第47卷 第4期 气 象 学 报 Vol. 47, No. 4
1989年11月 ACTA METEOROLOGICA SINICA Nov., 1989

500 hPa月平均距平场演变的宏观描述*

黄建平 丑纪范 衣育红
（兰州大学大气科学系） （中国科学院高原大气所）

近年来，采用数值方法进行长期预报和气候异常的研究有了很大的进展，但是这些研究多是沿用了中短期预报的概念和方法，由于长期天气系统是一个强迫耗散的非线性系统，而“耗散系统最终将趋向维数比原始相空间低的极限集合——吸引子，许多自由度在演变过程中成为‘无关变量’，最终剩下支撑起吸引子的少数自由度”[1]。如果不考虑系统的极其复杂的暂态行为，我们自然可以把这些‘无关变量’去掉，从而把高维动力系统简化成低维动力系统。这个解释H. Haken称做随动原理[2]。本文的目的旨在应用上述原理探讨长期天气异常演变的宏观描述方法。我们希望这里提出的概念和方法将有助于建立有效的长期数值预报模式。

定义1：设系统的状态由具有n个变量的向量$q(q_1,q_2,\cdots,q_n)$描述，将这n个变量分为两组，一组$i=1,2,\cdots,m$，另一组$j=m+1,\cdots,n$。如果有关系式$\tilde{q}_j=g_j(q_1,q_2,\cdots,q_m)$，$j=m+1,\cdots,n$，由此构造出另一向量$\hat{q}(\hat{q}_1,\hat{q}_2,\cdots,\hat{q}_n)$，这里

$$\hat{q}_i=\begin{cases}q_i & \text{当 } i=1,2,\cdots,m \text{ 时}\\ \tilde{q}_i=g_i(q_1,q_2,q_3\cdots q_m) & \text{当 } i=m+1,\cdots,n \text{ 时}\end{cases}$$

而q与$\hat{q}$的相关系数$r(q,\hat{q})\geqslant r_m$，则称$\hat{q}$为$q$的$r_m$信息场。$\hat{q}$实际上只具有$m$个自由度。

定义2：设系统的状态q随时间演变的物理规律可表为方程组

$$\dot{q}_i=f_i(q_1,q_2,\cdots,q_n)\quad i=1,2,\cdots,n$$

函数f_i为$q_1,q_2,\cdots,q_n$的一般非线性函数。$\hat{q}$为q的r_m信息场。称如下m维动力系统

$$\dot{\hat{q}}=f_i(\hat{q}_1,\hat{q}_2,\cdots,\hat{q}_n)\quad i=1,2,\cdots,n$$
$$\hat{q}_j=g_j(\hat{q}_1,\hat{q}_2,\cdots,\hat{q}_m)\quad j=m+1,\cdots,n$$

为原n维系统的r_m信息近似系统。我们相信当r_m适当大时，r_m信息近似系统能够抓住原系统随时间演变的主要特征。对于某一具体问题，如果$m\ll n$，则显然这一简化是很有意义的。

如何选出m个变量？确定信息场$\hat{q}$？分两步：一是确定m个变量，二是用此m个变量确定出余下的$n-m$个变量，即确定$g_j(q_1,q_2\cdots q_m)$，$z=m+1\cdots n$。本文首先提出了确定信息近似距平场的具体方法，并对北半球1956—1983年20°N—80°N 500 hPa月平均距平场资料进行了分析。最后讨论了信息近似距平场的滤波效果。

1. m个信息变量的确定

在n个变量中取1个点的值为实际值，而令其它点的值为0，求与原场的相关。有n种取法，n个相关系数。将这n个相关系数最大的那个点标号记为1，相关系数记为r_1。然后在剩下的$n-1$个点中再取1个点的值为实际值，加上标号1的点共有两个点为实际值，求与原场的相关。有$n-1$种取法，$n-1$个相关系数。将这$n-1$个相关系数最大的那个再取出，变量标号记为2，相关系数记为r_2，这样下去可使n个变量每个都获得一个标号，以及$r_i(i=1,\cdots,n)$。显然随着选取点数i的增加，相关系数r_i不断增加，当i取到n时$r_n=1$。图1给出了冬季1月和夏季7月相关系数随点数增加的演变曲线。通过显著性检验和信息量估计我们把使相关系数达到0.75的点称做信息点。表1给出了各月相关系数达

* 本文于1988年1月15日收到，1988年6月1日收到修改稿。本文属国家教委高等学校博士学科点专项科研基金32860410课题。

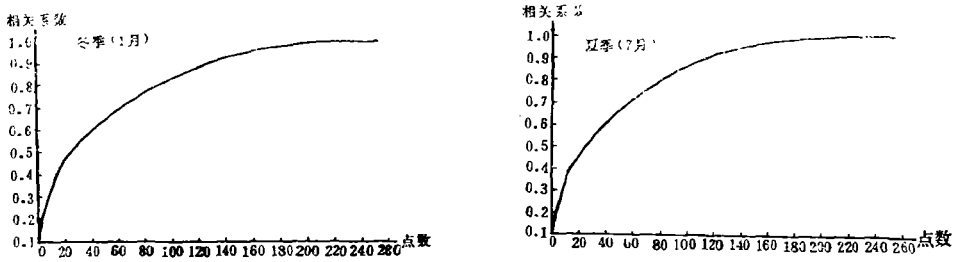


图 1　相关系数随点数增加的演变曲线

表 1　1—12月相关系数达到0.75的点数

点数 / 月 / 相关系数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.75	76	72	70	77	74	70	69	66	71	70	67	75

到 0.75 的点数。

下面我们用这里确定出的信息点，构造出所需的信息近似距平场。

2. 信息近似距平场的确定

前面求出了m个信息变量。下面讨论如何用这m个点的距平值确定出其余$n-m$个非信息点的距平值。

采用孙照渤[1]等为插补海表温度缺测记录而提出的 EOF 逐次逼近法。首先利用信息点的实际距平值给出非信息点的距平估计值，然后再利用 EOF 分布收敛快的特点，逐次分解逼近，直到相邻两次迭代所得结果之差，小于允许误差为止。计算表明一般迭代 2—3 次即可收敛。表 2 给出了 12 个月的计算

表 2　信息近似距平场EOF逐次逼近结果

相关系数 / 月 / 迭代次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
1	0.8128	0.8075	0.7956	0.7892	0.7868	0.7795	0.7876	0.7716	0.7905	0.7836	0.7839	0.8005
2	0.8129	0.8076	0.7956	0.7891	0.7868	0.7796	0.7876	0.7716	0.7905	0.7837	0.7840	0.8006

结果。表中的相关系数是每次迭代后信息近似距平场时间序列和原始距平场时间序列的相关。由表 2 不难看出，迭代后相关系数多由原来的 0.75 提高到 0.78 以上，冬季甚至提高到 0.81 以上。这说明EOF迭代后信息近似距平场对原始距平场的拟合精度有了比较明显的提高。不过表中的相关系数只反映了两者的平均相似程度。图 2 给出了冬季 1 月和夏季 7 月迭代前后信息近似距平场和原始距平场相关的年际变化。由图 2 容易看出，几乎对所有年份来说迭代以后相关系数都有不同程度的提高，例如 1956年 1 月迭代后的相关系数就由原来的 0.75 增加到 0.87，但有些年的改进则较小。

前面的计算表明迭代收敛后的信息近似距平场反映了原始距平场的主要特征。这说明，长期天气

1）孙照渤等《用自然正交函数逐次逼近法插补海表温度的试验》，1987 年长期预报会议材料。

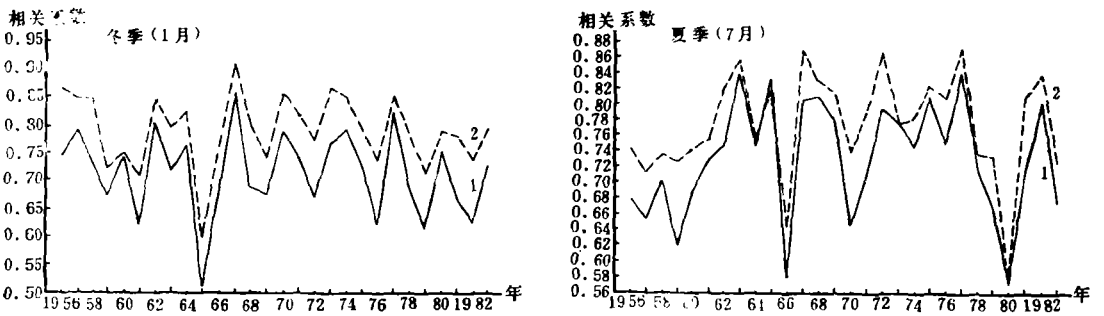


图 2 信息近似距平场和原始距平场迭代前(曲线 1)及迭代后(曲线 2)相关的年际变化

系统确实处在某些吸引子状态。我们有可能用不多的点反映出距平场的主要特征。用信息近似距平场替代原始距平场不仅能够抓住环流异常演变的大尺度变化特征,更重要的是滤去了一些"噪音"的影响,从而提炼出了系统演变的主要信息。

3. 信息近似距平场的'滤波'效果

近年来长期可预报性的研究表明长期可预报性是很强的地域和季节的函数[3],只在低频信号明显的区域才有较为显著的可预报信息,而这些区域恰恰就是我们用来描述距平场大尺度变化的信息区(由信息点组成的区域)。所以采用信息近似距平场描写长期天气异常的演变可起到一定的'滤波'效果,突出系统演变的主要特征。以对 3—6 个月长期天气过程起重要作用的韵律现象[4]为例,类似于文献[4]中的作法,首先对 1956—1983 年逐月北半球 500 hPa 距平图分月找相似,相似指标取为

$$S_r=\frac{d^2_{k,l}}{\bar{d}^2}$$

其中 $d^2_{k,l}$ 为不同时间两个场 A_k 和 A_l 的距离平方,$\bar{d}^2$ 是距离平方 $d^2_{k,l}$ 的平均值(对所有可能的 k,l)。依上述定义,$S_r<1$ 时可认为两场有某种相似性,S_r 越小越相似。取 10 个最小的 S_r 组成 10 对相似月。然后,计算每一对相似月下一个月的 S_r,一直到起始月的后 12 个月。再把各对相似月到后 12 个月的相似指标对应取平均。就得到一个相似性演变的曲线。图 3 是冬季 1 月原始距平场以及信息近似距平

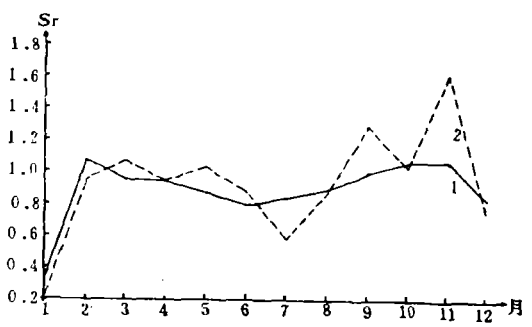


图 3 冬季 1 月原始距平场(曲线 1)和信息近似距平场(曲线 2)相似性变化曲线

场相似性的时间演变。纵坐标为相似指标,横坐标为滞后月份。由图 3 不难看出,相似指标 S,并不是随时间的增加而单调增加,而是经过几个月后,S_r 又明显下降,这就是所谓的韵律现象[4]。这种韵律现象,信息近似距平场表现得比原始距平场更为明显。计算结果表明,对于 2 月和其后各月情况是类似的。

4. 结果与讨论

综上所述，月平均距平场有着复杂的统计结构，具有明显的各向异性的特点，存在与距平场大尺度变化相一致的信息区。因此，长期天气过程可以用较少一些点构成的信息近似距平场来表征。这样一个距平场不仅突出了系统演变的主要信息，而且滤去了所谓的"气候噪音"。

这不仅说明对长期天气过程应采用不同于中短期过程的描述方法；同时也暗示，长期数值预报可以只对可预报性强的信息区作出好的预报，非信息区的预报则通过信息区的预报值诊断求出。事实上这种方法在实际业务预报中已被广泛采用。例如，中央气象台[4]作 500 hPa 距平场预报时就是先根据不同的季节划分出一些关键区来，然后利用相关普查或根据韵律，报出预报月该关键区的距平符号。把各个关键区的距平符号定出，则可画出一张初步的环流预报图。长期数值预报似宜采用同样的方法，并应设法把这些实际预报经验和长期预报理论结合起来。我们相信，如果设计一个只对信息区作预报，并且考虑信息区之间遥相关关系的区域耦合模式，这将有助于多年来的统计长期预报已积累的经验，如遥相关，大气韵律等反映到长期数值预报模式中来。这对建立一个有别于国外用 GCM 逐日积分的方法，具有我国特色的长期数值预报模式是非常重要的。

参 考 文 献

[1] 郝柏林，分岔、混沌、奇怪吸引子、湍流及其它，物理学进展，3，3，329—415，1983。

[2] H. 哈肯，协同学(徐锡申等译)，183—282，原子能出版社，1984。

[3] Nicholls, N., Long-range weather forecasting: value, status and prospects, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 18, 4, 771—788, 1980.

[4] 王绍武、赵宗慈，长期天气预报基础，67—72，上海科学技术出版社，1987。

THE MACRODESCRIPTION OF THE EVOLUTION OF 500hPa MONTHLY ANOMALY FIELD

Huang Jianping　　Chou Jifan

(Department of Atmospheric Sciences, Lanzhou University)

Yi Yuhong

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Academia Sinica, Lanzhou)

Abstract

The concept of message approximate system for the long time evolution of dissipative system has been first proposed. The method of macro-descriptiop for the horizontal structure of long-range weather anomaly evolution given in this paper is used to study northern hemisphere 500hPa monthly mean anomaly data. The results show that the 500 hPa monthly mean anomaly field can be expressed by message approximate anomaly field which consists of a few points. The message approximate system not only sticked out the main information of anomaly evolution of long-range weather, but also filtered the "climate noise". It is believed that the concept and method will be helpful to establish effective long-range numerical forecast model.