

珠江三角洲地区边界层气象特征研究^{*}

范绍佳, 祝 薇, 王安宇, 郭璐璐, 董 娟
(中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 根据珠江三角洲地区 9 个气象台站 1995—2000 年地面气象资料和部分地区的探空资料, 分析研究区域气候与天气背景, 风、温、混合层厚度、大气稳定度等大气边界层特征。结果表明: 珠江三角洲地区受季风影响显著, 还受海陆风、城市热岛环流、越南岭下沉气流等的复合影响; 逆温频率很高, 混合层高度较低, 大气层结比较稳定; 复杂的下垫面对珠江三角洲地区大气边界层有重要影响。

关键词: 珠江三角洲; 边界层气象特征

中图分类号: P404 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 01-0099-04

珠江三角洲是我国经济最具活力的地区之一, 经过 20 多年的快速发展, 在占全国 0.4% 的国土面积上, 聚集了占全国 3% 的人口, 创造了全国近 10% 的国民生产总值, 成为我国最大的工业生产区、市场最繁荣的都市群。

珠江三角洲地形复杂, 既有开阔的珠江口水域, 又有高低起伏的丘陵山地, 下垫面比较复杂。本文收集珠江三角洲地区 9 个气象站 (包括香港) 1995—2000 年常规气象观测资料和 20 世纪 80 年代以来不同单位在珠江三角洲地区进行边界层低空探测的资料和文献资料^[1-10], 分析研究珠江三角洲地区的边界层气象特征。

1 区域气候与天气背景

珠江三角洲地处太平洋西岸的低纬地区, 属于亚热带季风气候区, 气候温和, 雨量充沛, 阳光充足。春季多受弱变性冷高压脊、静止锋、低压槽等天气系统控制, 天气多变。夏季为西南季风盛行期, 高空由东风稳定控制, 西北太平洋和南海多热带气旋活动, 是热带气旋影响或袭击的盛期。秋季是夏、冬过渡季节, 南亚高压撤离, 冷高压迅速南下并控制珠江三角洲地区, 中等强度冷空气可到达南部和南海北部。冬季是北方冷高压活动时期, 此时珠江三角洲地区高层为强盛的副热带西风稳定控制, 副高明显减弱, 地面受强冷高压脊控制, 珠江三角洲地区处于干冷气流控制之下, 气温达全年最低, 降水稀少。

珠江三角洲地区年平均气温在 21~23℃之间,

最冷月 (1 月) 平均气温为 13~15℃, 极端最低气温可达-0.5℃; 最热月 (7 月) 平均气温 28℃以上, 极端最高气温为 38.7℃。年平均降水量一般在 1 500 mm 以上, 4—9 月降水量占全年的 80%。冬季以北风为主, 夏季则多为东南风。年最多风向为北风, 频率为 16%, 多出现在 9 月至次年 3 月; 其次是东南风, 频率为 9%, 主要出现在 4—7 月。年平均风速为 2.0 m/s, 静风频率为 28%。年平均气压为 1 012.4 hPa, 年平均相对湿度为 79%, 年平均日照时数为 1 895 h。6—8 月有台风登陆沿海, 暴雨频繁。春末夏初, 天气变化强烈, 强对流天气较频繁。

表 1 为珠江三角洲地区香港、深圳、东莞、中山、广州 5 个代表城市气象站主要气象要素的多年平均值。

表 1 珠江三角洲地区代表城市主要气象要素的多年平均

Tab 1 Annual averages of primary meteorological elements of the Pearl River Delta

气象要素		城 市				
		香港	深圳	东莞	中山	广州
气温/℃	年平均	23.0	22.0	21.8	21.8	21.9
	年最高	36.1	36.7	36.7	36.7	38.7
	年最低	0.0	0.2	－1.3	－1.3	0.0
相对湿度/%	年平均	77	79	81	81	79
降雨量/mm	年平均	2214	1920	1747	1747	1695
风速/(m·s ^{－1})	年平均	2.4	2.7	2.1	2.1	1.9

^{*} 收稿日期: 2004—03—09
基金项目: 国家 973 计划资助项目 (2002CB410801)
作者简介: 范绍佳 (1962 年生), 男, 副教授, 在职博士生; E-mail: eesfsj@zsu.edu.cn

2 大气边界层特征

2.1 风场特征

珠江三角洲地区属典型季风气候区，稳定的偏南夏季风和偏北冬季风是低层的主要风向。表 2 为根据低空探空资料，总结得到珠江三角洲地区冬、

夏季盛行风向及其随高度的频率分布。
由表 2 可见，无论冬、夏季，珠江三角洲盛行风向均随高度的增加明显向右偏转，冬季盛行风向偏转程度比夏季大。图 1 为冬、夏季珠江三角洲的平均风速廓线。

表 2 珠江三角洲地区盛行风向及其随高度的频率分布
Tab 2 The prevailing wind and its change with height of the Pearl River Delta

季节	测点/m	深圳		珠海		东莞		广州	
		盛行风向	风频/ %	盛行风向	风频/ %	盛行风向	风频/ %	盛行风向	风频/ %
冬季	地面	NE	23	NNW	18	N	25	NE	23
	100	NE	18	N	22	N	22	NE	24
	300	ESE	26	N	29	N	22	NE	25
	500	ESE	19	ESE	24	SE	18	ENE	25
	700	ESE	19	ESE	22	SSE	14	ENE	20
	900	SSE	16	SE	22	SSE	26	E	19
	1000	SE	17	E	25	SSE	19	E	13
夏季	地面	ESE	23	SSW	29	S	35	SE	16
	100	ESE	22	SSW	35	S	42	SE	20
	300	SE	17	SW	31	S	42	SSE	23
	500	SW	17	SW	30	S	33	SSE	19
	700	SW	21	SW	22	SSW	27	SSW	19
	900	SW	16	SW	35	SSW	27	SSW	25
	1000	SW	17	SW	29	SW	23	S	29

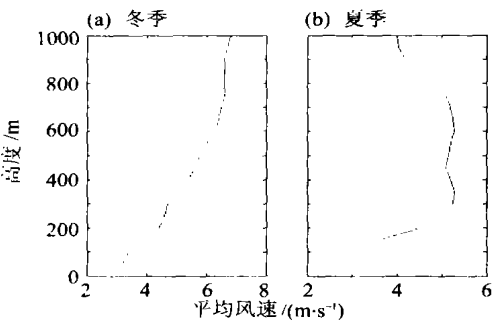


图 1 珠江三角洲冬、夏季平均风速廓线

Fig. 1 Winter and summer wind profiles of the Pearl River Delta

整个边界层内平均风速基本上是随高度而增加的，其中近地层的风速递增率大于高层。冬、夏季风速廓线有明显的差异。

分析还发现，珠江三角洲地区边界层内风向、风速变化显著，主要原因是在稳定的季风背景下，风场还受海陆风、城市热岛环流、越南岭下沉气流等的复合影响。

2.2 温度层结特征

图 2 为根据低空探空资料得到珠江三角洲地区冬、夏季 02、08、14、20 时的平均温度廓线。

由图 2 可见，珠江三角洲地区温度铅直分

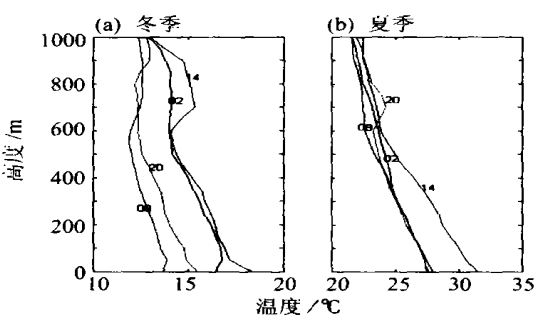


图 2 冬、夏季不同时次温度廓线

Fig. 2 Winter and summer temperature profiles of the Pearl River Delta

布的日变化非常显著。白天气温随高度呈递减型分布，以夏季中午最为明显。夜间气温随高度呈逆温型分布。冬季廓线变化较复杂，02、08 时 100m 以下及 600m 以上均出现逆温，且上层逆温层较深厚，强度较大。

表 3 为根据文献 [10] 整理得到的珠江三角洲地区夏、秋季贴地逆温（逆温层底高离地 50 m 以下）、中层逆温（底高 50 ~ 500 m 之间）、上层逆温（底高 500 ~ 1000 m 之间）的情况。

表 3 珠江三角洲地区夏、秋季逆温情况

Tah 3 Summer and autumn inversion layers over the Pearl River Delta

类型	季节	项目	时间（地方时）								平均
			02: 00	06: 00	08: 00	11: 00	14: 00	17: 00	20: 00	23: 00	
贴地 逆温	夏季	平均厚度/m			34.0	57.0		22.0	38.0		37.8
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)			0.0	0.0		0.0	0.2		0.1
		出现频率/%			33.3	20.0		12.5	28.6		11.8
	秋季	平均厚度/m	29.0	143.0	30.0	26.0	25.0		63.0	29.0	49.3
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)	0.3	1.0	0.8	0.2	0.1		0.6	0.3	0.5
		出现频率/%	50.0	25.0	50.0	26.7	36.4		58.3	100.0	43.3
中层 逆温	夏季	平均厚度/m	70.0	60.0	51.0	35.0	48.0	54.0	53.0	41.0	51.5
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1
		出现频率/%	50.0	88.9	100.0	60.0	60.0	2.5	85.7	100.0	75.0
	秋季	平均厚度/m	60.0	114.0	79.0	40.0		31.0	42.0	50.0	59.4
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)	1.0	0.3	0.2	0.4		0.0	0.2	1.6	0.5
		出现频率/%	100.0	75.0	58.3	46.7		25.0	75.0	100.0	68.6
上层 逆温	夏季	平均厚度/m		38.0	77.7	41.0	37.0	37.0	34.0		44.1
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)		0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0		0.1
		出现频率/%		44.4	33.3	20.0	20.0	25.0	28.6		22.7
	秋季	平均厚度/m		94.0	157.0	62.0	95.0	101.0	59.0		94.7
		平均强度/($^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$)		0.1	0.2	0.5	0.6	0.2	0.2		0.3
		出现频率/%		33.3	25.0	40.0	27.3	50.0	50.0		28.2

由表 3 可见，珠江三角洲地区中层逆温出现频率很高，夏季平均出现频率为 75%，秋季达 68.6%。秋季贴地逆温的出现频率为 43.3%，夏季为 11.8%。秋季上层逆温频率为 28.2%，夏季为 22.7%。

2.3 混合层和大气稳定度特征

根据广州（清远）探空站多年的探空资料，利用干绝热上升曲线法计算，珠江三角洲地区平均混合层高度、混合层内平均风速及其季节变化见表 4。

表 4 平均混合层高度、混合层内风速及其季节变化

Tah 4 Seasonal variation of mixing height and wind speed over the Pearl River Delta

季节	参量	最小值	最大值	平均
春季	L/m	308	964	636
	U/($\text{m}^{\circ}\text{s}^{-1}$)	3.7	4.8	4.3
夏季	L/m	314	919	617
	U/($\text{m}^{\circ}\text{s}^{-1}$)	3.3	5.1	4.2
秋季	L/m	292	1025	659
	U/($\text{m}^{\circ}\text{s}^{-1}$)	3.1	5.3	4.2
冬季	L/m	312	1202	757
	U/($\text{m}^{\circ}\text{s}^{-1}$)	4.2	5.8	5.0
全年	L/m	307	1030	669
	U/($\text{m}^{\circ}\text{s}^{-1}$)	3.5	5.1	4.3

珠江三角洲地区混合层高度总的较低，年平均混合层高度仅 670 m，和低空探空资料得到图 2 所示的结果相近。

珠江三角洲地区混合层高度季节变化不显著，日变化比季节变化大得多。上午混合层厚度夏季大于秋季，下午混合层厚度秋季大于夏季。

根据深圳、珠海、东莞、中山、广州 5 个气象站的地面气象资料，采用修订的 Pasquill 稳定度分级法进行分类，发现珠江三角洲地区大气稳定度以中性 D 类为主，频率达 61.8%，稳定类为 23.4%（其中 E 类为 9.8%，F 类为 13.6%），不稳定类仅占 14.8%（其中 A 类仅 1.7%，B 类为 7.4%，C 类为 5.7%）。珠江三角洲地区大气层结比较稳定。

3 结 论

（1）珠江三角洲地区受季风影响显著，冬半年盛行偏北风，夏半年盛行偏南风。

（2）珠江三角洲地区边界层内风向、风速随高度的变化显著。在稳定的季风背景下，还受海陆风、城市热岛环流、越南岭下沉气流等的复合影响。

（3）珠江三角洲地区出现中层逆温的频率很高，夏季平均出现频率为 75%，秋季达 68.6%。混合层高度较低，平均厚度仅 670 m。大气稳定度以中性为主，占 61.8%，大气层结比较稳定。

（4）珠江三角洲地区复杂的下垫面对该区域的大气边界层有重要影响。

致谢：感谢广东省气候中心提供气象站地面气象资料和清远探空资料

参考文献：

[1] 向可宗. 广州近地层风的垂直分布及动力特征[J]. 热带气象, 1985, 1(2): 129—138.
[2] 向可宗. 广东边界层气象条件及对大气污染的影响[J]. 热带气象, 1986, 2(3): 226—232.
[3] 郭典招. 低纬度沿海边界层特征研究[J]. 环境科学研究, 1991, 4(5): 34—39.
[4] 刘嘉玲, 黄志兴. 珠江三角洲大气边界层温度与流场垂直分布特征[J]. 热带海洋, 1993, 12(2): 17—24.

[5] 黄志兴, 刘嘉玲, 范绍佳. 珠江崖门出海口地区大气边界层特征分析[J]. 热带海洋, 1995, 14(3): 36—43.
[6] 李琼, 叶燕翔, 李福娇, 等. 广东各地 Pasquill 稳定度频率的分布特征[J]. 热带气象学报, 1996, 12(2): 181—187.
[7] 范绍佳, 谭康初, 李智勤, 等. 广东沿海地区风场特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1998, 37(4): 94—97.
[8] 李琼, 李福娇, 叶燕翔, 等. 珠江三角洲地区天气类型与污染潜势及污染浓度的关系[J]. 热带气象学报, 1999, 15(4): 363—369.
[9] 张立凤, 张铭, 林宏源. 珠江口地区海陆风系的研究[J]. 大气科学, 1999, 23(5): 581—589.
[10] 吴艳标, 杜尧东, 宋丽莉, 等. 珠江三角洲大气边界层温度场结构特征分析[J]. 上海环境科学(网络版), 2003(12): 10.

Analysis on the Boundary Layer Meteorological Features of the Pearl River Delta

FAN Shao jia , ZHU Wei , WANG An yu , GUO Lu -lu , DONG Juan

(Department of Atmospheric Science, Sun Yat -sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Base on ground weather data of 9 meteorological stations from 1995 to 2000 and some regional boundary layer sounding data in the Pearl River Delta, the regional climate and weather background, temporal and spatial variation features of wind, temperature, mixing height and stability are studied. The results show that the wind field of the Pearl River Delta is not only affected significantly by monsoon, but also affected by sea land breeze, urban heat island circulation and the downdraft of cold wind across the Nanling Mountain. The temperature inversion frequency is very high, the mixing height is low and the stratification tends to stable. The complex underlying surface strongly affects on the boundary layer meteorological features of the Pearl River Delta.

Key words: boundary layer meteorological features; Pearl River Delta