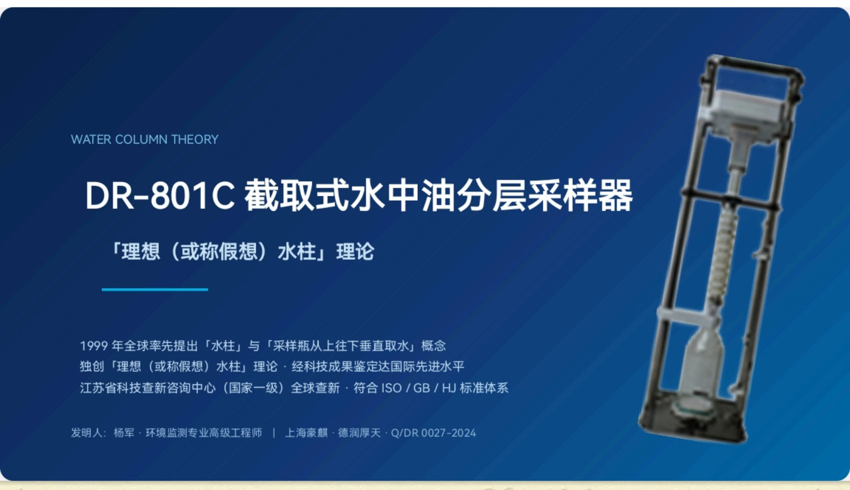


WATER COLUMN THEORY

DR-801C 截取式水中油分层采样器

「理想（或称假想）水柱」理论

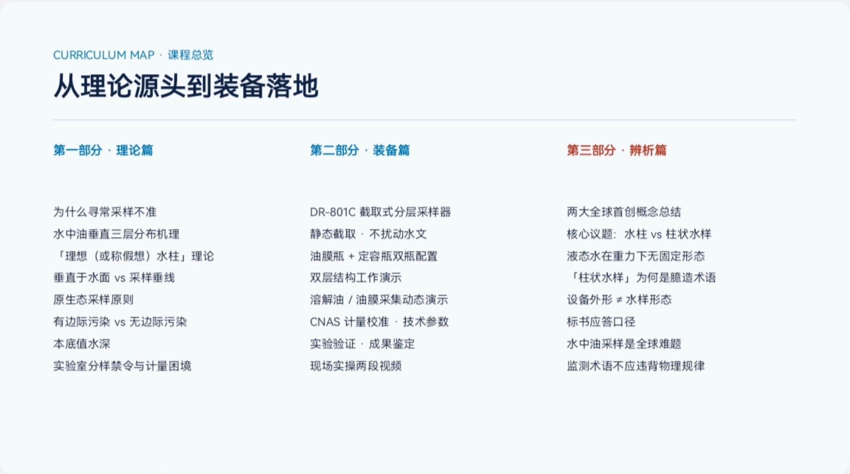
1999 年全球率先提出「水柱」与「采样瓶从上往下垂直取水」概念
独创「理想（或称假想）水柱」理论 · 经科技成果鉴定达国际先进水平
江苏省科技查新咨询中心（国家一级）全球查新 · 符合 ISO / GB / HJ 标准体系

发明人：杨军 · 环境监测专业高级工程师 | 上海豪麒 · 德润厚天 · Q/DR 0027-2024

各位好，今天我们用11讲的篇幅，系统讲清楚水柱理论与DR-801C截取式水中油分层采样器。

这不是一份普通的产品介绍，而是一套从1999年提出、经国家一级查新、科技成果鉴定达国际先进水平的原创理论体系。

从为什么传统采样不准，到水中油的垂直分层机理，再到DR-801C如何静态截取原生态水柱，最后我们会辨析一个关键术语问题——「柱状水样」到底是什么。



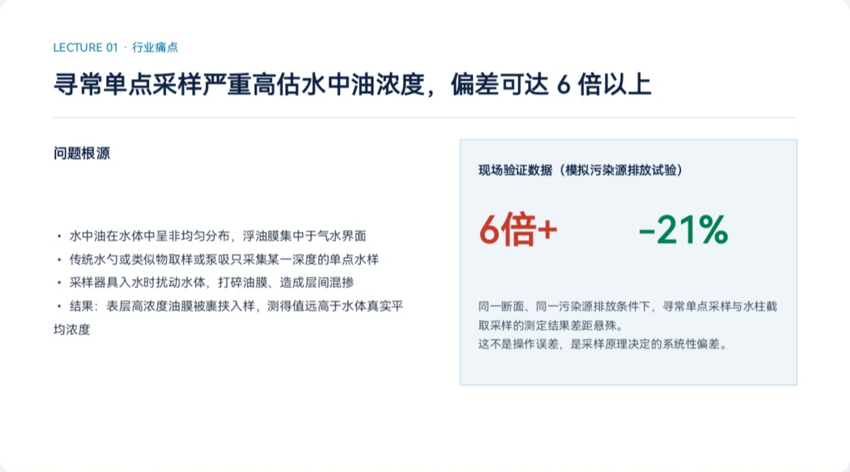
CURRICULUM MAP · 课程总览

从理论源头到装备落地

第一部分 · 理论篇	第二部分 · 装备篇	第三部分 · 辨析篇
为什么寻常采样不准	DR-801C 截取式分层采样器	两大全球首创概念总结
水中油垂直三层分布机理	静态截取 · 不扰动水文	核心议题：水柱 vs 柱状水样
「理想（或称假想）水柱」理论	油膜瓶 + 定容瓶双瓶配置	液态水在重力下无固定形态
垂直于水面 vs 采样垂线	双层结构工作演示	「柱状水样」为何是臆造术语
原生态采样原则	溶解油 / 油膜采集动态演示	设备外形 ≠ 水样形态
有边际污染 vs 无边际污染	CNAS 计量校准 · 技术参数	标书应答口径
本底值水深	实验验证 · 成果鉴定	水中油采样是全球难题
实验室分样禁令与计量困境	现场实操两段视频	监测术语不应违背物理规律

整个课程分三部分。理论篇8讲，建立水柱理论的完整学术体系；装备篇第9讲，落到DR-801C这台设备；辨析篇最后两讲，直面当前标书和标准中的术语问题。

三部分是递进关系：先讲清楚为什么要这样采样，再讲设备怎么实现，最后讲清楚为什么有些现行说法站不住脚。



LECTURE 01 · 行业痛点

寻常单点采样严重高估水中油浓度，偏差可达 6 倍以上

问题根源

- 水中油在水体中呈非均匀分布，浮油膜集中于气水界面
- 传统水勺或类似物取样或泵吸只采集某一深度的单点水样
- 采样器具入水时扰动水体，打碎油膜、造成层间混掺
- 结果：表层高浓度油膜被裹挟入样，测得值远高于水体真实平均浓度

现场验证数据（模拟污染源排放试验）

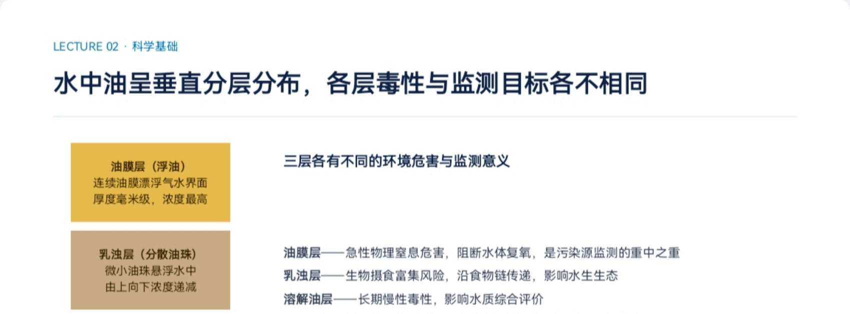
6倍+ -21%

同一断面、同一污染源排放条件下，寻常单点采样与水柱截取采样的测定结果差距悬殊。
这不是操作误差，是采样原理决定的系统性偏差。

第一讲先讲痛点。寻常水中油采样为什么不准？因为水中油根本不是均匀溶解在水里的，它有一层油膜漂在水面上。

你用水勺在某一深度舀一下，器具入水时搅动水体，把表层高浓度油膜混进了样品里。油膜浓度极高，哪怕只裹挟一点点，整瓶水样的读数就被严重拉高。

现场试验数据很直观：传统水勺取样比真实值偏高6倍以上，也就是高估；而DR-801C水柱截取法偏差只有-21%，接近真实值。



LECTURE 02 · 科学基础

水中油呈垂直分层分布，各层毒性与监测目标各不相同

油膜层（浮油）
连续油膜漂浮气水界面
厚度毫米级，浓度最高

乳浊层（分散油珠）
微小油珠悬浮水中
由上向下浓度递减

三层各有不同的环境危害与监测意义

油膜层——急性物理窒息危害，阻断水体复氧，是污染源监测的重中之重
乳浊层——生物摄食富集风险，沿食物链传递，影响水生生态
溶解油层——长期慢性毒性，影响水质综合评价

溶解油层
真溶液状态溶解于水
浓度最低，均匀分布

三层必须分别采集、分别测定，才能完整刻画水中油的真实污染状态。

任何扰动水体的采样方式，都会把三层混在一起，测出来的只是一个虚假的"平均浓度"。

第二讲讲科学基础。水中油在水体里不是均匀分布的，它分三层：最上面是油膜层，漂在水面上，浓度最高；中间是乳浊层，微小油珠悬浮着；最下面是溶解油层。这三层的毒性、监测目标完全不同。你如果搅一下水，三层混在一起，就什么都看不清了。这就是为什么采样必须原生态，不能扰动。

LECTURE 03 · 首创概念（一）

「理想（或称假想）水柱」：开创水体非均匀样本采集计量先河

理论核心

借鉴日本 1958 年工业产品标准设计理念，创造性提出「理想（或称假想）水柱」理论。
将连续水体假想分割为无数垂直柱形单元，完整截取代表性水柱，系统解决了非均匀分布污染物的采集及结果计算问题。

全球查新结论（国家一级）

江苏省科技查新咨询中心 · 1999 年 12 月完成

「理想（或称假想）水柱」概念在国内外文献中未见报道。

关键区别：「水柱」是水体中原位客观存在的垂向水体单元，不是采出来之后的样品外形描述。

第三讲是核心理论。1999年我们提出了「理想（假想）水柱」概念——把连续的水体想象成由无数垂直柱形单元组成，我们截取其中一段完整的水柱来采样。
这个概念当时经国家一级查新，国内外文献都没有报道。它不是说采出来的样品长什么形状，而是说水体本身在垂向上就是分层的、有结构的。

LECTURE 04 · 概念辨析

「垂直于水面」VS 采样「垂线」：一字之差，本质不同

对比项	本理论：垂直于水面	标准提法：采样垂线
本体属性	沿水面法线方向截取的实体水柱，承载油膜-乳浊-溶解三层污染物	一条几何定位直线，只有位置属性，不带任何水体物质
采样动作	自上而下静态截取一整段原生态水柱	仅作为布点定位参考线，在线上某点取水样
计量逻辑	整段水柱包括油膜层、乳浊层、溶解层三层，纵向不均匀分布，须分别采集、分别监测、分别评估	仅定位取水点，无垂向整段计量关系

本质区别：「垂线」只是几何参考线；「垂直于水面截取含油水柱」是沿着这条法线方向，把一段含油的、分层的实体水柱取出来。

第四讲辨析一个容易混淆的概念。标准里说的「采样垂线」，就是一条几何直线，用来定位你在哪个位置采样。

而我们说的「垂直于水面」，不是说画一条线，而是沿着水面的法线方向，把一整段真实的、分层的水体截取出来。一个是空的线，一个是装满水的实体，完全不是一回事。

LECTURE 05 · 原生态采样

采样瓶从上往下垂直取水：静态截取原生态水柱

寻常方式为什么不行

- 从下往上提 / 泵吸 / 水勺灌取
- 器具入水搅动水体
- 打碎表面油膜
- 层间水体互相掺混
- 取样点之外的水被带入
- 样品不再代表原位状态

DR-801C 静态截取方式

油膜采集模式：底盖预先开启，下放至水深 2~5 cm，瓶体继续下降，截取油膜层及乳浊层水柱，完成采样。

溶解油采集模式：底盖关闭，空瓶下水，抵达水深 20~50 cm 后再开启底盖，截取一段含溶解油水柱，随即关闭底盖，完成采集。

全程不搅动水体，锁存原位水柱；如从水体中取出「一块」水样，像取出一块冰一样。

第五讲讲原生态采样原则。寻常方式不管是从下往上提、泵吸还是水勺灌，一入水就搅水，把表层油膜打碎了，三层混在一起。
DR-801C分两种采集模式。油膜模式：底盖先开，下放到水深2到5厘米，瓶体继续下降，把油膜层和乳浊层一起截进瓶里。溶解油模式：空瓶先下到20到50厘米，再开底盖，截取一段含溶解油的水柱，然后关底盖。两种模式都不搅动水体，把一整段原封不动的水柱封在瓶子里，就像从冰里切一块冰出来一样。

LECTURE 06 · 计量公式

全层水柱油浓度计算公式

$$\rho=\frac{\frac{10\cdot m}{k\cdot d}+2m_1+2m_2+\ldots 2m_n}{n+1}=\frac{\frac{10\cdot m}{k\cdot d}+2\sum_{i=0}^{n}m_i}{n+1}$$

符号说明

ρ：水中油的质量浓度，*mg/l*;
m：油分仪（或重量法）得出的油的重量（*mg*）；
k：采样瓶系数;
d：取样点水深（本底值水深*cm*）

1993年提出全层水柱概念以及水柱油浓度计算方法雏形，经持续迭代完善，形成本公式。

本公式用于全层水柱油浓度计算，服务于油膜、乳浊、溶解油三层分别采集、分别监测、分别评估。

LECTURE 08 · 计量困境

油类水样全球禁令：不允许在实验室内再分样、二次定容

国标与国际通行准则明确：**油类水样单独采样，整瓶全部用于测定，不允许在实验室内再分样。**

为什么禁止实验室分样?

- 油具有吸附、挂壁、相分离特性
- 移液管、容量瓶适用于均质溶液
- 水中油是非均相体系（含油膜、乳浊相）
- 实验室倾倒、分取、二次定容过程中油相附着容器壁，造成不可控损失
- 水样原始计量关系直接失效

DR-801C 如何从源头解决

- 采样阶段直接锁定确定体积的原生态水柱
- 采样瓶即为计量容器
- 水样采集后不再转移、不分样
- 玻璃瓶直接送实验室萃取
- 从源头规避非均相油相分样损失

第八讲讲一个关键的计量问题。国标其实写得很清楚：油类水样不允许拿回实验室再分样、再定容，必须整瓶测。

为什么？因为油会挂壁。你用移液管、容量瓶去分含油的水样，油就粘在管壁上，损失多少根本控制不了。这是体系本身决定的，不是操作细心能解决的。

DR-801C从源头解决：采样瓶本身就是计量容器，采完直接进实验室萃取，中间不转移、不分样。

LECTURE 09 · 新质环境监测能力建设

德润厚天DR-801C 截取式水中油分层采样器

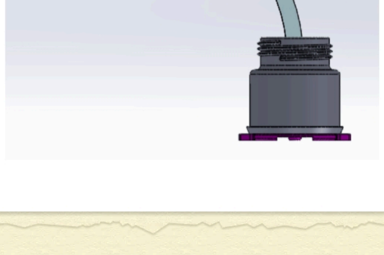
理论在先，装备在后：水柱理论的工程化载体
静态截取 · 不扰动水文 · 原生态分层 · 瓶即计量容器

第九讲落到装备。前面8讲讲了一套理论，这台DR-801C就是这套理论的工程化实现。

它的新质在于：采样机理新（静态截取不扰动）、监测范式新（从混合总量升级为分层定量）、计量理念新（采样瓶即计量容器，不分样不转移）。

动态演示 · 定容瓶双层结构

管道喷涌出水，用溶解油瓶定容瓶下瓶 500 mL，直接装满水样



面对管道喷涌出水，水体扰动充分，油膜、乳浊油、溶解油混合为一体，无分层现象。

定容瓶为双层构造：

- **下瓶**：经过计量的 500 mL 定量容积
- **上瓶**：为后续添加萃取剂，上振荡器震荡，预留空间

操作时关闭底盖，定容瓶下瓶装满水样后拧合上瓶，直接送入实验室萃取。

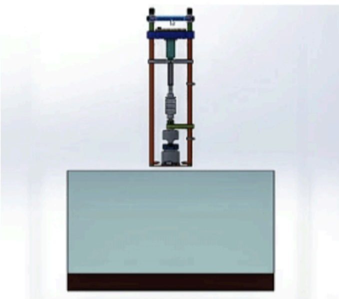
油浓度 = 水样中油总质量 ÷ 500 mL

这页是定容瓶双层结构的动态演示。下瓶是经过计量的500毫升定量容积，上瓶是用来加萃取剂的反应瓶。

为什么要双层？因为采完水样不能转移，直接在上瓶里加萃取剂振荡萃取，整个过程水样不换容器，避免油挂壁损失。

动态演示 · GIF2

溶解油采集：垂直空瓶下放，到达深度后开启底盖截取水柱



操作步骤：

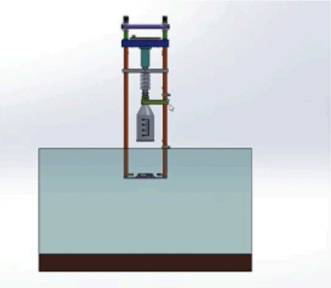
- 采样装置空瓶垂直缓慢下放，底盖保持关闭
- 穿过表层油膜继续下沉
- 到达溶解油深度后开启底盖
- 截取含溶解油的水体段
- 随即封闭底盖，完成溶解油样品原位采集

全程不搅动上层油膜，不混入乳浊层水样。

这页GIF2演示溶解油采集。设备竖着慢慢往下放，底盖开着，穿过油膜层的时候不搅它，一直下到溶解油的深度，然后底盖一关，把那一段水封在瓶子里。
这样你采到的就是纯溶解油层的水样，上面的油膜一点没碰。

动态演示 · GIF3

油膜采集：到达油膜层后密封，完整截取表层油膜与乳浊层



操作步骤：

- 油膜采集瓶垂直缓慢下放，瓶口保持开启，避免扰动表层水体
- **瓶口触水后继续下行，自上而下静态切割水体**
- **截取包含表层油膜层、乳浊层的水柱，到达目标深度密封**
- **原生态保留油类垂向分层原始结构**

油膜瓶容积 0.2~5 L，专门用于采集高浓度油膜样品。

这页GIF3演示油膜采集。油膜瓶专门采集最上面那层油膜和乳浊层。
设备降到水面附近，让油膜自然流进瓶子，不搅不泼，完整把表层那层油膜和下面的乳浊段一起封进去。这样你才能测到最高浓度的那部分油。

05 · 产品概览

德润厚天 DR-801C 截取式水中油分层采样器

静态截取式 · 分层采样 · AI全自动控制

- **定容采样瓶（溶解油层）**：500 mL，容量误差 ≤+5%
- **油膜采集瓶（油膜层、乳浊层）**：0.2~5 L，内径误差≤±5%
- **采集深度**：液面下 200~500 mm；油膜层 10~150 mm
- **操作方式**：AI 全自动控制，24V DC 供电
- **环境适应性**：0~50℃，≤85% RH
- **整机重量**：≤8 kg，便携

双瓶配置

油膜瓶：采集表层油膜 + 乳浊层
容量 0.2~5 L，玻璃材质

定容瓶：采集溶解油层
500 mL 定量容积，双层结构
直接作为实验室萃取瓶

这页是产品概览。DR-801C配两个瓶子：油膜瓶采表层，1到5升；定容瓶采溶解油层，500毫升。整机不到8公斤，AI全自动控制，24伏供电，适合河流湖库排污口现场用。

06 · 核心技术特点

四项核心技术特性，从采样原理到实验室流程全链路优化

01	02	03	04
分层采样	**静态截取**	**瓶即计量容器**	**CNAS 计量校准**
标配油膜采集瓶与定容采样瓶	不泵吸、不搅动水体	采样瓶直接进实验室萃取	采样容器经法定计量院校准
分别采集油膜-乳浊层与溶解层	自上而下垂直进入	无需二次转移	容积与几何尺寸可控
可分层测试、分层毒性评估	原生态保留三层结构	避免油相挂壁损失	符合 JJF(渝)021-2018

核心技术特点四条：分层采样、静态截取、瓶即计量容器、CNAS计量校准。这四条是从采样原理一直贯穿到实验室流程的全链路优化。

计量校准

采样容器计量校准证书（CNAS 认可）

水中油膜、定容采集瓶经河北省计量监督检测研究院校准，符合 JJF(渝)021-2018，容积与几何尺寸计量可控。
采样瓶本身就是经过计量检定的标准容器，从源头上保证水样体积准确。

校准要点：

- 油膜采集瓶容积（0.2~5 L）与内径尺寸均经法定计量院校准
- 定容采样瓶 500 mL 容量误差 ≤+5%
- 依托本底值水深设定，精准控制截取水柱起止深度，实现原生态分层取样
- 计量器具溯源链完整，数据具备法律效力

这页讲计量校准。采样瓶不是随便拿个瓶子，是经过河北省计量监督检测研究院校准的，有CNAS认可证书。瓶子的容积、内径尺寸都是可溯源的，这样你采了多少体积的水样，是有法律效力的，不是估的。

07 · 技术参数

德润厚天DR-801C 技术参数

参数项	规格
采样方式	静态截取式，自上而下垂直水面进入
定容采样瓶	500 mL，容量误差 ≤5%（溶解油层）
油膜采集瓶	0.2~5 L，内径误差 ±5%（油膜层、乳浊层）
采集深度	液面下 200~500 mm；油膜层 10~150 mm
控制方式	AI 全自动控制，24V DC 供电，内置电池
环境适应性	0~50°C，≤85% RH
整机重量	≤8 kg，便携

技术参数一览。核心就是两个瓶子：500毫升定容瓶采溶解油，1到5升油膜瓶采表层。采集深度在液面下300到500毫米，整机不到8公斤。

08 · 实验验证

德润厚天DR-801C 测量值接近理论值，传统水勺取样偏高 6 倍以上

2.78

-21.1%

+623%

试验结论：在模拟污染源排放试验中，已知理论浓度 2.78 mg/L 的条件下：
- DR-801C 水柱截取法测定值相对偏差仅 -21.1%，接近理论真值
- 传统水勺取样测定值相对偏差高达 +623%（即偏高 6 倍以上）

差距来源于采样原理，而非操作精度——这就是水柱理论的实证价值。

实验验证数据。在模拟排放试验中，理论值是2.78毫克每升。DR-801C测出来偏差只有-21%，而传统水勺取样偏差+623%，也就是偏高6倍多。

这个差距不是手巧不巧的问题，是采样原理决定的。水柱截取法采的是整段真实水体，水勺只舀了一个点。

09 · 科技成果鉴定

两位国家级专家一致鉴定：达到国际先进水平

吴忠勇　研究员 / 副总工

中国环境监测总站 · 1999年10月

「选题准确，正中环境监测工作迫切需要，具有重要现实意义。」

「设计思想新颖，『理想水柱』概念的提出是一次采样理论的突破，此项研究科学性强。」

「采样器结构简单，便于操作维护，适用于各种水体，可快速实现产业化。」

「比现行办法更接近真实性，提高了油类监测数据的代表性和可靠性。」

综合评价：达到国际先进水平。

王晞雯　高级工程师

国家环境保护总局监督管理司监测处 · 1999年10月

「环境水体中油的采样是长期困扰监测难题，油在水体中非均匀分布，采样代表性差。」

「本项目基于『理想水柱』假设，通过静态截取开展实验，取得有依据的测试数据，在一定程度上解决了采集含油水样品的问题，大大提高了水体中油的分析可靠性。」

「采样器结构简单、易于操作，便于样品运输和分析测试，适用性强，具有一定独到之处。」

1999年10月，马鞍山市科学技术委员会组织专家函审鉴定。两位国家级专家分别是中国环境监测总站吴忠勇研究员和国家环境保护总局监督管理司监测处王晞雯高工。

吴忠勇评价：选题准确，理想水柱概念是采样理论的突破，比现行办法更接近真实性，综合评价达到国际先进水平。

王晞雯评价：油在水体中非均匀分布，采样代表性差是长期难题；本项目基于理想水柱假设，静态截取取得有依据的测试数据，大大提高了油分析可靠性，采样器适用性强。

09 · 标准与应用

标准合规 · 覆盖工业污水、地表水到海洋全场景监测

执行与符合标准

适用场景

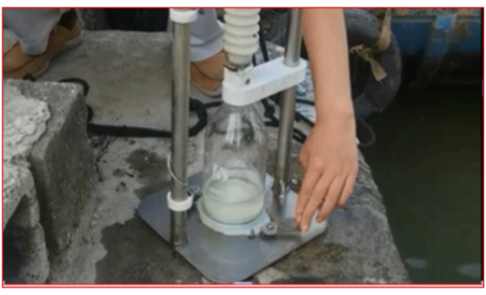
- **企业标准：** Q/DR 0027-2024
- **国际标准：** ISO
- **国家标准：** GB
- **行业标准：** HJ
- **分析方法：** 《水和废水监测分析方法》第四版增补版

- 河流断面油污染监测
- 湖库油膜应急监测
- 排污口水中油排放监控
- 近岸海域石油类监测
- 水环境质量考核断面
- 溢油事故应急溯源

标准合规方面，执行企业标准Q/DR 0027-2024，符合ISO、GB、HJ体系，分析方法按《水和废水监测分析方法》。场景覆盖从河流、湖库到排污口、近海。

现场实操 · 视频 1

船厂街河道油膜采集实操



操作要点

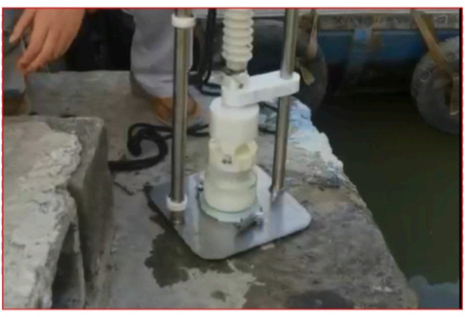
- 基于「理想（或称假想）水柱」理论，DR-801C自上而下垂直进入河道水体
- 静态截取含油膜层完整水柱，不扰动表层油膜
- 采样瓶直接作为实验室萃取瓶，无需二次转移

视频网盘https://pan.baidu.com/s/19XFcCM8nSYqtFA3yxnibRw
提取码：qgzs

这页是现场实操视频——船厂街河道油膜采集。完整视频存在百度网盘，现场设备垂直下放到河道里，静态截取含油膜的水柱。

现场实操 · 视频 2

船厂街溶解油定容采集实操演示



操作要点

- 设备垂直下放，底盖保持开启
- 穿过油膜层至溶解油深度
- 到达深度后封闭底盖，截取溶解油段
- 全程不搅动上层油膜

视频网盘：https://pan.baidu.com/s/1ZDuxfTQJOzf3xXNqegsZlw
提取码：jc8t

这页是第二段现场实操视频——溶解油采集演示。设备下放穿过油膜层，到溶解油深度后盖底盖。

总结 · 两大全球首创概念

开创水体非均匀样本采集计量先河

概念一 · 「水柱」

独创「理想（或称假想）水柱」理论
借鉴日本 1958 年工业产品标准设计理念
系统解决非均匀污染物采集与计算

国家一级查新：国内外文献未见报道

概念二 · 从上往下垂直取水

采样瓶从上往下垂直进入水体
静态截取原生态水柱，不扰动水文
油膜-乳浊-溶解三层互不混掺

科技成果鉴定：达国际先进水平

总结一下，两大全球首创概念：一是水柱理论本身，二是从上往下垂直取水的采样方式。前者是理论突破，后者是采样动作突破。两个结合，才有了DR-801C这台设备。

LECTURE 11 · 术语辨析

水柱 与 「柱状水样」概念辨析

理想（或称假想）水柱理论 VS 标书「柱状水样」提法

招标文件常要求「采集柱状水样」——DR-801C 采集的是水柱，仅可采集水体中原位真实存在的理想水柱。

最后一讲，我们直面一个现实问题。现在招标文件里经常出现「采集柱状水样」这个说法。我先明确答复：DR-801C不能满足这个要求，因为我们采的是理想水柱，不是什么「柱状水样」。

LECTURE 11 · 物理层面辨析

液态水在地球引力环境下不存在「柱状水样」

1. **固体才有固定几何形态，液态水没有。**冰是固态 H2O，可以形成冰溜子、冰棒；但液态水在地表重力下无法独立维持柱体形态。一锅鸡汤是什么形状？不能叫「锅形水」。
2. **类比**：固态 CO_2 叫干冰，可以取出一块干冰；但不能取出一块「二氧化碳气体」。气相色谱有「气体柱」（色谱填料柱），不等于存在「柱状气体」。
3. **唯一例外**：外太空失重环境下确实存在悬浮水柱，但那不属于地表水监测场景。
4. **标书矛盾**：招标文件写「采集柱状水样」，却未定义水柱长度、截面尺寸；部分解释混淆「采样器筒体是圆柱形」和「被采集水样是柱状」。监测输出指标是 mg/L 浓度，与设备外壳几何外形无关。

「柱状水样」属于臆造术语，缺少前置学术研究与物理依据。

为什么说「柱状水样」这个提法是错误的？因为液体在地球重力下根本没有固定形状。你可以拿一块冰，但你不能拿一块水。
标书里写采集柱状水样，却不说多粗多长，后来有人解释说就是采样器是圆柱形的——这就混淆了设备外形和水样本身。监测结果是毫克每升浓度，跟设备是圆的还是方的有什么关系？

LECTURE 11 · 核心区分与应答口径

理想（或称假想）水柱 VS 「柱状水样」

对比项	理想（或称假想）水柱（本理论）	「柱状水样」（标书术语）
本体属性	水体中原位客观存在的垂向水体单元，含三层油结构	臆造，重力下液态水不存在该形态
采样方式	自上而下垂直水面静态截取，不扰动水文	无对应可行采样机理，混淆设备外形
计量逻辑	完整保留三层，建立分层计量关系	无配套计量规则，术语模糊
标书应答	DR-801C：**采集理想（或称假想）水柱原生态水样**	**无法采集「柱状水样」**

总结：DR-801C 不是取出具有固体形态的「柱状水」；如同从冰块中切取一块冰一样，我们从连续水环境中静态截取“一块”原位水体（理想（或称假想）水柱），完整保留垂向分层，用于水中油分层计量。水中油采样属于全球技术难题，监测术语不应违背基础物理客观规律。

豆包工作 AI 生成

最后一页对比表。理想水柱是水体里真实存在的垂向单元，有三层结构，有计量逻辑；柱状水样是臆造的，液态水在重力下根本保持不了那个形状。
标书应答口径很明确：DR-801C采的是理想水柱原生态水样，不采什么柱状水样。水中油采样是全球难题，不能靠违背物理常识的术语来戏说。

SUMMARY & OUTLOOK

总结与展望

1. 水中油在水体垂直方向分为油膜、乳浊、溶解油三层，寻常采样方式容易扰动水体，带来显著的系统性偏差。
2. **「理想（或称假想）水柱」理论，实现水体原生态垂直水柱静态截取，完整保留水体原本的分层结构。**
3. DR-801C 截取式水中油分层采样器，完成理论工程化落地；采样瓶直接作为计量萃取容器，规避样品转移带来的损失。
4. 持续深耕原生态采样技术，让水中油监测数据还原水体真实情况。

感谢聆听 · 欢迎交流探讨

豆包工作 AI 生成