

# 高空探测对流层顶选取方法研究

刘清芳<sup>1</sup>, 乔玉新<sup>1</sup>, 刘兵<sup>1</sup>, 和翠英<sup>2</sup>, 孙克敏<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>塔城地区气象局, 新疆 塔城

<sup>2</sup>蒙自市气象局, 云南 蒙自

<sup>3</sup>长春市绿园区气象局, 吉林 长春

收稿日期: 2022年4月2日; 录用日期: 2022年5月4日; 发布日期: 2022年5月11日

## 摘要

利用塔城市国家基准站使用L波段雷达-电子探空仪以来的高空探测资料, 以对流层顶气象观测数据为依据, 分析了对流层顶的特征及意义、对流层顶的拟选确定、对流层顶部分数据缺测时的选取方法及本站几例典型对流层顶合理的选取实例, 总结了对流层顶的变化特征, 为天气气候的研究提供科学依据。

## 关键词

变化特征, 趋势, 对流层顶, 选取

# Research on Tropopause Selection Method for High Altitude Sounding

Qingfang Liu<sup>1</sup>, Yuxin Qiao<sup>1</sup>, Bing Liu<sup>1</sup>, Cuiying He<sup>2</sup>, Kemin Sun<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Tacheng Area Meteorological Bureau, Tacheng Xinjiang

<sup>2</sup>Mengzi Meteorological Bureau, Mengzi Yunnan

<sup>3</sup>Changchun Lvyan Meteorological Bureau, Changchun Jilin

Received: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2022; accepted: May 4<sup>th</sup>, 2022; published: May 11<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Using upper-air sounding data since the use of the L-band-radar radiosonde at the Tacheng National Reference Station, based on tropopause meteorological data, this paper analyzes the characteristics and significance of tropopause, the determination of the tropopause, the selection method of the missing data in the part of tropopause, and the rational selection of several typical examples of tropopause in this station, and sums up the variation characteristics of tropopause, it

\*通讯作者。

provides a scientific basis for the study of weather and climate.

## Keywords

Change Characteristics, Trend, Tropopause, Select

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高空气象(压、温、湿、风)观测是气象基础业务之一,担负着为天气预报、气候分析、科学研究和国际交换,提供准确、及时的高空气象情报和资料的任务。高空气象观测专门指的是用自由上升的气球携带的回答器、反射靶、无线电探空仪以及接收跟踪设备对 35 千米以下各高度压、温、湿、风向、风速进行的观测、记录、处理和通报。对流层顶是大气中最重要的气层之一,对流层中气体性质变化复杂,气象要素水平分布不均匀,气层很不稳定,空气有规则的垂直运动和无规则的乱流混合都相当强烈,云、雾、雨、雪、雷电等主要的天气现象都发生在对流层,飞机会飞越此层顶部用以避开影响飞机安全的气流。因此它是大气层中与人们生活和生产关系最密切的气层。下面对对流层顶的特性及意义、对流层顶的拟选确定、高空记录发生部分缺测时的对流层顶选取方法分别进行讨论。

## 2. 对流层顶的特征及意义

大气上空有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。

对流层顶以下为对流层,在对流层中,气温总的趋势是随高度升高而降低,平均每上升 100 米,气温约降低  $0.65^{\circ}\text{C}$ 。但对流层中一定厚度范围内也会出现气温随高度增加而上升的区域,称之为“逆温层”。我国的对流层顶一般在 500 hPa 以上。

### 2.1. 对流层顶的高度随着纬度和季节的变化

对流层顶的高度随着纬度和季节的不同而变化,还与天气系统的活动有关,通常对流层顶的高度随着纬度的增加而降低,对流层顶的高度在低纬度地区平均高度为 17~18 公里,中纬度地区平均为 10~12 公里,极地平均为 8~9 公里。夏季测站受暖气团控制,对流层顶的高度较高,相反冬季受冷气团控制,对流层顶的高度较低。

### 2.2. 对流层顶的温度随着纬度和季节的变化

对流层顶的温度随着纬度和季节的不同而变化,对流层顶的温度随着纬度的增加而增加,低纬度地区对流层顶温度比高纬度地区的低,并且夏季低于冬季,夏季测站受暖气团控制对流层顶的温度较低,相反冬季受冷气团控制,对流层顶的温度较高。

### 2.3. 对流层顶的分类

对流层顶分为第一对流层顶(极地类),即冷气团控制测站时的对流层顶、第二对流层顶(热带、副热带类),即暖气团控制测站时的对流层顶。高纬地区主要为第一对流层顶,低纬地区主要为第二对流层顶,

在一定季节，中纬度地区较大范围内会出现两个对流层顶并存的情况。

对流层顶以上为平流层，又称同温层。平流层中下层区域温度基本不变或变化很小，因此对空气对流、水汽输送起到了强烈的抑制作用，积雨云顶部往往在该区域形成了砧状[1]。平流层内天空晴朗，气层稳定，是理想的飞机航行区域。

对流层和平流层不同的特点，产生了对流层顶这样一个重要的气象概念，典型的对流层顶如图 1：

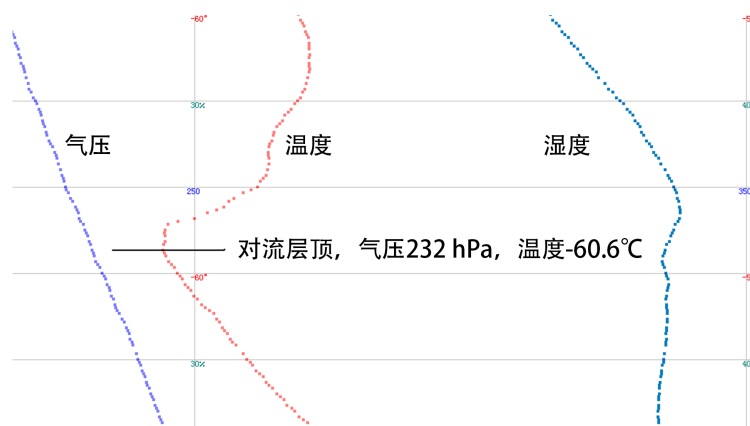


Figure 1. Tropopause at 19:00 on 22 November 2019

图 1. 2019 年 11 月 22 日 19 时对流层顶图

但高空的空气状况是千变万化的，高空有些空气层逆温结构并不明显，甚至存在随高度升高气温降低的现象，但由于降温幅度较小，它们对空气垂直对流同样具有抑制作用，当符合了一定条件时，也可以被拟选为对流层顶。见图 2：

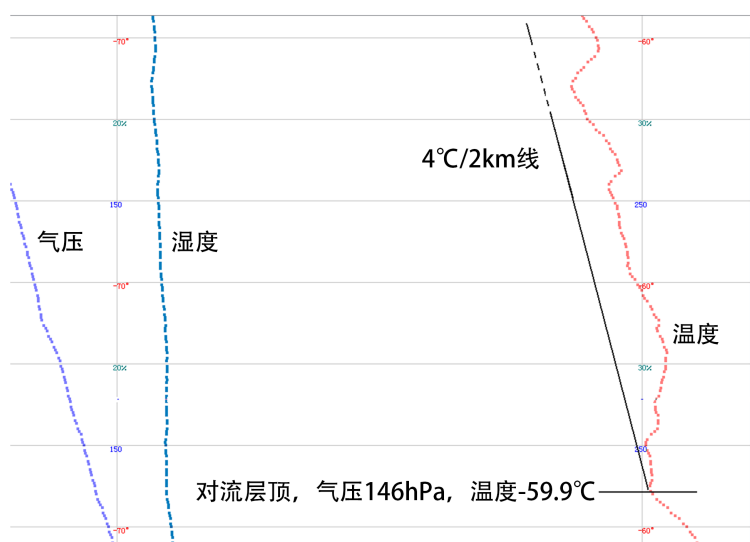


Figure 2. Tropopause at 19:00 on 15 February 2020

图 2. 2020 年 2 月 15 日 19 时对流层顶图

### 3. 对流层顶的拟选确定

高空观测规范规定选择对流层顶条件为：在 500~40 hPa 之间，温度垂直递减率开始  $\leq 2^\circ\text{C}/\text{km}$  气层的最低高度，假如此高度以上 2 km 及以内的任何高度与此高度间的平均温度垂直递减率均  $\leq 2^\circ\text{C}/\text{km}$ ，

则此最低高度可选为对流层顶。

### 3.1. 第一对流层顶的选取

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

### 3.2. 第二对流层顶的选取

第二对流层顶在 150~40 hPa 之间选取。1) 若存在第一对流层顶。第一对流层顶以上, 由温度垂直递减率开始  $> 3^{\circ}\text{C}/\text{km}$  气层的最低高度起, 向上 1 千米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  $> 3^{\circ}\text{C}/\text{km}$ , 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(若该符合对流层顶选择条件的气层出现在 150 hPa 以下, 该气层不选为第二对流层顶; 然后在 150 hPa 或以上又出现符合对流层顶条件的气层, 则须在此气层以下重新出现由温度垂直递减率开始  $> 3^{\circ}\text{C}/\text{km}$  气层的最低高度起, 向上 1 千米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  $> 3^{\circ}\text{C}/\text{km}$  的过渡层, 此气层才可选为第二对流层顶), 则该气层选为第二对流层顶。2) 若不存在第一对流层顶。当未出现符合第一对流层顶条件的气层时, 在 150 hPa 或以上~40 hPa 之间, 若出现符合对流层顶选择条件的气层, 则该气层选为第二对流层顶。

第一对流层顶(高度在 150 hPa 以下)、第二对流层顶(高度在 150 hPa 或以上)分别各最多选一个[2], 如有几个气层都符合对流层顶条件, 根据规定选取高度最低的一个。

### 3.3. 特殊情况下对流层顶的选取

因记录终止, 拟选为对流层顶处以上的厚度不足 2 km 时则从严掌握, 必须确实符合对流层顶条件才能选取, 否则舍去。根据高度差方法, 测算温度按干绝热温度递减率可能下降的厚度来进行判断, 比如, 拟选对流层顶到记录终止层只有 1500 米, 还差 500 米, 500 米按干绝热下降率温度可能下降 5 度, 因此记录终止点的温度必须比拟选对流层顶的温度高 1 度, 这样才能符合 2000 米温度下降小于等于 4 度的要求, 才能选为对流层顶, 否则舍去。

同样, 如果拟选对流层顶到记录终止层有 1800 米, 还差 200 米, 200 米按干绝热下降率温度可能下降 2 度, 因此终止点的温度最多只能比拟选对流层顶的温度低 2 度, 以此类推。

## 4. 高空记录发生部分缺测时的对流层顶选取方法讨论

### 4.1. 探空规范规定

当记录缺测小于等于 3 分钟, 等同于不缺测, 前后记录按趋势连线正常处理; 当记录缺测 3~7 分钟时, 温度按缺测处理, 温度连虚线供计算等压面高度用; 当记录缺测大于 7 分钟时, 后面记录放弃[3]。

### 4.2. 软件处理存在的问题

当记录发生缺测甚至较大范围缺测时, 记录仍旧按温度连线(包括虚线)选取对流层顶, 明显选此处不够合适, 见图 3。

当我们将部分记录删去后, 软件或者将缺测区域起始层选为对流层顶, 或者将终止层选为对流层顶, 或者把原本不够对流层顶条件的层次选中了, 就产生了记录错误[4]。

### 4.3. 合理处理方法讨论

对于小于 3 分钟的缺测, 由于规范默认记录完整, 因此记录可以正常处理; 大于 3 分钟缺测层的起

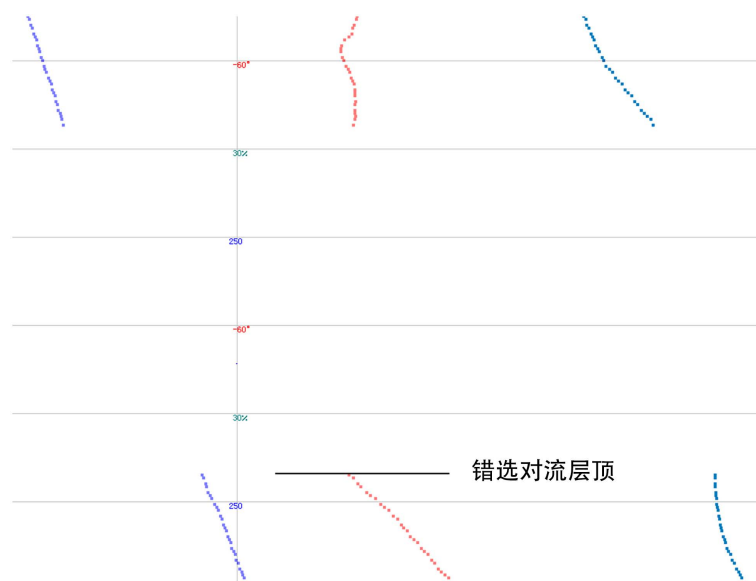


Figure 3. Incorrect tropopause

图3. 错选对流层顶

始点和终止点均不应该选为对流层顶；缺测层以下对流层顶选取方法参照拟选对流层顶处以上厚度不足 2 km 终止时的情况处理，同时要考虑温度曲线和缺测层以上温度记录合理衔接。150 hPa 以下出现缺测层，缺测层上面不选第一对流层顶，150 hPa 以上(含跨 150 hPa)出现缺测层，缺测层上面不选第二对流层顶；根据缺测处理规定，结合第一对流层顶、第二对流层顶选取方法来综合考虑，合理选取特殊情况下的对流层顶。

## 5. 结束语

目前我国的探空观测体系高空记录中许多特殊情况的出现使软件不断升级改进，前述情况部分记录、数据文件可以实现人工干预，但大部分情况值班员不能自行改动，遇到不能解决的问题要与程序编写老师联系作正确的分析；其次测报员如果能够熟练掌握探测规范、钻研专业气象知识，接收数据产品过程中及时发现一些明显有误的数据并处理，这样就可避免不正确记录存在于资料中，误导气候研究人员的使用。

## 参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 24.
- [2] 李伟, 李柏, 陈永清, 刘凤琴. 常规高空气象观测业务手册[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [3] 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: 9.
- [4] 中国气象局. 高空气象观测业务质量考核办法[M]. 北京: 气象出版社, 2010: 4-5.