

大气外太阳辐射近红外区能谱分佈

[珠 峰 太 阳 辐 射 总 结 报 告 之 四]

中国科学院西藏综合考察队 太阳辐射组

一九七二. 九.

大气外太阳辐射近红外区能谱分佈

一、引 言

测定大气外太阳辐射以绝对能量单位表示的能谱分布（也称为大气外绝对太阳分光辐照，其对所有波段的积分即太阳常数），具有很大的实用和理论价值。例如在宇宙航行中，直接影响到卫星或宇宙飞船温度稳定性从而影响到飞行体寿命的飞行体表面热平衡状况的估计，以及直接影响卫星或飞船工作状态和期限的太阳能电池功率和寿命的估计等，均需要大气外绝对太阳分光辐照资料^[1]。太阳物理学、地球物理学和气象学中许多重大问题，如太阳大气结构的研究，日地空间环境研究，地球大气热平衡问题、高层大气结构、地区气候状况和天气预报等的研究，同样需要各种波段的大气外绝对太阳分光辐照资料。因此，大气外太阳辐射能谱分布的绝对测定工作，受到了多方面科学工作者的重视。

Abbot等人早在本世纪初就在 Smithsonian 天体物理观测台进行太阳能谱分布的绝对测定工作，其目的就是要推算太阳常数。他们经过长期的观测研究后，于1954年发表了最终结果^[2]。同时，Johnson则利用 Smithsonian 的资料和一些其他资料，重新审查处理过程并修订大气消光改正之后，也发表了大气外绝对分光辐照和太阳常数值^[3]。此后 Johnson 的结果几乎成了公认的标准，至今还相当普遍被沿用。（欧洲有部分国家也利用 Johnson 发表的能谱分布和太阳常数值^[2]。）但是另一方面，由于现在不同作者测定结果仍然存在很大分歧，因此，美、苏、英、西德等国并未放松大气外太阳能谱分布的重新测定工作。特别

是近年来，由于宇航技术研究部门需要相当精确的数据，这种重新测定工作受到了很大推动。美国和苏联除了在地面进行太阳辐射测量外〔5〕〔6〕，还利用飞机〔7〕、气球〔8、9、10〕、火箭〔11〕、人造卫星〔12〕和宇宙飞船〔13〕等高空手段进行太阳辐射测量。

通过地面观测太阳辐射外推到大气外的主要困难在于大气吸收较大，作消光改正中容易带来误差。高空观测具有大气消光改正很小的明显优越性，然而也带来另一些缺陷。例如，除飞机以外，气球、火箭、人造卫星和宇宙飞船等目前大都只测量总辐射（即测太阳常数），而不能作精确的分光测量。飞机上的分光观测，径之由于飞行中的有效观测时间很短，观测资料较少，有一定的随机性质；由于观测的大气质量变化范围太小，在外推到大气外的过程中将造成较大的误差；以及仪口不易稳定，需作飞机窗口消光改正等，均将影响到最后结果的精度。因此，有人认为，在地面海拔3—4千米或更高的高山地区（上空大气含量只及海平面上空含量的60%以下）天气稳定的情况下进行测量，则能克服上述各种缺点，可以外推得到最精确的大气外太阳分光辐照数据。

珠峰地区由于海拔高，大气稀薄，而且该地区周围遍布雪山、冰川、冻土，远离居民区，因而各种自然或人为大气污染极少。尤其难得的是在四、五月份的晴朗日子，其上空的水汽含量经常少于0.05厘米，最小达到0.01厘米，只及通常海平面晴朗日子上空水汽含量的1%以下。这些条件使得珠峰地区成为适于进行太阳辐射测量并外推求得大气外太阳辐射能谱分布数据的理想处所。特别应当指出的是水汽含量很小这一特点，更使得它适宜于进行受到水汽严重吸收的太阳近红外区能谱分布的观测和外推研究。因此，在1968年的珠峰科考活动

中，我们在珠峰地区5000米和6000米的两个测点上进行了前后达一个多月（4月1日至5月7日）的太阳辐射分光观测，获得了较大量资料。本文主要叙述这些资料的处理过程以及最后得到的大气外太阳辐射近红外区绝对分光辐照结果。

二、仪器设备和观测概况

我们携带的作为太阳分光辐射观测的主要仪器为一石英稜镜单色仪（蔡司厂产品），观测波段为 $0.28-2.5\mu$ 。辐射接收器为EMI 9358型光电倍增管（用于 $0.28-0.6\mu$ ）和真空热电偶（用于 $0.6-2.5\mu$ ）。记录器为两台灵敏度为 $10^{-9}A$ 的高阻和低阻检流计。太阳光由二平面反射镜引入单色仪狭缝。整个设备的配置见于（图1）。

测量辐射时，自 $0.28-2.5\mu$ 的太阳光谱中选取约60个波长测点（称为一组），其中 $0.28-0.6\mu$ 和 $0.6-2.5\mu$ 各约30个测点，各测点间的波长差随辐射强度变化缓慢略有差异。在测每一波长测点处的辐射读数之间均读一次零测点读数，这样每组观测需时约10分钟。单色仪观测的同时，用一标准的Ångström补偿式绝对直射表附加各种滤光片作滤光片透过波段范围积分总强度的绝对测量，以便用于对单色仪测得的相对分光辐照定绝对能量标度。

单色仪鼓轮读数所对应的波长值在观测现场不断以钨灯和汞灯谱线进行校准。整个单色仪系统的相对分光灵敏度于出发前和返回后在北京经国家计量研究院用 $2618^{\circ}K$ 的黑体辐射炉（极大辐射波长在 1.1μ ）校准。校准试验中的仪器配置与观测现场相同。

在一个多月当中，除了天气原因和仪器准备外，正式观测

天数为15天，共得61组分光资料。在61组资料当中，4月17日、4月21日、4月24日和5月5日在5000米测站上取得的四天计28组是属于天气最晴朗稳定以及一天当中观测组数最多的资料。由于这28组资料相应于最好的观测条件，我们决定选作进行外推到大气外太阳辐射能谱分布的原始资料。但是在处理过程中，发现EMI9558型光电倍增管所观测的 $0.28-0.6\mu$ 波段辐射的工作电流处于光电倍增管光电反映的非线性区，校准相当困难，可能会出现较大的误差，决定暂不进行处理。因此，最后只对28组资料中的 $0.6-2.5\mu$ 近红外区波段进行了处理。

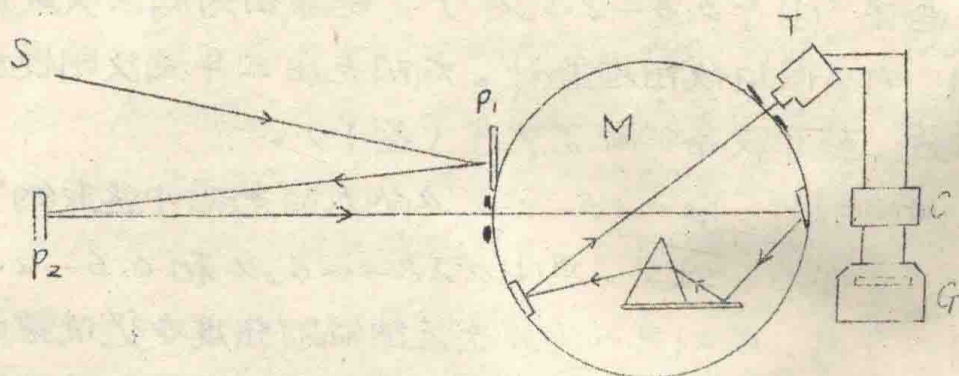


图1. 单色仪系统配置图

(S为太阳， P_1 、 P_2 为二平面反射镜，M为单色仪，T为光电倍增管或热电偶，C为分流电阻，G为检流计)。

三、大气内绝对太阳分光辐照

单色仪测量得到的28组检流计偏转读数，经过单色仪系统的分光灵敏度改正之后，即得到了28组相应于不同太阳高度，亦即不同大气质量的大气内相对太阳分光辐照 $I_m(\theta)$ 。

$I_m(\lambda)$ 的曲线我们称为相对分光辐照曲线。

为了对这些相对曲线定绝对能量标度，我们利用了 Ångström 绝对辐射仪加 RG8 滤光片进行观测的数据。RG8 滤光片透过率不为零的波段范围为 $0.7-5.0 \mu$ (见表 1)，而单色仪测量的波段范围为 $0.6-2.5 \mu$ ，因而必须把透过 RG8 滤光片进入绝对辐射仪但未被单色仪观测的 $2.5-5.0 \mu$ 波段的能标出，以便扣除。此能量显然为

$$\Delta S_m = \int_{2.5}^{5.0} \alpha(\lambda) I_m(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$\text{或} \quad \Delta S_m = \int_{2.5}^{5.0} \alpha(\lambda) I_0(\lambda) f_e(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

其中 $I_m(\lambda)$ 为与大气质量 m 相对应的太阳光内太阳分光辐照， $I_0(\lambda)$ 为大气外太阳分光辐照， $\alpha(\lambda)$ 为 RG8 滤光片透过率， $f_e(\lambda)$ 为太阳光路上的大气分光透过率。对于 $2.5-5.0 \mu$ 波段，主要的大气消光因素为水汽吸收，而分子散射（列利散射）、粗粒散射（气溶胶散射）以及其他分子吸收均可忽略，因而 $f_e(\lambda)$ 即太阳光路上的水汽分光透过率。这样，(2) 式积分实际上只是太阳光路上水汽含量 l 的函数。

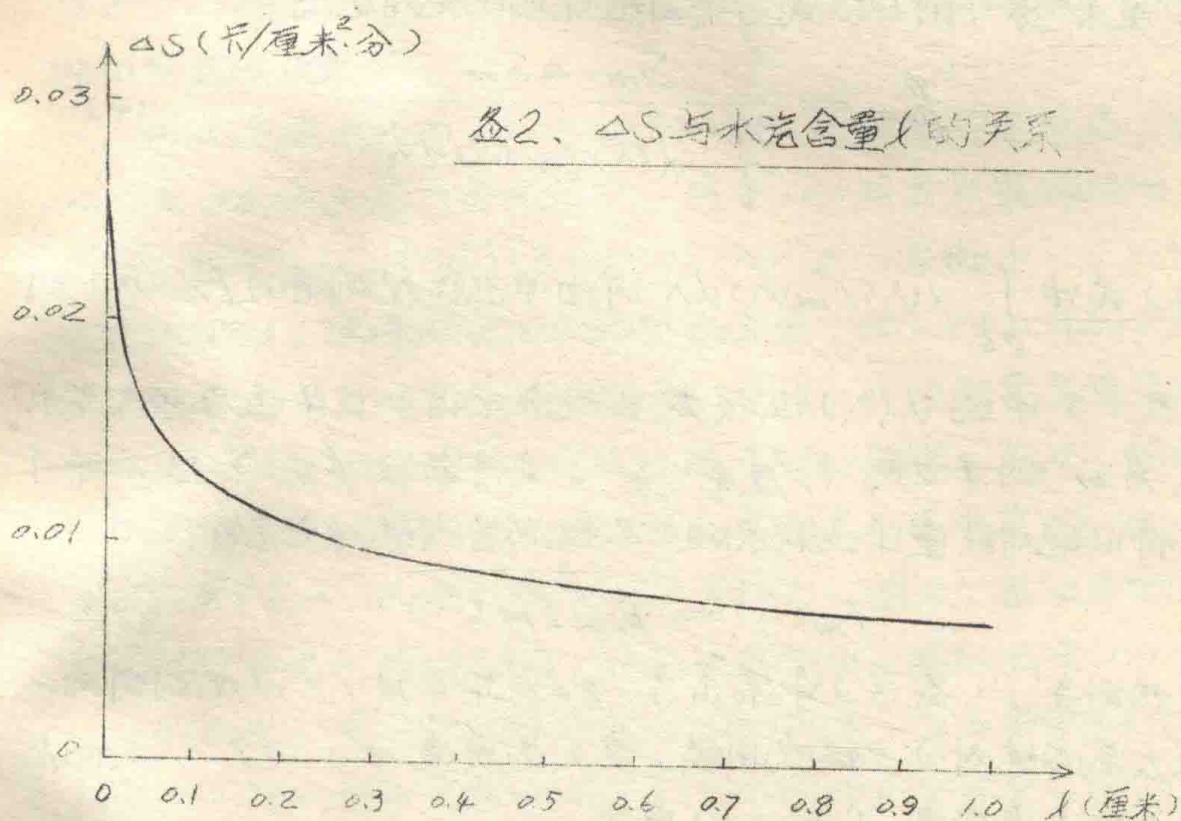
考虑到 $2.5-5.0 \mu$ 波段的大气外太阳分光辐照 $I_0(\lambda)$ 已经很小，水汽吸收又很大（即 $f_e(\lambda)$ 很小），由（表 1）可见 $\alpha(\lambda)$ 亦已较小，因此由 (2) 式可见 ΔS_m 是个很小的量。实际计算表明， ΔS_m 的最大值也不超过加 RG8 滤光片的绝对辐射仪测量值的 3%。因此在计算 ΔS_m 时，完全可以采用已有发表的其他大气外分光辐照数据，例如 Johnson 的 $I_0(\lambda)$ 数据^[3]。水汽分光透过率可取自文献^[14]，它是太阳光路上水汽含量 l （以降水，以厘米表示）

表 1 RG8 滤光片的分光透速率 $\alpha(\lambda)$

$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\alpha(\lambda)$
0.60	0.000	0.80	0.884	1.00	0.894	1.50	0.904	2.00	0.897	3.40	0.269						
0.62	"	0.82	"	1.05	0.895	1.55	"	2.10	0.894	3.60	0.223						
0.64	"	0.84	0.885	1.10	0.896	1.60	"	2.20	"	3.80	0.265						
0.66	"	0.86	"	1.15	0.897	1.65	"	2.30	0.887	4.00	0.259						
0.68	"	0.88	0.886	1.20	0.898	1.70	"	2.40	0.884	4.20	0.230						
0.70	0.070	0.90	0.887	1.25	0.900	1.75	0.903	2.50	0.876	4.40	0.156						
0.72	0.595	0.92	"	1.30	0.901	1.80	"	2.60	0.869	4.60	0.064						
0.74	0.838	0.94	0.889	1.35	0.902	1.85	0.902	2.80	0.532	4.80	0.024						
0.76	0.870	0.96	0.890	1.40	0.903	1.90	0.901	3.00	0.389	5.00	0.000						
0.78	0.880	0.98	0.892	1.45	0.904	1.95	0.900	3.20	0.330	5.20	0.000						

的函数。选取自0.01—1.00厘米的各种 l 值，由[4]的各表求得 $f_l(\lambda)$ 之后，再按(2)式用数值积分求得 ΔS_m 。计算得到的 ΔS_m 随 l 的变化示于(各2)中。

我们观测期间垂直上空的水汽含量 W_∞ 系由科改队气象工作者用无线电探空仪测得[15]。因而每组观测所对应的太阳光路上的水汽含量 $l = m W_\infty$ 为已知量。以 l (厘米)为引数自各2可取得 ΔS_m ，其单位为卡/厘米²·分。



另一方面，设想用单色仪附加RG8滤光片进行观测，则测得的相对分光辐照度即 $\alpha(\lambda) I'_m(\lambda)$ ，其绝对分光辐照度则应乘一待定的与 λ 无关的绝对化因子 k_m ，即

$k_m \alpha(\lambda) I'_m(\lambda)$ 。此绝对分光辐照度对0.6—2.5 μ 波段积分应与绝对辐射仪加RG8滤光片在0.6—2.5 μ 波段测得

的能量相等，故有

$$\int_{0.6}^{2.5} k_m \alpha(\lambda) I'_m(\lambda) d\lambda = S_m - \Delta S_m \quad (3)$$

其中 S_m 为加 RGB 滤光片的绝对辐射仪在 $0.6-5.0 \mu$ 波段实测得的总能量（注意 $\alpha(\lambda)$ 在 $0.6-0.7 \mu$ 一段为零，所以实际上只是 $0.7-5.0 \mu$ 波段进入绝对辐射仪）。其单位为卡/厘米²·分，由 (3) 式可得每组观测的绝对化因子

$$k_m = \frac{S_m - \Delta S_m}{\int_{0.6}^{2.5} \alpha(\lambda) I'_m(\lambda) d\lambda} \quad (4)$$

(4) 式中 $\int_{0.6}^{2.5} \alpha(\lambda) I'_m(\lambda) d\lambda$ 可由单色仪观测得的 $I'_m(\lambda)$ 和

(表 1) 中的 $\alpha(\lambda)$ 值按数值积分求得，其单位为 μ (微米)，故 k_m 的单位即卡/厘米²·分。求得每组 k_m 之后，即可称得以绝对能量单位表示的 28 组大气内绝对分光辐照为

$$I_m(\lambda) = k_m I'_m(\lambda) \quad (5)$$

作为例子，(图 3) 中示出了 1968 年 4 月 17 日观测到的一组大气内绝对分光辐照曲线，其大气质量 $m=1.07$ ，太阳光路上的水汽含量 $l=0.01$ 厘米。

四、大气外绝对太阳分光辐照

在推求大气外太阳分光辐照时，可以根据大气消情况不同，把整个 $0.6-2.5 \mu$ 波段分为二段讨论。

(1) $0.6-1.0 \mu$ 波段的大气外绝对分光辐照 $I_0(\lambda)$

如所熟知，单色辐射遵守指数吸收定律

$$I_m(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-m\sigma(\lambda)} \quad (6)$$

其中 $I_m(\lambda)$ 和 $I_0(\lambda)$ 分别为大气内和大气外太阳分光辐照， $\sigma(\lambda)$ 为大气消光系数。对于 $0.6-1.0 \mu$ 波段，除了分子散射和粗粒散射外，还有水汽、氧和臭氧吸收。对于水汽带和氧带之外的大气窗口波长，则有

$$\sigma(\lambda) = \sigma_r(\lambda) + \sigma_d(\lambda) + \sigma_o(\lambda) \quad (7)$$

其中 $\sigma_r(\lambda)$ 、 $\sigma_d(\lambda)$ 和 $\sigma_o(\lambda)$ 分别表示分子散射、粗粒散射和臭氧吸收系数。

可以合理地认为，对于所选择的天气晴朗稳定情况下取得的4天28组大气内分光辐照，其 $\sigma(\lambda)$ 基本上是一致的。事实上，在 $\sigma_r(\lambda)$ 、 $\sigma_d(\lambda)$ 和 $\sigma_o(\lambda)$ 三个系数中， $\sigma_r(\lambda)$ 应是不变的；珠峰地区上空的臭氧含量，经1960年的实际测量结果，表明在四、五月份期间，珠峰上空的臭氧含量是相当稳定的，其平均值为1.9毫米；至于粗粒散射，在另一报告中[6]已做了详细讨论，证明珠峰上空的大气混浊度很低（ Angström 混浊系数 $\beta < 0.01$ ）。并且，混浊度的逐日变化或日变化都是很小的，这意味着混浊主要起因于10公里以上的高空，是一种较长期起作用的因素，与下垫面的关系不太密切。所以把4天当中的 $\sigma_d(\lambda)$ 认为几乎不变，因而 $\sigma(\lambda)$ 几乎不变是有较充分根据的。于是，我们就可以把28组资料合并根据(6)式来外推到大气外的分光辐照。

在应用(7)之前，把不同日期的 $I_m(\lambda)$ 乘以 $(\frac{R}{A})^2$ ，改正到日地平均距离的对应值（其中 R 为当天日地距离， A 为日地平均距离，即一个天文单位）。然后选取水汽及氧气吸收带外的8个大气窗口波长，按(6)式由28组的 $[I_m(\lambda), m]$

数值用最小二乘法求得大气外绝对太阳分光辐照 $I_0(\lambda)$ ，其结果列于(表2)中。由(表2)作各后取出的平滑值列于(表

表2. 最小二乘法求得的 $0.6-1.0\mu$ 大气窗口处的 $I_0(\lambda)$ 和 $\tau(\lambda)$

$\lambda(\mu)$	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.72	0.80	0.86
$I_0(\lambda)$	2.78	2.71	2.60	2.49	2.36	2.14	1.74	1.62
$\tau(\lambda)$	0.0678	0.0554	0.0477	0.0406	0.0336	0.0272	0.0149	0.0141

$I_0(\lambda)$ 单位为卡/厘米²·分·微米

5) 中。(表3)则给出由平滑值求得的珠峰地区上空云顶方向 ($m=1$) 四、五月份的平均大气消光系数 $\tau(\lambda)$ 和大气分光透过率 $\alpha(\lambda) = e^{-\tau(\lambda)}$ 。

由(表3)可见, 当 $\lambda=0.86\mu$ 时, 大气消光系数 $\tau(\lambda)=0.0141$, $\alpha(\lambda)=0.986$, 消光已不到2%。另一方面, 在5000米测点处的气压 $p=550$ 毫巴(即大气只有通常海平面地区的一半多一美), 可称得其上空的均质大气厚度 $H=4.35$ 公里。再按[17]中表可求得分子散射系数在 $\lambda=0.86\mu$ 时 $\tau_r(\lambda)=0.0088$ 。臭氧吸收已不存在。故按(7)得当 $\lambda=0.86\mu$ 时, $\tau_d(\lambda)=0.0053$ 。Ångström 建议[18] 粗粒散射遵守如下公式

$$\tau_d(\lambda) = \frac{\beta}{\lambda^\alpha} \quad (8)$$

其中 α 为与散射粒子大小有关的指数, β 称为混浊系数。根据[16]求得的结果, 珠峰地区上空的 $\alpha=3.2$, 以 $\lambda=0.86\mu$ 及 $\tau_d=0.0053$ 代入(9)式, 可得 $\beta=0.0033$, 与[16]

中得到的 $\beta < 0.010$ 结果基本相符。

表3 珠峯地区垂直上空 ($m=1$) 的大气消光系数 $\bar{\sigma}(\lambda)$ 和透过率 $a(\lambda)$

$\lambda(\mu)$	$\bar{\sigma}(\lambda)$	$a(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\bar{\sigma}(\lambda)$	$a(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$\bar{\sigma}(\lambda)$	$a(\lambda)$
0.60	0.0678	0.934	0.69	0.0325		0.78	0.0184	0.982
0.61	0.0605		0.70	0.0304	0.970	0.79	0.0176	
0.62	0.0550	0.946	0.71	0.0284		0.80	0.0169	0.983
0.63	0.0510		0.72	0.0266	0.974	0.81	0.0164	
0.64	0.0472	0.954	0.73	0.0249		0.82	0.0159	0.984
0.65	0.0436		0.74	0.0232	0.977	0.83	0.0154	
0.66	0.0403	0.961	0.75	0.0217		0.84	0.0149	0.985
0.67	0.0374		0.76	0.0204	0.980	0.85	0.0144	
0.68	0.0348	0.966	0.77	0.0193		0.86	0.0141	0.986

测量海拔高度5000米，透过率 $a(\lambda) = e^{-\bar{\sigma}(\lambda)}$ 。

(2) 1.0-2.5 μ 波段的大气外绝对分光辐照 $I_0(\lambda)$

当波长向红端方向延长到1.0 μ 时，可得珠峯上空的分
子散射系数 $\bar{\sigma}_r(\lambda) = 0.005$ [17]，而此时的 $\bar{\sigma}_a(\lambda)$ 由(8)
式知其值入增大而减少，故应小于0.86 μ 时的数值0.0053，
于是总吸收系数 $\bar{\sigma}(\lambda) = \bar{\sigma}_r(\lambda) + \bar{\sigma}_a(\lambda)$ 应小于0.01，而
 $a(\lambda) > 0.990$ 。这说明此时天顶方向的消光已不及1%，在
测量误差以内，可以忽略。事实上即使当 $m=1.2$ 时，上述结
论仍可成立。因此，对于 $\lambda = 1.0-2.5 \mu$ 波段，可以选定一

些水汽带外的大气窗口波长，把 28 组资料中 $m < 1.2$ 的大气内分光辐照， $I_m(\lambda)$ （共 8 组）进行平均，作为大气外的分光辐照 $I_0(\lambda)$ 。其平均结果列于（表 4）中。

由（表 2）及（表 4）作各取平滑值，即得（表 5）中列出的 $0.6-2.5 \mu$ 波段大气外绝对分光辐照 $I_0(\lambda)$ 的最终结果（相应于日地平均距离）。 $I_0(\lambda)$ 的曲线示于（图 3）中。

表 4. 用 $I_m(\lambda)$ 平均 ($m < 1.2$) 求得的
1.0-2.5 μ 大气窗口的 $I_0(\lambda)$

$\lambda(\mu)$	1.00	1.25	1.275	1.55	1.60	2.10	2.20	2.30
$I_0(\lambda)$	1.143	0.583	0.528	0.336	0.304	0.104	0.083	0.073

表 5. 大气外近红外区绝对太阳分光辐照(日地平均距离处)

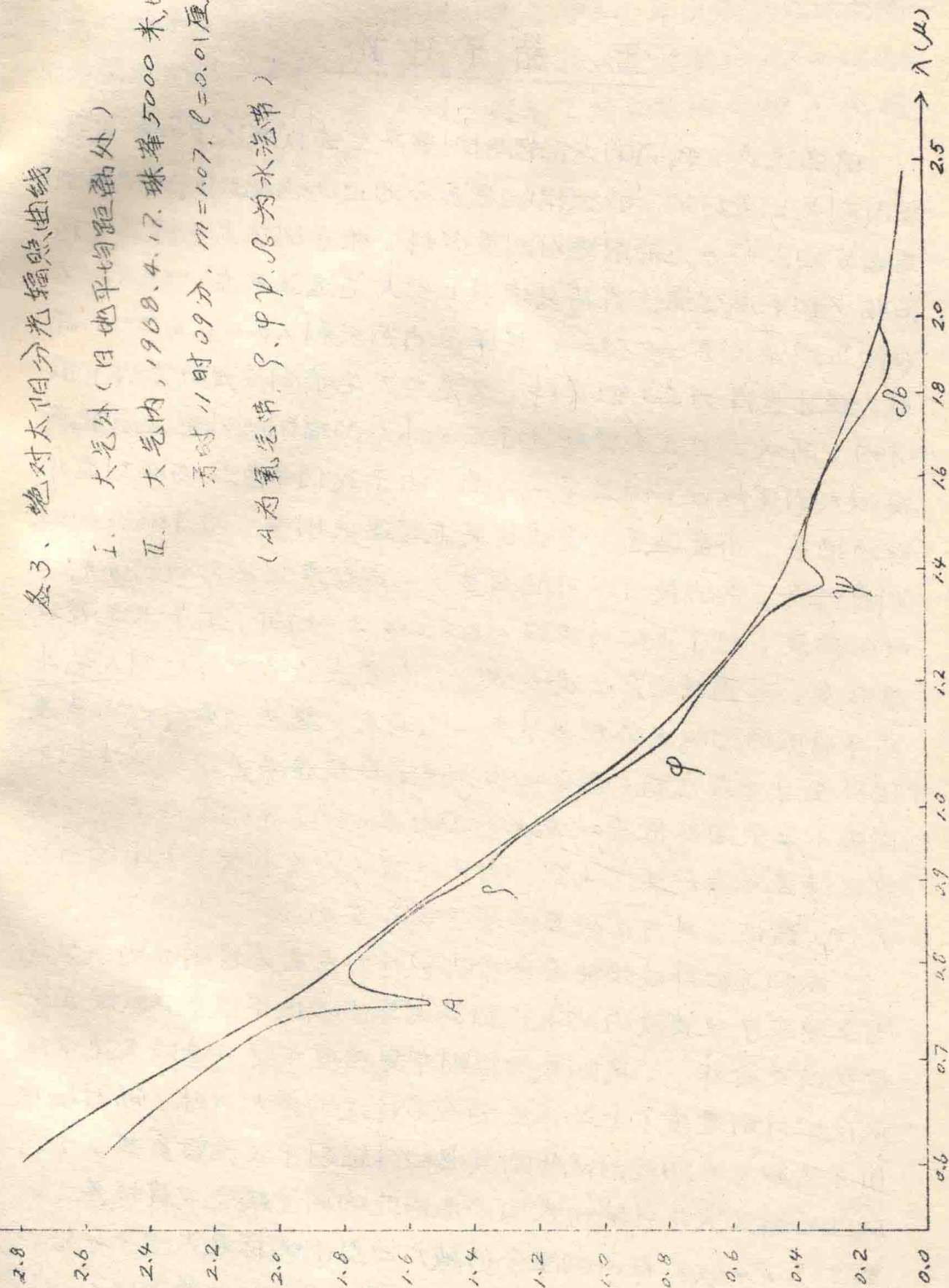
$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$	$\lambda(\mu)$	$I_0(\lambda)$
0.60	2.79	0.70	2.26	0.80	1.79	0.90	1.46	1.00	1.13	2.00	0.133
0.61	2.75	0.71	2.20	0.81	1.75	0.91	1.43	1.10	0.871	2.10	0.103
0.62	2.71	0.72	2.15	0.82	1.72	0.92	1.40	1.20	0.660	2.20	0.085
0.63	2.66	0.73	2.09	0.83	1.69	0.93	1.36	1.30	0.509	2.30	0.074
0.64	2.61	0.74	2.04	0.84	1.66	0.94	1.33	1.40	0.428	2.40	0.065
0.65	2.55	0.75	1.98	0.85	1.63	0.95	1.30	1.50	0.361	2.50	0.056
0.66	2.49	0.76	1.94	0.86	1.59	0.96	1.26	1.60	0.301		
0.67	2.43	0.77	1.90	0.87	1.56	0.97	1.23	1.70	0.257		
0.68	2.38	0.78	1.86	0.88	1.53	0.98	1.20	1.80	0.212		
0.69	2.32	0.79	1.82	0.89	1.50	0.99	1.16	1.90	0.167		

$I_0(\lambda)$ 单位为 卡/厘米²·分·微米

表3. 绝对太阳分光辐射曲线

- I. 大气外(日地平均距离处)
- II. 大气内, 1968.4.17. 珠峰5000米, 地
面时 11时09分, $m=1.07$, $\ell=0.01$ 厘米

(A为氧气的 ρ , φ , ψ , β 为水汽带)



五、结果讨论

前已述及，我们的太阳辐射测量是在海拔高达5000米的高山测站上进行的，所取得的是迄今为止地面观测到的世界最高海拔的太阳分光辐射绝对测量资料。珠峯地区大气稀薄、污染物少和水汽含量少等特使其上空大气透过率在 $0.6-0.86\mu$ 波段达到 $0.934-0.786$ ，其单色消光只剩 $1.4-6.6\%$ 。而且，经过选择的28组资料，又是在天气晴朗稳定的条件下取得的，所以，用这些资料进行大气外太阳辐射的外推应该说具有很大的优越性。但是另一方面，由于我们单色仪的观测并非自动记录，而是选置一些波长点进行逐点测量，为了缩短每组测量时间，点的数目不可能太多，一定程度上也影响到分光曲线的精度；对于近红外波段 $0.6-2.5\mu$ 之间，由于水汽吸收带较多，可选择的窗口波长很少，由这些波长点外推到大气外后平滑取值的做法必然也带来一些误差。这些因素导致的误差估计在 $\pm 2\%$ 左右，而仅由分光灵敏度校准误差不会超过 $\pm 1\%$ ，用最小二乘法外推或以 $m < 1.2$ 的 $I_m(\lambda)$ 平均求得 $I_0(\lambda)$ 的可几误差不会超过 $\pm 1\%$ ，因此，可以认为（表5）中给出的 $I_0(\lambda)$ 数值，其可几误差约为 $\pm 3\%$ 左右。

太阳近红外波段能谱分布的绝对测量是比较困难的，其原因主要在于该波段内的水汽和其他气体吸收带繁多，只能在少量窗口之间外推。再则太阳辐射本身强度在这一波段迅速下降，以及红外测量技术上的一些困难（特殊的分光元件，辐射接收器不灵敏，太阳辐射以外的其他红外辐射干扰流较多等），所以近红外区大气外绝对太阳分光辐照的测量精度一贯较差。以至于Johnson提出的至今仍被广泛引用的标准太阳分光辐照曲线中^[3]，在 $\lambda > 0.6\mu$ 以后系采用1940年由Moon^[19]

提出的结果。而 Moon 的数据则是由 1940 年以前的各不同观测者得到的曲线迭加平均求得。在 Moon 的曲线中，1.2-2.4 μ 一段系采用 6000°K 灰体模型辐射（其灰度为 0.99）代替，其可靠性是很可怀疑的。

各 4

近年来发表的大气外绝对太阳分光辐照，比较有代表性的当推 Labs and Neckel (1968) [20]，Makarova и Харитонов (1968) [21]，以及 Thekaekara (1970) [22] 发表的结果。他们全是综合许多测量者资料的平均结果。其中前二者所用的全部是地面（包括高山地区）的测量结果，而 Thekaekara 的结果则全为高空测量。它以美国航空与宇宙航行局 (NASA) 的 Goddard 空间飞行中心 (GSFC) 于 1967 年 8 月间用飞机在 11.6 公里高空进行的六次飞行测量（用单色仪）结果为基础 [7]，并采用 Eppley 实验室和加利福尼亚工学院的喷气推进实验室 (JPL) 于 1966 年 8 月间在 11.5—15.0 公里高空飞机观测（用单色仪）和 83 公里高度火箭观测（用多波段滤光片辐射仪）结果 [11] 进行修正补充。Thekaekara 的结果曾被美国“太阳电磁辐射委员会”（由美国航空与宇宙航行局的飞船设计鉴定小组同美国环境科学研究所共同组织的一个常设机构）推荐作为标准大气外绝对太阳分光辐照。然而 Labs and Neckel [23] 指出，Thekaekara 的结果中所用的主要资料，1967 年 8 月份飞机上的各次观测结果之间的差别高达 10—20%，而其平均结果与 1966 年的火箭观测结果比较，平均差别达 5.4%，最大差别达 11—12%。这表明 Thekaekara 结果的精度未必很高。他们还分析了高空观测中存在的各种问题，认为一般来说，高空手段取得的结果不见得能比地面高山地区在天气稳定条件下取得的结果精度要高。作为我们的结果与国外结果的比较，在（图 4）中示出了所有上述曲线。由图可见，我们的曲线在趋势上与 Makarova 的曲线较为接近，但其差别仍然较大，在 0.6—1.1 μ 一段珠峯曲线稍高于后者，而在 1.1—2.5 μ 一段，则稍低于后者。最大差别约为 10% 左右。