

## 1984年夏季张掖地区辐射参数的振荡特征

陆 龙 骅

(气象科学研究院极地气象室)

E. R. Reiter J. D. Sheaffer

(科罗拉多州立大学大气科学系)

### 提 要

本文用多维谱分析的方法,研究了1984年夏季张掖地区辐射参数的中短期和超短期振荡特征。1984年夏季,张掖地区辐射等参数存在着3—5天的中短期振荡及30分钟、50分钟和80分钟的超短期振荡。准3天振荡主要存在于热力边界层,振荡是由西向东传播的,影响高度大致为400 hPa。超短期振荡强度有着明显的日际变化,其变化周期也大致为3—5天。在大气中各种时间尺度的振荡之间存在着某种联系。准3天振荡可能是青藏高原地面热力扰动影响的一种反映,准30分钟的超短期振荡强度与天气系统的关系不明显,而与热力状况及主要云状却有一定的关系。

### 一、引 言

青藏高原的辐射和热力特征,历来是气象学者十分感兴趣的一个问题。多年来,各国学者从不同角度对此进行了广泛的研究。近年来随着青藏高原地区常规资料和考察活动的增多,很多中国学者用观测资料讨论了高原地区的辐射和热力特征。1979年5—8月进行的青藏高原气象科学实验,在高原地区设立了6个地面辐射和热状况观测站,获得了大量的资料<sup>[1]</sup>。翁笃鸣等用这些资料研究了青藏高原的辐射和热力特征<sup>[2-5]</sup>。此外,陆龙骅等讨论了1979年夏季青藏高原地区辐射和热力参数的中期振荡<sup>[6]</sup>;陈隆勋和Reiter等则研究了青藏高原地区的大气热源<sup>[7]</sup>。

1984年4月8—20日及6月17日—7月18日,在青藏高原东北侧的张掖地区进行了一次地面能量收支观测。首次在青藏高原地区获得了时间间隔为10分钟或15分钟的大量资料<sup>[8]</sup>。

在本文中,我们用多维谱分析的方法研究了1984年夏季张掖地区辐射等参数的中短期和超短期振荡特征,讨论了中短期振荡的垂直结构、超短期振荡的日际变化,以及它们的天气意义。

## 二、多维谱分析方法及各种资料的应用

多维谱分析是研究各时间序列自身振荡特性及相互关系的有效方法。本文所用方法与文献<sup>[6]</sup>中相同。

在本文中,6月30日到7月2日的资料缺测,在计算协方差时求和仅对有资料的点进行。在确定各种振荡的主周期时,使用了 Zangvil 的表示方法<sup>[9]</sup>,谱特征用功率与频率的乘积来表示,此时某一周期范围的振荡强度用该振荡占总方差的百分比来表示。多个时间序列的自身振荡特征及相互关系用自谱、位相谱和谱相关来进行描述。

根据张掖地区的观测资料,我们建立了时间步长为1天、30分钟及10分钟(或15分钟)的三组序列。对这些序列进行的多维谱分析表明,同一要素不同时间间隔序列的谱特征大体相近,对于周期为3天以上的振荡而言,可以应用日资料序列来进行研究,但在讨论时间间隔为30分钟至几小时的扰动及位相关系时,应当使用10分钟间隔的资料。

在1984年春季和夏季,张掖地区的地面辐射和热状况等参数都普遍存在着3—5天的主振荡周期,且在不同季节各要素的主振荡周期大体相近。因此,我们研究的重点放在夏季,本文讨论夏季张掖地区辐射参数的振荡特征,热状况的情况将另文分析。

## 三、张掖地区辐射等参数的中短期振荡特性

图1给出了1984年夏季张掖地区辐射等参数的自谱特征。由图1可以看出, $K_t$ (总辐射)、 $N_t$ (近红外辐射)、 $V_t$ (可见光辐射)、 $K^*$ (地面吸收辐射)、 $L^*$ (有效辐射)、 $Q^*$ (净辐射)、 $V(S_t - A_t)$ (感热参数<sup>1)</sup>)、 $H_{500}$ (12GMT, 500 hPa等压面高度)、 $u$ (东风分量)和 $v$ (南北风分量)等要素的振荡主周期为准3天;而 $L_s$ (地面长波辐射)、 $L_a$ (大气逆辐射)、 $N$ (全天总云量)、 $A_t$ (气温)、 $R_H$ (大气相对湿度)、 $S_t$ (土壤温度)和 $S_m$ (土壤水份)等要素的振荡主周期则为4—5天。

图1中, $K_t$ 、 $V_t$ 、 $N_t$ 、 $Q^*$ 、 $K^*$ 、 $L^*$ 等要素的主周期都为3.2天左右,各要素与总辐射准3天振荡的位相差都很小,而相关系数(COR)却很大,变化是一致的。可表示为:

$$\begin{cases} V_t = 7.242 + 0.4736K_t; & \text{COR} = 0.9994 \\ N_t = -7.539 + 0.5265K_t; & \text{COR} = 0.9996 \\ Q^* = 13.210 + 0.3898K_t; & \text{COR} = 0.8184 \\ K^* = 8.542 + 0.7064K_t; & \text{COR} = 0.9910 \\ L^* = -7.249 + 0.3259K_t; & \text{COR} = 0.8842 \end{cases}$$

顶层地温的4.6天振荡变化与气温及长波辐射的变化相当一致。顶层地温的变化超前深层,从顶层到底层,地温4—5天振荡的平均传播速度为40厘米/日。顶层地温与其层次地温的相关系数也较大,有下列关系:

1)感热通量  $S_H = \rho C_p C_D V(S_t - A_t)$  与  $V(S_t - A_t)$  成正比。

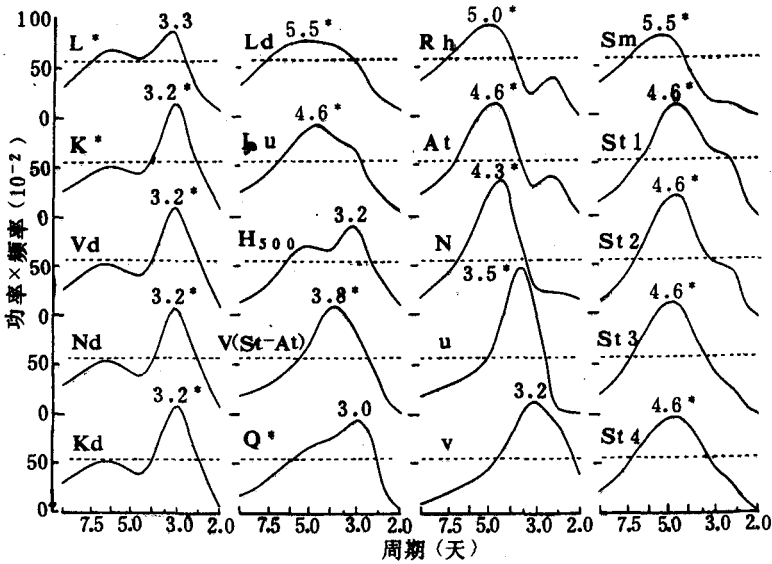


图 1 1984 年夏季张掖地区辐射等参数的自谱特征

$$\begin{cases}
 S_{i2}(8\text{cm}) = 4.148 + 0.7969S_{i1}(2\text{cm}); & \text{COR} = 0.98 \\
 S_{i3}(20\text{cm}) = 8.937 + 0.5603S_{i1}(2\text{cm}); & \text{COR} = 0.87 \\
 S_{i4}(40\text{cm}) = 13.653 + 0.3011S_{i1}(2\text{cm}); & \text{COR} = 0.61
 \end{cases}$$

由 10 分钟资料序列求得的  $K_d$  等七要素准 3 天及 4—5 天振荡的位相关系, 可以确定各要素准 3 天或 4—5 天振荡位相的大致顺序。 $K_d$  等七要素准 3 天振荡位相的大致顺序为:  $Q^*$ 、 $K^*$ 、 $K_d$ 、 $L^*$ 、 $S_{i1}$ 、 $A_i$  和  $V(S_i - A_i)$ 。 $K_d$  与  $Q^*$ 、 $K^*$  及  $L^*$  等辐射参数准 3 天振荡的位相差都较小, 一般不超过 2 小时, 而  $K_d$  与  $S_{i1}$ 、 $A_i$  和  $V(S_i - A_i)$  的准 3 天振荡则超前 8—10 小时。 $S_{i1}$  的变化超前  $A_i$  和  $V(S_i - A_i)$  约 1 小时。这与天气概念也是一致的。各要素 4—5 天振荡位相的大致顺序为:  $Q^*$ 、 $K^*$ 、 $K_d$ 、 $L^*$ 、 $A_i$ 、 $S_{i1}$  和  $V(S_i - A_i)$ 。除  $A_i$  外, 与各要素准 3 天振荡位相的大致顺序相同。相对而言,  $K_d$  与  $K^*$  或  $L^*$  4—5 天振荡的位相差也较小, 而  $K_d$  的 4—5 天振荡却超前  $S_{i1}$  18.6 小时, 此时  $S_{i1}$  的变化则落后于  $A_i$  3.5 小时。

#### 四、中短期振荡的垂直结构及水平传播

图 1 也指出, 张掖上空的 500 hPa 等压面高度也存在着准 3 天的振荡周期, 因此我们可以用等压面高度来讨论中短期振荡的垂直结构。

图 2 给出的是张掖地区等压面高度和温度中短期振荡的垂直结构。该图中实线是无主周期假设的等信度检验线, 斜线区为信度超过 1% 的区域, 圆点为该层振荡的主周期, 其中实心点通过了信度为 5% 的红噪音检验。从图 2 可以看出, 在张掖地区上空存在着高度和温度中短期振荡的两个系统。第一个系统位于从地面到 400 hPa 左右的层次里。这一层次与通常所说的热力边界层相当。在这一层次内, 主周期为 3—5 天, 地面气压和温度的 3—5 天振荡均超前 400 hPa 处 1.6 天左右, 扰动是由地面向上传播的(表 1 a)。第二个系统大致位于从平流层底部到 300 hPa 的层次内, 振荡主周期为 5—6 天。在这一层次内, 振荡是向下传播的。50 hPa 等压面高度的 5—6 天振荡分别超前 300 hPa 处 0.9 天及 2.7 天(表 1 b)。

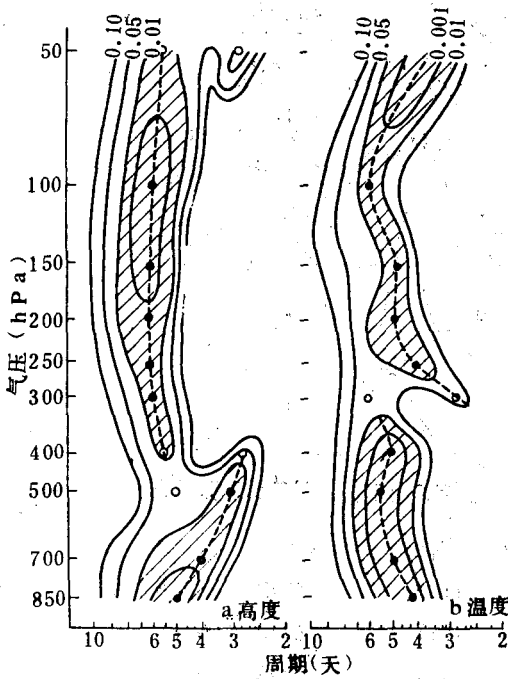


图2 1984年张掖地区中短期振荡的垂直结构

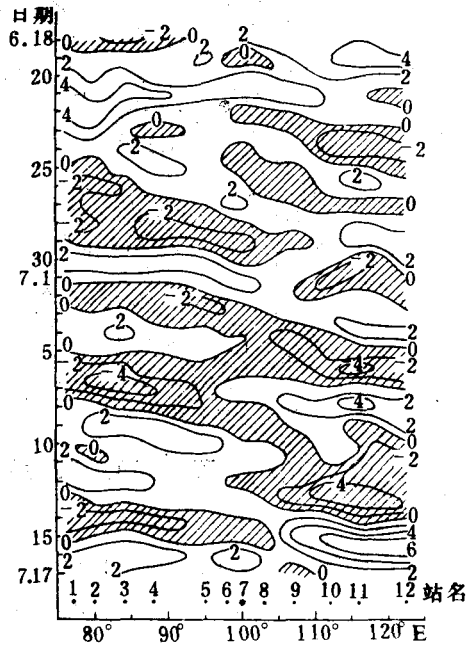


图3 1984年6月17日—7月18日沿40°N、H<sub>500</sub>变高时间剖面

站名1.喀什 2.和田 3.安德河 4.若羌 5.敦煌 6.酒泉  
7.张掖 8.民勤 9.临河 10.呼和浩特 11.北京 12.大连

表1 张掖各标准等压面高度和温度振荡的位相关系

a. 地面与其它层次间3—5天振荡的位相关系

|    |        | 地面    | 700hPa | 500hPa | 400hPa | 300hPa | 250hPa | 200hPa |
|----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 高度 | 主周期(天) | 5.0*  | 3.8*   | 3.2    | 5.5    | 6.0*   | 6.0*   | 6.0*   |
|    | 位相差(天) | 0     | 0.2    | 1.0    | 1.6    | 2.2    | 1.9    | 1.4    |
|    | 谱相关(%) | 100.0 | 86.0   | 54.1   | 53.7   | 58.3   | 43.9   | 42.5   |
| 温度 | 主周期(天) | 4.3*  | 5.0    | 5.5*   | 5.0    | 6.0    | 4.0    | 5.0*   |
|    | 位相差(天) | 0'    | 0.3    | 1.2    | 1.6    | 2.6    | 3.2    | 3.1    |
|    | 谱相关(%) | 100.0 | 83.2   | 58.0   | 71.7   | 46.0   | 68.8   | 71.6   |

b. 50hPa与其它层次间5—6天振荡的位相关系

|    |        | 400hPa | 300hPa | 250hPa | 200hPa | 150hPa | 100hPa | 50hPa |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 高度 | 主周期(天) | 5.5    | 6.0*   | 6.0*   | 6.0*   | 6.0*   | 6.0*   | 5.5*  |
|    | 位相差(天) | 0.6    | 0.9    | 0.8    | 0.5    | 0.2    | 0.1    | 0     |
|    | 谱相关(%) | 74.7   | 37.6   | 43.4   | 50.4   | 67.9   | 81.8   | 100.0 |
| 温度 | 主周期(天) | 5.0    | 6.0    | 4.0    | 5.0*   | 4.6*   | 6.0*   | 3.5   |
|    | 位相差(天) | 3.0    | 2.7    | 1.6    | 0.9    | 0.4    | 0.2    | 0     |
|    | 谱相关(%) | 64.1   | 27.7   | 30.0   | 45.5   | 68.6   | 41.2   | 100.0 |

在文献[6]中我们曾以仲巴为例讨论了1979年夏季青藏高原地区准一周振荡的垂直

结构。在 1979 年夏季,准一周振荡存在于从对流层中部到平流层下部的整个层次。而本文所讨论的张掖地区的 3—5 天振荡则只存在于从地面到 400 hPa 的层次里。准一周振荡可能是西风带扰动强迫振荡的反映<sup>[6]</sup>,而 3—5 天振荡则可能是高原热力扰动影响的反映。图 3 给出了 1984 年 6 月 17 日到 7 月 18 日沿 40°N、500hPa 等压面变高的时间剖面。由图可以看出,在此期间张掖附近出现了九次正负变高的交替,其变化周期为准 3 天,而且这种扰动是由西向东传播的。根据张掖与其它测站 500 hPa 等压面高度准 3 天振荡的位相关系,我们可以求得准 3 天振荡扰动的传播速度。在 40°N 附近准 3 天振荡扰动从西往东的平均传播速度为 12.7°(经度)/天;在 100°E 附近,扰动由南往北的传播速度为 6.2°(纬度)/天。

### 五、辐射等参数的超短期振荡特性及其时间变化

我们用滤去日变化的时间步长为 10 分钟的资料,研究了逐日各要素的超短期振荡特性。

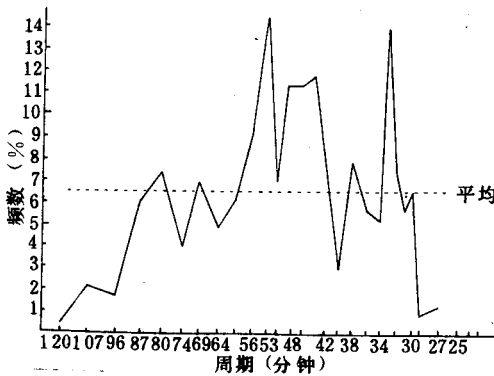


图 4 1984 年 6 月 17 日—7 月 18 日张掖地区  $K_d$  等 8 要素各主周期出现频数

图 4 给出了 1984 年夏季张掖  $K_d$ 、 $Q^*$ 、 $L^*$ 、 $K^*$ 、 $V(S_l - A_l)$ 、 $S_l$ 、 $A_l$  和  $W_s$  (风速) 等要素各振荡主周期出现频数。由图 4 可以看出,该地区  $K_d$  等要素存在着准 30 分钟、40—50 分钟及准 80 分钟的振荡周期。

$K_d$  等要素的超短期振荡强度有着明显的日际变化。为了进一步了解  $K_d$  等要素超短期振荡的日际变化特点,我们对  $K_d$  等要素的主周期长度、准 30 分钟和准 50 分钟振荡强度等特性又进行了谱分析(二次谱)。在分析时,准 30 分钟振荡强度以周期为 28—36 分钟的振荡占总方差的百分比来表示,而准 50 分钟振荡的强度则为 44—56 分钟振荡占总方差的百分比。由

表 2 可见,  $K_d$  等要素的超短期振荡主周期和准 30 分钟振荡强度都存在着准 3 天变化周期。这一周期与  $K_d$  等要素本身的变化周期是相近的。这说明了逐日超短期振荡与中短期振荡之间存在着联系。

表 2 超短期振荡自谱特征的主周期(二次谱)

| 主周期(天) / 要素 / 自谱特征 | $K_d$  | $Q^*$ | $L^*$ | $K^*$ | $V(S_l - A_l)$ | $S_l$ | $A_l$ | $W_s$ | $u$  | $v$  |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|------|------|
|                    | 主周期(天) | 2.7   | 2.6   | 4.3*  | 2.5            | 2.7   | 3.3   | 3.0   | 3.8* | 4.0* |
| 30 分钟振荡强度          | 2.9*   | 2.9*  | 2.9*  | 3.0*  | 3.2*           | 3.2   | 4.0*  | 3.2*  | 2.7  | 3.0  |
| 50 分钟振荡强度          | 5.5*   | 5.5*  | 5.5*  | 5.5*  | 3.0*           | 4.6*  | 3.2   | 4.0*  | 3.5  | 3.3* |

值得注意的是,在讨论中期振荡特征的年际变化时,各年中期振荡和多年长期振荡之间存在着联系<sup>[10]</sup>。即在大气中各种时间尺度的振荡之间(长期振荡和中期振荡、中短期振荡和超短期振荡)都存在着某种联系。中期振荡或超短期振荡是在一定的长期或中期振荡背景下发生的。这是一个很有意义的现象,有待于进一步研究。

## 六、准3天和准30分钟振荡的天气意义

表3 张掖地区  $P_0$  (地面气压)及  $H_{500}$  与  $K_2$  等参数准3天振荡的关系

| 要素        | $P_0$  | $H_{500}$ | $K_2$ | $k^*$ | $L_n$ | $S_i$ | $A_i$ | $V(S_i - A_i)$ | $L_d$ | $N$  |      |
|-----------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|------|------|
| 主周期(天)    | 5.0*   | 3.2       | 3.2*  | 3.2*  | 4.6*  | 4.6*  | 4.6*  | 3.8*           | 5.5*  | 4.3* |      |
| $H_{500}$ | 位相差(度) | 108       | 0     | -21   | -25   | -26   | -13   | -46            | 21    | 153  | -167 |
|           | 谱相关(%) | 51.3      | 100.0 | 73.2  | 71.1  | 61.2  | 44.1  | 33.4           | 59.9  | 74.6 | 61.1 |
| $P_0$     | 位相差(度) | 0         | 108   | 135   | 133   | 122   | 171   | -176           | 168   | -76  | -34  |
|           | 谱相关(%) | 100.0     | 51.3  | 49.4  | 46.8  | 26.9  | 55.9  | 58.8           | 50.9  | 51.9 | 39.4 |

表3给出了张掖地区  $P_0$  (地面气压)及  $H_{500}$  与  $K_2$  等参数准3天振荡的关系。由表3可以看出,张掖  $H_{500}$  或  $P_0$  与  $K_2$  等参数准3天振荡的谱相关都较大,  $H_{500}$  与  $K_2$ 、 $K^*$ 、 $L_n$ 、 $S_i$ 、 $A_i$  及  $V(S_i - A_i)$  准3天振荡的位相差都小于  $60^\circ$  (0.5天),而  $H_{500}$  与  $L_d$  及  $N$  准3天振荡的位相差却接近  $180^\circ$ 。 $P_0$  与  $K_2$  等要素的位相关系大致与  $H_{500}$  相反。这就是说,当张掖  $H_{500}$  (12:00GMT,地方时 18:42)处于峰值或  $P_0$  接近于低值时,该日  $K_2$ 、 $K^*$ 、 $L_n$ 、 $S_i$ 、 $A_i$  及  $V(S_i - A_i)$  的数值一般较大,而  $L_d$  及  $N$  却较小。

图5给出了  $K_2$  准3天振荡不同位相时的500hPa平均图。可以清楚地看出,当  $K_2$  为准3天振荡高位相时,张掖地区位于500hPa脊区,而  $K_2$  为低位相时,张掖地区位于500hPa槽区。

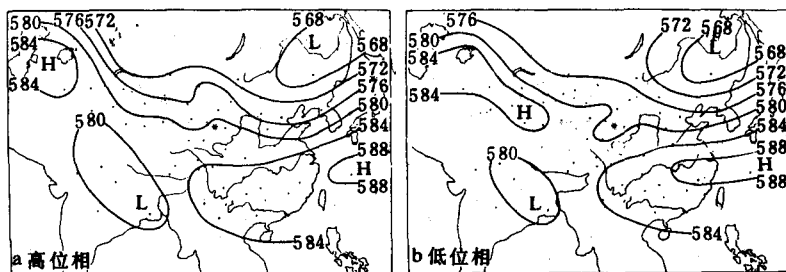


图5  $K_2$  准3天振荡不同位相时的500hPa平均图

a. 高位相 b. 低位相

前面我们已经指出,在张掖地区准3天振荡主要存在于接近地面的热力边界层中,因此它可能是高原地面热力扰动影响的一种反映。在张掖及邻近地区准3天振荡是由西向东传播的,影响高度大致为400hPa。

准 30 分钟振荡强度的变化与天气系统的关系并不明显。张掖  $P_0$ 、 $H_{500}$  及  $N$  与  $K_d$  等要素准 30 分钟振荡强度变化的相关系数大多在 0.31(信度为 0.10)以下, 相关并不显著(表略)。 $K_d$  准 30 分钟振荡不同位相时的 500 hPa 平均形势也无显著差异(图略)。

超短期振荡的强度变化与局地热力状况有密切的关系。 $K_d$  与  $S_d$  及  $V(S_d - A_d)$  准 30 分钟强度准 3 天振荡的位相差较小, 一般不超过 0.2 天; 而  $K_d$  准 3 天振荡则一般超前  $K_d$  和  $L^*$  准 30 分钟振荡强度变化 0.5 天左右(表略)。

云状是局地热力状况的一个重要标志。图 6 给出了不同云状时  $K_d$  的平均自谱特征, 说明了超短期振荡与主要云状之间存在着明显的关系。

当 14 时(北京时, 下同)主要云状为淡积云时, 该天  $K_d$  的主周期为 30—50 分钟(准 30 和准 50 分钟振荡), 通常云量较少。当 14 时主要云状为密卷云时,  $K_d$  的主周期为准 40 分钟, 云量不多。当 14 时主要云状为透光高积云时, 与淡积云时一样, 此时  $K_d$  的主周期也为 30—50 分钟, 但总云量却比淡积云时多, 通常此时的总云量大于 8 或 9 成。如果在 8 时或 14 时主要云状为蔽光高积云或高层云时, 则  $K_d$  的主周期为准 80 分钟, 与透光高积云时一样, 此时的总云量也往往大于 8 或 9 成。换言之, 在 14 时主要云状为积状云时,  $K_d$  的主

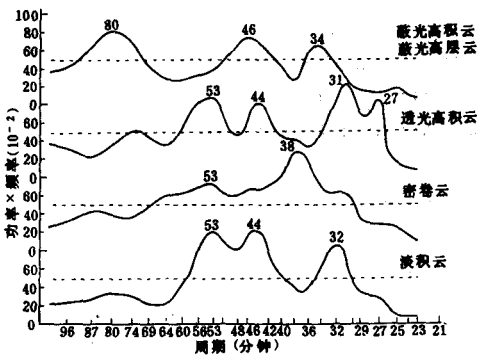


图 6 不同云状时的  $K_d$  平均自谱特征

周期为 30—50 分钟; 密卷云时为准 40 分钟。而在该天 8 时或 14 时出现蔽光云时, 则为准 80 分钟。因此, 准 30 分钟振荡等超短期振荡很可能是青藏高原地区局地热力扰动的一种反映。

### 七、结 语

1. 1984 年夏季, 张掖地区辐射等参数存在着 3—5 天的中短期振荡及 30 分钟、50 分钟和 80 分钟的超短期振荡。

2. 在张掖地区, 准 3 天振荡主要存在于热力边界层中, 它是由西向东传播的, 影响高度大致为 400hPa, 可能是青藏高原热力扰动影响的一种反映。

3. 张掖地区辐射等参数的超短期振荡强度有明显的日际变化, 其变化周期也大致为 3—5 天。在大气中长期振荡和中期振荡、中短期振荡和超短期振荡间存在着某种联系。

4. 准 30 分钟的超短期振荡强度变化与天气系统的关系不明显, 而与热力状况和主要云状却有一定关系。这些振荡很可能是局地热力扰动影响的一种反映。

在本文中, 我们仅运用了 1984 年张掖地区的辐射观测资料, 并没有使用热状况观测资料。张掖地区热力参数的谱特征、辐射参数和热力参数谱特征的关系等, 也是很有意义的, 还有待于进一步研究。

虽然 1984 年在张掖地区取得了大量的资料,但总天数只有 32 天,,资料时间序列太短,有很大的局限性。张掖位于青藏高原边缘,高原边缘和高原主体在气候上也有很大差异。因此,对青藏高原辐射和热力参数特征的全面研究来说,现有的资料还是不够的。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Tao Shiyun, Zhang Hongcai and Luo Siwei, Proceedings of International Symposium on the Qinghai - Xizang Plateau and Mountain Meteorology, Science Press, Beijing, AMS, USA, 3-13, 1986.
- [ 2 ] 沈志宝、翁笃鸣、潘守文, 青藏高原热源观测实验概况, 青藏高原气象科学实验文集 M, 科学出版社, 1-9, 1984 年。
- [ 3 ] 潘守文, 青藏高原那曲地区夏季辐射平衡的气候学特征, 同[2], 38-47, 1984 年。
- [ 4 ] 季国良, 青藏高原西部地表净辐射与气候年际变化的相关分析, 同[2], XM53-59, 1984 年。
- [ 5 ] 谢贤群, 青藏高原 1979 年 5-8 月的地表反射率, 同[2], 17-23, 1984 年。
- [ 6 ] 陆龙骅、朱福康、陈咸吉、朱云来, 1979 年夏季青藏高原地区的中期振荡特征, 同[2], 140-151, 1984 年。
- [ 7 ] Chen Longxun, E. R. Reiter and Feng Zhiqiang, *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1771-1790, 1985.
- [ 8 ] Reiter, E. R., E. A. Smith and J. D. Sheaffer, Progress Report, NASA Grant NAGW 601, 1985.
- [ 9 ] Zangvil, A. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 1469-1472, 1977.
- [ 10 ] Lu Longhua, Chen Xianji and Zhu Fukang, *Advances in Atmospheric Sciences*, 2, 54-62, 1985.



## THE OSCILLATION CHARACTERISTICS OF RADIATIONAL PARAMETERS OVER THE ZHANGYE REGION DURING THE SUMMER OF 1984

Lu Longhua

(Polar Meteorology Lab., AMS, PRC)

E. R. Reiter J. D. Sheaffer

(Colorado State University, USA)

### Abstract

A multi-spectral method is used to study medium-short and very-short range oscillation characteristics of radiation parameters observed in the Zhangye region of China in the summer of 1984. Medium-short range oscillation are defined as a sort of the variations occurring on the time scale of 3—5 days; the very-short range oscillations occur over the periods of approximately 30—80 minutes. The quasi-three day oscillation is also found in the thermal boundary layer. These oscillations propagate from west to east within the height range of about 400 hPa. The amplitudes of the very-short range oscillations of the radiation parameters over the Zhangye region vary with a period of 3—5 days. However, there are certain relationships among all sorts of the scales of the oscillations in the atmosphere. The quasi-three day oscillation may be a response to the thermal disturbance on the Qinghai—Xizang Plateau. There seems no distinct relationship between the very-short range oscillation and synoptic systems, but the oscillations appear to vary with the thermal state near the surface and prevalent cloud type.