

# 利用 NOAA 卫星资料解译哀牢山区 日照场的研究

张养才 叶一舫

(中国气象科学研究院)

曹高生 潘钟跃

(云南省气象局)

(国家气象局卫星气象中心)

1991年8月24日收稿

## 摘 要

首次应用 NOAA 卫星的 AVHRR 资料提取天空云遮蔽信息。以多时次可见光波段反射率平均值与相应月份的日照时数建立回归方程,解译哀牢山区日照场时空分布特征。它具有空间分辨率高、资料信息量多,并客观地反映在坡向、坡度、河谷、平坝等复杂地形及不同植被等综合影响下的光资源的时空分布规律,为深入研究山区光资源提供新的方法和科学数据。

**关键词** NOAA 卫星资料 哀牢山 日照场

## 一、概 况

哀牢山位于云南省中部,山脉为北北西—南南东走向,最高峰达 3166m,山地绵延约 550km,为云南省内一条重要的气候界线<sup>[1]</sup>。哀牢山区(21°30′—25°30′N,100—105°E)地势西北高、东南低,境内以澜沧江、元江为主要水系,山川同向,地形以宽谷、峡谷与盆地相间,海拔相对高差在 1000 m 以上。气候资源丰富多样,适宜发展农、林、牧业及其多种经营,具有明显的“立体农业”特征。

随着全国农业区划和区域开发的深入,各地区很重视研究直接影响农业布局和稳产高产的山区农业气候生态环境,以期充分发挥山区优势保护生态平衡。其中与生物群落有密切关系的光资源,在一定程度上决定植物器官的形成和组织结构、品质和产量。在特定的光照环境中,植物可以形成各自相异的生态习性,表现出不同的生态群落类型。因此,山区的光照条件是农业气候资源的重要组成部分。

哀牢山区地形复杂,高差悬殊,云雾多变,光资源也随之复杂多样。山区现有气象台站资料远不能满足生产部门的要求。在  $17 \times 10^4 \text{km}^2$  的哀牢山区仅有 57 个气象站,平均  $2787 \text{km}^2$  仅有一个站,而且一般都在河谷平坝区,实际上只能反映河谷坝区的光照条件。本文利用 NOAA 卫星的 AVHRR 资料提取天空云遮蔽信息,以多时次可见光波段反射率的平均值与相应月份的日照时数建立回归方程,计算了哀牢山区无观测资料地区的日照时数,把分析光资源的信息量由 57 个增加到 16 万个,对深入揭示哀牢山区光资源的时空变化特征、调整山区农业布局和充分利用光资源优势具有重要意义。

## 二、遥感信息提取与计算方法

实测气象资料选取研究区域内 57 个气象站 1989 年 1、4、7、10 月的逐日日照时数观测资料。

NOAA 卫星资料选取与实测气象资料相同时段的 AVHRR 传感器扫描数据, 并进行太阳高度角和视场角的订正(至于大气对反射率的影响问题, 由于我们是研究云与反射率的关系, 其中已考虑了大气中水汽的作用)。再经正射投影和数据反演运算后, 得到按经、纬度分布的可见光波段反射率值, 每个数据覆盖面积为  $1.1 \times 1.1 \text{ km}^2$ 。每个月可获得大约 10 天上、下午的遥感数据资料共三百万个。

对于地面站点提取各时段遥感数据的天空云遮蔽信息, 分别将每个气象站点周围  $10 \times 10 \text{ km}^2$  范围内用 81 个卫星遥感像元点计算出的平均反射率值(以下简称反射率)代表该站点的天空云遮蔽状况。

由于哀牢山区地势起伏和山脉走向等变化, 对天气系统和大气中水汽的再分配有影响, 使各月份日照时数的空间分布具有明显的地域差异。为此, 采用 K-因子聚类法, 对各月份日照时数进行聚类分析, 根据聚类原理划分出不同区域(图 1)。

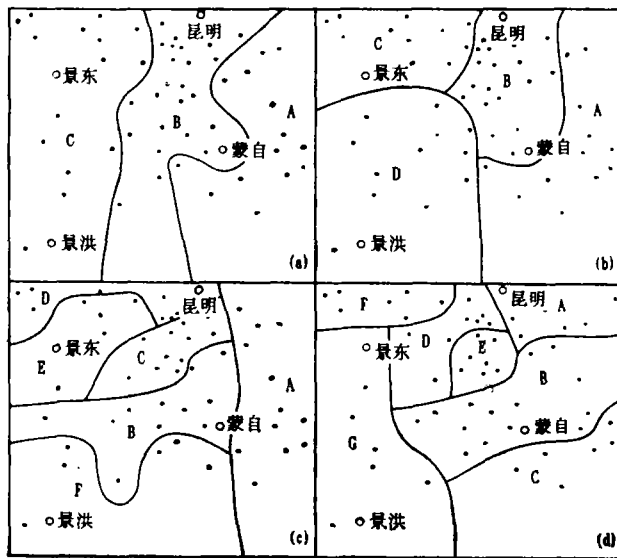


图 1 (a,b,c,d) 1,4,7,10 月日照时数的聚类分区

Fig. 1 (a,b,c,d) Demarcations of subareas by cluster analysis of daily sunshine hours in Jan. Apr. July and Oct.

由图 1 可以看出, 在 11—4 月的干旱季节, 哀牢山东、西部分别受大陆极地气团和热大陆气团控制, 天气系统较稳定, 多为晴好少云天气, 日照时数分布表现出较大范围的一致性, 可划分出 3—4 个小区; 5—10 月的湿季, 哀牢山东西两侧分别受东南季风和西南季风影响, 天气系统活动频繁, 雨日多, 日照少, 加之地形影响, 日照时数分布 6—7 个小区。

表 1 各区域回归方程系数 (a, b), 相关系数 (r), 样本数 (n) 值

Tab. 1 Regression coefficients (a, b), correlation coefficients (r) and sample sizes (n) of subareas in Jan. Apr. July and Oct.

系数 月份 编号	1				4			
	a	b	n	r	a	b	n	r
A	277.4	-5.14	14	0.920***	474.4	-11.08	12	0.921***
B	288.3	-4.51	26	0.910***	315.0	-3.71	20	0.773***
C	268.8	-1.47	17	0.678**	259.8	-1.21	12	0.646*
D					265.7	-1.96	13	0.585*
E								
F								
G								

系数 月份 编号	7				10			
	a	b	n	r	a	b	n	r
A	249.8	-2.70	12	0.906***	465.5	-8.89	6	0.975***
B	267.8	-3.98	12	0.894***	197.9	-2.55	14	0.893***
C	196.3	-1.89	11	0.857***	244.8	-4.61	7	0.955***
D	194.5	-2.56	9	0.978***	211.0	-3.30	8	0.909**
E	172.3	-1.86	6	0.959**	197.1	-2.43	7	0.837*
F	190.8	-2.09	7	0.884**	246.1	-3.63	7	0.935**
G					269.1	-5.12	8	0.935***

注：\*\*\*, \*\*, \* 分别表示达到 0.001, 0.01, 0.05 的显著水平。

根据分区首先计算各时次反射率值与各月份日照时数的相关系数(表 1); 并分区建立反射率值对各月日照时数的回归方程式:

$$s_{ij} = a_{ij} + b_{ij}x_{ij} \tag{1}$$

式中:  $s$  为各月的日照时数;  $x$  为反射率, 它与云量状况有关系;  $a, b$  为因区域、季节和遥感资料时相而异的回归系数;  $i$  为 1、4、7、10 月份;  $j$  为 A、B、...、G 区域。

同理根据全区 57 个气象站年日照时数实测资料, 应用气候学统计原理, 建立年日照时数与反射率的回归方程式(相关系数  $r = 0.995$ ,  $n = 57$ ,  $\alpha = 0.001$ )

$$s_{\#} = -62.0 + 1.025 \left( \sum_{i=1}^4 s_i \right) \times 3 \tag{2}$$

利用公式(2)即可以计算出全区年日照时数。

现以 1 月 A 区为例, 共获取 1、2、8、10、11、18、27 和 29 日上、下午共 18 次遥感资料, 建立回归方程:

$$s_{1A} = 277.4 - 5.14x_{1A} \tag{3}$$

同理, 可以计算出其它各月、各区的回归方程

表 2 各月日照时数回归方程的计算误差

Tab. 2 Error parameters of sunshine hours calculations in Jan. Apr. July and Oct.

月份	最大绝对误差(小时)	绝对误差(小时)	相对误差(%)
1	53.1	12.4	6.5
4	57.2	16.6	7.5
7	42.5	13.3	9.6
10	24.5	8.2	10.8

式(从略)。

各月计算结果的误差见表 2。

由表 2 看出: 1、4 月相对误差 < 8%, 与我国亚热带东部山区采用 10' × 10' 小网格法估算山区日照时数的相对误差 (< 8%) 一致<sup>[2]</sup>; 7、10 月误差稍大, 则因受雨季天气多变的影响, 使遥感资料代表性有些下降, 若增加遥感资料取样密度, 将会提高资料代表性, 7、10 月的相对误差也可以达到 < 8% 的精度。

### 三、哀牢山区日照场结构特征

利用 NOAA 卫星资料解译哀牢山区日照场。从 57 个气象站的信息量扩大到 16 万像元信息量, 把 2787km<sup>2</sup> 作为反映日照时数的单元缩小为 1.2km<sup>2</sup>, 缩小为原来的 1/2323。根据 NOAA 卫星资料信息绘制的哀牢山区 1989 年 1、4、7、10 月及用公式(2)计算出来的年日照时数图(图 2—4, 4、10 月图略)。

由图 2—4 看出: (1) 全区出现众多形状各异、不同量级的日照时数闭合区, 这是客观

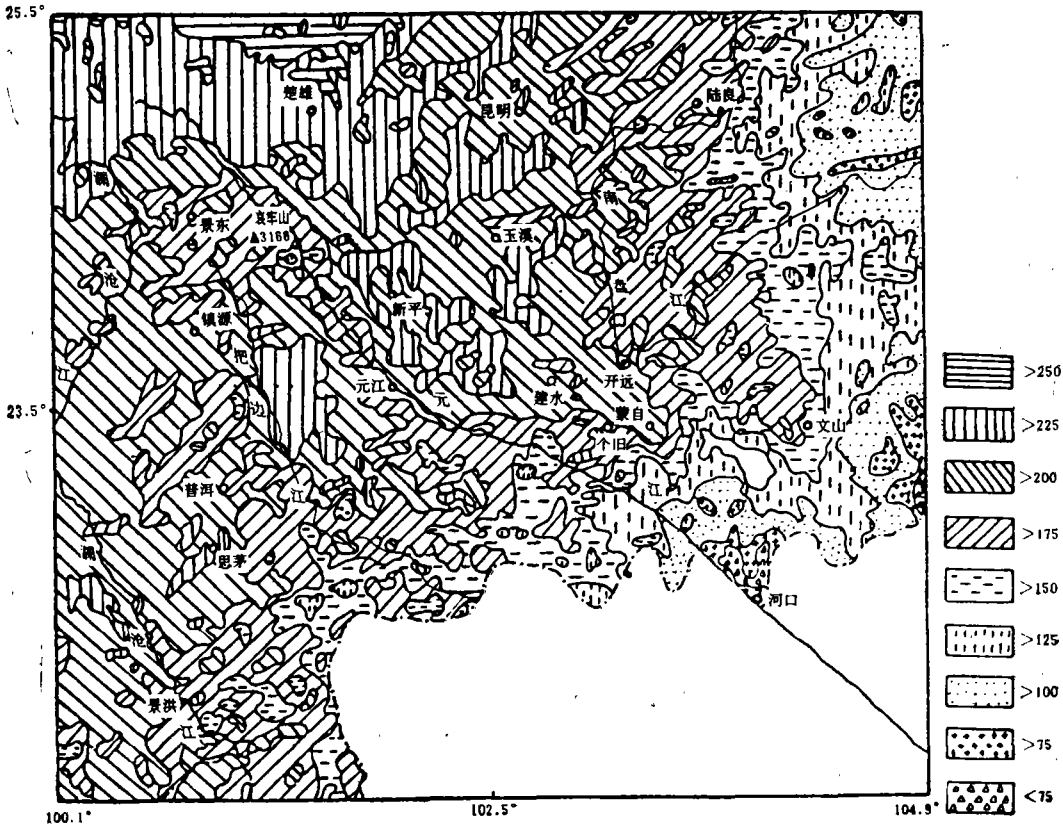


图 2 哀牢山区 1 月份日照时数分布 (NOAA 气象卫星资料解译值)

Fig. 2 Monthly sunshine hours distribution in January (Interpretation of NOAA satellite data)

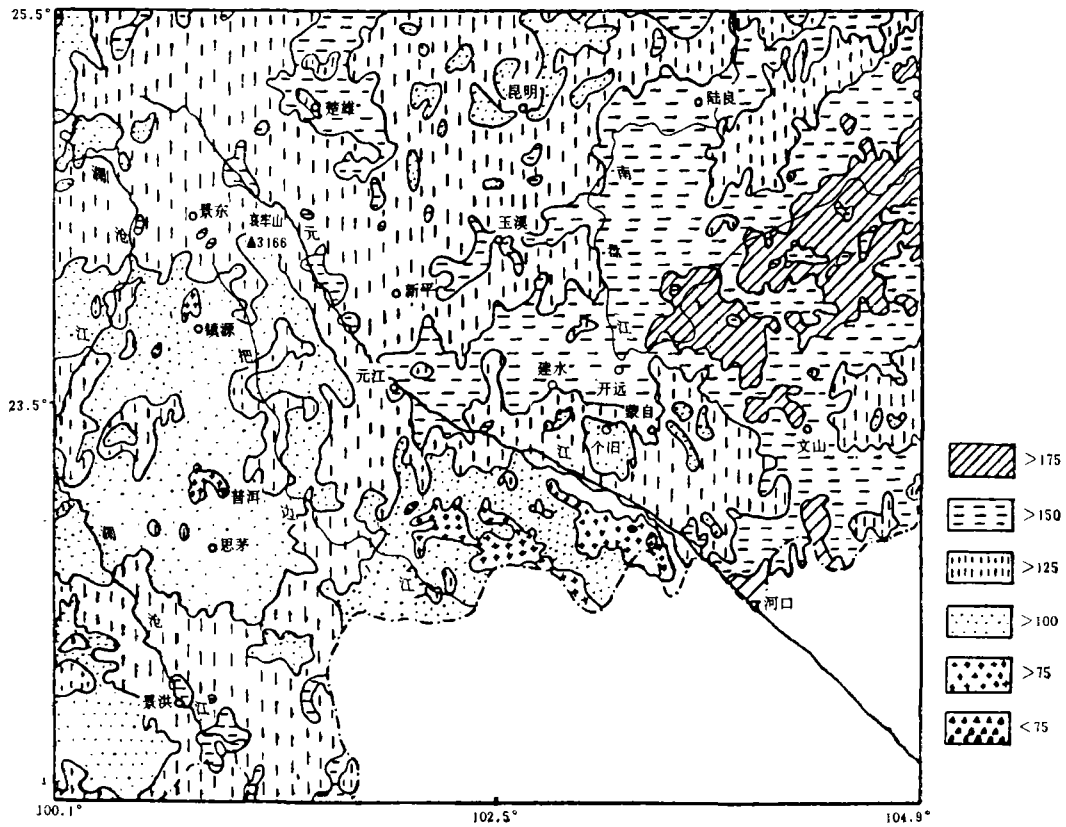


图 3 哀牢山区 7 月份日照时数分布 (NOAA 气象卫星资料解译值)  
 Fig. 3 Monthly sunshine hours distribution in July (Interpretation of NOAA satellite data)

地反映出山区复杂地形、植被和云量的遮蔽程度。以年日照时数为例,哀牢山东侧出现不同形状和大小不等的 2500、2250、2000、1750、1500 小时等值线闭合区;西侧出现 2250、2000、1750、1500 小时等值线闭合区,在哀牢山脊因云量关系出现 <2000 小时的闭合区等,充分反映日照时数空间分布与复杂地形的密切关系。(2) 干、湿季月份日照场的差异更为显著,在间距 25 小时的等级中,干季 1、4 月份日照场出现 8—9 个不同等级 (<75 小时, >250 小时) 闭合区,高低值之间相差 175 小时左右;湿季 7、10 月份日照场仅出现 4—6 个不同等级闭合区。7 月份全区日照时数相差 100 小时,10 月份全区仅相差 50 小时。前者反映干季月份,天气晴好,河谷、坡向、坡地、山脊等不同地形和植被类型对日照条件有明显影响;后者反映多云雨天气条件下,地形、植被等因素影响全区日照时数的差异甚小。(3) NOAA 卫星资料解译的日照场,无论是干季月、湿季月或年日照场,出现众多量级不等、形状各异的闭合区,这充分说明山区复杂地形和植被等对日照时数的综合影响。

为深入分析哀牢山区日照场空间分布特征,并绘制经纬度 10' × 10' 步长小网格日照场(图 5)和实测站点资料的日照场(图 6)进行比较。

(C)1994-2022 China Academic Electronic Journal Service. All rights reserved. http://www.cnki.net

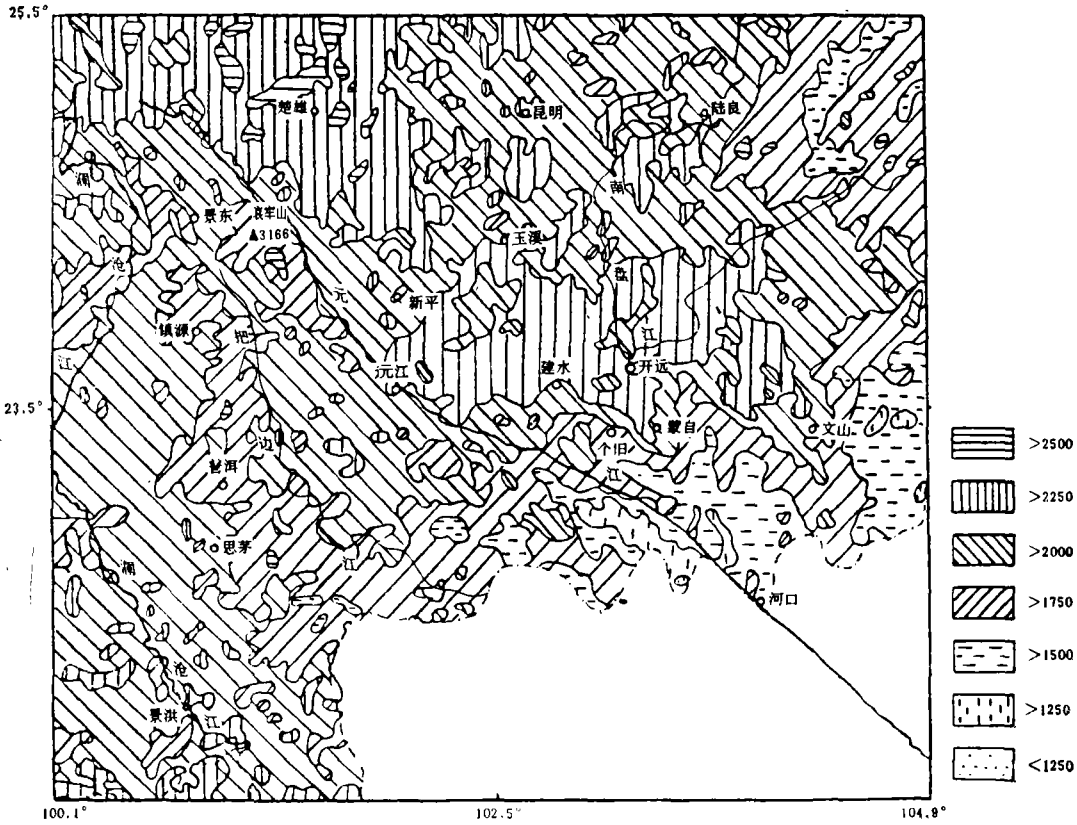


图4 哀牢山区年日照时数分布 (NOAA 气象卫星资料解译值)

Fig. 4 Annual sunshine hours distribution (Interpretation of NOAA satellite data)

的。但是,以 1.2km<sup>2</sup> 面积为单位的卫星资料解译的日照场,比以 324km<sup>2</sup> 和 2787km<sup>2</sup> 为单元的日照场,空间分辨率高、信息量多。更客观地反映山川走向交错、岭谷相间、河流穿插其间、地形波状起伏及不同植被类型的高原山地生态环境日照条件。对年日照场中 2250、2000 小时等值线来说,图 6 中,哀牢山东侧年日照时数为 2250—2500 小时,2250 小时线较平直,呈舌状向东南伸展到开远以东广大山区;西侧日照时数在 2000—2250 小时之间,2000 小时线沿把边江河谷向北延伸到 23°02'N 的普洱,在普洱和个旧间形成槽形向南扩展。图 5 等值线分布与图 6 基本一致,但 2250 小时等值线约沿南盘江谷地南下,顺滇中高原南缘折向西,在建水和开远之间因正处于低山向坝区过渡,两地相距虽近,2250 小时等值线并不能通过,在开远形成小闭合区,反映了地形及海拔高度对日照时数的影响。而图 6 中则把建水和开远联在一起,忽略了地形的影响。2000 小时等值线由蒙自向西,因山岭、河谷走向影响,等值线呈锯齿状,且沿把边江河谷上溯抵达 24°N 左右的镇源,在哀牢山西侧形成狭长条状的日照时数低值区,则在图 6 中反映不甚明显。NOAA 卫星资料解译的年日照场,由于分辨率高,提供的日照时数信息量多,在哀牢山的東西两侧山区,日照时数等值线分割出 >2500、2250、2000、1750、1500、1250 小时的不同等级、形状各异的闭合区。除了具有图 5、6 反映经、纬度及海拔高度对日照时数的影响外,并反映地形、坡

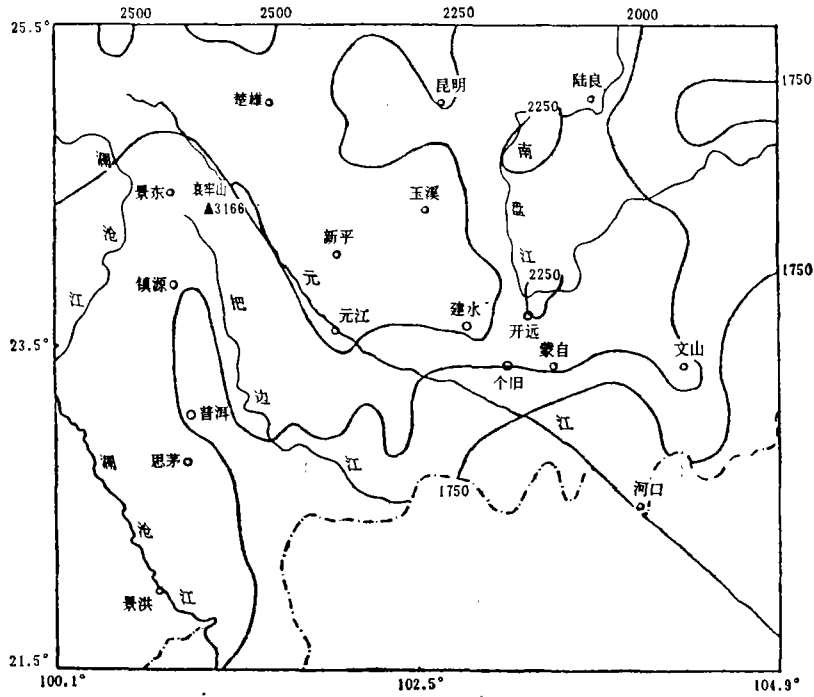


图 5 哀牢山区年平均日照时数(小时)分布(57 个实测记录,690 个小网格推算值)  
 Fig. 5 Annual sunshine hours distribution (57 measured data and 690 calculated values on grid of spatial distribution)

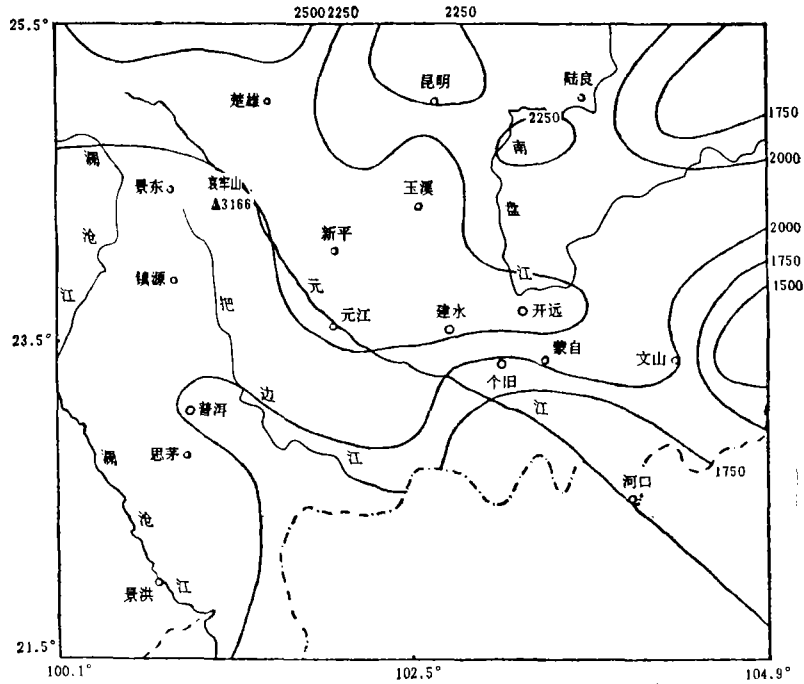


图 6 哀牢山区年平均日照时数(小时)分布(57个实测资料)  
 Fig. 6 Annual sunshine hours distribution (57 data measured by weather stations)

向、坡度、河谷、坝区及不同植被类型对日照时数的影响。同样,将各干、湿季月的日照场相比较,也获得类似的结果。可见,以实测资料绘制的日照场和以经纬度步长小网格推算的日照场,远不及 NOAA 卫星资料解译的日照场更能全面地反映出山区复杂地形的日照条件。因此,应用 NOAA 卫星资料解译山区日照时数的时空分布,不仅为深入研究复杂山区地形的光资源提供大量的定量数据和新的方法,而且为评价利用山区光资源优势提供科学依据。

## 结 语

(1) 利用 NOAA 卫星 AVHRR 资料提取天空云遮蔽信息,以多时次反射率的平均值与相应月实测日照时数建立回归方程,达到显著性检验水平。计算了哀牢山区无观测资料地区的日照时数:1、4月的相对误差 $<8\%$ ;7、10月的相对误差为 $8-12\%$ 。

(2) 用 NOAA 卫星资料解译哀牢山区日照场,比利用气候学方程计算的小网格日照场和实测资料绘制的日照场,不仅空间分辨率(以面积计)高、资料信息量多,而且更能客观地反映复杂山区地形的日照条件。

(3) 哀牢山区日照时数的时空分布,除与经度、纬度和海拔高度有关外,受天气系统、季节、地形和不同植被等因素引起的差异更为显著。

(4) 哀牢山区年日照时数北高南低、东多西少;干、湿季月的日照时数,无论在量级或空间分布方面均有明显差异。干季月的日照场高低值之间相差175小时左右,湿季月的日照场高低值相差50—100小时。

## 参 考 文 献

- [1] 云南农业地理编写组,云南农业地理,云南人民出版社,19—37,1981。
- [2] 张养才,我国丘陵山地气候研究及其进展,气象, Vol. 16, 1990。

## USING NOAA SATELLITE DATA TO INTERPRET THE SUNSHINE FIELD IN AILAO MOUNTAINOUS REGIONS

Zhang Yangcai    Ye Yifang

*(Chinese Academy of Meteorological Sciences)*

Cao Gaosheng

*(Meteorological Bureau of Yunnan Province)*

Pan Zhongyue

*(Satellite Meteorology Center, SMA)*

### Abstract

In this paper, using NOAA/AVHRR data the information of cloud coverage was extracted for the first time. The regression equation have been established using the mean visible albedo and corresponding monthly mean sunshine durations. Then the features of temporal and spatial distribution of sunshine field in the Ailao mountainous regions have been interpreted. With high space-resolution and large information quantity, the features reflect objectively the spatial and temporal distribution law of light resources under synthetical effect of complex topography (sloping direction, sloping field, river valley, flat etc.) and different vegetation types. A new method and scientific data for making thorough study of light resources in mountainous regions have been provided.

**Key words** NOAA satellite data    Ailao mountain    sunshine field