

四川省气象信息化历程回顾及发展展望

■ 马渝勇 向筱铭* 王可耀

分阶段介绍了四川省气象信息化的历程,根据各个阶段的发展,充分说明气象信息化,就是现代信息技术与气象业务结合及应用的进程,现代信息技术与气象业务的结合日益紧密和深化,应用日益广泛,从根本上改变了气象业务系统及流程,驱动了气象业务服务的发展,并将引领整个气象业务服务系统朝着更加高效集约和智能智慧的方向发展。

气象信息化的历程,就是现代信息技术与气象业务结合及应用的演进过程。20世纪70、80年代以来,信息技术蓬勃发展,极大地影响和驱动了诸多行业的快速发展,气象就是其中一个具有典型代表性的行业。四川省气象信息化的里程,基本可以概括为从气象资料的通信传输开始,信息技术与气象业务开始比较系统性规模化地结合,并逐步深入和广泛,与信息技术发展大致经历的计算机化、网络化、Internet加数据库为标志的几个发展阶段相对应,气象信息化也大致经历了以计算机通信、信息网络、数据管理和共享应用等为代表的几个阶段,与气象业务服务系统的结合和融合日益紧密深化,发展到目前以省级数据环境和基础设施资源池来集约全省主体气象业务服务系统,并进一步朝着基于云计算的气象大数据平台方向发展。

1 回顾

1.1 第一阶段:以气象计算机通信为代表

20世纪80年代中期,随着电子信息技术的日益发展,计算机系统,特别是微型计算机系统日渐成熟并得到广泛应用,在气象业务系统中引入电子信息相关技术的需求十分突出,基于计算机通信实现气象数据通信自动化的条件已经具备。

在此背景下,四川省气象局与成都气象学院合作研发了采用APPLEII为主机的微机转报系统,成功实现了西南区域气象电报的微机编辑及多路转发等业务功能,取代了此前以人工加电传机的气象电报编辑转发模式,面向西南区域,实现了气象电报自动收集处理分发等业务功能,在电子信息技术与气象基础业务的结合和应用上系统性规模化地迈出了第一步。

大致同一时期,气象业务中部分其他分支,根据业务性质以及当时电子信息技术发展状况,不同程度

地与信息技术相结合,主要是在计算机化方面,积极推进了各自业务的发展。比如:基于微型计算机处理的自动填图系统等,逐步进入气象预报业务。

历史气象资料的信息化工作,依靠计算机系统进行气象数据的纸带、卡片等进行数据处理和存储,在此前就已经起步,20世纪80年代中期,实现了基于计算机系统处理的磁带存储,并逐步引入微机处理系统和磁盘存储等方式,其计算机化逐步深入。

综合观测方面,“从20世纪80年代初期到90年代,四川省各级气象台站先后使用PC-1500袖珍机,逐步升级为APPLE、IBM微机,处理观测记录、编发报告、制作报表,全部实现了计算机自动处理交换,告别了算盘和计算器。”

随着成都区域气象通信枢纽建设进程,四川省在20世纪80年代后期,引进了VAX-11/750小型计算机作为计算机通信的主机系统,在国家气象中心的帮助下,成功移植了气象电报交换系统软件包,取代了微机转报系统,实现了功能更加强大的气象电报收集处理及传输等业务功能,以此系统为标志,完成了成都区域气象通信枢纽建设。

这一阶段的主要特征,是部分气象业务的计算机化,以计算机系统作为工具,取代原有业务中的人工处理,并未改变原有业务流程和格局,各个部分业务的计算机化分别进行,尚未形成体系。

1.2 第二阶段:以气象信息网络为代表

随着信息技术的发展,计算机网络技术日渐成熟,并得到广泛应用。自20世纪90年代中上期开始,在成都区域气象中心业务系统建设中,采用计算机网络技术,开始以计算机网络系统作为气象数据传输和业务系统的基础支撑。在四川省局采用了VAX4400小型机作为主机,初步形成以文件交换为标志的计算机网络通信,一方面初步建成了四川省气象局的计算机

*通信作者

局域网，另一方面实现了与西南区域各省基于计算机广域网的通信传输，大大提升了通信的质量和效率，同时，以远程终端（工作站）等为形式，计算机网络通信系统逐步开始向地市以及县级延伸。

基于计算机网络系统，开始逐步建立在线获取资料并开展应用的预测预报等业务系统，在四川省气象局，初步能够基于计算机应用观测资料及模式产品图形图像系统研发并应用。基于CD4680小型计算机系统，有限区域数值模式开始搭建并业务应用。

以西南区域的计算机广域网系统和相关网络业务系统为支撑，成都区域气象中心成立。

9210工程在四川省气象系统的实施以及基于X.25分组交换网的气象广域网系统建设，最终实现了以卫星广播和地面窄带广域网相结合的全省气象数据传输系统。基于网络系统，MICAPS（气象信息综合分析处理系统）系统逐渐成为的预报业务的主要

工作平台。

20世纪90年代后期，自动气象站建设开始起步，标志着观测自动化及信息化进程启动。

2000年代以来，随着国家基础通信服务的发展，基于运营商基础信道的全省宽带网络系统逐步建成到市到县。其他业务服务系统逐步转变为基于计算机网络为基础。

2007—2008年，四川省气象部门构建了集省、市、县三级结构为一体的气象信息广域网系统（图1），其中包括星形与树形相结合的SDH宽带主干网络系统、基于Internet的VPN备份网络（主备路由基于OSPF实现了实时热备、自动切换）以及在省和市两级集约的、有防护的接入Internet等几个主要方面。网络系统的构建成型，为气象业务服务系统的网络化发展提供了基础支撑。

以文件系统为核心的气象数据管理和共享服务系

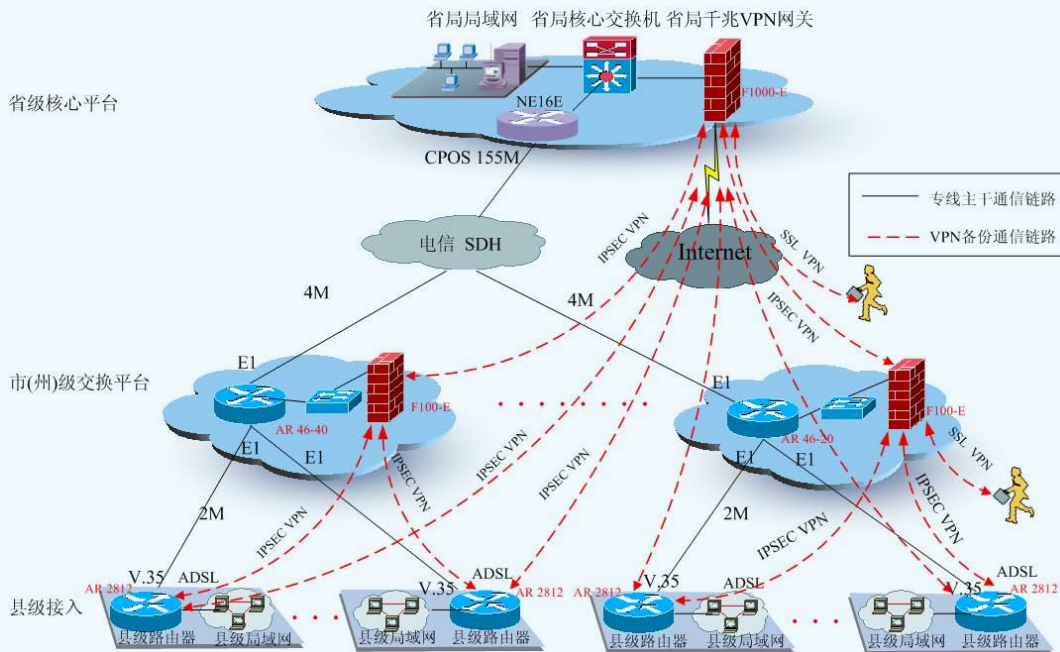


图1 集省、市、县三级结构为一体的气象信息广域网系统

统逐步建立，成为综合观测、预测预报以及公共服务等业务系统气象数据的集散中心。MICAPS系统以文件共享系统作为数据来源，通过调取各种实时气象数据，经预处理转换成MICAPS格式的数据文件，存储于自身系统自带的文件系统进行应用。

1.3 第三阶段：以气象数据管理和共享应用为代表

随着Internet及其相关技术的飞速发展，特别是数据库技术的广泛应用，加速推进了气象信息化进程，基于数据库技术的气象数据管理系统和以web技术为

代表的（同时C/S模式并存）气象信息共享服务以及共享应用系统引入气象业务服务系统。

2000年代中后期开始，四川省气象局建设了区域级气象信息共享系统（图2）。首先，搭建了集约化的综合气象信息管理系统，利用大型关系型数据库（Oracle），采用元数据驱动技术，实现了对气象业务与服务工作所需多种观测资料、预报产品和服务产品的标准化、规范化存储管理，成为面向全省有效提供气象数据共享服务的基础。其次，以信息管理系统

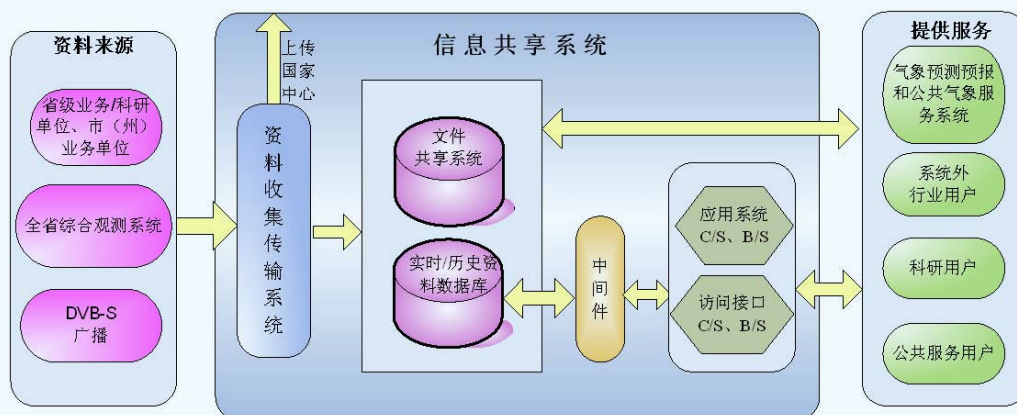


图2 区域级气象信息共享系统

为基础，构建了采用消息中间件及其二次封装函数库作为开放的、面向多方面应用的共享应用支持系统，该系统面对全省各级各类用户提供标准、开放、多样的（包括C/S和B/S系统结构在内）气象数据服务方式，包括多编程语言及Web Service应用开发接口，支持对综合气象信息数据库的安全、高效、便捷访问，实现要素级和文件级的气象信息共享服务支持，在全省实现了对诸如中国天气网四川站等应用的数据共享服务。同时，基于气象信息管理系统和共享应用支持系统的直接支撑，研究开发出了一系列适应业务需求的专业级气象信息共享应用系统和平台，如新一代天气雷达PUP产品共享应用系统、西南区域气象信息共享服务网站系统和四川省省市县三级预报业务平台，以B/S及C/S方式提供省、市（州）、县（台站）及行业用户业务服务的实时在线应用，先期践行了省级部署、省市县直接应用的业务应用模式，多项应用平台在气象业务科研和应急气象信息服务中发挥了重要作用。

全省国家站的自动站建设逐步完成，新一代天气雷达站网建设逐步启动，基于全省宽带广域网实现省级数据收集和共享服务。区域自动观测站开始大规模布设，通过移动通信基于GPRS/Internet的数据网实现前端数据收集并接入气象信息网络系统。

2007年建成超过浮点运算速度超过每秒万亿次的SGI高性能计算机系统，2011年左右建成浮点运算速度达每秒12万亿次的曙光高性能计算机系统，区域数值模式同步取得迅速发展。

从系统角度而言，基于数据库技术的气象数据管理系统逐渐成为气象业务服务系统，包括综合观测、预测预报和公共服务系统的中枢。

2 发展状况

随着信息技术日新月异的飞速发展，气象信息化进程进一步加速，经过不懈努力，目前四川省气象局已经初步建成以CIMISS（全国综合气象信息数据共享平台）为核心的省级数据支撑环境和省级基础设施资源池，初步实现了集约化的业务系统发展格局。

以CIMISS为核心的省级数据支撑环境，存储和管理了包括实时、历史一体化的综合气象观测资料、数值模式产品以及其他预报和服务产品在内的海量气象数据，通过MUSIC（Meteorological Unified Service Interface Community）访问接口面向全省提供数据检索和共享服务，诸多业务系统与CIMISS系统接驳，主要有由CIMISS直接支撑和以CIMISS为数据源两种方式，其中包括四川省精细化预报业务平台、县级综合观测业务集成平台、四川省气象业务内网、四川省市县公共气象服务系统等业务应用系统，面向全省省市县提供直接应用，其中县级综合观测业务集成平台已经在全国开展推广应用。

以虚拟化技术为主要技术支撑的省级基础设施资源池初具规模，目前署虚拟机120多个，迁移部署实时业务系统数十个，作为应用系统的承载，已经初步面向省级业务单位提供系统资源服务。

针对MICAPS4对数据服务的需求，在CIMISS后端建成基于分布式计算和存储技术的Cassandra集群，作为CIMISS系统的有效扩充，面向全省省市县的MICAPS4客户端直接提供高效的数据支撑和服务，一方面实现了最主要预报工作平台的省级部署、省市县应用，另一方面，也是开始对基于分布式计算和分布式存储的系统首次开展实际应用。

全省气象信息网络系统进一步发展扩充，建成了省市县星型与树型相结合、基于双运营商的MSTP双宽带广域网系统，双宽带实现了准负载均衡；网络系

统可靠性和服务能力的提升，为业务服务系统的运行和发展提供了基础保障。目前省到市带宽双十二兆、市到县带宽双四兆，并将根据信息化发展的需求进一步大幅度提升带宽，提升省级部署、市县应用为代表的业务模式应用体验。

2014年左右，建成了浮点运算速度达每秒26万亿次的IBM高性能计算机系统，基于该系统，省局组织数值模式团队，实现了西南区域9 km数值预报模式系统的业务化，并迅速推进3公里数值预报模式的业务化运行。

这个阶段的主要特征是以集约化为标志，希望通过整合业务系统和再造业务流程，将各类业务系统逐步集约整合到以基于CIMISS为核心的省级数据环境，并以省级基础设施资源池作为各类业务系统的承载体，同时对于基于分布式计算和分布式存储为代表的云计算技术，开展积极的尝试和摸索。

3 发展展望

当今世界，以云计算、大数据、移动互联、物联网等技术为代表的现代信息技术方兴未艾，深度学习、人工智能等技术蓬勃兴起，给各个行业带来了巨大的影响。气象业务服务在数据管理与加工处理、共享服务方面对云计算和大数据技术的应用具有迫切的需求，物联网和移动互联给综合观测以及公共服务带来了全新的途径和思路，这些技术与气象业务服务的深度结合，势必给整个气象业务服务的格局带来革命性的发展。

基于分布式计算和分布式存储技术，构建云化的省级气象数据环境（New CIMISS），实现对综合观测数据及其加工产品、数值模式产品以及各种预报服务产品的高效管理，并进一步集约整合相关行业泛气象数据、防灾减灾以及经济社会相关数据等多源数据，搭建省级气象大数据平台，是气象信息化发展的

大势所趋；同时，省级大数据平台通过统一的元数据管理体系，作为国家气象大数据平台的重要组成部分（子集），与之实现互联互通、互为备份、互为服务。

基于省级气象大数据平台，一方面从云计算和分布式环境获取更加高效的数据服务能力，建立高效便捷的数据共享服务，提高气象数据基础支撑能力，为全省各级各类气象业务服务系统提供直接支撑，特别是为诸如MICAPS、CIPAS等专业级天气气候业务平台提供直接支撑，另一方面还要从基于云架构的分布式计算环境中获得强大的数据分析和信息挖掘能力开展气象数据产品的深度加工处理，开展多源数据的分析挖掘和融合应用。

以气象大数据平台为中心，集约整合全省综合观测、预测预报以及公共服务系统业务，构建“云+端”扁平流程并形成业务互动，实现现代信息技术与气象业务服务系统的高度融合和深度应用，并进一步延伸到管理等各个方面。

基于省级气象大数据平台，将数据挖掘、多源分析、智能预报等的通用算法和基本业务功能进行共享，构建多源数据挖掘应用的算法云平台和气象业务众创平台，为精细精准预警预报、防灾减灾决策研判，以及跨行业的数据价值挖掘提供数据、算法和硬件资源的一体化支撑，为构建智慧气象发挥主导作用。

深入阅读

- 沈文海, 2017. 云时代下的气象信息化与管理. 北京: 电子工业出版社.
- 马渝勇, 徐晓莉, 宋智, 等, 2011. 省级气象信息共享系统的设计与实现. 应用气象学报, 22(4): 505-512.
- 马渝勇, 方国强, 向继涛, 等, 2012. 省级气象网络系统的整体设计与实现. 计算机应用研究, 29(4): 1374-1377.

(作者单位: 四川省气象局)