

# iNOEX

INSPIRE BEYOND MEASUREMENT

精确、直观且安全

# X射线技术

用于管道和管材测量



您的技术评估和操作指南



单层、多层产品的工艺和质量数据



X射线技术可减少耗材高达5%

# 概况

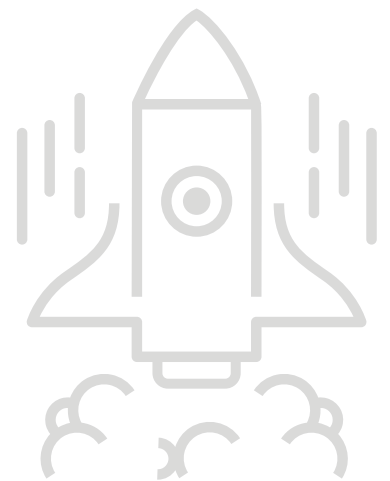
最先进的高精度X射线技术，  
安全且易于操作

## 面临的挑战

- » 对工艺和产品数据的文档要求日益复杂
- » 产品组合多样化，产品更加复杂
- » 熟练工的短缺减少了生产操作中的工艺知识
- » 不断上涨的原材料价格和严格的可持续发展目标
- » 生产环境数字化

除了国际供应链和整体经济发展领域的全球性挑战之外，上方列出的问题对大部分塑料加工业，还包括对管道、管材和电缆的生产企业具有决定性影响。

要应对这些挑战，必须能够灵活响应市场变化，同时在产品质量、精度和文档要求方面达到最高标准。实现这一目标的关键在于以下几点：壁厚/层厚分布的透明度、符合椭圆度和偏心率的极限值、在调整不同产品参数时的操作便利性，以及安装组件的坚固性和耐用性。



这正是我们iXRAY系统以及iNOEX作为挤出行业解决方案提供商的承诺。因此，X射线技术是对我们现有产品组合的补充。特别是与重力计量系统结合使用时，iXRAY可提供多种控制选项，以确保始终如一的高质量产品。收集到的工艺和质量数据为自动化奠定了数据基础。实现材料节约，大幅降低质量保证和文档记录成本，保证了快速的投资回报。同样，在熟练劳动力日益短缺的情况下，减少了对设备操作员多年个人工艺知识的依赖。

本白皮书讨论了最适合在管材、管道和电缆挤出应用领域使用的X射线技术，并详细分析了以下主题：

- **最先进的X射线技术如何为挤出工艺增值**
- **X射线技术在哪些应用领域具有最大优势**
- **如何将iXRAY的X射线技术成功集成到您的生产线中**
- **目前已成功应用X射线测量系统的地方**

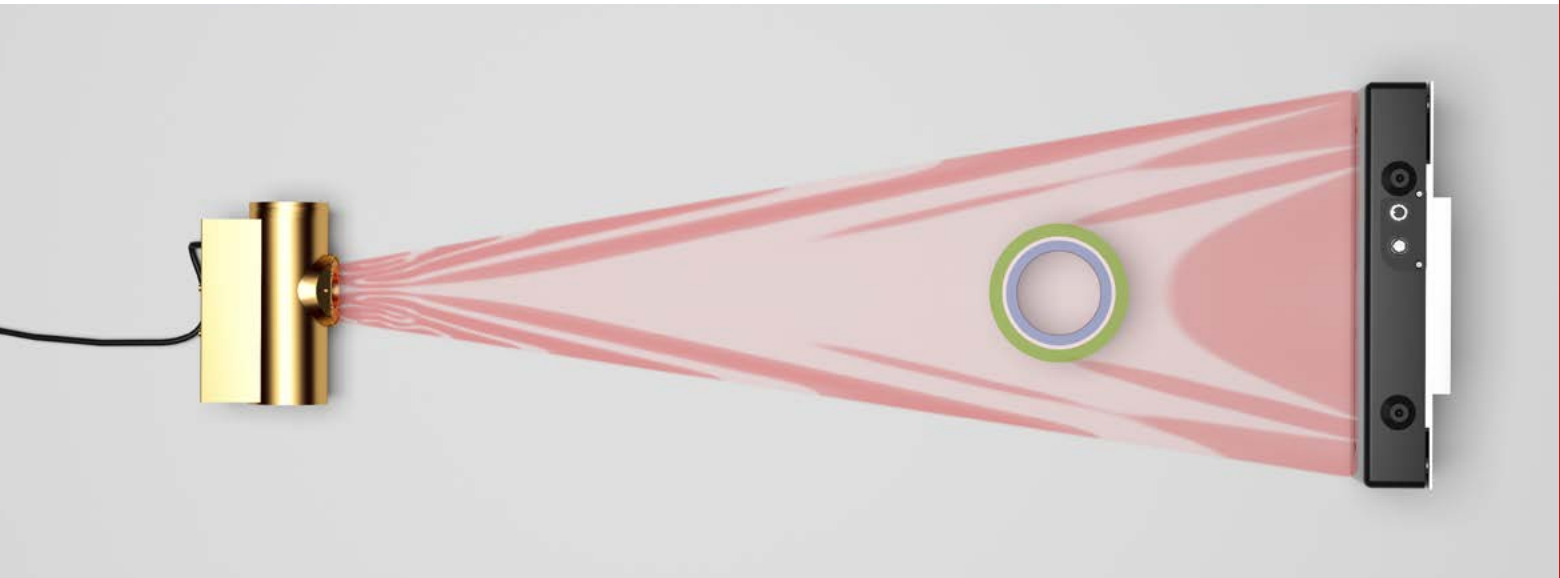
# X射线技术

## X射线技术的工作原理和分类方法

管材、管道和电缆挤出的可持续性与材料节约密切相关。每条现代化挤出生产线的目标都是在高效利用材料的同时，提供始终如一的高质量产品。根据产品的不同，是否符合规范中规定的最小壁厚、精确的椭圆度的下限范围或单层厚度可能至关重要。

有多种测量技术可用于测量这些产品。除了本白皮书中讨论的X射线技术外，超声波或雷达波系统也同样可以测量。这些测量系统因其特定的优势和应用领域而适用于不同的产品类别。

X射线技术是测量多层产品的理想选择。这些产品包括铝塑复合管、带织物插入件的压力管、微导管和其他管材、弹性体产品、管道和电缆。要测量这些产品，需要发射一束扇形X射线，并通过一个孔缩小光束。这束射线射到探测器上，然后转换成可见光。如果要测量的管道或电缆位于光束的路径上，X射线辐射就会被要测量的物体部分吸收，从而精确地观察到产品。



### 以下是有关X射线技术的最重要的信息：

- 它可以测量微米范围内的产品，无接触、无损伤。
- 辐射会被材料部分吸收，因此可以进行整体壁厚测量以及与材料相关的单层厚度测量。
- 与重力计量系统相结合，您可以将iXRAY升级为测量和控制系统。
- 我们的X射线系统配备了必要的安全功能，以确保安全操作。

# 测量的优势

直观、灵活、精确

## 一目了然

iXRAY技术可测量**关键的产品特征**，如总壁厚、层厚、直径、椭圆度和偏心率。其结果可对产品进行全面评估。生产过程中的**实时数据**和过去两小时的**历史生产数据**都会以图表的形式显示出来。该技术的**测量精度**和**再现性**均在**微米范围内**。

## 即插即用

如今，**系统的友好性和易用性**比以往任何时候都更为重要。您可以自己创建生产配方，也可以利用我们在创建技术配方方面的专业知识。**直观的用户界面**可以让您在生产过程中随时掌握所需要的所有信息。对于操作人员来说，另一个有利的方面是可以**简单的集成**到生产线的用户界面中。

## 提高质量

由于对**部件质量**、流程效率以及工艺和**质量数据记录**的要求不断提高，因此必须减少人工操作流程，推进**数字化**进程。基于X射线的**高精度**和**坚固耐用**的测量技术为此做出了重要贡献，因为它可以自动测量产品，而无需大量人力投入。

## 节省材料

提高局部壁厚差异的透明度，并采取有针对性的应对措施。壁厚分布不均或层厚增加（通常是昂贵的功能材料）会降低生产率。壁厚测量仪有助于**最大限度地利用资源**。特别是与重力计量系统结合使用时，可**节省多达5%的材料**。可持续发展能力增强，能源和材料成本降低。另外，生产线的产量也可得到相同程度的提高，从而**提高生产率**。

## 全自动化

借助记录的质量数据，您不仅可以提供高质量产品的证据，还可以对生产过程实现自动化和控制。**结合重力计量**，可以应用各种**自动化程序**。典型的控制选项包括对挤出货量、米重和薄点的控制。

# 您的解决方案

为您的应用提供三种选择

iNOEX iXRAY利用最先进的 X 射线探测器和经过验证的耐使用的 X 射线管发出的 X 射线辐射进行尺寸测量和数据采集。该系统有三种不同的型号，测量直径范围从1毫米到63毫米。

iXRAY 16非常适合测量直径在1至16毫米之间的弹性体和含氟聚合物管材，重复精度高达 $\pm 3$ 微米。在测量这些小管材时，为了避免振动的影响，可将iXRAY 16设置为5毫秒起的短曝光时间。

iXRAY 32的标准工作范围为5至32毫米，重复精度为 $\pm 5$ 微米。iXRAY 63可测量直径范围为6至63毫米的管道、软管和电缆，重复精度通常为 $\pm 10$ 微米。重复精度主要取决于加工的材料。

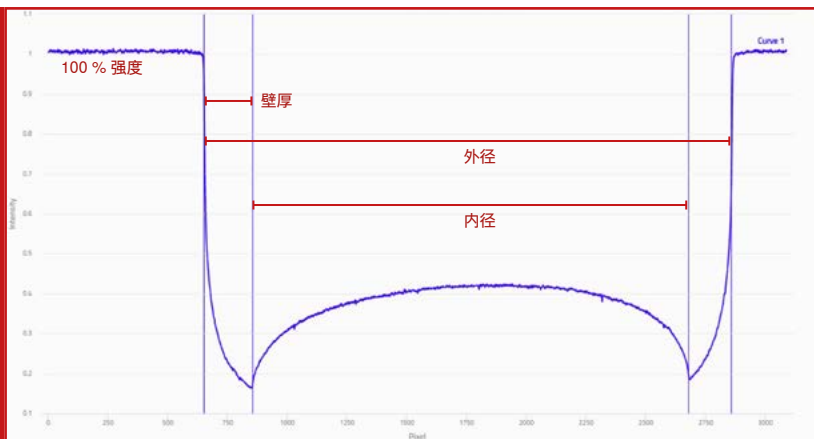


## 测量原理

要测量产品，需要产生一束扇形X射线光束，并通过一个孔将其缩小。这束射线穿过要测量的物体，然后击中探测器的闪烁层。在闪烁层中，射线被吸收并转化为可见光。下面的光敏芯片检测光强度。如果X射线管和探测器之间没有测量物体，则全部光强都会传输到探测器上。透射曲线等于100%，且呈直线状。

光束路径中单层产品的典型透射曲线在左右两侧强度均为100%。

在测量物体所在区域，两侧的强度急剧下降。透射曲线上的最低强度值出现在测量物体的内壁上，因为这里需要穿透的材料最多。



# 您的解决方案 提供三种选择

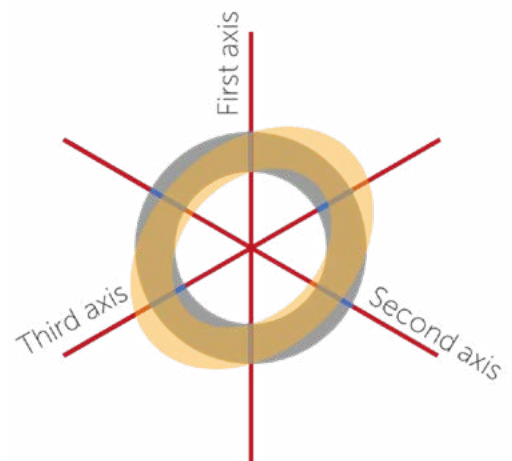
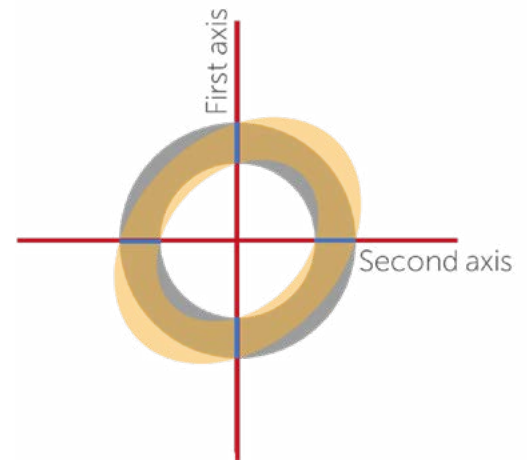
待测产品的特征点在透射曲线上表现为不连续（急转弯）。这些特征点用于从传输曲线中得出几何数据（壁厚、直径）。外径对应于两个外拐点之间的距离。内径由两个内折点标记。为了确定壁厚，需要分析传输曲线上外弯和内弯之间的相应距离。

多层产品的测量方法相同。各层吸收行为的变化导致了特征弯曲。多层产品的示例请参见第10页的铝塑复合管的应用案例。

## 为什么使用三轴测量系统？

挤出工艺生产的管材和软管并不是完美的圆形，通常呈椭圆形，壁厚也会沿圆周变化。对产品直径和壁厚的高质量要求主要基于测量系统提供的数据。在某些应用领域，例如地暖管领域，对椭圆度也有严格的要求。

如果不符合要求，配件和管材就无法完美配合。局部壁厚不足（总壁厚或单层厚度）或过度使用材料会导致废品率上升或生产经济效益下降。因此，可用质量数据点的数量就是一个关键因素。



该图显示了两轴和三轴测量系统在椭圆度分析方面的差异。每个X射线源提供两个壁厚和直径值。椭圆度通过比较这些数值来确定。在这种情况下，只有三轴系统才能检测出产品的质量缺陷。

“ **三轴 iXRAY系统的测量点分析能力是两轴X射线系统的两倍。** ”

iXRAY系统的特点是能够进行不受比例系数影响的测量。由于采用了三轴测量，因此可以实现精确的几何形状测量和所有系统组件的精确协调。这意味着，即使是形状复杂，通常为椭圆形的挤出管材和管件也能被捕捉到。

# 三种选择

通过确定椭圆的中心，然后计算其切线，可以对物体的实际形状进行非常精确的分析。根据X射线、物体的几何尺寸和材料量身定制的模型，可以将模型完美地置于测量数据之上，从而确定最佳边缘位置。超过三千像素的探测器技术与计算模型相结合，可实现亚像素精度的测量。

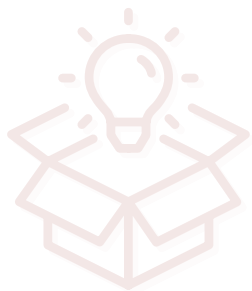
因此，iXRAY系统将最高精度和智能解决方案相结合，以应对现代测量技术的挑战。它是质量保证和生产监控领域高要求应用的完美选择。



## 智能安全方面

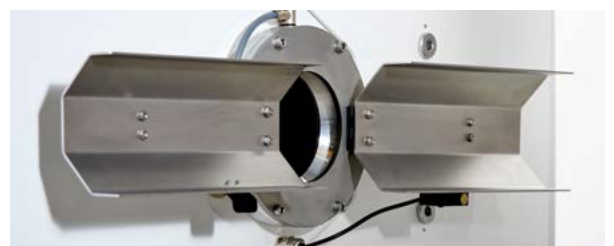
iXRAY十分强调X射线的安全性。由于X射线的辐射量低于法律允许的限度，因此不会对操作员造成任何危险。其他功能也确保了使用安全。

- 铰链式辐射防护管可从两侧打开，以便于从两侧引入产品。安全开关与安全 PLC配合使用，可在打开时关闭辐射，从而不会向外发射辐射。
- 直接位于X射线管上的孔可确保较窄的X射线风扇。这减少了通过管道的X射线量，从而直接影响杂散辐射。有了这个孔，杂散辐射就会降到最低。



iXRAY还具有其他功能，例如通过手动调节的双锥体导向轮可实现最佳管道导向。管道通过中心导向，最大程度地减少了管道的移动，提高了测量质量。

还有更多其他的附加设备可供选择。



折叠式辐射套管

# 现代化的用户界面

在生产环境日益自动化和数字化的时代，设备操作员往往需要记录和处理来自多条生产线的信息，并在必要时对生产过程进行干预。在熟练劳动力日益短缺的情况下，对操作员需求的增长是一项特殊的挑战。因此，直观、清晰、简单地展示所有所需信息至关重要。

iXRAY的集成用户界面包括一个标准化的OPC UA数据接口，因此可以轻松集成到生产线中。WebIQ用户界面可通过弹出式菜单进行直接操作。

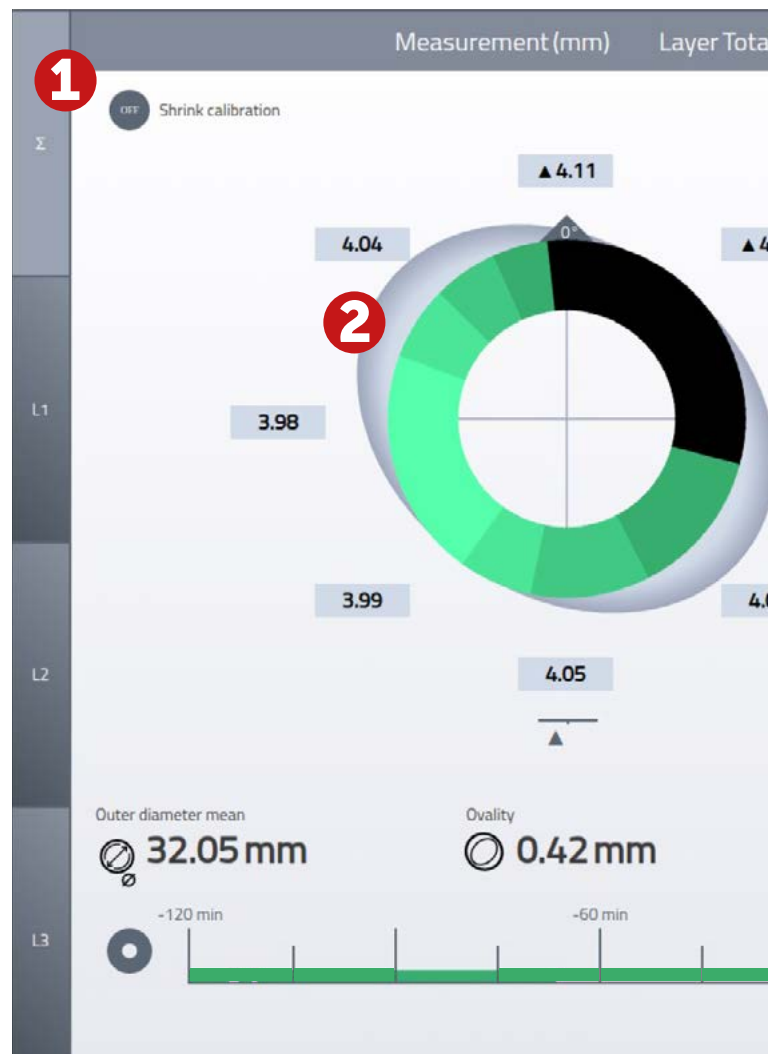
圆环图会显示所有重要的生产参数，一目了然。包括显示最小值、最大值和平均值，以及壁厚在圆周上的分布。此外，还显示2小时的历史测量记录，汇总生产线的流程和质量数据。

操作员可以直观地调整定心辅助装置的显示。这样可以更清晰地显示偏心率。此外，还可以监控传输曲线和三轴测量的可视化。在菜单“配方管理”下有一个材料数据库，便于为客户创建针对具体产品的配方。另外，iNOEX也可创建专门的技术配方。

## 整合统计模块

新的统计模块通过关键的分析功能扩展了iXRAY系统的功能。它可以在直方图中显示多达三个过程值，直观地解释测量数据及其随时间的分布情况。这种可视化对于检测趋势、评估过程稳定性和识别潜在的质量问题都非常有用。

主要功能之一是从管材、管道或电缆配方中自动传输公差值。这种集成简化了测量系统的设置，确保质量控制无缝适应每种产品的特殊要求。对公差的自动监控可确保生产始终符合规定的质量标准，并最大限度地降低废品风险。





# 更便捷的集成

- ① **层**: 显示特定层的质量数据。
- ② **圆环图**: 直观且可视化您的产品数据, 包括椭圆度和公差。
- ③ **测量历史**: 轻松浏览过去120分钟的测量数据。
- ④ **趋势显示**: 可直接查看壁厚分布, 包括公差。
- ⑤ **产品特征**: 产品最重要关键数据的概括。



X射线技术产品经理 Arno Neumeister在介绍iXRAY用户界面



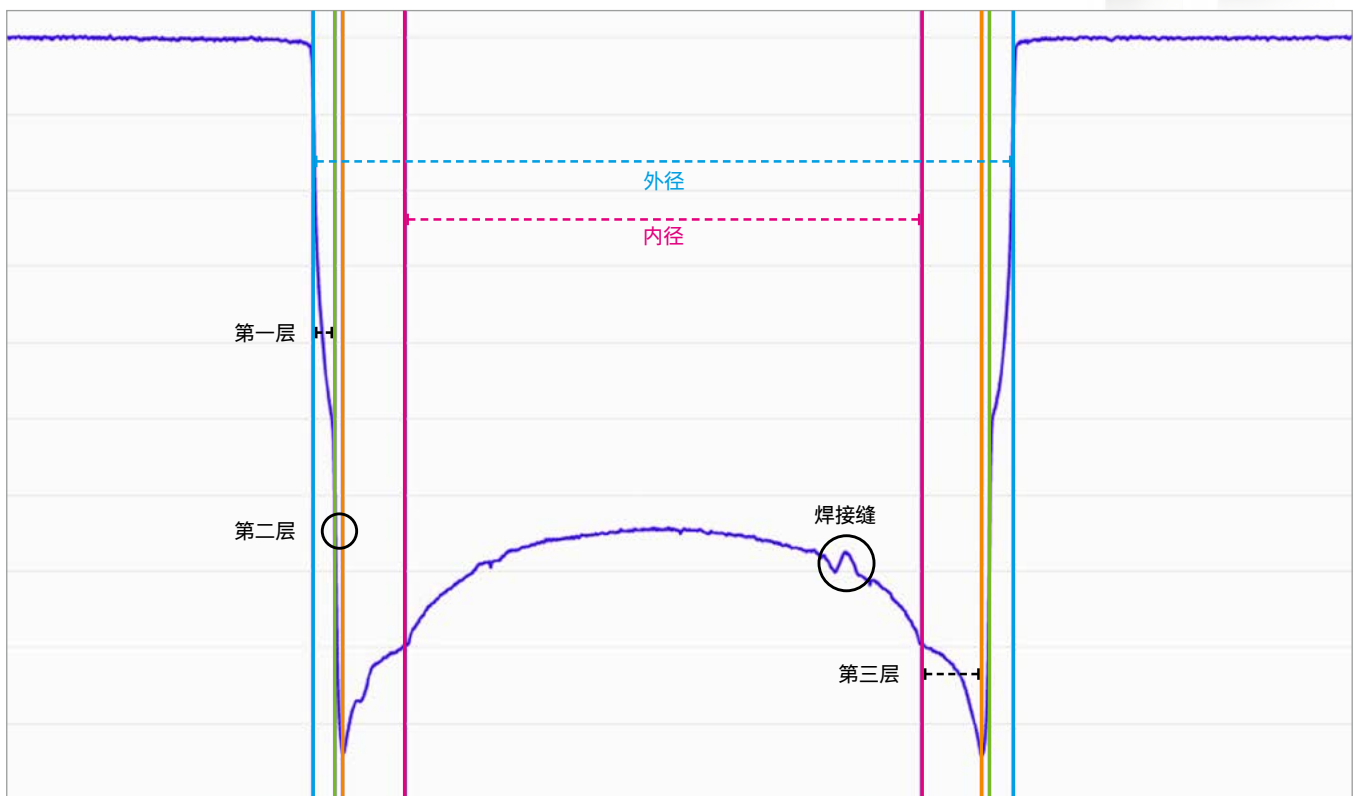
## 测量技术的广泛应用

# 测量技术的广泛应用范围

## 1 应用：铝塑复合管

对铝塑复合管的叠焊生产结合了塑料和铝的优点。它既有塑料的耐腐蚀性，又有铝的强度和尺寸稳定性。典型的应用领域包括供暖和制冷，尤其是地暖管系统、饮用水设备、燃气供应、工业应用和压缩空气系统。管道与相应配件的兼容性是一个决定性因素，因此直径、椭圆度和偏心率等几何尺寸至关重要。

人工测量方法耗时长、成本高且易出错。次品（也称为“废料”）与铝塑复合管的耗时长且高成本的回收过程有关。iXRAY可以精确测量不同管道层及其几何尺寸，从而将废品率降至最低，并确保与其他配件的兼容性。

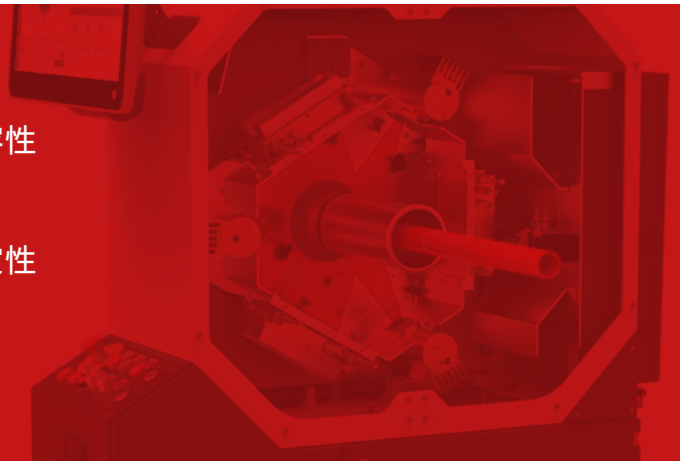


iXRAY系统可以轻松集成到生产线中，并提供无与伦比的测量精度，以便能够在早期阶段发现并最大限度地减少生产偏差。

# 范围

## 结果

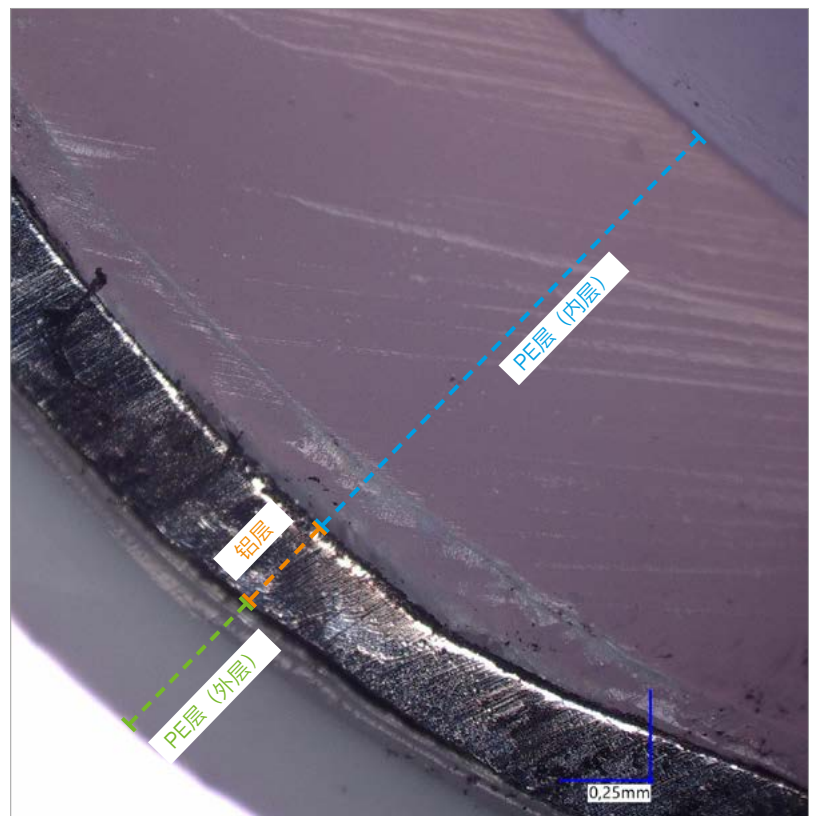
- » 精确的层测量和几何控制确保了与配件的兼容性
- » 降低了废料和回收成本
- » 挤出过程中的质量控制保证了产品质量的稳定性
- » 大幅降低材料成本
- » 无需人工测量，节省时间和资源



iXRAY壁厚测量系统通过三个测量轴和总共6个壁厚值，可全面了解壁厚分布、偏心率和椭圆度。这样就可以精确测量聚乙烯外层（通常含有二氧化钛）和粘合剂的结合层、可单独测量的铝层以及粘合剂和聚乙烯的结合内层。

在这里显示的显微图像中，各种功能层很容易辨认。内层1.51毫米厚的聚乙烯层保证了耐腐蚀性。中间是0.28毫米厚的铝层，这确保了铝塑复合管良好的安装性能和低热膨胀性。聚乙烯外层（0.49毫米）可保护铝材免受环境影响，并提供所需颜色。

对于叠焊铝塑复合管的厂家来说，三轴iXRAY测量系统是不可或缺的工具。它不仅保证了废品率最小化，降低了回收成本，而且确保了管道之间的兼容性。



显微图像显示了铝塑复合管的横截面及其三个不同的功能层

# 其他应用

多用途、精确、满足您的需求

## 2 应用：含氟聚合物软管

由PTFE、FEP和PFA等材料制成的含氟聚合物软管因其优异的性能（如耐化学性、热稳定性和纯度）而广受欢迎。对于昂贵的含氟聚合物，优化挤出工艺对于避免材料浪费至关重要。由于有时会出现复杂的流变，因此需要精确协调挤出工艺中的所有步骤。

### 挑战：

必须确保进行精确的测量和控制，以达到高质量标准。传统的测量方法既费时又费钱，还不一定能达到所要求的精度。

### iXRAY的优势

- » 持续、精确的测量，满足行业高标准，避免热降解等问题
- » 减少人工测量，提高生产效率
- » 通过减少生产错误和最小化材料浪费来降低成本
- » 更好地控制和优化复杂的含氟聚合物挤出工艺

## 3 应用：用于地暖的PE-Xa管

通过过氧化物交联聚乙烯生产的PE-Xa管因其柔韧性、耐用性和耐高温高压性而在供暖和空调行业备受青睐。在生产过程中，严格遵守尺寸是与配件相容的关键。

### 挑战：

生产需要对挤出过程进行精确控制，以确保正确的尺寸并最大限度地减少浪费。偏差可能导致安装问题、系统故障和不可回收的生产废料。

### iXRAY的优势

- » 生产的PE-Xa管符合行业标准
- » 精准的监控可最大限度地减少生产浪费，降低成本并减少对环境的影响
- » 完美匹配的配件，客户满意度高
- » PE-Xa管材质量稳定，精度高

成功案例

# iXRAY在线测量

监控PE-Xa管材的生产过程，确保达到最高质量标准



**i B A** . . . .  
CONSULTANCY FOR THE EXTRUSION INDUSTRY

**iXRAY 系统在我们的生产中发挥着关键作用。**

**它使我们能够在挤出过程中精确测量椭圆度、偏心率和壁厚，并成为了我们的行业标准。**

**Martin Deters**

iBA公司总经理

## 解决方案: X射线技术

iBA公司在其PE-Xa生产线上使用iXRAY系统监控生产过程，以确保达到最高质量标准。iBA公司总经理 Martin Deters强调了iXRAY提供的绝对测量和精确测量处理的重要性。

iBA公司生产的PE-Xa管材采用高精度和技术稳定的生产工艺，该工艺经过数十年的研究改进。由于PE-Xa管材通常用于地暖，其椭圆度对于与各种配件和全球标准的兼容性至关重要。三轴测量尤其能确保管材椭圆度的精确性。

iXRAY不仅精度极高，而且可以轻松集成到生产线中。Martin Deters解释说，简单直观的即插即用解决方案是它的一大优势。此外，iXRAY还有一个易于操作的用户界面，可以清楚地显示所有关键的工艺数据。

通过VNC连接，iXRAY系统可轻松集成到挤出机控制系统中。通过圆形图，产线操作员可以概览壁厚分布情况。此外，所有其他基本质量数据，如趋势数据和偏心率视图，都可以在显示终端上直接看到。根据测量值，操作员可以立即进行必要的调整，例如管材居中。

## 关于iBA公司

作为世界领先的PE-Xa专家，iBA公司专注于可持续发展。自1984年以来，该公司一直是全球挤出行业客户的技术工程合作伙伴。公司开发研究安全的化合物以及优质耐用的挤出系统。

iBA公司致力于提供永不过时的工艺，为客户提供满足其需求的完美解决方案。

# 将您的测量系统变成控制工具

利用iXRAY实现定制化过程控制

如今，对质量和产品标准的不断提高以及熟练工的短缺是许多工业行业面临的主要挑战。没有持续的自动化，就无法实现效率的提高和精度的最大化。

作为管材挤出行业的解决方案提供商，自动化是我们的工作重点：重力计量系统、壁厚测量系统和控制技术的相互配合是提高生产率、大幅降低成本的关键，同时还能确保最高标准的质量。此外，更高效地利用原材料有助于提高生产的可持续性，从而确保您在未来的竞争优势。



## ① 重力计量的贡献

每种原材料的体积密度都会发生波动。重力计量可以记录并自动平衡由此产生的挤出量波动。原则上，使用重力计量可提供两种控制选项：控制挤出量和控制米重。

**控制挤出量：**通过控制产能，挤出机的速度可根据喂料量进行调节。

**控制米重：**牵引机的速度取决于放入挤出机的喂料量。这样可以保持恒定的米重，并消除挤出上方壁厚的波动。较小的波动也会减少目标壁厚，从而节省材料。生产率的提高与材料的节省成正比。

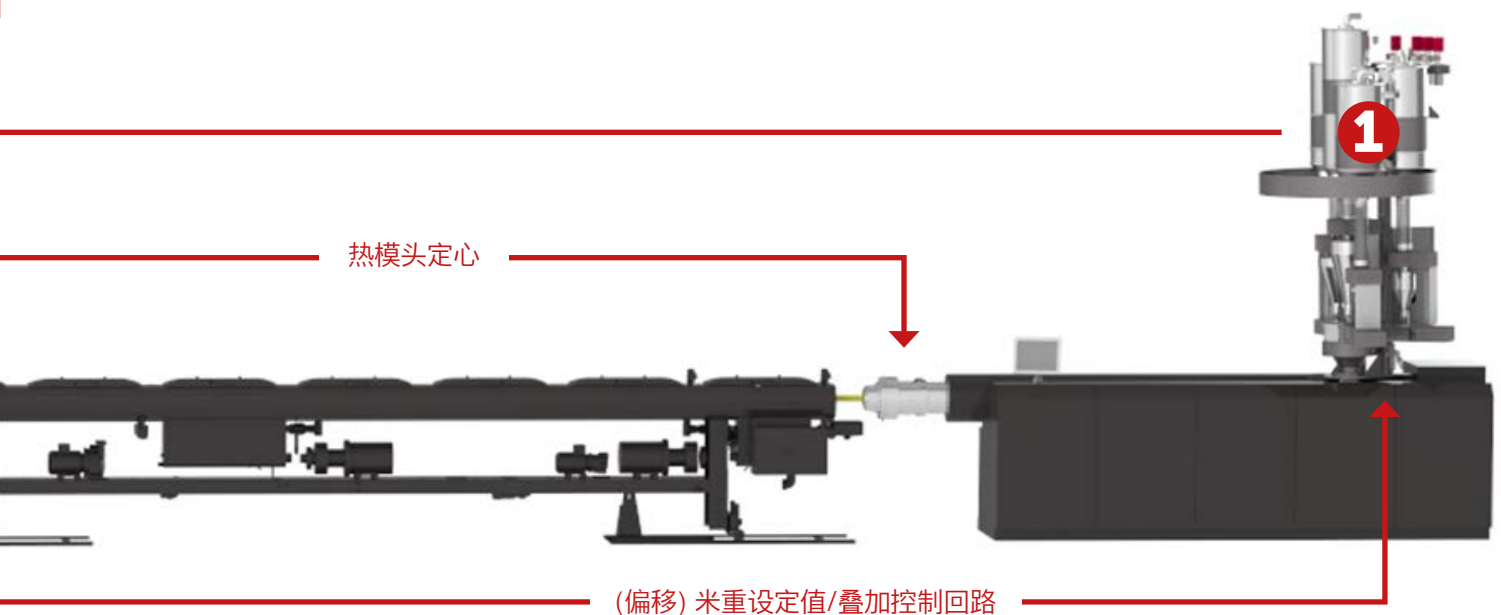
# 控制工具

## ② 壁厚测量系统的贡献

壁厚测量系统集成到生产线中，并为挤出过程提供了额外的控制选项。该系统可以测量直径、壁厚、椭圆度和偏心率等重要参数。

**薄点控制:** 在薄点控制中，首先测量管道或管材。最薄点定义了控制部分，控制系统再计算出米重的新目标值，接着调整牵引速度，这也可以改变壁厚。

因此，挤出量和壁厚的波动都会被记录下来并单独进行调整。这确保了米重的进一步减少。在保持最小壁厚的同时，壁厚也能大大降低。



## ③ 更多控制选项

**热模头定心:** 用于PVC管道的热模头定心是挤出生产线自动化过程中的又一控制步骤，可节省更多材料。测量系统的测量数据可作为手动管材定心的起点。测量系统还会记录壁厚分布和管材的几何形状，然后根据最佳的状态进行温度调整。

因此，要为温度区域定义和设定新的目标值。由此产生的加热区融化速度变化可降低偏心率。这将进一步降低米重，增加了潜在的节省量，并使最终产品更加完美。

# 进一步了解iXRAY 技术的优势



我们的合作以明确的使命宣言和对客户需求的关注为特点。这是我们价值观和原则的基础。每天，我们都以饱满的热情和激情为实现“超越测量激发灵感”的目标而努力。

## 愿景

我们现在和将来都是塑料工业测量技术领域最具创新性解决方案的供应商。

## 使命

作为管材、软管、薄膜、电缆吹塑和型材挤出行业的先锋和专家，我们为客户提供增值服务。

我们提供用户友好型、智能型和创新型解决方案的优质产品，这些都是可持续成功的关键因素。

# INOEX

INSPIRE BEYOND MEASUREMENT

Maschweg 70  
49324 Melle, Germany

T +49 5422 60507-0  
F +49 5422 60507-101

[www.inoex.de](http://www.inoex.de)



您可联系:

Dipl.-Ing. Arno Neumeister

X射线技术产品经理

[arno.neumeister@citex-group.de](mailto:arno.neumeister@citex-group.de)