

中国近30年太阳辐射状况研究*

李晓文 李维亮 周秀骥

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

该文统计了中国地区1961~1990年近30年地面总辐射、直接辐射和散射辐射的变化。结果表明,中国大部分地区近年来太阳总辐射和直接辐射呈减少趋势。在排除了大部分云的影响后,对太阳辐射的统计也给出了类似结果。对云量和地面能见度近30年变化规律的统计分析发现,中国大部分地区的能见度呈下降趋势,但云量的变化并不明显。初步认为,近年来大气混浊度和大气中悬浮粒子浓度的增加是引起中国某些地区直接辐射量下降的可能原因之一。

关键词: 中国地区 太阳辐射 云量 能见度

引 言

太阳辐射是地球-大气系统最重要的能量来源,也是产生大气运动的主要动力,它从根本上决定着地球-大气的热状况。我们知道,地球大气上界某一点的太阳辐射中长期变化非常小,而到达地面的太阳辐射量的变化则较大,造成这种差别的原因是大气对太阳辐射的吸收和散射不同,它与大气成分、云量、大气中水汽的含量、以及大气悬浮物含量等的变化密切相关。因此,研究到达地面的太阳辐射量的中长期变化规律,不仅有助于了解某地区气候变化的规律,还可以通过太阳辐射的变化状况,间接推断该地区的其它一些大气状况,如大气中气溶胶粒子的消光系数等的变化趋势^[1, 2]。本文统计了全国55个日射站1961~1990年30年地面太阳辐射量的变化规律,并进一步对排除大部分云影响后的太阳辐射变化规律进行了研究,这些统计结果不仅给出了中国地区近30年来地面太阳辐射量的变化趋势及其分布,也是进一步了解中国地区大气混浊度变化趋势的基础。

1 太阳辐射量的变化规律

本文所用太阳辐射资料为全国55个日射观测站1961~1990年30年每日日总量观

* 本文由国家自然科学基金重大项目资助。
1996-07-18收到,1996-09-05收到再改稿。

测资料, 单位均统一为 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。

1.1 太阳辐射量的年变化趋势

首先计算了近 30 年来 55 个站日总辐射量的年平均距平值, 结果发现, 自 1976 年以来绝大部分站点总辐射日总量距平为负值。因此, 以 1976 年为界(即将 30 年划分为 1961~1975 年和 1976~1990 年 2 个时段), 计算出 1976~1990 年年平均总辐射的距平值, 其全国分布状况如图 1 所示。由图 1 可见, 除河南北部, 青藏高原南部一小部分地区以外, 全国大部分地区近 15 年来总辐射的距平为负值。参加统计的 55 个站中, 1976~

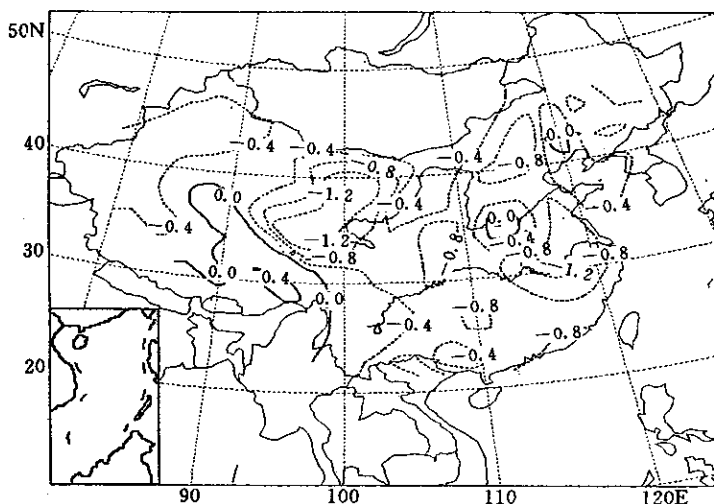


图 1 中国地区 1976~1990 年总辐射年平均距平图(实线: 正距平, 虚线: 负距平)($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

1990 年平均距平为负的站有 50 个。这说明, 中国地区太阳总辐射量近 30 年来呈下降趋势。图中两个最大的负距平中心分别位于长江下游地区及甘肃和宁夏地区。直接辐射近 15 年的距平分布与总辐射距平分布相似。近 15 年散射辐射年平均距平分布表明(图略), 中国大陆中纬大部分地区为散射辐射的负距平区。我们知道, 云量的变化是决定到达地面的太阳总辐射日总量变化趋势的重要因素之一, 为了说明云对太阳辐射的影响, 在图 2 中给出了 1976~1990 年全国总云量年平均距平分布图(距平值放大 10 倍), 所用资料为 160 个常规气象站点 30 年的日平均观测资料。从图 2 中可以看出, 中国地区近 30 年来总云量变化很小, 最大的负距平中心位于新疆西部, 其值为 -0.3 成, 而在中国其他地区, 云量距平均小于 0.1 成。因为长江中下游地区总云量均为零距平或负距平, 该地区总辐射量负距平中心的形成显然不是云量变化的结果, 而位于甘肃、青海地区总云量的小正距平中心可能对形成该地区的太阳总辐射量负距平中心有所贡献。

1.2 排除部分云影响后太阳辐射量的年变化趋势

如果不考虑 30 年来大气气体组分的微小变化, 那么, 某一地区到达地面的太阳辐射量的年变化趋势除了与云量的变化有关以外, 还与大气透明度、水汽含量以及一些地方性天气条件如地面沙尘等有关。如果能统计出全国晴天的总辐射、直接辐射及散射辐射, 以这些数据为基础, 就可以反演得到中国地区近 30 年来大气透明状况变化的一个总趋

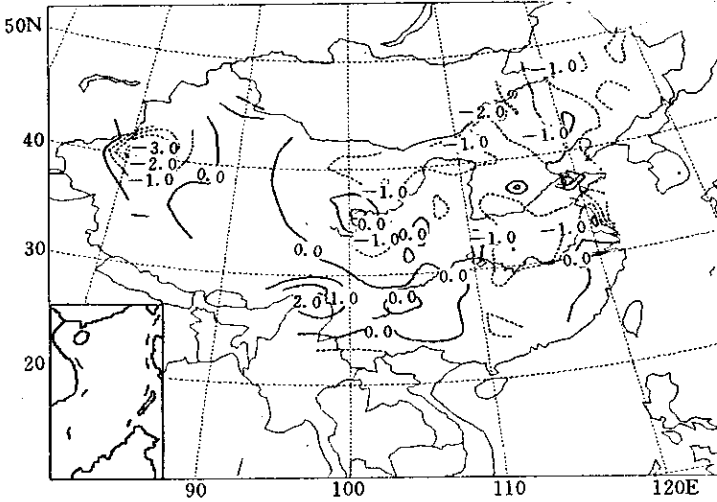


图2 中国地区1976~1990年总云量年平均距平图(单位: $\times 0.1$ 成)

势^[1]。但由于我们所掌握的资料为每日的积分日总量,无法得到严格意义上平面无云的日总辐射。在此我们引进了天空云况判别因子 P ,并在保证统计量时间和空间连续的前提下最大限度地排除云的影响,以期得到中国地区大气透明状况及其变化趋势的一个初步概念。

定义天空云况的判别因子 P 为直接辐射日总量与散射辐射日总量之比,为了保证资料统计的连续性,将判别标准定为: $P > 1.2$ 。为了了解这一标准能否排除大部分云的影响,进一步统计了每日14时的云量值,在符合 $P > 1.2$ 标准的云量资料中,云量大于5成的资料占23.8%,2~5成的占16.2%,而2成以下的占60.0%。全国各站的14时平均云量值为6.2成,而经过 $P > 1.2$ 判别后所选用云量资料平均值仅为2.7成。以上统计结果表明,选用判别因子 P 来判明每日云量多寡是有效和合理的,且能够排除大部分云量的影响。

利用判别的太阳辐射资料,计算了全国各站近30年来的年平均太阳辐射距平值(见图3)。从图中我们可以发现与图1相似分布规律,即近15年全国大部分地区在排除大部分云量影响后,总辐射量距平值仍然为负,其中小于 $-1.0 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$ 的明显负距平中心有3个,除了位于长江中下游地区以及青海、甘肃地区的两个中心与图1显示的两个中心重合以外,另外一个明显的负距平中心在四川、贵州地区。

图4给出了排除大部分云的影响后中国地区直接辐射日总量1976~1990年相对于1961~1990年的年平均距平图,由图可见,直接辐射的变化状况与图3总辐射变化基本相似,但负距平区域扩大到除西藏南部地区以外的全部中国地区。3个负距平中心的地理位置也没有变化,但范围有所变化,范围最大的 -1.2 距平中心位于四川、贵州两省,其次是位于青海、甘肃省境内的负距平中心,长江中下游的负距平中心面积较小,分别位于江苏省南部及湖北省武汉市附近。由于统计的太阳辐射变化规律中排除了大部分云的影响,某一地区太阳直接辐射的变化趋势就与该地区大气的浑浊度变化密切相关,在其

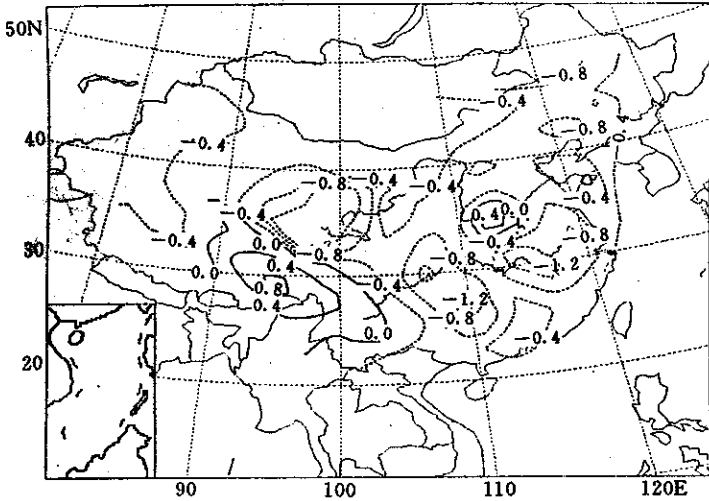


图3 中国地区1976~1990年太阳总辐射年平均距平($P>1.2$)

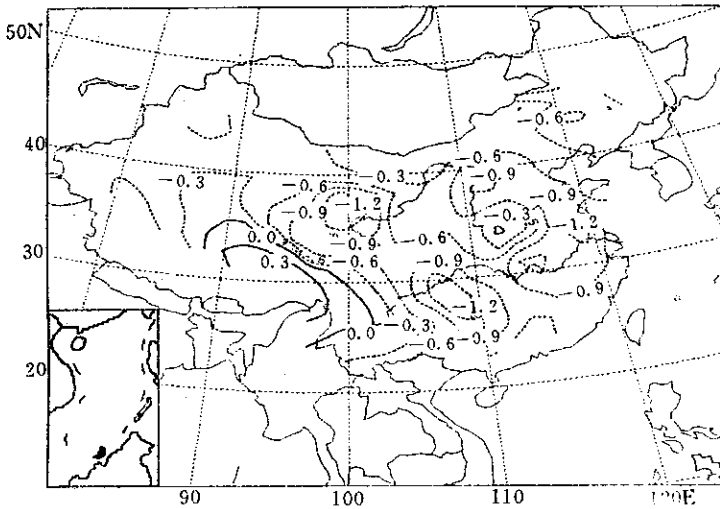


图4 中国地区1976~1990年太阳直接辐射年平均距平($P>1.2$)

它大气条件相同时，直接辐射越小，说明该地区大气越浑浊。近30年来中国广大地区地面太阳辐射的降低趋势说明中国地区大气浑浊度的增加。实际上，随着我国70年代以来的改革开放，工业生产和国民经济迅速发展，大气中的悬浮污染物也在逐年增加。Li Xiaowen等^[3]曾讨论过四川盆地近期的降温及其可能机制，并推测盆地中气溶胶粒子浓度的增加是引起这一地区降温的重要原因之一。这与本文的统计结果，即四川盆地近15年处于太阳直接辐射负距平中心也相符。

2 地面能见度的变化规律

为了排除雾对能见度的影响，我们采用了全国60个站点每日北京时间14时的能见

度观测资料. 图5为1976~1990年年平均地面能见度距平图. 图中中国东部大部分地区

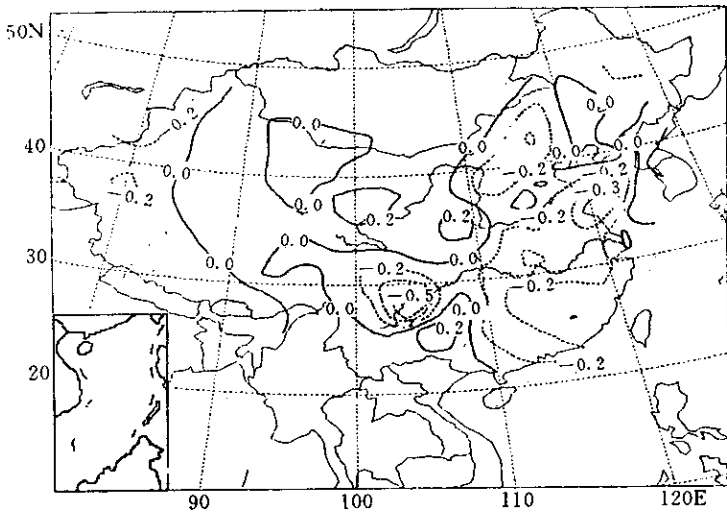


图5 中国地区地面能见度1976~1990年年平均距平分布图(单位:级)

呈现负距平, 而负距平中心则位于四川省. 这个能见度的负距平中心与图4中排除部分云量影响后太阳直接辐射最大的负距平中心正好重合, 这说明四川地区地面大气中悬浮粒子浓度增加是引起该地区太阳直接辐射量降低的重要原因之一. 这一结论也与文献[3]中统计的四川地区近几十年来降温现象相符. 图4中的另一个直接辐射距平中心位于长江中下游地区, 也处于地面能见度的负距平区域内. 另外, 这两个直接辐射的负距平中心均处在沙尘暴极少发生的区域. 沙尘暴引起地面能见度的变化不大. 可以推测, 在排除了大部分云的影响以后, 该地区地面附近人为造成的大气悬浮粒子浓度增加应该是引起太阳辐射降低的重要原因之一. 另一个太阳直接辐射的负距平中心位于青海、甘肃省境内, 但图5显示的这一地区近15年来地面能见度为零距平和正距平, 即该地区地面大气悬浮粒子呈减少趋势. 这说明引起青海地区太阳直接辐射近年来降低的原因与前两个地区有所不同, 它不是由于近地面层大气悬浮粒子浓度的增加引起的. 杨东贞^[4]统计了近30年来西北地区沙尘暴发生的频率, 发现该地区70年代沙尘暴发生频率较高, 进入80年代以来呈下降趋势, 这一结论与本文统计的这一地区近15年来地面能见度状况好转相符, 但仍无法解释该地区晴天太阳直接辐射的明显降低. 因为缺乏这一地区大气中上层一些物理量的观测资料, 这种现象的具体原因将有待进一步研究探讨.

3 3个特殊地区太阳辐射变化趋势及其特征

为了研究图4中表示的3个最大的直接辐射负距平区太阳辐射的变化趋势及其特征, 我们将这3个区域中的14个辐射站抽出作了单独研究. 现将图4中的青海、甘肃省负距平中心区称为1区, 四川、贵州省的负距平中心区称为2区, 长江中下游地区的负距平中心区称为3区. 通过对这几个地区在排除了大部分云的影响后, 总辐射、直接辐

射、散射辐射和地面能见度年变化趋势的统计,来寻找这3个特殊地区太阳辐射变化趋势的不同特征(见图6).由图可见,这3个地区太阳总辐射和直接辐射均呈明显下降趋势,以直接辐射为例,在排除云的影响后,80年代与60年代相比,3个特殊区域的直接辐

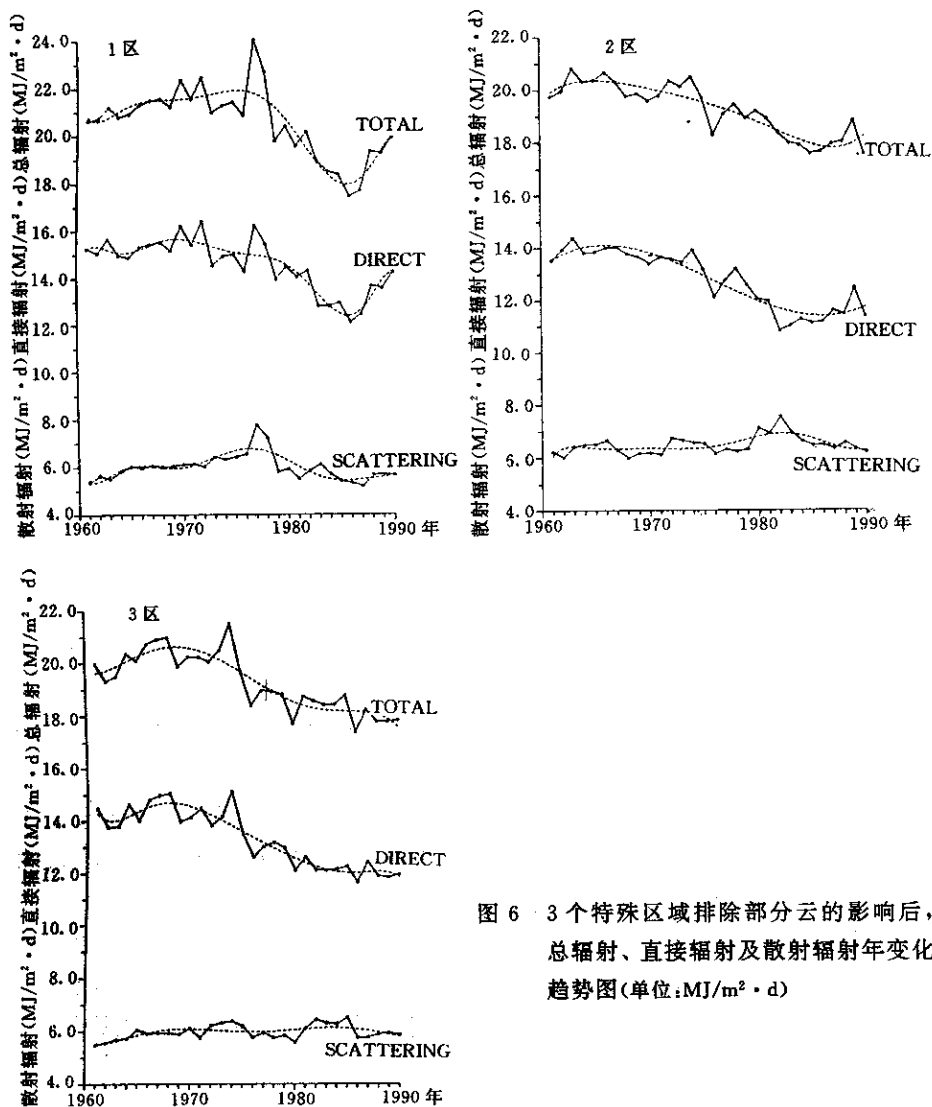


图6 3个特殊区域排除部分云的影响后,总辐射、直接辐射及散射辐射年变化趋势图(单位: $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

射分别降低了13.1%, 17.4%和16.0%,但其特点有所不同.1区太阳总辐射和直接辐射值的明显下降点发生在1977年,与2区和3区明显下降点在1974年相比晚了3年,在这个明显下降点之前,3个区域晴天太阳总辐射和直接辐射变化均很小.另外,从1986年开始,1区的辐射值有一明显回升,2、3两区则没有特别明显的回升.图6表明近30年来3个区域散射辐射的变化均不明显,1区在1976~1978年有一极大值,进入80年代以后则持续下降,而2区和3区基本没有变化.图7为这3个区域每日14时地面能见度近30年的变化趋势,从图中可以看出,1区也显示了完全不同于2、3两区的趋

势。1区地面能见度基本上没有变化,而2、3两区均呈明显的下降趋势;80年代比60年代能见度值分别降低了5.8%和11.4%。由以上分析可以看出,青海、甘肃地区的太阳辐射负距平中心与其它两个负距平中心相比有明显的变化特征,而造成这种不同的原因还有待进一步深入讨论。

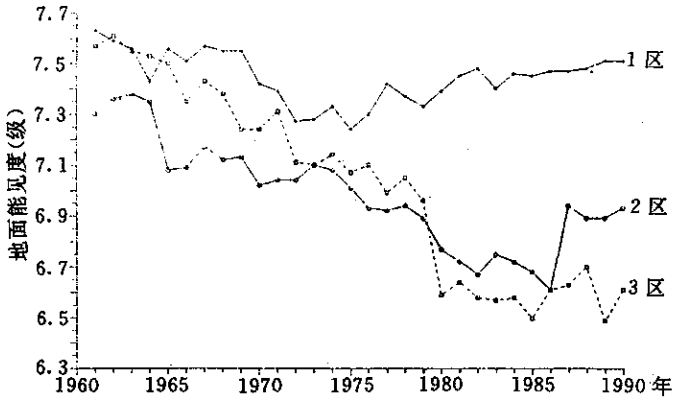


图7 3个特殊区域地面能见度年变化趋势图

4 结 论

通过对全国55个辐射站点1961~1990年30年间地面太阳辐射变化趋势的统计分析,可以得出以下结论:

(1) 全国大部分地区地面总辐射量近30年来呈下降趋势,对地面直接辐射的分析也有相似结论。

(2) 在排除了大部分云的影响后,除西藏南部地区以外,中国其它地区近30年来总辐射和直接辐射均呈下降趋势,其中下降趋势最明显的3个地区分别为:青海、甘肃地区,四川、贵州地区以及长江中游地区。

(3) 通过对全国60个站点近30年每日14时地面能见度变化规律的统计分析推测,地面大气悬浮粒子浓度的增加对四川、贵州地区及长江中游地区太阳直接辐射的减少有较大贡献,而青海、甘肃地区近30年来直接辐射的降低与近地面大气的浑浊度下降无关,其具体原因尚待进一步深入探讨。

参 考 文 献

- 1 邱金桓. 从全波段太阳直接辐射确定大气气溶胶光学厚度. 大气科学, 1995, 19(4): 385~394.
- 2 王炳忠, 刘庚山. 我国气溶胶状况再研究. 太阳能学报, 1992, 13: 79~84.
- 3 Li Xiaowen, Zhou Xiuji, Li Weiliang, et al. The Cooling of Sichuan Province in recent 40 years and its probable mechanisms. *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, 9(1): 57~68.
- 4 杨东贞, 房秀梅, 李兴生. 沙尘暴发生趋势及其原因的分析. (应用气象学报待发表).

ANALYSIS OF THE SOLAR RADIATION VARIATION OF CHINA IN RECENT 30 YEARS

Li Xiaowen Li Weiliang Zhou Xiuji

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The variation trends of global radiation, direct solar radiation and scattering solar radiation data in China from 1960 to 1990 are analyzed. The results show that the global radiation and direct radiation in most part of China had very obvious decreasing trends in recent years. The same conclusion is got after partly removing the effect of cloud. The variable patterns of the cloud amount and surface visual range in recent 30 years were calculated, and the results show that the visual ranges in most part of China decreased, but the variations of cloud amount were not obvious. Based on the above analysis, the preliminary conclusion is drawn that the increase of the atmospheric turbidity is one of the possible reasons for the obvious decrease of the surface solar radiation.

Key words: China region Solar radiation Cloud amount Visibility