

用于下一代热成像应用的 先进红外连续变焦镜头



Kobi (Jacob) Lasri, Ophir Optronics Solutions Ltd.

摘要：在本文中我们回顾了红外变焦镜头的最新进展，这些镜头可满足对减小尺寸、重量和功率 (SWaP) 的挑战性要求，同时能够在恶劣的环境条件下以及在机载和便携式系统等受限平台上，实现高的成像性能。描述了为下一代红外热成像系统和应用优化的高级折叠式光学镜头和轻量级连续变焦镜头的设计考量和性能。

1. 简介

红外成像应用的发展日新月异，不断向着尺寸小、重量轻和功率低 (SWaP) 的方向发展。尤其是手持式热成像仪 (HHTI)、无人机和小型云台等应用对体积小、重量轻、功耗低的高性能红外热成像系统的需求越来越大。虽然探测器的进步可以提高成像性能，但如果沒有红外光学镜头质量的相应配套发展，整个红外系统性能也很难提高。即在尺寸受限系统中，即使采用最好的探测器，镜头质量在决定成像性能方面仍起着重要作用。设计和制造出紧凑轻巧，性能优异的镜头的重担就落在了光学制造商身上：需要在整个变焦范围内都有清晰的图像；接近衍射极限的 MTF。在这种情况下，需要运用各种技术来满足这些光学需求，包括创新的光机械设计[1]、

特殊材料^[2,3]以及自由曲面光学设计[4]。在本文中我们分别基于独特的折叠式光学镜头和轻量化光学镜头，展示了两个具有SWaP特性的红外连续变焦镜头，其适用于下一代红外制冷探测器和受限平台的热成像应用。

2. 连续变焦镜头 SWaP 设计

下面介绍两个用于中波制冷红外探测器的 SWaP 变焦镜头的例子。第一个是 16-180mm f/3.6 连续变焦镜头，采用折叠式光学配置，适用于配备 10 μ m 像元尺寸制冷探测器。第二个 SWaP 例子是 20-275mm f/5.5 连续变焦镜头，采用独特的轻量级光机设计，适用于无人机载荷和手持便携式设备的应用。

2.1. 折叠式光学 16-180mm f/3.6 变焦镜头设计

图 1(a) 展示了 16-180mm f/3.6 变焦镜头的光机布局和图片，该变焦镜头针对中波红外 10 μ m 像元尺寸探测器进行优化设计。

这种镜头的特性使镜头在一定尺寸和重量下具有较大的变焦范围。例如，与 23mK NETD，15 μ m 像元尺寸探测器集成（基于 FLIR92 模型计算）时，一辆 2.3m 长汽车的探测范围大约为 15 公里。据我们所知，这是当今市场上最小最轻的连续变焦镜头，可在恶劣环境条件下和受限平台上实现先进红外热成像系统的高性能。

3. 结论

我们成功设计和应用了SWaP型的先进红外变焦镜头，该镜头基于独特的折叠式光学设计，适用于 10 μ m 像元尺寸尺寸，轻量级光学机械概念使镜头重量减少了 40% 以上。对于两种镜头，我们已经证明了 MTF 性能接近衍射极限，镜头具有在恶劣环境条件下和受限平台上实现高分辨率图像和识别的能力。此类变焦镜头为下一代 UAV、HHTI 和小型云台热成像应用带来了新的机会。

参考文献

1. J.L. Ramsey et al., "Experimental verification of a MWIR/LWIR 3x continuous zoom lens", Proc.SPIE 10998, 109980M1-6 (2019).
2. G. Beadie et al., "Temperature-dependent dispersion fitting for a recent infrared glass catalog", Proc.SPIE 10998, 10998041-6 (2019).
3. D. Gibson et al., "Multispectral IR optics and GRIN", Proc.SPIE 10998, 109980D1-10 (2019).
4. S. Szapiel et al., "Freeform based lateral-shift compact zoom system: theory and computer simulations", Proc.SPIE 10627, Advanced Optics for Defense Applications:UV through LWIR III, 1062707 (May 2018).