

光谱滤波装置在白天测星中的应用

徐维安

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 概述了天空背景光、星体及探测器件 CCD 的光谱特性, 并根据这些特性, 采用光谱滤波装置, 提高星光与天空背景光的对比度, 从而提高白天测星等的能力。

关键词: 光谱滤波, 对比度, 测星

1 引言

为什么白天看不到星体, 夜晚能看到星体, 其原因就在于背景光亮度不同。白天, 天空的背景光很亮, 掩盖了星体发出的微弱光线, 所以看不到星体; 夜晚天空的背景光很暗, 所以能看到星体。可见, 星体能否被看见, 不仅在于星体本身的亮度, 还在于天空背景光的亮度, 即星体与背景光的对比度, 也称信噪比, 星体跟踪器也和人的肉眼一样, 能否在白天跟踪测量较高星等, 在满足星体通过光学系统所成像点大小大于接收器分辨率的前提下, 主要取决于星体与背景光的对比度。因此, 本文主要介绍采用光谱滤波装置, 提高星体与背景光的对比度, 从而提高星体跟踪器白天测星等的能力。

2 天空背景光、星体、探测器的光谱特性

2.1 天空背景光的光谱特性

图(1)给出了晴天时天空背景光与 M、K、G 不同光谱型恒星的有效光子分布曲线, 从图中可以看出, 晴天时天空背景光以短波段为主, 峰值大约在 $0.45 \sim 0.55 \mu\text{m}$ 波段, 同时, 从峰值到较长波段的连续光谱曲线下降速度较快, 在 $0.9 \mu\text{m}$ 以外光谱能量已很低。

2.2 星体的光谱特性

从图(1)中可以看出, M、K、G 星, 虽然有效光子分布曲线不尽一致, 但其共同的特点是在短波段均较弱, 而在较长波段均较强, 峰值在 $0.8 \mu\text{m}$ 左

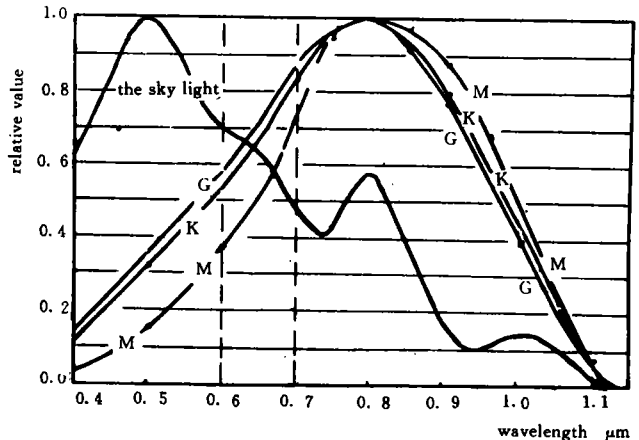


图1 光谱型星有效光子及大气光有效光子分布曲线
Fig. 1 Distribution curves of efficient photons for M. K. G stars and atmosphere light

右,有关天文资料表明,很多恒星具有与 M、K、G 星类似的光谱特性。

2.3 探测器的光谱特性

根据晴天时天空背景光的光谱特性和 M、K、G 等较多恒星的光谱特性,在选择探测器时应考虑选择动态范围较宽、饱和度值较大,具有良好储存和零惰性的 CCD 探测器,并且峰值在近红外区($0.7\sim 0.8\ \mu\text{m}$)时对白天测星最为有利。日本索尼公司生产的面阵 CCD 摄像机(TK-66CE)就具有上述特点。

3 光谱滤波提高白天测星等的原理

前面已经谈过,白天测星的主要障碍是背景光太强而星光太弱被淹没,如果用中性滤光片滤波,则把所有波段的光能都滤掉一部分或大部分,这样虽然背景光减弱了而星光也以同样比例减弱,信号更无法提取,最好是只把背景光滤掉而星光保留或滤掉一小部分,这样便提高了星光与背景光的对比度。根据背景光的光谱特性和具有 M、K、G 等较多恒星的光谱特性加之选用适宜的 CCD 探测器,采用光谱滤波装置,较好地解决了这一难题。

根据晴天天空背景光,及 M、K、G 等较多恒星的光谱特性,我们可以选用灵敏度峰值在 $0.7\sim 0.8\ \mu\text{m}$ 的 CCD 探测器,在光路中加入一块短波前截止滤光片,比如在 $0.6\ \mu\text{m}$ 前截止,这样便可以把大部分背景光滤掉,而星光却大部分通过,CCD 灵敏度峰值又恰恰与星光谱线峰值接近,这样便可以大大提高星光和背景的对比度,从而提高白天测星等的的能力。

由于恒星的光谱曲线峰值不尽一致,为了观测不同恒星,则可设多种不同波长的前截止滤光片,供现场随时切换选择。实践证明,这种装置是行之有效的,现已在某型号星体跟踪器上得到应用,效果很好。

4 某型号星体跟踪器应用的光谱滤波装置的结构型式

光谱滤波装置的结构如图 2 所示。

该机构是由光谱滤光盘、齿轮箱、电机组、电位计组件等组成。

4.1 光谱滤光盘

光谱滤光盘是用来控制背景光的,装在光路中,它是由两块圆形 K9 玻璃胶合而成,其中一块作为光谱滤光盘的支撑盘,直径为 $\varphi 120\ \text{mm}$,内孔为 $\varphi 40\ \text{mm}$ 的圆环;非胶合面镀有增透膜,透过率大于 99%。另一块是由大小形状相同的八块镀有不同光谱滤光膜的扇形前截止滤光片拼制而成,其透过率分别为:

- ① $0.40\sim 1.10\ \mu\text{m}$ 段 大于 99%;
- ② $0.60\sim 1.10\ \mu\text{m}$ 段 大于 90%;
- ③ $0.63\sim 1.10\ \mu\text{m}$ 段 大于 90%;

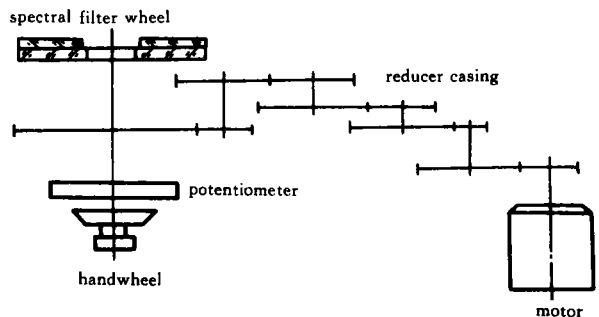


图 2 光谱滤波装置的结构图

Fig. 2 structure diagram for spectral filter device

- ④0.66~1.10 μm 段 大于 90%;
- ⑤0.70~1.10 μm 段 大于 90%;
- ⑥0.73~1.10 μm 段 大于 90%;
- ⑦0.76~1.10 μm 段 大于 90%;
- ⑧0.82~1.10 μm 段 大于 90%;

4.2 减速箱

减速箱是由五组齿轮和箱体组成,速比 $i=700$ 。

4.3 电机组

电机组是该机构的驱动元件,转速 $\omega=5000$ r/min。

4.4 电位计组件

电位计组件是检测元件,与电路组合,控制光谱滤光盘的工作位置。

5 用光谱滤波装置与不用该装置白天测星效果比较

表 1 为采用不同滤波方式对天空背景光、K、M、G 星光的衰减比。

表 1 清楚地展示出装入光谱滤光片的效果;加入 0.6 μm 前截止滤光片后,背景光衰减 49%,而对 M、K、G 型星光的能量分别衰减 10%、15%、16%,而用中性滤光片对不同波长的辐射“一视同仁”,均衰减 49%。

Table 1

attenuation ratio curves name	filter	0.6 μm front cut-off filter	0.7 μm front cut-off filter	neutral filter	
	need not filter				
atmosphere light	100%	51%	33%	51%	33%
M stellar	100%	90%	76%	51%	33%
K stellar	100%	85%	70%	51%	33%
G stellar	100%	84%	68%	51%	33%

表 2 给出了采用光谱滤波和用中性滤光片对 M、K、G 三种不同光谱型星光的探测星等的影响。采用 0.6 μm 前截止滤光片及 0.7 μm 前截止滤光片,与衰减同样比例背景光的两种中性滤光片比较,数据表明,同样衰减背景光一个光圈,用光谱滤波比用中性滤光片星光少衰减 0.^m5~0.^m6,当同样衰减背景光 1.6 光圈时,则用光谱滤波比用中性滤光片星光少衰减 0.^m8~0.^m9。

Table 2

attenuation magnitude spectrum model	filter kind	spectrum filter		neutral filter	
		0.6 μm front cut-off filter	0.7 μm front cut-off filter	filter 49%	filter 67%
M stellar		0. ^m 11	0. ^m 3	0. ^m 72	1. ^m 2
K stellar		0. ^m 18	0. ^m 39	0. ^m 72	1. ^m 2
G stellar		0. ^m 19	0. ^m 42	0. ^m 72	1. ^m 2

表(3)为采用光谱滤波的方法研制的星体跟踪器白天测星的实测效果记录,由表(3)可以清楚地看出,在采用 0.4~1.1 μm 波段的滤光片观察表中星体时,全都看不见,当切换到 0.6~1.1 μm 时,大都可见,而且对牧夫星而言还可以提取信号,当切换到 0.73~1.10 μm 时四种星体均能见到并都可以提取信号。

Table 3

observe results name and magnitude	filter wave band							
	0.4 ~ 1.1 μm	0.6 ~ 1.1 μm	0.63 ~ 1.1 μm	0.66 ~ 1.1 μm	0.70 ~ 1.1 μm	0.73 ~ 1.1 μm	0.76 ~ 1.1 μm	0.80 ~ 1.1 μm
αLyr 0. ^m 14	invisible	visible	visible	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal
αBoo 0. ^m 24	invisible	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal	visible
Del 2. ^m 4	invisible	visible	visible	visible	visible	visible and taking signal	visible and taking signal	visible and taking signal
Agl 2. ^m 8	invisible	visible	visible	visible	visible	visible and taking signal	visible and taking signal	visible

参考文献

- [1]朱耆祥等, CCD 光电探测器系统对动目标探测极限的研究. 光电工程, 1991, 18(4): 11-19
 [2]朱耆祥等, 利用光谱滤波技术提高 CCD 对天空微弱目标的探测能力. 飞行器测控技术, 1989, (1): 17-24
 [3]孙世维, 下一代电影经纬仪摄影系统某些性能参数的初步探讨. 飞行器测控技术, 1988, (2): 7-12

Application of Spectral Filter Device in Measuring stellar in Daytime

Xu Weian

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

Abstract

This paper summarizes the spectral characteristics of atmosphere and stellar as well as detector CCD. In accordance with the spectral characteristics we have adopted the filter device to increase the contrast of stellar to the sky background, thus the ability for measuring stellar is evidently improved in daytime.

Key words: Spectrum filter, Contrast, Stellar measurement

徐维安 女, 1938年10月生, 副研究员。1963年毕业于哈尔滨工业大学, 陀螺仪表专业。到中国科学院长春光机所后, 一直从事国防工程光电测量设备的研究工作, 研制项目曾获中国科学院科技进步一、二等奖(集体)。