

# 上海气象信息化的回顾与展望

杨礼敏 胡平 孙娟 张洁

(上海市气象信息与技术支撑中心, 上海 200030)

**摘要:** 从上海气象综合监测体系的建立、智慧气象数据中心的建设以及基于标准化管理的一体化气象业务三个方面对上海气象信息化的建设历程及阶段成果进行了简要回顾。在此基础上, 结合上海建设更高水平气象现代化的总体目标, 对未来上海气象信息化的建设进行了展望。

**关键字:** 信息化, 综合观测, 数据中心, 标准化管理, 智慧气象

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.06.021

## Review and Outlook of the Meteorological Informatization in Shanghai

Yang Limin, Hu Ping, Sun Juan, Zhang Jie

(Shanghai Meteorological Information and Technology Support Center, Shanghai 200030)

**Abstract:** This paper briefly reviews the construction process and achievements of the Shanghai meteorological informatization in recent years, which includes the establishment of the Shanghai meteorological comprehensive monitoring system, the construction of intelligent meteorological data center and the integrated meteorological services based on standardized management and so on. According to the overall goal of meteorological modernization, the paper prospects the construction of meteorological informatization in Shanghai for the future.

**Keywords:** informatization, integrated meteorological observation, data center, standardized management, intelligent meteorology

### 0 引言

信息化是当今世界经济社会发展的大趋势, 是信息技术和产品在全社会得到广泛推广应用的过程。云计算<sup>[1-4]</sup>、大数据<sup>[5-8]</sup>、互联网+<sup>[9-10]</sup>等现代信息化技术的相继出现, 对社会各个领域产生深刻影响, 气象也不例外。加快推进气象信息化是落实国家信息化发展战略、顺应现代气象科技发展和信息技术变革新形势的迫切需要, 也是应对气象改革发展和外部挑战, 全面推进气象现代化的迫切需要<sup>[11-13]</sup>。根据《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》, 落实《全国气象现代化发展纲要(2015—2030年)》、《全国气象发展“十三五”规划》总体部署的要求, 到2020年要在全国建成结构完善、功能先进的气象现代化体系。2016年4月8日, 上海市政府与中国气象局在沪联合召开上海率先实现气象现代化总结暨“十三五”发展启动会, 旨在加速推动上海气象现代化进程。

从20世纪90年代开始, 上海市气象局立足于气象

基本业务的发展需求, 搭乘信息技术发展的快车, 从观测体系的构建、气象数据中心的建设以及标准化业务管理等方面积极探索与尝试气象信息化的建设。在近30年的信息化实践过程中, 通过专业观测的组网, 技术路线的革新, 业务流程的再造以及标准化管理的引入, 以预报为核心, 以服务为导向, 上海市气象局逐步实现了气象信息化建设的初步目标。近期, 为适应新形势、满足气象信息化发展的新要求, 上海市气象局提出建设更高水平的气象现代化, 积极推进以数字化、网络化、智能化为特征的技术创新, 重点聚焦气象科技能力现代化和社会服务现代化两条主线, 深化气象改革, 积极落实国家“互联网+”行动和大数据发展战略, 大力推动以智慧气象服务为特征的气象信息化进程<sup>[14]</sup>。为此, 上海市气象局制定了《上海智慧气象先行先试工作方案(2016—2020年)》, 充分应用现代信息技术, 发展智能气象业务, 开展普惠气象服务, 探索体制机制创新, 使智慧气象成为上海建设更高水平气象信息化的主要推动力和重要标志<sup>[15]</sup>。

### 1 基础气象业务体系的迭代与更新

#### 1.1 逐步提升观测数据的获取能力

随着电子、信息及通信等技术的高速发展, 如何

收稿日期: 2017年6月26日; 修回日期: 2017年10月25日  
第一作者: 杨礼敏(1961—), Email: ylm@smb.gov.cn  
通信作者: 孙娟(1978—), Email: 283841975@qq.com

获取高时空分辨率的气象观测资料，一直为气象业务人员所关注和期待。对于自动气象站（以下简称自动站）而言，从上世纪90年代开始逐步投入业务应用，布设的站点逐年增多，所安装的地点也各有不同，从高速路段到农地田间，从公园绿地到孤礁海岛，稳定、高效、安全的数据传输是确保自动站网发挥最大观测效益的前提和基础。

实时观测数据是气象业务发展的基础，也是模式预报产生的源头。作为气象业务流程的起始环节，实况数据分辨率的大幅提升，为后续的预报、服务及科研工作效率的提升奠定了基础，也有助于提高局地强对流短时临近预报的命中率和时效。此外，实况数据获取时效性的提升为观测数据的质量控制与审核争取了有利空间，有助于缩短设备故障的诊断及维护时间，从而确保观测数据具有较高的获取率和可用率。

上海市气象局紧跟新技术发展，抓住GPRS（General Packet Radio Service，通用分组无线业务）数据网络商用化契机，于2003年创新性地将无线传输技术引入自动站数据传输业务，自主研发了数据接收统一中心站，实现了自动站观测数据由小时级到分钟级的飞跃。在此基础上，进一步实现了多源数据的融合接入与存储，解决了传统的自动站网在数据采集、传输和分发能力上的不足，也为后续野外观测站网的布设积累了宝贵的经验。

同年，基于数据的高时效、高频次的获取，丰富多样的实时资料分析产品逐步上线。分钟级的数据推送、要素色斑图及等值线产品的在线显示和快速滚动更新，为数据的可视化业务应用创造了一个良好开端。图1为气象信息获取业务流程图。

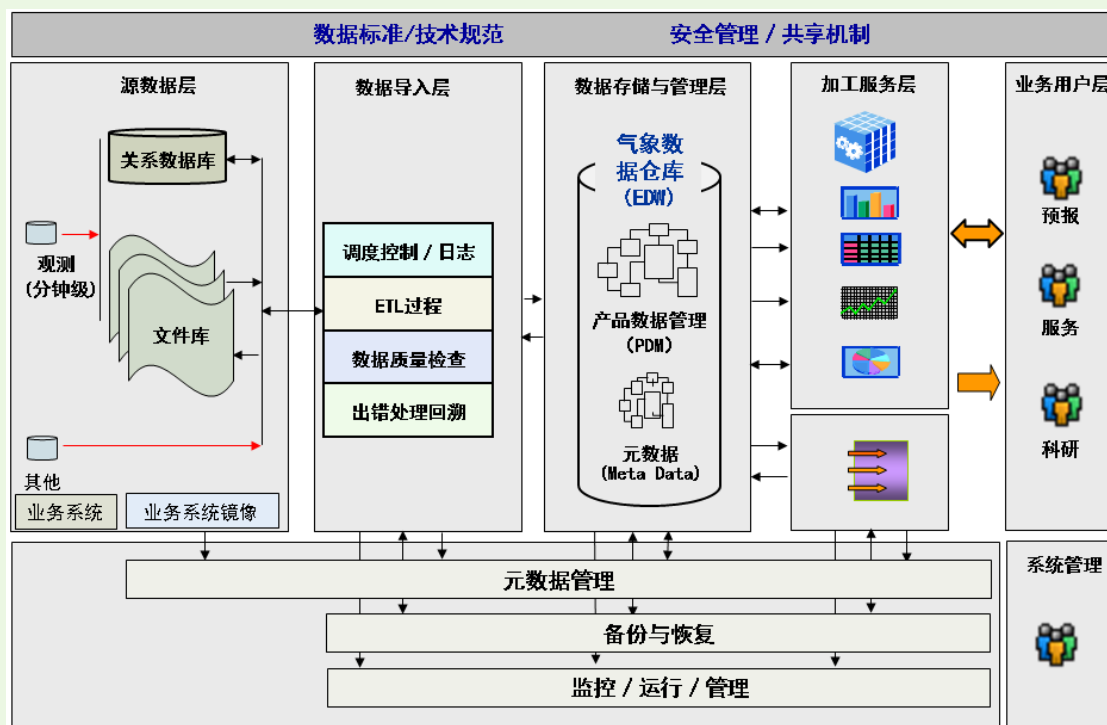


图1 气象信息获取业务流程图  
Fig. 1 The flow chart of meteorological information acquisition

## 1.2 积极推进专业气象的组网观测

上海作为全国的经济中心、金融中心和商业中心，高速的经济发展及城市化发展对城市气象环境及气候特征的影响越来越明显。就城市气象研究而言，在分析局地气象及气候影响的时候，冠层的概念是科学工作者所关注的焦点之一<sup>[16]</sup>，而城市的不断“扩容”和“长高”对城市冠层结构特征的观测研究也需与时俱进。近年来，上海市气象局不断推进各项专业

观测网的组网建设，以地面观测与卫星遥感相结合、固定站点与机动探测相结合、常规与非常规探测相结合，探索超大城市综合观测布局新思路，努力打造满足现代化气象业务需求的多维度观测阵地。

以行政区划为选址基础，严格甄选观测站点环境，在保证观测设备性能充分发挥的前提下，以高影响天气的敏感区域为坐标，均衡考虑下垫面环境的一致性和多样性。截止2016年底，已分别建成雷电观

测网（2003年）、大气成分综合观测站（2006年）、梯度观测网（2009年）、世博精细化专业气象观测网（2010年）、世博综合气象观测站（2010）和风廓线雷达观测网（2010年）等多个专业气象观测站网，成功开展大气物理、化学、生物学等特征的精细化气象观测。

专业气象观测网的建设，提高了水平尺度和垂直空间气象观测信息的空间分辨率，弥补了常规观测业务地面依赖自动站，高空依赖传统探空的局限性。而多网数据的融合应用则构建出多个维度、有机结合、优势互补的立体动态气象观测系统，既促进了组网观测的效率和效益的最大化，又强有力的支撑着气象现代化业务的转型和发展。以大气垂直风廓线观测为例，上海地处长江三角洲东南隅，三面环水，为加强对灾害性天气的监测能力和提高数值天气预报模式资料的质量，以自动站（地面），梯度观测塔（近地层），风廓线雷达（边界层）等三网联合，全天候无人值守24 h连续观测，捕捉从地面10 m至6 km高空的风场连续变化和垂直分布状况，以此监测大气边界层内风场信息、推断大气运动的湍流结构，从而满足特大城市在气象灾害监测预警、城市污染、重大活动气象保障等方面的精细化观测需求，也为进一步研究上海地区风场特征提供更加丰富的信息支撑。

此外，在探索城市气象综合性观测站点建设的进程中，上海市气象局以2010年世博精细化气象服务为契机，在世博园区内建成上海首个综合气象观测站。在900 m<sup>2</sup>的范围内，基于观测目标的定位和观测能力的评估，从观测设备的选择与布局，观测数据的传输与融合以及观测产品的制作与服务等方面对综合气象观测站的建设与应用进行了一次有益且颇有成效的全面探索。为了精准捕捉园内局地天气状况的梯度变化和微小环境的气象特征，在世博园区域内高密度布设的自动气象站观测网（以500 m为平均间距），为短时临近预报交互系统（SWAN），短临预报系统（NoCAWS）及长三角地区短时临近预报业务一体化平台提供了高时空分辨率的实况资料，切实有效地提升了园区短时临近预报业务的能力。

### 1.3 不断提高气象应急服务水平

如何及时、快速地应对频发的突发性天气、衍生灾害、重要天气和重大活动的气象保障是各气象部门亟需解决的问题。建立能够处置各类突发性事件的移动观测业务机制是气象现代业务发展进程中非常迫切的工作任务之一。作为固定观测或常规观测的有效补充，移动气象观测具有机动灵活、指挥调度、精细观

测与预报互动等优势。

自2003年第一辆移动气象观测车投入业务应用开始，上海市气象局以预报服务的需求为导向，紧跟移动观测的技术发展，优化设计、功能互补，逐步建成一支设备先进、要素齐全、技术过硬、编组灵活的移动气象应急队伍。2009年，基于DVB/IP（Digital Video Broadcasting，数字视频广播/Internet Protocol，网络协议）气象应急卫星通信系统，搭建了专属卫星链路，实现了移动观测设备与市局的联网，打通与基本气象业务系统的通讯链路。基于该系统，配以规范的实施流程和完善的应急联动机制，圆满完成多次移动观测科学实验并承担多次台风及强对流天气的应急观测和重大活动服务保障工作：（1）运用配备激光云高仪的移动监测车“把脉”城市边界层特征，深入分析同一城市不同地点以及行进速度的不同对探测结果的影响；（2）开展敏视达TWP3（Type Wind Profiler）型车载式移动风廓线雷达与不同型号风廓线雷达、L波段常规探空测风数据的对比试验，用以比较和验证各设备的测风性能；（3）完成世博园开园日气象保障工作，基于12M带宽的卫星数据通信，首次将现场实况直接推送至国家气象局业务会商平台以支撑对于突发事件的决策、指挥及调度；（4）参与中国气象局人影中心飞机自然结冰观测试验并为其提供试飞气象保障，圆满完成X波段移动双偏振多普勒天气雷达为期4天的野外探测试验；（5）远赴福建、浙江余姚等地，多次完成台风登陆前期的野外应急观测工作，尝试观测与预报之间的互动，为台风预报服务提供了宝贵及时的实况资料。

以“拉得出、打得响、过得硬”为基本要求，打造一支集气象观测、信息传输、预报服务为一体的移动气象应急保障队伍，立足于气象防灾减灾工作的最近进展和发展趋势，为气象应急保障服务和决策指挥提供了强有力的技术支撑，对上海市气象局应急处置及协同观测能力的优化与提升起到积极有效的推动作用。

## 2 智慧气象数据中心建设实践与成效

### 2.1 引进高性能计算机系统，提升数值预报支撑能力

计算机能力是制约数值天气预报发展的关键因素之一，计算机技术的每一次突破，都会给数值天气预报的发展带来新的机遇<sup>[17]</sup>。1995年，基于CDC4680和ALPHA2100计算机，上海市气象局实现了MM4中尺度区域模式的业务运行。1998年又先后利用ALPHA2100和ORIGIN200计算机实现了MM5静力模式的业务运行。随着信息化社会的飞速发展，气象预

报对信息处理能力的要求越来越高,为了支撑更高水平的天气预报、数值模式和科学研究,上海市气象局在2000年底成立了超级计算中心,安装了浮点运算峰值达3840亿次/秒的神威-I计算机系统。同年,上海市气象局和上海超级计算中心合作成立了数值天气预报联合实验室,以上海市气象局数值预报团队为核心,建立了MM5非静力平衡中尺度区域模式。面对精细化预报服务面临的挑战和机遇,2008年,上海市气象局建立了以数值预报为支撑的长中短临一体化的世博精细化预报业务体系,为准确预报各种尺度的高影响天气、顺利完成世博精细化气象预报服务奠定了基础。2012年,曙光高性能计算资源(TITANS)正式安装完毕,可提供32万亿次/秒的计算能力。2016年,上海市气象局创新性地采用租赁方式引进了具有150万亿次/秒计算能力的高性能计算机系统,为实现更高分辨率数值模式的运算提供了可靠支撑。

## 2.2 构建气象大数据云平台,提升气象科技创新能力

伴随着大数据和云计算产业的兴起,结合气象“十三五”规划和气象信息化重点工程,2015年,上海气象开始尝试气象“私有云”平台的建设。通过对数据中心资源进行整合,实现计算和存储的虚拟化、集约化,对内网区、英特网区提供虚拟化支持,为局电子政务、全国综合气象信息共享平台(China Integrated Meteorological Information Service System, CIMISS)、气象资料业务系统(Meteorological Data Operational System, MDOS)、省级天气预报库等提供基础资源服务,从而提升了气象业务和政务信息化水平,实现了气象业务、服务、科研和管理的信息化。同时,为了提高国家级实时气象业务的连续性和可靠性,进一步提升上海气象信息汇聚和信息处理能力,上海气象局按照中国气象局“两地三中心”国家级气象业务应急备份的战略部署,于2015年正式启动国家级气象业务应急备份中心的建设,现已完成机房和配套设施的建设及相关业务备份管理软件的安装和部署工作,为气象大数据平台的构建提供了必不可少的硬件支撑。

## 2.3 重构虚拟化网络系统,提升基础网络运维能力

伴随着气象预报、服务及科研应用不断增长的业务要求,数据中心所承载的服务器、存储、网络设备数量也随之急剧增长,这使得数据中心的网络规划设计变得十分复杂。为此,上海市气象局基于核心、会聚、接入三级网络架构构建了虚拟化网络系统,核心与汇聚交换机采用虚拟热备份及负载均衡技术,实现

了局域主干网可靠快速的万兆交换。同时,该系统创新性地融合了高清数字化多媒体管理系统、有线/无线一体化系统,实现了网络、语音、视频、即时消息的协同工作和热点无缝漫游功能。此外,通过采用瘦AP集中管理架构,高效融合了有线/无线网络、IP语音、音视频、即时消息等平台,在很大程度上简便了数据中心基础网络的运维和管理。

## 2.4 建设机房环境动力安全系统,提升机房智慧管理能力

为了保障数据中心内设备的安全运行,2008年,上海市气象局建立了无人值守机房环境动力安全视频集约化监控报警系统。通过采用基于WEB的嵌入式监控报警系统,实现了无人值守机房集温度、湿度、水浸、电压、电流、烟感、门磁、红外、视频、UPS(Uninterruptible Power Supply,不间断电源)等状态的集中监控,使得管理人员和远程值班人员通过网络就可以实时了解机房的各项状况。基于三维动态展示平台,通过业务功能的整合,实现了数据中心的统一运行和集中管理。此外,一旦发现机房内设备故障或运行参数异常,现场告警将会通过手机短信发送实时告警提示,加快了故障处理的速度,提高了运行维护的质量,有效保障了无人值守机房及设备的运行安全。

## 3 基于标准化管理的一体化气象业务

### 3.1 以信息化带动一体化业务平台建设

利用最新的信息技术,以标准化、集约化整合信息基础资源、数据资源、整合再造气象业务流程,打破局内部不同业务部门间、气象行业与其他行业间的信息共享壁垒<sup>[18]</sup>。1954年,上海中心气象台成立伊始即承担起上海市和华东沿海海区各种天气预报服务,1956年在全国率先制作发布中期天气预报,1957年正式通过海岸电台发布黄海、东海和台湾海峡海洋天气预报。至20世纪50年代末,上海气象已初步形成了包括短时、短期、中期、长期较为完整的预报业务体系。1997年,为提升信息支撑能力,上海气象实现预报与信息的业务整合,2003年开展的区县“三点三化”建设,实现了市、区两级气象部门网络和视频会议的融合,上海气象业务一体化已具雏形。

随着社会经济的不断发展及科学技术的不断进步,上海气象始终致力于数值预报模式、精细化预报业务和现代气候业务的发展与探索。2012年,上海气象一体化业务平台的建立,即标志着具有高时空分辨率、涵盖不同天气现象、适应不同用户需求的预报预测业务体系已初步建立:(1)以天气系统为坐标,开展长中短临一体化的无缝隙基本预报业务;(2)

以高关注地点为坐标，建立多圈层警戒、逐步逼近式短临精细化预报及基于城市脆弱性的预警系统；

(3) 以高敏感用户为坐标，建立为公众和脆弱性群体提供专业化气象服务的影响预报业务。在信息化背景下，标准化、集约化的管理为业务平台一体化提供了新思路，上海市气象局坚持业务布局集约化、业务流程扁平化、业务组织线上线下一体化的总体思路，打破部门之间的壁垒，逐步推进从机构“物理整合”向业务“化学融合”发展，开拓业务发展的新局面。

### 3.2 构建基于“互联网+”的气象服务

在我国，1980年前，人们只能通过报纸、广播等方式获得天气预报。1980年7月7日，随着国家气象局与中央电视台合作推出天气预报电视节目，通过电视获取天气预报逐渐成为主流。1997年，伴随互联网进入中国，基于“互联网+”的气象服务信息传播体系随之建立。将气象服务产品信息存放在固定的服务器上，终端用户通过拨号上网来获取气象预报成为了可能。2002年，智能手机开始普及，上海市气象局随即开启了天气预报的移动短信定制业务。上海移动的手机客户通过注册就可以定时获取当天和次日的天气预报，且能随时随地获取特殊天气预报和灾害性警报。随着移动3G和4G技术的日趋成熟，在智能手机上搭载APP提供服务的形式越来越受到大众的欢迎，气象服务有了全新的载体。2013年，上海市气象局积极打造了“爱天气”和“小爱天气超人”两款免费APP，前者不仅能提供分区、逐时的精细化预报，一次推送十万条灾害预警，还打造了一个可实时查看台风路径、闪电定位的“掌中气象台”。后者则通过机器人与市民之间互动聊天的形式，告知市民想了解的天气信息，其过程更具针对性和趣味性。为了适应公众个性化气象服务的需求，上海市气象局还开通了“上海天气”官方微博和微信平台，及时向公众发布空间分辨率达3 km的精细化格点预报，智能气象的服务水平与公众互动程度得到了显著提高，气象服务的民生效益也随之日益增长。综上所述，上海市气象局始终紧跟社会经济与科学技术的发展，利用新技术创新性的开展气象预报、服务及科学研究，不断助力上海气象信息化的发展。

### 3.3 打造基于智慧数据中心的信流平台

从2012年开始建设上海市一体化气象信息流平台到2016年建成气象信息全流程可视化监控系统，上海市气象局实现了智慧数据中心从数据获取到气象预报产品制作再到提供普惠气象服务全流程的可视化，也实现了对设备、通信、数据及业务应用的全面监控和

智能诊断。通过对资源和安全性的监控，有助于管理人员从多层次、多角度随时了解资源使用情况以及局内网络行为，如高性能计算机资源的使用情况、局内网络带宽资源的使用情况等，保障了基础资源和安全态势的实时可视性；通过对业务和应用的监控，随时掌握业务流程的实时状态信息，对重要业务流程实现分钟级的故障感知和部分故障预警，有效缩短故障处理时间；通过对数据流转和数据热点的监控，基于对状态数据的快速分析、数据融合、特征提取等诊断处理，实现了气象信息获取、传输、计算、存储、服务和应用各环节状态可视化监管。

此外，一体化业务平台（图2）还集成了全国天气预报电视会商及电视会议系统，并在气象服务保障工作中发挥了举足轻重的作用。上海市气象局采用多媒体全交互平台（MIP）技术，以先进的IT技术支撑气象信息技术的发展与应用，建立了国内领先的数字化多媒体全交互音视频管理系统。该系统采用全网络、全数字系统的云架构，集成了数据采集、信息发布、话音通信及多媒体广播等多种功能，实现了多个区域、多路音视频信号的多媒体全交互控制管理。该系统通过无线平板电脑可对90多路高清视频信号进行控制，实现了信号源的实时回显预览、任意分发及拖拽，同时利用平板电脑与显示终端的同步控制，实现了对显示信号的任意漫游、放大、画中画、音视频同步等功能。目前，该系统已经从平板电脑延伸到手机客户端，方便用户随时随地参与视频会商和电视电话会议。系统的控制操作非常便捷，用户无需通过专业的培训就能轻松完成相关操作。基于先进的数字化、网络化系统，上海气象业务科技楼所应用的数字化多媒体全交互音视频管理系统有效提升了高清音视频信号的分发调用能力，切实保障了信息传输的高度灵活性、低能耗性和高可靠性，为气象预报预警系统与信息发布平台提供了强有力的基础支撑。

### 3.4 基于ISO9001质量管理体系的标准化管理

2015年4月，上海市气象局按照国际标准化组织ISO9001的质量管理体系核心标准的要求，针对一体化业务平台专门搭建了标准化质量管理体系，前后梳理完善了14个管理流程、25个业务流程（图3为一体化业务平台数据管理与服务业务流程）。经过了3个月的业务试运行，英国标准协会（BSI）授予上海市气象局一体化气象业务平台ISO9001质量管理体系认证证书，这也标志着一体化业务平台标准化质量管理体系建设初战告捷。将标准化质量管理体系引入日常管理及业务流程，表明了上海市气象局对“大质量、



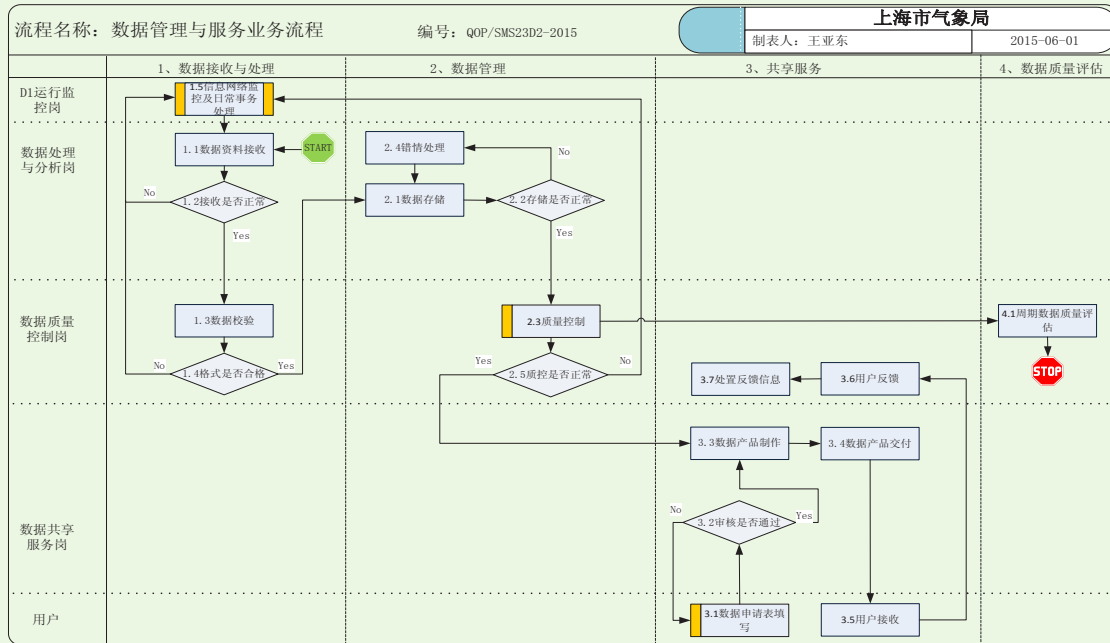


图3 一体化气象业务平台数据管理与服务业务流程图

Fig. 3 Flow chart of data management and service of the integrated meteorological information flow

大标准”建设工作的重视，这是转变业务管理理念和方式的重要突破，也是上海气象现代化增强软实力的有力举措。

通过这项工作，上海市气象局现已形成了一套标准化的管理体系，培养了一个“懂业务、懂质量、懂标准”的科学管理团队，将原有的针对结果的管理逐渐转为针对业务流程的过程管理，在每一个流程环节形成“PDCA”（即策划、执行、检查、改进）的持续改进机制，实现多维度自主管理和持续改进，同时为气象部门践行QMS（Quality Management System，质量管理体系）积累了宝贵的经验。

## 4 展望

为适应新形势、满足新要求，上海在初步实现气象现代化之后，提出建设更高水平气象信息化并确立了总体目标：即到2020年底，基本建成以“业务智能、服务普惠、制度创新”为主要特征的上海超大城市智慧气象体系，充分应用大数据、物联网、云计算、人工智能、互联网、数据模拟仿真等现代信息化技术，发展智能气象业务，开展普惠气象信息化服务，探索体制机制创新，使智慧气象成为上海实现更高水平气象信息化的重要基础和强大支撑，也使上海气象综合实力继续保持国内领先，迈入国际先进行列<sup>[15]</sup>。

### 4.1 基于“气象大数据+”构建智能业务云平台

建成以气象专有云为主体、租用公有云为补充的气象数据云，实现网络、计算、存储等资源集约化，

提高资源的利用率及响应效率。加强气象大数据与社会行业间数据的融合，为智能气象预报和普惠气象信息化服务提供大数据基础支撑。应用“大数据+人工智能”技术，搭建聚类分析、深度学习、关联模型等气象大数据人工智能算法平台；应用“大数据+虚拟仿真（Virtual Reality，VR）”技术，建立气象虚拟感知体验系统；应用“大数据+增强现实（Augmented Reality，AR）”技术，建立气象探测设备体征数据可视化与评估保障系统；应用“大数据+移动互联网”技术，基于先进的社会公有云架构设计，建立数据共享服务平台，实现气象数据云与公有云之间通过信息高速网络专线进行数据传输，并为部门内外用户提供权威、标准的数据服务，满足智慧气象对云数据库、大数据分析、个性化气象服务的需求。

基于气象大数据云平台建设，以全国综合气象信息共享平台CIMISS系统为数据源，结合使用分布式文件系统DFS（Distributed File System）资料库，利用大数据、云计算、视频监控和智能识别技术，整合各类异源异构的海量气象数据，形成立体式、全时点、智能化气象监测数据利用体系。通过建立对海量气象数据深入利用、挖掘分析的模型，实现分布式文件系统数据追溯毫秒级响应，提升气象观测范围和精细化程度，增强气象综合分析能力，同时提高自动化和智能化程度，实现重要天气过程定点定时实况、预报、预警信息和视频流的快速同步回放展现，进而增强气象

灾害综合监测能力。

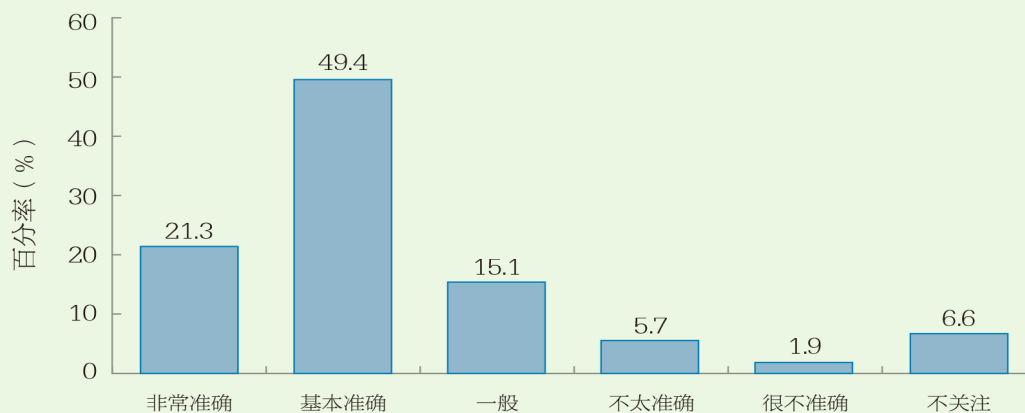
## 4.2 基于“互联网气象+”实现普惠气象服务

依托移动互联等技术，打造“上海e天气”智慧气象信息化服务平台和品牌，主要包括三个方面的建设内容：面向决策的早期预警指挥，建立精准化、立体化、共享式突发事件预警发布工作平台，实现对重点区域、重点人群的靶向性精准发布；面向生产的专业订制共享，以气象巨灾保险风险评估需求为导向，为保险公司和特定用户研发灾害风险预判、重大天气追踪、气象实况追溯等服务系统，推进金融保险气象服务；面向公众的贴心自助信息化服务，通过意见反馈分析、智能问答，向公众提供问诊式、触手可及的自助气象信息化服务，提升公众对气象信息化服务的获得感，真正使“以人为本、无微不至、无所不在”的气象信息化服务理念落到实处，让人人、时时、处处都能享受到优质的气象信息化服务。

### 参考文献

- [1] 李乔,郑啸. 云计算研究现状综述. 计算机科学, 2011, 38(4): 32-37.
- [2] 陈康,郑纬民. 云计算:系统实例与研究现状. 软件学报, 2009, 20(5): 1337-1348.
- [3] Yigit M, Gungor V C, Baktir S. Cloud computing for smart grid applications. Computer Networks, 2014, 70(70): 312-329.
- [4] Nurmi D, Wolski R, Grzegorzczak C, et al. The eucalyptus open source cloud-computing system. IEEE/ACM International Symposium on CLUSTER Computing and the Grid. IEEE, 2009.
- [5] 王元卓,靳小龙,程学旗. 网络大数据:现状与展望. 计算机学报, 2013, 36(6): 1125-1138.
- [6] 李国杰,程学旗. 大数据研究:未来科技及经济社会发展的重大战略领域——大数据的研究现状与科学思考. 中国科学院院刊, 2012, 27(6): 647-657.
- [7] Lavalley S, Lesser E, Shockley R, et al. Big data, analytics and the path from insights to value. Mit Sloan Management Review, 2011, 52(2): 21-32..
- [8] Walker S J. Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think. American Journal of Epidemiology, 2013, 47(17): 181-183.
- [9] 肖志辉. 移动互联网研究综述. 电信科学, 2009, 25(10): 30-36.
- [10] 王兴伟,李婕,谭振华,等. 面向“互联网+”的网络技术发展现状与未来趋势. 计算机研究与发展, 2016, 53(4): 729-741.
- [11] 郑国光. 以信息化推进气象现代化. 浙江气象, 2015, 36(02): 1-4.
- [12] 沈文海. 对气象信息化的理解和再认识. 气象科技进展, 2013, 3(5): 56-62.
- [13] 沈文海. 当前气象信息化所处阶段的特征及主要内涵. 中国信息化, 2015, 257(9): 81-86.
- [14] 孙健,潘进军,裴顺强,等. 发挥引领作用 推进国家级气象服务业务现代化. 气象科技进展, 2017, 7(1): 197-201.
- [15] 上海智慧气象先行先试工作方案(2016-2020年). 上海市气象局, 2016: 1-20.
- [16] 宋静,汤剑平,孙鉴泞. 南京地区城市冠层效应的模拟试验研究. 南京大学学报(自然科学版), 2009, 45(6): 779-789.
- [17] 顾建峰,王晓峰,梁旭东,等. 中尺度数值模式在神威计算机系统中的应用研究. 中国气象学会. 大气科学发展战略——中国气象学会第25次全国会员代表大会暨学术年会论文集. 中国气象学会, 2002:5
- [18] 周勇,胡爱军,龚江丽. 中美气象信息化管理体制比较分析. 中国信息化, 2016, 262(2): 83-89.

### 天气预报中台风预报准确程度的选择分布



(受访者对天气预报中台风预报的准确性进行打分，以1~5分分别代表“很不准确”“不太准确”“一般”“比较准确”和“非常准确”)

——摘自《迈向国际一流的大都市气象现代化体系》：上海率先实现气象现代化第三方评估，肖林，陈振林 主编，气象出版社，2016年