

第二章 寒潮天气过程

2.1 概述

2.1.1 定义和标准

2.1.1.1 寒潮的一般含义

书本定义 寒潮 Cold Wave 天气过程是一种大规模的强冷空气活动过程。其天气的主要特点是**剧烈降温和大风**，有时还伴有雨、雪、雨淞或霜冻。其形成**源于长波调整**。

出现时间 冬半年：**9月至次年5月**，春季的3月和秋季9-11月寒潮和强冷空气最为频繁。

2.1.1.2 国家规范标准 GB-21987-2017

划分原则 中央气象台的寒潮标准规定，以**过程降温**与**温度负距平**相结合来划定冷空气活动强度。采用受寒潮影响的某地在一定时段内**日最低气温降温幅度**和**日最低气温值**两个指标划分。

过程降温 $\bar{T}_{max} - \bar{T}_{min}$ 冷空气影响过程的始末**日平均最高气温**和**日平均最低气温**的差值。

温度距平 $\bar{T}_{min} - \bar{T}_{旬}$ 冷空气影响过程中日平均最低气温减去**所在旬的30年平均气温**，其必须为负值。

名词解释 高纬度的冷空气**大规模地**向中低纬度侵袭，造成**剧烈降温**的天气活动。

寒潮 使某地的日最低气温**24小时内降温幅度 $\geq 8^{\circ}\text{C}$** ，或48小时内降温幅度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ，或72小时内降温幅度 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ ，而且使该地**日最低气温 $\leq 4^{\circ}\text{C}$** 的冷空气活动。**【蓝色】**

强寒潮 使某地的日最低气温**24小时内降温幅度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$** ，或48小时内降温幅度 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ ，或72小时内降温幅度 $\geq 14^{\circ}\text{C}$ ，而且使该地**日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$** 的冷空气活动。**【黄色】**

超强寒潮 使某地的日最低气温**24小时内降温幅度 $\geq 12^{\circ}\text{C}$** ，或48小时内降温幅度 $\geq 14^{\circ}\text{C}$ ，或72小时内降温幅度 $\geq 16^{\circ}\text{C}$ ，而且使该地**日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$** 的冷空气活动。**【橙色 12°C 、红色 16°C 】**

2.1.2 源地和路径

2.1.2.1 源地

- 主要源地**
- ① **新地岛以西洋面上**。冷空气经巴伦支海、俄罗斯欧洲地区进入我国。它出现次数最多，达到寒潮强度的也最多。
 - ② **新地岛以东洋面上**。冷空气大多数经喀拉海、太梅尔半岛、俄罗斯进入我国。它出现次数虽少，但气温低，可达寒潮。
 - ③ **冰岛以南洋面上**。冷空气经俄罗斯、欧洲南部或地中海、黑海、里海进入我国。它出现次数较多，但温度不很低，一般达不到寒潮，但如果与其它源地冷空气汇合也可达到寒潮强度。

寒潮关键区 据中央气象台统计资料，**95%的冷空气都要经过西伯利亚中部 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 、 $43^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}$ 地区**并在那里**积累加强**。

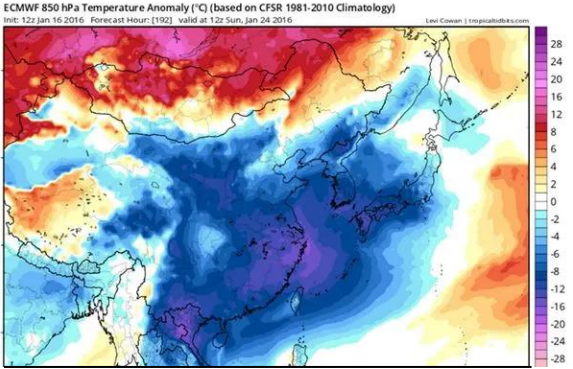
2.1.2.2 寒潮的四条典型路径

西北路 关键区→蒙古→河套附近→南下→江南

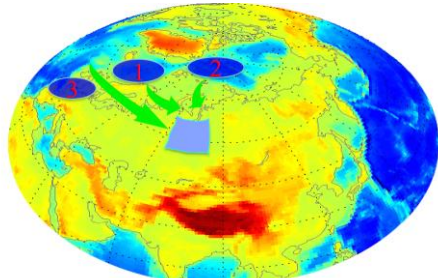
天气：在长江以北以偏北大风和降温为主，到江南以后，则因南支锋区波动活跃可能发展伴有雨雪天气。

东路 关键区→蒙古→华北北部→经渤海侵入华北→冷空气主力东移→低空冷空气转向西南→黄河下游→南下→两湖盆地下游

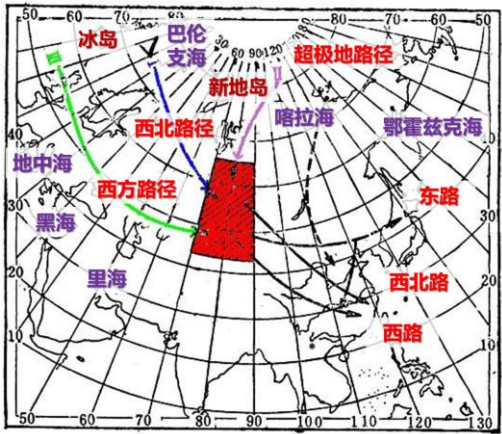
天气：渤海、黄海、黄河下游及长江下游出现东北大风，华北、华东出现回流天气气温较低，并有连阴雨雪天气。



寒潮天气过程示意

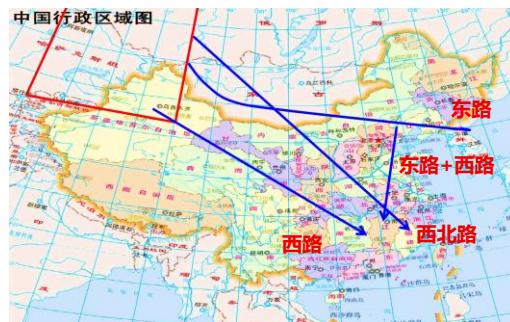


冷空气三个源地



西路 关键区—新疆、青海、西藏高原东侧→南下→西北、西南及江南。降温幅度不大，不过当南支锋区波动与北支锋区波动同位相而叠加时，亦可造成明显的降温。

东路加西路 东路冷空气从河套下游南下，西路冷空气从青海东南下，两股冷空气常在黄土高原东侧，黄河、长江之间汇合，汇合时造成大范围的雨雪天气，接着两股冷空气合并南下，出现大风和明显降温。



2.2 寒潮天气系统

2.2.1 极涡

定义 北半球冬季极区对流层中上层 500hPa 上的绕极区气旋式涡旋，称为极涡。它是大规模极寒冷空气的象征，地面为浅薄冷高压（极夜），700hPa 转为低压环流。

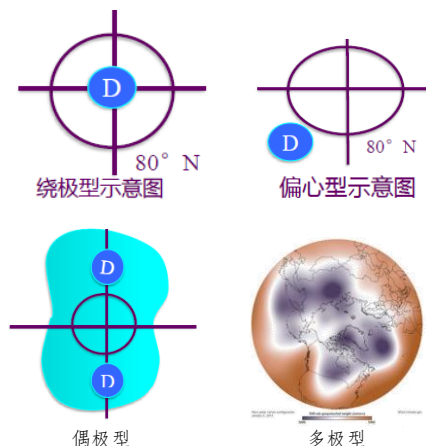
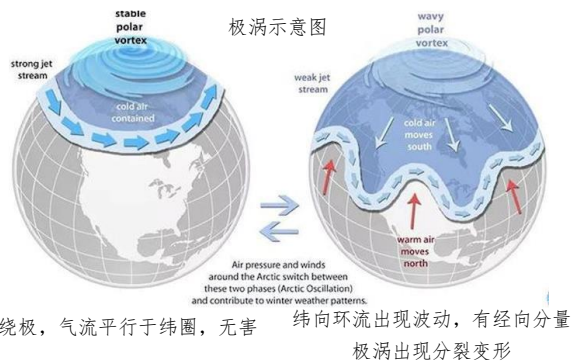
活动范围 极涡中心出现频数最多且最集中：亚洲北部、北美洲加拿大东部。（偶极型，双波绕极）

持续时间 超过 5 天

移动路径 ① 经向性运动 ② 纬向性运动 ③ 转游性运动

极涡分类

- ① **绕极型**：北半球只有一个极涡中心，位于 80°N 以北的极点附近的环流称为绕极型（单波绕极型），危害小。
- ② **偏心型**：北半球只有一个极涡，中心位于 80°N 以南整个半球呈不对称的单波型，有位于西伯利亚东部到阿拉斯加暖脊，欧亚大陆高纬度为一个椭圆型冷涡。
- ③ **偶极型**：最为常见，极涡分裂为两个中心，分别位于亚洲北部和加拿大，整个北半球高纬环流呈典型双波绕极。
- ④ **多极型**：北半球有三个（三槽三脊型）或三个以上的极涡中心，整个北半球形成三波绕极分布，波槽的位置与冬季平均大槽位置接近。



指示意义 只有极涡分裂变形，才有利于寒潮冷空气的形成。

2.2.2 极地高压

定义

- ① 500hPa 图上有完整的反气旋环流，能分析出不少于一根闭合等高线。
- ② 有相当范围的单独的暖中心与位势高度场配合。
- ③ 暖性高压主体在 70°N 以北。与阻塞高压(50°N 以北)几乎一致，只是位置更北。
- ④ 高压维持三天以上，属于长波。

形成 由中高纬度的阻塞高压进入极地而形成，与中、高纬阻塞形势的建立过程类似。

天气意义 由于中高纬阻塞形成并加强，进入极地并维持而使极涡分裂变形，有利于寒潮冷空气形成。冬季洋面温度高于陆面，易形成暖中心，其高压暖脊进入极区，破坏原有极涡，使其变形（绕极型→偶极型/偏心型），形成双波绕极，极涡产生经向分量，易于发生寒潮。

2.2.3 寒潮地面高压

含义 寒潮全过程中冷锋后地面高压，多数属于热力不对称系统：高压前部有强冷平流，后部为暖平流，中心区问温度平流零区，少数高压始终为冷性。可表示冷空气强弱，中心移动路径可作为冷空气的移动路径。

注意 寒潮地面高压与阻塞高压的区别。

2.2.4 寒潮冷锋

含义 在寒潮地面高压的前缘有一条强度较强的冷锋作为寒潮的前锋，它随高度向冷空气一侧倾斜，在高空等压面上对应有很强的锋区，锋区结构上宽下窄在 300hPa 及以下各等压面上均有明显的冷槽和锋区。引导气流和引导槽。

移动路径

2.3 寒潮天气过程

2.3.1 寒潮中期天气过程

含义 寒潮是大范围的强冷空气在一定环流形势下向南爆发的现象，是一种大型天气过程。其整个生命史中，往往与半球范围的**超长波、长波活动**有密切关系。它又在这些不同尺度系统的相互作用中表现出**阶段性特点**，构成中期过程。**中期过程是寒潮爆发前的大环流背景。**

天气预报的时效

气象预报分为不同科室：中期一般在 3~7 天，短期在 2~3 天，临近预报在 1~1.5 天，目前预报时效更加精细化。如 2.1 节所述，寒潮完整发展过程很长，有 2~3 周的时间，经历源地、关键区、路径，但我们感受到的寒潮过程较短，往往在 48 小时内剧烈降温。

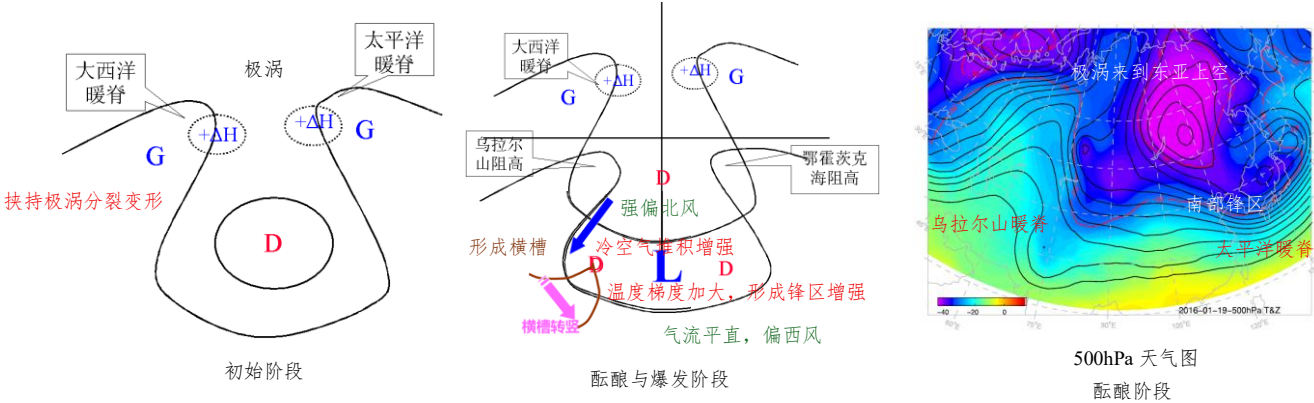
过程分类 倒Ω流型、极涡偏心型、大型槽脊东移型（均属于超长波、长波）

2.3.1.1 倒Ω流型演变特征

初始阶段 两个大洋北部**暖脊向极地伸展**，极涡一分为二，分别移到东、西两半球（或极涡偏于东半球），则东半球为两个大洋脊挟持一个大极涡，形成**大倒Ω流型**。

酝酿阶段 两个大洋暖脊南缩，连带大倒Ω流型向亚洲地区**收缩**，形成东亚地区倒Ω流型，亚洲极涡加强并南压，**极涡底部锋区加强**，**南部锋区**上常有长波发展或横槽缓慢南压，形成**强冷空气酝酿形势**。

爆发阶段 中纬度长波急速发展，**横槽转竖或横槽南压**，引导冷空气侵袭我国。最后东亚大槽加深重建，过程结束。（实质上是一个长波调整过程）整个寒潮中期天气过程，由**两个大洋暖高压脊发展→挟持极涡分裂变形南下→寒潮爆发→东亚大槽重建**，一般**为期 2~3 周**。



2.3.2 大洋暖脊的作用

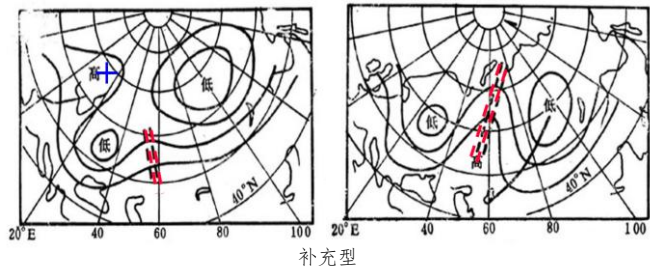
总体概述 作用于东亚倒Ω流型的建立：**乌拉尔山(预报关键系统)**和**鄂霍次克海高压脊**向极区发展。寒潮中期预报的**关键系统**应是两个大洋上的暖性高压脊。
(该部分仅供参考，需在业务实践中理解)

2.3.2.1 乌拉尔山高压脊的发展过程

过程分类 ① 补充型 ② 叠加型 ③ 结合型

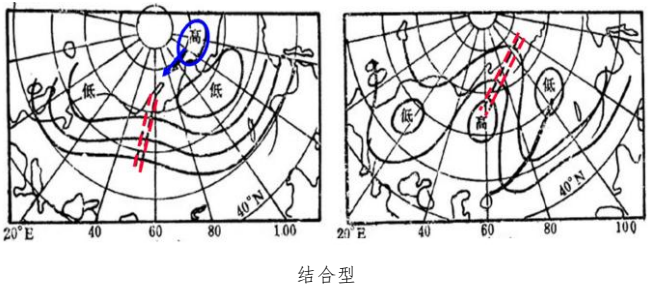
补充型 乌拉尔山有浅脊(红色)，大西洋有正变高区，如果脊继续向北发展，则正变高区叠加。

结合型 极区内的高压和脊结合。



2.3.2.2 鄂霍次克海高压脊的发展

过程分类 ① 阿拉斯加高压脊西退到鄂霍次克海发展而成 ② 由阿拉斯加脊分裂出闭合高压(极地高压)，极地高压西移到东西伯利亚、鄂霍次克海与该地区的弱脊合并而成。



2.3.3 短中期天气过程

总体分类 ① 小槽发展型 ② 低槽东移型 ③ 横槽转竖型

2.3.3.1 小槽发展型寒潮（脊前不稳定小槽东移发展型）

实质 大倒Ω流型→通过不稳定小槽发展→东亚倒Ω流型

初始阶段 环流背景：中高纬度存在宽阔低压区（蓝色为等高线，红色为等温线），伴冷中心；低压底部气流相对较为平直（不利于冷空气发展），两侧为高压，构成大倒Ω流型。

三槽特征：东槽：等温线振幅大、同位相，槽不发展。

中槽：对应温度暖舌，槽不发展。

西槽：具冷平流、呈疏散结构，槽将发展并南加深。

小槽发展 ① 冷平流作用：槽区持续冷平流维持其发展。

② 上游暖脊发展：暖舌与高度场存在位相差，脊区暖平流促使脊发展，导致其前部槽进一步加深。

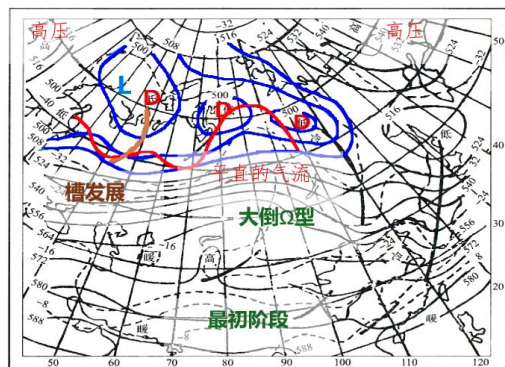
③ 下游效应（长波调整）：下游东亚大槽因等高线、等温线同位相而减弱东移入海，由于东亚大槽为平均槽，原槽消失引起长波调整，上游系统重建新的东亚大槽，迫使上游槽进一步发展。

④ 极地高压作用：从不同纬度带来看，极地高压后部等温线等高线平行，前部有暖平流向西输送，可能促使乌拉尔山高压脊与之结合加强（2.3.2.1 中结合型）。

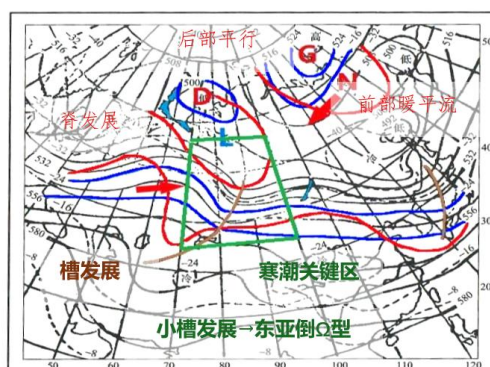
⑤ 地形影响：萨彦岭向贝加尔湖下坡效应加剧槽加深。

综上所述，槽将进一步发展。同时，整体环流形势看，整体演变为东亚倒Ω流型。

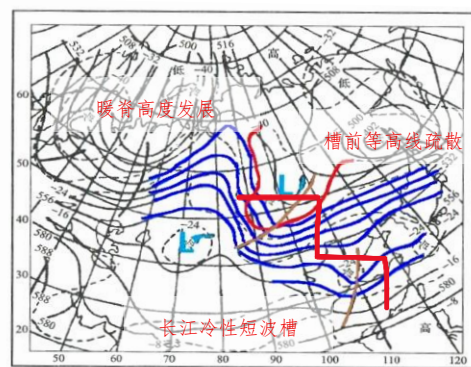
冷槽南加深 冷槽在贝加尔湖与冷舌匹配，继续向东南加深发展；槽后暖脊同步发展（即脊前不稳定小槽东移发展）。至于其能否侵入低纬度取决于是否存在南支波动配合，形成东南向的阶梯槽结构。



1963年12月19日20时500hPa等压面图

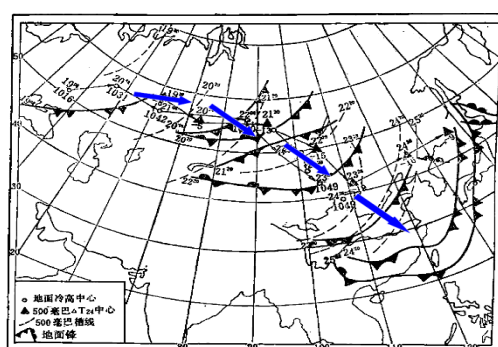


1963年12月21日20时500hPa等压面图

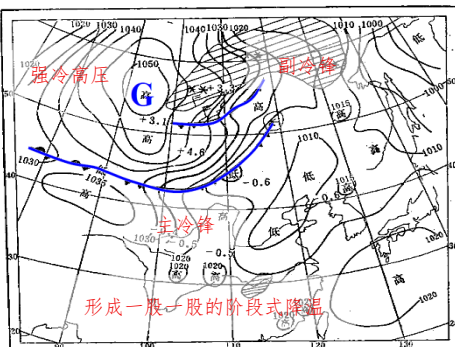


1963年12月22日20时500hPa等压面图

预报注意 涡度平流、热成风涡度平流、温度平流、地形、等高线的形状、上下游效应、长波调整



1963年12月19-25日综合动态图



1963年12月22日20时地面图

2.3.3.2 低槽东移型寒潮

含义 欧洲小槽东移过程中，有来自北方的新鲜冷空气并入，使小槽发展，导致寒潮过程。

赶槽 在一个低槽的上游又有另外一个移速更快的槽（不发展槽）追赶而来，这个槽称为赶槽。

过程 ① 低槽东移过程中，有新鲜冷空气或贝加尔北部残留的冷空气合并使冷空气强度加强。

② 低槽东移到乌拉尔山以东时，从黑海到里海有明显的暖平流，脊前西北气流加强，促使新鲜冷空气从新地岛加速南下与原低槽中的冷空气合并。

③ 蒙古气旋、东北低压强烈发展又向东北移去，有利于冷空气主力向东偏北移。黄河气旋及江淮气旋发展将导致冷空气南下而爆发寒潮。

具体演变 第一天：存在两个冷中心。东边冷槽为发展槽，已在我国上空，将影响日本，对江南威胁小；西边槽

等温线与等高线同位相，槽区为温度平流零区，以移动为主。

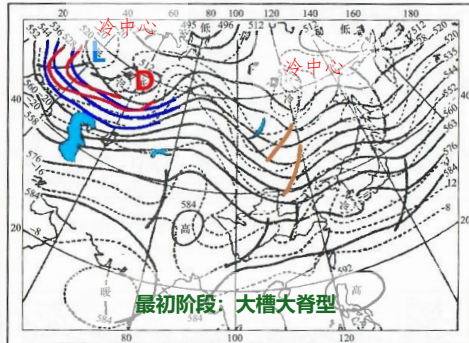
第二天：槽本身温压场无显著变化，但**上游暖脊发展**（等温线与等高线夹角大），脊向北延伸，脊前偏北气流加大，有利于新地岛附近的冷空气南下注入。

第三天：暖脊发展平缓（脊区下方出现冷平流，发展不强），两股冷空气能否合并成为寒潮关键。

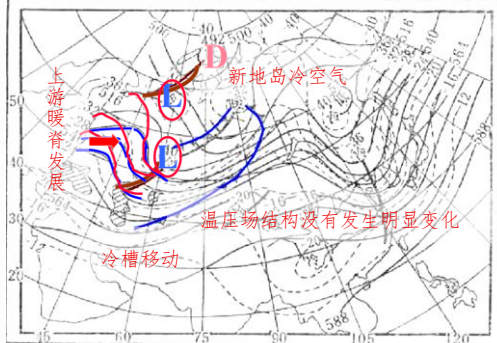
第四天：两股冷空气合并，增强原有冷中心强度，导致寒潮爆发。

注意

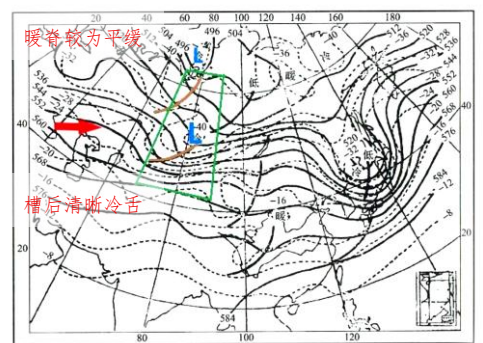
注意**两股冷空气合并**



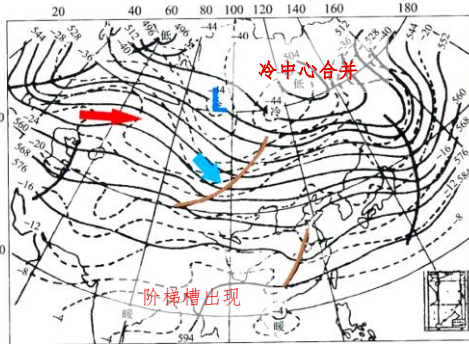
1970年11月9日08时500hPa等压面图



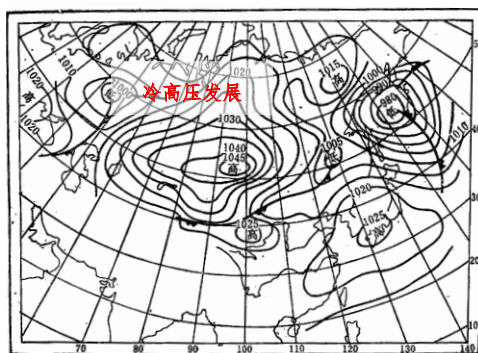
1970年11月10日08时500hPa及冷锋位置



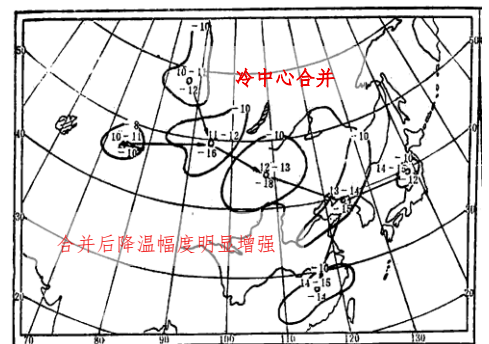
1970年11月11日08时500hPa



1970年11月12日08时500hPa



1970年11月12日08时地面图



1970年11月10-15日地面-ΔT₂₄中心演示图

2.3.3.3 横槽转竖型寒潮

含义 东亚倒Ω流型建立时，极涡向西伸出一个东西走向槽，槽前后是偏北风340°-20°与偏西风300°-250°的切变。横槽阻碍了冷空气自北向南输送，并在极涡中积聚增强。

爆发情况 冷空气向南爆发的三种情况：**横槽转竖、低层变形场锋生、横槽旋转南下**（不是突然转竖，缓慢变化）

转竖原因 ① 横槽两侧温压场结构发生变化 ② 横槽前方形成阶梯槽

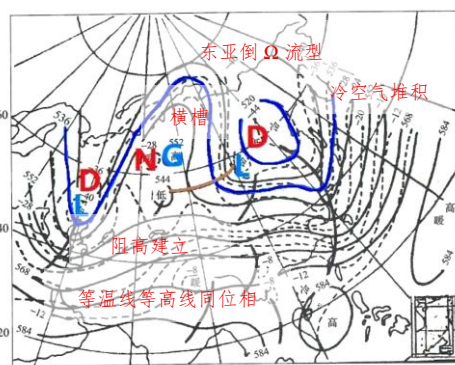
③ 阻高的崩溃

预报着眼点 温压场结构方面、风场转变方面、阻高是否崩溃或不连续后退方面、长波调整方面

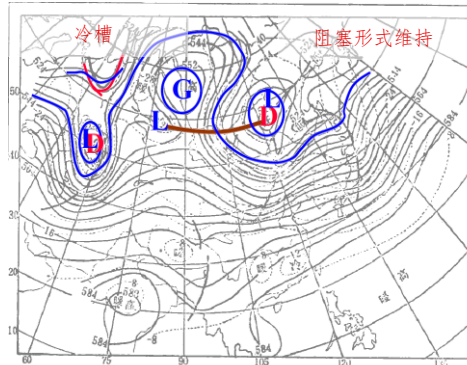
具体演变 **第一天：**阻高的建立需要暖平流与负的热成风涡度平流，所以我们要找冷平流和正的热成风涡度平流。

第二天：上游存在**尺度小、移速快**的赶槽（冷槽）。其温压场特征为**等温线振幅大于等高线振幅，同位相**。槽区为温度平流零区，**槽前冷平流向脊区输送侵入阻高，正的热成风涡度平流使等压面降低**，从而削弱阻高（千里之堤溃于蚁穴）。

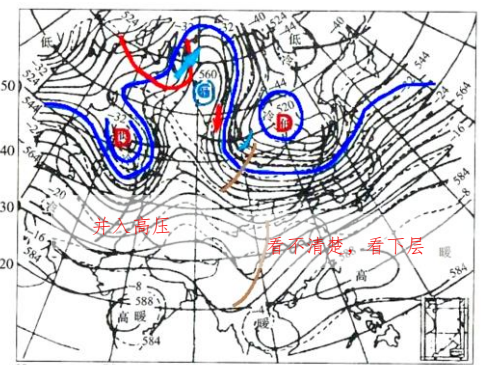
第三天：阻高崩溃后，**横槽北部转为暖平流**（产生正变高），**槽前可能产生负变高**，槽形态改变。若东南侧存在**短波槽形成疏散结构**，将加速横槽转竖。其速度非常快，降温幅度非常大。



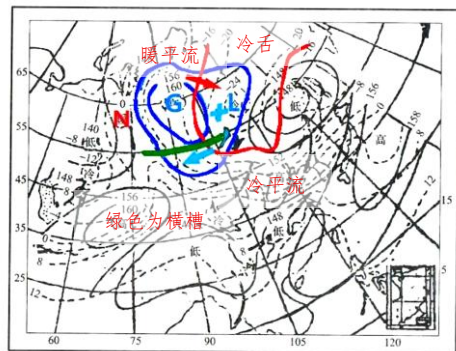
1972年3月27日08时500hPa



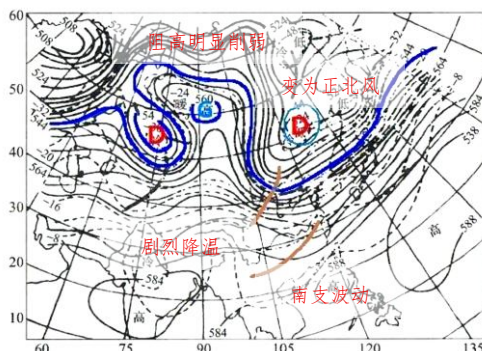
1972年3月28日08时500hPa



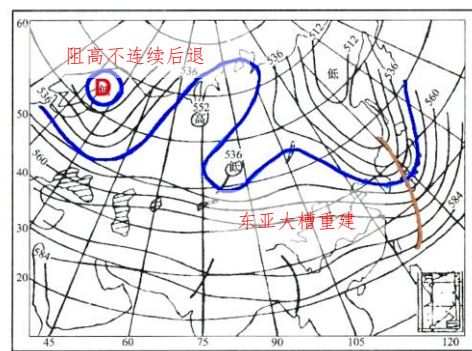
1972年3月29日08时500hPa



1972年3月29日08时 850Pa



1972年3月30日08时 500Pa



1972年3月31日20时 500Pa

2.3.3.4 低层变形场作用

小节概述

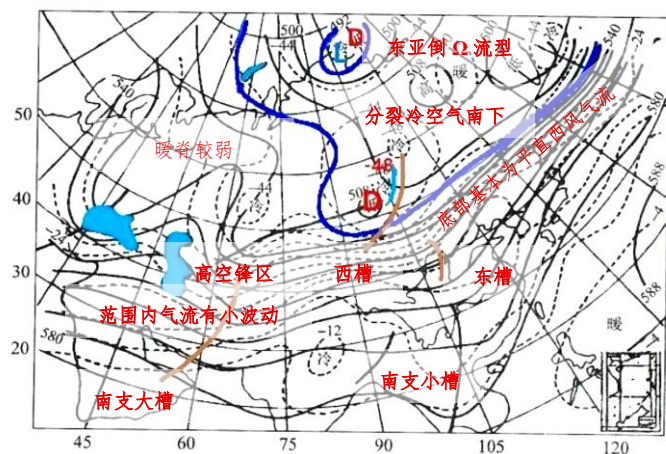
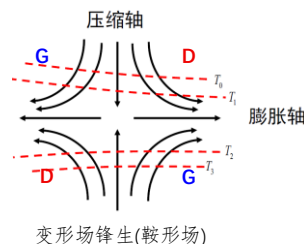
横槽转竖中第二类转变情况。

东槽

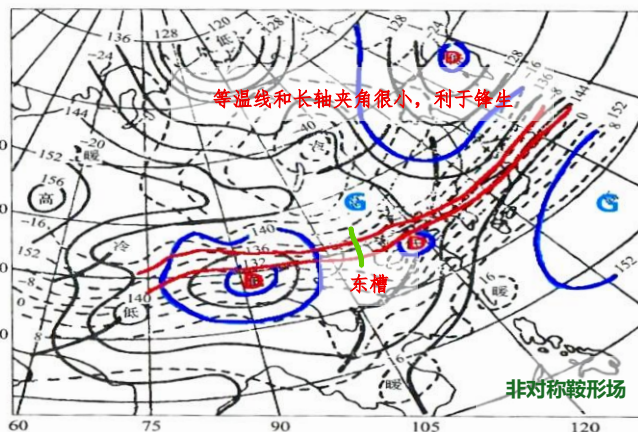
等高线等温线同位相，前部等高线汇合，不发展，东移，携带部分冷空气影响沿途所经之处，但降温幅度不强。随后减弱消失。

西槽

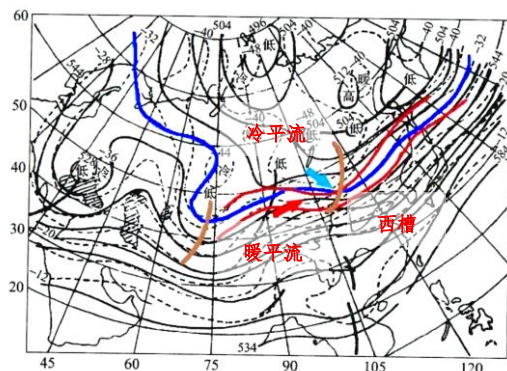
等温线等高线平直，携带冷空气东移。西槽后部跟着冷舌，冷平流（河西走廊附近），南支大槽前部有暖脊，（未完待续）



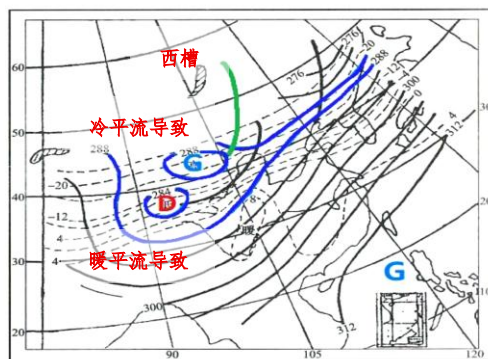
1969年1月26日08时 500Pa: 变形场示意图



1969年1月26日08时 850Pa



1969年1月26日20时 500Pa



1969年1月26日20时 700Pa