

冬半年冷空气过程中期 预报业务系统

任金声 王秀文 王洁颖

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

介绍了一种以数值预报产品为基础,结合预报经验,运用天气学、统计学、能量学诊断、人工智能和延伸预报等多种技术手段,通过综合决策,制作冷空气过程的中期预报方法。

关键词: 冷空气过程 数值预报产品 综合决策

前 言

冷空气过程(包括寒潮、强冷空气和中等冷空气)是冬半年影响我国最主要的灾害性天气。各地气象台站积累了许多宝贵的预报经验,特别针对像寒潮这样的强过程,总结出一些以环流型、纬圈谱和波数域能量等为主要内容的中期定性预报方法,在业务预报中起到了比较好的作用。近年来随着数值预报产品的广泛应用,特别是计算机科学和人工智能科学的引入,不但为信息的自动化处理提供了有利条件,而且也为天气预报开辟了新的思路。本文应用上述新的科技成果和传统预报方法,通过综合决策,制作冷空气过程的中期预报,为业务天气预报提供一个自动化、客观化和定量化的预报系统。

1 系统的主要功能

冬半年冷空气过程中期预报业务系统主要制作旬冷空气过程预报,定量的给出过程起止日期和强度,这是定时作业,另有一子系统制作3—7天预报,是非定时作业,对旬预

报起补充订正作用。系统设有冷空气过程数据库,可供检索和追加资料。图1为系统结构框图。

2 主要技术方法

2.1 天气学统计方法

用天气学统计方法,对1960—1990年(10月—3月)出现的22次全国类寒潮和1970—1990年43次全国类强冷空气共65个寒潮(如不特别指明统称寒潮,下同)个例,进行统计分析并划分环流型。

2.1.1 寒潮的环流分型

①长波脊东移型

此型以长波高压脊的连续东移为特点。过程开始时,位于乌拉尔山地区的长波脊发展东移,极涡偏于亚洲北部,极地冷空气随着影响槽后的偏北气流向南爆发。另一情况,长波脊较稳定,由于受脊后东移槽冷平流的影响,在长波脊的北段分裂出一块高压脊,促使脊前槽的北段或大部迅速向东移动而影响我国。

此型共出现42例,占总数的65%,是出

现个例最多的一型。其中达到全国类寒潮的有14例,占全国类寒潮总数的64%。

②贝加尔湖高压脊发展型

当西风带高压脊移至贝加尔湖附近时,明显向东北方向发展,或与亚洲北部的极地高压桥式打通,引导超极地冷空气向南爆发,从而形成寒潮。此型共出现9次,占总数的14%,其中达到全国类寒潮的只有1例。

③横槽型

在乌拉尔山或西亚地区维持稳定的阻塞高压,或高压脊呈东北—西南向,脊前槽近于

东西走向,冷空气以波动形式沿缓慢南压的锋区东传,直至横槽破坏(转竖)影响我国。此型共出现11例,占总数的15%,其中全国类寒潮有7例,占总数的32%。该型形成全国类寒潮的概率最高,达64%。

2.1.2 寒潮的天气现象分布

将全国分为6个区:西北、华北、东北、黄淮、江南(含江淮)和华南,按环流型统计各区出现大风(至少相邻3站风力 ≥ 6 级风)和降水(至少相邻3站出现有量降水)的概率,列于附表。

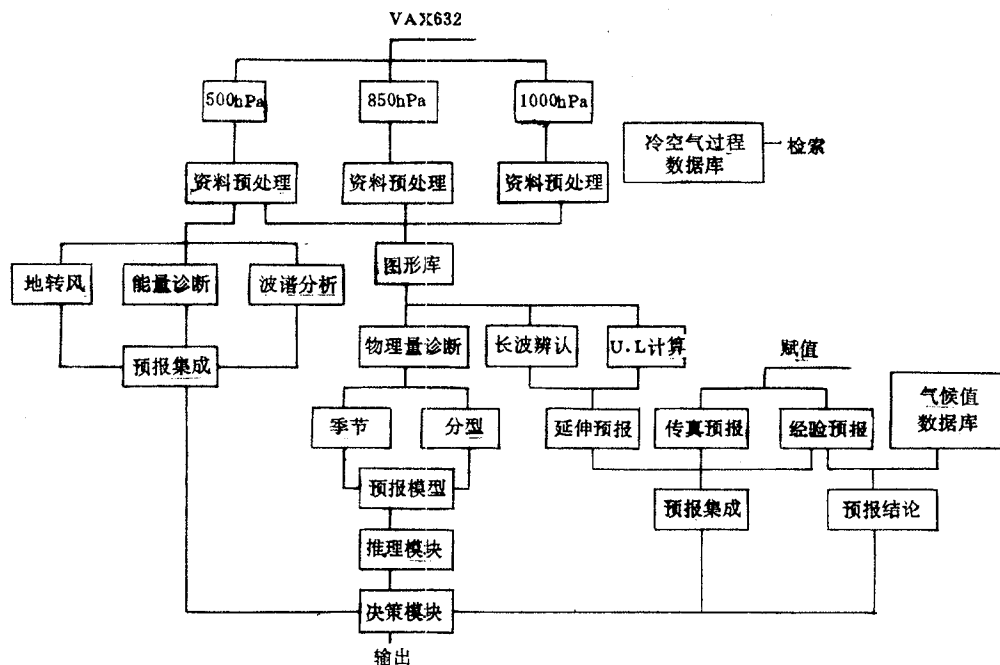


图1 系统结构框图

附表 不同环流型寒潮天气的概率/%分布

环流型	西 北		华 北		东 北		黄 淮		江 南		华 南	
	大风	降水	大风	降水	大风	降水	大风	降水	大风	降水	大风	降水
1 长波脊东移型	74	24	95	60	90	79	88	62	93	93	14	60
2 贝湖高压脊发展型	33	11	80	56	89	67	100	89	67	100	0	67
3 横槽型	100	18	91	64	82	56	91	52	97	100	9	82

由附表可以看出,寒潮造成的天气现象分布存在着明显的地区差别。如6级以上大风,华北、东北和黄淮地区出现的概率最高,都在85%以上。降水概率出现最高的是江南地区。各型相比,华南出现大风的概率最低,西北出现降水的概率最低。而第1型(长波脊东移型)影响范围较广,对华南造成的大风概率远远超过其它各型。

2.2 物理量诊断分析

选取寒潮爆发的当日或第2日地面气压场、500hPa高度场和850hPa温度场3层有关描述寒潮特征的10个物理量进行计算分析,其结果如下:

①地面冷高压中心强度

定义在40—65°N、70—130°E区域内地面气压最大值为地面冷高压中心强度(p),这是一个度量冷空气强度的物理量。 p 具有明显的季节变化和环流类型差异。一般来说,隆冬季节较强,横槽型的 p 值较大。

②南北气压差

地面冷高压中心与30°N、115°E格点的气压差值为南北气压差(Δp),这是一个度量冷空气相对强度(冷暖空气对比)的物理量,在一定程度上反映了寒潮的“爆发力”, Δp 越大,寒潮天气越猛烈。

Δp 除具有季节性差异之外,还有变化范围大的特点,由25—50hPa均有出现,最大可达57hPa,其中第1型的 Δp 变化较大,横槽型变化最小。

③河套地面高压强度

以40°N、115°E和110°E两格点中最高气压值表示河套地面高压(p_h)。随着冷空气的南下,地面冷高压中心将分裂,往往在河套地区形成次中心,它的强度可以反映冷空气南下的势力。河套高压具有明显的季节性差异,一般变化在1035—1050hPa之间,最强可达1065hPa,出现在横槽型。

④亚洲北部最低气温

寒潮爆发时极涡偏于东半球或自极地涡旋分裂小股冷空气伸向东半球,因此,可以用500hPa亚洲北部(60—140°E)最低气温(T)间接反映极涡强度。诊断结果表明,最低气温具有明显的季节变化,隆冬季节最低气温较低,在-44—-52℃之间。过渡季节最低气温较高,在-36—-48℃之间。贝加尔湖高压脊发展型曾出现-56℃的最低气温,为各型之冠。

⑤500hPa锋区强度

以100—120°E、35°N与45°N间最大高度差表示500hPa锋区强度(F_5),这是一个衡量高空冷空气强度的物理量,其强弱变化对寒潮的爆发强度有一定的指示意义。诊断结果表明, F_5 的季节性变化幅度一般在280—440gpm之间,而12月—2月锋区稍强。

⑥脊前冷涡

在500hPa图上,与影响槽相连并至少有一条闭合等高线,其中心强度 ≤ 5400 gpm的低压系统为脊前冷涡(D)。

在40—60°N、85—135°E范围内出现的脊前冷涡,横槽型的概率最高,为80%,其余各型出现的概率并不高,但是一旦出现,往往诱使冷空气南下,对形成寒潮极为有利。

⑦5440等高线南界

定义在500hPa图上的100—120°E区域内5440gpm特征等高线最南界的纬度为5440线南界(M_1),这是一个表示高空冷空气强度和向南影响程度的物理量,它和500hPa锋区相配合能较好的反映寒潮的爆发日期和强度。

诊断结果表明,5440线南界具有明显的季节变化,过渡季节偏北,隆冬季节偏南。全国类寒潮5440线的南界可达35°N以南。

⑧槽(底)脊(顶)纬度差

在 500hPa 图上,以 5440gpm 特征等高线在 70—120°E 区域内南、北界纬度差表示槽(底)脊(顶)纬度差(ΔQ)。它反映寒潮爆发时环流经向度的大小。

根据诊断结果,槽脊纬度差的季节性差异不甚明显,但变化幅度较大,可由 10—45 个纬距变化不等,其中横槽型的 ΔQ 变化幅度较小。

⑨850hPa 锋区强度

在 850hPa 图上 100—120°E 的区间内,35—40°N、40—45°N 之间最大气温差为 850hPa 锋区强度(F_3)。这是一个表示对流层低层冷空气强度的物理量。诊断结果表明,850hPa 锋区强度的季节性差异不甚明显,约占总数 89% 的过程,变化幅度在 12—16℃,最强可达 20℃ 以上。

⑩850hPa 降温幅度

由于冬半年各地气温的变化与对流层低层 850hPa 气温有较密切的关系,用 850hPa 温度的升降变化趋势可以预示冷空气的活动,所以 850hPa 降温幅度(ΔT)是衡量寒潮强度至关重要的物理量。诊断结果表明,对于全国类强冷空气一般 $10^\circ\text{C} \leq \Delta T \leq 13^\circ\text{C}$,对于全国类寒潮一般 $\Delta T \geq 13^\circ\text{C}$ 。

2.3 智能推理方法

统计结果表明,冷空气过程旬平均出现次数只有 1.0 次,其中寒潮仅有 0.4 次,均属小概率事件,因此用智能推理比常用的统计学方法更为适宜。

关于冷空气过程预报,预报员积累了一套实用的推理判断方法。根据地面冷高压中心强度,850hPa 锋区强度、500hPa 亚洲北部最低气温等,就可以大致判断冷空气的强度,因此上述物理量称为基本因子。而决策之前,还要仔细分析其它诸如 Δp 、 ΔT 等有关物理量,统称加强因子。系统模仿预报员这种智能判断的思路,用产生式规则建造了正向推理

网络,其中信息搜索用的是深度优先的原则。

2.4 延伸数值预报方法

寒潮是大气长波系统重新调整的结果。目前数值预报提供了未来 6 天的 500hPa 形势预报,根据最后一天的长波位置,可依据罗斯贝波速公式推算出未来 2 至 3 天该长波移动的地理位置,以此确定是否构成对我国的影响,这种方法无需对数值预报形势场进行整个延伸,但对寒潮的预报时效可在数值预报的基础上向前延伸 2 至 3 天。

事实上,并非所有的长波槽东移都会带来寒潮天气,这取决于长波槽的强度,一般来说,当槽前锋区达到 360gpm/10 纬距时,就可以造成中等以上冷空气过程。

2.5 综合决策方法

本系统综合运用了数值预报产品等多种技术方法,其预报结论各种方法之间颇有不同。从预报时间上来看可分为 3 个时段(图 2)。第 1 天至第 4 天为第 1 时段,主要用智能推理方法确定冷空气过程的日期和强度,辅以波谱、能量学和地转风分析方法。第 5 天至第 7 天是第 2 时段,主要用延伸数值预报方法,其次是日本数值预报和经验预报。第 8 天至第 10 天(或第 11 日),为第 3 时段,主要是经验预报加气候概率。由此可见,预报结论可能是多种多样的。为此,系统采用了“总量监

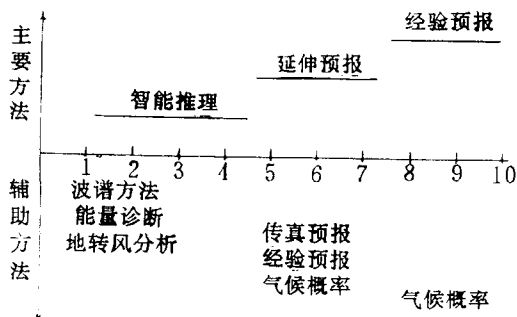


图2 系统分时段预报集成图

控、分段动态加权”的方法进行综合决策。

在第1和第2时段预报集成中,智能推理方法被赋予绝对优势的权重,但也并非固定不变,如智能推理方法报‘无’时,其它方法报‘强冷空气’,则结论为‘中等’,完全改变了它的结论,这种动态的加权方法更合理的描述了各方法之间的复杂关系,也更符合实际。差异较大的是第3时段,由各旬逐日冷空气爆发百分率分布(图略)可见,每旬都有一段出现概率最高的‘高潮期’,也有一段概率不

足5%的‘低潮期’。只有当经验预报落在‘高潮期’内才被接受有冷空气过程。最后根据气候值确定的旬过程总次数,由总量监控按第1至第3时段顺序录用其结论,‘额满’为止,从而最终做出全旬的冷空气过程预报。

本系统从1993年开始试运行取得较好效果,以1993至1994年度为例,旬预报系统共做18次预报,对中等及以上过程,空报2次,漏报1次,正确率为15/18。5次强冷空气,报出了4次,正确率为4/5。

The Medium-range Forecasting System of Cold-air Activities in Winter Season

Ren Jinsheng Wang Xiuwen Wang Jieying

(National Meteorological Centre, Beijing 100081)

Abstract

The medium-range forecasting method of cold air activity is presented, which is a composite decision based on NWP product, experience, synoptics, statistics, energetics, artificial-intelligence and extended-NWP etc.

Key Words: cold-air activities NWP product composite decision