

$T_{63}L_{16}$ 谱模式水汽初始场的处理和试验*

季仲贞 王 斌

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室)

摘 要 在 $T_{63}L_{16}$ 谱模式中, 初始输入的水汽场, 经展谱后, 垂直各层一般出现 2%~8% 的负水汽点。为了克服这一负水汽现象, 我们采用了“逐步循环订正法”对初值进行了一些特别处理, 经实例计算表明, 其效果明显, 不仅负水汽现象得以克服, 而且对各层水汽场的水平分布不会带来明显的变化。

关键词: 谱模式; 负水汽; 初始场; 逐步循环订正法

1 引言

自从发现快速傅里叶变换 (FFT) 以后, 谱展开法得到迅速发展。目前, 世界上许多国家的业务数值天气预报模式均采用谱模式^[1]。然而, 谱展开法也是有局限性的, 一般它只适用于连续光滑的变量场的展开和计算, 对愈光滑的场其效果愈好。对于不连续的场, 如水汽场, 若用谱展开法, 问题就较多, 常常会出现负水汽现象, 以致出现降水量大大减少等不合理现象。因此, 如何在使用谱方法时克服负水汽现象成为一个重要的问题。

应当说, 造成负水汽现象出现的原因是多方面的, 它可能是由初值展开造成的, 也可能是由水汽平流计算不恰当造成的, 还可能由别的原因造成的。本文结合 $T_{63}L_{16}$ 谱模式的使用, 着重分析在初值场处理中出现的负水汽问题。

2 负水汽现象及其克服

为了研究和克服负水汽现象, 我们结合 $T_{63}L_{16}$ 谱模式进行具体研究。选取 1997 年 6 月 29 日的实例, 初始输入的水汽场全部为正值, 其数量级在 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ 之间。但经展谱后, 除最下面的三层外, 其余各层均出现程度不等的负水汽现象。图 1 给出了垂直各层负水汽点的分布廓线。负水汽点出现最多的是第 6 层, 有近 1500 点是负水汽, 约占该层总点数的 8%。除最下面的三层外, 负水汽点最少的层在第 12 层, 有近 250 点, 约占该层总点数的 2%。图 2 给出了垂直各层负水汽绝对值最大值的分布廓线, 可以看到负水汽值的量级是 10^{-4} , 其中绝对值最大的负水汽出现在第 11 层, 其量级为 6×10^{-4} 左右。

1998-11-17 收到, 1999-01-20 收到修改稿

* 本工作得到国家“九五”重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”96-908-02-02-01 和国家杰出科学基金 49825109 及国家自然科学基金资助项目 49975020 的资助

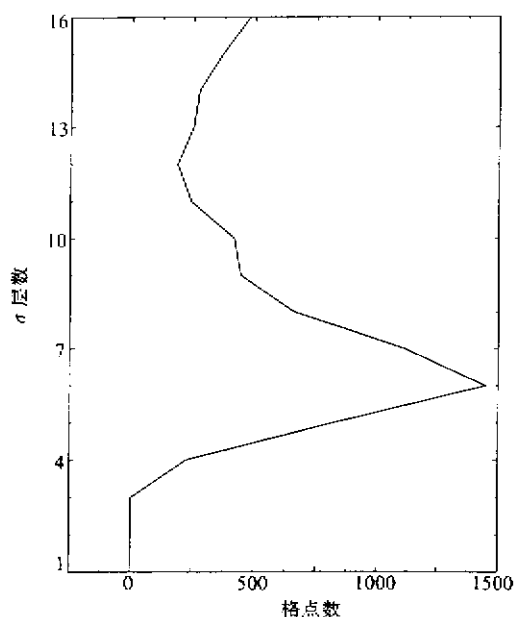


图1 负水汽点数的垂直分布廓线

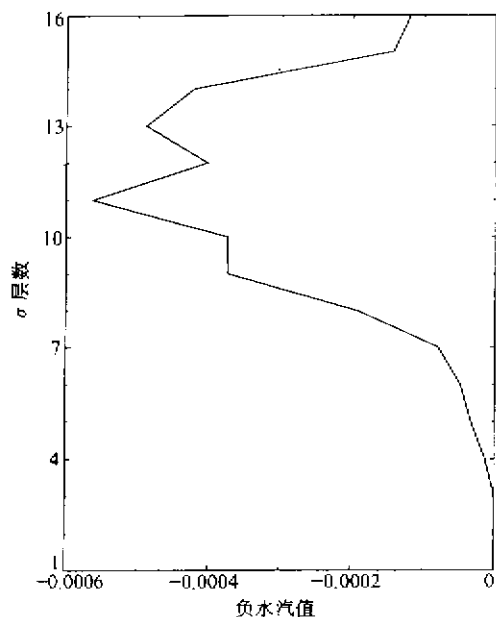


图2 各层负水汽的垂直分布廓线

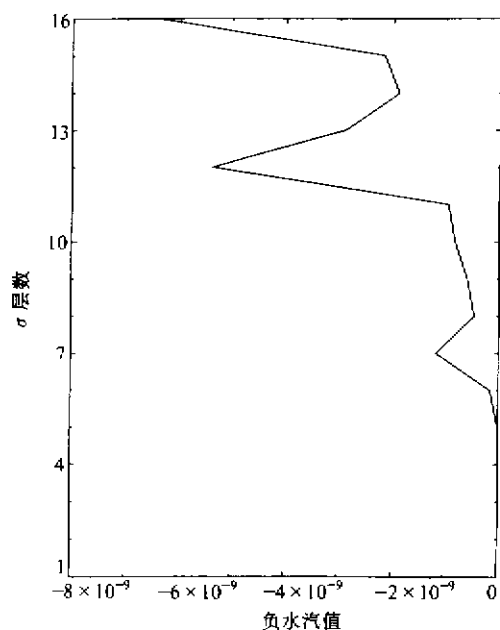
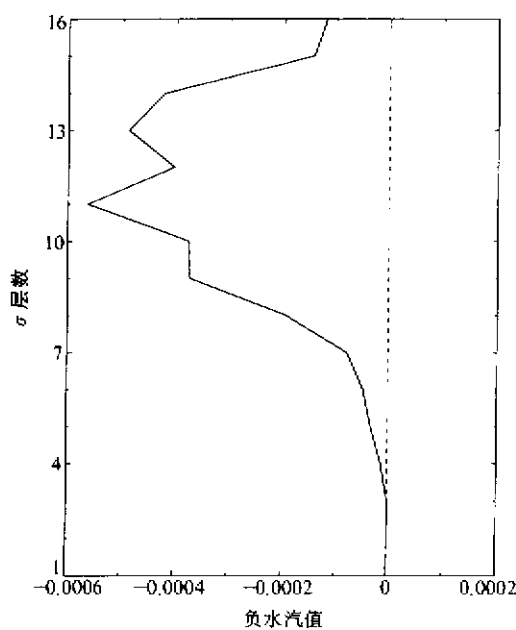


图3 经初值处理后的各层绝对值最大的负水汽分布廓线

图4 经初值处理前后各层绝对值最大的负水汽垂直分布对比图
实线为初值处理前, 虚线为初值处理后

由于负水汽的量级与正水汽的相当, 不能简单地把负水汽值冲为零, 否则对整个水汽场的水平分布影响太大, 也影响降水量。为此, 我们采用了“逐步循环订正法”进行处理: 将展谱后的水汽场转换到高斯格点上, 然后将各格点上的负水汽值乘以 0.1 后, 再

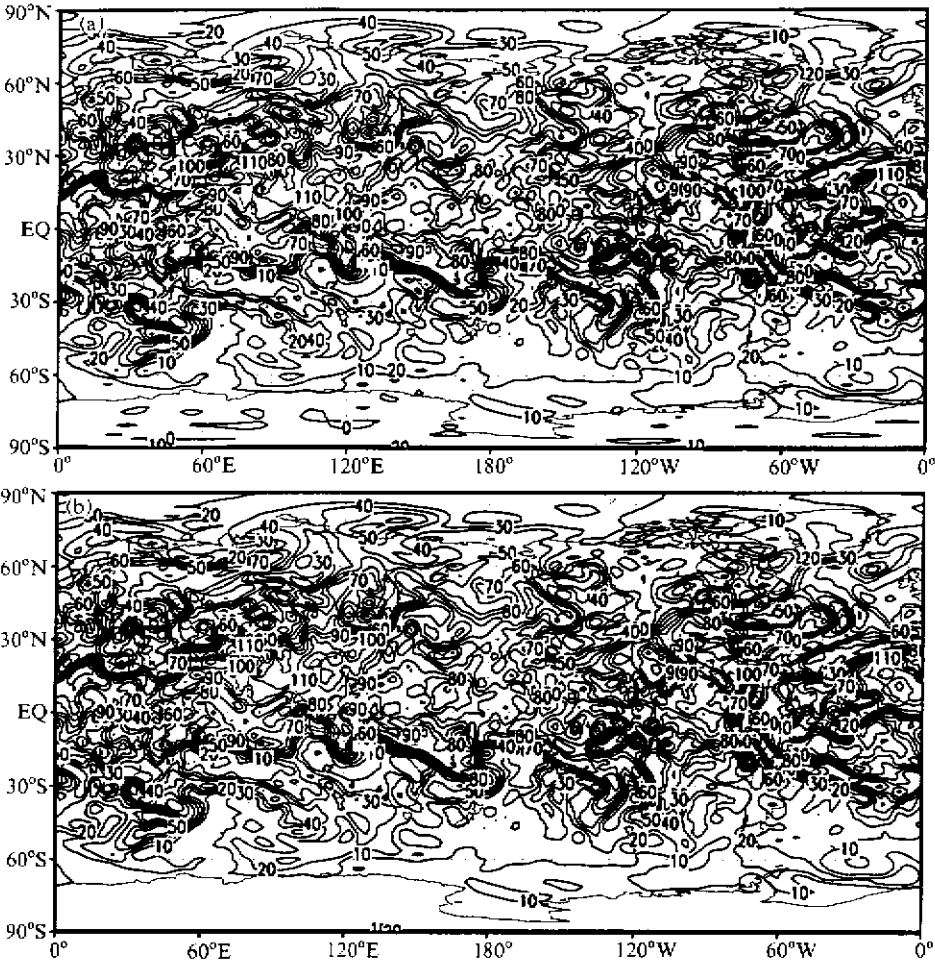


图 5 $T_{63}L_{16}$ 谱模式第 11 层的全球水汽分布
(a) 初值处理前; (b) 初值处理后

返回谱空间、并再一次转换到高斯格点……如此循环 300 次。经这样处理后, 最后仍有极少数点上有负水汽; 但其负水汽值量级已大大缩小了, 一般在 10^{-9} 左右 (如图 3 所示)。这时, 我们再将些负水汽点的水汽值冲为零。图 4 给出了经上述处理前后的各层最大负水汽的垂直分布廓线, 可以清楚地看到, 处理效果是十分明显的。为了更进一步看到上述初值处理的实际效果, 我们又输出处理前后各层水汽场的水平分布图, 看到经这种处理后, 对水汽场的水平分布不会带来任何明显的变化。图 5 给出了第 11 层初值处理前后的水汽分布。

3 结论和讨论

负水汽现象是在使用谱模式过程中容易出现的一种非物理现象, 采用本文提出的“逐步循环订正法”对水汽初值进行处理, 做法简单、效果明显, 便于推广使用。

当然,正如前文所指出的,造成负水汽现象的原因是多方面的。如何进行水汽平流计算就是一个很重要的问题。在这方面国内外已出现了一些有效的处理办法^[2~4],但有的计算方案比较麻烦,有的方案还不够成熟。总之,这是值得进一步深入研究的另一个重要问题。

参 考 文 献

- 1 Tibaldi, S. et al., Extended-range predictions with ECMWF models: influence of horizontal resolution on systematic error and forecast skill, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1990, **116**, 835~866.
- 2 Anthes, R. A. et al., Description of the Penn State/NCAR mesoscale model version 4 (MM4), NCAR/TN-282+STR, NCAR Technical Note, May, 1987, 1~66.
- 3 Bott, A., A positive definite advection scheme obtained by nonlinear renormalization of the advective fluxes, *Mon. Wea. Rev.*, 1989, **117**, 1006~1015.
- 4 葛孝贞、李 峰, 消除模式“负水汽”算法的研究与试验, 计算物理, 1997, **14**, 657~659.

The Treatment and Experiment of Water Vapour Initial Field in $T_{63}L_{16}$ Spectrum Model

Ji Zhongzhen and Wang Bin

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Science and Geophysical Fluid Dynamics,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract In $T_{63}L_{16}$ spectrum model, 2%~8% points with negative water vapour take place in each layer of the vertical direction after the initial inputted water vapour field is spectrally expanded. In order to overcome this negative water vapour phenomenon, “the method of stepwise cycle reduction” is used to carry out some special treatments for the initial value. The computed examples show that the effects are evident, not only can the negative water vapour phenomenon be overcome, but also the horizontal distribution of water vapour field in each layer has not been changed obviously.

Key words: spectrum model; negative water vapour; initial field; the method of stepwise cycle reduction