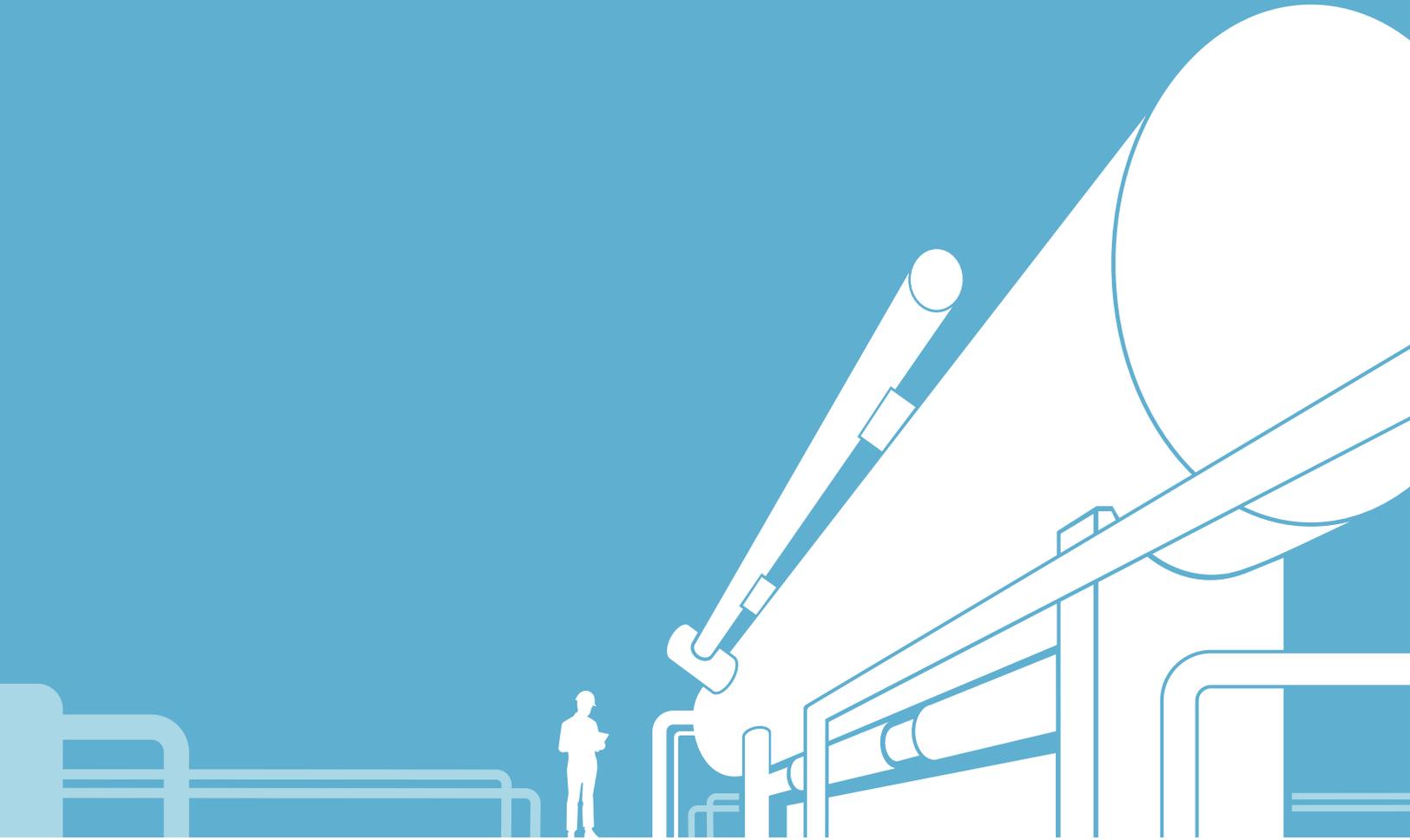


界面工况的应用

实现可靠的界面测量来
优化工艺并延长运行时间



Magnetrol® 液位问题解决方案系列白皮书



界面工况的应用

实现可靠的界面测量来优化工艺并延长运行时间

目标

界面和多液面测量普遍存在于各类石化及油气项目中。虽然能够有效测量液体以及固体的液位测量技术已经有了长远的发展，但是目前仍然没有出现一种完美的测量技术用于多液面测量，这会是现存于今液位测量最大的挑战和机遇。

经验告诉我们，在许多分离器的应用中，通过可靠、最佳的液位测量技术仍然能实现工艺优化并且延长运行时间。

此书的目的是回顾界面测量的难点、现有用于测量界面的技术、实现工艺优化并且延长运行时间的现场经验，以及未来可靠的界面测量。



图1: 不同类型的上游分离器

概述

此白皮书将阐明:

- 界面测量的难点 (乳化层)
- 现有界面测量的技术
- 实现工艺优化并且延长运行时间的现场经验
- 未来可靠的界面测量

界面测量的难点 (乳化层)

在油气及石化工业中，当在同一设备中存在两种无法混合的互不相溶液体时，较轻的介质会升到顶部，较重的介质会沉在底部，中间就会产生界面层。在油气及石化行业中，界面测量的需求正在不断上升。例如在石油生产中，通常会使用水或者蒸汽从油气井中萃取油。油气井中的流体会流至生产用的分离器中，在那里，它会被静置沉淀，随即分离成碳氢化合物这样的主要成分，在水界面层的上部。

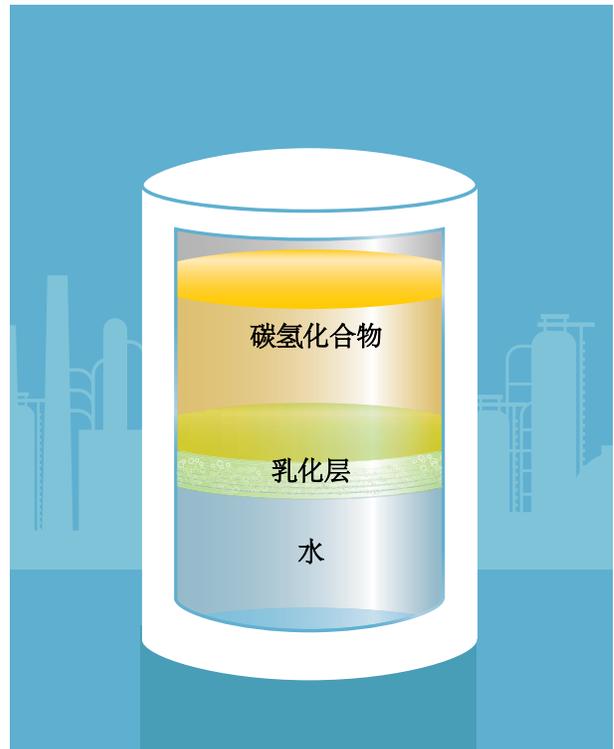


图2: 多种液位通常包括最上层的碳氢化合物, 中层的乳浊液 (界面层) 以及地下的水层

界面可以在液体与固体、液体与泡沫、液体和气体中形成; 但这里强调的重点是液-液界面 (通常有气相在上层较轻的液体之上)。互不相溶液体相接的边缘会有一个界面层, 这里会历经部分乳化的过程。这个乳化层 (也被描述为界面层) 可能很稀薄, 有明显的边界, 但更通常它的边界是混合液体的渐变层。一般而言, 越厚的乳化层意味着越大的测量挑战。

当检测顶部或总液位时，至关重要是安全和防溢出保护，同时了解界面的变化也是保证产品质量和高效运营的必要因素。如果由于水没有被有效的分离出来导致油中含有水，这将会导致生产问题，设备失效和计划之外的停车。如果水中有油的成分（油的萃取物），这会导致产品损失，环境罚款和强制性停车。

在所有常用的液位开关和变送器中仅有小部分适用于可靠的界面测量。引领界面测量的技术包括导波雷达，基于浮力原理的浮筒计及磁致伸缩，电容式，核磁放射式和热扩散式。理论上，界面工况的技术使用应和其他工况的液位计保持相对一致，为的是让用户熟悉维护。标准化的技术有助于减少培训，安装调试，维护和停机时间。当然所有的这些都有相关的费用支出。

现有界面测量的技术

目前没有任何一种完美、通用的技术用于界面工况。除了考虑可靠性和价格因素，熟悉度经常在决定液位测量方案中扮演重要的角色。在已有的技术中尤为突出，比如像差压和浮筒式产品。

差压法依然是最为广泛使用的液位测量技术，参考2017年3月的自控市场情报报告，有超过40%的仪表用户/被调查者告知，他们更偏爱于使用差压变送器测液位，这达到或超过所有仪表占比的1/3。但是差压法并不适用于界面测量。因为它需要在假设密度和总液位是定值的前提下，进行额外的标定。

利用这类技术测量的界面通常更接近于乳化层的中间，相对于总液位和界面测量，这是一个推断值。乳化层不断变化厚度直接影响密度，并且因此导致巨大的误差。

在所有常用的液位开关和变送器中仅有小部分适用于可靠的界面测量

同样参考这份报告，在所有仪表和工况应用中位列第二的技术是导波雷达，有超25%的受访者认为接近1/3的应用他们推荐使用导波雷达。

导波雷达轻松胜任总液位（潜在防溢罐）的测量而且在界面应用中增强了用户的熟悉度，这使得这项技术能被正确使用同时还减少了培训和移交时间。不可避免地，导波雷达对于界面测量也有限制，但使用抗乳化剂或升高工艺温度都能有助于重油的分离。

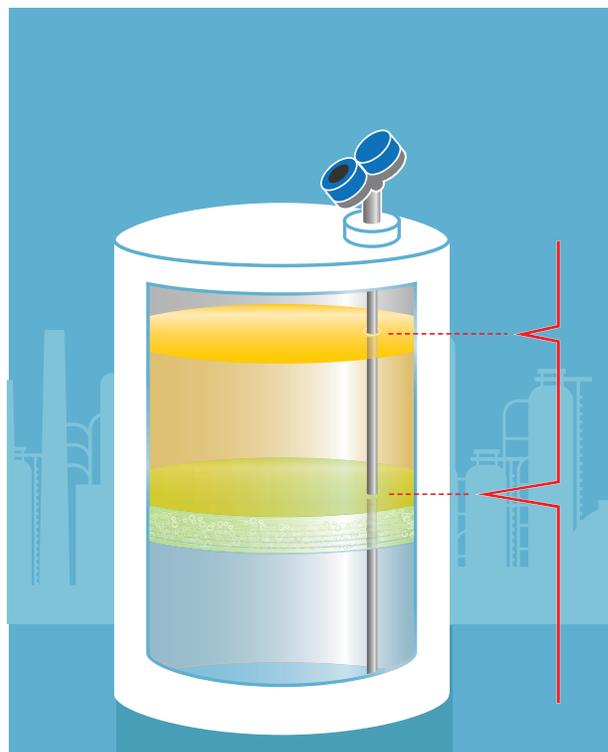


图3：导波雷达沿探杆的反射信号

磁致伸缩也常用于界面测量。它是基于浮力原理进行测量的，因此也有受比重影响的缺点存在，但是在较大及溶胀的乳化层应用中有特殊优势。固体的挂料必须要考虑，例如活动部件中有石蜡或者沥青的附着。

重组分的油可能出现主要误差是因为在探杆或者浮子上出现挂料，这都会增加维护的间隔次数。

其他的界面技术比如（机械式）浮筒和电容式仅被12.6%和8.2%的受访者推荐，分别应用于1/3的工况下。

重质油出现误差是因为在探杆或浮子上出现挂料，这都会增加维护的次数。然而在油气行业，这些技术还是有一定便利性的。

为了便于汇总，下页中的表1中列出了用于界面测量主要技术的优缺点

同样需要被着重指出的是密度和比重的重要性。高比重的原油对乳化层有影响，可以潜在地添加到维护要求里。

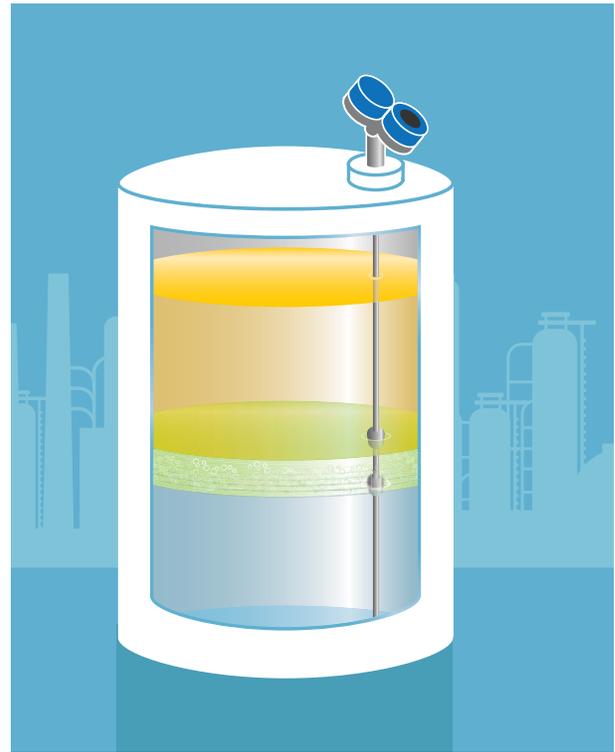


图4：测量乳化层的直插式磁致伸缩变送器

表1 界面测量技术对比

技术	测量方法	优点	限制
导波雷达	<ul style="list-style-type: none"> -可追踪测量顶部液位以及乳化层的顶部 -上层低介电常数，下层高介电常数 -直接液位测量，即便低介电常数的应用，相对于推导式（一些GWR和其他技术） 	<ul style="list-style-type: none"> -无需标定 -不依赖密度 -挂料检测和自诊断 -维护少（没有可动部件） -防溢功能（总液位测量） -各种工况中的知晓度 	<ul style="list-style-type: none"> -厚的乳化层，雷达波到达底部前已消失 -制造商不同的性能例如推导式和底部跟随式 -同轴探杆插入安装的潜在问题
浮筒	<ul style="list-style-type: none"> -追踪乳化层的近似中间层或平均值 -不同种类液体浮力的变化 -可以对上层为高介电常数的界面测量 	<ul style="list-style-type: none"> -过去各种工况中的知晓度 -可以作为开关和变送器 	<ul style="list-style-type: none"> -活动部件的维护 -受限于比重 -只能测给定范围内界面或者液面
磁致伸缩	<ul style="list-style-type: none"> -基于浮力原理，被称重的浮子用于不同液位和特定的乳化底部 -可以对上层为高介电常数的界面测量 	<ul style="list-style-type: none"> -用多浮子配置测量总液位和乳化层 -厚度大或者溶胀的乳化层 -没有标定要求 	<ul style="list-style-type: none"> -活动部件需要维护，特别是介质易挂料的情况 -受限于比重 -受限于浮子尺寸，最小的分层位置有要求
电容式	<ul style="list-style-type: none"> -测量乳化底层的近似值 -高低介电常数间变化的电容值 	<ul style="list-style-type: none"> -过去界面测量中的知晓度 -没有运动部件维护量少 -可以作为开关和变送器 -价格经济 	<ul style="list-style-type: none"> -需要标定 -比重/介电常数/黏度都会导致性能变化 -其他工况中使用率较少 -探杆上介质挂料的情况
核放射式 (伽玛射线/核辐射)	<ul style="list-style-type: none"> -通过不同比重的核辐射值 -乳化层的轮廓 	<ul style="list-style-type: none"> -推测出乳化层的轮廓包括界面层的厚度 -一些是非接触式 -可以通过接触式设备分出沙子和泡沫的轮廓 	<ul style="list-style-type: none"> -前期采购价格昂贵，外带额外的常规维护和安全上的花费 -设备壁上的物料附着和密度变化会导致误差 -非接触式只能用于较小半径的设备
热扩散式	<ul style="list-style-type: none"> -开关设定点根据标定得来 -两种液体的热传导率 	<ul style="list-style-type: none"> -经济 -较少维护,没有可动部件或插入问题 -可以测泡沫 -追踪乳化层,模拟量输出 	<ul style="list-style-type: none"> -只能做多点开关 -需要标定 -缺少知晓度

以比重为依据来对变送器做对比

图5

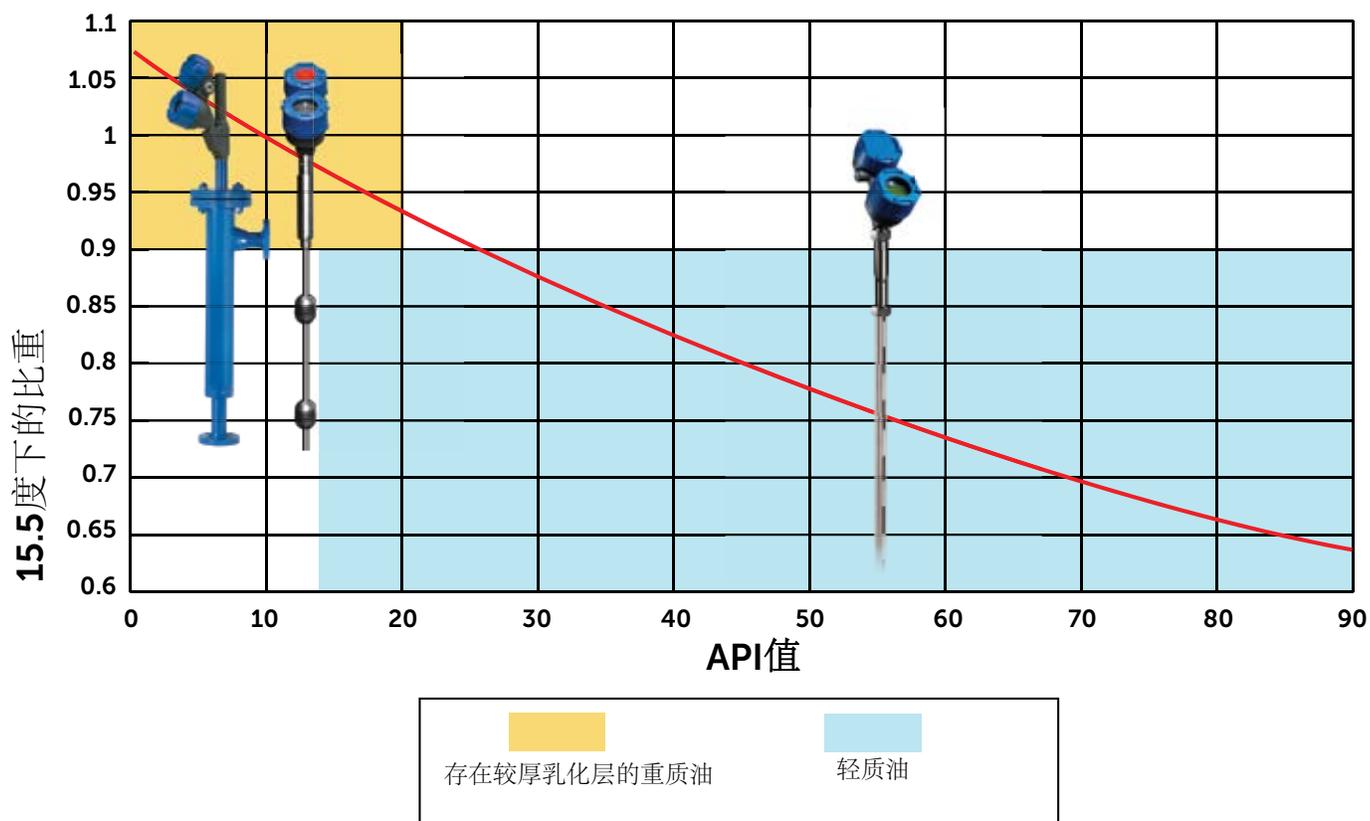


图5: Magnetrol推荐浮力式的技术 (浮筒和磁致伸缩) 用于左侧带较厚乳化层的重质油, 而导波雷达则用于右侧的轻质油。

备注: 请注意这些只是通用的概览, 实际上不同的技术与图表上显示的还是会有一定的差别。想获能匹配的最好的技术应用请咨询Magnetrol。

实现可靠的界面测量来优化工艺并延长运行时间

在油气及石化工业，有许多界面工况可能存在乳化层。拥有可靠的液位测量将有助于优化工艺并延长运行时间。以下应用和研究实例着重指出了液位技术和测量重点所面临的挑战。

应该指出，无论采用何种技术，最佳安装条件都将有助于最大限度地提高设备性能。例如原油从油井中进入分离器，保持一段时间可能是最重要的因素，以获得所需的仪表性能，从而优化工艺。换言之，如果是在一个液体分离器里进料，液位测量装置的最佳安装位置是远离入口（靠近溢流挡板）的地方，这里原油和水的分离更加彻底。抗乳化剂有助于乳化层的分离，当与可靠的界面测量协同工作时，乳化层会减少（估计每吨费用1500~2000美元）。

当检测设备性能被最大化时，可以对乳化层上部液位进行精确控制。乳化层的上部是在油中有水的指征。由于分离器的主要目的是除去油中的水，液位测量可以在离挡板更近或更远，以优化分离效率和静置时间。如果分离器的类型是主要用于顶部有一层薄油的水的存储，精密的界面控制也将更准确地表示容器中水的储量。这也可以改善卡车的利用率，保证从储罐中可抽取出满载的水。

这种理想的安装可能并非总是在改装时实现的。但是理想化的仪表安装位置在分离器设计中是要被考虑的。

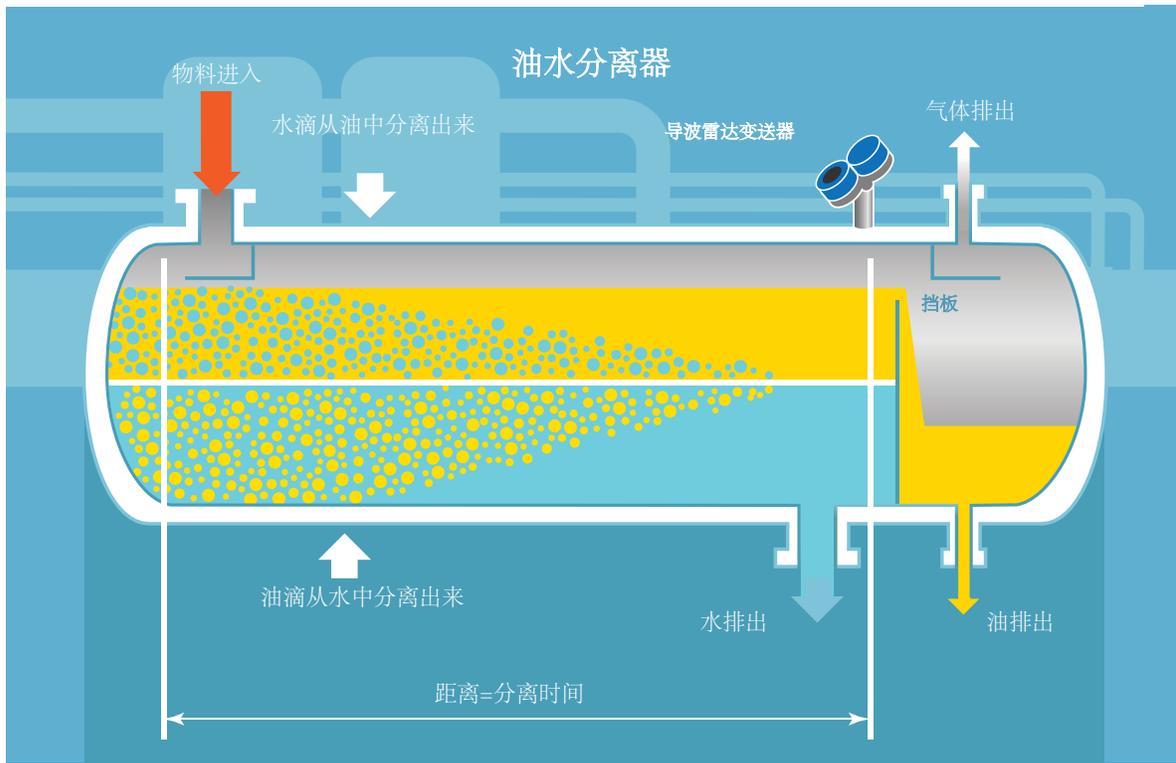


图6：长时静置允许改善分离状态和仪表性能。
备注黑蓝色的导波雷达的安装位置

在测量界面和液位的任何应用中，首要考虑的是在不稳定条件下以及开启关闭时可能发生的情况。

在普通的界面操作过程中大部分装置可以正常工作。然而，在不稳定的工况中也需要满足准确测量的要求：

- 当只存在一种液体（水或者油）
- 当外筒被灌满液体（只有油和水-不存在蒸汽）
- 防溢出的多相油，水，气体

当讨论界面应用的时候，首先想到的是上游油气产业或者勘探生产行业。最初的挑战是井口分离器中分离出残留的烃流。除了这种初步的分离，在盐水处理设备中利用水力压裂技术对非常规油层进行界面测量的影响越来越大。

无论在不稳定工况下还是在开启关闭的工况中最首要考虑哪些应用

这些测界面的挑战存在于中游罐区和储油终端，下游的储罐和炼油厂的脱盐器，甚至石油化工中的骤冷塔急冷水沉降器/急冷水分离容器。

界面应用 案例#1

上游盐水处理设备（SWD） 工况

在SWD设备中，压裂车将盐水和压裂液倒流输送到处理井中。从卡车上卸下的废水直接进入罐区分离器，在罐区分离器中水和残油是自然分离的。另外该设备中的重油最终会到沉淀罐中，形成一个动态的乳化层。在注入废井之前，必须将原油与盐水分离开来。



图7:将卡车卸载到油罐区中，用于盐水/油的储存和分离

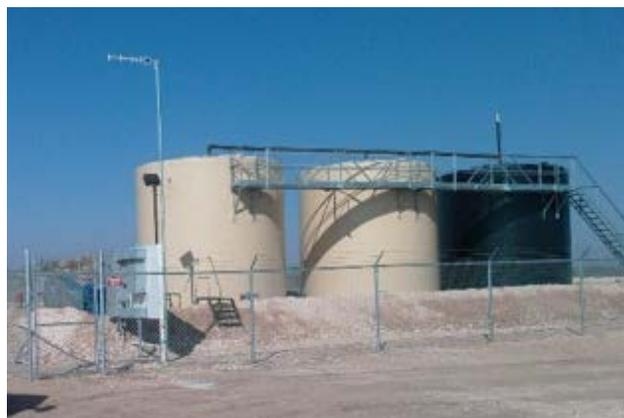


图8: 注水井位置

成本

沉淀罐和任何下游装置的油水分离步骤都是至关重要的。如果油进入了处理井就会损坏或者堵塞油井。这样就会导致返工和停工的成本增加，并且在处理过程中还会增加一定的原料成本。

沉淀罐和任何下游装置的油水分离步骤都是至关重要的。

需要清晰的掌控油罐区每天不明液体（待处理）的存储量以及日产量，以便更好地管理和利用资源。比如被派去偏远地点的卡车需要最大程度的装载。自动化的测井现场变得势在必行。利用仪器仪表通讯协议进行通讯，可加快运行速度从而只需很少的电力就可以快速周转。

除去盐水处理的费用，分离出来的石油还可为公司带来额外的收入。由于注水井本身是多孔的结构，盐水中有余的油都会限制其产能，从而最终导致用高昂的成本对油井进行再加工。

解决方案

经过沉淀罐分离器后，油水乳化层会进入处理单元，上层的油将分离到单独的储罐中。导波雷达变速器706系列可以有效的检测沉淀罐中的油液位以及上层油水乳化层的液位，以确保不同的成分被送到相应的单元中，这样也可以防止不明的液体堵塞下游的处理井。从而降低了化学处理成本。另外，导波雷达变送器或者非接触式雷达还可以用于测量标准的总液位。

界面应用 案例2

分离器组（炼油）

工况

在炼油行业中，重力分离装置组合被广泛应用，比如烷基化装置，加氢处理装置，焦化装置和胺装置等等。在这些卧罐的底部会延伸出一个像“靴子”形状的分装置，这些分离装置中，碳氢化合物和较重密度的液体（比如残留的水，HF酸，乙二醇或者胺液等等）会产生界面。

残余水经常存在于许多炼油厂的应用中，一个炼油厂中的液位应用中大约有**25%**的应用和界面应用有关。底部分离器组是最后一步分离器，可以用来预防特殊液体到达下游工艺。



图9：炼油厂的分离组装备（导波雷达变送器安装在右边蓝色的筒体里面）

成本

无效的界面测量结果可能会导致生产和工艺过程效率降低，更甚者会导致下游设备发生灾难性故障。

如果微量的水颗粒到达下游，可能会导致小维修或者超时清理。但是如果是一部分水没有被分离出来，最终进入了蒸馏塔或者其他高温装置，那么由于热扩散，水会迅速闪蒸，这样过度振动就可能会引起蒸馏塔中的塔板或者其他部件的损坏。而修复蒸馏塔的花费是每小时55万美元，这样会让人们担忧安全性和生产力损失。而且，严重的可能需要好几天才能恢复。

无效的界面测量结果可能会导致生产和工艺过程效率降低，更甚者会导致下游设备发生灾难性故障。

举例：如果HF酸液位不受控，酸液从分离罐中泄漏出并流到下游，则会腐蚀不锈钢管道，阀门，配件以及仪表装置。

在举一个例子，如果烃类工艺液体与残留的水从分离罐中泄漏出来，则会降低水处理的工艺效率。含有碳氢化合物颗粒的废水流可能会导致下游设备问题，比如堵塞滤网或者过滤器。

解决方案

对于底部的分离器组，Eclipse 706系列导波雷达变送器会是一种理想的解决方案。通常结合可视化的磁翻板一起应用。在炼油厂中，可视玻璃和磁翻板被普遍用于日常检查和巡检。

使用Magnetrol的子公司Orion Instruments®设计的Aurora®，用户可以通过一个外筒既有导波雷达又有磁翻板来完成冗余测量。这项设计被用于较小的安装空间和小容器中，比如分离罐。利用同一个过程接口（通常是一组现有的配套法兰）可以使用两种不同的测量技术。

如果乳化层太厚，用户可以将磁致伸缩变送器JM4系列（这个也是Orion工厂的产品）外绑在外筒上。



图10：导波雷达结合磁翻板实现冗余测量

界面测量 案例3

石化中主要装置的化学泄漏 案例

世界上最大的石油天然气石化公司之一，在欧洲占据领军者地位的公司也遇到了很多液位测量的问题，涉及底部水层和蒸汽空间的烃类化合物。

现在使用GWR检测液位，但是由于在装置中并不是整个探杆长度的范围内都能产生可靠的信号，所以很难区分上层液体和底部水层。

因工死亡事故，直接损失有
1百万美元，间接的损失约
为此数值的4倍多

成本

装置中的GWR由于检测不到底部液位从而导致的化学泄漏。这直接影响了人员安全，造成清理费用、罚款、名誉损失等等。这些在严格的环境，健康，安全管控下是绝对不允许的。

根据美国国家安全委员会通过《化学加工》杂志发布的《安全事故》，因工死亡事故，直接成本为100万美元，间接成本约为前者的4倍。

解决方案

在这个案例中，用户仍然很喜欢用GWR，因为在很多设备应用中都有使用GWR的情况。我们对不同的生产商设备进行了并行的测试。

ECLIPSE706系列被证明是最好的应用。即使在底部有水的情况下，也可以检测到设备顶部过程法兰连接处的液位（高于100%液位点）。706系列消除了探杆顶部的所有盲区，允许进行直接测量这样就避免了化学泄漏损失。卓越的信号强度也可以检测到水位下方的烃类。

无论筒体内是否有气相，ECLIPSE 706导波雷达系列可以完全检测满罐液位、界面或者空罐的状态。

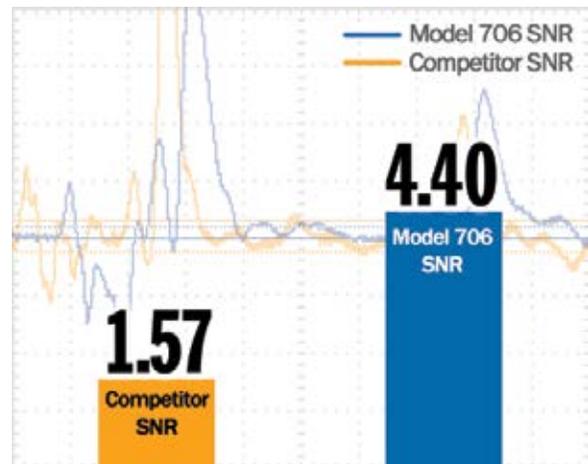


图11: 导波雷达信噪比 (SNR)

界面测量 案例4

石化中的水和苯 案例

德国最大的聚烯烃制造商之一有一种混合了苯和水的罐体。苯是一种芳香烃，是汽油的重油组成部分。由于苯的介电常数非常低（低电导率）导致了测量技术的难点。

GWR液位计安装在罐体一侧的外筒内来检测液位，由于苯的低介电常数属性，会导致GWR在检测探杆顶部液位的时候信号丢失，从而会发生外筒满罐的可能。



图12: 苯和水

成本

除了玻璃板液位计外，GWR是罐体中唯一的液位测量技术。现有的导波雷达信号在一天当中的不同时间段都会出现丢失的情况，甚至包括在午夜，这使得远程无法监控到整个工艺过程，从而引发满罐等潜在安全问题。有时信号会丢失数小时，而重新获取信号的唯一方法就是断开电源重新启动。

信号如果丢失，技术工程师不分白天黑夜要立马派往现场目测罐体液位。

18个月内液位丢失发生了太多次。这由于GWR厂商无法解决与阻抗失配的相关问题，而大大增加了设备的整个运行成本。

**如果信号丢失，要立马派
技术工程师往现场解决，
不分白天黑夜。**

解决方案

由于GWR的信号丢失问题，导致用户考虑用重复性好的浮筒液位计替换GWR。但是请给GWR最后一次机会解决这个问题，就是安装ECLIPSE 706型。

706型其特殊设计的阻抗匹配探杆，表现堪称完美。阻抗匹配允许探杆可以测量超过过程连接或者100%液位测量点的液位。实际上就是可以满罐测量，起到防溢出的作用。

706型解决了信号丢失的问题，减少了维护保养的时间。706型可提供SIL认证的相关文件，比如SIL认证证书以及FMEDA报告。

界面应用 案例#5

石化急冷塔

案例

原料进入乙烯装置，经过乙烯炉(热解)。一旦分裂成各种碳氢化合物和氢气，它会立即开始重新组合成更大的分子。为了防止这些反应，裂解的蒸汽经过急冷塔，使用油或水将其冷却。

最重的碳氢化合物随水一起进入急冷塔或急冷水分离桶(QWSD)。在急冷塔中，如果加入了太多的碱会形成乳化层界面。



图13: 急冷塔

成本

控制急冷塔中界面测量有如下几点：

- 再循环水返回到急冷塔中。携带有烃类物质会降低生产率以及可能会造成设备的污染。
- 随着原料的增加，需要更多的冷却液，这就增加了水再循环的重要性。
- 没有对界面的控制将最终降低急冷塔的运行效率，导致生产率下降。
- 如果急冷塔中液体组分发生反作用，那么原料中生产出来的乙烯也会相应减少。
- 调整界面液位还可以帮助减少腐蚀，从而降低成本。

没有对界面的控制最终将降低急冷塔的运行效率，导致生产率下降。

解决方案

根据乳化层的厚度，可以采用GWR或磁致伸缩原理对急冷塔内的液体分离进行更严格的控制。如果需要严格监控乳化层变化，那么通常推荐GWR，但如果乳化层较厚，则最好使用磁致伸缩液位计，在乳化层底部设计一个浮球。

将来可靠的界面测量

这些领域中已有的经验已经为很多挑战提供了可接受的解决方案。但是在更厚，甚至不断变化的乳化层的应用中生产力还没有得到最大化。这包括炼油厂的脱盐器，以及在特定工况下的上述应用。

现在想象一下未来。。。

- 下游设备需要最小成本维护
- 降低成本和缩短停机时间来实
现生产最大化
- 不要因为缺少安全可靠的仪器
而导致失去安全性和维修时
间。

界面优化的关键是解决乳化层的问题。没有一种经济化的技术可以同时测量3种液位：烃类液位的顶部（总液位），乳化层的顶部（含油的水）以及乳化层底部（含水的油）。这需要多相（或者三相）应用。

其他技术也曾尝试解决多相测量问题，但往往不经济。例如，上游油气多相流量计针对的是三相分离器，根据尺寸的不同，三相分离器的成本约为100万美元，而多相流量计的平均价格超过25万美元。

核技术可以有效的测量乳化层，但是此类采购价格要加上额外的辐射规定以及成本。市场上的另一种选择是不根据液位，根据水浓度的百分比的多探杆式组合。这种探杆组合成本高，需要4个安装点（包括一个上游的分离器）。

发现问题容易，解决问题就不那么简单了。之前提到的GWR的成功，特别是对于极具挑战的工况应用，将来可能会带来增强版的技术。GWR能有效测量界面是因为当信号通过烃层进入乳化层时，会产生阻抗变化。然而，由于碳氢化合物内部不需要大量的水来使其导电，也因此没有明显的阻抗变化通过该乳化层，所以只需要在乳化层顶部附近进行界面测量，而不需要检测乳化层的底部。需要说明的是，对于一些GWR制造商来说，即使是界面相当清晰的基本工况也可能存在问题。在低介电性碳氢化合物(由于信号强度不足)中依靠软件技巧或推断来测量。

解决这种多相工况测量是界面测量的前沿技术发展关键，一旦有效攻克这一难题，就能在油气和石化行业中优化分离器工艺以及提高运行时间。

引用：

1. 《市场情报报告》，《控制》杂志，2017三月号
2. "国家安全委员会的安全事故"化学品，处理杂志,2017年。
3. "模块E -世界多相流量计市场"，流量研究，2012年3月。



CORPORATE HEADQUARTERS

705 Enterprise Street • Aurora , Illinois 60504-8149 • Phone: 630-969-4000 • info@magnetrol.com

magnetrol.com