

客观和主观降水概率预报: 一些相互关系的统计分析

摘要 本文提出有关客观和主观降水概率预报之间相互关系的两个具体问题: 主观预报是否包括客观预报未包括的信息? 主观预报是否充分利用了客观预报? 关于第一个问题, 11 年以上的资料分析说明, 主观降水概率预报包括的信息超过客观降水概率预报所包括的信息。本研究中研究了包括地理区、预报时效和季节的所有组合。对于较长的预报时效来说, 这一结论似乎与早期研究结果矛盾。在早期研究中, 这两种降水概率预报是用集合技能评分作比较的。关于第二个问题, 统计结果说明主观预报一般不能充分利用客观预报的信息。然而, 从统计意义来说, 后者的结果不象与第一个问题有关的结果强; 此外该结果说明主要是在气候概率 (即 0.10—0.40) 附近能较充分利用客观预报。这一结果说明, 在做降水概率预报时结合客观和主观预报用更多信息量也许是可能的。

1. 引言

从 1965 年以来, 美国国家天气局 (NWS) 预报员已在全国范围做了可测降水的概率预报, 这些主观降水概率预报一般是很可靠的和成熟的 (参看 Murphy, 1985), 现在它们是美国日常向公众发布的天气预报的一个重要和必备的部分。从 1972 年以来, NWS 预报员在他们做主观预报时, 把客观降水概率预报作为指导, 这些数值-统计预报是由模式输出统计 (MOS) 系统产生的 (Glahn 和 Lowry, 1972), 它们适用于主观降水概率预报必须做的同样位置和提前时间。这些预报性能的传统测量 (比如技能评分) 表明, 客观预报的质量现在可与主观预报的质量相比 (参看 Murphy, 1985, Murphy 和 Sabin, 1986)。作为一个结果, 最近几年特别鼓励 NWS 预报员在做主观预报时仔细考虑客观预报。

鉴于对天气预报中人和机器 (即模式) 的各自作用的普遍关心, 一些人显然认为主观预报的相对高质量很大程度是由于客观预报的可靠性和其成熟性, NWS 预报员再也没能力根据指导预报继续改进; 其他一些人主张如果有足够的力量和时间, 预报员仍能根据

指导预报进行改进, 并且认为不适当地依赖某一简单的信息源, 比如客观降水概率预报, 反而可能影响官方的主观预报质量。这一事实表明有必要对这两类概率降水预报之间的关系进行更深入的研究。在这方面, 两个基本问题呈现在他们面前: 主观降水概率预报是否包含客观降水预报未含有的信息 (关于降水的出现)? 主观预报是否充分利用了客观降水概率预报包含的信息? 本文的主要目的是使用最近由 Clemen (1986) 所提出的方法来回答这两个问题。

2. 资料 (略)

3. 方法及方法学

Clemen 提出的方法是以各个专家 (为了方便, 我们有时把主观预报员和 MOS 作为专家或预报员) 的个别和联合校准函数的计算为根据。在这个意义上, 术语“校准函数”系指对给定预报概率情况下可测降水的概率, 因此校准函数由一些条件概率构成。个别校准函数与个别专家有关, 反之, 联合校准函数包括两个或更多的专家。比如包括两类降水概率预报的联合校准函数将表示给定客观和主观预报概率下的可测降水概率。

为了说明这个问题, 表 1 给出 (美国) 东

表 1 东南地区、暖季、0000 预报时和提前 12—24 小时的个别和联合校准函数。
在每一对中，上行值表示降水出现的相对频率，下行值表示样本大小

主观降水 概率预报	降水概率												
	客观降水概率预报												
	0.000	0.020	0.050	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
0.000	0.005 655	0.005 211	0.007 279	0.018 279	0.014 69	0.133 15	0.125 8	0.000 4	—	—	0.000 1	—	0.010 1521
0.020	—	0.000 4	0.000 4	0.000 4	0.000 1	0.000 —	—	—	—	—	—	—	0.000 13
0.050	0.000 8	0.000 3	0.000 29	0.046 44	0.167 6	0.000 3	—	—	0.000 1	—	—	—	0.032 94
0.100	0.000 65	0.035 57	0.053 133	0.061 395	0.059 238	0.055 75	0.000 23	0.000 2	0.500 2	—	—	—	0.052 990
0.200	0.115 26	0.071 14	0.088 57	0.146 212	0.131 389	0.167 168	0.174 46	0.389 18	0.429 7	—	—	—	0.146 937
0.300	0.000 7	0.143 7	0.091 22	0.160 94	0.220 268	0.299 314	0.293 116	0.215 65	0.381 21	0.571 7	0.500 2	—	0.251 923
0.400	0.000 1	—	0.000 6	0.233 30	0.284 74	0.373 150	0.366 183	0.338 74	0.314 35	0.400 5	0.250 4	1.000 2	0.340 564
0.500	—	—	0.333 3	0.222 9	0.267 30	0.392 74	0.470 83	0.454 183	0.486 70	0.630 27	0.500 2	—	1.000 1
0.600	—	—	—	0.667 6	0.214 14	0.500 28	0.511 47	0.623 106	0.585 130	0.676 37	0.500 16	0.000 1	1.000 1
0.700	—	—	—	—	0.750 4	0.667 6	0.773 22	0.724 29	0.698 43	0.763 76	0.842 19	0.333 3	1.000 1
0.800	—	—	—	1.000 1	1.000 1	0.500 2	0.500 8	0.824 17	0.640 25	0.844 32	0.757 37	1.000 6	0.667 6
0.900	—	—	—	—	1.000 2	0.500 2	—	0.800 5	0.700 10	1.000 11	0.954 22	0.917 12	1.000 9
1.000	—	—	—	0.000 1	1.000 1	0.500 4	1.000 2	0.667 3	0.909 11	1.000 10	0.950 20	0.812 16	0.909 22
	0.008 762	0.017 296	0.032 533	0.085 1075	0.150 1097	0.279 841	0.364 538	0.466 506	0.552 355	0.751 205	0.772 123	0.825 40	0.900 40
													0.228 6411

南(SE)地区、暖季、0000 时和提前 12—24 小时的资料，该表包括了个别的和联合的校准函数的计算值以及各个个别和联合预报的频率。在总数 6411 个个例中，尽管大多数个例的客观和主观预报彼此接近，但在远离主对角线的地方有许多空格。值得注意的是表 1 允许根据给定的区域、季节、预报时间、提前时间的组合对资料进行再整编，唯一不可复原的信息是：(1) 预报事件的实际序列，(2) 特别部门对预报做的鉴定。

个别校准函数(表 1 边部行或列)表明，一般说来客观和主观预报往往过高地估计了降水概率。关于联合校准数字的使用，我们可以从表 1 读出。例如，当客观预报是 0.30，主观预报是 0.40 时，150 个样品 12 小时的降水出现概率是 37.3%。对于那些只包括一些极少数历史个例的预报概率组合，联合校准函数实际上没有意义。然而，如果可用个例多，考虑联合性能是有用的。的确，联合

校准函数似乎表明，两种预报都用会增加信息。对东南地区，图 1、图 2 说明了这一效应。图 1 的曲线可以认为是主观预报员的条件校准曲线。如果主观预报不增加信息，那么曲

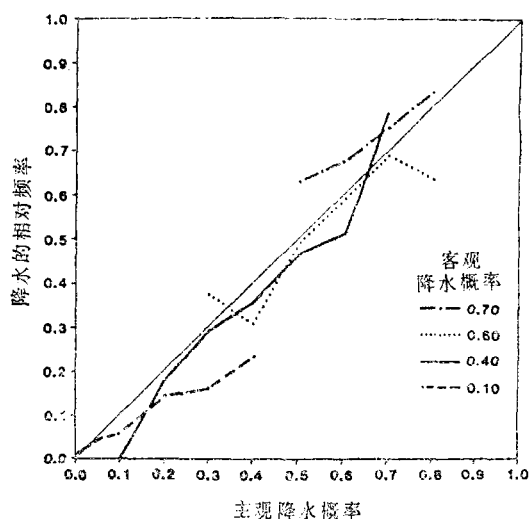


图 1 东南地区、暖季、0000 时和提前 12—24 小时，给定客观预报时主观预报的若干条件校准曲线，少于 20 次观测的校准曲线已经被除去

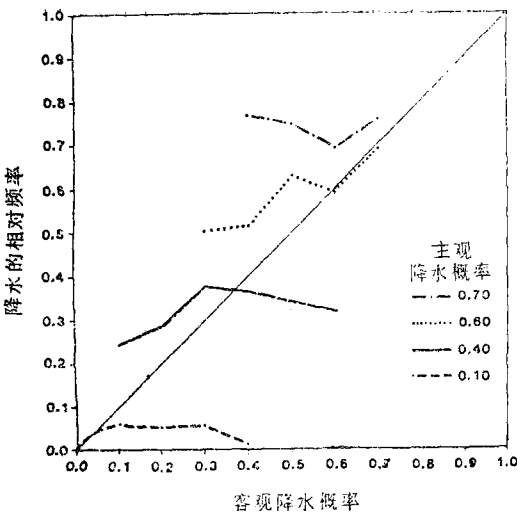


图 2 与图 1 相同,但是给定主观 预报时的客
观预报

线将是平的。另外,图 2 表示给定主观预报的客观预报条件校准曲线,其向上趋势不太明显,只是在主观预报是 0.40 或者 0.60 时明显,这后一结果表明主观预报能充分(或近似充分)应用客观预报包含的信息。

可以提出一个形式的统计方法来检验零假设,这个假设认为某一预报包含了另一预报的所有信息,我们可以问,主观预报是否增加了客观预报中未包含的信息,如果不是的话,那么客观预报立即被接受。如果主观预报没有对客观预报增加信息,我们将发现表 1 的每栏值不变,而该常数等于仅根据客观预报做出的降水校准概率。

因为零假设等效于独立性假设,我们可以使用列联表方法,并且在列联表中用熟悉的 χ^2 检验去检验独立性。应用该方法,我们得到一组 2×2 列联表。由于列联表是 2×2 , χ^2 统计具有 1 个自由度,一个显著的 χ^2 值导致舍弃零假设,这个假设认为对给定的客观预报值,主观预报未增加信息。

表 2 给出东南地区,0000 预报时,提前 12—24 小时,暖季的一个实例。客观预报概率值为 0.30,在这一情况中,等于或小于 0.20 的主观预报给出的降水条件概率被估计为 $34/261=0.13$;相反,大于或等于 0.30 的

主观预报给出的降水条件概率大约是 $192/580=0.33$ 。它们反映出有极其不同的条件概率,而 χ^2 统计量有非常大的值,明显表示与独立性假设矛盾。

表 2 可测降水出现和主观降水概率预报之间的独立性 χ^2 检验,该表是东南地区、暖季、0000 预报和提前 12—24 小时的资料。客观降水概率预报值为 0.30,注意到可测降水为预报机会的 $226/841=26.9\%$,说明客观预报报得相当好

主观预报	事 件		和
	降 水	非 降 水	
0.20或更小	34	227	261
0.30或更大	192	388	580
和	226	615	841

$$\chi^2=41.82(P=0.000)$$

为了验证对于客观预报的所有值,主观预报没有增加信息的假设,我们可以把客观预报各种值所对应的各个 χ^2 统计量加起来。如果有 k_0 个客观预报的不同值,那么存在 k_0 个 χ^2 统计量(每个有一个自由度),这 χ^2 统计量的总和具有 k_0 自由度。如果这整体 χ^2 统计量具有显著性,那么我们舍弃主观预报未增加信息的零假设。

关于这方法的适用性有若干评论。首先,应用具有 k_0 自由度的 χ^2 统计是非常有力的,它能检测与独立性的非常微小的偏差,并且可受个别 χ^2 项任何一项中某个显著结果的重要影响。验证能力的失调在于资料压缩成 2×2 表格时丢失了大量的信息。如果主观预报存在 k_s 个不同值,我们将产生 $k_s \times 2$ 列联表,并可根据这个表以 k_s-1 自由度实行独立性的 χ^2 检验。把资料压缩为 2×2 格局的动机是因为客观和主观预报常常是类似的。在大多数情况下,用 $k_s \times 2$ 列联表将会导致相当数量的网格具有非常小的期望值,这样使 χ^2 近似成为不适宜。

合校准函数推导的降水概率将不依赖于这些预报。

4. 主观预报是否包括了
客观预报未包括的信息？

表 3 给出 0000 预报时间所做预报的 χ^2 分析结果，提前时间为 12—24 小时，也对 1200 时预报进行了个别分析，但是，发现两个预报时间结果之间没有明显的差异。

表 3 χ^2 值的检验表明它们在 0.001 水平

在这一部分，我们用在第 3 部分描述的方法的基本结构来研究主观降水概率预报是否包括客观降水概率预报未包括的信息。如果主观预报不具有任何新信息，那么根据联

表 3 χ^2 分析确定主观预报是否增加信息，给出的值为 0000 预报时和 12—24 小时提前时间，大 χ^2 值（或小 P 值）表明主观预报对客观预报规定值增加了信息

区域		客观降水概率												总体 χ^2 自由度	
		0.000	0.020	0.050	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900		1.000
冷季															
NE	χ^2 (dof = 1)	7.09*	1.55*	18.56	11.91	22.53	26.33	37.54	9.47	19.36	8.32	17.41	9.13	22.40	202.96 (11)
	p-value	0.008	0.213	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	
	n	1616	330	627	717	543	418	296	227	231	203	169	210	233	
SE	χ^2 (dof = 1)	15.05*	25.38*	14.92	26.58	25.70	16.69	8.65	18.33	18.73	8.43	7.25	9.03	9.97	164.28 (11)
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.004	0.007	0.003	0.002	
	n	1686	719	641	799	426	330	250	278	224	221	211	162	188	
SP	χ^2 (dof = 1)	19.24*	23.18*	10.75	39.19	37.02	20.83	23.04	1.33	17.02	16.31	1.75	3.55*	0.55*	167.24 (9)
	p-value	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.248	0.000	0.000	0.186	0.060	0.457	
	n	1998	762	791	1083	509	269	227	181	179	104	106	68	28	
RM	χ^2 (dof = 1)	19.27*	12.74*	7.38	51.65	52.21	27.32	23.48	27.84	11.23	6.40	1.66	0.11*	0.75*	209.17 (9)
	p-value	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.198	0.743	0.385	
	n	1193	282	600	1171	889	589	430	367	259	151	100	71	60	
暖季															
NE	χ^2 (dof = 1)	41.69*	14.73*	22.96	26.28	17.42	50.73	22.11	25.62	25.72	24.98	8.37	13.69	6.30*	237.87 (10)
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.012	
	n	864	431	671	1120	702	626	367	279	249	184	177	138	69	
SE	χ^2 (dof = 1)	6.49*	6.53*	12.05	24.26	34.05	41.82	26.06	32.78	15.77	9.25	9.82	0.67*	0.05*	205.85 (9)
	p-value	0.011	0.011	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.014	0.832		
	n	762	296	533	1075	1097	841	538	506	355	205	123	40	40	
SP	χ^2 (dof = 1)	20.56*	8.60*	12.89	27.33	49.48	11.87	26.47	3.38	16.82	6.54	11.00	1.76*	#	165.76 (9)
	p-value	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.066	0.000	0.011	0.001	0.185	#	
	n	1121	459	890	1738	1190	616	386	200	116	81	55	15	3	
RM	χ^2 (dof = 1)	25.53	10.83	20.10	38.79	57.30	44.32	27.99	13.55	22.01	10.56	8.66	5.85*	#	279.66 (11)
	p-value	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.016	#	
	n	1245	354	800	1596	1136	669	408	268	199	133	92	44	19	

* 一个或更多网络具有一个小于 5 的期望频率， χ^2 可能不适用
χ^2 统计不能计算

都是有意义的，那么，总的说来，对季节和区域的所有组合，主观预报不包含新的信息的假设必须抛弃。指出如下事实是有意义的，即提前 12—24 小时的整个 χ^2 值一般大于提前 36—48 小时的相应值（唯一的一个例外出现在东南地区冷季）。

表 3 中个别 χ^2 统计检验（提前时间 12—24 小时）表明这些 χ^2 大值，或等效的小 P 值对差不多所有季节、区域和客观预报概率值

的组合都出现，实际上，如果认为大于 0.05 的一些 P 值是独立性的征兆，那么仅有 4 个组合满足这一条件（略去一些 χ^2 可能不适当或统计上不能计算的一些组合）。

5. 主观预报是否充分利用了客观预报？

如果主观预报充分利用了客观预报，那么对于某个给定的主观预报值，客观预报的水平将不依赖降水的出现。这样这次对主观

预报的每个值我们做出一套 2×2 列联表,在这个形势中,其中一维是降水的出现,其它维是客观预报水平(小于主观预报对大于或等于主观预报)。计算个别和整个 χ^2 统计允许我们检验列联表中独立性假设(独立性假设在这里等效于主观预报充分利用了包含在客观预报中的信息)。

表 4 给出每个区域冷暖季节提前 12—24 小时 0 000 预报时间的一些预报的 χ^2 分析结果。这个表和表 3 之间的最明显差异是整体 χ^2 值,当在 0.001 水平上仍明显时,远

小于表 3 的相应值,这一结果对暖季 12—24 小时预报特别引人注意,个别 χ^2 项的检验发现这些项的大多数都非常小,正如第 4 部分描述的那样,较小的项往往出现主观预报概率的较为极端的值,尽管这一趋势是对所有的形势,但只是用东南地区暖季提前 36—48 小时情况做了很好的举例说明。这些结果表明:(1) 整体来看,主观预报没有完全利用客观预报;(2) 在样本气候学概率(0.10—0.40)附近的特别情况下可以较好地利用客观预报。

表 4 χ^2 分析确定主观预报是否充分利用客观预报,给出的值为 0000 预报时间和提前 12—24 小时,大 χ^2 值(或小 P 值)表示对客观预报给定值,主观预报不能充分利用包含在客观预报中的信息。

区域		主观降水概率												总体 χ^2 自由度	
		0.000	0.020	0.050	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900		1.000
冷季															
NE	χ^2 (dof = 1)	7.69	#	#	7.58	13.09	9.82	0.95	3.64	2.00	0.81	4.40	0.13	10.51	60.60 (11)
	p-value	0.006	#	#	0.006	0.000	0.002	0.331	0.056	0.157	0.369	0.036	0.723	0.001	
	n	1923	0	0	1130	742	379	242	246	202	155	211	197	393	
SE	χ^2 (dof = 1)	11.31*	#	0.17*	7.11	14.09	5.46	5.05	4.52	1.87	2.69	6.58	0.54	1.23	49.13 (10)
	p-value	0.001	#	0.684	0.008	0.000	0.020	0.025	0.034	0.171	0.101	0.010	0.464	0.267	
	n	2808	5	104	853	497	345	223	210	209	168	229	172	312	
SP	χ^2 (dof = 1)	3.52	0.43*	0.84*	10.46	5.75	1.88	4.34	0.01	6.84	3.31	0.49	3.74	1.37*	40.34 (10)
	p-value	0.061	0.512	0.359	0.001	0.017	0.171	0.037	0.916	0.009	0.069	0.484	0.053	0.241	
	n	3588	24	214	1020	462	246	160	128	139	80	109	74	61	
RM	χ^2 (dof = 1)	8.50	0.92*	1.78*	9.32	9.09	5.79	1.09	1.79	1.32	4.34	1.70	0.22*	0.96*	42.94 (9)
	p-value	0.004	0.338	0.183	0.002	0.003	0.016	0.296	0.181	0.251	0.037	0.192	0.640	0.327	
	n	1671	65	638	1094	691	528	325	320	291	165	180	100	94	
暖季															
NE	χ^2 (dof = 1)	4.09	#	#	5.94	1.36	7.49	0.15	1.52	1.92	0.85	2.86	0.57	5.22*	26.73 (10)
	p-value	0.043	#	#	0.015	0.244	0.006	0.695	0.218	0.166	0.357	0.091	0.449	0.022	
	n	1752	0	0	1078	811	587	371	332	253	175	185	130	202	
SE	χ^2 (dof = 1)	3.29	#	0.41*	2.05	1.04	12.46	0.75	3.30	0.71	0.58	0.17	0.79*	0.27*	24.33 (9)
	p-value	0.070	#	0.522	0.152	0.308	0.000	0.387	0.069	0.401	0.448	0.684	0.373	0.606	
	n	1521	13	94	990	937	923	564	482	386	203	135	73	90	
SP	χ^2 (dof = 1)	6.42	#	0.22*	8.16	18.92	3.10	1.57	0.10	0.40	1.25	0.23*	0.86*	0.31*	39.92 (8)
	p-value	0.011	#	0.641	0.004	0.000	0.078	0.210	0.755	0.529	0.263	0.634	0.353	0.579	
	n	2066	30	266	1759	1260	634	326	190	130	88	70	29	22	
RM	χ^2 (dof = 1)	1.42*	1.58*	7.02*	0.48	6.92	6.43	0.00	4.32	0.35	1.37	0.38	1.49*	0.65*	20.25 (8)
	p-value	0.234	0.208	0.886	0.488	0.009	0.011	0.955	0.038	0.554	0.242	0.538	0.223	0.420	
	n	1618	112	697	1397	1128	795	370	289	250	118	90	46	53	

* 一个或更多网络具有一个小于 5 的期望频率, χ^2 可能不适用

* χ^2 统计不能计算

6. 结果讨论

表 3、表 4 阐述的结果表明:(1)主观预报增加了信息,即超过客观预报所包括的

信息,(2)在某个统计意义上主观预报没有充分地利用客观预报。这些结果使得我们能更好地理解目前预报过程,在预报中预报员把客观预报仅仅看作获得主观预报的很多输

入中的一个输入。主观预报员综合这些输入以形成降水概率预报的方法还没有适当的认识,毫无疑问在预报员之间是有差异的,特别是对包含各种输入重要性的非正规考虑。在某种概率意义上更好地使用客观预报需要对客观和主观预报间的相互作用做仔细的统计分析。表 1 给出这种方法的一例,由于主观预报员通常不进行这种分析,他们有能力利用客观预报并这样去做预报是令人吃惊的。

另一方面,考虑过去的一些研究,我们的结果是明显的,在过去的一些研究中(比如 Charba 和 Klein, 1980; Murphy 和 Brown, 1984; Murphy, 1985)客观和主观预报的性能比较系通过计算 Brier 评分或技能评分而被估计,这类研究的典型结果表明,客观和主观预报评分之间存在着非常小的差异,特别是对较长的提前时间。许多个别结果得出结论认为主观预报包括很少一点超过客观预报的信息。我们的一些结果当然显得与这个结论矛盾,应该指出以前的一些研究集中在哪种预报被很好地单独使用,相反我们研究了两种预报的相互作用。在这方面,第 4、第 5 部分的结果表明把客观和主观预报结合起来(比如通过一个如表 1 那样的联合可靠表)比只单独用两种预报能得到更好的性能,然而,结果还表明在联合预报中的大部分信息已包括在主观预报中,所以校准的主观预报性能将和联合预报差不多一样好。

表 3、表 4 的仔细考察揭示出能表明分析中弱点的一个问题。我们注意到很高的 χ^2 值倾向于出现在气候学概率附近,也就是大约为 0.10—0.40,最大的样本量也出现在这个范围。可以证明,我们获得一个显著的检验统计主要是由于大的样本量,两个随机变量可能非常接近独立,如果不完全是这样,但是用大样本量实现的检验足以能够检测出与独立性的很小偏差。这种效应的观察至少可追溯到 Berkson(1938)并导致了经典

的论述:“如果样本量足够大,任一零假设可被舍弃”。这样,可以做出论证,认为仅用这种分析的这样一些人为结果导出了我们的一些结论,特别是第 5 部分的结论(可能不正确),这结论是主观预报没有充分使用客观预报。

我们对上述的统计论证很敏感,并且不能轻易草草了结。然而我们给出了这些结果的一个可供选择的解释。考虑一下主观预报员的情况,他获得客观预报,比如说是在 0.10—0.40 范围内。实际上在每个形势中,这一预报是不远离降水的气候学概率的。我们可以论证,这种客观预报在确定降水是否出现方面,相对来说没有提供多少帮助。如果根据一些附加的输入,使得预报员对于输出觉得更加有把握(相对于客观预报和气候学概率)。通过转到客观预报并试图从中得到更多的信息看来是得不到什么的。主观预报员显然发现了比较容易做出预报的形势,另一方面,如果主观预报员的附加输入提供了交叉信息,那么他的结论是,该形势相当难以预报。其结果是他的主观预报也非常接近气候学概率,如果这一形势出现,那么通过客观预报,他能获得其中所包括的统计学信息去改进主观预报。这一解释还与客观预报远离气候学概率时表 4 中对较小 χ^2 值出现的趋势一致。在这些形势中,主观预报员比较好地应用客观预报包含的信息的不是很多,说得更确切些,客观预报包括的情报在相对简明的预报形势中不太重要。

最后,这种解释与以下两点一致:(1)与我们对冷暖季节之间和短、长提前时间之间预报差异的认识一致,②与对暖季和提前 12—24 小时表 4 中一般较小 χ^2 值的格局一致。当对较短的提前时间做预报时,主观预报员具有明显的优势。他能更容易地适应迅速变化的局地条件。当提前时间增加时,这一优势就减少,同样,在暖季当降水过程倾向于直接取决于局地条件时,主观预报员有超过客观预报方法的优势。在这两种形势

中，我们预料主观预报员在同时考虑局地发展和客观预报以后，再没有什么有用的信息剩留在客观预报中。

张云荣译自 «Weather and Forecasting»

Vol.1, No.1, 2, 1986

周景林 校