

英国月长期预报的最近发展

C. K. Folland

一、绪 言

目前,英国仅试验性地制作一个月的长期预报。每年四次的试验性季节预报,于1963年12月发布,但在1980年12月就停止了。在公开服务停止之前,过去使用过的大多数统计方法已停用了,保留的方法尽可能地实现自动化,从而用于长期预报方面的人力大大地减少了。

相似法虽然容易作,也可以实现自动化,但在业务上已不再应用,尽管对十天以后中期数值预报的应用一直在增加,然而自1982年以来,只有两种用计算机的统计方法在继续使用。虽然以前英国气象局的五层大气环流模式在冬天使用效果较好,但是到目前为止,动力长期预报在实际预报工作中的应用还是有限的。

近来,这种对动力学期长期预报的有限应用是考虑11层大气环流模式的计算结果。尽管从1980年以来一直未发布季节预报,但是建立在统计基础上的一种最有效的季节预报方法(Murray, 1973)仍自动作出,并且在春秋两季用于提供对外服务。这种方法对春秋季节预报有明显的技巧,特别对温度预报是如此。依据各种长期预报技术作出综合预报的方法一直在改进,其主观性比以前略有减少,不过,主观判断和经验分析仍然起着极其重要的作用。

二、可预报性问题

大气环流变化有各种时间尺度,但在中

纬度,这些变化可归纳为若干“天气阶段”或持续的区域性大气环流系统,这种系统的典型持续期为一周至两个月,其间仅仅发生短期的突变,“阻塞”就是一例。但是在英国附近,大多数天气阶段产生于另一类环流形势,例如持续性的西风型,气旋式西风型经常与局地的对流层中部微弱气流相联系,反气旋西风型则产生于一个广阔的、中等强度的对流层中部脊的形势下。长期预报员的一个重要任务就是要预报这些天气阶段的类型和发展顺序,以及每一个天气阶段将持续多长时间。

在英国的长期预报研究工作中,在做时间平均的天气状况预报时,假定通常所说的“确定性预报”的限制并不严格适用。图1表明了英国中部日平均温度的两个典型的功率谱,其中季节变化已消除。这些波谱具有非常强的“红噪声”形式,下列各个时间尺度各占方差的三分之一左右(除去线性分量之后):不到10天,10天到30天,30天到5年以下。这同十八世纪中期其它五年时段的波谱有着类似的形态。这样,我们就可以把在一个典型月内逐日温度变化的方差近似相等地划分为“长期预报的时间尺度”(10天到1个月)和“中期预报的时间尺度”(1到10天)。

基本想法是:天气的持续阶段或许部分地是可预报的,然而在几天以前,逐日温度的变化就几乎是不可预见的了。当然,与合理确定的环流系统相联系的天气阶段的存在并未自动地使其具有可预报性。Madden研究了关于季节时间尺度的可预报性问题,但是

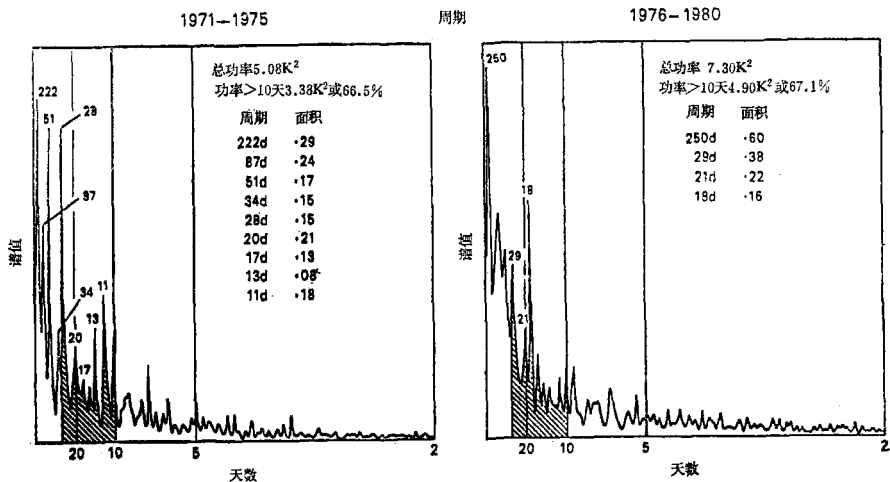


图 1 英国中部日平均温度功率谱

他所用方法在细节上是颇有差别的。

三、制作长期预报的方法

1. 概述

英国气象局发布地面天气距平预报的十个区,这些大小不完全相同的区,其平均面积近三万平方公里。每年为每一个区发布24次预报,这些预报在预报月之前发布,每半个月重复一次。

先预报出英国周围该月的前5天、接下来的10天和最末半个月的平均海平面气压形势。按照相同的时间间隔对每一个地区作出温度距平和平均降水百分率的分级预报。在温度和降水的分级预报作出之后,导出每个地区把一个月作为整体的概率预报,此外还得出天气形势变化以及用户感兴趣的该月风的变化情况的概述。这种预报通常在预报做出后的一个小时内,以表1的形式用电报发送到有关使用单位。

表1表明送到用户手里的概率预报是什么样子的。对于每一个地区,平均温度距平分成五个等气候概率的级,降水百分率分成三个等气候概率的级。温度的一级代表特冷,降水的一级则代表旱,等等。预计出现可能性最大级别的选择方法如下:计算出每一个地区温度和降水量预报等级的加权平均,权重

表 1 向用户发送的长期预报示例
(1984 年 3 月)

30 天预报		1984 年 3 月第一次预报				
温 度 概 率 百 分 数						
		特冷	偏冷	正常	偏暖	特暖
区 0		5	10	20	35	30
1, 2, 4, 5		15	20	30	20	15
3		20	30	25	15	10
6, 7, 8, 9		10	15	25	30	20
降 水 概 率 百 分 数						
		旱	正 常		涝	
区 0		35	40		25	
1,2,3,4,5,6,7,8,9		40	35		25	
大风预报：月中前后大风偏少。						
主要过程预报：在一段较短的冷期之后， 将转入接近正常，月中之前以干旱天气为主。						
可靠性：D						
发布时间：1984 年 2 月 29 日 16 时 45 分						

的选择是与所作等级预报的时间长度(5天, 10天,等等)成比例。加权平均值所得的级别即为具有最大概率的级,也就是分级预报所选择的级别。

预报概率的分布及所选择的最高概率的显著性取决于信度,这种信度是预报人员在

制作预报时所要考虑的。例如，表1中“D”的置信水平是对于1984年3月的预报挑选的。这种置信水平在过去三年里从“C”(中置信度)到“E”(低置信度)。类别C、D和E是近似于等概率的。置信水平的选择主要取决于各种预报方法所提供指标的一致性达到的程度，同时还取决于已知的预报技巧的一致性，它随着季节和近期这些统计方法的使用情况而变化。如表1所示，这种置信水平也同时发送到预报使用者手里，而且这一点被认为是很重要的。

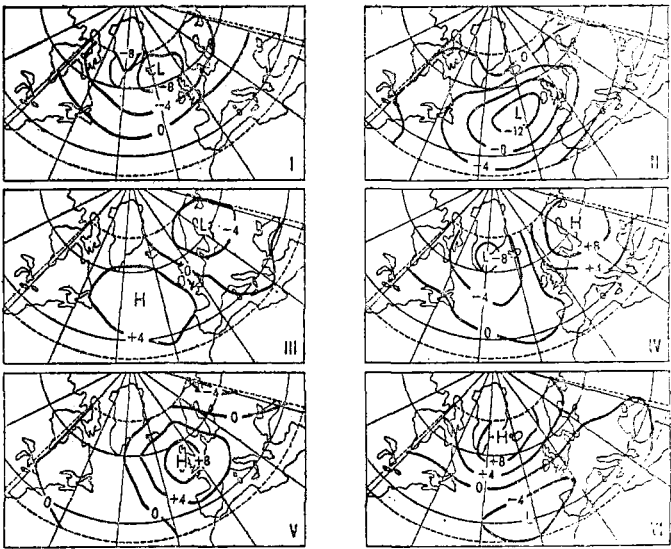


图2 六个初冬天气型综合地面气压距平场

2. 前五天预报的制作

气象局15层业务预报模式和欧洲中心的中期预报模式的预报，现在一般认为对于五天预报是可行的。少数预报，我们认为可能是模式的技巧比常规预报差，因而需要订正。如果这种变化影响到未来6—15天大气环流的发展，那么订正就是非常值得的。可是一般地说，五天平均海平面气压型的预报接近于根据任何其它模式计算出的五天平均场。大约在1982年末以前，由于业务模式技巧较差，对预报的主观修正比现在更为经常。

3. 6—15天预报

欧洲中心的中期天气预报现已试验性地作到该月的第九天(即中期预报的第十天)。天气气候预报处发展起来的两种统计模型还用于制作1—10天和第十六天到月底的海平面气压的预报，这种模式是：

- ① 1981年以来一直使用的多元预报方法；
- ② 自1979年以来一直使用的地面气压特征向量回归方法。

这两个模式是由Maryon, Storey和Carr所给出的。最重要的多元模式用了线性判别方程来估计预报期间六种在气候上几乎是等概率事件的海平面气压距平型式出现的可能

性，它们包括中纬度北大西洋和欧洲大部地区。六个自然季节应用不同的线性判别函数。每个自然季节包括两个月：冬天(一、二月)，春天，初夏，夏天(七、八月)，秋天，初冬。对于预报月的结束期为某季最后一个月的月中时，可以放宽。图2给出了用于初冬的上述六个环流型。这些型原则上不同于特征向量，它们在数学上并非正交。每个型都是非重选的地面气压场的总体平均，它们包括了1899—1978年期间一个自然季节中所有半月时段的大约六分之一。

在预报中应用的最重要的判别变量选自几组分别确定的特征向量，即北半球副热带和中纬度地区海平面气压的半月平均，北半球中纬度地区500—1000毫巴厚度的半月平均，以及九个海温关键区海表温度全月平均距平的特征向量。使用了在前期四个半月内测定的特征向量系数，而海温则是最近一个月的平均值。这个模型的另一种作法是：进一步作回归，以便更好地“调整”天气型。最近，在天气气候处，随着观测资料的增加和大气环流模式的研究，还考虑了赤道东、西太平洋的海温距平。由于观测方法的改变，并对于船舶得到的海温资料的不均匀性进行了订正。在多元方法的预报技巧中，近期变化似

乎导致了多元分析技术在技巧方面的提高。

4. 后半月预报

多元分析和地面气压特征向量回归模型分别作出了前半月和后半月的预报,对于后半月的最大可能的多元天气型预报常常是与前半月不同的。这同持续阶段的中期长度大约接近十五天的经验是符合的。大气环流模型的长期预报在实际预报中有时同样是有有效的。

5. 地面天气距平预报

对于一个月的所有三个时期,也使用了时间平均环流距平和地面天气距平之间有限的统计相关关系。可是两个地区之间地面天气距平的差别在给定的环流型中可能是很明显的。一个较大的难题是:由于逐日环流的发展不同、冬天雪盖的变化、局地海温距平的年变化、空气的湿度、低层转换的持续性等等,某种“环流型”的一个现实到另一个现实的变化是相当明显的。由于这些因素的影响在个别月份可能非常大,这样预报员就认为不得不应用他的主观判断和考虑这些因素可能产生的影响。

由中期预报模式所作的对流层中部温度距平预报在前几天内是有价值的,这些资料有助于制作更有技巧的温度预报。可是,很清楚,经验和主观判断在地面天气距平预报中仍然起着主导作用。在将来扩大多元分析方法制作 500—1000 毫巴的平均厚度预报,甚至直接作地面天气距平预报,是有希望的。从理论上讲,预报更高阶的统计特征,如海平面气压的方差,肯定是合乎需要的。这将有助于解决高频变化、低压轨迹的位置这样的难题,但是单靠统计方法可能难以实现。

四、统计预报对资料的需求

多元分析和地面气压特征向量回归模型需要 70°N 和 15°N 之间 $5^{\circ}\times 10^{\circ}$ 经纬网格点上直到包括预报日在内的海平面气压半月平均值。多元分析方法还需要直到预报日的 500—1000 毫巴网格点厚度资料。因此这些

资料的实时收集,以及最近十五天期间最后一、两天海平面气压和厚度预报的自动接收就是很重要的。多元分析法也需要船舶观测的海温资料,这些资料是在全球范围内按候(五天)收集的,会商时以 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 网格点距平和绝对值的形式显示。此外,在会商时还自动显示北半球部分地区的雪盖资料,这种资料仅是主观分析应用。海冰资料现在用得比较少,但是海冰异常可能需要进一步加以考虑,这一点是公认的。业务分析中得到的一些大气诊断场资料来自欧洲中期预报中心,取最近的十五天平均,与海平面气压、500 毫巴高度和 1000—500 毫巴厚度及其距平图同样看待。

在监测天气和预报检验时,还实时显示当地的气候资料, Folland 和 Shackleton (1984) 及 Folland 描述了在监测天气系统后的这种想法,并且给出了这些系统的一些细节。实时得到了带有某种质量控制的英国约 50 个天气站资料,在以后的若干月内,正在逐步地被气候站的完全质量控制所替代。

五、遥相关研究

在月的时间尺度上,大气初始状态的影响可能比持续的边界异常所产生的影响更为重要。因此用统计方法所得到的大气变量之十五天平均序列所反映的大气内部动力学因素可能与它们反映的边界作用的影响一样大。

主要的遥相关分析是有关海温距平及其在月一季时间尺度上同大气异常的联系方面。Newman(1984)描述了厄尼诺/南方涛动实测结果分析及其边界范围海温异常和北半球大气异常的遥相关。Newman 和 Maryon (1984) 报告了关于 1891—1980 年期间各月和各季赤道东北大西洋海温距平和各网格点海平面气压型之间的实况分析。图 3 表明,赤道东北大西洋海温距平对于多元统计模型是有用的。Chan 应用多元分析统计模型进行了初冬各种天气型和纽芬兰附近及中纬度

太平洋海温距平之间遥相关的分析(参看图3)。他们发现,如果纽芬兰附近的海温距平值超过 1.5°C ,那么最高概率的天气型与Ratcliffe和Murray(1970)所报告的结果相类似。用五层大气环流模型所进行的最新工作也支持这种观点,即纽芬兰附近地区的海

温距平在前冬可能系统地影响北大西洋环流。在3.3节提到的是进行关于赤道西太平洋海温距平对北半球大气环流可能影响的大气环流敏感性研究,在最新的多元分析模型中,这些海温距平是重要的预报因子。

根据全球大部分地区 $10^{\circ}\times 10^{\circ}$ 网格点

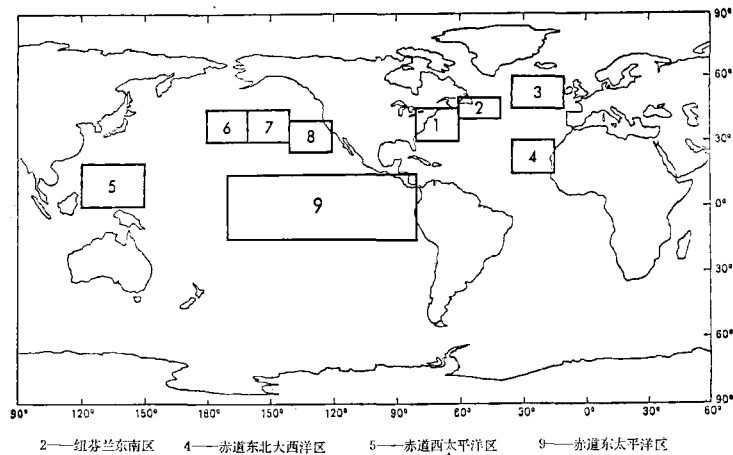


图3 最近的多元分析法所用的海温距平关键区

海温资料和海平面气压特征向量之间交叉相关的研究,提出了海温和英国附近环流距平间的其它遥相关。例如印度洋海温距平同欧洲海平面气压可能存在大量的遥相关。

最近的工作已经指出,一个局部地区对流层变量在8—10个月的时间上可能存在一个好的确定型式,这部分地与相同时间尺度上赤道西太平洋海温的微小振动有关。这种振动在英国中部日温度的波谱中出现得相当频繁,如图1,这种波动清楚地表现在1976—1980年期间(250天的峰值),在1971—1975年期间也可能存在(220天峰值)。在1911—1915年期间,这种波动特别明显,对于1972—1983年,滤波分析得出这种振动在统计上是非常显著的。

六、技巧评定及其某些结果

6.1 统计预报方法的技巧

这里给出的仅仅是一个简要说明。Folland (1982) 描述了应用1979—1981年期间的独立样本所作的72次最大概率多元分析

预报的试验情况。这些独立样本是在建立这种方法时未用过的。这些试验不包括赤道太平洋海温预报因子。正技巧表现为随着自然季节和建立判别方程的不同而发生显著变化。最有技巧的季节是初冬,最差可能是初夏。在比较有技巧的季节中,假如判断取最大概率的天气型作为预报值不恰当时,那么次大概率的天气型往往与实况相当相似。经验证明,如果次大概率天气型出现的概率足够高,它常常对未来的环流形势提供有用的信息。在1979—1981年之间,Jenkinson的自动化方案——另一个统计方法在业务上投入使用,这种方法在与图2类似的范围内确定地面气压的特征向量系数。试验表明,自动化方案(如Folland所述)比旧方法技巧还差,所以就停止使用了。

6.2 发布预报的技巧评定

这里只讨论了月平均温度和降水量分级预报(按3.1节的定义)的技巧。1981年以前,温度分五级和降水分三级所作的分级预报都是直接作级的预报,而没有首先作以物

理单位表示的距平预报。月平均温度和降水量的评定不可能作为整个预报技巧的一个有效代表，尽管这些参数对主要的使用者来说是特别重要的。

表 2 是建立在“FP”信息理论——基础方法上的得分表。这张表的结果十分相似于 Sutcliffe 系统，并且对相同的平均最大得分都正态化了。这张表的结果相对目前尚未使

表 2 有效信息收益得分 (E_i)

		降 水			
		实 况			
		旱 (A ₁)	正 常 (A ₂)	涝 (A ₃)	随机得分(对 F _i)
预 报	旱 (F ₁)	4.7	-1.3	-3.4	0
	正 常 (F ₂)	-1.3	2.6	-1.3	0
	涝 (F ₃)	-3.4	-1.3	4.7	0
	随机得分(对 A _i)	0	0	0	

		温 度					
		实 况					
		特 冷 (A ₁)	冷 (A ₂)	正 常 (A ₃)	暖 (A ₄)	特 暖 (A ₅)	随机得分(对 F _i)
预 报	特 冷 (F ₁)	5.1	1.0	-1.4	-2.3	-2.4	0
	冷 (F ₂)	1.0	3.4	-0.1	-2.0	-2.3	0
	正 常 (F ₃)	-1.4	-0.1	3.0	-0.1	-1.4	0
	暖 (F ₄)	-2.3	-2.0	-0.1	3.4	1.0	0
	特 暖 (F ₅)	-2.4	-2.3	-1.4	1.0	5.1	0
	随机得分(对 A _i)	0	0	0	0	0	

用的 Sutcliffe 系统具有如下优点：

- (1) 概率预报和分级预报可以用一个统一的方法评分。概率预报是应用如表 2 所列的信息收益得分有关的指标来评定的。
- (2) 对任何一组等概率或不等概率的等级值均可制作其有效信息收益表或相关概率算法表(相对随机水平的信息含量)。这就可以自动地考虑气候变化对于已确定的分数的影响，从而为评定文字预报的技巧，评价多元分析方法在确定所预报的天气型以及各型概率分布方面的能力开拓了途径。

一个预报的绝对信息含量可以用另外一张表计算，表 2 就是从该表导出的。一个成功预报的最高得分差别很大，因为在概率空间上，极值是偶然事件，它的准确预报比降水(分三级)的二级和温度(分五级)的三级预报更难，即虽然所有成功的预报有着相同的绝对信息含量，但一次准确的极值预报则具有

更多的有效信息。

本文中，将表 2 所列的评分简化为技巧得分百分率，其值从 100%——100%。

$$S = 100 \sum E_i / \sum E_{i\max} (S > 0)$$

$$S = 100 \sum E_i / \sum |E_{i\min}| (S < 0)$$

(技巧得分不可能总是直接作平均以给出一致的结果，例如，一些值是正，另一值是负。)

6.2.1 1965—1983 年 温度和降水量等级预报的四年滑动平均的技巧得分

图 4 和图 5 给出了十个区的平均预报技巧。还对于持续性预报、气候预报以及公开发布的预报和持续性预报之间的差别给出了类似的评分。持续性预报就是在给定地区，把本月温度和降水的级别作为下一个月的预报值。气候预报就是温度和降水都取正常级为预报值(温度的三级、降水的二级)。这些图表明，发布预报的技巧一直在波动，但是，在六十年代里并没有什么改善。在 1981—

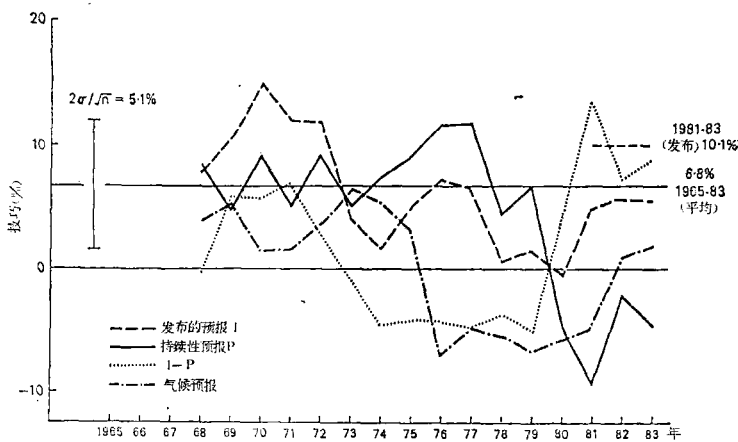


图 4 温度的 10 个区平均预报技巧

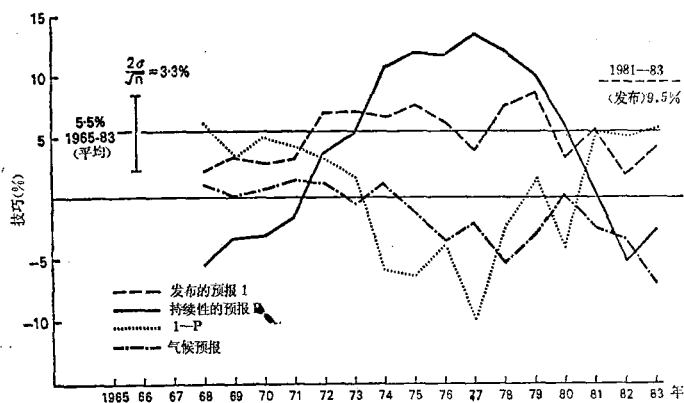


图 5 降水的 10 个区平均预报技巧

1983 年的三年期间，尽管投入长期预报的力量有所减弱，但是三年平均技巧得分却超过长期平均，这一点是可喜的（数字左面的虚线）。事实上，自从 1965 年以来，1983 年的预报是最有技巧的，温度预报也有好的技巧，这部分地是因为夏季这个自然季节，当天气也十分异常时，有一组特别有技巧的预报。持续性预报的技巧自 1965 年以来仿佛一直出现有系统的波动，这可能值得研究。

表 3 置信水平及其技巧

1981 年 1 月至 1984 年 2—3 月 (76 次预报)			
置信水平	预报次数	温度技巧%	降水技巧%
B/C	26	24	17
D	26	0	16
E	24	0	-2

6.2.2 置信水平和技巧

表 3 给出了 1981 年 1 月以来所发布的温度和降水预报的置信水平与技巧之间的一个令人鼓舞的关系（在那时以前置信水平的选择是很不相同的）。1981 年几个“B”类预报还包括在“C”类之中。虽然表 3 在统计上还不是显著的，但是它的确说明，假如现在使用的这种方法趋于产生一致的迹象，那么以月为整体的预报可能会是有技巧的。

6.2.3 1965—1983 年用自然季节所发布预报的技巧变化

表 4 表明各季的技巧是不同的，夏季极大而前夏季极小。持续性预报显示出类似的技巧变化。虽然这些表在统计上并不显著，但是温度和降水预报技巧得分之间的 0.88

表 4 自然季节预报*技巧 (1965—1983)

自然季节	预报次数**	温度技巧%	降水技巧%
冬季	76	8	3
春季	76	7	7
初夏	76	1	0
夏季	76	20	15
秋季	76	3	7
初冬	76	3	1

* 每年每季四次重迭预报。

** 把对十个区一个月的预报算作一次预报。

的相关关系表明，技巧的确可能是有变化真的。如果长期预报在特殊季节对于某些用户是更有价值的话，这种变化可能是重要的（例如，夏季/秋季对水是重要的，冬季/春季对于能源是重要的）。因此，初夏比较差的技巧对于某些用户并不重要，有趣的是，这个自然

季节，中纬度海温距平的月际持续是最低的。

赵振国译自 MET.O. 13 BRANCH

MEMORANDUM No. 145

March 1984

李小泉校