

中线调水前汉江中下游水量和水质本底特性 及变化趋势分析

李雨¹, 王雪², 周波¹, 袁德忠¹, 陈金凤¹

(1. 长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430010; 2. 长江水利委员会综合管理中心, 湖北 武汉 430010)

摘要:为研究南水北调中线工程调水前, 汉江中下游的水量和水质本底特性及变化趋势, 选择汉江中下游 6 个水文站及 4 个水质观测断面, 采用数理统计、Mann-Kendall 检验和 Spearman 秩次检验法, 分别从水量和水质两个方面进行了分析。研究表明: (1) 对比分析历史长序列流量资料, 1999~2013 年间汉江中下游地区处于偏枯期; (2) 汉江中下游水量的年际变化较大, 极值比介于 2.7~3.3 之间。水量年内各月分配变化也较大, 汛期径流量占全年的 63%~66%, 非汛期仅占全年的 34%~37%; (3) 汉江中下游地区各水文测站的年均流量序列, 总体上随时间变化的趋势均不显著, 但经历了 1980~1990 的偏丰期及 1990~2013 的偏枯期; (4) 汉江中下游地区的水质达标情况较好, 大部分年份的水质均优于 III 类水质标准, 且水质无显著的变化趋势。

关键词:南水北调中线工程; 汉江中下游; 水量特性; 水质特性; 变化趋势

中图分类号: TV697.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2015)05-0082-09

1 引言

南水北调工程是实施我国水资源优化配置, 改变南涝北旱和北方地区水资源严重短缺局面的跨世纪重大战略工程, 可缓解京、津、华北地区水资源危机。其中, 中线工程整体规划分两期实施, 一期年均调水量 $95 \times 10^8 \text{m}^3$, 远期年均调水量 $130 \times 10^8 \text{m}^3$ 。一期主体工程已于 2013 年底建成, 2014 年汛期后全线通水。南水北调中线工程运行后, 每年从丹江口水库的调水量占汉江流域径流量的 20% 左右^[1], 再加上丹江口水利枢纽续建工程以及汉江中下游补偿工程。这些工程建设和运行, 必将导致汉江中下游的水文情势变化, 从而引发新的环境、生态问题。

因此, 分析南水北调中线工程调水前, 汉江中下游的水量和水质本底特性及其变化趋势, 不仅为开展南水北调中线工程对汉江中下游水量、水质、水生态等问题的量化研究提供依据, 而且对后期整体工程的调度运行提供比对数据及决策支持。

近年来, 众多学者就南水北调中线工程对汉江中

下游的影响开展了大量深入的研究, 如肖婵等^[2]分析了南水北调中线工程对汉江中下游的水文情势的影响, 计算分析了调水 $145 \times 10^8 \text{m}^3$ 后有、无引江济汉工程两种方案下的流量特征值的变化, 并应用分形理论分析了调水前后多年月平均径流过程线的形态特征。白金明等^[3]分析了南水北调中线工程对襄阳市水资源持续利用的影响, 并从加强水资源的规划管理、兴建配套工程以及加强生态环境建设等几个方面提出了对襄阳市水资源可持续利用的对策与建议。窦明等^[4]假定在污染负荷保持现状的前提下, 建立了水动力学模型和富营养化模型, 计算了南水北调中线工程调水前与调水后的水华发生概率。谢平等^[5]建立了汉江水华发生概率的计算模型, 并对南水北调中线工程不同调水方案下的汉江水华发生概率进行了定量计算。

然而, 现有的研究成果大多从水量或水质单方面, 开展南水北调中线工程对汉江中下游的影响研究, 本文选用了汉江自丹江口水库以下干流上的 6 个水文控制站的水文资料以及 4 个水质断面的水质资料, 从水量和水质的年际及年内变化、水量的地区组

收稿日期: 2014-11-03

作者简介: 李雨(1986-), 男, 河南省周口市人, 工程师, 博士研究生, 主要从事水文及水资源方面的研究。E-mail: liyuwhu@163.com

成、水量和水质的变化趋势及影响因素等多个方面,全面分析了南水北调中线工程调水前,汉江中下游的水量和水质本底特性及变化趋势。

2 资料与方法

2.1 资料

(1)水文站及流量资料序列。选取汉江干流上黄家港、襄阳、皇庄、沙洋和仙桃这五个水文站(分布情况见图1),由于各站的流量序列资料长短不一,且存在部分年份缺测现象,故选择各站均有连续流量资料的1975~2013年作为长资料序列。由于本文的主要目的是研究中线调水前的水文与水质本底资料,故选择1999~2013年作为现状条件下的短资料序列,该序列也能与水质资料序列保持一致。这五站均为国家重要基本站、一类流量测验精度站。此外,还选择了东荆河上的潜江水文站,用于分析东荆河分流对汉江下游水量的影响。

(2)水位站及水位资料序列。为了分析水库(水电站)对汉江中下游河道水位的影响,在上述六个水文站的基础上,又增选了老河口水位站,用于分析王甫洲水电站对河道水位的影响。

(3)水质监测断面及水质资料。选取丹江口水库坝下、襄阳、仙桃、集家嘴这四个水质监测断面,

1999~2013年水质指标历年实测污染负荷值,并选择了单因子分析中,采用较多的pH、氟离子、溶解氧、高锰酸盐指数、铜、镉、氰化物、氨氮以及总磷这9项水质评价参数。选取依据:汉江水质监测资料在此阶段收集比较齐全;汉江水质状况在早期较好,水污染问题主要从20世纪90年代起比较严重^[4],因此,所选用的水质资料很有代表性。

2.2 方法

(1)统计分析。利用中线工程调水前,各水文站和各水质观测断面的水量及水质历史实测数据,采用统计分析的方法,统计分析了汉江中下游水量的地区组成、各水文站水量的年际变化以及年内分配、水质超标率以及水质的年内变化特征等。

(2)趋势检验。未来汉江中下游水量和水质的变化情况,则采用趋势检验的方法加以研究和讨论。水量方面,采用最为常用的Mann-Kendall检验^[6-7]和Spearman秩次相关检验^[8],对各水文站年均流量时间序列的丰枯变化规律及其变化趋势进行了分析。水质方面,同样采用Mann-Kendall检验,对各水质监测断面的9项水质参数的变化趋势进行了评价。

对于Mann-Kendall检验,在给定的置信水平 α 的条件下,判断时间序列趋势是否显著的主要标准是检验统计量 $|Z_{MK}|$ 是否大于 $N_{\alpha/2}(0,1)$,如果 $|Z_{MK}|$ 大于 $N_{\alpha/2}(0,1)$,

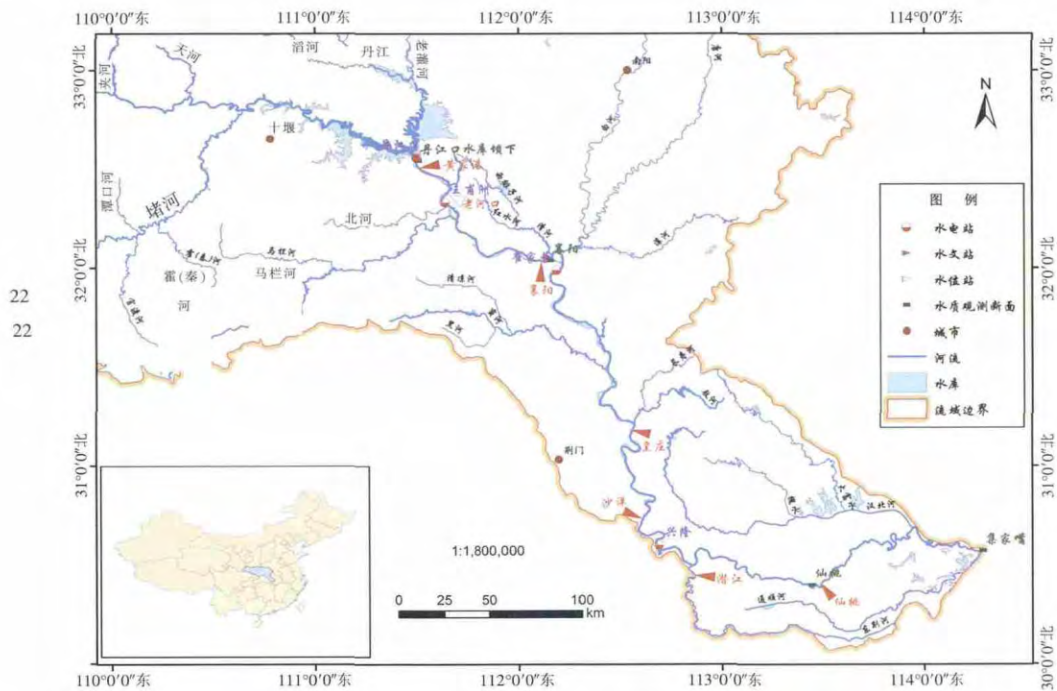


图1 汉江中下游水文水质观测站点及水利工程分布图

Fig.1 The distribution of the hydrometry and water quality monitoring stations and water structures in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

则表明具有显著的趋势,否则说明趋势不明显。而通过 P 值与置信水平的关系,可以进一步对趋势的显著程度进行判断, P 值小于置信水平时,表明趋势显著,其值越小则越显著。同理,对于 Spearman 秩次相关检验,在给定的置信水平 α 的条件下,判断时间序列趋势是否显著的主要标准是检验统计量 $|Z_S|$ 是否大于 $t_{\alpha/2}(n-2)$,如果 $|Z_S|$ 大于 $t_{\alpha/2}(n-2)$,则表明具有显著的趋势,否则说明趋势不明显。 P 值的检验方法同上。

3 结果分析

3.1 水量特性及变化趋势分析

3.1.1 水量时空变化及地区组成

为了分析汉江中下游地区水量的组成情况,分别统计了各水文站的集水面积、长序列及短序列的多年平均径流量,将结果列于表 1。表中径流量占比的计算,由于沙洋站与仙桃站之间存在水量不平衡的现象,故以沙洋站多年平均径流量为基础,“+”为多出部分的占比;“-”为减少部分的占比;无符号标记的为一般意义的占比。

从表 1 可以看出,黄家港水文站无论从集水面积还是多年平均径流量方面占比均超过了 75%,而其又是丹江口水库的出库控制站,可见南水北调的调水量以及丹江口水库的调度运用,对汉江中下游的水量起着至关重要的作用。

对比长短序列的多年平均径流量可以看出,1999~2013 年短序列径流量较长序列值有了明显的减少,减少率在 4%~7%之间。减少最多的是仙桃站,达到了 6.99%;减少最小的是沙洋站,仅为 4.45%。

从表 1 还可以看出,仙桃站的集水面积略大于沙洋站,而多年平均径流量却远小于沙洋站,出现了水量不平衡的现象。初步分析,主要由两方面的原因造成的,一是东荆河的分流,二是沙洋~仙桃区间的灌区引水。(1)东荆河分流方面。选择东荆河上的潜江水文站,

统计分析了其 1999~2013 年的流量资料,年均流量介于 37~227m³/s 之间,多年平均值为 103m³/s,分别占沙洋站和仙桃站多年平均流量的 24.01%和 28.69%。可见东荆河分流是引起该区间水量不平衡的一个重要原因。(2)沙洋~仙桃区间的灌区引水方面。汉江中下游沙洋~仙桃区间的灌区主要有大碑湾泵站灌区、沙洋引汉灌区、王家营灌区、罗汉寺灌区、兴隆灌区、谢湾灌区、泽口灌区等。这些灌区多是依靠沿岸众多的水闸和泵站取水,没有单一固定的取水口,沿岸县市通过水厂泵站和厂矿企业自设的泵站取用水,故很难对这部分灌区的引水量进行精确的统计和计算,仅能定性的分析其对汉江中下游水量的影响。

3.1.2 水量年际和年内变化

分析现状条件下水量的年际和年内变化情况,对后续南水北调中线工程的调水策略及丹江口水库的调度运行,均具有现实的指导和借鉴意义。因此,选择 1999~2013 年短序列资料,分析了汉江中下游各水文站水量的年际和年内变化情况,结果分别列于表 2 和表 3。

从表 2 可以看出,汉江中下游水量的年际变化较大,年径流量最大值出现在 2005 年(黄家港站除外,该站 2010 年为最大值,2005 年为次大值),最小值出现在 1999 年,最大值与最小值之比在 2.7~3.3 之间。对比径流量和水位值发现,二者存在不一致性,襄阳站和沙洋站最高水位均出现在 2013 年,而黄庄站和仙桃站最低水位也均出现在 2013 年。分析发现,主要是由崔家营和兴隆水库的建成蓄水引起的,崔家营水库 2010 年建成蓄水,造成了其上游襄阳站的水位上升,下游皇庄水文站水位下降;同理,兴隆水库 2013 年建成蓄水,造成了其上游沙洋站水位上升,下游仙桃站水位下降。

从表 3 可以看出,汉江中下游流域水量年内各月分配不均,主要表现为汛期径流量较大、而非汛期径

表 1 汉江流域中下游水量地区组成统计表

Table 1 The runoff areas in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

站名	集水面积 /10 ⁴ km ²	多年平均径流量/10 ⁸ m ³			径流量占比/%	
		长序列	短序列	减少率/%	长序列	短序列
黄家港	9.52	343	323	-5.83	76.39	75.29
襄阳	10.33	377	352	-6.63	83.96	82.05
皇庄	14.21	452	425	-5.97	+0.67	99.07
沙洋	14.42	449	429	-4.45	100.00	100.00
仙桃	14.47	386	359	-6.99	-14.03	-16.32

流量较小。汛期 5~10 月径流量占全年的 63%~66%，非汛期仅占全年的 34%~37%。主要原因是该地区地处北亚热带季风气候区，汛期降雨量大且集中，非汛期降雨量少且不稳。

3.1.3 水量丰枯变化规律

为进一步分析汉江中下游各水文站水量的丰枯变化特点，运用 Mann-Kendall 检验法，对各水文站的年均流量时间序列的丰枯变化规律进行分析，并将结果分别绘于图 2。又由 3.1.1 节分析可知，皇庄和沙洋站的年均流量相差不大，限于篇幅，仅选择黄家港、襄阳、皇庄和仙桃这四个水文站作为研究代表站。

对比图 2(a)~(d)可以看出，由于四个代表站流量序列的一致性较好，Mann-Kendall 检验结果十分相似，故仅以黄家港水文站为例进行阐述。1978~1985 年间，黄家港水文站流量有增加的趋势，但其 UF 值始终处于上下临界值之间，增加的趋势不显著；1986~2002 年间，流量呈持续下降的趋势，直至 1999 年才被检测出显著的下降趋势，但随后 UF 值又持续上升，故整体上黄家港水文站流量时间序列没有显著的上升或下降趋势，其余各水文站也可得到相似结论。

3.1.4 水量变化趋势分析

(1)降水和气象方面。王俊等^[9]研究认为，1951~1980 年期间汉江流域年降水变化比较平稳，有升有降，趋势变化不显著；1980~1993 年间，降水呈上升趋

势；1994 年后降水一直呈下降趋势，但总体上变化趋势不显著；气温方面：汉江流域大部分地区气温有升高的趋势。陈华等^[10]通过分析认为，在显著性水平 $\alpha=0.1$ 下，汉江流域大部分地区降水量没有显著的变化趋势；大部分地区气温呈上升趋势，且上升趋势非常显著。综合以上的分析成果，汉江流域的降水无明显

的变化趋势，而气温则有升高的趋势。
(2)年均流量方面。同样选择黄家港、襄阳、皇庄和仙桃这四个水文站作为研究代表站，用以分析汉江中下游地区水量的变化趋势。分别运用 Mann-Kendall 检验和 Spearman 秩次相关检验，对各水文站的年均流量时间序列进行趋势性分析，并将统计结果列于表 4。

从表 4 可以看出，黄家港站流量时间序列的 $|Z_{MK}|$ 位于 $[0.29, 1.29]$ 之间，均小于 $N_{0.05/2}(0, 1)=1.96$ ，而 $|Z_S|$ 位于 $[0.30, 1.17]$ 之间，均小于 $t_{0.05/2}(38-2)=2.03$ ，故其不存在明显的上升或下降趋势；襄阳站流量时间序列的 $|Z_{MK}|$ 位于 $[0.04, 1.23]$ 之间，均小于 $N_{0.05/2}(0, 1)=1.96$ ，而 $|Z_S|$ 位于 $[0.04, 1.31]$ 之间，均小于 $t_{0.05/2}(38-2)=2.03$ ，也不存在明显的上升或下降趋势；皇庄站流量时间序列的 $|Z_{MK}|$ 位于 $[0, 1.16]$ 之间，均小于 $N_{0.05/2}(0, 1)=1.96$ ，而 $|Z_S|$ 位于 $[0.20, 1.31]$ 之间，均小于 $t_{0.05/2}(38-2)=2.03$ ，也不存在明显的上升或下降趋势；仙桃站流量时间序列的 $|Z_{MK}|$ 位于 $[0.13, 1.18]$ 之间，均小于 $N_{0.05/2}(0, 1)=1.96$ ，而 $|Z_S|$ 位于 $[0.14, 1.36]$ 之间，均小于 $t_{0.05/2}(38-2)=2.03$ ，同样不存在

表2 汉江流域中下游水文站水量年际变化表

Table 2 The runoff interannual variation of the hydrometry stations in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

站名	径流量/ 10^8m^3					水位/m				
	均值	最大值	年份	最小值	年份	均值	最大值	年份	最小值	年份
黄家港	323	486	2010	175	1999	89.11	89.56	2005	88.17	1999
襄阳	352	546	2005	189	1999	61.79	64.70	2013	60.09	2008
皇庄	425	678	2005	207	1999	41.66	42.48	2005	41.00	2013
沙洋	429	672	2005	223	1999	34.99	36.69	2013	33.79	1999
仙桃	359	542	2005	202	1999	25.65	26.74	2005	24.68	2013

表3 汉江流域中下游水文站水量年内分配统计表

Table 3 The annual runoff distribution of the hydrometry stations in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

站名	年径流各月分配/%												汛期 占比/%	非汛期 占比/%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
黄家港	6.1	5.5	6.4	6.4	7.4	7.6	11.8	13.3	14.4	9.2	6.0	5.9	63.7	36.3
襄阳	6.3	5.7	6.3	6.1	7.1	7.3	11.5	13.8	14.3	9.4	6.2	6.0	63.4	36.6
皇庄	5.5	4.6	5.5	5.5	6.6	7.3	13.8	15.6	14.8	9.3	6.1	5.4	67.4	32.6
沙洋	5.6	4.8	5.7	5.6	6.7	7.2	13.6	15.2	14.5	9.4	6.2	5.5	66.6	33.4
仙桃	6.0	5.2	6.2	5.8	6.7	7.1	12.8	14.1	14.2	9.4	6.5	6.0	64.3	35.7

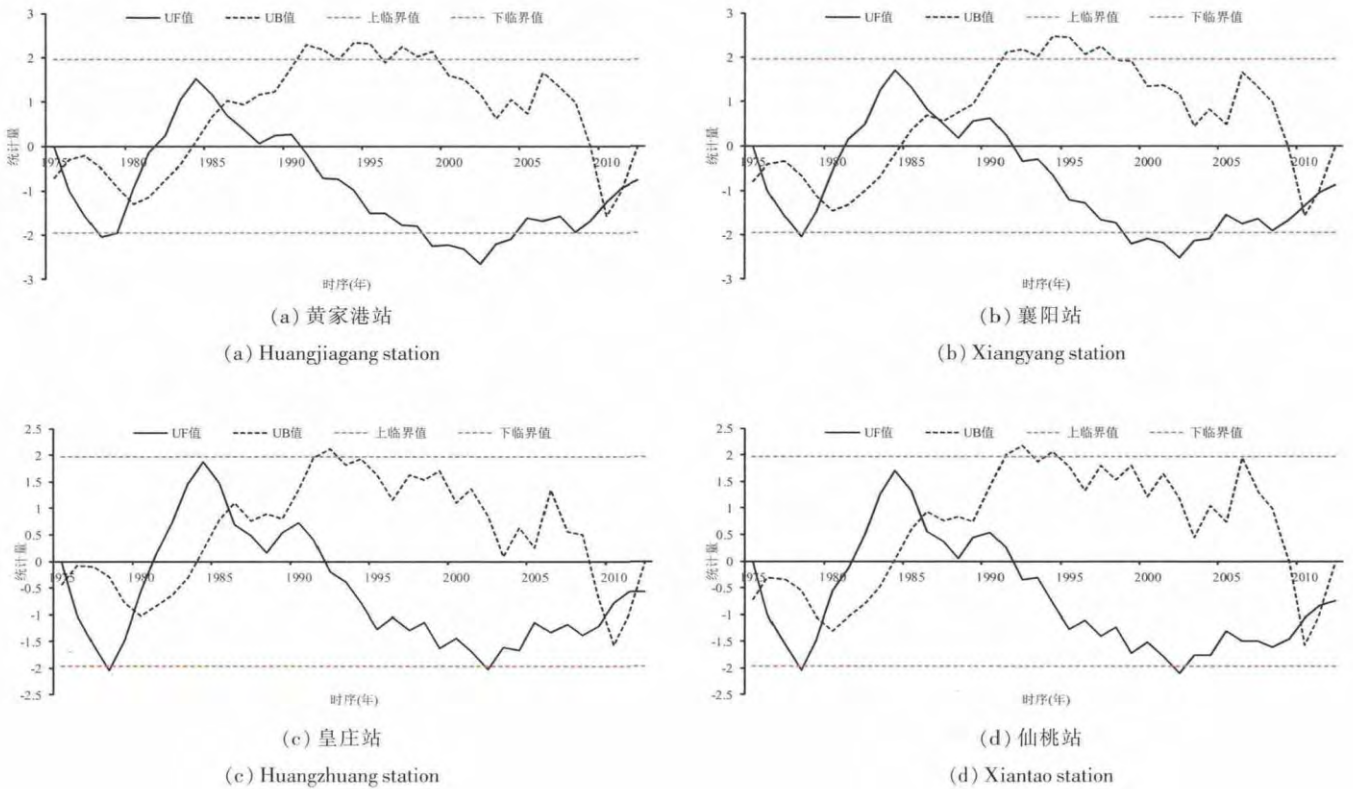
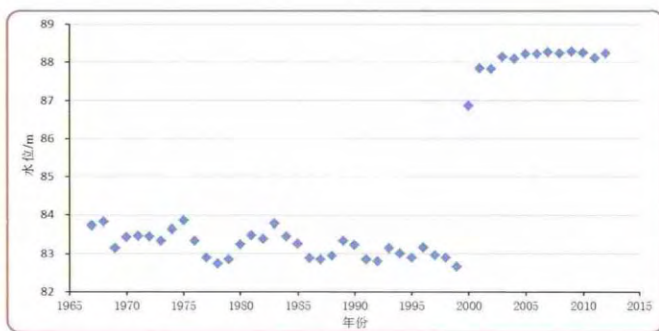


图2 年均流量时间序列 Mann-Kendall 检验结果图
Fig.2 The Mann-Kendall test of the annual runoff

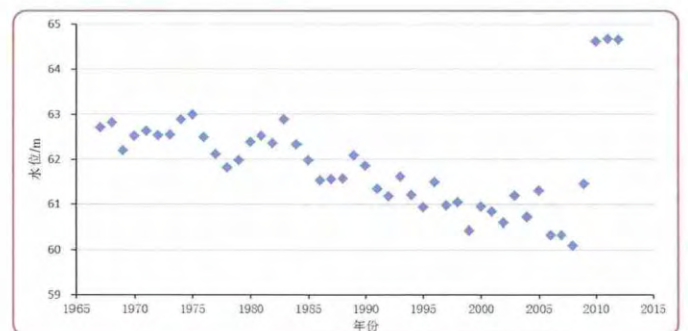
表4 汉江流域中下游水文站流量变化趋势统计表

Table 4 The change trend of the annual runoff of the hydrometry stations in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

测站	Mann-Kendall 检验			Spearman 检验			检验结果
	P	Z_{MK}	$N_{0.05/2}(0,1)$	P	Z_s	$t_{0.05/2}(0,1)$	
黄家港	0.47	-0.73	1.96	0.51	-0.67	2.03	不显著
襄阳	0.41	-0.82	1.96	0.45	-0.77	2.03	不显著
皇庄	0.62	-0.49	1.96	0.64	-0.47	2.03	不显著
仙桃	0.47	-0.72	1.96	0.43	-0.80	2.03	不显著



(a) 老河口站
(a) Laohekou station



(b) 襄阳站
(b) Xiangyang station

图3 水库修建前后水文测站水位变化对比图

Fig.3 The variation of the water levels at the hydrometry stations affected by the water structures

环境研究所开发的《PWQTrend2010》水质趋势分析软件(其趋势检验的依据为 Mann-Kendall 检验),对丹江口水库坝下等 4 个水质监测断面的 9 项水质参数的变化趋势进行了评价,将结果列于表 6。

从表 6 可以看出,总体来看,汉江中下游这四个水质观测断面的水质无明显的变化趋势,仅高锰酸盐指数的变化率稍大,但也未超过 3%。具体而言,丹江口水库坝下断面的 pH 呈下降趋势,溶解氧、高锰酸盐

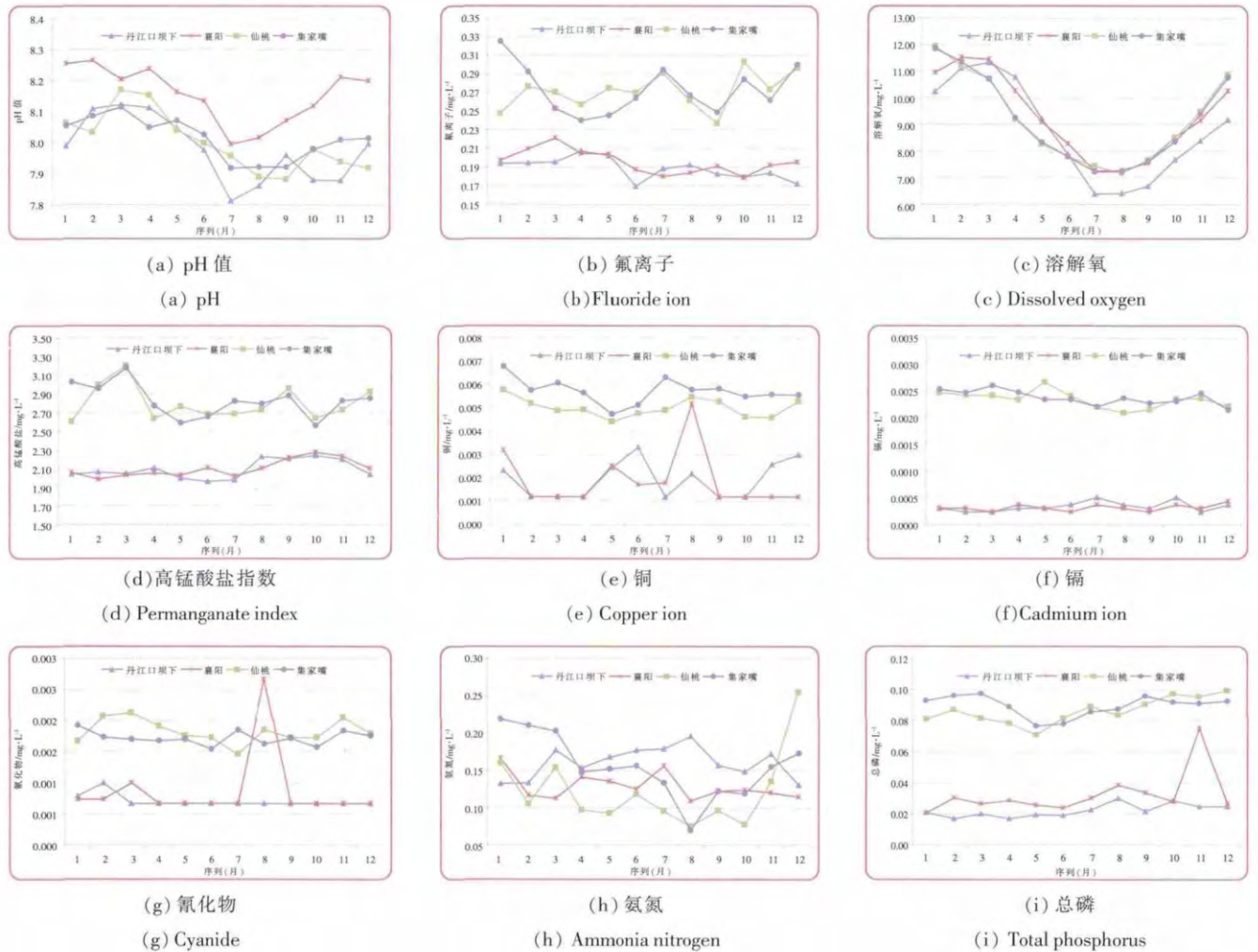


图 4 汉江流域中下游水质观测断面各水质参数年内变化过程线图

Fig.4 The annual change of the water quality parameters in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

表 6 汉江流域中下游水质观测断面各水质参数变化趋势统计表

Table 6 The change trend of the different parameters of the water quality in the middle and lower reaches of the Hanjiang River

监测断面	评价项目	水质参数								
		pH	氟离子	溶解氧	高锰酸盐	铜	镉	氰化物	氨氮	总磷
丹江口坝下	变化趋势	-0.02	0	0.026	0.045	0	0	0	0	0
	变化率/%	-0.26	0	0.30	2.24	0	0	0	0	0
襄阳	变化趋势	-0.004	0	0.02	0.04	0	0	0	0	0
	变化率/%	-0.05	0	0.22	2.04	0	0	0	0	0
仙桃	变化趋势	0	0	0	-0.04	0	0	0	0	0
	变化率/%	0	0	0	-1.49	0	0	0	0	0
集家嘴	变化趋势	-0.001	0	0.015	-0.04	0	0	0	0	0
	变化率/%	-0.01	0	0.18	-1.44	0	0	0	0	0

指数呈上升趋势;襄阳断面的溶解氧、高锰酸盐指数呈上升趋势;仙桃断面的高锰酸盐指数呈下降趋势;集家嘴断面的pH、高锰酸盐指数呈下降趋势,溶解氧呈上升趋势。沿程变化方面,pH值和溶解氧沿程变化非常小,基本无变化趋势;高锰酸盐指数则由呈显著的减小趋势,变化率由丹江口水库坝下断面的2.24%减小到集家嘴断面的-1.44%;其他各水质参数沿程无变化。

(2)水利工程方面。中线工程调水后,丹江口水库下泄总水量减少,这会直接影响汉江中下游水体运输污染物的能力,并导致水环境容量的萎缩。此外,水利工程的修建,对自然水体的连通性造成了一定的影响,再加上水流速度的减小,水质污染情况也不容乐观。

(3)社会经济发展方面。张九红等^[13]研究认为汉江多年来水质较好,是长江支流中水质最好的河流之一,但近年污染呈发展趋势。未来10年内,废水排放总量将增长34%。这些废水和日益严重的非点源污染对汉江水质的威胁是不容忽视的。肖婵等^[12]认为南水北调工程调水后,有、无引江济汉工程两种情形下均是枯水期水质超标率最大,这表明调水工程对汉江中下游枯水期水华的暴发起到了促进作用。

综合以上分析结果,中线工程调水后,汉江中下游地区的河流污染情况将不容乐观,故需进一步加强监测和管理,并积极研究和分析相应的控制和治理措施,在确保一江清水进京的同时,也保障中下游广大地区的工业用水、灌溉用水以及居民饮用水的用水安全。

4 结论

为研究南水北调中线工程调水前,汉江中下游的水量和水质本底特性及变化趋势,本文选择汉江中下游六个水文站及四个水质观测断面,采用数理统计、Mann-Kendall检验和Spearman秩次检验法,分别从水量和水质两个方面进行了分析。主要结论如下:

(1)通过历史长短流量序列资料的对比分析,1999~2013年间汉江中下游地区处于偏枯期。黄家港站流量均值较长序列减小 $113\text{m}^3/\text{s}$,偏枯9.92%;襄阳站流量均值较长序列减小 $138\text{m}^3/\text{s}$,偏枯11.02%;皇庄站流量均值较长序列减小 $149\text{m}^3/\text{s}$,偏枯9.92%;沙洋站流量均值较长序列减小 $62\text{m}^3/\text{s}$,偏枯4.38%;仙桃站流量均值较长序列减小 $123\text{m}^3/\text{s}$,偏枯9.75%。

(2)汉江中下游水量的年际变化较大,年径流量最大值出现在2005年,最小值出现在1999年,最大值与

最小值之比在2.7~3.3之间。水量年内各月分配变化也较大,汛期5~10月径流量占全年的63%~66%,11月到次年4月仅占全年的34%~37%。

(3)汉江中下游地区各水文测站的年均流量序列,总体上随时间变化的趋势不显著,但经历了1980~1990的偏丰期及1990~2013的偏枯期。

(4)汉江中下游地区的水质达标情况较好,大部分年份的水质均优于III类水质指标,仅在个别观测断面、个别年份的个别水质参数出现劣于III类水质指标的情况,且水质无显著的变化趋势。

参考文献:

- [1] 水利部长江水利委员会. 南水北调中线工程规划[R]. 武汉: 长江水利委员会, 2001. (Changjiang Water Resources Commission. Planning of middle-route of south-north water transfer project [R]. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2001. (in Chinese))
- [2] 肖婵, 谢平, 唐涛, 等. 南水北调中线工程对汉江中下游的水文情势影响分析[J]. 水文, 2009, 29(1): 26-29. (XIAO Chan, XIE Ping, TANG Tao, et al. Influence of middle route of south-to-north water diversion project on hydrological regime in middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of China Hydrology, 2009, 29(1): 26-29. (in Chinese))
- [3] 白金明, 张中旺. 南水北调中线工程对襄阳市水资源持续利用影响与对策[J]. 水文, 2013, 33(4): 87-91. (BAI Jinming, ZHANG Zhongwang. Influence of middle route of south-to-north water diversion project on sustainable utilization of water resources in Xiangyang city and concerned countermeasures [J]. Journal of China Hydrology, 2013, 33(4): 87-91. (in Chinese))
- [4] 窦明, 谢平, 夏军, 等. 南水北调中线工程对汉江水华影响研究[J]. 水科学进展, 2002, 13(6): 714-718. (DOU Ming, XIE Ping, XIA Jun, et al. Influence of the water transfer project from south to north (middle route) on algal bloom in Hanjiang River [J]. Advances in Water Science, 2002, 13(6): 714-718. (in Chinese))
- [5] 谢平, 窦明, 夏军, 等. 南水北调中线工程不同调水方案下的汉江水华发生概率计算模型[J]. 水利学报, 2005, 36(6): 727-732. (XIE Ping, DOU Ming, XIA Jun, et al. Water bloom occurrence probability calculation model in Hanjiang River under different water transfer schemes of the middle route of south to north water transfer project [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(6): 727-732. (in Chinese))
- [6] Mann H B. Non-parametric tests against trend [J]. Econometrica, 1945, 13(2): 245-259.
- [7] Kendall M G. Rank Correlation Methods [M]. Griffin, 1948, London.
- [8] Zar J H. Significance testing of the Spearman rank correlation coefficient [J]. Journal of The American Statistical Association, 1972, 67(339): 578-580.
- [9] 王俊, 郭生练. 南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键

- 技术研究与应用[M]. 北京:水利水电出版社, 2010. (WANG Jun, GUO Shenglian. Research and Application of Key Technology Analysis of River Hydrology and Water Resources in Water Source Area of Middle Line of South to North Water Diversion Project [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))
- [10] 陈华,郭生练,郭海晋,等. 汉江流域 1951~2003 年降水气温时空变化趋势分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006,15(3):340-345. (CHEN Hua, GUO Shenglian, GUO Haijin, et al. Temporal and spatial trend in the precipitation and temperature from 1951 to 2003 in the Hanjiang basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006,15(3):340-345. (in Chinese))
- [11] 水利部长江水利委员会. 汉江干流综合规划报告 [R]. 武汉: 长江水利委员会, 2006. (Changjiang Water Resources Commission. Comprehensive Planning of Hanjiang River[R].Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2006. (in Chinese))
- [12] 肖婵,谢平,唐涛,等. 南水北调中线工程对汉江中下游水质的影响[J]. 安全与环境学报, 2009,(1):46-48. (XIAO Chan, XIE Ping, TANG Tao, et al. Influence of the middle route of south to north water diversion project on the water quality in the middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of Safety and Environment, 2009,(1):46-48. (in Chinese))
- [13] 张九红,敖良桂. 汉江中下游水质现状及污染趋势分析[J]. 水资源保护, 2004,(3):46-48. (ZHANG Jiuhong, AO Liangui. Analysis of current situation and trend of pollution of the water quality in the middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of Water Resources Protection, 2004,(3):46-48. (in Chinese))

Characteristics and Change Trend of Water Quantity and Quality in Middle and Lower Reaches of Hanjiang River before South-to-North Water Diversion Running

LI Yu¹, WANG Xue², ZHOU Bo¹, YUAN Dezhong¹, CHEN Jinfeng¹

(1. Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China;

2. Management Center, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to evaluate the characteristics and change trend of the water quantity and quality in the middle and lower reaches of the Hanjiang River before the running of the middle route of the south-to-north water diversion project (MR-SNWDP), 6 hydrometry stations and 4 water quality monitoring sections were selected, and mathematical statistics, Mann-Kendall test and Spearman test were used for the analysis. The results are follows: (1) 1999~2013 are in the dry season in the middle and lower reaches of the Hanjiang River based on a comparative analysis of the long term observed flow data; (2) The flow in this area indicate a considerable inter-annual variation with a proportion (maximum/minimum) between 2.7 and 3.3. The variation of annual flow in this area is also noticeable. Runoff during the flood season is accounting for 63 percent to 66 percent of the total runoff of the year, and runoff during the dry season is accounting for 34%~37% of the total runoff in the whole year. (3) The change trend of the flow-time series in this area is not noticeable. However, it experienced two periods: the wet seasons (from 1980 to 1990) and the dry seasons (from 1990 to 2013). (4) The water quality in this area is good according to the analysis of the water quality monitoring data, which can attain the standards of grade III in the most years, and the change trend of water quality in this area is also not noticeable.

Key words: south-to-north water diversion project; the middle and lower reaches of the Hanjiang River; water quantity characteristics; water quality characteristics; change trend

(上接第 81 页)

Analysis of Extreme Hydrological Events Characteristics of Yellow River Basin under Climate Change

ZHAO Lanlan, LIU Zhiyu, WANG Jinxing

(Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China)

Abstract: In this paper, nearly 50 years meteorological and hydrological data of the Yellow River Basin were used to research the characteristics of climatic variation and extreme hydrological events. The results show that temperature of the Yellow River Basin in the 1980s rose significantly, and the trend of annual rainfall decrease, storm, flood, drought and other extreme hydrological events were more prominent. This research provides great support for scientific planning and water resources optimization scheduling.

Key words: climate change; Yellow River Basin; extreme hydrological events; precipitation; runoff