“相似周”方法及对第 23 周太阳黑子数逐月值预测的讨论*

王家龙 韩延本
(中国科学院北京天文台 100012)

摘 要

简单介绍了太阳黑子预报中“相似周”的概念及其应用，利用对第 20 、 21 周的模拟预报验证了该方法的可靠性，对第 23 周开始后逐月黑子数的实测值与由该方法给出的预测值进行了比较，表明该方法有其特点和应用价值.

关键词 太阳活动—预报—太阳黑子

1 引 言

日地环境研究与服务，以及相关学科的研究课题 (包括越来越受人们关注的自然灾害研究) 、探索性课题和技术任务都需要日地环境扰动状况的预报. 日地环境的扰动源主要是太阳活动，因而太阳活动水平的长期预报是太阳活动预报的重要内容之一 [1,2]. 虽然太阳黑子数作为太阳活动的一种指数目前还缺乏足够的物理基础，但由于它可以反映出太阳活动的水平，以及观测历史和资料的连续性等原因，太阳黑子数目前仍常被用来描述太阳活动的总水平.

太阳黑子数的月均值时间序列具有较大的起伏和非线性特征，预报难度较大. 中、长期预报多以平滑的黑子数月均值为预报量. 非平滑的黑子数月均值更能反映太阳活动的实际水平，是使用者最期望得到的预报信息，但目前对较长时间的非平滑黑子数月均值的预报，成功的例子较少 [3]，仍是一个有待解决的问题.

本文进一步阐述了我们提出的一种称之为“相似周”的概念和预报方法 [4]，用该方法对第 20 、 21 周的黑子数作了模拟预报，以验证其可靠性，并对第 23 周开始后逐月黑子数的实测值与由该方法给出的平滑和非平滑预测值进行了比较和讨论.

2 “相似周”方法

“相似周”的概念来源于对以往各太阳活动周的分析考察. 我们发现，就第 1 至 22 周而言，当一些活动周主要参数 (如黑子数的极大值、极小值及上升与下降期的时间长度) 比较相似时，其逐月黑子数的变化特征也比较相似，我们将它们称为“相似周”. 那么在对未来活动周的主要参数作出一定精度预测的情况下，可尝试用主要参数相似的各周相应月份的黑子数 (月均值的平滑值及非平滑值) 对未来活动周的黑子数进行预测估计.

* 国家自然科学基金重大资助项目 (49990451,19833030)
1999-03-18 收到原稿， 2000-04-28 收到修定稿

具体做法是，对已知的活动周 (本文取第 1—22 活动周) 绘出每个周逐月的黑子数变化曲线，经分析比较，挑选出在主要参数上与被预测周类似的活动周，取每个周的最大值月份为中心历元，求出黑子数平滑月均值的历元叠加平均值作为被预测周相应的黑子数的平滑月均值，对非平滑的月均值也采用类似方法处理．取历元叠加中几个相似周相应月份黑子数对平均值的均方差作为预测值可能的误差．

为考查此方法的可靠性，我们做了模拟预测的试验及检验．将第 20 、 21 周作为模拟预测周，经分析比较，在第 1—19 周中主要参数上与这 2 个周相似的活动周分别有 5 个和 6 个．依上述方法求出各自的预测值 (平滑值与非平滑值)．作为模拟预测的检验，在图 1 、图 2 给出了第 20 和第 21 周的黑子数的实测值与模拟预测值的时间变化曲线．

由图 1 和图 2 中的预测曲线与实测曲线的比较，可见这 2 个太阳周的平滑月均值的模拟预测是相当好的．而非平滑月均值的模拟预测有较大误差．

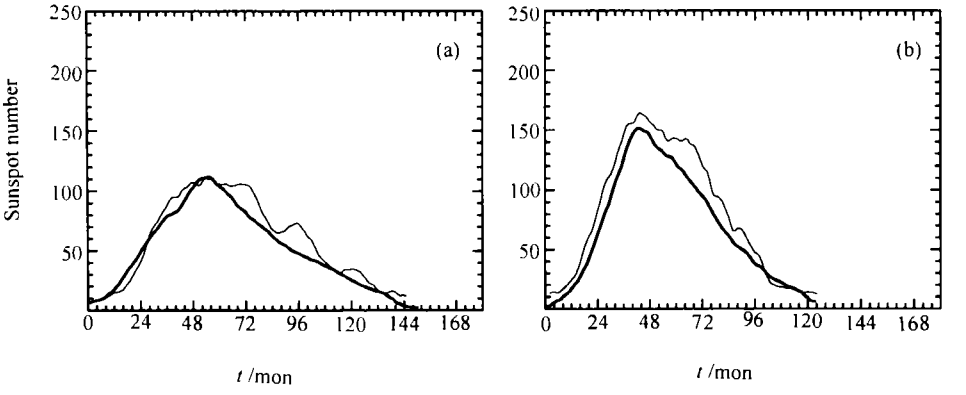

图 1　第 20 周 (a) 和第 21 周 (b) 黑子数的平滑月均值的预测值 (细线) 与观测值 (粗线) 的比较

Fig.1　Comparison of the predicted (thin line) with the observed (thick line) smoothed monthly sunspot numbers for cycle 20 (a) and cycle 21 (b)

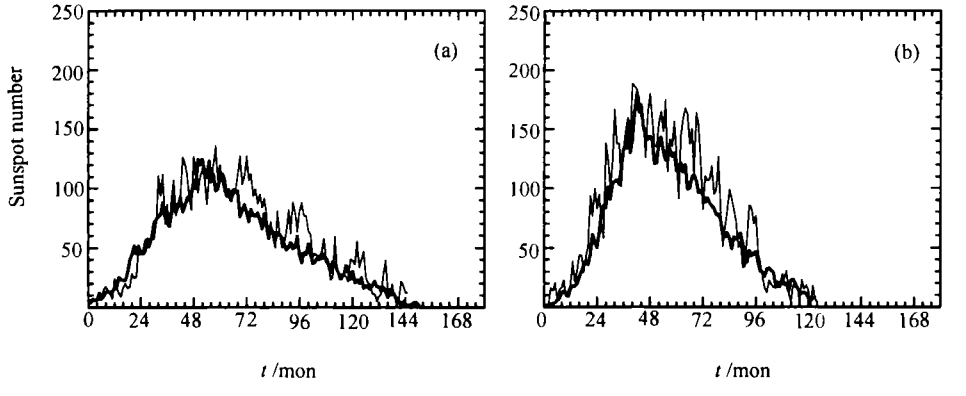

图 2　第 20 周 (a) 和第 21 周 (b) 黑子数的月均值的预测值 (细线) 与观测值 (粗线) 的比较

Fig.2　Comparison of the predicted (thin line) with the observed (thick line) monthly sunspot numbers for cycle 20 (a) and cycle 21 (b)

3 关于第 23 周逐月黑子数的预测

综合第 23 周主要参量预测的结果 [5−7], 根据相似周概念, 我们选出主要参数与第 23 周相似的有第 8 、 9 、 11 、 17 、 18 、 20 和 21 等 7 个活动周, 并计算出第 23 周逐月黑子数的预测值 [4]. 为便于读者了解, 这里给出第 23 周平滑的和非平滑的黑子数逐月预测和观测值的变化曲线 (图 3).

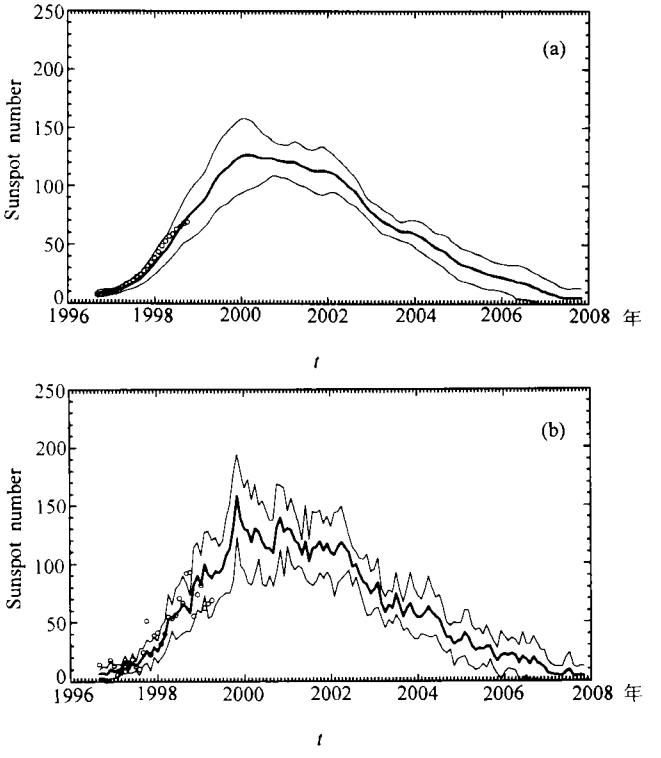

图 3 第 23 周上升相黑子数的预测值 (曲线) 与观测值 (小圆圈) 的比较
(a) 平滑月均值; (b) 非平滑月均值

Fig.3 Comparison of the predicted (circl) with the observed (thick line) sunspot numbers for the ascending phase of cycle 23: smoothed monthly sunspot numbers (a) and monthly sunspot numbers (b)

从图 3(a) 和 (b) 的逐月预测值可知, 我们预计第 23 周黑子数月均值的平滑值的极大值约在 2000 年 2 月份, 其值约为 127 ± 30, 然后在大约 20 个月中黑子数缓慢下降, 并伴有小的起伏, 在 2001 年 10 月出现一个次峰. 对于非平滑的月均值, 其极大值约为 159 ± 35, 估计出现在 1999 年 10 月.

在图 3 中用小圆圈标出 SGD[8] 公布的第 23 周黑子数的实测值, 图中的时间坐标起点为 1996 年 8 月. 可以看出, 用相似周方法得到的预测值与这几个月的实测值的偏离不大, 尤其是平滑值预测结果更好.

4　结论与讨论

1. 采用 "相似周" 方法作活动周的逐月黑子数预测，一般来说预测值的误差不会因预测时段的增加而增加，且能够给出黑子数转折期的粗略估计. 对平滑月均值的预测，效果相当好，平均误差 $< 15\%$.

2. 预测一个活动周的逐月非平滑的黑子数，使用相似周方法，其结果在主要时段上的偏差估计可不大于 40%, 这应该有重要的应用价值.

3. 该方法中以未来活动周主要参数的预测为基础，主要参数的预测精度及如何正确地挑选出在主要参数上相似的太阳活动周，对预报结果有较大影响. 进一步研究黑子数在太阳周中演化的特征，可能有助于这个问题的解决，这将是我们的下一步工作.

参　考　文　献

[1] Herman J R, Goldberg R A. Sun, Weather, and Climate. Washington DC: NASA, 1978

[2] Allen J H, Wilkinson D C. Solar-terrestrial activity affecting systems in space and on earth. In: Solar-Terrestrial Predictions-IV. Boulder: NOAA, 1993. 75—107

[3] Ma Guanyi, Wang Jialong. Chaotic characteristic of sunspot numbers and its vectorial prediction. In: Solar-Terrestrial Predictions-V. Hitachinaka, Japan: Hiraiso STRC CRL, 1997. 121—124

[4] Wang Jialong, Han Yanben. Forecasts of smoothed and non-smoothed monthly mean sunspot numbers for solar cycle 23. *Astrophys. Rep.*, 1997, **Supp.1**:76—80

[5] Obridko V A *et al.* The main features of solar cycle 22 and some forecasts of cycle 23. In: Solar-Terrestrial Predictions-IV. Boulder: NOAA, 1993. 261—272

[6] 王家龙, 张桂清. 长期与中期太阳活动预报进展. 地球物理学进展, 1994, **9**(增刊):1—13

[7] Wilson R M. On the use of 'first spotless day'as a predictor for sunspot minimum. *Solar Phys.*, 1995, **158**:197—204

[8] Solar-Geophysical Data Part 1, Boulder: NOAA, 1998, **651**:25—27

"SIMILAR CYCLE" METHOD AND A DISCUSSION OF PREDICTED MONTHLY SUNSPOT NUMBERS FOR SOLAR CYCLE 23

WANG Jialong　HAN Yanben

(*Beijing Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences* 100012)

Abstract

A conception of "Similar Cycle" and its application to predictions of monthly mean and smoothed monthly mean sunspot numbers are introduced in this paper. A test of the method for cycles 20 and 21 and a comparison of the observations with the predicted monthly sunspot numbers of the first part of cycle 23 shows that the method is in practice.

Key words　Solar activity, Prediction, Sunspot numbers