

统计-动力相结合的相似误差订正法^{* 1}

任宏利 丑纪范

(兰州大学大气科学学院, 兰州, 730000)

摘 要

根据大气相似性原理,提出了利用历史资料的相似信息估计模式误差的反问题,并发展了一种相似误差订正(ACE)方法。该方法将统计和动力两种方法有机结合,在不改变现有数值预报模式的前提下,既充分利用了动力学发展的成就,又能够有效提取大量历史资料中的相似信息,达到减小模式误差、改进当前预报的目的。而且,ACE方法能够针对当前预报的特殊性来区分所利用过去资料的特殊性,提取历史相似信息间接求解反问题。定性分析表明,ACE方法与以往相似-动力模式原理是等价的,但无需重新建立复杂的相似误差预报模式,更具可行性和业务应用前景。在理想化的极限情形下,当数值模式或历史相似完全准确时,ACE方法的预报结果将分别蜕变为动力或统计学方法的预报结果。

关键词: 统计-动力相结合,反问题,数值预报,相似误差订正法。

1 引 言

一般来讲,存在动力和统计两种基本的预报方法,二者都有其优点和缺陷。动力方法是基于物理定律的初值问题,没有利用或没有充分利用已有的实况历史资料,而统计方法则利用了大量的实况资料,却没有利用或没有充分利用我们掌握的物理知识^[1]。早在 1958 年,顾震潮^[2]就提出了在数值预报中引入历史资料的重要性和可能性。此后,一系列卓有成效的理论和方法被先后提出^[3~9],目的是将两种方法有机地结合,充分利用历史资料信息来提高动力预报水平,数值试验结果都显示出一定的预报技巧。特别是将天气学经验与动力预报相结合,把要预报的场视为叠加在历史相似上的一个小扰动,就可以把天气学的预报经验吸收到数值预报中来^[10],基于这一原理,发展了天气预测和季度预测的相似-动力模式^[11~13],试验表明预报准确率均明显提高,这要比传统相似预报^[14~16]有优势。

众所周知,数值模式本身不可避免地存在误差,相似-动力模式原理正是为了减小模式误差而提出的,但对于业务预报中使用的复杂模式而言,直接建

立相似-动力模式在技术上存在很大困难。事实上,要充分利用物理规律,莫过于就以现有动力模式为基础。目前,主要从正面改进模式各个环节来减小模式误差,但进一步提高预报水平的难度越来越大。相比之下,作为第二类反问题^[17,18]提出的模式识别技术等^[19~21],却能够充分利用现有大量实况资料来优化模式参数,以较小的成本改进模式。需要指出的是,这样的反问题是对数值模式的再改进,可一直随正问题的不断发展而改进数值预报。近来,已经有尝试性的工作使用复杂模式进行了这方面的探索,初步试验结果证明是有效的^[22,23]。由此,本文在此基础上提出利用历史资料的相似信息直接估计当前模式误差的反问题,并发展出一种将统计和动力两种方法有机结合的相似误差订正(记为 ACE)法。

2 提出反问题

由于本文的着眼点是在现有模式条件下,如何利用大量历史资料提供的信息来有效地减小模式误差,改进模式的当前预报。因此,为了突出主要问题,后面的理论推导暂不考虑观测资料误差的影响,

* 初稿时间:2005 年 1 月 21 日;修改稿时间:2005 年 5 月 26 日。

资助课题:国家自然科学基金项目(40233031 和 40375025)。

作者简介:任宏利,男,1979 年出生,博士生,主要从事气候动力学和气候预测研究。E-mail:renhl7918@yahoo.com.cn。

即认为资料是完全精确的。数值预报是作为偏微分方程的初值问题提出来的。一般地,预报模式可以表示为

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + L(\Psi) = 0 \quad (1)$$

$$\Psi(r, 0) = G(r) \quad (2)$$

其中 $\Psi(r, t)$ 为模式预报变量, r 和 t 分别表示空间坐标向量和时间, L 是 Ψ 的微分算子, 它对应于实际的数值模式。当 $t > 0$ 时, 可以由初值数值积分得到 Ψ 或者其泛函 P 。如果把实际大气所满足的准确模式表示为

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + L(\Psi) = E(\Psi) \quad (3)$$

其中 E 表征实际存在, 而在式(1)中未能描述或准确描述的过程, 它所反映的正是实际数值模式中未知的误差项。那么, 我们所掌握的观测资料就是满足式(3)和(2)的一系列特解 $\tilde{\Psi}$ 或者特解的泛函 \tilde{P} 。

目前主要有两种减小数值模式误差的方法, 一种是直接改进动力模式本身的各个环节, 这是现在被普遍采用的, 但其投入高昂、研发周期长、预报水平提高缓慢的问题愈发突出。另一种则是在已知式(3)和(2)的一系列特解 $\tilde{\Psi}$ 或 \tilde{P} 以及 L 的情况下, 近似估计方程中的未知项 E , 也就是利用历史观测资料信息来确定方程未知部分的模式识别问题^[19~21], 属于第二类反问题^[17, 18], 可以减少改进模式的成本, 提高预报技巧。本文所要探讨的正是如何有效利用历史资料信息估计当前模式误差的反问题, 这也可以看作是一种模式识别问题。

对于确定的数值模式 L , 使用不同时期的观测数据, 理论上就可能反演得到多个差别很大甚至完全不同的模式误差估计。究竟选用哪个误差估计来改进模式进行预报呢? 选择的依据是什么? 要回答这些问题, 就要考虑到所预报对象的特殊性, 以便区别使用我们所拥有的历史资料。根据相似性原理, 利用彼此相似的大气演变资料反演出的 E 应该还是比较接近的, 这由实践经验很容易理解, 同样的模式对于相似的天气过程做预报经常犯同样的错误。设状态 Ψ 的历史相似状态(称为相似参考态, 简称参考态)为 $\tilde{\Psi}$, 它满足

$$\frac{\partial \tilde{\Psi}}{\partial t} + L(\tilde{\Psi}) = E(\tilde{\Psi}) \quad (4)$$

$$\tilde{\Psi}(r, 0) = \tilde{G}(r) \quad (5)$$

考虑到 Ψ 与 $\tilde{\Psi}$ 非常接近, 可以将 $E(\Psi)$ 关于 Ψ 在 $\tilde{\Psi}$ 附近进行一阶 Taylor 展开

$$E(\Psi) \equiv E(\tilde{\Psi}) + (\Psi - \tilde{\Psi})D|_{\tilde{\Psi}}$$

其中 D 代表 E 关于 Ψ 各分量偏微商的总和。当满足 $D|_{\tilde{\Psi}}$ 有界, 并且 $\|\Psi - \tilde{\Psi}\|$ 足够小的条件时, 令 $\Psi = \tilde{\Psi} + \Psi'$, 不难得出

$$\|E(\tilde{\Psi} + \Psi') - E(\tilde{\Psi})\| \ll \|E(\Psi)\|$$

此时, 如果使用式(4)右端的误差项 $E(\tilde{\Psi})$ 来近似估计式(3)右端的误差项 $E(\Psi)$, 可得

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + L(\Psi) = \frac{\partial \tilde{\Psi}}{\partial t} + L(\tilde{\Psi}) \quad (6)$$

方程右端实际上已略去了小项 $E(\tilde{\Psi} + \Psi') - E(\tilde{\Psi})$ 。由于参考态来源于历史资料, 所以式(6)右端第 1 项是已知的, 第 2 项则可以通过数值模式算出远小于^①、^[23], 因此, 式(6)相当于在式(1)中添加了一个相似误差订正项 $E(\tilde{\Psi})$, 使之更接近于式(3), 这显然比式(1)略去式(3)右端的 $E(\Psi)$ 来得准确。这里把式(6)称为相似误差订正方程, 它所反映的仍是原来的数值模式, 只不过增加了一个订正项, 从而减小模式误差。

由此可见, 通过历史上相似参考态得到的 $E(\tilde{\Psi})$ (利用现有模式和历史资料)来估计出当前预报所需要确定的 $E(\Psi)$, 就可以把 $E(\tilde{\Psi})$ 作为订正项来减小模式误差, 改善当前预报。这样, 使用历史资料改进数值模式动力预报的问题, 实质上转化为通过已知的历史相似信息估计当前未知模式误差的反问题。

3 等价的相似-动力模式

在一般意义上, 利用历史资料信息减小模式误差改进预报的方法很多, 除了基于求解反问题的模式识别技术^[19~21], 还包括常用的模式系统误差订正方法。前者是通过历史资料改进模式来改善预报, 而后者则直接利用历史回报误差来订正当前预报, 在不考虑观测资料误差前提下, 后者的误差订正部分正是由前者反演的模式误差项所产生, 因此, 从改善预报效果角度, 二者是一致的, 这种认识对于式(6)的实际复杂模式应用很重要。

我们知道, 模式误差对于预报的影响是随时间并依赖于流型而不断变化的, 因此, 使用全部资料或近期资料所作的模式误差识别或者系统误差订正不一定是效果最好的。一般来讲, 对线性系统资料用

① 丑纪范. 月平均环流的相似-动力模式. 个人通信(2003年4月25日)。

得越多越好,而对于大气这样的非线性系统,使用资料在巧不在多。从前面分析可知,对于模式误差估计问题,应该针对预报对象的特殊性来区分所利用资料的特殊性,对于系统误差订正亦是如此。从式(6)的推导不难想象,只有历史上相似状态提供的信息才能有效订正当前预报的模式误差,而不相似的状态可能会提供错误的订正信息。在这里,“预报对象的特殊性”指的就是“当前预报”,而“所利用资料的特殊性”指的就是“历史相似状态”。

事实上,以往对于相似-动力模式的研究^[11~13],也正是综合考虑了预报对象和利用资料的特殊性问题。将状态 Ψ 分成参考态 $\tilde{\Psi}$ 和扰动态 Ψ' 之和,然后把 $\Psi=\tilde{\Psi}+\Psi'$ 和 $\tilde{\Psi}$ 分别代入式(1)并相减,即得到相似离差方程

$$\frac{\partial \Psi'}{\partial t} + L(\tilde{\Psi} + \Psi') - L(\tilde{\Psi}) = 0 \quad (7)$$

对比方程(7)和(6)可知,在数学形式上是完全等价的,但它们所反映的意义却不同,前者表示相似离差所满足的动力方程,需要重新建立一个“距平”的相似-动力模式,这对于复杂业务模式而言难度是相当大的;而后者则是利用历史相似信息对当前预报的模式误差进行订正,无需改变现有数值模式。因此,虽然它们都比式(1)更为准确,但从实用角度讲,由相似误差订正方程(6)所提供的预报方法更具优势。类似于通过相似离差方程建立相似-动力模式,理论上也可由相似误差订正方程来建立“等价的相似-动力模式”,这样的模式实际上是由原数值预报模式加上一个用于计算误差订正项的诊断模式构成。

4 相似误差订正法

以往对于模式误差项 E 的识别问题,往往受到反演技术和计算条件限制,而且也没有根据预报对象的不同,客观地区分出适合使用的历史资料。由式(6)的相似误差订正方程,我们在理论上得到了一个无需改变模式就可以实现的“等价的相似-动力模式”。此时,只需在原来模式基础上添加一个使用历史相似计算误差订正项的诊断模式,就可以直接利用过去资料信息改进动力预报结果。

但在实际操作中,结构复杂的业务模式多采用半隐式或隐式迭代等时间积分方案,这使得模式中很难确定出显式表达的算子 L ,也就无法直接计算误差订正项。事实上,我们可以借助于前面对模式误差识别与系统误差订正关系的定性分析,来间接

克服这个困难。

4.1 对预报误差的预报

对于当前预报的初值 Ψ_0 ,把式(1)的预报记为 $P(\Psi_0)$,式(3)的预报记为 $\check{P}(\Psi_0)$ (即实况,未知)。那么,由于不考虑观测误差, $\hat{E}(\Psi_0) = \check{P}(\Psi_0) - P(\Psi_0)$ 就可以看作是模式误差项 E 对预报结果的贡献。如果能预先估计 $\hat{E}(\Psi_0)$,也就得到了所求的预报是 $P(\Psi_0) + \hat{E}(\Psi_0)$,问题归结为求取 $\hat{E}(\Psi_0)$,它是对动力预报 $P(\Psi_0)$ 所做的误差订正。由此,在改进动力模式的预报上,我们可以换一种思路,不正面攻坚,而是改为对动力模式的预报误差进行预报。

把历史资料中的实况 Ψ_j 作为初值,式(1)的预报记为 $P(\Psi_j)$,式(3)的预报记为 $\check{P}(\Psi_j)$ (即历史实况),这里 $j=1,2,\dots,n$,其中 n 最大可以取为全部历史资料的样本数。这样可以得到 n 个已知的预报误差 $\hat{E}(\Psi_j) = \check{P}(\Psi_j) - P(\Psi_j)$,如果取它们的算术平均来估计 $\hat{E}(\Psi_0)$,就得到了模式的系统误差。此时,按照前面分析,为了客观地选取适合于当前预报的观测资料,可以直接使用与初值 Ψ_0 相似的历史实况 $(\tilde{\Psi}_j)$ 对应的预报误差 $\hat{E}(\tilde{\Psi}_j)$ 来估计 $\hat{E}(\Psi_0)$,这里 $j=1,2,\dots,m$, m 为所选取的相似状态个数。

4.2 误差估计方法

在由历史相似资料得到了 m 个预报误差 $\hat{E}(\tilde{\Psi}_j)$ 后,如何来估计当前预报误差 $\hat{E}(\Psi_0)$ 呢?这并不是一个有确切答案的问题,需要从实践中不断摸索。可以把误差估计问题以数学形式表示为

$$\hat{E}(\Psi_0) = C(\hat{E}(\tilde{\Psi}_1), \hat{E}(\tilde{\Psi}_2), \dots, \hat{E}(\tilde{\Psi}_m)) \quad (8)$$

其中 Ψ_0 为当前预报初值, $\tilde{\Psi}_j$ 为选取的历史相似初值($j=1\sim m$), m 为选取的相似个数。 C 为由历史相似误差估计当前误差的算法,可根据情况确定具体形式。我们考虑把 C 取为简单的线性估计算法,式(8)变为

$$\hat{E}(\Psi_0) = \sum_{j=1}^m a_j \hat{E}(\tilde{\Psi}_j) \quad (9)$$

其中 a_j 为归一化权重系数,即 $a_j = b_j / \sum_{j=1}^m b_j$, b_j 为待定系数。参照气象资料处理方面常用的技术手段,下面针对式(9)给出关于误差估计方法的几点讨论。

(1) 考虑最为简单的情形:直接使用历史相似的预报误差来估计当前时刻未知的预报误差,再把

估计出的 $\hat{E}(\Psi_0)$ 订正到当前预报上去,就可以得到 m 个预报结果。这时,既可以取由最相似的预报误差订正的结果作为最终预报;也可以对 m 个最终预报结果进行简单集合平均,来提高预报效果^[22]。

(2) 考虑等权重的算术平均估计:取 $b_j = 1$, $\hat{E}(\Psi_0)$ 就是 m 个相似预报误差的算术平均。

(3) 考虑不等权重的加权平均估计:作为更加一般的情形,可依据选取的历史相似参考态与当前初值的相似程度来确定 b_j ,把 $\hat{E}(\Psi_0)$ 取为 m 个相似预报误差的加权平均。当然,还可能存在其他的权重选取办法。

这样,我们就发展出一种相似误差订正(ACE)方法,与其他使用历史资料的方法^[3~8]相比,它利用的不是近期演变资料,而是大量历史资料。ACE 方法在现有预报模式的基础上,通过引入历史资料中的相似误差雅息,估计当前模式预报误差,改进预报结果。它的优势在于仅是利用模式,而无须另建新的预报模式。将估计方法(1)和(2)初步应用于复杂业务模式的月预报试验表现出了优于控制试验的技巧^[22,23],显示 ACE 法具有较好的实际应用前景。

5 对理想化极限情形的定性分析

我们考虑 ACE 是一种结合了统计和动力方法优点的预报方法,那么,当两种方法中的任何一种达到完全准确时,ACE 的预报结果会发生怎样的变化呢?下面从定性分析角度加以讨论,设想两种理想化的极限情形^①:[23]:

(1) 动力模式完全准确。此时,式(1)和(3)是一样的,即所略去的项 E 已不存在,模式没有误差,对于任意相似或者不相似的参考态 $\tilde{\Psi}$ 而言,式(6)右端提供的订正项均为 0,所以,ACE 的预报就蜕化为完全准确的动力模式(1)的预报结果。

(2) 历史相似完全准确。此时,当前预报的初始时刻 t_0 的初值 $\Psi(t_0)$ 与其参考态 $\tilde{\Psi}(t')$ 是相同的。如果使用统计学的相似方法做预报,那么,在 $t_0 + \delta t$ 时的当前预报就直接取为历史上的 $\tilde{\Psi}(t' + \delta t)$ 。如果使用 ACE 做预报,无论数值模式准确与否,式(6)两端的同一模式对于相同的初值 $\Psi(t_0)$ 和 $\tilde{\Psi}(t')$,在积分 δt 时间后,左端求取的当前预报必然与右端得到的历史实况 $\tilde{\Psi}(t' + \delta t)$ 相同,表明 ACE 的预报已经蜕化为统计学相似方法的预报结果。

上述分析表明,在设想的理想化的极限情况下,

当数值预报模式完全准确时,ACE 的预报结果蜕化为动力学方法的预报结果,而当历史相似完全准确时,它蜕化为统计学方法的预报结果。由此可见,作为一种建立在数值模式基础上的统计-动力相结合的预报方法,ACE 方法既能够利用动力学的成就(依托于数值预报模式),又充分利用了数十年的实况历史资料信息(依托于统计学方法和天气学预报经验)。

6 结 语

为了既充分利用动力学发展的成就,又能够从积累了数十年的实况历史资料中有效提取信息,本文在已有研究工作基础上提出了利用历史资料的相似信息估计模式误差的反问题,并发展了一种将统计和动力两种方法有机结合的相似误差订正(ACE)方法。该方法在不改变现有数值预报模式的前提下,既充分利用动力学发展的成就,又有效提取历史资料中的相似信息,以达到减小模式误差、改进当前预报的目的。而且,ACE 方法能够针对当前预报的特殊性来区分所利用历史资料的特殊性,使用历史相似信息间接求解反问题。

定性分析表明,ACE 方法与以往相似-动力模式原理是等价的,只需在原模式基础上引入一个计算误差订正项的诊断模式,而无需重建新相似离差预报模式。借助于对模式误差识别问题与系统误差订正关系的讨论,针对复杂业务模式提出了对当前预报误差进行预报的新思路,问题转化为通过已知的历史相似预报误差来估计当前未知误差,并简要给出了几种误差估计的方法。在理想化的极限情况下,当数值预报模式完全准确时,ACE 方法的预报结果蜕化为动力学方法的预报结果,当历史相似完全准确时,它蜕化为统计学方法的预报结果。当然,ACE 方法是针对第二类反问题提出的,忽略了观测资料误差,这会对该方法产生何种影响?还有预报误差的估计方法问题等,亟待进一步工作加以研究。

致 谢:感谢鲍名博士和张培群博士的宝贵建议和无私帮助。

参考文献

- [1] 丑纪范. 为什么要动力-统计相结合? ——兼论如何结合. 高原气象, 1986, 5(4): 367~372
Chou Jifan. Why to combine both statistical and dynamical methods together? —— also discuss how to combine. Plateau

① 丑纪范. 怎样使发布的短期气候预测更准确? ——原来有捷径可走! 中国气象局国家气象中心特邀报告(2004年2月16日)。

- Meteorology (in Chinese), 1986, 5(4): 367-372
- [2] 顾震潮. 天气数值预报中过去资料的使用问题. 气象学报, 1958, 29(3): 176-184
Gu Zhenchao. The use of past data in numerical weather forecast. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1958, 29(3): 176-184
- [3] 丑纪范. 天气数值预报中使用过去资料的问题. 中国科学, 1974, 17(6): 814-825
Chou Jifan. A problem of using past data in numerical weather prediction. Scientia Sinica, 1974, (6): 635-644
- [4] 郑庆林, 杜行远. 使用多时刻观测资料的数值天气预报新模式. 中国科学, 1973, (2): 289-297
Zheng Qinglin, Du Xingyuan. A new model of numerical weather prediction by using multi-time observed data. Scientia Sinica (in Chinese), 1973, (2): 289-297
- [5] 曹鸿兴. 大气运动的自忆性方程. 中国科学(B辑), 1993, 23(1): 104-112
Cao Hongxing. Self-memorization equation in atmospheric motion. Science in China (series B), 1993, 36(7): 845-855
- [6] 张培群, 丑纪范. 改进月延伸预报的一种方法. 高原气象, 1997, 16(4): 376-388
Zhang Peiqun, Chou Jifan. A method improving monthly extended range forecasting. Plateau Meteorology (in Chinese), 1997, 16(4): 376-388
- [7] 谷湘潜. 一个基于大气自忆原理的谱模式. 科学通报, 1998, 43(1): 1-9
Gu Xiangqian. A spectral model based on atmospheric self-memorization principle. Chinese Sci Bull, 1998, 43(20): 1692-1702
- [8] 龚建东, 李维京, 丑纪范. 集合预报最优初值形成的四维变分同化方法. 科学通报, 1999, 44(10): 1113-1116
Gong Jiandong, Li Weijing, Chou Jifan. Forming proper ensemble forecast initial members with four dimensional variational data assimilation method. Chinese Sci Bull (in Chinese), 1999, 44(10): 1113-1116
- [9] 陈伯民, 纪立人, 杨培才等. 改善月动力延伸预报水平的一种新途径. 科学通报, 2003, 48(5): 513-520
Chen Bomin, Ji Liren, Yang Peicai, et al. An approach to improving the dynamical extended-range (monthly) prediction. Chinese Sci Bull (in Chinese), 2003, 48(7): 696-703
- [10] 丑纪范. 关于长期数值天气预报的若干问题. 见: 中长期水文气象预报文集. 北京: 水利电力出版社, 1979. 216-221
Chou Jifan. Some problems of long-range numerical weather prediction. In: Corpus of middle and long-range hydrometeorological prediction. Beijing: China Water Power Press, 1979, 216-221
- [11] 邱崇践, 丑纪范. 天气预报的相似-动力方法. 大气科学, 1989, 13(1): 22-28
Qiu Chongjian, Chou Jifan. An analogue-dynamical method of weather forecasting. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1989, 13(1): 22-28
- [12] 黄建平, 王绍武. 相似-动力模式的季节预报试验. 中国科学(B辑), 1991, 21(2): 216-224
Huang Jianping, Wang Shaowu. The experiment of seasonal prediction using the analogy-dynamical model. Sci in China (Ser. B) (in Chinese), 1992, 35(2): 207-216
- [13] Huang Jianping, Yi Yuhong, Wang Shaowu, et al. An analogue-dynamical long-range numerical weather prediction system incorporating historical evolution. Quart J Roy Meteor Soc, 1993, 119: 547-565
- [14] Schuurmans C J E. A 4-year experiment in long-range weather forecasting using circulation analogues. Meteorol Rdsch, 1973, 26: 2-4
- [15] Barnett T P, Preisendorfer R W. Multifield analog prediction of short-term climate fluctuations using a climate state vector. J Atmos Sci, 1978, 35(10): 1771-1787
- [16] van den Dool H M. A bias in skill in forecasts based on analogues and antilogues. J Appl Meteor, 1987, 26(9): 1278-1281
- [17] 邵吉东, 丑纪范. 数值天气预报中的两类反问题及一种数值解法——理想试验. 气象学报, 1994, 52(2): 129-137
Gao Jidong, Chou Jifan. Two kinds of inverse problems in NWP and a numerical method—ideal field experiment. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1994, 52(2): 129-137
- [18] 范新岗, 丑纪范. 提为反问题的数值预报方法与试验 I. 三类反问题及数值解法. 大气科学, 1999, 23(5): 543-550
Fan Xingang, Chou Jifan. Methods and experiments of numerical prediction raised as inverse problem Part I: Three kinds of inverse problems and numerical solutions. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1999, 23(5): 543-550
- [19] 邱崇践, 丑纪范. 改进数值天气预报的一个新途径. 中国科学(B辑), 1987, 17(8): 903-910
Qiu Chongjian, Chou Jifan. A new approach to improve the numerical weather prediction. Science in China (Series B) (in Chinese), 1987, 17(8): 903-910
- [20] 邱崇践, 丑纪范. 预报模式识别的扰动方法. 大气科学, 1988, 12(3): 225-232
Qiu Chongjian, Chou Jifan. A perturbation method of model recognition of numerical weather prediction. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1988, 12(3): 225-232
- [21] 邱崇践, 丑纪范. 预报模式的参数优化方法. 中国科学(B辑), 1990, 20(2): 218-224
Qiu Chongjian, Chou Jifan. The method of optimizing parameterization in numerical prediction model. Sci in China (Series B) 1990, 20(2): 218-224
- [22] 鲍名, 倪允琪, 丑纪范. 相似-动力模式的月平均环流预报试验. 科学通报, 2004, 49(11): 1112-1115
Bao Ming, Ni Yunqi, Chou Jifan. The experiment of monthly mean circulation prediction using the analogy-dynamical model. Chinese Sci Bull (in Chinese), 2004, 49(12): 1296-1300
- [23] 鲍名. 相似-动力模式的月平均环流预报试验[学位论文]. 南京: 南京大学大气科学系, 2004
Bao Ming. The experiment of monthly mean circulation prediction using the analogy-dynamical model [Dissertation]. Dept. Atmos Sci of Nanjing University, 2004

ANALOGUE CORRECTION METHOD OF ERRORS BY COMBINING BOTH STATISTICAL AND DYNAMICAL METHODS TOGETHER

Ren Hongli Chou Jifan

(College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract

Based on the atmospheric analogy principle, the inverse problem that the information of historical analogue data is utilized to estimate model errors is put forward and a method of Analogue Correction of model Errors (ACE) is developed. The ACE can combine effectively both statistical and dynamical method together, and need not change the current numerical prediction models. The new method not only adequately utilizes dynamical achievements but also can reasonably extract the information of a lot of analogues in historical data in order to reduce model errors and improve forecast skill.

Furthermore, the ACE may identify specific historical data for the solution of the inverse problem in terms of the particularity of current forecast. The qualitative analyse show that, the ACE is theoretically equivalent to the previous analogue-dynamical model principle, but need not rebuild the complicated analogue-deviation model, so has better feasibility and operational foreground. Moreover, under the ideal situations, when numerical models or historical analogues are perfect, the forecast of the ACE would transform into the forecast of dynamical or statistical method, respectively.

Key words: Combination of statistical and dynamical method, Inverse problem, Numerical prediction, Analogue correction method of errors.



2006 年《气象学报》征订单

订购单位 地 址								
联系人姓名		邮 编				邮汇地址		
《气象学报》(双月刊)						单价: 30 元	全年订价:180 元 (免邮寄费)	邮编:100081 地址:北京市中关村南大街 46 号 中国气象学会秘书处《气象 学报》编辑部 电话:68406942,68408571 E-mail:cmsqxxb@263.net
1 期	2 期	3 期	4 期	5 期	6 期	订 数	总 计 金 额	
合计金额大写:		仟 佰 拾 元						