



# 气象与水文灾害

## 第五章 气象干旱

授课教师： 杨静



# 6. 干旱

## 2022 夏

### 长江流域旱情快速发展 水利部启动干旱防御IV级应急响应

2022-08-11 21:55 来源：水利部网站

字号：默认 大 超大 | 打印 | 分享 | 收藏

7月份以来，长江流域降雨量较常年同期偏少4成；流域大部高温日超过15天，中下游部分地区超过25天；部分地区连续无有效降雨天数超过20天。当前，长江干流及洞庭湖、鄱阳湖水位较常年同期偏低4.7~5.7米，均为有实测记录以来同期最低；部分地区小型水库蓄水严重不足。

长江流域旱情快速发展，安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川6省（直辖市）耕地受旱面积967万亩，有83万人因旱供水受到影响。目前，长江流域大中型灌区水源得到有效保障，部分灌区末端区域和望天田受旱较重；部分以小型水库或山泉水、溪流水作为水源的分散供水工程缺水，群众供水受到一定影响，一些群众需要拉水送水保障生活用水。



### 水利部：长江流域9省市耕地受旱面积3299万亩，246万人供水受影响

分享到：



29 196

2022-08-21 09:21:14

字号：A- A A+

来源：央视新闻客户端

阅读 127658

最新更新：2022-08-21 09:35:17

7月以来，长江流域大部持续高温少雨，降雨量较常年同期偏少4.5成。未来几天，长江流域旱情仍将持续。



水利部最新发布的数据显示，今年以来，受西太平洋副高影响，长江流域内主要河湖来水明显偏少，水位显著偏低，出现了多年同期少见的干旱灾害。截至目前，四川、重庆、湖北、湖南、安徽、江西等9个省（市）耕地受旱面积3299万亩，有246万人、35万头大牲畜因旱供水受到影响。

# 6.1 干旱的概念

干旱通常是指长期无雨或少雨，水分不足以满足人的生存和经济发展的现象

□ 干旱/半干旱气候： Aridity; Arid and semi-arid regions

□ 干旱事件/旱灾： Droughts; Drought events

较长时期内的稳定状态  
区域气候特征

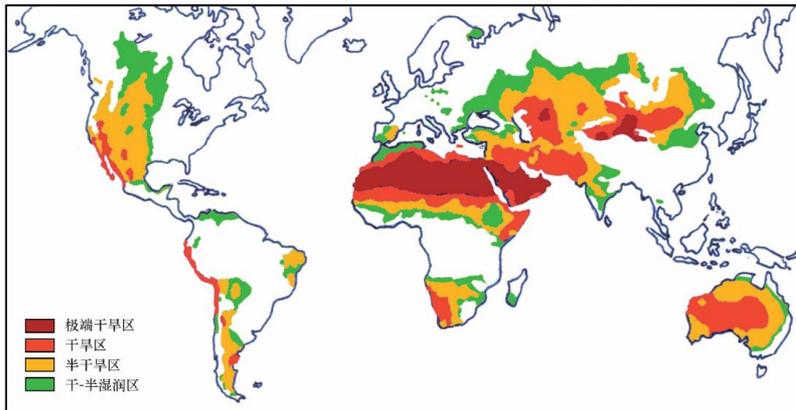


图2 全球极端干旱、干旱、半干旱以及干-半湿润区分布

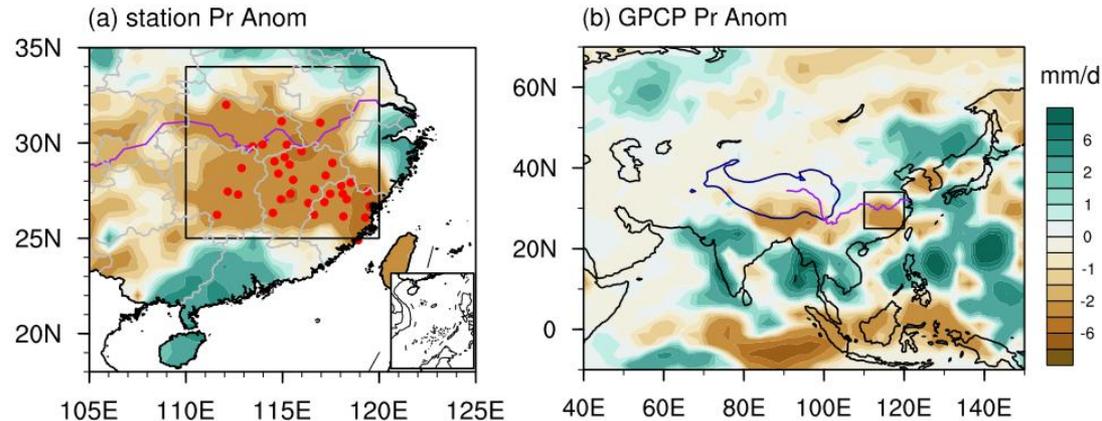
引自 Thomas(1997), 钱正安等(2011) 后来改为彩色版

Fig. 2 Distribution of extreme arid, arid, semi-arid, and dry-subhumid regions in the world.

From Thomas (1997), later Qian et al(2011) changed to color version

(Qian et al., 2017)

异常状态  
某地在某时段内水分亏缺



2019年长江中下游地区严重伏秋连旱  
(图示8月降水异常)

(Jiang et al., 2022)

## 6.2 干旱类型

按照影响对象可分为不同类型：

- **气象干旱**指某时段内，由于蒸发量和降水量的收支不平衡，**水分支出大于水分收入而造成水分短缺**现象；
- **水文干旱**指由于降水的长期短缺而造成某段时间内，地表水或地下水收支不平衡，出现水分短缺，使江河流流量、湖泊水位、水库蓄水等减少的现象；
- **农业干旱**在作物生育期内，由于土壤水分持续不足而造成的作物体内水分亏缺，影响作物正常生长发育的现象；
- **社会经济干旱**指由自然系统与人类社会经济系统中水资源供需不平衡造成的异常水分短缺现象。社会对水的需求通常分为工业需水、农业需水和生活与服务行业需水等。如果需大于供，就会发生社会经济干旱。



## 6.3 气象干旱

- 气象干旱是指某时段内，由于蒸发量和降水量的收支不平衡，水分支出大于水分收入而造成的水分短缺现象。
- 《气象干旱等级标准》指出“气象干旱是一种气象环境异常”。根据该标准，气象干旱可分为无旱、轻旱、中旱、重旱、特旱5个等级。

# 气象干旱指标

气象干旱指标按照**计算所需变量**可分为三类：

- **单因素指标**：直接以**降水量**作为评估指标，如连续无雨日数(CDD)、降水量距平百分率(PA)、标准化降水指数(SPI)以及干旱指数等；
- **双因素指标**：依据**降水**和**蒸散发**建立的指标，如相对湿润度指数(MI)、标准化降水蒸散指数(SPEI)和气象干旱综合指数(MCI)等；
- **多因素指标**：如依据土壤水分平衡原理建立的帕默尔干旱指数(PDSI)。

按照**识别方法**可分为两类：

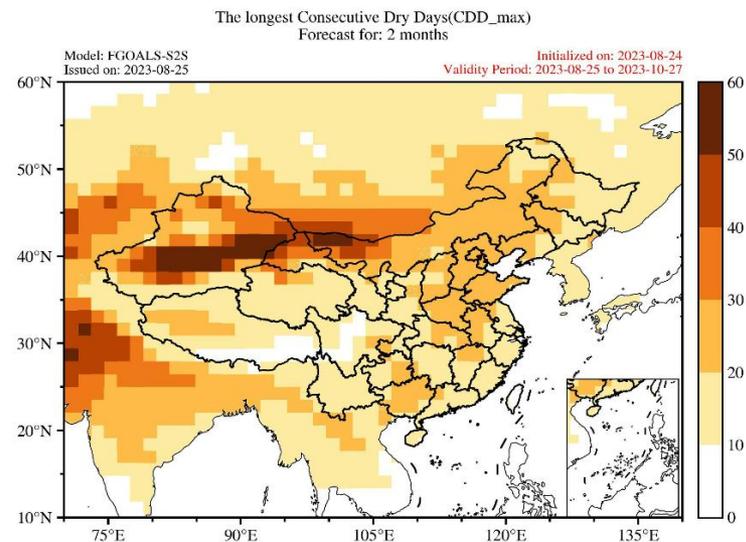
- **标准化方法**(standardised approaches)
- **阈值方法**(threshold approaches)

# 1 连续无雨日数(CDD)

Consecutive Dry Days  
阈值方法, 单因素指标

- 指作物在正常生长期间, 连续无有效降雨的天数。本指标主要指作物在水分临界期(关键生长期)的连续无有效降雨日数。
- 有效降雨定义: 大于1mm(不同地区因气候状况可采用不同阈值)
- 等级划分

	春季	夏季	秋、冬季
小旱	16~30天	16~25天	31~50天
中旱	31~45天	26~35天	51~70天
大旱	46~60天	36~45天	71~90天
特大旱	61天以上	46天以上	91天以上



# 2 降水量距平百分率(PA)

Precipitation Anomaly in percentage  
单因素指标

- 表征某时段**降水量较常年值偏多或偏少**，直观反映降水异常引起的干旱，适用于半湿润、半干旱地区平均气温高于10°C的时间段干旱事件的监测和评估。

## ● 计算方法

降水量距平百分率反映某一时段降水量与同期平均状态的偏离程度，按式(A.1)计算：

$$PA = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

PA —— 某时段降水量距平百分率，%；

P —— 某时段降水量，单位为毫米(mm)；

$\bar{P}$  —— 计算时段同期气候平均降水量，单位为毫米(mm)，按式(A.2)计算。

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

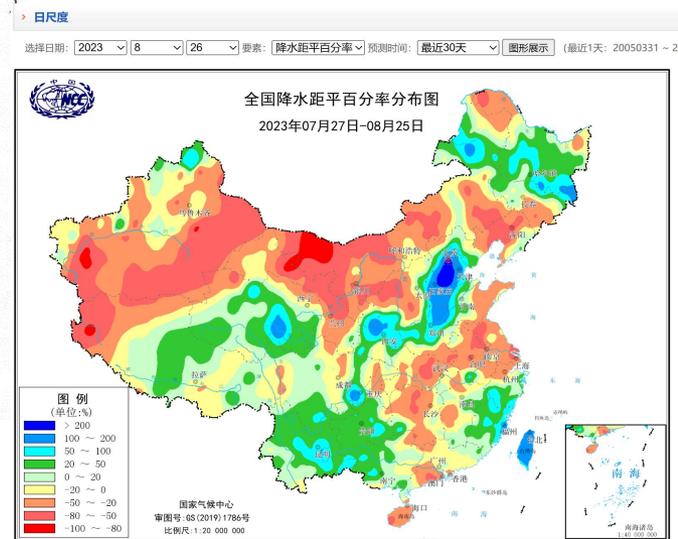
n —— 一般取 30，指 30 日(月或年)；

P<sub>i</sub> —— 计算时段第 i 日(月或年)降水量，单位为毫米(mm)。

## ● 等级划分

表 1 单站降水量距平百分率划分的干旱等级

等级	类型	降水量距平百分率(Pa) (%)		
		(月尺度)	(季尺度)	(年尺度)
1	无旱	-40 < Pa	-25 ≤ Pa	-15 ≤ Pa
2	轻旱	-60 < Pa ≤ -40	-50 ≤ Pa < -25	-30 ≤ Pa < -15
3	中旱	-80 < Pa ≤ -60	-70 < Pa ≤ -50	-40 < Pa ≤ -30
4	重旱	-95 < Pa ≤ -80	-80 < Pa ≤ -70	-45 < Pa ≤ -40
5	特旱	Pa ≤ -95	Pa ≤ -80	Pa ≤ -45



中国气象局--国家气候中心--气候系统监测·诊断·预测·评估 (ncc-cma.net)

# 3 标准化降水指数(SPI)

- 标准化降水指数(SPI)是用以表征某时段**降水量出现概率多少**的指标,该指标适用于不同地区不同时间尺度干旱的监测与评估。
- 计算方法：假设统计时段内的降水累积频率分布符合偏态函数分布（如 $\Gamma$ 分布、*Pearson*分布等），将其进行正态标准化处理，即认为当地某时段内理想降水量为零，计算出的指数值正值表示比正常值偏多，负值表示比正常值偏少
- 等级划分

表 3 标准化降水指数干旱等级划分表

等级	类型	SPI
1	无旱	$-0.5 < \text{SPI}$
2	轻旱	$-1.0 < \text{SPI} \leq -0.5$
3	中旱	$-1.5 < \text{SPI} \leq -1.0$
4	重旱	$-2.0 < \text{SPI} \leq -1.5$
5	特旱	$\text{SPI} \leq -2.0$

Table 1. Phenomena reflected by specific-duration standardized precipitation indices (SPI) and their applications (NDMC 2006c)

SPI duration	Phenomena reflected	Application
1 month SPI	Short-term conditions	Short-term soil moisture and crop stress (especially during the growing season)
3 month SPI	Short- and medium-term moisture conditions	A seasonal estimation of precipitation
6 month SPI	Medium-term trends in precipitation	Potential for effectively showing the precipitation over distinct seasons. e.g., for California, the 6 month SPI can effectively indicate of the amount of precipitation from Oct. to Mar.
9 month SPI	Precipitation patterns over a medium time scale	If $\text{SPI}_9 < -1.5$ then it is a good indication that substantial impacts can occur in agriculture (and possibly other sectors)
12 month SPI	Long-term precipitation patterns	Possibly tied to streamflows, reservoir levels, and also groundwater levels

## 优势

- 计算仅基于降水，操作简单
- SPI可以在多个时间尺度上描述干旱，长时间尺度的SPI可以反映农业/水文干旱。
- 数值大小标准化，特别适合比较不同时间段和不同气候的区域之间的干旱状况

# 4 标准化降水蒸散发指数(SPEI)

Standardized Precipitation Evapotranspiration Index; 双因素指标

- 标准化降水蒸散发指数(SPEI)是用于表征某时段**降水量与蒸散量之差出现概率多少**的指标（干旱不仅受到降水的影响而且与蒸散密切相关）
- 计算方法：2010年 Vicente-Serrano 采用降水与蒸散的差值构建了 SPEI 指数,并采用了3个参数的 log-logistic 概率分布函数来描述其变化，通过正态标准化处理，最终用标准化降水与蒸散差值的累积频率分布来划分干旱等

第一步计算潜在蒸散(PET)。Vicente-Serrano 推荐的是 Thornthwaite 方法,该方法的优点是考虑了温度变化,能较好反映地表潜在蒸散。

第二步用式(E.1)计算逐月降水量与潜在蒸散量的差值:

$$D_i = P_i - PET_i \quad \dots\dots\dots(E.1)$$

式中:

$D_i$  —— 降水量与潜在蒸散量的差值;

$P_i$  —— 月降水量;

$PET_i$  —— 月潜在蒸散量,计算方法见 C.1。

第三步如同 SPI 方法,对  $D_i$  数据序列进行正态化处理,计算每个数值对应的 SPEI 指数。由于原始数据序列  $D_i$  中可能存在负值,所以 SPEI 指数采用了 3 个参数的 log-logistic 概率分布。log-logistic 概率分布的累积函数如式(E.2):

$$F(x) = \left[ 1 + \left( \frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^\beta \right]^{-1} \quad \dots\dots\dots(E.2)$$

## ● 等级划分

表 4 标准化降水蒸散发指数干旱等级划分表

等级	类型	SPEI
1	无旱	$-0.5 < SPEI$
2	轻旱	$-1.0 < SPEI \leq -0.5$
3	中旱	$-1.5 < SPEI \leq -1.0$
4	重旱	$-2.0 < SPEI \leq -1.5$
5	特旱	$SPEI \leq -2.0$

## 优势

- SPEI基于SPI发展而来,因此①具有计算简单性,②可以在多个时间尺度上描述干旱③数值标准化,可以比较不同时间段和不同气候的区域之间的干旱状况
- 可以反映温度变化(如全球变暖)导致的蒸发需求变化对干旱的影响



# 6 帕默尔干旱指数(PDSI)

- 依据土壤水分平衡原理建立，用于表征某时间段某地区**土壤实际水分供应相对于当地气候适宜水分供应的亏缺程度**。针对不同的地区,需要对计算公式中用到的各种参数（气候权重系数和持续时间因子）进行修订，该指标适用于月以上尺度的干旱监测和评估。【计算复杂】

## ● 计算方法:

### F.2.1 第一步计算水分异常指数 $Z$

为了使 PDSI 成为一个标准化的指数,水分距平  $d$  求出后,又将其与指定地点给定月份的气候权重系数  $K$  相乘,得出水分异常指数  $Z$ ,也称 Palmer  $Z$  指数,表示给定地点给定月份,实际气候干湿状况与其多年平均水分状态的偏离程度,如式(F.16):

$$Z = dK$$

式中:

$Z$  —— 水分异常指数;

$d$  —— 水分距平;

$K$  —— 气候权重系数。

气候权重系数  $K$  的取值由月份和地理位置决定,由式(F.17)计算

### F.2.2 第二步计算修正的气候特征系数 $K$

式(F.16)的气候特征系数  $K$ ,根据中国气候特点进行修正

### F.2.3 第三步建立修正帕默尔干旱指数

根据帕默尔旱度模式的思路,利用我国气象站资料对帕默尔旱度模式,进行修正得式(F.19):

$$PDSI_i = 0.755PDSI_{i-1} + \frac{1}{1.63}Z_i \quad \dots\dots\dots (F.19)$$

式中:

$PDSI_i$  —— 第  $i$  月 PDSI 干旱指数值;

$Z_i$  ——  $i$  月水分异常指数;

$PDSI_{i-1}$  —— 第  $i-1$  月的 PDSI 干旱指数值。

式(F.19)中的 0.755 和  $\frac{1}{1.63}$  为持续因子,起始月份的  $PDSI_i$  的计算如式(F.20)

$$PDSI_i = \frac{1}{1.63}Z_i \quad \dots\dots\dots (F.20)$$

## ● 等级划分 (F.16)

表 5 帕默尔干旱指数干旱等级划分表

等级	类型	PDSI
1	无旱	$-1.0 < PDSI$
2	轻旱	$-2.0 < PDSI \leq -1.0$
3	中旱	$-3.0 < PDSI \leq -2.00$
4	重旱	$-4.0 < PDSI \leq -3.0$
5	特旱	$PDSI \leq -4.0$

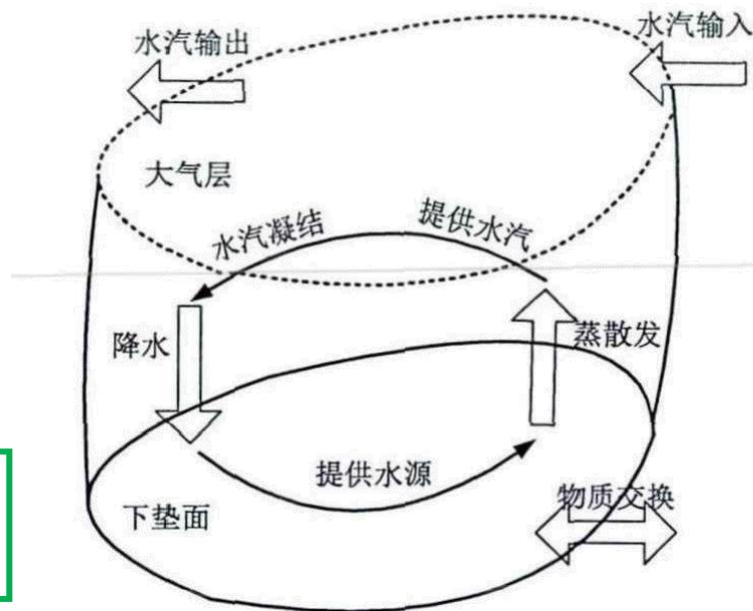
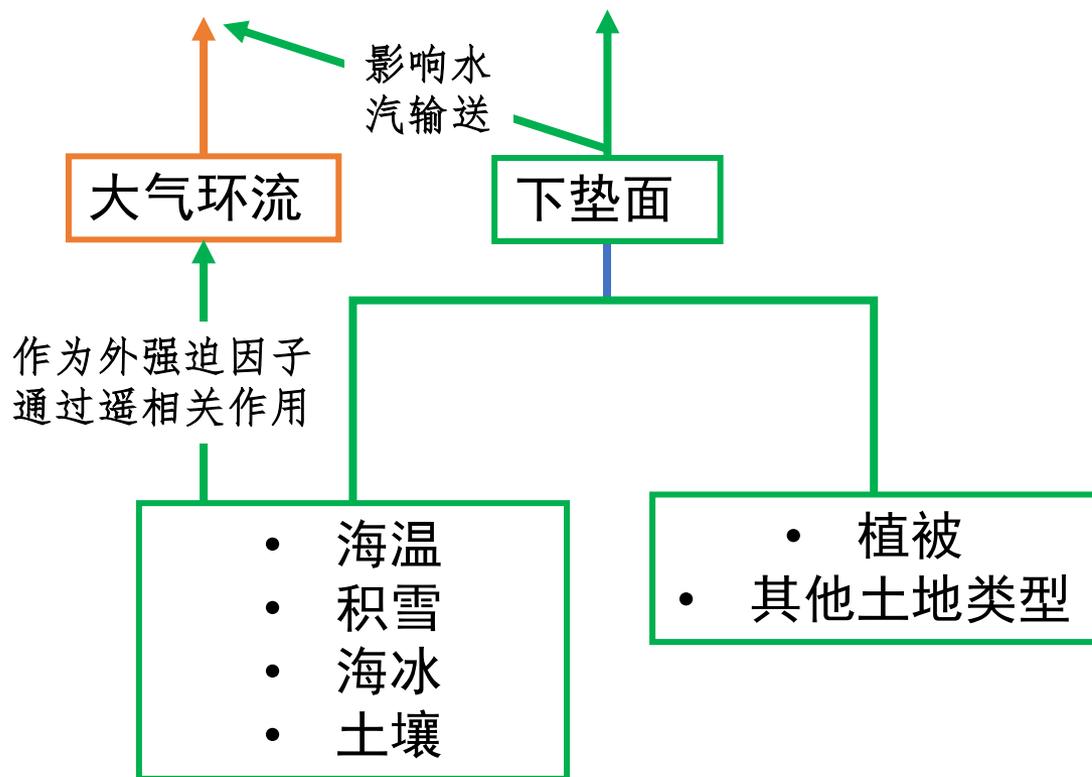
## 优势

- 除降水外,还考虑了温度、土壤湿度等
- 可反映全球变暖(温度变化)下蒸发需求改变对干旱的影响

# 3 气象干旱形成机理

■ 气象干旱是区域气候系统受到某些干扰而使降水(P)和蒸散发(E)长期均衡打破后呈现出的现象

■ 降水偏少 + 蒸散发加强 → 气象干旱



区域气候系统示意图

(Jiang et al., 2013)

# 3 气象干旱形成机理

■ 降水偏少 + 蒸散发加强 → 气象干旱

$$P - E < 0$$

□ 局地大气水汽收支 (Trenberth & Guillemot, 1995)

$$P - E = -\frac{1}{g} \left( \frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla \cdot \int_0^{p_s} q \vec{V} dp \right)$$

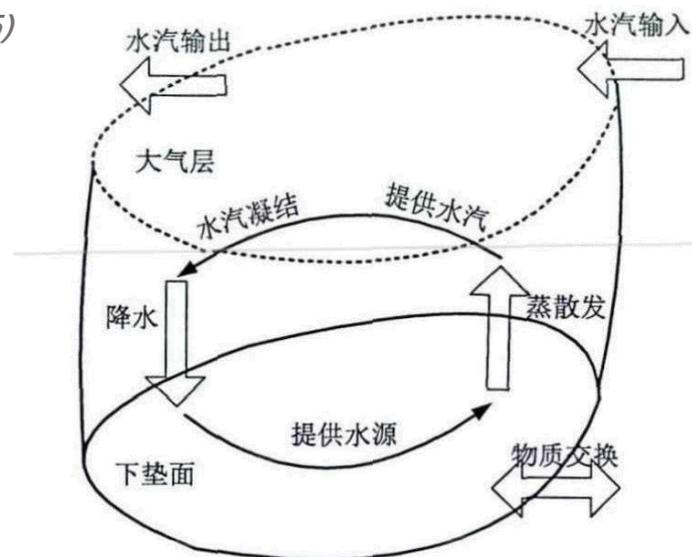
整层可降水量的  
局地变化

整层水汽  
通量散度

□ “Bucket” 陆面模型

$$P - E = \frac{dS}{dt} + R_o + G_w$$

S: 土壤湿度  
R: 径流  
G: 地下水流量



区域气候系统示意图

(Jiang et al., 2013)

# 3 气象干旱形成机理

## ■ 1.大气环流异常所导致的降水异常偏少是气象干旱形成的直接原因

### □ 局地：高压系统（下沉气流）

- a. 空气压缩，绝热增温
- b. 空气垂直上升运动受阻，抑制云、降水的形成

### □ 背景：

- a. 大气遥相关（AO、NAO等）
- b. 季风活动（影响我国的主要是东亚夏季风和印度夏季风强弱、进退和停留）

# 3 气象干旱形成机理

## ■ 2. 下垫面对于干旱的加强和持续具有重要作用

□ a. 作为**强迫因子**引起大气环流异常：如海温、积雪、海冰异常

### ● 海温和海洋引起的环流异常是导致干旱事件的重要因子

■ 异常海温导致异常**大气环流**

■ 海洋作为水汽的重要源地，可通过改变影响东亚地区季风（东亚季风和南亚季风）、西风带等气候系统**水汽输送**的强弱、路径、来源及汇合地等，从而影响东亚地区干旱事件的发生

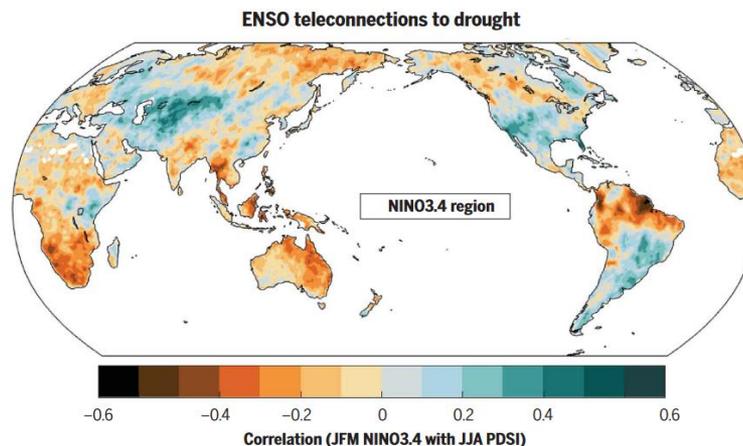


Fig. 1. Correlation coefficients between NINO3.4 SST (ERSSTv3b) and self-calibrating PDSI (30). All correlations are computed between boreal winter [January-February-March (JFM)] SSTs with PDSI during the following boreal summer [June-July-August (JJA)]. (Ault, 2020)



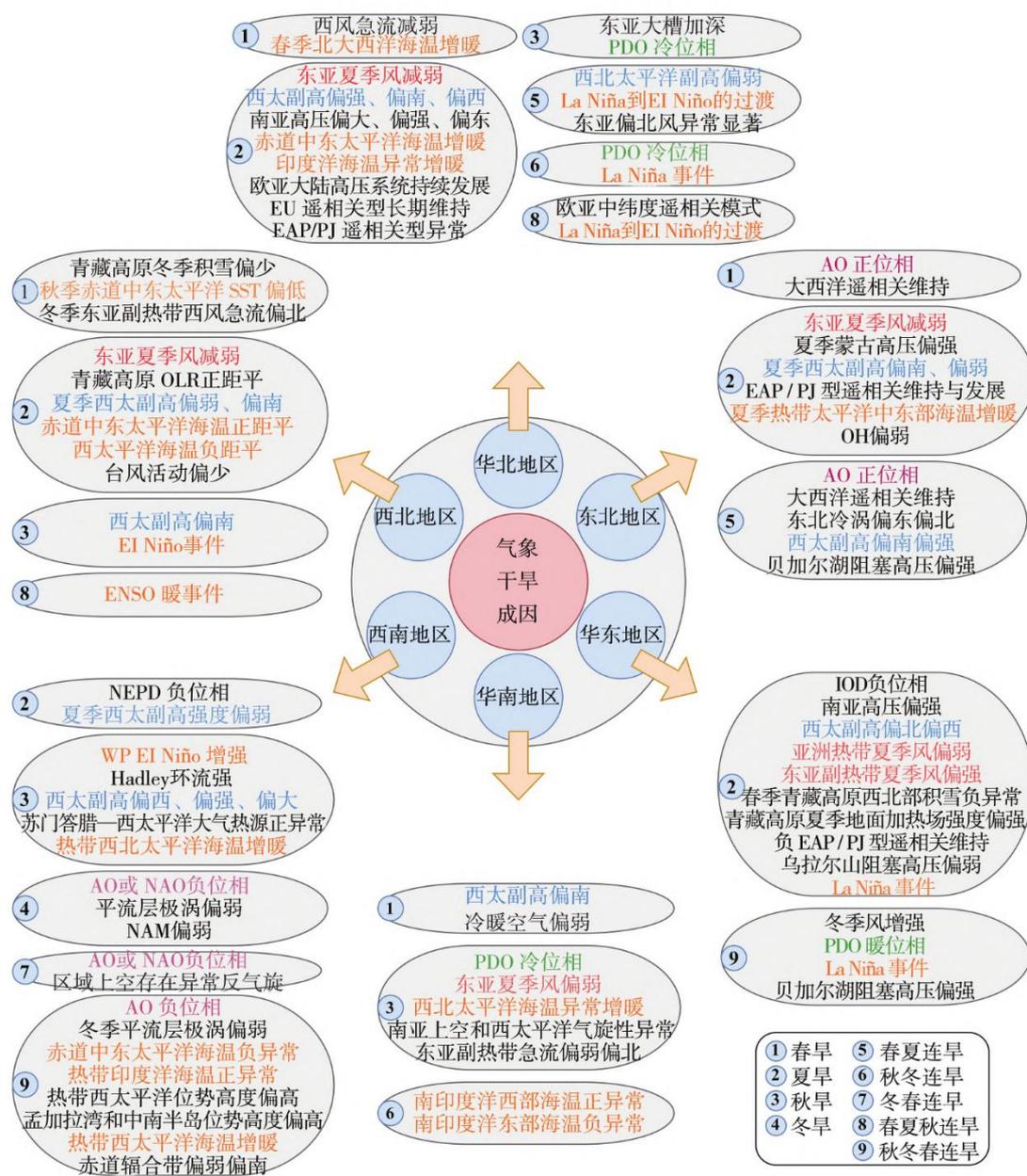


图3 不同区域和时段气象干旱影响因子作用示意图  
(不同区域共同的一类因子用同一颜色表示)

Fig. 3 The schematic diagram of influencing factors action on meteorological drought for different periods in different regions  
(The common factors in different regions are represented by the same color)

# 4 我国干旱的分布与划分

□ 按照干旱出现的**季节**，干旱可分为：

## 春旱、夏旱、伏旱、秋旱等

	春旱	伏旱（夏旱）	秋旱
西北	4-5月	6月上中旬为初夏旱；7月下旬至8月上旬为伏旱	
华北	3-5月	6-8月	9-11月
长江中下游	5-7月初	7-8月	9-10月
华南	2-4月	5-7月	8-10月

□ 考虑干旱的**时间持续性**，又可分为：

## 季节干旱、两季连旱和三季连旱

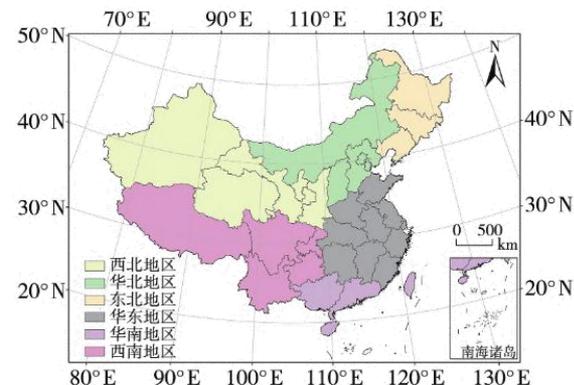


图1 中国地理分区

# 4 我国干旱的分布与划分

□ 我国各地均可发生干旱，但发生频率和程度不同。由近50年资料统计表明，我国有**五个明显的干旱中心**：

(1) **东北干旱区**。该区干旱主要出现在4~8月的**春、夏季节**，春旱出现的概率为66%，夏旱的概率为50%。

(2) **黄淮海干旱区（西北东部和华北）**。该区降水较少，变率大，是我国最大的干旱区，干旱发生次数也居全国之首。作物生长期间的3~10月均可能出现干旱，以**春旱**为主，几乎每年都有不同程度的春旱发生。

(3) **长江流域地区**。该区3~11月均可出现干旱，但主要集中在**夏季和秋季**，以7~9月出现干旱的机会最多，伏旱危害最大。

(4) **华南地区**。该区一年四季均可出现干旱，但由于华南地区雨季来得早，夏秋季常有台风降水，故干旱主要出现在**秋末和冬季及前春**。多数年份干旱时间为3~4个月，最长达7~8个月。

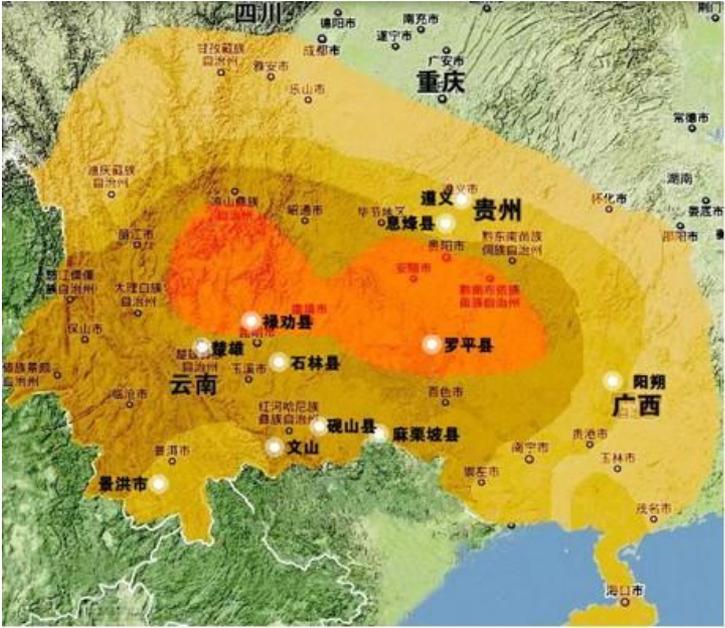
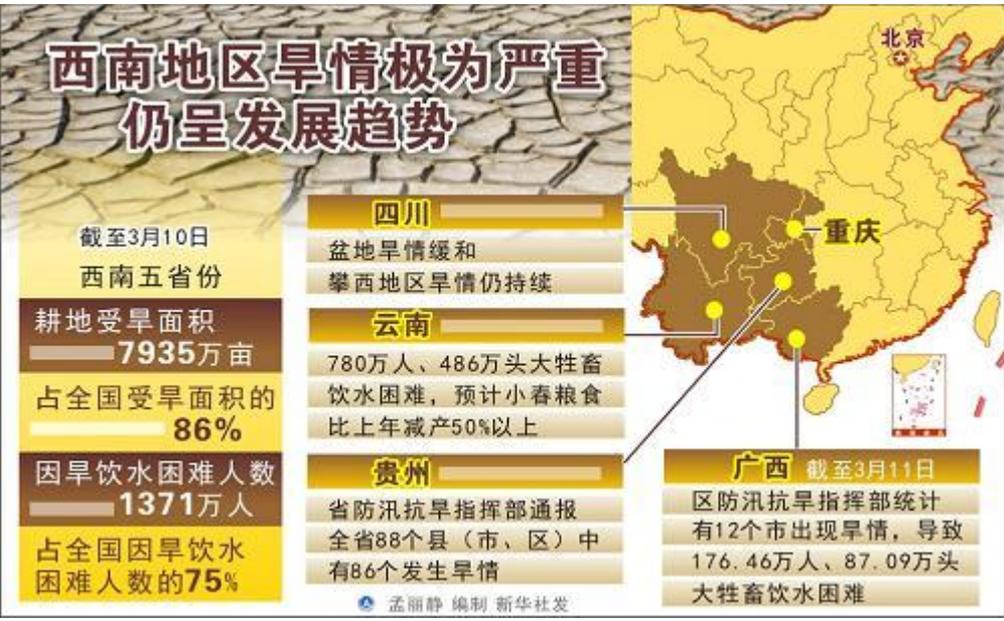
(5) **西南地区**。干旱一般从上一年10月或11月开始，到下一年的4月或5月，个别年份的局部地区持续到6月份，但干旱主要出现在**冬春季节**。



# 干旱灾情统计（列举）

个例	时间	区域	涉及地区	类型	降水偏少程度	持续时间	经济损失
1998/1999年北方冬麦区和南方秋冬春大旱	1998年9月1日-1999年6月1日	北方冬麦区、华南、西南	甘肃、陕西、山西、河北、河南、山东；湖南、湖北、广西、广东、海南、四川、贵州、云南	秋冬春连旱	北方冬麦区降水偏少5~9成	274天	越冬作物及春播受到较大影响
2004-2005年华南南部秋冬春连旱	2004年9月3日-2005年5月5日	华南南部	广西南部、广东南部、海南	秋冬春连旱	区域平均降水距平百分率大多维持在-50~-80%	235天	珠江口沿海地区发生近20年来最严重的咸潮，使水厂间歇性停产；春耕生产进度迟缓
2009至2010年西南地区秋冬春连旱	2009年9月1日-2010年4月22日	西南	四川中西部及南部、重庆、贵州、云南、广西西部和北部	秋冬春连旱	降水量比常年同期偏少了30%至80%	234天	人畜饮水持续困难，江河湖库水位下降，特色经济作物邻国受灾严重，森林火灾频发
2017年华北和东北春夏连旱	2017年4月1日-7月31日	华北、东北西部	河北、山西、山东宁夏、黑吉辽西部	春夏连旱	降水普遍偏少2~5成，阶段性高温少雨天气	122天	全国农作物受灾面积9874.8千公顷，其中绝收752.4千公顷，直接经济损失375亿元
2022长江流域夏秋冬连旱	2022年7月至11月上半月	长江流域	长江流域全流域	夏秋冬连旱	南方地区平均降水606毫米，常年同期偏少26.2%，为1961年以来历史同期最少；	中旱以上日数为77天，为1961年以来历史同期最多	旱情峰值时，全国共有5245.2万人次受灾，农作物受灾面积：6090.2千公顷，直接经济损失512.8亿元，有完整实测资料以来最严重的气象水文干旱

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱



- 云南省是此次旱情最严重的地区之一。气象部门综合评定气象干旱重现期为**80年以上一遇**, 其中滇中、滇东、滇西部的大部地区为100年以上一遇, 并已经演变为秋冬、春连旱。秋冬播农作物绝收**1417万亩**, 全省小春粮食比上年减产**50%以上**; 干旱造成全省农业直接经济损失**172.7亿元**。
- 贵州秋冬连旱, 出现了**80年一遇的严重干旱**, 部分地区旱情甚至百年一遇。全省因旱近**500万人**、**200余万头大牲畜**发生临时饮水困难。
- 广西旱情**50年一遇**迅速蔓延, 干旱等级已达到严重干旱, 其中桂西北达到特大干旱。



广西东兰县隘洞镇廷怀屯农民在平整土地等候降雨抢种

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱



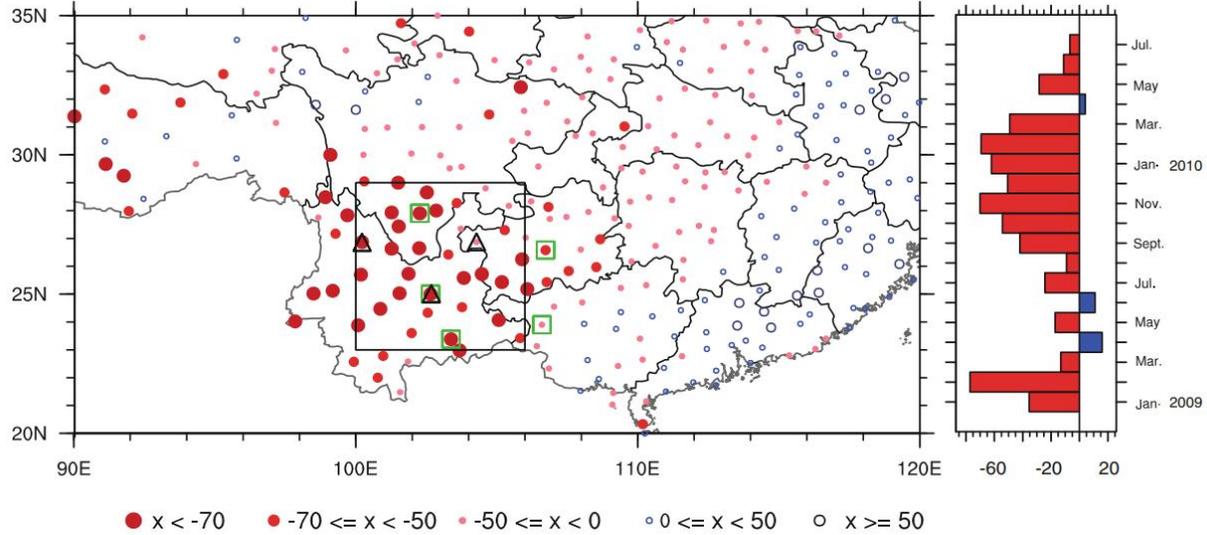
黄果树瀑布百米宽瀑布变细流

罗平60万亩油菜花海成死海

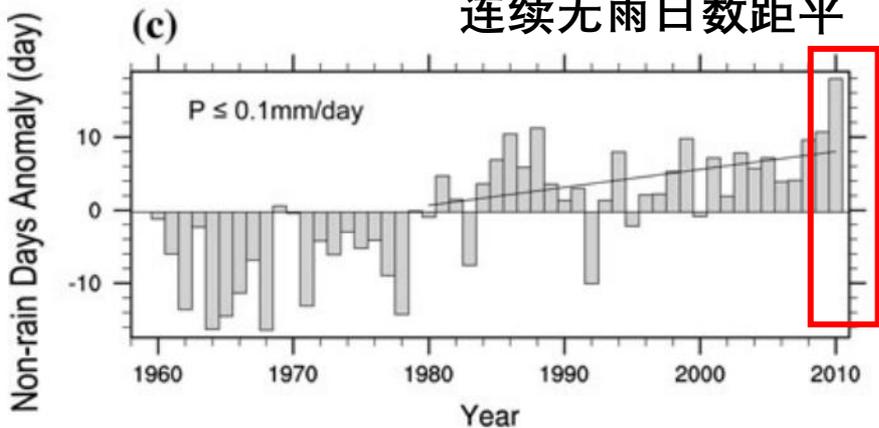
# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱

## ■ 干旱识别

降水距平百分率



连续无雨日数距平



(Yang et al., 2012)

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱

## 机理 - 大气环流

- ① 高层中东急流偏弱
- ② 对流层中层正位势高度异常
- ③ 对流层中低层反气旋
- ④ 下沉运动

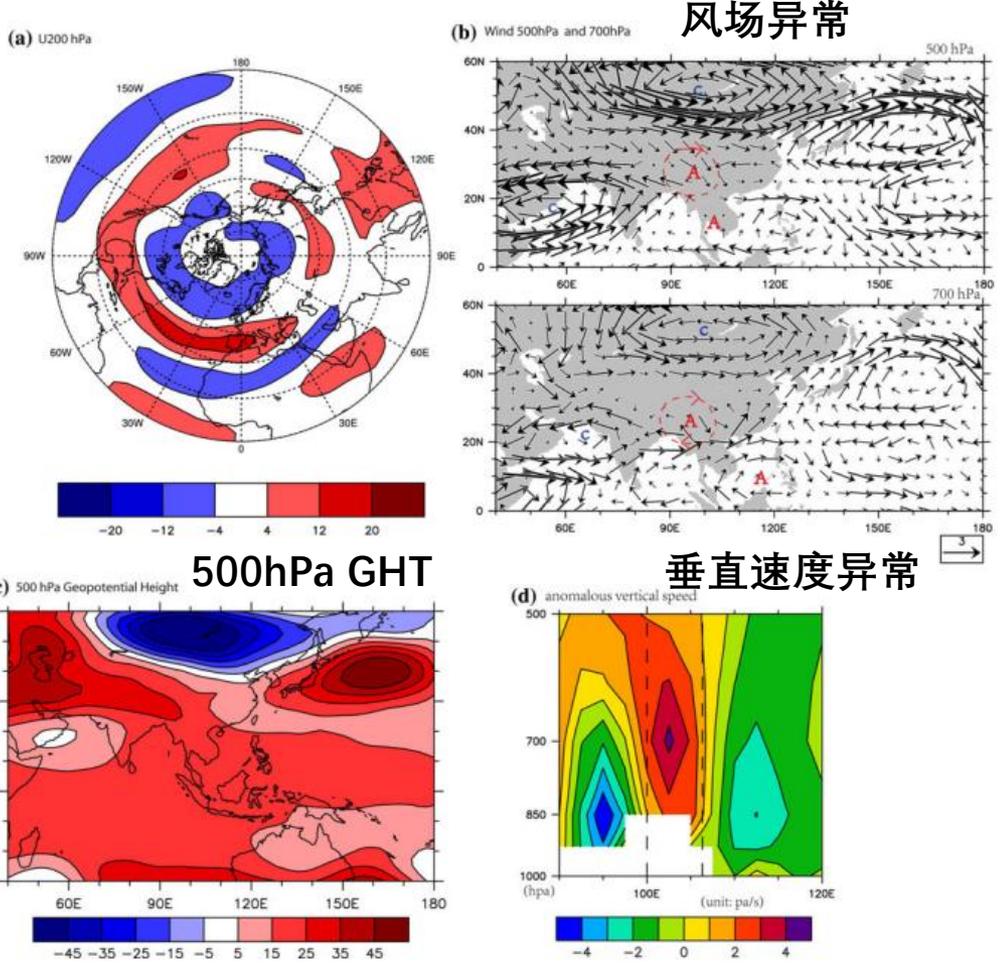
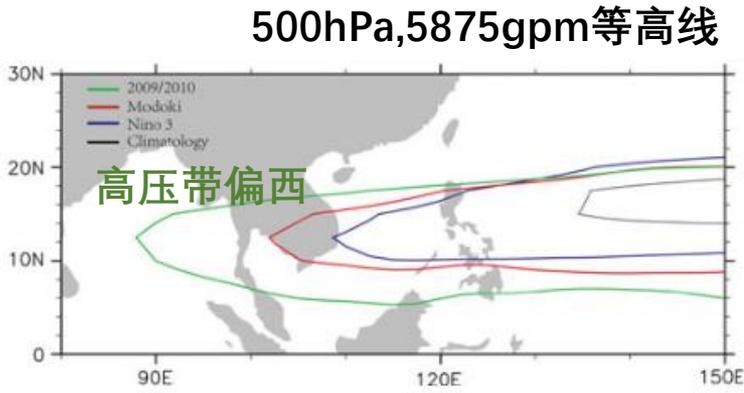


Fig. 6 a Anomalous 200 hPa zonal wind (m/s), b anomalous 500 hPa and 700 hPa winds (m/s), c anomalous 500 hPa geopotential height (geopotential meter) and d cross section of anomalous vertical

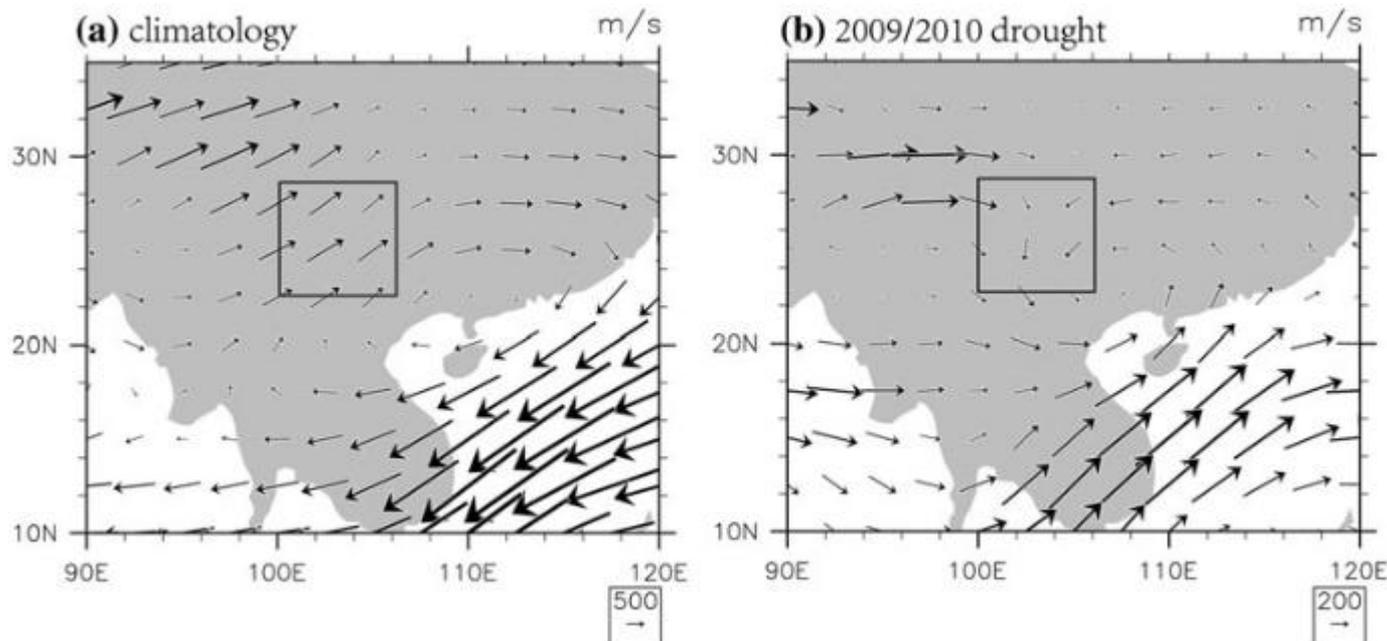
speeds (pa/s) between 20-30°N (negative value represents ascending) during 2009/2010 drought period

(Yang et al., 2012)

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱

## ■ 机理 - 大气环流

### 水汽输送 (气候态VS干旱时段)



热带印度洋向西南的水汽输送异常减少

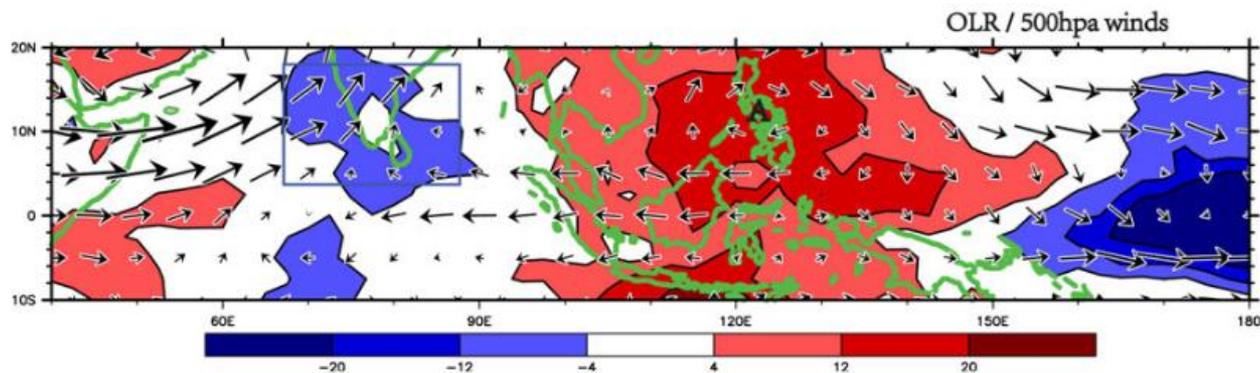
(Yang et al., 2012)

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱

## ■ 机理 - 大气环流异常的影响因子

① MJO弱指数（2009年6～10月）

② 孟加拉湾地区的对流活动持续变弱，并在热带印度洋地区激发出异常的下沉气流，使得南亚地区的亚洲季风垂直环流异常减弱



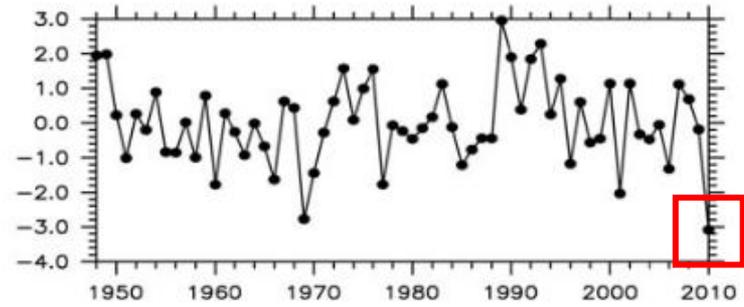
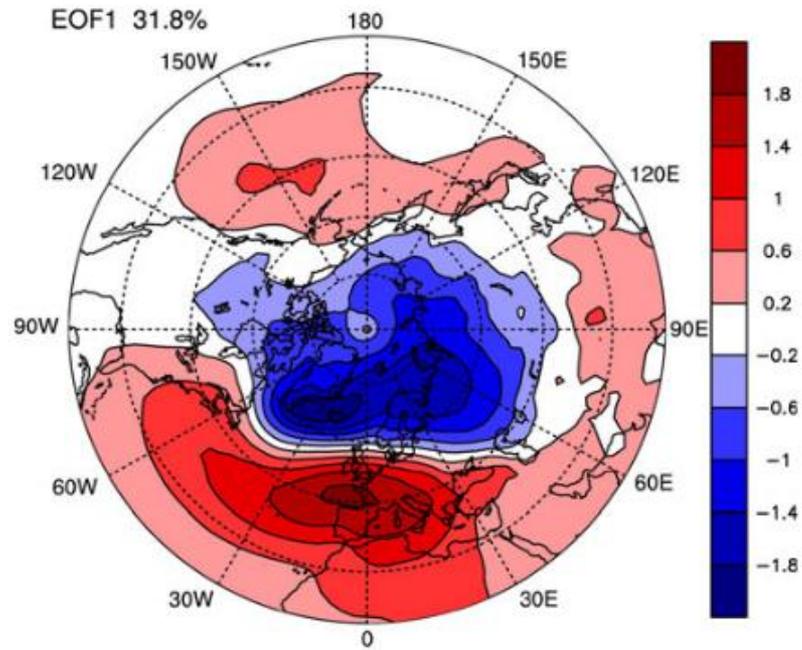
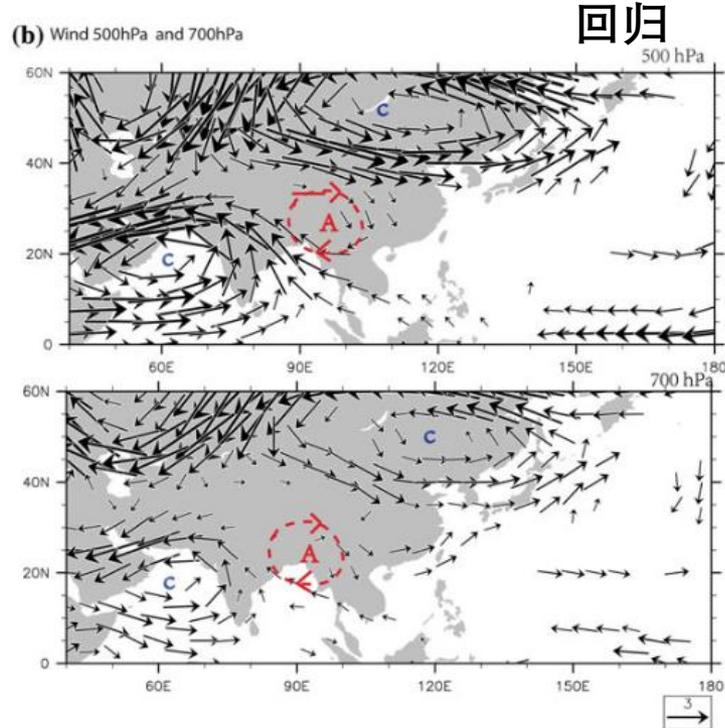
Anomalous OLR (unit:  $W/m^2$ ) and 500 hPa winds (m/s) during drought period of 2009/2010

(Yang et al., 2012)

# 案例分析1: 2009/2010年西南地区秋冬春连旱

## ■ 机理 - 大气环流异常的影响因子

- ③ 过去60年最强AO负位相
- 激发西南地区异常反气旋



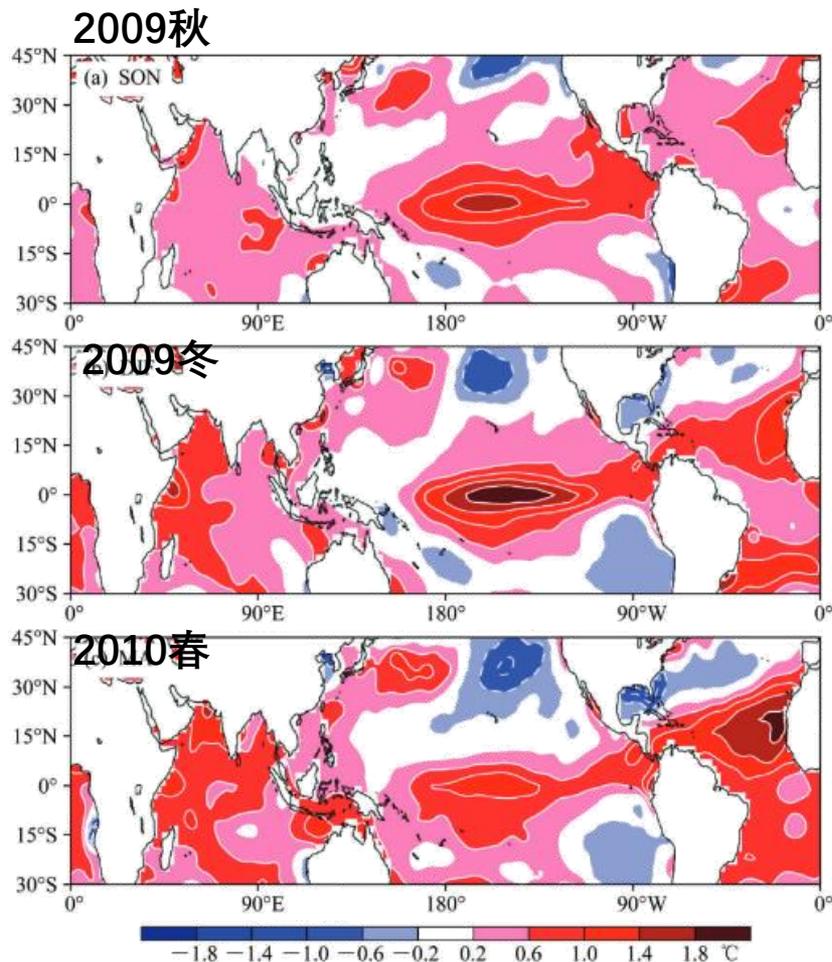
# Case1: 2009至2010年西南地区秋冬春连旱

## ■ 机理 - 大气环流异常的影响因子

### ④ 海表温度异常:

太平洋、印度洋偏暖

——激发西太平洋反气旋异常，  
抑制对流活动



(Huang et al., 2012)

# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

中新网5月19日电 据民政部网站消息, 5月以来, 东北、华北部分地区降雨偏少, 气温持续偏高, 导致河北、内蒙古、辽宁等省区遭受旱灾。截至5月19日9时统计, 上述3省(自治区)7市24个县(区、旗)203.9万人受灾, 4.2万人因旱需生活救助, 其中1.3万人因旱饮水困难需救助; 农作物受灾面积589.5千公顷, 饮水困难大牲畜7400余头(只); 直接经济损失8.4亿元。



具体灾情如下:

据河北省民政厅报告, 秦皇岛、承德2市4个县(区)54.3万人受灾, 农作物受灾面积46.3千公顷, 直接经济损失1.3亿元。

据内蒙古自治区民政厅报告, 赤峰、通辽、兴安3市(盟)17个县(区、旗)149.4万人受灾, 3.9万人因旱需生活救助, 其中1.1万人因旱饮水困难需救助; 农作物受灾面积543.2千公顷; 饮水困难大牲畜近7200头(只); 直接经济损失7亿元。

据辽宁省民政厅报告, 丹东、锦州2市3个县(市)近2100人受灾, 近2100人因旱需生活救助, 其中近2100人因旱饮水困难需救助; 饮水困难大牲畜200余头(只)。

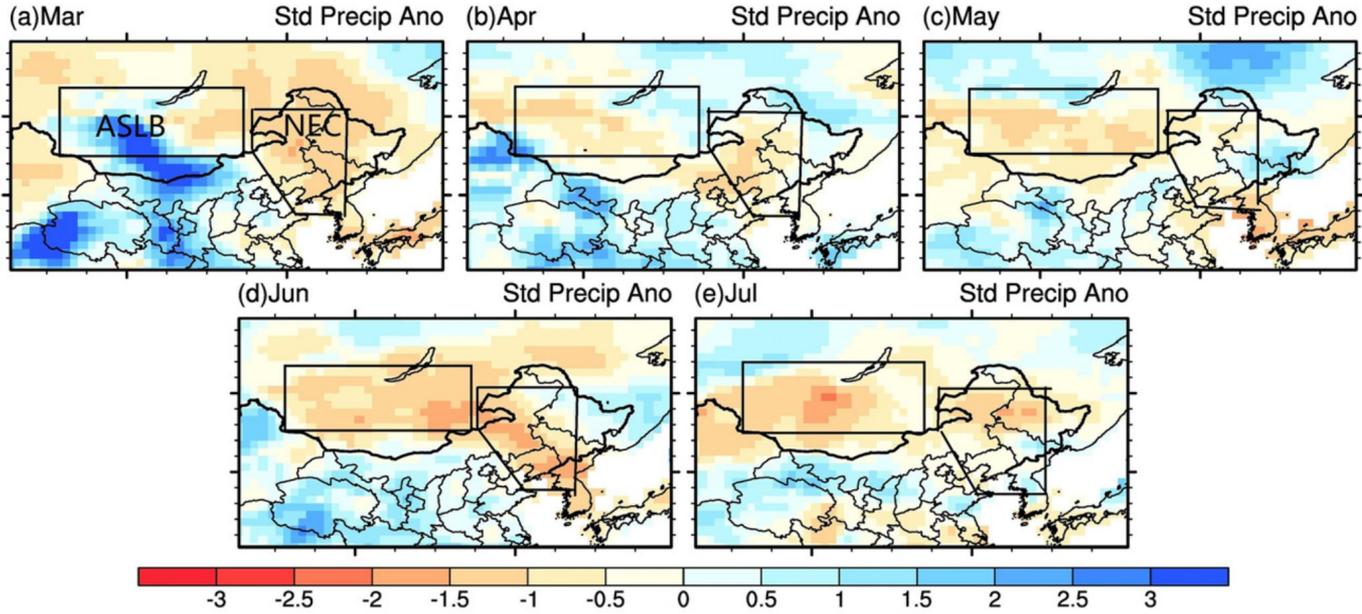


图1 2017年春夏我国主要旱区分布示意图  
(《2017年春夏我国区域干旱事件特刊》, 中国气象局兰州干旱气象研究所)

# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

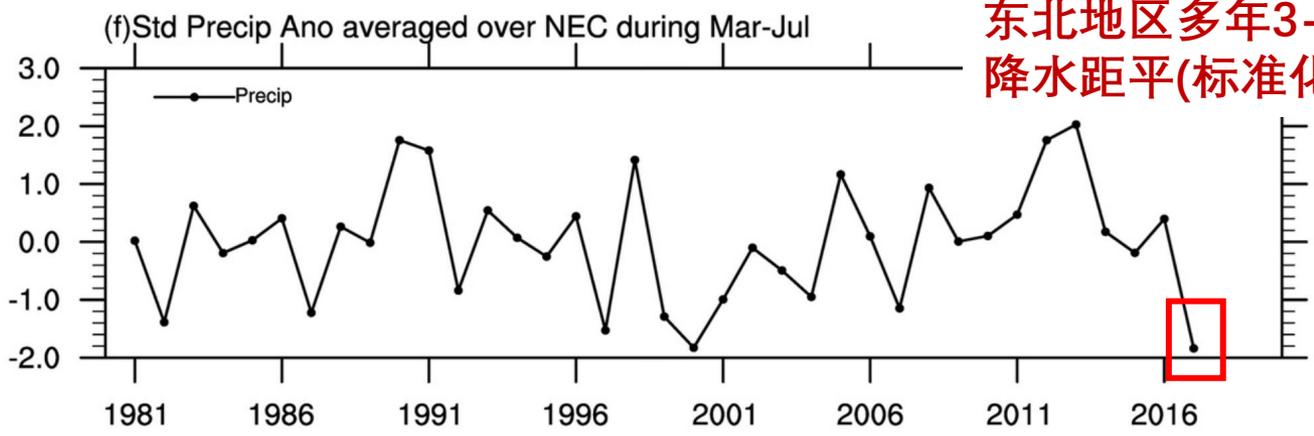
## ■ 干旱识别

标准化的降水距平



3月-7月:  
持续!

东北地区多年3-7月平均  
降水距平(标准化)序列



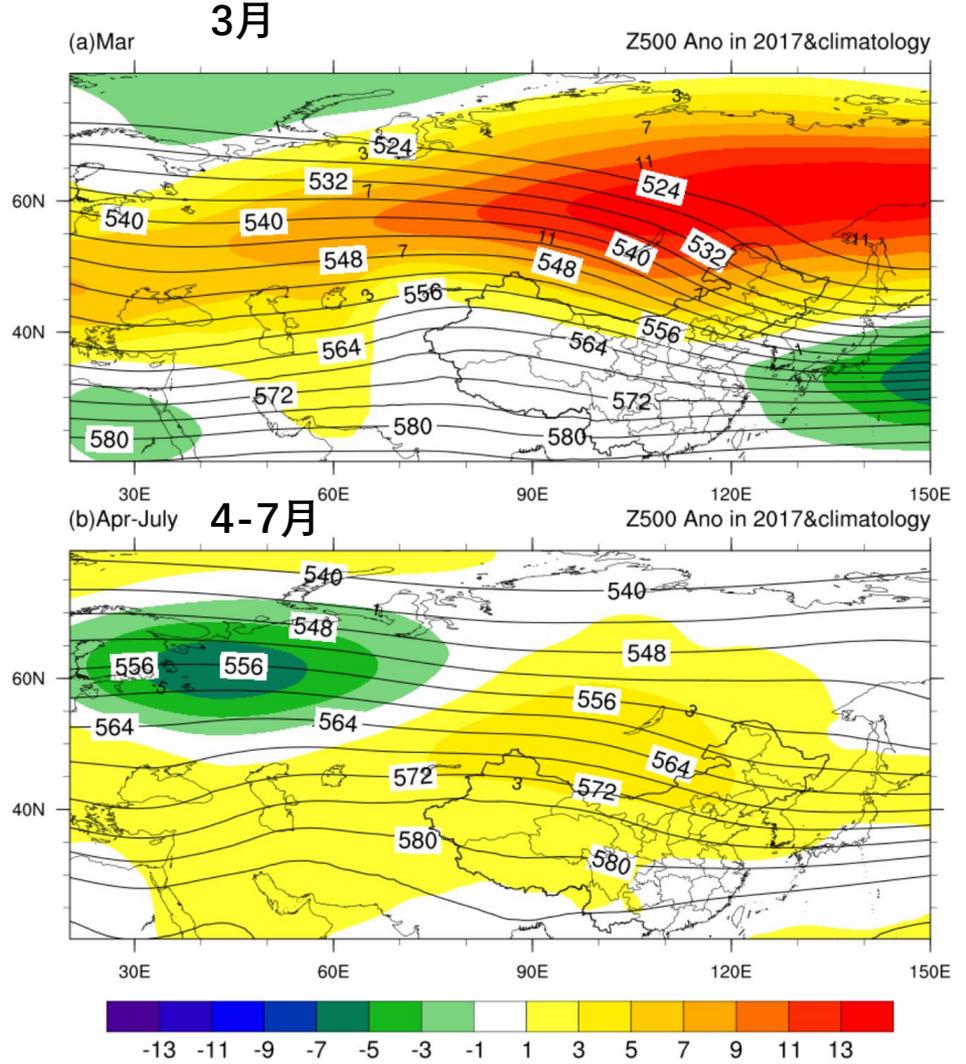
(Zeng et al., 2019)

# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

## ■ 机理 - 大气环流 (局地)

➤ 气候态: 3-7月气候态显示, 东北地区位于贝加尔湖脊前侧和东亚大槽后侧, 盛行下沉运动

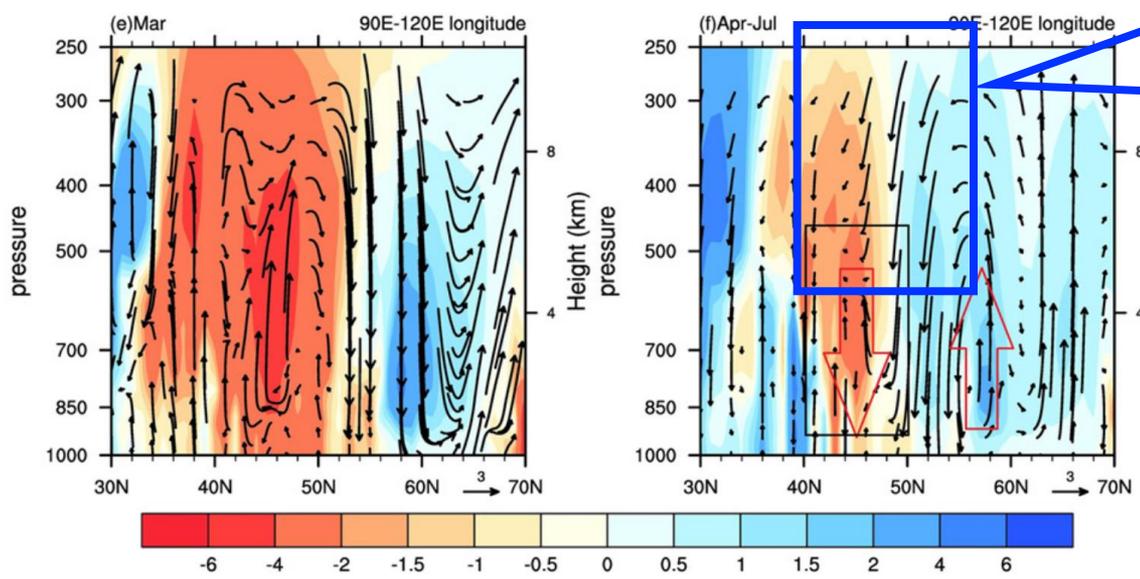
➤ 2017年异常: 贝加尔湖附近反气旋异常, 高压脊加强, 进一步加剧下沉运动



# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

## ■ 机理 - 大气环流 (局地: 反气旋异常)

### ① 加剧的下沉气流



**中高层下沉运动:**  
加强Ferrel环流下沉支;  
削弱上升支  
——抑制降水

90-120E纬向-垂直剖面  
Vector: 2017年环流异常  
Shading: 气候态垂直速度  
(红色箭头表征Ferrel环流)

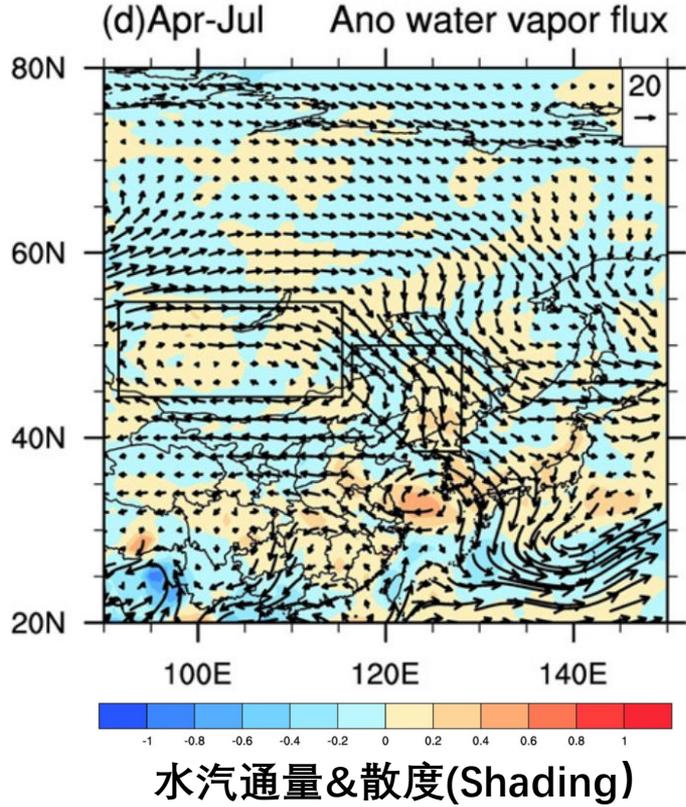
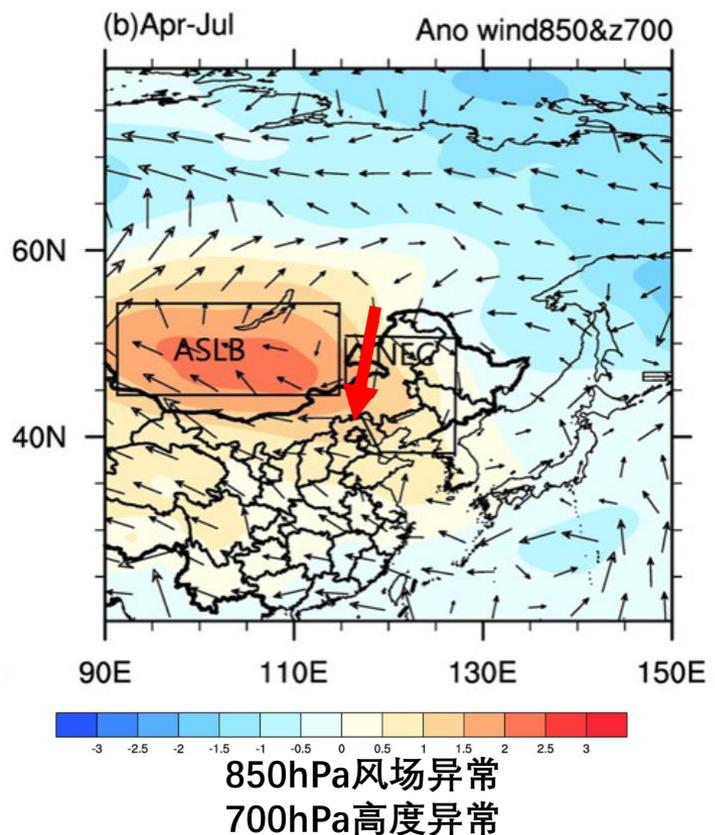
(Zeng et al., 2019)

# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

## ■ 机理 - 大气环流 (局地: 反气旋异常)

500hPa GHT

- ① 加剧的下沉气流
- ② 水汽: 反气旋东侧北风异常, 减弱南风水汽输送



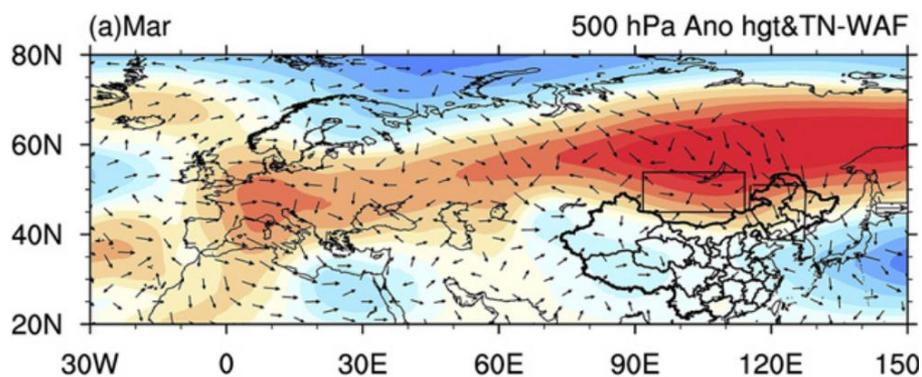
(Zeng et al., 2019)

# 案例分析2: 2017年东北春夏连旱

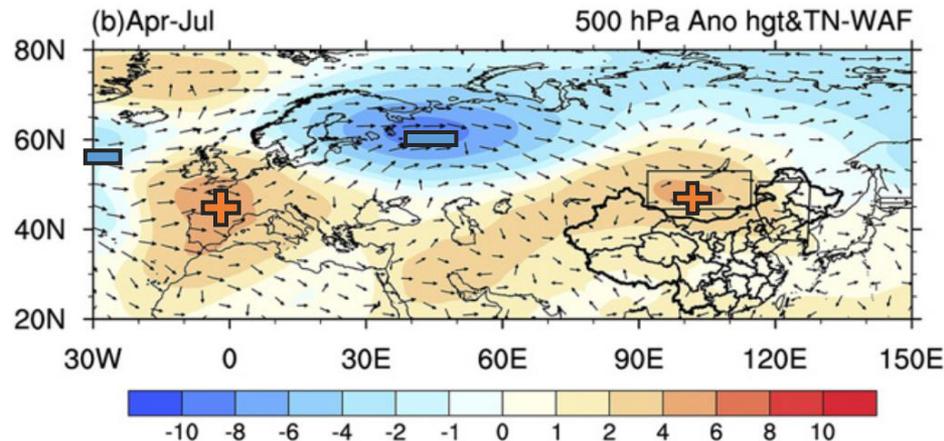
## ■ 机理 - 大气环流 (背景: AO/大气遥相关)

① 3月: 欧亚大陆中高纬高压异常——**AO正位相**

② 4-7月: 大西洋-西欧-东欧-东亚上空的**Rossby波列**



**AO index(Mar): 1.365**



(Zeng et al., 2019)

# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## 水利部: 长江流域9省市耕地受旱面积3299万亩, 246万人供水受影响

分享到: 29 196

2022-08-21 09:21:14 字号: A- A A+ 来源: 央视新闻客户端 阅读 127658  
最后更新: 2022-08-21 09:35:17

7月以来, 长江流域大部持续高温少雨, 降雨量较常年同期偏少4.5成。未来几天, 长江流域旱情仍将持续。

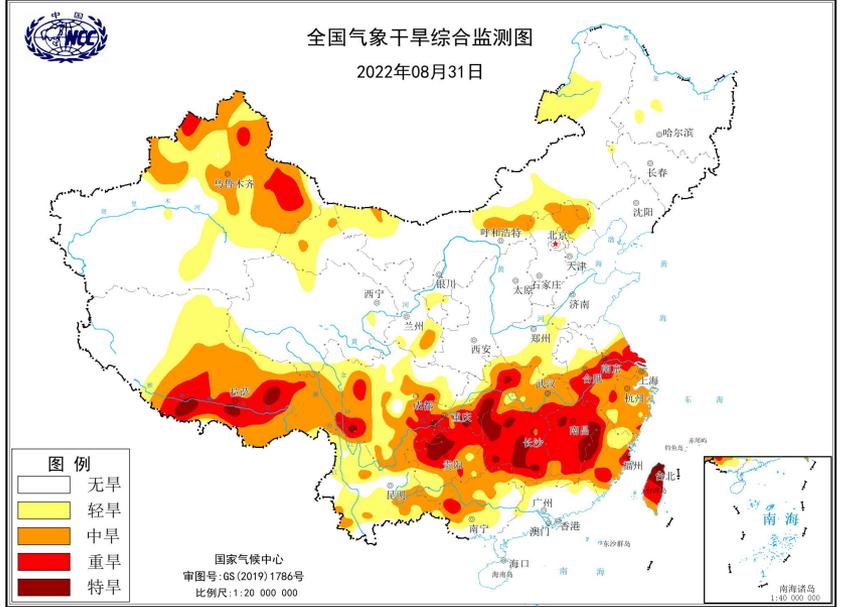


## 长江流域旱情快速发展 水利部启动干旱防御IV级应急响应

2022-08-11 21:55 来源: 水利部网站 字号: 默认 超大 | 打印

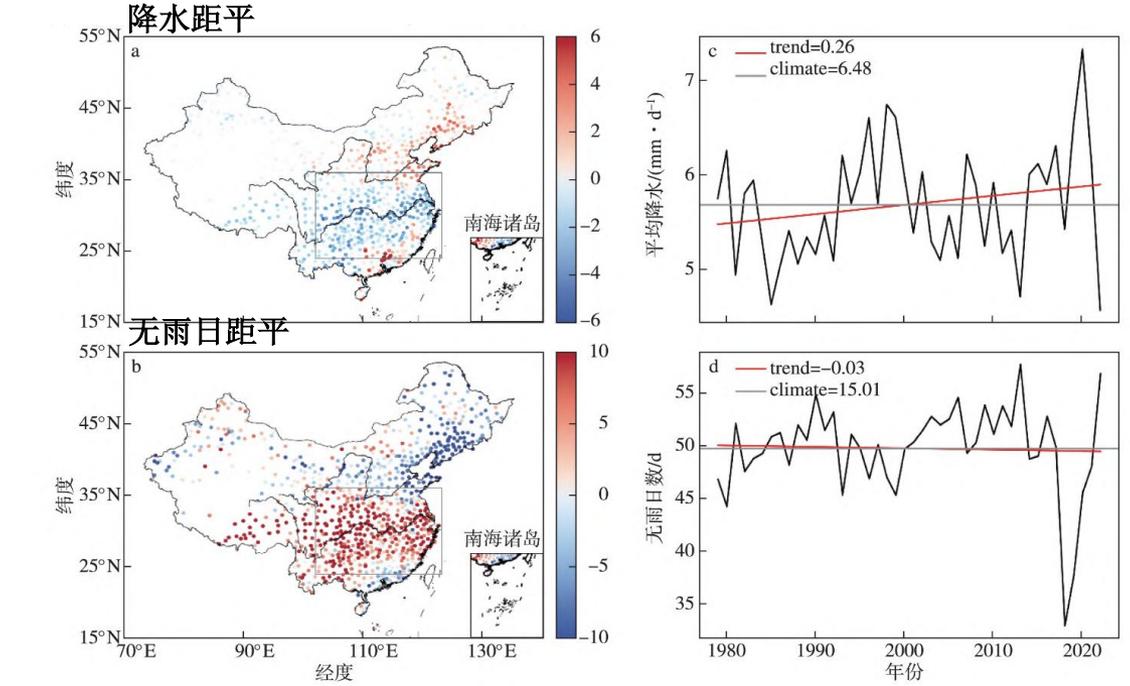
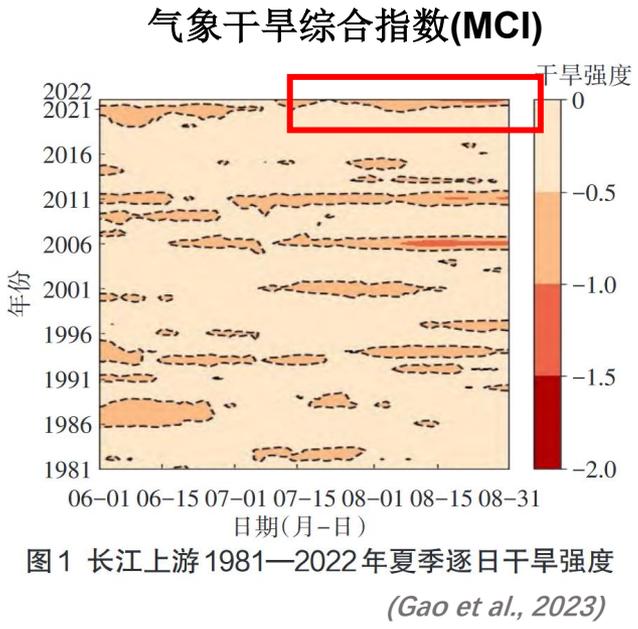
7月份以来, 长江流域降雨量较常年同期偏少4成; 流域大部高温日超过15天, 中下游部分地区超过25天; 部分地区连续无有效降雨天数超过20天。当前, 长江干流及洞庭湖、鄱阳湖水位较常年同期偏低4.7~5.7米, 均为有实测记录以来同期最低; 部分地区小型水库蓄水严重不足。

长江流域旱情快速发展, 安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川6省(直辖市)耕地受旱面积967万亩, 有83万人因旱供水受到影响。目前, 长江流域大中型灌区水源可得到有效保障, 部分灌区末端区域和望天田受旱较重; 部分以小型水库或山泉水、溪流作为水源的分散供水工程缺水, 群众供水受到一定影响, 一些群众需要拉水送水保障生活用水。



# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## ■ 干旱识别: 7-8月



# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## ■ 机理 - 大气环流

- 西太平洋副热带高压: 7月副高异常偏东, 8月更加西伸, 控制南方-下沉气流
- 中高纬度: 7月 “+ - +” 波列, 8月东移加强

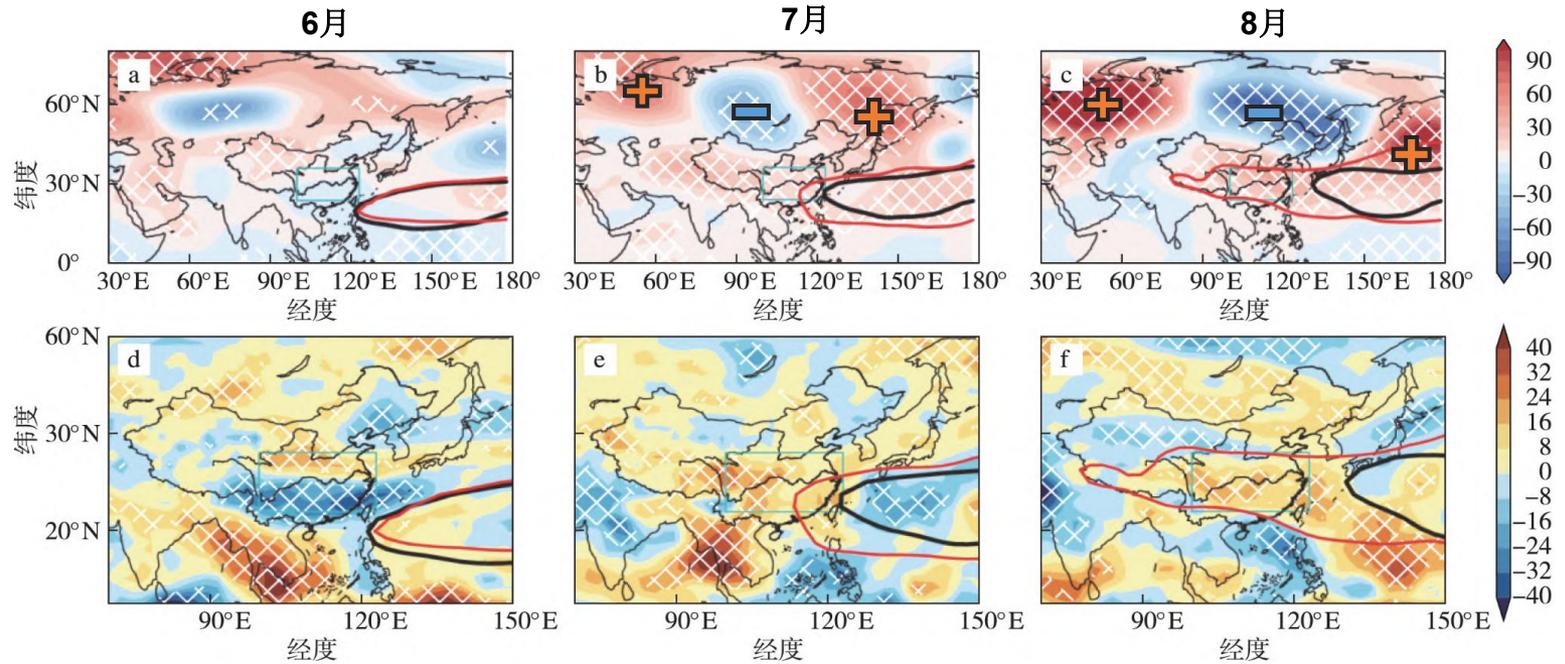


图3 2022年6月(a,d)、7月(b,e)和8月(c,f)的500 hPa位势高度距平(a,b,c; 阴影; 单位: gpm)和大气层顶向外长波辐射距平(OLR; d,e,f; 阴影; 单位:  $W/m^2$ ); 其中红色实线为2022年不同月份的5880 gpm等值线, 黑色实线为1979—2022年气候态的5880 gpm等值线。距平超过1个标准差的区域用灰色网格线覆盖

(Sun et al., 2023)

# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## ■ 机理 - 大气环流

### 水汽输送:

西北太平洋东风异常（位于强盛副高南侧），水汽向西输送至内陆

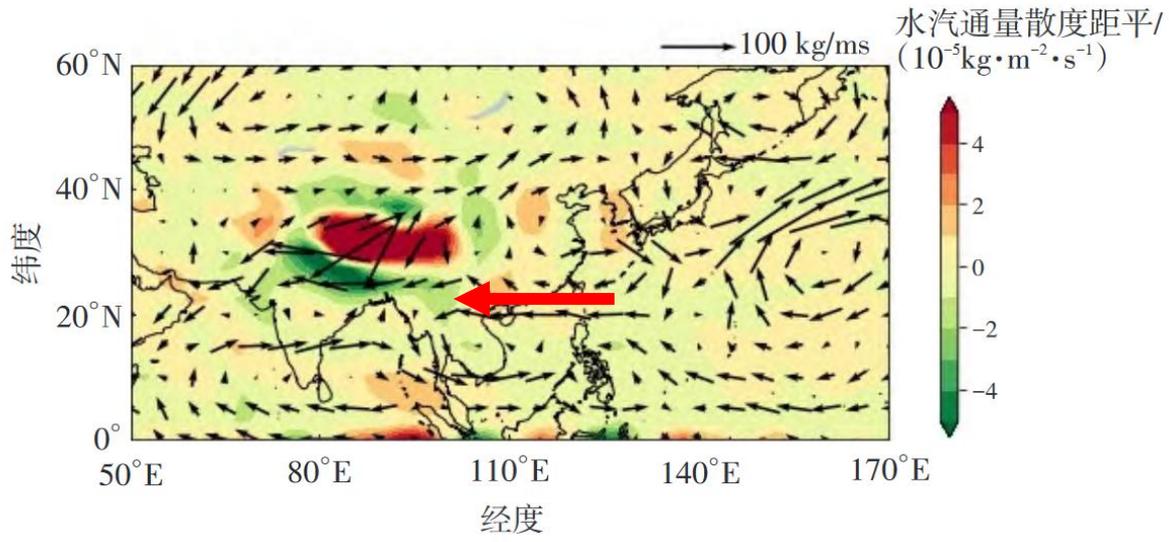


图6 干旱期间对流层(1 000 ~ 300 hPa)整层积分的水汽输送通量距平场及水汽通量散度距平场合成

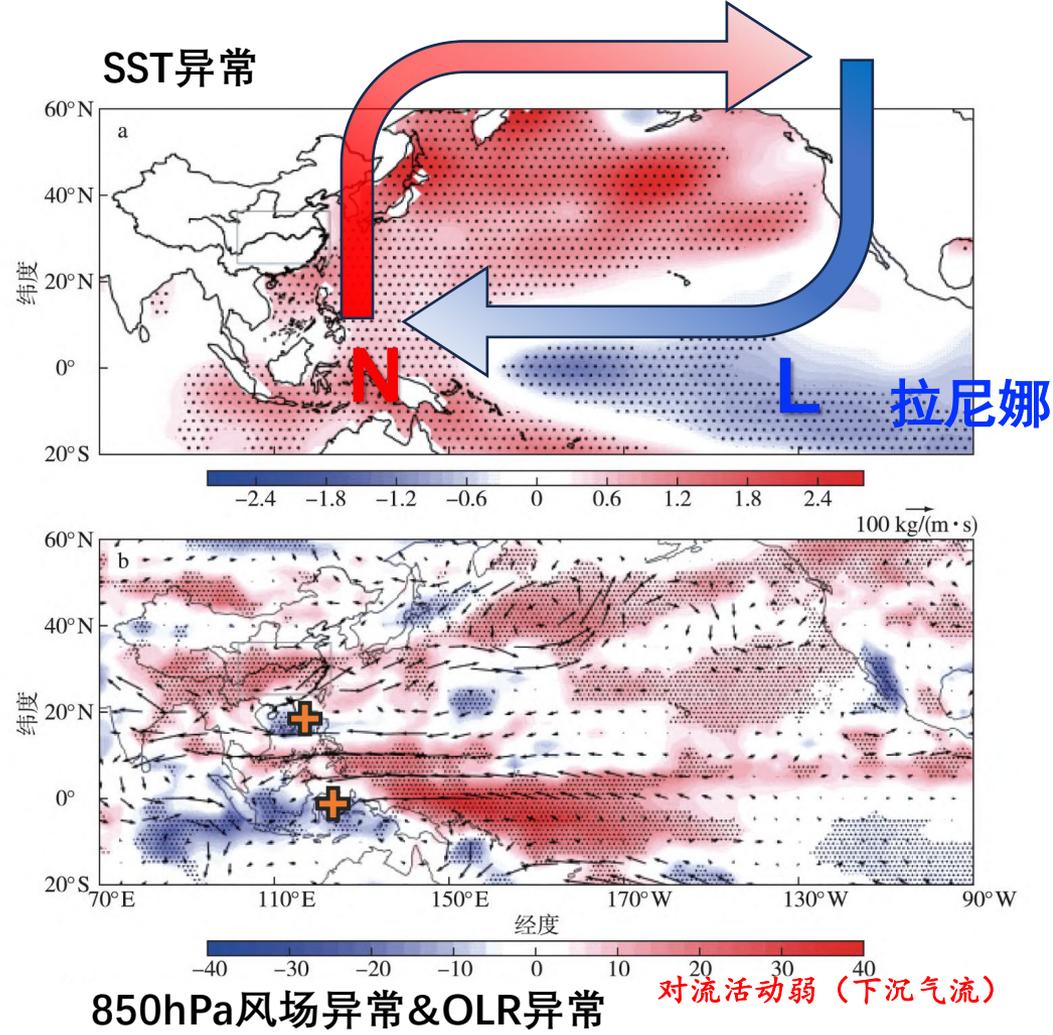
(Gao et al., 2023)

# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## ■ 机理 - 海温异常

□ 赤道太平洋：西暖冬冷，沃克环流增强

□ 热带海洋性大陆上空的对流活动增强：激发向北传播的罗斯贝波，在西北太平洋引起下沉运动异常和反气旋异常



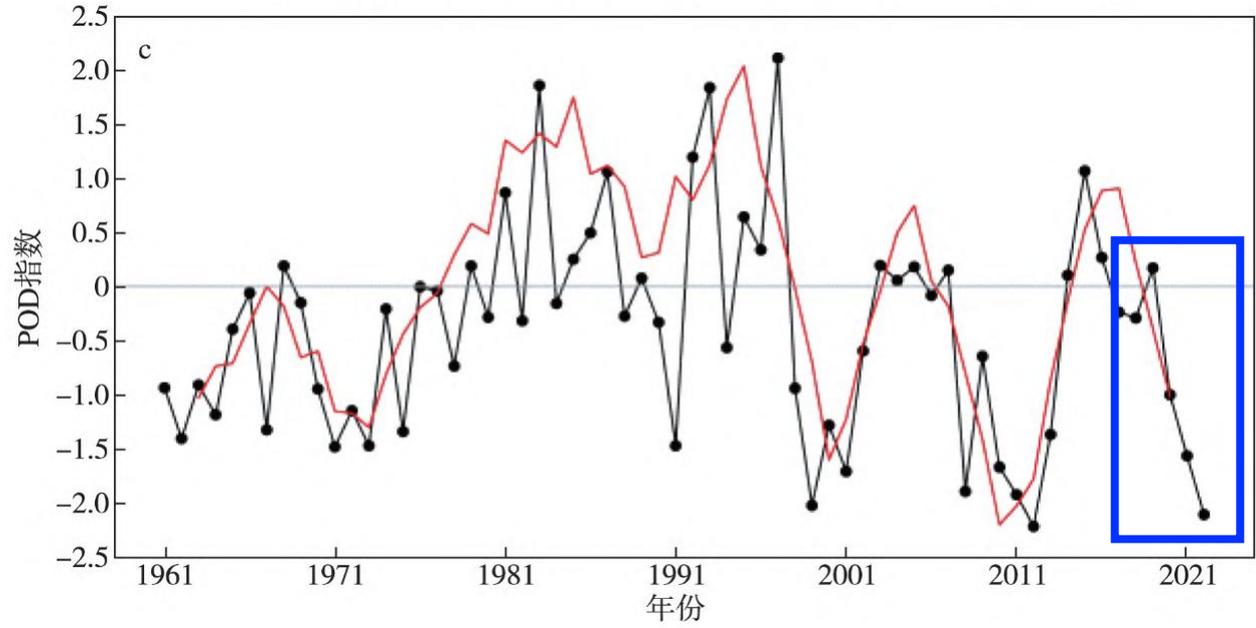
(Sun et al., 2023)

# 案例分析3: 2022年长江流域特大热浪干旱复合事件

## ■ 机理 - 年代际背景

### □ 太平洋年代际涛动( PDO) 近五年处于负位相:

观测数据和数值模拟结果表明, 当 **PDO 处于负位相**时, 会在南海和菲律宾海引起气旋异常, 并在其北侧的**东亚中纬度地区引起反气旋异常**, 导致中国**东部和南方地区产生下沉运动异常和水汽辐散异常** (Zhu et al.,2020)



(Sun et al., 2023)

# Reference list

- Ault, T. R. (2020). On the essentials of drought in a changing climate. *Science*, 368(6488), 256–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5492>
- Yang, J., Gong, D., Wang, W., Hu, M., & Mao, R. (2012). Extreme drought event of 2009/2010 over southwestern China. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 115(3–4), 173–184. <https://doi.org/10.1007/s00703-011-0172-6>
- 黄荣辉, 刘永, 王林, & 王磊. (2012). 2009年秋至2010年春我国西南地区严重干旱的成因分析. *大气科学*, 36(3), 443–457.
- Zeng, D., Yuan, X., & Roundy, J. K. (2019). Effect of Teleconnected Land–Atmosphere Coupling on Northeast China Persistent Drought in Spring–Summer of 2017. *Journal of Climate*, 32(21), 7403–7420. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0175.1>
- 高雅琦, 肖莺, 秦鹏程, 熊开国, & 刘敏. (2023). 2022年长江上游流域夏季干旱气候特征及成因分析. *中国防汛抗旱*, 33(3), 12–17. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2023080>
- 孙博, 王会军, 黄艳艳, 尹志聪, 周波涛, & 段明铿. (2023). 2022年夏季中国高温干旱气候特征及成因探讨. *大气科学学报*, 46(1), 1–8. <https://doi.org/10.13878/j.cnki.dqkxxb.20220916003>