

ICS 07. 060

A 47



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 123—2011

QX/T 123—2011

无线电探空资料质量控制

Quality control for radiosonde data

2011-04-07 发布

2011-09-01 实施

中国气象局 发布

中华人民共和国
气象行业标准
无线电探空资料质量控制
QX/T 123—2011

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>
发行部:010-68409198
北京京科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1.5 字数:45千字
2011年7月第一版 2011年7月第一次印刷

*

书号:135029-5474 定价:12.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301

目 次

前言	III
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 质量控制流程和内容	2
4 质量控制方法	3
4.1 格式检查	3
4.2 缺测值检查	3
4.3 界限值检查	3
4.4 主要变化范围检查	3
4.5 时间一致性检查	4
4.6 内部一致性检查	4
4.7 质量控制综合分析	6
4.8 质量控制标识	6
附录 A (资料性附录) 温度、风速、厚度的气候学界限值	7
附录 B (规范性附录) 计算公式和判定方法	9
参考文献	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气象基本信息标准化技术委员会(SAC/TC 346)提出并归口。

本标准起草单位:国家气象信息中心。

本标准主要起草人:汪万林、王伯民、郭发辉、刘小宁。

无线电探空资料质量控制

1 范围

本标准规定了无线电探空(压、温、湿、风)资料质量控制的内容和方法。
本标准适用于对无线电探空(压、温、湿、风)资料的质量控制。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

无线电探空资料 **radiosonde data**

采用气球携带探空仪以自由升空方式对自地球表面到几万米高度空间空气运动的状态和气象要素的变化进行探测、收集、处理所得的气压、温度、湿度、风向、风速等资料。

2.2

质量控制 **quality control**

观测记录达到所要求质量的操作技术和活动。

[QX/T 66—2007, 定义 3.1]

2.3

质量控制码 **quality control flag**

标识数据质量的数字。

[QX/T 93—2008, 定义 3.2]

2.4

格式检查 **format check**

数据是否符合规定格式的检查。

[QX/T 118—2010, 定义 2.3]

2.5

值域检查 **numerical range check**

气象记录是否在其值域范围内的检查。

[QX/T 118—2010, 定义 2.4]

2.6

气候学界限值 **climatic range**

从气候学的角度不可能出现的气象要素的临界值。

[QX/T 66—2007, 定义 3.2]

2.7

气候极值 **climatic extremum**

在固定地点的气象台站历史上曾出现过的最大(小)值或在一定的时间范围内出现概率很小的气象记录。

[QX/T 66—2007, 定义 3.4]

2.8

主要变化范围检查 main change range check

在指定的地域和时域范围内,要素数据是否在其主要变化范围内的检查。

[QX/T 118—2010,定义 2.7]

2.9

时间一致性检查 time consistency check

对气象记录在一定时间范围内的变化是否具有特定规律的检查。

[QX/T 66—2007,定义 3.6]

2.10

内部一致性检查 internal consistency check

同一时间观测的气象要素记录之间的关系应符合一定物理联系的分析。

[QX/T 66—2007,定义 3.5]

2.11

订正数据 corrected data

当原始观测数据疑误或缺测时,通过一定的统计方法计算或估算,可用以代替原疑误或缺测数据的数据。

[QX/T 93—2008,定义 3.3]

2.12

修改数据 revised data

当原始观测数据疑误或缺测时,经查询用以代替原疑误或缺测数据的数据。

[QX/T 93—2008,定义 3.4]

2.13

测站高度 station elevation

测站水银气压表槽面的海拔高度。

注:单位为米。

2.14

相对时间 relative time

各层数据的实际探测时间与放球时间 YYGG 的差值。

注:单位为秒。

2.15

相对经度 relative longitude

各层数据实际探测点相对于测站位置的经度偏离值。

注:单位为度。

2.16

相对纬度 relative latitude

各层数据实际探测点相对于测站位置的纬度偏离值。

注:单位为度。

3 质量控制流程和内容

3.1 格式检查。未通过格式检查的数据应进行格式订正,然后才能进行下一步的检查。

3.2 缺测值检查。

3.3 界限值检查。

- 3.4 主要变化范围检查、时间一致性检查、内部一致性检查。
- 3.5 质量控制综合分析,并对每个数据赋予相应的质量控制码。
- 3.6 在某一步检查中被认定为错误的资料不再参与后续的检查。

4 质量控制方法

4.1 格式检查

格式检查应按照 QX/T 118—2010,3.2.1 的要求,对观测数据的结构以及每条数据记录的长度进行检查。

4.2 缺测值检查

缺测值检查应按照 QX/T 118—2010,3.2.2 的要求,检查某个观测数据是否为缺测数据,若为缺测数据,不再进行其他检查。

4.3 界限值检查

4.3.1 值域检查

4.3.1.1 超出值域范围的资料为错误资料。

4.3.1.2 要素值域范围如下:

- a) 陆地测站区站号:区号为 01~98,站号为 001~999。
- b) 船舶测站应为水域,且地球象限电码值与马士顿十度方格号所指地理区域应相符,位置范围为:
 - 1) 地球象限电码值为 1、3、5、7;
 - 2) 马士顿十度方格号为 001~288、300~623、901~936;
 - 3) 纬度为 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$;
 - 4) 经度为 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。
- c) 测站高度: $-450\text{ m}\sim 9000\text{ m}$ 。
- d) 相对时间: $-9999\text{ s}\sim 9999\text{ s}$ 。
- e) 相对经度: $-4.999^{\circ}\sim 4.999^{\circ}$ 。
- f) 相对纬度: $-4.999^{\circ}\sim 4.999^{\circ}$ 。
- g) 相对湿度: $0\%\sim 100\%$ 。
- h) 风向: $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。
- i) 温度露点差不小于 0°C 。

4.3.2 气候学界限值检查

4.3.2.1 超越气候学界限值的资料为错误资料。

4.3.2.2 要素气候学界限值如下:

- a) 本站气压气候学界限值: $300\text{ hPa}\sim 1100\text{ hPa}$;
- b) 规定等压面层温度、风速及层间厚度的气候学界限值参见表 A.1、表 A.2;
- c) 特性层温度、风速探测资料的气候学界限值参见表 A.1 的相应要素气候学界限值;
- d) 规定高度层风速的气候学界限值参见表 A.1 的相应高度所在气压层的风速气候学界限值。

4.4 主要变化范围检查

4.4.1 进行测站主要变化范围检查的要素有地面层气压、各规定等压面层高度、各层温度、温度露点

差、风速等。要素主要变化范围的选取按探测时次和月(或季节)采用下述方法之一确定:

- a) 取测站或区域气候极值;
- b) 用测站或区域气候平均值加上 X 倍标准差求取变化范围最大值,减去 X 倍标准差求取变化范围最小值;
- c) 取一定概率条件下测站或区域历史资料变化范围临界值。

4.4.2 超出要素主要变化范围的探测资料为可疑资料。

4.4.3 特性层温度、温度露点差、风速等要素探测资料的主要变化范围可参照规定等压面层的相应要素主要变化范围。

4.4.4 规定高度层的风速主要变化范围可参照邻近规定等压面层的风速主要变化范围。

4.4.5 参照规定等压面层的要素主要变化范围时,用邻近两层规定等压面的该要素最大上限值和最小下限值,作为该层要素主要变化范围的最大、最小值。

4.5 时间一致性检查

4.5.1 在相同月份或季节中,同一测站同一时次的地面层气压、温度和规定等压面层的高度、温度的24小时日变化应在一定范围内,超出要素主要变化范围的资料为可疑资料。

4.5.2 要素日变化主要变化范围的制作方法是,用测站历史探测资料计算某要素同一时次每一日与上一日的差值,得到差值序列,按照4.4中的方法确定单站各月(或各季)各时次各层各要素日变化的主要变化范围。

4.6 内部一致性检查

4.6.1 同一层中相关要素的检查

4.6.1.1 温度、露点

温度(TT)和露点(Td)的一致性检查如下:

- a) 陆地站地面层温度露点差小于 0°C 或大于 52°C ,则其中至少有一个是错误值;
- b) 船舶测站地面层温度露点差小于 0°C 或大于 30°C ,则其中至少有一个是错误值;
- c) 规定等压面层温度小于露点,则其中至少有一个是错误值;
- d) 零度层的温度露点差应小于等于 38°C 。

4.6.1.2 风向、风速

风向是静稳、风速不为零,风向不是静稳、风速为零,或者风向、风速只有一个是缺测,该风向、风速可疑。

4.6.2 不同层中相关要素的检查

4.6.2.1 规定等压面层温度递减变化检查

用上下相邻规定等压面层的气压、温度和超绝热温度订正值计算上层的极限最低温度(见B.1),如果上层的探测温度低于该极限最低温度,则上、下层的气压、温度可疑。

注:该方法也可用于规定等压面层与相邻特性层温度的检查。

4.6.2.2 规定等压面层高度检查

若相邻规定等压面层厚度与采用静力学公式(见B.2.1)计算的厚度的偏差值大于给定厚度偏差阈值(见表B.2),应重新计算该相邻层的厚度偏差阈值(见B.2.2),并按新的阈值进行判定。如果偏差值仍然超过重新计算的厚度偏差阈值,则该相邻层中的位势高度、温度、露点可疑。

当相邻规定等压面层间出现对流层顶时,分别计算规定等压面层与对流层、对流层与规定等压面层的厚度[见式(B.3)~(B.5)],然后相加得到相邻规定等压面层的厚度。

4.6.2.3 风切变检查

风切变的检查内容如下:

- a) 风速切变检查:对相邻三个规定等压面层(或规定高度层),分别计算相邻两层的风速差值的绝对值并与阈值进行比较,视其偏离阈值的程度来判断中间层的风速是否正常(见B.3);
- b) 风向和风速切变检查:对相邻三个规定等压面层(或规定高度层),分别计算相邻两层的风速和、风向切变绝对值并与相应气压层指定风向切变条件下风速和的最大阈值进行比较,视其偏离最大阈值的程度来判断中间层的风向风速是否正常(见B.4)。

4.6.2.4 零度层检查

零度层检查应遵循下列要求:

- a) 零度层气压应小于等于地面层气压;
- b) 零度层高度应大于等于地面层高度;
- c) 零度层高度等于规定等压面层高度时,两层对应要素值相等;
- d) 零度层温度应低于高度在该零度层之下的所有规定等压面层的温度。

4.6.2.5 对流层顶检查

对流层顶检查包含:

- a) 合理性检查:第一对流层顶的气压值应为 500 hPa~150 hPa(不含 150 hPa);第二对流层顶的气压值应在 150 hPa 以上,国内内地探测资料第二对流层顶的气压值应为 150 hPa~40 hPa。国内内地测站 1976 年(含)以后的资料中各对流层顶最多只允许出现一个。
- b) 温度垂直变化检查:进行对流层顶与相邻规定等压面层之间的温度递减变化检查,方法同 4.6.2.1。
- c) 风切变检查:对流层顶与相邻上、下规定等压面层的风切变应在所给阈值之内,方法同 4.6.2.3。

4.6.2.6 最大风层合理性检查

最大风层合理性检查应遵循下列要求:

- a) 国内内地探测资料的最大风层气压值按高空探测规范的规定检查,其他国家或地区探测资料的最大风层气压值按世界气象组织的相关规定检查。如果气压值不符合规定,则最大风层有错。
- b) 最大风层的风速应大于 30 m/s,且应大于探测到的相邻上、下层的风速。若最大风层的风速小于等于探测到的相邻上、下层风速,该最大风层有错;若最大风层的风速小于等于探测到的相邻上、下层风速之一,则该层风速与最大风层的风速可疑。
- c) 在电码格式的高空天气报中,有两个或两个以上最大风层时,应按风速降序排列。风速相等时,应按所在的高度升序排列。否则相关最大风层有错。

4.6.2.7 温、湿特性层合理性检查

温、湿特性层合理性检查应遵循下列要求:

- a) 特性层第一层的气压、温度、温度露点差应与地面层的对应要素相等,不相等时相应要素可疑;
- b) 当特性层气压与对流层顶气压相等时,其他对应要素也相等,否则,相应要素可疑。

4.6.2.8 规定等压面层与特性层一致性检查

4.6.2.8.1 温、湿度计算检查

计算规定等压面层温度、相对湿度(由温度、温度露点差计算得出)与相邻上、下特性层内插所得的温度、相对湿度的对应差值(见 B.5),如果温度差值大于表 B.4 中的温度差值阈值(ΔT_{\max}),则此三层的温度可疑;如果相对湿度差值大于 15,则此三层的温度、温度露点差可疑。

4.6.2.8.2 风向、风速差值计算检查

对应计算规定等压面层风向、风速探测值与用相邻上、下特性层风资料合成的风向、风速的差值绝对值(见 B.6),如果风向、风速差值绝对值超过给定阈值,则相关规定等压面层和特性层的风向、风速可疑。

4.7 质量控制综合分析

质量控制综合分析按照 QX/T 118—2010,3.2.8 的要求进行,对上述检查后的可疑资料进行综合分析,辨别其正确与否;对检查为错误的资料进行原因分析,便于错误资料的纠正及今后数据质量的提高。

4.8 质量控制标识

质量控制后的数据应进行质量标识。表示资料质量的标识有:正确、可疑、错误、订正数据、修改数据、缺测、未做质量控制。资料质量标识用质量控制码表示。质量控制码及其含义见表 1。

表 1 质量控制码及其含义

质量控制码	含义	质量控制码	含义
0	正确	5	预留
1	可疑	6	预留
2	错误	7	预留
3	订正数据	8	缺测
4	修改数据	9	未作质量控制

附 录 A
(资料性附录)

温度、风速、厚度的气候学界限值

表 A.1 给出了大气各规定等压面层或相应平均高度层温度、风速气候学界限值。表 A.2 给出了大气各规定等压面层间厚度的气候学界限值。

表 A.1 大气各规定等压面层或相应平均高度层温度、风速气候学界限值

序号	气压 hPa	高度 gpm	温度界限值 ℃	风速界限值 m/s
1	1100	—600	—90~60	0~100
2	1000	300	—90~60	0~100
3	925	900	—90~60	0~100
4	850	1500	—90~40	0~100
5	700	3000	—90~30	0~100
6	500	5500	—100~10	0~120
7	400	7000	—100~0	0~150
8	300	9000	—100~-5	0~180
9	250	10000	—100~-5	0~180
10	200	12000	—100~-5	0~180
11	150	14000	—100~-5	0~170
12	100	16500	—100~-5	0~170
13	70	18500	—100~5	0~170
14	50	20000	—100~5	0~170
15	30	22000	—100~5	0~110
16	20	26000	—100~5	0~110
17	10	30000	—100~5	0~95
18	07	33000	—90~20	0~100
19	05	36000	—80~30	0~140
20	03	39000	—70~35	0~170
21	02	42000	—70~40	0~220
22	01	48000	—70~40	0~220
23	0.1		—70~40	0~220

注 1:非上述气压层或高度层的温度、风速气候学界限值,用邻近两层中的最大上限值和最小下限值作为该层的气候学界限值。

注 2:此表取自欧洲中心高空质量控制方案。用 1000 hPa 和 850 hPa 的高度内插出 925 hPa 的高度,并用 1000 hPa 的界限值作为 925 hPa 的界限值。

表 A.2 大气各规定等压面层间厚度气候学界限值

序号	气压 hPa	厚度界限值 gpm
1	1000~925	410~820
2	925~850	450~850
3	850~700	1040~1810
4	700~500	1750~2940
5	500~400	1130~1840
6	400~300	1450~2300
7	300~250	920~1440
8	250~200	1130~1770
9	200~150	1450~2280
10	150~100	2050~3230
11	100~70	1800~2860
12	70~50	1700~2740
13	50~30	2580~4160
14	30~20	2050~3310
15	20~10	3510~5650
16	10~07	1850~2990
17	07~05	1850~2940
18	05~03	2960~4580
19	03~02	2410~3690
20	02~01	4120~6360

注 1:非上述气压层之间的厚度气候学界限值,可按其气压所在层应用气压对数差的比例分配方法计算界限值。

注 2:此表由表 A.1 的温度界限值计算而得。

附录 B
(规范性附录)
计算公式和判定方法

B.1 绝对不稳定条件下的上层极限最低温度计算公式和超绝热温度订正值

极限温度计算公式：

$$TT_{n+1} = (273.15 + t_n) \times (P_{n+1}/P_n)^{R_d/c_p} - CT_{n+1} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

TT_{n+1} ——第 $n+1$ 层的极限最低温度,单位为开尔文(K)；

t_n ——第 n 层的温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)；

P_{n+1} ——第 $n+1$ 层的气压,单位为百帕(hPa)；

P_n ——第 n 层的气压,单位为百帕(hPa)；

R_d ——干空气气体常数,取值 287.05,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)]；

c_p ——干空气比定压热容,取值 1004.64,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)]；

CT_{n+1} ——容许的 n 到 $n+1$ 层超绝热温度订正值,单位为开尔文(K),见表 B.1。

表 B.1 超绝热温度订正值

序号	层 hPa	超绝热温度订正值 K
1	1100~1000	4.5
2	1000~850	3.5
3	850~700	2.5
4	700~500	1.5
5	500~400	1.0
6	400~0	0.5

注:此表取自欧洲中心高空质量控制方案。

B.2 厚度偏差检查和判别

B.2.1 厚度偏差计算公式和厚度偏差界限值

相邻两层之间的厚度偏差计算公式：

$$\Delta H = |H_{n+1} - H_n - HH| \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

n 到 $n+1$ 层厚度 HH 由下式算出：

$$HH = (R_d/g) \times ((TV_n + TV_{n+1})/2) \times \ln(P_n/P_{n+1}) \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

n 、 $n+1$ 层虚温 TV_n 、 TV_{n+1} 分别由下式算出：

$$TV_n = (273.15 + t_n) \times (1 + 0.378 \times E_n/P_n) \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

$$TV_{n+1} = (273.15 + t_{n+1}) \times (1 + 0.378 \times E_{n+1}/P_{n+1}) \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式(B.2)~式(B.5)中：

ΔH —— n 到 $n+1$ 层探测厚度与计算厚度之偏差值,单位为位势米(gpm)；

- H_n —— n 层的位势高度,单位为位势米(gpm);
- H_{n+1} —— $n+1$ 层的位势高度,单位为位势米(gpm);
- HH —— 由静力学公式推算的 n 到 $n+1$ 层厚度,单位为位势米(gpm);
- R_d —— 干空气气体常数,取值 287.05,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];
- g —— 重力加速度,取值 9.80655,单位为米每二次方秒(m/s²);
- TV_n —— 第 n 层虚温,单位为开尔文(K);
- TV_{n+1} —— 第 $n+1$ 层虚温,单位为开尔文(K);
- P_n —— 第 n 层气压,单位为百帕(hPa);
- P_{n+1} —— 第 $n+1$ 层气压,单位为百帕(hPa);
- t_n —— 第 n 层的温度,单位为摄氏度(°C);
- E_n —— 第 n 层水汽压(温度等于露点时的饱和水汽压),单位为百帕(hPa);
- t_{n+1} —— 第 $n+1$ 层的温度,单位为摄氏度(°C);
- E_{n+1} —— 第 $n+1$ 层水汽压(温度等于露点时的饱和水汽压),单位为百帕(hPa);
- 273.15 —— 标准温度(水的冰点),单位为开尔文(K)。

水汽压(E_n 、 E_{n+1}) E 的计算公式:

$$E = \begin{cases} e_w & t_d \geq -10.0^\circ\text{C} \\ e_i & t_d \leq -40.0^\circ\text{C} \\ [(40.0 + t_d) \times e_w - (10.0 + t_d) \times e_i] / 30 & -10.0^\circ\text{C} > t_d > -40.0^\circ\text{C} \end{cases} \dots\dots (\text{B. 6})$$

纯水平液面饱和水汽压 e_w 由下式算出:

$$\lg e_w = 10.79574 \times (1 - 1/J) - 5.028 \times \lg J + 0.000150475 \times [1 - 10^{8.2969 \times (1-J)}] + 0.00042874 \times [10^{4.76955 \times (1-1/J)} - 1] + 0.78614 \dots\dots (\text{B. 7})$$

纯水平冰面饱和水汽压由下式算出:

$$\lg e_i = 0.78614 - 9.09685 \times (1/J - 1) + 3.56654 \times \lg J + 0.87682 \times (1 - J) \dots\dots (\text{B. 8})$$

式(B.7)、(B.8)中的 J 由下式算出:

$$J = (t_d + 273.15) / 273.16 \dots\dots (\text{B. 9})$$

式(B.6)~式(B.9)中:

- e_w —— 纯水平液面饱和水汽压,单位为百帕(hPa);
- e_i —— 纯水平冰面饱和水汽压,单位为百帕(hPa);
- t_d —— 统计层的露点温度,单位为摄氏度(°C);
- 273.15 —— 标准温度(水的冰点),单位为开尔文(K);
- 273.16 —— 水的三相点温度,单位为开尔文(K)。

表 B.2 规定等压面层间厚度偏差阈值

P_{n+1}/hPa	925	850	700	500	400	300	250	200	150	100
P_n/hPa	1000	925	850	700	500	400	300	250	200	150
$\Delta H_{\max}/\text{gpm}$	15	15	30	40	30	40	35	45	60	60

注:此表取自 1993 年国家气象中心《气象观测资料的质量控制客观分析和四维同化》科技文献。

B.2.2 厚度偏差阈值计算公式

$$TOL = 0.375 \times (TE_n + TV_{n+1} - TV_n - TE_{n+1}) / 2 \times (R_d/g) \times \ln(P_n/P_{n+1}) \dots\dots (\text{B. 10})$$

当 $P_n > 400$ hPa 时, TOL 最小取值 20 gpm,最大取值 50 gpm;

当 $P_n \leq 400$ hPa 时, TOL 最大取值 80 gpm。

外插温度 TE_n 、 TE_{n+1} 由下式算出:

$$TE_{n+1} = TV_n \times (P_{n+1}/P_n)^{R_d/c_p} \quad \dots\dots(B.11)$$

$$TE_n = TV_{n+1} / (P_{n+1}/P_n)^{R_d/c_p} \quad \dots\dots(B.12)$$

式(B.10)~式(B.12)中:

TOL ——两层间厚度偏差阈值,单位为位势米(gpm);

TV_n ——第 n 层虚温,单位为开尔文(K);

TE_{n+1} ——按干绝热直减率从 n 层外插出的 $n+1$ 层温度;

TE_n ——按干绝热直减率从 $n+1$ 层外插出的 n 层温度;

TV_{n+1} ——第 $n+1$ 层虚温,单位为开尔文(K);

R_d ——干空气气体常数,取值 287.05,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];

g ——重力加速度,取值 9.80655,单位为米每二次方秒(m/s²);

P_n ——第 n 层的气压,单位为百帕(hPa);

P_{n+1} ——第 $n+1$ 层的气压,单位为百帕(hPa);

c_p ——干空气比定压热容,取值 1004.64,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)]。

B.3 风速切变检查计算公式和判别

设第 n 层、第 $n+1$ 层的风速为 F_n 、 F_{n+1} (风速单位为米每秒)。

若 $|F_n - F_{n+1}| > 20.6 + 0.275 \times (F_n + F_{n+1})$, 取 $FX_{n,n+1} = 1$;

否则,若 $|F_n - F_{n+1}| > 16.5 + 0.22 \times (F_n + F_{n+1})$, 取 $FX_{n,n+1} = 0.5$;

否则,取 $FX_{n,n+1} = 0$ 。

同理求得 $FX_{n-1,n}$ 。

如果 $FX_{n-1,n} + FX_{n,n+1} \geq 1.5$, 则第 n 层风速错; 如果 $1.5 > FX_{n-1,n} + FX_{n,n+1} \geq 0.5$, 第 n 层风速可疑。

B.4 风向和风速切变检查计算公式和判别

设第 n 层、第 $n+1$ 层的风向、风速为 D_n 、 F_n 、 D_{n+1} 、 F_{n+1} (风向单位为度,风速单位为米每秒)。

若 $F_n + F_{n+1} > F_{\max}$, 取 $DX_{n,n+1} = 1$;

否则,若 $F_n + F_{n+1} > 0.8 \times F_{\max}$, 取 $DX_{n,n+1} = 0.5$;

否则,取 $DX_{n,n+1} = 0$ 。

式中, F_{\max} 为不同风向切变 ($\Delta D = |D_n - D_{n+1}|$, 若 $\Delta D > 180^\circ$, 则取 $\Delta D = 360^\circ - \Delta D$) 条件下风速和的最大阈值(见表 B.3)。

同理求得 $DX_{n-1,n}$ 。

如果 $DX_{n-1,n} + DX_{n,n+1} \geq 1.5$, 第 n 层风向、风速错;

如果 $1.5 > DX_{n-1,n} + DX_{n,n+1} \geq 0.5$, 第 n 层风向、风速可疑。

表 B.3 不同风向切变条件下风速和的最大阈值(F_{max})

气压层 范围 hPa	$F_{max}/(m/s)$							
	$\Delta D < 30^\circ$	$30^\circ \leq \Delta D < 40^\circ$	$40^\circ \leq \Delta D < 50^\circ$	$50^\circ \leq \Delta D < 60^\circ$	$60^\circ \leq \Delta D < 70^\circ$	$70^\circ \leq \Delta D < 80^\circ$	$80^\circ \leq \Delta D < 90^\circ$	$90^\circ \leq \Delta D$
700~150	—	110	84	77	70	63	52	50
其他	—	72	61	57	53	49	46	41

注:此表取自 1993 年国家气象中心《气象观测资料的质量控制客观分析和四维同化》科技文献。

B.5 温、湿度计算检查公式及温度差值阈值

温度差值绝对值计算公式:

$$\Delta T = |TT_n - T_n| \dots\dots\dots (B.13)$$

规定等压面层温度 TT_n 由下式算出:

$$TT_n = T_i + [\ln(P_n/P_i) / \ln(P_{i+1}/P_i)] \times (T_{i+1} - T_i) \dots\dots\dots (B.14)$$

式(B.13)~式(B.14)中:

- ΔT ——规定等压面第 n 层的温度差值绝对值,单位为摄氏度($^\circ C$),四舍五入后取小数 1 位;
- TT_n ——内插计算的规定等压面层(第 n 层)温度,单位为摄氏度($^\circ C$);
- T_n ——规定等压面层(第 n 层)的温度,单位为摄氏度($^\circ C$);
- T_i ——相邻特性层(第 i 层)的温度,单位为摄氏度($^\circ C$);
- P_n ——规定等压面层(第 n 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- P_i ——相邻特性层(第 i 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- P_{i+1} ——相邻特性层(第 $i+1$ 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- T_{i+1} ——相邻特性层(第 $i+1$ 层)的温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

相对湿度差值绝对值计算公式:

$$\Delta EU = |EEU_n - EU_n| \dots\dots\dots (B.15)$$

规定等压面层相对湿度 EEU_n 由下式算出:

$$EEU_n = EU_i + [\ln(P_n/P_i) / \ln(P_{i+1}/P_i)] \times (EU_{i+1} - EU_i) \dots\dots\dots (B.16)$$

式(B.15)~式(B.16)中:

- ΔEU ——规定等压面第 n 层的相对湿度差值绝对值,单位为百分率(%),四舍五入,取整数;
- EEU_n ——内插计算的规定等压面层(第 n 层)相对湿度,单位为百分率(%);
- EU_n ——规定等压面层(第 n 层)相对湿度,单位为百分率(%);
- EU_i ——相邻特性层(第 i 层)的相对湿度,单位为百分率(%);
- P_n ——规定等压面层(第 n 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- P_i ——相邻特性层(第 i 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- P_{i+1} ——相邻特性层(第 $i+1$ 层)的气压,单位为百帕(hPa);
- EU_{i+1} ——相邻特性层(第 $i+1$ 层)的相对湿度,单位为百分率(%)。

相对湿度(EU_n, EU_i, EU_{i+1}) U 计算公式:

$$U = (E/E_{sd}) \times 100 \dots\dots\dots (B.17)$$

式中:

- U ——相对湿度,单位为百分率(%);

E ——空气中的水汽压,单位为百帕(hPa);

E_{at} ——空气温度(或干球温度)所对应的水面饱和水汽压,单位为百帕(hPa)。

水汽压、饱和水汽压的计算见式(B.6)~式(B.9)。

表 B.4 温度差值阈值(ΔT_{\max})

ΔT_{\max} 取值	取值条件
1.0℃	$P_n \geq 300$ hPa 并且 $P_n \geq$ 第一对流层顶气压
2.0℃	$P_n < 300$ hPa 或者 $P_n <$ 第一对流层顶气压

注:此表取自 WMO. Manual on Code. WMO—No. 306,1995。

B.6 规定等压面层与特性层风向、风速差值计算公式和判别

风速合成值与探测值的差值绝对值计算公式:

$$\Delta F_n = |FF_n - F_n| \quad \dots\dots\dots (B.18)$$

规定等压面层风速合成值 FF_n 由下式算出:

$$FF_n = (UU_n^2 + VV_n^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (B.19)$$

规定等压面层风的纬向分量 UU_n 、经向分量 VV_n 分别由下式算出:

$$UU_n = U_i + [\ln(P_n/P_i)/\ln(P_{i+1}/P_i)] \times (U_{i+1} - U_i) \quad \dots\dots\dots (B.20)$$

$$VV_n = V_i + [\ln(P_n/P_i)/\ln(P_{i+1}/P_i)] \times (V_{i+1} - V_i) \quad \dots\dots\dots (B.21)$$

特性层风的纬向分量 U_i 、 U_{i+1} 分别由下式算出:

$$U_i = F_i \times \sin(\pi/180 \times \alpha_i) \quad \dots\dots\dots (B.22)$$

$$U_{i+1} = F_{i+1} \times \sin(\pi/180 \times \alpha_{i+1}) \quad \dots\dots\dots (B.23)$$

特性层风的经向分量 V_i 、 V_{i+1} 分别由下式算出:

$$V_i = F_i \times \cos(\pi/180 \times \alpha_i) \quad \dots\dots\dots (B.24)$$

$$V_{i+1} = F_{i+1} \times \cos(\pi/180 \times \alpha_{i+1}) \quad \dots\dots\dots (B.25)$$

式(B.18)~式(B.25)中:

ΔF_n ——规定等压面层(第 n 层)风速合成值与探测值的差值绝对值,单位为米每秒(m/s);

FF_n ——规定等压面层(第 n 层)风速合成值,单位为米每秒(m/s);

UU_n ——规定等压面层(第 n 层)风的纬向分量,单位为米每秒(m/s);

U_i ——特性层(第 i 层)风的纬向分量,单位为米每秒(m/s);

P_n ——规定等压面层(第 n 层)气压,单位为百帕(hPa);

P_i ——特性层(第 i 层)气压,单位为百帕(hPa);

P_{i+1} ——特性层(第 $i+1$ 层)气压,单位为百帕(hPa);

U_{i+1} ——特性层(第 $i+1$ 层)风的纬向分量,单位为米每秒(m/s);

VV_n ——规定等压面层(第 n 层)风的经向分量,单位为米每秒(m/s);

V_i ——特性层(第 i 层)风的经向分量,单位为米每秒(m/s);

V_{i+1} ——特性层(第 $i+1$ 层)风的经向分量,单位为米每秒(m/s);

F_i ——特性层(第 i 层)风速,单位为米每秒(m/s);

α_i ——特性层(第 i 层)风向,单位为度($^\circ$);

F_{i+1} ——特性层(第 $i+1$ 层)风速,单位为米每秒(m/s);

α_{i+1} ——特性层(第 $i+1$ 层)风向,单位为度($^\circ$);

π ——圆周率,取值 3.14159265。

风向合成值计算公式：

$$\omega = (\arctan |UU_n / VV_n|) \times 180 / \pi \quad \dots\dots\dots (B. 26)$$

风向合成值与探测值的差值绝对值计算公式：

$$\Delta D_n = |DD_n - D_n| \quad \dots\dots\dots (B. 27)$$

若 $\Delta D_n > 180^\circ$ ，则取 $\Delta D_n = 360^\circ - \Delta D_n$ 。

式(B. 26)～式(B. 27)中：

ω —— 风向，单位为度($^\circ$)；

UU_n —— 规定等压面层(第 n 层)风的纬向分量，单位为米每秒(m/s)；

VV_n —— 规定等压面层(第 n 层)风的经向分量，单位为米每秒(m/s)；

ΔD_n —— 规定等压面层(第 n 层)风向合成值与探测值的差值绝对值，单位为度($^\circ$)；

DD_n —— 规定等压面层(第 n 层)风向合成值(见表 B. 5)，单位为度($^\circ$)；

D_n —— 规定等压面层(第 n 层)风向探测值，单位为度($^\circ$)；

π —— 圆周率，取值 3. 14159265。

表 B. 5 风向(DD_n)取值表

DD_n 取值	取值条件
0°	$VV_n = 0$ 并且 $UU_n = 0$
90°	$VV_n = 0$ 并且 $UU_n > 0$
270°	$VV_n = 0$ 并且 $UU_n < 0$
ω	$VV_n > 0$ 并且 $UU_n > 0$
$180^\circ - \omega$	$VV_n < 0$ 并且 $UU_n \geq 0$
$180^\circ + \omega$	$VV_n < 0$ 并且 $UU_n < 0$
$360^\circ - \omega$	$VV_n > 0$ 并且 $UU_n \leq 0$

风切变的判定方法：

如果 $\Delta D > 10^\circ$ ，相关规定等压面层和特性层的风向可疑。

如果 $\Delta F > 5$ m/s，相关规定等压面层和特性层的风速可疑。

参考文献

- [1] QX/T 66—2007 地面气象观测规范 第 22 部分:观测记录质量控制
 - [2] QX/T 93—2008 气象数据归档格式 地面气象辐射
 - [3] QX/T 118—2010 地面气象观测资料质量控制
 - [4] 中国气象局监测网络司. 常规高空气象探测规范(试行),2003
 - [5] 中国气象局监测网络司. 高空气象探测手册(“59-701”微机数据处理系统部分). 北京:气象出版社,2001
 - [6] 中国气象局监测网络司. L 波段(1 型)高空气象探测系统业务操作手册. 北京:气象出版社,2005
 - [7] WMO. Manual on Code. WMO—No. 306,1995
-