

全国寒潮中期预报文集

COLLECTIVE WORKS ON THE
MEDIUMRANGE FORECAST
OF COLD WAVE

寒潮中期预报文集编委会编

北京大学出版社

1984

全国寒潮中期预报文集

COLLECTIVE WORKS ON THE MEDIUM-
RANGE FORECAST OF COLD WAVE

寒潮中期预报文集编委会编

北京大学出版社

1984

全国寒潮中期预报文集

寒潮中期预报文集 编委会编

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年9月第一版

开本：787×1092毫米 1/16

1984年9月第一次印刷

印张：19.25

印数：0001—3000册

字数：471仟字

统一书号：13209·97

定价：2.30元

8021

前 言

本文集选篇了1982年8月在山东省青岛市召开的“寒潮（低温）中期预报的理论研究和
方法研究”会议上收到的部分论文。这次会议上共收到论文79篇，本文集选择15篇全文，17
篇短论，7篇摘要，其余的或因在别处刊登，或因内容重复等等原因，只能将其题目刊登在
文集的附录上。

这次会议是该课题组的第二次会议。第一次会议的论文刊登在“北方中期天气预报研究
文集”上。该会上所讨论的内容大多偏重于天气学经验研究，理论和数值分析方面的较少。
这次会议的内容，相对于第一次会议来说，有了较大的提高。比如对寒潮中期过程的机制研
究，初步地确定出各阶段的物理过程，以及各阶段之间的物理联系，从而对整个中期过程，
不仅可以给予理论上的解释，而且有些量可取作预报量。又比如对指数循环、谐振、旋转适
应、超长波、加热与地形的作用等方面从理论上、从数值试验上都做了不少工作，这些理论
研究不仅对有些经验事实可以给予解释，而且对于预报方案（数值和天气学）的建立都是有
益的。数值预报试验又有了新的改进。至于天气学预报方法，这段工作在使用MOS方法上也
做了些初步的检验工作。自然前一阶段工作也有许多值得今后进一步研究与开展的，主要有
三个方面。第一，预报方案的建立，应给予重视，并应把前一阶段关于机制研究和理论研究
所得到的结果结合进去。第二，机制研究还有些补遗工作，比如如何将波与波的相互作用图
象化。第三，数值预报试验和数值试验应紧密结合寒潮过程。本课题即将结束，希望用一年
多时间在这些方面努力工作，最后能够构成较为完整的一套体系。

这次会议的召开得到山东省气象局的大力支持。会议由本课题负责单位新疆维吾尔自治
区气象局局领导主持。会议期间课题组顾问陶诗言先生对今后工作方向提出了有益的建议。
在此我们表示感谢。

编辑有不妥之处，请同志们提出批评与指正。

仇永炎

1983年8月

会议组织

科学顾问

陶诗言 中国科学院大气物理研究所
仇永炎 (兼技术组组长) 北京大学地球物理系

负责人

王为德 (兼技术组付组长) 新疆维吾尔自治区气象局

技术组成员

缪锦海 北京大学地球物理系
王淑静 陕西省气象局
姜达雍 国家气象局气象科学研究所
许有丰 中国科学院大气物理研究所
周一鹤 山西省气象局
余鹤书 国家气象局北京气象中心
温市耕 (代邓世光) 内蒙古自治区气象局

本文集编辑小组成员

(按姓氏笔划先后排列)

仇永炎 (兼组长) 北京大学地球物理系
王淑静* 陕西省气象局
许有丰 中国科学院大气物理研究所
余鹤书 国家气象局北京气象中心
周一鹤* 山西省气象局
郑秀雅 吉林省气象局
姜达雍 国家气象局气象科学研究所
温市耕* 内蒙古自治区气象局
董官臣 新疆维吾尔自治区气象局
缪锦海 北京大学地球物理系

* 承担许多具体工作

全国寒潮中期预报文集

目 录

前言

寒潮中期预报研究的进展	仇永炎、王为德 (1)
下垫面加热影响下准定常行星波维持的物理机理	陈秋士 (11)
波数域能量方程的计算方法	缪锦海、董官臣、王为德、张培忠 (26)
关于寒潮中期过程的正压能量学的统计研究	仇永炎、朱亚芬 (41)
东亚寒潮中期物理过程的初步分析	王为德、缪锦海 (53)
瞬变超长波和长波动能不同周期振动的机制	缪锦海、王书治 (65)
从500毫巴正压能量学来研究大气环流由夏到冬的季节变化	赵其庚、仇永炎 (75)
轴对称加热条件下西风指数循环的一种物理机理	陈秋士 (90)
冬季加热场特征及其对准静止超长波的影响	王为德、刘 青 (103)
一个四阶、半球、多层大气数值模式	姜达雍、张杰英、杨梅玉 (113)
定常热源对大气环流指数循环过程的影响	许有丰、李永顺 (133)
寒潮中期数值预报的多时刻模式	丑纪范 (142)
冬季北半球高纬度环流对定常行星波的动力作用	黄荣辉 (152)
中期春季“MOS”预报方法试验	吉林省“MOS”小组 (164)
湖北寒潮中期预报	张敬业、杨景勋、赵勤炳、吴致英 (170)

短 论

1976年11月寒潮中期过程的能量学研究	缪锦海、王书治、裴巨才、台 志、刘翔鹤 (178)
1979年4月寒潮中期过程的能量学研究	徐羹慧等 (188)
1981年2月寒潮中期过程能量学分析	董官臣、李培德 (193)
“69.1”寒潮中期过程的能量学分析	樊凤泉、王淑静 (200)
1979年11月寒潮中期过程的能量学研究	张培忠等 (209)

冬春之交的动能变化及其与东亚春季寒潮的关系·····	张元箴、仇永炎、刘大刚(218)
1980—1981年冬季东西方向和南北方向的平均垂直环流·····	李培德(226)
不同纬度带的相互作用与寒潮中期过程·····	王淑静(231)
用正压原始方程样条-伽辽金模式做寒潮预报的初步试验·····	张学洪、许有丰(238)
横槽转向型寒潮个例数值预报试验·····	阎书源、李桂来(245)
ECMWF 数值预报在寒潮中期预报中的应用·····	中央气象台中期预报科(255)
北半球分区纬向指数与广东1—2月低温阴雨过程·····	屈翠虹(263)
1982年3月下旬影响四川盆地的强寒潮分析·····	吴德仁(268)
全国性寒潮前期地转风场的某些特征·····	仪清菊(273)
超长波活动与我省秋冬寒潮中期天气过程·····	沈阳中心台中期组天气过程(277)
桂南倒春寒·····	吕兆驩(282)
宁夏寒潮中期预报初探·····	张正洪、赵凤鸣、金秀玲(284)

摘 要

寒潮爆发过程中辐射通量场的诊断计算·····	温市耕(287)
用统计与模糊聚类方法作500毫巴高度场的中期形势过程预报·····	郑泉源(289)
广西三月寒潮天气总结·····	黄香杏、苏荣在(290)
寒潮爆发前后波谱特点·····	兰州大学气象专业(292)
西伯利亚低压与新疆寒潮的关系·····	马建民(293)
河南秋末冬初的寒潮·····	王照景(295)
亚欧500毫巴旬平均高度场资料在寒潮中期预报中的应用·····	石剑荣(297)

附 录·····	(298)
----------	-------

寒潮中期预报研究的进展

仇永炎 王为德^①

(北京大学地球物理系) (新疆自治区气象局)

提 要

两年来,本课题组开展了如下三个方面的工作:(1)寒潮中期过程和大气环流中期变化的机制研究;(2)寒潮中期数值预报和大气环流中期变化的数值试验;(3)寒潮(低温)中期预报方法的研究。重点是第一方面的研究,主要是以波数域能量方程作为诊断方程进行物理机制的研究。得到的主要结果有:明确了正压过程和斜压过程在不同情况下的相对重要性,认识到波与波非线性相互作用在中期过程中的重要性,对有些天气过程可以给予适当的物理解释。第二方面研究包括:采用新的差分方案进行数值预报试验,提高了精度和时效;对指数循环和旋转适应过程的机理分别做了数值试验;并对加热和地形对定常超长波的作用进行了理论探讨;这些研究都取得可以应用于实际的理论结果。关于第三方面工作的特点是,在预报办法中结合了动力学因素,并在 MOS 方法使用上做了尝试。

寒潮中期预报,是关系到国民经济建设的重要课题。本课题组在近两年来,从事了三个方面的工作:(1)寒潮中期过程和大气环流中期变化机制的研究;(2)寒潮中期数值预报和大气环流中期变化的数值试验;(3)寒潮(低温)中期预报方法的研究。主要力量集中在机制研究上,其它两个方面分散进行。现将这三个方面的工作进行初步总结。由于(1)工作的结果较多,这篇总结将花较多篇幅讨论这方面内容。

1. 中期过程物理机制的研究 天气实践已积累了不少关于寒潮中期天气过程和大气环流中期变化的知识,我们企图利用波数域的能量方程进行诊断分析,探讨其物理机制,考察哪些实际知识能给予物理解释。目的在于:一方面为今后常规预报提供可靠的依据;另一方面为今后数值试验和中期数值预报提供一些观测事实。

可以将 Saltzman 波数域的能量方程,近似地写成如下形式^[1]:

$$\frac{\partial K(0)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{\infty} M(n) + \sum_{n=1}^{\infty} F(n) + C(0) - D(0) \quad (1)$$

$$\frac{\partial K(n)}{\partial t} = -M(n) + L(n) + C(n) - D(n) \quad (2)$$

$$(n=1, 2, \dots)$$

$$\frac{\partial P(0)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{\infty} R(n) + \sum_{n=1}^{\infty} BFP(n) + G(0) - C(0) \quad (3)$$

$$\frac{\partial P(n)}{\partial t} = -R(n) + S(n) + G(n) - C(n) \quad (4)$$

^① 本文为仇永炎、王为德同志代表“寒潮(低温)中期预报方法和理论研究”课题组做的初步总结。文中内容来自近两年来这方面的七十余篇论文和报告。

$$(n = 1, 2, \dots)$$

其中 K 、 P 分别为动能和有效位能, C 为有效位能向动能的转换率(即斜压转换), D 为摩擦耗散率, G 为非绝热制造率。括号内“0”指纬向平均, n 为波数。再有, $M(n)$ 为 n 波动能向平均动能的转换率, $F(n)$ 为 n 波对平均动能的净边界通量, $L(n)$ 为其它波向 n 波的动能输送率, 又称为波与波的相互作用, $S(n)$ 为其它波向 n 波的有效位能输送率, 也属于波与波的相互作用, $R(n)$ 为 n 波有效位能向平均有效位能的转换率, $BFP(n)$ 为 n 波对平均有效位能的净边界通量。我们在斜压能量学诊断分析(以下简称斜压分析)和正压能量学诊断分析(以下简称正压分析)都做了工作。所谓斜压分析, 是指用上面的完全方程进行诊断分析, 而正压分析是把 (1), (2) 两式写成如下形式:

$$\frac{\partial K(0)}{\partial t} = \sum_{n=1}^{\infty} M(n) + \sum_{n=1}^{\infty} F(n) + R_e(0) \quad (5)$$

$$\frac{\partial K(n)}{\partial t} = -M(n) + L(n) + R_e(n) \quad (6)$$

$$(n = 1, 2, \dots)$$

其中 $R_e(0)$ 和 $R_e(n)$ 都为余差项。正压分析是在500毫巴上进行, 这个高度上摩擦比较小, 可以略去。因此 R_e 主要包括斜压转换及垂直通量散度, 而且两者符号相反。当 R_e 为较大正值时, 可以看作斜压转换盛行; 当 R_e 为大的负值时, 表示反转换; 在这两者之间就难于决定。

斜压分析是利用1000, 700, 500, 200和100毫巴五层资料进行, 选了五个寒潮例子, 各例资料长度约一个月。此外, 还利用了1980—1981年冬季三个月美国网格点资料。正压分析, 由于只用500毫巴一层资料, 所以用了五年冬季资料, 可以进行综合平均。

(1) 关于寒潮中期过程的能量学研究

这一小节总结寒潮中期过程的斜压能量学和正压能量学分析的结果。

① 能量特征 寒潮中期天气过程可划分为三个阶段: 初始阶段、酝酿阶段和爆发阶段。两大洋脊向极区发展作为过程的开始, 到极区出现桥式高压打通、极涡分裂, 从东半球看天气形势呈大型倒 Ω 型, 这个阶段可定义为初始阶段; 乌拉尔山脊建立及东亚倒 Ω 型形成, 到寒潮爆发前夕, 定义为酝酿阶段; 随后就是寒潮爆发阶段。在寒潮爆发前两三天常有长波发展, 暂称为“脉冲波”。

选取了十七个例子, 其中五例进行斜压分析, 十二例进行正压分析, 并进行统计。这里结果取自文献[2]—[9]。

根据统计, 两大洋脊发展常同2波(少数同3波)动能相对应, 乌拉尔山脊建立常同3波(有时同4波)动能相对应, 脉冲波同4—8波中某一长波相对应, 寒潮爆发常同3波(少数同2波)发展相对应。

分析自两大洋脊发展到寒潮爆发前后共三十天的中纬度平均有效位能 $P(0)$ 的变化, 其特点是: 在初始阶段 $P(0)$ 急剧上升到很高的水准, 到酝酿阶段先是略有下降而后又回升, 到寒潮爆发前一两天才不断下降到低的水准, 寒潮过后又逐渐回升。为了反映 $P(0)$ 这种变化是寒潮期间所特有的特点, 可以采用同无寒潮期间 $P(0)$ 的变化相对比的方式来说明。如

图1所示,突出的差异在于:在有寒潮天气过程的前期,平均有效位能是处在较高的水准上变化,而在整个无寒潮期间 $P(0)$ 是在较低水准上变化着。这就是清楚地表明,在寒潮爆发前期,中纬度大气已聚集了大量的平均有效位能。

中纬度平均动能 $K(0)$ 也有类似于 $P(0)$ 的特点,自两大洋脊发展 $K(0)$ 迅速增长到较高水准,而后略有下降,不久又继续增长,直到寒潮爆发前一两天才急剧下降,寒潮过后又逐渐回升。寒潮前期平均动能虽有变化,但始终处在较高的水准上,这就表明,中纬度大气已聚集了大量的平均动能。

还应该提到2波和3波动能的变化。在平均有效位能和平均动能增长之前,2波动能先是迅速上升到最高点,而后不断下降。在2波上升之际,3波动能下降到最低点,以后虽有

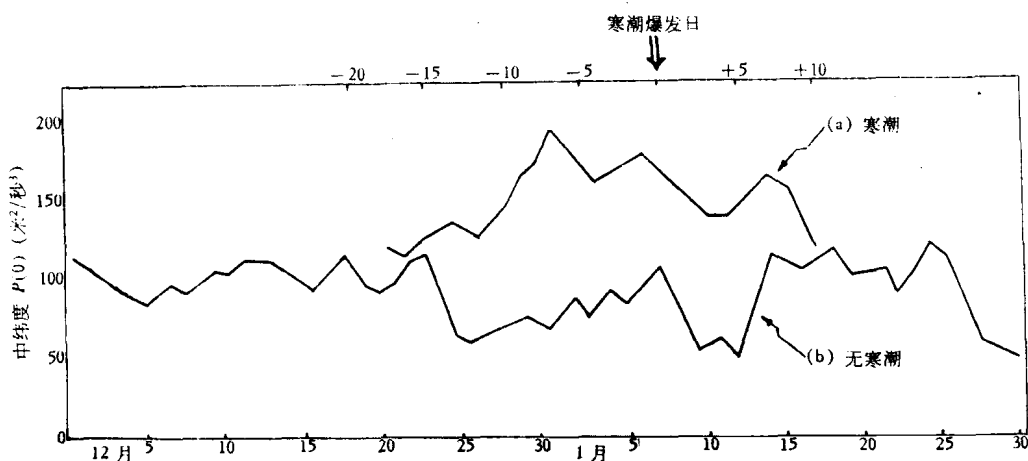


图1 有寒潮过程和无寒潮过程 $P(0)$ 曲线对比图

(a) 五次寒潮过程平均 $P(0)$ (700毫巴, 32.5°N — 57.5°N) 曲线

(b) 无寒潮过程1980年12月—1981年1月 $P(0)$ (700毫巴, 32.5°N — 57.5°N) 曲线

变化,但要到寒潮爆发时才迅速上升到最高峰。

上面所谈到的寒潮中期过程的各种能量模式的特点,不是孤立的而是有机地联系着。其中,中纬度平均有效位能和平均动能增长到较高水准和3波动能减弱到最低水准,是比较基本的条件。由于出现较高水准的平均有效位能(或平均动能),为扰动的发展提供了能源和条件。中纬度3波减弱,往往对应东亚大槽的减弱东移,东亚的西北季风中断和气温回升,这是寒潮爆发前的必备条件。在这种前期条件下,中纬度3波再度增强,东亚大槽重建,西北季风爆发,才构成寒潮天气。关于上述特征能量模之间的有机联系,在下一部分讨论。

② 特征能量模的变化机制 首先讨论各阶段特征能量模的变化。根据斜压分析和正压分析得到如下结果:先是2波有效位能 $P(2)$ 增长,通过斜压转换使 $P(2)$ 转换为 $K(2)$,而且有个别例子表明 $P(2)$ 主要是由于非绝热制造率 $G(2)$ 而增长,所以在初始阶段2波动能的增长主要是通过斜压过程。增长起来的2波通过波与波的相互作用,输出大量能量而衰退,此时正压过程是主要的。2波输出的能量主要是输送给与乌拉尔山脊相对应的3波(或4波),而乌拉尔山脊的发展主要是靠这部分能量来源,所以乌拉尔山脊的发展以正压过程为主。高纬度乌拉尔山脊的发展,通过有效位能的净边界通量项和动能的净边界通量项,使中纬度 $P(0)$ 和 $K(0)$ 得到维持和再度加强。随着 $P(0) \rightarrow P(n) \rightarrow K(n)$, 又通过少量的 $K(0)$

→ $K(n)$ ，使脉冲波发展，所以脉冲波发展主要是斜压过程。脉冲波衰退时正是寒潮爆发波3波增长，而3波增长主要是由于通过波与波的相互作用而得到较多的动能，这部分动能主要来自脉冲波。因此3波发展，正压过程相对重要些。由此可以看到，在整个寒潮中期过程中，这种一联串的波动的动能的增衰是有机地联系着的。

现在再来看造成中纬度 $P(0)$ 和 $K(0)$ 变化的物理过程。根据斜压分析，在中纬度平均有效位能急剧上升阶段，最初一方面靠非绝热制造率 $G(0)$ ，另一方面靠有效位能净边界通量项，即 $\sum BFP(n)$ ，而且主要靠北界通量的加强，其中主要贡献者还是与两大洋脊向高纬度发展相应的波动，多数情况为2波。寒潮爆发前一两天 $P(0)$ 一方面通过 $P(0) \rightarrow P(n) \rightarrow K(n)$ 转换，将能量转换为脉冲波而衰退，另一方面又通过经圈方向逆环流获得一部分能量，结果使其衰退速率减慢。至于中纬度 $K(0)$ ，其变化过程是这样：在急剧上升阶段，主要是通过动能净边界通量项，而对这个通量项的主要贡献者为与向高纬度发展的两大洋脊相对应的2波。 $K(0)$ 的第一次衰退主要是由于将动能输送给平均有效位能，即中纬度逆环流加强而造成 $C(0)$ 为负值。中纬度 $K(0)$ 通过乌拉尔山脊向高纬度发展扩大净边界通量而再度增长。到寒潮爆发前两天左右，一方面由于将能量输送给脉冲波，另一方面，也是主要方面，由于逆环流再度加强，将能量转换为平均有效位能，使后者衰退缓慢。

③ 物理解释 这里想就为什么寒潮中期过程是以两大洋脊发展为开端，以东亚大槽重建为告终这个问题给予物理解释。首先我们来考虑两大洋脊发展的作用。由于两大洋脊向极地发展，极涡分裂并逐渐往中纬度移动。这种形势，按照理论，会出现两种情况：

(a) 感热向极地输送，即 $\overline{V'T'} > 0$ ；(b) 动量往南输送，即 $\overline{U'V'} < 0$ 。此外，根据实际计算，还会出现一种情况：在中纬度的北边纬向平均温度对面积平均温度的偏差加剧，即北边的 $\overline{T''}$ 急剧下降。由于感热向极地输送以及由于负的纬向平均温度偏差，通过中纬度北边的边界通量为正贡献，即 $\sum BFP(n)$ 项促使中纬度平均有效位能 $P(0)$ 增加。由于纬向平均温度负偏差 $\overline{T''}$ 增加，因而 $\overline{T''}$ 和 $\overline{Q''}$ 相关增加，从而非绝热制造项 $G(0)$ 增加。由于 $\sum BFP(n)$ 和 $G(0)$ 起着正贡献，促使 $P(0)$ 大为加强。

由于在西风气流里 $\overline{U'V'} < 0$ ，通过中纬度北边的边界通量为正贡献，造成平均动能的净边界通量增加，而使中纬度平均动能增加。因此，随着两大洋脊的发展，不仅使中纬度平均有效位能增加，同时又使中纬度平均动能增加。换句话说，两大洋脊向极区发展，有使中纬度锋区加强、西风带集中的作用。因此，也就为寒潮爆发提供了能量学的条件。

此外，两大洋脊发展还通过波与波的相互作用为乌拉尔山脊和鄂霍茨克海脊的发展提供了能量条件。

寒潮爆发前期中纬度大气所聚集的能量，不可能长时间维持着，通过寒潮爆发使其大量释放，从而东亚大槽重建，形成三槽结构，恢复到冬季的稳定形势。然而，中纬度 $P(0)$ 的释放并不直接供给与东亚大槽相联系的3波发展，而是通过斜压过程转换为脉冲波动能，使脉冲波发展。这种波尔后再将动能输送给超长波3波发展。这就解释了，为什么在斜压性很强的寒潮爆发时期，其爆发波3波主要是靠正压能量而发展的。在这中间，斜压波（脉冲波）起到桥梁的作用。

总之，通过寒潮中期过程的能量学分析，使我们认识到，为什么过程是以两大洋脊的发展为开端，以东亚大槽的重建为告终。这中间既有斜压过程，又有正压过程；既有超长波的作用，又有长波的作用；既有波-纬的相互作用，又有波与波的相互作用；既有中纬度本

身能量的再分配,又有高、中纬度的相互作用;而且都是有机地联系着的。

(2) 大气环流中期变化的某些研究

除去寒潮过程的能量学研究外,我们还围绕着大气环流中期变化做了些基础工作,主要有如下几方面:

① 超长波的增衰机制及在不同周期段振动的机制 超长波是研究中期大气环流的主要对象之一,对其增衰机制的研究有助于了解中期变化。这方面研究采取的办法是将超长波分解为日常波(即直接观测到的波)、准定常波(三个月平均的波)和瞬变波(日常波滤去准定常波后的波)。这三种波的演变分别划分为三个阶段:增长、维持及衰退,尔后研究其机制。主要结果有^[10-12]:

(a) 准定常波的能量来源主要靠斜压过程,日常波的增长主要靠波与波的相互作用和斜压过程,其衰减主要是因波与波的相互作用与摩擦耗散,而瞬变波的增长主要决定于波与波的相互作用。

(b) 瞬变超长波和长波的动能有不同的周期振动,然而波与波的相互作用是决定各种振动的机制。对于波动的有效位能来说,它的中、短期振动也是决定于波与波的相互作用,而长期振动却决定于非绝热加热。

(c) 平均有效位能的中期振动,主要取决于轴对称加热对 $P(0)$ 的制造率和 $P(0)$ 向扰动有效位能的输送率。当制造率强时,平均有效位能向扰动有效位能转换少, $P(0)$ 增加;反之减少。平均动能振动的主要机制是平均运动与扰动之间的相互作用。

② 大气环流季节过渡问题 我们想结合天气过程讨论大气环流正压能量学的季节过渡。主要结果有^[13, 14]:

在每年10月到11月期间,大气环流有一次(或两次)由长波为盛行波转变为超长波盛行的突变,而且对纬向气流维持的盛行波也因此而发生变化。在这次突变以前,正压能量转换由长波负担,以后主要由超长波负担。波与波的相互作用也发生了根本变化。在这次突变以后,2波才能成为其它波的主要能源。这种突变同多年月平均资料相比,初步定为自夏至冬的季节过渡。这种季节性变化,常同东亚或美洲的寒潮过程相联系。

在每年3月中下旬,平均动能、超长波动能,特别是1波动能,都有一次陡降现象,而这时正好东亚有一次初春寒潮。大约再过20天盛行波发生根本变化,由超长波变为长波。正压能量转换也发生相应的变化,由超长波负担变为长波负担。形势场的特点是偏心极涡大大削弱。这些是由冬向春过渡的正压能量学特点。

③ 高低指数与阻塞高压 高低指数转换是研究大气环流中期过程的一个基本问题方面,而阻塞高压又是低指数环流的典型形势。虽然过去已有过这方面的研究,但还有必要从波数域能量学进一步研究其变化和发展的机制。

利用平均动能与扰动动能的百分比,定义为指数,指数大时纬向气流盛行,扰动弱;反之扰动强。将指数变化分为六个阶段,利用五年冬季资料,采用综合平均法研究其变化,主要结果有^[15, 16]: (a) 经向环流发展时,斜压过程是主要的。纬向环流发展时正压过程是主要的,而波与波的相互作用在各阶段都起到一定作用。(b) 指数的振动同3波振动呈反位相关系。低指数时以3波为特征,高指数时以2波为特征。所以,扰动状态与纬向状态之间的变动,主要是以3波和2波之间的交替而出现的。

阻塞高压增衰机制的研究有如下结果^[17]: (a) 促使阻塞高压形成和维持的主要机制是

斜压作用和波与波的相互作用; 衰退的主要机制是波与波的相互作用和波-纬的相互作用。
(b) 由于阻塞高压有准定常的特征, 可以利用波数域定常波动能方程和瞬变波动能方程, 研究瞬变波和定常波之间的相互作用。结果表明, 当瞬变波向定常波输送能量时, 有利于阻塞高压的形成和维持; 当瞬变波从定常波提取能量时, 有利于阻塞高压的衰退。

④ 冬季加热场对准定常超长波的影响 有些工作还研究了冬季加热场特征及其对准定常超长波的影响, 主要结果有^[18]: 加热场对 n 波有效位能的贡献项 $G(n)$ 同500毫巴温度场与对流层加热场的位相差 α 有关, 当 $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ 时, $G(n) < 0$; 当 $-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时, $G(n) > 0$ 。

分析了冬季东西方向的平均环流圈^[19], 高纬度存在两个环, 中纬度存在三个环, 其中主要的环同平均加热场有很好的对应关系。

⑤ 寒潮冷堆的增强 寒潮冷堆的增强是由于非绝热冷却还是由于动力原因, 过去有不同的看法, 根据个例研究, 空气上升冷却对于寒潮冷堆的形成起到重要作用^[20], 而且这种上升冷却是由于槽后偏北风急流中心左侧强的正切变涡度中心以及相应的下游正涡度平流所引起的。

2. 寒潮中期数值预报试验

(1) 寒潮中期数值预报试验

中期数值预报是迫在眉睫的事, 但由于我国过去基础差, 而且受条件所限, 目前还处于试验阶段。近一、二年来, 本课题组在改进中期数值预报模式和针对寒潮过程进行预报试验方面做了如下一些工作: ①将二阶差分方案改为四阶差分方案; ②引用双三次样条逼近; ③部分实现了预报模式与客观分析自动化的“气象系统工程”。

寒潮中期数值预报模式有多层斜压模式和正压模式; 初始场大多用逐日资料, 也有用三天或五天平均资料的。试验分两种, 一种是每隔四天做一次五天逐日预报图, 这种半业务式预报试验冬夏两季都开展过, 每季持续几个月, 供中央气象台等单位预报参考。一种是选用寒潮个例, 做72小时预报和横槽转向的预报试验。这些试验取得的主要结果与进展有^[21-27]:

- ① 预报可用时效已达72小时, 而且96小时和120小时的结果可供参考;
- ② 证实四阶差分比二阶差分优越;
- ③ 正压原始方程, 采用双三次样条逼近, 提高了模式的精度, 72小时预报南北两支脊迭加, 以及预报乌拉尔山高压发展引起冷空气的爆发都较好;
- ④ 通过横槽转向的试验, 分析横式输出的物理量, 找出了导致寒潮爆发的条件, 为日常预报提供了着眼点;
- ⑤ 提出了多时刻模式的方案, 为寒潮中期数值预报开辟了新的方向。

(2) 中期物理机理的数值试验研究

中期过程的物理机制研究, 除了诊断分析的途径外, 还可采用数值试验和理论分析。在数值试验方面主要做了两项工作: 指数循环和旋转适应过程。

① 指数循环 指数循环是由外界强迫因素造成的, 还是大气本身所固有的准周期振荡? 这个问题过去虽有些数值计算, 但认识得还很不够。采用截谱横式进行数值试验可能是个较好的途径。考虑基本纬向气流、超长波、长波之间的非线性相互作用的模式试验, 可积

分到30天, 得到如下主要结果^[28,29]:

(a)两周左右的环流指数循环, 可以通过不同尺度波动之间的非线性相互作用得到。因此, 指数循环是大气自身所具有的准周期振荡。(b)高、低纬度地区的环流指数变化趋势呈反位相趋势。这是由于在南北方向上存在两条波带的结果。(c)纬圈环流与波动之间的非线性作用可以产生行星波的螺旋状槽脊线倾斜的谐振, 它使平均动能与扰动动能之间的转换呈两周左右的准周期性。(d)形成不同尺度波动的振幅谐振以及形成大型环流波数调整的准周期振荡, 其主要机制是超长波与长波之间的非线性作用。

② 旋转适应过程的试验 旋转适应过程是半球(或全球)大气运动的一种基本规律。为了验证并充实这一理论, 用正压模式及斜压模式分别做了数值试验, 得到的主要结果是^[30]:

(a)在满足存在旋转适应过程的条件下, 初始场扰动振幅大而且只有一个位涡度中心。以后, 扰动振幅将有明显变小现象, 带状环流逐渐盛行起来, 存在着明显的旋转适应趋势;(b)在初始场不满足旋转适应条件下, 积分结果表明, 从总体上看, 流型不趋向于旋转适应状态。但在个别区域, 个别时段会出现扰动动量向纬向环流输送, 出现向平直气流转化的趋势。

③ 超长波的理论研究 超长波可分为两部分, 即定常部分和瞬变部分。就中期预报来说, 应着重研究其瞬变部分, 但是对其定常部分维持和形成的研究, 有助于了解其瞬变部分。准定常超长波的形成, 主要是由于大地形的影响与海陆加热。为了弄清其维持的机制, 也可以分别讨论大地形和加热的作用。下垫面加热作用的研究表明^[31,32], 当海面温度波落后于大气温度波在 $\pi/2$ 和 π 之间, 而大气的温度波又落后于流场波时, 海面加热作用有利于温度波后退, 这种后退能同温度波自身的东进产生抵消作用, 从而使超长波得以维持准定常状态。超长波的形成也同大地形有关, 而大地形起着什么样的作用, 又同纬向平均气流有关。取高纬度两种不同环流(东风和西风)条件, 研究其对定常超长波所产生的影响, 结果指出^[33], 当对流层低层为东风时, 地形所产生的超长波1波位相, 在高纬度几乎与西风时的位相相反。这种情况下, 地形和定常热源强迫作用所产生的定常超长波不仅振幅大, 而且位相向西退。

3. 寒潮(低温)中期预报方法的研究 随着观测事实的积累和理论研究的深入, 近两年来, 本课题在寒潮(低温)中短期预报方法研究上的进展主要表现在: 加强了天气气候、环流背景的分析, 引入较多的物理量计算, 改进了原有的预报方法, 并开始引进新预报方法的试验。

加强天气气候和环流背景的分析是改进预报方法的一个基本方面。这方面的工作主要有^[34-38]: (1)将东北冷涡对低温的影响作了较系统的天气气候学分析; (2)在东亚不稳定小槽发展和横槽转向这些导致寒潮爆发的流型, 进行了进一步的天气过程分型; (3)初步分析了平流层爆发性增暖同寒潮爆发的联系, 得出不同类型的增暖过程会产生不同类型的冷空气活动。

随着理论研究的深入和个例分析的加强, 一些物理量被引用来改进预报方法。主要有^[39-46]: (1)利用超长波的活动特点制作寒潮中期预报, 特别注意到北纬60度纬圈波数2、3波的振幅占优势持续6天以上, 后期容易出现寒潮, 而且当2、3波的分布和特点有所不同时, 还会出现暖冬和冷冬的差异。(2)利用简化的气压倾向方程讨论了不稳定小槽的发展过

程,指出用地面气压与500毫巴实测风乘积的散度可以较早的提供有关发展的预报信息。(3)其它还有:在分型与指标法相结合、超长波活动和西北急流的相对关系、东经60度附近南风顺道的建立与转变,动力不稳定判据的应用等等方面,引入较多的物理量计算,改进了预报方法。还有的用统计与模糊聚类法制作中期形势过程预报^[47]。

如何利用数值预报结果,采用统计方法作中期预报(即所谓的“MOS”方法),吉林省做了一些尝试^[48]。他们利用日本传真 CUXN₄图及发布的有关物理量,依据历史资料与吉林省某些地区要素之间的统计关系,建立气温降水中期趋势预报模式和方法,今年4月份作了MOS产品试报,效果尚佳。现在有些省份也已采用这种方法进行试验^[49]。就目前国外已有的中期数值预报来看,以ECMWF(欧洲中期数值预报中心)的预报时效长,准确率较高。为了今后运用这方面的预报结果,中央台做了些很有意义的准备工作^[50]。他们选取东亚有限地区进行了72—120小时预报误差的检验,并应用其预报结果,试报了重大天气过程。结果表明,ECMWF预报对我国中期预报有一定的参考价值。

我国南方从事中期预报工作的同志总结了他们做南方寒潮预报以及低温阴雨天气预报的经验。同一类型的寒潮,由于南北地区的不同影响大有不同。最大的不同在于:不仅要注意冷空气的活动,还要注意暖空气与其相交绥的作用。影响南方寒潮的中期天气过程,就较高些的纬度而言,同北方寒潮的过程大致差不多。也可分为两类:一类是西欧波动向东传播型,另一类是东亚倒 Ω 流型。但由于南侵路径不同,以及暖空气活跃程度不同,会出现不同结果。这种暖空气活动,据追踪有的是来源于中亚暖波,有的是从北非越过阿拉伯海而东传的。但是在处理这个问题的方法上,有的主张冷暖空气兼顾,有的还是着眼于中、高纬度。比如,武汉台同志强调中亚暖波的重要性^[51],而广东省的同志试图通过研究北半球分区中纬度纬向指数变化^[52],来研究大型环流变化,从而进行广东低温阴雨天气过程的预报。因此,着眼于何处,还值得今后继续研究与讨论。总之,从南方的一些材料看^[53-55],在南方寒潮及与其有关天气现象的中期预报方面做了不少工作,取得了一定的进展。

至于本课题组近两年来工作所取得的主要结果,已归纳在摘要里,这里不再赘述。回顾这两年的工作,还有许多未完成以及没有注意到的内容,应在已往工作的基础上积极开展。今后要做的工作主要有:(1)将现在已经取得的诊断研究结果结合到预报方案中去,提出并制作一套有物理基础的预报方案和程序;(2)寻找新的诊断途径进一步弄清寒潮中期物理过程,并解决前一阶段诊断分析中尚不清楚的物理过程,比如,如何使波与波的相互作用图象化;(3)做些结合寒潮实例的数值试验和理论研究,从多方面论证寒潮中期的物理过程;(4)适当地在南方开展寒潮中期的研究。

本总结得到姜达雍、董官臣、徐羹慧等同志的帮助,他们帮助收集了许多原始材料,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Saltzman, B., large-scale atmospheric energetics in the wave-number domain, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 8, 289—302 (1970)。
- [2] 王为德、缪锦海,东亚寒潮中期物理过程的初步分析。
- [3] 仇永炎、朱亚芬,关于寒潮中期过程的正压能量学的统计研究。
- [4] 王淑静,不同纬度带相互作用与寒潮中期过程。
- [5] 徐羹慧等,1979年4月寒潮中期过程的能量学研究。

- [6] 张培忠等, 1979年11月寒潮中期过程的能量学研究。
- [7] 缪锦海等, 1976年11月寒潮中期过程的能量学研究。
- [8] 樊凤皋、王淑静, “69.1” 寒潮中期过程的能量学分析。
- [9] 董官臣、李培德, 1981年2月寒潮中期过程能量学分析。
- [10] 缪锦海、刘翔鹤、徐淑云、王书治, 冬季对流层定常波动能的维持机制与瞬变波的增衰机制。
- [11] 缪锦海、王书治, 瞬变超长波和长波动能不同周期振动的机制。
- [12] 缪锦海、樊凤皋, 有效位能瞬变超长波和长波不同周期振动的机制。
- [13] 赵其庚、仇永炎, 从500毫巴正压能量学来研究大气环流由夏到冬的季节变化。
- [14] 张元箴、仇永炎、刘大刚, 冬春之交的动能变化及其与东亚春季寒潮的关系。
- [15] 仇永炎, 指数循环的正压能量学。
- [16] 赵其庚、仇永炎, 选例研究纬向型环流与经向型环流相互转变的能量学关系。
- [17] 缪锦海, 阻塞高压形成、维持和衰退的机制。
- [18] 王为德、刘青, 冬季加热场特征及其对准静止超长波的影响。
- [19] 李培德, 1980—1981年冬季东西方向和南北方向的平均垂直环流。
- [20] 陆光明、姚竞生、陶祖钰, 寒潮冷堆增强的动力原因。
- [21] 姜达雍、张杰英、杨梅玉, 一个四阶、半球、多层大气数值模式。
- [22] 张学洪、许有丰, 用正压原始方程样条-伽辽金模式作寒潮预报的初步试验。
- [23] 阎书源、李桂来, 模槽转向型寒潮个例数值预报试验。
- [24] 王诗文, 中期天气预报检验的初步探讨。
- [25] 宋青丽、王诗文, 应用实测风资料形成原始方程初值的试验(提要)。
- [26] 姜达雍, 中期数值天气预报研究进展的回顾。
- [27] 丑纪范, 寒潮中期数值预报的多时刻模式。
- [28] 许有丰, 不同尺度波动的非线性相互作用和大气的指数循环过程。
- [29] 许有丰、李永顺, 定常热源对大气环流指数循环过程的影响。
- [30] 袁重先、张道民、李荣凤, 大气中的旋转适应过程。
- [31] 陈秋士, 下垫面加热影响下准定常行星波维持的物理机理。
- [32] 陈秋士, 轴对称加热条件下西风指数循环的一种物理机理。
- [33] 黄荣辉, 冬季北半球高纬度环流对定常行星波的动力作用。
- [34] 郑秀雅, 东北冷涡的天气气候分析。
- [35] 李桂来、阎书源, 模槽转竖型寒潮个例分析。
- [36] 张芬复, 东亚不稳定小槽发展的天气型与冷空气活动的关系。
- [37] 蔡承侠, 平流层爆发性增暖前后大型环流演变及其对中长期天气过程的影响。
- [38] 周琴南, 新疆寒潮高压统计特征。
- [39] 沈阳中心台中期组, 超长波活动与我省秋季寒潮中期天气过程。
- [40] 兰州大学气象专业, 寒潮爆发前后波谱特点。
- [41] 汪厚基, 运动学预报方法试验(一)——不稳定小槽发生过程的实验。
- [42] 仪清菊, 全国性寒潮前期地转风场某些特征。
- [43] 王清顺, 高纬强东风与中纬西风急流配合下爆发寒潮的统计研究(提要)。
- [44] 郭可义、邓子凤, 500毫巴偏北急流带附近物理量的分布特征与地面高压发展的关系。
- [45] 王照景, 河南秋末冬初的寒潮。
- [46] 张正洪等, 宁夏寒潮中期预报初探。
- [47] 郑泉源, 用统计与模糊聚类方法作500毫巴高度场的中期形势过程预报。
- [48] 吉林省“MOS”会战中期小组, 中期春季“MOS”预报方法试验。
- [49] 马建民, 关于欧洲数值预报中心500毫巴形势预告图使用简介。
- [50] 中央气象台中期科, ECMWF数值预报在寒潮中期预报中的应用。
- [51] 张敬业等, 湖北寒潮中期预报。

- [52] 屈翠虹, 北半球分区纬向指数与广东1—2月低温阴雨过程。
 [53] 上海海洋气象台, 东海区冬季冷空气大风预报模式的思路介绍。
 [54] 石剑英, 亚欧500毫巴旬平均高度场资料在寒潮中期预报中的应用。
 [55] 吴德仁, 1982年3月下旬影响四川盆地的强寒潮分析。
 [56]—[73] 从略。

[2]—[9]、[11]、[13]、[14]、[18]、[19]、[21]—[23]、[27]、[29]、[31]—[33]、[39]、[40]、[42]、[45]—[48]、[50]—[52]、[54]、[55]文献, 见本文集; 其他文献, 引自1982年9月青岛“寒潮(低温)中期预报学术交流”会议材料。

ADVANCE ON THE PROJECT FOR MEDIUM RANGE FORECAST OF SEVERE COLD WAVE

Qiu Yong-yen

Wang Wei-de

(Peking University)

(Meteorological Bureau in Xinjiang)

Abstract

During recent two years, the following three aspects have been investigated in the project for medium range forecast of severe cold wave. The first is the mechanism studies on the medium range processes of severe cold wave and on the medium range variation of general circulation. The second is the medium range numerical forecasts of severe cold wave and the numerical simulations for the medium range variation of general circulation. The third is the investigations on the method of medium range forecast for severe cold wave (including frozen disaster). More attention was paid to the first aspect. Diagnostic analyses for the mechanism studies were taken by means of the energy equation in wave number domain. It was shown that the relative importance between barotropic process and baroclinic process is different in the various stages of medium range processes and that the nonlinear interaction among waves plays an important role in medium range weather processes. According to these results, some weather processes can be properly explained from physics.

The second aspect included various branches. Experiments on numerical prediction were performed with new finite difference scheme.

As a result, the accuracy and the time limit of prediction are improved. The numerical simulations for the mechanism of zonal index cycle and the adaptation to earth rotation were carried out. The effects of heating and topography on the stationary ultra-long waves were examined theoretically. The results obtained from these investigations are of not only theoretical significance but also practical value.

In the third aspect, dynamic parameters were incorporated with synoptic method, and the so-called MOS-method was tested in forecast.