

VAISALA

化工行业中液体浓度测量 相比密度测量的优点

面向工艺工程师的电子书

www.vaisala.cn



目录

介绍	3	液体浓度和密度测量技术比较	14
用于工艺过程制的液体浓度测量——		将化工行业的挑战转化为机遇	18
常规考虑事项	4	应用案例：接触法制硫酸	21
准确度和重复性	5	应用案例：聚合法制丁腈橡胶 (NBR)	22
长期稳定性	5	应用案例：氯碱工艺	23
安装方式	6	应用案例：装卸操作中的化学品界面检测和产品识别	24
拥有成本和投资回报	6	应用案例：己内酰胺 (C ₆ H ₁₁ NO) 生产工艺	25
什么是在线折光仪？	7	应用案例：硝酸铵生产工艺	26
折光仪如何测量液体浓度	8		
维萨拉 Polaris™ 在线折光仪内部构造	9		
工艺过程可视	10		
什么是密度计？	11		
科里奥利质量流量计	12		
超声波密度计	13		
微波密度计	13		
核密度计	13		

介绍

化工行业是大型制造业之一。它生产的化学品可以用作其他制造业（例如制药和食品行业）的中间体，也可以用于在化工行业的其他分支领域制造下游产品。化工行业使用的原料主要包括水、空气、化石燃料、矿物和金属。

根据其最终用途，化工产品可分为大宗或商品化学品、专用化学品和精细化学品。根据预设的工艺参数制造产品可确保达到高产品质量、高效利用原料和优化生产成本。鉴于生产工艺往往会涉及到危险材料处理，安全是第一要务。

作为能源密集型行业，化工行业正在经历转型。这一转型是由两个需求推动的，一个需求是减碳，另一个需求是寻找在化学工艺过程中节约能源的新方法。

通过采用现代工艺控制工具来优化常见化学品制造工艺，可以大幅节省能源。

本电子书面向工艺工程师、技术经理、仪表工程师以及质控和质保经理，介绍了一系列典型的化工行业工艺，以及作为工艺控制手段的液体和密度测量分析，并在最后总结了有关多种化工应用场景中所采用技术的实际示例。

只要工艺过程中存在液体，就需要对其进行测量。在生产工艺中，液体浓度常常会发生变化，这会直接影响成品的质量以及生产工艺的整体效率和可持续性。因此，液体浓度是控制和调整工艺过程的关键参数，对其进行准确测量能够保障最终产品符合预期。

在选择工艺控制策略时，需要考虑多种相关因素（包括工艺条件、安装方式、环境影响、准确度以及总体拥有成本），这一点非常重要。

有许多不同的过程分析仪表可用于测量液体浓度。本电子书重点比较了工业应用中较常用的两种方法：折射率技术（折光仪）和密度技术（科里奥利、超声波、核辐射和微波）。



A worker in a white hard hat and safety vest stands in an industrial facility at sunset, looking towards a large structure emitting smoke. The scene is filled with industrial pipes, scaffolding, and a bright orange and yellow sky. The worker is in the foreground, seen from behind, looking towards a large industrial structure in the background that is emitting a plume of white smoke. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, suggesting a sunset or sunrise. The overall atmosphere is industrial and dramatic.

工业过程控制中的液体浓度测量的一般注意事项

在选择合适的分析仪表来确保产品质量、工艺安全和整体控制时，必须评估解决方案的资本支出和总体拥有成本，包括工程、安装、校准和维护成本。另外一个需要衡量的重要方面是工艺条件，因为这些条件可能会影响杂质、夹带气体、压力、温度和流量等参数的表现和测量准确度。

准确度和重复性

仪表需要达到多高的准确度？对于预期应用而言，是否需要追溯测量不确定度？或者说良好的重复性比准确度重要？在许多情况下，可以基于实验室标准品测量值等数据现场调整在线仪表。因此，在线测量的重复性和一致性比单纯的准确度更加重要。有关更多详情，请参阅我们的准确度声明。

稳定性

测量漂移的容许范围是多少？多久对传感器进行一次校准或维护才称得上经济实惠？与具有良好准确度但一段时间后无法提供可信读数的测量技术相比，采用长期保持其承诺准确度的测量技术可能会更好。测量准确度能否保持稳定，可能会受到内部漂移机制以及外部误差源的影响。例如，腐蚀和磨损可能会导致某些测量仪表出现漂移。

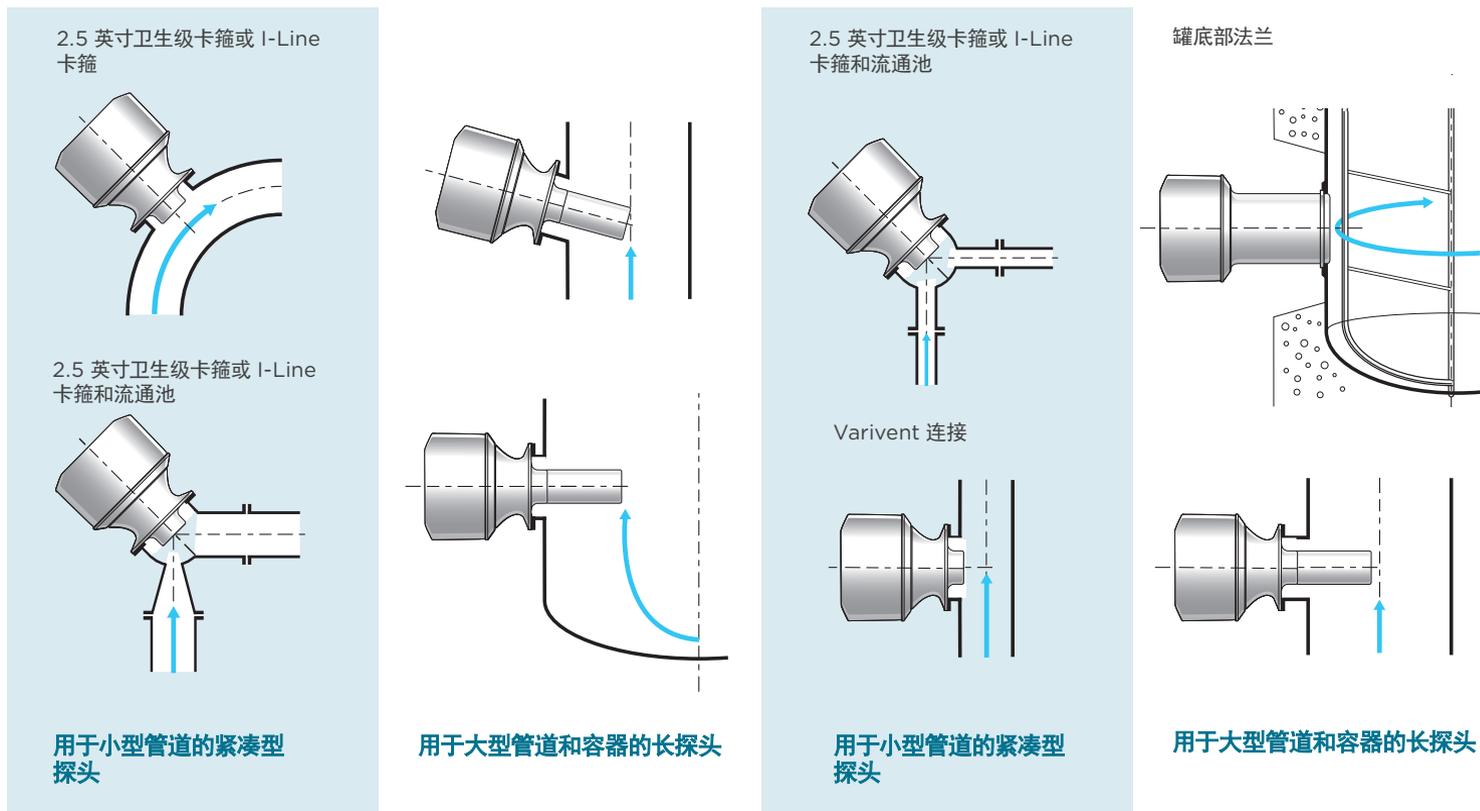


安装方式

您需要在管道还是罐体上测量？仪表应该直接安装在主管道上还是可以安装在分支管道上？有些仪表和测量技术严格要求只能管道安装，甚至对管道的特定方向或规格也有限制；而有些仪表和测量技术则允许更加灵活地选择安装方式，比如可以在不中断工艺过程的情况下从管道中移出仪表。

拥有成本和投资回报

仪表的测量越是准确和稳定，通常成本就越高，但考虑其校准和维护成本也很重要。而且，在许多工业测量应用中，准确稳定的测量性能可以减少原材料或能源的使用、消除产品损失或提高吞吐量或产量，从而节省更多成本。



维萨拉 *Polaris* 在线折光仪的安装方式。

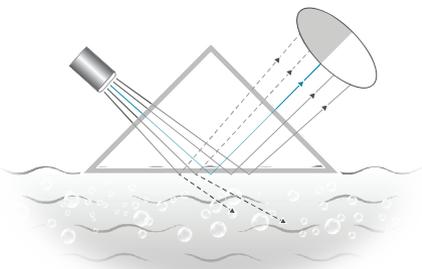


什么是在线折光仪？

在线折光仪依据的是折射率测量的原理，可以高度准确地测量液体中溶解的成分。与手动采样相比，折光仪在线测量避免了溶液污染的风险。

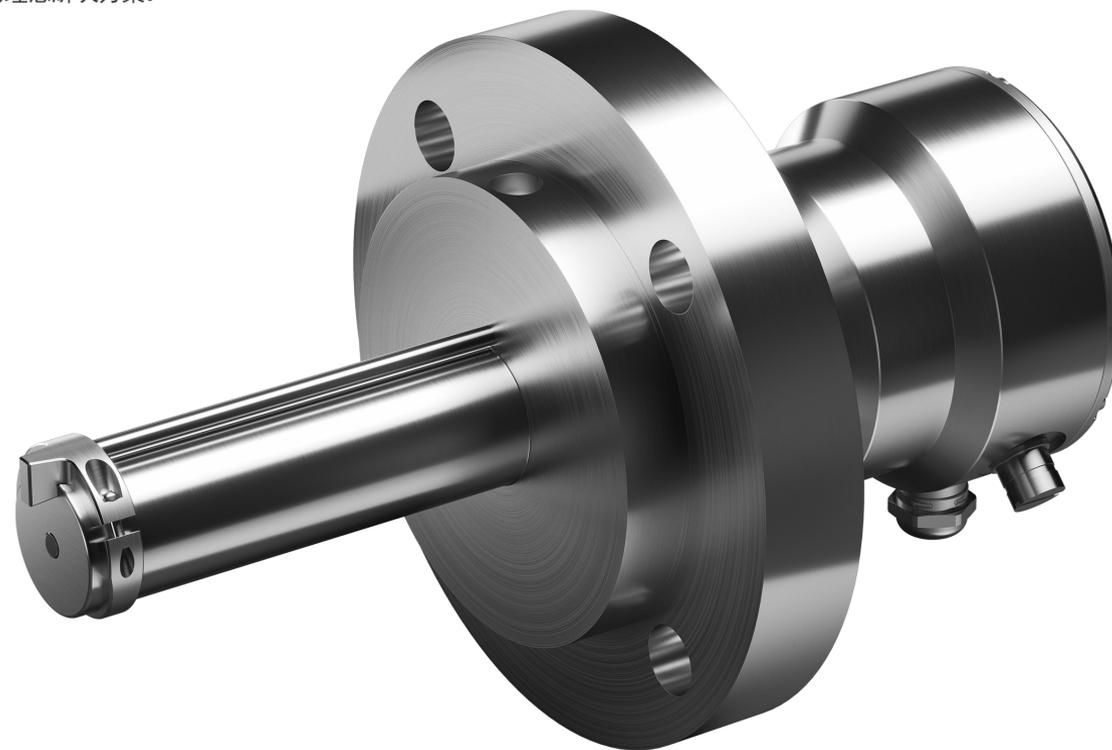
折光仪所依据的测量原理是临界角测量。折光仪主要由三个部件组成：光源、棱镜和图像检测器。光源将不同角度的光线发射到棱镜和液体接触面。小于临界角的光线部分反射到图像检测器上，部分折射到流体介质中。大于临界角的光线会完全反射到检测器上。发生全反射时的入射角称为临界角。

图像检测器可检测到分别对应部分反射和全反射的亮区和暗区。亮区和暗区之间的边界线位置与临界角相关，通过临界角可获得溶液折射率，该折射率与溶液浓度相关。



内置的温度传感器测量流经棱镜表面的液体温度 (T)。传感器将折射率 (nD) 和温度转换为浓度单位。

维萨拉 Polaris 在线折光仪可以输出不同单位的测量值，例如白利度、液体密度和质量百分比。诊断程序可确保测量设备的可靠性。测量是基于临界角完成的，因此不受晶体、颗粒、气泡或液体颜色的影响，是能满足化学品制造需求的理想解决方案。



维萨拉 Polaris PR53GP 探头型在线折光仪

Polaris 原位在线折光仪内部构造

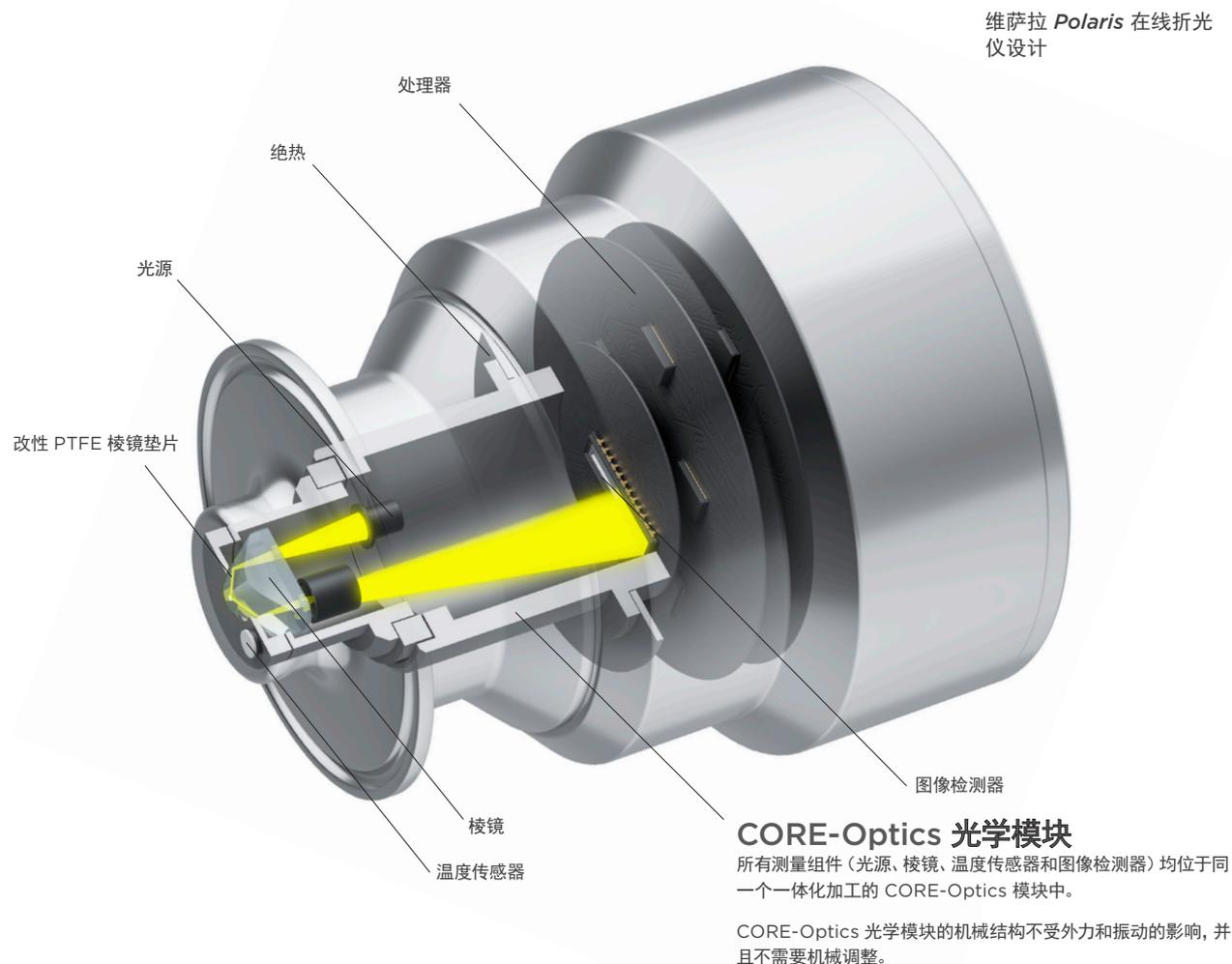
Polaris PR53GP 在线折光仪是一款通用探头型折光仪, 可以测量多种溶液的浓度。它可以直接安装在管道或罐体上, 适用于化工行业中的生产和质量控制。

它具有良好的长期稳定性, 可直接在过程流体中进行长达数年的准确、连续、快速和稳定的浓度测量。原位在线折光仪易于安装, 没有需要定期维护的活动部件。

维萨拉 Polaris PR53GP 含 CORE-Optics 模块, 这个刚性整体测量单元, 由以下主要测量组件组成: 光源、棱镜、温度传感器和图像检测器。由于模块具有机械隔离构造, 以对抗外力影响, 因此测量不受振动干扰。

PR53GP 是维萨拉在线折光仪系列的新生力量。PR53 系列凝聚了 40 年的丰富经验, 是维萨拉新一代的数字在线折光仪。

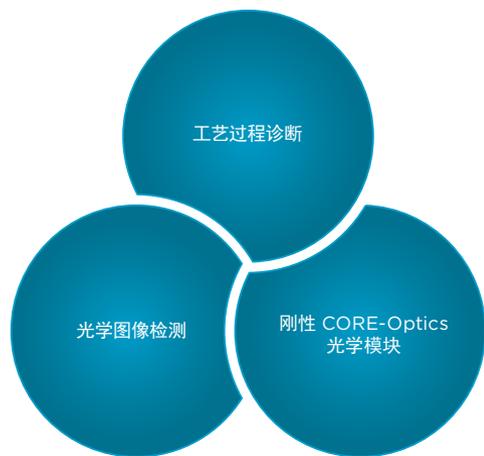
[了解有关 PR53GP 的更多信息](#)



工艺过程可视

在线安装后, 维萨拉 Polaris 在线折光仪可提供远程数据访问和工艺概览。在线折光仪可与维萨拉 Indigo520 数据处理单元搭配使用可提供诸多功能, 例如数据存储、图像接口、模拟和数字接口等。当测量应用或安装位置需要清洗时, 可使用 Indigo520 数据处理单元来控制工艺。可以通过 Indigo520 或通过 USB 通信线缆连接后使用维萨拉软件来更改设置、测量参数或其他服务更新。

Indigo520 数据处理单元上的诊断显示界面可显示光学图像。对原始测量数据和诊断信息进行协同分析, 可以清楚地显示整个工艺过程。例如, 显示屏可以显示管道何时为空管状态。使用此功能可以轻松进行远程工艺过程诊断。



维萨拉 Polaris 在线折光仪的特点





什么是密度计?

密度计可以通过科里奥利、超声波、微波或核辐射等不同的测量技术测定液体密度。这些技术有不同的优缺点。

科里奥利质量流量计

在线科里奥利质量流量计可测量质量流量。该仪表具有内部振荡管，通常为 U 形结构。利用科里奥利效应，振荡管使流经的液体产生扭力。振荡管上的高灵敏度传感器测量该扭力的大小，并根据结果计算质量流量，在有些情况下还将计算液体密度。

科里奥利管可以采用保护涂层，提高对腐蚀性化学品的耐受性。科里奥利质量流量计的一个优点是可以通通过单个仪表测量多个参数，包括质量流速、密度和体积流量。

科里奥利质量流量计的一个缺点是它对液体浓度进行的是间接测量。密度读数会受到介质和气泡的影响，而该仪表通常仅在标称温度下校准浓度方面的测量。

另一个缺点是仪表中的扭力传感器容易受到来自外部（如泵）的振动影响。工艺介质会覆盖、堵塞或腐蚀管壁，从而影响共振性能并导致测量误差。振动管磨损和保护涂层磨损也会导致测量偏移，且保护涂层不耐受低压。此外，大管径和双或三 U 型管配置的仪表成本相对昂贵。



超声波密度计

超声波密度计测量声波在液体中的传播。由于液体密度会影响声速，因此我们可以对超声波密度计进行校准，以指示液体密度。测量探头可以配置为金属叉型，并且可以增加保护涂层，以加强对腐蚀性化学品的耐受性。

液体越浓稠，穿过液体的声波的衰减程度就越高。因此，超声波密度计可在特定的范围内良好运行，通常适用于低密度或固溶物含量低的液体。

虽然超声波密度计相对便宜并且能够垂直或水平安装，但气泡和悬浮颗粒会造成密度计的超声波衰减，从而产生噪音并降低测量准确度。此外，该技术不适用于高浓度的液体。工艺液体中的腐蚀性化学物质或研磨性颗粒会覆盖或腐蚀探头，从而导致测量误差。

微波密度计

微波密度计测量微波在工艺介质中的传播速度。液体的介电常数决定了传播速度。由于（溶解或悬浮）固体的介电常数与水的介电常数不同，因此可以根据速度来计算液体密度。

虽然微波密度计在高浊度和高总固形物含量的高难度应用中有效，但该设备价格昂贵，并且测量会受到介质和气泡的干扰。作为一种液体浓度测量技术，该方法在低浓度液体和细微浓度变化时的测量灵敏度和准确度偏低。此外，介质附着会导致测量偏移。

核辐射密度计

与微波密度计一样，核辐射密度计利用辐射射线在工艺介质中的传播速度来测定液体密度。核辐射密度计的一个优点是无需伸入管道内部进行测量。然而，核设备具有潜在危险性，因此在操作时需要严格遵循安全规范。根据规范监控和处置设备不仅操作复杂而且成本高昂。并且随着时间的推移，其核辐射源的衰变会降低仪表的准确度。





液体浓度和密度测量技术比较

密度和折射率都是用于测量液体浓度和成分的物理参数。密度计可能受到气泡、颗粒、杂质、沉积物、固体、流速变化和湍流的影响。温度变化也会影响密度计，因为它们需要达到热平衡，才能实现准确测量。

密度计测量的前提是假设管道中的液体体积始终相同。

相反，基于折射率的测量，例如使用维萨拉 Polaris 在线折光仪进行测量，避免了这些缺点。气泡、颗粒、杂质、沉积物、固体、流速变化和湍流对测量准确度没有影响。同样，在长期稳定性、仪表校准和校验方面，基于折射率 (RI) 原理的浓度测量设备与密度计进行的比较分析都表明，折光仪的效率和性能与密度计相当甚至优于密度计（参见下一页的性能分析表）。



特点	维萨拉原位在线折光仪的折射率	密度			
		科里奥利	微波	超声波	核辐射
工艺介质					
液体中的气体（气泡）或悬浮固体（颗粒）	无影响，选择性测量液相。	影响溶液的科里奥利扭力，因此影响密度读数。	影响微波传播，因此影响密度读数。	影响超声波传播，因此影响密度读数。	影响核辐射传播，因此影响密度读数。
管壁沉积物	无影响，高流速下可产生自清洁效果。针对恶劣环境提供棱镜清洗选项。	影响共振频率并因此导致偏移。可能会被大量固体颗粒堵塞。	微波传播衰减并因此导致测量偏移。	超声波传播衰减并因此导致测量偏移。	核辐射衰减并因此导致测量偏移。
液体的颜色	无影响	无影响	无影响	无影响	无影响
液体的电导率	无影响	无影响	影响微波传播并因此导致测量误差。	无影响	无影响
工艺运行					
流量变化，湍流	无影响	对流速变化敏感。	无影响	可能会在测量中产生错误。	无影响
温度骤变	需要补偿。内置温度补偿。	需要补偿。温度变化会影响传感器的共振频率，因此会导致误差。	需要补偿。温度和密度成反比。	需要补偿。温度和密度成反比。	需要补偿。温度和密度成反比。
压力骤变	由于采用 CORE-Optics 光学模块设计，因此没有影响。	可能需要压力补偿。	可能会在测量中产生错误。	可能需要压力补偿。	无影响，仪表位于管道外。
振动		振动会对科里奥利力测量产生噪音干扰。	影响很小或没有影响。	振动可能会对声速测量产生噪音干扰。	影响很小或没有影响。

特点	维萨拉原位在线折光仪的折射率	密度			
		科里奥利	微波	超声波	核辐射
仪表特性					
安装	在线安装方式灵活，可直接安装在小型或大型管道、储罐或容器上。	仅限在线安装，并且只能安装在大型管道或储罐的旁路上。	直接安装在管道中。	直接安装在管道或储罐上。	安装于管道四周。无需插入管道。
维护	无需维护	几乎不需要维护	几乎不需要维护	无需维护	需要进行维护和监管。
最高工作温度	150 °C	200 °C	100 °C	120 °C	不受限制
工作压力	最高 40 bar	在低压/真空中，最高 500 bar。 保护涂层可能无法承受真空。	最高 85 bar	最高 250 bar	不受限制
常见液体浓度测量准确度	±0.1%	± 0.1 ... 0.05%	±0.1%	±0.05%	±1%
长期稳定性	良好。采用 CORE-Optics 光学模块设计，避免影响准确度的多种偏移因素干扰。	较差。随着时间的推移，管道沉积物、磨损和其他偏移因素会降低准确度。	一般。微波辐射源和检测器可能会导致漂移，管道沉积物会影响测量。	一般。超声波源和检测器可能会导致漂移，管道沉积物会影响测量。	较差。辐射源衰变会引起漂移。
尺寸和重量	坚固的紧凑型或长探头型号，重量为 1.6 kg 到 2.9 kg。	小尺寸型号仅几 kg（U 型管），大尺寸管道型号重达 300 kg。	最低 6 kg	最低 4 kg	因辐射源、检测器和配件配置而异。从几 kg 到 50 kg 不等，甚至更重。
重新校准	出厂时已校准，无需重新校准。	由于长期稳定性差而需要重新校准。经常需要重新校准，既昂贵又耗时。	如果测量受到管道沉积物、磨损或传感器偏移等因素的影响，则可能需要重新校准。	如果测量受到管道沉积物、磨损或传感器偏移等因素的影响，则可能需要重新校准。	由于辐射源会衰变，因此需要重新校准。
校验	现场校验简单，可根据 ISO 9000 国际标准进行追溯。	传统的校验方法既耗时，又会造成破坏。	难以获取已知的参照标准品。	可以用水进行单点校验。	由于安全原因，难以校验。



将化工行业的挑战转化为机遇

化工行业处理的多种液体在工艺过程中会发生浓度变化。如下例所示，准确测量液体浓度可节省成本。

化工厂收入优化计算示例

如果一家年产 200 万吨 NaOH 的化工厂将其液体浓度测量准确度提高 0.1%，则可以减少 2000 吨产品浪费，这相当于每年总共能节省 70-120 万美元（2000 吨 × 350-600 美元*）。

*每吨氢氧化钠的价格数据来源于 www.made-in-china.com，于 2022 年 3 月 10 日访问。

阅读[应用说明](#)，了解氯碱工艺。



为了确保产品质量，对原料和成品都应该进行液体浓度测量。

保持合适的浓度值，可确保始终如一地生产质量符合要求的产品，同时减少浪费并增加收入。

维萨拉 Polaris 原位在线折光仪是化学工艺过程浓度测量的理想解决方案，因为它可耐受高达 200 °C 的高温 and 高达 40 bar 的压力，并可通过其远程诊断功能实现对工艺过程的远程控制和调节。这款折光仪不会因振动而产生漂移。在大多数应用中，不需要定期清洁棱镜，但如果应用中的化学品可能导致棱镜附着，则可以为维萨拉 Polaris 在线折光仪添加内置清洗喷嘴。

已成功应用维萨拉 Polaris 在线折光仪的典型化工行业生产工艺和安装包括：

- 反应器、反应程度和终点判断
- 蒸发
- 溶解罐或容器
- 稀释、搅拌或混合
- 固液萃取
- 吸收器和湿式洗涤塔
- 离子交换
- 蒸馏
- 装卸车操作中产品间界面的界面检测和产品识别
- 质量控制

在这些生产操作中，准确测量和识别相关化学品至关重要，这可以确保理想的产品质量、提高操作安全性、实现成本效益，缩短停机时间并高效利用原料。

液体密度通常是测量液体浓度变化的常用方法。有多种方法可以测量密度。在比较测量解决方案时，务必要考虑工艺过程或环境温度、气泡和杂质对测量的影响。

下面的应用案例说明了在一些典型的化工行业工艺过程中，原位在线折光仪是测量液体浓度的理想解决方案。

维萨拉 Polaris 在线折光仪能够承受恶劣的腐蚀性环境，并提供由特殊接液部件材料制成的组件以及本质安全和危险区域认证。



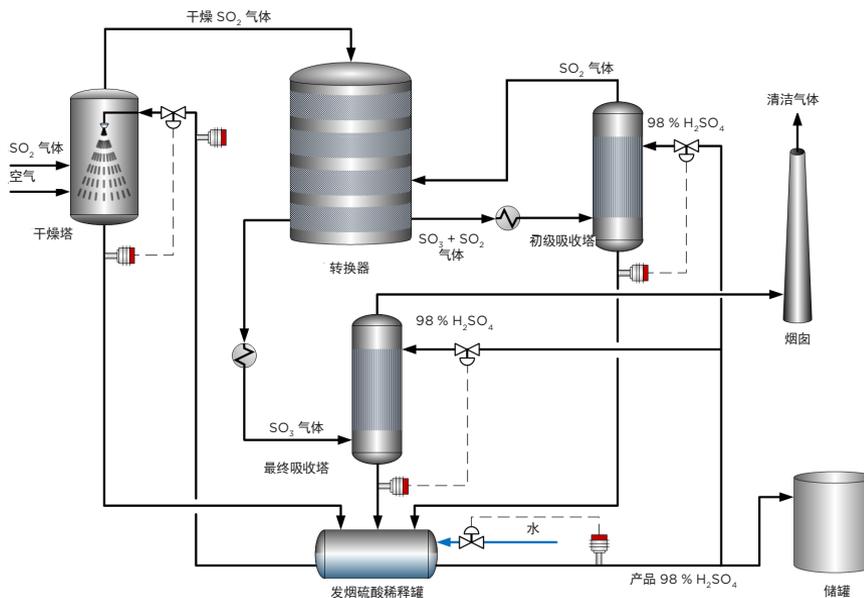
应用案例: 接触法制硫酸

接触法生产硫酸时, 工厂通过燃烧硫磺、酸回收或冶金产生的含硫气体生产工业硫酸 (H_2SO_4) 和发烟硫酸。该过程包括将二氧化硫 (SO_2) 催化氧化为 SO_3 , 以及通过在浓酸中吸收 SO_3 将其水合为 H_2SO_4 。根据吸收工序的数量, 接触法生产工艺分为单接触法和双接触。

[阅读应用说明, 了解接触法硫酸制造工艺。](#)

在发烟硫酸的生产中, 最终产品具有粘性, 温度为 $80\text{ }^\circ\text{C}$, 并且含有小气泡。这是密度计和超声波密度计出现误差的来源。折光仪的测量不受气泡、颜色或流量变化的影响。

硫酸和发烟硫酸	折光仪安装点	测量值
硫酸 (H_2SO_4) 浓度	干燥塔出口处。 初级和最终吸收塔出口处。 发烟硫酸稀释罐后。 控制回路中	在干燥、吸收和稀释步骤中监测和控制酸的浓度, 以确保 H_2SO_4 的浓度恒定在 93、98 或 104% (质量百分比)。 <ul style="list-style-type: none"> 在酸混合或浓缩时测量酸的浓度。 控制进入塔内的循环酸液, 确保其浓度保持在理想范围内, 并提高吸收效果。



图片: 接触法制硫酸

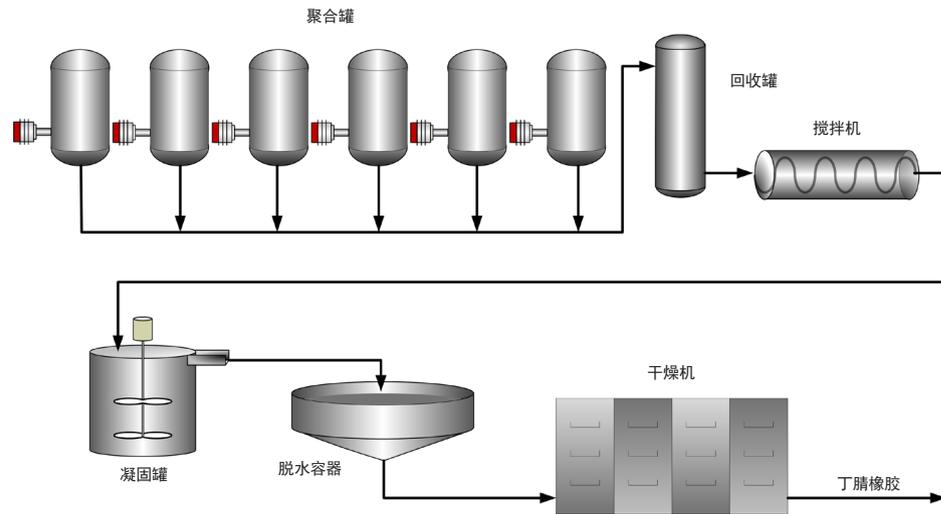
应用案例：聚合法制丁腈橡胶 (NBR)

丁腈橡胶 (NBR) 被认为是合成胶乳等工业和汽车橡胶产品的基石。丁腈橡胶 (NBR) 可在乳液聚合系统中生产。为确保实现所需的产品特性，必须准确监控聚合过程。

折光仪输出信号指示聚合度。每个聚合罐都需要安装折光仪，以准确监测从单体到聚合物的转化率。

阅读[应用说明](#)，了解聚合法制 NBR。

阅读[应用说明](#)，了解如何使用原位在线折光仪控制聚合度。



图片：聚合法制丁腈橡胶

应用案例：氯碱工艺

氯碱是电解氢氧化钠溶液的工业过程。盐水（水中的 NaCl）电解产生氯化物和氢气，以及碱性氢氧化物。

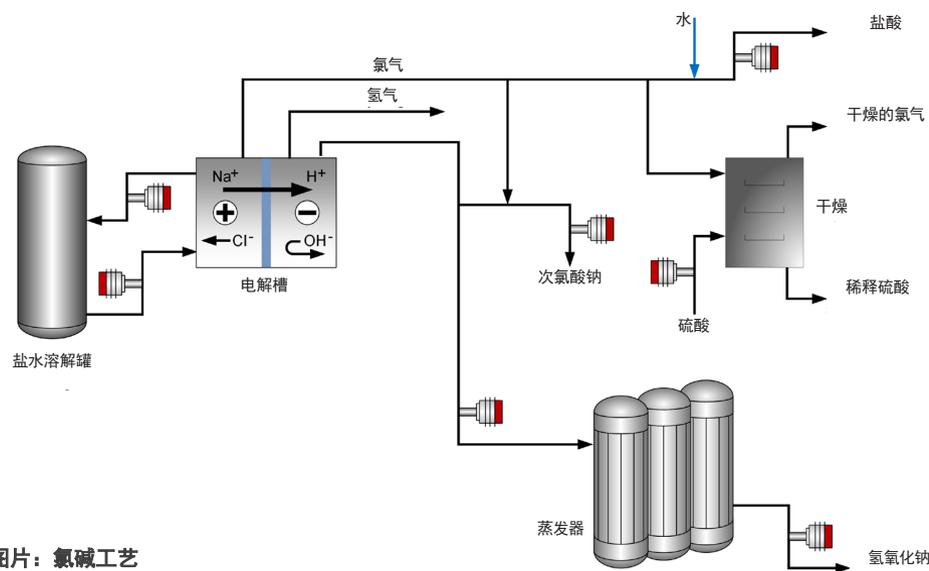
氢氧化钠以 30-40 % 的浓度交付给客户，客户会在使用前进一步用水将其稀释至 14-15% 的浓度。

维萨拉 Polaris 在线折光仪用于测量流入和流出盐水的浓度，通常为 190-320g/l。如果使用密度计进行测量，需要选择较细的振荡管才具有足够的灵敏度，但细振荡道很容易被盐水中的杂质堵塞。虽然维萨拉 Polaris 在线折光仪棱镜上可能会被杂质附着，但它的内置喷嘴可以通过高压水自动清洗。

在氯碱工艺中，主要产物是氢氧化钠 (NaOH)。原位在线折光仪还可用于测量盐酸 (NaCl)、氯化氢 (HCl)、硫酸和次氯酸钠 (NaClO) 的浓度。

维萨拉 Polaris 在线折光仪可承受强碱和高度腐蚀性环境。它是化学腐蚀性溶液和超纯精细化学工艺的理想设备。

氯碱	折光仪安装点	测量值
盐水电解	盐水流入和流出。 电解槽之前，盐水再循环管路中。 干燥机的进料管中。 蒸发器之前和之后。	测量盐水的浓度。 测量以下浓度： <ul style="list-style-type: none"> • 盐酸 (NaCl) • 氯化氢 (HCl) • 硫酸 • 氢氧化钠 (NaOH) • 次氯酸钠 (NaClO)



图片：氯碱工艺

应用案例：装卸操作中的化学品界面和产品识别

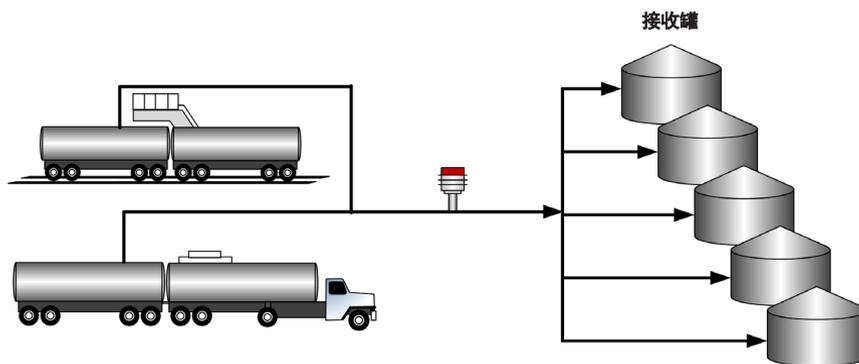
是化工行业中的一个常见应用，涉及液体化学品密闭输送过程中的化学界面检测和识别。从轨道车、轮船或卡车接收或卸载化学品时，务必要将具有相应规格的化学品存储在相应的储罐中。

原位在线折光仪根据其特定折射率识别化学品。

原位在线折光仪提供温度补偿化学识别，在整个测量范围 $n_D = 1.3200 - 1.5300$ 内的准确度 n_D 为 $n_D \pm 0.0002$ ，对应的质量百分比是 0-100%。

阅读[化学品识别和界面检测](#)宣传册，了解维萨拉 Polaris 在线折光仪如何实现高效、准确的化学品界面文档和产品识别。

[阅读全文](#)，了解我们的客户如何借助原位在线折光仪测量实现成本节约、减少产品损失和消除工作场所安全风险。



您知道吗？安装维萨拉 Polaris 在线折光仪进行产品界面检测可将产品浪费减少多达 30%。

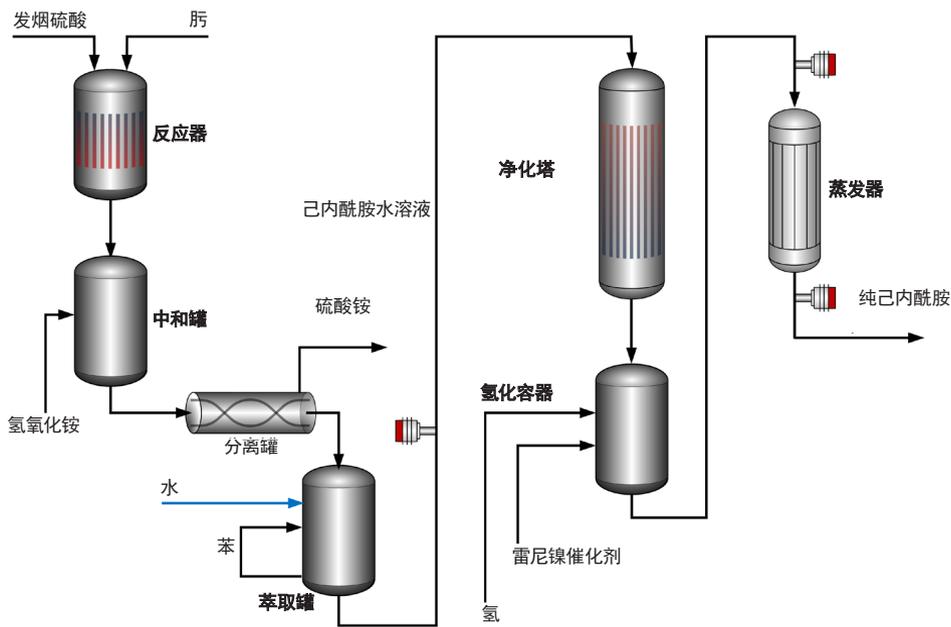
图片：维萨拉 Polaris 在线折光仪装载操作中的化学品界面和产品识别。

应用案例：己内酰胺 (C₆H₁₁NO) 生产工艺

己内酰胺 (C₆H₁₁NO) 是尼龙 6 塑料和纤维工程的原材料。

阅读应用说明, 了解己内酰胺生产工艺。

己内酰胺	折光仪安装点	测量值
己内酰胺水溶液	初次提取后。	控制和保持高效提取。
蒸发工艺控制	蒸发器的出口处。	向控制器提供信号, 以通过改变蒸发器的入口流量来调节浓度值。



图片: 使用原位在线折光仪测量进行优化的己内酰胺生产工艺

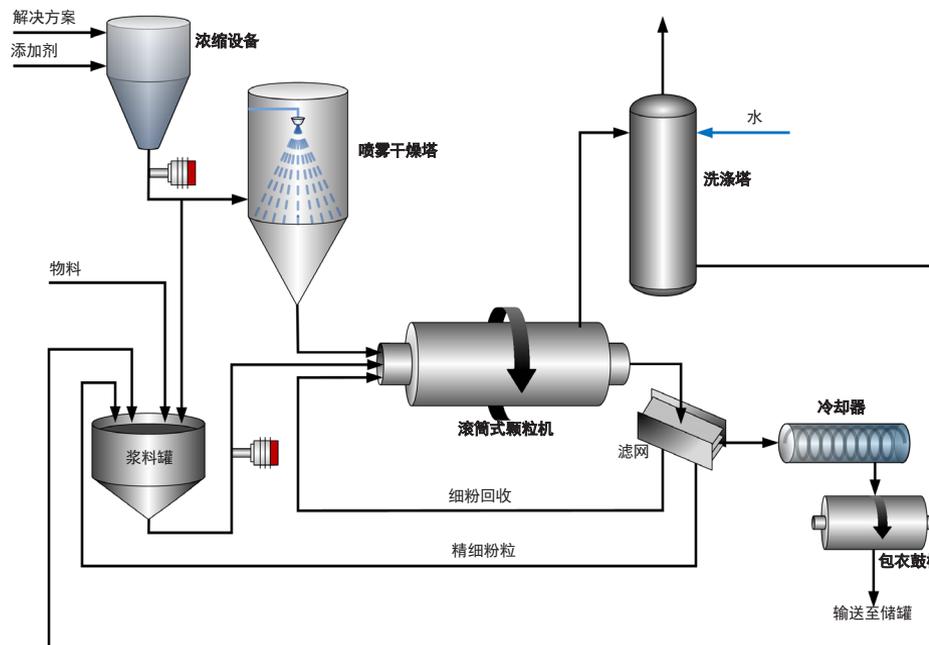
应用案例：硝酸铵生产工艺

硝酸铵 (NH_4NO_3) 是一种由铵离子和硝酸根离子组成的盐。它主要作为农业中的高氮肥料使用。硝酸铵由硝酸与氨反应生成。所得溶液会浓缩至 97.5-98%。

阅读应用说明，了解硝酸铵生产工艺。

维萨拉 Polaris 在线折光仪能够直接测量硝酸铵浓度，并通过 4-20 mA 信号将浓度值发送到控制室。折光仪信号能够提醒操作人员工艺过程中发生的变化，支持他们进行实时过程调整。

硝酸铵	折光仪安装点	测量值
硝酸铵浓度测量	浓缩机出口处。 浆料罐出口处。	该测量值用于控制造粒机形成均匀的颗粒、避免造成物料再加工。 <ul style="list-style-type: none"> NH_4NO_3 溶液浓度为 90-98%，过程温度为 160-180 °C。 NH_4NO_3 溶液浓度为 90-98%，过程温度为 150-160 °C。



图片：使用原位在线折光仪测量进行优化的硝酸铵生产工艺

维萨拉如何为您的测量保驾护航

维萨拉在如何优化化学品生产以提高效率方面拥有丰富的知识。

欢迎阅读我们的应用示例或者直接联系我们，讨论您的工艺过程和测量需求。

联系我们，讨论您的应用
和测量需求。

VAISALA

www.vaisala.cn



扫描代码获取更多信息

B212706ZH-A ©Vaisala 2023

本资料受版权保护，维萨拉及其合作伙伴保留所有版权。保留所有权利。所有徽标和/或产品名称均为维萨拉或其单独合作伙伴的商标。未经维萨拉事先书面同意，严禁以任何形式复制、转让、分发或存储本手册中的信息。所有规格（包括技术规格）如有变更，恕不另行通知。