

青藏高原夏季地面有效辐射和 大气逆辐射特征分析*

翁 笃 鸣 冯 燕 华

(南京气象学院)

在山地辐射气候研究中,以长波辐射的研究最薄弱.在国外,已有的工作一般仅限于海拔高度较低的山区^[1-3],我国也只有少量的野外考察报告^[4-6].本文根据1979年5—8月青藏高原气象科学实验资料^[7],着重研究海拔高度、云状、云量对有效辐射和大气逆辐射的影响,以揭示高原地区长波辐射的基本分布规律.

一、地面有效辐射、大气逆辐射随测点海拔高度的变化

在高原上,随着测点海拔高度的增加,由于大气柱厚度、空气密度、水汽和CO₂含量的减少以及气温降低而使大气逆辐射急剧递减,并使有效辐射随海拔高度增加明显增大.

表1给出碧空时各测点有效辐射和大气逆辐射平均日总量情况.图1还分别表示出碧空条件下各时次的有效辐射、大气逆辐射通量密度随高度的变化,平均条件下和全阴天时的分布情况大体与此相似.

表1 碧空时各测点地面有效辐射和大气逆辐射平均日总量
(卡/厘米²·日)(6—8月)

测 点	南 京	格 尔 木	拉 萨	狮 泉 河	双 湖
海拔高度(米)	29	2807	3633	4278	4920
有效辐射	135.4	295.7	314.9	332.6	334.6
大气逆辐射	838.8	632.0	593.6	569.5	471.6

注:那曲、林芝两站因无全晴天资料,表中未列.

可以写出给定总云量条件下有效辐射 F 和大气逆辐射 G (包括各时次通量和日总量)随海拔高度变化的经验式

$$F = F_{\infty} \left[1 - \frac{d}{H + d + 1} \right], \quad (1)$$

$$G = G_{00} e^{-\alpha H}, \quad (2)$$

式中 F_{∞} 、 d 、 G_{00} 、 α 为经验系数; H 为测点高度(公里).两式能满足大气顶和海平面的边界条件,且拟合效果较好.统计表明,对有效辐射线性化条件相关系数都在0.90以上,并以碧空时为最大,可达0.99.拟合的相对误差一般都在15%以下.对大气逆辐射线性化条件相关系数也都在-0.90以上,系数 G_{00} 均匀地随总云量增大,而 α 则减小,拟合的相对误差都在5%以下.

本文1983年9月13日收到.

* 本院81届气候专业学生丁燕玲参加部分工作.

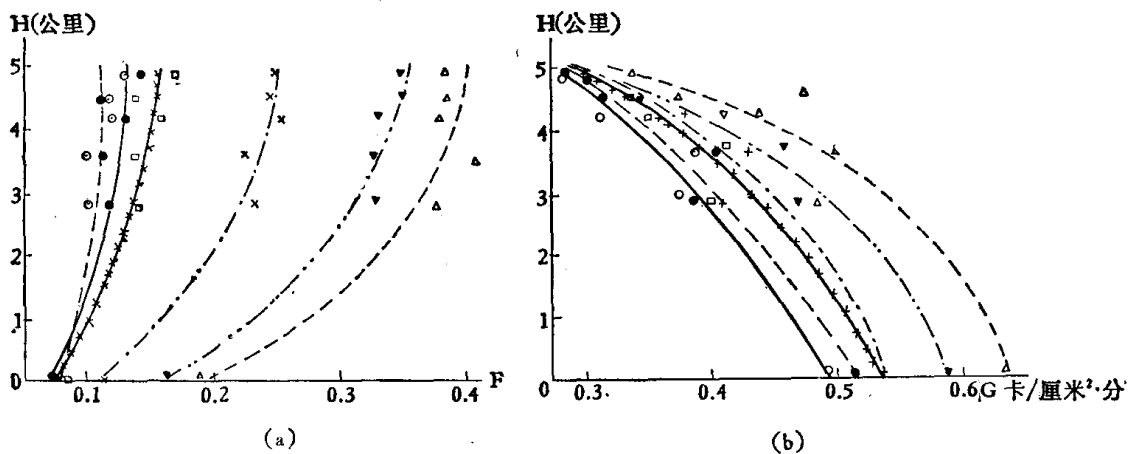


图1 地面有效辐射(a)和大气逆辐射(b)随测点海拔高度变化
(1979年6—8月平均)

●—00; ○—04; ×—08; △—12; ▼—16; □—20

考察期间,在高原上曾多次测得很大的有效辐射通量密度,其绝对最大值可达 0.50 卡/厘米²·分(那曲),比之文献[1]列举的最大值(0.44 卡/厘米²·分)还要大 15%。

高原地面有效辐射和大气逆辐射的日变化形式与平原一致(图略),但从各站曲线中能反映出高度的影响。

二、云对有效辐射和大气逆辐射的影响

根据拉萨资料,各种主导云状下阴天有效辐射、大气逆辐射可见表 2。可以看出,晴阴天时的有效辐射和大气逆辐射有明显差异。云状影响也十分突出,以 *Cb* 最显著, *Gi* 较弱。这表明,由于云高降低、云增厚、云的含水量增多和云底温度增高的结果,总要使大气逆辐射增强、有效辐射减小。

表 2 拉萨各种主导云状下阴天平均有效辐射(*F*)和大气逆辐射(*G*)
(卡/厘米²·分)(1979年5—8月)

云状	时次	项目	00	04	06	08	10	12	14	16	18	20	日总量
晴天		<i>F</i>	0.118	0.108	0.130	0.231	0.314	0.361	0.440	0.335	0.216	0.139	314.9
		<i>G</i>	0.389	0.373	0.381	0.415	0.447	0.468	0.450	0.432	0.418	0.399	593.6
<i>Gi</i>		<i>F</i>	0.076	(0.090)	0.093	0.163	0.249	0.231	0.195	(0.170)	(0.138)	(0.096)	200.4
		<i>G</i>	0.472	(0.410)	0.428	0.456	0.490	0.515	0.509	(0.499)	(0.470)	(0.473)	676.3
<i>Ac</i>		<i>F</i>	(0.058)	0.051	0.063	0.107	0.121	0.177	0.153	(0.163)	(0.122)	(0.070)	144.4
		<i>G</i>	(0.479)	0.487	0.477	0.492	0.523	0.539	0.537	(0.515)	(0.484)	(0.507)	721.9
<i>Sc</i>		<i>F</i>	0.049	0.045	0.085	0.081	0.149	0.205	0.217	0.148	0.090	0.085	152.2
		<i>G</i>	0.508	0.500	0.482	0.513	0.530	0.539	0.483	0.489	0.516	0.482	724.9
<i>Cb</i>		<i>F</i>	0.049	(0.026)	(0.020)	(0.103)	(0.157)	0.127	0.135	0.121	0.088	0.065	118.3
		<i>G</i>	0.502	(0.528)	(0.517)	(0.507)	(0.515)	0.527	0.504	0.503	0.518	0.507	737.7

注:表中数据有括号者,表示观测次数不足 5 次。

云量的影响也很明显。图 2 给出各站点有效辐射、大气逆辐射平均日总量随总云量的变化。至于它们在各时次随总云量的变化曲线基本上与此相同(图略)。可用下列经验公式:

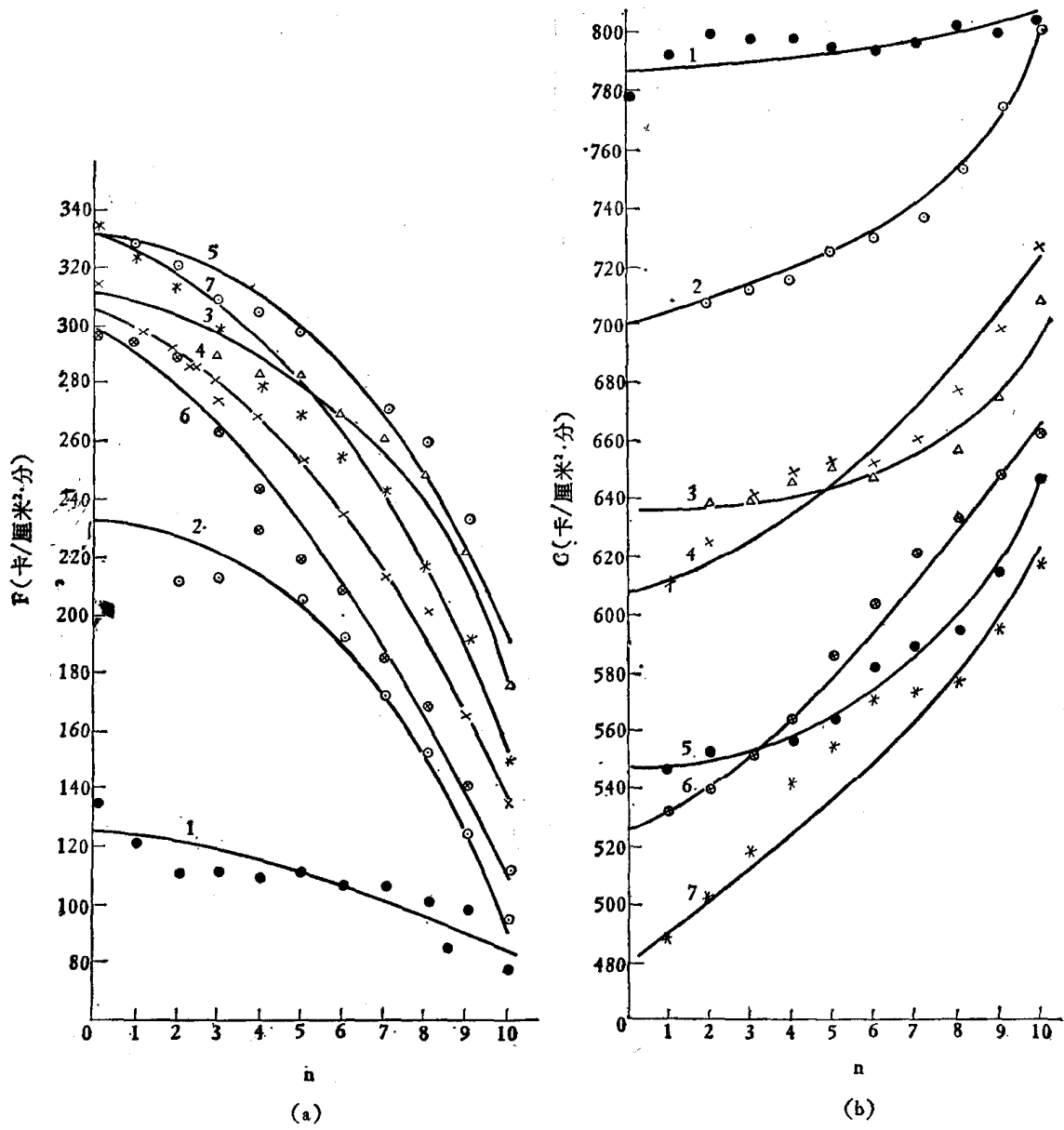


图 2 各站点有效辐射(a)和大气逆辐射(b)日总量随总云量的变化
(1979 年 6—8 月平均)

1——南京; 2——林芝; 3——格尔木; 4——拉萨; 5——狮泉河; 6——那曲; 7——双湖

$$F_n = F_0(1 + an^2), \tag{3}$$

$$G_n = G_0(1 + bn^2), \tag{4}$$

拟合出有效辐射 F_n , 大气逆辐射 G_n 随总云量 n 的变化, 式中 F_0 、 G_0 分别为全晴天时的有效辐射和大气逆辐射, a 、 b 为经验系数。拟合效果普遍较好, 各时次通量的线性化相关系数大多在 0.80 以上, 对平均日总量的拟合效果更好。表 3 列出各站的线性化相关系数 r 和相对拟合误差(表中 s 为回归误差)各时次经验公式中的 F_0 、 G_0 、 a 、 b 系数具有相当明显的日变化和随高度变化特征。可以林芝的资料为例说明(表 4)。

表3 各站有效辐射、大气逆辐射平均日总量经验式(3)、(4)中的系数和相对误差

站名	有 效 辐 射				大 气 逆 辐 射			
	r	F_0	a	$\frac{S}{F} 100\%$	r	G_0	b	$\frac{S}{G} 100\%$
南 京	-0.848	120.6	-0.0029	8.3	0.556	852.8	0.0001	0.7
格尔木	-0.965	302.1	-0.0035	4.5	0.933	632.7	0.0009	1.0
林 芝	-0.981	231.5	-0.0057	6.3	0.991	702.8	0.0012	0.7
拉 萨	-0.984	297.3	-0.0056	4.4	0.954	617.3	0.0017	2.1
狮泉河	-0.986	327.8	-0.0038	3.2	0.954	548.8	0.0015	1.9
那 曲	-0.995	281.4	-0.0063	6.3	0.977	543.3	0.0024	2.1
双 湖	-0.990	320.1	-0.0052	3.9	0.937	501.7	0.0025	4.0

表4 经验方程(3)、(4)的系数的日变化

林芝 ($H = 3000$ 米)

时次	00	04	06	08	10	12	14	16	18	20
F_0	0.106	0.095	0.118	0.180	0.257	0.284	0.264	0.184	0.130	0.107
a	-0.072	-0.045	-0.066	-0.105	-0.137	-0.148	-0.170	-0.100	-0.073	-0.059
G_0	0.446	0.450	0.415	0.485	0.526	0.574	0.557	0.532	0.498	0.462
b	0.08	0.06	0.09	0.06	0.05	0.02	0.04	0.05	0.05	0.09

如果把云和海拔高度的影响用统一的经验公式表示,对有效辐射 F 和大气逆辐射分别有

$$F = F_{\infty} \left[1 - \frac{d}{H + d + 1} \right] (1 + an^2), \quad (5)$$

$$G = G_0 e^{-\alpha H} \cdot (1 + bn^2). \quad (6)$$

把各项系数代入,并考虑 b 还可由高度的经验关系表示出来,于是(5)、(6)的具体化形式为

$$F = 496.2 \left[1 - \frac{3.05}{H + 4.05} \right] (1 + an^2), \quad (7)$$

$$G = 879.6 \cdot e^{-0.1058H} \times (1 + 1.53 \cdot 10^{-4} e^{0.6045H} n^2). \quad (8)$$

验算结果(8)式的相对误差有 95% 的次数在 10% 以内,有效辐射的效果略差些,但也有 90% 的次数在 15% 以下。格尔木、林芝两站的计算值偏离实测值较大,那曲有个别次拟合误差略大于 15%。

参 考 文 献

- [1] Кондратьев К. Я., *Актинометрия*, Гидрометеиздат, Ленинград, 1965.
- [2] Boger, G. B., *Mountain Weather and Climate*, Methuen & Co. Ltd., London and New York, 1982.
- [3] Самукашвили Р. Д., *Труды ВГИ*, 46 (1980), 98—110.
- [4] 陆龙骅、戴加洗, *科学通报*, 24(1979), 9: 400—404.
- [5] 寇有观等,珠穆朗玛峰地区科学考察报告 (1966—1968), 气象与太阳辐射, 科学出版社, 1975, 118—132.
- [6] 翁笃鸣等, *南京气象学院学报*, 1979 年第一期附刊, 11—19.
- [7] 沈志宝等, *青藏高原气象科学实验文集* (第一辑), 科学出版社, 1984.
- [8] Кондратьева К. Я. п/р, *Радиационные характеристики атмосферы и земной поверхности*, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1969, 513.