

卫星观测的 OLR 气候图及其分析

蒋 尚 城

(北京大学地球物理系)

提 要

OLR(射出长波辐射)月平均图已成为目前气候诊断及长期预报的不可缺少的工具之一。本文利用1974年6月到1984年5月(1978年3—12月因卫星缺测除外)NOAA极轨卫星系列所观测的一日两次的OLR资料作出了OLR的气候平均图,以供业务与研究工作者参考。本文还对于OLR观测资料的处理过程、气候平均图的解释及其应用分别作了说明,以便广大气象工作者更好地熟悉与掌握这些新的卫星气候图象。

一、引 言

气象卫星是从宇宙空间观测大气顶部辐射收支的理想平台,早在1959年10月美国的Explorer-7卫星就已开始了辐射收支的观测,随着卫星探测技术的不断发展,从1974年6月NOAA-2号卫星用两通道的扫描辐射仪开始了辐射收支的业务观测,直到1978年3月中由于NOAA-5号扫描辐射仪的失灵而告中断。Winston等^[1]曾经整理出版了这一时期的辐射观测资料图集。辐射资料在气象各个领域内得到了越来越广泛的应用^{[2]-[10]}而辐射收支各个分量中,用得最多的是射出长波辐射(简称OLR),它不仅应用于各个研究领域,而且已为美国气候分析中心在日常业务中使用。目前美国及联合国的每月气候公报中都刊有OLR的月平均图,说明它与传统的风场和气压场的图一样成为全球气候分析的一个不可缺少的工具。因此利用较长时间的卫星辐射观测资料作出OLR的气候平均图,并对于平均OLR所揭示的气候信息给予适当的解释,便于广大气象工作者了解与应用它,已是十分必要,这也就是本文的目的。

二、资料及其处理

表1给出了本文所取资料的年代,各卫星的观测仪器、通道及过赤道的时间,为了使得不同卫星所观测的资料尽可能地协调统一,作了如下的处理:

1. 地球放射的长波辐射有明显的日变化,NOAA极轨卫星总是偏于某一地方时观测地球大气(决定于卫星过赤道的时间),而在本文所用的资料期间,卫星过赤道的时间发生了四次变化,若将不同观测时间的资料简单地加以平均显然是不合适的。本文采用了先把日、夜两次的观测记录平均作为日平均资料,然后进行月平均和多年的气候平均,以减

小日变化的影响。研究表明,这样处理的结果可以大大减小由于过赤道时间不一致而产生的影响^[12]。

表 1 NOAA 卫星的射出长波辐射观测资料简况

卫 星	过赤道时间	记录时间	仪 器	通 道
NOAA-2,3,4,5	9:00—21:00	1974.6—1978.2	SR	10.5—12.5 μm
TIROS-N	3:00—15:00	1979.1—1980.1	AVHRR	10.5—11.5 μm
NOAA-6	7:30—19:30	1980.2—1981.7	AVHRR	10.5—11.5 μm
NOAA-7,8	2:30—14:30	1981.8—1984.5	AVHRR	11.5—12.5 μm

2. 本文所用的射出长波辐射都是由窗区观测(见表 1)而得的,窗区辐射需要订正为总谱区的长波辐射。订正的方法过去已有不少,这里采用的是最近 Ohring 等^[13]用 Nimbus-7 上的 ERB(辐射收支)观测的总长波辐射与热红外辐射仪所测的 10—12 μm 红外窗区辐射所求得回归方程,由此订正的结果都比以往的方法更好。因此先将本资料序列中各个不同的红外窗区辐射都订正到热红外窗区辐射,然后再通过 Ohring 的公式转换成总谱区的长波辐射。

通过以上处理,基本上把资料中最主要的卫星过赤道时间的不一致及窗区通道变化和窗区辐射与总谱区长波辐射的不一致所造成的影响减为最小,从而把不同卫星观测的 OLR 资料处理成便于应用的更长时间序列的 OLR 气候资料。全部资料都处理成 2.5 \times 2.5 $^\circ$ 网格上的数据,再分析等值线。所有年、季、月气候图(限于篇幅,这里只刊出 1,4,7,10 月四幅)的范围均为 60 $^\circ\text{N}$ —60 $^\circ\text{S}$,0 $^\circ$ —360 $^\circ$ 。

三、OLR 气候图的分析

1. OLR 的物理意义及其所能反映的信息

OLR 是卫星上观测的地气系统的长波辐射,它主要决定于云顶及下垫面的温度,所以它是云和下垫面温度的函数。在热带地区,温度的时空变化都比较小。OLR 的变化主要受云的影响。一般说来在 ITCZ 的深对流发展地区 OLR 最小($\leq 225\text{w}/\text{m}^2$),在大规模的信风下沉区 OLR 较大($\geq 250\text{w}/\text{m}^2$),而在晴空沙漠区 OLR 最大。一般说来对流上升地区往往也是降水区和大气中凝结潜热释放地区,在赤道海洋上又往往与暖水区相对应;大规模少云或无云的下沉区则又是干旱区,在赤道海洋上往往与冷水区相对应,所以 OLR 的热带地区可以反映云,降水,垂直运动以及凝结热和洋面温度等许多有用的信息。对于中高纬度由于冰雪覆盖以及地形的起伏,下垫面的温度分布很不均匀,OLR 所反映的云和降水等信息很难从中单独分离,分析时需特别小心。

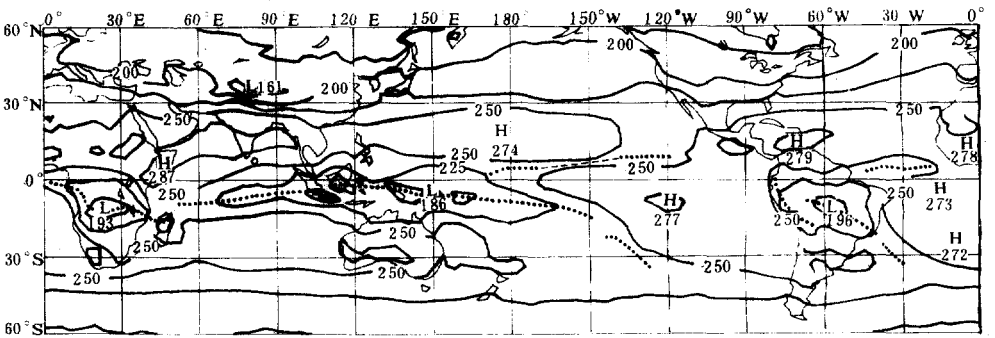
2. OLR 的季节变化

图 1 为气候平均的 1、4、7、10 月的 OLR 月平均图。从这些图可以看到 OLR 的季节变化及其所反映的气候及大气环流的季节变化。

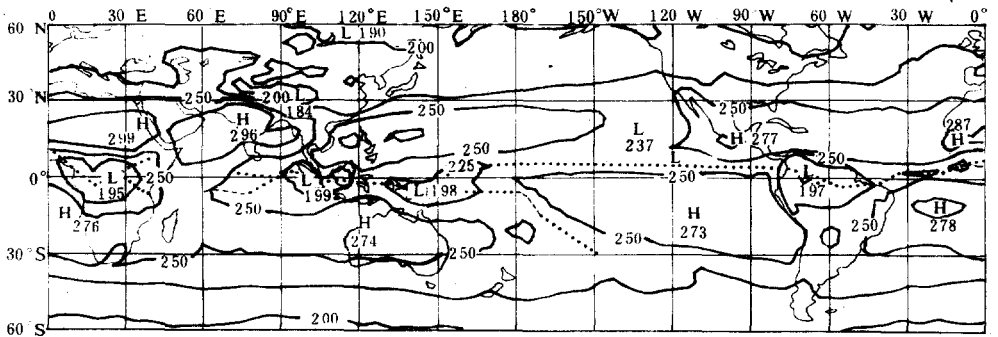
先看 1 月(图 1a),北半球的最小 OLR 轴(ITCZ)只在大西洋和太平洋中部和东部存

在, 西北太平洋 ITCZ 消失, 而西南太平洋上的 ITCZ 达最强 (OLR 最低中心可达 $160w/m^2$), 同时向东伸展到 $150^{\circ}W$ 与北半球日更线 (180°) 附近的 ITCZ 构成双 ITCZ。在赤道东太平洋地区则为 $>250w/m^2$ 的高 OLR 区所控制, 这里对应的是干的下沉区和冷水区, 与西部太平洋上低值 OLR 区相配合正是东西向沃克环流的反映。因而这里也是全球厄尼诺现象敏感的监测窗区。此外, 在南非和南美大陆 ITCZ 呈东南—西北向伸展, 构成那里的多雨带。同时我们再比较南北半球热带地区的 OLR 分布, 北半球基本上为纬向的高值 OLR 带 (相应为副热带高压) 所控制, 而南半球则为东西向高低中心相间的 OLR 分布, 说明南半球夏季的东西向环流比较显著。从 30° 向极地, OLR 基本上是递减的, 反映了温度向两极降低的现象。但北半球由于海陆分布的影响 OLR 分布不如南半球均匀, 这从 OLR 等值线走向也可以明显看出, 尤其在 $90^{\circ}E$ 附近, $30^{\circ}N$ 以北有一明显的低 OLR 区, 即是青藏高原的影响。

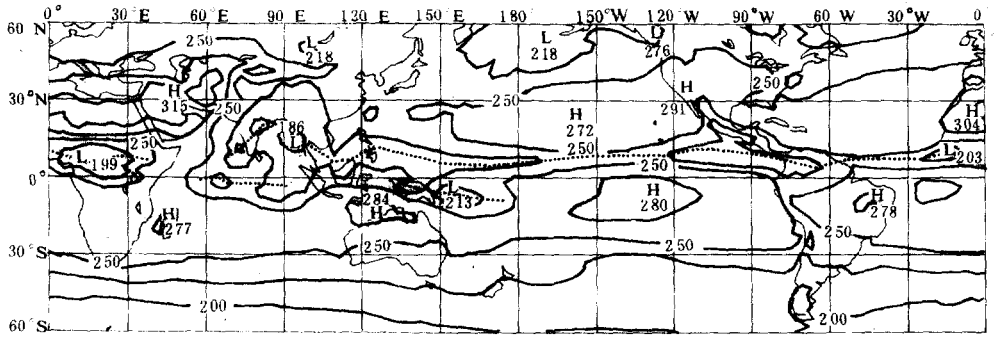
4 月 (图 1b), 大陆上的 ITCZ 北移到赤道附近, 西太平洋上, 北半球 ITCZ 增强并向西伸展, 南半球 ITCZ 则减弱西缩, 因而造成了双 ITCZ 的西移。印度洋上赤道以北附近出现新的 ITCZ。大西洋上 ITCZ 则仍稳定地在北半球, 而在青藏高原上 OLR 的最低中心值比 1 月增加了 $23w/m^2$ 反映了高原上春季的迅速加热。



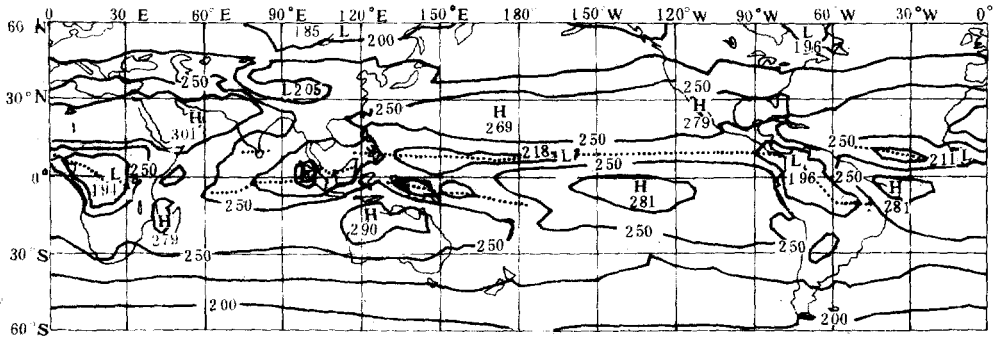
a. 1 月 (1975—1984 年)



b. 4 月 (1975—1984 年)



c. 7月(1974—1983年)



d. 10月(1974—1983年)

图1 OLR平均图

单位： w/m^2 ，等值线间隔为 $25w/m^2$ ，点线为 $<240w/m^2$ 的最小 OLR 轴线，
 虚线为 $240-250w/m^2$ 间的最小 OLR 轴线。

7月(图1c)，非洲、美洲大陆上的ITCZ整个移到北半球，由OLR反映的大陆上ITCZ的季节变化是与太阳的季节移动基本一致的^[9]。而在海洋地区则不然，发生最明显变化的地区是在西太平洋及孟加拉湾地区。在西太平洋，北半球ITCZ生成并达到最强，相应于该地区是最活跃的台风季节，而南半球ITCZ仍然存在，只是强度减弱，并进一步西缩，这时双ITCZ达到它的最西部位置而在强度上发生南北振荡(北强南弱)。在印度洋则有最低的OLR轴自赤道向东北经印度到孟加拉湾，最北位置可达 $20^{\circ}N$ ，最低中心的强度则达 $186w/m^2$ ，位于孟加拉湾的东北部，这就是著名的印度季风现象。这从OLR图的逐月变化(图略)可以看得更清楚，尤其是从5月到6月，从最低OLR轴的变化可以明显看到印度季风爆发的现象。另外，在赤道印度洋及其以南的地区仍有一个次最低的OLR轴，因而这时在印度洋及西太平洋地区同时出现了双云带的现象。相对而言，大西洋上ITCZ变化较小，只是略有加强并北移。

再看OLR的高值区，太平洋上最大的OLR轴线(相当于副热带高压轴线)从冬到夏是明显由南向北移动的，但在西太平洋上OLR的强度却是减小的，最高中心是在 $160^{\circ}W$ 的洋面上，这说明夏季西太平洋副高边缘是上升区，由于云的影响而使OLR值下降，而在青藏高原上的低值区与东太平洋上的高值区就正是夏季青藏高原加热上升，而到 180° 以东下沉所形成的这支巨大的东西向热力环流^[14]的反映。

另外在两大洋上，南半球的高值中心明显加强，说明南半球海洋上副高在冬季(北半

球夏季)最强,这可能与 Hadely 环流在冬半球强有关。大陆上高值区出现在沙特阿拉伯的北部,最大强度达到 $315w/m^2$,较之 1 月增加了 $28w/m^2$,反映了非洲沙漠上温度明显的年变化对 OLR 的强烈影响。

10 月(图 1d)大陆上 ITCZ 南退,在南美洲呈西北—东南向穿越赤道,印度季风区的低 OLR 值消失。西北太平洋上 ITCZ 减弱,西南太平洋上 ITCZ 加强并伸展到日更线以东,因而造成双 ITCZ 的东移,到冬季达最东,而强度上则与夏季相反,为南强北弱,这反映了太平洋上双 ITCZ 位置上的东西向振荡和强度上的南北振荡现象。此外,南印度洋上的 ITCZ 明显增强,南太平洋上的高值区仍不减退,直到冬季(南半球夏季)才迅速减弱。

非洲大陆上 ITCZ 随着太阳辐射的季节移动反映了非洲赤道附近($5^{\circ}N-10^{\circ}S$)一年中两个雨量最大的降水气候特征^[15]。

四、OLR 的异常与气候异常

有了 OLR 的气候平均图以后,我们就可以对每年各月的 OLR 图与气候图进行比较,或求其差得距平,一般 OLR 异常对气候异常反映很灵敏,下面仅举两例说明:

1. OLR 异常与厄尼诺

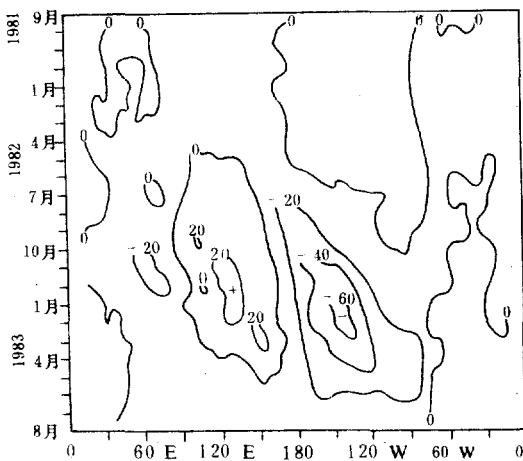


图 2 1981 年 9 月—1983 年 8 月 $0^{\circ}-10^{\circ}S$ OLR 距平分布 单位: w/m^2

1982—1983 年冬季是近百年来最强的一次厄尼诺事件,这种全球性气候异常,在 OLR 图上反映十分明显。用 1982—1983 年冬季的 OLR 平均图与该季的气候平均图相比(图略),可以发现赤道东太平洋地区,在气候平均图上为高 OLR 的干区所控制,而在 1982—1983 年冬季,该地区为 OLR 低值区,小于 $200w/m^2$ 的 OLR 区向东伸展到 $120^{\circ}W$,这里显然应为负距平。在西部新几内亚岛上,气候平均图上 OLR 为低中心,而 1982—1983 年则有明显增加,即有正距平。图 2 给出 1981 年 9 月—1983 年 8 月 $0^{\circ}-10^{\circ}S$ OLR 距平分布图^[16]。由图可见,较强的负距平始于 1982

年 7 月,自日更线逐渐向东传播并不断增强。到 1983 年 1—2 月达 $-60w/m^2$ 以上,强的 OLR 负距平区表示海水温度强增暖区与多雨区,正距平则是下沉干旱区。由此图不仅可以看到 1982—1983 年强烈的厄尼诺现象,还可以看到该年厄尼诺现象的发生自西向东传播的特征。

2. OLR 异常与长江流域的旱涝

图 3 为有卫星资料期间长江流域早年 (1976) 与涝年 (1980, 1983) 夏季最大与最小 OLR 的经度分布图^[10]。由图可以看到在北半球夏季印度洋及西太平洋地区, 早年的最低 OLR 值普遍在气候平均之上, 表明该地区的 OLR 较弱, 尤其有意思的是西南太平洋上的负距平更明显 (图 3 下部), 反映南半球 ITCZ 的异常增强与长江流域的洪水也有密切的关系。而最大 OLR 无论是在早年或是涝年都在气候平均之上, 说明西太平洋副热带高压的强度与长江流域的旱涝并无关系。

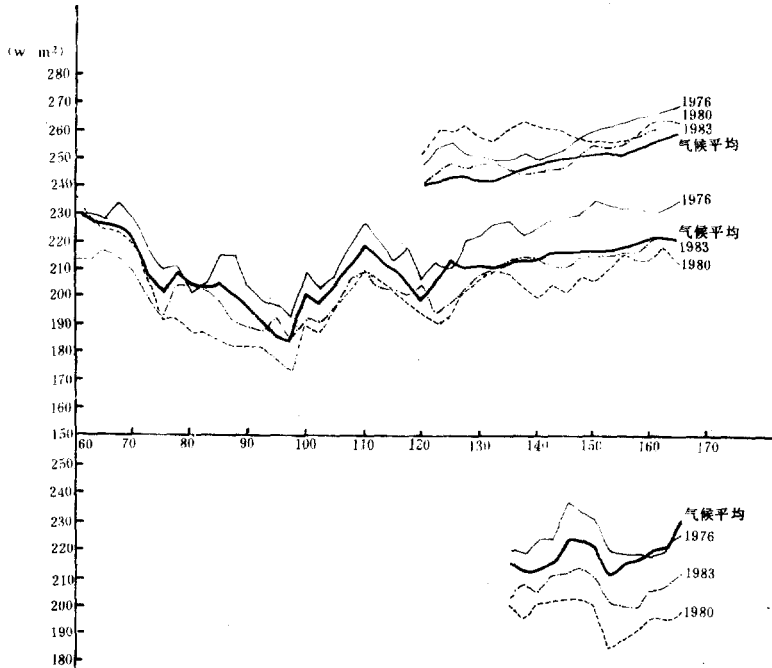


图 3 长江流域旱涝年各经度上的最大与最小 OLR 与气候平均的比较(上:北半球,下:南半球)

参 考 文 献

- [1] Winston, J. S. et al., Earth-atmosphere radiation budget analyses derived from NOAA satellite data, June 1974—Feb 1978 vols. 1 and 2, U. S. Dept. of Commerce, NOAA, NESS, Washington, D. C., 1979.
- [2] Winston, J. S. et al., *Pure Appl. Geophys.*, **115**, 1131—1141, 1977.
- [3] Liebmann, B. and D. L. Hartmann., *J. Atmos. Sci.*, **39**, 1153—1162, 1982.
- [4] Murakami, T., *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 404—426, 427—444, 1980.
- [5] Murakami, T. et al., *J. Atmos. Sci.*, **43**, 961—971, 1986.
- [6] Gruber, A. et al., *Repr. conf. atmos. radiat.*, 4th, 237—239, 1981.
- [7] Lau, K. M. and P. M. Chan., *J. Atmos. Sci.*, **40**, 2735—2750, 1983.
- [8] Ohring, G. and A. Gruber., *Advances in Geophysics.*, **25**, 237—304, 1983.
- [9] 蒋尚城, 全球 ITCZ 的气候学特征, 气象学报(即将发表)。
- [10] Jiang, S. C. and J. S. Winston., WMO/TD, No. 87, 431—435, 1986.
- [11] Zhu Yuanjing et al., Beijing International Radiation Symposium Abstract Booklet., 2B—13, 1—2, 1986.

- [12] Gruber, A. et al., *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **65**, 958—96, 1984.
- [13] Ohring, G. et al., *J. Climate. Appl. Meteor.*, **23**, 416—425, 1984.
- [14] 叶笃正等, *大气科学*, **3**, 1, 1—11, 1979.
- [15] Nicholson, S. E., *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 2191—2208, 1981.
- [16] Ohring, G. et al., *WMO/TD*, No. 87, 422—430, 1985.

THE OUTGOING LONGWAVE RADIATION (OLR) CLIMATOLOGICAL MEAN CHARTS AND ITS ANALYSES

Jiang Shangcheng

(*Department of Geophysics, Beijing University*)

Abstract

The OLR climatology mean charts are presented using the OLR data (1974. 6—1984. 5) gained from NOAA series satellites.

The dealed procedues of OLR data, the analyses and applications of these climatology mean charts are also discussed in this paper.