

实时涂层测厚， 优化卷材涂装过程控制 与质量管理



关于我们与 SpecMetrix 技术

工业物理（Industrial Physics）是领先的涂层测试与测量解决方案合作伙伴，致力于为全球制造业领军企业提供专业支持，服务于卷材涂装行业的过程控制、质量管理、研发及生产运营等领域的专业人员。

SpecMetrix 是工业物理旗下专注于涂层过程控制与厚度测量的专业品牌，旨在解决卷材涂装企业日常生产中面临的诸多挑战，包括涂料过量施涂、涂膜厚度不均、产品质量索赔，以及传统测量方法的局限性等。

先进的涂层厚度测量技术

SpecMetrix 系统能够在不接触涂层或基材的情况下，实时、精确地测量湿膜或干膜厚度。

无论是在铝、铜、铝锌合金镀层钢板（Galvalume）、金属箔材或钢材等基材上施涂预处理涂层、底漆、背面涂层、复合涂层或面漆，SpecMetrix 的 ROI 和 EXR 技术都能在卷材生产线上实时测量涂层或涂料的实际施涂厚度，无需等待卷材裁切取样后再送往实验室检测。

SpecMetrix 系统采用获得专利的 ROI 增强型光学干涉（Ruggedized Optical Interference）技术。

测量时，系统光源发出的非危险性光线照射到涂层表面。其中一部分光线在湿膜或干膜的上表面发生反射，另一部分光线则穿过涂层，在下方基材表面反射。

当这两束反射光相互叠加时，便会形成特定的干涉图样，其原理类似于水面上相互交叠的波纹。

干涉图样的频率与涂层厚度成正比。SpecMetrix 系统通过识别和分析这一干涉图样，将其即时转换为精确的涂层绝对厚度测量数据，实现快速、可靠的非接触式测量。

无接触 • 无辐射 • 无需等待实验室检测结果

相较于传统测量系统的优势

目前，大多数卷材涂装生产线仍然依赖两种传统的涂层厚度检测方式：核辐射测厚仪，以及更为普遍的人工取样与离线检测。然而，这两种方式都存在明显的局限性。

- **核辐射测厚仪：**通常在距离涂料施涂位置下游约 100 – 150 米处测量干膜厚度。当测厚仪检测到异常时，生产线可能已经产生了大量不合格产品。此外，随着放射性同位素源的逐渐衰变，测量精度也可能随时间下降。与此同时，放射源的采购成本不断上升、供应日益受限，越来越多的行业领先企业已逐步转向其他测量技术。
- **人工取样与截面检测：**每批次通常只能检测少量采样点，无法全面掌握采样点之间的涂层厚度变化情况。此外，检测结果还可能受到操作人员差异的影响。这类测量精度相对有限、劳动密集型的传统检测方式，仍然难以有效解决产品质量问题及客户质量索赔带来的挑战。

SpecMetrix 有效弥补了上述两种传统检测方式的不足。

SpecMetrix 可实现连续、100% 在线涂层厚度测量，测量频率最高可达每秒 150 次，并可覆盖卷材的整个幅宽。这意味着，生产过程中出现的涂层厚度异常能够在最初几米内被及时发现，而不必等到生产了上百米之后才察觉问题，从而有效减少材料浪费和不合格品的产生。

安全性与维护优势

- **无放射源，无激光：**SpecMetrix 采用非放射性、非侵入式光学测量技术，无需承担核辐射测厚仪及其他危险性测量设备所涉及的许可审批、操作人员专项培训以及放射源废弃处置等负担。
- **无校准漂移：**与基于放射性同位素的测量系统不同，SpecMetrix 所采用的光学光源不会因放射性衰变而导致性能下降，因此不会出现由同位素源衰变引起的测量精度下降问题。
- **校准需求极低：**SpecMetrix 可直接提供涂层绝对厚度测量数据，无需针对每一种涂料配方分别建立校准标准，从而减少生产换线或涂料切换时的设备设置与校准时间。



卷材涂装厚度测量：为何至关重要？

卷材涂装是生产高质量、涂层均匀的涂覆金属材料最高效的工艺之一。生产线通常以每分钟 700 – 1,000 英尺（约 213 – 305 米）的速度连续运行，涵盖表面预处理、底漆涂装、背面涂装、面漆涂装及各类表面精饰等多个工艺阶段。

然而，高效生产的同时也伴随着诸多挑战。在如此高的运行速度下，即使是细微且未被及时发现的涂层厚度偏差，也可能迅速累积并造成严重影响，尤其是对于长度可达数万英尺的金属卷材而言。

涂装后的金属卷材广泛应用于家用电器、建筑材料、汽车零部件、电子产品及消费品等多个领域，而不同的终端应用对涂层性能也有着各自的要求。即使涂层厚度仅存在轻微偏差，也可能带来以下风险：

- **涂料过量施涂：**造成昂贵涂料的浪费，增加单位长度卷材的生产成本。
- **涂料施涂不足：**可能影响涂层的耐腐蚀性能、颜色一致性并最终表面质量。
- **特殊效果涂层的覆盖不均：**对于皱纹漆、纹理漆或金属效果涂料等特殊涂层，其厚度分布往往存在更大的自然波动，传统干膜测量方法难以准确获得具有代表性的平均厚度。
- **客户质量索赔与返工：**当涂层厚度不符合规格要求的卷材流入下游制造商时，可能引发质量索赔及返工问题。

因此，确保每卷金属卷材在整个幅宽及长度方向上的涂层厚度始终保持准确、一致，是生产线最具价值的质量控制措施之一。

为什么实时在线测量如此重要？

生产完成后的涂层厚度检测，只能告诉您已经发生了什么。

而实时在线测量，则能够让您掌握生产线上正在发生什么，从而在仍有机会调整工艺参数时及时采取措施，避免生产出不合格卷材。

两者之间的区别，远比想象中更加重要。

卷材涂装生产线不会总是为了等待实验室检测结果或人工抽样检查而暂停运行。如果底漆施涂量过高，那么在问题被发现之前，每多生产一段卷材，就意味着更多涂料被浪费。更加精确的实时在线测量技术，能够有效弥补这一检测与控制之间的时间差：

- **即时获取测量数据：**操作人员能够实时查看涂层厚度数据，无需等待数分钟甚至数小时才能获得检测结果。
- **实时调整生产工艺：**可在生产线运行过程中及时调整涂装参数，而不必等到生产结束后才采取措施。
- **建立完整的质量记录：**为每卷卷材生成连续、可长期保存的质量数据记录，简化质量审核、客户索赔调查及统计过程控制（SPC）分析。
- **实现生产数据集成：**测量数据可直接传输至工厂管理与控制系统，包括 PLC、Excel 或基于网络的 SPC 系统，减少人工数据录入及操作人员差异带来的影响。

SpecMetrix 实时在线测量技术，让涂层厚度不再只是生产完成后需要检测的质量指标，而是能够在生产过程中实时监测、及时调整和主动控制的关键工艺参数。

湿膜与干膜测量：实现全流程涂装控制

目前，大多数卷材涂装企业仍然采用干膜厚度测量，即在涂层经过烘箱固化后进行检测。这是行业普遍采用的标准方法，在过去也基本能够满足生产需求。

然而，仅依赖干膜测量仍然存在一个明显的监测盲区：当获得干膜厚度数据时，涂料已经完成施涂和固化。如果此时发现厚度异常，生产线可能已经产生了一定数量的不合格涂装材料，造成浪费。

SpecMetrix 是目前唯一能够在生产过程中准确测量已施涂湿膜或干膜绝对厚度的测量技术。

湿膜测量在涂料施涂后、进入烘箱前立即进行，使操作人员能够在卷材生产的最初一米或几米内发现涂层厚度异常，而不必等到生产了上百米之后才发现问题。

将湿膜与干膜测量相结合，可以实现涂装工艺前后两个关键环节的有效控制：在生产前段及时发现异常，并在后段确认每卷卷材的最终涂层质量。

对于某些采用传统干膜测量方法难以准确检测的特殊效果涂层，湿膜测量也已被证明是目前最可靠的测量方式之一。

尤其是皱纹、纹理及金属效果涂层，由于其干膜厚度测量结果往往存在较大的波动，难以准确反映涂层的整体厚度水平。而在湿膜状态下进行测量，则能够更加准确地获得涂层的真实平均厚度。

干膜测量用于确认最终产品是否符合规格要求，而湿膜测量则让您有机会在涂层固化之前优化生产工艺。

了解这两种测量方式在实际生产中的应用：

了解更多

干膜测厚客户案例



了解更多

湿膜测厚客户案例



金属卷材涂装测量解决方案

SpecMetrix® Inline 在线涂层测量系统

SpecMetrix 在线测量系统可直接在生产线上实时提供非接触式涂层厚度及单位面积涂层重量数据，帮助企业减少材料浪费、实现更严格的厚度公差控制，并在无需停线的情况下加快产品切换速度。

SpecMetrix 专为金属卷材涂装及其他工业涂装应用而设计，采用获得专利的 ROI 和 EXR 测量技术，能够针对多种基材、颜色及涂层类型，为生产及质量管理团队提供连续、实时的涂层厚度数据。

系统可根据生产线速度、基材及涂层类型灵活配置，提供固定式测量头或横向扫描式测量方案，并支持单面或双面测量。

所有测量均采用非接触、无损检测方式，不会破坏涂层或基材的完整性。同时，系统可为每次生产生成永久保存的质量记录，便于后续质量审核及客户索赔调查。

得益于不受基材类型限制的测量技术，SpecMetrix 系统可在铝材、钢材以及经过涂覆或复合处理的金属卷材上，对底漆、基础涂层、面漆、背面涂层、复合涂层及透明涂层进行湿膜或干膜厚度测量，且无需在不同颜色或涂料配方之间切换时重新校准。

测量数据可直接导出至 Excel 或传输至工厂网络，用于统计过程控制（SPC）分析，帮助操作人员及质量管理团队实时掌握涂层厚度变化，在生产过程中及时发现异常，而不必等到整卷材料离开生产线后才发现问题。

核心技术特点：

实时非接触式测量：适用于湿膜及干膜，可在生产线全速运行状态下，对不同基材上的涂层进行实时测量。

高速连续检测：测量频率最高可达每秒 150 次，支持覆盖卷材整个幅宽，实现 100% 在线检测。

安全的光学测量技术：采用非危险性光学测量技术，无放射源，无需承担放射性设备相关的许可审批负担。

灵活的测量配置：提供固定式测量头或横向扫描式配置，满足单面及双面涂层测量需求。

便捷的数据集成：支持与工厂 PLC 及统计过程控制（SPC）系统无缝集成，实现测量数据的实时传输与应用。

技术参数：

测量范围	0.7 – 350 μm （透明涂层）； 0.7 – 75 μm （含颜料/非透明涂层）
测量精度	标称精度为涂层厚度的 $\pm 3\%$ ，并通过可溯源至美国国家标准与技术研究院（NIST）的厚度标准件验证
卷材运行速度	最高 2,000 英尺/分钟（约 610 米/分钟）
输出数据	μm 、mil 及 g/m^2 ，可导出至 Excel 及工厂网络/SPC 系统
符合标准	ASTM D8331：采用非破坏性光学方法测量薄膜涂层厚度的标准试验方法

了解更多
在线涂层厚度
测量系统



SpecMetrix® DFTQA 实验室干膜厚度质量保证系统

SpecMetrix DFTQA 系统可对底漆、背面涂层、透明涂层及面漆等涂层的干膜厚度进行实时、非接触式、无损测量。凭借纳米级测量精度及客观可靠的厚度数据，该系统已成为卷材涂装行业备受青睐的实验室检测工具。

DFTQA 系统在单套设备配置中集成了两组光学测量模块，使实验室能够更加高效地完成底漆和面漆的厚度测量，且无需在不同涂层颜色、基材或涂料配方之间切换时重新校准。

由于测量精度不受操作人员技能水平的影响，DFTQA 能够为质量保证（QA）和质量控制（QC）团队提供更加可靠的检测数据，并确保出色的重复性与再现性，从而增强对测量结果的信心。

核心技术特点：

双涂层测量：单套系统即可完成底漆和面漆的专用厚度测量。

无需重复校准：测量不同颜色或基材时，无需重新校准。

出色的测量一致性：测量精度不受操作人员技能水平的影响，确保优异的重复性与再现性。

卓越的测量系统性能：量具重复性与再现性（Gage R&R）小于 5%。

技术参数：

测量范围	0.7 – 350 μm （透明涂层）； 0.7 – 75 μm （含颜料涂层）
测量精度	标称精度为涂层厚度的 $\pm 1\%$
测量速度	每秒 100 次以上
基材适应性	适用于铝、钢、镀锡板、冷轧铝锌合金镀层钢板（Galvalume）及其他多种金属和非金属基材
操作软件	配备 SpecMetrix 软件的触摸屏操作界面，支持数据导出至 Excel 及工厂网络/SPC 系统

了解更多
DFTQA 实验室
干膜测厚系统



客户案例

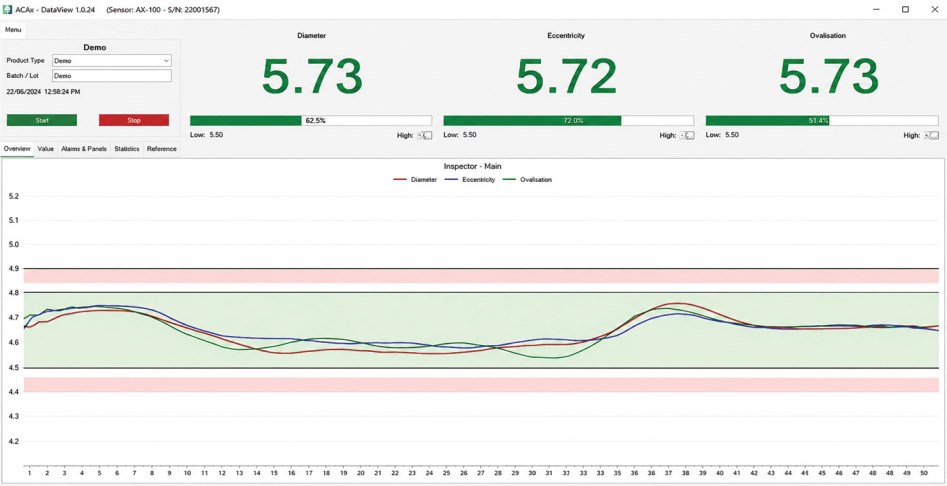
从过量涂装到精准优化：一家卷材涂装企业如何通过实时测量实现每年超过 200 万美元的成本节约

一家年产量超过20万吨的大型卷材涂装企业，长期面临涂料过量施涂、依赖人工试片检测，以及全天候连续生产过程中产品质量一致性不足等问题。这些因素导致企业持续承受不必要的成本损失，而生产过程中看似微小的工艺波动，也在不断累积并造成显著的经济损失。

在安装 SpecMetrix 在线涂层测量系统后，该客户以连续、实时的涂层厚度监测与控制，取代了传统的人工试片检测和事后被动调整方式，实现了生产线全速运行状态下的实时涂层厚度控制。

应用成果：

节约成本类别	年度节约金额 / 效益
年度总节约金额	超过 200 万美元
减少涂料使用量	节约 150 万美元
取消人工试片检测	节约 50 万美元
其他收益	减少人工工时、提高生产线产能、降低材料损耗、减少客户质量索赔



了解更多
卷材涂装成本
节约计算器

想了解连续、实时的测量数据能为您的生
产线带来多少价值吗？

使用我们的卷材涂装成本节约计算器，无论是
湿膜还是干膜测量，都能帮助您估算潜在的成
本节约空间。

无论您身处世界何地，无论您有何种需求，工业物理的专业团队都随时准备为您提供支持。

从设备安装、校准、维修到预防性维护，我们提供全面的技术服务，满足您的不同需求。

我们深知，对于保障企业持续运营的关键检测设备而言，快速、高效且值得信赖的技术服务至关重要。

正因如此，工业物理建立了覆盖全球的专业服务网络，汇聚各地经验丰富的技术服务专家，为不同地区的客户提供及时、可靠的本地化支持，满足各类生产设施的服务需求。

设备安装

我们的专业安装团队致力于确保设备顺利安装并完成合理配置，使其能够高效运行。同时，经过专业培训的技术人员还将指导操作人员熟悉设备使用方法，帮助您快速上手。

设备操作培训可根据您的需求选择现场或远程方式，我们也可以安排集中培训，满足团队的学习需求。

资质认证

作为全球测试与测量领域值得信赖的合作伙伴，工业物理拥有多项专业资质认证。

您可以访问我们的官方网站，或直接联系我们的团队，了解更多有关资质认证的信息。

延长保修

我们提供多种技术服务及延长保修方案，以满足不同客户的需求。

您可以在购买新设备时选择延长保修服务，也可以为已经投入使用的设备单独购买相关服务，灵活满足您的实际需求。

校准、维修与预防性维护

无论是单次设备维修、定期校准，还是预防性维护，我们的专业服务团队都能够为您提供支持。

我们使用符合行业公认标准的高精度检测设备进行仪器校准，确保测量结果准确可靠。

同时，我们提供预防性维护服务，帮助您减少意外停机时间，延长设备使用寿命。

如果您遇到设备故障或紧急维修需求，也可以随时联系我们，获取专业技术支持。

联系我们

想了解工业物理如何满足您的个性化需求？

欢迎立即通过以下邮箱与我们联系：

info.china@industrialphysics.com

www.industrialphysics.cn



Industrial Physics 工业物理

电话：400 878 1858

邮箱：info.china@industrialphysics.com

网址：www.industrialphysics.cn

