

受干支流回水影响的断面水位与流量关系研究

赵东, 彭畅

(长江水利委员会水文局 长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400014)

摘要: 通过对受干支流回水影响的断面水位流量关系的分析, 提出受干支流回水影响的断面综合流量的概念, 在此基础上, 构建了断面水位与综合流量的单一关系, 并进行流量推算。将该方法应用于金沙江向家坝站。结果表明: 构建的水位与综合流量之间的单值关系稳定, 利用该方法和实测水位可以快速准确地推求出回水影响区域的流量, 可为下游的防洪调度决策提供及时有效的水位、流量信息。

关键词: 干支流回水; 水位流量关系; 综合流量; 单值化

中图分类号: P332.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)03-0175-03

Research on relation of water level and discharge of a section area affected by backwater from trunk stream and tributary

ZHAO Dong, PENG Chang

(Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Upper Yangtze River, Water Resources Commission, Chongqing 400014, China)

Abstract: Based on analysis on relation of water level and discharge of a section area affected by backwater from trunk stream and tributary, the paper proposed a new concept of synthetic discharge reflecting influence of backwater from trunk stream and tributary then established a single relationship between stage and synthetic discharge. The method was applied to Xiangjiaba station in the Jinsha River basin and results showed that the single relationship between stage and synthetic discharge is steady. The discharge at backwater section can be estimated promptly by the method and actual water level. The method can provide timely and effective water level and discharge information for the decision of flood control and dispatcher at lower reaches.

Key words: backwater of trunk stream and tributary; relation of water level and discharge; synthetic discharge; single value relationship

1 研究背景

干支流汇合口附近, 支流下游受干流顶托影响, 干流受较大支流顶托影响, 干支流流量相互顶托, 其水位流量关系相对复杂, 在水位流量关系图上点据分布不均。受干支流回水影响的断面水位流量关系拟定是水文测验、预报和工程应用中的焦点与难点问题之一, 楼道明等^[1]用水力学方法计算分析了受干流影响的支流设计断面水位流量关系曲线; 胡俊波等^[2]对闸坝变动回水影响河段的水位流量关系进行了分析; 葛树东等^[3]通过河道比降、流速等变化对变动回水影响因素进行了分析。

受变动回水顶托影响的水文测站, 常用的整编

方法有连时序法、连实测流量过程线法、落差法^[4], 这些方法都能解决部分受变动回水影响断面水位流量关系线的确定, 但在应用中都有一定的局限性。连时序法是在一定时间段中, 根据实测流量, 分析水位流量关系变化趋势, 依实测流量测点的顺序连绘水位流量关系线, 其要求有较多的流量测次, 测次能控制水位流量关系变化的转折点。受变动回水顶托影响的测站, 流速受变动回水影响, 比正常状况下不同程度减小, 关系点散乱, 水位流量关系呈多线性或不规则绳套状曲线^[5]。水位流量关系采用连时序法整编, 水位与流量关系不单一, 测验时机及次数要求高, 很难满足流量巡测要求^[6]。连实测流量过程线法撇开水位, 水位与流量不建立关系, 要求流量绝

对变化小,测次多,无法根据水位推求流量,也无法及时根据需要提供实时流量情报。落差法包含等落差法、定落差法、落差开根法,都是通过落差这个水力因素将散乱的水位流量关系单值化。郭维亚^[7]对落差开根法的落差指数加以变化,最终提出的落差指数法,更大程度推动了落差法的应用。张亭等^[8]将落差法应用于汉口水文站的水位流量单值化方案制定与应用,得到较好的效果。在实际工作中,落差法往往成了受变动回水影响水文站水位流量关系单值化的唯一选择^[9]。但落差法对于落差参证站的位置要求非常高,在实际应用中很多缺乏合适的落差参证站,关系线的拟定难度很大,误差也很大,往往不能满足需要。

2 水位与综合流量关系

2.1 汇合口水位流量关系

干支流汇合区断面水位与某一江流量均非单一关系,其水位受两江流量共同影响。

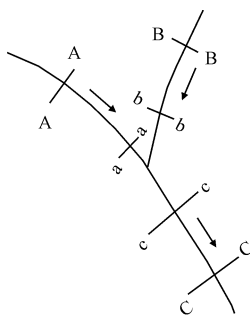


图1 两江汇流区断面示意图(水流方向如箭头标示)

图1为两江汇流干支流相互顶托区,断面A、断面a为两江汇流前干流断面,断面B、断面b为两江汇流前支流断面,断面C、断面c为两江汇流后断面。假设断面控制均良好,断面C处水位与流量关系为单一线。断面C处流量为干支流流量之和。

$$Q_C = Q_A + Q_B \quad (1)$$

式中: Q_A 、 Q_B 、 Q_C 分别为断面A、B、C处流量, m^3/s 。

由于断面c与断面C流量近似一样,则断面c处水位与 Q_C 呈单一关系。假设断面a、断面b、断面c处于汇合口区域,与汇合点距离无限接近,则断面a、b、c处水位可近似认为一样,则断面a、b、c处水位与流量 Q_C 均为单一关系。这证明了在两江汇流区,汇合口水位与两江流量之和存在良好的单一关系这一结论^[10]。

2.2 综合流量概念

受变动回水影响的断面水位与干支流流量均有

关系,其水位表现为受干支流流量综合影响。

断面A处水位与流量关系可以拟定为以下游水位为参数的一簇收敛的呈“扫把”型的曲线,有:

$$Z_A = f(Q_A, Z_a) \quad (2)$$

$$Z_a = f(Q_A + Q_B), \text{ 则 } Z_A = f(Q_A, Q_B) \quad (3)$$

式中: Z_A 、 Z_a 为断面A、a处水位, m。

通过式(3),假定某一受变动回水影响的断面水位与某一流量有较好的稳定关系,由于这个流量与干支流流量均有关系,本文将这一流量定义为综合流量。在两江汇合口综合流量即为两江流量之和。

$$Q_{\text{综}} = f(Q_A, Q_B) \quad (4)$$

$$Z_A = f(Q_A, Q_B) = f(Q_{\text{综}}) \quad (5)$$

式中: $Q_{\text{综}}$ 为综合流量, m^3/s 。

2.3 水位与综合流量关系

通过对干支流汇流区水位与流量关系分析,可以得到以下两个基本结论:①当断面A距离汇合口有一定距离时,支流洪水流量必须达到一定的大小,断面A处水位才受回水顶托影响。②断面A处于变动回水区域时,支流流量对断面A水位的影响,随着断面A到汇合口的距离的增大而减小;干流流量对断面A水位的影响与断面A到汇合口的距离无关。

当 $Q_B \leq Q_{\text{临}}$ 时,水位不受回水顶托影响:

$$Q_{\text{综}} = Q_A \quad (6)$$

当 $Q_B > Q_{\text{临}}$ 时,水位受回水顶托影响:

$$Q_{\text{综}} = Q_A + k(Q_B - Q_{\text{临}}) \quad (7)$$

式中: $Q_{\text{临}}$ 为临界流量, m^3/s , 与断面A到汇合口的距离、断面情况、河道特性等有关,基本为一常量;

k 为反映回水顶托影响大小的常数,其与干支流汇流比、断面到汇合口距离等有关,取值在0~1之间,无量纲,本文将其定义为顶托系数。

3 水位与综合流量关系的应用

公式(7)为两江汇流区综合流量的普遍公式。通过分析推求某一断面与水位有单一关系的综合流量,建立水位与综合流量关系,可以使受变动回水影响的断面水位与流量关系单值化。在满足规范要求精度的基础上,既减少流量测验次数,又有效提高流量过程控制。下面以金沙江向家坝站为例说明水位与综合流量关系的应用。

3.1 研究区域概况

向家坝水文站为金沙江控制站,上游2 km为金沙江向家坝电站坝址,下游1.31 km分别有横江、岷江汇入,如图2。岷江、横江中高水均对向家坝断面有顶托

影响,向家坝断面水位流量关系较紊乱,2013 年整编定线有 43 个推流时段,水位流量关系线如图 3。

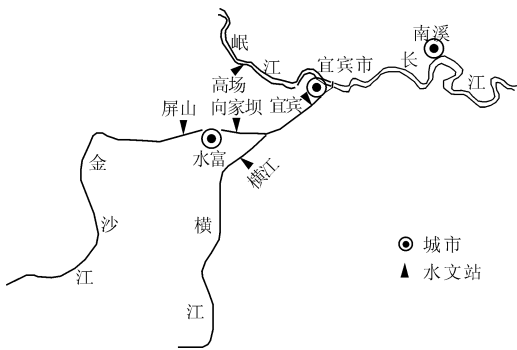


图 2 研究区域水系及测站分布图

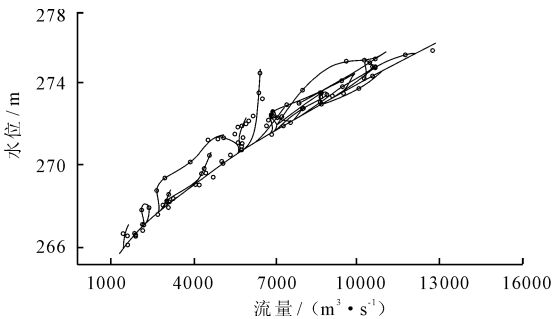


图 3 向家坝站 2013 年水位—流量关系线

3.2 水位与综合流量关系的拟定

向家坝水文站有可能受下游横江、岷江顶托影响,根据资料分析试算,横江与岷江对向家坝站的临界顶托流量分别为 300 与 7 000 m³/s,分别以横江水文站流量与高场站流量代表横江与岷江流量,横江水文站与高场站水位流量关系基本为单一线型,通过本站水位可适时获得相应流量。通过资料试算,横江与岷江对向家坝站的顶托系数分别为 1 与 0.15。

横江与岷江对向家坝站无顶托影响时:

$$Q_{高-3} < 7000, Q_{横-1} < 300, Q_{综} = Q_{向} \quad (8)$$

式中: $Q_{高-3}$ 为比向家坝水文站实时时间早 3 h 高场水文站对应流量, m³/s; $Q_{横-1}$ 为比向家坝水文站实时时间早 1 h 横江水文站对应流量, m³/s; $Q_{向}$ 为向家坝水文站流量, m³/s。

当仅横江对向家坝站有顶托影响时:

$$Q_{高-3} < 7000, Q_{横-1} \geq 300$$
$$Q_{综} = Q_{向} + (Q_{横-1} - 300) \quad (9)$$

当仅岷江对向家坝站有顶托影响时:

$$Q_{综} = Q_{向} + 0.15(Q_{高-3} - 7000) \quad (10)$$

当横江与岷江均对向家坝站同时有顶托影响时:

$$Q_{高-3} \geq 7000, Q_{横-1} \geq 300$$
$$Q_{综} = Q_{向} + 0.15(Q_{高-3} - 7000) + (Q_{横-1} - 300) \quad (11)$$

图 4 为 2013 年向家坝站水位与实测流量关系图,水位与流量关系点较为散乱;向家坝站水位与综合流量点据明显比水位与实测流量点据收敛,呈一密集带状。

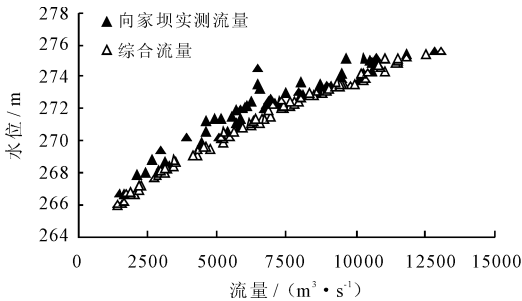


图 4 向家坝站 2013 年水位与实测流量及综合流量的关系对比

3.3 定线推流及误差分析

向家坝站 2013 年水位与综合流量可以定为单一关系线,2013 年向家坝站共有实测点 90 个,水位变幅为 265.98 ~ 275.63 m,实测流量变幅 1 410 ~ 12 800 m³/s,综合流量变幅 1 410 ~ 13 000 m³/s,综合流量点据系统误差 1.8%,不确定度为 8.0%,满足《水文资料整编规范》对一类精度流量站流量整编定线要求。通过水位与综合流量建立关系,可以使向家坝站水位流量关系单值化,在没有其他投入的情况下减少流量测次,为向家坝流量巡测提供可能性。

根据向家坝站水位与综合流量关系线,用向家坝站实时水位可以在关系线上推得向家坝站综合流量值,根据综合流量公式、横江站相应流量、高场站相应流量可以得到向家坝站的实时流量,及时根据需要提供实时流量情报,为下游防汛调度提供实时资料。

4 结 语

(1)在两江汇流区,汇合口水位与两江流量之和存在良好的单一关系。

(2)水位与综合流量关系法对于解决受干支流回水影响断面水位流量关系的拟定,提供了一种新的单值化方法。

(3)水位与综合流量关系法在解决向家坝站水位流量关系定线推流问题有很好的应用,通过水位与综合流量建立关系,可以使向家坝站水位流量关系单值化,为向家坝站流量巡测提供可能性。

(4)采用水位与综合流量关系法,向家坝站可以获得实时流量,及时为下游防汛调度提供实时资料。

常严重。

参考文献:

[1] 钱宁,张仁,周志德.河床演变学[M].北京:科学出版社,1987.

[2] 傅开道,黄河清,钟荣华,等.水库下游水沙变化与河床演变研究综述[J].地理学报,2011,66(9):1239-1250.

[3] 毛野.初论采沙对河床的影响及控制[J].河海大学学报(自然科学版),2000,28(4):92-96.

[4] 黄永福.闽江下游河床演变及其影响研究[J].水利科技,2010(4):15-17.

[5] 何洋,杨胜发,张帅帅,等.长江重庆大沙坝采砂对航道的影响[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2013,32(1):152-156.

[6] 齐梅兰.采沙河床桥墩冲刷研究[J].水利学报,2005,36

(7):835-839.

[7] 王刚,茜平一,邹勇.河道采砂对堤防安全影响分析[J].人民长江,2004,35(2):27-28.

[8] 徐芳,岳红艳.河道采砂对航道和通航环境安全的影响[J].水运工程,2010(8):106-110.

[9] 杨首龙,林琳,吴时强,等.水动力与人为挖砂共同作用下水口水电站坝下水位变化规律[J].水力发电学报,2013,32(4):137-142.

[10] 杨首龙,吴时强,陈昭宾.闽江下游天然河床的未来演进趋势[J].水利水电技术,2013,44(9):111-114+118.

[11] 姚静,谭亚,陶建峰.人类活动对闽江下游的影响研究——挖沙对分流比的影响[C]//.第十二届中国海岸工程学术讨论会,昆明,2005.

[12] 高元竞.闽江河口湿地生态服务功能价值评价[D].福州:福建农林大学,2009.



(上接第177页)

参考文献:

[1] 楼道明,程开宇,刘光保.受回水顶托影响断面水位流量关系分析探讨[C]//.中国水力发电工程学会水文泥沙专业委员会第七届学术讨论会论文汇编,2007:23-26.

[2] 胡俊波,李晓云,孟令武.变动回水影响下的水位流量过程对应关系分析[J].水文,2011,31(2):50-53.

[3] 葛树东,朱晓斐,李正奎.嫩江大赉水文站9581号洪水受变动回水顶托影响分析[J].东北水利水电,2002,20(3):30-31.

[4] 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.

[5] 冯持,张红艳,孙建儒.不同因素影响条件下的水位流量关系[J].东北水利水电,2012,30(1):48-49.

[6] 中华人民共和国水利部.SL195-97水文勘测规范[S].北京:中国水利水电出版社,1997.

[7] 葛维亚.水文“单值化”史话[J].人民长江,2007,38(8):130-131+180.

[8] 张亭,吴尧.汉口水文站水位流量单值化方案及其应用[J].人民长江,2014,45(9):39-42.

[9] 韦全益.浅议水文巡测流量测验方式的选择[J].广西水利水电,2013(4):61-63.

[10] 胡小庆,许光祥.金沙江大雪滩群水位流量关系研究[J].水运工程,2010(6):115-119.