

基于空间卫星综合应用系统的 天气预报业务框架构建

薛根元^{1,2} 陈国勇¹

¹(浙江省绍兴市气象局 绍兴 312000)

²(南京气象学院)

摘 要

围绕空间卫星综合应用系统,在介绍天气预报业务系统基本框架的基础上,着重分析了天气预报业务化框架、网络的技术特点,以及天气预报业务的一些技术和方法。

关键词 空间卫星; 综合应用; 业务; 框架

1 引言

近年来,自然灾害发生的频率不断增高^[1],因此,加强对各种自然灾害的预测预警已经成为经济社会发展中的重大问题^[2]。绍兴市气象部门建立的新一代天气预报技术框架是一个以空间卫星综合应用系统(简称“9210工程”)为核心,数据库、自动气象站、闪电监测定位系统、中尺度数值预报模式、天气预报会商系统等为业务应用系统,以局域网为主干网、省-市-县宽带网为辅助网的业务技术体系,在实际业务应用中取得良好的效果。

2 基本框架

基本框架以空间卫星综合应用系统为核心,由地面自动站,闪电监测定位,空间气象卫星云图接收处理,省-市-县办公自动化,市-县计算机语音会商,决策服务和新一代预报业务流程,专业服务终端,城市环境观测,业务数据库等重要系统构成(见图1)。

2.1 空间卫星综合应用系统

借助卫星通信技术,由 VAST 主站、中心站、小站和单收站构成卫星通讯网。市级系统由地面卫星双向站(VAST 小站)、作为备份的 VAST 单收站和 Sybase 数据库等构成,县(市)级子系统由 VAST 单收站和多媒体信息网构成。系统软件采用 MICAPS(综合分析处理系统),现已成为业务的核心,绝大部分业务均基于其而展开。

2.2 自动站网

自动站网是对中小尺度天气系统发生发展进行监测预警的重要手段,是灾害性天气预报预警系统的前期性工程,可实现在一定范围内对灾害性天气的自动实时监测,形成较有效的中尺度数值预报初始场和边值条件。

2003-05-28 收到原稿, 2003-09-16 收到修定稿

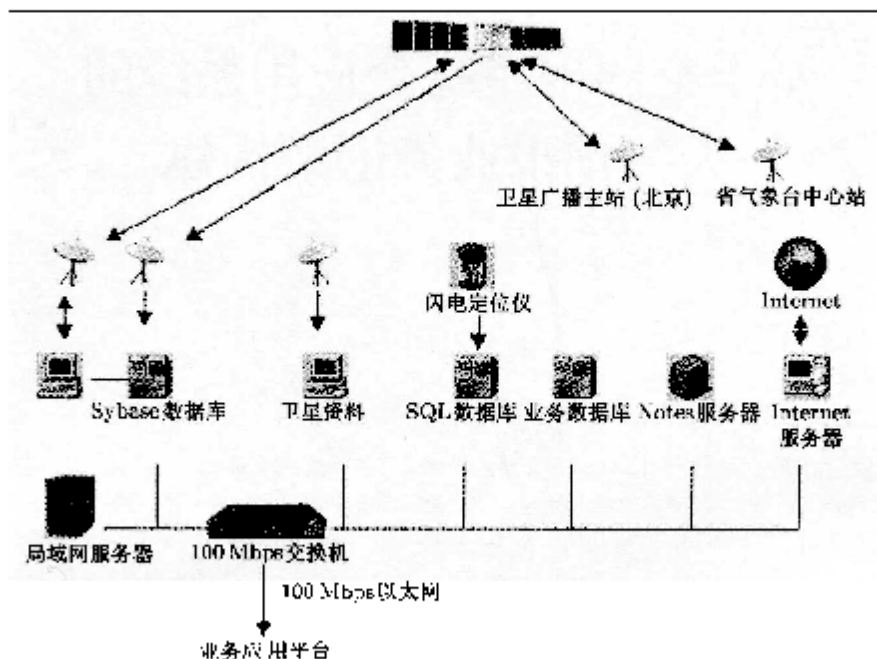


图1 基本体系框架示意图

Fig.1 The basic structure of weather forecasting operation system

2.3 闪电监测定位系统

建立完成绍兴市闪电监测定位系统，分别在市区和 3 个县建立闪电监测定位仪，能实时自动监测 200 km 范围内闪电的方位、距离、强度和频率。这些信息先收集到市中心，再通过宽带下传到各县，以及电力调度中心、通信部门，为电力、通信系统的保障和实时监控提供了依据。

2.4 市-县计算机语音会商系统

通过技术攻关，2002 年 7 月开发建设了市-县计算机语音会商系统，8 月份起正式投入业务运行。系统利用软件方式实现天气会商，用 NetMeeting 软件传送图像，用 TeamSound 软件传送语音。该系统能使预报人员在会商天气时，不仅可进行语音交流，还可以同时调看分析各种图像资料，有利于提高天气预报准确率，在防御 2002 年“森拉克”台风中起到了突出的作用。

2.5 两个基本预报业务子系统

“决策服务系统”和“新一代预报业务流程”是基本业务系统中的 2 个重要子系统，前者为防汛防台抗旱决策服务提供技术支撑；后者则为天气预报业务人员提供一个业务化平台，其中对灾害性天气的预报思路和天气系统发生发展概念模式的模拟具有独特的参考价值。

2.6 专业服务终端系统

作为警报器的升级替代产品，专业服务终端系统已经建立并投入正常运行。系统基于 X.25 技术，配置面向用户的专用服务器。这些终端除可向用户提供常规天气预报信息外，还可以提供灾害性天气信息和针对实际需求的专项、专业服务信息。

2.7 城市环境观测与评估系统

根据城市化推进的需要开展紫外线强度观测, 并已对外发布紫外线预报; 在东郊建立酸雨观测站; 应用数值模型, 对一些住宅小区的居住环境气候进行了数值模拟, 模拟结果可用于住宅小区的布局和环境评估.

2.8 业务数据库

业务数据库是科研与业务的基础性工程, 目前, 一种基于 MS SQL2000 的数据库表已完成编制, 正全面进入资料入库编程、开发面向数据库的应用程序.

2.9 气象卫星资料接收处理系统

引进开发的气象卫星资料接收处理系统, 已成为监测和预报的重要工具 [3].

3 天气预报业务中的关键技术与应用

3.1 卫星云图在天气预报中的应用技术

云顶温度对于识别云系和估计降水量至关重要, 并能直接判断云体高度和诊断云中的温度梯度. 通过红外辐射反演出大气和云中温度分布的原理可用下面的气温遥感方程来描述 [4], 即

$$I(T(r)) \equiv \int_0^\infty B_\omega(T(r)) \frac{\partial \tau'_\omega(r, r')}{\partial r'} dr' = G_\omega(r). \quad (1)$$

这里将地球看做球面, 式中 B_ω 为 Planck 函数, τ_ω 为相应的大气透过率, ω 为频段红外辐射所处的频率, T 为所要探测的云中温度分布, G_ω 为“相切半径”, 是 r 的光路到达卫星辐射接收器的辐射. $\tau'_\omega(r, r')$ 和 $\tau^*_\omega(r, r')$ 分别表示为

$$\tau'_\omega(r, r') = 2\tau'_\omega(r, r') \sinh \left[\int_r^{r'} k_\omega(r') \rho(r') \frac{r' dr'}{\sqrt{r'^2 - r^2}} \right], \quad (2)$$

$$\tau^*_\omega(r, r') = \exp \left[- \int_{r'}^\infty k_\omega(r'') \rho(r'') \frac{r'' dr''}{\sqrt{r''^2 - r^2}} \right]. \quad (3)$$

其中, ρ 为辐射物质密度, k_ω 为吸收系数, $\sinh$ 为双曲正切函数. 红外云图现已广泛应用于台风、暴雨、大雪等的监测与分析, 如 2002 年 6 月 28 日绍兴地区出现大到暴雨, 局部大暴雨过程, 也是当年的“开梅”暴雨, 预报人员就是利用云图提供的信息进行了准确的预报.

大气中的水汽变化是描述天气过程的重要参数, 暴雨、台风等大多数天气系统的发生发展都与水汽有着密切的关系 [5]–[7]. 大气和云中的水汽分布可通过频谱法获得, 即水汽遥感方程 [8]

$$G_h = [I_{hs} - B_h(T(0))] \tau_{hs} + B_h(\infty) - \int_0^\infty \tau_h(\zeta) \frac{\partial B_h}{\partial \zeta} d\zeta. \quad (4)$$

其中, G_h 为辐射测值, I_{hs} 为地表辐射强度, τ_h 为透过率, $\tau_{hs} = \tau_h(0)$. 为获得温度、湿度等参数, Smith 方案把辐射传输方程变为包含温度、湿度和其它气体吸收分量的扰动方程, 经过分部积分、一阶 Taylor 近似等变换, 多参数线性同步物理反演模式的辐射

传输方程可表示为

$$\delta T_b = \beta^0(P_s) \tau^0(P_s) \delta T_s - \sum_{n=1}^N \int_0^{P_s} \beta_0(p) \delta T_n(p) d \ln \tau_n^0(p). \quad (5)$$

其中,

$$\delta T_n(p) = \delta T(p) - \delta U_n(p) \frac{dT(p)}{dU_n^0(p)}, \quad \beta^0(p) = \frac{\partial B(T^0)}{\partial T} \frac{\partial B(T_b^0)}{\partial T}. \quad (6)$$

式中, T_b 和 T_b^0 分别为卫星观测的和由初估大气廓线通过辐射传输模式计算的 TOVS 通道亮温, $T(p)$ 和 $T^0(p)$ 分别为待求的和初估的大气温度, $U_n(p)$ 和 $U_n^0(p)$ 分别为待求的和初估吸收气体 n 的浓度, $T_n(p)$ 表示吸收气体 n 的温度, $\tau_n(p)$ 为从大气层顶到气压 p 吸收气体 n 的透过率, τ 为大气总透过率 ($\tau = \prod \tau_n$), $B(T)$ 为温度为 T 的 Planck 辐射率, N 为吸收气体数目. 目前, 水汽云图主要用于对暴雨、台风和强对流天气中水汽变化和空中水资源的分析与预报 [9]–[11].

3.2 SPA 对强势因子和弱势因子的判断方法

通过 SPA 方法 [12]–[14] 建立的数学模型可在一定程度上提高预报准确率. 在建立预报模型发现, 进入模型中的“最佳”因子集合中的因子在大部分情况表现优良, 有时个别因子表现不良. 前者称为因子处于强势, 把后者称为因子处于弱势 [15]. 用强势和弱势描述因子的势态, 在多元回归分析中势态表示因子在多次预测中重要性的变化 [16].

设有一维随机因变量 Y , p 维自变量 X , n 次观测 X_i, Y_i ($i = 1, 2, \dots, n$), 在自变量定义域中有任意点 $X = x$, 则最优估计函数 $G(x) = E(Y|X = x)$, 即最优估计函数等于 $X = x$ 处的 Y 期望值. 现在用 n 次观测求解 $G(x)$, 把 $G(x)$ 写成权函数形式 [17],[18]

$$\hat{Y}(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x, X_1, X_2, \dots, X_n) Y_i, \quad (7)$$

可见 $\hat{Y}(x)$ 是样本 Y_i 的加权平均, 权重 w_i 依赖于估计点 x 和样本 X_i . 在 p 维自变量空间中, 各次观测 X_i 与估计点 x 的距离为 $\rho_i(x)$, 按距离的近远排列, 其中有最近的 k 个观测值, 记第 k 个最近观测与 x 的距离为 $\rho_0(x)$, 则 w_i 可写成如下形式:

$$w_i(x, X_1, X_2, \dots, X_n) = \begin{cases} 1/k, & \rho_i(x) \leq \rho_0(x); \\ 0, & \rho_i(x) > \rho_0(x). \end{cases} \quad (8)$$

由于各自变分量的单位和数量的差异, 此时不宜使用几何距离, 故采用统计距离, 估计点 x 和 X_i 在 p 维自变量空间的位置写成列向量 $\mathbf{x} = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0p})'$ 和 $\mathbf{X}_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip})'$, 则它们之间的统计距离定义为

$$\rho_i(x) = \left[\frac{(x_{01} - X_{i1})^2}{s_{11}} + \frac{(x_{02} - X_{i2})^2}{s_{22}} + \dots + \frac{(x_{0p} - X_{ip})^2}{s_{pp}} \right]^{1/2} \quad (9)$$

其中, s_{ii} ($i = 1, 2, \dots, p$) 为自变量均方差. 从 (9) 式可知, 统计距离以样本标准差为基

本单位. 把 (7) 式与 (8) 式归纳在一起, 即为近邻估计方程组^[19]

$$\begin{cases} \hat{Y}(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x, X_1, X_2, \dots, X_n) Y_i; \\ w_i = \begin{cases} 1/k, & \rho_i(x) \leq \rho_0(x); \\ 0, & \rho_i(x) > \rho_0(x); \end{cases} \\ \rho_i(x) = \left[\frac{(x_{01} - X_{i1})^2}{s_{11}} + \frac{(x_{02} - X_{i2})^2}{s_{22}} + \dots + \frac{(x_{0p} - X_{ip})^2}{s_{pp}} \right]^{1/2}. \end{cases} \quad (10)$$

本文并不把上面 (10) 式直接用于对 $Y(x)$ 的估计, 而是用 (10) 式中 $\rho_i(x)$ 的表达式和变异系数 c_v 来判断因子的势态是强势还是弱势, 即

$$\begin{cases} \rho_i(x) = \left[\frac{(x_{01} - X_{i1})^2}{s_{11}} + \frac{(x_{02} - X_{i2})^2}{s_{22}} + \dots + \frac{(x_{0p} - X_{ip})^2}{s_{pp}} \right]^{1/2}, \\ c_v = \frac{s^2}{\bar{X}^2}. \end{cases} \quad (11)$$

利用 (11) 式, 可对回归模型中每一因子的各个例分别作近邻分析, 找出 k 个近邻 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_k, Y_k)$, 对 k 个 Y 量 $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$ 计算变异系数. 每一个例中, 对 M 个因子计算出各变异系数, 当此系数为最大时, 该因子为劣势.

3.3 MM5 技术在实际中的应用

对于水平尺度较小的中尺度数值天气预报, 运动方程中的静力平衡不适用, 须用非静力平衡假设. MM5 是一个中尺度数值预报模式, 除采用非静力平衡外, 还在物理过程参数方案、网格嵌套、资料四维同化等方面作了许多改进. 由于考虑了高分辨的地形和陆面状况等重要的局地强迫动力因子, 以及复杂的物理参数化方案, 可用来研究和预测局地中尺度天气现象 (小至 β 尺度系统), 使其在对各种中尺度系统的研究、实时预报、区域气候预报等方面得到广泛应用. 市气象台应用的一个基于 AIX 操作系统的预报模式, 在一台带有 4 个 CPU 的 IBM P630 上实现.

MM5 的控制方程组构成为

$$\begin{aligned} \frac{\partial p'}{\partial t} - \rho_0 g w + \gamma p \nabla \cdot \mathbf{V} &= -\mathbf{V} \cdot \nabla p' + \frac{\gamma p}{T} \left(\frac{\dot{Q}}{C_p} + \frac{T_0}{Q_0} D_0 \right), \\ \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial x} \frac{\partial p'}{\partial \sigma} \right) &= -\mathbf{V} \cdot \nabla u + v \left(f + u \frac{\partial m}{\partial y} - v \frac{\partial m}{\partial x} \right) - e w \cos \alpha - \frac{u w}{r} + D_u, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial y} \frac{\partial p'}{\partial \sigma} \right) &= -\mathbf{V} \cdot \nabla v - u \left(f + u \frac{\partial m}{\partial y} - v \frac{\partial m}{\partial x} \right) + e w \sin \alpha - \frac{v w}{r} + D_v, \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\rho_0}{\rho} \frac{g}{p^*} \frac{\partial p'}{\partial \sigma} + \frac{g p'}{\gamma p} &= -\mathbf{V} \cdot \nabla w + g \frac{p_0}{p} \frac{T'}{T_0} - \frac{g R_d}{C_p} \frac{p'}{p} + e(u \cos \alpha - v \sin \alpha) + \frac{u^2 + v^2}{r} + D_w, \\ \frac{\partial T}{\partial t} &= -\mathbf{V} \cdot \nabla T + \frac{1}{\rho C_p} \left(\frac{\partial p'}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla p' - \rho_0 g w \right) + \frac{\dot{Q}}{C_p} + \frac{T_0}{\Theta_0} D_\theta, \\ \mathbf{V} \cdot \nabla A &\equiv m u \frac{\partial A}{\partial x} + m v \frac{\partial A}{\partial y} + \dot{\sigma} \frac{\partial A}{\partial \sigma}, \end{aligned}$$

$$\dot{\sigma} = -\frac{\rho_0 g}{p^*} w - \frac{m\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial x} u - \frac{m\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial y} v,$$

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = m^2 \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u}{m} \right) - \frac{m\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial \sigma} + m^2 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{v}{m} \right) - \frac{m\sigma}{p^*} \frac{\partial p^*}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{\rho_0 g}{p^*} \frac{\partial w}{\partial \sigma}. \quad (12)$$

式中, m 的梯度项为水平曲率项, r 为垂直梯度项, $e = 2\Omega \cos \lambda$ 为科氏力的一个分量, $\alpha = \phi - \phi_c$, A 为任一物理量, 其余均为惯用符号. 选择松弛型 4 维同化方案, Nudge 的计算方案^[20] 为

$$\frac{\partial P^* a}{\partial t} = F(a, x, t) + G_a \cdot P^* \frac{\sum_{i=1}^N W_t^2(x, t) \cdot r_i \cdot (a_0 - \bar{a})_i}{\sum_{i=1}^N W_t(x, t)}. \quad (13)$$

其中, a 为任一预报量; $F(a, x, t)$ 为模式物理强迫项 (平流、科氏力项等); G_a 为松弛强迫系统, 取 $G_a = 4 \times 10^{-4}$; a_0 为 a 的观测值, $\bar{a}$ 为模式预报变量插值到站点上的值; i 为测站序号; N 为影响半径内总测站数; r_i 为观测误差系数, 取值 0—1; $W_i(x, t)$ 为 4 维同化权重系数, 可以表示为

$$W(x, t) = W_{xy} W_a W_t. \quad (14)$$

其中, W_{xy} 为水平权重函数, W_a 为垂直权重函数, W_t 相应为时间权重函数.

4 结语

市级天气业务体系框架是一个以空间卫星综合应用系统为核心, 以 MICAPS 为主要开发平台的一个多功能、辐射型的系统, 它集空间卫星遥感信息、宽带网、数值天气预报、统计天气预报、网络技术、终端、数据库、自动气象探测和灾害性天气预报等技术方法与手段为一体, 体现了高度的集成性和开放性, 体现了计算机技术、网络技术和卫星遥感技术等现代高科技与天气预报理论与技术的高度结合性, 也代表着当代气象科技发展的一种方向.

上述发展趋势表明, 以空间卫星综合应用系统为标志的业务现代化建设带动了整个气象现代化建设, 使天气预报水平、对重大灾害性天气的预测预警能力明显加强, 这对监测与防御重大自然灾害起到了关键性的作用, 因此, 空间卫星在天气预报领域有着重要的地位. 事实上, 不仅空间卫星对于组建天气业务体系框架必不可少, 而且以卫星分布图为主要内容的空间卫星遥感技术在市级气象部门得到了广泛的应用, 特别是包括可见光云图、红外云图和水汽分布图在暴雨、冰雹、台风等重大灾害性天气的分析与预报中具有突出的作用. 中尺度数值天气预报是国内外快速发展的一种预报手段, 目前正逐步成为天气预报业务中重要的工具而进入业务体系, 而随着卫星遥感资料、地面天气雷达资料和空间星雷达资料同化进入模式, 其预报准确率也会得到进一步提高.

参 考 文 献

- [1] Huang Ronghui. Severe Climate Disasters in China. The Stratagem About the Atmospheric Science. Beijing: China Meteorological Press, 2002. 67—69. in Chinese (黄荣辉. 中国重大气候灾害. 大气科学发展战略. 北京: 气象出版社, 2002. 67—69)
- [2] Wang Huijun. The main problems about climate changes in China. The Stratagem About the Atmospheric Science. Beijing: China Meteorological Press, 2002. 463—464. in Chinese (王会军. 我国气候变异的主要问题及其复杂性. 大气科学发展战略. 北京: 气象出版社, 2002. 463—464)
- [3] Zhao Licheng, Guan Tong. Transfer of meteorological satellite data through network programming. *J. Appl. Meteor. Sci.*, 2003, **14**(4):395—401. in Chinese (赵立成, 关彤. 网络编程实现气象卫星资料的传输. 应用气象学报, 2003, **14**(4):395—401)
- [4] Zhen Qingcun. Some academic problems in IR remote detecting on atmosphere. In: The Proceedings on the Meteorological Satellite Remote Sensing Inversion and Application, Beijing: China Ocean Press, 2001. 3—10. in Chinese (曾庆存. 大气红外遥感探测的一些理论问题. 见: 气象卫星遥感反演和应用论文集. 北京: 海洋出版社, 2001, 3—10)
- [5] Zhang Shaodong, Yi Fan, Xiong Donghui. A numerical study on the propagation characteristics of gravity-wave packets real atmosphere. *Chin. J. Space Sci.*, 2002, **22**(1):36—43. in Chinese (张绍东, 易帆, 熊东辉. 重力波波包在真实大气中传播特性的数值研究. 空间科学学报, 2002, **22**(1):36—43)
- [6] Huang Wengeng, Gu Shifen. Thunderstorm Quast-Electrostatic (QE) field and the ionization of night-time lower ionosphere. *Chin. J. Space Sci.*, 2002, **22**(3):227—233. in Chinese (黄文耿, 古士芬. 雷暴云准电场和夜间低电离层的电离. 空间科学学报, 2002, **22**(3):227—233)
- [7] Huang Chunming, Zhang Shaodong, Yi Fan. A numerical study on the energy propagation and conversion of gravity-wave packets excited by wave-linker disturbance in the mesosphere. *Chin. J. Space Sci.*, 2003, **23**(2):110—117. in Chinese (黄春明, 张绍东, 易帆. 波状扰动激发的重力波波包在中层大气中能量传播和转换特性的数值研究. 空间科学学报, 2003, **23**(2):110—117)
- [8] Zhang Fengying, Wang Chao, Ran Maonong *et al.* A study of atmospheric water vapour retrieval approach from TOVS observations and its experiment. In: The Proceedings on the Meteorological Satellite Remote Sensing Inversion and Application, Beijing: China Ocean Press, 2001. 187—189. in Chinese (张凤英, 王超, 冉茂农等. 一种新的 TOVS 大气湿度反演方法及试验. 见: 气象卫星遥感反演和应用论文集. 北京: 海洋出版社, 2001. 187—189)
- [9] Fang Zongyi, Zhou Lianxiang. Estimating the intensity of the tropic cyclones with the Earth synchronization meteorological satellite IR cloud images. In: The Proceedings on the Meteorological Satellite Remote Sensing Inversion and Application, Beijing: China Ocean Press, 2001. 79—87. in Chinese (方宗义, 周连翔. 用地球同步气象卫星红外云图估计热带气旋的强度. 见: 气象卫星遥感反演和应用论文集. 北京: 海洋出版社, 2001. 79—87)
- [10] Xu Jianmin, Zheng Xinjiang, Xu Huan *et al.* The distributing characters of water vapour in supper convection level over the Tibet plateau indicated by GMS-5 water vapour images. *J. Appl. Meteor. Sci.*, 1996, **7**(2):48—56. in Chinese (许建民, 郑新江, 徐欢等. GMS-5 水汽图像所提示的青藏高原地区对流层上部水汽分布特征. 应用气象学报, 1996, **7**(2):48—56)
- [11] Lu Naimeng, Wu Rongzhang. A convective rainfall estimate technique developed by NSMC of China. *Acta Meteor. Sinica*, 2000, **14**(3):22—30
- [12] Zhao Keqin. The Set Pair Analysis and its Application. Hongzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 2000. 1—15. in Chinese (赵克勤. 集对分析及其初步应用. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2000. 1—15)
- [13] Zhao Keqin. Does natural dialectic have mathematic models. *Chin. J. Natural Dial.*, 1998, (10):15—20. in Chinese (赵克勤. 自然辩证法有数学模型吗. 自然辩证法学报, 1998, (10):15—20)
- [14] Zhao Keqin. The theory of set pair analysis——A new theoretic method and application on no-facticity. *Chin. J. Sys. Proj.*, 1996, **14**(1):18—23. in Chinese (赵克勤. 集对论 —— 一种新的不确定性理论方法和应用. 系统工程, 1996, **14**(1):18—23)

- [15] Zhao Keqin. Bewriting and processing the no-facticity using the theory of set pair analysis. *Chin. J. Inf. Cont.*, 1995, **24**(3):165—168. in Chinese (赵克勤. 集对分析对不确定性的描述和处理. 信息与控制, 1995, **24**(3):165—168)
- [16] Wang Guoqiang. Application of the no-facticity theory——Set pair analysis in MOS probility forecast. The proceedings on Weather Forecast. Beijing: China Meteorological Press, 1999. 40—50. in Chinese (王国强. 不确定理论集 —— 对分析在 MOS 概率预报中的应用, 天气预报技术论文集. 北京: 气象出版社, 1999. 40—50)
- [17] Chen Xiaoru. The Course of No-Parameter Statistics. Shanghai: East China Normal Univisity Press, 1993. 10—30. in Chinese (陈孝孺等. 非参数统计教程. 上海: 华东师范大学出版社, 1993. 10—30)
- [18] Institute of Mathemtics of China Academy of Sciences. General Mathemtical Statistics Methods. Beijing: Science Press, 1973. 40—98. in Chinese (中国科学院数学研究所. 常用数学统计方法. 北京: 科学出版社, 1973. 40—98)
- [19] Wang Guoqiang, Jiang Yanlong, Chen Hongmei. Contiguity estimate——model of linear regression weather forecast and its experiments in typhoone rainstorm forecasting. *J. Meteor. Sci. Tech.*, 1999, **27**(4):25—29. in Chinese (王国强, 蒋延龙, 陈红梅. 近邻估计 —— 线性回归预报模型及其台风暴雨预报试验. 气象科技, 1999, **27**(4):25—29)
- [20] Tian Yongxiang, Shen Tongli, Ge Xiaozhen *et al.* Numerical Weather Forecast. Beijing: China Meteorological Press, 1995. 295—298. in Chinese (田永祥, 沈桐立, 葛孝贞等. 数值天气预报教程. 北京: 气象出版社, 1995. 295—298)

THE WEATHER FORECASTING OPERATION SYSTEM BASED ON SYNTHETIC SPACE SATELLITE APPLIED SYSTEM

XUE Genyuan CHEN Guoyong

(Zhejiang Shaoxing Meterorology Administration, Shaoxing 312000)

Abstract

According to the synthetic space satellite applied system, the basic system of weather forecasting operation, and the properties of the system and network of the weather forecasting operation and the technology and method in weather forecasting operation are introduced in this paper.

Key words Space satellite, Synthetic application, Weather forecasting operation, System