

文章编号:1004-4213(2010)07-1319-5

# 星载成像光谱仪杂散光测量\*

张军强<sup>1,2</sup>, 吴清文<sup>1</sup>, 颜昌翔<sup>1</sup>

(1 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**星载成像光谱仪用于获得高准确度的光谱遥感数据,而杂散光是影响其光谱测量准确度的重要因素之一.介绍了此类成像光谱仪杂散光的定义、来源和危害,在比较截止滤光片法、光谱法、谱杂散光系数法等光谱仪器常用杂散光测量方法优缺点的基础上,论述了使用杂散光影响因子描述光谱仪杂散光的可行性和优越性.最后,介绍了使用窄带滤光片测量星载成像光谱仪杂散光影响因子的测量系统组成、测量步骤和测量结果,并分析了测量方法的不确定度.结果表明:杂散光影响因子能有效描述光谱仪的杂散光特性,测量结果与光源、探测器等测量条件无关;窄带滤光片法测量不确定度为 0.646%(置信概率约为 95%),能满足星载成像光谱仪杂散光测量的工程需要.

**关键词:**杂散光测量;窄带滤光片;成像光谱仪;不确定度分析

**中图分类号:** O433.1

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3788/gzxb20103907.1319

## 0 引言

星载成像光谱仪是在特定光谱域以高光谱分辨率同时获得连续的地物光谱图像,使遥感数据在光谱维进行展开得到高准确度的光谱遥感数据.光谱遥感的探测目标是微弱的光谱信号,杂散光是影响光谱测量准确度的重要原因之一.当前,国内对光学遥感仪器的杂散光研究主要集中在望远镜系统<sup>[1-7]</sup>,而对光谱仪器的杂散光研究较少,只有禹秉熙、于洵等人在 20 世纪初对单色仪和非单色仪杂散光作了一些分析和测量工作<sup>[8-9]</sup>,而对成像光谱仪杂散光的分析和测量在国内尚少有报道.在国外,美国、德国等发达国家在研制新一代高分辨成像光谱仪时都将杂散光的分析和测量作为一个重要的课题进行了深入研究<sup>[10-11]</sup>;为了降低杂散光引起的光谱仪分光测量误差,Yuqin Zong 等人用单色仪测量了光谱仪的杂散光并建立杂散光矩阵,通过软件实现了杂散光的定量修正<sup>[12]</sup>.

本文结合某星载成像光谱仪的研制工作,探讨了此类成像光谱仪杂散光的来源、危害和定义,比较了截止滤光片法、光谱法、谱杂散光系数法等光谱仪器杂散光测量方法的优缺点,论述了使用杂散光影响因子描述光谱仪杂散光的可行性和优越性.文章最后给出了使用窄带滤光片测量成像光谱仪杂散光的系统组成、测量步骤和测量结果,并分析了测量方

法的不确定度.

## 1 成像光谱仪杂散光分析

图 1 为某星载成像光谱仪的光路简图,为了同时达到高分辨、大视场和较低的体积和重量,望远镜采用非球面主镜、次镜和第三镜构成离轴非球面三反射镜系统(Three Mirror Assembly, TMA),光谱仪采用的非球面准直镜和成像镜也构成离轴非球面系统,光谱仪的色散元件为复合棱镜<sup>[13-14]</sup>.

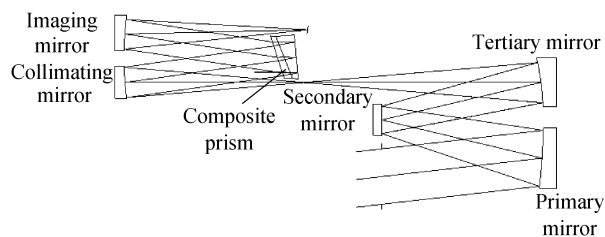


图 1 成像光谱仪的光学结构

Fig. 1 Optical configuration of HRIS

光谱仪器杂散光的绝对值大小与光源、探测器等测量设备特性有关,通常用杂散光系数表示杂散光的相对值,即在光谱仪标称波长上,除该波长以外所有其他波长的辐射能量之和与标称波长的辐射能量之比.

与普通光栅光谱仪不同,本文研究的成像光谱仪采用棱镜分光技术,棱镜表面镀增透膜,没有光栅光谱仪中零级和高级光谱干扰及光栅刻划鬼线等杂散光<sup>[15]</sup>.此外,针对接收器件独立设计的入射狭缝有效避免了光线相混现象,也大大降低了望远镜系统杂散光对光谱仪系统的影响.光谱仪杂散光的来

\* 国防预研基金项目(O5001SA050)资助

Tel: 0431-86708691

Email: zjq1981\_81@163.com

收稿日期: 2009-11-22

修回日期: 2010-01-16

源主要有以下几方面:

1) 反射镜、棱镜等光学器件表面灰尘及缺陷引起的杂散光; 2) 框架内壁、反射镜边缘等反射引起的杂散光; 3) 光谱仪像面相邻像元之间的光谱串扰.

光谱仪的杂散光会造成一定的背景, 降低系统信噪比, 直接导致光谱仪分光测量误差增大, 降低仪器光谱测量准确度.

## 2 光谱仪器杂散光测量的常用方法

关于光谱仪器杂散光的测量, 人们已经做过许多研究工作: 在国外, 截止滤光片测其透过率<sup>[16]</sup>、光谱法<sup>[17]</sup>、级数透过率法<sup>[18]</sup>、卷积算法<sup>[19]</sup>等早已应用于单色仪的杂散光测量, 矩阵修正法<sup>[12]</sup>也被用于成像光谱仪的杂散光修正; 在国内, 谱杂散光系数法<sup>[8]</sup>、光学玻璃截止滤光片法<sup>[9]</sup>、氧气吸收光谱及参量拟合法<sup>[20]</sup>等也被应用于单色仪和非单色仪的杂散光测量. 但是, 这些方法均不能满足在研成像光谱仪杂散光测量的工程需要:

1) 截止滤光片法虽然测量方法简单、效率较高, 但只能测量截止波长一侧的杂散光, 且短波带通长波截止的滤光片不易制作.

2) 光谱法和谱杂散光系数法测量准确度较高, 测量结果也符合实际, 但效率较低, 不适合工程应用.

3) 级数透过率法和氧气吸收光谱法工程应用的可操作性不强.

4) 卷积算法测量结果与光源有关, 不能独立表示仪器自身杂散光水平.

5) 矩阵修正法能有效测量光谱仪器的杂散光, 并能实现杂散光修正, 但对弱信号响应灵敏度不高.

所以, 要在光谱仪系统装调过程中精确、高效地测量其杂散光, 关键是选择合适的物理量描述系统杂散光并实现该物理量精确、高效的测量.

## 3 成像光谱仪杂散光测量

当前, 国内外对光谱仪器杂散光描述比较准确的是文献<sup>[8]</sup>提出的谱杂散光系数法, 但要直接测量仪器的透过率, 测量过程比较复杂. 据此, 本文用杂散光影响因子  $d_{i,j}$  描述光谱仪器的杂散光水平, 并将其定义为: 波长  $\lambda_j$ 、带宽  $\Delta\lambda$  的单色光照射光谱仪狭缝时, 光谱仪谱面波长  $\lambda_i$  ( $i \neq j$ ) 处的杂散光辐射能量  $E_i$  与谱面波长  $\lambda_j$  处的有效光辐射能量  $E_j$  之比.

光谱仪全谱段的杂散光一般在 0.1% 数量级<sup>[8,15]</sup>, 而单个谱段入射光(带宽  $\Delta\lambda < 50$  nm) 引起

的杂散光就更小了, 普通单色仪的光谱辐射经光谱仪后在谱面产生的杂散光很难使探测器产生有效响应. 为此, 我们选用大功率、高稳定性的卤钨灯作为光源, 辅助 OD4 级截止深度的窄带滤光片产生具有一定带宽的单色光, 用于杂散光的测量.

用白光照射光谱仪入缝, 光谱仪入缝前加窄带滤光片  $F_j$  (中心波长  $\lambda_j$ ), 谱面  $\lambda_i$ 、带宽  $\Delta\lambda$  处探测器的输出为  $V_{i,j}$ , 谱面  $\lambda_j$ 、带宽  $\Delta\lambda$  处探测器的输出为  $V_{j,j}$ , 则

$$V_{j,j} = \alpha E(\lambda_j) \tau_j T_j(\lambda_j) R(\lambda_j) \Delta\lambda d_{i,j} + V_0 \quad (1)$$

$$V_{i,j} = \alpha E(\lambda_j) \tau_j T_i(\lambda_j) R(\lambda_j) \Delta\lambda d_{i,j} + V_0 = \alpha E(\lambda_j) \tau_j T_j(\lambda_j) R(\lambda_j) \Delta\lambda d_{i,j} + V_0 = (V_{j,j} - V_0) d_{i,j} + V_0 \quad (2)$$

式中,  $\alpha$  为放大系数;  $E(\lambda)$  为光源光谱分布;  $\tau_j$  为中心波长  $\lambda_j$  窄带滤光片的等效透过率,  $T_i(\lambda_j)$  为光谱仪谱面  $\lambda_i$  处波长  $\lambda_j$  的光谱透过率;  $T_j(\lambda_j)$  为光谱仪谱面  $\lambda_j$  处波长  $\lambda_j$  的光谱透过率;  $R(\lambda)$  为探测器光谱响应;  $d_{i,j}$  为波长  $\lambda_j$ 、带宽  $\Delta\lambda$  处光谱辐射对波长  $\lambda_i$  的杂散光影响因子;  $V_0$  为探测器暗噪音.

由式(2)可求解杂散光影响因子  $d_{i,j}$

$$d_{i,j} = \frac{V_{i,j} - V_0}{V_{j,j} - V_0} = \frac{\alpha E(\lambda_j) \tau_j T_i(\lambda_j) R(\lambda_j) \Delta\lambda}{\alpha E(\lambda_j) \tau_j T_j(\lambda_j) R(\lambda_j) \Delta\lambda} \quad (3)$$

即

$$d_{i,j} = T_i(\lambda_j) / T_j(\lambda_j) R \quad (4)$$

分析式(3)、式(4)可知:

1)  $V_{i,j} - V_0$  为波长  $\lambda_j$  处的光谱辐射在谱面  $\lambda_i$  处形成的杂散光 DN 值,  $V_{j,j} - V_0$  为有效光的 DN 值. 所以, 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  是光谱仪谱面杂散光对有效光的归一化结果.

2)  $T_i(\lambda_j)$  为光谱仪谱面  $\lambda_i$  处波长  $\lambda_j$  的光谱透过率,  $T_j(\lambda_j)$  为谱面  $\lambda_j$  处波长  $\lambda_j$  的光谱透过率, 两者均为光谱仪本身的特性, 与光源、探测器等测试条件无关. 所以, 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  表示了光谱仪自身的杂散光特性.

综上所述, 可知:

1) 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  是光谱仪谱面杂散光与有效光之比, 直接反映了杂散光对光谱仪成像对比度的影响.

2) 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  的本质与谱杂散光系数相同, 是光谱仪透过率的比值, 与光源、窄带滤光片、探测器等测试条件无关, 所以能真实反应仪器的杂散光特性.

3) 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  的表现形式为单色光入射时光谱仪谱面不同位置处的光谱辐射能量之比, 省略了光谱仪透过率测量的复杂过程, 便于工程应用.

若将杂散光影响因子  $d_{i,j}$  表示为如式(5)所示矩阵形式,则矩阵 A 的每行为光谱仪谱面不同波长  $\lambda_j$  处辐射对某一波长  $\lambda_i$  的影响,称为谱面  $\lambda_i$  处的杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$ ;每列为某一波长  $\lambda_i$  处辐射对不同波长  $\lambda_j$  的影响,称为谱面  $\lambda_i$  处的杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 0 & d_{1,2} & d_{1,3} & \cdots & d_{1,14} & d_{1,15} \\ d_{2,1} & 0 & d_{2,3} & \cdots & d_{2,14} & d_{2,15} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{15,1} & d_{15,2} & d_{15,3} & \cdots & d_{15,14} & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$  在一定程度上反应了光谱仪谱面  $\lambda_i \pm \Delta\lambda$  处的光谱纯度,而杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$  则反应了光谱仪对不同波长光谱辐射源的杂散光敏感程度。

对于研制过程中的星载成像光谱仪,降低仪器杂散光的本质就是通过采取适当措施降低杂散光受扰系数和杂散光干扰系数;而对于在轨工作的设备,我们可以根据实际需要避开杂散光干扰系数较大的辐射源,同时尽量选用杂散光受扰系数较小波段的光谱数据,以节约系统资源、提高数据有效率和光谱仪的光谱分辨率。

## 4 实验

为了验证利用杂散光影响因子描述成像光谱仪杂散光的工程可操作性,建立了如图 2 所示的杂散光测量系统。光源选用高稳定卤钨灯,经光学系统成像后充满光谱仪口径;15 种窄带滤光片  $F_i$  (半宽  $B \approx 10$  nm, 峰值透过率  $T_i \geq 50\%$ , 截止范围  $200 \sim 1\ 100$  nm, 截止深度  $\geq OD4$ ) 中心波长  $\lambda_i$  基本均布于  $400 \sim 1\ 000$  nm 之间;感光器件选用日本滨松硅探测器。

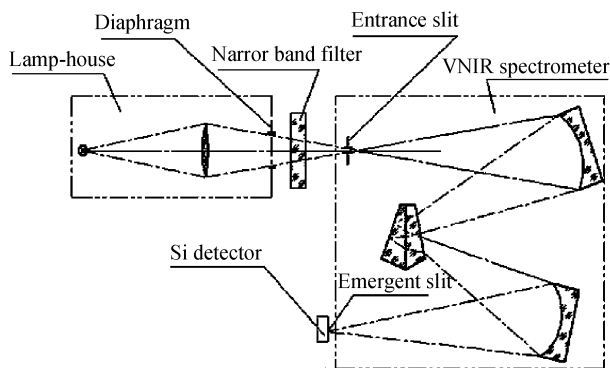


图 2 VNIR 光谱仪杂散光测量系统

Fig. 2 Stray light measurement system of VNIR spectrometer

测量步骤如下:

1) 光源、探测器上电预热至稳定状态,测量探测器的暗噪声  $V_0$ 。

2) 调节卤钨灯亮度,使探测器输出 DN 值合适。

3) 光谱仪入缝前加窄带滤光片  $F_j$  ( $j=1,2,\dots,15$ ), 测谱面  $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,15$ )、带宽  $\Delta\lambda$  处的探测器响应:

当  $i=j$  时,探测器响应值为有效光  $V_{j,j}$  (包含暗噪声  $V_0$ );

当  $i \neq j$  时,探测器响应值为杂散光  $V_{i,j}$  (包含暗噪声  $V_0$ )。

4) 由式(3)求解杂散光影响因子  $d_{i,j}$ 。

5) 绘制杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$  和杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$  随波长变化的曲线。

6) 由于  $f_i(\lambda)$  和  $F_i(\lambda)$  随波长变化是光滑过渡的,对于未知波长处的数据可用 Matlab 软件插值求解。

以波长  $\lambda_i = 532$  nm (4 号窄带滤光片) 为例,谱面  $\lambda_i$  处的杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$  如图 3, 杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$  如图 4。需要指出的是,图 3 和图 4 均省略了曲线在波长  $\lambda_i = 532$  nm 处的不连续点。

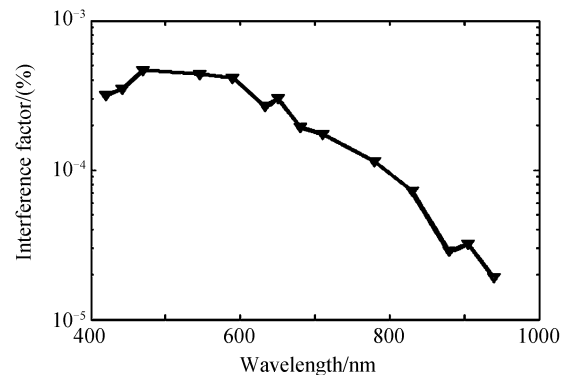


图 3 波长 532 nm 处杂散光受扰系数与波长的关系曲线

Fig. 3 Relationship between stray light interference factor and wavelength at 532 nm

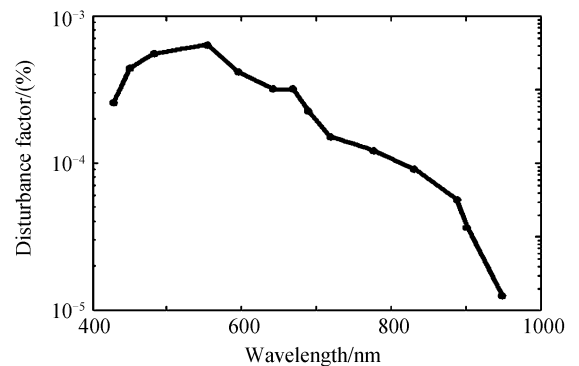


图 4 波长 532 nm 处杂散光干扰系数与波长的关系曲线

Fig. 4 Relationship between stray light disturbance factor and wavelength at 532 nm

## 5 测量不确定度分析

本文给出的杂散光影响因子  $d_{i,j}$  定义、实现和推导过程较完善,窄带滤光片测量法和测量程序较

理想;此外,由于试验在恒温超净室内进行,环境条件影响引起的误差可忽略不计.所以,可假设式(3)中  $\tau_j$ 、 $T_i(\lambda_j)$ 、 $T_j(\lambda_j)$  和  $\Delta\lambda$  为常量,影响测量不确定度的主要因素为测量仪器和示值设备不确定度:

#### 1) 探测器不确定度

探测器不确定度主要受探测器光谱响应稳定性和探测器暗噪声稳定性影响.测量系统选用北京赛凡光电仪器有限公司提供的 7ID219 硅探测器组件,其内置日本滨松 1337 系列硅探测器,校正后光谱响应稳定性相对不确定度  $u_R=0.05\%$ (1h).探测器暗电流为  $2\times 10^{-10}$  A,故探测器暗噪声稳定性引起的误差可忽略不计.

#### 2) 光源不确定度

测量系统光源选用北京赛凡光电仪器有限公司提供的 7ILT75 卤钨灯光源组件,其内置德国 OSRAM 原装进口灯泡及灯座,配套 71PT75 稳流电源(电流稳定度 0.1%)使用并预热稳定时,光源输出波动为 0.12%~0.2%,故取光源相对不确定度  $u_E=0.2\%$ .

#### 3) 示值不确定度

测量系统选用 Agilent 34401A 数字万用表示值探测器输出信号,直流电流示值相对不确定度  $u_a=0.05\%$ (24 h).

以上分别对影响测量不确定度的主要误差进行了单项分析,根据误差理论中关于测量相对不确定度的合成方法<sup>[21]</sup>,可对窄带滤光片测量法的不确定度进行合成.

$$d_{i,j} = \frac{(\alpha + \Delta\alpha)(E + \Delta E)(R + \Delta R)T_i(\lambda_j)}{\alpha ER T_j(\lambda_j)} = \frac{T_i(\lambda_j)}{T_j(\lambda_j)} \left(1 + \frac{\Delta\alpha}{\alpha} + \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta\alpha\Delta E}{\alpha E} + \frac{\Delta\alpha\Delta R}{\alpha R} + \frac{\Delta E\Delta R}{ER} + \frac{\Delta\alpha\Delta E\Delta R}{\alpha ER}\right) = \frac{T_i(\lambda_j)}{T_j(\lambda_j)} (1 + u_a + u_E + u_R + u_a u_E + u_a u_R + u_E u_R + u_a u_E u_R) \quad (6)$$

由式(6)可得合成相对不确定度为

$$u_{C_{rel}} = u_a + u_E + u_R + u_a u_E + u_a u_R + u_E u_R + u_a u_E u_R = 0.323\%$$

若取包含因子  $k=2$ ,则本文提出窄带滤光片法测量杂散光的扩展不确定度为 0.646%,置信概率约为 95%.

## 6 结论

本文介绍了成像光谱仪杂散光的定义、来源和危害;比较了截止滤光片法、光谱法、谱杂散光系数法等光谱仪器杂散光测量方法的优缺点;论述了使用杂散光影响因子  $d_{i,j}$  描述光谱仪杂散光的可行性

和优越性,并给出了杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$  和杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$  的定义、物理意义和工程应用价值.最后,介绍了使用窄带滤光片测量星载成像光谱仪杂散光的系统组成、测量步骤和测量结果,并分析了测量方法的不确定度.结论如下:

1) 现有的杂散光测量技术不能满足成像光谱仪杂散光测量的工程需要.

2) 杂散光影响因子  $d_{i,j}$  的本质是光谱仪透过率的比值,能正确表示光谱仪的杂散光特性,测量结果与光源、探测器等测量条件无关,且数据处理简单.

3) 窄带滤光片法克服了单色仪光谱辐射强度不足的缺点,能实现成像光谱仪杂散光影响因子的测量,测量设备和测量过程简单,测量不确定度为 0.646%(置信概率约为 95%),能满足星载成像光谱仪杂散光测量的工程需要.

4) 杂散光受扰系数  $f_i(\lambda)$  和杂散光干扰系数  $F_i(\lambda)$  反应了光谱仪的光谱纯度和对不同波长光谱辐射源的杂散光敏感程度,对于星载成像光谱仪研制特别是在轨工作具有较大的应用价值,可以有效节约系统资源、提高光谱数据有效率和光谱仪的光谱分辨率.

#### 参考文献

- [1] SHOLL M J, GROCHOCKI F S, FLEMING J C, *et al.* Stray Light design and analysis of the SNAP telescope[C]. *SPIE*, 2007, **6675**: 66750C.
- [2] LIU Rui-xiang. Stray light factors and its measurement [J]. *Opt Precision Eng*, 1977(5): 11-16.  
刘瑞祥. 杂光系数及其测量. *光学精密工程*, 1977(5): 11-16.
- [3] LI Ting, YANG Jian-feng, RUAN Ping, *et al.* Stray light analysis of the lunar-based optical telescope [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(Sup1): 137-142.  
李婷, 杨剑锋, 阮萍, 等. 月球光学天文望远镜(LOT)的杂散光分析[J]. *光子学报*, 2007, **36**(Sup1): 137-142.
- [4] ZOU Gang-yi, FAN Xue-wu. Baffle design and stray light analysis of the off-axis three-mirror telescope [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(3): 605-609.  
邹刚毅, 樊学武. 离轴三反射望远镜遮光罩设计与杂光分析[J]. *光子学报*, 2009, **38**(3): 605-609.
- [5] SHI Guang-hui. Methods preventing stray light emergences in dassesrain systems[J]. *Opt Precision Eng*, 1997, **5**(5): 10-16.  
史光辉. 消除卡塞格林系统杂光的措施[J]. *光学精密工程*, 1997, **5**(5): 10-16.
- [6] YUAN Yu-kai, LI Xin-yao, PEI Yun-tian, *et al.* Suppressing FY-2 radiometer visible channel stray light by templates[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(8): 1538-1542.  
原育凯, 李欣耀, 裴云天, 等. 模板方法消除 FY-2 辐射计可见杂散光[J]. *光子学报*, 2007, **36**(8): 1538-1542.
- [7] DU Bao-lin, LI Lin, HUANG Yi-fan, *et al.* Analysis and study on coating suppressing stray-light of space remote sensor [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(Z1): 220-222.  
杜保林, 李林, 黄一帆, 等. 空间遥感器消除杂光涂料的分析与研究[J]. *光子学报*, 2008, **37**(Z1): 220-222.
- [8] YU Bing-xi. The stray light in monochromator and its measurement[J]. *Acta Metrologica Sinica*, 1991, **12**(3): 177-180.  
禹秉熙. 单色仪的杂光及其测量[J]. *计量学报*, 1991, **16**(3):

- 177-180.
- [9] YU Xun, HOU Xi-qi. Analysis and measurement of stray light in Non-monochromatic Spectrometer [J]. *Application Optics*, 1991, **12**(5):53-56.  
于洵,侯西旗.非单色光谱仪杂散光分析和测量[J].应用光学,1991, **12**(5): 53-56.
- [10] CUTTER M A, LOBB D R, WILLIAMS T L, *et al.* Integration & testing of the compact high-resolution imaging spectrometer (CHRIS)[C]. *SPIE*, 1999, **3753**: 180-191.
- [11] STUFFLER T, KAUFMANN C, HOFEREA S, *et al.* The EnMAP hyperspectral imager-An advanced optical payload for future applications in Earth observation programmers[J]. *Acta Astronautica*, 2007, **61**(1-6): 115-120.
- [12] ZONG Y Q, STEVEN W B, JOHNSON B C, *et al.* Correction of stray light in spectrographs: implications for remote sensing[C]. *SPIE*, 2005, **5582**: 588201.
- [13] ZHANG Jun-qiang, YAN Chang-xiang. Application of the carbon/epoxy composites to the support structure of the space payload[J]. *Chinese Journal of Optics and Applied Optics*, 2009, **2**(2): 79-84.  
张军强,颜昌翔.碳/环氧复合材料在航天有效载荷支撑结构中的应用[J].中国光学与应用光学,2009, **2**(2):79-84.
- [14] ZHANG Jun-qiang, DONG De-yi, YAN Chang-xiang. Primary support of space high resolution imaging spectrometer[J]. *Opt Precision Eng*, 2009, **17**(10): 2457-2462.
- 张军强,董得义,颜昌翔.空间成像光谱仪的主体支撑方式[J].光学精密工程,2009, **17**(10):2457-2462.
- [15] WANG Yi-qun, YAN Chang-xiang, MIAO Chun-an. Choice of spectral-splitting modes in space-borne hyper-spectral imager[J]. *Chinese Journal of Optics and Applied Optics*, 2009, **2**(4): 304-308.  
汪逸群,颜昌翔,苗春安.星载高分辨率超光谱成像仪分光方式的选择[J].中国光学与应用光学,2009, **2**(4):304-308.
- [16] MIELENZ K D. Heterochromatic stray light in UV absorption spectrometry [J]. *Appl Opt*, 1982, **21**(18): 3354.
- [17] TARRANT A W S. Optical techniques for Studying Stray Light in spectrophotometers[J]. *Opt Acta*, 1978, **25**(12): 1667.
- [18] MIRANDA C. Stray light in absorption spectrophotometry II a survey of method for evaluation stray light level and stray light corrections[J]. *Appl Spectrosc*, 1971, **25**(5): 557.
- [19] WILBER Kaye. Stray radiation in spectrophotometers[M]. American Laboratory, November, 1983.
- [20] CHEN Zhi-yi. Measuring the stray light in monochromator [J]. *Journal of Hubei Polytechnic University*, 2000, **15**(3): 66-68.  
陈之宜.单色仪杂散光的一种测量方法[J].湖北工学院学报,2000, **15**(3):66-68.
- [21] 毛英泰.误差理论与准确度分析[M].北京:国防工业出版社,1982.

## Stray Light Measurement of Space-borne High Resolution Imaging Spectrometer

ZHANG Jun-qiang<sup>1,2</sup>, WU Qing-wen<sup>1</sup>, YAN Chang-xiang<sup>1</sup>

(1 Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

(2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to measure the stray light, which is one of the important influence factors in spectral accuracy, the definition, source and harmfulness of stray light are introduced. Cut-off filter method, spectrum method, spectral stray light factors method and so on are presented to discuss the advantages and disadvantages of normally used stray light measurement methods. Then, the feasibility and superiority of the stray light factor used to describe the stray light characteristics of the spectral instruments, is investigated. At last, the system components, measurement procedure and measurement results of the stray light measurement system, using narrow-band filter, are introduced, and the uncertainty of the results is analysed. Results show that the stray light factor indicates the stray light characteristics of the spectral instruments effectively without relationship to the light source, detector and other measurement conditions. The relative uncertainty of the measurement is 0.646% when the fiducial probability is about 95%, which can meet the needs of the stray light measurement.

**Key words:** Stray light measurement; Narrow-band filter; High Resolution Imaging Spectrometer(HRIS); Uncertainty analysis



**ZHANG Jun-qiang** was born in 1981. Now he is pursuing the Ph. D. degree, and his research interests focus on space-borne optical remote sensor design and the related technologies.



**WU Qing-wen** was born in 1968. He is a researcher, and his research interests focus on the application of CAD/CAM, technique of heat transfer and the related technologies.