

黄渤海强风客观定量预报方法*

《黄渤海强风客观定量预报方法》课题组

(大连市海洋气象研究所)

黄渤海是我国北方重要海域, 海岸线长达六千三百一十五公里。我省责任预报海区的面积为四十一万七千二百三十平方公里。强风是海上主要的灾害性天气, 对海防建设、水产、海资、能源开发、海上航运等事业常带来严重威胁。1983年春, 大连海洋气象研究所承担了辽宁省科委下达的《黄渤海强风客观定量预报方法》课题, 在调查总结多年大风科研工作基础上, 从气候规律、天气气候规律、成因和预报方法等方面对黄渤海强风进行较全面的分析研究。

资料年代: 取自1971—1983年, 共13年。

海区划分: 将渤海及北纬35度以北的黄海海面划分成 I、II、III、IV 四个海区, 见图 1。

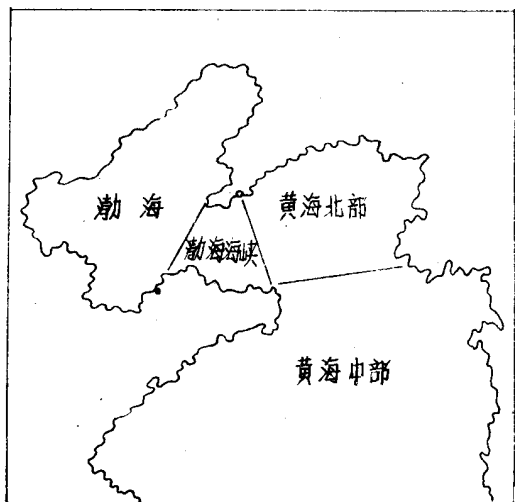


图1 海区划分

基本站点: 由沿岸站、岛屿站、石油钻井平台和船舶资料组成, 其中长江口至济州岛以北的沿岸站点32个、石油钻井平台2个、

海运部门的部分船舶。

渤海为我国最大内海, 但无一站点。为分析海面实际风情, 以6号、7号石油钻井平台资料代表渤海湾风场实况; 选用长锦、长河、长力、长绣、长山、战斗45号和育红等船舶的观测记录加密黄海海面观测密度。在1971—1983年13年中, 仅用常规气象观测资料, 只能确定135次强风过程, 而同时使用气象与钻井平台及船舶观测记录, 则可确定163次过程。其中尤以北强风差异显著。常规气象观测资料只能确定98次北强风过程, 增加使用平台、船舶观测记录后, 则确定125次过程, 避免了强风统计中21.6%过程的遗漏。因此, 所用资料比较接近黄渤海历史上出现过强风的实际。

强风标准⁽¹⁾: 黄渤海海域辽阔, 当受同一天气系统影响时, 由于所处天气系统的部位不同, 过程风力分布很不均匀。为使风场描述更接近于实际, 按过程最大风力及分布范围两个主要条件, 将北强风划分成特强、全区性和区域性三个等级。其余风向的强风由于强度较弱, 故只确定为区域性一个等级。

一、黄渤海强风气候规律⁽¹⁾

(一) 强风的时间分布特征

1. 年际变化大。年强风日数的变异系数为0.21—0.43, 月变异系数平均为1.04—1.47, 最大月变异系数达3.49, 最小月变异系数为0.44。

2. 季节差异明显。强风最多季节的日数为最少季节的2.2—6.5倍。

3. 日变化不明显。昼夜均可发生, 持续

*课题组成员: 张其芳(执笔)、吴厚德、王世兰、龙淑仙、宋永康、张建中、王欣德、刘大刚(海运学校教员)。

时间短，一般为6—12小时。

(二) 强风的地理分布特征

1. 年强风日数海区间差异显著，黄海北部仅为渤海的42%。

2. 夏半年强风日数海区间差异不大，冬半年差异大，黄海北部仅为渤海的29%。

3. 夏季强风日数海区间差异最小，春季黄海中部为渤海的43%，秋、冬季黄海北部仅为渤海的26—27%。

4. 全年强风的风向，黄海北部偏南与偏北风各占40%，夏半年以偏南风为主，其余海区，年或冬、夏半年均以偏北风为主。

5. 黄海北部连续两天以上强风日数少于其他海区，且未出现过连续三天以上强风。

(三) 强风的极值

1. 偏北强风最大平均风速为30米/秒，偏南强风最大平均风速为26米/秒。

2. 年强风日数最多为29天，最少为4天。

3. 月强风日数最多7天，最少为0天。

4. 强风持续时间最长为渤海海峡，达2天。

概括黄渤海强风的气候规律：时间分布上，年际变化，季节差异明显，昼夜均可发生，持续时间短。地理分布上，强风日数海区间差异显著，全年强风除黄海北部夏半年以偏南风为主，其余海区均以偏北风占主导。其原因是：强风的出现主要取决于天气系统影响，而不受季风环流所制约。

二、黄渤海强风天气气候规律⁽²⁾

黄渤海强风的天气气候分析，是从天气、统计学角度，对天气过程影响系统进行统计分析。为海洋天气预报业务提供了可借鉴的强风天气形势背景和天气气候依据。

(一) 北、南强风高压频数和路径的地理分布

1. 北强风高压频数和路径。图2是全年高压频数及其平均路径。因蒙古地区是W、NW和N路径高压的必经之地，故最大高压频数中心落在蒙古西北部。次中心出现在河套。第三大高压频数中心在华东，是绝大多

数北方高压减弱分裂后从华东入海的结果。单纯西路径的高压造成黄渤海强风机会不多，主要需有南支低压系统的配合。这一条件对其他高压路径的强风过程也适用。

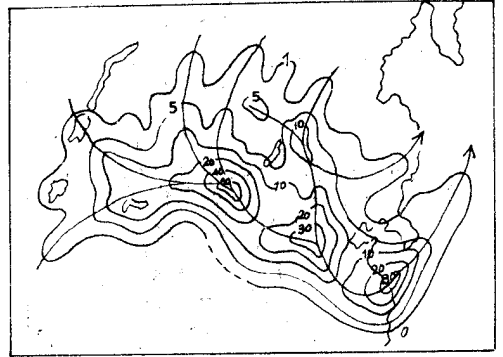


图2 年北强风高压路径频数

2. 南强风高压频数和路径。南强风高压路径(图3)主要有两条：一条从蒙古西北部经河西走廊和华中地区，在浙闽沿海入东海，折向东北移向日本；另一条从蒙古东部南下，经过华北和华东，在长江口附近入海，也转向东北移向日本。当我国东北地区具备特定的低压系统条件，不论是哪一条路径的高压，都是用常规的经验预报判定黄渤海南大风的重要依据。

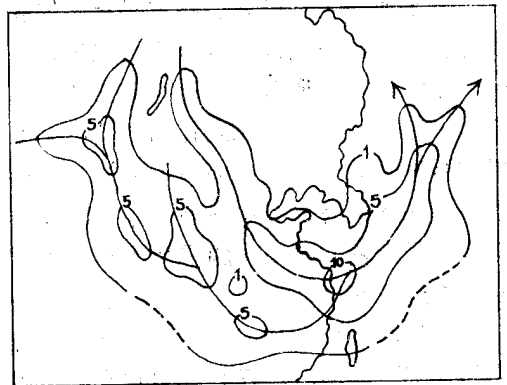


图3 年南强风高压路径频数

(二) 北强风低压频数和路径

北强风年气旋频数高中心分别在蒙古、我国东北平原和日本海，其中日本海是最高

中心(图4)。

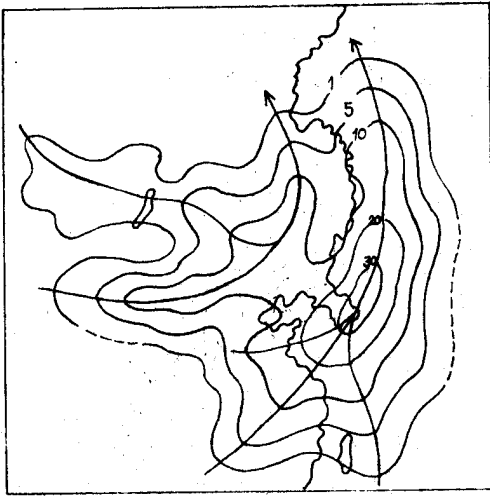


图4 年北强风低压路径频数

(三) 强风天气过程的各类天气系统

1. 北强风各类天气系统。①高、低结合类: 频率为60%; ②寒潮冷锋类: 频率为28%; ③暴发性低压: 频率为7.8%; ④北上台风类: 频率为4%。

2. 南强风各类天气系统。①南高北低; ②东高西低。

三、黄渤海强风成因分析

黄渤海强风集中发生在冬半年, 但夏半年也有发生。通过大量分析工作发现, 冬半年, 在特定环流形势下, 存在着高纬西风大槽与中纬西风小槽的相互作用。这种相互作用有两种现象: ①高纬西风大槽与中纬西风小槽的相互结合。②中纬西风小槽减弱并入高纬西风大槽。夏半年的强风则存在着“三带”系统的相互作用。

黄渤海强风60%发生于高、低压系统相互配置下⁽²⁾, 高、低压系统的相互配置实质上是中高纬不同属性天气系统的结合。这种相互作用形成了强冷暖空气、强锋区、强急流和强气压梯度等有利于强风产生的环境物理条件在特定环流形势下造成黄渤海域强风

天气过程。

为探讨强风成因, 研究工作中采用有限元计算方法, 设计程序⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾, 通过计算强风个例的物理量场, 对几种主要天气类型进行了诊断分析。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

(一) 黄渤海强风与急流

对寒潮、暴雨的研究都曾十分重视急流的重要作用。在黄渤海强风研究过程中与急流的关系分析表明: 冬半年产生的强风、急流多存在于700hPa以上各层的中低空。而且在不同强风类型中, 急流的表现形式及作用有所不同。暴发性气旋及高、低压相互配置的强风类型中, 存在着南、北两支急流, 并成两支不同属性的输送带。与暴雨过程急流输送水汽和动量的作用相比较, 强风过程, 西北急流向南输送冷空气和负涡度, 而西南急流则向北输送热量和正涡度, 它们的相互汇合, 促使了气旋的迅速发展。急流的存在和它对强风产生的作用, 不仅在水平方向上表现十分明显, 在垂直方向上同样表现十分清楚。

寒潮冷锋型强风⁽³⁾, 没有西南急流的存在, 只有一支强劲的西北急流在于西风带长波脊前、槽后, 并配合较大的动能区。由于动能对天气系统的发展和维持起着重要作用, 所以当强西北急流向东南方向伸展至贝蒙一带时, 加速引导了冷空气向南暴发, 使黄渤海产生强风。

(二) 黄渤海强风与对流层锋区⁽⁶⁾

对流层锋区是温度水平对比最大、斜压性最强、位能储量最多的区域。同时, 也是最有利于垂直环流发展与能量转换的区域。无论是在水平和垂直结构上都具有一定的特殊性。水平结构上具有较大的动力性质和显著的水平锋生效应, 以及纬向分布的特征; 垂直结构上具有逐渐增大的坡度和较大的位温水平梯度。黄渤海产生强风的过程, 正是冷暖空气强烈汇合、温度水平梯度明显增大

之时，即对流层锋区影响的结果。

为定量表达锋区强度并有效地应用于实际预报中，在40—55°N、100—120°E区域内，选取7个测站组成数组计算温度差。通过对72条锋区在500、700、850hPa上各层温度水平梯度的统计和分析，得出了较理想的判据。其中60%在1000公里内的温差为14.5—24.2℃，25%在1000公里内的温差为12.1—13.3℃。

(三) 黄渤海强风与气压梯度⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

由于低层大风的产生主要是气压梯度力做功的效应。对高、低压相互配合和强低压两种类型的强风而言，气压梯度加大的关键在于低压的强烈发展。正涡度平流是低压发展的主要因子，涡度平流增大或爆发性增大，却能引起地面气旋加深或爆发性加深。分析表明，当气旋中心的强降压 $\leq -5\text{hPa}$ 和气旋后部强加压 $\geq +5\text{hPa}$ ，使高、低压之间等压线加密，气压梯度大大加强，并导致强风的产生。

对寒潮冷锋型偏北强风涡度场、涡度平流场、厚度平流场、温度平流场和动能场分析的结果，看到了它们与冷空气暴发、气压梯度加大的相应关系却较好。

(四) 黄渤海强风与强冷空气

偏北强风的产生，冷空气活动是最基本的条件，也是预报分析的直接着眼点，据统计⁽³⁾⁽⁸⁾，寒潮冷锋型强风出现前36小时贝蒙地区的700hPa冷中心强度90%以上达到 -35°C 以下，24小时负变温在 -6°C 以下，而当有低压系统配合时，冷空气强度往往达到中等强度以上即能造成偏北强风过程。

四、黄渤海偏北强风的机选相似和预报⁽⁷⁾

强风预报正确与否，关键在于形势场的预报。形势场机选相似方法，是将历史上黄渤海强风过程的形势场，经普查和资料处理，以数据形式储存在微机中，并根据相似原理，

计算输出与当前形势场相似的历史过程，使那些人脑难以记忆的强风过程随时重现。通过对形势场和强风关系的检验，在程序中加入了7组反映锋区条件的因子，可在对形势场机选相似的基础上做出有无强风的预报。

机选相似的计算范围，根据对影响槽经常经过区域的统计确定为： $35-65^\circ\text{N}$ 、 $80-120^\circ\text{E}$ ，见图5。

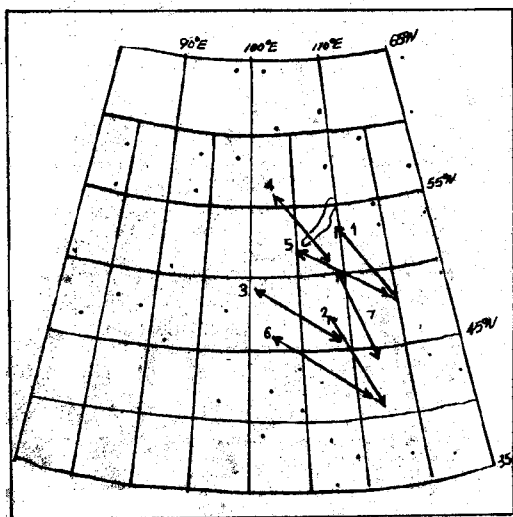


图5 机选相似的计算范围

强风的拟求样本与原始样本的相似判别，

采用相关系数公式：
$$R_{ij} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2 \sum(x_j - \bar{x}_j)^2}}$$

从对每个拟求样本 R_{ij} 的计算结果中依次挑选出五个最大值，作为从历史个例中挑选的五个较相似过程，分别输出这五个相似过程的时间、风强等级、地面气压场和冷空气路径。示例输出结果如下：

Z(1) = .956233061

1978.12.8.08

STRONG. HandL. NW

Z(2) = .953988665

1979.3.8.08

STRONG. HandL. NW

Z(3) = .943696993

1979.11.2.20

STRONG . CF . W

Z(4) = .937466067

1972.3.18.08

STRONG . L . NW

Z(5) = .936308456

1974.10.25.20

STRONG . CF . W

p = 14

GALE IS EXpECTED IN 36
HOURS

用本方法做强风预报,操作方便,结果直观,准确度较高。试报结果准确率达78.94%。

(一) 黄渤海北强风天气动力统计 预报方法⁽⁸⁾

1. 起报条件

(1) 巴湖脊贝湖槽型。脊区: 40—65°N, 65—90°E 范围, 脊线在80°E 附近; 北槽区: 40—65°N, 90—120°E 范围; 南槽区: 33—40°N, 98—112°E, 南槽槽线在105°E 附近(图6)。

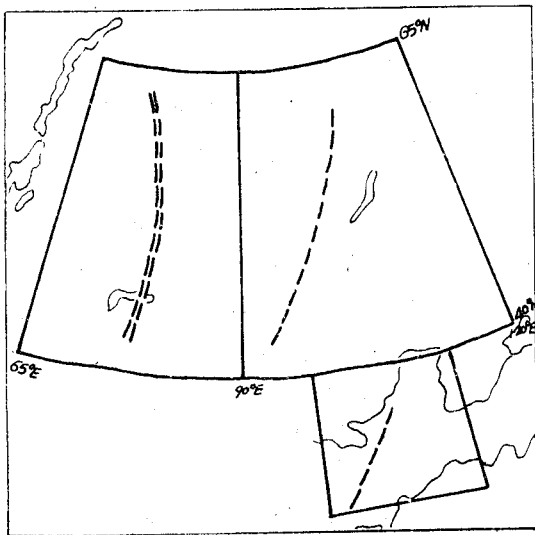


图6 巴湖脊贝湖槽型700hPa槽脊位置

①当脊进入脊区, 第一组23933、24817; 第二组28952、30710; 第三组35361、44231,其

中至少有一组风向从左向右呈反气旋转动, 即每组的第一个站风向为SE至WSW; 每组第二个站风向为NW至NE。

②在脊区 $\Delta H_{24} \geq +8$ 十位势米;

$\Delta T_{24} \geq +5$ °C。

③在北槽区36096、44231、44292、44259、30554、30758、44354、53068等站中至少有两站有风向切变。

④北槽区 $\Delta H_{24} \leq -2$ 十位势米;

$\Delta T_{24} \leq -8$ °C。

⑤南槽区25889、57036、57515、57494等站有风向切变或52889站为SE至SW风, 或各站均为SW至SE风范围的均可。

⑥南槽区 $\Delta H_{24} \leq -2$ 十位势米。

⑦在槽脊区36177和30935, 51431和44354站高度(H)差分别 ≥ 8 十位势米和 ≥ 4 十位势米。

(2) 低槽绕涡旋转型。脊区在40—65°N, 40—60°E, 脊线在40—50°E 附近, 低涡中心在55—75°N, 95—135°E (图7)。

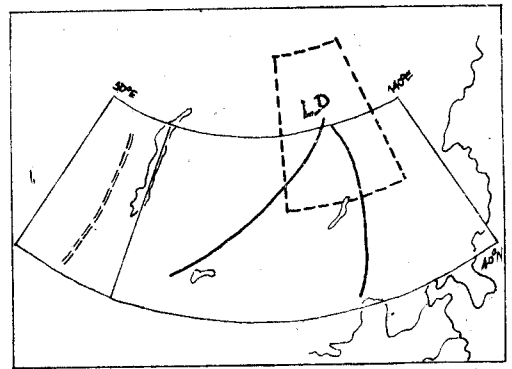


图7 低槽绕涡旋转型700hPa槽脊位置

①脊区最大正 $\Delta T_{24} \geq 4$ °C, $\Delta H_{24} \geq 8$ 十位势米。

②与冷涡配合的冷中心温度 ≤ -32 °C。

③槽区气温最低值 ≤ -34 °C。

④槽区最小负 $\Delta T_{24} \leq -6$ °C, 负 $\Delta H_{24} \leq -4$ 十位势米。

⑤在45—70°N, 75—100°E 范围至

少有四个站的风向是300—040度，风速 \geq 12米/秒。

(3) 东西路冷空气叠加型。45—70°N、40—140°E 范围为两槽一脊：欧洲大槽在45—70°N、40—75°E 范围；东亚大槽在45—70°N、105—140°E 范围。脊区在45—70°N、75—110°E 范围。

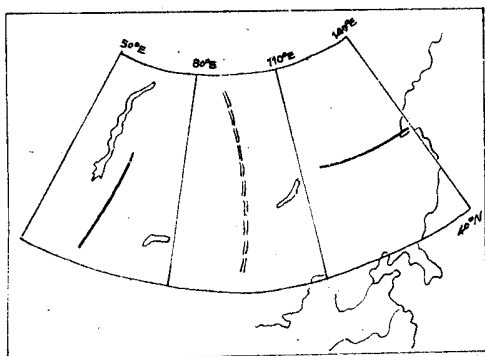


图8 东西路冷空气叠加型700hPa槽脊位置

①脊后至少有三个站风向120—260°，风速 \geq 12米/秒。

②东亚大槽后部至少有三个站风向为280—040°，风速 \geq 12米/秒。

③30、50区气温最低值为 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 。

④45—55°N、105—130°E 范围 $\Delta T_{24} < -5^{\circ}\text{C}$ 。

⑤ $T_{30758} - T_{54662} < -10^{\circ}\text{C}$ 。

⑥ $T_{50758} - T_{54662} < -10^{\circ}\text{C}$ 。

2. 预报方程和检验结果

三种天气类型共建立77个预报方程。现仅介绍I、II、III、IV海区的12个预报方程。

检验结果：用1985年10月—1986年3月资料，符合北强风三种类型起报场条件的9次参加检验。符合黄渤海北强风标准的只有叠加型1次，属于区域性强风，预报结果报出了这次强风过程，其余8次过程均未达到北强风标准，而预报也无强风，检验结果效果良好。

综上所述，《黄渤海强风客观定量预报

类型	海区	方 程
1	巴湖脊贝湖槽	I $Y_{21} = 20.8155 + 0.2031X_1 + 0.5608X_3 - 0.0032X_5 - 0.6957X_7 - 0.0267X_{17}$
		II $Y_{31} = -28.9658 - 0.0025X_6 - 0.0398X_7 + 0.1638X_9 - 0.0098X_{17} - 0.0166X_{18} + 0.3458X_{19}$
		III $Y_{41} = -54.1753 - 0.0024X_6 - 0.1207X_7 + 0.1229X_{11} - 0.1915X_{16} - 0.0105X_{17} + 0.1201X_{20}$
		IV $Y_{51} = -78.6934 - 0.3451X_2 - 0.1791X_7 + 0.1546X_{11} - 0.2857X_{15} + 0.3535X_{19}$
2	低槽绕涡旋转	I $Y_{21} = 19.1896 - 0.2664X_4 - 0.0050X_5 - 0.0918X_7 + 0.1283X_{14} - 0.2043X_{19}$
		II $Y_{31} = 14.5554 - 0.4248X_3 + 0.0045X_5 + 0.2474X_{19}$
		III $Y_{41} = 19.4480 + 0.5045X_1 + 0.0091X_5 - 0.0040X_6 - 0.2194X_8 + 0.1843X_{13} + 0.3109X_{14}$
		IV $Y_{51} = -35.5757 - 0.4381X_3 - 0.0048X_5 + 0.1678X_9 - 0.1685X_{16} - 0.0141X_{18} + 0.3013X_{20}$
3	东西路冷空气叠加	I $Y_{21} = 50.7127 - 0.2660X_{13} + 0.4592X_{15} - 0.0223X_{17} - 0.0658X_{18}$
		II $Y_{31} = 72.7323 + 0.9600X_3 - 0.0096X_5 - 0.6569X_7 - 0.1683X_9 + 0.3034X_{16} - 0.0127X_{17}$
		III $Y_{41} = 29.2541 + 0.4569X_2 - 0.2343X_{14} - 0.1031X_{15} + 0.4081X_{19}$
		IV $Y_{51} = 20.1849 - 0.0044X_6 - 0.4694X_{13} - 0.2658X_{14} + 0.0174X_{17}$

方法》课题组，经过三年的努力完成了《黄渤海强风年鉴》四册。同时，对黄渤海强风的气候和天气气候特征提出了较系统的分析。通过对强风个例物理量场的计算和诊断分析，探索了强风与急流，与对流层锋区，与气压梯度，与冷空气的关系。因此，对强风的成因有了一个比较深入的认识。黄渤海偏北强风的机选相似方法和天气动力统计方法，基本上实现了寻找相似大风过程的客观化和自动化。同时，将天气—动力—统计方法用于大风预报，并对天气学分型的数值化表示进行了较好的探索。但今后需尽可能地延长大风个例资料的时间序列，并实现从资料收集，方程计算直到预报结果的文字图形输出的自动化，从而建立强风的客观定量业务预报系统。

技术报告附录

- (1) 黄渤海强风气候分析 (宋永康 张中建)
- (2) 黄渤海强风天气过程的天气气候统计分析 (吴厚德 龙淑仙)
- (3) 低槽绕涡旋转型物理量场的诊断分析 (王世兰)

(下转15页)

我们看到凌源县气象站刘云辉同志在1986第四期辽宁气象上发表的《一个亟待解决的问题》一文后颇受启发。刘云辉虽然参加测报工作仅四年，但他对获取完整原始记录的重要性理解很深刻，运用事实揭示出我们现行的规章制度中的不完善之处，并以改革的精神，大胆提出自己的想法，这是难能可贵的。他的“几点建议”很好，值得大家学习和效仿。

从1986年的年终全省业务检查看，测报工作中原始记录存在的问题较多，是当前测报工作中的薄弱环节。刘云辉反映的问题，这次年检中也存在不容忽视。因此，各级台站要引起重视，认真抓好这件事。全面提高原始记录质量不是权宜之计，而是百年大计。

对于刘云辉提出的问题，我们准备在调查研究的基础上，对有关制度做一些补充和修改。

(上接13页)

- (4) 黄渤海低压强风物理量场的诊断分析(王欣德)
- (5) 气旋“北消南生”的物理量场诊断分析(刘大刚、张其芳)
- (6) 黄渤海强风对流层锋区特征分析(张其芳、王世兰)
- (7) 黄渤海北强风的机选相似和预报(张其芳、刘大刚)
- (8) 黄渤海北强风天气动力统计预报方法(王世兰、吴厚德)
- (9) 黄渤海强风物理量场计算程序及其应用(王世兰、张其芳、龙淑仙)
- (10) 黄渤海强风物理量场有限元计算方法(王世兰、王志远)
- (11) 黄渤海强风年鉴(张其芳、吴厚德、龙淑仙)

503有L进入关键区时,报次日傍晚到夜间我区局部地区有冰雹,凡502有L进入关键区时,报次日我区局部地区有冰雹。实况只要我地区有一乡出成灾冰雹或一站出冰雹就算报对,其历史拟合率50%。为了提高准确率,寻找了一个消空指标,即规定与L相对应的 $+\zeta_5$ 中心强度必须 ≥ 60 ,且进入关键区二(即 $41-46^\circ\text{N}$ 、 $117-123^\circ\text{E}$),综合预报条件如图2所示,消空之后,历史拟合率提高到60%,详见表2。

表2 冷涡冰雹的历史拟合率

月 份	6	7	8	9	总和
预报次数	3	3	1	3	10
报对次数	1	2	1	2	6
空报次数	2	1	0	1	4
漏报次数	0	0	0	0	0
成功率%	33.3	66.7	100	66.7	60.0

四、1986年应用效果

1986年共套上三次,即6月1日报2日,6月10日报11日,6月27日报28日有冰雹。实况:阜新地区都出现成灾冰雹,即预报三次均基本正确,没有漏报。7—9月虽有冰雹,但不属于冷涡系统,所以“冷涡东南下”1986年的预报成功率为100%。

参 考 文 献

- [1] 苏福庆, 雹暴短期预报方法, 北京市气象研究所, 1982年7月。
- [2] 林爱香等, 数值预报产品的再分析, 辽宁气象, (2) 1986年。

