

知识介绍

数值天气预报标准化检验方法

裘 国 庆

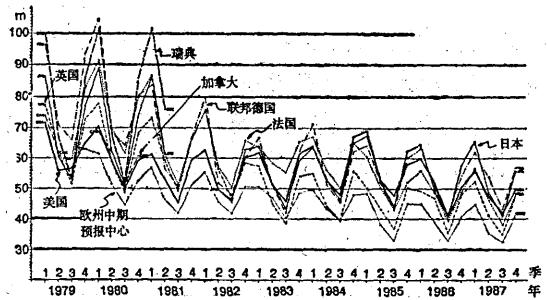
(北京气象中心)

一、前言

10年前世界气象组织(WMO)按照大气科学委员会(CAS)天气预报研究工作组的建议，要求各制作业务数值预报的气象中心参加“1979 FGGE年日常业务分析预报资料的研究和对比”工作。这项工作的主要任务是对比各气象中心的数值预报结果。同时，由于发起人是芬兰气象研究所的Rauno Nieminen，而任命该研究所的Antti Lange为这项工作的主席。整个工作是在以欧洲中期天气预报中心主任Lennart Bengtsson为主席的CAS指导下进行的。

这项工作延续了10年，即1979—1988年。芬兰气象研究所承担收集各参加对比气象中心的业务数值预报的分析预报磁带资料，并对资料进行预处理。每年，他们收到资料后，首先进行极值检查等初步的质量控制，然后将资料转化为标准化资料交换格式。检验和对比工作均在欧洲中期天气预报中心计算机上执行。前6年的检验结果已发布在WMO的蓝白皮书中。1985—1987年的结果也可在WMO的橙白皮书中见到。附图给出了8个预报中心，北半球500hPa高度第3天预报的均方根误差的对比结果。它表示了世界上业务数值预报近10年来的明显进展和当前的水平。

用于检验对比的分析和24、48、72、96、120、144、168及196小时预报结果按 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬度网格点提供。已经收集到英国、联邦德国、法国、美国、日本五个国家和欧洲中期



附图 1979—1987年北半球500hPa高度第3天预报的均方根误差

天气预报中心的10年资料，以及加拿大与瑞典的部份时段资料。这些资料都已存放在欧洲中期天气预报中心的档案室中。该资料对于某些研究工作，尤其是可预报性的研究是十分宝贵的。检验对比的结果现以软盘资料形式提供使用。

根据从事这项工作所积累的经验，基本系统委员会(CBS)1985年特别会议决定：自1986年10月1日始，数值预报业务中心执行统一的标准化检验方法。这项决定已获WMO第38届执委会批准。为了保持检验对比的连续性和可对比性，1987、1988两年作为过渡时段。在此期间，CAS的资料研究和对比工作与CBS的标准化检验方法同时执行。至1989年，CAS的检验对比工作已告结束，文中将要介绍的CBS标准化检验方法已成为WMO规定的数值预报日常业务检验唯一的标准方法。

CAS检验方法是用各中心自己的分析

结果进行检验。但是各中心的分析结果有一定的差异，因此直接对比各中心的检验结果不甚合理。为了避免这个问题，CBS 的标准化检验方法除保留使用各自中心分析结果作检验外，还增加了用选定的探空观测网点实时观测记录进行检验。虽然它不能检验探空观测站稀少地区的分析预报结果，但是却增加了各中心检验结果的可对比性。有关检验要素，CBS 标准化检验方法除检验温度、高度外还增加了风的检验。检验层次也由中、低层改为高、中、低 3 层。为了减少检验统计量，CAS 检验方法中一些不常用的统计参数被去掉。CBS 标准化检验方法还体现了业务化的特点。检验工作简便易行，每月（而不是每年）交换和发布检验结果；不仅检验方法、步骤标准化，而且对显示检验结果的表格、图表也有统一规定。总之 CBS 的标准化检验方法比 CAS 的检验对比方法更科学、更合理，检验结果更具有可对比性，也更适用于实时业务。

二、数值预报标准化检验方法

CBS 确定的数值预报产品的日常标准化统计检验包括两部分，一部分是用各中心自己的客观分析作检验，另一部分用探空观测资料进行检验。现将检验的具体内容说明如

表 1 7类56个统计检验项目表

		类 序 号	检 验 要 素												
用 分 析 资 料 做 检 验	北半球 (20°—90°N)		海平面气压			850hPa			500hPa			250hPa			
			高度	温度	风	高度	温度	风	高度	温度	风	高度	温度	风	
用 分 析 资 料 做 检 验	北半球 (20°—90°N)	1	1.1						1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	
	赤道地区 (20°S—20°N)	2		2.1	2.2	2.3						2.4	2.5	2.6	
	南半球 (90°S—20°S)	3	3.1						3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	
用 资 料 探 空 做 观 测 验	北美	4		4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
	欧洲	5		5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9			
	亚洲	6		6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9			
	澳大利亚 新西兰地区	7		7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9			

下：

检验要素：海平面气压，位势高度，气温和风。

检验预报时段：24、48、72、96、120 小时……。

检验统计参数：平均误差 (ME)，均方根误差 (RMSE)，相关系数 (R)， S_1 评分和矢量风误差的均方根误差 (RMSEV)。

检验范围：用客观分析检验——北半球 (20°N — 90°N)；赤道地区 (20°S — 20°N) 和南半球 (90°S — 20°S)。用探空资料检验——北美；欧洲；亚洲和澳大利亚；新西兰地区。

检验层次：用客观分析检验——海平面，500hPa 和 250hPa。
用探空资料检验——850hPa，500hPa 和 250hPa。

检验网格：(用客观分析检验) $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 经纬度网格，原点位置 (0, 0)。

表 1 给出了 7 类 56 项统计检验的编号和内

容。海平面气压、位势高度和气温的检验是计算平均误差，均方根误差和倾向相关。 S_1 评分仅在用分析作检验时计算。风的检验只统计平均风速误差和矢量风的均方根误差。逐日计算统计参数，每月平均后按统一表格形式发布和交换检验结果。在计算时，应该用纬度的余弦值作为权重函数，以考虑格点分布随纬度的变化。

另外还制作72小时1000hPa和500hPa季平均误差图，但不作为每月交换和发布的內容。仅每年在有关文献中发布。这是为了与CAS10年检验结果保持连续性和可比较性。

三、数值预报标准化检验的一些有关规定

CBS建立标准化统计检验是为了用客观的方法监测全球通讯系统(GTS)中发送的分析预报产品的质量，即了解各分析预报中心制作的业务数值预报的精确度。这样做有利于及时采取有力措施改进数值预报业务系统，提高分析预报产品的质量。因此世界气象组织号召业务运行全球模式、半球模式或近似半球的有限区模式的分析预报中心应采用CBS标准检验方法进行检验并发布检验结果，为了更好地分析检验结果，数值预报业务系统的变更情况也应与检验结果一起按月定期发布。接收数值预报产品的气象台站也应该使用标准检验方法对这些产品进行检验并把检验结果及时报告制作该产品的气象中心。

世界气象组织选定为标准检验的探空观测站共有365个，其中北美97个，欧洲85个，亚洲153个，澳大利亚和新西兰地区30个，这些测站选取的标准是在全球通讯系统中接收到的频数较高而且观测质量经常较好，在365个探空标准站中我国有78个(见表2)，占五分之一，说明我国的探空观测质量在世上具有一定声誉。但是这些测站并不是不变的，世界气象组织的CBS正在执行一项“观测质量监测”计划。根据这项计划已指定欧

表2 由世界气象组织选为检验数值预报结果的我国78个探空站

50527	52866	55299	57749
50557	52889	55591	57816
50774	53068	56029	57957
50953	53463	56080	57972
51076	53513	56137	57993
51431	53614	56146	58027
51463	53772	56294	58150
51644	53845	56571	58203
51709	53915	56691	58238
51777	54102	56739	58367
51828	54135	56778	58424
51848	54161	57036	58457
52203	54218	57083	58606
52267	54292	57127	58633
52323	54342	57178	58666
52418	54374	57447	58725
52533	54511	57461	58847
52681	54662	57494	58968
52818	54823	57515	
52836	54857	57679	

洲中期天气预报中心监测世界上各探空站的质量。因此今年4月召开的CBS GDPS(全球资料处理系统)工作组会上已要求欧洲中期天气预报中心每年将探空观测报告的质量监测结果向世界气象组织报告，并对用作数值预报检验的探空站点提出调整意见，经过规定程序，确定新的用作检验的探空观测站网。

CBS的检验标准与CAS的相比有两个显著特点，即增加了可比较性和把检验对比列入日常业务工作，但为此也引起一些新问题。由于每日的观测误差和通讯误差，加之各分析预报中心所采用的观测资料质量控制方法和标准(例如极值检查标准)不完全相同，因此很难保证每个分析预报中心检验所用的观测站点和资料是相同的。为此CBS GDPS工作组准备提供一个标准化质量检查步骤和有关标准，供所有采用CBS标准化检验的分析预报中心使用。但是仍不能完全避免由于通讯误差造成各地收到(下转31页)

所携冷空气随着中西伯利亚发展的西北气流南下，进入河套地区的低涡，随着冷空气的进入及500hPa偏南气流的引导，河套低涡和地面低压向东北方向移动。7日低涡中心移到海拉尔附近（图5）。低涡前部的偏

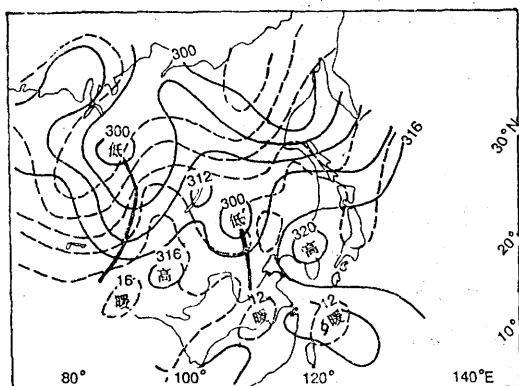


图 5 1988年8月7日08时700hPa形势图

实线为等高线，虚线为等温线，粗实线为槽线

南气流与大兴安岭地区的偏北气流交汇，使横贯大兴安岭地区的锋区进一步加强，不仅为暴雨的形成提供了触发机制，也为地面气旋发展提供了有利条件，暴雨出现在气旋暖锋附近。

4. 欧亚环流调整，我省东部旱区喜降暴雨

8月16日500hPa乌拉尔山低槽加强，槽前暖平流促使低槽前方的西伯利亚脊发展。随着乌拉尔山低槽的加强东移，西伯利亚高脊也加强并东移，位于贝加尔湖的主槽也发展东移，并迫使控制我省的暖脊减弱东退，贝加尔湖冷空气随着主槽东移而向东南方向移动。19日贝加尔湖低槽移至内蒙古—太原—西安—成都一线，冷空气向南扩散到河套地区。20日东移发展的长波槽移至海拉尔—济南—汉口一线，该槽在加深过程中，槽后冷平流加强，850、700hPa上的平流交角近于90°，槽内斜压扰动增强，正涡度向槽内输送，高度明显下降，东部暖高脊

与大槽前暖平流区合并，槽前上升运动加强，同时槽前偏南气流不断输送暖湿空气，增强了位势不稳定，对地面气旋产生了降压效果，地面气旋得到发展。20日14时中心分别位于承德、山东半岛和沈阳附近的三个低压，21日02时在沈阳附近合并发展成一个完整的东北低压，暴雨发生在气旋暖锋附近。

这次暴雨过程发生在欧亚环流调整、贝加尔湖主槽被发展东移的高压脊所替代、东亚大槽发展加强的过程中。东北低压生成发展是造成这场暴雨的主导因素。

四、结语

1988年夏季东部阻塞高压稳定加强，大范围环流形势稳定，天气尺度系统的路径和强度变化具有一定规律，低值系统重复在我省西部地区作用，为我省东部地区持续高温少雨而西部地区降水过程频发，暴雨成灾提供了有利的环境场。

(上接50页) 资料不同的情况。因此要求各分析预报中心每月发布和交换检验结果同时提供用于每个预报时段，每个层次，每个检验要素的观测报告数和计算每月平均的样本数。

由于检验项目较多，在某些对比工作或出版物中不可能全部给出所有结果。为此CBS GDPS工作组建议把每月平均72小时500hPa均方根误差和250hPa矢量风均方根误差作为表示数值预报业务模式水平的主要统计检验参数。

每月检验结果除上报给世界气象组织外，还应该在参加对比的各分析预报中心（目前是6个中心）之间实时交换。北京气象中心由于种种原因，目前尚未参加对比工作。但是已按照CBS标准检验方法进行数值预报日常业务检验，可望不久将来能正式参加CBS组织的数值预报检验对比工作。