

青藏高原异常雪盖和 ENSO 在 1998 年 长江流域洪涝中的作用*

陈烈庭

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要 1997/1998 年冬季青藏高原大部地区积雪异常偏多, 出现了历史上罕见的严重雪灾。作者在回顾关于青藏高原雪盖与中国季风雨关系的基础上, 分析了 1998 年夏季各月中国东部降水分布和主要雨带移动的特点, 并与青藏高原多雪年夏季我国主要雨带活动的统计特征进行对比分析, 探讨了 1998 年夏季长江流域洪涝的成因。结果表明, 1998 年夏季降水的一些重要特征: 如 6 月强降雨出现在湖南、江西、浙江一线, 7 月二度梅发生在湖南北部、湖北南部、江西北部一带, 8 月长江上游、汉水流域和黄淮地区降水频繁, 以及夏季我国主要雨带北移明显推迟, 都与多雪年的情况非常相似。突出地反映了 1998 年夏季长江流域洪涝的发生, 前期冬季青藏高原出现的积雪异常起着重要的作用。多雪年夏季西太平洋副热带高压北移也明显偏迟, 致使中国主要雨带持续偏南, 造成长江流域降水异常偏多。另外, 分析表明, 它还与 1997 年强厄尔尼诺的共同作用有密切关系。

关键词: 长江流域; 洪涝; 青藏高原; 异常雪盖

1 引言

1998 年夏季我国长江流域发生了历史上罕见的持续性特大洪水, 给国家工农业生产和人民生命财产带来了严重损失, 一度成为国内外人们关注的焦点。我国地处东亚季风气候区, 具有雨量集中、地域性强和降水年际变率大的特点。因此, 旱涝的发生是很频繁的, 是影响我国国民经济的主要灾害。所以, 对这次特大洪涝从各个方面进行分析和总结是十分必要的, 目前已发表一些这方面的研究成果^[1~7]。这些研究成果分析了亚洲季风、东亚大气环流、厄尔尼诺事件和青藏高原积雪的影响, 增进了人们对 1998 年长江流域洪涝的气候背景及其成因的了解。

1997/1998 年冬季西藏大部和青海南部连降大到暴雪, 积雪异常偏多。其中 1997 年 12 月的降雪过程, 聂拉木积雪高达 81 cm, 普兰 35 cm, 那曲 40~50 cm。由于降雪强度大, 范围广, 而且持续时间长, 西藏南部和北部及青海南部遭受历史上罕见的严重雪灾。1998 年 3 月西藏再次发生雪灾, 阿里地区积雪达 40 cm 以上, 部分地区达 80 cm, 牧区 90% 的草场被雪覆盖。过去许多研究^[8~11]表明, 青藏高原冬春季异常雪盖是影响我国天气气候的一个重要物理因素。早先我们的工作^[12,13]指出, 青藏高原多雪年东南亚一些季风系统季节变化的进程, 例如 500 hPa 孟加拉湾低槽西撤到印度西北部的时

1999-12-15 收到, 2000-04-10 收到再改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900 第一部分的资助

间、伊朗高压和西太平洋副热带高压北进的时间及 100 hPa 青藏高压从南海移上高原的时间, 均比常年偏晚。初夏我国主要雨带仍徘徊在华南至两湖地区, 向北推进的时间明显偏迟。那么, 1998 年夏季长江流域洪涝与 1997/1998 年冬季青藏高原雪盖异常是否也有联系? 若有的话, 其地区特征如何? 本文主要目的就是想用 1998 年夏季实际的月降水资料, 来分析和探讨这些问题。另外, 过去许多研究表明, ENSO 也是影响我国天气气候的重要物理因素。而 1997 年是本世纪以来最强的一个厄尔尼诺年, 对此我们也将加以讨论。

2 青藏高原冬季雪盖与中国东部夏季降水的关系

几年前, 我们采用 1958~1992 年青藏高原 60 个站平均的月积雪深度资料, 分析了中国东部夏季各月降水年际变化与高原冬季雪盖的关系^[14]。曾发现青藏高原冬季大范围持久的雪盖异常不仅对我国江南前汛期降水有明显的效应, 而且对我国东部夏季降水也有密切的联系。图 1 是青藏高原西藏区 11~2 月雪深累积距平序列与中国东部 6~8 月各月降水距平的相关分布。图中粗线为相关零线, 实线中的单斜线区、双斜线区与涂黑区分别为正相关系数大于 0.35、0.45 和 0.55 的区域, 相当于 0.05、0.01 和 0.001 的置信度。虚线中各区为负相关的情况。可以看出, 6 月在长江南侧的浙江、江西、湖南南部至贵州一线有一东西向的正相关带, 相关最显著的地区在湘赣区。长江中下游基本上是负相关区。说明多雪年东亚夏季风来得迟, 我国梅雨期主要雨带仍徘徊在华南至两湖地区, 长江中下游沿江降水量一般不是很多。7 月在黄河以南、长江以北地区的正相关范围扩大, 其中以长江上游的相关比较显著。同时, 在浙江、江西至湖南南部一线仍维持有一更为显著的正相关带, 其位置与 6 月相当, 但相关最显著的地区已移至浙赣地区。因此, 多雪年 7 月我国主要雨带虽已经北跳到江淮地区, 但此时江南的浙赣地区降水仍较多。8 月长江与黄河之间的正相关区相关增大, 特别是长江上游和江淮流域一带。整个江南和华北为负相关区。这一相关分布与 7 月多年平均的降水分布很相似(图略), 多雨带和少雨带自南向北呈相间分布, 主要雨带位于长江上游和江淮流域, 华北和江南为少雨带, 华南又为多雨区。因此, 多雪年夏季我国主要雨带季节性北跳的进程

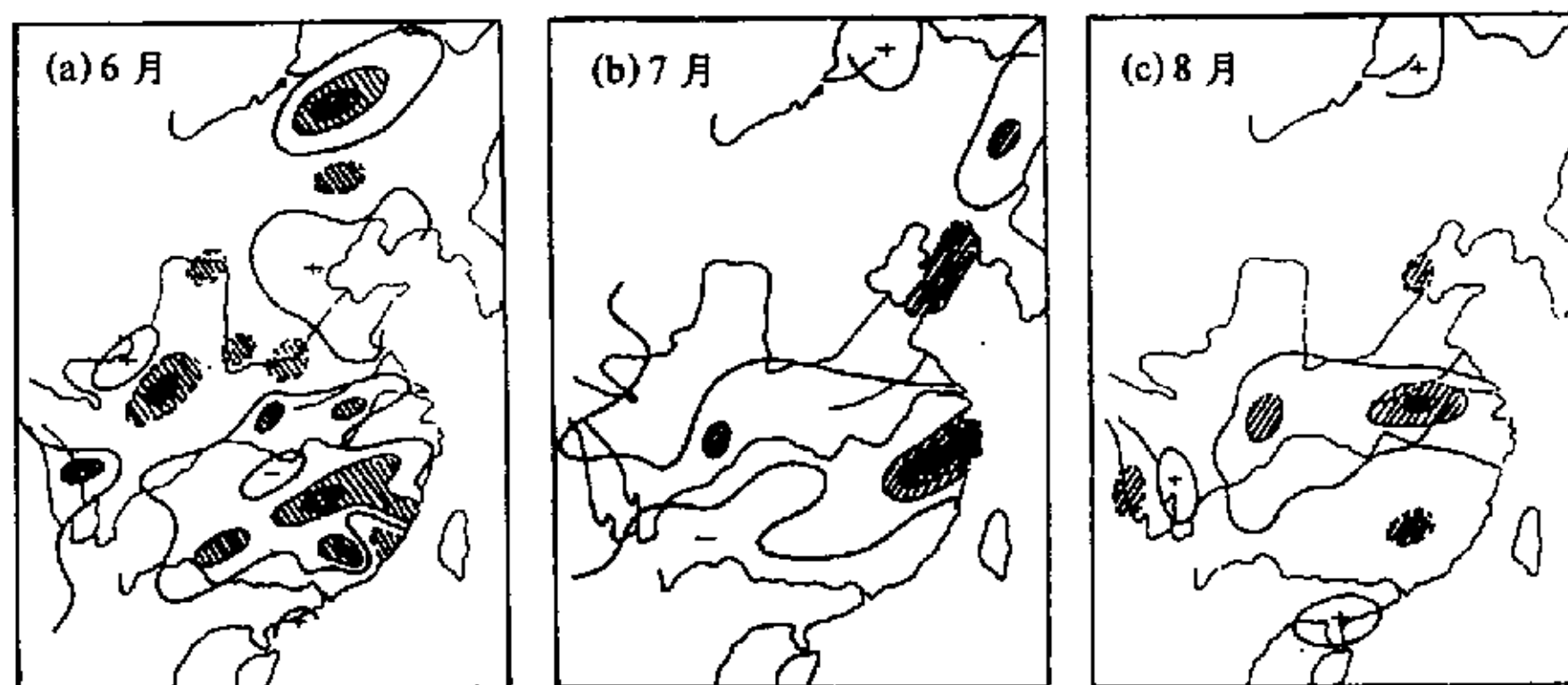


图 1 青藏高原西藏区 11~2 月雪深累积距平序列与中国东部 6~8 月各月降水的相关分布
(a) 6 月; (b) 7 月; (c) 8 月

持续偏晚, 8 月才移到长江与黄河之间, 没有到达它在此时多年平均的最北位置。华北地区少雨。

图 2 是青藏高原西藏区 11~2 月雪深累积距平及上述 6 月湘赣区 (以贵州的榕江、湖南的衡阳和江西的吉安三站为代表), 7 月浙赣区 (以浙江的宁波、杭州、金华和江西的贵溪四站为代表) 和长江上游区 (以四川的南充、达县和陕西的汉中三站为代表), 8 月江淮区 (以江苏的南京、安徽的合肥、蚌埠和河南的信阳四站为代表) 和长江上游区 (以四川的南充、达县和陕西的汉中三站为代表) 区域平均的降水距平百分率的逐年变化曲线。可以看出, 它们变化的趋势基本上是一致的, 特别是像 1967/1968、1981/1982、1986/1987 和 1988/1989 年冬季几个青藏高原多雪年, 各区的降水都有明显的反映, 降雨量显著偏多。它们与青藏高原西藏区积雪的相关系数,

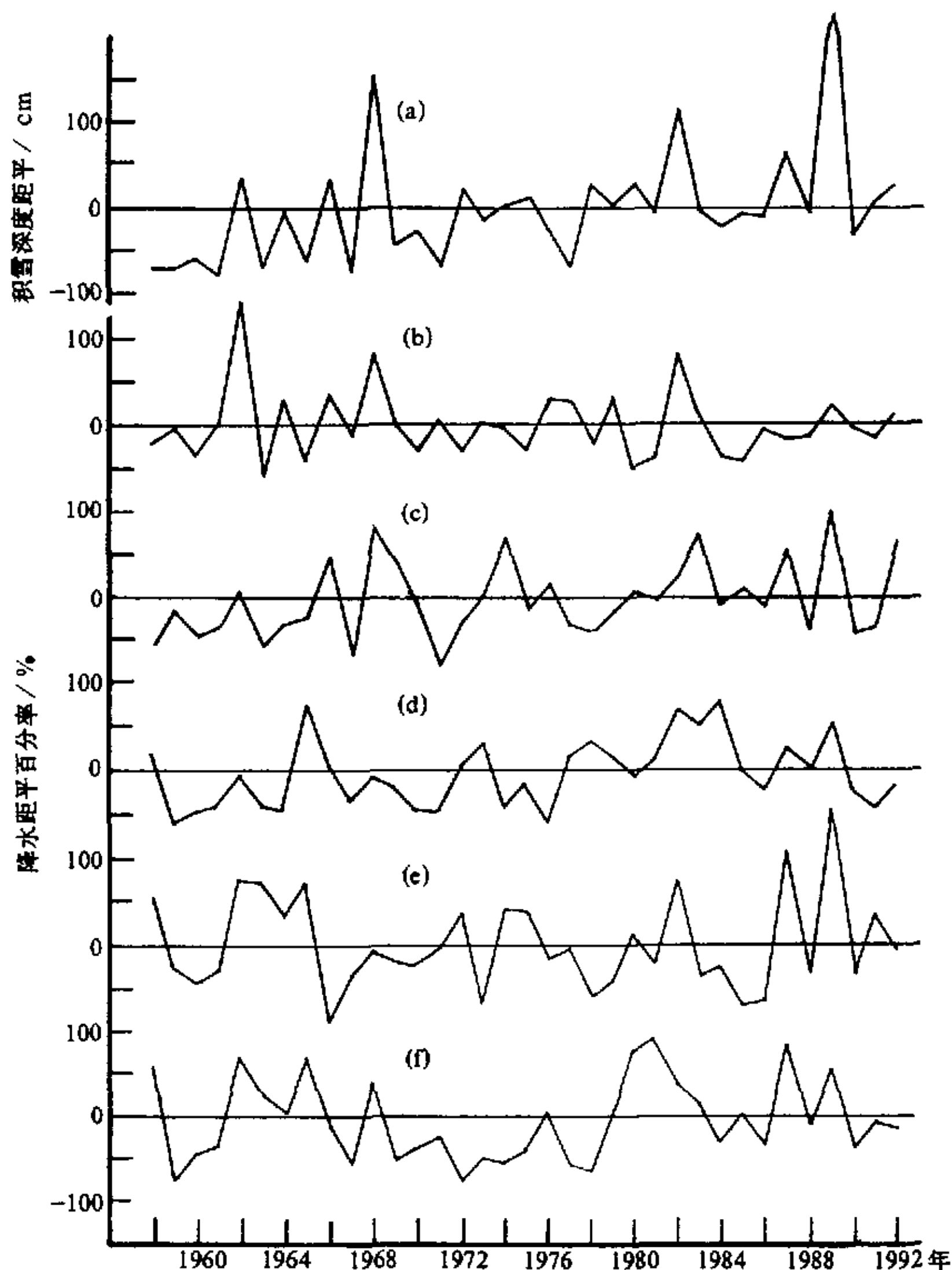


图 2 青藏高原西藏区 11~2 月雪深累积距平 (a) 及 6 月湘赣区 (b)、7 月浙赣区 (c) 和长江上游区 (d)、8 月江淮区 (e) 和长江上游区 (f) 区域平均的降水距平百分率的逐年变化曲线

湘赣区为 0.39, 浙赣区高达 0.68, 江淮区达 0.47, 长江上游区 7 月为 0.38, 8 月为 0.39, 均超过了 0.05 的置信度, 其中以 7 月浙赣区的相关最显著, 达到 0.001 的信度水平。这说明青藏高原雪盖异常, 对后期我国某些地区的降水不仅有影响, 而且影响还是显著的。

以上分析还表明, 多雪年我国东部主要雨带的移动也具有明显的阶段性和突变性。但其季节性北移的进程一般比常年明显偏迟。6 月第一次北跳雨带不是从江南移到长江流域, 而是从华南只移至江南。7 月第二次北跳雨带不是从长江流域跳到黄河流域, 而是从江南越过长江流域跳到淮河流域附近。8 月主要雨带仍在黄河以南至长江以北地区, 没有达到它的最北位置。因此, 青藏高原雪盖对我国季风雨的影响, 突出地反映在雨带移动气候规律的破坏上, 而这种变异正是造成上述我国汛期降水分布异常的重要原因。

3 1997/1998 年冬季青藏高原异常雪盖对 1998 年夏季长江流域洪涝的影响

图 3 给出 1998 年 6~8 月降水距平百分率的分布图, 其中阴影区为距平百分率大于 100% 的区域。在 6 月我们看到江南北部梅雨期降水量明显偏多, 强降雨带主要位于湖南、江西至浙江西南和福建北部一线, 其中洞庭、鄱阳两湖及其邻近地区的降水距平百分率高达 100% 以上, 造成了这些地区特大洪涝。而在这一主要雨带北侧的长江沿江地区, 包括长江上游的南侧、中游的北侧和下游的南侧, 为负距平区, 降水量一般不是很多。若把它同图 1a 青藏高原冬季积雪与 6 月降水的相关图进行比较, 则可发现它们共同之处。1998 年 6 月强降雨带出现在江南北部, 这正和图 1a 位于长江南侧浙江、江西至湖南南部一线的正相关带位置一致, 且长江沿江地区降水量不是很多, 两者也是相当吻合的。这说明 1998 年 6 月两湖地区多雨可能与前冬青藏高原积雪异常偏多所导致的主要雨带季节性北移的进程比常年明显偏迟有关。另外, 我们还可看到, 除长江流域及其以南地区外, 我国东部其他地区降水距平符号的分布与图 1a 相关场的特征也很相似。陕西和山东地区降水负距平与相关负值区对应, 东北及华北北部降水正距平与相关正值区对应。

7 月上旬随着西太平洋副热带高压伸入长江流域, 梅雨中断。但 7 月下旬长江中下游沿岸和江南北部地区, 随着副高的减弱南退再次发生了持续性强降水, 出现所谓二度梅。从图 3b 可以看出, 7 月主要雨带仍维持在湖南北部、湖北南部和江西北部一线, 其中洞庭湖和鄱阳湖水系降水距平百分率仍达到 100% 以上。同时长江上游也出现强降水, 降水量异常偏多。把它同图 1b 青藏高原冬季积雪与 7 月降水的相关图进行比较, 可以发现它们也是十分相似的。图 3b 上位于长江上游和洞庭、鄱阳两湖水系的两个强降水中心正是图 1b 上两个显著的正相关中心所在地区。华北降水负距平和东北降水正距平也与图 1b 上的相关分布相像, 虽然它们的中心略有偏移, 相关有所减弱, 这说明 1998 年 7 月长江流域洪水泛滥仍与青藏高原雪盖异常有密切的联系。由于高原异常积雪的影响, 我国东部主要雨带季节性北移的进程继续推迟, 位置偏南。

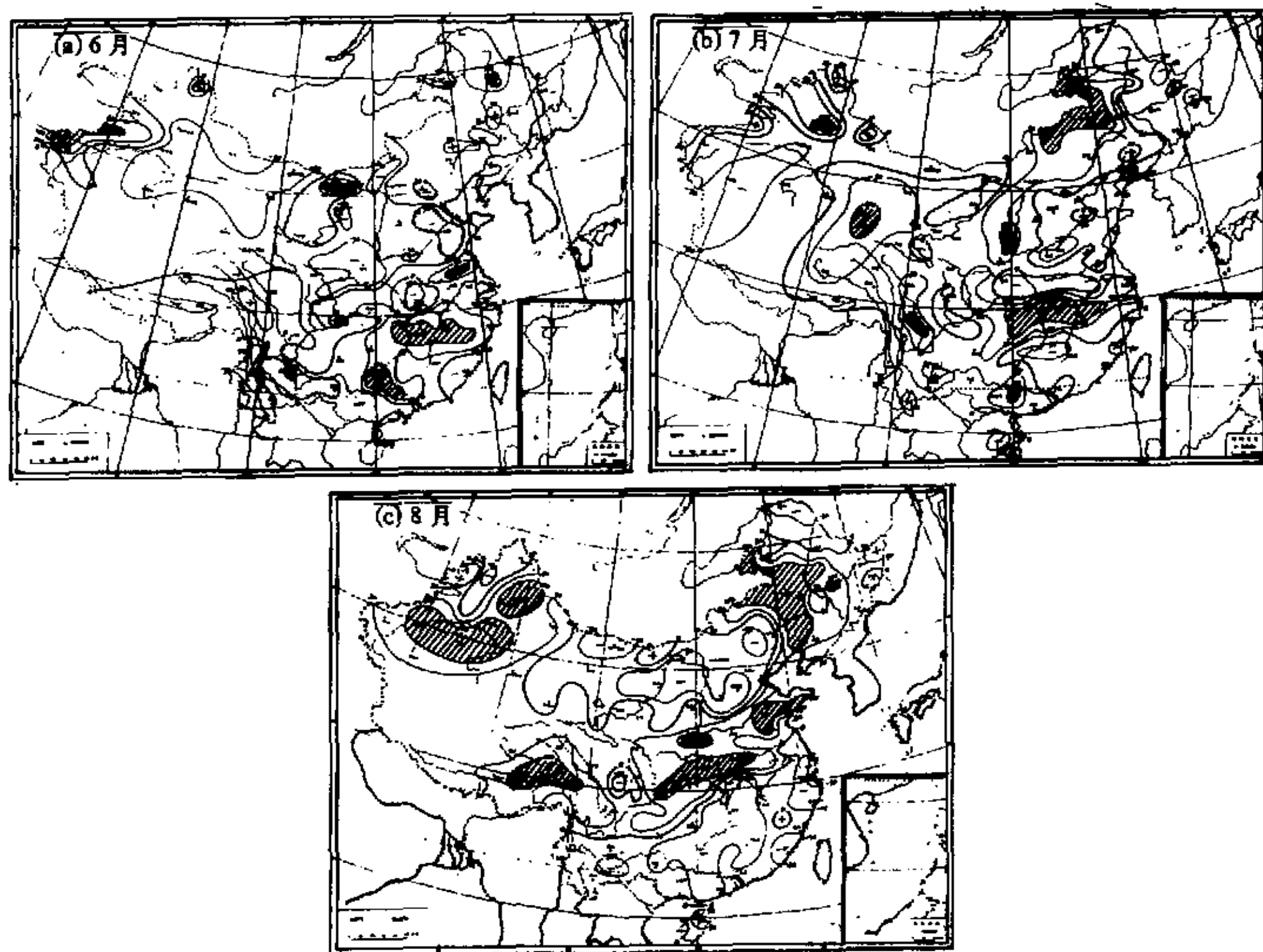


图3 1998年夏季6~8月降水距平百分率的分布图
(阴影区为距平百分率大于100%的区域, 取自月气候监测公报)
(a) 6月; (b) 7月; (c) 8月

8月长江中下游梅雨结束, 我国东部主要雨带北移到黄河与长江之间地区。但强降雨主要集中在长江上游、汉水流域和黄淮地区一线, 降水距平百分率也达到100%以上, 使长江中游地区再次发生严重洪涝。华北、西北部分地区及江南、华南大部地区降水偏少, 所以, 1998年8月主要雨带仍徘徊于江淮流域, 没有达到它在此时多年平均的最北位置。将它与图1c进行比较, 同样可以看到, 该月降水距平的分布与相关场的特征也是非常相似的。

综上所述, 1998年夏季, 无论是大范围降水距平的分布或是强降雨发生的地区, 都与多雪年的情况非常相像。特别是主要雨带季节性北移的进程更是相似, 比常年明显偏迟, 位置偏南。这是一个很有意义的事实, 它突出地反映了1998年夏季长江流域洪涝的发生, 前期冬季青藏高原出现的积雪异常起着重要的作用。

4 青藏高原异常雪盖与厄尔尼诺事件对1998年夏季长江流域洪涝的共同作用

厄尔尼诺也是影响我国天气气候的重要物理因素, 而1997年是本世纪以来最强的

一个厄尔尼诺年, 因此, 它和 1997/1998 年冬季青藏高原异常雪盖对我国汛期降水将产生什么样的影响, 是一个大家非常关心的问题。国家气候中心在 1998 年 3 月联合召开“ENSO、雪盖及其与我国汛期旱涝关系专题研讨会”, 专门讨论这个问题。我们尝试考虑厄尔尼诺和青藏高原异常雪盖的共同作用, 提出一个关于 1998 年汛期旱涝的预测意见, 参加了这次研讨会。方法是将 1958~1992 年期间青藏高原所有的多雪年按 ENSO 循环的位相分成三类: 1 类是异常雪盖出现在厄尔尼诺建立前的第一个冬季; 2 类是出现在建立后的第一个冬季; 3 类是出现在其他位相。当时我们综合各家的研究选定了 15 个多雪年, 属于第 1 类的有 4 年: 1967/1968、1971/1972、1981/1982 和 1985/1986 年, 这里 1968、1972、1982 和 1986 年均是厄尔尼诺开始年; 属于第 2 类的有 6 年: 1963/1964、1965/1966、1972/1973、1982/1983、1986/1987 和 1991/1992 年, 这里 1964、1966、1973、1983、1987 和 1992 年均是厄尔尼诺第二年; 属于第 3 类的有 5 年: 1961/1962、1974/1975、1977/1978、1979/1980 和 1988/1989 年。然后分别查阅各类每个例子夏季降水距平百分率的分布图, 并根据厄尔尼诺和青藏高原异常雪盖影响我国夏季旱涝的一些研究结果寻找相似年。这是我国实际长期天气预报中使用非常普遍的一种方法。

图 4 是各类的中国夏季降水距平百分率合成图。图中黑色圆点表示第 1 和第 3 类 4 个合成的例子 (第 3 类 5 个例子中 1977/1978 年降水距平的分布差异较大, 没参加合成) 全部为同号的测站, 第 2 类 6 个合成的例子中 ≥ 5 个为同号的测站。从图 4a 可以看出, 第 1 类夏季降水距平总的分布趋势, 一方面与厄尔尼诺发展阶段特征很相似^[15], 从雨型来说与厄尔尼诺当年出现最多的 II 类雨型相似^[16], 即主要雨带在黄河与长江之间, 华北和江南地区降水偏少。另一方面, 同青藏高原冬季雪盖与中国夏季降水总量的相关图比较 (参见文献[17]中图 4c), 即可发现它们之间也有共同之处, 即主要雨带更为偏南, 多雨区出现在淮河流域附近和长江上游地区, 长江中下游沿江降水量一般不是很多, 其南侧在江西至湖南南部一线又是一个多雨带。因此, 图 4a 似乎综合了厄尔尼诺当年和青藏高原多雪年中国夏季降水距平分布最主要的特征。第 2 类夏季降水

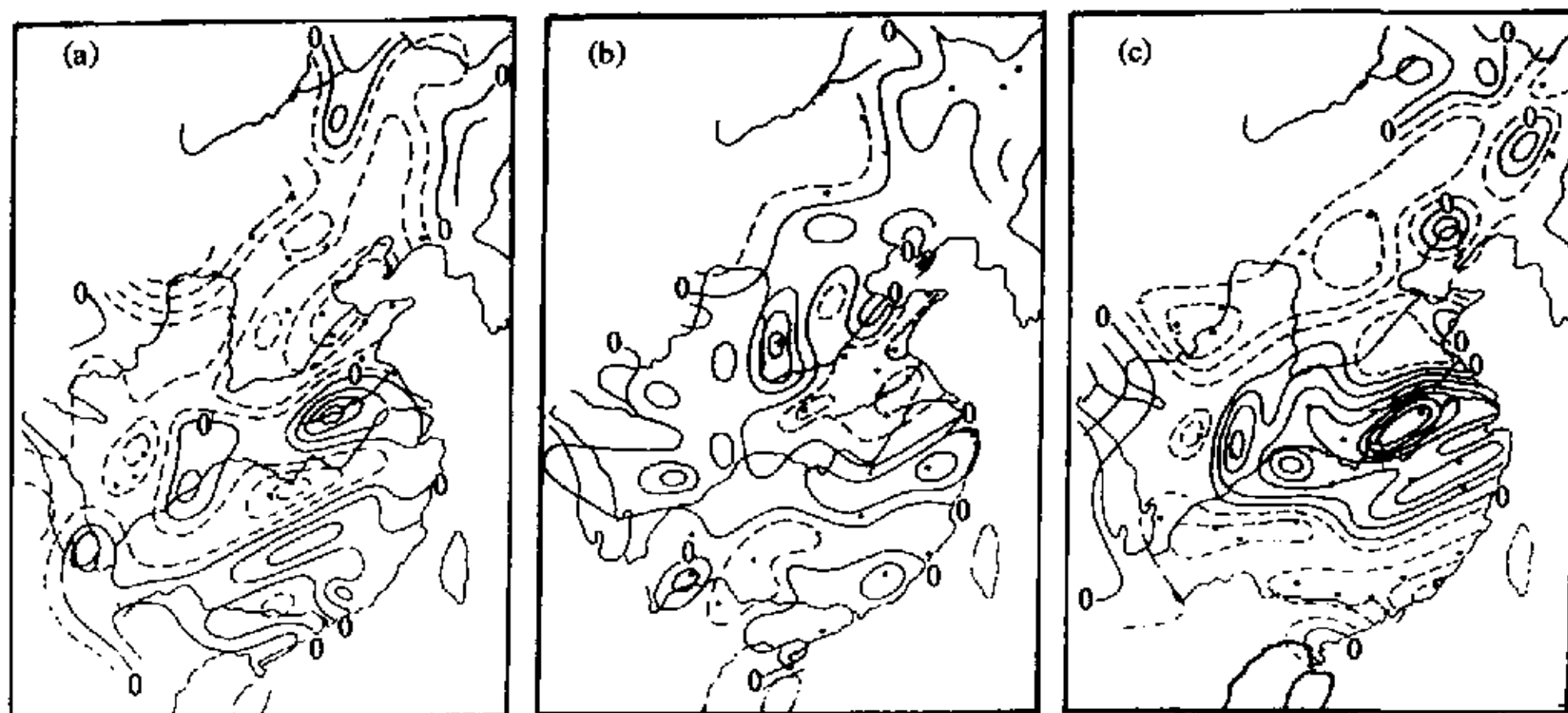


图 4 三类青藏高原冬季异常多雪后期夏季中国降水距平百分率的合成图 (等值线间隔 10%)

(a) 多雪出现在厄尔尼诺建立前的第一个冬季; (b) 出现在建立后的第一个冬季; (c) 出现在其他位相

距平的分布(图 4b),一方面与厄尔尼诺衰减阶段的特征很相似,从雨型来说与厄尔尼诺次年出现较多的 I 类雨型相似,即主要雨带在黄河流域及其以北和华南地区,江淮流域少雨。另一方面,又具有青藏高原多雪年中国夏季降水分布的主要特征,即在江南北部有一多雨带。同第 1 类一样,反映了青藏高原异常雪盖和厄尔尼诺事件的共同影响。第 3 类夏季降水距平的分布(图 4c),多雨区出现在江淮流域和长江上游地区,同时在浙江、江西、湖南一线有一多雨带,华北和华南少雨。这一降水分布同青藏高原冬季雪盖与中国夏季降水总量的相关分布完全一致^[17],说明在 ENSO 循环其他位相,青藏高原冬季异常雪盖将起着主导的作用。

1997 年是厄尔尼诺年,1997/1998 年冬季青藏高原积雪异常偏多,是属于上述第 2 类的情况。然而,进一步分析表明,第 2 类 6 个合成的例子中,1964、1966、1973 和 1992 年夏季中国降水为 I 类雨型,而 1983 和 1987 年属 III 类雨型。这是两个降水分布基本上相反的雨型,前者主要雨带在黄河流域及其以北地区,后者在长江及其以南地区。因此,现在的问题是 1998 年夏季到底出现哪一种雨型的可能性更大。根据统计分析^[16,18],它与厄尔尼诺什么时间结束有一定关系。春季前结束的厄尔尼诺有利于夏季热带西太平洋对流活动的加强,主要雨带出现在黄河流域及其以北地区的可能性较大,而春季后结束的厄尔尼诺则夏季热带西太平洋对流活动较弱,主要雨带出现在长江及其以南地区的可能性较大。鉴于 1997 年开始的厄尔尼诺事件到 1998 年 3 月强度仍很大,估计可能维持到春季后结束。另外,大多数 ENSO 数值试验也预报这次厄尔尼诺将要在夏季结束。因此,当时在研讨会上,我们提出 1998 年夏季中国降水分布可能与 1983 年和 1987 年相似的预测意见。这两年长江中下游均出现了大范围夏涝。图 5a 是 1983 和 1987 年中国夏季降水距平百分率合成图。可以看出,它与图 5b 1998 年夏季降水的分布趋势十分相似。说明除青藏高原异常雪盖外,ENSO 也是造成 1998 年夏季长江流域

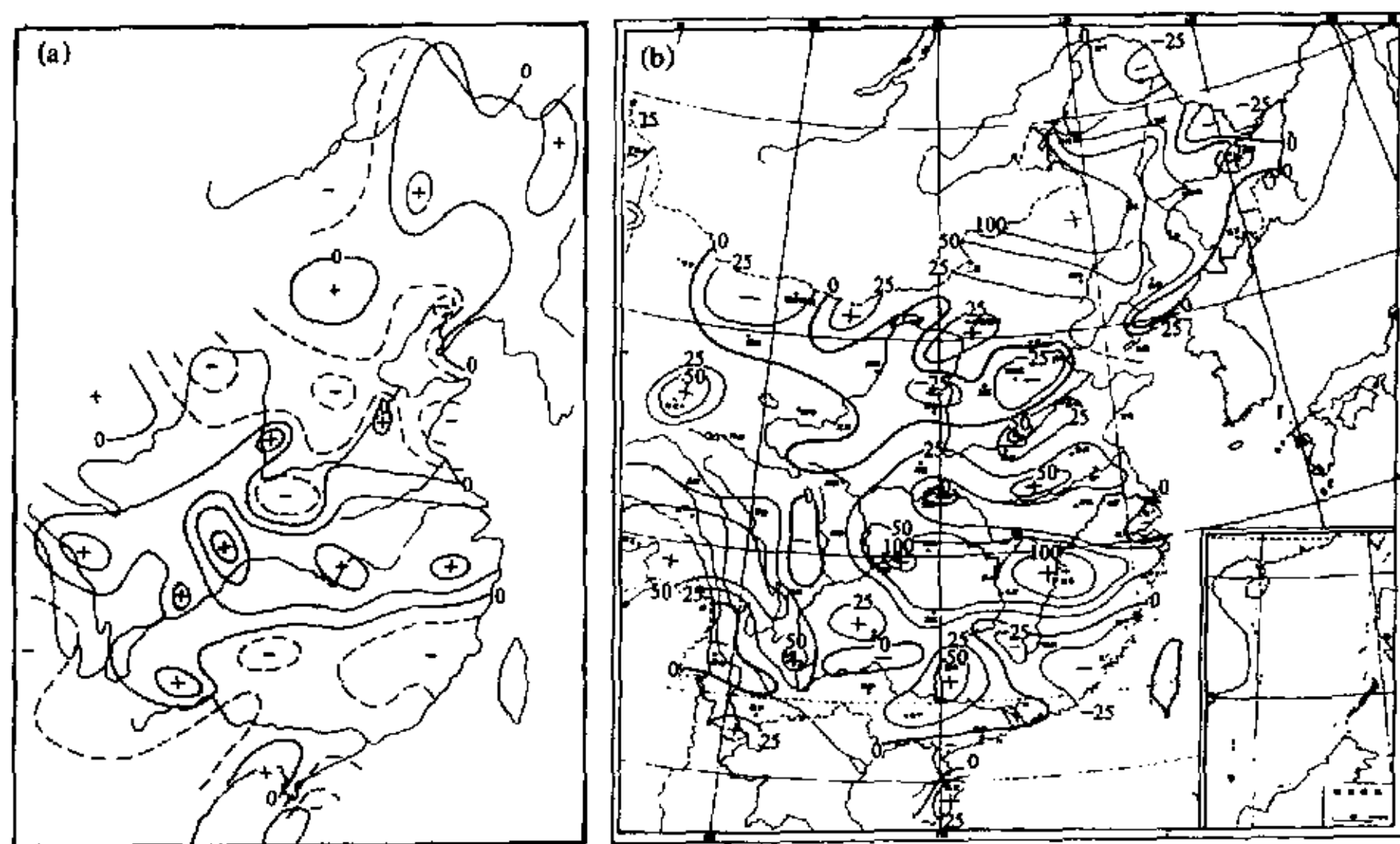


图 5 夏季中国降水距平百分率分布图
(a) 1983 和 1987 年合成图,等值线间隔 20%; (b) 1998 年实况图

洪涝的重要原因, 并且这次洪涝持续时间长、强度大可能与这两个因素特强及其共同作用有关。

5 结论与讨论

我们根据 1998 年 6~8 月的降水距平百分率分布图, 分析了该年夏季中国主要雨带时空变化的特征、长江流域洪涝的产生和 1997/1998 年冬季青藏高原异常雪盖的作用, 指出这次洪涝的发生与夏季各月主要雨带持续比常年偏南, 长时间摆动在长江流域及其邻近地区有关。特别是 7 月下旬强降水仍发生在江南北部、两湖地区, 出现二度梅, 它与长江上游发生的多次洪峰相遇, 更是加重了长江中游地区的洪涝灾害。并指出 1998 年夏季中国大范围降水距平和区域性强降雨时空变化的特征以及主要雨带季节性北移的进程与多雪年的情况非常相似, 清楚地反映了 1997/1998 年冬季青藏高原异常积雪对 1998 年夏季长江流域洪涝有很大作用。由于多雪年东南亚一些季风系统季节变化的进程比常年偏晚^[13], 西太平洋副高北进的时间明显偏迟或出现减弱南退现象。使中国主要雨带持续比常年偏南, 从而导致长江流域发生持续性特大洪水。

然而, 应该指出的是, 作为 1998 年长江流域特大洪涝灾害只以单一因子的作用可能是不够的。因为并不是所有的青藏高原多雪年或厄尔尼诺年都发生如此大的洪涝现象。实际大气中有各种各样的地-气、海-气相互作用的过程, 它极有可能是许多物理因素共同作用的结果。这是一个很复杂的过程。这里我们只是尝试分析厄尔尼诺和青藏高原异常雪盖的共同作用。这一试验, 综合的方法虽然很简单, 但其结果初步看来是有效应的。说明这次长江流域特大洪涝与它们的共同作用有密切关系。另外, 也说明进一步研究各物理因子间相互的联系以及各因子对总体变化相对的贡献的重要性。但目前这方面的研究还很少, 尚有待进一步作深入研究。

参 考 文 献

- 1 中国气象局国家气候中心, '98 中国大洪水与气候异常, 北京: 气象出版社, 1998.
- 2 陶诗言、张庆云、张顺利, 1998 年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件, 气候与环境研究, 1998, 3(4), 290~299.
- 3 黄荣辉、徐予红、王鹏飞、周连童, 1998 年夏长江流域特大洪涝特征及其成因探讨, 气候与环境研究, 1998, 3(4), 300~313.
- 4 颜宏, 1998 年中国特大洪涝灾害的天气气候特点、成因分析及气象预报服务, 气候与环境研究, 1998, 3(4), 323~334.
- 5 陈兴芳、宋文玲, 年代际气候变化与 1998 年长江大水, 气候与环境研究, 1998, 3(4), 358~367.
- 6 李吉顺、王昂生, 1998 年长江流域洪涝灾害分析, 气候与环境研究, 1998, 3(4), 390~397.
- 7 李维京, 1998 年大气环流异常及其对中国气候异常的影响, 气象, 1999, 25(4), 20~25.
- 8 郭其蕴、王继琴, 青藏高原积雪及其对东亚季风的影响, 高原气象, 1986, 5(2), 116~124.
- 9 韦志刚、罗四维, 中国西部积雪对我国汛期降水的影响, 高原气象, 1993, 12(4), 347~353.
- 10 徐国昌等, 青藏高原雪盖异常对我国环流和降水的影响, 应用气象学报, 1994, 5(1), 62~67.
- 11 吴国雄等, 青藏高原化雪迟早的辐射效应对季节变化的影响, 甘肃气象, 1995, 13(1), 1~8.
- 12 陈烈庭、阎志新, 青藏高原冬春季积雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响, 1978 年长办中长期水文气象预报讨论会论文集 (第一集), 北京: 水利电力出版社, 1978, 185~194.
- 13 陈烈庭、阎志新, 青藏高原冬春季异常雪盖影响初夏季风的统计分析, 1977~1978 年青藏高原气象会议论文

- 集, 北京: 科学出版社, 1979, 151~161.
- 14 Chen Lieting, Relationship between monsoon rainfall in China and snow cover over Qinghai-Xizang Plateau, Proceedings of the International Workshop on the Climate System of Monsoon Asia, December 3-7, 1996, Kyoto, Japan, 1996, 128~131.
- 15 Huang Ronghui and Wu Yifang, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism, *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, 6, 21~32.
- 16 赵汉光, 张先恭, 丁一汇, 厄尔尼诺与我国气候异常, 长期天气预报研究通讯, 第8805号(总第43期), 1988, 21~42.
- 17 陈烈庭, 吴仁广, 青藏高原雪盖与中国季风雨年际和年代际变化的关系, 东亚季风和中国暴雨: 庆祝陶诗言院士八十华诞, 北京: 气象出版社, 1998, 230~239.
- 18 陈烈庭, 吴仁广, 太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响, 大气科学, 1998, 22(5), 718~726.

The Role of the Anomalous Snow Cover over the Qinghai-Xizang Plateau and ENSO in the Great Floods of 1998 in the Changjiang River Valley

Chen Lieting

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract An abnormally deep and long-lasting snow cover over the Qinghai-Xizang Plateau (QXP) occurred in the winter of 1997/1998 prior to the great floods in the middle reaches of the Changjiang River in the summer of 1998. In this paper, we first review our previous findings in analyzing the relationships between the summer monsoon rainfall in China and the snow cover over the QXP. On this basis, the features of the rainfall anomaly distribution and the seasonal northward progress of main rainband in the eastern China during the great floods of 1998 are analyzed. A comparative study is made on the movement of the main rainband in summers of 1998 and the rich snow cover year. Finally, we discuss the roles of the anomalous snow cover over the QXP in the great floods in the Changjiang River Valley. The results show that some of the important features of the summer rainfall of 1998 over the eastern China such as the heavy rainfall of June in Hunan, Jiangxi and Zhejiang, the second period of the Meiyu rainfall of July in the northern Hunan, southern Hubei and northern Jiangxi, the frequent rainfall of August in the upper reaches of the Changjiang River, Hanshui River valley and Huanghe-Huaihe River region, and the delay of the northward progress of main rainband, are very similar to those in rich snow cover years. This suggests that the great floods of 1998 in the Changjiang River valley are closely related to the anomalous snow cover over the QXP. During the rich snow cover years, the seasonal northward advance of the western Pacific subtropical high may obviously be delayed, which may result in enhanced summer rainfall in the Changjiang River valley. It is also seen that its joint effects with the El Niño event of 1997~1998 are the important reasons resulting in the great floods of 1998 in the Changjiang River valley.

Key words: Changjiang River valley; flood; Qinghai-Xizang Plateau; anomalous snow cover