

应用指南

远距离安防和监控用红外连续变焦镜头



背景介绍 在安防和监控领域，远距离红外 (IR) 成像技术在监控、追踪和定位方面发挥着越来越重要的作用。预计用于商业、两用安防和监控应用的红外系统的全球市场会快速增长，其规模将在2025 年达到总计 2.43 亿美元，^[1]年均复合增长率 (CAGR) 为 6.1% (2019-2025)。

利用红外成像技术，红外相机配备有高性能红外镜头，红外镜头能够有效捕捉到发射出的红外辐射，并将其聚焦到探测器阵列上，可以在极远范围内拍摄人员和车辆图像。

用于远距离安防和监控的红外光学镜头的生产受近期以下市场趋势影响：



图 1：安防和监控摄像头所采用的红外成像技术

- **接近衍射极限红外系统的发展** 随着红外探测器像元尺寸的减小，分辨率的不断增加，这就要求红外光学镜头要尽可能的接近衍射极限。这对红外光学元件的加工，装配提出了更高的要求。
- **无人机在安防和监控方面的应用愈加频繁** 无人机载荷有着严格的 SWaP（尺寸、重量和功率）限制，因此需要新的创新型光学机械设计。
- **对多光谱功能的需求** 对多光谱功能系统的需求大增，包括短波红外 (SWIR) + 中波红外 (MWIR)、中波红外 (MWIR) + 长波红外 (LWIR) 以及可见和近红外波段，因此对光电载荷规格提出了新要求。
- **在各类环境条件下均可持续运行** 安防和监控任务昼夜进行，同时还需承受下雨或起雾等恶劣的能见度条件。因此，光学镜头必须经久耐用，在各类环境条件下均可保持高性能表现。

难题 鉴于上述趋势，光学制造商面临以下挑战：如何在现代安防和监控成像系统的限制要求下生产出高性能光学产品。

为此，应考虑到以下关键因素：

- 具备远距离探测、识别与辨识 (DRI) 功能
- 镜头匹配的探测器类型（波段，制冷或非制冷）
- 探测器分辨率和像元尺寸
- 焦距和F数
- 尺寸和重量限制 SWaP 限制，特别是无人机系统的限制)
- MTF要求
- 环境要求

出于这些考虑，Ophir 采用了创新型设计和制造技术。

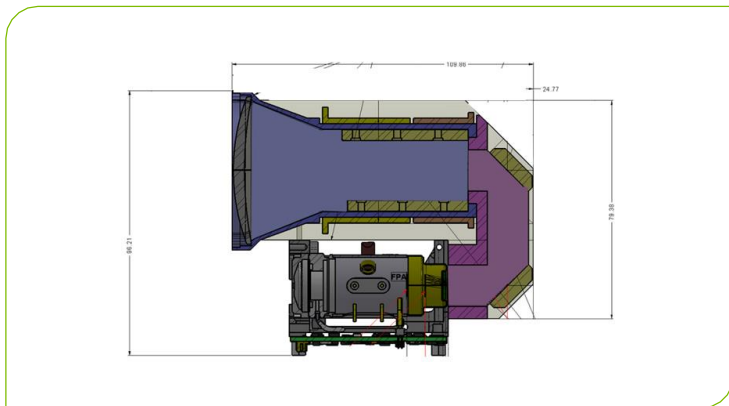


图 2：折叠式光学变焦镜头设计

解决方案 采用下述红外光学元件构造方式，Ophir 得以应对远距离安防和监控系统的严峻挑战：

连续变焦镜头设计

由于连续变焦镜头仅包含一个变焦镜头，而非多个单视场角 (FOV) 镜头，因此可在减少体积和重量的情况下实现高的性能。为确保安防和监控任务的灵活性，在使用过程中，用户可以随意改变放大倍数。

创新的光学设计

- 先进的红外材料可减少元件数量，解决无热化、消色差、尺寸及重量问题。
- 折叠式光学设计还可减少尺寸和重量（见图 2）。
- 衍射极限的光学设计可实现最高性能

创新的机械设计

使用以下部件，机械设计确保了恶劣环境条件下的耐用性，确保了在不同环境条件下的高度准确性和稳定性：

- 高精度的机械部件
- 具备高度准确性和稳定性的基座与硬质涂层部件
- 优质材料，实现无热化与 SWaP 设计
- 适应各种恶劣环境条件的组件

为耐受冲击和振动，Ophir 优化了镜头组件的重量和刚性。工程师设计并测试运动部件，使其在极端环境条件下无需维护即可拥有较长的使用寿命。镜头组件（第一片）具备 IP67 或以上的环境等级要求。

先进的生产能力

凭借先进的自主生产能力，公司可制造出适用于特定应用的部件，部件形状多样，应用材料丰富。此外，为获得更长焦距，具备高精度的大尺寸光学元件生产能力也是很重要，因此我们先进的镜头生产能力正是应对此类挑战的关键因素之一。

光学镀膜也对光学性能起着重要作用。Ophir 采用高耐久性 (HD) 和低反射硬碳 (LRHC) 增透膜, 大幅提高产品在极端环境条件下的性能与耐用性。此类镀膜还适用于多光谱应用。

产品功能

为满足安防和监控应用的需要, Ophir 为提供了全套产品, 其主要特性如下:

- 在整个变焦范围内保持光轴一致
- 在整个变焦范围内保持固定F数
- 在整个变焦范围内保持齐焦性
- 在低温和恶劣的环境条件也可工作
- 保持高图像质量
- 快速变倍实现视场切换
- 兼容主要的中波红外和长波红外探测器

为证明公司实力, 我们介绍以下三款长有效焦距 (EFL) 变焦镜头, 它们在远距离安防和监控应用中均有出色表现:



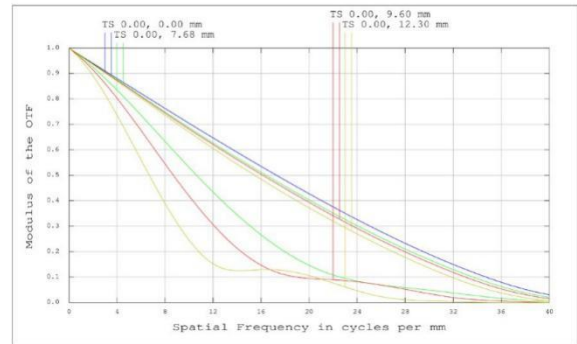
图 3: Ophir 最长焦距远距离连续变焦镜头。
从左到右: 28-850mm f/5.5、45-900mm f/4.0 及 SupIR 50-1350mm f/5.5

SupIR® 28-850mm f/5.5

该镜头的主要特性:

- 覆盖中波红外光谱范围, 波长为 3 μ 至 5 μ
- 兼容像素间距为 15 μ 的高清探测器 (1280 x1024)
- 30 倍变焦比
- 折叠式设计
- 光轴一致性良好
- 工作范围较远 (探测范围超过 20 km, 详见图 7)

WFOV 28mm



NFOV 850mm

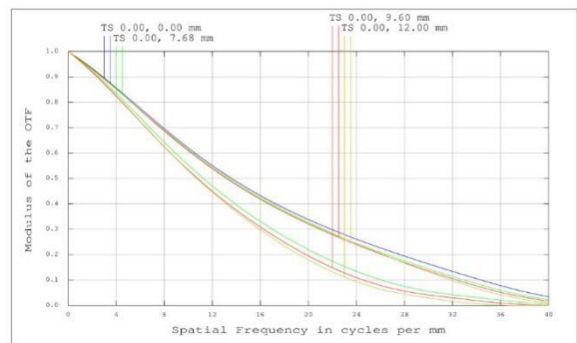


图 4: SupIR 28-850mm f/5.5 MTF 性能

图 4 为镜头在窄视场 (NFOV) 与宽视场 (WFOV) 下的 MTF。可以看出, WFOV 和 NFOV MTF 均接近衍射极限,

SupIR® 45-900mm f/4

该镜头由 15-300mm f/4 镜头与 3 倍光学增距镜组成。它们构成变焦镜头，有效焦距可达 900mm，具备 20 倍变焦比，在整个变焦范围内实现固定 F 数为 4.0。

图 5 给出该镜头在 WFOV 和 NFOV 下的 MTF 图。

可以看出 WFOV 和 NFOV MTF 均接近衍射极限。

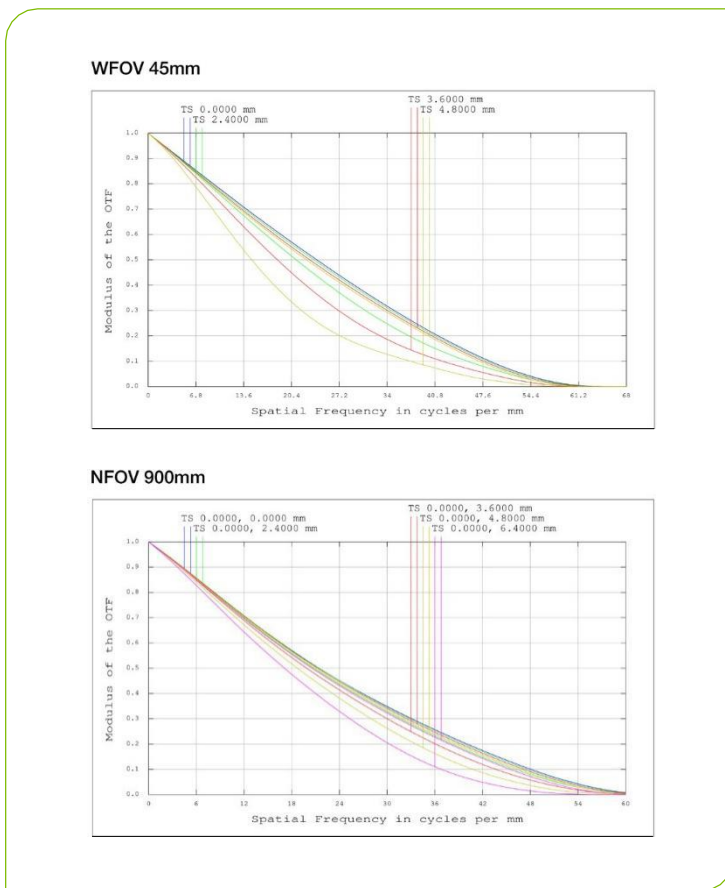


图 5: SupIR 45-900mm f/4 MTF 性能

SupIR® 50-1350mm f/5.5

该系列的第三款镜头为 50-1350mm f/5.5 变焦镜头，产品在 28-850mm 镜头的基础上另配了一个增距镜。与 28-850mm 变焦镜头类似，这款产品支持 SXGA 1280 x 1024 分辨率，15 μ 焦平面阵列 (FPA) 格式，性能接近衍射极限。作为目前公司产品系列中焦距最长的镜头，该产品符合空中及监控应用对远距离热成像光学元件的严苛要求，其探测距离可超过 26km。

图 6 是 50-1350mm f/5.5 镜头在 WFOV 和 NFOV 下的 MTF 图表该产品的 MTF 性能与构成的 28-850mm 变焦镜头相差无几。因此，在整个焦平面上，其宽窄视场角上的矢向 MTF 均接近衍射极限。

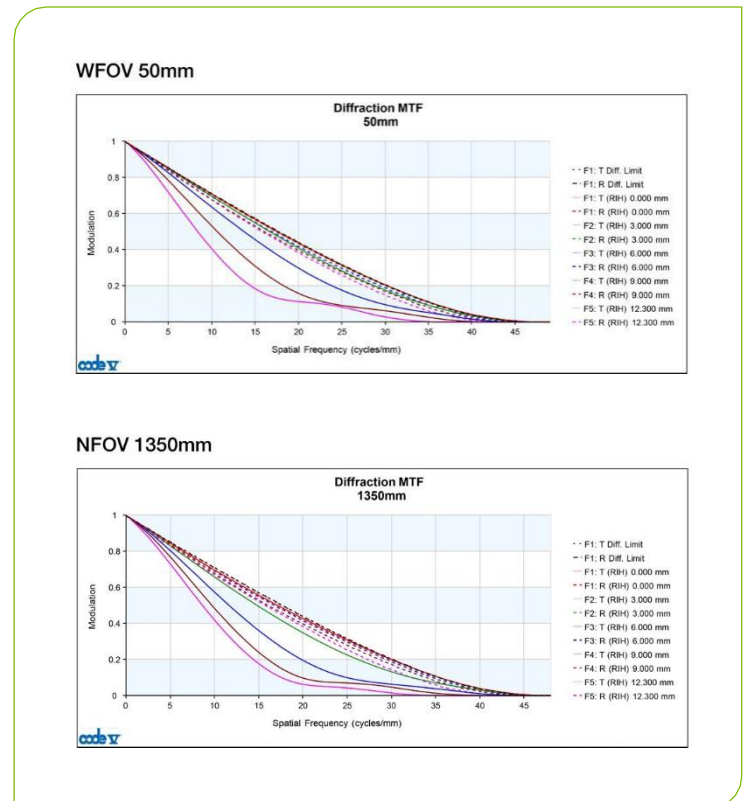


图 6. SupIR 50-1350mm f/5.5 MTF 性能

图 7 给出此类镜头的 **DRI 性能值**，其中 SupIR 50-1350mm f/5.5 镜头的探测范围可超过 26km。我们使用美国陆军夜视实验室 (U.S Army Night Vision Lab) 的 FLIR92 模型计算 DRI 范围，假设大气衰减系数值为 0.2km⁻¹。如图 4-6 所示，由于镜头具备较长的有效焦距，且 NFOV MTF 值较高，因此 DRI 距离较远。

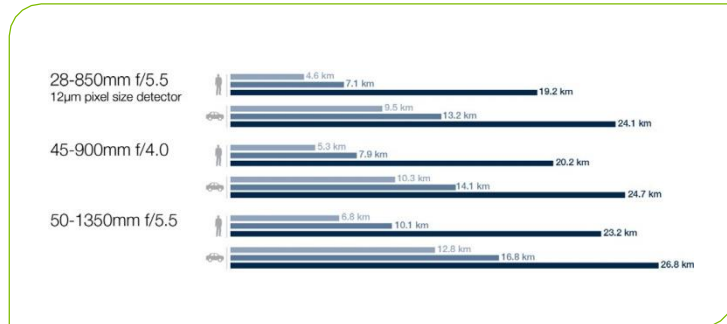


图 7：各镜头的探测、识别与辨识范围。

结论 对于小像元尺寸探测器和远距离探测光学系统而言，其光学、机械及变倍的配置和部件是实现高性能的关键所在。

当涉及到无人机载荷等受限平台时，产品必须采用在全变焦范围内均可实现高光学性能的轻量化设计。

为在恶劣环境条件下获得高分辨率成像，镜头必须具备较长的焦距和高变比，此外还需要高耐性镀膜确保光学系统具有高的且稳定的透过率。

凭借全新设计与先进生产能力的绝佳组合，Ophir 推出具备高图像质量、高分辨率和连续变焦功能的产品，产品在恶劣环境条件下也可实现远距离探测，从而满足了安防和监控市场中下一代远距离热成像应用的需求。

参考文献

1. Maxtech International Inc.: "The world market for commercial and dual use infrared imaging and infrared thermometry equipment", 2020.