

天山西部地区水面蒸发量计算模型研究

王振英

(新疆伊犁水文水资源勘测局, 新疆 伊宁 835000)

摘要: 利用天山西部地区9个县市气象站近50年的降水、气温和水面蒸发观测资料, 分析了天山西部地区干旱指数与干燥度的关系, 并推导出用降水和气温资料计算 E_{601} 型蒸发器观测值表示的水面蒸发量的方法。结果表明, 天山西部地区代表站年以及春、夏、秋三季干旱指数与干燥度的相关性十分显著, 因此可以利用年降水或春、夏、秋三季降水和平均气温资料计算相应水面蒸发量的经验性模型。通过对各代表站水面蒸发量的拟合检验计算, 单站模型和5站综合模型拟合结果均符合《水文情报预报规范》有关规定和技术标准, 因此推导的计算方法具有很好的实用价值。

关键词: 干旱指数; 干燥指数; 水面蒸发量; 计算模型; 天山西部地区

中图分类号: P332.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)06-0030-05

Research on the Calculation Model of Western Surface Evaporation in Western Tianshan Area

WANG Zhenying

(Yili Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Xinjiang, Yining 853000, China)

Abstract: The 50-year precipitation, temperature, and water surface evaporation data at nine meteorological stations of western Tianshan area were used to analyze the relationship between the drought index and dryness in the area, and to deduce the calculation method of water surface evaporation based on the observed values of E601 evaporator using the precipitation and temperature data. The results showed that the relationships between the annual and seasonal (spring, summer, and autumn) drought indexes and drying indexes are significant at the representative stations of western Tianshan area, which indicates that the annual and seasonal (spring, summer, and autumn) precipitation and average temperature data can be used to calculate the corresponding empirical model of water surface evaporation. Based on the verification calculations of water surface evaporation values at each station, the models of single station and five integrated stations can generate the results satisfying the regulations and technical standards of "Standard for Hydrological Information and Hydrological Forecasting". Therefore, the calculation method is of practical significance.

Key words: drought index; drying index; water surface evaporation; calculation model; western Tianshan area

水面蒸发是水循环过程中的一个重要环节, 水面蒸发量^[1]是水库、湖泊等水体水量损失的主要部分, 也是研究陆地蒸发的基本参证资料, 因此近些年水面蒸发问题受到许多研究者的关注^[2]。不过在新疆地区, 利用经验公式或气象学方法进行水面蒸发量的研究成果还不多见。王积强^[3]通过对20 cm口径蒸发皿月水面蒸发量与月平均气温资料的相关分析, 得出了月水面蒸发量与月平均气温的指数关系式; 张国威^[4]在应用彭曼(Penman)公式计算新疆水面蒸发量时, 发现其中干燥度参数需加修正, 才能与山区实测水面蒸发量近似^[5]; 胡安焱等^[6]研究建立了新疆平原区由月平均气温预测月水面蒸发量的模型。这都是十分有益的探索与发现。但是新疆地域广阔, 各地的水文气象、自然地理环境等

差异较大, 影响水面蒸发的因素又很多, 由单一、通用的模型或方法, 准确地预测或计算出各个不同气候区的水面蒸发量是比较困难的。因此, 探讨符合天山西部地区的水面蒸发量计算方法, 对于有效利用区域长系列水文、气象资料, 科学进行区域水资源评价、规划和合理开发利用, 都具有十分重要的意义。

1 研究资料

本次研究收集了天山西部伊犁哈萨克自治州的伊宁市、伊宁、霍城、察布查尔、巩留、尼勒克、新源、特克斯、昭苏9个县市气象站1957年-2006年, 年降水、气温、20 cm口径蒸发皿水面蒸发观测资料。对于20 cm口径蒸发皿观测资料,

将按《水资源评价导则》(SL/T 238-1999)规定,统一换算为 E 601 型蒸发器水面蒸发量。

所用资料均严格按照国家有关行业标准进行收集、审查、汇编等程序核定后,录入国家气象专用数据库,资料精度基本可靠。此次又对各项成果资料进行了全面的合理性分析和检查,对其中错误或不合理的数据进行了修正。由于各站收集资料年限不尽相同,为了使资料序列统一和便于统计分析,对部分站、部分年份未观测时段的各项资料,采用相关分析方法进行了系列的插补或延长。对各站的有关资料进行整理和计算后,获取其历年春、夏、秋三季和年的特征序列。

2 水面蒸发模型的推导

2.1 干旱指数计算

干旱指数是反映某一地区气候干旱程度的指标。水文学上一般采用年水面蒸发量(能力)与年降水量的比值来表示^[7],具体计算公式为:

$$y = E_0 / P_0 \quad (1)$$

式中: y 为干旱指数; E_0 为年水面蒸发量或年水面蒸发量能力(mm); P_0 为年降水量(mm)。

由于缺乏大水体水面蒸发对比观测资料,本文以 E 601 型蒸发器观测值 E_{601} 代替年水面蒸发量 E_0 。

$$E_{601} = K E_{20} \quad (2)$$

$$K = E_{601} / E_{20} \quad (3)$$

式中: K 为水面蒸发折算系数; E_{601} 为 E 601 型蒸发器蒸发量(mm); E_{20} 为 20 cm 口径蒸发皿蒸发量(mm)。

式(2)中的水面蒸发折算系数 K 值,可由流域各分区代表站的 E 601 型蒸发器与 20 cm 口径蒸发皿水面蒸发量对比观测资料按式(3)计算后获取。利用式(2),按照《水资源评价导则》规定,可以将各分区代表站的长系列 20 cm 口径蒸发皿水面蒸发量观测资料,统一换算为 E 601 型蒸发器的水面蒸发量。

2.2 干燥度计算

干燥度是表征干燥程度的指数。本文采用 De Martonne (德马顿)干燥度计算方法^[8],按如下公式进行计算:

$$I_{dm} = \frac{P}{T + 10} \quad (4)$$

式中: I_{dm} 为干燥度; P 为年降水量(mm); T 为年平均气温(°C)。由各站历年的降水、蒸发和气温资料,分别计算出 1957 年-2006 年春季(3月-5月)、夏季(6月-8月)、秋季(9月-11月)和历年来的干旱指数与干燥度。

3 水面蒸发量计算模型的建立

根据数理统计学原理,两个独立变量可用回归分析或一般统称的相关分析法建立定量相关关系或数学模型^[9]。回归分析类型有线性(L)、对数(O)、多项式(P)、幂函数(W)和指数(X)等。

其中,幂函数(W)的数学表达式为:

$$y = kx^n \quad (5)$$

式中: y 为因变量; x 为自变量; k 为常数; n 为幂指。

使用 Microsoft Excel 软件中回归分析类型,分别普查各站各类型的历年以及春、夏、秋三季干旱指数与干燥度之间

的拟合程度,并最终确定出幂函数(W)关系式的拟合程度^[10]最佳。

令 $x = y, y = I_{dm}$, 则有:

$$I_{dm} = ky^n \quad (6)$$

将(1)和(4)式代入(6)式中,可得:

$$\frac{P}{T + 10} = k(E_0/P)^n \quad (7)$$

对(7)式进行整理后,就可得到如下通用公式:

$$E_0 = \left[\frac{P^{n+1}}{k(10+t)} \right]^{1/n} \quad (8)$$

再令 $E_0 \approx E_{601}$, 则又有:

$$E_{601} = \left[\frac{P^{n+1}}{k(10+t)} \right]^{1/n} \quad (9)$$

式(9)即为水面蒸发量计算模型^[11-12]。由幂函数建立各站历年以及三季干旱指数与干燥度之间的相关关系,其相关程度用相关系数 R 来表示。区域各代表站干旱指数与干燥度相关关系分析计算结果见表 1,典型相关关系见图 1 至图 4。

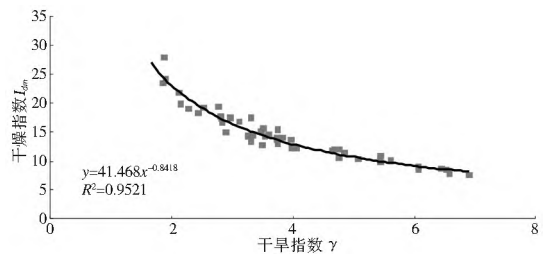


图 1 1957 年-2006 年天山西部地区伊宁市年干旱指数与年干燥指数相关关系

Fig. 1 Relationship between the annual drought index and dry index in Yining City of western Tianshan area between 1957 and 2006

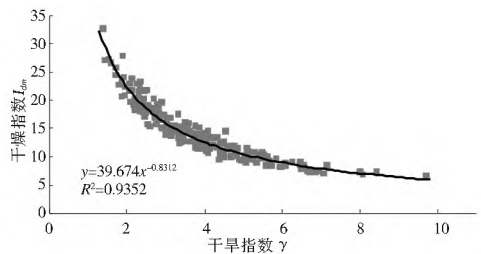


图 2 1957 年-2006 年天山西部地区 5 站综合年干旱指数与年干燥指数相关关系

Fig. 2 Relationship between the comprehensive drought index and dry index at 5 stations of western Tianshan area between 1957 and 2006

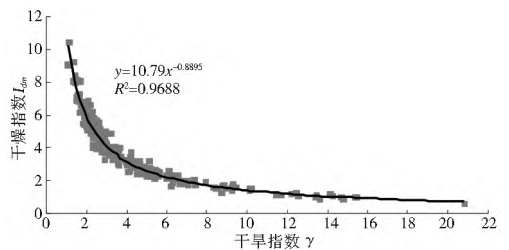


图 3 1957 年-2006 年天山西部地区 5 站综合春季干旱指数与干燥指数相关关系

Fig. 3 Relationship between the spring drought index and dry index at 5 stations of western Tianshan area between 1957 and 2006

表 1 天山西部地区代表站干旱指数与干燥度相关分析计算结果

Table 1 Correlation analysis between the drought index and dryness at representative stations of western Tianshan area

序号	计算站 或区域	春季(3月-5月)			夏季(6月-8月)		
		幂指数 n	常数 k	相关系数 R	幂指数 n	常数 k	相关系数 R
1	伊宁市	-0.890 3	11.242	0.989 6	-0.897 2	11.544	0.991 5
2	霍城县	-0.903 3	10.106	0.988 6	-0.897 6	11.035	0.990 1
3	察布查尔县	-0.867 7	10.615	0.982 0	-0.886 6	11.359	0.991 3
4	巩留县	-0.880 7	10.859	0.977 7	-0.886 4	10.751	0.991 7
5	伊宁县	-0.867 1	10.669	0.984 9	-0.860 0	10.793	0.977 7
6	昭苏县	-0.736 0	13.765	0.960 3	-0.703 6	12.929	0.959 0
7	特克斯	-0.776 5	12.495	0.972 0	-0.786 7	11.775	0.980 6
8	新源县	-0.814 0	11.931	0.976 7	-0.834 3	11.794	0.980 2
9	尼勒克县	-0.786 1	9.890 7	0.959 4	-0.772 9	10.456	0.970 1
1~5	5站综合	-0.889 5	10.790	0.984 3	-0.876 2	10.884	0.989 3
1~9	9站综合	-0.942 8	12.258	0.970 8	-0.950 6	12.874	0.990 5

序号	计算站 或区域	秋季(9月-11月)			年		
		幂指数 n	常数 k	相关系数 R	幂指数 n	常数 k	相关系数 R
1	伊宁市	-0.893 1	8.492 8	0.976 1	-0.841 8	41.468	0.975 8
2	霍城县	-0.925 2	7.707 5	0.986 9	-0.859 2	38.259	0.978 4
3	察布查尔县	-0.859 9	7.912 4	0.974 0	-0.796 4	38.530	0.957 9
4	巩留县	-0.901 0	8.384 9	0.973 2	-0.825 4	39.576	0.963 6
5	伊宁县	-0.851 7	8.221 4	0.962 2	-0.780 2	38.294	0.960 1
6	昭苏县	-0.761 3	10.750	0.948 9	-0.6526	51.040	0.915 3
7	特克斯	-0.875 1	10.157	0.960 6	-0.716 0	44.569	0.933 2
8	新源县	-0.856 2	9.408 4	0.978 6	-0.772 1	43.792	0.973 1
9	尼勒克县	-0.763 9	8.055 7	0.909 4	-0.663 6	37.892	0.905 8
1~5	5站综合	-0.898 4	8.239 2	0.972 4	-0.831 2	39.674	0.967 1
1~9	9站综合	-0.938 6	9.405 3	0.943 4	-0.963 1	49.326	0.960 0

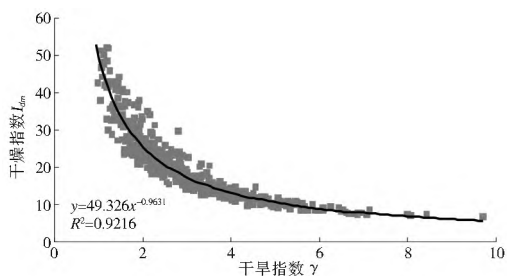


图 4 1957 年-2006 年天山西部地区 9 站综合年干旱指数与年干燥指数相关关系

Fig. 4 Relationship between the comprehensive drought index and dry index at 9 stations of western Tianshan area between 1957 and 2006

从表 1 相关普查结果可知,干旱指数与干燥度相关关系较好,无论是单站、5 站和 9 站,还是各季和年的相关系数都在 0.90 以上,9 站系列的相关系数相对较低,但显著水平平均可达 0.01 以上。

4 模型的检验

为了检验水面蒸发量计算模型的可靠性和精度,根据《水文情报预报规范》(SL 250-2000)有关规定和技术标准,并按照以下方法评定模型拟合的精度和等级^[13-15]。

(1) 以水面蒸发量实测值的 20% 作为许可误差,即当计

算值的相对误差 < 20% 时为合格。

(2) 拟合合格率按下式计算:

$$QR = \frac{n}{m} \times 100\% \quad (10)$$

式中:QR 为拟合合格率(%);n 为合格拟合次数;m 为拟合总次数。

按上述方法,对各站单站以及 5 站和 9 站综合模型进行的拟合检验,结果见表 2 至表 4。

单站模型(表 2)年值的拟合合格率为 80% 以上,其中 9 个站的平均拟合合格率为 95.8%;春、夏、秋三季的平均拟合合格率分别为 95.3%、98.4% 和 88.4%,以夏季合格率为最高。

5 站综合模型(表 3)年值的平均拟合合格率为 98.8%,比单站模型的平均合格率高 3%;春、夏、秋三季的平均拟合合格率分别为 92.8%、99.6% 和 88.4%,与单站模型的平均合格率基本一致。

9 站综合模型(表 4)年值的平均拟合合格率为 86.4%,比单站模型的平均合格率低 9.4%;春、夏、秋三季的平均拟合合格率分别为 80.7%、95.6% 和 71.8%,也明显低于单站模型的平均合格率。

总体而言,单站模型和 5 站综合模型的拟合检验结果均可满足规范精度要求,而 9 站综合模型在部分站的拟合检验结果不能满足规范精度要求,初步证实天山西部地区单站和 5 站综合水面蒸发量计算模型是正确的。

表2 天山西部地区代表站水面蒸发量计算模型的拟合检验结果(单站模型)

Table 2 The verification results of water surface evaporation calculation model at the representative stations of western Tianshan area (single station model)

序号	计算站 或区域	春季(3月-5月)				夏季(6月-8月)			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	47	50	94.0	0.37	50	50	100.0	0.17
2	霍城县	49	50	98.0	0.43	50	50	100.0	0.27
3	察布查尔县	48	50	96.0	0.61	50	50	100.0	0.17
4	巩留县	49	50	98.0	0.40	50	50	100.0	0.12
5	伊宁县	47	50	94.0	0.48	48	50	96.0	0.47
6	昭苏县	48	50	96.0	0.66	48	50	96.0	0.46
7	特克斯县	48	50	96.0	0.47	50	50	100.0	0.21
8	新源县	50	50	100.0	0.42	49	50	98.0	0.31
9	尼勒克县	43	50	86.0	1.00	48	50	96.0	0.57
9站平均				95.3	0.54			98.4	0.31

序号	计算站 或区域	秋季(9月-11月)				年			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	44	50	88.0	0.69	50	50	100.0	0.30
2	霍城县	50	50	100.0	0.42	49	50	98.0	0.26
3	察布查尔县	46	50	92.0	0.78	49	50	98.0	0.47
4	巩留县	48	50	96.0	0.44	50	50	100.0	0.30
5	伊宁县	44	50	88.0	0.88	48	50	96.0	0.49
6	昭苏县	40	50	80.0	1.04	46	50	92.0	0.68
7	特克斯县	46	50	92.0	0.74	49	50	98.0	0.17
8	新源县	48	50	96.0	0.34	50	50	100.0	0.24
9	尼勒克县	32	50	64.0	2.00	40	50	80.0	1.12
9站平均				88.4	0.81			95.8	0.45

表3 天山西部地区代表站水面蒸发量计算模型的拟合检验结果(5站综合模型)

Table 3 The verification results of water surface evaporation calculation model at the representative stations of western Tianshan area (5 station model)

序号	计算站 或区域	春季(3月-5月)				夏季(6月-8月)			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	49	50	98.0	-4.04	50	50	100.0	-1.80
2	霍城县	41	50	82.0	10.57	50	50	100.0	3.79
3	察布查尔县	47	50	94.0	-1.49	50	50	100.0	-2.14
4	巩留县	48	50	96.0	-1.45	50	50	100.0	3.29
5	伊宁县	47	50	94.0	-0.70	49	50	98.0	-1.77
5站平均				92.8	0.58			99.6	0.27

序号	计算站 或区域	秋季(9月-11月)				年			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	45	50	90.0	-3.31	50	50	100.0	-3.30
2	霍城县	37	50	74.0	12.09	48	50	96.0	9.70
3	察布查尔县	46	50	92.0	-0.32	50	50	100.0	-2.29
4	巩留县	48	50	96.0	-1.17	50	50	100.0	-0.22
5	伊宁县	45	50	90.0	-3.36	49	50	98.0	-1.59
5站平均				88.4	0.79			98.8	0.46

5 结论

(1) 天山西部地区代表站年以及春、夏、秋三季干旱指数

与干燥度的相关性十分显著,显著水平平均可达 0.01 以上,因此可以建立使用降水和平均气温资料计算水面蒸发量的经验模型。

表 4 天山西部地区代表站水面蒸发量计算模型的拟合检验结果(9 站综合模型)

Table 4 The verification results of water surface evaporation calculation model at the representative stations of western Tianshan area (9 station model)

序号	计算站 或区域	春季(3月-5月)				夏季(6月-8月)			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	48	50	96.0	2.07	50	50	100.0	0.61
2	霍城县	32	50	64.0	16.02	48	50	96.0	5.20
3	察布查尔县	45	50	90.0	3.14	50	50	100.0	-1.02
4	巩留县	47	50	94.0	5.82	48	50	96.0	9.65
5	伊宁县	44	50	88.0	7.77	46	50	92.0	2.57
6	昭苏县	28	50	56.0	-19.7	45	50	90.0	-8.52
7	特克斯县	38	50	76.0	-14.62	49	50	98.0	-5.09
8	新源县	48	50	96.0	-2.69	49	50	98.0	-3.08
9	尼勒克县	33	50	66.0	13.34	45	50	90.0	4.13
9 站平均				80.7	1.24			95.6	0.49

序号	计算站 或区域	秋季(9月-11月)				年			
		合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)	合格拟合次数 <i>n</i>	拟合总次数 <i>m</i>	拟合合格率 <i>QR</i> (%)	平均误差 (%)
1	伊宁市	42	50	84.0	6.24	50	50	100.0	1.95
2	霍城县	23	50	46.0	22.06	42	50	84.0	12.64
3	察布查尔县	40	50	80.0	8.64	49	50	98.0	0.15
4	巩留县	43	50	86.0	8.47	47	50	94.0	6.74
5	伊宁县	40	50	80.0	7.44	42	50	84.0	7.54
6	昭苏县	14	50	28.0	-23.82	30	50	60.0	-16.31
7	特克斯县	35	50	70.0	-12.94	43	50	86.0	-9.68
8	新源县	48	50	96.0	-5.11	49	50	98.0	-0.61
9	尼勒克县	38	50	76.0	3.61	37	50	74.0	5.43
9 站平均				71.8	1.62			86.4	0.87

(2) 通过对各代表站水面蒸发量的拟合检验计算, 单站模型和 5 站综合模型拟合结果均符合《水文情报预报规范》(SL 250-2000) 有关规定和技术标准, 模型可以用于天山西部地区年或春、夏、秋三季水面蒸发量的计算。

(3) 通过对单站模型与 5 站和 9 站综合模型拟合检验结果进行的比较分析, 可以初步判断, 模型在气候类型基本一致的地区是可以进行综合处理的。而对气候类型差异较大地区, 则应予以区别或不宜进行综合处理。

(4) 模型所需的降水和气温资料容易获取, 计算模型也并不十分复杂, 这对于有效利用长系列水文、气象资料, 科学开展区域水资源评价、规划和开发利用, 都十分实用、方便。

参考文献(References):

[1] SD 265-88, 水面蒸发观测规范[S]. SD 265-88, The Water Surface Evaporation Observation Specification[S]. (in Chinese)).

[2] 储开凤, 汪静萍. 中国水文循环与水体研究[J]. 水科学进展, 2007, 18(3): 468-472. (CHU Kai-feng, WANG Jing-ping. Progress of Research on Hydrological Cycle And Water[J]. China Water Science, 2007, 18(3):468-472. (in Chinese)).

[3] 王积强, 商思臣. 乌鲁木齐河跃进渠蒸发观测实验[J] 新疆环境保护, 1994, (4): 205-209. (WANG Ji-qiang, SHANG Si-chen. Urumqi River Leap Forward Channel Evaporation Observa-

tionexperiment [J]. Environmental Protection of Xinjiang, 1994, (4): 205-209. (in Chinese))

[4] 张国威, 周聿超. 新疆内陆干旱区蒸发的计算和分析[J]. 水科学进展, 1992, (3). (ZHANG Guo-wei, ZHOU Yu-chao. Evaporation Properties and Estimates in the Landlocked Arid Region in Xinjiang, China[J]. Advances in Water Science, 1992, (3). (in Chinese))

[5] 周聿超. 新疆河流水文水资源[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技文卫出版社, 1999: 30-39. (ZHOU Yu-chao. The Water Resources In Wenshui[M]. Urumchi: Xinjiang Science And Technology Publishing House, Urumqi River, 1999: 30-39. (in Chinese))

[6] 胡安焱, 郭西万. 新疆平原区水面蒸发量预测模型研究[J]. 水文, 2006, 26(1): 24-27. (HU An-yan, GUO Xi-wan. Surface Water Evaporation In Xinjiang Plain Area of Research on Prediction Model[J]. Water, 2006, 26(1): 24-27. (in Chinese)).

[7] 崔振才. 水资源与水文分析计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 32-34. (CUI Zhen-cai. Analysis on Water Resources and Hydrology Calculation [M]. Beijing: China Water Power Press, 2004: 32-34. (in Chinese)).

[8] 芮孝芳. 水文学原理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 104-106. (RU I Xiao-fang. Hydrology principle [M]. Beijing: China Water Power Press, 2004: 104-106. (in Chinese)).

(下转第 38 页)

下排,适当地滞”的防洪治理方针,结合河道沿岸现有的工程设施或天然节点,根据规划标准和地方经济发展要求,研究确定满足今后防洪要求的工程措施,并分期分批进行实施。与此同时,还应加强非工程措施建设,主要包括:在主要防洪控制河段建立监测站点;在各河系建立水情自动测报和洪水预警预报系统;对各河道及河系制定详细的洪水调度方案;对洪泛区实行洪水保险;加强立法工作、做好河道及洪泛区的管理工作等。只有通过工程措施与非工程措施相互配合,才能使洪灾损失减小到最低程度。

5 结语

近些年,河北省内中小河流的防洪形势日益严峻,防洪问题与沿岸社会和经济发展的矛盾越来越突出。为了有效地保护各河道沿河两岸人民生命财产安全和经济发展的成果,使地区或区域内社会、经济以及生态环境协调和可持续发展,根据河北省境内各中小河流现状存在的突出问题,首先应加紧对各河道进行防洪规划、防洪治导线规划等有利于防洪的各项规划,并对河道现状地形、地物和防洪工程进行评估;然后根据防洪治导线划定的行洪范围对河道加强管理,规范水事秩序;最后在河道有关防洪的各项规划基础上,通过修建工程措施提高沿河粮食主产区、城镇和经济发达地区等的防洪标准,同时根据各河情况加强其非工程措施的建设,使境内各中小河流防洪减灾工作体系得到逐渐完善。

参考文献(References):

- [1] 周魁一. 我国防洪减灾方针进展及其理论探讨[J]. 中国水利, 2009, (9): 5-11. (ZHOU Kui yi. Policy making for Flood Control and Drought Relief in China: Progress and Theory Discussions [J]. China Water Resources, 2009, (9): 5-11. (in Chinese))
- [2] 程晓陶. 防洪抗旱减灾研究进展[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2008, 3(6): 191-198. (CHENG Xiaotao. Recent Progress in Flood and Drought Management Research [J]. Journal of

China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2008, 3(6): 191-198. (in Chinese))

- [3] 崔承章, 熊治平. 治河防洪工程[M]. 中国水利水电出版社, 2004. (CUI Cheng zhang, XIONG Zhi ping. River Regulation and Flood Control Engineering [M]. China Water Conservancy and Hydropower Press, 2004. (in Chinese))
- [4] 鄂竟平. 经济社会与水旱灾害[J]. 中国水利, 2006, (6): 8-14. (E Jing ping. Economic Society and the Flood and Drought Disasters [J]. China Water Resources, 2006, (6): 8-14. (in Chinese))
- [5] 程晓陶. 中小河流整治出路何在[J]. 中国减灾, 2010, (8): 24-25. (CHENG Xiaotao. Small and Medium sized Rivers Where the Way Out [J]. Disaster Reduction In China, 2010, (8): 24-25. (in Chinese))
- [6] 刘宝元, 段淑怀, 符素华, 等. 北京市“7·21”特大暴雨水土保持措施效益评价[J]. 北京水务, 2012, (5): 8-13. (LIU Baoyuan, DUAN Shuhuai, FU Suhua, et al. Beijing City “7·21” Torrential Rain Measures of Soil and Water Conservation Benefit Evaluation [J]. Beijing Water, 2012, (5): 8-13. (in Chinese))
- [7] 吉利娜, 付春梅, 杨波, 等. 北运河“7·21”暴雨洪水调度分析[J]. 北京水务, 2013, (1): 9-11. (JI Lina, FU Chunmei, YANG Bo, et al. Analysis of the North Canal “7·21” Storm Flood Dispatching [J]. Beijing Water, 2013, (1): 9-11. (in Chinese))
- [8] 徐和龙. 海河流域 2012 年防汛调度工作思考[J]. 海河水利, 2013, (1): 38-40. (XU Helong. Thinking of Flood Control Work in Haihe River Basin in 2012 [J]. Haihe Water Resources, 2013, (1): 38-40. (in Chinese))
- [9] 河北省水利厅. 河北省水旱灾害[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. (Department of Water Resources of Hebei Province. Flood and Drought Disasters of Hebei Province [M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 1998. (in Chinese))
- [10] 刘惠霞. 河北省中南部“96·8”暴雨洪水特性分析[J]. 水文, 2000, 5(20): 62-65. (LIU Huixia. Analysis of Central and Southern Hebei Province “96·8” Storm Flood Characteristics [J]. Journal of China Hydrology, 2000, 5(20): 62-65. (in Chinese))

(上接第 34 页)

- [9] 王旭东, 刘克利, 戴玉芝, 等. 1957-2007 年额济纳荒漠绿洲暖干化趋势[J]. 干旱区研究, 2009, 26(6): 771-778. (WANG Xudong, LIU Keli, DAI Yuzhi, et al. 1957-2007 Ejina Desert Oasis Warm Dry Trend [J]. Arid Zone Research, 2009, 26(6): 771-778. (in Chinese)).
- [10] 华东水利学院. 水文学的概率统计基础[M]. 北京: 水利出版社, 1981: 90-93. (East China Institute of Water Conservancy. Probability And Statistics Based [M]. Beijing: China Water Power Press, 1981: 90-93. (in Chinese)).
- [11] 曾燕, 邱新法, 刘昌明, 等. 1960-2000 年中国蒸发皿蒸发量的气候变化特征[J]. 水科学进展, 2007, 18(3): 311-318. (ZENG Yan, QIU Xinfa, LIU Changming, et al. 1960-2000 China Pan Evaporation Characteristics [J]. Water Science, 2007, 18(3): 311-318. (in Chinese)).
- [12] 施雅风. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M]. 北京: 气象出版社, 2003. (SHI Yafeng. An Assessment of The Issues

on Climate Change from Warm dry to Warm wet in Northwest China [M]. Beijing: Meteorological Press, 2003. (in Chinese)).

- [13] 徐宗学, 和苑琳. 黄河流域近 40 年蒸发皿蒸发量变化趋势分析[J]. 水文, 2005, 25(6): 6-11. (XU Zongxue, HE Yuanlin. Analysis of the Past 40 years [J]. Journal of China Hydrology, 2005, 25(6): 6-11. (in Chinese)).
- [14] 郭军, 任国玉. 黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析[J]. 水科学进展, 2005, 16(5): 666-672. (GUO Jun, REN Guoyu. Research on Change of Pan Evaporation and Possible Climate Factors Over the Huang Huai Hai Watershed, China [J]. Advances in Water Science, 2005, 16(5): 666-672. (in Chinese)).
- [15] 车红军. 气候变暖对水面蒸发量的影响[J]. 海河水利, 2004, (6): 13-14. (CHE Hongjun. Influence of Climate Change on Surface Water Evaporation [J]. Waterpower Haihe, 2004(6): 13-14. (in Chinese)).