

天津市郊区冬季大气边界层风、温场结构与特征

孟丽红*, 张敏, 韩素芹 (天津市气象科学研究所, 天津 300061)

摘要: 利用天津市郊区探空观测资料, 对该地区冬季大气边界层内的风场、温度场结构与特征进行研究。结果表明, 测试期间风向随着高度增加呈顺时针旋转, 由东风、东南风逐渐右转, 转为西南风、西风, 遵循 Eckman 螺旋线的规律; 不同高度层风速日变化规律不同。一般来说, 在较低高度风速白天变大, 夜晚变小, 而较高处则相反; 接地逆温大约在 20:00 开始生成, 随着时间的增加, 逆温逐渐加强, 平均逆温厚度在 02:00 达到最大值; 混合层高度在早晨厚度较薄, 午后混合层厚度较厚, 有利于污染物的扩散; 天津市市区 10m 和 100m 高度层风速的日变化规律与郊区相同, 200m 高度层风速日变化规律不同; 市区与郊区相比, 不同高度层风速随着时间起伏变化较小。

关键词: 大气边界层; 风温结构; 天津郊区; 冬季

中图分类号: X169 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2012)10-1758-06

Structures and characteristics of the atmospheric boundary layer in winter of the Tianjin suburb. MENG Li-hong*, ZHANG Min, HAN Su-qin (Tianjin Institute of Meteorology, Tianjin 300061, China). *China Environmental Science*, 2012,32(10): 1758~1763

Abstract: Based on the observation data that have been obtained, the vertically characteristic of wind field and temperature field in winter of Tianjin city have been studied. The results showed that, during the testing time, the direction of wind as the height increased a clockwise rotation, by East, Southeast gradually turn right, turn to the southwest wind, west wind, following the Eckman spiral pattern; different height level wind changed in the appearance of different laws daily. In general, at low height the wind speed was bigger at the day than the night, but at the more height was contrast; the grounding inverse temperature generated about 20:00. With increasing of the time the inverse temperature enhanced, and on the 02:00 of the second day, the inverse temperature were the most; the height of the mixed boundary was thinner in the early morning, thicker in the afternoon, which was beneficial to the spread of pollutants. The daily variation of the wind speed were the same between the urban and the suburban of the same height at 10m and 100m; but it was different at the 200m; the urban wind speed fluctuation was smaller than the suburb with time daily.

Key words: atmospheric boundary layer; wind and temperature field; Tianjin suburb; winter

大气边界层(约 1500m 高度)中的风、温场结构特征直接影响大气污染物的输送和扩散, 同时也对城市规划起着指导作用, 因此对大气边界层结构的研究日益受到重视^[1]。

目前国内外有关各个城市的大气边界层的研究范围很广^[2-18], 如 Grimmond 等^[2-3]就分别在北美郊区和城区边界层开展了观测实验, Pol 等^[4]经观测后发现城市建筑物激发涡旋对风场观测有明显影响。韦志刚等^[6], 徐安伦等^[8]利用观测试验分别研究了敦煌夏末、洱海湖滨、七台河市、北京、珠江三角洲等地区的大气边界层特征, 其中敦煌由于地处中国西北干旱区且是夏季观测,

对流边界层高度可达 4200m, 稳定边界层高度可达 1300m; 洱海湖滨气流主要受苍山和洱海的影响, 大气边界层日变化特征明显, 边界层日变化较大。蒋维楣等^[1]经研究后就提出, 需针对不同气候区、不同城市特点和建筑物形态特征开展城市气象等方面的观测与模拟研究。另外还有一些学者利用 WRF 和 MM5 等模拟大气边界层特征, WRF 模式在高分辨率(1km)的情况下, 模拟积分稳定, 能够较好的模拟观测地区大气边界层特征。

收稿日期: 2012-02-18

基金项目: 公益性行业(气象)研究专项(GYHY200906025)

* 责任作者, 工程师, menglh@126.com

天津位于环渤海经济圈的中心,随着工业的发展,对大气污染物扩散的研究也日益受到重视,而影响大气污染物扩散的主要是大气边界层风、温场结构,天津市却还没有相关研究.本文利用2005年12月24日至2006年1月4日探空观测资料分析了天津市郊区冬季大气边界层风、温场结构与特征.

1 资料来源与观测方法

观测时间为2005年12月24日至2006年1月4日,正处于冬季时段,观测时间内以晴到多云天气为主;观测地点在天津市西青区(天津市近郊区)的空地上,观测时以观测点为中心周边500m范围内均为空地,距离天津气象站(西青区气象观测站)约为2km,与市区(天津市南开区)直线距离约为11km,与中国气象局天津大气边界层观测站(铁塔观测站)直线距离约为17.4km,相对方位是西南侧.探测内容包括低空测风、低空

气温探测和平衡器实验等项目,每天观测8次:02:00、05:00、08:00、11:00、14:00、17:00、20:00、23:00.根据这些资料分析评价区风、温廓线等,得出天津市大气边界层风、温场特征.

表 1 试验内容及仪器

Table 1 The test contents and instruments

项目类别	测试方法	使用仪器
风向风速	基线小球测风	测风经纬仪
温度	电子低空探空仪测温	TK-II型探空接收机
风向风速	距地10m高处 风向、风速	自动接收机
气温	距地1.5m高处 气温	通风干湿球表 (精度0.1℃)气温测
气压	近地面气压	空盒气压表

本次边界层气象观测根据《地面气象观测规范》和《高空气象探测规范》^[19-20]的规定进行,测试内容及仪器的相关参数见表1.所有仪器、仪表均经气象质检部门检定后使用.

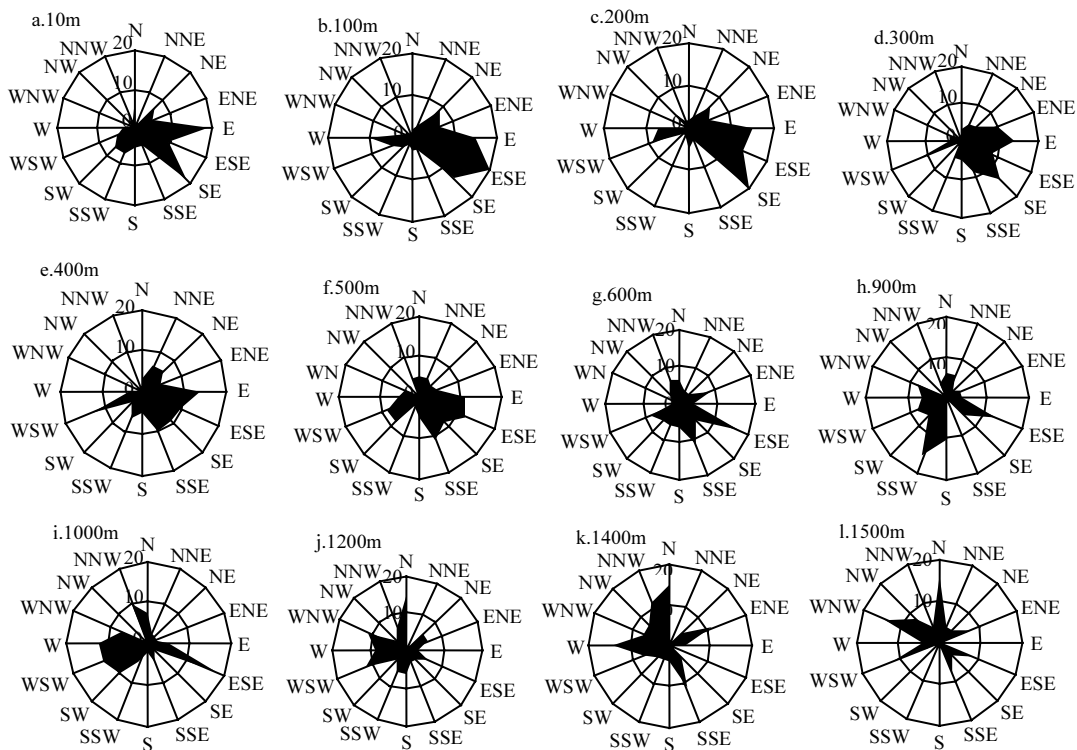


图 1 不同高度层的风向频率(%)

Fig.1 The frequency of wind direction on the regulation height (%)

2 结果与讨论

2.1 大气边界层风场特征分析

2.1.1 边界层风向随高度的变化 根据观测期间各高度层的风向频率(图 1)可知,10m 高度处静风出现频率为零,该区域最多风向 10m 高度为东南、东,风向频率均占 19%; 100~600m 高度以东南东、东、东南风向为主;随着高度的增加,东、东南风出现频率逐渐减小,而西南、西风出现频率逐渐增加,风向呈现随着高度增高右转趋势,900m 高度以南南西为主,风向频率为 15%; 1200m 高度以上以西南西、西、西北西为主。

从各高度的风向频率分析可以看出:测试期间风向随着高度增加呈顺时针旋转,由东风、东南风逐渐右转,转为西南风、西风,遵循 Eckman

螺线的规律^[21]。

2.1.2 不同高度层风速的日变化规律 从图 2 可知,不同高度层风速随着每天时间的变化出现不同的规律.近地层中 10,50,100m 风速白天大,夜晚小,最大风速出现在 14:00.200m 以上高度层风速夜晚大,白天小,最大风速一般出现在夜间的 02:00 和 23:00.200,250m 随着时间变化出现 2 个峰值,分别在 02:00 和 23:00;300~450m 范围内风速随着高度的增高变化不大,代表不同高度的风速随着时间的变化多处出现重合现象,最小值出现在 08:00,最大风速出现在 02:00; 500~900m 范围内风速随着时间的变化 02~17 时呈“V”型分布,17:00~23:00 风速有明显减小的趋势,最小值出现在 11:00,最大风速出现在 02:00.1100,1400,1500m 风速最小值均出现在 14:00.

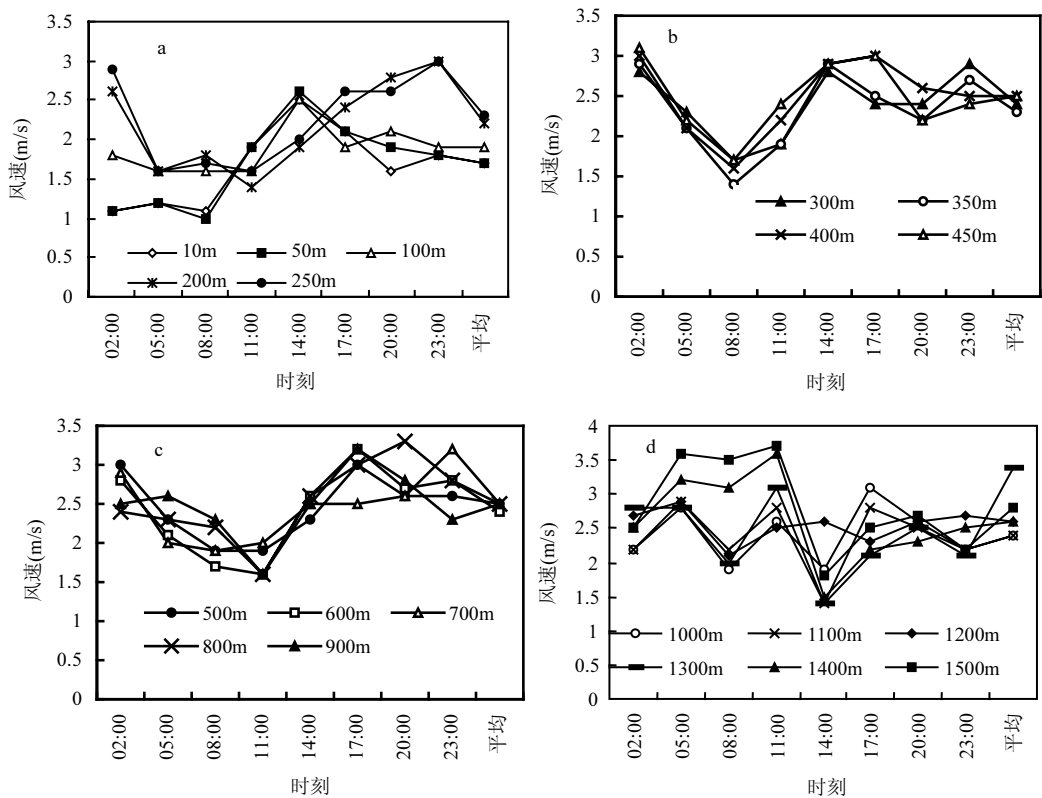


图 2 不同高度日各时次平均风速

Fig.2 Average wind speed variation with height

边界层内不同高度层风有日变化,一般来说,夜晚变小,而较高处则相反.风的日变化可通过湍流交换加以解释^[20],主要是由于一昼夜中大气层

结的变化造成交换系数的日变化,使交换系数白天大于夜间,于是昼夜动量传输的快慢就不同,白天由于湍流交换系数 K 大,上层动量更快地向下传输,使底层风速增大;而上层则相应地风速变小.夜晚由于 K 小,动量传输变慢,于是底层风速变小,而上层则变大.白天湍流混合加强,使上下层之间风的差异,包括风向在内都会变小.

2.2 大气边界层温度场特征

2.2.1 逆温特征 逆温分为接地逆温和低空逆温.根据观测期间平均状态,接地逆温大约在 20:00 开始生成,08:00 以后消失,平均逆温厚度在 02:00 达到最大值(122m),逆温强度为 3.1℃/100m,观测期间逆温最大厚度为 333m(出现在 23:00),最大强度 3.9℃/100m(出现在 02:00).

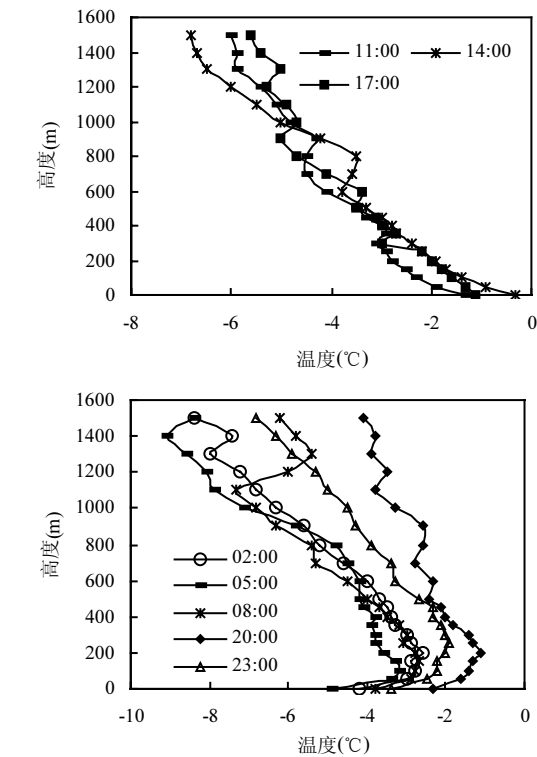


图3 温度随高度变化
Fig.3 Temperature variation with height

近地面(0~300m)逆温中 11:00 出现频率最多,为 73%;301~500m 逆温中 02:00 出现频率最多,为 44%;500~1000m 逆温中 08:00 出现频率最多,为 40%;>1000m 逆温中 23:00 出现频率最多,为

45%.
2.2.2 温度的时空变化 从图 3 中可以看出,观测期间夜间(20:00、23:00、02:00 和 05:00)及清晨 08:00 近地层气温随高度升高递增,出现逆温,其高度通常在 150m 左右.白天(11:00~17:00)随着高度升高为递减,非逆温.

2.3 混合层高度分析

混合层是指对流边界层的高度,也就是大气边界层处于不稳定层结时的厚度.混合层的高度决定了垂直方向污染物的扩散能力.利用干绝热上升线法计算出观测点处不同时间边界层内的混合层高度,见表 2.

表 2 大气混合层高度(m)
Table 2 Air mixing height(m)

08:00	11:00	14:00	17:00
86.3	326.7	729.3	312.1

注:02:00,05:00,20:00,23:00 由于无太阳辐射,因此无混合层高度

从表 2 可以看出,早晨(08:00)由于湍流较弱,混合层高度只有 86.3m,易造成污染,日出后,湍流随太阳辐射增强而增强,混合层高度逐渐增大,在午后(14:00)混合层高度达到最大值 729.3m,有利于当地大气污染物的扩散,而后由于湍流减弱,混合层厚度也相应减小.

2.4 与天津市城区风场特征对比

利用 2005 年 12 月 25 日至 2006 年 1 月 4 日同期天津市 255m 气象塔分析本文观测点(天津市近郊区)与天津市城区大气边界层风场结构特征的不同.

天津市 255m 气象塔位于中国气象局天津大气边界层观测站院内(39°06'N,117°10'E,海拔 3.4m),观测站地处天津市城区南部,其北距快速路约 100m,东临友谊路一友谊南路,以气象塔为中心 5km 半径的水平范围内,不同方位的建筑物高度参差不齐,其周围环境基本上代表了大城市的典型特征.气象塔共设 15 层观测平台,距离地面的高度分别为 5,10,20,30,40,60,80,100,120,140,160,180,200,220,250m,各层平台均安装风速风向仪,每 10min 采样 1 次,取其平均值作为该高

度的观测值.铁塔观测站选取 10,100,200m 高度分析风场结构特征.

将观测时间内的每天各时的风速平均后做出市区和郊区 10,100,200m 高度层风速随着时间的变化图,如图 4 所示.

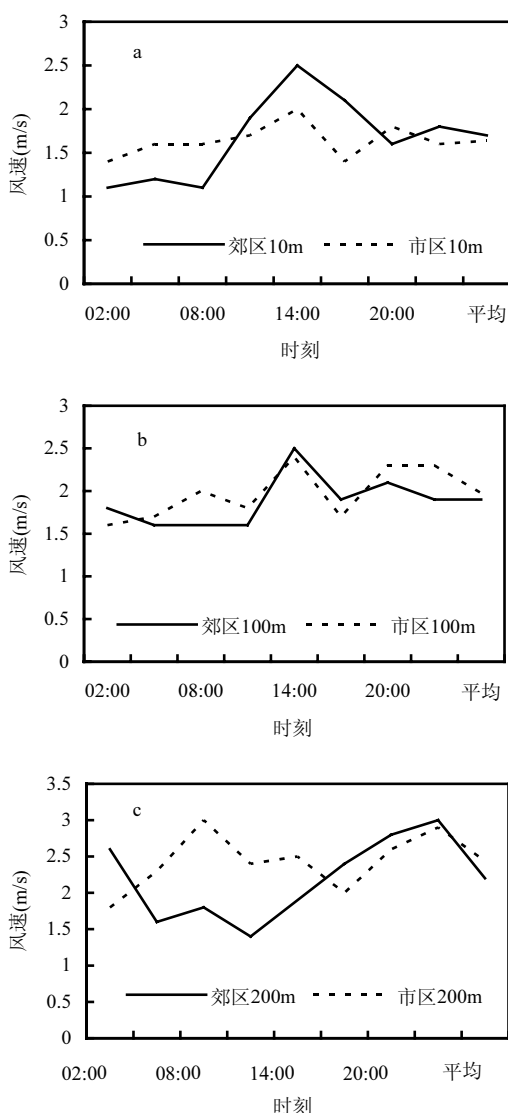


图 4 天津市市区和郊区不同高度风速日变化比较
Fig.4 Average wind speed variation with height at the Tianjin City and the Suburb

从图 4 可知,天津市市区 10,100m 高度层风速的日变化规律与郊区相同,风速均表现为白天大夜晚小,最大风速均出现在 14:00;200m 高度层

风速日变化规律不同,市区呈双峰型分布,风速峰值出现在 08:00 和 23:00,而郊区最大风速出现在 23:00.市区与郊区相比,不同高度层风速随着时间变化波动较小,这主要是由于不同稳定度造成的动量通量传递差异造成的.

3 结论

3.1 测试期间风向随着高度增加呈顺时针旋转,由东风、东南风逐渐右转,转为西南风、西风,遵循 Eckman 螺线的规律;不同高度层风速日变化规律不同.一般来说,在较低高度风速白天变大,夜晚变小,而较高处则相反.

3.2 观测时段内接地逆温大约在 20:00 开始生成,随着时间的增加,逆温逐渐加强,平均逆温厚度在 02 时达到最大值;混合层高度在早晨(08:00)较低,易造成污染,而午后混合层高度较高(14:00),最高为 729.3m,湍流作用较强,有利于污染物的扩散.

3.3 天津市市区 10m 和 100m 高度层风速的日变化规律与郊区相同,200m 高度层风速日变化规律不同;市区与郊区相比,不同高度层风速随着时间变化波动较小.

参考文献:

- [1] 蒋维楣,苗世光,张宁,等.城市气象与边界层数值模拟研究[J]. 地球科学进展, 2010,25(5):463-473.
- [2] Grimmond C S B, Oke T R. Comparison of heat fluxes from summertime observations in the suburbs of four North American cities [J]. Journal of Applied Meteorology, 1995,34:873-889.
- [3] Grimmond C S B. Progress in measuring and observing the urban atmosphere [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2006,84: 3-22.
- [4] Pol S U, Brown M J. Flow patterns at the ends of a street canyon: Measurements from the Joint Urban 2003 field experiment [J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2008,47(5): 1413-1426.
- [5] 刘罡,孙鉴沅,蒋维楣,等.城市大气边界层的综合观测研究——实验介绍与近地层微气象特征分析[J]. 中国科学技术大学学报, 2009,39(1):23-32.
- [6] 韦志刚,陈文,黄荣辉.敦煌夏末大气垂直结构和边界层高度特征[J]. 大气科学, 2010,34(5):905-913.
- [7] 曲艳秀,刘运武,张志国.七台河市冬季大气边界层特征研究[J]. 黑龙江农业科学, 2008,(1):55-57.

- [8] 徐安伦,董保举,刘劲松等.洱海湖滨大气边界层结构及特征分析 [J]. 高原气象, 2010,29(3):637-644.
- [9] 李明华,范绍佳,王宝民,等.珠江三角洲秋季大气边界层温度和风廓线观测研究 [J]. 应用气象学报, 2008,19(1):53-60.
- [10] 李茂善,马耀明,马伟强,等.藏北高原地区干、雨季大气边界层结构的不同特征 [J]. 冰川冻土, 2011,33(1):72-79.
- [11] 梁汉明,董保群,田广生.珠江三角洲地区大气环境条件的层结特征分析 [J]. 环境科学研究, 1992,5(4):8-14.
- [12] 丁国安,孟昭阳,于海青,等.北京城区大气边界层空气污染特征观测研究 [J]. 应用气象学报, 2002,13(Z1):82-91.
- [13] 张 鑫,蔡旭晖,柴发合.北京市秋季大气边界层结构与特征分析 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2006,42(2):220-225.
- [14] 卞林根,程彦杰,王 欣,等.北京大气边界层中风和温度廓线的观测研究 [J]. 应用气象学报, 2002,13(Z1):13-25.
- [15] 张 蕾,赵淑艳,金永利.北京地区低空风、温度层结对大气污染物垂直分布影响初探 [J]. 应用气象学报, 2002,13(Z1):153-159.
- [16] 范绍佳,王安宇,樊琦等.珠江三角洲大气边界层特征及其概念模型 [J]. 中国环境科学, 2006,26(Z1):4-6.
- [17] 安兴琴,吕世华,兰州市冬季大气边界层结构特征的观测和数值模拟研究 [J]. 气象科学, 2007,27(4):374-380.
- [18] 缪国军,张 镭,舒 红,利用 WRF 对兰州冬季大气边界层的数值模拟 [J]. 气象科学, 2007,27(2):169-175.
- [19] 中国气象局,地面气象观测规范 [Z]. 北京:气象出版社, 2003.
- [20] 中国气象局,常规高空气象观测业务规范 [Z]. 气象出版社, 2010.
- [21] 赵 鸣.大气边界层动力学 [M]. 北京:高等教育出版社, 2006.

作者简介: 孟丽红(1979-),女,河南安阳人,工程师,硕士,主要从事大气环境及环境影响评价.发表论文 7 篇.

APEC 环境产品清单出炉

亚太经合组织(APEC)第二十次领导人非正式会议 9 月 9 日在俄罗斯远东海滨城市符拉迪沃斯托克闭幕.与会各方经过艰苦磋商和谈判,达成了包含 54 个 6 位海关税号的环境产品清单.这意味着 21 位 APEC 成员在 2015 年年底前对这些产品的实施税率将降到 5%或 5%以下.

今年 APEC 会议周的主题是“融合谋发展,创新促繁荣”,会议确定了四大议题,分别是:贸易投资自由化和区域经济一体化;加强粮食安全;建立可靠供应链;推动创新增长合作.

负责经济事务的俄罗斯第一副总理舒瓦洛夫明确表示,本次峰会的主要任务是促进贸易更加自由化,这一任务已顺利完成.据悉,本次会议的重点之一环境产品自由化问题取得了重大成果.

在去年夏威夷 APEC 峰会上,各方提出各经济体在 2012 年要为制定一份 APEC 环境产品清单开展工作,并在 2015 年年底前将这些产品的实施税率降到 5%或 5%以下.

在过去一周的 APEC 领导人非正式会议系列会议上,与会各方经过艰苦磋商和谈判,达成了包含 54 个 6 位海关税号的环境产品清单.在 APEC 峰会上,领导人就在 2015 年将上述清单所列产品如废水处理技术等的应用关税降至 5%或 5%以下达成一致,这些产品还包括测量设备、风电设备、空气和水质量监测系统等.

普京在会后举行的新闻发布会上对此成果给予高度评价,称围绕环境产品的谈判在世界贸易组织框架下开展 10 余年但至今未果,而 APEC 率先达成共识,这从一个侧面展现出 APEC 机制的生命力.

APEC 是亚太地区机制最完善、层级最高、影响最大的经济合作论坛.此次会议的举行是增进区域内各方信任、深化相互融合、共创亚太经济美好未来的重要机遇.回顾 20 多年来的发展历程,APEC 为推进本地区贸易和投资自由化、深化区域经济一体化发挥了不可替代的重要作用.

摘自《中国环境报》

2012-09-11