

·光电系统与amp;设计·

白天全天空背景亮度特性研究

谭碧涛, 李艳娜, 尹 飞, 刘玮峰, 景春元

(新疆乌鲁木齐 21 信箱 189 分箱, 新疆 乌鲁木齐 841700)

摘要:开展了白天全天空背景亮度特性研究. 进行天空背景全天候测量, 开展了测量数据的分析与处理; 提出了基于 MORTRAN 软件的修正完善方法, 建立了全天空背景亮度数据; 利用该数据进行了应用分析. 分析结果表明: 该方法完善的天空背景亮度数据满足应用需求, 且应用结果与实际情况基本吻合.

关键词:天空背景; 测量; 光电; 仿真

中图分类号: P422

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)03-0001-02

Research on Characteristic of the All-sky Background Brightness on Day

TAN Bi-tao, LI Yan-na, YIN Fei, LIU Wei-feng, JING Chun-yuan

(P. O. Box 21, 189 Branch Urumchi, Sinkiang Province, Urumchi 841700, China)

Abstract: The research on characteristic of the all-sky background brightness on day is developed. The sky background brightness is measured, the measurement data is analyzed. Based on the MORTRAN software, a corrected method to consummate the all-sky background brightness is given. The consummated all-sky background brightness data is applied to analyze detecting process, the applying result inoculates to the practicality situation which indicates that the consummated method can satisfy the requirement for application.

Key words: sky background; measurement; Electro-Optical; simulation

白天天空的背景亮度随天顶距、时间以及与太阳的夹角而变化, 国内外许多学者都对此进行过研究, 大气光学提供的资料表明, 晴朗天空的亮度变化为一熙提^[1-5], 但是对于天空背景亮度实时数据提供方面没有进行研究. 进行天空背景全天候测量, 对测量数据进行分析, 基于 MORTRAN 软件综合采用实测数据和模拟数据建立了全天空背景亮度数据库.

1 数据测量

1.1 标定方法

天空背景测量设备测量天空背景亮度前在实验

室内用大口径积分球对测量系统进行标定. 标定方法是利用已知光谱辐射亮度的积分球光源模拟均匀的天空背景辐射照明系统的整个视场, 通过改变积分球光源输出辐亮度等级来定标系统的辐射响应函数. 即建立光谱辐射亮度 $L(\lambda)$ 和测量系统的数字化输出 $DN(\lambda)$ 之间的函数关系

$$DN(\lambda) = A_0 + A_1L(\lambda) + A_2L(\lambda)^2 + A_3L(\lambda)^3 + \dots + A_nL(\lambda)^n \quad (1)$$

在不同亮度等级 L_1, L_2, \dots , 测量系统对应的输出 DN_1, DN_2, \dots . 在实际拟合过程中, 通常只保留式 (1) 当中的前两项.

利用设备测量天空背景辐射亮度的过程是与设备标定过程相反的过程: 由测量设备测量得到的输出 DN , 经式 (1) 所定标的函数, 得到背景亮度.

收稿日期: 2010-04-21

基金项目: 国家 863 计划项目 (2008AA8060018)

作者简介: 谭碧涛 (1983-), 男, 江西丰城人, 硕士, 工程师, 主要从事光电跟踪测量技术研究.

天空背景测量设备的输出信号是经过模拟放大和 A/D 转换后的数码值,需要除以测量系统响应系数,才能获得天空背景辐射亮度光谱数据 $L(\lambda)$,在只考虑式(1)当中的线性项的情况下

$$L(\lambda) = DN(\lambda)/R(\lambda) \quad (2)$$

式中, $DN(\lambda)$ 为设备输出的数码值; $R(\lambda)$ 为设备的响应系数.

对光谱数据进行积分获得 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ 波段内积分亮度

$$L_{\lambda_1, \lambda_2} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L(\lambda) \cdot d(\lambda) \quad (3)$$

式中, L_{λ_1, λ_2} 为 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ 波段内的积分亮度; $d(\lambda)$ 为测量系统带宽.

1.2 数据测量与处理

为消除观测过程中太阳位置移动和偶然误差,天空背景测量设备先自地平螺旋式扫描至天顶,然后反方向再测一遍,取对应位置的平均值作为测量值,典型测量数据见表 1(中午 12:00 时刻),利用插值线性拟合处理得到了典型背景亮度等值线见图 1.

表 1 典型背景亮度测量数据

A	E	B	A	E	B	A	E	B	A	E	B	A	E	B	A	E	B	A	E	B
0	10	29.23	30	20	18.79	40	30	13.25	120	35	27.25	20	45	9.79	150	50	49.83	90	65	13.39
30	10	28.35	60	20	17.83	60	30	13.26	140	35	46.59	40	45	10.02	0	55	8.73	135	65	23.69
60	10	26.76	90	20	19.77	80	30	14.47	160	35	113.83	60	45	10.52	30	55	8.897	0	70	8.86
90	10	26.25	120	20	29.83	100	30	18.33	0	40	10.81	80	45	12.52	60	55	10.20	60	70	10.36
120	10	30.09	150	20	65.30	120	30	25.66	20	40	10.69	100	45	16.41	90	55	13.65	120	70	17.41
150	10	42.87	0	25	15.96	140	30	44.67	40	40	10.65	120	45	24.86	120	55	22.47	0	75	9.25
0	15	23.60	30	25	15.55	160	30	107.72	60	40	10.90	140	45	42.09	150	55	42.97	60	75	11.07
30	15	22.61	60	25	15.19	0	35	11.92	80	40	12.68	160	45	92.23	0	60	8.37	120	75	16.33
60	15	21.23	90	25	18.26	20	35	11.84	100	40	16.14	0	50	9.19	45	60	9.10	0	80	10.27
90	15	23.69	120	25	30.09	40	35	11.76	120	40	23.45	30	50	9.35	90	60	12.89	90	80	12.95
120	15	36.21	150	25	66.79	60	35	12.02	140	40	42.073	60	50	9.84	135	60	26.08	0	85	11.43
150	15	67.72	0	30	13.72	80	35	13.83	160	40	105.25	90	50	13.33	0	65	8.30	90	85	12.92
0	20	19.37	20	30	13.64	100	35	18.17	0	45	9.84	120	50	21.59	45	65	9.44	0	90	12.94

注: A 为方位角(°), E 为俯仰角(°), B 为背景亮度 ($W \cdot m^{-2} \cdot Sr^{-1}$).

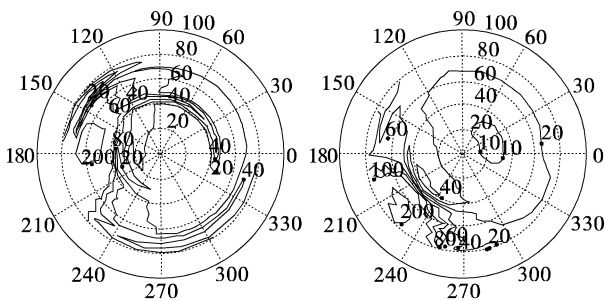


图 1 典型背景亮度等值线

从图 1 可以看出,天空背景亮度分布以太阳所在平面为中线,基本对称分布,但是,根据有限的天空背景亮度测量设备测量得到的背景亮度值所绘的等值线不是很规则,只是基本反映了天空背景亮度分布趋势.

2 理论研究

光电测量设备建立位置全天空背景亮度数据的方法流程见图 2,首先利用天空背景亮度测量设备对全天空进行背景扫描,记录有限的背景亮度数据;同时利用 MORTRAN 软件计算对应时刻的不同俯仰角和天顶角下的背景亮度;综合比对分析与实测数据相同方位角和俯仰角下的 MORTRAN 软件计算数据;利用实测数据进行修正,从而基于 MORTRAN 计算数据建立该位置对应的全天空背景亮度数据.

MODTRAN 软件是由美国地球物理实验室历时 25 年研究提出的带模式中光谱分辨率的大气辐

(下转第 38 页)

出电路的研究[J]. 船电技术, 1999, 4 : 22 - 25.

- [6] 王健, 黄先. 温度和电流对白光 LED 发光效率的影响[J]. 发光学报, 2008, 29 (2) : 358 - 362.

- [7] 谭延亮, 游开明. 发光二极管放电实验现象分析 [J]. 发光学报, 2007, 28 (4) : 551 - 556.

(上接第 2 页)

射传输模型, 它继承并包含了所有 LOWTRAN 模型的代码并做了相应的改进, 包含多次散射辐射传输精确算法.

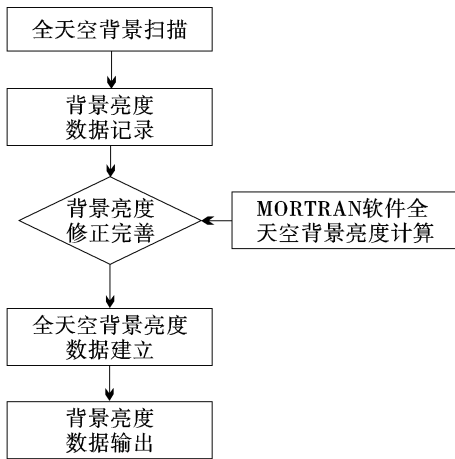


图 2 全天空背景亮度数据完善方法流程

该软件针对不同地理纬度和季节建立了不同的大气模型, 并且可以根据具体天气情况进行模式选择或者自定义输入, 对紫外、红外、可见光等波谱均适用, 是目前较完整的一种计算大气透过率和背景辐射的软件.

根据测量时的天气条件, 对 MODTRAN 进行了模式选择, 对相应时间点和位置的天空背景进行了分析与计算, 综合实测数据和 MORTRAN 计算值根据该修正方法进行了处理, 得到了全天空背景亮度数据, 其等值线分布结果见图 3. 从图 3 可以看出, 全天空背景数值等值线也反映了天空背景亮度分布趋势, 且与图 1 的分布趋势和背景取值基本相

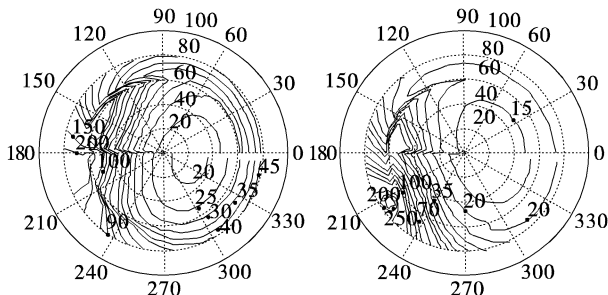


图 3 计算背景亮度等值线

同, 同时, 图 3 的等值线分布均匀规律. 实际工程应用中, 可以根据所建立的全天空背景亮度数据进行任意时刻、任意方位角和俯仰角下的背景亮度输出, 在实际工程应用中具有很大的优势.

3 结 论

针对天空背景测量设备工程应用不能满足光电测量设备探测跟踪性能分析研究数据需求不足缺点, 提出了一种全天空背景亮度数据建立方法, 并进行了处理分析; 结合该方法应用于工程实际. 应用结果表明: 该方法建立的全天空背景亮度数据可以满足实际应用需求. 下一步对该光电测量设备位置对应点进行全年 12 月内多次测量和全天空背景数据处理, 利用处理得到的天空背景数据进行全天空背景亮度数据库建模技术研究, 形成可界面式操作, 可以根据不同的工程应用需求进行任意时刻和任意位置的天空背景亮度值输出.

参考文献

- [1] Jason A Moore. Modelling the Brightness of the Sky over a Field-of-View[D]. the School of Physics, University of New South Wales, 2004: 19 - 30.
- [2] 魏合理, 陈秀红, 余凯, 等. 白天 CCD 观星可探测极限星等值分析[J]. 强激光与粒子束, 2007, 19(2): 187 - 191.
- [3] 谭碧涛, 景春元, 王宝国, 等. 光谱滤波技术对星等测量精度影响[J]. 强激光与粒子束, 2009, 21(2): 187 - 191.
- [4] 白心爱. 天地背景辐射特性研究[J]. 山西师大学报, 2003, 17(3): 27 - 31.
- [5] Stamnes K, Tsay S C, Wiscombe W, et al. Numerically stable algorithm for discrete ordinate method radiation transfer in multiple scattered and emitting layered media[J]. Appl Opt, 1988, 27 (12) : 2502 - 2509.
- [6] 谭碧涛, 景春元, 张新, 等. 光电系统对空间目标成像仿真技术研究[J]. 计算机仿真, 2009(6): 240 - 243.