

东北地区中部AMT模式业务化的可行性试验

秦元明 蔡慧琴 陈婷婷 邵玉珍

(吉林省气象台)

提 要

本文介绍了AMT模式的基本情况,并就在长春运行AMT模式时使用大尺度预报地转风资料替代大尺度预报风场的可行性进行了分析。根据分析结果确定了替代方案并在长春进行了AMT模式的试验,最后给出了试验结果。

一、引 言

AMT (Air Mass Transformation 的缩写) 模式是80年代初期荷兰皇家气象局 J. Reiff 等研制的数值预报模式⁽¹⁾, 该模式结构简单, 分辨率高, 计算条件宽容, 对某一定点的短期时效内的温度、比湿、边界层高度等要素有很好的预报能力。在环境污染监测、边界层云雾预报方面也有广泛的应用。美国⁽²⁾、瑞典等国气象部门已经引进并使用这种模式, 荷兰气象局早已业务使用⁽³⁾, 寿绍文对该模式进行了介绍⁽⁴⁾。

要将该模式应用于我国气象预报业务中, 主要存在如下问题:

1. 模式中一些参数是在荷兰边界层气象观测的基础上获得的⁽⁵⁾⁽⁶⁾, 它仅适于地势平坦、气候湿润的西欧, 用于我国大陆性气候时必须做调整。

2. 对模式所需的各标准层(1000、850、700和500hPa)大尺度预报风场的网格点资料, 目前我们还不具备。

本工作把预报地点选在东北平原中部的长春市, 预报时效选用12小时, 试验目的是讨论:

1. 用预报的大尺度地转风场替代预报

风场的可行性;

2. 在没有本地边界层气象观测资料的条件下, 用对样本进行试算的方法来确定模式中适于东北地区地形及气候的最佳参数的可行性。

工作中选用1988年5、6和7月和1987年1月的共计69个样本。

二、AMT模式简介

AMT模式由一个轨迹模式, 一套初始场分析方案及一个一维边界层模式构成。

1. 轨迹模式

轨迹模式把预报点作为轨迹终点, 用大尺度预报风场从预报点开始沿预报风场回推求出轨迹的始点, 同时求出各标准层轨迹。各轨迹的始点构成了源区, 利用源区附近与轨迹始点同时刻的探空资料, 通过初始场分析方案, 拟合出源区的探空廓线(位温 θ 和比湿 q 廓线)。通过对相邻标准层轨迹的内插, 可以得到特性层的轨迹, 并规定大气最低特性层的轨迹, 代表大气边界层的移动轨迹。

2. 初始场分析方案

初始场分析方案, 是将源区附近的若干个探空站的资料, 通过较客观的方法拟合成一个代表整个源区的大气柱的初始场。

初始场分析方案主要包括下列内容:

(1) 将探空报告的 p 、 T 、 q 资料转换成 σ 、 θ 、 q 系列资料;

(2) 各探空站点绘的每个特性层都被考虑作为源区 θ 和 q 曲线的一个特性层 σ_i ,从而拟合出源区的探空曲线。在 σ_i 层, θ_i 和 q_i 的数值由各站观测值及下式确定:

$$\theta_i(\sigma) = \sum_{j=1}^N W_j(\sigma) \theta_j^i(\sigma) \quad (1)$$

$$q_i(\sigma) = \sum_{j=1}^N W_j(\sigma) q_j^i(\sigma) \quad (2)$$

(1)、(2)式中 $\theta_j^i(\sigma)$ 和 $q_j^i(\sigma)$ 是第 j 站第 i 层的观测值, N 是探空站个数, $W_j(\sigma)$ 是第 j 站在 σ 层的权重系数, 其计算公式为:

$$W_j(\sigma) = \frac{1/d_j^2(\sigma)}{\sum_{k=1}^N 1/d_k^2(\sigma)} \quad (3)$$

(3)式中 $d_k(\sigma)$ 表示第 k 站与第 σ 层轨迹起点间的距离。

(3)按一定原则, 减删合并后源区探空资料的特征点数目。

通过上述分析方案最后可得到源区的探空曲线。

3. 边界层模式

(1) 模式所做假定

a) 一维模式假定: 假定边界层整层做均匀平移运动, θ 和 q 仅是气压和时间的函数。

b) 边界层内 θ 和 q 的假定: 边界层稳定时, θ 呈线性变化, q 是常数; 边界层不稳定时, θ 和 q 均为常数。

c) 忽略凝结过程和辐射散度的影响。

(2) 边界层不稳定时 θ 、 q 的演变

边界层位温 θ_m 和比湿 q_m 的演变:

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \frac{-\overline{\theta'_0 \omega'_0} + \omega_e \Delta\theta}{h} \quad (4)$$

$$\frac{dq_m}{dt} = \frac{-\overline{q'_0 \omega'_0} + \omega_e \Delta q}{h} \quad (5)$$

$$\text{其中: } \overline{\theta'_0 \omega'_0} = \frac{g}{c_p} \quad \overline{q'_0 \omega'_0} = -gE \quad (6)$$

$$\omega_e = \frac{c\overline{\theta'_0 \omega'_0} - Au_*^3 g T_s \rho^2 / h}{\Delta\theta_0} \quad (7)$$

$$\Delta\theta_0 = \Delta\theta + 0.61T_s \Delta q \quad (8)$$

$$\overline{\theta'_0 \omega'_0} = \overline{\theta'_0 \omega'_0} + 0.61T_s \overline{q'_0 \omega'_0} \quad (9)$$

式中 $\Delta\theta$ 、 Δq 是边界层顶 θ 和 q 的增量, H 和 E 是感热和水汽的垂直通量密度, h 是边界层顶高度, $\overline{\theta'_0 \omega'_0}$ 、 $\overline{q'_0 \omega'_0}$ 、 $\overline{\theta'_0 \omega'_0}$ 分别是地面热量项、水汽收支和虚温热量项, T_s 是地面气温, u_* 是近地面层的摩擦速度。

(3) 边界层稳定时 θ 和 q 的演变

$$\frac{d\overline{\theta}}{dt} = \frac{\overline{\theta'_0 \omega'_0} + \omega_e \delta\theta}{h} \quad (10)$$

$$\frac{d\overline{q}}{dt} = \frac{\overline{q'_0 \omega'_0} + \omega_e \delta q}{h} \quad (11)$$

$$\text{其中: } \overline{\theta} = (\theta_0 + \theta_1)/2 \quad \delta\theta = (\theta_1 - \theta_0)/2 \quad (12)$$

$$\omega_e = \frac{d\theta_0}{dt} \frac{h_{1,m} - h}{\theta_0 - \theta_1} \quad (13)$$

$$h_{1,m}/L = \frac{c_1 u_* / f L}{1 + c_2 h_{1,m}/L} \quad (14)$$

$$L = \frac{-T_s u_*^2}{K g H} \quad (15)$$

式中 $h_{1,m}$ 是边界层平衡高度, L 是obukho长度, K 为卡曼常数。

三、地转风场替代预报风场的方案

目前, 我们日常业务资料中, 还没有模式运行需要的间隔为6(或12)小时的1000、850、700和500hPa大尺度数值预报风场资料。考虑到模式业务化, 我们采用现在业务使用的日本或北京数值模式输出的高度(或气压)场, 求取预报地转风以替代预报风的方案。对于地转偏差的存在, 我们在试验前先就这种替代的可行性进行了考察并制定了订正方案。

考察使用了1989年6、7月份计算机填绘的地面、850、700hPa天气图共120张, 把试验区按每2.5个经纬距分成24个网格, 用地转关系求取每个网格点内各测站的地转风,

然后与测站的实测风进行比较, 获得每个网格点内的平均地转偏差。经对全部样本统计后获得如下考察结果:

1. 试验区内850hPa及以上等压面的地转偏差可以忽略, 可以直接用地转风替代。

2. 试验区内地面的地转偏差较大, 图1和表1是根据比较结果分析出的试验区内风向风速的地转偏差平均分布。替代时, 地面地转风按图1和表1结果进行订正。其中实际地面风向偏于低压一侧且风速小于地转风速。

表1 试验区地面地转风速订正表

地转风速 ($m \cdot s^{-1}$)	<4	4—8	8—12	>12
订正系数	1.0	0.9	0.8	0.6

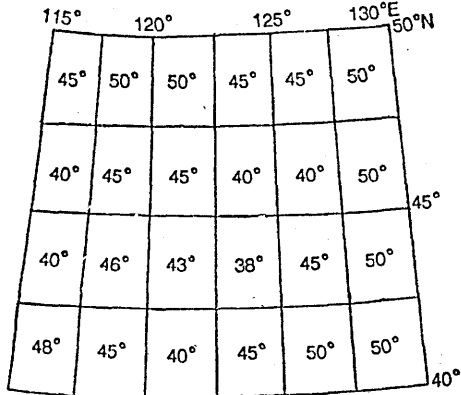


图1 试验区地面风向地转风偏差平均分布

四、试验情况

本试验先后进行了模式参数选择, 在多云天气和地表有积雪覆盖时模式适用性的验证。

1. 模式参数的选择

模式中需要重新确定的参数有土壤湿度参数 β_1 和太阳反射率 α , 它们都是计算地面通量中使用的参数。 β_1 的取值范围在0—1之间, 当土壤无水份时 $\beta_1 = 0$, 饱和时 $\beta_1 = 1.0$ 。太阳反射率 α 主要取决于地表的色调和粗糙

度, H·R·byers给出不同地表的太阳反射率见表2(7)。

表2 不同地表的太阳反射率

地表	云面	鲜雪面	陈雪面	森林、草原、农田	深色针叶林、沙漠
α (%)	40—80	80	50	10—20	5—45

在荷兰由于地势低洼, 气候湿润, 地表多为草地、农田, 经试验分别取 $\beta_1 = 1.0$ 和 $\alpha = 0.23$ 。

本试验区轨迹终点选在东北平原中部的长春, 模式在12小时的运行区域如图2所示, 辖东北大部和华北东部。该区地表复杂, 东南部的长白山和西部的兴安岭以森林为主, 中部的东北平原多农田、草原。气候属大陆性温带气候, 季节变化较大, 与荷兰相比有很大差异, 因此需要重新确定 β_1 和 α 。

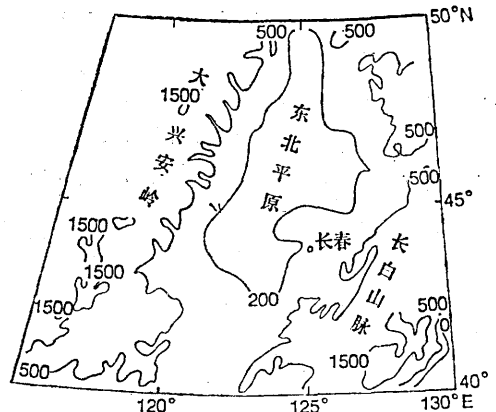


图2 模式(12小时预报)运行区域

试验先按优选法中双因素法(8)设定参数计算试验样本(1988年5月下旬和6月的36个样本), 然后分析模式输出值与实况间的相关系数、标准差和拟合结果, 并以此来评判和取舍该试验参数, 最后获得最佳参数。拟合时气温、比湿和相对湿度的允许误差分别设为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $\pm 1.2\text{g/kg}$ 和 $\pm 10\%$, 对允许误差内的样本视为预报正确。试验中 β_1 和 α 的取值范围分别取0—1.0和0.05—0.45。

试验按如下步骤进行:

体过程在表3中给出。由表3知最佳 $\beta_1 = 0.562$ 。

(1) 选取 β_1 。设 $\alpha = 0.25$ (中间值), 在0—1.0间按优选法选择最佳 β_1 , 试验具

(2) 选取 α 。设 $\beta_1 = 0.562$, 在 $\alpha = 0.05$

在0—1.0间按优选法选择最佳 β_1 , 试验具

表 3 土壤湿度参数 β_1 的优选过程表

β_1 选择范围	0—1.0	0—1.0	0—0.618	0.236—0.618	0.382—0.618	0.472—0.618	0.528—0.618	0.528—0.584	
β_1 计算值	0.618	0.382	0.236	0.472	0.528	0.562	0.584	0.550	
相关系数	气温	0.745	0.697	0.762	0.729	0.735	0.741	0.743	0.734
	比湿	0.567	0.745	0.729	0.736	0.746	0.797	0.610	0.734
	相对湿度	0.48	0.533	0.565	0.573	0.579	0.568	0.535	0.543
标准差	气温(°C)	2.88	2.46	3.19	2.71	2.55	2.49	2.61	2.64
	比湿(g/kg)	1.07	0.657	0.598	0.738	0.869	0.810	0.931	0.910
	相对湿度(%)	15.96	21.9	23.17	19.17	17.13	16.37	18.20	18.50
拟合率	气温	61.1%	61.1%	58.4%	61.1%	61.1%	63.9%	63.9%	61.1%
	比湿	77.7%	83.3%	86.1%	83.3%	80.5%	83.3%	80.5%	80.5%
	相对湿度	52.8%	52.8%	55.6%	55.6%	58.4%	58.4%	52.8%	52.8%
β_1 舍去范围		0.618—1.0	0—0.236	0.236—0.382	0.382—0.472	0.472—0.528	0.584—0.618	0.528—0.550	
β_1 保留值	0.618	0.382	0.382	0.472	0.528	0.562	0.562	0.562	

—0.45间按优选法选择最佳 α , 选择的具体过程在表4中给出, 最后确定最佳 $\alpha = 0.3332$ 。

样本用所选参数进行了试报, 试报的结果见表5, 可以看出试报的结果基本是稳定可用的。

(3) 试报。为验证上述选择的参数的客观性和稳定性, 我们又对1988年7月的28个

2. 模式在多云条件下适用性的验证

表 4 太阳反射率的优选过程表

α 选择范围	0.05—0.45	0.05—0.45	0.2028—0.45	0.2972—0.45	0.2972—0.3916	0.2972—0.3556	0.25—0.3556	
α 计算值	0.2972	0.2028	0.3556	0.3916	0.3332	0.3196	0.25	
相关系数	气温	0.731	0.738	0.742	0.721	0.761	0.740	0.741
	比湿	0.667	0.682	0.677	0.632	0.738	0.683	0.797
	相对湿度	0.603	0.520	0.642	0.592	0.637	0.612	0.568
标准差	气温(°C)	2.37	2.62	2.28	2.32	2.25	2.41	2.49
	比湿(g/kg)	0.968	0.891	0.958	0.970	0.907	0.961	0.810
	相对湿度(%)	15.56	18.21	15.44	14.80	13.91	14.41	16.37
拟合率	气温	61.1%	50.0%	61.1%	61.1%	69.4%	66.7%	63.9%
	比湿	83.3%	83.3%	83.3%	83.3%	83.3%	83.3%	83.3%
	相对湿度	52.8%	58.4%	55.6%	52.8%	63.9%	61.1%	58.4%
α 舍去范围		0—0.2028	0.2028—0.2972	0.3916—0.45	0.3556—0.3916	0.2972—0.3196	与 $\alpha = 0.3332$	
α 保留值	0.2972	0.2972	0.3556	0.3556	0.3332	0.3332	进行比较	

表 5 模式试报结果

要素	统计值	相关系数	标准差	拟合率
气温		0.748	2.13℃	71.4%
比湿		0.724	1.02g/kg	75.0%
相对湿度		0.651	14.35%	78.6%

低云量对模式结果影响很大, J·Reiff 在荷兰已进行了验证⁽¹⁾。在本试验中也按 J·Reiff 的分类方法把选择参数和试报使用的 64 个样本按低云量 $N < 0.75$ (全天为云时 $N = 1$) 和 $N > 0.75$ 分为两组, 取参数 $\alpha = 0.3332$ 、 $\beta_1 = 0.562$, 计算结果的统计结果

表 6 低云量对模式结果影响的验证表

要素	气温			比湿			相对湿度			
	统计值	相关系数	标准差 (°C)	拟合率	相关系数	标准差 (g/kg)	拟合率	相关系数	标准差 (%)	拟合率
N < 0.75		0.806	1.89	79.4%	0.863	1.086	76.5%	0.607	11.0	70.6%
N > 0.75		0.396	3.17	35.3%	0.722	0.722	76.5%	0.403	14.99	47.0%

在表 6 中给出。

表 6 的结果说明低云量的多寡对模式结果的影响是很大的, 特别对气温和相对湿度的影响更为显著, 低云多时使其预报能力下降明显。

3. 模式在地表有积雪覆盖条件时适用

性的验证

冬季东北地区大部分地表都被积雪覆盖, 为探讨模式在该地区冬季的可用性, 我们选取了 1987 年 1 月的 5 个样本 (样本前 1—2 天内试验区有大范围降雪发生) 进行了试算。计算时设 $\beta_1 = 1.0$ (地表饱和), 大

表 7 地表有积雪覆盖时 AMT 模式结果与实况的比较

时 间	α	气温(°C)			比湿(g/kg)			相对湿度(%)		
		AMT	实况	偏差	AMT	实况	偏差	AMT	实况	偏差
21日08时	0.23	-18.52	-15.0	-3.52	0.9	1.0	-0.1	100.1	86	14.1
	0.40	-18.54	-15.0	-3.54	0.9	1.0	-0.1	100.1	86	14.1
	0.80	-18.54	-15.0	-3.54	0.9	1.0	-0.1	100.1	86	14.1
22日08时	0.23	-15.81	-3.5	-12.31	1.1	2.3	-1.2	108.2	77	31.2
	0.40	-16.24	-3.5	-12.74	1.1	2.3	-1.2	108.2	77	31.2
	0.80	-15.81	-3.5	-12.31	1.1	2.3	-1.2	108.2	77	31.2
23日08时	0.23	-16.41	-16.4	-0.01	1.1	0.8	0.3	102.3	79	23.3
	0.40	-15.33	-16.4	1.07	1.1	0.8	0.3	102.3	79	23.3
	0.80	-15.33	-16.4	1.07	1.1	0.8	0.3	102.3	79	23.3
28日08日	0.23	-10.58	-8.2	-2.38	1.7	1.2	0.5	101.1	58	43.1
	0.40	-10.57	-8.2	-2.37	1.7	1.2	0.5	101.1	58	43.1
	0.80	-10.57	-8.2	-2.37	1.7	1.2	0.5	101.1	58	43.1
29日08时	0.23	-10.08	-12.1	2.02	1.8	1.2	0.6	100.6	78	22.6
	0.40	-10.08	-12.1	2.02	1.8	1.2	0.6	100.6	78	22.6
	0.80	-9.98	-12.1	2.22	1.8	1.2	0.6	100.6	78	22.6

阳反射率分别取 $\alpha = 0.23$ 、 0.4 和 0.8 ，计算结果由表7给出，结果说明在有积雪覆盖时模式预报的相对湿度场超过100%；太阳反射率 α 的调整对比湿无影响；模式对气温、比湿和相对湿度的预报能力都较差，模式在这种条件下基本无使用价值。

五、结 语

1. 东北地区中部应用AMT模式制做12或24小时气温和湿度预报时，用预报的地转风资料代替预报风场资料在850hPa以上是可行的，对地面层的替代做适当订正也是可行的。

2. 夏季东北中部运行AMT模式时，选用太阳反射率 $\alpha = 0.3332$ ，土壤湿度参数 $\beta_1 = 0.562$ 结果较好，此时气温和比湿的预报偏差在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 和 $\pm 1.2\text{g/kg}$ 的准确率基本在70%或以上，相关系数场在0.72以上，因此AMT模式可以用于东北地区的气象业务中。

3. AMT模式在低云量 $N > 0.75$ 时预报效果不好；在冬季有积雪覆盖时模式的预

报能力很差，基本无使用价值。

本工作承蒙荷兰皇家气象局Dr.J. Reiff, Dr.A.A.Hotslag的大力指导，在此一并表示感谢！

参 考 文 献

- [1] J. Reiff et al. An Air Mass Transformation Model for Short-range Forecasting, Mon. Wea. Rev., Vol. 112, No. 3, 1984.
- [2] Stephen D. Burk et al. Development and Testing of an Air Mass Transformation Trajectory Model, Proc. Symp. Mesoscale Analysis and Forecasting, 1987.
- [3] Dick. Blaauboer KNMI, Holland, Operational Practice of an Air Mass Transformation Model, Proc. Symp. Mesoscale Analysis and Forecasting, 1987.
- [4] 寿绍文, 介绍一个用于短期天气预报的气块变性模式, 气象教育与科技, 1987年第1期。
- [5] A.A.M. Hostlag, Surface Fluxes and Boundary layer Scaling, Sci. reports, KNMI 1987-2.
- [6] J. Reiff etc. Report of the workshop on boundary layer models in short range weather forecasting, Sci. reports, KNMI 1986-4.
- [7] H.R. byers, 普通气象学, 南京空军气象学院, 1979年翻印。
- [8] 齐念一, 优选法平话, 科学出版社, 1971年。

An experiment on the operation of the AMT model in the central area of Northeastern China

Qin Yuanming Chai Huiqin Chen Tingting Tao Yuzhen

(Jilin Provincial Meteorological Observatory)

Abstract

In this paper, the description of an AMT model is given and the analysis on the feasibility of replacing the large-scale forecast winds with large-scale forecast geostrophic winds in operating AMT model in Changchun is made. Then, the scheme for the replacement is determined, which is tested in Changchun. Finally, the results of the experiment are given.