

青藏高原东北侧 1997 年春夏大旱的 500 hPa 环流异常诊断分析*

俞亚勋 王宝灵

郭 慧

(兰州干旱气象研究所, 兰州 730020)

(甘肃省气象局, 兰州 730020)

摘 要 使用 NECP/NCAR 1958~1997 年 40 年再分析全球月平均网格点资料以及相应时段全国 160 个代表站月降水量资料, 针对青藏高原东北侧 1997 年发生的严重春末夏初旱和伏旱, 分析了这次大旱的天气气候背景和 500 hPa 环流场主要特征, 对有关物理量场进行了诊断分析, 探讨了该年春夏干旱发生的 500 hPa 环流特征, 为短期气候预测提供依据。

关键词: 青藏高原; 大旱; 环流异常; 诊断分析

1 引言

青藏高原东北侧位于中国西北地区东部, 包括陕、甘、宁、青四省大部分地区, 属干旱半干旱地区, 是东亚季风、高原季风和西风带交汇区, 地形复杂, 降水变率大。研究^[1,2]表明, 在青藏高原东北侧春末夏初有一个相对少雨阶段, 该阶段大约从 5 月最后一个候到 6 月下旬第一候, 集中在 6 月上中旬, 初夏少雨是整个青藏高原东北侧大范围地区的重要天气气候特征, 对小麦生长不利。西北地区东南部盛夏的伏期也是气候上容易发生干旱的时期, 伏旱发生的日期大约在 7 月下旬至 8 月上半月^[1,3], 对秋田作物的影响较大。由于春末夏初旱和伏旱是青藏高原东北侧区域最频繁发生的旱灾, 也是当地农业生产上最关心的问题, 因此在该区域干旱气候研究中有着特殊的地位, 对此过去已有一些探讨^[1~5]。

1997 年我国长江以北地区发生了严重干旱, 受旱范围之广, 持续时间之长, 对农业生产影响之重, 为历史少见, 旱情最严重的是青藏高原东北侧区域至华北部分区域, 为春、夏、秋连旱。本文将使用截止 1997 年的资料, 从不同角度分析和诊断 1997 年春夏有关物理量场, 探讨干旱发生的原因和机制, 为短期气候预测提供依据。

2 资料来源及方法

本文用到的高空资料取自国家气候中心在《96-908-04-08 专题气候资料集(一)》中介绍的 NECP/NCAR 1958~1997 年 40 年再分析网格点资料 ($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$

1998-10-26 收到, 1999-03-15 收到再改稿

* “九五”国家重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”96-908-05-03 专题和甘肃省气象局 98-04 科研项目资助

经纬度), 包括 500 hPa 高度场、风场月平均资料及相应时段全国 160 个代表站月降水量资料。对 1997 年春夏进行相应的 500 hPa 位势高度场、风矢场、涡度场和散度场合成, 分析其异常特征。多年平均值取 1958~1997 年 40 年平均。由于青藏高原东北侧区域春末夏初旱和伏旱对农业生产影响较大, 也最为引人关注, 因此本文着重对这两个时段进行诊断分析。

3 1997 年干旱的分布及大旱的天气气候背景

1997 年春季, 新疆北部沿河西走廊经青藏高原东北侧至华北平原中西部为降水距平百分率达 -20% 以下区域, 其中以青藏高原东北侧区域干旱程度最为严重, 负降水距平百分率最大中心位于宁夏中宁站附近, 达到 -91% 。夏季, 中国北方大部分地区持续出现少雨高温天气, 发生了建国以来少见的严重夏旱, 西北东部不少地方的降雨量为 1951 年以来同期的最少值。7 月, 东北平原中南部和华北平原中北部降水量比常年偏少 $5\sim 9$ 成, 加上持续高温, 水分蒸发快, 旱情再度急剧发展, 旱区扩展到华北西部、西北东部及黄淮地区, 到了盛夏 8 月, 北方的旱区向南继续扩大, 华北西部、西北东部及黄淮西部等地降水仍偏少 5 成以上, 旱情持续发展, 干旱程度最为严重的区域仍位于高原东北侧地区 (图 1), 其中甘肃天水站降水距平百分率达 -65% 。

1997 年干旱造成的影响比较严重。由于春末夏初干旱并伴随高温天气, 土壤失墒严重, 夏播受到严重影响。据文献[7]统计, 1997 年北方秋粮因早播种面积减少 1100 多万亩, 北方 15 省市区的三分之一左右玉米, 生育期严重滞后, 生长量明显不足, 造成较大幅度减产, 甘肃省因早造成的粮食减产量占总减产量的 80% 左右。

1997 年青藏高原东北侧发生的春夏干旱是与全国乃至全球气候异常相联系的。近年来全球气候持续偏暖。据文献[7]分析, 1997 年全球平均气

温为 16.92°C , 比 1961~1990 年 30 年平均值偏高 0.42°C , 是一个多世纪以来最暖的一年。1997 年度冬季也是我国自 1987 年度冬季偏暖以来的连续第 11 个暖冬。春季与冬季情形类似, 也是气温偏暖, 而夏季我国出现北热南凉的异常现象, 华北、西北和东北大部出现了十几年来罕见的持续闷热天气, 且高温酷热天气持续时间长, 强度大, 使水

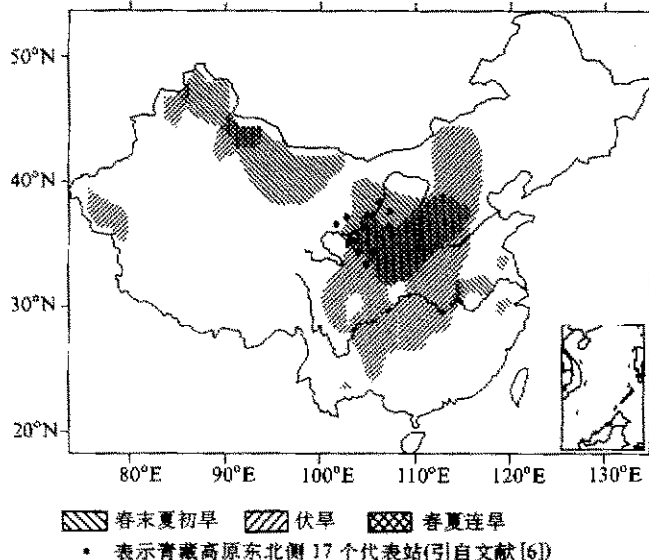


图 1 1997 年春夏我国主要干旱发生区域示意图
阴影线为降水距平百分率 $\leq -40\%$ 的区域

分蒸发强烈, 加剧了干旱的发展。

4 500 hPa 环流异常诊断分析

大范围干旱是大尺度环流背景下的产物, 1997 年青藏高原东北侧的春夏干旱是由于大气环流异常造成的。以下我们就该年发生的干旱事实进行诊断分析。

4.1 500 hPa 高度场

在 500 hPa 位势高度场上, 春季欧亚中高纬区域自西向东一直维持两槽一脊环流型。图 2a 是 1997 年 5 月 500 hPa 位势高度距平场, 有一个明显的负正负距平波列, 即乌拉尔山西侧为负距平区, 中心强度达 -80 位势米, 中西伯利亚至蒙古高原为正距平区, 中心强度达 70 位势米, 鄂霍次克海上空为负距平区, 中心强度达 -110 位势米, 中低纬高原南支槽比较弱, 西太平洋副高也较常年偏弱, 且偏南偏东, 青藏高原东北侧区域上空受新疆脊前西北气流控制, 降水偏少。图 2b 是 1997 年 8 月 500 hPa 位势高度距平场, 欧亚中高纬区域乌拉尔山东侧、鄂霍次克海上空维持低槽区, 且稳定少动, 为负距平区, 中心强度分别达 -120 和 -30 位势米以上, 新疆北部和蒙古高原上空的正距平区中心强度达 30 位势米以上, 中低纬度区域均为大范围的正距平区, 表明 1997 年盛夏副热带高压增强, 脊线位置较常年偏北。6、7 月青藏高原东北侧区域上空仍受新疆脊前西北气流控制, 8 月主要受青藏高压控制。6 月副高脊线位置偏南, 7、8 月副高脊线位置偏北, 降水偏少。以上结果与本文作者在文献[8]中选取近 40 年青藏高原东北侧区域典型旱涝年进行对比分析的结论非常一致, 这说明 1997 年 500 hPa 位势高度距平场形势的确反映了高原东北侧区域典型旱年的特征。

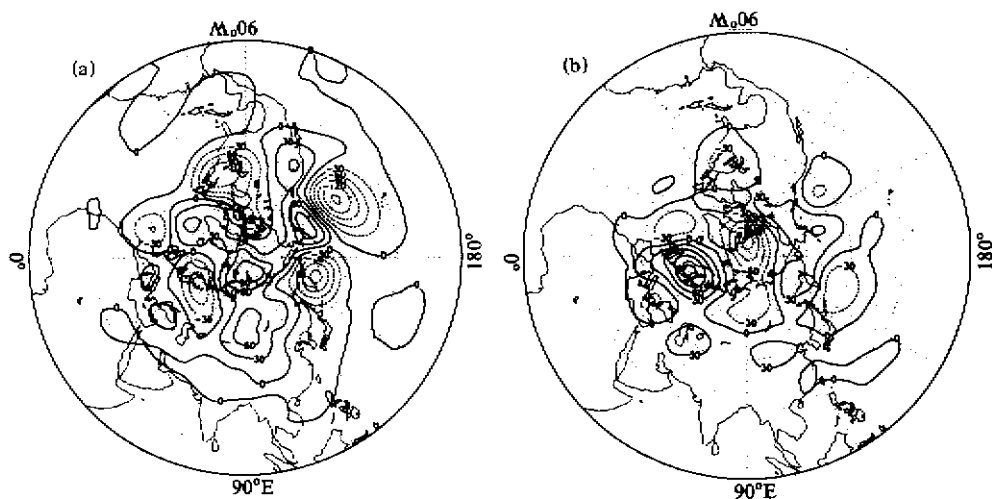


图 2 1997 年 500 hPa 高度距平场 (单位: gpm)

(a) 5 月; (b) 8 月

4.2 500 hPa 风矢量场

从 500 hPa 风矢量与多年平均差值场上看, 春末夏初 (图 3a) 乌拉尔山西侧至波罗的海上空气旋性环流加强, 鄂霍次克海上空气旋性环流也非常明显, 乌拉尔山以东至蒙古高原上空为一个强大的反气旋性环流控制, 受其影响, 我国大陆东部偏北气流增强, 青藏高原东北侧至华北平原偏北气流最为明显, 这与文献[1, 2]利用单站资料分析指出的青藏高原东北侧春末夏初旱表现为该区域上空偏北气流加强的结果一致。另外, 在低纬阿拉伯海至孟加拉湾反气旋式环流加强, 台湾以东西太平洋上空反气旋式环流加强。盛夏 (图 3b) 欧亚 500 hPa 风矢量与多年平均差值场上, 中高纬区域乌拉尔山东侧西西伯利亚平原上空为强大的气旋性环流, 巴尔喀什湖西南侧的伊朗高原上空有一个反气旋性环流, 贝加尔湖南侧蒙古高原上空也有一个反气旋性环流, 而鄂霍次克海上空

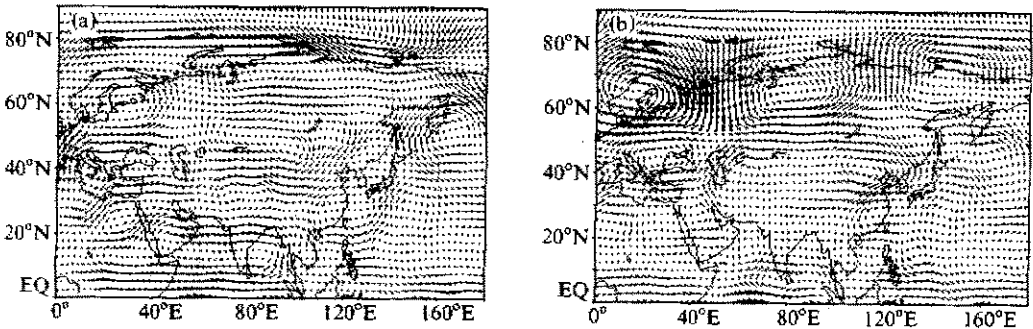


图 3 1997 年 500 hPa 风矢量距平场
(a) 5~6 月; (b) 7~8 月

气旋性环流增强, 受其影响, 青藏高原东北侧至华北平原偏北气流增强, 热带低纬印度半岛上空仍维持一反气旋式环流, 不利于水汽向北输送。

以上分析似乎揭示了这样一个事实, 即中高纬乌拉尔山以东至蒙古高原上空强大的反气旋性环流持续稳定可能是青藏高原东北侧乃至中国北方干旱少雨的最直接因素, 为此我们作了进一步分析。图 4 是 1997 年与多年 (1958 年 1 月至 1997 年 8 月) 平均的乌拉尔山以东至蒙古高原上空 (70~120°E, 40~60°N) 500 hPa 位势高度场强度 (以该区域 21×9 个网格点的 500 hPa 位势高度平均值表示) 变化对比, 从图中可以看出, 自后冬到盛夏 8 月, 1997 年该区域上

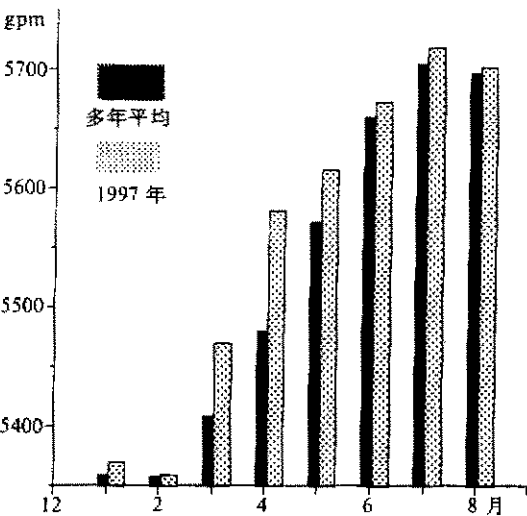


图 4 1997 年与多年 (1958~1997) 平均乌拉尔山以东至蒙古高原上空 500 hPa 位势高度场强度变化对比

空 500 hPa 位势高度比常年持续偏高, 其中春季 (3~5 月) 明显偏高, 从而证实了以上事实。

4.3 500 hPa 涡度场

为从动力角度分析, 计算了 500 hPa 涡度场, 图 5 给出了 1997 年与多年平均涡度距平场。在春末夏初 500 hPa 涡度距平场 (图 5a) 上, 长江以北广大区域为负距平区, 其中以青藏高原东北侧至华北上空最为明显, 中心强度达 $-2.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 青藏高原东北侧达 $-4.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 高原主体上空和长江以南为正距平区, 中心强度达 $6.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上。盛夏 (图 5b), 长江以北广大区域仍为负距平区, 中心强度达 $-15.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 长江以南大部分区域为正距平区, 其中长江中下游区域中心强度达 $12.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 涡度距平呈现南正北负型。

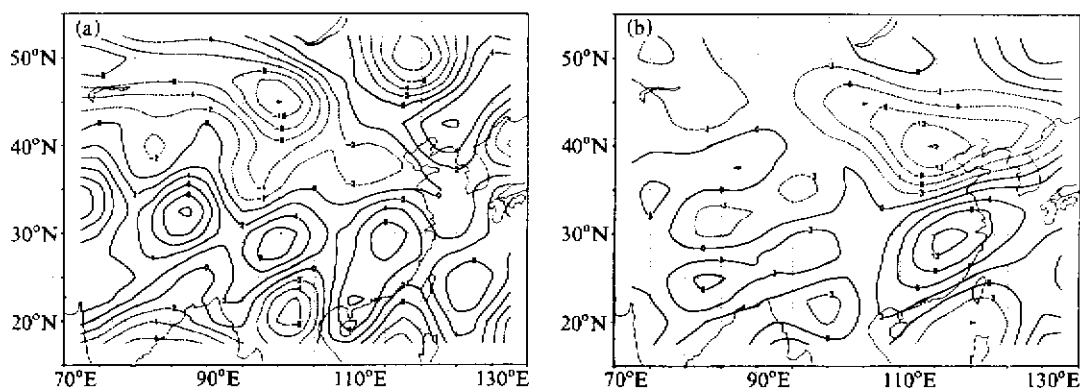


图 5 1997 年 500 hPa 涡度距平场

(a) 5~6 月; (b) 7~8 月

4.4 500 hPa 散度场

我们还计算了 500 hPa 散度距平场 (图 6)。春末夏初散度距平场 (图 6a) 上, 青藏高原上空、江淮流域和内蒙古东部至东北平原上空为负距平区, 其中高原上空的负距平中心强度达到 $-2.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 表明这里的对流辐合上升气流非常强盛, 在以上三个负距平区之间的青藏高原东北侧至华北平原上空均为正距平区, 中心强度均达到 $1.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, 说明该区域辐散下沉运动增强, 不利于降水的形成。盛夏 (图 6b) 受南亚高压和副热带高压的共同影响, 我国大部分区域为正散度距平分布, 其中尤以青藏高原东北侧上空的散度距平值最大, 中心强度达到 $1.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 以上, 辐散下沉运动最强盛, 而青藏高原北侧至河套平原和我国东南沿海一带为负距平区。

5 结论

针对青藏高原东北侧区域 1997 年发生的春夏大旱进行了 500 hPa 环流场特征分析, 指出该年欧亚范围内的大尺度环流场以及青藏高原东北侧及其相邻区域的局地环流场均表现出明显的持续异常特征: 从春到夏, 在欧亚 500 hPa 位势高度场上, 中高纬自

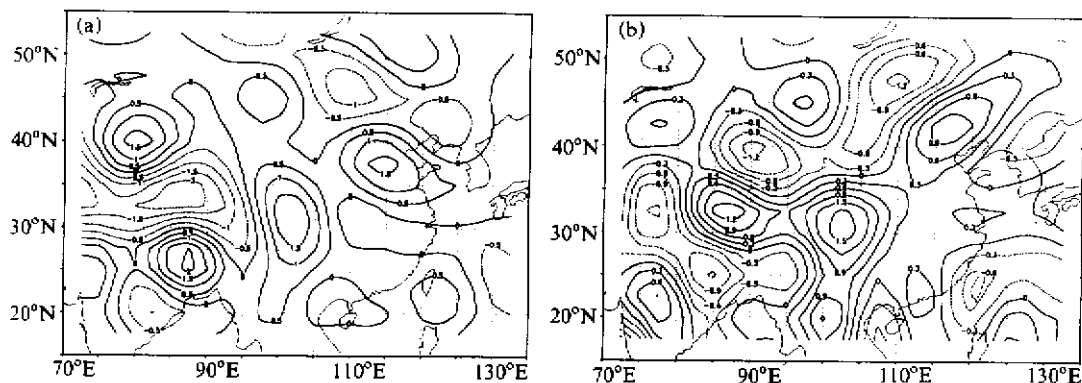


图 6 1997 年 500 hPa 散度距平场

(a) 5~6 月; (b) 7~8 月

西向东呈现负正负的距平波列。在流场上表现为两槽一脊型, 即乌拉尔山西侧和鄂霍次克海上空各有一个非常明显的气旋性环流, 乌拉尔山以东至蒙古高原上空为一个强大的反气旋性环流。该反气旋性环流自后冬到盛夏持续偏强, 其中春季明显偏强。受其影响, 我国大陆东部偏北气流强盛, 而高原东北侧至华北平原偏北气流最为明显。另外, 在低纬阿拉伯海至孟加拉湾呈现反气旋环流, 台湾以东西太平洋上空也呈现反气旋环流。以上环流形势不利于水汽向北输送, 造成降水偏少, 形成干旱。其次, 从春到夏, 长江以北广大区域为负涡度距平区, 其中以青藏高原东北侧区域上空最为明显, 高原主体上空和长江以南区域为正距平区。涡度距平呈现南正北负型。青藏高原上空, 江淮流域和内蒙东部至东北平原上空为负散度距平区, 在以上三个负散度距平区之间的青藏高原东北侧至华北平原上空均为正散度距平区, 其中尤以青藏高原东北侧区域上空的正散度距平值最大, 辐散下沉运动最强盛, 不利于降水的形成。总之, 正是上述高低纬的大尺度环流形势和局地环流特征的持续异常, 使得高原东北侧区域形成了 1997 年的春夏大旱。

参 考 文 献

- 1 徐国昌, 青藏高原东北侧干旱的天气气候特征, 长期天气预报文集, 北京: 气象出版社, 1981.
- 2 白肇桦等, 中国西北天气, 北京: 气象出版社, 1988.
- 3 叶笃正, 高由禧等, 青藏高原气象学, 北京: 科学出版社, 1979.
- 4 杨伟恩, 叶笃正, 吴国雄, 1990, 夏季青藏高原气象学若干问题的研究, 中国科学(B), 1990, 20(10), 1100~1111.
- 5 林春育, 陆菊中, 中低纬度环流变异与高原东北侧初夏干旱的探讨, 干旱气象文集, 北京: 气象出版社, 1989.
- 6 王宝灵, 孙国武等, 中国西北地区月降水量的年际变化及分区研究, 中国西北干旱气候研究, 北京: 气象出版社, 1997, 52~58.
- 7 国家气候中心, 全国气候影响评价, 北京: 气象出版社, 1997.
- 8 俞亚勋, 谢金南, 王宝灵, 青藏高原东北侧初夏干旱年 500 hPa 环流场特征分析, 高原气象, 2000, 19(1), 43~51.

Diagnosis on the 500 hPa Circulation Anomaly for Severe Drought of Tibetan Plateau Northeastern side in Spring-Summer 1997

Yu Yaxun and Wang Baoling

(Lanzhou Arid Meteorological Institute, Lanzhou 730020)

Guo Hui

(Gansu Meteorological Bureau, Lanzhou 730020)

Abstract The NECP / NCAR global reanalysis monthly grid data and the observed monthly precipitation at 160 stations in China about 40 years (1958 ~ 1997) are used in this paper. For the severe drought of the Tibetan Plateau Northeastern side occurred in spring and summer of 1997, the synoptic and climatic background and the 500 hPa potential height fields, u , v vector fields, vorticity fields and the divergence fields at the area of Eurasia are analyzed and calculated respectively. The causes and mechanisms for this severe drought are also discussed, and it provides basis for short-term climatic forecast.

Key words: Tibetan Plateau; severe drought; circulation anomaly; diagnosis