

东北地区降水与大气环流关系*

贾丽伟¹⁾²⁾ 李维京¹⁾ 陈德亮¹⁾³⁾

¹⁾(国家气候中心,北京 100081) ²⁾(中国气象科学研究院,北京 100081)

³⁾(瑞典哥德堡大学地球科学系,瑞典 40530)

摘 要

利用 Lamb-Jenkinson 大气环流分型方法,将 1951—2004 年逐日的海平面气压场分型,得到 27 种不同的环流型,研究了大气环流型与我国东北地区降水的关系。给出了 8 种出现频率最高的主要环流型出现的规律及它们平均的环流形势,分析了 8 种主要环流型下东北地区降水异常分布状况,并选出东北地区资料齐全、有代表性的 9 个站点进行了深入细致地分析,成功地建立了降水与环流型出现频率的统计关系,并用此重建了 9 个代表站 54 年的降水序列。结果表明:Lamb-Jenkinson 大气环流分型方法可以很好地应用于我国东北地区,由此划分的环流型符合实际情况;8 种主要环流型与降水的空间分布特征有很好的对应关系;所建立的 9 个代表站降水距平回归方程能够解释近 54 年各站的大部分降水变化,进一步证明了东北地区降水与大气环流之间的密切关系。

关键词:大气环流型;东北地区;降水

引 言

降水是最重要的气候要素之一,因为它对自然生态系统、农业和人类社会均有重大影响^[1]。影响降水的因素有很多,也很复杂,降水的产生并不是单个因子作用的结果,而是多个因子的综合配置而产生的结果^[2]。降水是气候变化的重要研究对象。全球或区域的天气和气候类型及其变化往往由大气环流形势决定^[3],大气环流是区域气候变率的主要强迫。因此,对区域气候的研究常常是同大气环流的变化相联系的。将大尺度大气环流与区域气候相联系,可以理解控制区域气候的物理机制。尽管所观测到的降水的变化不能完全由大气环流的变化来解释,研究大气环流与地面温度、降水等气候要素的关系对于理解气候变率仍然很重要。这种将大尺度的气候状况(主要是大气环流)与相对较小空间尺度的气候要素联系起来的方法,即通常所说的降尺度法。目前国内外已经发展了许多降尺度法,其中主要包括动力降尺度法和统计降尺度法两大类。前者一般通过对大气环流模式(GCM)进行网格嵌套来达到降尺度的目的,这种方法耗费机时,并且存在模式边界条件难确定等许多技术问题。而统计降尺度法相

对来讲简单易操作,是目前被广泛应用的一种降尺度法^[4],如 Chen^[5]曾用统计方法研究了大气环流与瑞典冬季气温的关系;贾丽伟等^[6]研究了东北地区月平均大气环流型与哈尔滨气候的关系。统计降尺度法另一优点是可以将模式输出的结果直接应用于由实际观测资料建立的大尺度气候状况与区域气候之间的统计关系,从而得到未来气候变化的情景,为气候预测提供帮助。此方法适用于大尺度气候状况与区域气候要素之间有很好的统计关系的任何地区,有广泛的适用性。

通常将大气环流划分为若干环流型来表征不同的气候特征,本文采用了 Lamb-Jenkinson 大气环流分型方法对海平面气压场定量地划分类型,进而研究了大气环流型与东北地区降水的关系。Lamb-Jenkinson 法最初是在 20 世纪 50 年代由英国气象学家 Lamb^[7]提出的,其计算量小,又有明确的天气学意义,后来经过 Jenkinson 等^[8]的不断发展,形成了一种比较成熟的客观分型方法,分型的结果不仅可以用来研究温度、降水等基本气候要素,还可以应用于研究其他一些地面气候要素,如海冰^[9]、海平面^[10]和水生态系统^[11]等。目前,此方法已经成功地应用于瑞典、西班牙、葡萄牙等许多欧洲国家,而在我国利用这种简单而具体的环流分型方法进行

* 2006-05-12 收到,2006-08-29 收到再改稿。

区域气候方面的研究还很少,且限于月尺度上的分型,因而,将这种方法应用于研究我国东北地区的气候无疑具有重要的意义。

1 资料与方法

1.1 资料

利用了美国国家环境预报中心(NCEP)提供的全球 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 1951 年 1 月 1 日—2004 年 12 月 31 日日平均海平面气压资料和国家气象信息中心提供的我国东北地区 81 个地面站 1951 年 1 月 1 日—2004 年 12 月 31 日日平均(20:00—20:00,北京时)降水量资料,其中缺测值被剔除,平均降水量取 1951—2004 年的平均。

1.2 选用的方法

本文采用的 Lamb-Jenkinson 大气环流分型方法是以 $45^\circ\text{N}, 125^\circ\text{E}$ 作为中心点,在其周围 $35^\circ \sim 55^\circ\text{N}$, $110^\circ \sim 140^\circ\text{E}$ 的范围(覆盖了整个东北地区)内每隔 10 个经度 5 个纬度的网格点上取 16 个点,对该范围内日平均海平面气压场进行环流分型(图 1)。利用差分公式,计算出中心点的地转风和涡度,并把它们的系数以 45°N 为基准进行标准化,即 45°N 的系数看作 1。定义 u, v, V, ξ_u, ξ_v 和 ξ 为划分大气环流型的 6 个环流指数,它们分别代表纬向地转风分量、经向地转风分量、总地转风、 u 的经向梯度、 v 的纬向梯度和总切变涡度。标准化后,这 6 个指数的单位为 $\text{hPa}/10^\circ$,根据它们值的大小来划分不同的环流型,一旦 u, v 确定了,地转风的方向也就可以确定了。

通常划分两大类主要的环流型,分别为平直气流型和旋转型。定义当 $|\xi| < V$ 时,为平直气流型(北 N, 东北 NE, 东 E, 东南 SE, 南 S, 西南 SW, 西 W, 西北 NW); 当 $|\xi| > 2V$ 时,为旋转型(强调大气的旋转性,气旋 C 或反气旋 A, CSW 代表气旋性西南流型); 另外还有一种环流型介于以上两者之间,即 $V < |\xi| < 2V$, 称其为混合型(平直气流型和旋转型的结合)。如果当 $V < 6$ 且 $|\xi| < 6$ 时,则无定义(UD)。这样,即可得到 27 种不同的环流型。这里,选出了出现频率最高的 8 种主要环流型(N, NE, S, SW, W, NW, C, A)加以详细分析,它们出现频率总和占总环流型出现频率的 71%,可以将它们认为是东北地区的主要环流型。具体的分型方法参见文献[6]。

利用多元线性回归法重建了东北地区 9 个代表

站近 54 年的降水序列,将区域降水与大气环流型联系起来。首先,用线性逐步回归法选出最重要的环流型作为第一个自变量,然后依次选出次要的第二、第三等环流型作为自变量,并且选用 F 检验,取 95% 的置信度水平,通过 95% 置信度水平检验的环流型将被选用。

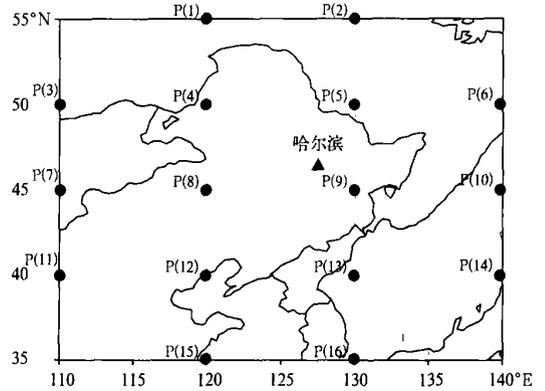


图 1 划分环流型时所选的 16 个格点位置示意图

2 结果分析

2.1 8 种主要环流型的特点

要研究环流型与区域降水的关系,首先必须了解东北地区各种环流型出现的频率以及它们各自的特点。表 1 是由 1951—2004 年逐日海平面气压得到的 8 种主要环流型年平均出现日数,全年来看,出现频率最高的为气旋 C 型,其次为 N 和 A 型。并且 C 和 N 型有很明显的季节变化,分别在夏季和冬季出现的天数最多。冬季经常出现的是 N, NE 和 A 环流型;夏季 C, S 和 SW 型最常出现, W 型则在春秋出现频率最高, NW 型在秋冬两季均常出现。

由于这 8 种主要的环流型都有各自的特点,因而,它们能够维持的时间也不同。表 2 是 8 种环流型年平均能够维持日数的百分率。从全年来看,无论是哪种环流型,能够维持 1 d 或 2 d 时间的居多,持续 3 d 以上的比较少。S, N 和 C 环流型的持续时间相对较长一些,有些能维持 4 d, 5 d 时间, N 型个别的能维持一周左右, W 型的持续时间最短,最多能维持 3 d 时间。这说明有 S, N 和 C 环流型出现时,环流形势通常比较稳定,而 W 环流型出现的时候,环流形势最不稳定。以上这些特点可以从它们多年平均的海平面气压距平图中(图 2)得到很好的解释。每种环流型的海平面气压距平图是由出现某

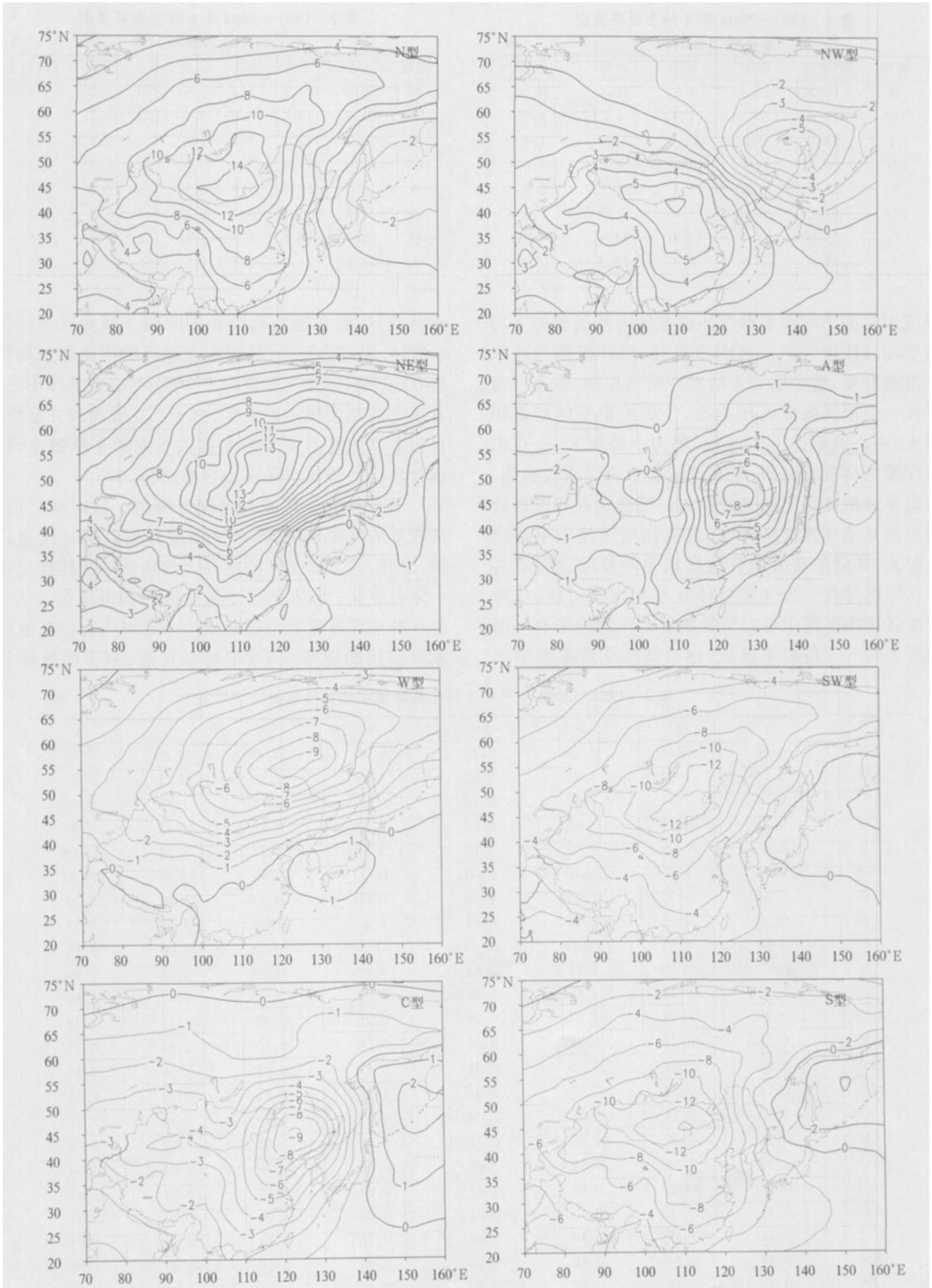


图2 1951—2004年8种主要环流型平均海平面气压距平图(单位:dagpm)

表 1 1951—2004 年 8 种主要环流型
年平均出现日数

类型	年平均	d			
		春季	夏季	秋季	冬季
N	48.2	10.5	1.9	10.4	25.4
NE	17.3	3.3	1.7	4.2	8.1
S	18.1	3.1	11.3	2.8	1.4
SW	36.3	8.7	17.0	9.1	1.6
W	17.0	5.5	4.1	4.7	2.6
NW	23.1	6.6	1.9	7.7	7.0
C	55.0	18.5	19.0	11.4	6.2
A	43.8	8.2	6.9	15.3	13.4

表 2 1951—2004 年 8 种主要环流型
年平均持续天数百分率

类型	%						
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d 及以上
N	70.6	17.5	5.7	2.6	1.3	1.1	1.1
NE	81.7	13.0	3.9	0.8	0.1	0.1	0.3
S	73.1	17.2	5.2	2.3	1.5	0.5	0.3
SW	70.0	17.4	7.6	3.0	0.9	0.5	0.7
W	86.7	11.1	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0
NW	77.8	17.1	3.7	0.8	0.4	0.0	0.2
C	69.3	18.7	6.8	2.6	1.6	0.5	0.5
A	70.6	21.0	5.7	1.6	0.6	0.4	0.1

环流型时的平均海平面气压减去所有环流型的平均海平面气压得到的。由图 2 可见,当环流型为北风 N 型的时候,整个欧亚大陆被冷空气控制,蒙古一带存在一个很强的冷高压中心,气压正距平区的面积很大,中心值超过了 14 hPa,势力十分强大,一旦出现便能维持较长时间,东北地区处于冷高压的前端,从而导致偏北风能够维持很久。即使这种环流形势偶尔向其他环流形势转变,也能比较迅速地重新建立起来,其偶尔崩溃向其他环流型转换的过程就是一次寒潮过程。当气旋型环流 C 出现的时候,从海平面气压距平图中可以清楚地看到东北地区有一面积很大的气压负距平区域,这时低压系统覆盖整个

东北地区,通常能维持较长的时间。当大气环流为 S 型时,蒙古的东部,我国东北地区的中西部也同样存在一个明显的气压负距平中心,对应着低压中心,其前部的偏南风强而稳定,由于其主要出现在夏季,也为东北地区的夏季降水提供了源源不断的水汽,这种环流形势相对来讲也容易维持。

当某种大气环流型出现并维持一段时间之后,从能量的角度来讲,其必然崩溃并向其他环流型转换,因此,研究以上 8 种主要大气环流型的转换规律十分有意义,可以为天气预报提供参考依据。表 3 为 8 种主要环流型出现并维持一定时间后向其他环流型转换的频率。从表中可以发现,由于多数环流

表 3 1951—2004 年平均 8 种主要环流型的转换规律

转换型	N	NE	S	SW	W	NW	C	A
N	0.00	27.99	2.74	3.82	6.46	17.49	24.90	3.80
NE	6.25	0.00	1.98	0.62	1.27	1.36	9.16	5.66
E	0.54	2.99	1.22	0.16	0.25	0.31	1.75	3.86
SE	0.48	0.41	3.65	0.62	0.38	0.31	1.13	2.95
S	0.66	1.09	0.00	7.72	2.53	1.57	3.70	11.08
SW	2.58	1.36	20.09	0.00	19.11	8.59	3.76	20.42
W	5.11	1.36	1.07	9.20	0.00	14.14	3.40	6.39
NW	15.86	0.95	0.46	4.83	8.23	0.00	8.69	2.77
C	3.00	2.45	29.22	25.41	23.54	10.16	0.00	8.49
A	26.91	24.73	3.81	2.88	4.68	14.55	4.37	0.00
CN	1.92	1.36	1.52	1.40	2.41	2.30	9.67	0.54
CNE	0.48	1.49	1.67	0.55	0.25	0.42	4.12	1.20
CE	0.30	0.27	0.76	0.23	0.38	0.10	1.49	0.78
CSE	0.06	0.54	3.65	0.31	0.13	0.21	1.08	0.60
CS	0.18	0.14	12.79	5.61	1.39	0.52	2.98	2.23
CSW	0.60	0.54	9.13	22.68	9.37	2.09	3.40	2.77
CW	0.18	0.00	1.37	6.78	9.62	3.98	2.62	0.90
CNW	1.68	0.41	0.46	2.65	4.56	4.19	7.05	0.60
AN	18.86	14.27	0.00	0.47	0.63	4.82	2.01	2.65
ANE	2.34	13.32	0.46	0.31	0.89	0.94	1.70	4.04
AE	0.42	1.49	0.46	0.23	0.25	0.21	0.51	1.87
ASE	0.48	0.54	0.46	0.16	0.00	0.10	0.46	1.39
AS	0.42	0.14	2.13	0.70	0.38	0.21	0.21	3.49
ASW	1.26	0.41	0.61	1.40	0.51	1.78	0.36	7.47
AW	2.40	0.95	0.30	0.78	1.52	3.56	0.57	2.35
ANW	7.03	0.82	0.00	0.47	1.27	6.07	0.93	1.69

型出现的概率很小,主要还是在这 8 种常出现的环流型之间转换。它们之间的转换规律很好地反映了大气长波移动的主要特征,说明天气系统内部之间是紧密联系的。由图 2 平均海平面气压距平图来看,当东北地区为气旋 C 型环流的时候,随着低压系统的东移入海,后部高压移近,这时东北地区处于低压的后部、高压的前部,盛行偏北风,即气旋型主要向北风型转换。若初始时高压位于东北地区的西北部,当它东移的时候,东北地区的风向则由原来的东北风转向变为北风,反之,若高压是从东北地区西南方向东移,则东北地区的风向就由西北风转为北风,这样,东北风和西北风环流型也主要向北风环流型转变。当高压进一步东移,气压正距平区域覆盖东北地区的时候就形成了图 2 中所示的反气旋 A 环流型。当气压正距平中心东移到日本以东的时候,其后部气压负距平区的低压系统已经移近,此时东北地区偏南风盛行,最终低压中心又回到东北地区中部,形成了气旋型环流。这样就完成了一个周期转换。它们之间的相互转换规律与表 3 中所得的结果是完全吻合的。

2.2 环流型与东北地区降水的关系

2.2.1 环流型与降水分布

下面将进一步分析 8 种主要环流型所对应的东北地区降水异常分布。先对东北地区的平均气候状况作简要介绍。图 3 中全区的多年平均降水分布形势为东南部通化、丹东、大连一线是一条多雨带,长白山脉南端和辽宁省东南沿海附近出现最大降水中心。整个东北地区降水由东南向西北逐渐减少。

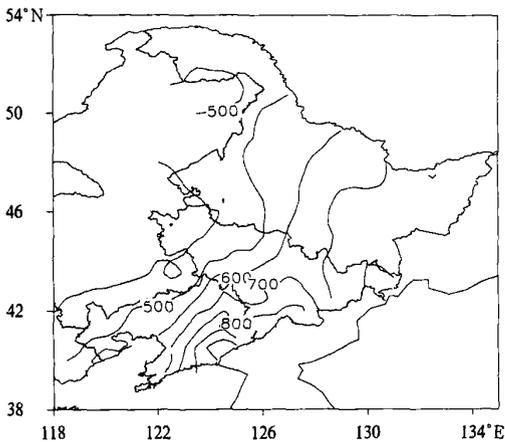


图 3 东北地区多年平均的降水分布特征(单位: mm)

由于东北地区幅员广阔,从南部的旅顺口(38°49' N)到最北边界的漠河(53°28' N)共跨越近 15 个纬度,东西历经近 20 个经度。虽然东北地区平均的降水分布呈以上总体特征,但是全区降水分布随环流型的不同而不同。图 4 是 8 种主要环流型所对应的东北地区降水异常分布,从图中可以很明显的找到它们与环流型之间的对应关系(见图 2)。总的来看,气压正距平区域,对应的降水为负距平,即气压高,降水少;相反,气压负距平的区域,对应降水正距平,即气压低,降水多。主要出现在冬季的环流型的海平面气压距平图中均存在较强的气压正距平中心,所对应的东北地区降水距平基本为负距平,降水量低于所有环流型平均的降水量,如 N, NE, NW 和 A 环流型;经常出现在夏季的环流型的海平面气压距平图中出现明显的气压负距平中心,所对应的东北地区降水量一般高于所有环流型平均的降水量,如 SW, S 和 C 型,尤其是气旋 C 环流型,东北地区呈现很强的降水正距平中心。NW 环流型时东北地区基本上处于高低压过渡带中,西南部为气压正距平,东北部为气压负距平,对应的降水分布为西南部降水少,东北部降水多。反气旋 A 环流型时,整个东北三省被气压正距平覆盖,气压正距平中心位于东北地区中部,降水负距平中心也位于东北地区中部,这时东北全区降水都很少。NE 和 N 环流型时,东北地区处于气压正距平区域的边缘,也基本被高压控制,降水较少,在 NE 型时,只有东南部的吉林、辽宁边界一带降水为正距平。C, S 和 SW 环流型有些相似,均有气压负距平中心出现,只是气压负距平中心的位置稍有不同,它们的降水分布情况均为气压负距平中心处最多,向周围逐渐减少。S 和 SW 型气压负距平中心比 C 型偏西一些,所对应的降水正距平区也比 C 型偏西。SW 型时,由于气压负距平中心位于东北地区的西北部,其相应的降水呈西北多东南少的分布状况。W 型时,黑龙江北部为面积很大的气压负距平区,南部是气压正距平区,降水也是北部最多,中间高低压过渡带也相对较多,东南部最少。通过以上分析可见,8 种主要环流型与降水的分布都有较好的对应关系,这说明用 Lamb-Jenkinson 法对东北地区环流型的划分是合理的,此方法对于了解不同环流形势下东北地区的降水分布具有指导意义,可以尝试在实际业务中加以应用。

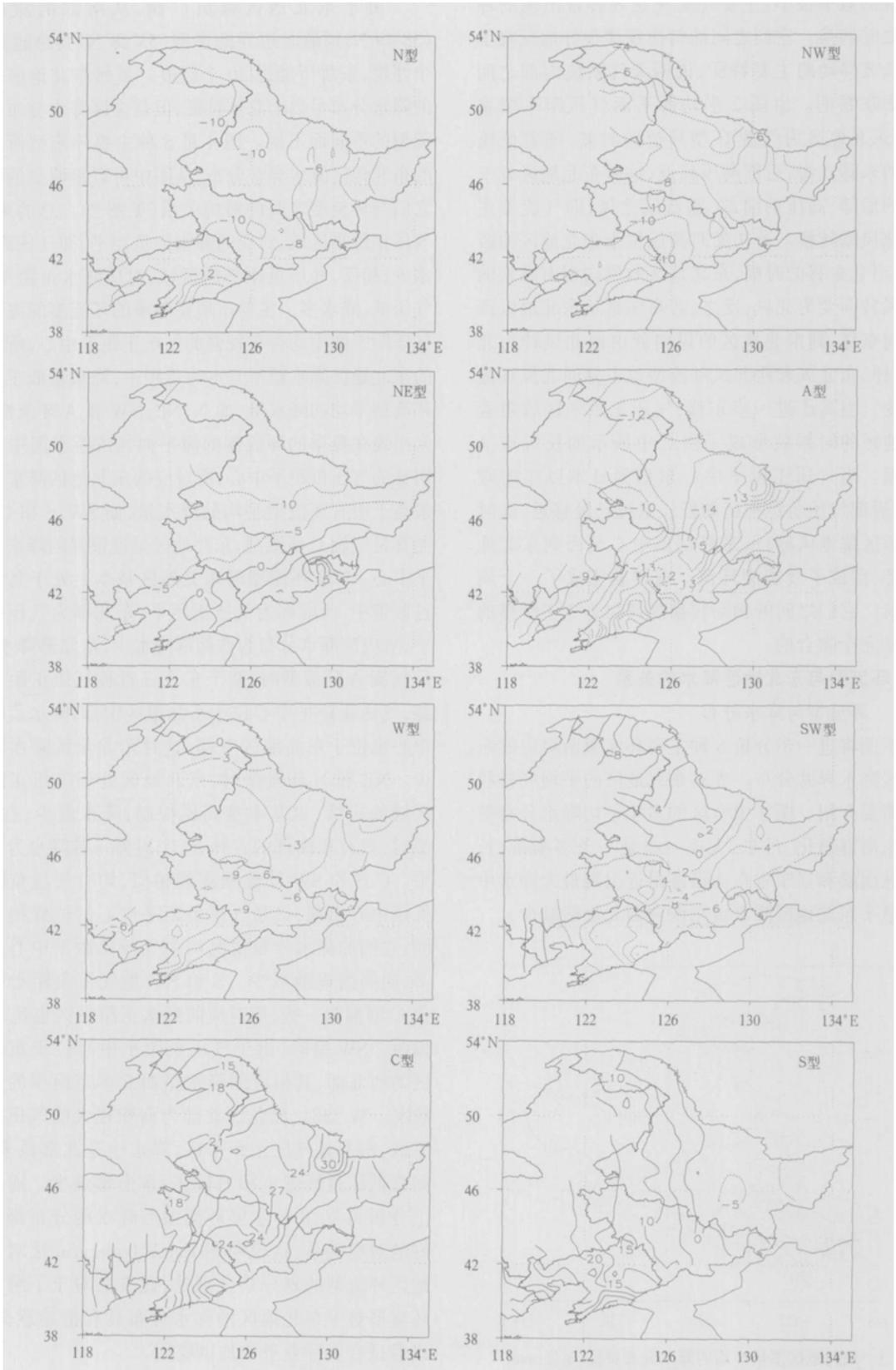


图4 8种环流型下东北地区降水异常分布(单位:mm)

2.2.2 环流型对东北地区降水的贡献

不同的环流型对东北地区总降水的贡献是有差异的。为了细致地研究不同大气环流型对降水的贡献,选出东北地区资料齐全、分布相对均匀的9个站点作为代表站加以分析,这9个站点既包括东南部降水多的区域的站点,也包括中部降水较多和西北部降水最少的区域的站点。从图5中8种环流形势下各站点对总降水的贡献来看,无论哪个站,气旋型降水对总降水的贡献都是最大的,远远超过了它本身平均出现的频率。其次南风(S型)时多数站点的降水贡献都大于其出现的频率。而N, NE, NW, A和W环流型对总降水的贡献最少。这是因为当C和S环流型出现的时候,东北地区为偏南风,可以从南部海洋带来丰沛的水汽。而N, NE, NW, A和W型出现时,东北地区多为西北风或偏西风,则会从西伯利亚一带吹来干冷空气,不利于产生降水。

尽管8种环流型对总降水量的贡献已经很明

确,但是它们对总降水贡献的原因有可能不相同,有些环流型可能由于平均降水量比较大而导致对总降水的贡献很大,而有些环流型虽然降水量比较小,但总降水的天数很多,从而累加起来的降水对总降水的贡献也很大。故定义两个比值 R_{ct}/R_{tot} 和 P_{ct}/P_{tot} 来分析不同的环流型对总降水贡献的原因。 P_{ct} , P_{tot} , R_{ct} 和 R_{tot} 分别为某环流型湿天气所占的比例、所有环流型平均的湿天气所占的比例、某种环流型湿天气的平均降水量和所有环流型平均的湿天气平均降水量。这里定义日降水量大于0.1 mm的天气为湿天气。这样,如果比值 $R_{ct}/R_{tot} > 1$ 表示某环流型湿天气的平均降水量大于所有环流型的平均降水量,即表明一旦出现,降水量都很大;当 $R_{ct}/R_{tot} < 1$ 时,降水量都较小。同样,如果比值 $P_{ct}/P_{tot} > 1$ 则表示某环流型湿天气所占的比例大于所有环流型的平均比例,即很容易产生降水;当 $P_{ct}/P_{tot} < 1$ 时,不容易产生降水。

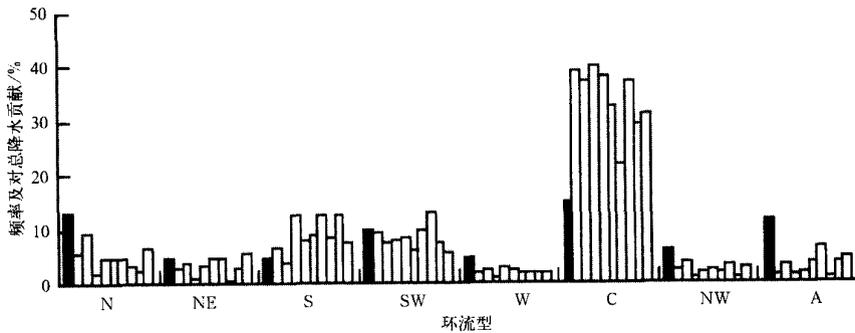


图5 各环流类型年平均出现的频率及其对总降水的贡献

(实心柱为各类型出现频率的百分率,空心柱从左至右分别是哈尔滨、嫩江、佳木斯、白城、长春、阜新、沈阳、通化、大连9个站点在各类型下对总降水的贡献)

由图6所示的两个比值的可以得到如下结论:气旋C型对所有站点都最容易产生降水且降水量也很大;S型次之,它对大多数站点来讲比较容易产生降水且降水量也大,只有个别站的比值小于1。NW, N, A, NE和W环流型出现时降水量小,并且A, W和NW型对所有的站点都不易产生降水,尤其是反气旋A型环流,两个比值对所有站都很小。NE型虽然降水量较小,有些站 $R_{ct}/R_{tot} > 1$, 还是相对较容易产生降水。SW型虽然降水量较大,但是产生降水的概率较小。这与图5所得到的8种环流型各自的降水对总降水贡献的结论是一致的,其原因也同前面所述。

上述分析表明,大气环流型与东北地区区域降水是密切相关的,而且不同的环流型对降水的贡献

也大不相同,为了定量地分析各种环流型的重要性,可以由多元线性逐步回归的方法得到降水与环流的定量关系。这里定义回归方程为 $R_a = A_0 + \sum_{i=1}^{26} A_i X_i$ 。其中 R_a 为降水距平, A_i ($i = 0, 1, 2, \dots, 26$) 是回归方程中的系数, X_i ($i = 1, 2, \dots, 26$) 代表用来建立回归方程的26种环流型(其中有一种环流型UD未出现)。对9个代表站分别做回归,从而得到9个代表站各自的回归方程。

- 沈阳: $R_a = -11.023 + 59.174 X_{CS} - 65.331 X_{ANW}$;
- 哈尔滨: $R_a = 161.141 - 11.073 X_A - 74.556 X_{ASE}$;
- 嫩江: $R_a = -158.722 + 22.571 X_{CSW} + 32.067 X_{CW}$;
- 白城: $R_a = -236.413 + 52.747 X_{CS} + 29.709 X_{CSW}$;
- 长春: $R_a = 81.086 + 58.12 X_{CS} - 78.531 X_{SE} - 16.363 X_{NW}$;

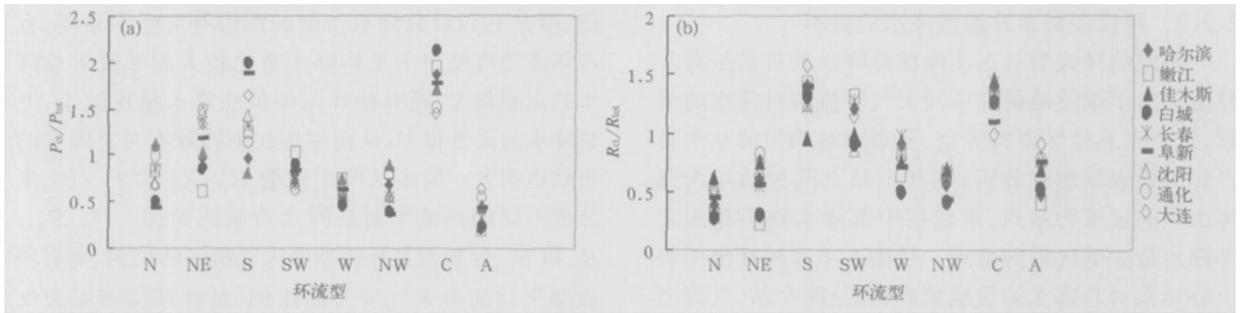


图6 9个代表站的 P_{ct}/P_{tot} (a)和 R_{ct}/R_{tot} (b)的值

阜新: $R_a = -82.263 + 183.922 X_{CSE} + 24.87 X_S - 139.474 X_{CE} + 45.114 X_{CS} - 76.238 X_{SE} - 47.109 X_{ASW}$;
 通辽: $R_a = -61.378 + 29.964 X_S + 143.922 X_{CSE} - 39.423 X_{AN}$;
 大连: $R_a = 95.655 - 192.439 X_{CE}$;
 佳木斯: $R_a = 400.532 + 15.778 X_{NE} - 16.133 X_A - 18.307 X_N - 68.057 X_{AE}$

由以上回归方程可见,对每个单站来讲,对降水

有贡献的环流型各不相同。但是,可以发现当有气旋或偏南风环流型出现的时候,环流型出现的频率与降水距平成正比,它们对各站降水的贡献均为正,即有利于降水,如CS,CSW和CSE环流型。相反,当出现反气旋或偏北风环流的时候,环流型出现的频率与降水距平成反比关系,对降水的贡献为负,不利于降水。这也与实际情况相符合。图7为实际观测的与重建的9个代表站54年的降水序列,这里,

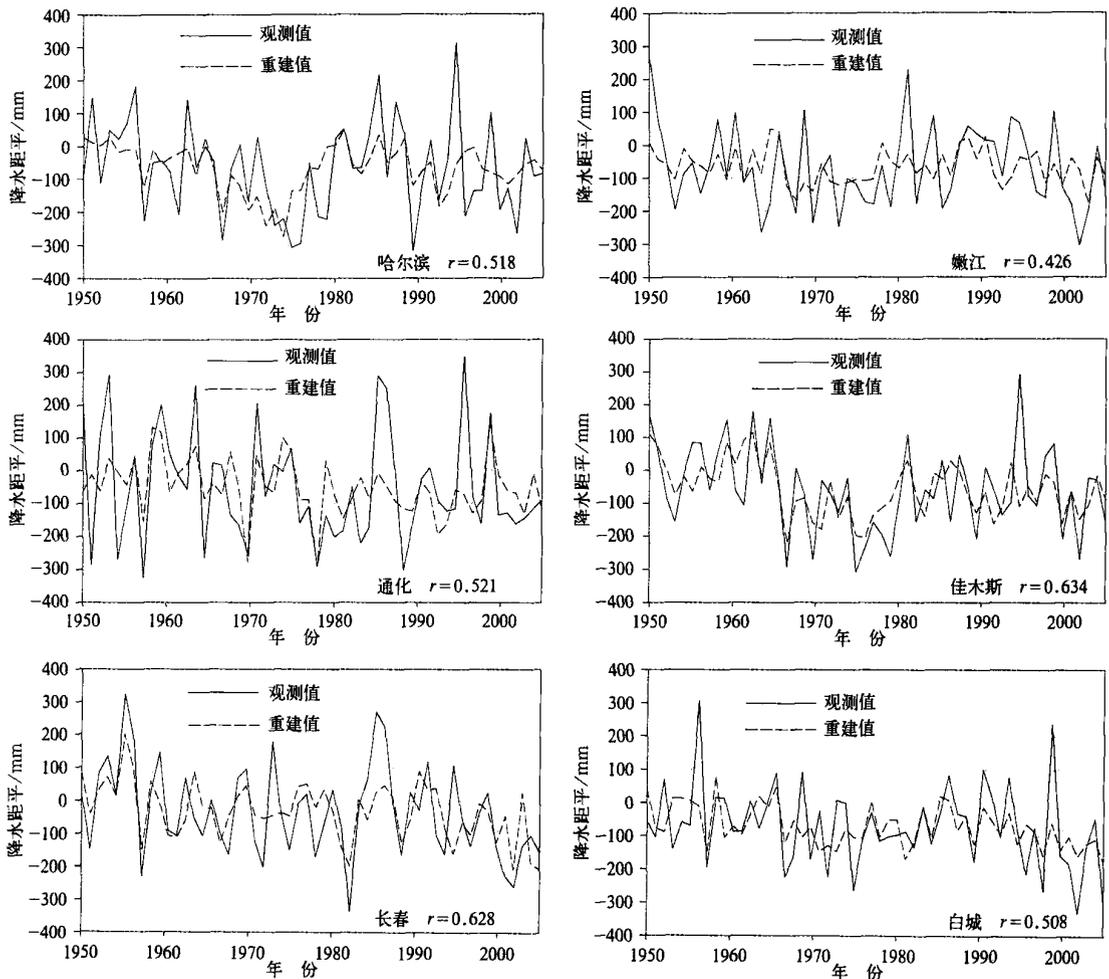
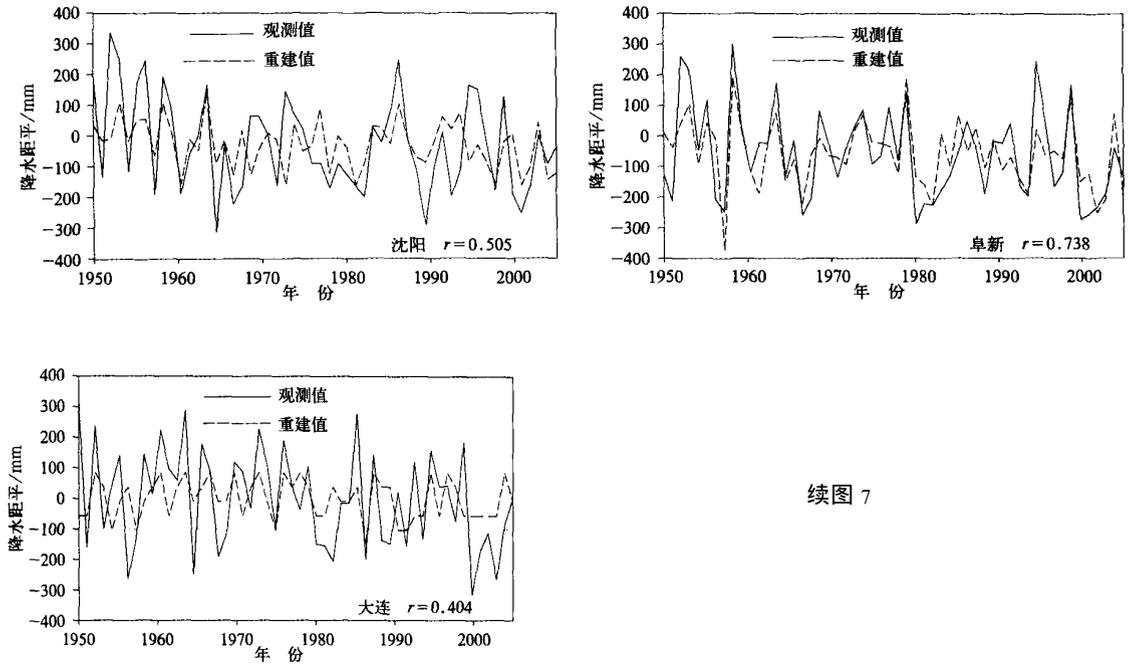


图7 9个代表站54年观测和重建的降水序列



续图 7

阜新站重建的降水序列与实际观测的降水序列相关性最好, Person 相关系数 $r = 0.738$, 可以解释 54 年降水变化的 54.4%。其他站点除嫩江和大连外, 相关系数都在 0.5 以上, 拟合的效果也较好。可见, 用环流型出现的频率来建立的降水回归模式比较成功。这样, 以此为基础, 就可以直接利用模式输出的海平面气压场计算得到的环流型出现的频率来估算各站点的降水。它适用于大尺度气候要素与区域气候要素相关明显的每个站点, 这正是统计降尺度法的优点所在。

3 小结

本文分析了 8 种主要大气环流型出现的规律及大气环流型与东北地区降水的关系, 并选了 9 个代表站进行详细研究, 得出如下结论:

1) 东北地区最常出现 N, NE, S, SW, W, NW, C 和 A 这 8 种环流型。A, N, NE 和 NW 环流型在冬季出现天数最多, S, SW 和 C 在夏季最常出现。W 型季节变化不明显, 春秋出现的机会相对较多。

2) 从 8 种主要环流型能够维持的时间可以判断出环流形势的稳定性。S, N 和 C 环流型能持续的时间最长, 环流形势通常比较稳定; W 环流型能够维持的时间最短, 通常只维持 1 d, 2 d 时间, 环流形势最不稳定。

3) 8 种主要环流型向其他环流型转换的规律符合大气长波移动的周期和特征。

4) 东北地区主要环流型与降水异常分布有很好的对应关系, 说明 Lamb-Jenkinson 环流分型方法对东北地区环流型的划分是合理的。气压正距平的区域, 气压高, 降水少; 气压负距平的区域, 气压低, 降水多。

5) 气旋 C 型降水对东北地区总降水量的贡献最大, 远远超过了它本身出现的频率; N, NE, NW, A 和 W 型对总降水的贡献最少。其原因可以从天气学常识中得到解释。

6) 从 8 种主要环流型对东北地区总降水贡献的原因方面来看, 气旋 C 型最容易降水且降水量也较大, 其次是南风 S 型。NW, N, A, NE 和 W 型出现时降水量小, A, W 和 NW 型对所有的站点不易产生降水。

7) 根据环流型出现的频率, 用多元线性回归可以重建 9 个代表站的降水序列, 重建的结果与实际观测结果间的相关系数很高, 能很好地解释各站 54 年来的降水变化。

参考文献

- [1] Busuioc A, Chen D, Hellström C. Temporal and spatial variability of precipitation in Sweden and its link with the large-scale atmospheric circulation. *Tellus*, 2001, 53A: 348-367.
- [2] 严华生, 杨素雨, 万云霞, 等. 近百年高低层大气环流的演变

- 特征及其与中国降水变化的关系. 云南大学学报(自然科学版), 2005, 27(5): 397-403.
- [3] Yarnal B. The effect of weather map scale on the results of a synoptic climatology. *J Cli matol*, 1984, 4: 481-493.
- [4] Goodess C M, Palutikof J P. Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *Int J Cli matol*, 1998, 18: 1051-1083.
- [5] Chen D. A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study. *Int J Cli matol*, 2000, 20: 1067-1076.
- [6] 贾丽伟, 李维京, 陈德亮, 等. 东北地区月平均大气环流型与哈尔滨气候关系的初步研究. 气象学报, 2006, 64(2): 236-245.
- [7] Lamb H H. Types and spells of weather around the year in the British Isles. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1950, 76: 393-438.
- [8] Jenkinson A F, Collison F P. An initial climatology of gales over the North Sea. Synoptic Climatology Branch Memorandum, No 62. Meteorological Office, Bracknell, 1977.
- [9] Chen D, Li X. Scale-dependent relationship between maximum ice extent in the Baltic Sea and at atmospheric circulation. *Global and Planetary Change*, 2004, 41: 275-283.
- [10] Cui M, Von Storch H, Zorita E. Coastal sea level and the large-scale climate state: a downscaling exercise for the Japanese Island. *Tellus*, 1995, 47: 132-144.
- [11] Blenckner T, Chen D. Comparison of the impact of regional and north-Atlantic atmospheric circulation on an aquatic ecosystem. *Climate Research*, 2003, 23: 131-136.

Relationship Between Precipitation in Northeast China and the Atmospheric Circulation

Jia Liwei¹⁾²⁾ Li Weijing¹⁾ Chen Deliang¹⁾³⁾

¹⁾ (National Climate Center, Beijing 100081)

²⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

³⁾ (Department of Earth Sciences, Gothenburg University, Sweden, 40530)

Abstract

Lamb-Jenkinson classification scheme is applied to obtain circulation types from the mean sea-level pressure on a daily basis. The relationship between the atmospheric circulation and the precipitation in Northeast China is explored. Eight major types (N, NW, NE, A, C, S, SW and W) which occur most frequently are analyzed to reveal their characteristics and their relationship to atmospheric circulation. Furthermore, the anomaly precipitation distributions under eight circulation types are discussed. The contributions of each major circulation type to total precipitation in Northeast China are investigated as well. The statistics relationship between the nine representative stations with a long record of precipitation and the frequencies of the circulation types are established successfully. The relationship is used to reconstruct the 54-year precipitation sequence at these nine stations.

The results show that Lamb-Jenkinson classification scheme can be well applied in Northeast China. The classified types are reasonable. The precipitation distributions of eight major types match reasonably well with large-scale atmospheric patterns. Positive pressure anomaly corresponds to less rainfall, while negative pressure anomaly usually corresponds to more rainfall. The C type makes the greatest contribution to the total rainfall. On the contrary, N, NE, NW, A and W types have little contribution to the total rainfall. Reconstructed precipitation series in nine representative stations can explain the majority of precipitation change in recent years from 1951 to 2004, which further reveals the close relationship between the precipitation in Northeast China and the atmospheric circulation.

Key words: atmospheric circulation types; Northeast China; precipitation