



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2017.01.034

李立群, 李伟东. 南水北调中线工程节制闸大开度检验调度方案[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(1): 204-208. LI Li qun, LI Wei dong. Operation scheme for maximum opening test of check gates in South to North Water Diversion Project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(1): 204-208. (in Chinese)

南水北调中线工程节制闸大开度检验调度方案

李立群¹, 李伟东²

(1. 南水北调中线干线工程建设管理局, 北京 100038; 2. 南水北调中线干线工程建设管理局 河北分局, 石家庄 050000)

摘要: 南水北调中线沿线设有 64 座节制闸, 为确保金结机电设备运行安全, 按照设施设备规范要求各节制闸应在动水条件下进行零开度至全开度检验。中线工程现处于通水初期, 沿线各分水口门尚未达到设计流量, 如需完成大开度检验, 势必需要通过采取一定的调度措施来实现。结合中线工程运行实际, 选取典型试点分析大开度检验的可行性; 同时在充分考虑目前全线小流量、高水位的运行状态下, 比对分析几种特定条件下的运行调度方案, 初步研究选取了“控制闸调整局部渠段水位”的调度方案。通过对试点节制闸上下游控制建筑物的运行水力条件进行调整, 保持试点节制闸目标过闸流量及其上下游渠段水位的相对稳定, 进而实现节制闸大开度检验。

关键词: 节制闸; 大开度检验; 运行调度; 南水北调

中图分类号: TV 68 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2017)01-0204-05

Operation scheme for maximum opening test of check gates in South to North Water Diversion Project

LI Li qun¹, LI Wei dong²

(1. Administration of South to North Water Diversion Middle Route Project, Beijing 100038, China;

2. Hebei Branch of Administration of South to North Water Diversion Middle Route Project, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: The Middle Route Project (MRP) of South to North Water Diversion (SNWD) has 64 check gates. The check gates need to be tested under the flowing water from zero to the maximum opening to ensure the safe operation of the SNWD project. Certain operation measures need to be taken in order to complete the maximum opening test when the dividing gates have not yet met the design discharge. This article analyzed the feasibility of a maximum opening test based on a typical check gate, and compared the operation scheme across several specific conditions. After preliminary study, it selected the scheme of "adjusting the water level of local canal reaches with control gates", where the hydraulic conditions of upstream and downstream control structures of the piloting check gate were adjusted to ensure relatively stable water supply and water level at the piloting check gate and the upstream and downstream canal reaches, thus realizing the maximum opening test.

Key words: check gates; maximum opening test; operation; South to North Water Diversion

南水北调中线全长 1 432 km, 沿线设有 64 座节制闸, 97 个分水口, 机电设备的安全运行是保障工程平稳高效输水的基础。因此, 节制闸投运后需要进行各种安全运行调试, 其中在动水条件下进行各种工况(零开度至全开度)大开度专项检验是必需的。但中线工程自 2014 年 12 月

正式通水后, 沿线需水量远未达到设计要求, 全线基本处于小流量、高水位的运行状态, 各节制闸的上、下游水位差较大(0.44~8.85 m), 全线节制闸开度基本上处于小开度(0.4~3.7 m)运行状态。经复核, 在不改变各渠段现有水位、流量的条件下, 各节制闸单孔全开的过流能力均远

收稿日期: 2016-07-20 修回日期: 2016-10-11 网络出版时间: 2017-01-04

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20170104.1017.021.html>

作者简介: 李立群(1982-), 女, 山东青岛, 工程师, 主要从事输水调度方面研究。E-mail: miggie51236@163.com

大于当前总干渠的输水流量,在此条件下进行测试,将导致检验闸站上游渠段水位的迅速下降,影响总干渠的运行安全。中线工程无论是输水线路长度、涉及建筑物种类、工程安全要求还是调度复杂程度均为国内之最,且无直接经验可循,本文在大型输水渠道调度控制研究基础上,依照中线工程水力学仿真模型研究及输水调度控制策略要求等,研究探索闸门大开度检验的可行性及可操作性方案,为工程长期平稳安全输水提供基础保障。

考虑到总干渠上游节制闸过流量及闸门开度相对较大、可调节范围大,运行现状有利于大开度专项检验期间的运行控制;同时,经对南阳境内节制闸进行比对分析,白河渠道倒虹吸出口节制闸为4孔,单孔过闸流量相对较小。因此,本次拟选取白河渠道倒虹吸节制闸作为大开度专项检验的试点闸站,以其为例分析现状条件下完成大开度检验的可行性,并结合中线总干渠输水调度控制方式,充分考虑目前的运行实际深入研究探讨了通过采取一定的调度措施,对总干渠的运行水力条件进行调整的方式实现节制闸大开度检验,同时保持节制闸过闸流量相对稳定,保证工程正常供水^[1-5]。

1 节制闸大开度检验调度目标及任务

根据总干渠目前的运行情况,及节制闸大开度检验的需求,确定本次运行调度的主要任务如下:

- (1) 进行大开度检验的节制闸闸前水位保持在设计水位或当前运行水位附近(±20 cm);
- (2) 控制各渠段运行水位不高于总干渠加大水位,渠段运行水位变幅满足总干渠设计要求(不超过0.3 m/d)^[6-8];
- (3) 专项检验期间,不改变各节制闸的当前输水流量;
- (4) 确保专项检验期间,各分水口门可以按计划取水。

2 试点节制闸渠段内相关建筑物运行现状

本文选取南阳境内白河渠道倒虹吸节制闸为例。白河渠道倒虹吸出口节制闸为4孔,每孔单宽为6.7 m,调试期间可能受到影响的渠段为上游十二里河节制闸-白河节制渠段和下游白河节制闸-东赵河节制闸渠段,渠段内的娃娃河倒虹吸出口、梅溪河倒虹吸出口、白条河倒虹吸出口3个控制闸,田娃、大寨、半坡店3个分水口门,以及白河退水闸等7个建筑物在专项检验期间可能需根据运行调度需要进行相应的调整。渠段内相关建筑物示意图见图1。

结合当下的运行数据,试点节制闸渠段内田娃、大寨、半坡店3个分水口门均为全关状态,未参与运行调度;娃娃河、梅溪河、白条河倒虹吸出口3个控制闸为全开状态,未参与运行调度,闸前水位分别为139.90 m、139.32 m、138.83 m;白河退水闸也处于全关状态,未参与运行调度。试点节制闸渠段3个节制闸均正常运行,闸前水位控制在设计水位附近,闸门开度0.6~0.78 m,过闸流量约为80 m³/s,各节制闸运行状况详见表1。



图1 试点节制闸渠段内相关建筑物示意
Fig.1 The relevant structures within the canal reach of the piloting check gate

表1 试点节制闸渠段节制闸运行参数
Tab.1 Operation parameters of the check gates

| 编号 | 节制闸名称 | 闸前设计水位/m | 闸前水位/m | 闸后水位/m | 闸孔开度/m | | | | 过闸流量/(m ³ ·s ⁻¹) |
|----|-----------|----------|--------|--------|--------|------|------|------|---|
| | | | | | 1号孔 | 2号孔 | 3号孔 | 4号孔 | |
| 1 | 十二里河进口节制闸 | 141.83 | 141.76 | 139.95 | 0.60 | 0.60 | | | 79.73 |
| 2 | 白河出口节制闸 | 139.92 | 139.84 | 138.85 | 0.75 | 0.78 | 0.78 | 0.75 | 81.94 |
| 3 | 东赵河出口节制闸 | 138.73 | 138.61 | 137.27 | 0.70 | 0.65 | 0.70 | 0.65 | 80.34 |

3 现状条件下试点节制闸大开度检验可行性分析

3.1 现状条件下单孔过流能力计算

专项检验期间,需将闸门全部提起,此时,过闸

水流为堰流,可以采用《水闸设计规范》(SL 265-2001)的堰流计算公式计算过闸流量^[9-11]。

$$Q = \sigma_m \epsilon B_0 \sqrt{2gH_0}^{1.5} \quad (1)$$

$$\sigma = 2.31 \frac{h_s}{H_0} \left(1 - \frac{h_s}{H_0} \right)^{0.4} \quad (2)$$

式中: Q 为过闸流量(m^3/s); B_0 为闸孔净宽, 白河节制闸单孔运行, 可取 $B_0 = 6.7 \text{ m}$; σ 为淹没系数, h 为从堰顶算起的下游水深(m); ε 为侧收缩系数, 白河节制闸位于倒虹吸出口, 闸孔单宽与倒虹吸洞口同宽, 可取 $\varepsilon = 1.0$; m 为堰流流量系数, 可采用 0.385; g 为重力加速度, 可取 9.81 m/s^2 ; H_0 为堰上水深(m);

白河节制闸设计流量为 $330 \text{ m}^3/\text{s}$, 加大流量为 $410 \text{ m}^3/\text{s}$, 其设计过流能力远大于白河节制闸现状过闸流量 $81.94 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因此, 在大开度检验时, 需采用单孔运行方式, 单孔闸宽为 6.7 m , 闸底板高程为 131.92 m 。白河节制闸现状条件下闸上水位为 139.84 m , 闸下水位 138.85 m , 闸上下游水位差为 0.99 m , 根据堰流公式, 在当前水位条件下的过闸流量为 $224.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.2 现状条件下节制闸大开度检验对总干渠运行的影响

据分析, 单个节制闸大开度专项检验时间约需 1 d。现状条件下白河节制闸 3 孔全关, 1 孔全开的过闸流量约为 $224 \text{ m}^3/\text{s}$, 远大于该渠段正常输水流量, 如一直保持现状上下游水位关系, 8 h 工作时间内白河节制闸将比计划多输水约 409 万 m^3 。经体积平衡试算, 检修期间白河节制闸闸前水位将下降至 139.20 m , 东赵河节制闸闸前水位将上升至 139.12 m , 渠段内总水体不变^[12-13], 详见表 2。

表 2 试点节制闸渠段水位变化平衡

Tab. 2 Water level variation and balance at the check gates

| 节制闸名称 | 现状条件 | | | 达到新的平衡 | | |
|---------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
| | 闸上水位 / m | 闸下水位 / m | 渠段体积 / 万 m^3 | 闸上水位 / m | 闸下水位 / m | 渠段体积 / 万 m^3 |
| 十二里河节制闸 | 141.76 | 139.95 | | 141.76 | 139.33 | |
| 白河节制闸 | 139.84 | 138.85 | 410.3 | 139.20 | 139.17 | 359.8 |
| 东赵河节制闸 | 138.61 | 137.27 | 483.8 | 139.12 | 137.27 | 534.5 |

3.3 现状条件下大开度检验的可行性

大开度专项检验需在设计水位下进行, 在现状条件下进行该检验, 白河节制闸闸前水位较设计水位低 0.72 m , 且其上游渠段水位降速将远大于 0.3 m/d , 可能造成节制闸上游渠段衬砌破坏, 此外, 白河节制闸下游渠段水位也将出现较大的上升, 且超出了渠段设计运行水位, 同样可能给总干渠运行安全带来一定的风险^[14-16]。因此, 在现状条件下, 进行白河节制闸大开度专项检验基本不可行, 必须通过一定的调度措施, 对总干渠的运行水力条件进行调整。

4 试点节制闸大开度检验运行调度参考方案

4.1 闸门大开度检验调度方案选择

经初步分析, 在初期高水位、小流量运行调度下, 要保证节制闸进行大开度检验, 并保持渠道水位的相对稳定和节制闸过流流量满足总干渠正常供水的需要, 可从以下几方面制定运行调度方案。

(1) 利用检修闸形成静水条件, 进而在静水条件下对节制闸进行大开度检验。

(2) 调整节制闸上、下游渠段运行水位, 降低节制闸前、后的水位差, 从而减小单孔闸大开度下的过流能力, 达到调试需要。

(3) 控制闸调整局部渠段水位, 可结合该节制闸上下游其它控制闸对节制闸上下游局部渠段进行水位控制。

(4) 通过控制大开度开启时间, 控制渠段泄量等方式, 使渠内水位变化在运行范围内。

(5) 利用检修闸控制过闸流量, 或在检修闸处形成堰流, 减少闸孔过流量, 达到调试需要。

根据节制闸大开度专项检验“闸前设计水位、动水条件, 闸门全开、单站检验时长约为 1 d”的要求, 结合试点白河节制闸上下游水位差较大、下游 4 km 左右有白条河倒虹吸控制闸的特点, 白河节制闸大开度专项检验运行调度宜采用“控制闸调整局部渠段水位”的方式^[17-18]。

4.2 试点节制闸大开度检验调度参考方案

(1) 运行控制建筑物。

采用“控制闸调整局部渠段水位”的运行调度方式, 对十二里河节制闸-白河节制闸渠段和白条河控制闸-东赵河节制闸渠段基本无影响, 因此, 十二里河节制闸可按照当前的运行调度要求进行常规调度操作。白河节制闸及白条河控制闸需根据运行调度需要, 保持闸前水位的稳定和过闸流量稳定, 东赵河节制闸可根据调度此期间的水位变化情况适时进行小开度调整^[19-20]。

(2) 过闸目标流量。

白河节制闸在专项检验期间输水目标流量按照当前输水流量控制, 取 $81.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(3) 白河节制闸闸下水位确定。

为保证单孔全开时, 白河节制闸的过闸流量在 $81.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右, 需利用白条河控制闸将白河节制闸闸下水位抬升至一定的水位, 根据堰流公式(1)及(2), 可以反算出在闸上水位为 139.84 m 时, 闸下水位需要保持在 139.78 m 左右。

(4) 白条河控制闸前目标水位及目标开度。

为保证白河节制闸下水位在 139.78 m 附近,需利用白条河控制闸壅水,利用南水北调中线总干渠水力学模型对闸前目标水位进行试算可知,当白条河控制闸前水位控制在 139.77 m 时,在输水流量为 $81.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 条件下,可将白河节制闸下水位稳定在 139.78 m。白条河控制闸前目标水位比该闸现状水位 138.83 m 高 0.94 m,比设计水位高约 0.16 m,比加大水位低 0.58 m,可满足该渠段的运行安全要求。白条河控制闸的目标开度为 0.68 m。

(5) 东赵河节制闸前目标水位及目标开度。

将白条河控制闸前水位从当前的 138.83 m 抬升至目标水位 139.77 m,此渠段需增加总水量约 20.5 万 m^3 ,为尽量减少对其他渠段的影响,此部分水量拟由白条河控制闸-东赵河节制闸渠段调节,经试算,东赵河节制闸的运行水位需由当前的 138.61 m 调整至 138.35 m,下降约 0.25 m。由于白条河控制闸-东赵河节制闸之间无分水口门取水,且东赵河节制闸下游水位为 137.27 m,可满足东赵河节制闸过流需求,因此,可将东赵河节制闸前运行水位调整至 138.35 m,闸门目标开度为 0.76 m。

4.3 试点节制闸大开度检验调度操作技术要求及流程

白河节制闸大开度专项检验期间的运行调度可以分为局部水位调整、大开度检验及水位恢复 3 个阶段进行,各阶段的调度目标如下。

(1) 局部水位调整阶段主要调度目标为在不改变白河节制闸上游渠段运行条件的情况下,完成白河节制闸-白条河节制闸之间渠段的水位抬升及白条河控制闸-东赵河节制闸之间水位的降低。

(2) 大开度检验期间的主要调度目标为通过调整白河节制闸各闸孔的开度,维持白河节制闸上、下游水位,过闸流量的稳定,逐个完成白河节制闸 4 个闸孔的大开度检验工作。

(3) 水位恢复阶段的主要调度目标为在不影响白河节制闸-东赵河节制闸以外渠段运行的条件下,将白河节制闸-东赵河节制闸渠段的水位恢复至专项检查之前的状态。

5 结语

中线总干渠陶岔-北拒马河段总共有 61 座节制闸,分为 60 个渠段,其中有 31 个渠段与白河节制闸一样,在节制闸下游布置有倒虹吸出口控制闸,因此,选取白河节制闸作为大开度专项检验工作的试

点具有较强的代表性。

本文采用“控制闸调整局部渠段水位”对白河节制闸实施大开度检验,方案可满足大开度专项检验在设计水位、动水条件、单孔闸门全开的检验要求,通过对上下游节制闸、控制闸的调度,实现对总干渠其它渠段运行基本无影响,上下游渠段水位壅高、水位降速等均可以维持在渠道和建筑物允许范围之内,调度方案合理可行。

鉴于总干渠各节制闸、渠段的运行水位、闸孔数量、输水流量、分水流量等运行边界条件各不相同,因此,其他节制闸应在本研究基础上,根据其运行特点分别制定相应的运行调度方案。

此外,在当前高水位、小流量的运行条件下,难以完成全线所有节制闸的大开度专项检验工作,如穿黄节制闸等,有待于进一步研究静水条件下进行大开度专项检验的可行性,或在总干渠输水流量加大后,具备相关条件后进行。

参考文献(References):

- [1] 方神光,李玉荣,吴保生.大型输水渠道闸前常水位的研究[J].水科学进展,2008,1(19):68-71. (FANG Shengguang, LI Yurong, WU Baosheng. Constant water levels at the upstream of sluice gates in a large scale transferring channel[J]. Advances in Water Science, 2008, 1(19): 68-71. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn.1001-6791.2008.01.011
- [2] 吴泽宇,周斌.南水北调中线工程渠道控制计算模型[J].人民长江,2000,31(5):10-121. (WU Zeyu, ZHOU Bin. Computation model for channel flow control of the Middle Route Project for S to N Water Transfer[J]. Yangtze River, 2000, 31(5): 10-121. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2000.05.004
- [3] 黄会勇,毛文耀,范杰.南水北调中线一期工程输水调度方案研究[J].人民长江,2010(16):8-13. (HUANG Huiyong, MAO Wenyaoyao, FAN Jie. Study of water conveyance schemes of Phase I Works of Middle Route Project of S to N Water Diversion [J]. Yangtze River, 2010(16): 8-13. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2010.16.003
- [4] 刘炜.长距离输水系统中的若干问题研究[D].南京:河海大学,2007. (LIU Wei. Study on some of the problems in the long distance water transfer system[D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))
- [5] 黄会勇,刘子慧,范杰,等.南水北调中线工程输水调度初始控制策略研究[J].人民长江,2012,43(5):13-18. (HUANG Huiyong, LIU Zihui, FAN Jie, et al. Study on initial control strategy of water conveyance dispatch of Middle Route Project of South to North Water Diversion [J]. Yangtze River, 2012, 43(5): 13-18. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2012.05.003
- [6] 张成.南水北调中线工程非恒定输水响应及运行控制研究[D].北京:清华大学,2008. (ZHANG Cheng. Research on re

- sponse of unsteady water transport and operation control in the middle route of the South to North Water Diversion Project [D]. Beijing: Tsinghua University, 2008. (in Chinese)
- [7] 陈文学, 刘之平, 吴一红, 等. 南水北调中线工程运行特性及控制方式研究[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(6): 8-12. (CHEN Wenxue, LIU Zhiping, WU Yihong, et al. Study on operation characteristics and canal control of the Middle Route of South to North Water Diversion Project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(6): 8-12. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-1683.2009.06.003
- [8] 王玲玲. 南水北调中线总干渠节制闸控制运行方式研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010. (WANG Lingling. Research on controlling mode of sluice gate in the South to North Water Transfer to the Middle Route Project[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2010. (in Chinese))
- [9] 徐正凡. 水力学[M]. 高等教育出版社, 1986. (XU Zhengfan. Hydraulics[M]. Higher Education Press, 1986. (in Chinese))
- [10] 黄会勇, 刘子慧, 范杰. 南水北调中线工程总干渠水力学仿真模型研究[J]. 水利水电技术, 2013, 12(44): 111-115. (HUANG Huiyong, LIU Zihui, FAN Jie, MAO Wenyao. Study on hydraulic simulation model of main canal of Middle route of South to North Water Transfer Project[J]. Journal of Materials Sciences & Technology, 2013, 44(12): 111-115. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-0860.2013.12.029
- [11] 丁志良. 长距离输水渠道水力控制研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2009. (DING Zhiliang. Study on hydraulic control of long distance water conveyance channel[D]. Wuhan: Wuhan University, 2009. (in Chinese))
- [12] 姚雄, 庞敏, 李静, 等. 长距离输水渠系控制蓄量运行研究[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 6(7): 237-240. (YAO Xiong, PANG Min, LI Jing, et al. Controlled volume operation in long distance water transfer canal system[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 6(7): 237-240. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-1683.2009.06.062
- [13] 姚雄, 王长德, 李长菁. 基于控制蓄量的渠系运行控制方式[J]. 水利学报, 2008, 39(6): 733-738. (YAO Xiong, WANG Changde, LI Changjing. Operation mode of serial canal system based on water volume control method[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39(6): 733-738. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn:0559-9350.2008.06.015
- [14] 聂艳华, 黄国兵, 崔旭. 南水北调中线应急调度节制闸预警水位研究[J]. 人民长江, 2015, 46(4): 67-69. (NIE Yanhua, HUANG Guobing, CUI Xu. Research on alarm level of emergency dispatch sluice in Middle Route Project of South to North Water Diversion[J]. Yangtze River, 2015, 46(4): 67-69. (in Chinese)) DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.04.016
- [15] 聂艳华, 黄国兵, 何建国. 节制闸控制规则对南水北调工程应急调度的影响[J]. 水电与新能源, 2011(4): 62-66. (NIE Yanhua, HUANG Guobing, HE Jianguo. The effects of regulator rules on emergency scheduling from South to North Water Diversion Project[J]. Hydropower and New Energy, 2011, (4): 62-66. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1671-3354.2011.04.020
- [16] 树锦, 袁健. 大型输水渠道事故工况的水力响应及应急调度[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(5): 161-165. (SHU Jin, YUAN Jian. Hydraulic response and emergency dispatch under abnormal operation modes of large scale water diversion channel[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(5): 161-165. (in Chinese)) DOI: 10.3724/SP.J.1201.2012.05161
- [17] 张尚弘, 王兴奎, 唐立模. 南水北调中线工程节制闸间距研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2001, 9(4): 354-359. (ZHANG Shanghong, WANG Xingkui, TANG Limod. A study of controlling gate interval for middle line scheme of Water Transfer Project from South to North[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2001, 9(4): 354-359. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1005-0930.2001.04.009
- [18] 方神光, 吴保生. 南水北调中线输水渠道中节制闸影响研究[J]. 水利水电技术, 2008, 39(2): 32-35. (FANG Shengguang, WU Baosheng. Study on effect of control gate on Middle route of South to North Water Transfer Project[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2008, 39(2): 32-35. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-0860.2008.02.010
- [19] 刘国强, 王长德, 管光华. 南水北调中线干渠弧形闸门过流能力校核分析[J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(01): 24-28. (LIU Guoqiang, WANG Changde, GUAN Guanghua. Analysis and check of radial gate conveyance capability on the Middle Route of the South to North Water Transfer Project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010, 8(01): 24-28. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-1683.2010.01.006
- [20] 郭晓晨, 陈文学, 吴一红, 等. 输水渠道中分水口和节制闸的水力敏感性分析[A]. 水力学与水利信息学进展 2009[C]. 2009. (GUO Xiaochen, CHEN Wenxue, WU Yihong, et al. Hydraulic sensitivity analysis of diversions and check gates in water conveyance canal[A]. Hydraulics and Hydroinformatics Progress[C]. 2009. (in Chinese))