

淮河流域水文设计成果修订研究

钱名开¹, 孙 勇¹, 费永法², 陈竹青¹, 平克健², 周家贵²

(1.淮河水利委员会水文局(信息中心),安徽 蚌埠 233001;2.中水淮河规划设计研究有限公司,安徽 合肥 230601)

摘 要:以《淮河流域及山东半岛水资源评价》、《淮河流域综合规划(2012-2030)》采用的水文设计成果为基础,按照一致性原则,将资料系列延长至2010年,对水文设计成果进行复核分析。分析计算结果表明:淮河流域设计年径流、淮河干流设计洪水与规划采用成果基本一致。沂沭泗河水系设计洪水偏小,主要原因是自1975年以来,沂沭泗河水系长期处于偏枯水年,设计值存在偏小的可能。

关键词:淮河流域;设计年径流;设计洪水;复核分析

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)05-0085-06

1 概况

淮河流域地处我国东部,西起桐柏山、伏牛山,东临黄海,南以大别山、江淮丘陵、通扬运河及如泰运河南堤与长江流域分界,北以黄河南堤和沂蒙山脉与黄河流域毗邻。流域地跨鄂、豫、皖、苏、鲁五省,流域面积为 $27 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。黄河北迁后留下的废黄河把淮河流域分为淮河和沂沭泗河两大水系,集水面积分别为 19×10^4 、 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

自20世纪50年代中期至今,淮河水利委员会对淮河干流及沂沭泗河水系主要河流控制水文站设计洪水做过多次分析,主要站点的设计径流也进行过重新计算。最近一次水文设计成果分析,2003年开展的淮河流域及山东半岛水资源评价中,对流域主要控制站点进行了逐月径流还原计算,系列延长至2000年。2010年完成的淮河流域综合规划修编,对淮河流域主要控制站设计洪水进行了复核,淮河干流、沂沭泗河水系洪水系列已分别延长至2007年、2005年。

2 技术路线

以《淮河流域及山东半岛水资源评价》(以下简称《水资源评价》)、《淮河流域综合规划(2012~2030年)》(以下简称《规划》)采用的水文设计成果为基础,按照站点范围、基础资料、计算方法一致性原则,通过还原

计算将资料系列延长至2010年,计算主要控制站点设计年径流、设计洪水,对设计成果进行复核分析。

3 复核范围及依据的资料

3.1 设计年径流

复核范围涉及到淮河、洪河、颍河、涡河、史河、淝河、沂河及沭河共8条主要河流26处站点,其中水文控制站19处,入河口或省界断面7处(无水文控制站)。

径流还原计算依据的资料包括:水文控制站1956~2000年逐月天然径流还原量成果;水文控制站2001~2010年逐月实测径流量、大中型水库逐月蓄水变量;控制站以上区域2001~2010年工、农业生产耗水量、城镇生活用水耗损量、跨流域(或跨区间)引水量、河道分洪(决口)水量、矿坑排水以及城市地下水开采所产生的退水等。其中,1956~2000年径流资料系列为《水资源评价》已有成果,2001~2010年资料为本次复核分析还原计算的资料系列。

3.2 设计洪水

复核范围为淮河干流息县、淮滨、王家坝、正阳关、蚌埠、中渡6处控制站;沂沭泗河水系包括沂沭河(临沂、大官庄)、南四湖(韩庄)、邳苍地区(运河)、骆马湖(嶂山)。

洪水还原计算依据的资料为实测水文资料,包

括:水文控制站、大型水库实测逐日水位、流量,沂沭泗河水系南四湖、邳苍地区逐日降水量;沿淮行蓄洪区、湖泊洼地代表站逐日水位及库容曲线;大型灌区逐日灌溉流量。在《规划》现有洪水还原计算成果基础上,本次延长的洪水还原计算系列淮河干流为2008~2010年、沂沭泗河水系为2006~2010年。

4 设计年径流复核分析

4.1 基本方法

19处水文控制站,主要采用逐项还原法:

$$W_{\text{天然}} = W_{\text{实测}} + W_{\text{农灌}} + W_{\text{工业}} + W_{\text{城镇生活}} + W_{\text{引水}} + W_{\text{分洪}} + W_{\text{库蓄}}$$

式中: $W_{\text{天然}}$ 为还原后的天然径流量; $W_{\text{实测}}$ 为水文站实测径流量; $W_{\text{农灌}}$ 为农业灌溉耗损量; $W_{\text{工业}}$ 为工业用水耗损量; $W_{\text{城镇生活}}$ 为城镇生活用水耗损量; $W_{\text{引水}}$ 为跨流域(或跨区间)引水量,引出为正,引入为负; $W_{\text{分洪}}$ 为河道分洪决口水量,分出为正,分入为负; $W_{\text{库蓄}}$ 为大中型水库蓄水变量,增加为正,减少为负。

对于洪河口、颍河口、涡河口、史河口、淝河口、沭河(山东境内)、沂河(山东境内)等7处无水文控制站的入河口、省界控制断面,由于无实测径流量资料,因此无法直接采用逐项还原法进行计算,本次复核计算按其上游控制站的还原径流量与上游控制站至该入河

口(或省界)断面的区间产流量相叠加,其中区间产流量的计算主要根据该区间的降雨及降雨径流系数进行估算。

4.2 计算成果

根据各站1956~2010年系列还原计算的天然径流量,通过P-型曲线频率分析,统计参数成果见表1。

4.3 成果合理性分析

4.3.1 设计成果分析

根据表1,与《水资源评价》成果相比,各站均值相差介于-2.78%~4.03%之间,涡河蒙城站偏大10.61%, C_v 变化在±0.02范围内($C_s/C_v=2.0$ 保持不变)。统计参数变化不大,计算的20%、50%、75%、90%、95%保证率设计年径流量,淝河佛子岭水库90%保证率设计值偏小14.15%、涡河蒙城站20%保证率设计值偏大11.2%,其余站变化范围介于-6.4%~7.39%之间。

4.3.2 降雨径流特性变化分析

从19个控制站的径流系数(1956~2010年系列)地区分布看,山区大于平原、南部大于北部,符合径流系数地区分布一般规律(见表2)。从各站年降雨径流关系变化趋势分析,本次延长的2001~2010年系列点据分布,与《水资源评价》成果(1956~2000年系列)基本吻合(见图1、图2)。

表1 淮河流域主要站设计年径流复核计算成果表($C_s/C_v=2.0$)

Table1 The rechecking results of design annual runoff at the main stations in the Huaihe River basin

河名	站名	本次		水资源评价		均值差 /%	河名	站名	本次		水资源评价		均值差 /%
		E_x	C_v	E_x	C_v				E_x	C_v	E_x	C_v	
淮河	息县	42.4	0.53	42.9	0.54	-1.17	史河	梅山水库	13.7	0.42	13.8	0.43	-0.72
	淮滨	62.6	0.52	62.4	0.51	0.32		蒋家集	30.8	0.44	31.4	0.44	-1.91
	王家坝	103.1	0.55	101.8	0.57	1.18		史河口	35.1	0.44			
	鲁台子	255.5	0.47	255.1	0.48	0.16	淝河	佛子岭水库	15.4	0.41	15.7	0.40	-1.91
	蚌埠	317.2	0.58	304.9	0.57	4.03		响洪甸水库	11.0	0.40	11.0	0.41	0
	中渡	373.0	0.56	367.1	0.57	1.61		横排头	33.9	0.40	33.9	0.39	0
洪河	班台	28.2	0.75	27.6	0.76	3.99	淝河口	41.9	0.31				
	洪河口	30.9	0.74				沂河	葛沟	14.3	0.63	14.4	0.65	-0.69
颍河	周口	37.8	0.56	38.0	0.58	-0.53		临沂	26.8	0.59	27.0	0.57	-0.74
	阜阳	53.6	0.65	52.3	0.63	2.49		沂河(山东境内)	28.1	0.55			
涡河	颍河口	58.3	0.59				沭河	莒县	3.5	0.64	3.6	0.64	-2.78
	蒙城	14.6	0.63	13.2	0.62	10.61		大官庄	12.2	0.52	12.0	0.54	1.67
	涡河口	15.7	0.71					沭河(山东境内)	15.5	0.51			

表2 淮河流域主要站不同系列年径流系数对比表

Table2 The comparison of different series of annual runoff coefficients at the main stations in the Huaihe River basin

河名	站名	径流系数		河名	站名	径流系数		河名	站名	径流系数		河名	站名	径流系数	
		本次	水资源评价			本次	水资源评价			本次	水资源评价			本次	水资源评价
淮河	息县	0.37	0.37	淮河	中渡	0.25	0.24	史河	梅山水库	0.48	0.48	沂河	葛沟	0.29	0.30
	淮滨	0.34	0.34	洪河	班台	0.25	0.24		蒋家集	0.39	0.39		临沂	0.30	0.30
	王家坝	0.31	0.31	颍河	周口	0.18	0.18	溧河	佛子岭水库	0.54	0.55	沭河	莒县	0.25	0.25
	鲁台子	0.29	0.29		阜阳	0.18	0.18		响洪甸水库	0.51	0.51		大官庄	0.32	0.31
	蚌埠	0.27	0.26	涡河	蒙城	0.12	0.11	横排头	0.52	0.53					

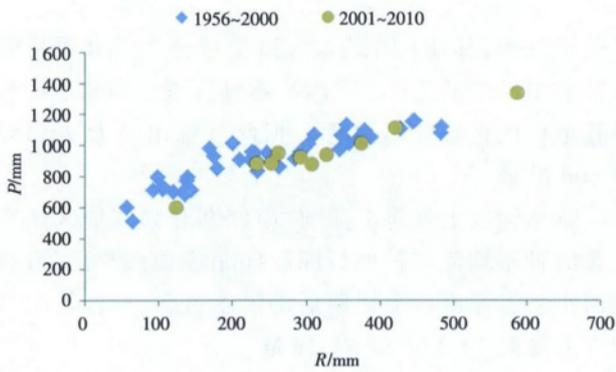


图1 淮河蚌埠站年降雨-径流相关图

Fig.1 The correlations between annual rainfall and runoff at Bengbu site

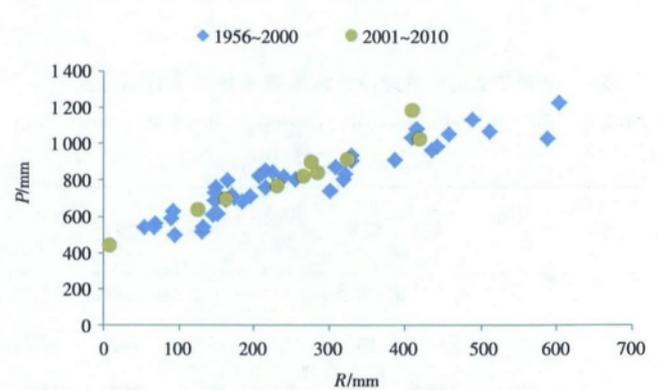


图2 沂河临沂站年降雨-径流相关图

Fig.2 The correlations between annual rainfall and runoff at Linyi site

5 设计洪水复核分析

5.1 淮河干流设计洪水

5.1.1 洪水系列计算

按照淮河历次设计洪水的系列计算方法,淮河干流王家坝、正阳关、蚌埠、中渡站是在考虑控制站上游大型水库、湖泊、行蓄洪工程、洼地等对洪水的滞蓄、调蓄影响情况下,将洪水“还原”到无工程影响条件下的洪水过程,即理想流量过程,在理想流量过程中截取时段最大洪量形成不同时段理想洪量系列。

淮河上游息县、淮滨站,根据水利工程实际情况,为保证洪峰、洪量系列的一致性,减少还原计算误差,采用现状工程(即“还现”)情况下洪峰洪量系列作为设计洪水计算依据。

5.1.2 计算成果

通过对各站理想洪量系列延长计算和频率分析,设计洪水成果为息县、淮滨站洪峰流量和最大24h、3d、7d、15d、30d洪量;王家坝站最大15d、30d洪量;正阳关、蚌埠、

中渡站最大30d、60d洪量。复核计算成果见表3、表4。

淮河干流各控制站设计洪水计算结果,均值总体略有减小, C_v 值基本不变。《规划》重点涉及的重现期为50a、100a、300a淮河干流各站洪水设计值相差很小。

5.2 沂沭泗河水系设计洪水

5.2.1 洪水系列计算

沂沭河洪峰流量还原计算是将沂河临沂站上游6座大型水库拦蓄的洪水过程演算至临沂站,沭河大官庄站上游4座大型水库拦蓄的洪水过程演算至大官庄站,演算过程分别与控制站实测流量过程相加,即为还原后的流量过程,其最大值即为还原最大洪峰流量。沂河临沂站理想洪水过程线加同时段沭河大官庄站理想洪水过程线得沂沭河(总)理想洪水过程线,从中选取最大3d、7d、15d洪量。

考虑水文资料条件,将南四湖地区分成湖西、湖面及湖东三片分别计算入湖流量过程。湖西片采用降雨径流关系和单位线法计算入湖洪水过程;湖东采用各支流水文控制站实测流量考虑上游水库蓄变量还

表3 淮河干流息县、淮滨站设计洪水复核成果表($C_s/C_r=2.5$)
Table3 The rechecking results of design flood at Xi County and Huaibin site

站名	重现期 /a	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$			$W_{24h}/10^8 m^3$			$W_{3d}/10^8 m^3$			$W_{7d}/10^8 m^3$			$W_{15d}/10^8 m^3$			$W_{30d}/10^8 m^3$		
		本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%
息县	20	9410	9320	0.97	7.372	7.29	1.18	15.42	15.47	-0.32	21.82	21.63	0.88	29.13	28.47	2.32	38.17	39.53	-3.4
	50	12600	12500	0.80	9.905	9.79	1.17	20.72	20.78	-0.29	28.98	28.74	0.84	38.26	37.38	2.35	49.3	51.91	-5.0
淮滨	20	9400	9650	-2.59	7.89	8.08	-2.42	20.14	20.56	-2.04	32.36	32.68	-0.98	43.98	43.15	1.92	56.74	58.53	-3.1
	50	12600	13000	-3.08	10.6	10.86	-2.39	27.06	27.62	-2.03	42.99	43.42	-0.99	57.75	56.66	1.92	73.28	76.85	-4.6

表4 淮河王家坝~中渡设计洪水复核成果表($C_s/C_r=2.5$)
Table4 The rechecking results of design flood at various sites
in the Huaihe River

站名	重现期 /a	$W_{15d}/10^8 m^3$			$W_{30d}/10^8 m^3$		
		本次	规划	相差 /%	本次	规划	相差 /%
王家坝	50	98.5	101	-2.48	137.9	143	-3.57
	100	116	119	-2.52	161.9	168	-3.63
正阳关	50	330.4	324	1.98	427.8	428	-0.05
	100	393.0	386	1.81	502.4	504	-0.32
	300	493.3	485	1.71	621.1	623	-0.30
蚌埠	50	400.1	395	1.29	528.0	528	0.00
	100	476.0	470	1.28	620.6	622	-0.23
	300	597.5	591	1.10	767.2	768	-0.10
中渡	50	514.6	510	0.90	670.1	672	-0.28
	100	612.1	607	0.84	787.0	791	-0.51
	300	768.4	763	0.71	972.9	977	-0.42

原后的理想过程,按水文比拟法计算湖东片整个片区入湖理想洪水过程;湖面采用降雨扣除蒸发损失计算入湖洪水过程。将上述三片的逐日来水过程相加即为南四湖地区还原计算后的洪水过程,据此过程计算南四湖最大7d、15d和30d洪量。

邳苍地区分为运河站以上、运河站以下、郟新地区及骆马湖湖面四片进行水量计算。骆马湖湖面产流过程采用降水过程减蒸发过程计算,根据面积换算为逐

日流量过程,其他三片均采用降雨径流关系和单位线法推求逐日流量过程。将四片逐日流量过程相加即为邳苍地区的还原流量过程。据此计算出最大7d、15d和30d洪量。

骆马湖以上是将沂沭河、南四湖和邳苍地区还原计算的日平均流量按照时间顺序相叠加,即得到沂沭泗河水系骆马湖以上还原后的洪水过程,再计算骆马湖以上最大7d、15d和30d洪量。

5.2.2 计算成果

通过对各部分控制站以上还原后的理想洪量系列频率分析,并经地区协调、平衡分析,设计洪水计算成果见表5。

沂沭泗河水系设计洪水本次复核成果与《规划》采用成果相比偏小(与编制《规划》时对设计洪水复核的结论一致),主要是由于沂沭泗河水系自1975年以来均为中小洪水。沂河临沂站历年7d最大洪量系列见图3,1912~1974年洪水系列中,发生大于 $15 \times 10^8 m^3$ 洪量的大中等洪水有8年,平均约12年一次;1975~2010年系列中没有超过 $15 \times 10^8 m^3$ 的大中洪水,均属小洪水。其余各站洪水系列均有相同特性。1975年以来洪水系列明显偏枯,致使设计值存在偏小的可能。

5.3 成果合理性分析

经对比分析,洪量的 C_v 值小于洪峰流量的 C_v 值,各站同时段洪量均值随流域面积增大而增大,均值模数随流域面积增大而减少。同一站点 C_v 值随时段增长而减小,符合统计参数变化一般规律。

各站同频率不同时段设计洪量相关点据、上下游站相同时段同频率设计洪量相关点据与历年洪量相关线基本一致,地区之间基本协调。

表5 沂沭泗河水系设计洪水复核成果表($C_1/C_0=2.5$)

Table5 The rechecking results of design flood in the Yishusi River system

站名	重现期/a	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$			$W_{3d}/10^8 m^3$			$W_{7d}/10^8 m^3$			$W_{15d}/10^8 m^3$			$W_{30d}/10^8 m^3$		
		本次	规划	相差/%	本次	规划	相差/%	本次	规划	相差/%	本次	规划	相差/%	本次	规划	相差/%
沂河 (临沂)	50	20 190	22 400	-9.87	19.03	19.2	-0.89	28.73	32.2	-10.78	40.36	43.3	-6.79	53.91	59.3	-9.09
	100	24 460	26 700	-8.39	22.72	22.7	0.09	34.3	37.9	-9.5	48.02	50.6	-5.1	63.97	69.2	-7.56
沭河 (大官庄)	50	8 995	9 450	-4.81	8.79	9.45	-6.98	12.62	14	-9.86	17.49	18.3	-4.43	22.4	23.3	-3.86
	100	10 860	11 000	1.27	10.51	11.1	-5.32	15.09	16.5	-8.55	20.79	21.4	-2.85	26.52	27.2	-2.5
沂沭河 (总)	50				25.48	27.0	-5.63	38.52	43	-10.42	53.51	56.6	-5.46	71.72	78.3	-8.4
	100				30.35	31.5	-3.65	45.88	50.1	-8.42	63.51	66.1	-3.92	84.79	92.5	-8.34
南四湖 (韩庄)	50							51.78	56.6	-8.52	78.86	90.6	-12.96	92.51	103	-10.18
	100							61.52	66.1	-6.93	93.69	105.9	-11.53	109.1	120.5	-9.46
邳仓地区 (运河镇)	50							24.56	25.2	-2.54	36.53	40.9	-10.68	48.98	51.2	-4.34
	100							28.65	29.3	-2.22	42.61	47.6	-10.48	57.14	59.5	-3.97
骆马湖 (崮山闸)	50							96.15	101	-4.80	153.9	173	-11.04	195.2	212	-7.92
	100							114.4	117	-2.22	183	201	-8.96	230.1	244	-5.7

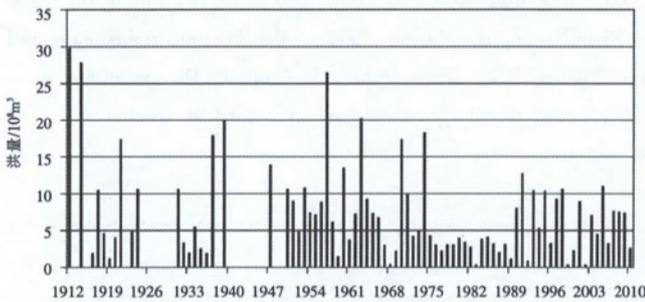


图3 沂河临沂站历年7d最大洪量

Fig.3 The maximum 7d flood discharge at Linyi site in the Yihe River

6 结论与建议

6.1 结论

(1)本次复核分析,是在现有水文设计成果的基础上进行了系列延长,其计算方法与原系列保持一致,依据的基本资料经过三性分析,满足计算要求。统计参数变化符合一般规律,成果合理。

(2)淮河流域26处站点年设计径流成果与《水资源评价》成果基本一致。由于《水资源评价》成果已用于《淮河流域水资源综合规划》、《淮河流域综合规划(2012~2030)》,考虑到与《规划》的一致性,本次设计径流复核成果建议仍采用《规划》成果不变。

(3)淮河干流设计洪水成果与《规划》采用成果变化不大。沂沭泗河水系主要站设计洪水成果与《规划》采用成果相比偏小。主要原因是自1975年以来,沂沭

泗河水系长期处于中小水年,系列明显偏枯,存在设计成果偏小的可能。鉴于沂沭泗河水系防洪工程总体布局和洪水安排是经过苏鲁两省之间多年的协调、在权衡上下游左右岸利益的基础上达成基本一致的结果,从防洪安全出发,《淮河流域防洪规划》、《淮河流域综合规划(2012~2030)》沂沭泗河水系骆马湖以上设计洪水均推荐采用了1980年成果。考虑到与以往规划成果的连续性、规划协调的复杂性及工程安全性等因素,建议本次设计洪水复核成果仍维持《规划》采用成果。

(4)按照本次复核分析的结论意见,淮河流域设计径流、设计洪水成果保持了与淮河流域综合规划、淮河流域防洪规划、水资源综合规划的一致性和协调性,对目前流域已建工程和在建工程,以及工程的防洪调度方案、水量分配方案等不产生直接影响。

6.2 建议

(1)设计径流计算成果中沂沭泗河水系葛沟、临沂、莒县、大官庄四站还原计算的天然径流量出现负值,其原因是2003年开展的水资源评价径流逐项还原计算中未考虑控制站上游水库的蒸发量和渗漏量。建议开展第三次水资源调查评价时,结合淮河流域实际情况,完善径流还原计算要素,使径流还原计算成果科学合理。

(2)结合淮河流域洪水和径流特性,开展系列代表性的分析,包括降雨、径流丰、平、枯周期,连丰、连

枯状况的分析,确定合理的分析资料系列长度,以提高统计参数的代表性。

参考文献:

- [1] 水利部淮河水利委员会.淮河流域综合规划(2012–2030年)[R].2013.
(The Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources. The comprehensive planning in the Huaihe River basin (2012–2030) [R], 2013. (in Chinese))
- [2] 水利部淮河水利委员会规划设计研究院.淮河干流设计洪水报告[R]. 1995.(The Institute of Planning and Design of the Huaihe River

Commission. The design flood report for the Huaihe mainstream [R], 1995. (in Chinese))

- [3] 水利部淮河水利委员会.淮河流域及山东半岛水资源综合规划[R]. 2008. (The Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources. Huaihe River basin and Shandong Peninsula integrated water resources plan [R], 2008. (in Chinese))
- [4] 水利部淮河水利委员会.淮河流域及山东半岛水资源评价[R].2005. (The Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources. The evaluation of the water resources in the Huaihe River basin and Shandong Peninsula [R], 2005. (in Chinese))

Study on the Revision of Hydrological Design Results in the Huaihe Basin

QIAN Mingkai¹, SUN Yong¹, FEI Yongfa², CHEN Zhuqing¹, PING Kejian², ZHOU Jiagui²

(1. Hydrology Bureau (Information Center) of the Huaihe River Commission, Bengbu 233001, China;

2. Huaihe Planning and Design Research Co., Ltd., Hefei 230601, China)

Abstract: Based on the hydrologic design results of “Huaihe basin and Shandong Peninsula water resources evaluation” and “Huaihe basin comprehensive planning (2012–2030)”, this paper extended the data series to 2010, and reviewed the hydrological design results. The results show that the annual runoff of the Huaihe River basin, the design flood of the Huaihe mainstream and the planning results are basically the same, and the design flood of the Yishusi River water system is smaller. The main reason is that Yishusi River system has been in relatively low water year since 1975, and the design value may possibly be smaller.

Key words: Huaihe basin; design annual runoff; design flood; recheck analysis

(上接第 51 页)

Temporal and Spatial Variation Characteristics of Drought in Inner Mongolia Based on Standardized Precipitation Index

LI Hongyu, MA Long, LIU Tingxi, LIANG Longteng

(College of Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: This paper used Standard Precipitation Index (SPI) to analyze the temporal and spatial characteristics of climate drought in Inner Mongolia in recent 64 years, according to the precipitation data from the 70 meteorology stations during 1951–2014. The results show: In the recent 64 years, there was a humid trend in western part in spring, autumn and winter, a humid trend in the central part in spring and autumn, and a humid trend in the eastern part in spring and winter while there was a drought trend in the other areas; In the central and eastern parts, the abrupt of plant growth period occurred in 2001 and 1990. After that, there was a drought trend in the eastern part which turned to humid in 2006. There was a severe drought in the western part during 1960s, a severe drought in the central and eastern parts from 1990s to 2000s. The annual SPI showed a downward trend of drought rate from the northwest to southeast in the western part, and it was from the south to north in the western part. The trend of the drought rate in central part was bigger than those in the western and eastern parts. The spatial variation of SPI during plant growing period had a consistency with the interannual variation, but the areas of drought in the western and central parts were expanding.

Key words: drought event; drought trend; standard precipitation index; Inner Mongolia