



## 结晶化检测

- 在线分析技术:
- 饱和度
  - 过饱和
  - 晶体含量
  - 介稳范围
  - 颗粒尺寸

提高质量,

高价值, 创

坚固, 精确



**LiquiSonic®**

质量, 节约资源: **LiquiSonic®**

价值, 创新传感器技术

精确, 用户友好



LiquiSonic®是一个在线分析系统，可以在过程中直接检测液体的浓度，没有任何时间滞后。该设备是基于对声速和温度的精确测量，因此能够监测过程和复杂的反应。

用户收益:

- 通过在线方式实现最佳工厂控制
- 关于工艺状态的信息
- 过程的最大效率
- 提高产品的质量
- 减少实验室测量的成本
- 节省能源和材料成本
- 最佳的过程利用
- 通过专利的 „指纹 „技术，采用可重复的过程管理

使用最新的数字信号处理技术，确保了对绝对声速和浓度的高度精确和故障安全的测量。此外，集成的温度传感器、复杂的传感器设计以及从无数次测量和许多应用中获得的技术诀窍保证了系统的高可靠性和长寿命。

该测量方法的优点是:

- 绝对声速是一个明确的、可追溯的物理值
- 不受颜色、导电性和透明度影响
- 可直接安装在管道以及储罐和容器中
- 坚固的、完全金属化的传感器设计，没有垫圈或移动部件
- 免维护
- 可在高达200°C的温度下使用,通过使用特殊材料实现抗腐蚀
- 即使有高浓度的气泡，也有很高的无漂移测量精度
- 每个控制器最多可以连接四个传感器
- 通过现场总线（Profibus DP, Modbus）、模拟输出、串行或以太网转发测量结果



在线过程分析

## 目录

1	结晶化原理	6
2	工艺	8
3	应用	10
3.1	结晶化参数	11
3.2	饱和度	12
3.3	过饱和	13
3.4	减少过饱和及晶体生长动力	14
3.5	晶体含量	15
4	质量及支持	16

# 1 晶体化原理



声速测量被用来确定结晶参数和控制结晶过程。这种测量方法能够检测出成核点和饱和点，从而检测出可转移范围。

在结晶过程中，可以测量与饱和度的差异（饱和度）、过饱和度或晶体含量，作为影响结晶的控制变量。

当固体物质溶解在液体中时，液体在一定的浓度下是可以吸收的。如果进一步向液体中添加物质，它将不再被溶解，溶液已经饱和，物质仍然保持其固体形式。

溶液的这种“最大”浓度被称为溶解度或饱和浓度。饱和浓度取决于温度。溶液达到饱和时的温度称为饱和温度。如果温度升高，可以溶解更多的物质（负溶解度除外），饱和浓度也会变大。

如果浓度低于饱和浓度，有关溶液称为不饱和溶液。

应用于温度常数：

$$S = \frac{C_{tot} - C_{sat}}{C_{tot}}$$

S = 饱和度

C<sub>tot</sub> = 总浓度

C<sub>sat</sub> = 饱和浓度

如果降低不饱和溶液的温度，可以将许多溶液冷却到低于饱和温度的温度，而不会使固体物质变成结晶。那么该溶液就是过饱和的。如果进一步冷却，在某一温度下会发生自发的晶核或晶体形成，该温度称为晶核温度。

如果再将悬浮液重新加热，晶体就会再次溶解。当达到饱和温度时，所有晶体都被溶解。饱和温度通常比成核温度高。

饱和温度和成核温度之间的过饱和范围被称为介稳范围。

通过在结晶过程中使用LiquiSonic®系统，

- 用户可以得到以下收益：
  - 连续显示低饱和度和高饱和度
  - 通过结晶参数进行过程控制
  - 避免自发成核
- 通过以下方式节约能源：
  - 快速达到所需的成核点
  - 连续确定晶体含量
  - 最佳地接近最终工艺点
- 通过以下方式节省原材料
  - 精确设置所需产品
  - 成核点的可重复性

## 2 工艺





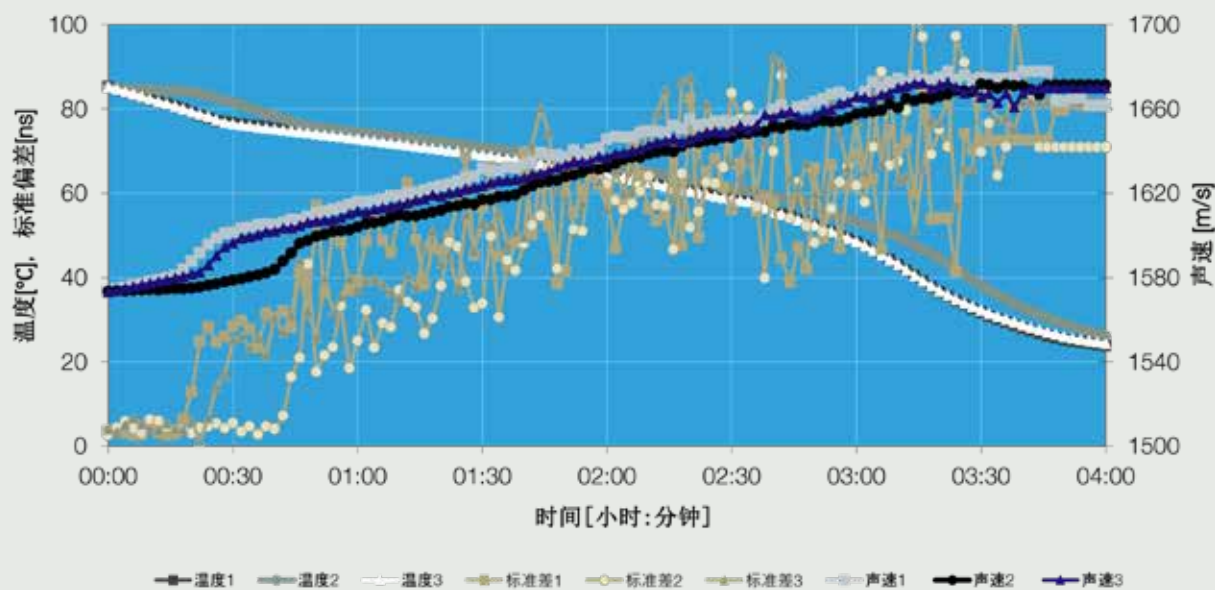
通过LiquiSonic®系统测量声速，可以监测连续和批量工艺的结晶过程。在出现故障或偏离工艺流程的情况下，可以很容易地做出反应以达到所需的产品质量。

通过使用典型的模拟或数字接口，向用户或过程控制提供与理想路线的微小偏差，例如，通过温度控制将结晶引导到理想路线。

下图包括对三种不同工艺流程的评估，涉及温度、声速和标准偏差。

在大多数情况下，通过初步调查，确定特色工艺流程，从而形成最佳的反应过程，从而达到最终产品的要求。这个理想的过程可以作为LiquiSonic® 50中所谓的过程的“指纹”来实现。

### 对声学测量值每秒进行统计评估



### 3 应用



### 3.1 结晶化参数

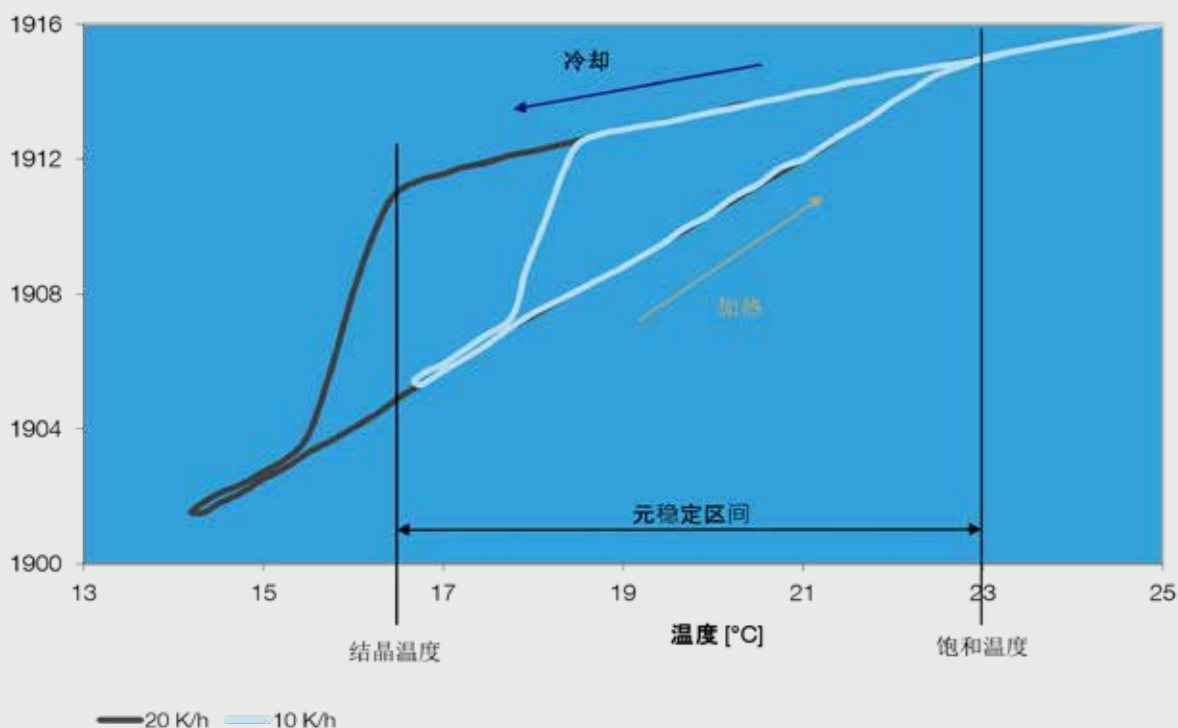
在冷却和加热溶液的过程中测量声速和温度，以确定过程中的相关参数。声波速度作为温度的函数，可以直接确定重要的结晶参数，如饱和温度、成核温度，以及在介稳范围内的位置。下图描述了像42.6wt%的硫酸铵在不同温度下加热和冷却时的结晶特性。

该图提供了对这一效应的解释：如果溶液慢慢冷却，声速会在特定的温度系数下发生变化。从某个温度开始，由于晶体的形成和过饱和度的降低，可以观察到声速的明显变化。相关的温度是成核温度。如果溶液被重新加热，其声速曲线与冷却时得到的不同。两条曲线在饱和温度下再次相遇。

因此，可以通过声速确定可转移范围以及溶解度曲线。可变范围取决于溶液的化学成分和冷却速度。

使用作为温度函数的声速，你可以确定任何所需溶液的可变范围。

浓度为42.6 wt%的硫酸铵的结晶过程



### 3.2 饱和度

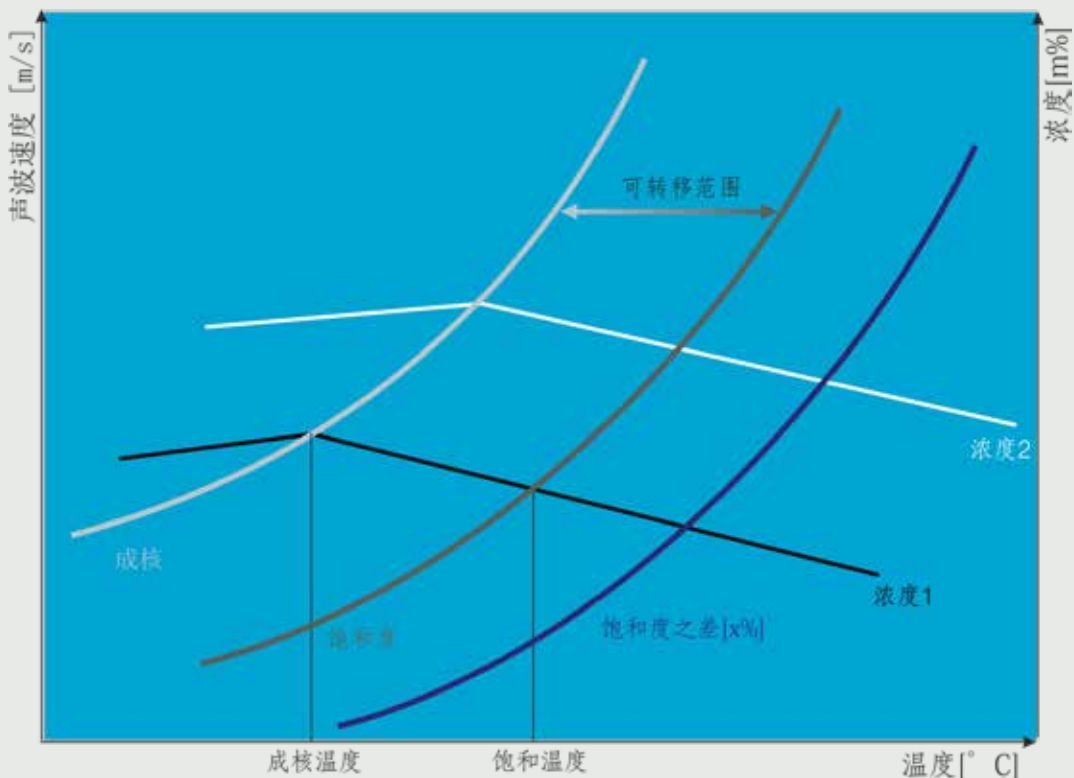
饱和度的在线测量是基于不同温度下的饱和浓度变化。下图显示了一个大型结晶过程的饱和行为典范。

当前的浓度由声速和温度测量确定，并作为饱和度差（饱和度）提供给下游过程控制。通过温度，这个控制变量的作用是将工艺快速推进到饱和阶段，以节省时间和能源。因此，该过程是在初始溶液的浓度变化中单独控制的。

然后，在成核曲线上发生自发的成核。

饱和和成核之间的范围被称为介稳（过饱和）范围。过饱和度是受控成核内完美成核点的指标。

饱和过程取决于浓度、温度和声速



### 3.3 过饱和

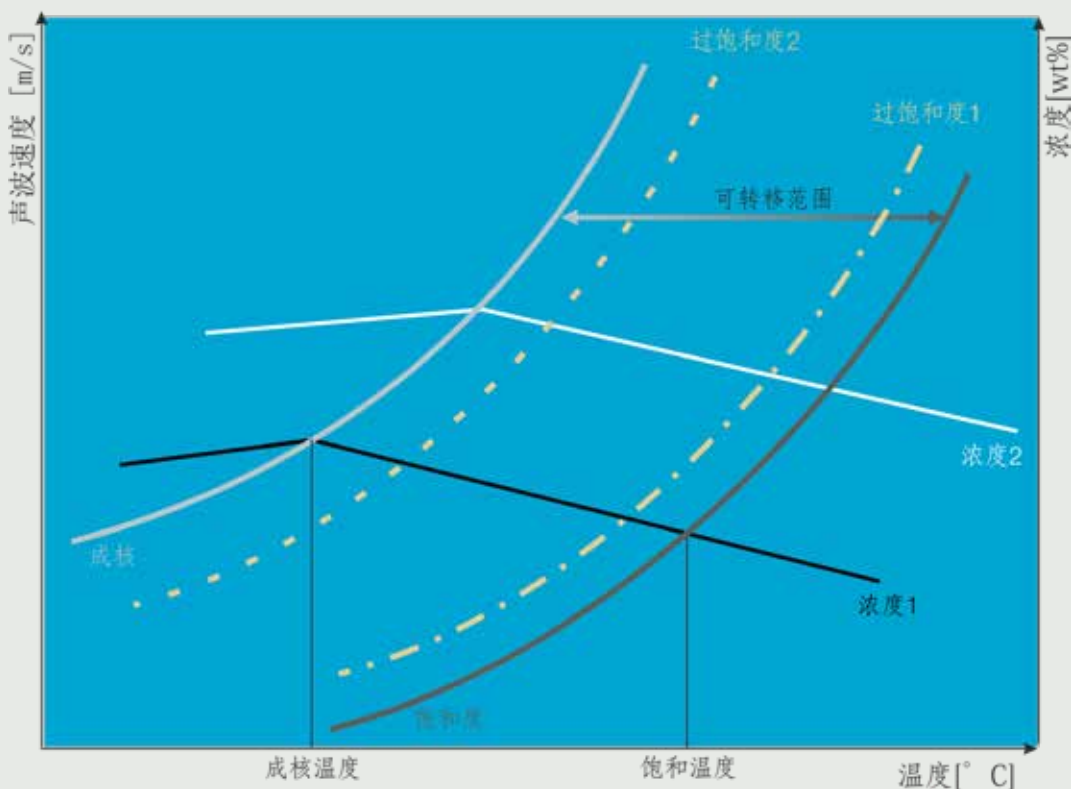
过饱和度也可以通过声速来确定，作为温度的一个函数。如下图所示，过饱和度反映了介稳范围内的一个特定点。该点越接近成核曲线，过饱和度就越高。

当溶液接近介稳范围的上限时（过饱和度2），很有可能会导致自发形成过细的最终成核产品。然而，如果结晶过于接近饱和曲线（过饱和度1），那么只会出现较少和较大的晶体。

在结晶过程中，由于晶体生长，溶液的过饱和度会发生变化。晶体生长降低了过饱和度。当母液的温度降低或溶剂蒸发时，过饱和度再次增加。

通过测量结晶过程中母液的声速和温度，可以实现结晶过程在可转移范围内的优化控制。这可以直接影响到晶体的生长，从而影响到晶体的形态。

过饱和取决于浓度、温度和声速



### 3.4 过饱和减少及晶体生长动力学

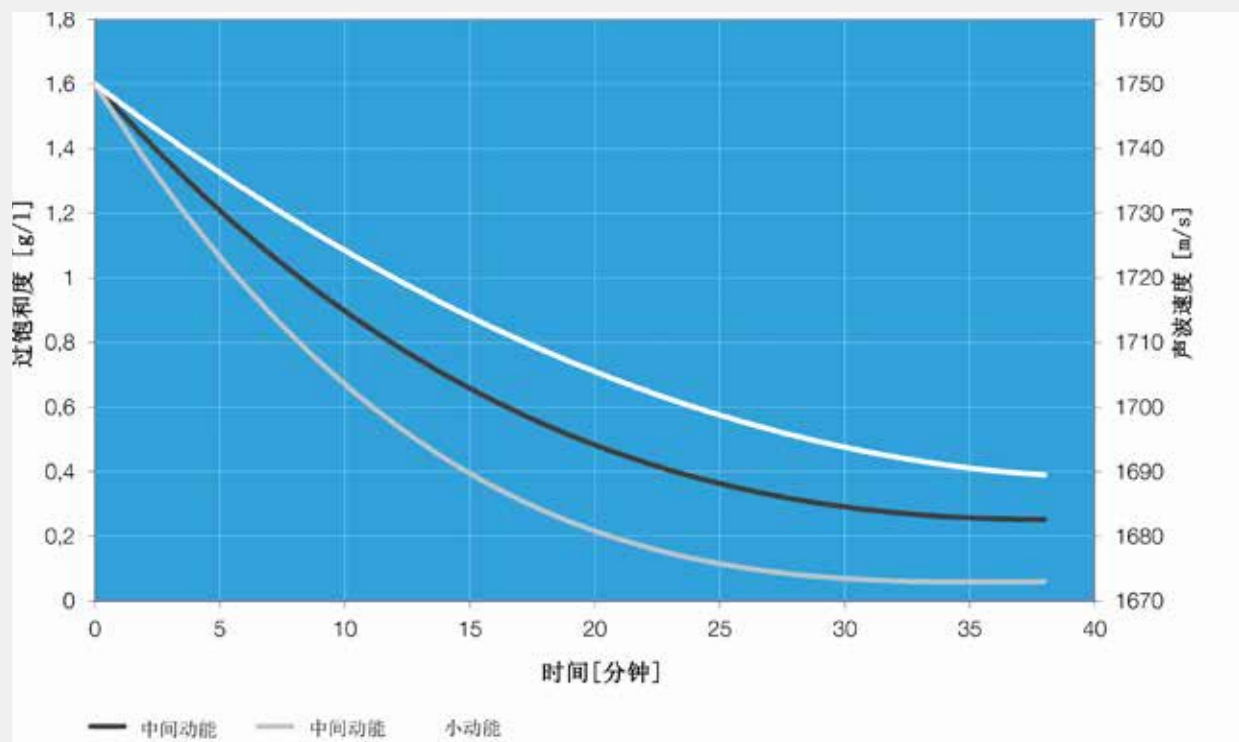
在结晶过程中，过饱和度的下降程度可以用时间的函数来表示（过饱和度下降曲线）。下图显示了不同的晶体生长动力学，这些动力学是通过声速的下降以及过饱和度的下降来检测的。

可以看出，声速的时间曲线与结晶过程中已知的过饱和度下降的时间曲线是相同的。图中显示了根据声速计算的过饱和度下降曲线，与Tavare和Chivate建议的化学分析进行了比较。

晶体生长动力学可以通过过饱和度下降曲线来确定。这个变量表明晶体在母液中生长的速度，因此是设计和确定结晶器尺寸的一个重要变量。

根据过饱和度和声速之间的相关性，可以直接测量过饱和度下降曲线。

#### 过饱和随时间的变化递减

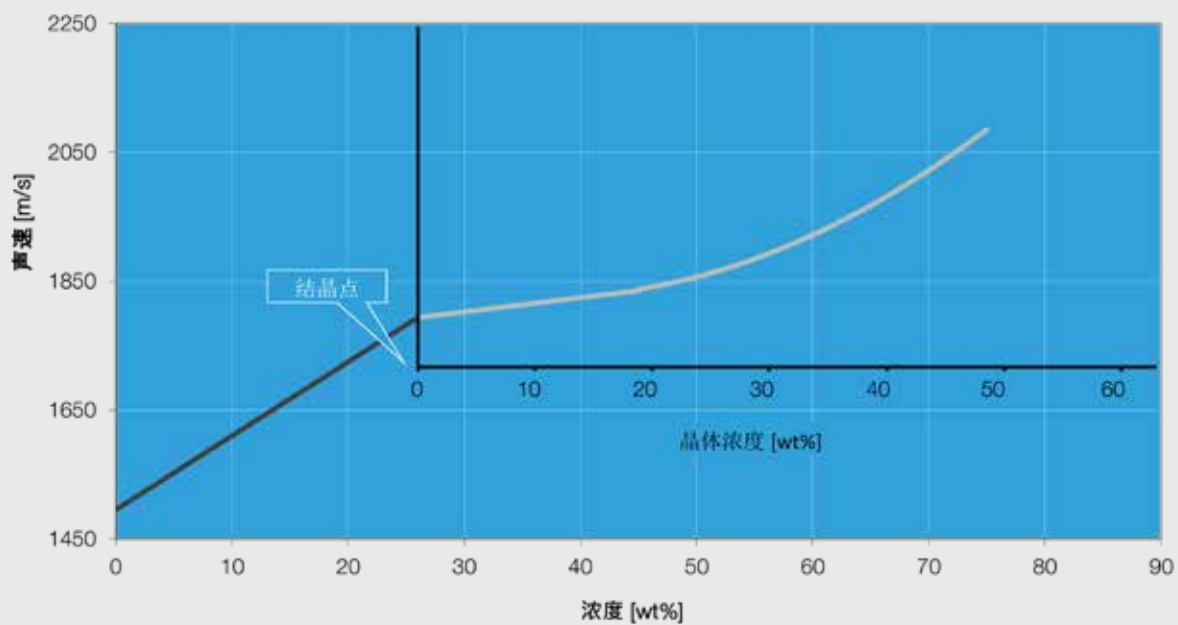


### 3.5 晶体含量

每种悬浮液都有特定的声速行为特征，取决于温度和浓度。相应的特征曲线也被储存在LiquiSonic®系统中。这样就可以直接在线测量固体浓度、晶体含量或干物质含量。

通过确定晶体含量，可以监测和控制连续结晶过程中的分离。在批量工艺中，可以确定和监测结晶的终点和晶体的生长。

25 °C时NaCl水溶液浓度与声速的依存关系



## 4 质量及支持





对技术进步的热情是我们公司的驱动力，因为我们寻求塑造未来的市场。作为我们的客户，您是我们所有努力的中心，我们致力于以最大的效率为您服务。

我们与您紧密合作，为您的测量挑战和个别系统要求开发创新的解决方案。特定应用要求的日益复杂化意味着必须了解其中的关系和相互作用。



创意研究是我们公司的另一个支柱。我们研发团队的专家们为优化产品属性提供了宝贵的新方法，如测试新型的传感器设计和材料或电子、硬件和软件组件的复杂功能。

我们SensoTech的质量管理也只接受最好的生产性能。自1995年以来，我们已经通过了ISO 9001认证。所有设备组件在不同的生产阶段都通过了各种测试。这些系统都经过了内部烧录程序。我们的格言是：最大的功能、弹性和安全性。

这仅仅是由于我们员工的努力和质量意识。他们的专业知识和积极性是我们成功的基础。我们一起努力达到首屈一指的卓越水平，对我们的工作充满热情和信念。

客户关怀对我们来说非常重要，它是建立在长期的伙伴关系和信任基础上的。

由于我们的系统是免维护的，我们可以集中精力为您提供良好的服务，并通过专业建议、内部安装和客户培训来支持您。

在概念阶段，我们分析您现场的情况，并在需要时进行测试测量。我们的测量系统即使在最困难的条件下也能达到高水平的精度和可靠性。即使在安装之后，我们仍然为您提供服务，并且由于有适合您的远程访问选项，我们可以快速回应任何疑问。



在国际合作的过程中，我们为客户建立了一个全球联网的团队，以便在不同的国家提供咨询和支持。我们重视有效的知识和资格管理。我们在世界重要地区市场的众多国际代表能够参考公司内部的专家知识，并通过参加以应用和实践为导向的高级培训项目不断更新自己的知识。

遍布全球的客户：这是我们在全球范围内成功的重要因素，同时我们广泛的行业经验也是原因之一。

建立  
积极创建  
一切基于绝

**SensoTech**

SensoTech



工艺分析标准。

新型解决方案。

对的开拓精神。

SensoTech 是工艺液体分析和优化系统的供应商。自1990年成立起，我们逐步发展成为液体浓度和密度在线测量工艺分析仪的领先供应商。我们的分析系统树立了全球同类产品的行业标准。

我们的创新系统制造于德国，其主要原则是在连续过程中测量超声速和密度。我们已将该方法完善成为极高精度和极易使用的传感器技术。

除浓度和密度的测量外，主要应用范围还包括相界面检测或复杂反应监控，例如聚合反应和结晶化。我们的LiquiSonic®测量和分析系统能够确保最优产品质量和最高设备安全。由于其对资源的高效利用，其同样有助于降低成本，并因此广泛应用于各种行业，例如化工与制药、钢铁、食品技术、机械及设备工程、汽车制造等等。

量和分析系统能够确保最理想的产品质量和最大程度的设备安全。由于资源利用率较高，所以削减了成本，其广泛应用于多个行业，例如化工，制药，钢铁，食品技术，机械和设备工程以及汽车制造等。

我们的目标是始终实现客户生产设施的最大生产潜力。即使在苛刻的生产工艺条件下，SensoTech 系统也能提供高度准确和可重现的测量结果。在线分析避免了具有安全风险的人工取样过程，并能够立即应用到自动化系统中。同样，通过高性能配置工具还可调整所有参数，以便您可以快速轻松应对工艺波动。

我们以卓越成熟的技术协助您改进生产工艺，并以尖端新颖的方法寻求各种解决方案。在您的行业中，不管您的要求多么特殊，我们都将为您提供应用支持。而在工艺分析方面，我们树立了行业标准。



**SensoTech GmbH**  
Steinfeldstr. 1  
39179 Magdeburg-Barleben  
Germany

T +49 39203 514 100  
F +49 39203 514 109  
info@sensotech.com  
www.sensotech.com

**SensoTech Inc.**  
1341 Hamburg Tpk.  
Wayne, NJ 07470  
USA

T +1 973 832 4575  
F +1 973 832 4576  
sales-usa@sensotech.com  
www.sensotech.com

**SensoTech (Shanghai) Co., Ltd.**  
申铄科技(上海)有限公司  
R609, Building 1, No. 778, Jingji Road, Pilot Free  
Trade Zone  
上海市自由贸易试验区金吉路778号1幢609室  
201206 上海,中国  
China  
电话 +86 21 6485 5861  
sales-china@sensotech.com  
www.sensotechchina.com

In liquids, we set the measure.