

几种水汽场客观分析方法的对比试验*

徐一鸣 丁荣富

(上海台风研究所)

提 要

本文对比了统计插值法、订正法和网格块法等客观分析技术应用于水汽场分析的试验情况,认为统计插值法较为优越。又考查了三种方法的不同特点,设计了一种吸收各种方法优点、称为混合分析法的新方法,提高了分析的质量。

一、引 言

数值天气预报作为指导产品在业务天气预报工作中愈益发挥着重要的作用,而为预报模式提供初值的客观分析的优劣,直接关系到预报结果的好坏,甚至成败⁽¹⁾。同时,客观分析结果还可作为实况资料分析方法,提供多种物理量诊断场,是现代天气预报的一项基础性工作。

常用的客观分析方法有:多项式插值法⁽²⁾,逐次订正法⁽³⁾,变分技术法⁽⁴⁾,谱分析法⁽⁵⁾和统计插值法(又称最优插值法)⁽⁶⁾等。

本文探索了用何种方法制作水汽分析较为有利的问题,设计了一个较为理想的新方法。

二、资料准备

本试验研究选择对流层中、下层的相对湿度作为分析对象,为了提高分析效果,不仅使用了高空资料,而且还用地面观测进行了推算。

1. 高空资料处理

根据测站850和700hPa上的温度、露点

温度,利用公式

$$e = 10^{(8.4051 - 2353/Td)^*}$$

$$e_s = 10^{(8.4051 - 2353/T)}$$

$$RH = e/e_s$$

计算出二层上的相对湿度RH,其中Td、T分别为露点温度及温度。再取二层RH的平均值作为对流层中层的相对湿度观测值RH₇₈₀。

2. 地面观测处理

地面观测资料中,提取现在天气WW,低云量Nh及云底高h。

对WW值,根据表1推算出相对湿度RHHW⁽⁷⁾。

根据低云量,用公式:

$$RH = M - A \cos\left(\frac{\pi}{8}Nh\right)$$

推算RHNh,其中M, A的取值为:当云底高h ≥ 600m时, M = 0.75, A = 0.15;当h < 700m时, M = 0.70, A = 0.10。

以RHHW和RHNh的平均值作为根据地面报告推算的对流层中下层相对湿度值RHS。

*[75-09-01] 中期数值天气预报研究课题。

表1 地面天气报告中根据现在天气码推算相对湿度

WW	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	65	65	65	65	65	65	50	50	50	50
1	90	90	90	85	90	95	95	95	90	90
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
3	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60
4	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
5	95	99	99	99	99	99	95	99	95	99
6	95	99	99	99	99	99	95	99	95	99
7	95	99	99	99	99	90	90	90	90	90
8	95	99	99	95	99	95	99	95	99	99
9	99	95	99	95	99	95	99	99	95	99

三、几种分析方法

选择包括较大海洋区域的欧亚范围作为分析的区域，正方形网格系格距300km，44×33共1452个网格点。

1. 统计插值法

格点上的分析值 Z_K^a 由下式求得

$$Z_K^a = Z_K^g + \sum_{i=1}^n P_i (Z_i^g - Z_i^a) \quad (1)$$

其中 Z_K^g 为格点上预备场值， n 为选取的测站数，本试验 $n=3$ 。

待定系数 P_i 由解下列线性代数方程组求得，

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} P_i + \eta_j P_j = m_{kj} \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

其中 m 为预备场误差的协方差函数，下标 ij 及 kj 分别表示其在测站与测站位置上及格点与测站位置上的协方差。 η_j 为测站均方观测误差，对于前述高空观测资料 $RH_{7,8}$ 及据地面观测推算的资料 RHS 分别采用不同的观测误差数值。

我们设定协方差函数为高斯曲线型式

$$m_{ij} = \sigma^2 \cdot \exp(-cr_{ij}^2)$$

其中 σ^2 为预备场误差的方差， r_{ij} 为点 i 及点 j 之间的距离，以1000km为单位， C 为常数取为1.03。

2. 订正法

基本公式为

$$Z_K^a = Z_K^g + \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot (Z_i^g - Z_i^a)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

其中 W_i 为权重系数，取为 $W_i = \alpha / (1 + r_i^2)$ ， r_i 为测站 i 到格点 K 的距离，对 $RH_{7,8}$ 型资料， α 取值1；精度稍差的 RHS 资料， α 为1/2，使其权重较小。(2)式中其他符号的意义同(1)式，在本试验中 n 取为3。

3. 网格块法

这是一种比较直接的方法。考虑每一个测站仅影响其邻近的四个格点，如果在一个网格块中有两个以上的测站，则他们的影响考虑为与距离有关的加权平均。将 $RH_{7,8}$ 作为基本资料，首先把它们分配到有关的网格点，而 RHS 资料仅用在那些前者所没有涉及到的网格点上。对于那些上述两种资料均不能影响到的网格点则采用预备场的值。

统计插值法及订正法都涉及到测站的搜索问题，为了提高分析的效果，在一定范围内格点周围测站按与格点的距离大小排队，首先入选那些最近的测站，而且要兼顾到要求这些测站分布尽量均匀，尽可能地选取位于不同象限内的测站。

四、试验结果

以上海气象信息自动化系统连续收集的1988年10月14—23日共10天的高空、地面资料（均为北京时间20时）作为试验研究的基本资料。

按上述三种方法每天制作三个不同的相对湿度分析场，对于这些分析结果格点场，使用Bessel十六点插值及双线性四点插值公式，分别计算了这些网格场在测站位置上的值，将这些值与测站资料的均方根差作为分析误差 E_0 。

为了进一步考查分析方法的插值能力以及在资料稀疏地区的分析质量，还试验了将测站减少一半，即在测站序列中每隔一个测

站抽出一个组成分析资料，进行分析，除了计算那些参与分析的测站上的均方根误差 E_1 外，还计算了未参加分析的测站上的均方根误差 E_2 。 E_1 与 E_0 对比反映了分析对不同测站密度的依赖程度， E_2 作为该方法在

资料稀疏地区的分析能力的表征。

为了试验方便， 每一天分析均采用前一天的分析场作为预备场， 而10月14日的分析所用的预备场是全场为0.5。

表2给出了三种分析方法所得到的相对

表2 三种分析方法试验结果对比

日 期	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	平均值	
统计插值法	E_0	0.095 (0.101)	0.091 (0.095)	0.107 (0.112)	0.102 (0.107)	0.102 (0.106)	0.100 (0.104)	0.095 (0.100)	0.100 (0.104)	0.103 (0.108)	0.099 (0.104)	0.099 (0.104)
	E_1	0.100	0.099	0.098	0.106	0.103	0.094	0.093	0.101	0.103	0.099	0.100
	E_2	0.180	0.258	0.312	0.159	0.221	0.210	0.197	0.195	0.124	0.237	0.209
	N	18	57	35	44	51	78	10	42	11	20	37
订正法	E_0	0.108 (0.110)	0.096 (0.098)	0.114 (0.117)	0.110 (0.114)	0.101 (0.104)	0.110 (0.112)	0.095 (0.098)	0.102 (0.104)	0.084 (0.090)	0.108 (0.110)	0.103 (0.106)
	E_1	0.104	0.114	0.105	0.104	0.098	0.099	0.095	0.104	0.080	0.106	0.101
	E_2	0.123	0.286	0.322	0.145	0.241	0.233	0.164	0.252	0.121	0.279	0.217
	N	0	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0.5
网格块法	E_0	0.066 (0.071)	0.065 (0.070)	0.074 (0.081)	0.066 (0.074)	0.068 (0.074)	0.069 (0.074)	0.069 (0.073)	0.070 (0.074)	0.075 (0.080)	0.069 (0.074)	0.069 (0.075)
	E_1	0.053	0.057	0.051	0.057	0.050	0.050	0.057	0.057	0.067	0.056	0.056
	E_2	0.197	0.194	0.223	0.206	0.179	0.191	0.214	0.199	0.213	0.188	0.210
	N	776	777	789	793	786	776	756	763	724	735	768

湿度分析的均方根误差。其中 () 表示四点双线性插值，其余均为十六点插值，N为分析未曾对预备场值作出改变的网格点的个数。由此可见：

1. 从统计插值法和订正法的 E_0 和 E_1 对比来看，两种分析方法的误差比较接近，而且它们对测站密度的变化均不敏感。

2. 订正法较统计插值法在资料稀疏地区的分析质量略差些（对比它们的 E_2 ）。

3. 网格块法的分析误差要小得多，但是其在资料稀疏地区的分析质量明显恶化，特别是这种方法有一半以上的格点仍然沿用预备场的数值，这一点显然是不理想的。

根据以上综合分析，总的来讲统计插值

法对于湿度场分析较其余两种方法具有优越性。

实际上，三种方法均有一定的优点，为了进一步提高分析质量，我们设计了一个称为混合法的分析方法，此法综合了网格块法对于资料密集地区分析质量比较高的优点以及统计插值法在资料较稀地区的一定分析能力。具体的做法是：首先实施网格块法，利用高空及地面资料对邻近的格点作出插值，对于那些不能利用这些资料得到网格块插值的格点（根据前述统计这些格点约占总数的一半以上），不是简单地使用预备场的数值，而是进行统计插值，以最大限度地利用实时资料。即这一方法是网格块法和统计插

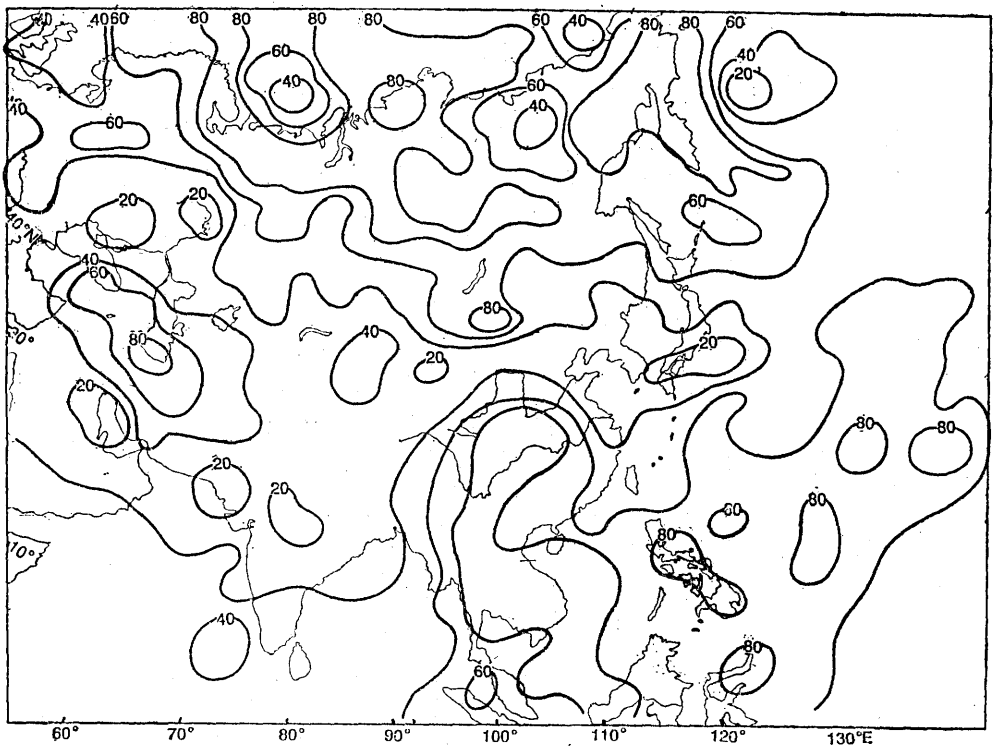
表3 混合法分析结果表

日期	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	平均值	
混 合 法	E_0	0.064 (0.071)	0.064 (0.070)	0.074 (0.031)	0.056 (0.074)	0.069 (0.076)	0.058 (0.074)	0.068 (0.074)	0.069 (0.074)	0.074 (0.080)	0.068 (0.074)	0.068 (0.075)
	E_1	0.050	0.053	0.049	0.054	0.047	0.055	0.055	0.054	0.064	0.054	0.054
	E_2	0.194	0.252	0.282	0.154	0.201	0.210	0.193	0.226	0.170	0.238	0.212
	N	17	58	40	42	44	76	19	21	12	12	33

值法的混合。

表3给出了根据新设计的混合法得到的试验结果。由表3可见，对比混合法及统计插值法的 E_0 从总体结果来看，新方法明显优于统计插值法，而与网格块法仅对不到半数的、位于测站密集地区的格点所作的统计结果相当。从作为表征方法对资料稀疏地区的分析能力的 E_2 来看，新方法与统计插值法差不多。不能改变预备场数值的格点数

新方法较网格块法有极大改进，而与统计插值法相当。需要说明的一点是，新方法与统计插值法不能改变预备场数值的格点数略有不同的原因有二个，一是偶然因素，即两种方法在资料较密地区采用不同的方法，而其中一个方法的分析值正好与预备场值在高位数上相等，由于这种情况相当少，因此未曾将它们从整个统计数字中除去；另一个原因是本试验每次分析的预备场系采用前一天的分



附图 1988年10月15日20时对流层中下层混合法分析的湿度场

析场, 由于两种方法的分析值不同而造成后一天有两种不同的预备场。两种方法在资料稀疏地区虽然均为统计分析, 然而可能有一种方法的分析值在高位数上与预备场值相等而另一种不同。

综上所述, 新方法较前述三种方法都好, 这一点是比较明显的, 因此采用混合法作为对湿度场客观分析的方法是有利的。附图对混合法湿度分析的一个个例(1988年10月15日20时对流层中下层)。

参 考 文 献

- (1) 徐一鸣等, 不同初值对台风路径预报的影响, 气象学报, 第46卷第1期, p.97—100, 1988.
- (2) Corby, G.A., An Experiment in Three-

dimensional objective analysis, Tellus, Vol. 15, p. 432-438, 1963.

- (3) 上海市气象局研究所数值预报组, 高空图的业务客观分析, 大气科学, 第3卷第2期, p.184—189 1979.
- (4) Sasaki, Y., An Objective Analysis Based on the Variational Analysis, J. Meteo. Soc. Japan, Vol. 36, p. 77—88, 1958.
- (5) Flattery, T. W., Spectral Models for Global Analysis and Forecasting, Proc. Sixth, AWS Tech. Exchange Conf., U.S. Navy Academy 21—24 Sept. 1974 Air Weather Service Tech. Rept. 242, p. 42—54, 1970.
- (6) Eddy, A., The Statistical Objective Analysis of Scalar Data Fields, J. Appl. Meteo., Vol 6, p. 597—609, 1969.
- (7) Chu R., Humidity Analysis for Operational Prediction Models at the National Meteorological Center, NOAA NWS NMC Office Note 140, 1977.

Comparison experiments on objective analysis methods of vapor fields

Xu Yiming Ding Rongfu

(Shanghai Typhoon Institute)

Abstract

The results of experiments on vapor field objective analysis, supported by statistical interpolation, correction and straight-forward methods are compared. Statistical interpolation method is superior in these experiments. The different characteristics of the three methods are investigated. A so-called mixed method which absorbs advantages of different methods is created. The new one improves the analysis quality.