

Specim 高光谱相机应用案例：金属和织物上的油污检测

油在许多行业中被用作润滑剂，但在有些产品中，油通常被认为是一种污染物，需要被探测识别。人眼很难观察到油，传统的 RGB 相机也很难检测，但是高光谱相机在某些波长下工作时能够捕捉到油存在的信息。

为了测试这一点，我们将三种不同类型的油涂抹在铝片和黑色织物上（见图 1），包括 Weldlite TF2（一种常用的润滑剂，例如用于自行车链条）、Würth HSP 1400（一种高温润滑剂）和 Pentisol（通用合成油），并使用三种不同型号的 Specim 高光谱相机对其进行扫描：FX17 (900 – 1700 nm)、SWIR (1000 – 2500 nm)和 FX50(2700 – 5300 nm)。



图 1：本研究中使用三种油涂抹在金属和织物上。金属板上的圆圈和一块织物标记了涂油的区域。
绿色表示 Weldlite 油，红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油

实验过程：

(1) Specim FX17 相机

Specim FX17 相机覆盖 900 – 1700 nm 光谱范围，广泛用于工业质量检测，适用于检测天然和合成化合物。FX17 可用于测量物质的数量，例如烟叶中的尼古丁；也可以检测食品中的异物，例如碎肉中的骨头碎片、杂粮中的碎石等异物。关于机械油，迄今为止几乎没有进行过测试。

根据光谱分析（见图 3 和 4），Specim FX17 相机无法检测到所有油类。可以在一定程度上检测到 Pentisol 油，在织物上可以检测到 Würth 油（在 1393 nm 处有吸收峰），但是检测不到 Weldlite 油。

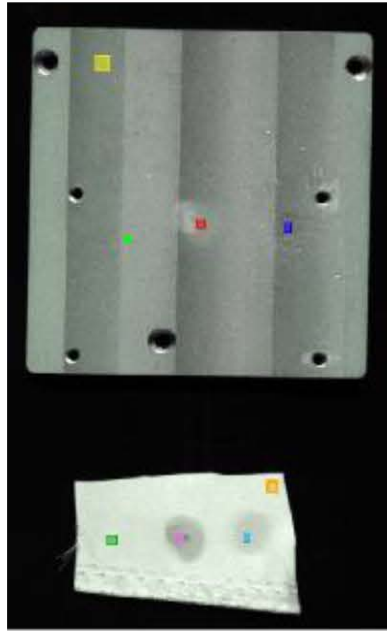


图 2: Specim FX17 相机采集的伪彩色图像

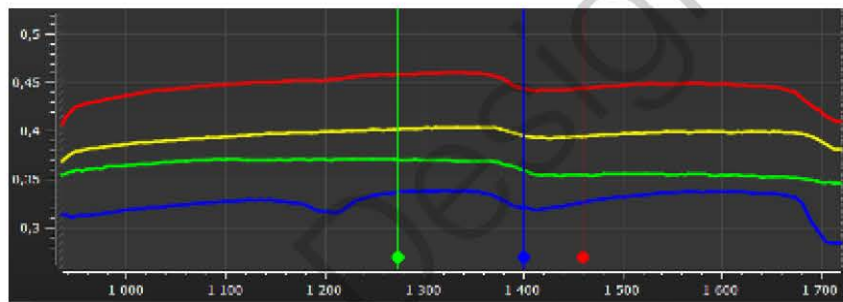


图 3. Specim FX17 相机测量的金属板上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite 油，红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油。黄色光谱可被视为参考，因为它们仅与金属有关，不会被任何类型的油破坏

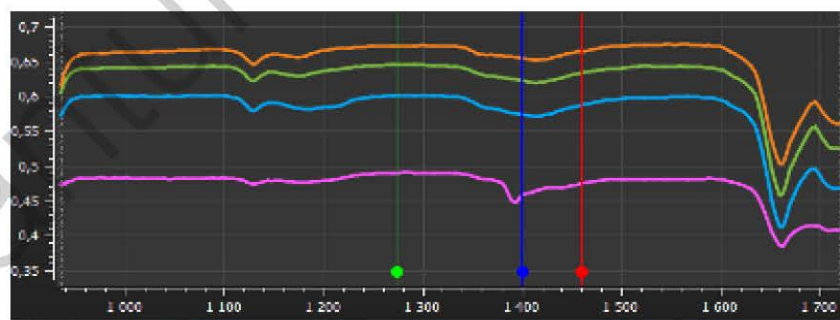


图 4. Specim FX17 相机测量的织物上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite 油，粉红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油。橙色光谱可被视为参考，因为它们仅与织物有关，不会被任何类型的油破坏

对光谱数据进行了主成分分析(PCA)，得到了基于光谱的检测结果。分析进一步表明，Specim FX17 近红外高光谱相机可以检测到油，但是比较微弱（图 5）。

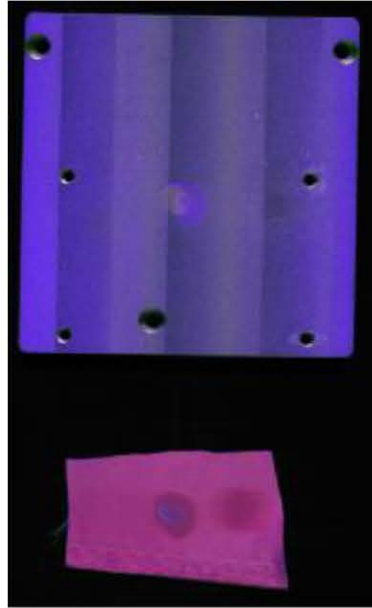


图 5. 基于光谱的检测结果

(2) Specim SWIR 相机

Specim SWIR 相机覆盖 1000 - 2500 nm 光谱范围。与 FX17 一样，SWIR 也适用于检测不同的化学成分。由于其更宽的光谱范围，SWIR 比 FX17 检测到的材料更多。

基于光谱分析（图 7 和图 8），具有 2200 nm 以上光谱特征的 SWIR 相机适用于检测不同类型的油，尤其是 Würth 和 Pentisol 油。可以部分检测到 Weltlite 油。

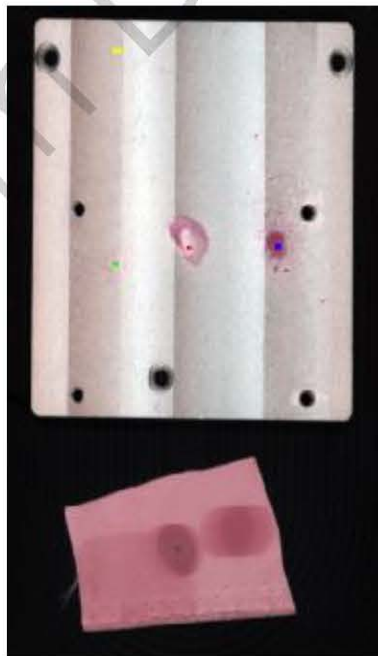


图 6: Specim SWIR 相机采集的伪彩色图像

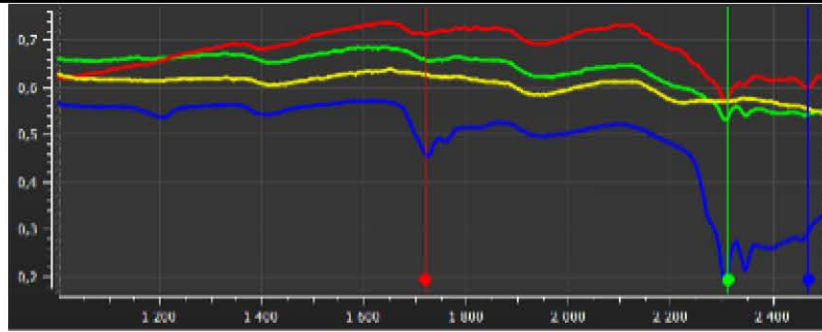


图 7. 使用 Specim SWIR 相机测量的金属板上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite 油，红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油。黄色光谱可被视为参考，因为它们仅与金属有关，不会被任何类型的油破坏

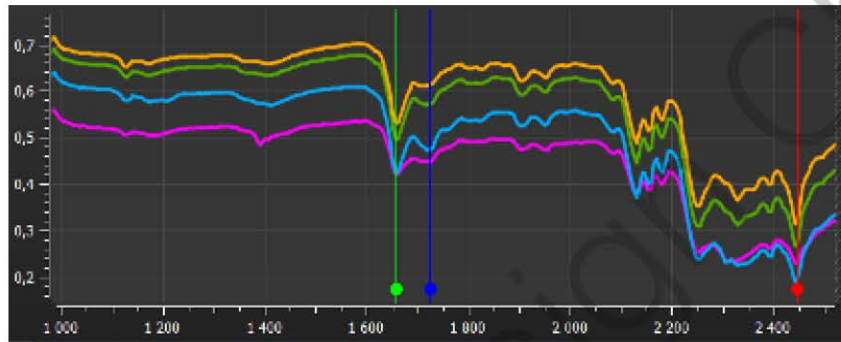


图 8. 使用 Specim SWIR 相机测量的织物上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite 油，粉红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油。橙色光谱可被视为参考，因为它们仅与织物有关，不会被任何类型的油破坏

结合 PCA，进行 PLS-DA 分析以评估 SWIR 相机的分类性能（见图 9）。结果显示，可以从金属和织物表面检测到 Würth 和 Pentisol 油，并使用 Specim SWIR 相机进行分类。Weltlite 油可以在织物上检测到，但不能在金属上可靠的检测到。

值得注意的是，即使所有的油都涂在样品的非常有限的区域，Weltlite 油已经在织物上广泛扩散。

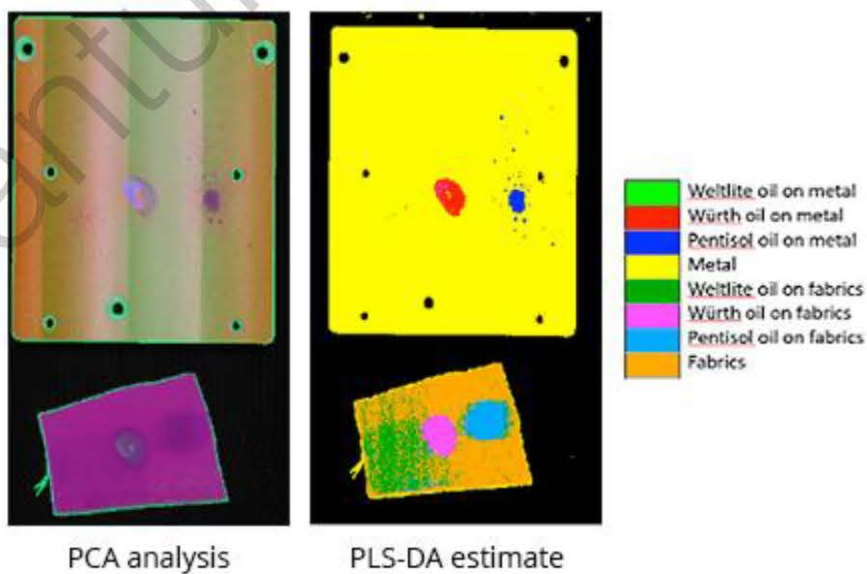


图 9. 用 SpecimONE 分选软件检测的效果

(3) Specim FX50 相机

Specim FX50 相机覆盖 2700 - 5300nm 光谱范围，即所谓的 MWIR。FX50 非常适合分拣不同类型的聚合物，无论其颜色如何，甚至是黑色的。

结果表明，FX50 可以检测金属和织物表面上的所有三种不同类型的油。FX50 甚至可以检测到微小的油滴。测试显示在 3300 和 3500 nm 光谱范围之间有很强的吸油性（图 11 和 12）。



图 10. Specim FX50 相机采集的伪彩色图像

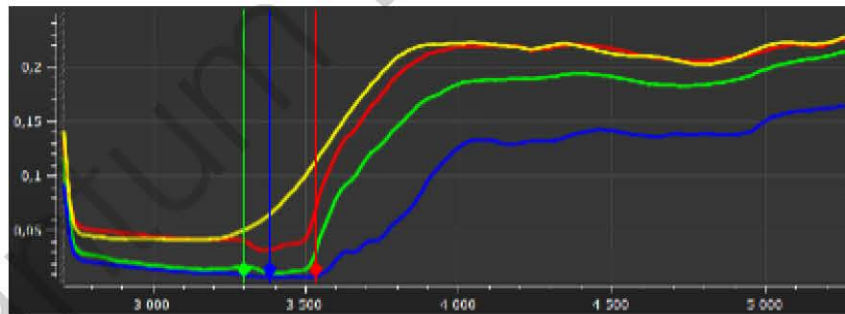


图 11. 使用 Specim FX50 相机测量的金属板上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite 油，红色表示 Würth 油，蓝色表示 Pentisol 油。黄色光谱可被视为参考，因为它们仅与金属有关，不会被任何类型的油破坏

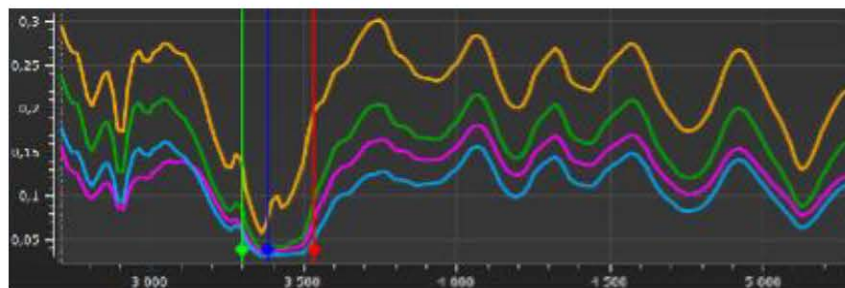


图 12. 使用 Specim FX50 相机测量的织物上三种油的光谱。绿色表示 Weldlite，红色表示 Würth，蓝色表示 Pentisol 油。黄色光谱可被视为参考，因为它们仅与织物有关，不会被任何类型的油破坏

除了 PCA 之外，研究人员还建立了 PLS-DA 模型来评估 Specim FX50 相机的分类性能。如图 13 所示，三种类型的油都可以从金属和织物表面检测到，并使用 Specim FX50 相机进行分类。

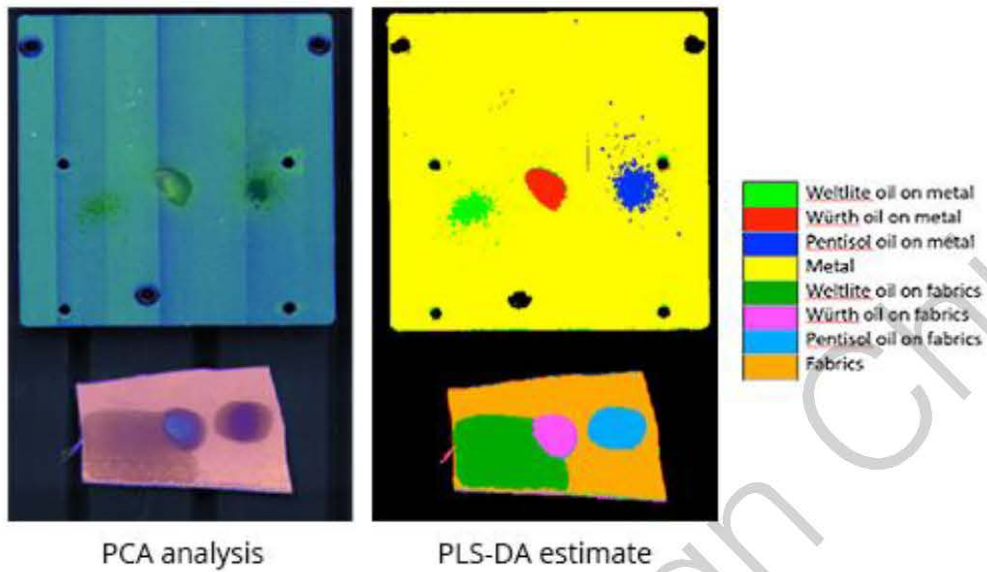


图 13. 用 SpecimONE 分选软件检测的效果

结论

根据分析，我们可以得出结论，Specim FX50 是检测表面油脂更为合适的高光谱相机。使用 FX50，您还可以对不同类型的油品进行分类。

词汇表

PC = 主成分

PCA = 主成分分析

SWIR = 短波红外线

MWIR = 中波红外线