

Variation Trend Analysis of Water Stage and Discharge in Xiu River

Xiao Gui, Hong Jiang, Jia Yang

Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi
Email: 273833101@qq.com, 33288997@qq.com, 37040387@qq.com

Received: Aug. 12th, 2017; accepted: Aug. 24th, 2017; published: Sep. 5th, 2017

Abstract

Through analyzing the variation of water stage and discharge at Xiu River, variable reasons and rules were explored, which provides certain scientific basis for water conservancy, decision making, disaster prevention, disaster reduction and emergency rescue. The hydrological data series at main stream representative station of Xiu River were used to analyze the section scouring and silting and the change of water level and river flow. The change rules of the water level and river flow in Xiu River was obtained. The result shows that being affected to sand extraction, the water level and river flow in Xiu River main stream are unstable.

Keywords

Water Stage, Flow Discharge, Cross Section, Xiu River

修水干流水位流量变化趋势分析

桂笑, 江虹, 杨嘉

江西省水文局, 江西 南昌
Email: 273833101@qq.com, 33288997@qq.com, 37040387@qq.com

收稿日期: 2017年8月12日; 录用日期: 2017年8月24日; 发布日期: 2017年9月5日

摘要

通过分析研究修水水位流量关系变化, 查找造成水位流量关系发生变化的客观原因, 探讨其变化规律, 为科学治水、科学决策、科学防灾减灾、科学抢险提供依据。采用修河干流代表站的系列水文资料, 对典型站断面冲淤、水位流量变化进行分析, 统计不同水文站断面冲淤、水位流量变化, 得出修河干流的水位流量变化规律。

作者简介: 桂笑, 男, 1981年出生, 大学本科, 主任科员, 从事水文监测、水文资料计算、分析工作。

结果表明；修河干流受河道采砂影响，水位~流量关系不稳定。

关键词

水位，流量，断面，修水

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

改革开放三十多年来经济社会得到了快速发展，由于大量水利工程的建成和运行、流域综合治理、水土保持措施、河道采砂等人类活动的影响，改变了原有天然河流的水沙特性及河流河床的平衡状态，河流的水位流量关系不断发生变化，使得近年来修水上各个水文站最低水位值不断刷新，同时伴随着洪水期出现大流量低水位现象的出现。由于河流特性的改变，河流枯季水位的大幅下降，使得河流沿岸自来水厂、工矿企业取水口露出水面，取水困难现象频繁发生，给工农业生产、城镇居民生活造成不利影响。通过河道水位流量关系变化趋势的研究，揭示造成河流水文特性改变的内在联系及规律，为涉水工程规划设计提供科学依据[1]。

2. 河流基本情况

2.1. 自然地理

修水流域地处长江中下游南岸鄱阳湖区西北部，地理位置为东经 113°56'~116°01'，北纬 28°23'~29°32'。东临鄱阳湖；南隔九岭山主脉与宜春地区的锦江毗邻；西以九岭山脉之黄龙山、大围山为分水岭，与湖北省的陆水和湖南省的汨罗江相背；北以幕阜山脉为界，与湖北省的富水水系和长江干流相邻。流域面积 14,797 km²。流域呈东西宽，南北狭的长方形，西北高而东南低。修水干流自西向东，流经江西省的铜鼓县、修水县、武宁县，由永修县汇入鄱阳湖，全长 419 km。

2.2. 水文气象

修水水系绕山穿谷、河溪密布，右岸较左岸发达，按流域面积划分，大于 100 km²的一级支流 19 条，大于 300 km²的河流 8 条，大于 500 km²的一级支流 5 条，大于 1000 km²的河流 2 条，大于 3000 km²的 1 条。

修水流域具有典型的南方山区性河流特征，降雨集中，时空分布不均匀，暴雨强度大，易发生连续降水，洪水起涨较快，洪峰量大，维持时间不长，但也经常出现复峰现象。修水流域在二十世纪七十年代以前，洪水多为天然状态，受人为影响较少，后因在其干流先后修建柘林、东津、抱子石、郭家滩等拦河电站大坝，使得洪水过程受到人为的拦蓄和调节。在其下游，受鄱阳湖其它水系和长江干流来水的顶托影响，洪水消退较慢，维持时间相对较长。

3. 分析方法与选用资料

1) 分析方法。根据虬津、万家埠水文站历年实测水位流量成果资料，以模拟水位与实测水位的离差平方和最小为目标函数，利用 Excel 规划求解功能对历年实测数据进行拟合，确定出历年的水位~流量关系曲线方程，绘制历年水位流量关系曲线。

2) 资料使用情况。虬津站选取 1983~2014 年共 32 年历年实测资料，万家埠站选取 1965~2014 年共 50 年历

年实测资料, 所选资料质量可靠。

4. 分析站基本情况

4.1. 虬津水文站

虬津水文站建于 1982 年 1 月, 位于永修县虬津镇, 东经 115°41'、北纬 29°10', 集水面积 9914 km², 为国家重要水文站。

测验河段顺直长约 600 m, 呈上小下大八字型。上游 200 m 处左岸有一小支流汇入, 上游 130 m 处是虬津老桥, 下游 500 m 处有一向右的湾道, 下游 730 m 处是虬津新桥。河床左岸为细沙, 易受冲淤, 右岸为卵石、细沙。左岸有一护坡码头, 右岸为圩堤坡脚。右岸水位高于 24.00 m 时有一宽为 23 m 左右的漫滩。水流关系主要受上游柘林水库蓄、放水影响及下游潦河洪水加入和鄱阳湖回水顶托的共同影响。

4.2. 万家埠水文站

万家埠水文站建于 1952 年 1 月, 位于安义县万埠镇桥南街, 东经 115°39'、北纬 28°51', 集水面积 3548 km², 为国家基本水文站, 是修河最大支流潦河控制站。

测验河段大致顺直, 上、下游均有弯道, 基下 460 m 和 100 m 处有新、老万埠公路大桥各一座。河床由砾石、细沙组成。洪水期河宽约 360 m, 枯水期一般在 120 m 左右, 有冲淤现象。两岸均有圩堤, 特大洪水时, 可能缺口, 泛滥两岸。洪水期河宽约 500 m, 枯水期河宽 100m 左右, 两岸有圩堤, 左岸堤顶高程 28.50 m, 右岸堤顶高程 32.40 m。

5. 断面冲淤变化分析

5.1. 虬津水文站

虬津站 2010 年基本水尺断面(兼流速仪测流断面)上迁了 44 m, 将 1983~2009、2010~2014 年实测汛前大断面同比例点绘见图 1、图 2, 从图中可以看出, 虬津站断面历年变化较大, 2002 年前断面逐年下降冲刷, 河床下降, 2002 年以后受河道采砂影响断面下切较大。

根据实测断面资料, 计算出历年各水位级断面面积, 点绘历年水位面积关系对比图, 见图 3、图 4, 从图中可以看出, 2000 年以前水位~面积曲线比较稳定, 各水位级下的过水断面面积虽有增大的趋势, 但变幅很小; 2000 年以后, 各水位级下的过水断面面积不断增大。2010 年断面上迁 44 m 后, 各水位级下过水断面面积虽有减小趋势, 但变化很小, 断面基本稳定。

5.2. 万家埠水文站

将 1965~2014 年实测汛前大断面同比例点绘见图 5, 从图中可以看出, 万家埠站断面历年变化较大, 2001 年前断面逐年下降冲刷, 河床下降, 2001 年以后受河道采砂影响断面下切较大。

根据实测断面资料, 计算出历年各水位级断面面积, 点绘 1965~2014 年水位面积曲线见图 6。由图可以看出, 历年面积曲线呈右移趋势, 2000 年以前面积曲线变化小, 2000 年以后面积逐年增大, 从 2004~2014 年 10 年间, 平槽水位 25.00 m 以下的平均河底高程由于挖沙影响, 断面面积变化特别大, 由于断面很不稳定, 不做绘制面积综合线及外包线, 也不计算每年(次)关系线与综合线各级水位的面积相对偏离百分数 $(A_{年} - A_{综})/A_{综} \times 100\%$ 。

6. 水位流量关系分析

6.1. 虬津水文站

虬津站的洪水来源于上游的降水, 洪水一般为单峰型, 间断性暴雨时也会出现复式或连续多个复式峰型。

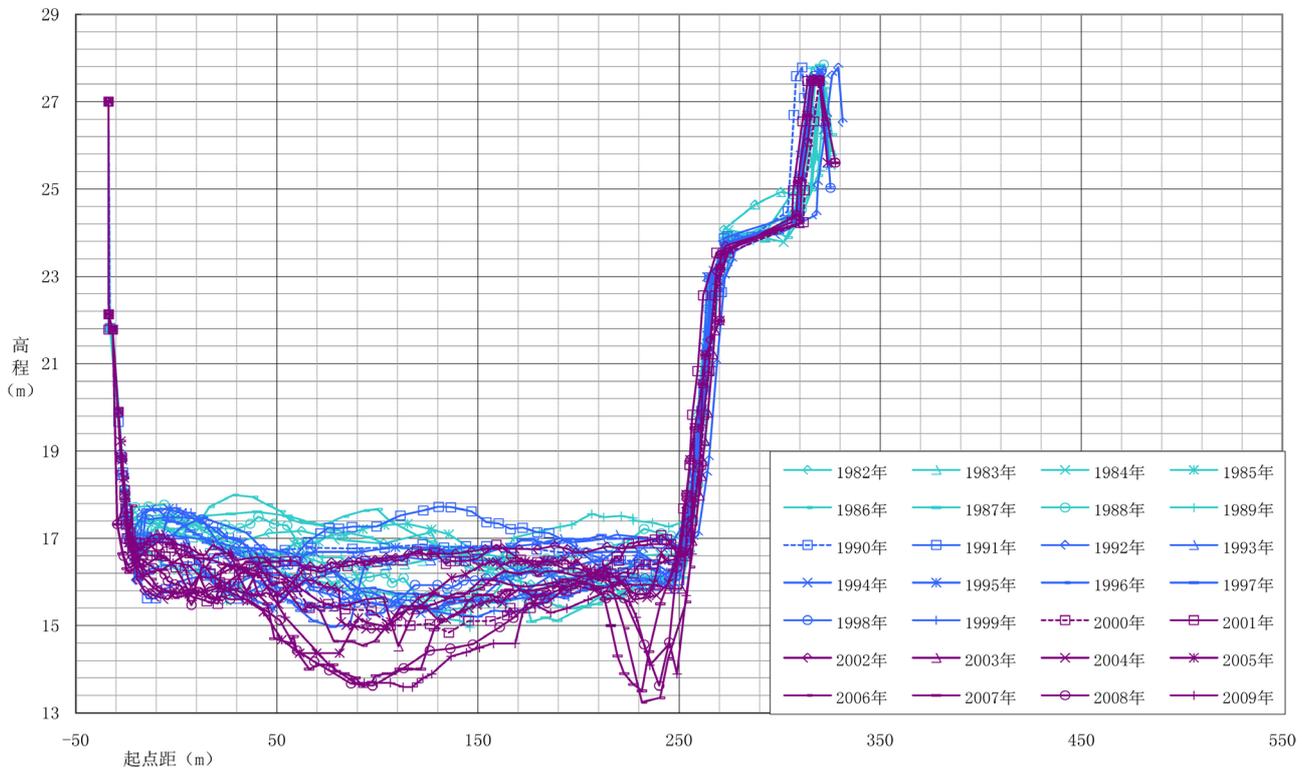


Figure 1. The changes of large-section at Qiuji station during 1982~2009

图 1. 虬津站历年大断面变化对比图(1982~2009 年)

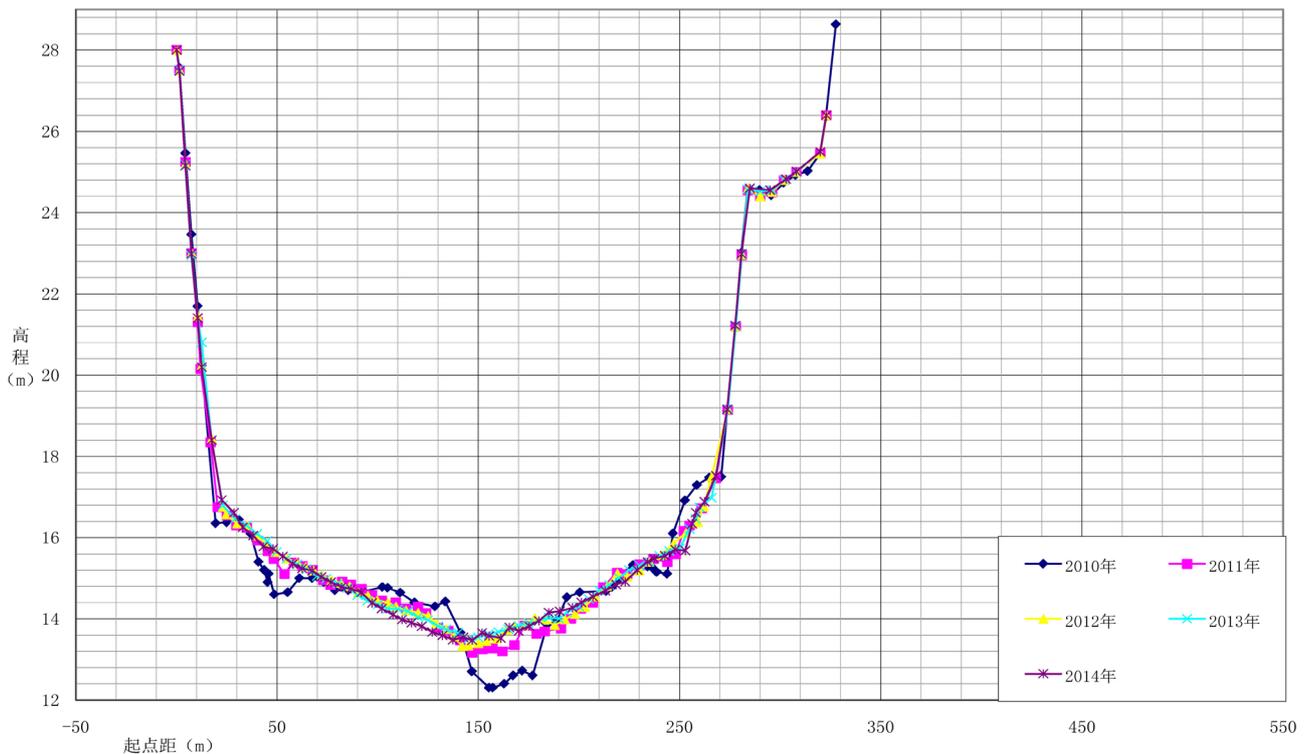


Figure 2. The changes of large-section at Qiuji station during 2010~2014

图 2. 虬津站历年大断面变化对比图(2010~2014 年)

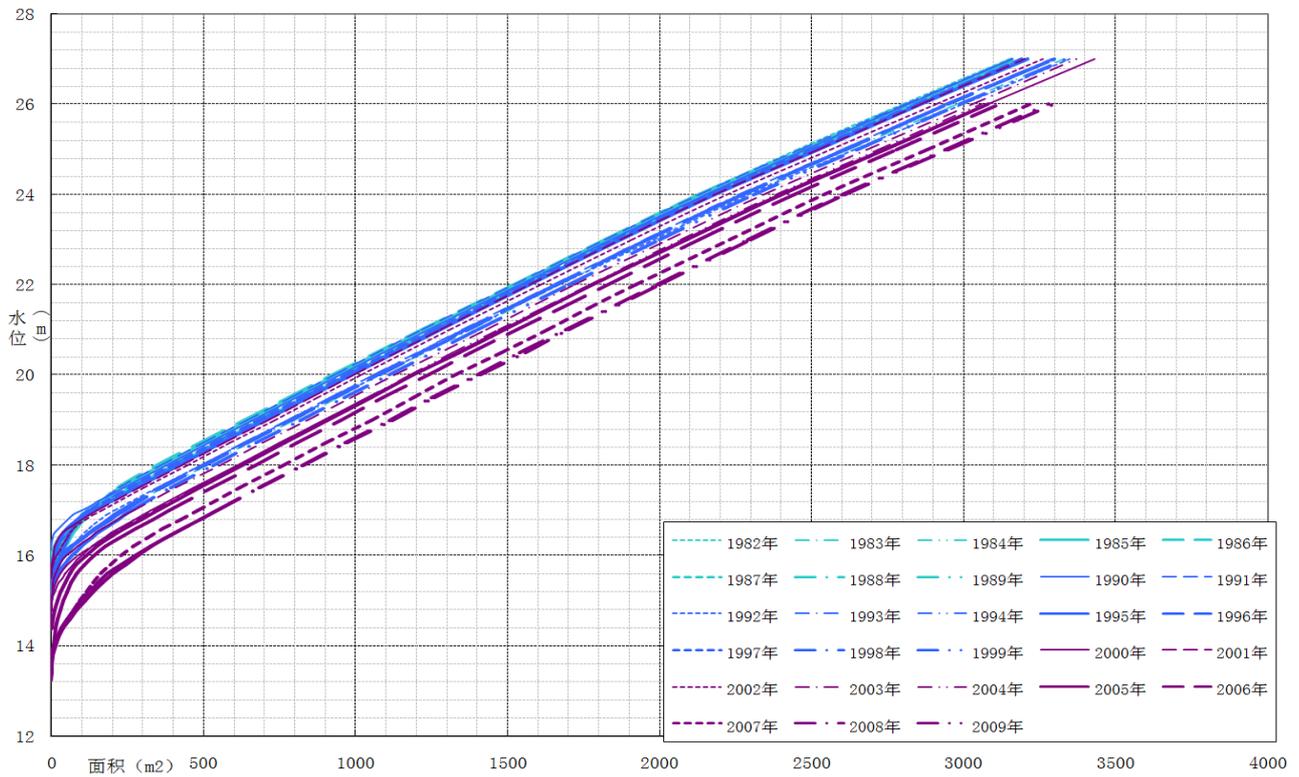


Figure 3. The relationship between water level and sectional area at Qiuji station during 1982~2009

图 3. 虬津站历年水位面积关系对比图(1982~2009 年)

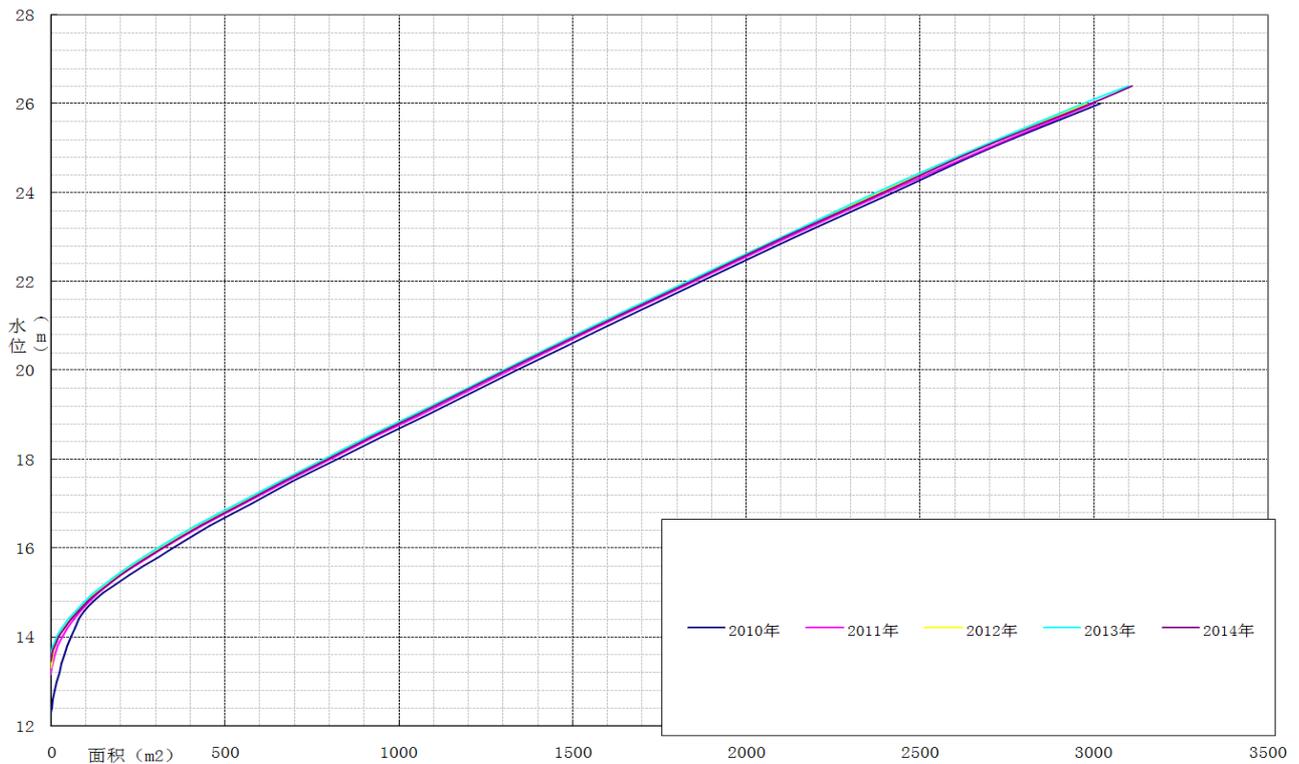


Figure 4. The relationship between water level and sectional area at Qiuji station during 2010~2014

图 4. 虬津站历年水位面积关系对比图(2010~2014 年)

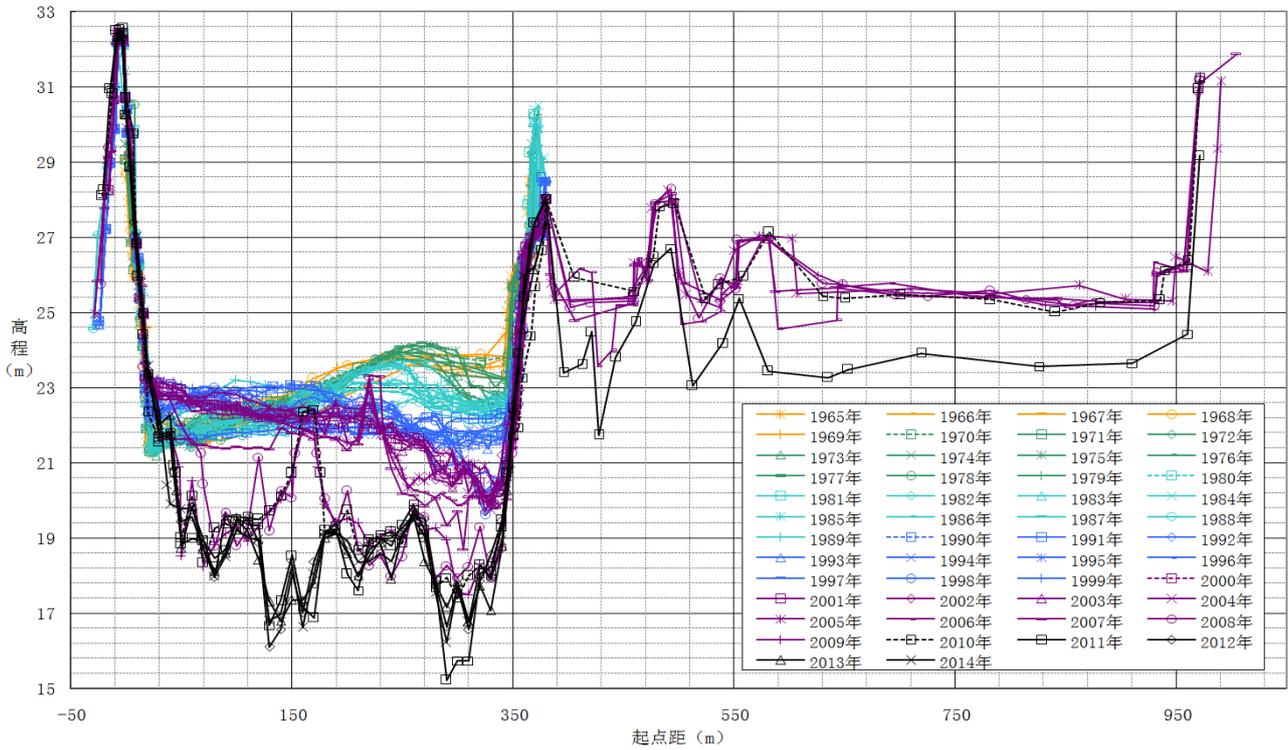


Figure 5. The changes of large-section at Wanjiabu station over the years
 图 5. 万家埠站历年实测大断面图

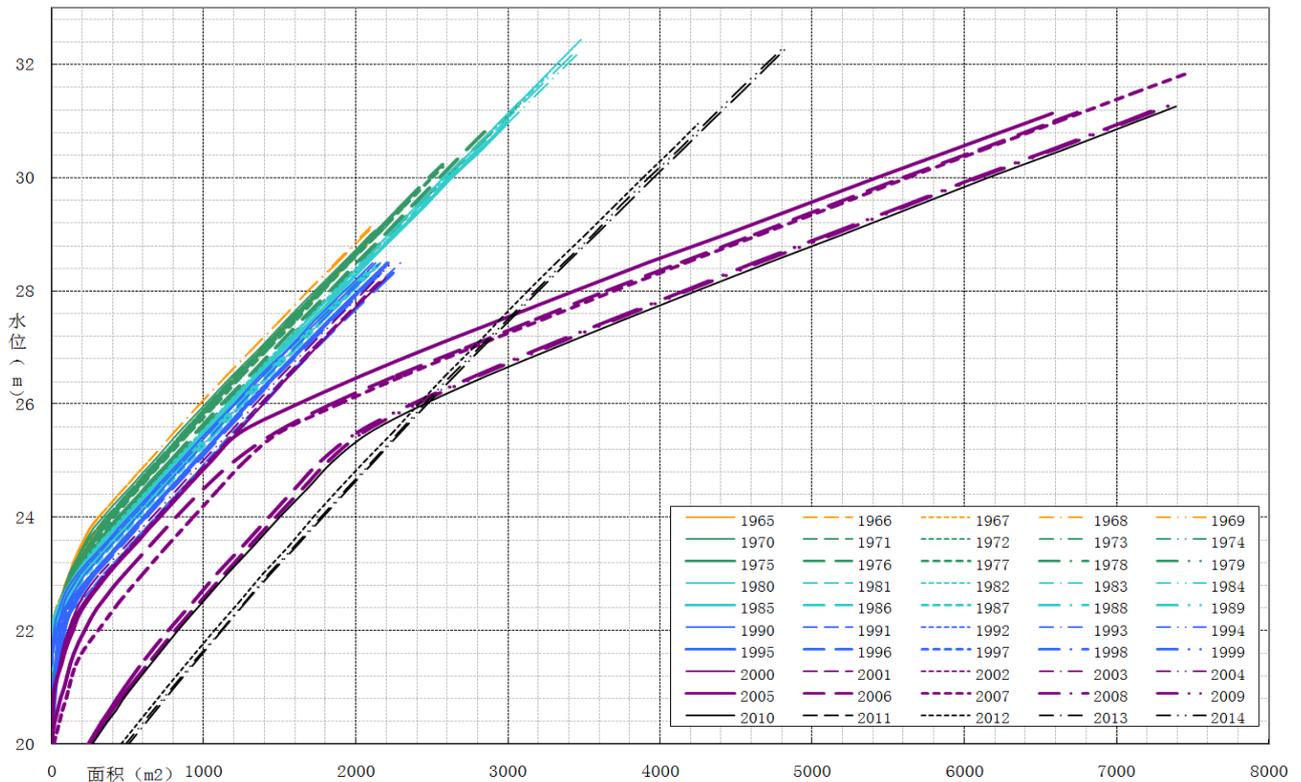


Figure 6. The relationship between water level and sectional area at Wanjiabu station over the years
 图 6. 万家埠站历年水位面积曲线

受断面冲淤和洪水涨落影响，加上受上游 23 km 处柘林电厂蓄放水影响以及主汛期鄱阳湖水倒灌顶托及潦河洪水加入顶托影响，本站水流关系较为复杂。每年受鄱阳湖水倒灌顶托期可达 2~3 个月左右。历年顶托期水位流量测次不参与绘制水位流量关系曲线。绘制历年水位流量关系曲线，见图 7。从图中可以看出，历年水位流量关系整体呈逐年右移趋势。

6.1.1. 同水位级下流量变化分析

1) 相同水位的流量变化分析。根据低(17.50)、中(19.50)、高(22.00)水位及每年的水位流量关系曲线，统计每年同水位下的流量，各水位级极值见表 1；挑选各个年代最高水位发生年份的流量作为代表年(本次分析采用实测资料，水位流量关系未进行延长，下同)，统计计算低、中、高水位级流量变化情况，见表 2。

从表 1、表 2 可以看出，水位级越高，流量极值比越小，中高水水位流量关系稳定，收敛程度越集中；极大值与极小值倍比为 1.3~3.0 倍之间；各水位级流量呈增大趋势。

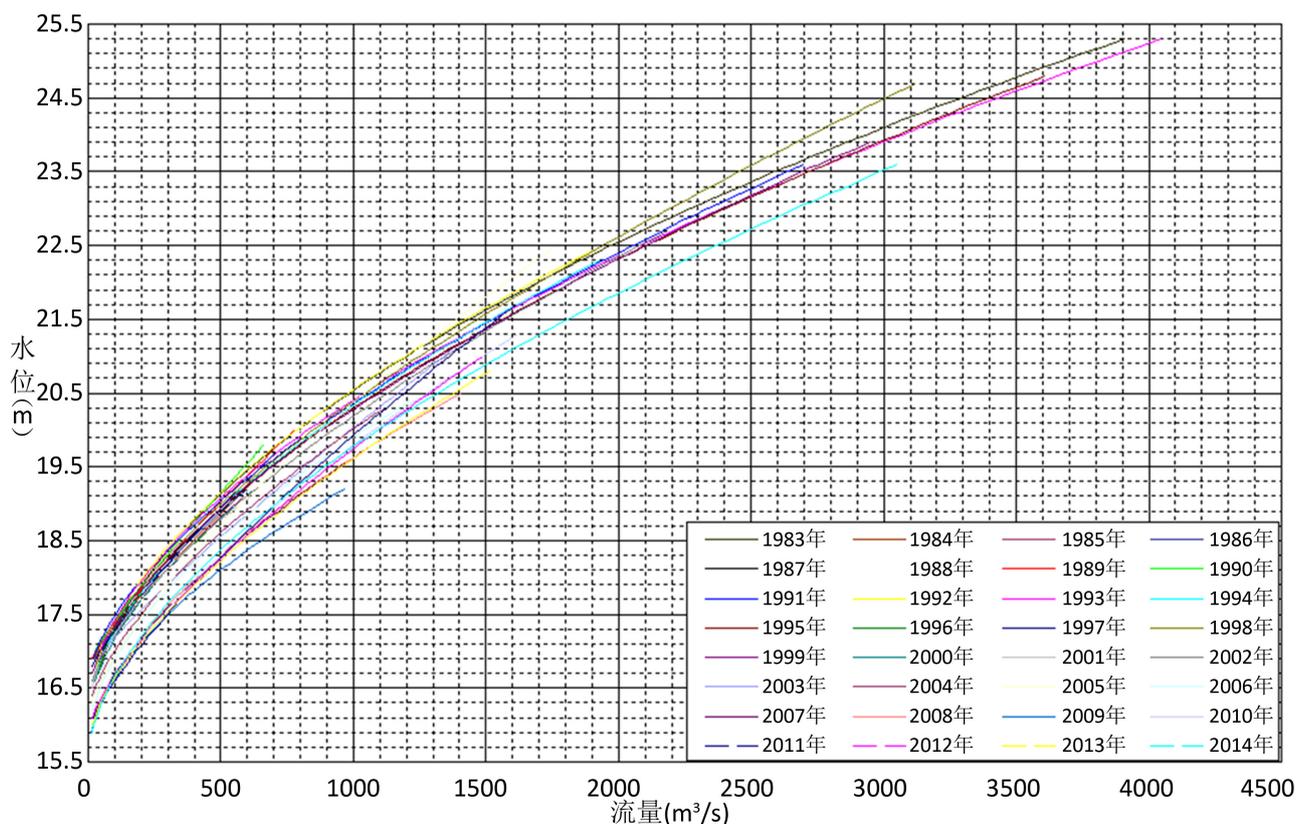


Figure 7. The relationship between water level and river flow at Qiuji station over the years

图 7. 虬津站历年水位流量关系线图

Table 1. List of river flow extreme values in the same water level at Qiuji station

表 1. 虬津站同水位级下流量极值统计表

代表水位(m)	极大流量(m³)	出现年份	极小流量(m³/s)	出现年份	流量变化值	
					绝对值(m³/s)	极值比
17.50	304	2009	103	1991	201	3.0
19.50	955	2013	586	1990	369	1.6
22.00	2082	2014	1575	2005	507	1.3

2) 多年平均水位级下流量变化分析。虬津水文站多年平均水位为 17.93 m，根据该站历年水位流量关系曲线推求其流量值，多年平均水位级下流量变化趋势见图 8。

从图 8 可以看出，在多年平均水位级下，1983~2002 年相应流量基本上下来回变动，2003 年开始相应流量逐年偏大，2009 年又开始下滑。

6.1.2. 同流量级下水位变化分析

1) 相同流量的水位变化分析

根据虬津站 1983~2014 年实测最大流量和历史调查洪水资料，采用 P-III 型曲线进行频率分析，求得虬津站各种频率设计洪峰流量(变差系数 $C_v = 0.64$, $C_s/C_v = 1.5$)。本次分析以 20%、50%、80% 频率的流量作为代表流量，统计每年同流量下的水位，各频率流量相应水位极值见表 3；挑选各个年代最高水位发生年份的流量作为代表年，统计计算各频率流量相应水位变化见表 4。

从表 3、表 4 中可看出，频率 80% 的流量级极高与极低水位差值为 1.14 m，水位多年变化 0.76 m (降低)，年均变化最大水位为 -0.03 m，即同流量下每年水位降低 0.03 m (1993~2014 年)；50% 流量级极高与极低水位差值为 0.95 m，水位多年变化 0.75 m (降低)，年均变化最大水位为 -0.04 m，即同流量下每年水位降低 0.04 m (2002~2014 年)；20% 流量级极高与极低水位差值为 0.92 m，水位多年变化 0.61 m (降低)，年均变化最大水位为 -0.02 m，即同流量下每年水位降低 0.02 m (1993~2014 年)。

Table 2. List of typical year's river flow in the same water level of Qiujin station

表 2. 虬津站同水位级下代表年流量统计表

项代	目表年	低水 17.50			中水 19.50			高水 22.00		
		流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%	流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%	流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%
1983		134			617			1695		
1993		114	-20.0	-1.49	643	26.0	0.42	1794	99.0	0.58
2002		157	23.0	0.90	737	120	1.02	1821	126	0.39
2014		265	131	3.15	892	275	1.44	2082	387	0.74

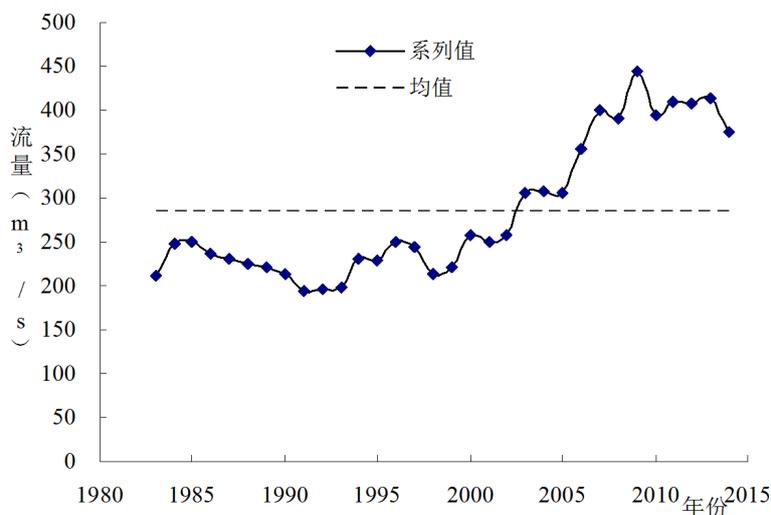


Figure 8. The variation trend to the river flow by multi-year average water level of Qiujin station

图 8. 虬津站多年平均水位级下流量变化趋势

Table 3. The statistical table to the water level extremum by the same river flow of Qiuji station**表 3.** 虬津站同流量级下水位极值统计表

频率(%)	代表流量(m ³ /s)	最高水位(m)	出现年份	最低水位(m)	出现年份	水位变化值(m)
80	688	19.72	1992	18.58	2009	1.14
50	1340	21.32	1992	20.37	2008	0.95
20	2770	24.08	1998	23.16	2014	0.92

Table 4. The statistical table to the typical years water level by the same river flow of Qiuji station**表 4.** 虬津站同流量级下代表年水位统计表(单位: m)

项目 代 表年	P = 80%流量 688 m ³ /s			P = 50%流量 1340 m ³ /s			P = 20%流量 2770 m ³ /s		
	水位	累计差值	年均变化	水位	累计差值	年均变化	水位	累计差值	年均变化
1983	19.71			21.30			23.77		
1993	19.62	-0.09	-0.01	21.14	-0.16	-0.02	23.57	-0.20	-0.02
2002	19.36	-0.35	-0.03	20.98	-0.32	-0.02			
2014	18.95	-0.76	-0.03	20.55	-0.75	-0.04	23.16	-0.61	-0.02

2) 多年平均流量级下水位变化分析

虬津水文站多年平均流量为 286 m³/s, 根据该站历年水位流量关系曲线反查其水位值, 多年平均流量级下水位变化趋势见图 9。

从图 9 可以看出, 在多年平均流量级下, 1983~2002 年相应水位变化来回变动, 2003 年开始相应水位逐年下降, 2009 年又开始上升。

根据上述分析得出, 虬津站水位流量关系变化较大, 总体呈同水位下流量增大(同流量水位降低) 2002 年以前变化较小, 2002 年以后变化增大, 主要是受河道采砂影响, 河床下切, 过流能力增加。主要根源主要在于人为方面的影响, 需要有方法和措施有效的制止挖沙等破坏断面的行为。

6.2. 万家埠水文站

万家埠站的流域内以山地为主, 植被较好, 流域平均年降雨量 1600 mm, 受地形影响, 降雨分布不均, 较大洪水多发生在 6 月份。一般暴雨过后 11~20 h 出现洪峰。绘制历年水位流量关系曲线, 见图 10。从图中可以看出, 历年水位流量关系呈逐年右移趋势。

6.2.1. 同水位级下流量变化分析

1) 相同水位的流量变化分析。根据低(22.50)、中(25.00)、高(28.00)水位及每年的水位流量关系曲线, 统计每年同水位下的流量, 各水位级极值见表 5; 挑选各个年代最高水位发生年份的流量作为代表年(本次分析采用实测资料, 水位流量关系未进行延长, 下同), 统计计算低、中、高水位级流量变化情况, 见表 6。

从表 5、表 6 中可看出, 水位级越高, 流量极值比越小, 中高水水位流量关系稳定, 收敛程度越集中; 极大值与极小值倍比为 1.3~205 倍之间; 低水极大值为极小值的 205 倍; 年均变率最大 49.8% (2005~2011 年); 中水极大值为极小值的 2.8 倍; 年均变率最大 1.8% (2005~2011 年); 高水极大值为极小值的 1.3 倍; 年均变率最大为 1.6% (1969~1977 年)。

2) 多年平均水位级下流量变化分析

万家埠水文站多年平均水位为 22.54 m, 根据该站历年水位流量关系曲线推求其流量值, 多年平均水位级下流量变化趋势见图 11。

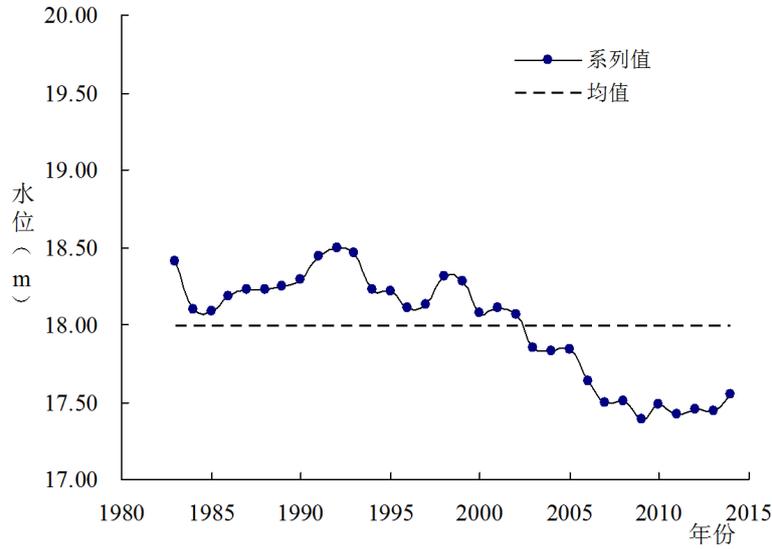


Figure 9. The variation trend to the water level by Multi-year average river flow of Qiuji station

图 9. 多年平均流量级下水位变化趋势

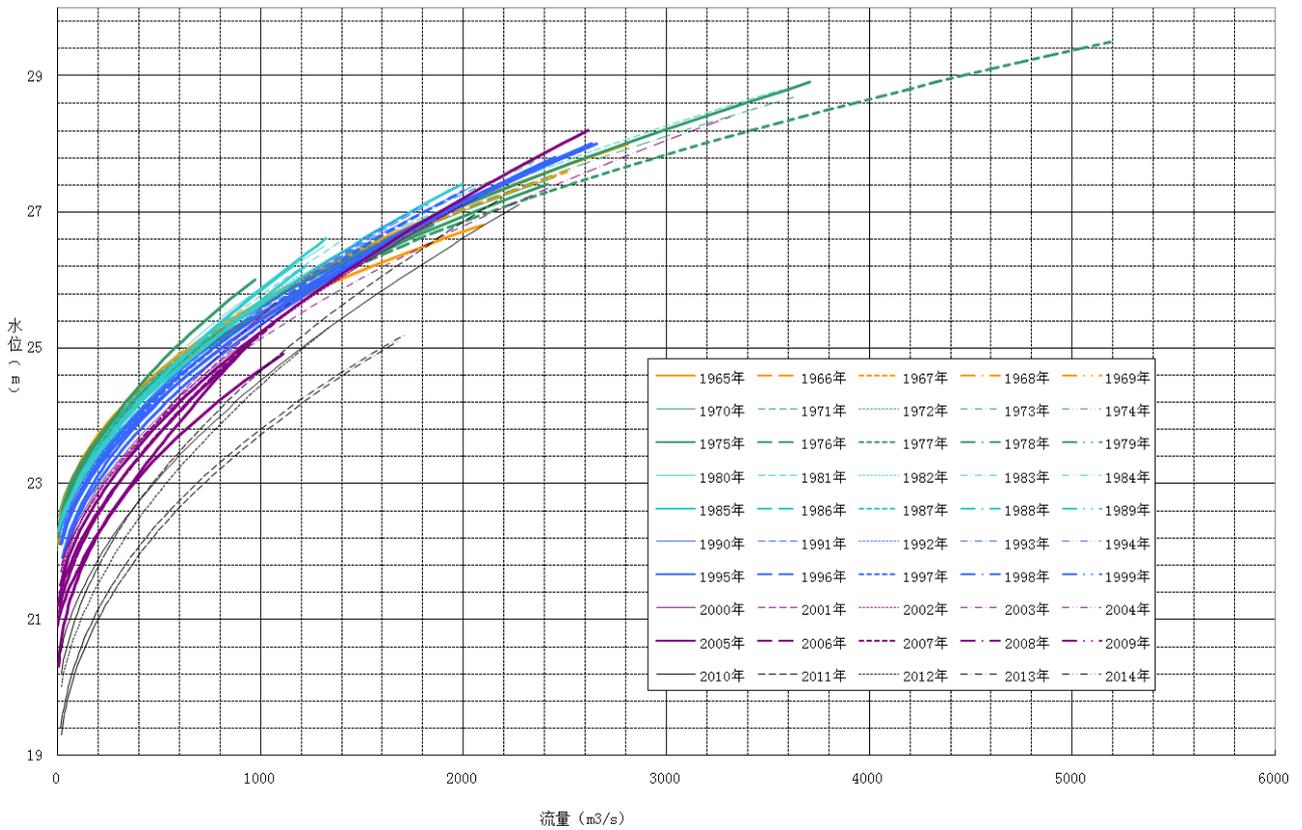


Figure 10. The relationship diagram between water level and flow at Wanjiabu station over the years

图 10. 万家埠站历年水位流量关系线图

从图 11 可以看出，在多年平均水位级下，1965~1998 年相应流量基本稳定，1999 年开始相应流量逐年偏大。

Table 5. The statistical table to the typical years water level by the same river flow of Qiuji station
表 5. 虬津站同流量级下代表年水位统计表

代表水位(m)	极大流量(m ³)	出现年份	极小流量(m ³ /s)	出现年份	流量变化值	
					绝对值(m ³ /s)	极值比
22.5	558	2014	2.72	1974	555	205
25.0	1627	2014	584	1979	1043	2.8
28.0	3183	1977	2487	2005	696	1.3

Table 6. The statistical table to the typical years river flow by the same water level of Wanjiabu station
表 6. 万家埠站同水位级下代表年流量统计表

项目 代表年	低水 22.50			中水 25.00			高水 28.00		
	流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%	流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%	流量(m ³ /s)	累计差值(m ³ /s)	变率%
1969	15.8			652			2810		
1977	25.6	9.8	7.8	717	65.0	1.2	3180	370	1.6
1983	27.3	11.5	5.2	684	32.0	0.4	2880	70.0	0.2
1993	50.7	34.9	9.2	779	127	0.8	2650	-160	-0.2
2005	147	131	23.1	909	257	1.1	2490	-320	-0.3
2011	346	330	49.8	1140	488	1.8	2660	-150	-0.1

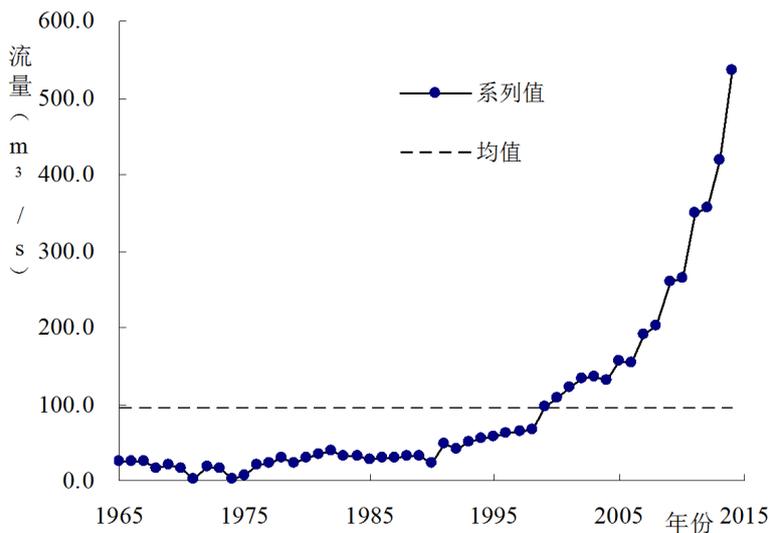


Figure 11. The variation trend to the river flow by Multi-year average water level of Wanjiabu station

图 11. 万家埠站多年平均水位级下流量变化趋势

6.2.2. 同流量级下水位变化分析

1) 相同流量的水位变化分析。根据万家埠站 1965~2014 年实测最大流量和历史调查洪水资料, 采用 P-III型曲线进行频率分析, 求得万家埠站各种频率设计洪峰流量(变差系数 $C_v = 0.73$, $C_s/C_v = 3.0$)。本次分析以 20%、50%、80% 频率的流量作为代表流量, 统计每年同流量下的水位, 各频率流量相应水位极值见表 7; 挑选各个年代最高水位发生年份的流量作为代表年, 统计计算各频率流量相应水位变化见表 8。

从表 7、表 8 中可看出, 频率 80% 的流量级极高与极低水位差值为 2.15 m, 水位多年变化 0.57 m (降低),

Table 7. The statistical table to the water level extremum by the same river flow of Wanjiabu station
表 7. 万家埠站同流量级下水位极值统计表

频率(%)	代表流量(m ³ /s)	最高水位(m)	出现年份	最低水位(m)	出现年份	水位变化值(m)
80	990	25.85	1979	23.7	2014	2.15
50	1670	26.88	1988	25.07	2011	1.81
20	3120	28.94	2005	27.94	1977	1.00

Table 8. The statistical table to the typical years water level by the same river flow of Wanjiabu station
表 8. 万家埠站同流量级下代表年水位统计表(单位: m)

项目 代表年	P = 80% 流量 990 m ³ /s			P = 50% 流量 1670 m ³ /s			P = 20% 流量 3120 m ³ /s		
	水位	累计差值	年均变化	水位	累计差值	年均变化	水位	累计差值	年均变化
1969	25.65			26.69			28.30		
1977	25.49	-0.16	-0.02	26.50	-0.19	-0.02	27.94	-0.36	-0.04
1983	25.64	0.15	0.02	26.78	0.28	0.04	28.61	0.67	0.08
1993	25.44	-0.20	-0.02	26.63	-0.15	-0.02	28.57	-0.04	0.00
2005	25.19	-0.25	-0.03	26.60	-0.03	0.00	28.94	0.37	0.05
2011	24.62	-0.57	-0.07	26.19	-0.41	-0.05	28.73	-0.21	-0.03

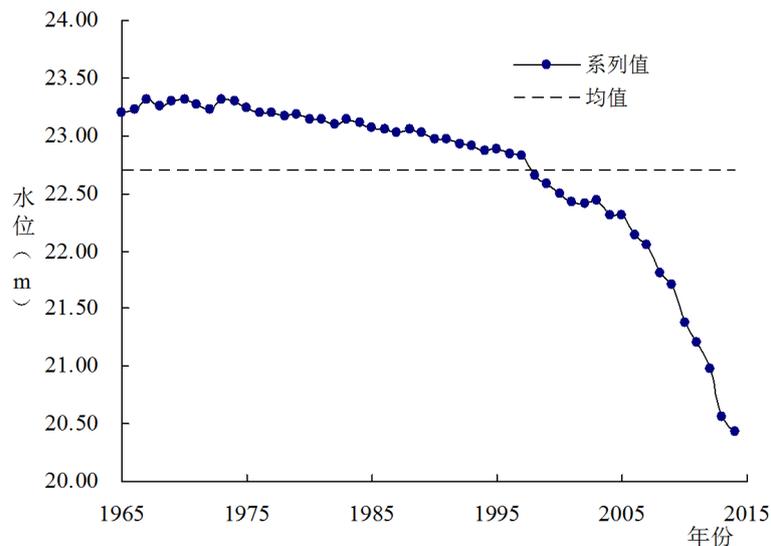


Figure 12. The variation trend to the water level by Multi-year average river flow of Wanjiabu station

图 12. 多年平均流量级下水位变化趋势

年均变化最大水位为 -0.07 m, 即同流量下每年水位降低 0.07 m (2005~2011 年); 50%流量级极高与极低水位差值为 1.81 m, 水位多年变化 0.41 m (降低), 年均变化最大水位为 -0.05 m, 即同流量下每年水位降低 0.05 m (2005~2011 年); 20%流量级极高与极低水位差值为 1.00 m, 水位多年变化 0.21 m (降低), 年均变化最大水位为 0.08 m, 即同流量下每年水位升高 0.08 m (1977~1983 年)。

2) 多年平均流量级下水位变化分析。万家埠水文站多年平均流量为 113 m³/s, 根据该站历年水位流量关系曲线反查其水位值, 多年平均流量级下水位变化趋势见图 12。

从图 12 可以看出,在多年平均流量级下,1965~1998 年相应水位变化不大,1999 年开始相应水位逐年下降。

根据上述分析得出,万家埠站水位流量关系变化较大,总体呈同水位下流量增大(同流量水位降低)2000 年以前变化较小,2000 年以后变化增大,主要是受河道采砂影响,河床下切,过流能力增加[2] [3] [4] [5]。

7. 结论

本文以修水干流主要控制水文站为研究对象,采用统计分析方法,以断面冲淤变化为基础,探讨水位~流量的变化规律,得到如下结论:修河流域虬津站断面上迁后基本稳定,万家埠站断面受到河道采砂影响有明显冲刷趋势。采用统计分析方法对水文测站的同水位级下流量变化趋势和同流量级下水位变化趋势进行了研究。修河干流受河道采砂影响,水位~流量关系不稳定。

由于受到资料、研究方法和时间等多方面因素的制约,本文对修水干流水位~流量关系变化趋势分析还不够完善,需要在今后的研究中从各方面对其补充完善。

1) 影响水文站水位~流量关系的因素有两个方面:一是几何因素(过水断面面积变化);二是水力因素(断面流速变化)。河道冲淤会引起过水断面面积变化,洪水涨落、回水顶托等因素引起断面流速改变。本文仅考虑了几何因素对水位~流量关系的影响,在今后研究中需补充水力因素对水位~流量关系的影响。

2) 本研究定性说明了几何因素对水位~流量关系的影响,未进行定量分析,在今后研究中应对引起水位~流量关系变化的因素进行定量分析,定量说明某一因素在水位~流量关系变化中的确定值。

参考文献 (References)

- [1] 江西省水利厅. 江西河湖大典[M]. 武汉: 长江出版社, 2010.
Water Resources Department of Jiangxi Province. Jiangxi lake and river ceremony. Wuhan: Changjiang Publishing House, 2010. (in Chinese)
- [2] 詹道江, 叶守泽. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1987.
ZHAN Daogiang, YE Shouze. Engineering hydrology. Beijing, China Water Power Press, 1987. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国水利部. SL247-2012 水文资料整编规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. SL247-2012 Code for hydrologic data processing. Beijing: China Water Power Press, 2012. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国水利部. SL460-2009 水文年鉴汇编刊印规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. SL460-2009 Specification for compilation and publication of hydrological yearbook. Beijing: China Water Power Press, 2009. (in Chinese)
- [5] 黄振平, 陈元芳. 水文统计学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
HUANG Zhenping, CHEN Yuanfang. Hydrological statistics. Beijing: China Water Power Press, 2011. (in Chinese)