

安莉娟,任福民,李韵婕,等. 2014. 近 50 年华北区域性气象干旱事件的特征分析. 气象, 40(9):1097-1105.

近 50 年华北区域性气象干旱事件的特征分析^{* 1}

安莉娟^{1,2,3} 任福民^{1,2,4} 李韵婕^{1,2} 李忆平⁵

1 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044

2 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室, 北京 100081

3 内蒙古自治区气候中心, 呼和浩特 010051

4 江苏省气候变化协同创新中心, 南京 210093

5 中国气象局兰州干旱气象研究所, 兰州 730020

提 要: 本文利用区域性极端事件客观识别法(OITREE),进行了 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件的识别,确定了该方法中相应的参数组并识别得到 100 次事件,并对排名前 15 位的事件与文献记载情况逐一进行对比检验,结果表明 OITREE 方法对华北地区区域性气象干旱具有良好的识别能力。100 次华北地区区域性气象干旱事件分为 10 次极端事件、20 次重度事件、40 次中等事件和 30 次轻度事件,其中 1998 年 9 月至 1999 年 5 月秋冬春连旱是华北地区强度最强的干旱事件。事件的持续时间一般在 17~120 d,最大影响面积集中在 $(70\sim 105)\times 10^4\text{ km}^2$ 之间,干旱事件具有较明显的季节特征,3—7 和 10—11 月是事件的两个高发时段;华北南部为干旱多发区,其中河北、河南和山东三省交界为强度中心区域。重度(含)及以上的干旱事件可分为全境型、东部型、南部型、西部型、中部型和零散型 6 种分布类型,其中全境型出现机率最高。近 50 年华北地区区域性干旱事件频次、累积综合强度总体呈上升趋势,其主要原因可能是降水量减少所致,同时气温显著升高也起到了明显的推动作用。

关键词: 近 50 年, 华北地区, 区域性气象干旱事件, 时间变化, 地域特征

中图分类号: P46

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2014.09.007

Study on Characteristics of Regional Drought Events over North China During the Past 50 Years

AN Lijuan^{1,2,3} REN Fumin^{1,2,4} LI Yunjie^{1,2} LI Yiping⁵

1 College of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

3 Inner Mongolia Climate Centre, Hohhot 010051

4 Jiangsu Collaborative Innovation Centre for Climate Change, Nanjing 210093

5 Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020

Abstract: The objective identification technique for regional extreme events (OITREE) is applied to detect the North China regional meteorological drought events during 1961—2010. The parameter values of the OITREE method are determined, and the results show that the OITREE method has a good capability in identifying the regional droughts in North China. In the study, 100 events are identified, including 10 extreme events, 20 severe events, 40 moderate events and 30 slight events, in which the September 1998—May 1999 extreme drought in North China is the most serious meteorological drought event for the past 50 years. Further analysis reveals that the durations are generally between 17—120 d and the maximum

* 全球变化重大科学研究计划(2010CB950501)和国家自然科学基金项目(41175075)共同资助

2013 年 11 月 6 日收稿; 2014 年 5 月 14 日收修定稿

第一作者:安莉娟,主要从事干旱研究. Email:anlijuan2006@163.com

通信作者:任福民,主要从事台风和极端事件研究. Email:fmren@163.com

impacted areas vary from $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ to $105 \times 10^4 \text{ km}^2$. Meanwhile, the drought events have obvious seasonal features with two peaks of March to July and October to November in frequency. In regional distribution, the southern part of North China has the highest drought frequency and intensity, and strong (extreme and severe) North China regional meteorological drought events can be divided into six types, of which the whole North China type occurs more frequently. During the past 50 years, the North China regional drought events show an increase trend in both frequency and intensity, for which the main cause may be the obvious decrease of annual precipitation in this region, with the contribution of significant increase trend in temperature.

Key words: the past 50 years, North China, regional meteorological drought event, temporal variation, regional feature

引 言

干旱是对人类社会影响最严重的气候灾害之一,具有频率高、持续时间长、影响范围广的特点。根据研究对象或应用领域的不同,干旱可分为气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱 4 种类型 (American Meteorological Society, 1997; 孙荣强, 1994), 本文所涉及的干旱主要指气象干旱。崔冬林 (2010) 的研究表明, 华北及其附近地区是我国干旱强度最强的区域。近年来关于华北干旱的研究备受关注。许多研究共同揭示出过去 50 多年我国华北地区干旱化趋势十分明显 (李庆祥等, 2002; 王志伟等, 2003; 翟盘茂等, 2005; 马柱国等, 2006; 黄荣辉等, 2006; 邹旭恺等, 2008; 沈晓琳等, 2012; 陈玉琼, 1991; 魏凤英, 2004; 任福民等, 2014)。同时, 另一些研究指出, 华北干旱还表现出明显的年代际变化特征, 特别是自 20 世纪 70 年代中后期开始干旱更趋严重 (黄荣辉等, 2002; 李新周等, 2006; 祁海霞等, 2006; 马柱国等, 2007a; 周连童, 2009; 刘珂等, 2014)。还有一些研究关注了上述干旱变化特征的可能原因。马柱国 (2005) 研究指出北方地区普遍增温是干旱化加剧的主要原因; 李维京等 (2003) 发现我国北方大范围的持续干旱是由我国夏季降水的南涝北旱分布特征决定; 另一些研究表明: 近 50 多年来华北地区降水减少是该地区干旱加剧及其年代际变化的主因 (张庆云等, 2003; 翟盘茂等, 2005; 琚建华等, 2006; 马柱国等, 2007b; 周连童, 2009; 郝立生, 2012; 刘珂, 2014; 侯威等, 2012; 赵一磊等, 2014)。

上述研究所使用的要素或干旱指数都是基于单站的。事实上每一次干旱都具有一定的持续时间和影响范围, 即气象干旱事件同时具有区域性和持续

性的特点, 是区域(持续)性气象干旱事件。最近几年, 针对区域性干旱事件的研究开始受到关注。Andreadis 等 (2005) 利用土壤湿度资料, 对干旱进行时空分析进而给出 20 世纪美国的干旱事件特征。Qian 等 (2011) 研究了 1960—2009 年我国的区域性干旱事件, 结果表明: 我国南部和西南部地区干旱多发生在冬季, 而北方的干旱多发生于春季。Ren 等 (2012) 提出了一种区域性极端事件客观识别法 (OITREE), 该方法初步应用于中国的干旱、强降水、高温和低温等区域性极端事件的识别研究, 皆得到良好的结果。华北地区是我国干旱频发地区, 尽管此前该地区的干旱研究受到了一些关注, 但从区域性气象干旱事件的新角度的研究还鲜有涉及。本文拟将利用 OITREE 方法针对华北地区的区域性干旱问题开展研究。

1 资料和方法

1.1 资料

参照邹旭恺等 (2008) 对华北地区的划分定义, 本文选取华北区域 109 个气象站 (图 1)。资料包括

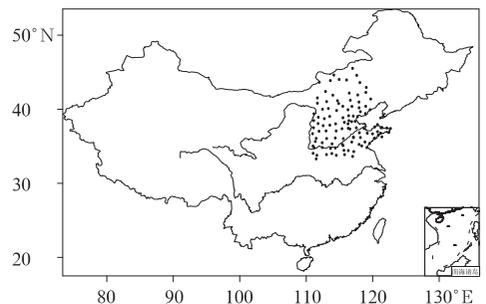


图 1 华北区域 109 个气象台站分布示意图
Fig. 1 Distribution of 109 meteorological stations in North China

逐日综合气象干旱指数(CI)(张强等,2006)、降水量及气温,资料时段为 1961 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日。其中,CI 资料来自国家气候中心,降水量及气温资料来源于国家气象信息中心。

1.2 方法

本文采用基于“糖葫芦串”模型的区域性极端事件客观识别法(OITREE)(Ren et al,2012)。该方法包括 5 个技术步骤:单点(站)逐日指数选定、逐日自然异常带分离、事件的时间连续性识别、区域性事件指标体系和区域性事件的极端性判别。

表 1 给出了以 OITREE 方法识别华北地区区域性气象干旱事件的参数说明及赋值。第一步选取 CI 指数为单站日指数,选取中旱阈值(-1.2)为判别单站是否干旱的阈值。第二步选取 12 作为干旱带站点数之阈值,取 0.3 为邻站干旱率之阈值,取 250 km 作为邻站定义之距离阈值。第三步取单站日指数的方向码为“-1”,代表综合气象干旱 CI 指数所具有的数值越小干旱强度越大,这是由综合指数 CI 的性质所决定的。第四步,事件过程中允许出现的中断期最大长度为 0,即事件不允许出现中断;根据 Ren 等(2012)在确定综合指数函数所包含的 5 个权重系数时尽量使用客观方法的建议,具体做法如下:首先就单一指数所表征的事件,按照事件强度降序排列得到相应的取绝对值的单一指数序列,对该序列求取前百分之十事件之序列数值和占总序列

数值和的比重;然后将 5 个单一指数对应之比重值归一化,再分别乘以该单一指数的方向码(“1”或“-1”),即得到 5 个权重系数分别为 -0.05、-0.30、0.28、0.15 和 0.23,再应用这些权重系数对标准化后的 5 个单一指数进行加权求和,进而得到事件的综合指数(即综合强度)Z。在第五步中,按 Z 值在等区间内出现的频次对这些事件进行统计(如图 2),不难发现在这些干旱事件中,存在一些综合强度 Z 指数较小($Z < 0.2$)的事件,其出现频次明显偏高,但事件强度弱,影响范围不大,因此我们将这些事件定义为华北地区弱干旱事件。而将 $Z = 0.2$ 作为定义区域性事件的指数阈值,即定义 $Z \geq 0.2$ 的干旱事件为华北地区区域性气象干旱事件,最终筛得到 100 次华北地区区域性气象干旱事件。按照 Ren 等(2012)的建议将这些事件综合指数由强至弱按比例分为 4 个等级:得到 10 次极端事件(10%),20 次重度事件(20%),40 次中等气象事件(40%)和 30 次轻度事件(30%),事件分级之阈值分别为 3.44、1.72 和 0.57。

2 OITREE 方法识别效果检验

由 OITREE 方法识别得到的华北地区 100 次区域性气象干旱事件,综合指数排在前三位的事件分别为:(1)1998 年 9 月至 1999 年 5 月华北旱,持续时间长达 223 d,涉及华北大部地区,历经秋冬

表 1 OITREE 方法识别华北地区区域性干旱事件的参数赋值表

Table 1 Parameter values by OITREE Method for identifying the regional meteorological drought events in North China

参数名称	符号	含义	取值
单站日指数	V	针对所关注的事件选取合适的单站要素	综合气象干旱指数 CI
单站日指数阈值	V_0	$V \leq V_0$ 时,表示出现了单站干旱	-1.2
单站日指数的方向码	I_{direc}	“1”代表原始指数的数值越大其表示的异常性越大;“-1”代表原始指数的数值越小其表示的异常性越大	-1
邻站异常率之阈值	R_0	一个异常性站点当且仅当邻站异常率大于或等于 R_0 时,它可以被定义为最大潜在干旱带中心	0.3
邻站定义之距离阈值	d_0	对于某一给定站点,与其距离小于 d_0 的站点定义为其邻站	250 km
异常带站点数之阈值	M_0	当一个异常带所包含的的站点数大于或等于 M_0 时,它才可以被定义为正式的干旱带	12
事件过程中允许出现的中断期最大长度	M_{gap}	当一个中断期的长度小于或等于 M_{gap} 天时,才允许它在事件过程中出现	0 d
综合指数函数中的 5 个系数	e_1, e_2, e_3, e_4, e_5	干旱综合指数公式中的 5 个权重系数 $Z = F(I_1, I_2, A_s, A_m, D) = e_1 I_1^{\%} + e_2 I_2^{\%} + e_3 I_3^{\%} + e_4 I_m^{\%} + e_5 D^{\%}$	-0.05, -0.30, 0.28, 0.15, 0.22

注:最后一行中上标“%”表示标准化序列

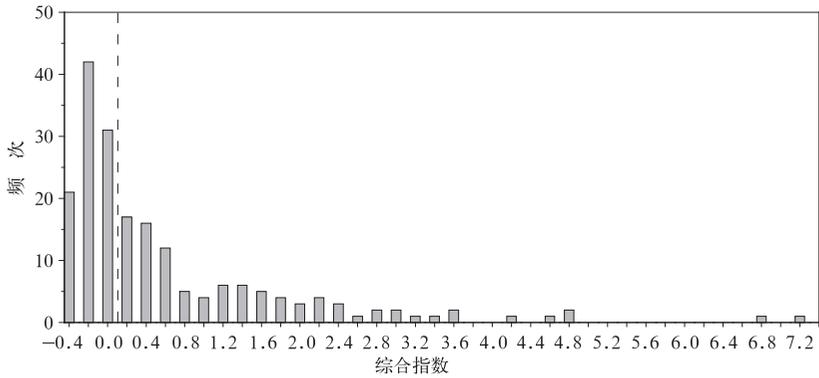


图2 1961—2010年华北地区干旱事件频次-综合指数统计分布

Fig. 2 Distribution of frequency-integrated index statistics of North China drought events during 1961—2010

春季形成三季连旱；(2)1968年2—10月，干旱事件持续了226 d，波及华北大部地区；(3)1965年5—11月，干旱事件共持续了181 d，华北大部地区受到影响，其中华北西北部最为严重。

图3给出排名第一的1998/1999年华北地区区域性干旱事件结果。该事件从1998年9月23日持续至1999年5月3日，华北地区受影响范围波及103.89万 km^2 ，大部地区受到严重影响，干旱中心位于山西省南部(图3a)。从干旱的演变过程来看(图3b和3c)，日综合强度和影响面积呈现出一致的变化趋势：干旱事件过程开始于1998年9月下旬，发展至10月干旱强度出现减弱，11月中旬干旱强度又加强，至12月初达到了第一次峰值，之后强度又慢慢减弱，至次年1月又开始逐渐缓慢加强，3月上旬达到第二次峰值，4月至5月初旱情逐渐缓解直至消失。与国家气候中心监测实况对比显示，上述结果与实际吻合。

此外，针对 OITREE 识别得到的综合指数排名前15位的干旱事件(含10次极端事件和5次重度事件)与文献记载情况做了对比，表2给出了对比结果。不难发现，10次极端干旱事件在相关文献(丁一汇，2008；张强等，2009；国家气候中心，2001—2002；中国气象局，2010)中全部都有记载，干旱所发生时段也吻合。可见，OITREE方法对华北地区区域性气象干旱事件表现出了良好的识别能力。

3 结果

3.1 时间变化特征

图4为华北地区区域性气象干旱事件的持续时

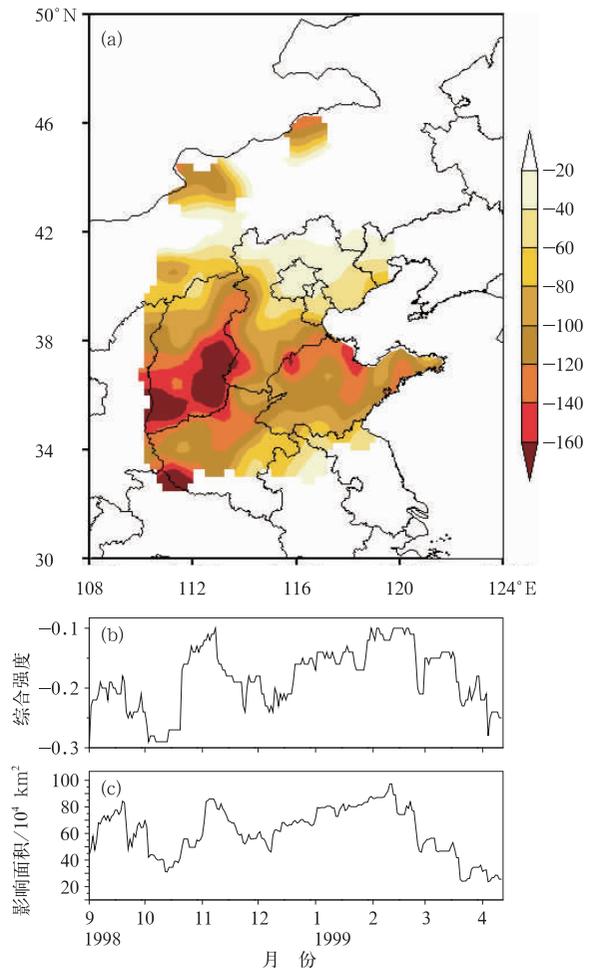


图3 1998/1999年华北区域性气象干旱事件识别结果
(a)过程累积强度分布，(b)综合强度，
(c)影响面积

Fig. 3 Identification results for the 1998/1999 North China regional extreme meteorological drought events
(a) distribution of accumulated intensity,
(b) integrated intensity, (c) impact area

间-最大影响面积分级分布。可以看出,事件级别与持续时间的关系十分密切,持续时间越长,事件强度越强;轻度、中度、重度和极端干旱事件的平均持续时间分别为24、50、94和160 d;从持续时间跨度看,轻度、中度、重度和极端干旱事件分别为17~48、24~87、59~120和108~226 d,特别地超过128 d的干旱事件全部为极端级别。从事件级别与最大影响面积的关系看,轻度、中度、重度和极端干旱事件的平均最大影响面积分别为81、90、99和105万 km²,尽管表现出最大影响面积越大,事件强度越强,但它们之间的关系相对不够紧密,这从最大影响面积跨度可以看出,轻度、中度、重度和极端干旱事件分别

为62.4万~96.2万 km²、66.0万~105.8万 km²、62.9万~106.5万 km²和100.8万~106.7万 km²,考虑到图1所示华北地区的总面积,可知所有极端干旱事件都影响到了几乎整个华北地区。

图5给出华北地区区域气象干旱事件出现频次的逐月分布。统计时,当某次干旱事件在某月内持续时间达到或超过7 d,则计当月发生一次干旱事件。可见,华北地区气象干旱事件具有较明显的季节特征,频次在季节上有两个高发时段,第一个时段为3—7月,各月均在25次以上,峰值出现在4月,50年中有31年的4月出现干旱;第二个时段为10—11月,各月均在20次以上,峰值出现在10月,

表2 OITREE识别得到的排名前15位的华北地区区域性极端干旱事件与文献记载情况对照表
Table 2 Comparison table of the top 15 regional meteorological drought events in North China identified by OITREE Method

事件排名	起止时间 年/月/日	文献记录情况		
		文献1	文献2	其他文献
1	1998/09/23— 1999/05/03	1998/1999年秋冬春北方冬麦区旱灾:河北中南部降水量较常年同期显著偏少	1999年北方严重干旱:1998年12月至1999年5月北方冬麦区降水偏少5~9成	
2	1968/02/23— 1968/10/05	1968年春夏黄淮海地区大旱灾	未记载	
3	1965/05/11— 1965/11/07	1965年5—10月华北大旱灾和高温	未记载	
4	2000/03/03— 2000/08/28	2000年春夏北方大旱灾:2—7月降水较常年同期显著偏少	2000年北方春夏干旱:华北大部降水严重偏少	
5	2001/03/12— 2001/07/26	不在记载时段内	2001年北方及长江流域春夏干旱:华北受灾严重	2001年3—7月华北严重干旱(文献3)
6	1972/04/09— 1972/09/01	1972年全国特大旱灾:华北3—10月降水显著偏少	1972年全国特大干旱:华北3—8月降水偏少5成以上	
7	1997/06/09— 1997/09/24	1997年夏秋北方大旱灾:华北大部尤其是西部干旱严重	1997年北方夏季干旱:山西运城3—9月无有效降水	
8	1962/03/13— 1962/07/18	1962年春夏华北和西北东部大旱灾	未记载	
9	2002/07/10— 2002/12/08	不在记载时段内	未记载	2002年华北出现严重的夏秋连旱(文献3)
10	1995/11/22— 1996/03/28	1996年春北方旱灾:华北大部1—5月降水量明显偏少	未记载	
11	1988/09/19— 1989/01/05	1988年10—12月,淮河流域及其以南地区严重秋冬旱(未提及华北干旱)	未记载	1988年秋至冬季,华北严重干旱、冬季华北及其以南地区干旱严重(文献4)
12	1978/04/08— 1978/07/24	1978年春夏全国特大旱灾:季华北南部重旱		
13	1984/01/13— 1984/05/11	1984年春季京冀鲁辽旱灾:华北大部干旱严重		
14	1977/01/26— 1977/04/25	1977年冬春北方冬麦区大旱灾:华北大部降水显著偏少		
15	1988/01/29— 1988/05/23	1988年春北方冬麦区旱灾:河北、山东旱情严重		

注:文献1、文献2、文献3和文献4分别为丁一汇(2008),张强等(2009),国家气候中心(2001—2002),中国气象局(2010)。其中,文献1记载了1951—2000年中国重大干旱灾害事件;文献2记载了1470—2006年中国重大历史干旱灾例;文献3作为补充,只参考了2001—2002年的年报;而文献4作为补充,只参考了1988年秋季和1988/1989年冬季的干旱图。

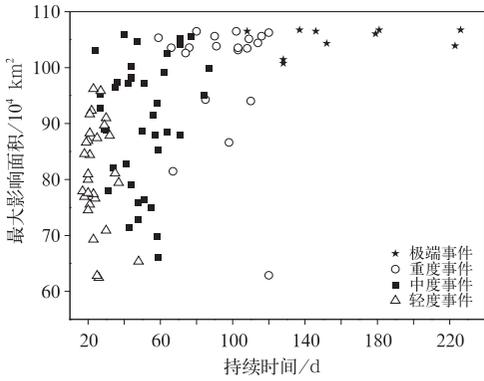


图 4 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件持续时间-最大影响面积分级分布
Fig. 4 Distribution of duration-maximum impact area for the North China regional meteorological drought events during 1961—2010

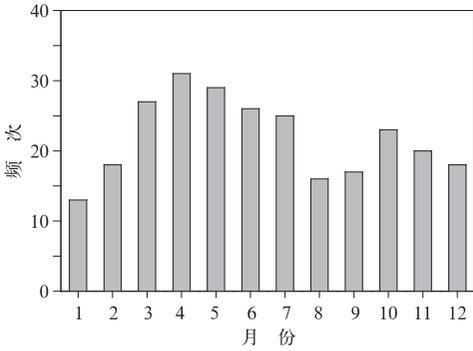


图 5 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件出现频次逐月分布
Fig. 5 Monthly distribution of frequency of the North China regional meteorological drought events during 1961—2010

50 年中有 23 年的 10 月出现干旱;华北地区冬季干旱频次较少,尤其是 1 月频次最少,50 年中仅 13 年的 1 月出现干旱。

图 6 给出华北地区区域性干旱事件频次、累积综合强度的历年变化,其中频次为以事件开始时间进行的统计。可见,近 50 年事件频次总体呈上升趋势(图 6a),上升速率为 0.12 次/10 a;发生频次最多的年份为 1989 年(5 次)和 1986 年(5 次),有 4 年并列第二:1981 年(4 次)、1995 年(4 次)、1997 年(4 次)和 2005 年(4 次),而 1964、1967 和 2003 年未发生区域性气象干旱事件。图 6b 显示,近 50 年累积综合强度总体呈弱的上升趋势,上升速率为 0.07/10 a;累积综合强度排名前三位的年份分别为 1998

年(7.28)、1965 年(6.92)和 1968 年(6.92)。值得注意的是,发生频次排名靠前的年份与累积综合强度排名靠前的年份完全不同,这是因为强度强的干旱事件持续时间一般较长,一年内不可能出现多次,而强度较弱的事件持续时间较短,在一年里可以发生多次。进一步比较了重度(含)以上气象干旱事件和所有干旱事件频次的年代际变化,结果(图 7)显示,华北区域性气象干旱事件频次在 20 世纪 60 年代表现为最少(14 次),然后逐年代迅速增多,至 80 年代频次达到峰值(28 次),之后表现为逐年代缓慢下降;重度(含)以上气象干旱事件在 90 年代发生最频繁(频次为 8 次),而在其他年代频次少变(5~6 次)。

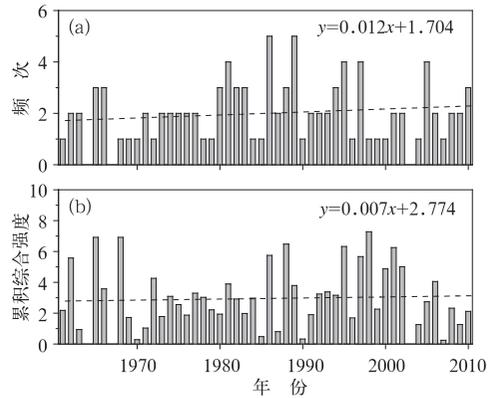


图 6 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件的演变 (虚线为线性趋势线)
(a) 频次(以事件开始时间进行统计), (b) 累积综合强度
Fig. 6 Variations of North China regional meteorological drought events during 1961—2010 (a) frequency, (b) accumulated integrated intensity

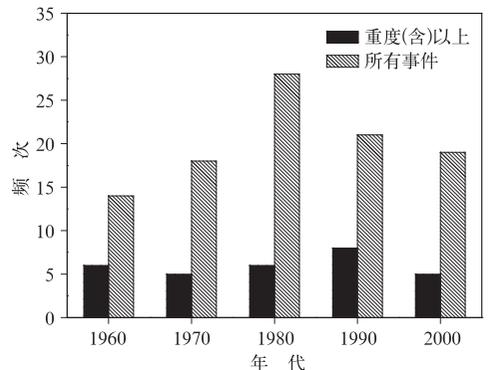


图 7 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件频次的年代际分布
Fig. 7 Decadal variations of North China regional meteorological drought events during 1961—2010

针对过去 50 年华北区域性干旱事件增多增强的发展趋势,分析了华北干旱与降水量和气温之间的关系。从图 8a 可以看出,过去 50 年华北地区平均年降水量呈明显的下降趋势,每 10 年减少 15.4 mm;图 8b 显示,年平均气温显著上升(通过了 0.001 的显著性水平检验),升温速率为 0.3℃/10 a。进一步的分析发现,近 50 年干旱事件频次和累积综合强度序列与降水量序列之间的相关系数分别为 -0.5 和 -0.57,频次序列和累积综合强度序列都通过了 0.001 显著性水平检验;而两者与平均气温序列之间的相关系数分别为 0.1 和 0.23。干旱事件的频次、累积强度与降水的相关性高,说明了干旱频次、强度在年际关系上主要取决于降水的多少;进而不难理解,过去 50 年华北地区区域性气象干旱事件增多增强趋势的主要原因可能是降水量减少所致,同时气温显著升高也起到了明显的推动作用。

3.2 地域分布特征

图 9 为近 50 年华北地区区域性气象干旱事件累积频次和累积强度的地域分布。图 9a 显示,过去 50 年华北地区干旱事件频次一般都在 60 次以上,高频区主要在华北中南部大部地区,频次中心出现在河北东南部,中心值超过 90 次;累积强度的地域分布(图 9b)显示大值区出现在华北中南部,其中河北、河南和山东三省交界地区为累积强度大值中心。

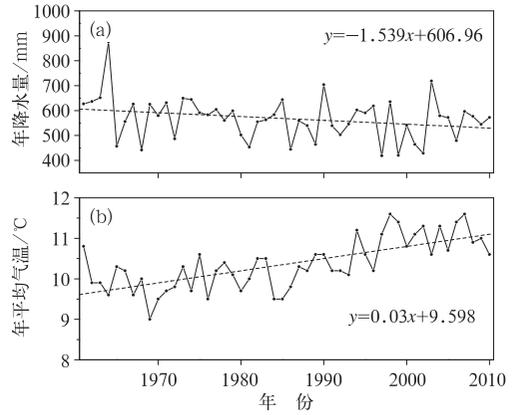


图 8 1961—2010 年华北地区年降水量(a)、年平均气温(b)历年变化
(虚线为线性趋势线)

Fig. 8 Variations of annual mean temperature (b) and precipitation (a) in North China during 1961—2010 (Dashed line refers to linear trend)

综合频次和累积强度来看,华北中南部为干旱多发地区,而河北、河南和山东三省交界地区为中心。

重度以上的干旱事件共有 30 次,其中极端干旱事件为 10 次,重度干旱事件 20 次。将上述重度以上干旱事件按过程累积强度的地域分布进行分类,大致可分为全境型、东部型、南部型、西部型、中部型

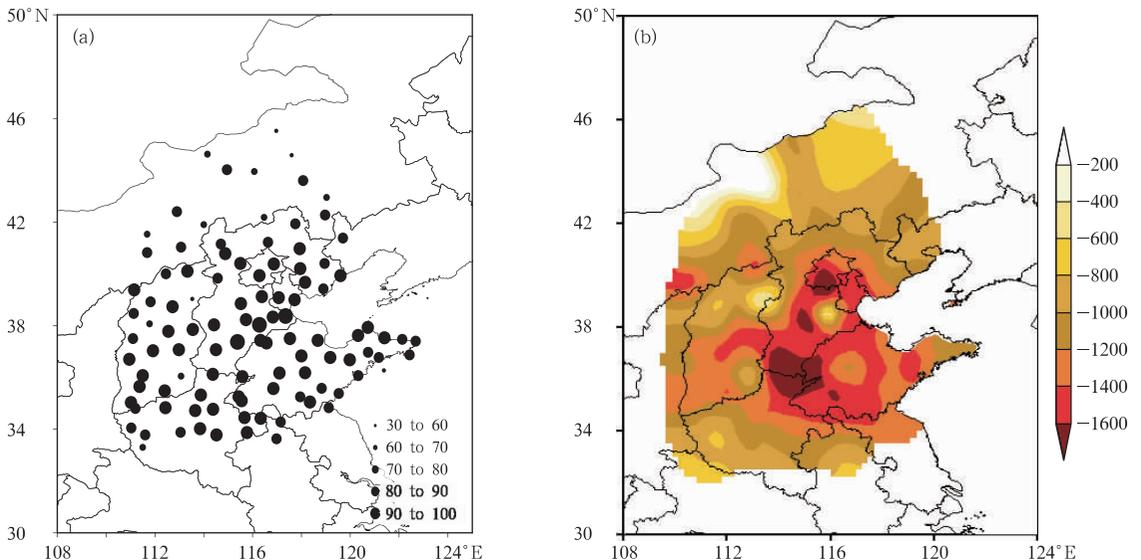


图 9 1961—2010 年华北地区区域性气象干旱事件统计量的地域分布
(a) 累积频次, (b) 累积强度

Fig. 9 Distributions of North China regional meteorological drought events during 1961—2010
(a) frequency, (b) accumulated intensity

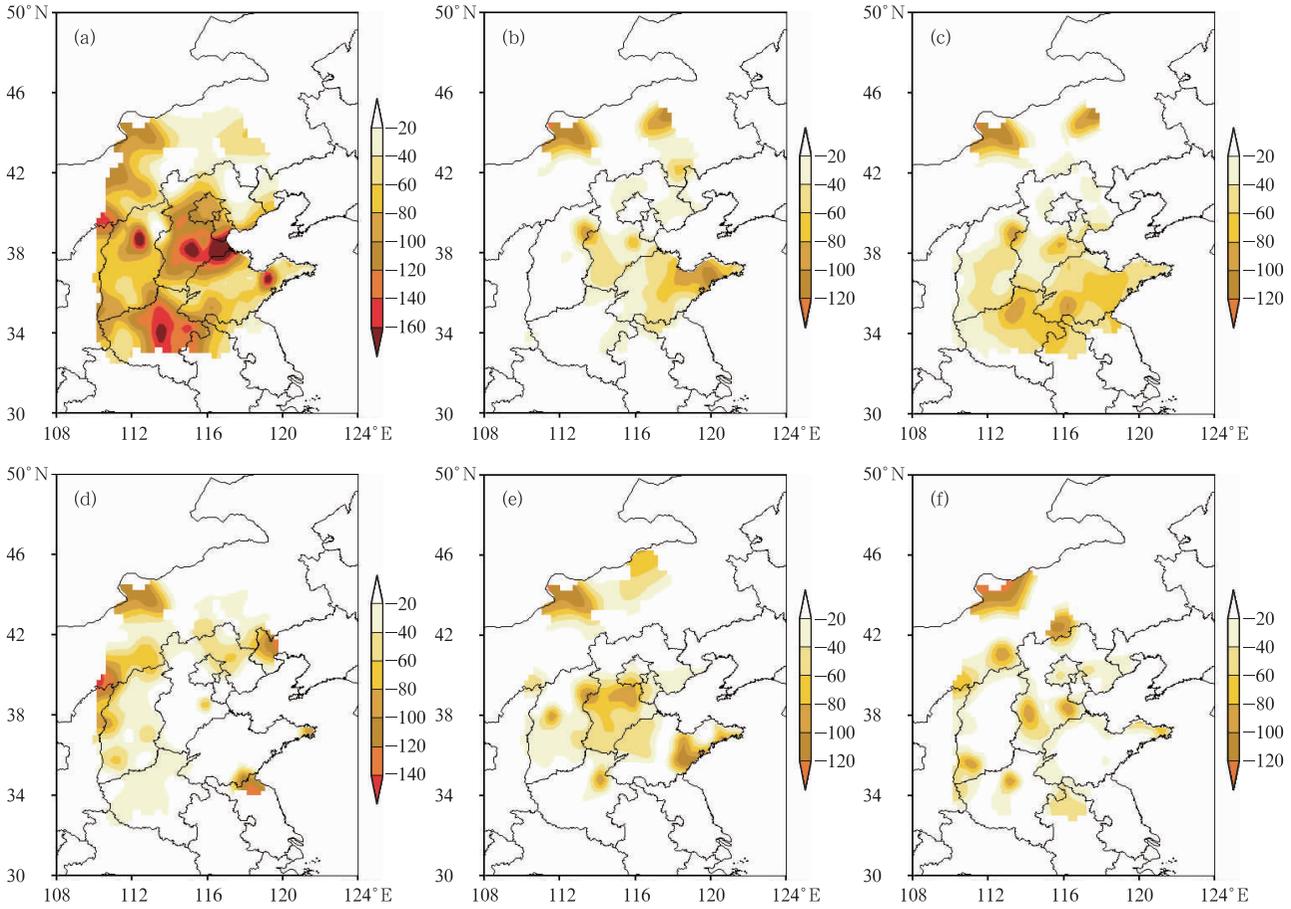


图 10 华北地区 6 类干旱分布型之典型个例累积强度分布

(a)1968年2月23日至10月5日, (b)1988年1月29日至5月23日, (c)1977年1月26日至4月25日, (d)1995年3月11日至6月9日, (e)1974年4月21日至7月31日, (f)1999年7月17日至9月30日

Fig. 10 Distributions of accumulated intensity of typical cases for the six distribution-types of North China regional meteorological drought events

(a) 23 February—5 October 1968, (b) 29 January—23 May 1988, (c) 26 January—25 April 1977, (d) 11 March—9 June 1995, (e) 21 April—31 July 1974, (f) 17 July—30 September 1999

表 3 重度和极端事件中 6 种类型事件的频次分布

Table 3 Frequency distribution of the extreme and severe North China regional meteorological drought events for the six distribution-types

事件	类型					
	全境型	东部型	南部型	西部型	中部型	零散型
极端事件	5	0	2	2	1	0
重度事件	5	4	2	2	3	4
合计	10	4	4	4	4	4

和零散型 6 种分布类型。图 10 给出了华北区域性重度以上干旱事件典型个例累积强度类型分布, 图 10 中 10a~10f 分别代表全境型、东部型、南部型、西部型、中部型和零散型 6 种类型分布; 干旱覆盖整个华北境内为全境型; 干旱中心主要发生在山东和河北一带为东部型; 干旱中心主要发生在河南和山东为南部型; 干旱中心主要发生在山西省境内为西

部型; 干旱中心主要发生在山西和河北境内为中部型; 零散型主要指中心分布较散, 没有集中成片的重旱区域的类型。表 3 给出重度以上干旱事件中 6 种类型的频次分布。可以看出, 全境型事件频次最多, 占事件总数的三分之一(10 次), 其中极端事件占二分之一(5 次/10 次); 其他 5 种分布类型的频次均为 4 次, 而极端事件中未出现东部型和零散型事件。

4 结论与讨论

(1) 1961—2010年华北地区共发生了100次区域性气象干旱事件,包括10次极端事件、20次重度事件、40次中等事件和30次轻度事件。1998年9月至1999年5月秋冬春连旱是华北地区强度最强的干旱事件,干旱影响了整个华北地区,强度中心位于山西南部。

(2) 华北地区区域性气象干旱事件的持续时间一般在17~120 d,最长可达226 d;事件的最大影响面积集中在 $(70\sim 105)\times 10^4\text{ km}^2$ 之间;事件综合强度与持续时间关系更为密切,持续时间越长干旱事件综合强度越强。干旱事件具有较明显的季节特征,3—7和10—11月是事件的两个高发时段。

(3) 华北地区区域性气象干旱事件的地域分布特征显示华北中南部为干旱多发区,其中河北、河南和山东三省交界地区是华北干旱发生的强度中心区域。重度及以上的气象干旱事件按干旱区域可分为全境型、东部型、南部型、西部型、中部型和零散型6种分布类型,其中全境型出现机率最高。

(4) 近50年华北地区区域性干旱事件频次、累积综合强度总体呈上升趋势。过去50年华北地区区域性气象干旱事件增多增强的主要原因可能是降水量减少所致,同时气温显著升高也起到了明显的推动作用。

本文应用OITREE方法对华北地区区域性气象干旱事件特征进行了初步分析,毫无疑问,对华北地区区域性气象干旱事件进行成因诊断,增强对干旱成因机制的理解是未来工作中需要进一步加强的内容。

参考文献

陈玉琼. 1991. 近500年华北地区最严重的干旱及其影响. 气象, 17(3): 17-21.

崔冬林. 2010. 近50年中国区域持续性气象干旱事件的客观识别及变化研究. 兰州大学, 33.

丁一汇. 2008. 中国气象灾害大典(综合卷). 北京: 气象出版社.

国家气候中心. 2001—2002. 全国气候影响评价(内部资料).

侯威, 张存杰, 高歌. 2012. 基于气候系统内在层次性的气象干旱指数研究. 气象, 38(6): 701-711.

黄荣辉, 蔡荣硕, 陈际龙, 等. 2006. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系. 大气科学, 30(5): 730-743.

黄荣辉, 周连童. 2002. 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测研究. 自然灾害学报, 11(1): 1-9.

郝立生, 丁一汇. 2012. 华北降水变化研究进展. 地理科学进展, 31(5): 593-601.

李庆祥, 刘小宁, 李小泉. 2002. 近半个世纪华北干旱化趋势研究. 自然灾害学报, 11(3): 50-56.

李维京, 赵振国, 李想, 等. 2003. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究. 干旱气象, 21(4): 1-5.

李新周, 马柱国, 刘晓东. 2006. 中国北方干旱化年代际特征与大气环流的关系. 大气科学, 30(2): 277-284.

刘珂, 姜大膀. 2014. 中国夏季和冬季极端干旱年代际变化及成因分析. 大气科学, 38(2): 309-321.

马柱国. 2005. 我国北方干湿演变规律及其与区域增暖的可能联系. 地球物理学报, 48(5): 1012-1018.

马柱国, 符崇斌. 2006. 1951—2004年中国北方干旱化的基本事实. 科学通报, 51(20): 2429-2439.

马柱国, 华丽娟, 任小波. 2007a. 华北干旱化趋势及转折性变化与太平洋年代际振荡的关系. 科学通报, 52(10): 1199-1206.

马柱国, 任小波. 2007b. 1951—2006年中国区域干旱化特征. 气候变化研究进展, 3(4): 195-201.

据建华, 吕俊梅, 任菊章. 2006. 北极涛动年代际变化对华北地区干旱化的影响. 高原气象, 25(1): 74-81.

祁海霞, 智协飞, 白永清. 2006. 中国干旱发生频率的年代际变化及趋势分析. 大气科学学报, 34(4): 447-455.

任福民, 高辉, 刘绿柳, 等. 2014. 极端天气气候事件监测与预测研究进展及其应用综述. 气象, 40(7): 860-874.

荣淑艳, 段丽瑶, 徐明. 2008. 1997—2002年华北持续性干旱气候诊断分析. 干旱区研究, 25(6): 842-850.

沈晓琳, 祝从文, 李明. 2012. 2010年秋、冬季节华北持续性干旱的气候成因分析. 大气科学, 36(6): 277-284.

孙荣强. 1994. 干旱定义及指标评述. 灾害学, 9(1): 17-20.

王志伟, 翟盘茂. 2003. 中国北方近50年干旱变化特征. 地理学报, 58(增刊): 61-68.

魏凤英. 2004. 华北地区干旱强度的表征形式及其气候变异. 自然灾害学报, 13(2): 32-38.

翟盘茂, 邹旭恺. 2005. 1951—2003年中国气温和降水变化及其对干旱的影响. 气候变化研究进展, 1(1): 16-18.

张强, 潘学标, 马柱国, 等. 2009. 干旱. 北京: 气象出版社.

张强, 邹旭恺, 肖风劲, 等. 2006. 气象干旱等级. GB/T2048122006, 中华人民共和国国家标准. 北京: 中国标准出版社, 1-17.

张庆云, 卫捷, 陶诗言. 2003. 近50年华北干旱的年代际和年际变化及大气环流特征. 气候与环境研究, 8(3): 307-318.

赵一磊, 任福民, 李栋梁, 等. 2013. 基于有效降水干旱指数的改进研究. 气象, 39(5): 600-607.

中国气象局. 2010. 中国气象干旱图集(1956—2009年). 北京: 气象出版社.

周连童. 2009. 华北地区夏季降水的年际变化特征. 大气科学学报, 32(3): 412-423.

邹旭恺, 张强. 2008. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究. 应用气象学报, 19(6): 679-687.

American Meteorological Society. 1997. Meteorological drought — Policy statement. Bull Amer Meteor Soc, 78: 847-849.

Andreadis K M, Clark E A, Wood A W, et al. 2005. Twentieth-century drought in the conterminous United States. J Hydrometeorol, 6: 985-1001.

Qian Weihong, Shan X, Zhu Y. 2011. Ranking regional drought events in China for 1960—2009. Adv Atmos Sci, 28(2): 310-321.

Ren F, Cui D, Gong Z, et al. 2012. An objective identification technique for regional extreme events. J Cli, 25: 7015-7027.