

减小红外仪器杂光方法探讨

郑亲波

(中国科学院上海技术物理研究所)

国外对光学仪器的杂光早就开展了研究^[1]。诸多文章对可见光系统杂光的计算^[2]、测量^[3~5]和消除^[6, 7]提出不少看法及措施,但有关红外仪器方面的文章却不多见。

光学仪器的杂光^[8~10]被定义为进入象面内的非成象光线。可见光系统的杂光由光学零件、机械零件的反射和散射产生。杂光的光源大部处在仪器之外。红外系统的杂光(确切地说应该是杂散辐射)既来自仪器之外,又来自仪器本身。在大部分情况下,仪器管壁的辐射是杂光的主要来源。因此,对于红外仪器,减小杂光的措施应与可见光系统不同。本文在分析了红外杂光光源并导出杂光量计算公式后,提出采用高反射率的镜筒筒壁结构的办法。

下面以单透镜组成的红外探头为例进行分析(见图1)。

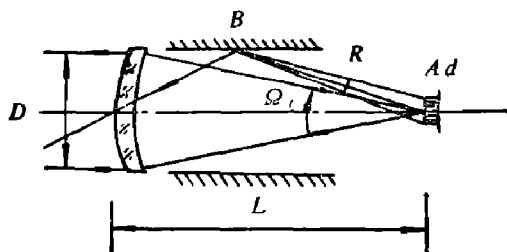


图1 单透镜系统

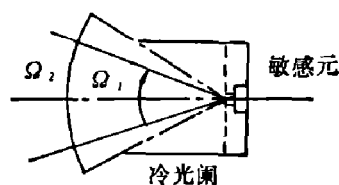


图2 探测器张角示意图

设透镜的口径为 D , 透镜离探测器的距离为 L , 则探测器对透镜所张的立体角为

$$\Omega_1 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2}{L^2}, \quad (1)$$

这是系统接收目标信号的立体角。而探测器的接收立体角为 $\Omega_2 \leq 2\pi$ (见图2)。

从筒壁上某点面积为 dS 的 B 点到达探测器上的杂光 P 包括二部分,一部分是反射来自系统外的辐射 P_1 , 另一部分是镜筒自身辐射 P_2 。设来自探测系统外的辐射在仪器筒壁上的辐照度为 E , 则

$$P_1 = \int_s \frac{E\rho}{\pi} dS \frac{A_d}{R^2} = \int_s \frac{E\rho}{\pi} A_d \frac{dS}{R^2}, \quad (2)$$

式中 ρ 为筒壁的反照率, A_d 为探测器的面积, R 为 B 点到探测器的距离。由于 $dS/R^2 = d\omega$, 将式(2)积分元变换, 得

$$P_1 = \int_{\Omega_1 - \Omega_2} \frac{E}{\pi} \rho A_d d\omega = \frac{E}{\pi} \rho A_d (\Omega_2 - \Omega_1)。 \quad (3)$$

设筒壁温度为 T , 比辐射率为 ε , dS 面积元上的辐射出射度为

$$M' = \varepsilon M = \varepsilon \int_{\infty} c_1 \lambda^{-5} [\exp(c_2/\lambda T) - 1]^{-1} d\lambda。 \quad (4)$$

若设透镜表面的比辐射率为零(事实上透镜表面的比辐射率确实很低), 那么,

$$P_2 = \int_s \frac{M}{\pi} \varepsilon \frac{A_d}{R^2} dS = \frac{M}{\pi} \varepsilon A_d (\Omega_2 - \Omega_1)。 \quad (5)$$

根据基尔霍夫定律,筒壁上 $\varepsilon + \rho = 1$, 则筒壁到达探测器上的总杂光量为

$$P = P_1 + P_2 = \frac{A_d}{\pi} (\Omega_2 - \Omega_1) [E\rho + M(1 - \rho)]。 \quad (6)$$

这些杂光大部分成为致冷器的热负载,其中一部分被探测器转换成背景信号。

由式(6),要减小杂光量,不仅应采用致冷的屏蔽套(冷光栏)限制探测器的角响应和用致冷的滤光片限制光谱响应^[11],还应根据红外杂光外光源 E 及内光源 M 的大小,控制镜筒内壁的表面反射(辐射)特性。作者认为,对于那些探测微弱目标的红外仪器,那些需要致冷才能工作而致冷量又很有限的遥感仪器、那些在室温或高于室温的环境中工作的仪器,由于大部分情况下 $M \geq E$, 镜筒筒壁不能采取象可见光系统所常用的车螺纹并喷黑色无光漆的办法,相反,要抛光,要涂高反射率的涂层,甚至要降低整台仪器(或关键部位)的温度。

仪器的结构往往是复杂的,而且还可能取宽波段多光谱工作模式。因此,为了有效地降低杂光,还应仔细分析在哪一部位采取冷却措施或采取哪种低吸收高反射的措施,以满足仪器工作的需要。

参 考 文 献

- [1] *SPIE*, Vol. 107, 1978.
- [2] 王子余等, *光学仪器*, **14**(1982), 2: 8.
- [3] BREWER R. J., *Optica Acta*, **19**(1972), 6: 547.
- [4] HIDEKI. KONDO, *Optica Acta*, **27**(1980), 7: 939.
- [5] 毛秀娟等, *光学仪器*, (1981), 1: 33.
- [6] 金轸裕, *光学机械* (1982), 2: 39.
- [7] *光学仪器设计手册*, 国防工业出版社, 1972, 618.
- [8] MARTIN S., *Optica Acta*, **19**(1972), 6: 499.
- [9] MARTIN S., *Optica Acta*, **25**(1978), 12: 113.
- [10] MARTIN S., *Optica Acta*, **26**(1979), 2: 163.
- [11] HUDSON R. D. JR., *Infrared System Engineering*, New York: JOHN WILEY & SONS, INC, 1969.

(本文 1983 年 3 月 22 日收到)

DISCUSSION ON THE METHOD FOR REDUCING VEILING-GLARE IN THE INFRARED INSTRUMENT

ZHENG QINBO

(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

In view of the facts that the veiling-glare in the infrared instrument comes not only from the outside of the instrument, but from the inside also, and in most cases, thermal radiation of the instrument wall is the primary source of the veiling-glare, a method to use high-reflectivity-wall tube for reducing veiling-glare is proposed, which is different from the traditional ones.