

# 以前 1 万年至未来 3 千年 天文辐射时空分布的长期演变\*

傅逸贤

(南京气象学院)

大气上界太阳辐射又称为日射、完全透明大气的太阳辐射、入射太阳辐射、没有大气时的太阳辐射或天文辐射等等。本文均采用“天文辐射”<sup>[1]</sup>一词。它较好地揭示了大气上界太阳辐射日变化、年变化与随纬度分布的原因实质(即地球自转角速度、赤纬、日地距离等天文参数的变化及地理纬度的分布)。而且,天文辐射在地质时代的长期演变也主要取决于地球轨道参数(黄赤交角、偏心率及岁差)的周期性变化。这主要是由于太阳系中的其他 8 个行星以及月亮等施加的引力所造成的。根据以上的分析可以认为,采用天文辐射一词是较为确切的。它从天体力学角度揭示了大气上界太阳辐射时(日变化、年变化、长年变化)空(地理纬度)变化的原因实质,相对于其他学术词汇而言,含有实质性的信息量。

计算不同年代天文辐射时空变化的主要目的是为研究气候变化原因提供重要的基本素材。但由于大气圈、陆地圈、海洋圈、冰雪圈和生物圈之间相互作用的复杂性,以及还有其他外部因子(太阳活动、火山灰和二氧化碳等)的影响,所以天文辐射变化与气候变化不可能是一一对应的。然而,天文辐射是气候的能量源泉,所以近年来随着米兰柯维奇冰期理论<sup>[2]</sup>的再度兴起,许多学者<sup>[3-5]</sup>十分重视从不同角度计算地质时代天文辐射的变化。本文计算从北极至南极每 5 度(地理纬度)各月(1—12月)的天文辐射,以了解以前 1 万年至未来 3 千年天文辐射时空分布的细微结构。

## 1. 天文辐射时空分布的长期演变

本文根据天体力学原理,首先计算地质时代地球轨道参数的变化。在此基础上,再进一步计算地质时代天文辐射。文中仅保留具有代表性年代的图象(其他年代的从略)。

图 1 为现在(1950)天文辐射(月中值)日总量在各月各纬度的分布。可以看出,其时空分布较为复杂,北半球的夏季月份(冬季月份)不严格对称于南半球的夏季月份(冬季月份)。同时,各纬度天文辐射的年变化也不严格对称于 6 月份(或 12 月份)。

图 2 为现在(1950)90°N(S)、60°N(S)、30°N(S)、0°各月天文辐射年变化图。它较形象地显示了在主要纬度上的天文辐射年变化。越是接近赤道,其年变化越不明显;按夏至与冬至之比值而言,纬度 50°约 5:1,纬度 40°约 3:1,而纬度 30°仅 2:1 左右。在赤道附近,甚至出现双峰(在 3 月与 9 月)。

图 3 a, 3 b, 3 c, 3 d 分别为前 9 千年、前 6 千年、前 3 千年和未来 3 千年各月、各纬度天文辐射对现在的差值(距平)。前 9 千年,左侧一支(简称左支)距平零值线在 4 月上旬从北半球极地伸到 40°S,然后向右倾斜,于 8 月下旬伸到南极。右侧一支(简称右支)大约在 10 月中旬—11 月上旬一直伸到南极。正距平中心位于北极地区的 7 月份,其值可达 50 W/m<sup>2</sup>左右。而值约 -30 W/m<sup>2</sup>的负距平中心则位于 10°S 左右的 12 月末、1 月初。前 6 千年,北半球正距平范围有所减小,左支零值线移向 4 月下旬—5 月下旬南伸,右支零值线无明显移动。正距平中心位置基本无变化;但强度明显减弱,仅 35 W/m<sup>2</sup>左右。负距平中心于 1 月底、2 月初移到赤道附近,其强度也减弱到 -20 W/m<sup>2</sup>左右。前 3 千年,北半球正距平范围继续缩小,负距平范围扩大。在强度上又进一步减弱,正距平中心值降至 15 W/m<sup>2</sup>左右。

\* 本文于 1988 年 9 月 21 日收到, 1990 年 1 月 3 日收到最后修改稿。

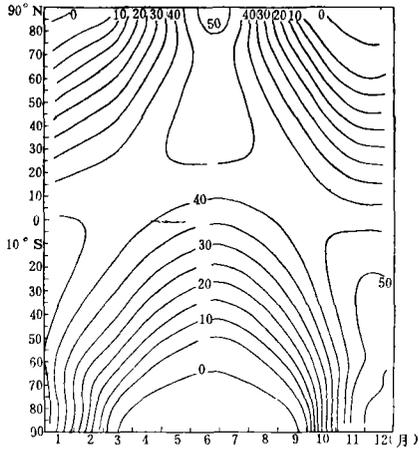


图 1 现在(1950)各月天文辐射日总量( $10 \text{ W/m}^2$ )随纬度分布图

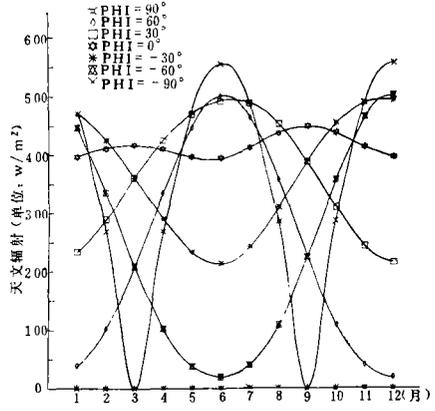


图 2 现在(1950)90°N(S), 60°N(S), 30°N(S), 0°各月天文辐射日总量( $\text{W/m}^2$ )年变化图

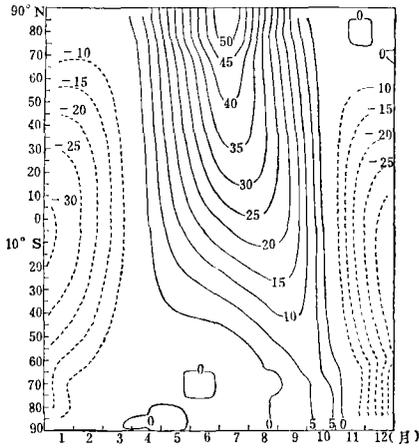


图 3 a 前 9 千年各月天文辐射日总量对现在的差值( $\text{W/m}^2$ )随纬度分布图 (实线为正值, 虚线为负值)

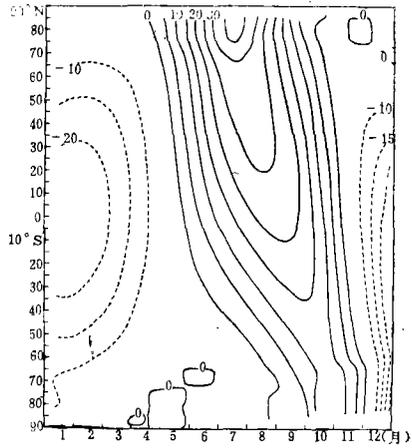


图 3 b 前 6 千年各月天文辐射 (说明同图 3 a)

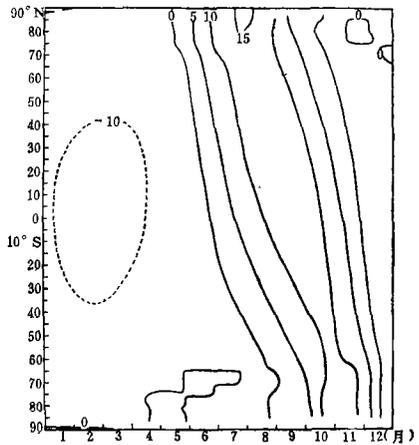


图 3 c 前 3 千年各月天文辐射 (说明同图 3 a)

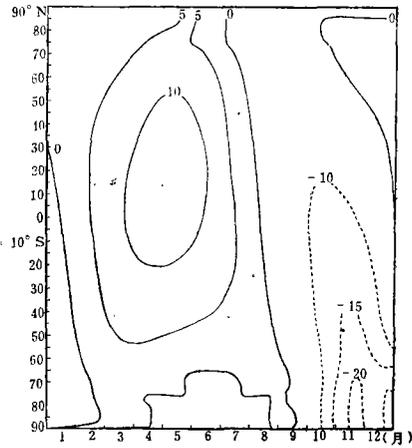


图 3 d 未来 3 千年各月天文辐射 (说明同图 3 a)

但其位置仍然不变。而减弱到 $-10 \text{ W/m}^2$ 的负距平中心则移向 2 月底、3 月初的 $5^\circ\text{N}$ 左右。未来 3 千年,左支零值线从 1 月初的 $30^\circ\text{N}$ 开始;向南的一段在 2 月底伸到南极、向北的一段(在图右上侧)约在 10—11 月伸到北极地区。右支零值线从北至南向左推移到夏季月份。正负中心明显位移,正中心移到 4 月间的 $10^\circ\text{N}$ ,负中心则在 11 月间的南半球极地。从图 3d 对图 3a, 3b 的比较可以看出,未来 3 千年天文辐射时空分布型式与以前数千年的具有明显的改观。这是值得注意的。它对未来气候将产生怎样的影响,是有待进一步深入研究的。

图 4 a、图 4 b 分别为前 6 千年、未来 3 千年 $90^\circ\text{N(S)}$ 、 $60^\circ\text{N(S)}$ 、 $30^\circ\text{N(S)}$ 、 $0^\circ$ 天文辐射年变化图(其他各年代图从略)。从图中可以看出,在以前年代,赤道上 3 月份的天文辐射略低于 9 月份;而未来年代则相反。这与图 3 各图的特征是相吻合的。这是因为,正、负距平的月份在以前年代与未来年代之间发生了变化所造成的。此外,在以前年代 6 月(12 月)、 $60^\circ\text{N}$ ( $60^\circ\text{S}$ )的天文辐射略强于 $30^\circ\text{N}$ ( $30^\circ\text{S}$ ),而未来年代则相反。这种变化也可以从图 3 中得到解释:6 月份 $60^\circ\text{N}$ 的正距平大于 $30^\circ\text{N}$ 的,12 月份 $60^\circ\text{S}$ 的负距平绝对值大于 $30^\circ\text{S}$ 的。

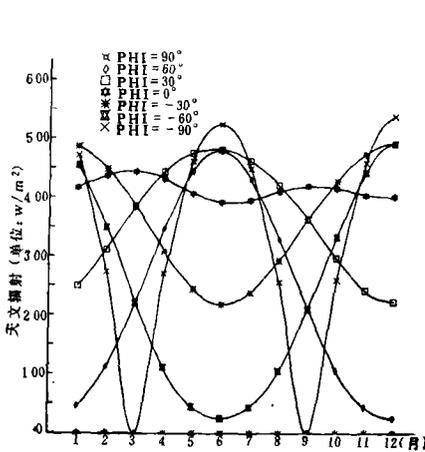


图 4 a 前 6 千年 $90^\circ\text{N(S)}$ 、 $60^\circ\text{N(S)}$ 、 $30^\circ\text{N(S)}$ 、 $0^\circ$ 天文辐射年变化图

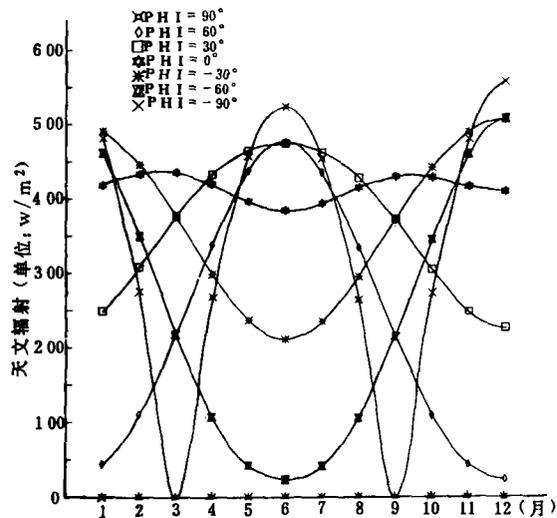


图 4 b 未来 3 千年  
(说明同图 4 a)

## 2. 结 束 语

本文较深入细致地计算了每 5 个地理纬度、每月的天文辐射,从而发现了在未来年代,其时空分布距平型式细微结构的特征不同于以前年代的特征。这是必须予以重视的。

计算不同年代的天文辐射,是研究气候变化的重要基础工作。文献[6]在引用佐伊纳(F.E.Zeuner)与维恩卡尔(A.D.Vernekar)的研究成果时,提到这些工作可以很好地解释最后一次冰期和冰后期之中最暖年代(约 5 千年前)的气候<sup>[6]</sup>。因此,本文计算不同年代各纬度、各月的天文辐射的长期演变是十分必要的。有了这些计算结果,才有可能引入大气环流模式或能量平衡模式进行气候数值模拟,或者进一步加工计算辐射梯度等,才可能更深入一步研究天文辐射对气候变化影响的情况。所以,这是需要专门进行研究的。

## 参 考 文 献

- [1] 陆渝蓉, 高国栋, 物理气候学, 39—56, 气象出版社, 1987。  
[2] 傅逸贤, 米兰柯维奇冰期理论的新生与发展, 南京大学学报(自然科学版), 23, 3, 578—585, 1987。  
[3] Vernekar, A.D., Long-period global variations of incoming solar radiation, *Meteor. Monogr.*, 34, 11—20, 1972。  
[4] Berger, A., and P. Pestiaux, Accuracy and stability of the Quaternary terrestrial insolation, Milankovitch and Climate, Part 1, 83—111, D. Reidel Publishing Company, 1982。  
[5] Borisenkov, Ye.P., A.V. Tesvetkov and s.v. Agaponov, On some characteristics of insolation changes in the past and the future, *Climatic Change*, 5, 4, 237—244, 1983。  
[6] 张家诚等, 气候变迁及其原因, 科学出版社, 142—143, 1976。

## SPACE-TIME EVOLUTION OF THE ASTRONOMICAL RADIATION FROM PAST TEN THOUSAND TO FUTURE THREE THOUSAND YEARS

Fu Yixian

(*Nanjing Institute of Meteorology*)

### Abstract

Calculation of the long-term evolution of the astronomical (i. e., extra-terrestrial) radiation caused by the changes in earth-orbit parameters, obliquity of ecliptic, eccentricity and longitude of perihelion, is performed. Results show striking contrasts in seasonal radiation anomalies and geographical latitudes between the past thousand year and future three thousand year periods. It is worth noting that in the past its positive anomaly center roughly occurred over the north polar region in July and in the future it will move to 20°N in April and May, but with much weaker intensity than in the past.