



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 628—2021

常规高空气象观测数据处理方法

Data processing of routine upper-air meteorological observation

2021-10-14 发布

2022-01-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

| | |
|------------------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 处理方法 | 2 |
| 4.1 观测项目 | 2 |
| 4.2 温度订正 | 3 |
| 4.3 气压订正 | 3 |
| 4.4 各层空间定位(相对经度、相对纬度)数据计算 | 3 |
| 4.5 空间定位数据特殊情况下处理方法 | 3 |
| 4.6 量得风层计算 | 4 |
| 4.7 规定等压面位势高度计算 | 4 |
| 4.8 计算规定层风特殊情况处理方法 | 5 |
| 4.9 规定等压面气象要素值计算 | 5 |
| 4.10 零度层的选取和气象要素值计算 | 6 |
| 4.11 对流层顶的选取和气象要素值计算 | 6 |
| 4.12 温、湿特性层选取和气象要素值计算 | 7 |
| 4.13 风特性层的选取和气象要素值的计算 | 8 |
| 4.14 温、压、湿失测处理方法 | 9 |
| 4.15 规定高度层风计算 | 10 |
| 4.16 最大风层的选取和气象要素值的计算 | 12 |
| 4.17 综合观测无斜距的处理方法 | 12 |
| 4.18 气球下沉记录的处理方法 | 12 |
| 4.19 仰角低于测站高空观测系统天线最低工作仰角的处理 | 13 |
| 4.20 常规报文编制方法 | 13 |
| 4.21 高空气象标准格式文件编制 | 13 |
| 4.22 高空记录月报表的编制与统计方法 | 13 |
| 4.23 高空全月观测数据归档格式文件的制作 | 14 |
| 附录 A(规范性) 计算公式 | 15 |
| A.1 本站气压(水银气压表) | 15 |
| A.2 水汽压及相对湿度 | 15 |
| A.3 露点温度及温度露点差 | 16 |
| A.4 厚度及海拔位势高度 | 17 |
| A.5 量得风层 | 17 |
| A.6 线性插值公式 | 19 |
| A.7 规定等压面间的平均升速 | 20 |
| A.8 平均升速 | 20 |
| A.9 矢量风 | 20 |

| | | |
|------|--------------------------------------|----|
| A.10 | 观测系统测量位势高度 | 20 |
| A.11 | 观测系统(雷达)测高反算气压 | 22 |
| A.12 | 相对经纬度偏差 | 22 |
| A.13 | 相对时间 | 22 |
| A.14 | 基测检定箱和气压基测值测量设备不在同一海拔高度的气压订正公式 | 23 |
| 参考文献 | | 24 |

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)提出并归口。

本文件起草单位：中国气象局气象探测中心、河北省气象局、陕西省气象局。

本文件主要起草人：杨荣康、任晓毓、徐磊、刘立辉、白水成、夏元彩、李欣。

常规高空气象观测数据处理方法

1 范围

本文件给出了常规高空气象观测数据的处理方法及计算公式。

本文件适用于固定陆地测站基于计算机处理、使用上升气球携带探空仪的雷达、无线电经纬仪、探空接收机、小球测风类型高空气象观测系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- QX/T 120 高空风探测报告编码规范
- QX/T 121 高空压、温、湿、风探测报告编码规范
- QX/T 234 气象数据归档格式 探空
- QX/T 418 高空气象观测数据格式 BUFR 编码

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

单独测风观测 only wind-finding observation

只获取高空风资料的观测过程。

3.2

量得风层 wind level vary with time

使用高空观测系统获取的气球球坐标仰角、方位、斜距数据计算得到的从地面至高空随时间变化的风层资料。

3.3

位势高度 geopotential height

把单位质量的物体从海平面上升到某高度时克服重力所作的功来表示的高度。

注:单位为位势米。

3.4

规定等压面 standard pressure level

高空气象观测站进行观测和整理的气压层。

3.5

零度层 freezing level

在高空气象观测中观测到大气温度为零度的最低高度层。

3.6

对流层顶 tropopause

大气上空一个厚的对流阻滞层,是对流层和平流层之间一个明显的过渡层,以温度垂直递减率急剧减小为主要特征,它阻碍积雨云顶的垂直发展、气溶胶和水汽的垂直交换。

3.7

规定高度层风 standard height wind level

高空气象观测站进行观测和整理的高度风层。

3.8

最大风层 max wind level

空中风风速超过 30 m/s 的大风区中的风速最大层。

3.9

时高线 altitude curve vary with time

各规定等压面位势高度和对应时间(距放球时刻)组成时高曲线。

3.10

温、湿特性层 temperature/humidity significant level

根据时温曲线和时湿曲线梯度变化选取的能反映测站上空大气层结构的气层。

3.11

风特性层 wind significant level

根据量得风层曲线梯度变化选取的能反映测站上空大气风层结构的气层。

3.12

最低工作仰角 lowest working elevation

观测系统可以保证测量精度的天线最低仰角值。

3.13

相对经度 relative longitude

各层数据实际观测点相对于测站位置的经度偏差值。

3.14

相对纬度 relative latitude

各层数据实际观测点相对于测站位置的纬度偏差值。

4 处理方法

4.1 观测项目

常规高空气象观测数据处理过程中使用的观测项目及其数据类型、单位和显示分辨力见表 1。

表 1 观测项目

| 项目名称 | 单位 | 数据类型 | 显示分辨力 |
|------|-----|------|-------|
| 时间 | s | 浮点 | 1 |
| | min | 浮点 | 0.1 |
| 温度 | ℃ | 浮点 | 0.1 |
| 气压 | hPa | 浮点 | 0.1 |
| 相对湿度 | % | 浮点 | 1 |

表 1 观测项目(续)

| 项目名称 | 单位 | 数据类型 | 显示分辨力 |
|--------|-----|------|-------|
| 仰角 | ° | 浮点 | 0.01 |
| 方位 | ° | 浮点 | 0.01 |
| 距离 | m | 浮点 | 1 |
| 高度 | m | 浮点 | 1 |
| 露点 | °C | 浮点 | 0.1 |
| 温度露点差 | °C | 浮点 | 0.1 |
| 风向 | ° | 浮点 | 1 |
| 风速 | m/s | 浮点 | 0.1 |
| 相对经度偏差 | ° | 浮点 | 0.001 |
| 相对纬度偏差 | ° | 浮点 | 0.001 |

4.2 温度订正

探空仪温度传感器感应的大气温度值需订正后才能数据处理环节使用。

4.3 气压订正

探空仪施放前基测时,如果气压基测值使用非基测检定箱测定,且基测检定箱与气压测量设备不在同一海拔高度上,那么探空仪测得的气压仪器值应按附录 A 的 A. 14 订正到气压测量设备所在海拔高度上后再进行气压基值的测定比较。

4.4 各层空间定位(相对经度、相对纬度)数据计算

空间定位数据即各规定层相对测站的经度、纬度差值。

计算各层空间定位数据时,先从高空观测系统测得的每分钟仰角、方位角、斜距或高度数据,然后仰角和斜距数据分别经过 A. 10.1 和 A. 10.2 对订正后,按照 A. 12.1 和 A. 12.2 计算得到每分钟的空间定位数据。

高空观测资料中规定等压面、温湿特性层、风特性层、零度层、对流层顶、规定高度层风、最大风层等对应的空间定位数据均从该分钟空间定位数据按照 A. 6.3 用时间线性插值方式得到。

4.5 空间定位数据特殊情况下处理方法

4.5.1 探空终止时间大于测风终止时间时

当探空观测资料空间定位数据的时间大于测风终止时间时,按下列方法处理计算:

- 差值大于或等于 1 min 时,探空观测资料空间定位数据作失测处理;
- 差值小于 1 min 时,探空观测资料空间定位数据采用分钟经纬度数据线性外延插值方法计算。

4.5.2 分钟经纬度数据失测时

分钟经纬度数据失测时,按下列方法处理计算:

- 连续失测时间大于 5 min 时,位于该失测层内的观测资料空间定位数据作失测处理;
- 连续失测时间小于或等于 5 min 时,位于该失测层内的观测资料空间定位数据应按照 A. 6.3

用上下最接近的分钟空间定位数据通过时间线性插值方式计算。

4.6 量得风层计算

4.6.1 计算方法

量得风层从高空观测系统测得的每分钟仰角、方位角、斜距(高度)坐标数据应按照 A.5 给出的公式计算得到。

计算量得风层时,采用分段调整计算时间间隔的方式进行计算。

4.6.2 量得风层时间间隔

4.6.2.1 计算量得风层时,计算时间间隔应符合表 2 的要求。

表 2 计算量得风层时间间隔

| 时间范围 min | 时间间隔 min | 量得风层时间 min |
|-------------|-------------|----------------------|
| 0~21 | 1 | 0.5、1.5……19.5 |
| 22~42 | 2 | 21.0、22.0……40.0、41.0 |
| ≥43 | 4 | 42.0、43.0…… |

4.6.2.2 由于 39 min~43 min、40 min~42 min 都可计算 41 min 的量得风层,正常情况下,用 39 min 与 43 min 计算 41.0 min 的量得风层;当测风数据 42 min 为结束分钟时,采用 40 min 与 42 min 计算 41.0 min 的量得风层。

4.6.2.3 使用小球测风计算时间间隔始终为 1 min。

4.6.3 球坐标记录连续失测时处理方法

4.6.3.1 当计算分钟球坐标数据连续失测时应按照表 3 进行处理,并采用变更计算层方法进行计算。

4.6.3.2 当 20 min~21 min、39 min~41 min、40 min~43 min 记录失测时,相应的量得风层作失测处理。

表 3 计算分钟球坐标数据连续失测时的处理方法

| 时间范围 min | 失测时间 min | 处理方法 |
|-------------|-------------|--------|
| 0~20 | =1 | 记录照常整理 |
| | ≥2 | 作失测处理 |
| 20~40 | ≤2 | 记录照常整理 |
| | ≥3 | 作失测处理 |
| >40 | ≤4 | 记录照常整理 |
| | ≥5 | 作失测处理 |

4.7 规定等压面位势高度计算

各规定等压面位势高度用测站位势高度和各规定等压面层间的位势厚度累加得到。按下列步骤

计算：

- a) 分别计算出两个规定等压面之间的平均温度、平均气压和平均湿度；
- b) 按照 A. 4.1 的厚度计算公式计算各规定等压面之间的厚度，终止层气压值精确到 0.1 hPa 参与计算厚度；
- c) 以测站位势高度为起点，分别累加各规定等压面间的位势厚度，得到各规定等压面对应的位势高度。

各规定等压面位势高度和对应时间(距放球时刻)组成时高曲线。

4.8 计算规定层风特殊情况处理方法

4.8.1 从量得风层通过规定等压面，温、湿特性层，零度层，对流层顶及规定高度风的时间线性插值风向风速时，如遇下列情况按表 4 的替代范围用最接近的量得风层风就近替代，若超出替代范围，按失测处理：

——规定层的上、下两量得风层之一为静风时；

——规定层的上、下两量得风层风向相差为 $(180 \pm 3)^\circ$ ，又不能判断风向顺时针还是逆时针变化时。

4.8.2 当插值规定等压面、特性层、零度层、对流层顶及规定高度风遇有上、下两量得风层风失测(或记录终止)时，按照表 4 的规定用最接近的量得风层风替代，若超出替代范围，按失测处理。

表 4 规定层风替代范围

| 规定高度范围 ΔH gpm | 规定高度替代范围 gpm |
|-----------------------------------|-----------------|
| $\Delta H \leq 900$ (距地) | ± 100 |
| 900 (距地) $< \Delta H \leq 6000$ | ± 200 |
| $6000 < \Delta H$ | ± 500 |

4.9 规定等压面气象要素值计算

4.9.1 规定等压面层

应进行气象要素值计算的各规定等压面层应符合表 5 的规定。

表 5 规定等压面层

| 序号 | 等压面 hPa | 序号 | 等压面 hPa | 序号 | 等压面 hPa | 序号 | 等压面 hPa | 序号 | 等压面 hPa |
|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|
| 1 | 地面层 | 7 | 500 | 13 | 100 | 19 | 15 | 25 | 1 |
| 2 | 1000 | 8 | 400 | 14 | 70 | 20 | 10 | 26 | 终止层 |
| 3 | 925 | 9 | 300 | 15 | 50 | 21 | 7 | — | — |
| 4 | 850 | 10 | 250 | 16 | 40 | 22 | 5 | — | — |
| 5 | 700 | 11 | 200 | 17 | 30 | 23 | 3 | — | — |
| 6 | 600 | 12 | 150 | 18 | 20 | 24 | 2 | — | — |

4.9.2 地面层气象要素值

地面层温度、气压、湿度、风向、风速直接使用瞬间观测值,如果使用水银气压表读取和通风干湿表计算气压和湿度的瞬间观测值,那么:

- a) 气压值经过高度和纬度的综合订正后按照 A.1 计算得到;
- b) 湿度按照 A.2 计算得到;
- c) 地面层露点温度按照 A.3.1 计算得到;
- d) 温度露点差应按照 A.3.2 计算得到。

4.9.3 等压面气象要素值

等压面气象要素值按下列方法计算:

- 在时压曲线上计算出规定等压面对应的时,使用该时分别从时温曲线、时湿曲线上按照 A.6.3 用线性插值方法计算出温度、湿度;规定等压面的露点温度、温度露点差应按 4.9.2c)、d) 计算得到;
- 在量得风层的相同时刻处分别按照 A.6.1 用线性插值方法计算出规定等压面的风向、风速;
- 空间定位数据根据规定等压面时从分钟空间定位数据线性插值得到,时间定位数据根据规定等压面时间与放球时间差得到;
- 各规定等压面间的平均升速应按照 A.7 计算得到,地面至终止层的平均升速应按照 A.8 计算得到。

当某层规定等压面高度在测站海拔高度以下时,该层不计算气象要素值。

4.9.4 终止层气象要素值

终止层温度、气压、湿度直接使用探空终止时刻数据。

终止层的露点温度、温度露点差、风向、风速、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算得到。

4.10 零度层的选取和气象要素值计算

4.10.1 选取条件

从时温线上选取只选一个零度层,且符合下列要求:

- 当出现几个零度层时,选取高度最低的一层;
- 地面层瞬间温度低于零度时,不选零度层;
- 施放瞬间温度为零度时,地面层即为零度层。

4.10.2 气象要素值计算方法

零度层选出后,根据零度层时,分别从时压曲线、时湿曲线、时高曲线上分别按照 A.6.2 和 A.6.3 用线性插值方法计算出气压、湿度、位势高度。

零度层的露点温度、温度露点差、风向、风速、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算得到。

4.11 对流层顶的选取和气象要素值计算

4.11.1 选择条件

在时温曲线 500 hPa~40 hPa 之间,由温度垂直递减率开始小于或等于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 气层的最低高度,向上 2 km 及其以内的任何高度与该最低高度间的平均温度垂直递减率均小于或等于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 时,将该最低高度选为对流层顶。

4.11.2 第一对流层顶(500 hPa~150 hPa)的选取

500 hPa~150 hPa(不含 150 hPa)之间,若出现符合对流层顶选择条件的气层,则该气层选为第一对流层顶。

第一对流层顶最多选一个。如果有几个气层都符合第一对流层顶选取条件,选取高度最低的一个作为第一对流层顶。

4.11.3 第二对流层顶(150 hPa~40 hPa)的选取

4.11.3.1 存在第一对流层顶的选取方法

在第一对流层顶以上,由温度垂直递减率开始大于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 气层的最低高度起,向上 1 km 及其以内的任何高度与该最低高度间的平均温度垂直递减率均大于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$,并在该最低高度以上又出现符合对流层顶选择条件的气层(若该符合对流层顶条件的气层出现在 150 hPa 以下,该气层不选为第二对流层顶,而后在 150 hPa 或以上又出现符合对流层顶条件的气层,则应在此气层以下重新出现由温度垂直递减率开始大于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 气层的最低高度起,向上 1 km 及其以内的任何高度与该最低高度间的平均温度垂直递减率均大于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 的过渡层),则该气层选为第二对流层顶。

4.11.3.2 不存在第一对流层顶的选取方法

当未出现符合第一对流层顶条件的气层时,在 150 hPa 或以上至 40 hPa 之间,若出现符合对流层顶的选择条件的气层,则该气层选为第二对流层顶。

第二对流层顶最多选一个。如果有几个气层都符合第二对流层顶选取条件,选取高度最低的一个气层作为第二对流层顶。

因记录终止,拟选的对流层顶处以上的厚度不足 2 km 时,将记录终止时的温度以干绝热温度递减率($1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)递减到 2 km 厚度的位置处,其平均温度垂直递减率小于或等于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 时,选为第二对流层顶,否则不选。

对流层顶附近遇有记录做失测处理时,则不选取该对流层顶。

4.11.4 气象要素值计算方法

选出对流层顶以后,对流层顶对应的时间、温度、气压、湿度、高度也被同步选出。

对流层顶的露点温度、温度露点差、风向、风速、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算得到。

4.12 温、湿特性层选取和气象要素值计算

4.12.1 选取条件

温、湿特性层在时温、时湿曲线上选取,满足以下条件之一选为温、湿特性层:

- 地面层、终止层、对流层顶;
- 第一对流层顶以下,大于 400 m 的等温层或大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的逆温层起始点和终止点;
- 温度失测层的起始点、中间点(任选)和终止点;
- 温度梯度的显著转折点,即两层间的温度分布与用直线连接的温度比较,大于 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (第一个对流层顶以下)或大于 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (第一个对流层顶以上)差值最大的气层;
- 湿度梯度的显著转折点,即两层间的相对湿度分布与用直线连接的相对湿度比较,大于 4% 差值最大的气层。

4.12.2 选取方法

选择特性层时,不考虑规定等压面的位置,应按照 4.12.1 在时温、时湿曲线上照实选取,选取顺序

如下：

- a) 地面层、终止层、对流层顶,并将地面层标注为地面层、温度特性层、湿度特性层,将终止层标注为终止层、温度特性层、湿度特性层,将对流层顶标注为对流层顶、温度特性层;
- b) 第一对流层顶以下的等温、逆温起始点和终止点,并分别标注为温度特性层;
- c) 温度、湿度失测起始点、中间点和终止点,并分别标注为温度失测起始点、湿度失测起始点、温度特性层、湿度特性层,温度失测中间点、湿度失测中间点、温度特性层、湿度特性层,温度失测终止点、湿度失测终止点、温度特性层、湿度特性层;
- d) 温度梯度的显著转折点,并标注为温度特性层,重复该方法直至所有相邻两层间没有温度梯度特性层为止;
- e) 湿度梯度的显著转折点,并标注为湿度特性层,重复该方法直至所有相邻两层间没有湿度梯度特性层为止;
- f) 完成以上选择后,若 110 hPa~100 hPa 之间没有温、湿特性层时,在 110 hPa~100 hPa 之间加选任意一层,并标注为温度、湿度特性层;
- g) 完成以上选择后,如两特性层的上层气压与下层气压比值小于 0.6 时,该两特性层之间任意加选一层,并标注为温度、湿度特性层。

4.12.3 气象要素值计算方法

温、湿特性层选出后对应的时间、温度、气压、湿度也被同步选出,根据温、湿特性层对应的时间,从时高线上按照 A.6.3 用线性插值方法计算出位势高度。

温、湿特性层的露点温度、温度露点差、风向、风速、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算。

4.13 风特性层的选取和气象要素值的计算

4.13.1 选取条件

风特性层从量得风层上选取,分别从时间风向、风速曲线上选取各自特性层后合成为最终风特性层,满足以下条件之一选为风特性层:

- 地面层、终止层、最大风层;
- 风失测层的起始点、中间点(任选)和终止点;
- 风速上升曲线的显著转折点,即两层间的风速分布与用直线连接的风速比较,大于 1 m/s 差值最大的气层;
- 风向上升曲线的显著转折点,即两层间的风向分布与用直线连接的风向比较,大于 2.5°差值最大的气层。

4.13.2 选取方法

选择风特性层时,应按照 4.13.1 选取条件在量得风层风向、风速曲线上照实选取,选取顺序如下:

- a) 地面层、最大风层、终止层,并分别标注为地面层和风特性层、最大风层和风特性层、终止层和风特性层;
- b) 0 min~20 min 之内(含 20 min),失测大于或等于 4 min 的起始点、中间点(任选)和终止点,并分别标注为风失测起始点和风特性层、风失测中间点和风特性层、风失测终止点和风特性层;
- c) 20 min~40 min 之内(含 40 min),失测大于或等于 6 min 的起始点、中间点(任选)和终止点,并分别标注为风失测起始点和风特性层、风失测中间点和风特性层、风失测终止点和风特性层;
- d) 40 min 以上,失测大于或等于 10 min 的起始点、中间点(任选)和终止点,并分别标注为风失测

起始点和风特性层、风失测中间点和风特性层、风失测终止点和风特性层；

- e) 风速上升曲线的显著转折点,并标注为风特性层,重复该方法直至所有相邻两层间没有风速特性层为止;
- f) 风向上升曲线的显著转折点,并标注为风特性层,重复该方法直至所有相邻两层间没有风向特性层为止。

4.13.3 气象要素值计算方法

风特性层选出后,风向、风速、时间也被同步选出,根据风特性层对应的时间分别从时温曲线、时压曲线、时湿曲线、时高曲线上按照 A.6.2 和 A.6.3 用线性插值方法计算出温度、气压、湿度、位势高度。

风特性层的露点温度、温度露点差、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算。

单独测风观测时只计算位势高度、空间定位、时间定位数据。

4.14 温、压、湿失测处理方法

遇有温、压、湿数据连续失测的情况,按表 6 处理;当连续失测处在 500 hPa 层上、下时,按 500 hPa 以下的规定处理。

表 6 温、压、湿数据连续失测的处理方法

| 要素 | 500 hPa 及以下 | | 500 hPa 以上 | |
|----|------------------------|----------------------------------|------------------------|---|
| | 失测时间 Δt min | 规定 | 失测时间 Δt min | 规定 |
| 气压 | $\Delta t \leq 5$ | 按前后趋势拟合连线 | $\Delta t \leq 7$ | 按前后趋势拟合连线 |
| | $\Delta t > 5$ | 重放球 | $\Delta t > 7$ | 不管温度记录是否正常,位势高度只计算到可靠气压记录为止。如后来又有可靠的气压、温度记录出现,可继续整理规定等压面温度、湿度记录(失测位势高度),气压失测段加补失测特性层 |
| 温度 | $\Delta t \leq 2$ | 按前后趋势拟合连线 | $\Delta t \leq 3$ | 按前后趋势拟合连线 |
| | $2 < \Delta t \leq 5$ | 按前后趋势拟合连线,供计算厚度和系统误差订正,温度数据作失测处理 | $3 < \Delta t \leq 7$ | 按前后趋势拟合连线,供计算厚度和系统误差订正用,温度数据作失测处理 |
| | $\Delta t > 5$ | 重放球 | $\Delta t > 7$ | 不管气压记录是否正常,位势高度只计算到可靠温度记录为止。如后来同时又有可靠的气压温度记录出现,可继续整理规定等压面温度、湿度记录(失测位势高度),温度失测段加补失测特性层 |
| 湿度 | $\Delta t \leq 2$ | 按前后趋势拟合连线 | $\Delta t \leq 3$ | 按前后趋势拟合连线 |
| | $2 < \Delta t \leq 5$ | 按前后趋势拟合连线,供计算厚度和系统误差订正,湿度数据作失测处理 | $3 < \Delta t \leq 7$ | 按前后趋势拟合连线,供计算厚度和系统误差订正用,湿度数据作失测处理 |

表 6 温、压、湿数据连续失测的处理方法(续)

| 要素 | 500 hPa 及以下 | | 500 hPa 以上 | |
|----|------------------------|--|------------------------|---------------------------------------|
| | 失测时间 Δt min | 规定 | 失测时间 Δt min | 规定 |
| 湿度 | $\Delta t > 5$ | 重放球(若失测层无云且前次同等高度平均相对湿度低于 30% 时,可不重放球。按前后趋势拟合连线,代计算厚度和系统误差订正用,湿度记录作失测处理) | $\Delta t > 7$ | 湿度记录只整理到有可靠湿度记录为止,其他照常整理(相对湿度按 1% 计算) |

4.15 规定高度层风计算

4.15.1 综合观测时次

4.15.1.1 距测站高空观测系统天线位势高度层

综合观测时次需要计算距测站高空观测系统天线位势高度风的高度层应符合表 7 的规定。

表 7 距测站高空观测系统天线位势高度层

| 序号 | 高度 gpm |
|----|-----------|
| 1 | 300 |
| 2 | 600 |
| 3 | 900 |

4.15.1.2 距海平面位势高度层

综合观测时次需要计算距海平面位势高度风的高度层应符合表 8 的规定。

表 8 距海平面位势高度层

| 序号 | 高度 gpm | 序号 | 高度 gpm | 序号 | 高度 gpm | 序号 | 高度 gpm |
|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
| 1 | 500 | 9 | 6000 | 17 | 16000 | 25 | 32000 |
| 2 | 1000 | 10 | 7000 | 18 | 18000 | 26 | 34000 |
| 3 | 1500 | 11 | 8000 | 19 | 20000 | 27 | 36000 |
| 4 | 2000 | 12 | 9000 | 20 | 22000 | 28 | 38000 |
| 5 | 3000 | 13 | 10000 | 21 | 24000 | 29 | 40000 |
| 6 | 4000 | 14 | 10500 | 22 | 26000 | 30 | 42000 |
| 7 | 5000 | 15 | 12000 | 23 | 28000 | 31 | 44000 |
| 8 | 5500 | 16 | 14000 | 24 | 30000 | 32 | 46000 |

4.15.1.3 计算方法

计算距观测系统天线高度的风向、风速时,使用的实际高度要加上测站海拔高度(位势米)和观测系统天线距测站海拔高度的高度(位势米)。其中:

- 规定高度层时间从时高线上线性插值求取;
- 规定高度层的风向、风速、空间定位数据、时间定位数据按 4.9.3 计算;
- 遇观测系统(雷达、无线电经纬仪)失测需补放升速为 200 m/min 的小球测风时,根据测风失测的各规定层高度在小球测风记录中,按照 A.6.3 用高度线性插值方法计算出风向、风速值,并补入观测记录中。

当测风终止时间大于探空终止时间时,若测风量得风层时间大于探空终止时间,则探空终止高度以上的规定高度层风使用单独测风方法进行计算,该部分规定高度层的风不参与编发报文,只作资料保存。

4.15.2 单独测风时次

4.15.2.1 距测站观测系统天线位势高度层

单独测风时次需要计算距测站观测系统天线位势高度风的高度层应符合 4.15.1.1。

4.15.2.2 距海平面位势高度层

单独测风时次需要计算距海平面位势高度风的高度层应符合 4.15.1.2。

4.15.2.3 规定等压面层

单独测风时次需要计算各规定等压面风,规定等压面层应符合表 5 的规定,但不包括表 5 中的地面层和未终止在规定的等压面上的终止层。

4.15.2.4 计算方法

按照 A.10.3 使用仰角、斜距计算出几何高度,然后按照 A.10.4 转换为位势高度,得到地面至高空随时间变化的时高线。其中:

- 规定等压面的时间根据最接近本时次综合观测的等压面高度,在时高线上线性插值求取,若距本时次 24 h 内综合观测失测或其终止高度低于本次单独测风观测终止高度,则应使用表 9 各规定等压面所对应的平均高度在时高线上线性插值求取时间;
- 规定高度层的时间也在时高线上插值求取,规定等压面、规定高度层的风向、风速、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算,遇观测系统失测需补放升速为 200 m/min 的小球测风时,应按 4.15.1.3 处理。

表 9 规定等压面平均高度

| 规定等压面 hPa | 平均高度 gpm | 规定等压面 hPa | 平均高度 gpm | 规定等压面 hPa | 平均高度 gpm |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1000 | 0 | 300 | 9000 | 40 | 22000 |
| 925 | 750 | 250 | 10500 | 30 | 24000 |
| 850 | 1500 | 200 | 12000 | 20 | 26000 |
| 700 | 3000 | 150 | 14000 | 15 | 28000 |
| 600 | 4000 | 100 | 16000 | 10 | 30000 |
| 500 | 5500 | 70 | 18000 | 7 | 33000 |
| 400 | 7000 | 50 | 20000 | 5 | 35000 |

4.16 最大风层的选取和气象要素值的计算

4.16.1 选取方法

4.16.1.1 最大风层在量得风层里选取,高度在 500 hPa(海拔 5500 m,指单独测风或经纬仪小球测风方式)以上,从某一高度开始至某一高度结束,出现风速连续均大于 30 m/s 的区域为“大风区”,在该“大风区”中,风速最大的层次,选为最大风层。如果:

- a) 同一“大风区”中,同一风速最大的层次有两层或以上时,选取高度最低一层为最大风层;
- b) 在某“大风区”以上,又出现另一“大风区”,且其最大风速与前一“大风区”后出现(等于或小于 30 m/s 的“大风闭合区”)的最小风速之间的差值等于或大于 10 m/s 时,后一“大风区”中风速最大的层次,也选为最大风层;
- c) 当大风区跨越 500 hPa 时,该大风区内无论风速最大的层次出现在 500 hPa 以上或以下(包括 500 hPa),作为特殊情况,该风速最大的层次也选为最大风层;
- d) 当某一“大风区”中的最大风速与前一大风区后的“大风闭合区”中出现的最小风速之间的差值虽小于 10 m/s,但该最大风速值比前一“大风区”中选出的最大风层的风速值大,且该最大风速层次为前一“大风区”后所有量得风层的风速最大值,作为特殊情况,该风速最大的层次补选为最大风层。

4.16.1.2 “大风区”的开始和终止都已观测到,为“闭合大风区”,只观测到“大风区”的开始,而没有观测到终止,则为“非闭合大风区”。

4.16.1.3 最大风层在观测记录表及编发的报文中以风速从大到小的次序排序,当两层风速相等时,以高度从低到高的次序排序。

4.16.1.4 当测风终止高度高于探空终止高度时,参与报文编发的最大风层只选到探空终止时刻用于报文编发,探空终止高度后的最大风层仍按以上选择条件选取,选出的最大风层只作为资料保存不参与报文编发。

4.16.2 气象要素值计算方法

最大风层选出后,最大风层风向、风速、闭合方式、时间也同步选出。

根据最大风层对应的时间分别从时温曲线、时压曲线、时湿曲线、时高曲线上按照 A.6.3 用线性插值方法计算出温度、气压、湿度、位势高度。

最大风层的露点温度、温度露点差、空间定位数据、时间定位数据应按 4.9.3 计算。

4.17 综合观测无斜距的处理方法

雷达观测系统综合观测时次,在仰角、方位角数据正确的前提下,当:

- 全部测风球坐标分钟数据无斜距时,按照 A.5.2—A.5.6 采用仰角、方位角、探空高度(无斜距方式)计算出量得风层。
- 部分测风球坐标分钟数据无斜距时,这部分数据采用高度替代(斜距)方式计算量得风层。

4.18 气球下沉记录的处理方法

4.18.1 探空数据的处理

确定气球下沉起始点和终止点时刻并将下沉段删除,下沉终止点以后的探空记录时间减去气球下沉段时间长度后前移衔接至下沉起始点处,以后探空记录照常整理。

4.18.2 测风数据的处理

按以下方法进行处理:

- 随探空数据同步删除气球下沉开始时间到下沉终止时间之间的球坐标秒数据；
- 下沉终止点以后的球坐标秒数据时间减去气球下沉段时间长度后前移衔接至气球下沉起始点处；
- 整分球坐标数据重新从每秒球坐标数据整分处读取；
- 计算量得风层时遇下沉记录上下衔接点间的量得风层不计算,落在该层的规定层风,符合线性插值条件按线性插值计算,不符合则按靠近法替代。

4.19 仰角低于测站高空观测系统天线最低工作仰角的处理

观测时当仰角从某分钟开始低于测站高空观测系统天线最低工作仰角,而后又回升到此值以上,测风记录照常处理。

观测时当仰角从某分钟开始低于测站高空观测系统天线最低工作仰角直至球炸,测风记录则只处理到等于或大于测站高空观测系统最低工作仰角之时。

4.20 常规报文编制方法

高空气象报告电码应按 QX/T 120、QX/T 121 规定编报。

4.21 高空气象标准格式文件编制

高空气象标准格式报文文件应按 QX/T 418 规定的格式编制。

4.22 高空记录月报表的编制与统计方法

4.22.1 总体要求

4.22.1.1 月报表中的区站号、档案号、台(站)名、年、月、经纬度、探空仪型、高空观测系统天线海拔高度等照实编制,月报表时间栏(GG)按照放球的实际时间(北京时,分钟数/60,第二位小数四舍五入)编制。

4.22.1.2 遇有观测记录失测,月报表的相应栏编制空白。

4.22.1.3 只要观测记录表中有资料,不论其资料多少,均编制到月报表相应栏中,遇有观测记录不到 500 hPa 或不足 10 min 重放球,但又超过规范规定的放球最迟限制时间,已获得 500 hPa 或不足 10 min 的记录也要在月报表相应栏编制。

4.22.2 高空风记录月报表的编制方法

4.22.2.1 高空风记录月报表各项只编制不统计。

4.22.2.2 地面、距高空观测系统天线高度风、距海平面高度风,应编制相应的风向和风速,最大风层栏应编制相应的高度、风向和风速。其编制要求包括:

- ddd 栏编制风向,以度为单位;
- ff 栏编制风速,以米/秒为单位,保留一位小数,遇有静风时,风向编制为 C,风速编制为 0;
- hhhhh 栏编制海拔高度,以米为单位。

4.22.2.3 最大风层栏只挑选观测记录中风速最大的两层编制,遇有观测记录中出现三个或以上最大风层时,风速最大的填在第一栏,当第一、第二最大风层的风速相等时,高度低的填入第一最大风层栏,高度高的填入第二最大风层栏。

4.22.3 高空压、温、湿记录月报表编制和统计

4.22.3.1 高空压、温、湿记录月报表中(规定层)的地面层、规定等压面、零度层、对流层顶中的各项除

编制外还应进行旬平均、月平均和月总次数、月最高值、月最低值的统计,特性层项只编制不作统计。

4.22.3.2 高空月平均矢量风、风的稳定度,温度露点差计算表中的地面层、规定等压面的各项分别进行月平均和矢量风(按照 A.9 计算)、风稳定度统计,并用于编发高空气候月报报文。

4.22.3.3 地面层、各规定等压面层、零度层、对流层顶及特性层各栏,应编制相应的气压、高度、温度、露点、风向、风速,其编制要求包括:

- PPPP(或 PPP)栏编制气压,以百帕为单位,保留一位小数;
- HHHH(或 HHHHH)栏编制位势高度,以米为单位;
- TTT 栏编制温度,以摄氏度为单位,保留一位小数;
- $T_d T_d$ 栏编制露点,以摄氏度为单位,保留一位小数;
- DDD、FF 栏编制同高空风记录月报表;
- 旬平均栏编制该旬实有观测记录各层气压、高度、温度、露点代数值的平均值;
- 月平均栏编制该月实有观测记录各层气压、高度、温度、露点代数值的平均值;
- 月总次数栏编制该月实有观测记录各层气压、高度、温度、露点总次数;
- 月最高值栏编制该月实有观测记录各层气压、高度、温度、露点的最高值;
- 月最低值栏编制该月实有观测记录各层气压、高度、温度、露点的最低值。

4.22.3.4 旬平均栏、月平均栏平均值温度、气压、露点保留一位小数,高度不取小数。地面层气压的旬平均值、月平均值栏分别根据每日观测记录地面瞬间气压值统计。

4.22.3.5 规定层中的各栏,只要有资料(包括只有一次),都应在统计栏中统计次数、计算平均值,并选取最高、最低值,遇特殊情况时,按以下规定统计:

- 当地面气压刚好处在某一规定等压面附近,遇有地面气压低于该规定等压面值(包括只有一次)时,该规定等压面只挑选高度月最高值,其余各项(包括旬平均、月平均、月总次数、月最高值、月最低值)均不作统计;
- 当地面温度刚好处在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 附近,遇有地面温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (含只有一次)时,零度层只挑取气压的最低值和高度的最高值,其余各项均不作统计;
- 当某规定等压面的温度刚好处在 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 附近,遇有该规定等压面温度等于或低于 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (含只有一次)时,该规定等压面的露点只统计月最高值,露点的旬平均、月平均、月总次数、月最低值均不作统计,但高度、温度的各项仍需要作统计。

4.23 高空全月观测数据归档格式文件的制作

高空全月观测数据归档格式文件的制作应按 QX/T 234 规定的格式编制。

附录 A
(规范性)
计算公式

A.1 本站气压(水银气压表)

$$P_h = (P + C) \times \frac{g_{\varphi,h}}{g_n} \times \frac{1 + \lambda t}{1 + \mu t} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- P_h ——本站气压值,单位为百帕(hPa);
- P ——水银气压表读数值,单位为百帕(hPa);
- C ——水银气压表器差订正值,单位为百帕(hPa);
- $g_{\varphi,h}$ ——测站重力加速度值,单位为米每二次方秒(m/s²),按照公式(A.2)计算;
- λ ——铜标尺膨胀系数值,单位为每摄氏度, $\lambda=0.0000184/^\circ\text{C}$;
- t ——经器差修正后的水银气压表附属温度表读数值,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);
- g_n ——标准重力加速度值,单位为米每二次方秒(m/s²), $g_n=9.80665 \text{ m/s}^2$;
- μ ——水银膨胀系数值,单位为每摄氏度, $\mu=0.0001818/^\circ\text{C}$ 。

$$g_{\varphi,h} = g_{\varphi,0} - 0.000003086h + 0.000001118(h - h') \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

- $g_{\varphi,0}$ ——测站纬度 φ 处的平均海平面重力加速度值,单位为米每二次方秒(m/s²),按照公式(A.3)计算;
- h ——测站海拔高度值,单位为米(m);
- h' ——以站点为圆心,半径为 150 km 范围内的平均海拔高度值,单位为米(m)。在 150 km 范围内地形较平坦的台站, $h' = h$ 。否则 $g_{\varphi,h}$ 采用实测值。

$$g_{\varphi,0} = 9.80620 \times [1 - 0.0026442 \times \cos 2\varphi + 0.0000058 \times (\cos 2\varphi)^2] \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

- φ ——测站纬度值,单位为度($^\circ$)。

A.2 水汽压及相对湿度

A.2.1 水汽压

水汽压 E 即温度等于露点温度时的饱和水汽压,应按照公式(A.4)计算。

$$E = \begin{cases} E_w & t_d \geq -10 \text{ }^\circ\text{C} \\ E_i & t_d \leq -40 \text{ }^\circ\text{C} \\ [(40.0 + t_d) \times E_w - (10.0 + t_d) \times E_i]/30 & -40 \text{ }^\circ\text{C} < t_d < -10 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases} \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

- E ——水汽压值,单位为百帕(hPa),使用通风速度为 2.5 m/s 的干湿表计算的空气水汽压按照公式(A.5)计算;
- E_w ——纯水平水面饱和水汽压值,单位为百帕(hPa),按照公式(A.6)计算;
- E_i ——纯水平冰面饱和水汽压值,单位为百帕(hPa),按照公式(A.7)计算;

t_d ——露点温度值,单位为摄氏度(°C)。

$$E = E_w - A \times P \times (t - t_w) \quad \dots\dots\dots(A. 5)$$

式中:

E ——空气中的水汽压值,单位为百帕(hPa)。

E_w ——湿球温度所对应的饱和水汽压值,单位为百帕(hPa)。当湿球结冰时,应按照冰面饱和水汽压公式(A. 7)计算,当湿球未结冰时,应按照水面饱和水汽压公式(A. 6)计算。

A ——通风干湿表系数,单位为摄氏度的负一次方(°C⁻¹)。湿球未结冰时, $A=0.000662$;湿球结冰时, $A=0.000584$ 。

P ——测站气压值,单位为百帕(hPa)。

t ——干球温度值,单位为摄氏度(°C)。

t_w ——湿球温度值,单位为摄氏度(°C)。

$$\begin{aligned} \lg E_w = & 10.79574 \times (1 - T_0/T) - 5.028 \times \lg(T/T_0) + \\ & 1.50475 \times 10^{-4} \times [1 - 10^{-8.2969 \times (T/T_0 - 1)}] + \\ & 0.42873 \times 10^{-3} \times [10^{4.76955 \times (1 - T_0/T)} - 1] + 0.78614 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(A. 6)$$

式中:

T_0 ——水的三相点温度值,取 273.16,单位为卡尔文(K);

T ——绝对温度值,单位为卡尔文(K)。

$$\lg E_i = -9.09685 \times (T_0/T - 1) - 3.56654 \times \lg(T_0/T) + 0.87682 \times [1 - T/T_0] + 0.78614$$

$$E = E_w - A \times P \times (t - t_w) \quad \dots\dots\dots(A. 7)$$

A.2.2 空气相对湿度

相对湿度 U 指空气中水汽与相同温度下饱和水汽压的百分比,应按照公式(A. 8)计算。

$$U = (E/E_w) \times 100 \quad \dots\dots\dots(A. 8)$$

式中:

U ——相对湿度,以百分率(%)表示。

A.3 露点温度及温度露点差

A.3.1 露点温度

$$t_d = \frac{243.12(7.65t/(243.12 + t) + \lg U - 2)}{7.65 - (7.65t/(243.12 + t) + \lg U - 2)} \quad \dots\dots\dots(A. 9)$$

式中:

t_d ——露点温度值,单位为摄氏度(°C);

t ——温度值,单位为摄氏度(°C);

U ——相对湿度值,以百分率(%)表示。

A.3.2 温度露点差

$$\Delta t = t - t_d \quad \dots\dots\dots(A. 10)$$

式中:

Δt ——温度露点差值,单位为摄氏度(°C);

t ——温度值,单位为摄氏度(°C);

t_d ——露点温度值,单位为摄氏度(°C)。

A.4 厚度及海拔位势高度

A.4.1 相邻两气压层间的厚度

$$\Delta H = \frac{R_d}{G} \overline{T}_V (\ln P_1 - \ln P_2) \dots\dots\dots (A. 11)$$

式中:

ΔH ——两气压层间厚度值,单位为米(m);

R_d ——干空气比气体常数, $R_d = 287.05 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

G ——标准重力加速度值, $G = 9.80665 \text{ m}/\text{s}^2$ 。 \overline{T}_V ——两气压层间平均虚温值,单位为开尔文(K),按照公式(A. 12)计算;

P_1 ——下层气压值,单位为百帕(hPa);

P_2 ——上层气压值,单位为百帕(hPa)。

$$\overline{T}_V = \overline{T} (1 + 0.00378 \frac{\overline{U} \cdot \overline{E}}{\overline{P}}) \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中:

\overline{T} ——两气压层间平均绝对温度值,单位为开尔文(K),层间平均绝对温度 \overline{T} (K)与层间平均摄氏温度 \overline{t} (°C)的关系按照公式(A. 13)计算;

\overline{U} ——两气压层间平均相对湿度值,以百分率(%)表示;

\overline{E} ——应对水面的平均饱和水汽压值,单位为百帕(hPa),按照新系数的马格努斯公式(A. 14)计算;

\overline{P} ——两气压层间平均气压值,单位为百帕(hPa),按照公式(A. 15)计算。

$$\overline{T} = 273.15 + \overline{t} \dots\dots\dots (A. 13)$$

$$\overline{E} = 6.112 \exp(17.62 \times \frac{\overline{t}}{243.12 + \overline{t}}) \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中:

\overline{t} ——两气压层间平均温度值,单位为摄氏度(°C)。

$$\overline{P} = \exp[(\ln P_1 + \ln P_2)/2] \dots\dots\dots (A. 15)$$

式中:

P_1 ——下层气压值,单位为百帕(hPa);

P_2 ——上层气压值,单位为百帕(hPa)。

A.4.2 各气压层海拔位势高度

各气压层的海拔位势高度应使用公式(A. 11)从下而上累加而得。

A.5 量得风层

A.5.1 气球水平投影距离(雷达测风方式)

$$L_i = R_i \times \cos \delta_i \dots\dots\dots (A. 16)$$

$$L_{i+1} = R_{i+1} \times \cos \delta_{i+1} \dots\dots\dots (A. 17)$$

式中:

L_i ——第 i 分钟气球水平投影距离值,单位为米(m);

R_i ——第 i 分钟雷达测得的斜距值,单位为米(m);

δ_i ——第 i 分钟雷达测得的仰角值,单位为度(°);

L_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟气球水平投影距离值,单位为米(m);
 R_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟雷达测得的斜距值,单位为米(m);
 δ_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟雷达测得的仰角值,单位为度($^\circ$)。

A.5.2 气球水平投影距离(无线电经纬仪、小球测风方式)

$$L_i = H_i \times \cot\beta_i \dots\dots\dots(A.18)$$

$$L_{i+1} = H_{i+1} \times \cot\beta_{i+1} \dots\dots\dots(A.19)$$

式中:

H_i ——第 i 分钟经纬仪测得高度值,单位为米(m);
 β_i ——第 i 分钟经纬仪测得的仰角值,单位为度($^\circ$);
 H_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟经纬仪测得高度值,单位为米(m);
 β_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟经纬仪测得的仰角值,单位为度($^\circ$)。

A.5.3 气球水平投影距离的正北分量

$$x_i = L_i \times \cos\alpha_i \dots\dots\dots(A.20)$$

$$x_{i+1} = L_{i+1} \times \cos\alpha_{i+1} \dots\dots\dots(A.21)$$

式中:

x_i ——第 i 分钟气球水平投影距离的正北分量值,单位为米(m);
 α_i ——第 i 分钟雷达或经纬仪测得的方位值,单位为度($^\circ$);
 x_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟气球水平投影距离的正北分量值,单位为米(m);
 α_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟雷达或经纬仪测得的方位值,单位为度($^\circ$)。

A.5.4 气球水平投影距离的正东分量

$$y_i = L_i \times \sin\alpha_i \dots\dots\dots(A.22)$$

$$y_{i+1} = L_{i+1} \times \sin\alpha_{i+1} \dots\dots\dots(A.23)$$

式中:

y_i ——第 i 分钟气球水平投影距离的正东分量值,单位为米(m);
 y_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟气球水平投影距离的正东分量值,单位为米(m)。

A.5.5 气球水平投影距离的正北、正东分量差

$$\Delta x = x_{i+1} - x_i \dots\dots\dots(A.24)$$

$$\Delta y = y_{i+1} - y_i \dots\dots\dots(A.25)$$

式中:

Δx ——第 $i, i+1$ 分钟间气球水平投影距离的正北分量差值,单位为米(m);
 Δy ——第 $i, i+1$ 分钟间气球水平投影距离的正东分量差值,单位为米(m)。

A.5.6 风向、风速

$$\Delta t = (t_{i+1} - t_i) \times 60 \dots\dots\dots(A.26)$$

$$V = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{\Delta t} \dots\dots\dots(A.27)$$

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta y/\Delta x) \dots\dots\dots(A.28)$$

式中:

Δt ——第 $i, i+1$ 分钟之间时间差值,单位为秒(s);

- t_{i+1} ——第 $i+1$ 分钟雷达或经纬仪测量时间值,单位为分钟(min);
- t_i ——第 i 分钟雷达或经纬仪测量时间值,单位为分钟(min);
- V ——空中风风速值,单位为米每秒(m/s);
- θ ——空中风风向中间过渡量值,单位为度($^{\circ}$)。

按照公式(A. 29)通过风向中间过渡量 θ 计算得到最终的空中风向 D 。

$$D = \begin{cases} 180 + \theta, & \Delta x \geq 0 \\ 360 + \theta, & \Delta x < 0, \Delta y \geq 0 \\ \theta, & \Delta x < 0, \Delta y < 0 \\ \text{静风}(C) & \Delta x = 0, \Delta y = 0 \\ 270, & \Delta x = 0, \Delta y > 0 \\ 90 & \Delta x = 0, \Delta y < 0 \end{cases} \dots\dots\dots(A. 29)$$

式中:

D ——空中风风向值,单位为度($^{\circ}$)。

A.6 线性插值公式

A.6.1 规定风层内插公式

规定等压面层、规定高度层、对流层顶、零度层、温、湿特性层等高度层的风从与其相邻的上、下两量得风层中按照公式(A. 30)和公式(A. 31)线性内插求取:

$$V = V_{\text{下}} + (V_{\text{上}} - V_{\text{下}}) \times \frac{T - T_{\text{下}}}{T_{\text{上}} - T_{\text{下}}} \dots\dots\dots(A. 30)$$

$$D = D_{\text{下}} + (D_{\text{上}} - D_{\text{下}}) \times \frac{T - T_{\text{下}}}{T_{\text{上}} - T_{\text{下}}} \dots\dots\dots(A. 31)$$

式中:

- V ——规定风层(需内插层)的风速值,单位为米每秒(m/s);
- $V_{\text{下}}$ ——下层量得风层的风速值,单位为米每秒(m/s);
- $V_{\text{上}}$ ——上层量得风层的风速值,单位为米每秒(m/s);
- T ——规定风层(需内插层)的时间值,单位为分钟(min);
- $T_{\text{下}}$ ——下层量得风层的时间值,单位为分钟(min);
- $T_{\text{上}}$ ——上层量得风层的时间值,单位为分钟(min);
- D ——规定风层(需内插层)的风向值,单位为度($^{\circ}$);
- $D_{\text{下}}$ ——下层量得风层的风向值,单位为度($^{\circ}$);
- $D_{\text{上}}$ ——上层量得风层的风向值,单位为度($^{\circ}$)。

A.6.2 气压内插公式

由于大气压随高度按指数递减,因此大气压内插按照公式(A. 32)计算。

$$P = \exp[\ln P_{\text{下}} + (\ln P_{\text{上}} - \ln P_{\text{下}}) \frac{T - T_{\text{下}}}{T_{\text{上}} - T_{\text{下}}}] \dots\dots\dots(A. 32)$$

式中:

- P ——需内插层的气压值,单位为百帕(hPa);
- $P_{\text{下}}$ ——下层气压值,单位为百帕(hPa);
- $P_{\text{上}}$ ——上层气压值,单位为百帕(hPa);
- T ——需内插层的时间值,单位为秒(s);
- $T_{\text{下}}$ ——下层时间值,单位为秒(s);

$T_{\text{上}}$ ——上层时间值,单位为秒(s)。

A.6.3 温度、湿度等其他要素的内插公式

温度、气压、湿度、高度、空间定位等气象要素值的线性内插计算应按照公式(A.30)将温度、气压、湿度、高度、空间定位等气象要素值代入公式中的 V 、 $V_{\text{下}}$ 、 $V_{\text{上}}$ 进行计算。

A.7 规定等压面间的平均升速

$$V = (H_i - H_{i-1}) / ((t_i - t_{i-1}) / 60) \dots\dots\dots (A.33)$$

式中:

- V ——升速值,单位为米每分钟(m/min);
- H_i ——上层等压面位势高度值,单位为米(m);
- H_{i-1} ——下层等压面位势高度值,单位为米(m);
- t_i ——上层等压面时间值,单位为秒(s);
- t_{i-1} ——下层等压面时间值,单位为秒(s)。

A.8 平均升速

$$\bar{V} = (H - H_0) / (T / 60) \dots\dots\dots (A.34)$$

式中:

- \bar{V} ——气球平均升速值,单位为米每分钟(m/min);
- H ——探空终止高度值,单位为米(m);
- H_0 ——测站海拔高度值,单位为米(m);
- T ——终止时间值,单位为秒(s)。

A.9 矢量风

$$V_E = V \times \sin D \dots\dots\dots (A.35)$$

$$V_N = V \times \cos D \dots\dots\dots (A.36)$$

式中:

- V_E ——偏东风矢量值,单位为米每秒(m/s);
- V ——风速值,单位为米每秒(m/s);
- D ——风向值,单位为度($^{\circ}$);
- V_N ——偏北风矢量值,单位为米每秒(m/s)。

A.10 观测系统测量位势高度

A.10.1 大气折射引起的仰角测量误差修正

大气折射引起的测角误差由 τ 、 δ 两部分角度误差组成,分别按照公式(A.37)和公式(A.38)计算。

$$\tau = \frac{n_0 - n}{\tan E_0} \dots\dots\dots (A.37)$$

$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{n_0/n - \cos \tau - \sin \tau \tan E_0}{\sin \tau - \cos \tau \tan E_0 + (n_0/n) \tan E} \right) \dots\dots\dots (A.38)$$

式中:

- τ ——测角误差值,单位为弧度(rad);
- n_0 ——地面折射指数值;
- n ——目标所在高度的折射指数值,按照公式(A.39)和公式(A.40)计算;

E_0 ——地面实测目标仰角值；
 δ ——测角误差值,单位为弧度(rad)；
 E ——目标射线在目标高度的仰角值,按照公式(A. 41)计算。

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \dots\dots\dots(A. 39)$$

$$N = \frac{77.6}{T} (P + 4810 \frac{e}{T}) \dots\dots\dots(A. 40)$$

式中:

N ——目标所在高度的折射率值；
 P ——目标所在位置大气的气压值,单位为百帕(hPa)；
 e ——目标所在位置大气的水汽压值,单位为百帕(hPa)；
 T ——目标所在位置大气的温度值,单位为开尔文(K)。

$$E = \cos^{-1} \left(\frac{n_0}{n} \cdot \frac{R + Z_0}{R + Z_0 + Z_{测}} \cos E_0 \right) \dots\dots\dots(A. 41)$$

式中:

R ——地球平均半径值,单位为米(m), $R=6371000$ m；
 Z_0 ——测站的海拔几何高度值,单位为米(m)；
 $Z_{测}$ ——气球离测站的几何高度值,单位为米(m)。

准确仰角值 E' 为:

$$E' = E_0 - (\tau - \delta) \dots\dots\dots(A. 42)$$

A. 10.2 测距误差修正

$$\begin{aligned} \Delta r &\cong (\bar{n} - 1) \times r \\ &\cong \left(\frac{n_0 + n}{2} - 1 \right) \times r \end{aligned} \dots\dots\dots(A. 43)$$

式中:

Δr ——测距误差值,单位为米(m)；
 n_0 ——地面折射指数值；
 n ——目标所在高度的折射指数值,按照公式(A. 39)和公式(A. 40)计算；
 r ——雷达测得的斜距值,单位为米(m)。

A. 10.3 球坐标中几何高度

$$Z_{拔} = Z_0 + (R + Z_0) \left(\sqrt{1 + \frac{d^2}{(R + Z_0)^2} + \frac{2d}{(R + Z_0)} \sin E} - 1 \right) \dots\dots\dots(A. 44)$$

式中:

$Z_{拔}$ ——目标海拔几何高度值,单位为米(m)；
 Z_0 ——测站海拔几何高度值,单位为米(m)；
 R ——地球平均半径值,单位为米(m), $R=6371000$ m；
 d ——目标斜距值,单位为米(m)；
 E ——目标仰角值,单位为度(°)。

A. 10.4 几何高度—位势高度转换

$$H = \frac{g_{\varphi,0}}{G} \cdot \frac{RZ_{拔}}{(R + Z_{拔})} \dots\dots\dots(A. 45)$$

式中:

- H ——目标物的位势高度值,单位为米(m);
- $g_{\varphi,0}$ ——纬度为 φ 海平面处的重力加速度值,单位为米每二次方秒(m/s^2),按公式(A.3)计算;
- R ——地球平均半径值,单位为米(m), $R=6371000 \text{ m}$;
- $Z_{\text{拔}}$ ——目标海拔几何高度值,单位为米(m);
- G ——标准重力加速度值,单位为米每二次方秒(m/s^2), $G=9.80665 \text{ m/s}^2$ 。

A.11 观测系统(雷达)测高反算气压

$$P_2 = \exp(\ln P_1 - \frac{H_2 - H_1}{H^* \overline{T_V}}) \dots\dots\dots(\text{A.46})$$

式中:

- P_2 ——上层气压值,单位为百帕(hPa);
- P_1 ——下层气压值,单位为百帕(hPa);
- H_2 ——上层位势高度值,单位为米(m);
- H_1 ——下层位势高度值,单位为米(m);
- H^* ——常数, $H^* = 29.27096$;
- $\overline{T_V}$ ——层间平均虚温值,单位为开尔文(K),按照公式(A.12)计算。

A.12 相对经纬度偏差

A.12.1 相对纬度偏差

$$\Delta\varphi = \frac{L \cos\beta}{2\pi(R + Z)/360} \dots\dots\dots(\text{A.47})$$

式中:

- $\Delta\varphi$ ——相对纬度偏移值,单位为度($^\circ$);
- L ——目标物在测站高度离测站的水平距离值,单位为米(m);
- β ——目标物方位角值,单位为度($^\circ$);
- R ——地球平均半径值,单位为米(m), $R=6371000 \text{ m}$;
- Z ——目标物海拔几何高度值,单位为米(m)。

A.12.2 相对经度偏差

$$\Delta\delta = \frac{L \sin\beta}{2\pi(R + Z) \cos\varphi/360} \dots\dots\dots(\text{A.48})$$

式中:

- $\Delta\delta$ ——相对经度偏移值,单位为度($^\circ$);
- L ——目标物在测站高度离测站的水平距离值,单位为米(m);
- β ——目标物方位角值,单位为度($^\circ$);
- R ——地球平均半径值,单位为米(m), $R=6371000 \text{ m}$;
- Z ——目标物海拔高度值,单位为米(m);
- φ ——测站纬度值,单位为度($^\circ$)。

A.13 相对时间

$$T = k \times 10000 + \text{abs}(t - GG) \dots\dots\dots(\text{A.49})$$

式中:

- T —— 相对时间(时间定位数据)值,单位为秒(s);
- t —— 各层资料的实际观测时间值,单位为秒(s);
- GG —— 观测开始时间值,以最接近的时次取整;
- k —— 相对时间符号值。 $t-GG \geq 0$ 时 $k=0$; $t-GG < 0$ 时, $k=1$ 。

A. 14 基测检定箱和气压基测值测量设备不在同一海拔高度的气压订正公式

$$P = P_0 + (H_c - H_p) \times \Delta P \quad \dots\dots\dots(A. 50)$$

式中:

- P —— 订正到气压基测值测量设备高度上的气压仪器值,单位为百帕(hPa);
- P_0 —— 探空仪测得的气压仪器值,单位为百帕(hPa);
- H_c —— 基测检定箱海拔高度 $k=1$,单位为米(m);
- H_p —— 气压基测值测量设备海拔高度,单位为米(m);
- ΔP —— 单位高度气压订正值,单位为百帕每米(hPa/m),订正值根据气压仪器值从表 A. 1 查取。

表 A. 1 单位高度气压订正值

| 气压仪器值 P_0 hPa | 单位高度气压订正值 hPa/m |
|-----------------------|--------------------|
| $P_0 \geq 1010$ | 0.13 |
| $910 \leq P_0 < 1010$ | 0.12 |
| $800 \leq P_0 < 910$ | 0.11 |
| $690 \leq P_0 < 800$ | 0.09 |
| $590 \leq P_0 < 690$ | 0.08 |
| $480 \leq P_0 < 590$ | 0.07 |

参 考 文 献

- [1] 中国气象局. 常规高空气象观测业务规范[M]. 北京:气象出版社,2010
- [2] 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[M]. 北京:气象出版社,2005
-

中华人民共和国
气象行业标准
常规高空气象观测数据处理方法
QX/T 628—2021

*

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.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京建宏印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:2 字数:60千字
2021年11月第1版 2021年11月第1次印刷

*

书号:135029-6272 定价:40.00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