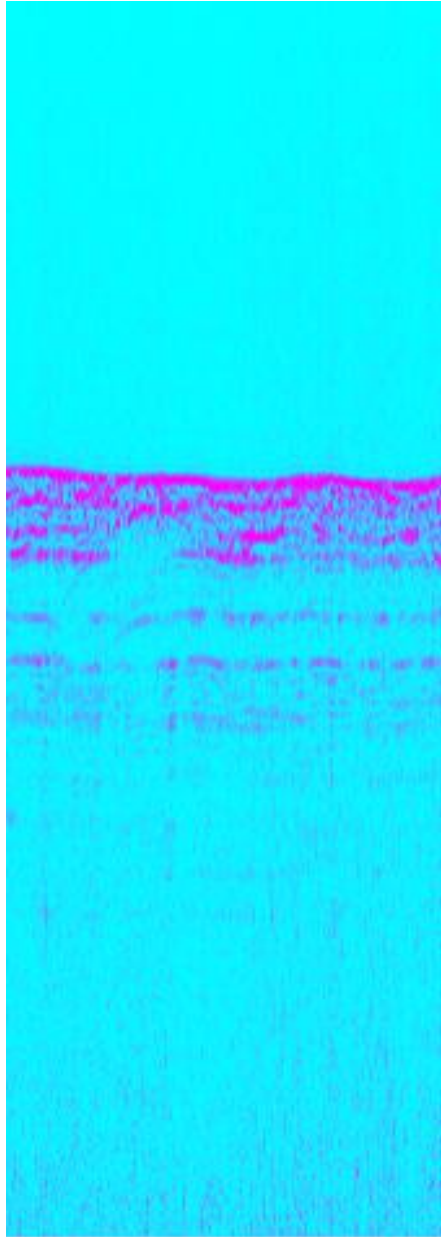
相控参量阵设备介绍-原始海试数据截屏2



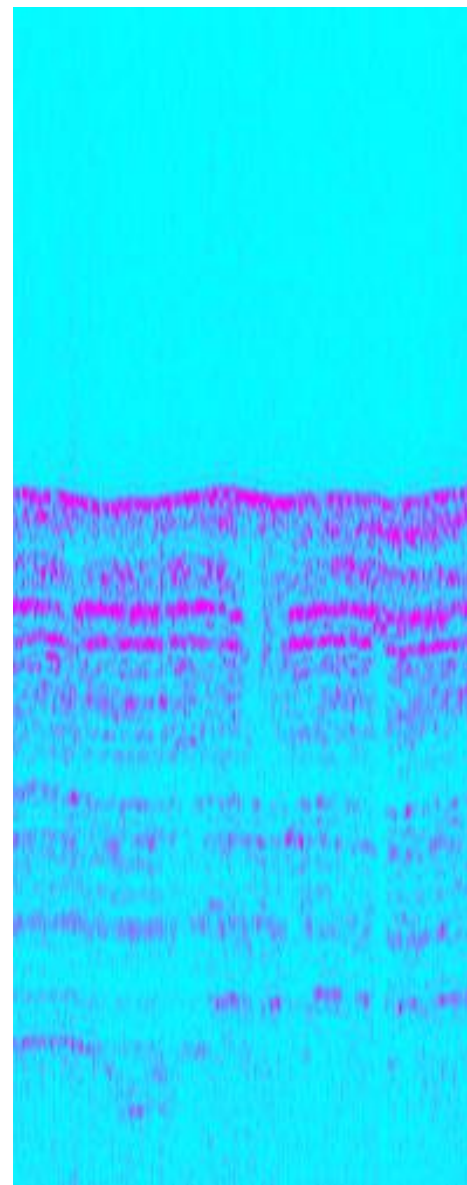
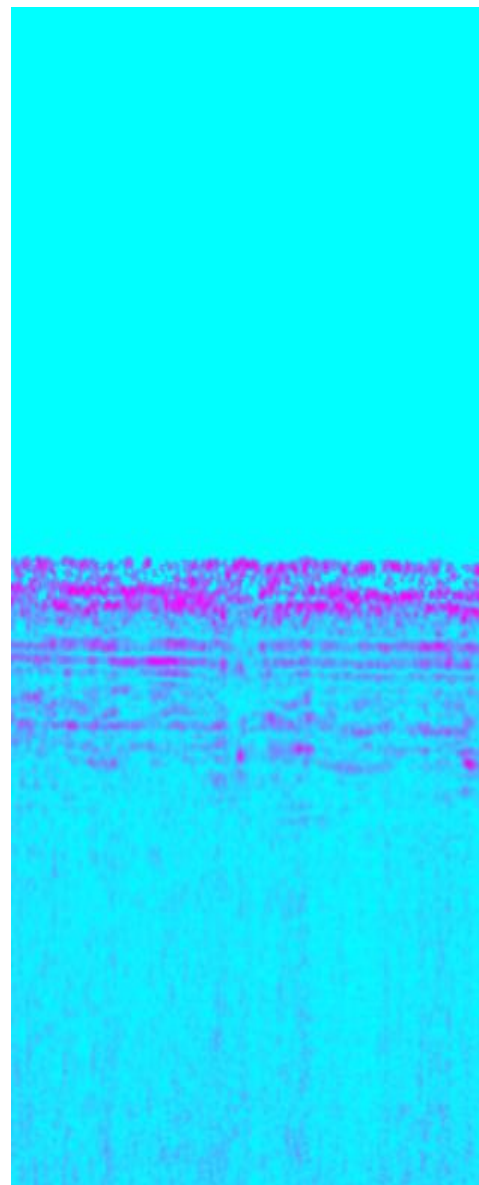
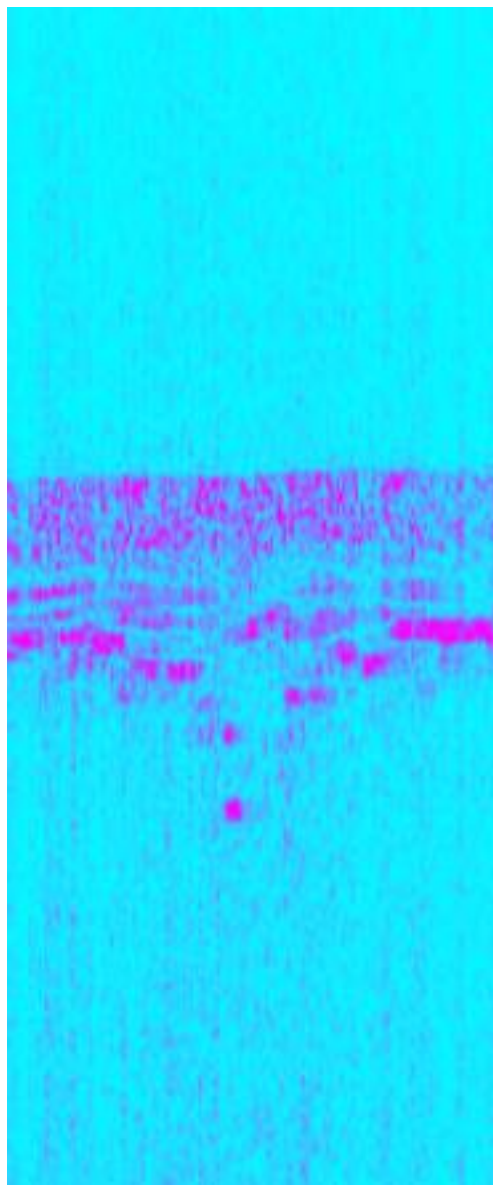
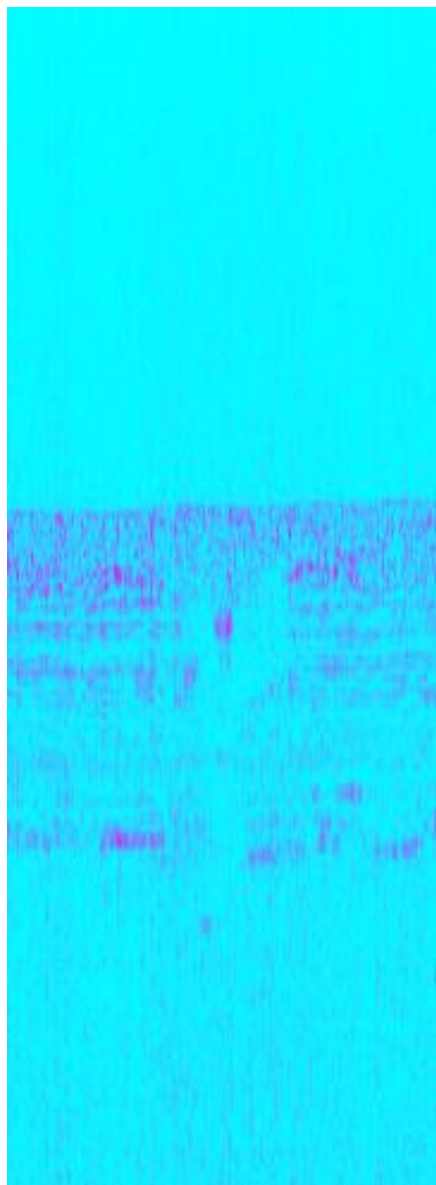
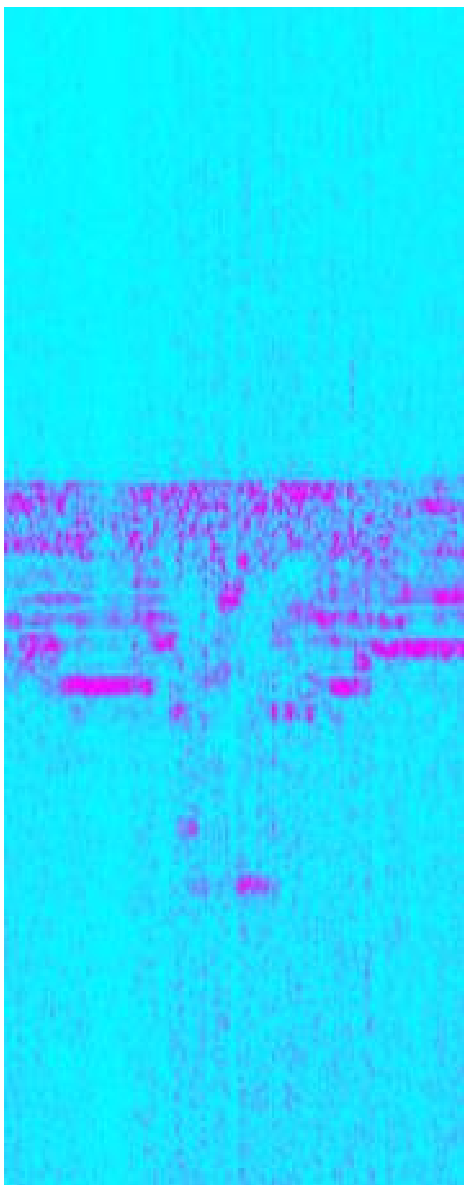
相控参量阵设备介绍—管线目标原始数据集锦1

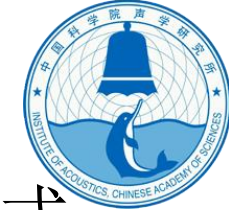


相控参量阵设备介绍—管线目标原始数据集锦2



相控参量阵设备介绍—管线目标原始数据集锦5





国产后处理软件-底测达LayerDataPRO

各大厂商均有自己的独立的后处理软件和数据格式，也可导出通用格式

- SES2000 可搭配
- TOPAS 可随机附带
- 国产可随机附带

ISE Post-Processing Software

Hypack 浅剖模块

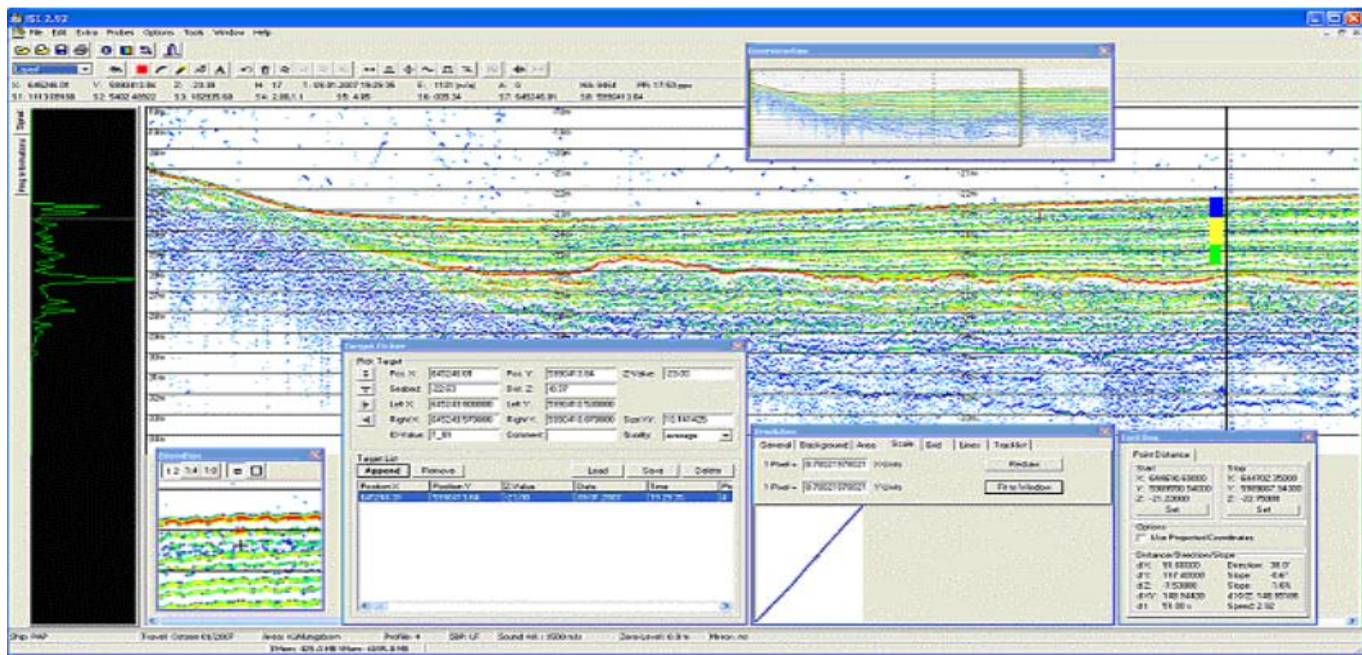
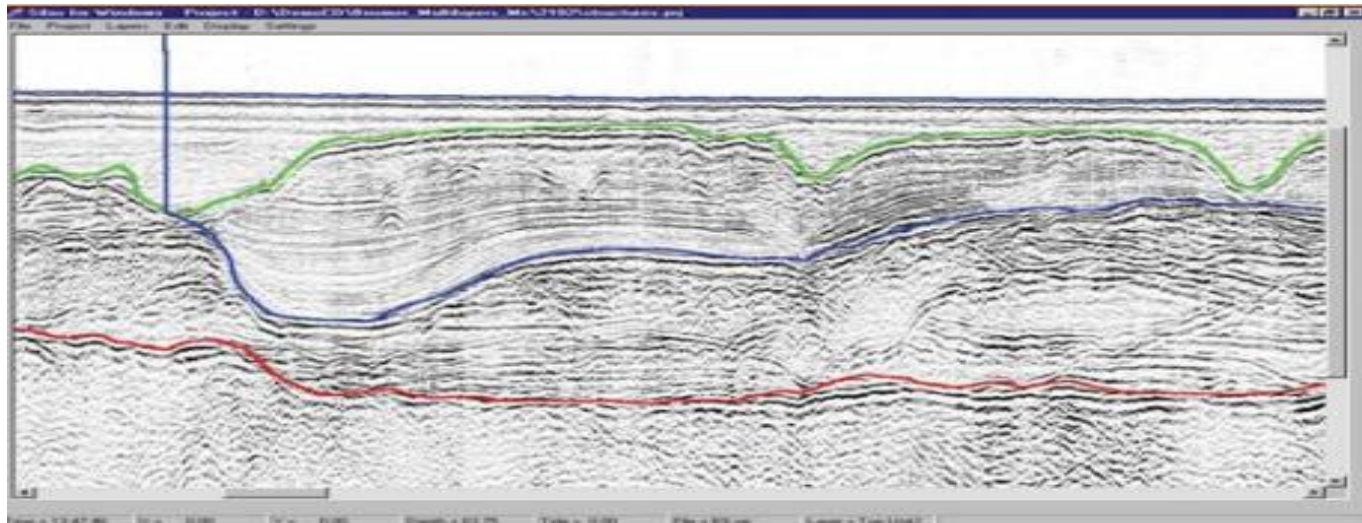
SonarWiz 浅剖模块

Silas地质分析软件

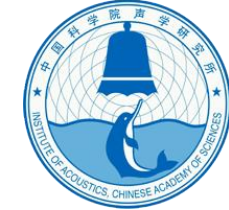
Petrel 专业软件

底测达LayerDataPRO

地质大师后处理 等等

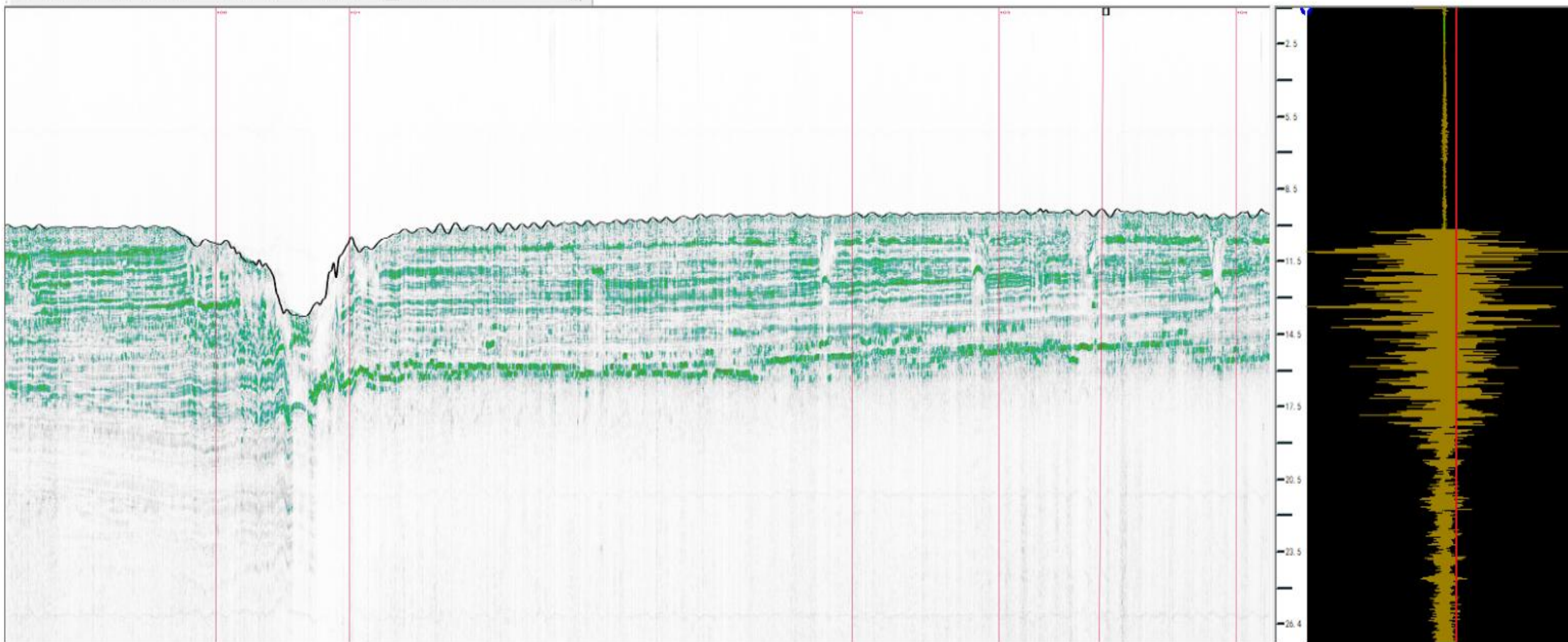


国产后处理软件-底测达LayerDataPRO

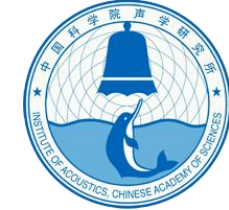


底测达 - LayerDataPRO

文件(F) 功能 深度补偿 数据处理 视图(V) 帮助(H)

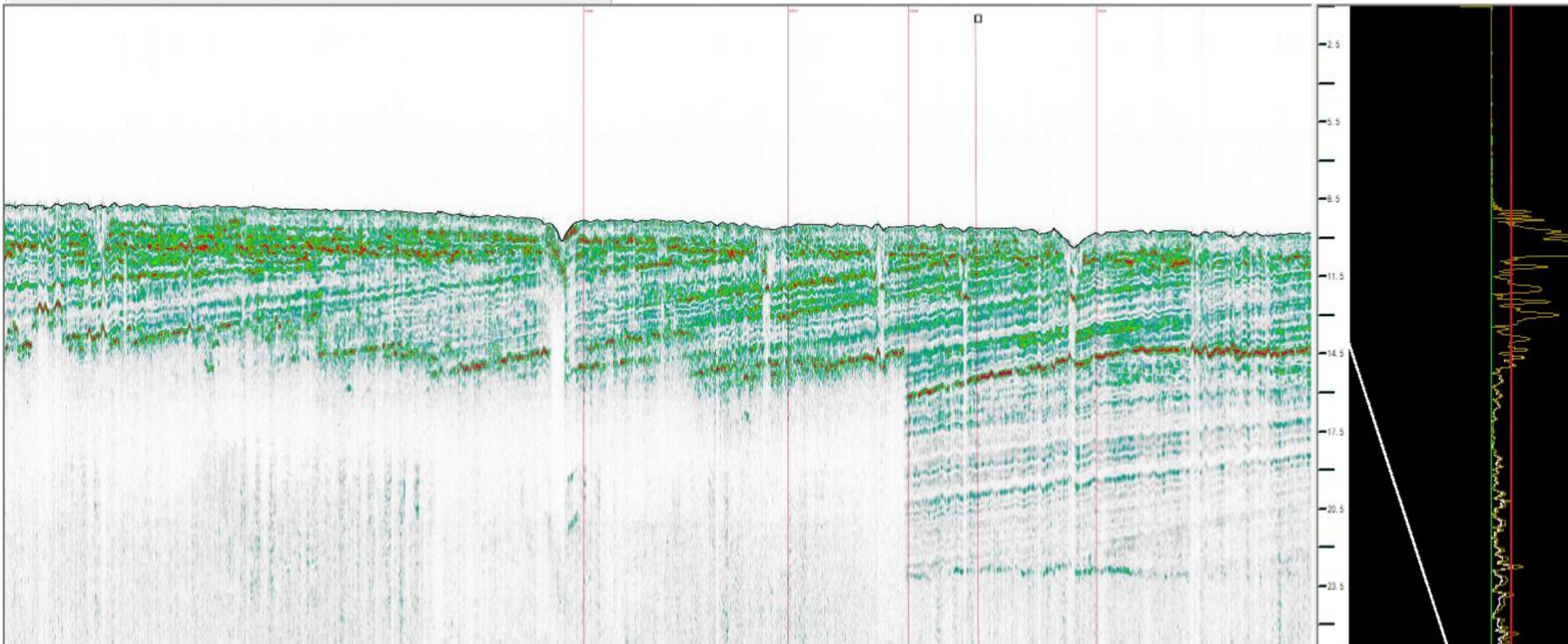


国产后处理软件-底测达LayerDataPRO

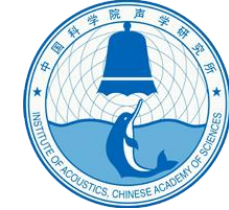


底测达 - LayerDataPRO

文件(F) 功能 深度补偿 数据处理 视图(V) 帮助(H)

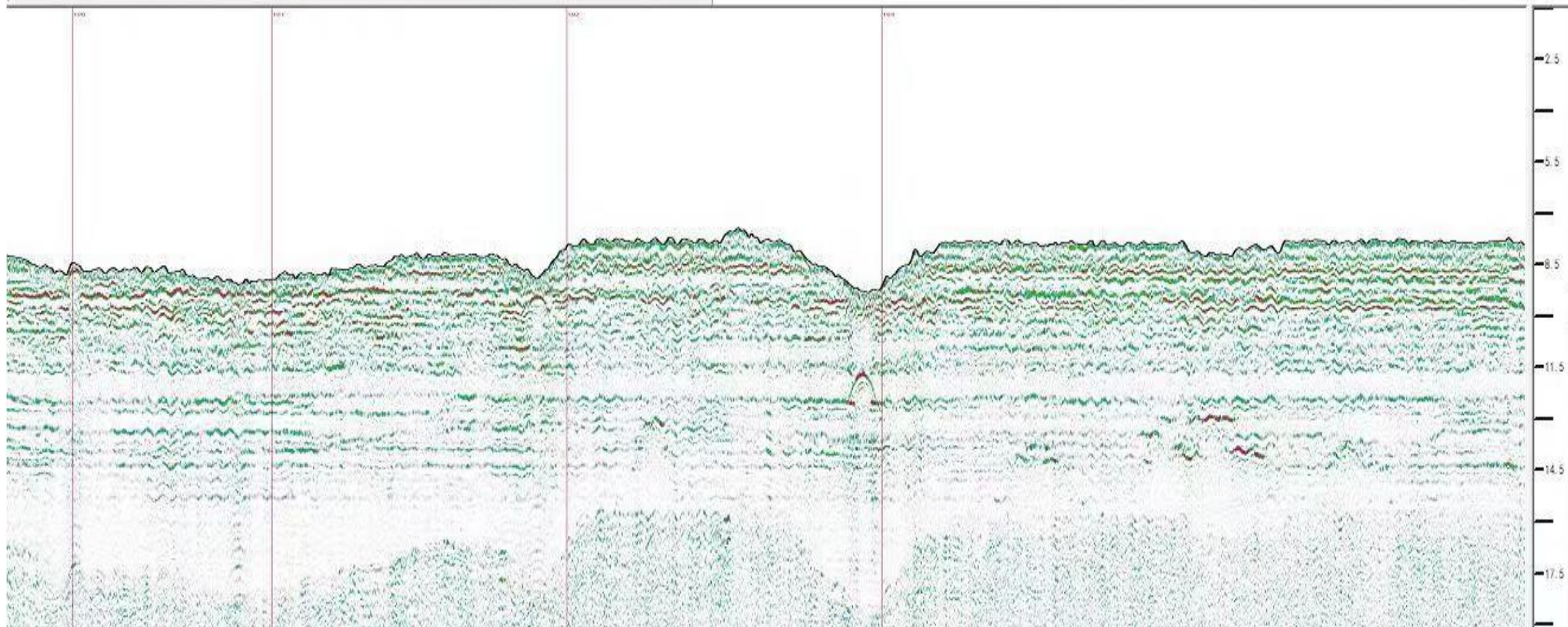


国产后处理软件-底测达LayerDataPRO

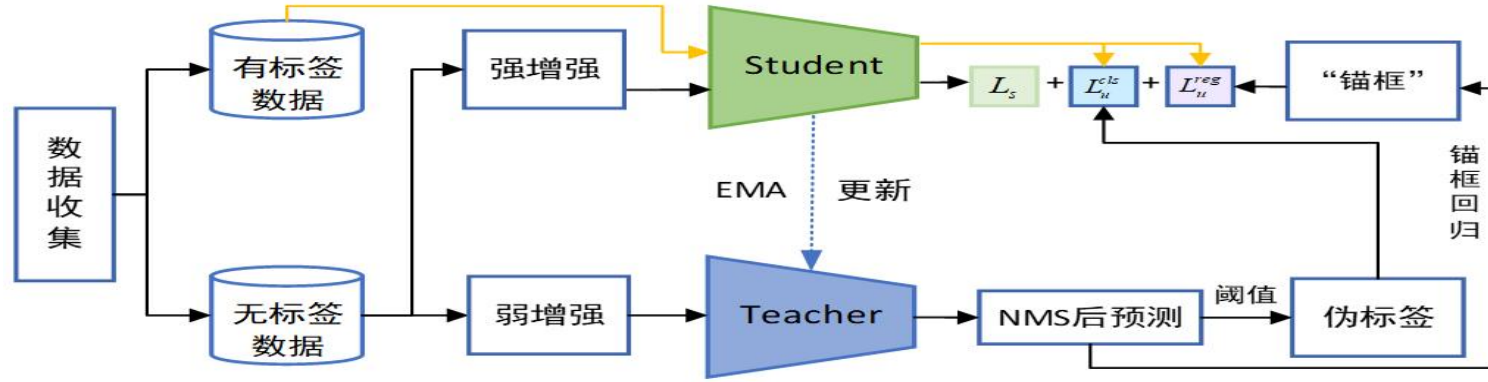


底测达 - LayerDataPRO

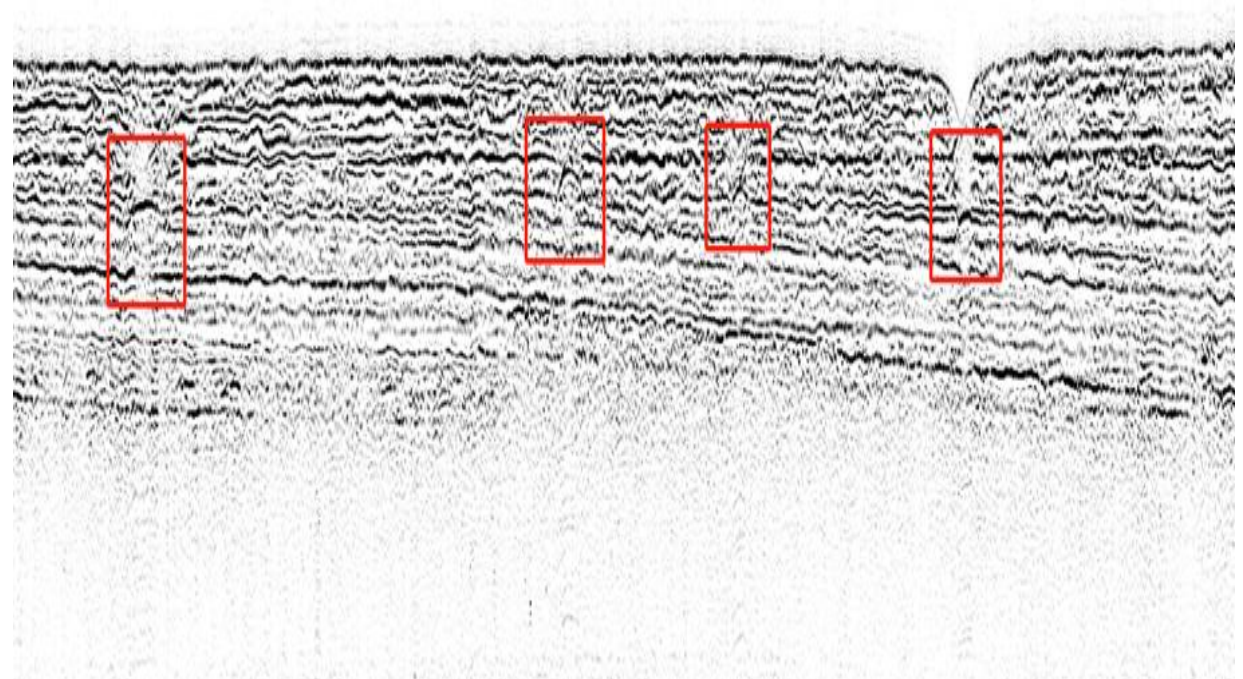
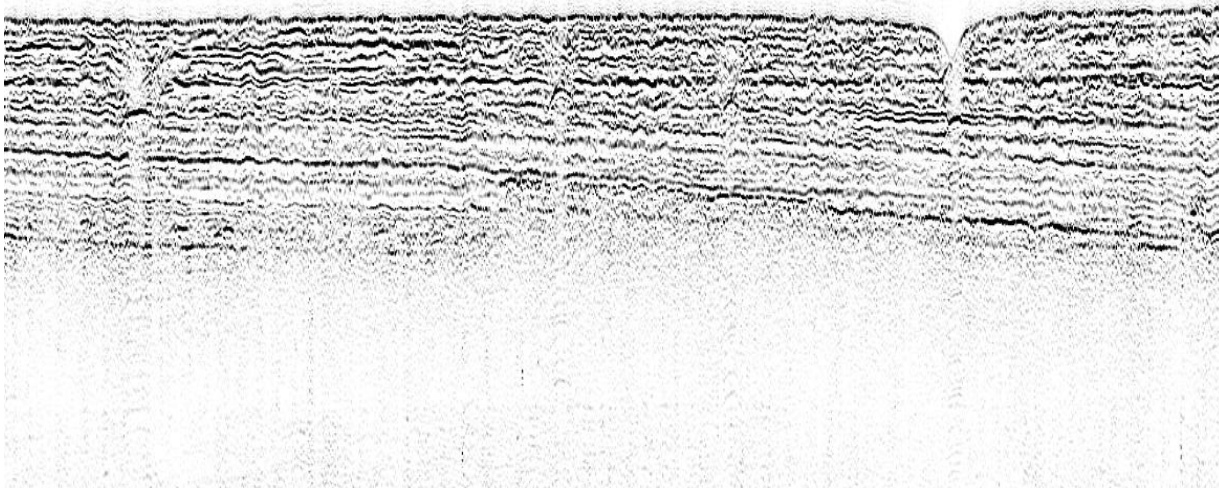
文件(F) 功能 深度补偿 数据处理 视图(V) 帮助(H)



后处理交叉学科拓展



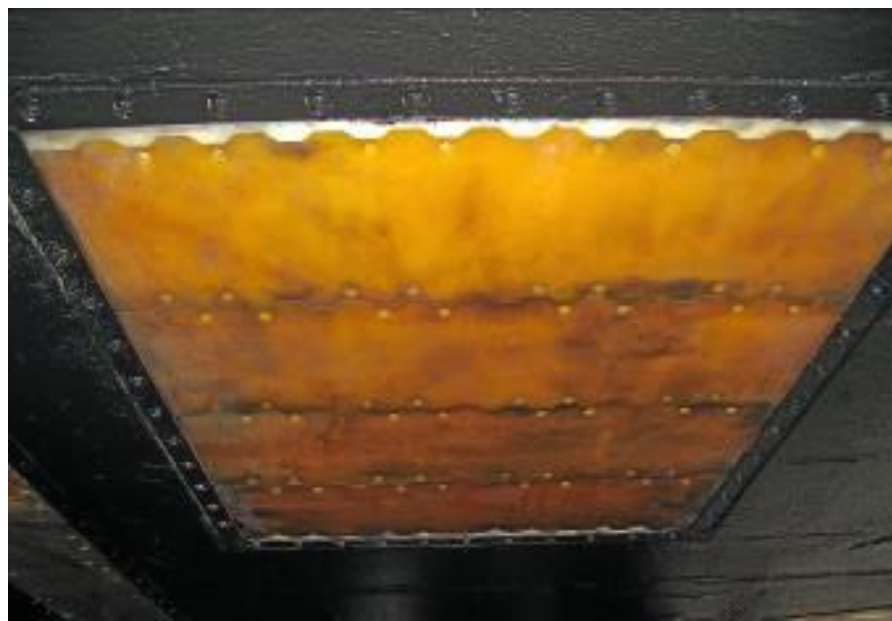
基于深度学习引入端对端的学习方法，同时利用半监督学习等技术实现水下目标识别，并提出适用的神经网络模型。





“十四五”工作计划—国产万米浅剖部分

- 全系列参量阵型浅地层剖面仪的国产化是紧迫和急需的。目前国内缺乏大深度全海域该类型设备，国产仅有北京星天和中科院声学研究所东海研究站联合研制的原理样机。同时在浅剖的精细测量和应用领域，我们相对欧美是较为落后的。预计在“十四五”结束，国产中深水参量阵型浅地层剖面仪将会定型。
- 国内各大学科考船，海洋局，地调局，石油系统，各涉海研究所等各类大型船只装备的浅剖设备，近15年来参量阵型占据大多数，少部分为线性浅剖设备。

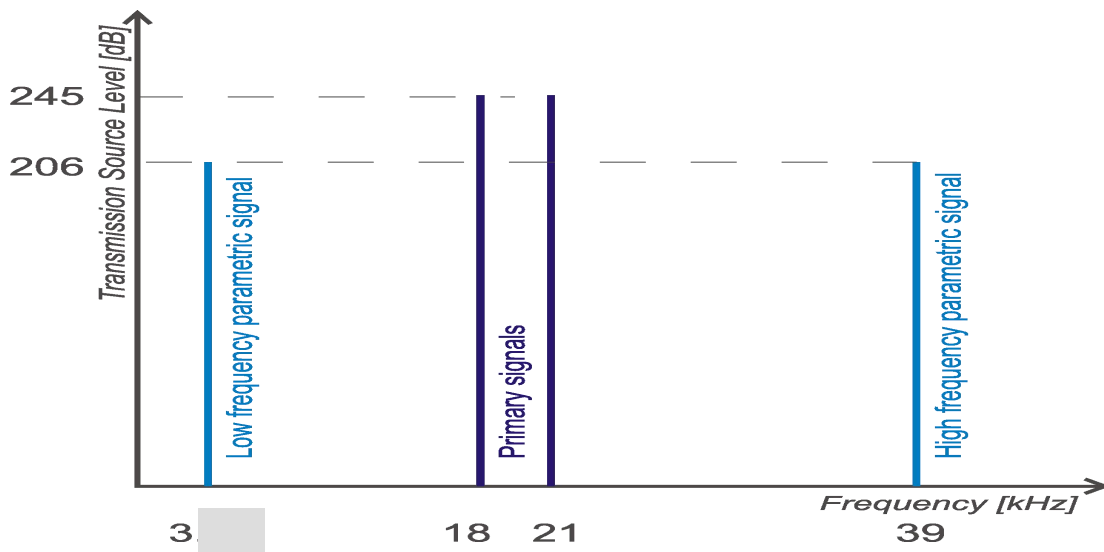
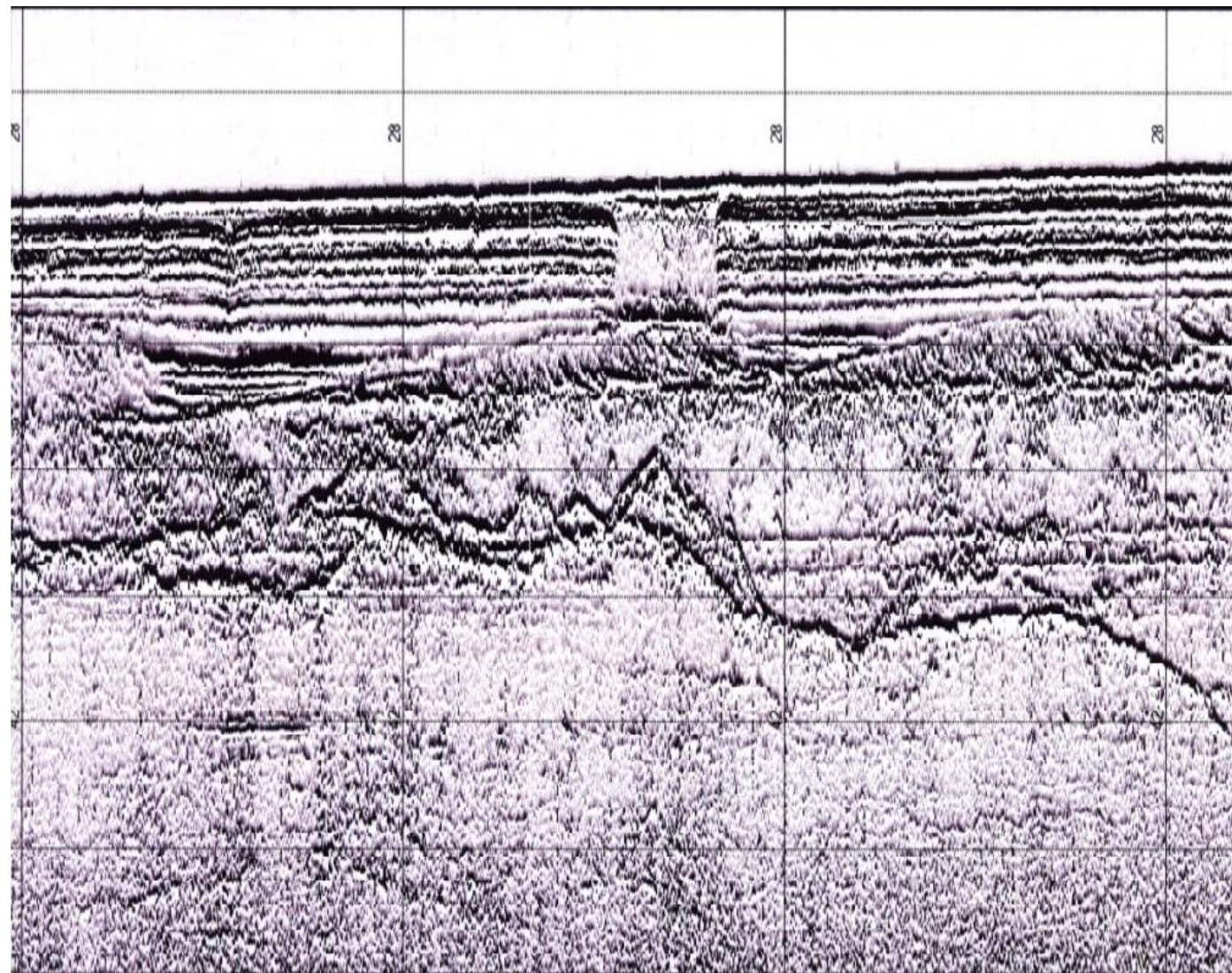


“十四五”工作计划—国产万米浅剖部分

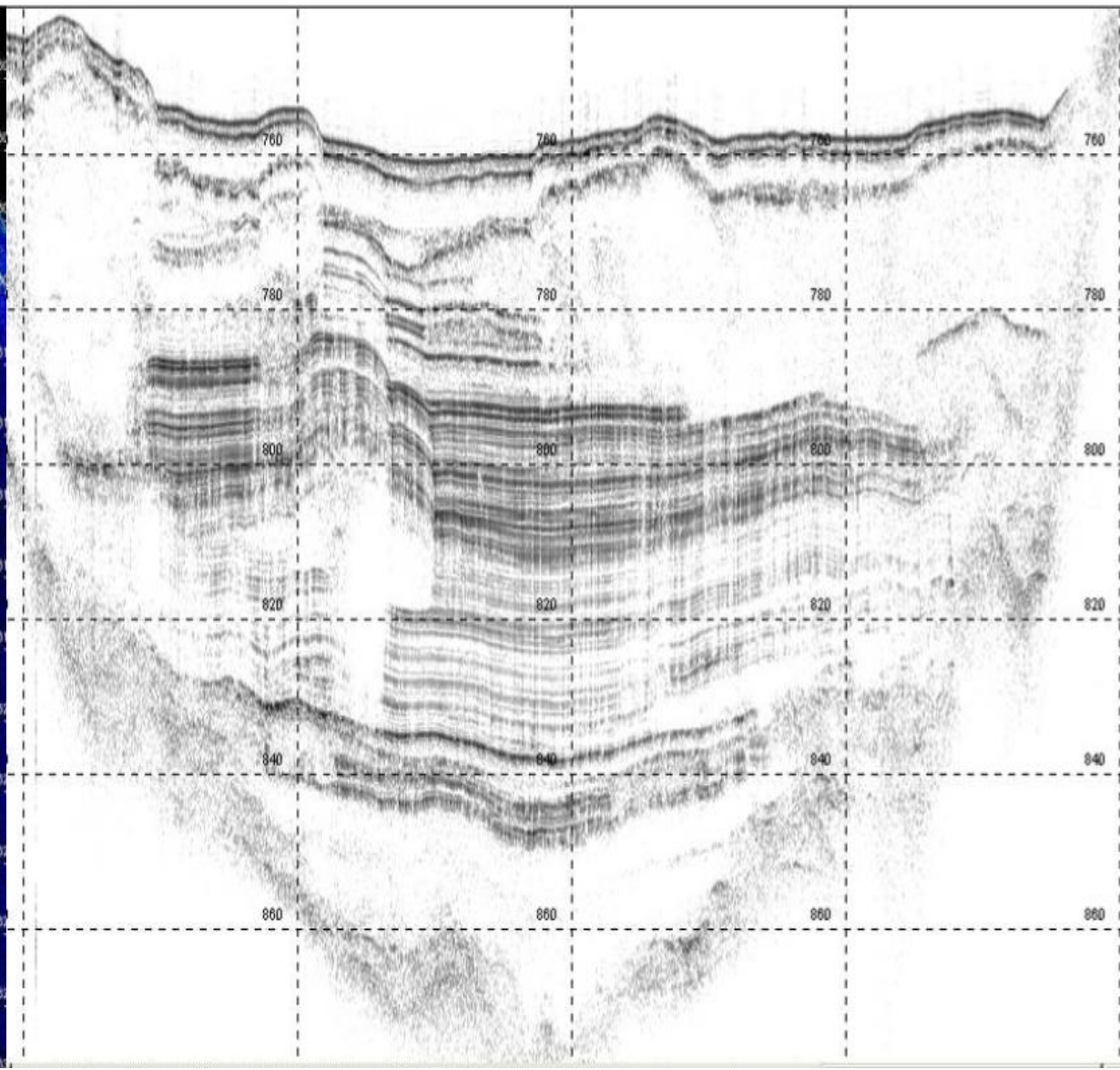
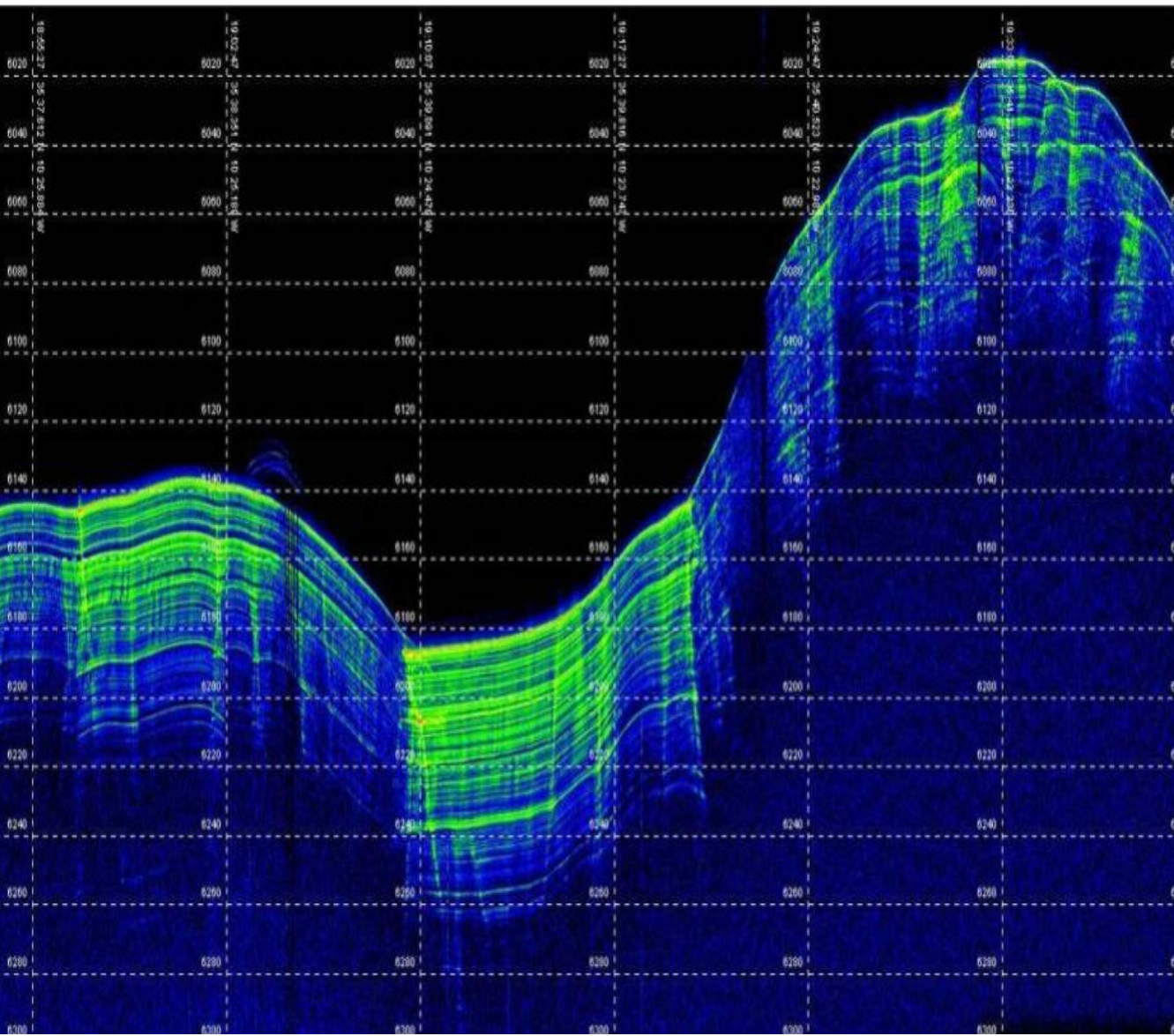


目前国内外装备较多的几型中深水浅地层剖面仪如下：

- Kongsberg TOPAS 18系列
- Kongsberg SBP系列
- ATLAS PARASOUND P70/35系列
- Innomar SES Medium/DEEP系列
- 原Benthos CAP6600
- SyQwest Bath-2010

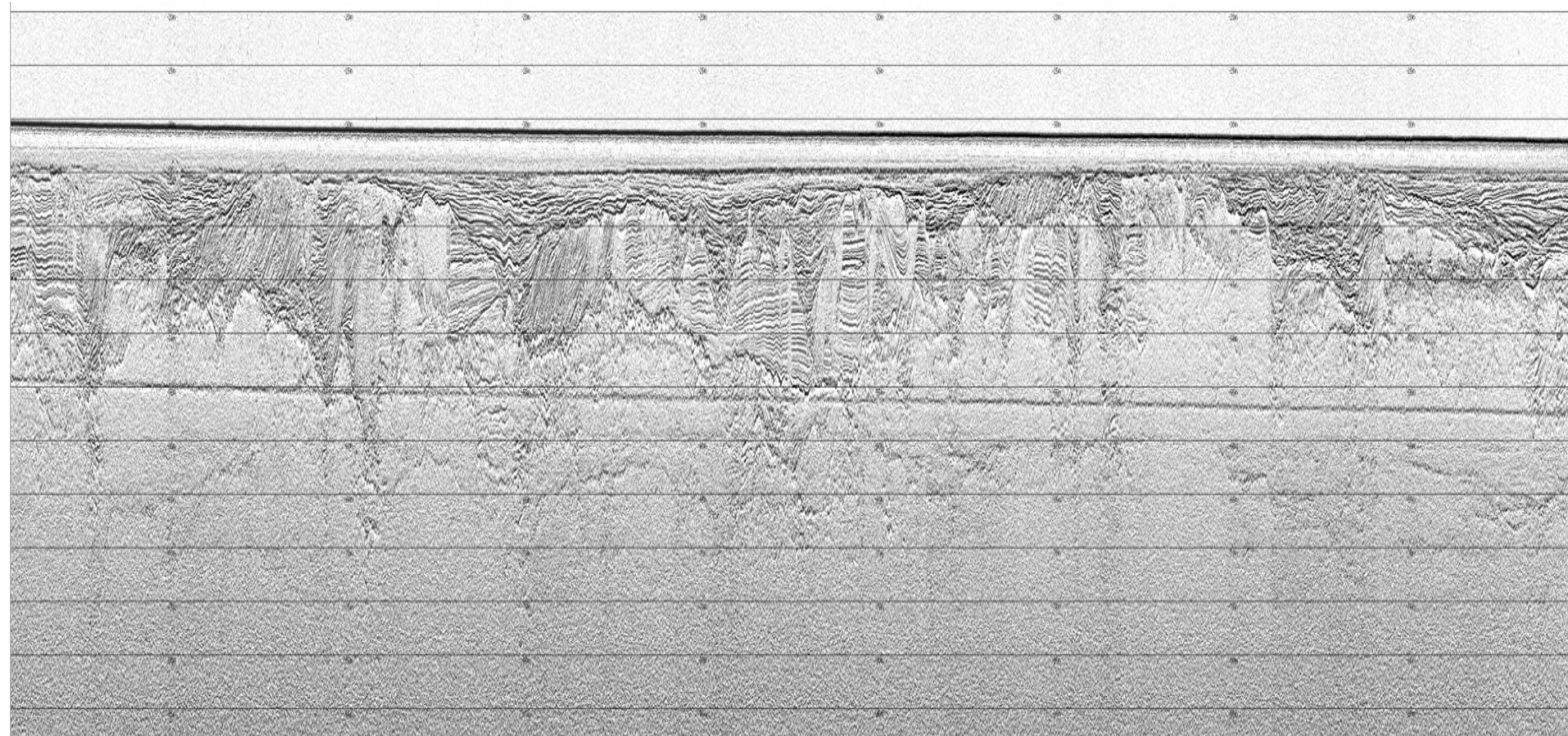


“十四五” 工作计划—国产万米浅剖部分 进口中深水浅地层剖面仪表现



“十四五”工作计划—国产万米浅剖部分

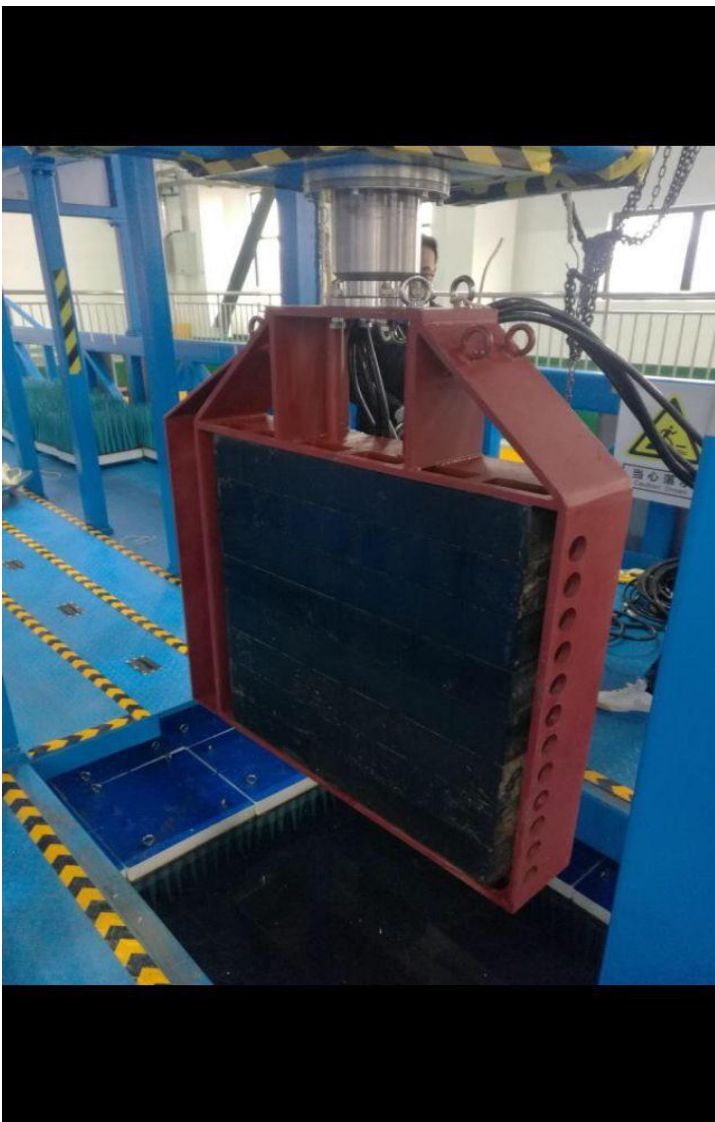
进口中深水浅地层剖面仪表现



“十四五”工作计划—国产万米浅剖部分



- 水池实验在中科院声学研究所东海研究站大水池完成 (30*20*10m)



“十四五”工作计划—国产万米浅剖部分



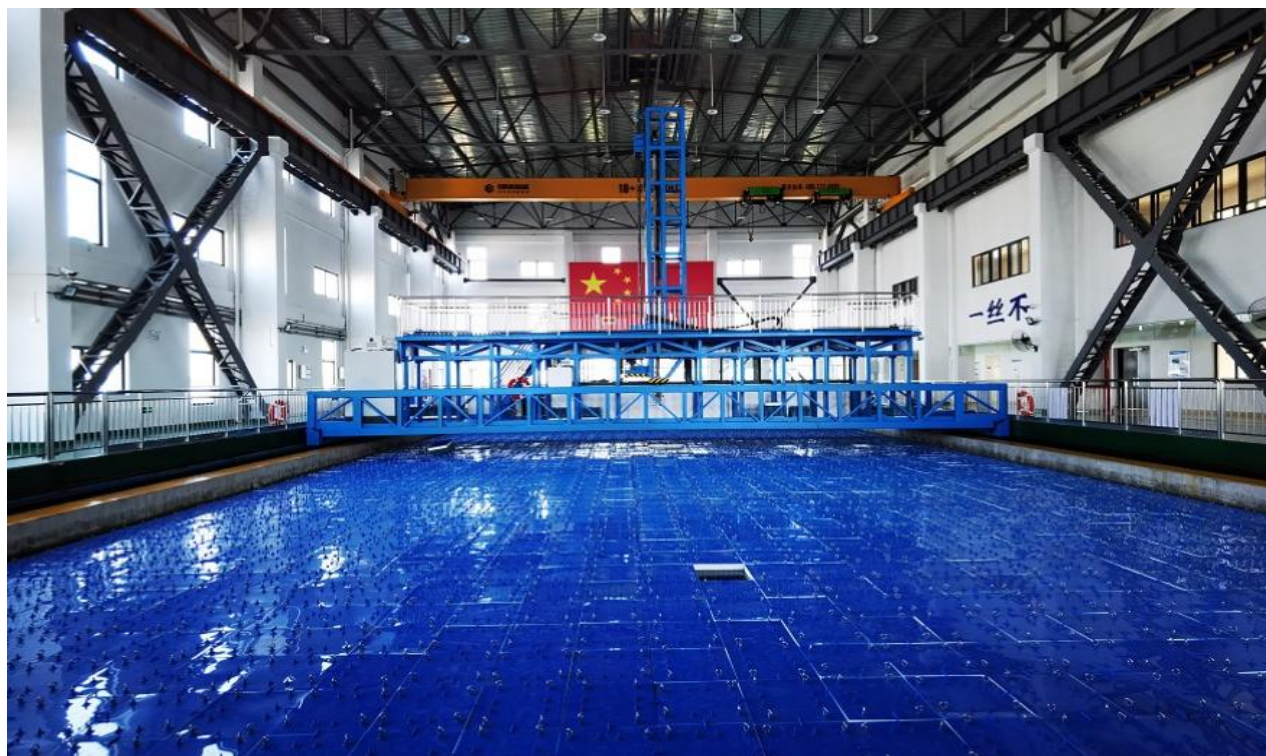
- 使用B&K 8103水听器进行原频声源级测量
间距为20米，实测声源级为243.4dB。
- A)原频频率：15~30KHz（声源级需大于242dB）
- B)输出功率：>34KW
- C)差频频率：1~6KHz（4KHz声源级可达204dB）
- D)差频信号形式：CW，Chirp等可选
- E)信号时长：0.1ms~50ms
- F)地层分辨率：<15cm
- G)最大穿透：150m (受海底底质及噪声情况影响)
- H)发射张角：4.5*4.5度
- I)差频张角：<5.5*5.5度
- J)动态范围：>110dB
- K)相控偏转：40度覆盖 (Pitch,Roll,Heave进行补偿)
- L)作用水深：设计为全海深





国产浅地层剖面仪简介

谢谢大家的宝贵时间，诚恳地邀请各位到上海视察，研讨和交流。



中国科学院声学研究所东海研究站第四研究室

邹彬彬 13916806569