

青藏高原土壤温度和湿度对 T106 模式预报的影响

李月安

皇甫雪官

(南京大学大气科学系, 210093)

(国家气象中心 100081)

提 要

在 T106L19 谱模式中引入青藏高原土壤温度和湿度新近资料,改进模式中的地表物理过程参数化方案,作了中期预报数值试验,结果表明:青藏高原土壤温度和湿度对高原本身及我国东部、东北地区高度场和降水预报有一定影响,改进土壤参数能够有效提高模式的预报结果。

关键词: T106 模式 青藏高原陆面参数 数值试验

引 言

80 年代初,陶诗言等提出,中国主要降雨带的分布与东亚大气环流的季节突变有密切关系,而后者可能是青藏高原的热力和动力强迫的结果,观测表明,许多造成高原以及中国东部、南部,甚至中国北部地区降雨的天气系统都源于青藏高原^[1];Qinglin Zheng 和 Kuo-Nan Liou(1986 年)^[2]研究了青藏高原的动力和热力作用对 GCM 大气的影响,认为改进高原描述可以明显提高模式对温度、位势高度、风场等的预报效果;章基嘉等(1995)通过数值试验,认为青藏高原下垫面热力异常对东亚环流形势及云量分布异常的影响是形成 1991 年夏季江淮流域持续性降水的重要原因之一^[3]。大量研究表明,地面热量通量对强风暴和气旋降水系统的发展有显著影响^[4,5]。在数值天气预报中,模式下垫面边界条件的动力和热力作用,产生近地层的辐射通量、感热通量、潜热通量和动量通量的向上输送,从而影响天气变化。

本文试图通过改进地表辐射通量、感热通量、潜热通量和动量通量的计算,改变青藏高原的土壤温度、湿度来研究高原陆面土壤

参数对 T106 谱模式的影响,研究改进 T106 谱模式的中期天气预报的可能性。

1 模式改进及试验方案

1.1 T106 模式及其地面过程

1.1.1 T106 模式简介

国家气象中心中期数值天气预报系统中的业务预报模式是全球谱模式 T106L19^[5]。它在水平方向上采用谱方法进行离散化,最大纬向三角形截断波数为 106,相当于 1.125 经纬度水平网格距;在垂直方向上采用气压和地形的混合坐标,不等距地分为 19 层,垂直微商采用能量守恒的垂直差分;时间积分采用半隐式方法,步长 15 分钟;在物理过程中,考虑了水平和垂直的扩散过程,大尺度凝结降水、深积云和浅积云的对流参数化,辐射加热,地表物理过程以及次网格地形的重力曳力参数化。

1.1.2 T106 模式地面过程

T106 模式中,使用一个三层模式来描述土壤过程,各层厚度($d_1=7.2\text{cm}$, $d_2=d_3=6d_1$)的选择考虑了日变化的因素以及中期强迫作用。洋面温度 SST 资料预先给定,在整个预报过程中保持不变;用一个简单的扩散

方程来描述陆面温度的演变过程;土壤层中湿度的变化则用一个考虑了重力作用的扩散方程来描述^[5]。

1.2 地面过程方案的改进

T106 谱模式的地面过程参数化方案中没有考虑到土壤类型和植被的作用,洋面温度(SST)使用气候值,为了弥补这些缺点,并充分利用新加入的土壤类型,植被、实时 SST 等资料,我们对地表过程的计算进行了一些改进。

1.2.1 引入 SST

SST 的引入改变了海洋向大气放射的长波辐射的计算: $R_{sea} = -\epsilon\sigma T_{sea}^4$, 式中的 T_{sea} 的 SST 的气候值被实时 SST 代替。

1.2.2 地面过程方案的改进

引入不同的土壤类型和植被,将对土壤温度、湿度、潜热和感热通量的计算产生影响。

原方案中感热通量用下式计算:

$$F_s = \rho C_h U (S - S_s)$$

其中 $U = (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}$, $S = gz + C_p T$, C_h 为近地面热量交换系数。 ρ 为密度因子, u 、 v 、 S 为模式最低层上的风和干静力能, z 为位势高度, S_s 为地表干静力能。

改进后,地表的感热通量可简单地表示为:

$$F_s = \rho C_h U C_{sn} (S - S_{sv}) + \rho C_h U (1 - C_{sn}) C_v (S - S_{sv}) + \rho C_h (1 - C_{sn}) (1 - C_v) U (S - S_{so})$$

式中 S_{sn} 、 S_{sv} 和 S_{so} 分别为雪面、植被和裸地上的干静力能。 C_v 为植被覆盖率, C_{sn} 为雪盖覆盖率。

原方案中潜热通量:

$$F_q = \rho C_h U C_{sn} (q - q_s(T_{sn})) + \rho C_h U (1 - C_{sn}) (q - hq_s(T_s))$$

q 为比湿, q_s 为在地表气压和温度下的饱和比湿。

试验方案中地表的潜热通量(或蒸发)为:

$$F_q = \rho C_h U C_{sn} (q - q_s(T_{sn})) + \frac{\rho}{r_a + r_c} (1 - C_{sn}) C_v (q - hq_s(T_s)) + \rho C_h (1 - C_{sn}) (1 - C_v) U (q - hq_s(T_s))$$

其右端分别为雪面上的潜热通量、植被上的潜热通量和裸地上的潜热通量,其中 r_a 为大气蒸发阻抗, r_c 为植被蒸腾阻抗,它与植被阻抗、叶面指数、长波辐射通量、短波辐射通量及土壤含水量等有关。

另外,引入了植被,土壤中的部分水分为植被根所吸收,土壤湿度方程也有所改变。土壤热容量和热扩散率的计算也相应有所改变。

1.2.3 地面风速的修正

影响地表通量的还有风速的因子,如果考虑到地表加热浮力,则

$$U = (u^2 + v^2 + w^2)^{\frac{1}{2}}$$

其中 w 是在地表温度 T_s 大于模式最低层温度时引进的浮力上升运动,假定地表与模式最低层之间的温度是线性变化时,则可导出

$$w^2 = \frac{2g(z - z_s)}{1 + r} \left[\frac{T_s}{T_s - T} \ln \frac{T_s}{T} - 1 \right]$$

其中 z 为模式最低层高度, z_s 为地形高度, T 为模式最低层温度, r 为虚质量系数。

2 数值试验方案

2.1 青藏高原土壤温度和湿度参数

青藏高原土壤温度和湿度资料使用 1992~1997 年的观测值,由于青藏高原观测资料较少,在使用中参考了气候值^[6],并将其水平插值到 T106 模式的高斯网格上,垂直插值到 T106 模式地面过程的垂直三层上。此外,我们使用了 ISLSCP (International Satellite Land Surface Climatology Project) 的土壤温度、土壤湿度、土壤类型和植被资料,以及实时 SST 资料。

2.2 数值试验方案

为了研究青藏高原地表参数对 T106 模式预报的影响,我们设计了四种试验方案:方案 1 改变地表参数变量初值,使用 ISLSCP 资料及实时 SST 资料,方案 2 进一步改变了地表通量的计算。方案 3 和 4 分别在方案 1 和 2 的基础上,改变青藏高原上的土壤温度和湿度。我们选择了 1998 年 7 月中央气象台中期天气预报会商或该台大会商前一天的初始场,即 8、10、15、18、21、23 和 29 日 20 时共 7 个初始场进行数值试验,并进行了检验。

2.3 试验结果及检验

2.3.1 500hPa 高度预报

加入青藏高原土壤温度和湿度资料,对 500hPa 高度的影响较为明显,由于新加入的土壤温度一般高于原气候场,从方案 3 和方案 1 的 500hPa 高度场之差来看,在 24h 预报中,高原上空 500hPa 高度场已有降低,最大有 70gpm,其它地区则变化不大,48h 预报场上,其高度场最大已降低 110gpm,东北地区东部也出现了 20gpm 的负中心,此时尚无明显的高度场升高的区域。此后,正负中心强度逐渐加强,在欧亚其它地区的影响也在加大,到 240h,高原上的最大负值有 150gpm,东北地区的最大负值有 200gpm,大西洋北部的正值中心最大有 250gpm,副热带和热带地区高度场的差别较小,到 240h,其差别一般也在 100gpm 以下,5880gpm 线的范围差别也很小。方案 4 与方案 2 的 500hPa 高度场的差别与试验 3 与试验 1 的差别类似。

2.3.2 降水预报

2.3.2.1 降水预报总体情况

改变青藏高原土壤温度和湿度,对降水预报产生了较大影响。加入青藏高原资料后,东北地区降水稍有增加(图略),尤其东北南部更为明显;江南和华南地区降水有所减小。这和高度场的预报是一致的,加入青藏高原资料后,东北地区的高度场降低,对这一地区的降水有利,而我国东部的高度场稍有增高,

降水有所减小。

改变地表通量计算方案,对降水预报也有一定影响,从方案 4 与 3、方案 2 与 1 相比,除四川、华南沿海及东北部分地区外,大部地区降水减小,西北东部和黄淮地区减小较为明显(图略)。

由于新加入的高原资料与原资料差别较大,对高原本地区的降水产生了较大的影响,青藏高原上出现了较大降雨,这和青藏高原新土壤温度较高,高度场预报偏低有关。

2.3.2.2 1998 年 7 月 14 日降水预报情况

1998 年 7 月 13~14 日,华北北部和东北南部有一次明显的降雨过程,7 月 8 日 20 时的试验都报出了这次降水过程。图 1a 为 7 月 13 日 20 时至 14 日 20 时降水实况,主要降雨区在东北南部和华北北部,东北地区最大降水达到 69mm,华北中部山东和河北交界处也出现了小范围的强降雨。

图 1b~f 分别为业务及试验 1~4 预报的情况,业务模式预报在 35~40°N、110~115°E 范围内有中心为 50mm 的降雨,其位置明显偏西,偏南,中心强度偏弱;试验方案 1 和 2 预报降雨位置较为接近,强度小于业务预报,中心降雨在 30mm 左右;试验方案 3 和 4 预报降水大致在 39~45°N、115~120°E 范围内,强度分别为 50mm 和 70mm,加入新的青藏高原土壤温度和湿度资料,降水落区和强度的预报都有所改进。

各方案对山东和河北交界处小范围强降雨的预报不及东北地区大范围降水的预报,方案 3 预报的位置较为准确,降雨量大于 30mm,其它方案和业务模式预报降雨小于 10mm。

3 地面热量通量变化分析

一般来说,夏季陆地是一个热源,热量从地表向空气传输。各种方案计算的地表潜热和感热通量基本上为负值,这与夏季潜热及感热通量从地面指向大气的一般状况一致,

图2为青藏高原及附近地区方案3与方案1预报潜热和感热通量(W/m^2)平均值之差(7次试验10天总通量平均),可以看出,除高原上外,其它地区的潜热和感热通量变化很小,高原上主要差别在其北部地表参数改变较大

的区域,加入青藏高原新资料后,地面潜热加热明显增加,感热通量则低于原方案的计算。方案4与2的热量通量之差和方案3与1的差别相似,数值略有差别。

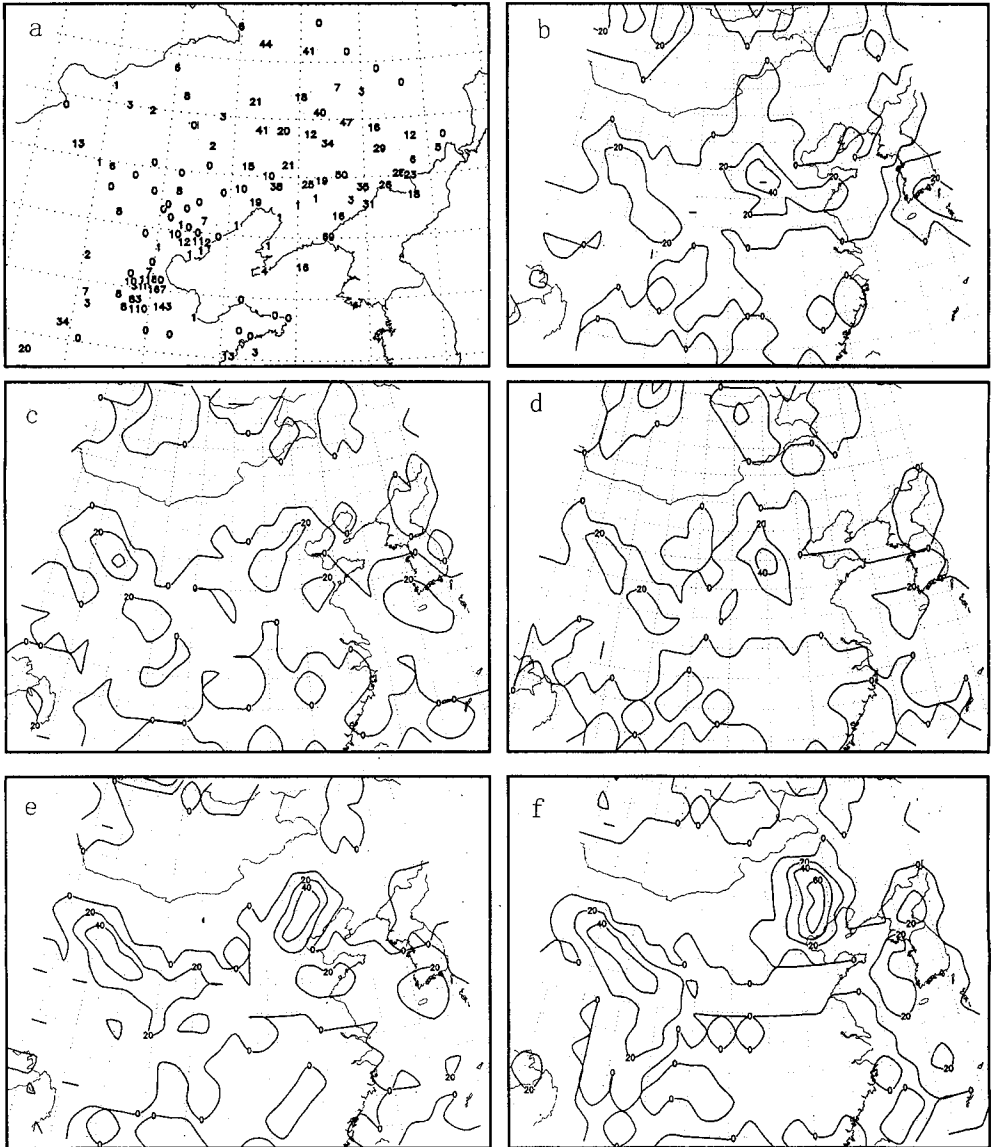


图1 1998年7月8日20时初始场120~144小时降水预报及对应实况降水量
 a 1998年7月13日20时~14日20时实况降水; b 业务预报; c~f 试验1~4预报

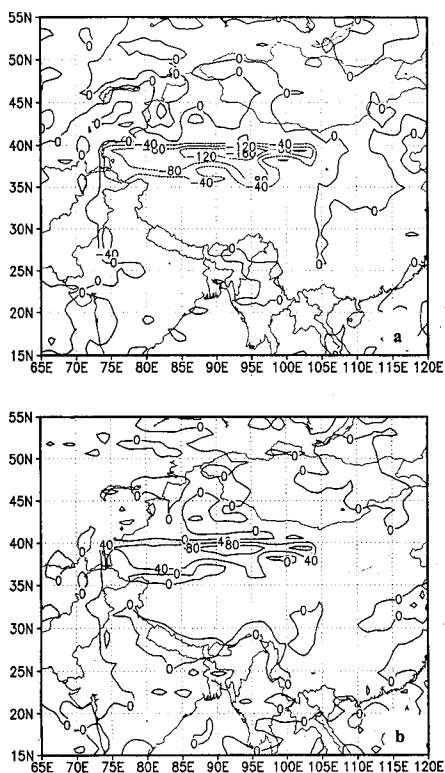


图2 高原及附近地区试验3与试验1地表潜热通量预报之差(a)和地表感热通量预报之差(b)

4 结论

(1)青藏高原土壤温度和湿度对模式预报有较大影响,对东北的高度场影响较大,对

东北地区 and 我国东部的降水预报也有明显影响,而且很快就可影响到较大范围地区。

(2)改进地表通量计算方案,充分利用引入的参数,也可以改进模式的预报结果。

参考文献

- 1 Tao Shiyen, Ding Yihui. Observational evidence of the influence of the Qinghai—Xizang(Tibet) plateau on the occurrence of the heavy rain and severe convective storms in China. American Meteorological Society, Boston, Bulletin, 1981, 62(1):23~30.
- 2 Zheng Qinglin, Liou Kuo—Nan. Dynamic and thermodynamic influences of the Tibetan Plateau on the atmosphere in a general circulation model. J. Atmos. Sci. 1986, 43(13):1240~1354.
- 3 章基嘉,徐祥德,苗峻峰. 青藏高原地面热力异常对夏季江淮流域持续暴雨形成作用的数值试验. 大气科学, 1995, 19(3):270~276.
- 4 Kuo Y H, Reed R J and Low—Nam S. Effects of surface fluxes during the early development and rapid intensification stages of seven explosive cyclones on the western Atlantic. Mon. Wea. Rev. 1991, (119):457~476.
- 5 国家气象中心编译. 资料同化和中期数值预报. 北京:气象出版社, 1991
- 6 北京气象中心资料室. 《1951—1980 中国地面气候资料(第五册—西南区)》. 北京:气象出版社, 1984: 215~254.

The Influence of Soil Temperature and Moisture of Tibetan on T106 Model

Li Yue'an

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, 210093)

Huangpu Xueguan

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Through comparison tests by changing the temperature and moisture data of Tibetan Plateau T106 model, and improving its surface parameterization scheme, the influences on medium forecast are discussed. The results indicate that the soil temperature and moisture of Tibetan Plateau have some effects on the forecasts of Plateau itself and China, especially the precipitation in the North-East of China, modifying soil parameter can improve the forecast effectively.

Key Words: T106 model surface parameters of Tibetan Plateau numerical experiment