

杨坤琳,徐岩.华南地区对流层顶和边界层顶高度特征分析[J].气象研究与应用,2020,41(1):6-10.

Yang Kunlin,Xu yan. Analysis of tropopause and boundary apex height characteristics over South China[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(1): 6-10.

华南地区对流层顶和边界层顶高度特征分析

杨坤琳¹, 徐 岩²

(1.云南省大理白族自治州气象局, 云南 大理 671000; 2.吉林省前郭县气象局, 吉林 前郭 138000)

摘要: 利用华南地区 14 个站点 2010 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日六年逐日的 L 波段探空资料, 对华南地区对流层顶、边界层顶的时空分布特征及其高度的变化特征进行分析。结果表明, 华南地区平均对流层顶高度 5 月最高, 8 月最低, 对流层顶的变化与夏季风爆发的时间节点有较好的对应; 平均边界层顶高度 3 月最高, 8 月最低, 沿海站点与内陆站点边界层顶高度变化规律明显不同; 华南地区四季的平均边界层高度的空间分布与对流层顶高度的空间分布反相, 西沙上空与广西西北部两块区域始终存在极值中心。

关键词: 华南地区; 对流层顶高度; 边界层顶高度; 夏季风

中图分类号: P421.31

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.1.02

引言

在对流层与平流层之间存在的一个厚度为数百米到 1-2km 的过渡层即为对流层顶。在该过渡层中, 大气运动逐渐由对流层中的对流运动显著转为平流层的平流运动。根据 WMO 给出的定义, 对流层顶高度由热力学对流层顶高度确定^[1-2]。近年来, 由于对流层顶高度的研究有助于订正对流层顶及其附近大气参数值并据此改进大气探测的精度^[3-5], 对流层顶的变化又与气候变化以及一些天气现象的发生密切相关^[6], 相关研究开始受到重视。

大气边界层(ABL)作为大气中直接与陆地或海洋接触的一层大气, 直接受地球表面的影响, 是地球气候系统的重要组成部分^[7]。边界层顶高度会影响污染物的浓度和长距离扩散^[8], 大气边界层顶高度一直是大气数值模式和大气环境评价的重要物理参数之一。

华南地区地形复杂, 丘陵广布, 珠三角城市群分布密集, 区内还有南沙群岛及西沙群岛等诸多热带岛屿, 下垫面分布情况复杂, 对流层顶高度变率较大, 是对流层顶高度异常的较敏感区域^[9-10], 大气边界层在近海陆地与海区以及内陆性质均不同, 具有一定研究价值。

通过对华南地区 2010-2015 年对流层顶和边界层顶的观测特征进行分析, 希望能够对华南地区对流层大气结构时空分布变化有进一步的了解, 从而为订正华南地区对流层顶及其附近大气参数值, 改进大气探测的精度, 更深入研究华南的天气与气候提供帮助。

1 资料与方法

1.1 资料

研究所用 L 波段探空资料取自中国气象局气象探测中心。华南地区站点分布如图 1 所示, 选取了华南地区 14 个探空站 (表 1) 2010 年-2015 年共 6a

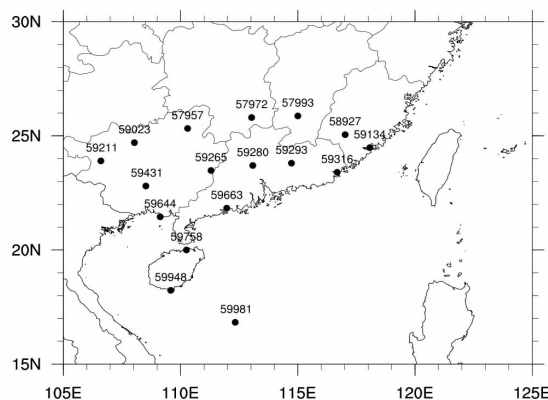


图 1 华南地区探空站点分布

收稿日期: 2020-01-20

作者简介: 杨坤琳(1994-), 女, 云南大理人, 助理工程师, 主要从事天气气候研究与气象服务工作。E-mail: cynthianeko@qq.com

表 1 华南地区十四个探空站相关信息

站点	站号	经度 (° E)	纬度 (° N)	海拔高度 (m)	站点	站号	经度 (° E)	纬度 (° N)	海拔高度 (m)
河池	59023	108.03	24.70	259.0	南宁	59431	108.52	22.80	123.0
厦门	59134	118.07	24.48	141.0	北海	59644	109.13	21.45	16.0
百色	59211	106.60	23.90	176.0	阳江	59663	111.97	21.83	93.0
梧州	59265	111.30	23.48	117.0	海口	59758	110.25	20.00	64.8
清远	59280	113.08	23.70	17.0	三亚	59948	109.58	18.23	7.0
东源	59293	114.73	23.80	68.0	西沙	59981	112.33	16.83	5.4
汕头	59316	116.68	23.40	5.0	桂林	57957	110.30	25.32	166.0

每日08 时和 20 时两次定时观测 L 波段雷达探空数据资料进行处理分析。

1.2 方法

1.2.1 对流层顶高度计算

根据 WMO 对热力对流层顶的定义,500hPa 高度以上,当温度直减率不大于 $2^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ 时,且其上 2km 大气内的温度平均直减率不超过 $2^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ 时,该最低高度为对流层顶^[11]。文中研究所取对流层顶高度为每日 08 时与 20 时两个固定时次观测到的对流层高度的平均来代表当日对流层顶高。

2.2.2 边界层顶高度计算

由于典型的中性大气边界层不容易观测得到,且本次研究主要基于观测数据,因此不对中性大气边界层进行研究和讨论。基于温度廓线在近地面 200m 厚度内递减率为负,且总体 Richardson 数在近地面 100m 的厚度内也为负时,大气边界层结构为对流边界层结构,反之则为稳定边界层结构,将大气边界层划分为两种不同的结构来进行研究^[12]。大气边界层结构为对流边界层结构时,采用 Holzworth 方法或气块法来估算对流边界层高度,利用探空温度廓线,从地面沿干绝热线向上与位温廓线相交汇的高度即为对流边界层高度。大气边界层结构为稳定边界层结构时,采用 Richardson 数法来估算稳定边界层高度,当 Richardson 数等于或大于预先给定的临界值时的高度为稳定边界层高度。参考徐桂荣等^[12]的研究,临界 Richardson 数采用常用值 $\text{Ric}=0.25$ ^[13],总体 Richardson 数采用如下公式计算^[14]:

$$\text{Ri}(z)=\frac{g(z-z_0)}{\theta(z)}\frac{[\theta(z)-\theta(z_0)]}{[u(z)^2+v(z)^2]}\tag{1}$$

g 为重力加速度, z_0 为地面海拔高度, θ 为位温, u 和 v 分别为纬向风分量和经向风分量,在计算的过程中,出现部分个例的大气边界层结构属性难以划分,主要原因是探空资料中风廓线数据的不连续

导致 Richardson 数法失效造成的。

2 华南地区对流层顶时空分布特征

2.1 时间变化特征

通过计算获得华南地区平均对流层顶高度多年月平均数据,得到月平均变化趋势图(图 2),从图中可以看出,1-4 月对流层顶高度较为稳定,变化小于 0.04km,4-5 月有一个 0.11km 的抬升,5 月达到 16.85km 全年最高值,5-8 月呈下降趋势,总下降 0.78km,8 月降至 16.07km 全年最低值,8-12 月呈上升趋势,总上升 0.55km,年内变化趋势呈冬春高、夏秋低的 S 型变化趋势。

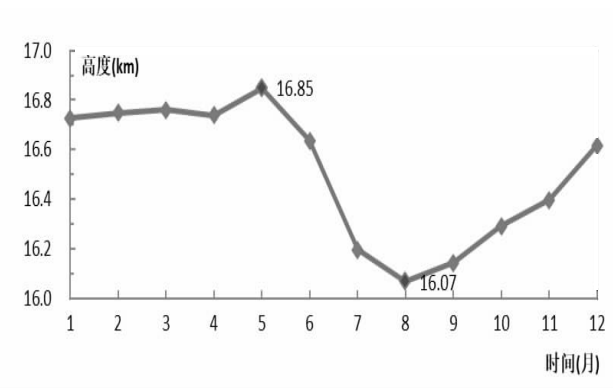


图 2 华南地区对流层顶高度月平均变化

2.2 空间分布特征

图 3 为华南地区四季各站 6a 平均对流层顶高度分布情况。春季对流层顶平均高度为 16.79km,为全年最高,以梧州-海口间的连线为界,连线以西的站点值偏大,最大值出现在河池、南宁,均为 16.86km,连线以东的站点值偏小,最小值出现在西沙,为 16.61km;夏季对流层顶平均高度为 16.30km,以东源-北海间的连线为界,连线西北侧的站点值偏大,最大值出现在百色,为 16.42km,连线东南侧的站点值偏小,最小值 16.10km 出现在西沙;秋季对

流层顶平均高度为 16.28km,为全年最低,站点之间差值较小,最大值 16.31km 出现在百色,最小值 16.21km 出现在西沙;冬季对流层顶平均高度为 16.70km,为全年次高,最大值 16.80km 出现在百色,最小值 16.61km 出现在西沙。对流层顶高度冬春季

高,夏秋季低,高值区位于广西境内,低值区位于南海西沙上空。对流层顶高度总体呈现内陆高、沿海低的空间分布特点,但受海拔和地形的影响有所变化。

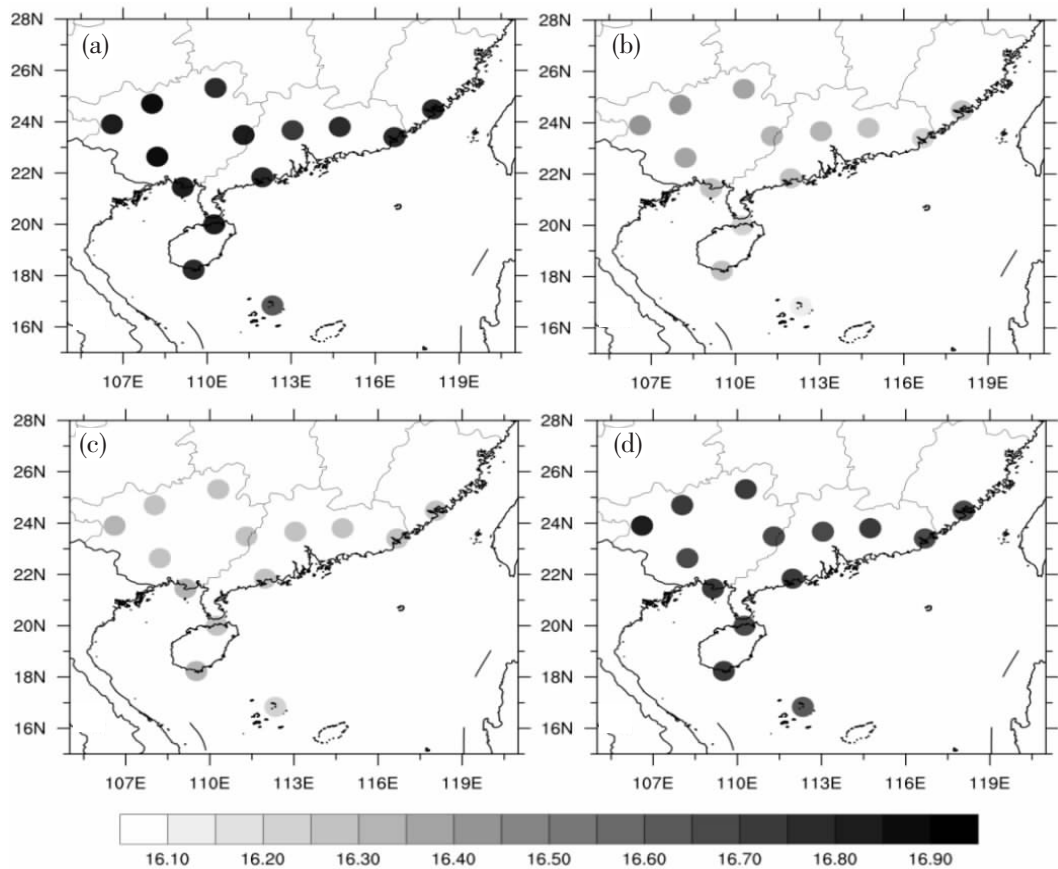


图 3 华南地区(a)春季、(b)夏季、(c)秋季、(d)冬季对流层顶高度空间分布(单位:km)

3 华南地区边界层顶时空分布特征

3.1 时间变化特征

图 4 为华南地区平均边界层顶高度月平均变化情况,从图中可以看出,边界层顶平均高度 1-3 月呈上升趋势,3 月达到 381.94m,为全年最高值,总上升 57.32m;3-8 月呈下降趋势,8 月降至 278.78m,为全年最低值,总下降 103.15m;8-12 月呈上升趋势,总上升 59.05m。边界层平均高度春季最高,冬季次之,秋季达到最低,冬春之间与夏秋之间的高度变化较小,春夏之间与秋冬之间高度的变化较大。边界层顶平均高度变化趋势呈冬春高、夏秋低的 S 型变化趋势。

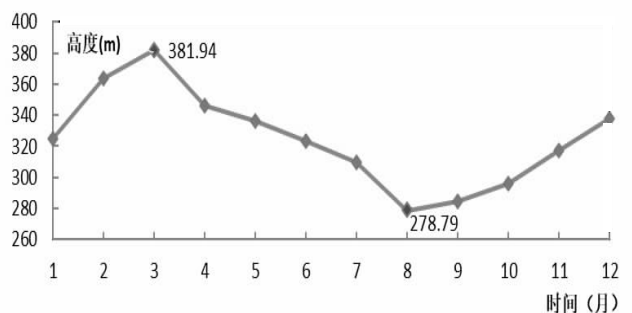


图 4 华南地区边界层顶高度月平均变化

3.2 空间分布特征

图 5 为华南地区四季各站的边界层顶 6a 平均高度分布情况。春季平均高度 354.90m,为全年最高,最大值 428.97m 出现在西沙,最小值 257.93m 出

现在百色;夏季平均高度 303.75m,最大值 428.97m 出现在西沙,最小值 232.10m 出现在河池;秋季平均高度 299.27m,为全年最低,最大值 393.16m 出现在西沙,最小值 207.14m 出现在百色;冬季平均高度 341.94m,最大值 480.81m 出现在西沙,最小值

223.81m 出现在百色。边界层顶平均高度高值区位于南海西沙、海南岛上空,低值区位于广西西北部地区。边界层顶高度总体呈现内陆低、沿海高的空间分布特点,但受地形和下垫面差异的影响有所变化。

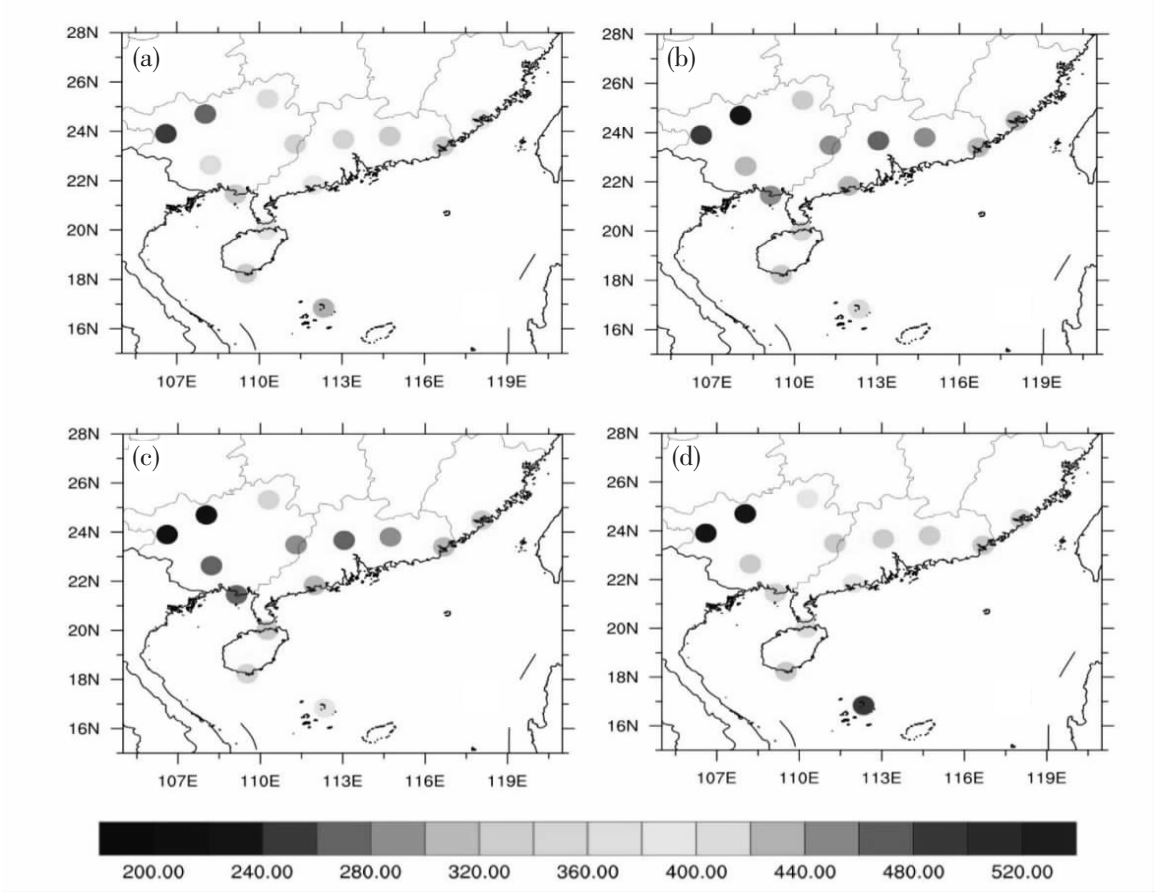


图5 华南地区(a)春、(b)夏、(c)秋、(d)冬季的边界层顶高度的空间分布(单位:m)

总体来说,冬春两季华南地区的边界层顶高度普遍较高,夏秋两季普遍较低,高度的地域差值在冬季相对较大,在春夏秋三季差值基本接近,变化梯度幅度较小。三亚的季节平均边界层高度的极大值与极小值的出现时间较海口均早一个季节,这种现象的出现可能与海口、三亚两个观测站地形及海风环流影响有关^[15-16]。

4 结论和讨论

(1) 华南地区对流层顶高度年内变化趋势呈冬春高、夏秋低的 S 型变化趋势,5 月达到 16.85km 的全年最高值,8 月降至 16.07km 的全年最低值,高度变化可能与季风爆发和撤退有关;高值区位于华南地区西北部的广西自治区境内,低值区位于南海,对

流层顶高度总体呈现内陆高、沿海低的空间分布特征,但受海拔和地形的影响有所变化。

(2) 华南地区边界层顶平均高度年内变化趋势呈冬春高、夏秋低的 S 型变化趋势,3 月达到 381.94m 的全年最高值,8 月降至 278.78m 的全年最低值;高值区位于南海西沙、海南岛,低值区位于广西西北部地区,总体呈现内陆低、沿海高的空间分布特征。

(3) 华南地区四季平均边界层高度的空间分布与对流层顶高度的空间分布反相,西沙、海南与广西西北部地区始终存在极值中心。

参考文献:
[1] Gettelman A,Forster P. A climatology of the tropical tropopause layer [J].Journal of the Meteorological,Society

- of Japan. Ser. II, 2002, 80(4):911–924.
- [2] Sofieva V F, Tamminen J, Kyrola E, et al. A novel tropopause-related climatology of ozone profiles [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2014, 14 (1):283–299.
- [3] 赵柏林, 王俊红, 朱元竞. 气象卫星遥感大气对流层顶的研究[J]. 科学通报, 1992, 37(17):1580–1580.
- [4] 郝民, 田伟红, 龚建东. L波段秒级探空资料在 grapes 同化系统中的应用研究[J]. 气象, 2014, 40(2):158–165.
- [5] 郝民, 龚建东, 王瑞文, 等. 中国 L波段探空湿度观测的质量评估及偏差订正[J]. 气象学报, 2015, 73(1):187–199.
- [6] 江宇, 盛峥, 石汉青. 基于 COSMIC 掩星资料的全球第二对流层顶详细特征 [J]. 物理学报, 2013, 62(3):545–555.
- [7] 韩美, 张苏平. 基于 L波段雷达探空数据的黄东海沿岸边界层特征分析[C]. 中国气象学会年会 2014.s12. 大气物理学与大气环境.
- [8] Coulter R L. A Comparison of three methods for measuring mix-ing-layer height [J]. J Appl Meteor, 1979, 18(11):1495–1499.
- [9] 姜晓玲, 王东海, 尹金方, 等. 夏季风爆发前后中国区域对流层顶高度变化特征 [J]. 应用气象学报, 2016, 27(4):445–453.
- [10] 刘慧, 韦志刚, 魏红, 等. 近 51 年我国对流层顶高度的变化特征[J]. 高原气象, 2012, 31(2):351–358.
- [11] WMO. Meteorology—A three-dimensional science: Second session of the commission for aerology [J]. WMO Bull, 1957 (4):134–138.
- [12] 徐桂荣, 崔春光, 周志敏, 等. 利用探空资料估算青藏高原及下游地区大气边界层高度[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(3):217–227.
- [13] Holtslag A A M, Bruijn E I F D, Pan H L. A High-Resolution Air-Mass Transformation Model For Short-Range Weather Forecasting [J]. Monthly Weather Review, 1990, 118(8):1561–1575.
- [14] Sicard M, Pérez C, Rocadenbosch F, et al. Mixed-layer depth determination in the Barcelona coastal area from regular lidar measurements: Methods, results and limitations [J]. Boundary-Layer Meteorology, 2006, 119(1):135–157.
- [15] 叶庚姣, 郑凤琴, 钟利华. 一次北部湾海雾天气过程的大气边界层特征分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2):21–24, 41.
- [16] 张振州, 蔡旭晖, 宋宇, 等. 海南岛地区大气边界层高度的时空变化特征 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2013, 49(5):783–790.
- [17] 桑林, 孙照渤, 倪东鸿. 北半球对流层厚度的时空变化特征[J]. 气象与减灾研究, 2013, 35(2):1–13.
- [18] 辛玉姣, 田文寿. 热带对流层顶层结构的变化特征和趋势[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(3):378–388.

Analysis of tropopause and boundary apex height characteristics over South China

Yang Kunlin¹, Xu yan²

(1. Meteorological Bureau of Dali Bai Autonomous Prefecture of Yunnan Province, Dali Yunnan 671000;

2. Qianguo Meteorological Bureau, Qianguo Jilin 138000)

Abstract: Using the L-band radiosonde data of 14 stations in South China from January 1, 2010 to December 31, 2015, the temporal and spatial distribution characteristics and height variation characteristics of tropopause and atmospheric boundary layer (ABL) over South China were analyzed. The results showed that (1) the mean tropopause height of South China was the highest in May and the lowest in August, and the tropopause apex change corresponded well with the time node of summer monsoon onset. (2) The average height of the boundary apex was the highest in March and the lowest in August; the variation of the apex height between coastal and inland stations was obviously different. (3) The spatial distribution of the mean boundary layer height in the four seasons in South China was opposite to that of the tropopause height. There were always extreme centers over Xisha and Northwest Guangxi.

Key words: South China; tropopause height; boundary layer height; summer monsoon