

## 2013年7月5日大暴雨伴雷暴天气的成因分析

刘延凯 (民航安徽空中交通管理局气象台, 安徽合肥 230051)

**摘要** 2013年7月4日夜至6日上午,江淮流域出现了2013年入梅以来持续时间最长、范围最大、降水强度最大且雷暴持续时间最长的一次大暴雨伴雷暴天气过程,针对此次过程,主要采用天气形势分析和物理量场诊断分析方法,力求揭示此次大暴雨伴雷暴的形成和维持的成因。结果表明,梅雨锋上发展的中尺度系统是造成此次江淮地区产生大暴雨和长时间对流天气的主要天气系统;对流天气过程中,东北—西南向的高能区配合强烈的上升运动,为对流的发展提供了不稳定和动力机制;锋区附近均有较强的上升运动,使得对流单体能不断产生,且急流轴的存在为对流发展提供了良好的水汽输送环境,使得对流持续发展能够有充足的水汽。

**关键词** 大暴雨;雷暴;物理量场;天气形势;成因分析

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)19-06314-04

长期以来,气象工作者对暴雨以及雷暴进行了大量的研究<sup>[1-4]</sup>,如程铁军等通过对长江中下游地区特大雷暴暴雨的分析,发现大暴雨是由高层冷空气叠加在底层急流左前侧高湿区至上产生持续的对流降水所造成<sup>[2]</sup>;姜麟等通过对江苏一次夏季强雷暴天气过程的综合分析得出,强雷暴在垂直方向上与锋生函数、假相当位温、涡度散度的某些分布特征有较好的对应关系<sup>[3]</sup>。由于副热带高压的北抬,每年的6月中下旬至7月上中旬江淮地区进入梅雨季节,暴雨和雷暴是梅雨期的重要灾害性天气,且梅雨期降水范围广、雨量大、持续时间长,易对人们的生命财产和国民经济造成严重危害。鉴于其重要性,气象学者也对梅雨进行了许多研究<sup>[5-8]</sup>,如赵娴婷等通过对2010年7月9~14日暴雨过程中高低空急流的特点、配置及对暴雨的影响进行了分析,发现低空西南急流是产生暴雨的重要因子<sup>[8]</sup>。

2013年7月4日夜至7月6日上午,江淮流域经历了2013年入梅以来最强的一次降水天气,其中大部分地区降水量超过50 mm,其中局部地区降水量超过200 mm。在降水过程中,因雷暴持续时间长,此次过程与以往的梅雨有所不同,以合肥为例,雷暴持续时间长达8 h。笔者利用常规气象观测资料、华东地区地面自动观测站资料、华东多普勒雷达资料以及NCEP/NCAR 2.5°×2.5°的6 h再分析资料和NCEP/CFSv2 1°×1°的6 h再分析资料,从天气形势和物理量场方面,对此次大暴雨伴雷暴的形成和维持的成因进行了分析。

## 1 天气形势分析

**1.1 高空天气形势** 从2013年7月5日08:00 500 hPa位势高度图(图1)可以看出,高纬度地区为“两槽一脊”的形势,高压脊位于蒙古—贝加尔湖附近,西部槽位于天山以西,在西西伯利亚至我国东北地区有东北冷涡逐渐发展东移;在我国的中低纬度地区,588 dagpm线位于华东南部以及华南沿海一带,由东北冷涡底部南伸的槽线位于辽东半岛—山东半岛—淮河一带,其槽后的冷空气与槽前、副高外围的西南暖湿气流正好在江淮地区交汇,为此次暴雨伴雷暴过程提供了有利的环流背景场。700 hPa形势图(图1)与500 hPa相

似,位于贝加尔湖以东的东北冷涡不断东移并有所加深,冷涡的东移使得其后部的冷空气沿着槽后的西北偏北气流不断向南扩散,使得冷空气能够入侵到淮河以及沿江一带。从7月5日08:00 850 hPa位势高度和温度分布图(图2)可以看出,东北冷涡后有明显的冷中心,且空中温度槽落后于高度槽,冷涡明显地加深并东移;受此东北冷涡影响,在江淮地区有一条东北—西南向的切变线生成、发展,在切变线北侧的偏北气流使得冷空气能够源源不断地输送至江淮地区,切变南侧的暖湿气流交汇于江淮地区,从而造成了此次江淮地区的暴雨伴雷暴天气过程。由此可知,东北冷涡的发展东移,使得冷空气南下,与西南暖湿气流在江淮地区交汇,为此次大暴雨伴雷暴天气提供了良好的环流背景场,且随着系统的缓慢东移南压,其降水带和雷暴带也随之南压,7月6日后期随着冷空气的减弱,此次降水和雷暴天气也趋于平缓。

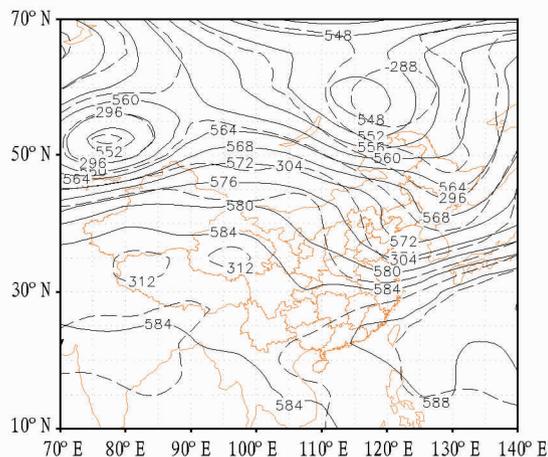


图1 2013年7月5日08:00 500 hPa(实线)和700 hPa(虚线)位势高度

**1.2 地面资料分析** 从7月5日08:00华东地区地面流场分布(图3)可以看出,在安徽的中部至江苏北部地区有一条明显的地面辐合线,强降水区和雷暴落区正好位于辐合带的附近,Wilson等研究表明约有一半的雷暴是在边界层辐合线附近生成<sup>[9]</sup>,因此地面辐合线的存在配合高空系统,为此次暴雨伴雷暴的发生提供了上下层较好的环流条件。

## 2 物理量特征分析

**2.1 不稳定机制** 从7月5日08:00 850 hPa假相当位温和

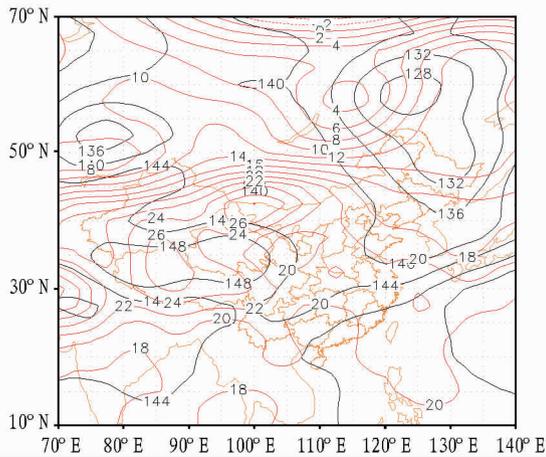


图2 2013年7月5日08:00 850 hPa 位势高度和温度场分布

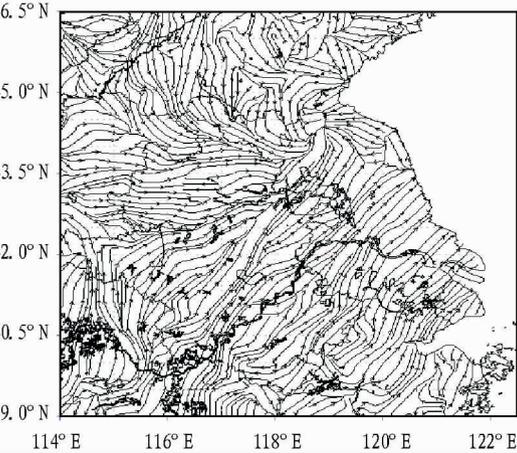


图3 2013年7月5日08:00 华东地区地面流场分布

垂直速度分布(图4)可以看出,淮河以南地区 $\theta_{se} > 340$  K,表明淮河以南地区均处于高温高湿的环境中,高能区位于云贵高原至江淮之间,呈东北—西南向分布,在江淮地区高能区的北侧和南侧各有一个等 $\theta_{se}$ 密集带,即能量锋区,北侧位于沿淮一带,能量锋区宽度约300~400 km,近乎为东西带状分布,高能中心位于高空槽与切变线南侧,为副高外围暖湿气流与冷空气的交汇地带;从上升气流可以看出,7月5日08:00高能中心附近和能量锋区为强烈的上升运动,说明江淮地区底层不仅有高温高湿的不稳定气团,且有使得高温高湿气团向上输送的强烈上升运动。从7月5日08:00假相当位温和经向环流沿118°E的垂直分布(图5)可以看出,等 $\theta_{se}$ 密集带位于30°~35°N,且在300 hPa以下呈垂直状分布,说明梅雨锋在这一地区的中下层中具有一定的正压性;在梅雨锋内700 hPa以下相对周围来说是高能区,其锋区南侧有 $\theta_{se}$ 的高值区,说明是高温高湿区,与图4中高能区南侧的等 $\theta_{se}$ 密集带相对应,但这一地区在垂直环流上没有上升气流,因此这一地区几乎没有对流发生。在梅雨锋内,干冷空气在锋区北侧与暖湿气流交汇,并引起强烈的上升运动,因此此次暴雨和雷暴天气就发生在梅雨锋的中北部。而经向环流显示,在梅雨锋内有强烈的上升运动,上升运动一直延续至400 hPa以上,且锋区北部的下沉气流区里锋区较远,说明此次冷

空气入侵为扩散型冷空气,冷空气主体偏北导致了此次降水过程中降水带南压缓慢,是导致暴雨和长时间雷暴的主要原因。综上所述可知,能量锋区是此次对流发展的重要强迫因子,强迫主要发生在700 hPa以下,344 K的高能舌在垂直上升运动的作用下一直延伸至700 hPa附近。

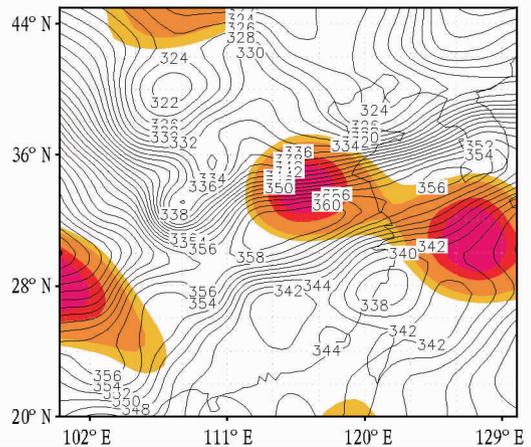


图4 2013年7月5日08:00 850 hPa 假相当位温和垂直速度分布

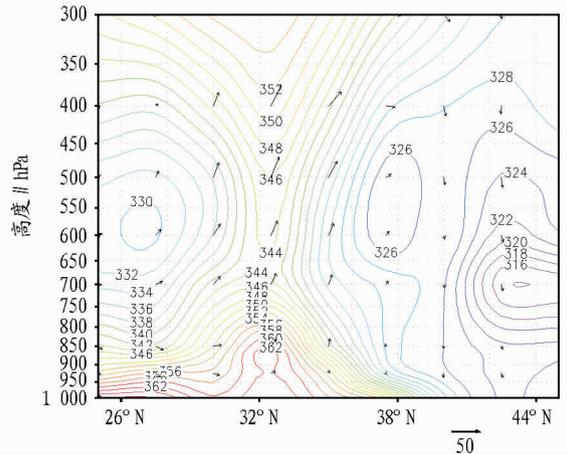
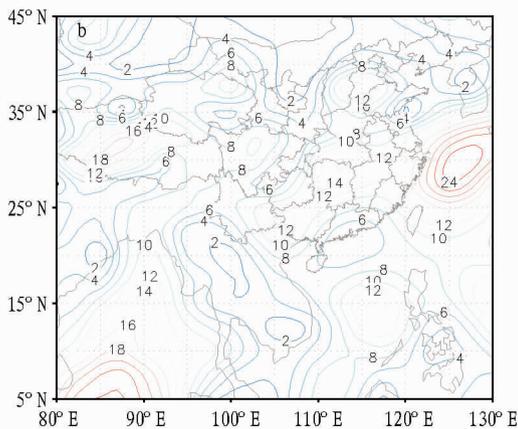
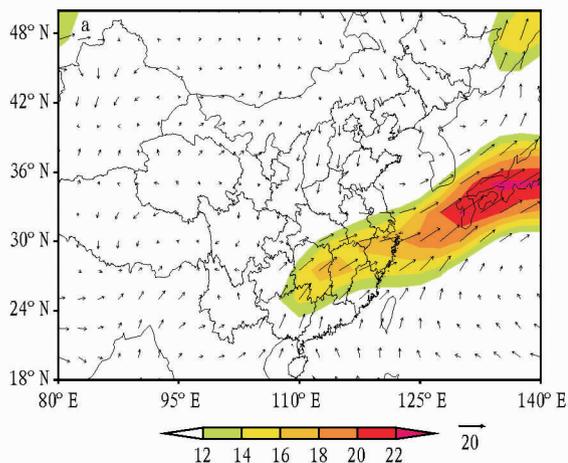


图5 2013年7月5日08:00 假相当位温和经向环流沿118°E的垂直分布

**2.2 水汽条件** 在此次暴雨伴雷暴的过程中,对流层底层一直存在强劲的西南急流,7月5日08:00 850 hPa沿江江南南部一直有12 m/s以上的西南急流(图6a),而雨带位于急流的北侧边缘附近;随系统向东南方向缓慢移动,急流轴也缓慢地随之移动,强对流带也位于急流的北侧边缘。此次暴雨伴雷暴过程中850 hPa水汽通量分布显示,降水期间850 hPa江淮流域一直处于水汽通量大值区,5日08:00 850 hPa江淮以及沿江地区水汽通量 $> 12$  g/(cm·hPa·s)(图6b),与急流图相比较可以发现,强水汽输送带的走向呈东北—西南走向,与急流轴的走向一致。因此也可以断定,此次暴雨伴雷暴过程所需大量水汽是在低空急流的作用下被输送至江淮流域的。

为了更好地了解水汽与大尺度环流的关系,通过计算整层垂直积分的水汽通量和水汽通量散度,来体现整个对流层流场和湿度场的分布情况。从7月5日整层水汽通量矢量



注:图 a 中阴影区为急流区,风速  $\geq 12$  m/s。

图 6 2013 年 7 月 5 日 08:00 850 hPa 风场和急流(a)以及水汽通量 [b, g/(cm · hPa · s)] 分布

图(图 7)可以看出,孟加拉湾的西南季风较强,在低纬度地区向偏东方向输送水汽,其主体与西太平洋副热带高压西侧

的东南气流汇合后向北流去,并在淮河流域与南下的冷空气交汇,从而为该地区的降水和雷暴带来强水汽输送。因此,可以说此次雷暴和暴雨所需的水汽主要来自于南海和西南季风中带来的孟加拉湾水汽。

### 3 强对流天气的持续

以上主要分析了对流发生时期的动力以及水汽条件,此次降水过程雨量大、持续时间长,雷暴持续时间也较长,因此,以下主要分析此次对流过程持续的原因。以 118°E 为例,从图 8a 可以看出,7 月 5 日 02:00~6 日 08:00 30°~35°N 为高能区,5 日 08:00 之后高能区中心略有南移,中心值区位于 31°~32°N 一带,该地区附近为此时间段内对流发展的重要区域,说明整个对流期间,对流发展所需的能量较充沛;强烈的上升区域与高能中心相对应,且强烈的上升运动将底层的能量带向高层,为对流的发展提供了持续的动力,是对流能长时间发展的重要原因。从在 118°E 850 hPa 涡度时间纬度剖面(图 8b)可以看出,7 月 5 日 02:00~6 日 08:00 锋区附

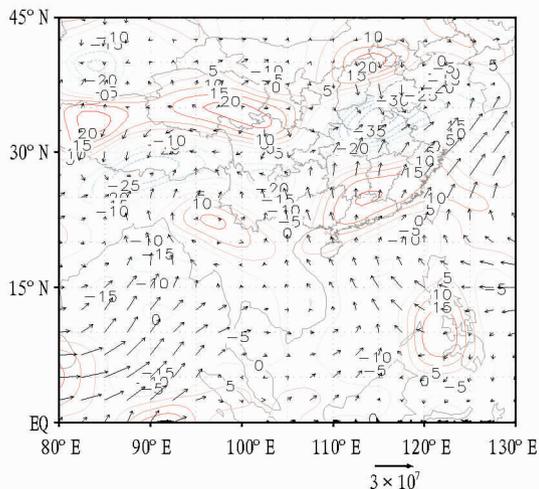
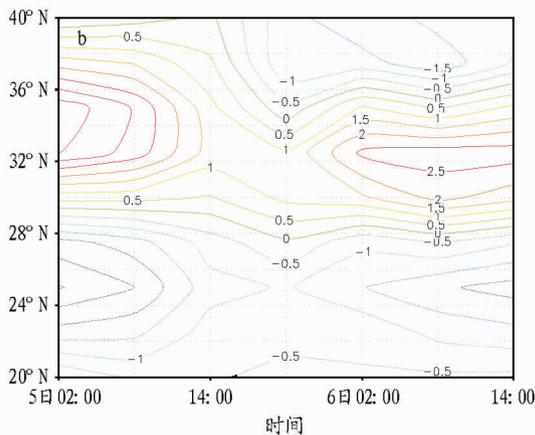
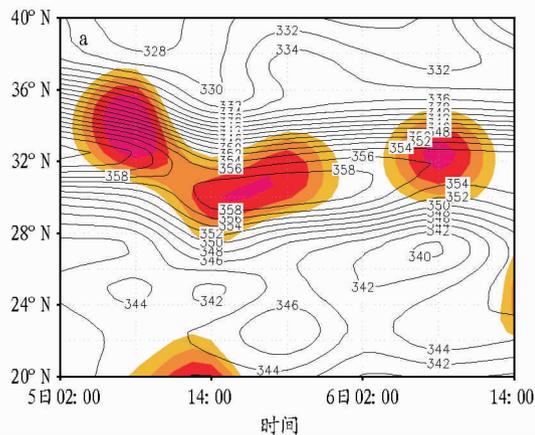


图 7 2013 年 7 月 5 日 整层水汽通量和水汽通量散度图



注:图 a 中阴影区为上升速度。

图 8 2013 年 7 月 5~6 日在 118°E 的垂直速度和假相当位温(a)以及 850 hPa 涡度(b)的时间纬度剖面

近对流层中下层始终为正涡度、辐合区,而高层为负涡度、辐散区;尤其在 32°N 区,附近底层正涡度区的维持,高层强辐散区和低层强辐合区在垂直方向上配合,使得该地区的上升

运动得以维持。从图 9 可以看出,该地区附近均存在急流轴以及强水汽输送带,而对流发展的区域位于急流轴和水汽输送带的北侧边缘附近,说明在整个强对流发生期间,急流轴

的存在为对流发展提供了良好的水汽输送环境,使得对流持续发展能够有充足的水汽,而不会因为降水的原因,使得水

汽有所减少,影响对流的持续。

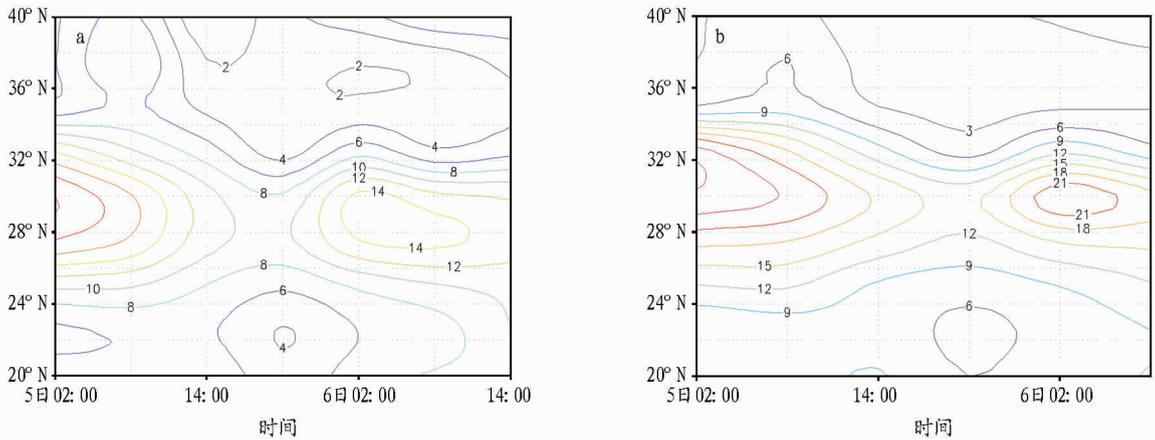


图 9 2013 年 7 月 5~6 日在 118°E 的急流时间纬度剖面(a)和 850 hPa 水汽通量时间纬度剖面(b)

4 结论

(1) 东北冷涡的发展东移,使冷空气南下与西南暖湿气流在江淮地区交汇,形成梅雨锋,梅雨锋上发展的中尺度系统是造成此次江淮地区产生大暴雨和长时间对流天气的主要天气系统。

(2) 在暴雨天气发生过程中,东北-西南向的高能区始终位于江淮流域,附近有大量的暖湿不稳定空气;暖湿空气强烈的上升运动为对流的发展提供了不稳定和动力机制。锋区南侧存在强劲的西南低空急流,急流的存在为对流区输送了大量的水汽。

(3) 锋区附近对流层中低层始终为正涡度区和强辐合区,高层为负涡度和强辐散区,且存在时间较长;这种形势使得在对流发展期间空中均有较强的上升运动,诱发对流单体不断产生。在整个强对流发生期间,急流轴的存在为对流发展提供了良好的水汽输送环境,使强对流天气能持续发展。

参考文献

- [1] 王建中,马淑芬. 位涡在暴雨成因分析中的应用[J]. 应用气象学报, 1996, 7(1): 19-27.
- [2] 程铁军,张苏. 长江中下游地区特大雷暴暴雨的诊断分析及预报[J]. 气象, 2001, 27(10): 25-27.
- [3] 姜麟,王卫芳,韩桂荣,等. 江苏一次夏季强雷暴天气过程的综合分析[J]. 气象科学, 2006(3): 316-322.
- [4] 黄丽萍,管兆勇,陈德辉,等. 基于高分辨率中尺度气象模式的实际雷暴过程的数值模拟试验[J]. 大气科学, 2008, 32(6): 1341-1351.
- [5] 王丽芳,濮梅娟,张雪蓉. 年梅汛期影响江苏两次大暴雨过程对比分析[J]. 气象科学, 2013, 33(3): 264-272.
- [6] 刘建勇,谈哲敏,顾思南. 梅雨期暴雨系统的流依赖中尺度可预报性[J]. 大气科学, 2011, 35(5): 912-926.
- [7] 赵玉春. 梅雨锋对引发暴雨的中尺度对流系统发生发展影响的研究[J]. 大气科学, 2011, 35(1): 81-94.
- [8] 赵婷婷,魏建苏,朱定真. 急流在梅雨期持续暴雨过程中的作用[J]. 气象科学, 2011(2): 211-216.
- [9] WILSON J W, MUELLER C K. Nowcasts of thunderstorm initiation and evolution[J]. Wea Forecasting, 1993, 8: 113-131.

(上接第 6310 页)

站号	站名	经度	纬度	日最大小时降水量(mm)	极端降水强度(mm/h)	历史极端出现日期
1	99107 番禺	113.29	23.09	95.7	231.6	2002-7-4
2	99102 增城	113.37	23.80	76.7	153.3	2002-7-4
3	99104 从化	113.8	23.87	66.1	208.1	2002-7-4
4	99105 花山	112.63	23.48	55.9	203.4	1982-5-12
5	99108 增城	112.59	23.38	29.5	204.9	1989-5-25
6	99109 增城	113.42	23.38	34.5	233.4	1989-5-25
7	99120 增城	113.06	23.67	8.1	33.8	1982-5-12

站号	站名	经度	纬度	日最大小时降水量(mm)	极端降水强度(mm/h)	历史极端出现日期
1	99111 番禺	113.29	23.09	95.7	231.6	2002-7-4
2	99102 增城	113.37	23.80	76.7	153.3	2002-7-4
3	99104 从化	113.8	23.87	66.1	208.1	2002-7-4
4	99105 花山	112.63	23.48	55.9	203.4	1982-5-12
5	99108 增城	112.59	23.38	29.5	204.9	1989-5-25
6	99109 增城	113.42	23.38	34.5	233.4	1989-5-25
7	99120 增城	113.06	23.67	8.1	33.8	1982-5-12

图 8 极端强降水事件监测界面

(3) “清远市气候监测系统”真正做到为气象决策服务工作提供强大的数据平台支持,还需经过从事气象决策服务工作的业务人员进行大量充分的系统测试,不断改进和补充完善系统功能。

参考文献

- [1] 柳青. 程序设计语言 VB 及开发应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2004.
- [2] 李淑华. VB 程序设计及应用[M]. 2 版:北京:高等教育出版社, 2009.