

# Risk Analysis for Flood Control of Water Diversion and Recipient Reservoirs in Water Diversion Project

Yanlai Zhou<sup>1,2,3</sup>, Xiaofeng Zhao<sup>4</sup>, Dacong Yin<sup>1,2,3</sup>, Jixing Zhao<sup>5</sup>, Lingyan Dong<sup>1,2,3</sup>, Chunhua Yang<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Water Resources Department, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Ministry of Water Resources Key Laboratory of River-Lake Governance and Water Resources, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei

<sup>3</sup>Hubei Province Key Laboratory of River Basin Water Resources and Ecological Environment Science, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei

<sup>4</sup>Hubei Provincial Water Resources and Hydropower Planning Survey and Design Institute, Wuhan Hubei

<sup>5</sup>Bureau of Water Resources and Electric Power in Luotian, Huanggang Hubei

Email: zyl23bull@whu.edu.cn

Received: Mar. 7<sup>th</sup>, 2016; accepted: Mar. 25<sup>th</sup>, 2016; published: Apr. 5<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 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

## Abstract

Aiming at the shortage of risk analysis for flood control of water diversion and recipient reservoirs in water diversion project, risk analysis for flood control is evaluated by high flood water level and maximum flood discharge in Xinyi water diversion project. Flood operating rules are proposed in order to reduce the negative effect by water diversion project. The results show that water volume of 25 million m<sup>3</sup> can be transferred by water diversion reservoir without reducing originally flood prevention standards of Tiantang reservoir. Besides, water volume of 25 million m<sup>3</sup> can be accepted by water recipient reservoir with new flood control operating rules considering normal spillway, flood discharging tunnel and power generation tunnel. The new flood control operating rules do not reduce originally flood prevention standards of Kuamadun reservoir, comparing with the originally operating rules considering normal spillway.

## Keywords

Water Diversion Project, Water Diversion Reservoir, Water Recipient Reservoir, Risk Analysis, Flood Control Operation

作者简介: 周研来(1985-), 男, 湖南娄底人, 博士, 工程师, 主要从事水文学及水资源开发利用研究。

文章引用: 周研来, 赵晓凤, 殷大聪, 赵继兴, 董玲燕, 杨春花. 引水工程的调水水库与受水水库防洪风险分析[J]. 水资源研究, 2016, 5(2): 136-142. <http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.52017>

# 引水工程的调水水库与受水水库防洪风险分析

周研来<sup>1,2,3</sup>, 赵晓凤<sup>4</sup>, 殷大聪<sup>1,2,3</sup>, 赵继兴<sup>5</sup>, 董玲燕<sup>1,2,3</sup>, 杨春花<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>长江科学院水资源综合利用研究所, 湖北 武汉

<sup>2</sup>长江科学院水利部江湖治理与水资源重点实验室, 湖北 武汉

<sup>3</sup>长江科学院流域水资源与生态环境科学湖北省重点实验室, 湖北 武汉

<sup>4</sup>湖北省水利水电规划勘测设计院, 湖北 武汉

<sup>5</sup>罗田县水利电力局, 湖北 黄冈

Email: zyl23bulls@whu.edu.cn

收稿日期: 2016年3月7日; 录用日期: 2016年3月25日; 发布日期: 2016年4月5日

## 摘要

针对引调水工程的风险分析较少涉及调水水库和受水水库防洪风险分析的不足, 本文以罗田县新义引水工程为例, 以最高洪水位和最大泄流量为评价指标, 对调水水库和受水水库的防洪风险进行了评估, 提出了引水后受水水库的防洪调度规则, 以降低跨流域调水工程对受水水库防洪的不利影响。研究表明, 新建新义引水工程, 调水水库天堂水库因汛期调出水量 $2500\text{万m}^3$ , 不会降低调水水库原有的防洪标准; 受水水库跨马墩水库虽汛期引入水量 $2500\text{万m}^3$ , 但采用正常溢洪道、泄洪洞、发电洞均参与泄洪的防洪调度规则进行防洪调度, 相比引水前仅考虑正常溢洪道参与泄洪的防洪调度规则, 不会降低受水水库原有的防洪标准。

## 关键词

引水工程, 调水水库, 受水水库, 风险分析, 防洪调度

## 1. 引言

湖北省罗田县水资源总量丰富, 但空间分布不均匀。地表水资源富余区主要分布在罗田县北部的胜利河和新昌河流域, 其中新昌河流域, 2001年~2014年多年平均人均水资源量为 $2108\text{m}^3$ , 而缺水区集中在义水河流域, 2001年~2014年多年平均人均水资源量仅为 $1590\text{m}^3$ 。社会经济较为发达的义水河流域, 水资源总量和人均水资源量相对较少, 已经不能满足社会和经济发展的需要。新昌河流域的天堂水库来水量丰富, 在每年汛期时会出现大量弃水情况, 其2001年~2014年(共14年)的汛期(5月~8月)多年平均来水量和弃水量分别为: $9763\text{万m}^3$ 和 $2614\text{万m}^3$ 。义水河流域的跨马墩水库从1972年到2014年, 由于上游来水不足和下游用水量较大, 水库水位长期保持低水位运行, 仅有2013年发生了弃水的情况, 其蓄满年份仅11年, 蓄满率为26%。为了更加优化的配置地表水资源, 使现有的水利工程效益最大化, 有必要修建引水工程, 合理调配天堂水库汛期弃水量, 有效提高跨马墩水库蓄满率。新义引水工程引水路线为将天堂水库(调水水库)汛期 $2500\text{万m}^3$ , 采取自流引水方式从天堂水库库区内的木瓜园村六担冲调至跨马墩水库(受水水库)枫树铺村干塘角。

关于引调水工程的风险分析研究主要有: 吴险峰等[1]以风险指数、整体损失性测度、恢复性测度为风险评价指标, 开展了黄河上游南水北调西线工程供水风险分析研究。陈进和黄薇[2]采用系统和风险分析理论, 从水文、建筑物、经济、政策、环境和社会等方面分析了跨流域长距离调水工程系统的风险因子及影响方式, 提出调水工程风险因子分类和分级的原则, 分析结果表明水文因素是影响调水工程运行可靠性和系统失效概率的主

要风险因子。张永等[3]建立了包括供水风险率、供水可靠性、供水恢复性以及事故周期等指标在内的风险评价指标体系,然后应用蒙特卡洛方法,对南水北调西线一期工程各引水枢纽在不同下泄流量方案下的供水风险状况进行了统计和分析。习树峰等[4]选择调水保证率,供水可靠性(缺水风险率),供水恢复性,供水破坏率作为风险评价指标建立风险综合评价体系,对跨流域调水供水调度模型进行风险评估。顾文权等[5]将来水和用水系列模拟模型与水库调度模型耦合,建立了水源区供水风险分析模型,分析了不同水平年不同调水规模、引江补偿流量下的水源区供水风险变化规律,验证了模型的适用性。冯民权等[6]建立了贝叶斯网络丰枯遭遇风险管理模型,对禹门口调水工程未来运行中可能发生的丰枯遭遇及其风险进行仿真研究。常福宣等[7]以风险度定义危险概率等级,易损性定义缺水严重程度等级,通过不同的等级组合建立缺水风险分级标准,对汉江中下游供水风险进行风险分级,编制了枯水期应急预案等对策措施,以降低跨流域调水对其水源影响区供水风险的影响。

现有研究主要从供水可靠性(缺水风险率)、调水保证率、供水恢复性、供水风险率(破坏率)等角度出发,展开引调水工程的供水风险分析研究,较少涉及调水水库和受水水库的防洪风险分析研究。基于此,本文以罗田县新义引水工程为例,以最高洪水位和最大泄流量为风险评价指标,对调水水库和受水水库的防洪风险进行了评估,提出了引水后受水水库的防洪调度规则,以降低跨流域调水对其防洪风险的影响。

## 2. 调水方案

新义引水工程调水方案为将天堂水库(调水水库)汛期 2500 万  $\text{m}^3$  来流,采取自流引水方式从天堂水库库区内的木瓜园村六担冲调至跨马墩水库(受水水库)枫树铺村干塘角。考虑到引水工程无中间蓄水调节工程,采用自流引水工程方案,故受水时段应当与调水时段相一致,均为汛期 5 月~8 月。调水量年内分配方案见表 1,其设计最大引水流量为 3.0  $\text{m}^3/\text{s}$ ,调水保证率 75%。

## 3. 水库基本情况

调水水库:天堂水库位于新昌河流域,1969 年 11 月建成蓄水,是一座以灌溉为主,兼有防洪、发电、养殖等综合效益的大(2)型水库,水库按 500 年一遇设计,按 2000 年一遇校核。其汇流面积 220  $\text{km}^2$ ,多年平均降雨量 1365 mm,多年平均径流量 1.74 亿  $\text{m}^3$ ,总库容 1.622 亿  $\text{m}^3$ ,其中调洪库容 0.600 亿  $\text{m}^3$ ,兴利库容 0.796 亿  $\text{m}^3$ ,水库 5 级梯级电站和抽水蓄能电站总装机容量 9.665 万 kW。2005 年~2010 年水库实施了除险加固工程,水库运行情况较好,经历了 2009、2010 年两次高水位检验(最高水位 296.35 m)。

受水水库:跨马墩水库位于义水河流域,1971 年 7 月建成蓄水,是一座以灌溉为主,兼有防洪、发电、养殖等综合效益的中型水库,水库按 50 年一遇设计,按 1000 年一遇校核。其汇流面积 42  $\text{km}^2$ ,多年平均降雨量 1341 mm,径流量 2460 万  $\text{m}^3$ ,总库容 3569 万  $\text{m}^3$ ,调洪库容 984 万  $\text{m}^3$ ,兴利库容 2081 万  $\text{m}^3$ ,电站装机容量 4.58 万 kW。2005 年~2010 年水库实施了除险加固工程,水库运行情况较好,经历了 2010 年高水位检验(最高水位 174.48 m)。

天堂水库和跨马墩水库实施除险加固工程后的水文和水库特征参数详见表 2。

实施除险加固工程后,天堂水库设计标准和校核标准分别为 500 年一遇和 2000 年一遇,跨马墩水库的设计标准和校核标准为 50 年一遇和 1000 年一遇。两者设计洪水成果分别见表 3 和表 4。

## 4. 防洪调度规则

“新义”引水工程实施前后,调水水库天堂水库防洪调度均为:1) 当库水位超过汛限水位 296.00 m 时,开始调洪,非常运用情况下,超过 69 型、83 型、91 型洪水时,即 20 年一遇及以上洪水,入库流量在 1500  $\text{m}^3/\text{s}$  以内,抽水蓄能只发电不抽水,水库电站满发,溢洪道开 2 孔闸门泄洪 300  $\text{m}^3/\text{s}$  左右,水库开 3 至 4 孔闸门泄洪,下泄流量 500  $\text{m}^3/\text{s}$ ; 2) 当遇 100 年一遇及以上洪水,入库流量大于 3140  $\text{m}^3/\text{s}$  时,溢洪道 3 孔全开,抽水蓄能只发电不抽水,水库开 5 至 6 孔泄水,下泄流量 800  $\text{m}^3/\text{s}$ ; 3) 当遇 500 年一遇及以上洪水,最大入库流量 4110

**Table 1.** The distribution of diversion water volume in a year  
**表 1.** 调水量年内分配

时段	5 月	6 月	7 月	8 月	年调水量(万 m <sup>3</sup> )
调水量(万 m <sup>3</sup> )	500	750	750	500	
引水流量(m <sup>3</sup> /s)	1.90	2.86	2.86	1.90	2500
比例(%)	20	30	30	20	

**Table 2.** Hydrology and reservoir characteristic parameters of Tiantang and Kuamadun reservoirs  
**表 2.** 天堂水库和跨马墩水库水文和水库特征参数

项目		单位	天堂水库	跨马墩水库	
水文特征	设计	集水面积	km <sup>2</sup>	220	42
		年平均降水量	mm	1365	1341
		年平均径流量	万 m <sup>3</sup>	17,400	2460
	校核	重现期	年	500	50
		洪峰流量	m <sup>3</sup> /s	4040	861
		洪水总量(24 h)	万 m <sup>3</sup>	10,300	1351
		重现期	年	2000	1000
		洪峰流量	m <sup>3</sup> /s	4890	1342
		洪水总量(24 h)	万 m <sup>3</sup>	12,600	2341
水库特征	水位	调节性能	/	多年调节	多年调节
		设计洪水位	m	299.23	178.44*
		校核洪水位	m	302.18	179.88*
		正常蓄水位	m	296.50	175.30
		汛限水位	m	296.00	170.00
		死水位	m	278.00	160.00
	库容	总库容	万 m <sup>3</sup>	16300	3569
		调洪库容	万 m <sup>3</sup>	6000	984
		兴利库容	万 m <sup>3</sup>	7960	2081
		死库容	万 m <sup>3</sup>	2900	504
		坝顶高程	m	303.60	182.00

**Table 3.** Designed floods in Tiantang reservoir  
**表 3.** 天堂水库设计洪水成果

设计频率(%)	0.05	0.2	1	2
洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	4890	4040	2990	2540
24 h 洪量(万 m <sup>3</sup> )	12,600	10,300	7700	6600
72 h 洪量(万 m <sup>3</sup> )	25,900	20,800	14,900	12,400

**Table 4.** Designed floods in Kuamadun reservoir  
**表 4.** 跨马墩水库设计洪水成果

设计频率(%)	0.1	2	3.33
洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	1342	861	486
6h 洪量(万 m <sup>3</sup> )	1393	856	731
24 h 洪量(万 m <sup>3</sup> )	2341	1351	1230

$\text{m}^3/\text{s}$ ，溢洪道 3 孔全开，最大下泄流量  $1140 \text{ m}^3/\text{s}$ ，抽水蓄能只发电不抽水，泄洪发电洞参与泄洪，水库 9 孔闸门全开，下泄流量  $1270 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

“新义”引水工程实施前，受水水库跨马墩水库防洪调度规则：溢洪道堰顶高程为  $175.30 \text{ m}$ ，防洪起调水位为  $175.30 \text{ m}$ ，当库水位超过  $175.30 \text{ m}$  时溢洪道自由泄流。

“新义”引水工程实施后，受水水库跨马墩水库防洪调度规则：1) 当库水位超过汛限水位  $170.00 \text{ m}$  时，开始调洪，通过发电放空洞泄洪调节库水位，发电放空洞泄流量为  $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。2) 溢洪道堰顶高程为  $175.30 \text{ m}$ ，防洪起调水位为  $175.30 \text{ m}$ ，当库水位超过  $175.30 \text{ m}$  时，泄洪孔( $15.7 \text{ m}^3/\text{s}$ )和发电放空洞可参与泄洪，溢洪道为自由泄流。

## 5. 防洪风险分析

防洪风险分析输入包括：① 设计洪水，调水前设计洪水(参照方案)和调水后设计洪水。考虑到“新义”引水工程的最大引水流量为  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。从防洪安全角度出发，新建“新义”引水工程后，调水水库天堂水库新设计洪水为原设计洪水减去最大引水流量  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ，相应的受水水库跨马墩水库新设计洪水为原设计洪水加上最大引水流量  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ；② 调水前防洪调度规则(参照方案)和调水后防洪调度规则；③ 水库特征曲线，水位 - 库容关系曲线和水位 - 泄流量关系曲线。

### 1) 调水水库

天堂水库参照方案的输入包括：① 调水前设计洪水；② 调水前防洪调度规则；③ 水库特征曲线。对比方案的输入包括：① 调水后设计洪水；② 调水后防洪调度规则；③ 水库特征曲线。两种方案的调洪计算结果见表 5。

据表 4 可知，调水水库天堂水库因汛期调出水量  $2500 \text{ 万 m}^3$  (最大引水流量  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ )，其 0.05%、0.2%、1% 和 2% 设计频率洪水的调洪高水位由调水前的  $302.18 \text{ m}$ 、 $300.71 \text{ m}$ 、 $299.23 \text{ m}$ 、 $298.61 \text{ m}$  分别降低了  $0.18 \text{ m}$  (0.06%)、 $0.19 \text{ m}$  (0.06%)、 $0.27 \text{ m}$  (0.09%)、 $0.34 \text{ m}$  (0.11%)；最大泄流量由调水前的  $1720 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1440 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1180 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1070 \text{ m}^3/\text{s}$  分别减少了  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (1.16%)、 $48 \text{ m}^3/\text{s}$  (3.33%)、 $131 \text{ m}^3/\text{s}$  (11.10%)、 $153 \text{ m}^3/\text{s}$  (14.30%)。因此，新建新义引水工程，不会降低调水水库天堂水库原有的防洪标准。

### 2) 受水水库

跨马墩水库参照方案的输入包括：① 调水前设计洪水；② 调水前防洪调度规则；③ 水库特征曲线。对比方案 1 的输入包括：① 调水后设计洪水；② 调水前防洪调度规则；③ 水库特征曲线。对比方案 2 的输入包括：① 调水后设计洪水；② 调水后防洪调度规则；③ 水库特征曲线。三种方案的调洪计算结果见表 6。

据表 5 的对比方案 1——参照方案调洪结果可知，受水水库跨马墩水库因汛期引入水量  $2500 \text{ 万 m}^3$  (最大引水流量  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ )，其 0.1%、2% 和 3.33% 设计频率洪水的调洪高水位由调水前的  $179.88 \text{ m}$ 、 $178.44 \text{ m}$ 、 $177.99 \text{ m}$  分别增加了  $0.09 \text{ m}$  (0.05%)、 $0.16 \text{ m}$  (0.09%)、 $0.27 \text{ m}$  (0.10%)；最大泄流量由调水前的  $632 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $355 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $489 \text{ m}^3/\text{s}$  分别增加了  $31 \text{ m}^3/\text{s}$  (4.91%)、 $32 \text{ m}^3/\text{s}$  (9.01%)、 $36 \text{ m}^3/\text{s}$  (13.19%)。跨马墩水库防洪风险有一定程度的增加，分析其原因为：在保持原泄洪能力和防洪规则不变的情况下，跨马墩水库因汛期引入水量，随着入库洪水增加，其调洪高水位和最大泄流量相应的增加。因此，有必要通过工程措施(如除险加固工程)或非工程措施(如优化防洪调度规则)，以降低因新义引水工程带来的防洪风险。

对比方案 2 与参照方案，其不同之处在：1) 对比方案 2 考虑到跨马墩水库 2010 年完成了除险加固工程，泄洪设施启用条件较为完善，可采用正常溢洪道、泄洪洞( $15.7 \text{ m}^3/\text{s}$ )、发电洞( $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ )泄洪；2) 对比方案 2 将泄洪洞和发电洞泄洪能力也纳入了水库防洪调度规则，将其作为新义引水工程实施后，受水水库跨马墩水库防洪调度规则。

对比方案 2——参照方案调洪结果可知，采用调水后新防洪调度规则，即考虑正常溢洪道、泄洪洞( $15.7 \text{ m}^3/\text{s}$ )和发电洞( $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ )参与泄洪，受水水库跨马墩水库虽汛期引入水量  $2500 \text{ 万 m}^3$  (最大引水流量  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ )，但其 0.1%、

**Table 5. The flood routing result of Tiantang reservoir**  
**表 5. 天堂水库调洪计算结果**

项目	0.05%	0.2%	1%	2%	
参照方案	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	4890	4040	2990	2540
	最高水位(m)	302.18	300.71	299.23	298.61
	最大泄流量(m <sup>3</sup> /s)	1720	1440	1180	1070
对比方案	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	4887	4037	2987	2537
	最高水位(m)	302	300.52	298.96	298.27
	最大泄流量(m <sup>3</sup> /s)	1700	1392	1049	917
对比——参照方案	洪峰流量的增量(幅)	-3(-0.06%)	-3(-0.07%)	-3(-0.10%)	-3(-0.12%)
	最高水位的增量(幅)	-0.18(-0.06%)	-0.19(-0.06%)	-0.27(-0.09%)	-0.34(-0.11%)
	最大泄流量的增量(幅)	-20(-1.16%)	-48(-3.33%)	-131(-11.10%)	-153(-14.30%)

**Table 6. The flood routing result of Kuamdun reservoir**  
**表 6. 跨马墩水库调洪计算结果**

项目	0.1%	2%	3.33%	
参照方案	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	1342	861	486
	最高水位(m)	179.88	178.44	177.99
	最大泄流量(m <sup>3</sup> /s)	632	355	273
对比方案 1	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	1345	864	489
	最高水位(m)	179.97	178.60	178.17
	最大泄流量(m <sup>3</sup> /s)	663	387	309
对比方案 2	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	1345	864	489
	最高水位(m)	179.73	178.13	177.62
	最大泄流量(m <sup>3</sup> /s)	621	318	239
对比 1——参照方案	洪峰流量的增量(幅)	3(0.22%)	3(0.35%)	3(0.62%)
	最高水位的增量(幅)	0.09(0.05%)	0.16(0.09%)	0.18(0.10%)
	最大泄流量的增量(幅)	31(4.91%)	32(9.01%)	36(13.19%)
对比 2——参照方案	洪峰流量的增量(幅)	3(0.22%)	3(0.35%)	3(0.62%)
	最高水位的增量(幅)	-0.15(-0.08%)	-0.31(-0.17%)	-0.37(-0.21%)
	最大泄流量的增量(幅)	-11(-1.74%)	-34(-9.58%)	-37(-13.55%)

2%和 3.33%设计频率洪水的调洪高水位由调水前的 179.88 m、178.44 m、177.99 m 分别降低了 0.15 m (0.08%)、0.31 m (0.17%)、0.37 m (0.21%);最大泄流量由调水前的 632 m<sup>3</sup>/s、355 m<sup>3</sup>/s、489 m<sup>3</sup>/s 分别减少了 11 m<sup>3</sup>/s (4.91%)、34 m<sup>3</sup>/s (9.58%)、37 m<sup>3</sup>/s (13.55%)。因此,新建“新义”引水工程后,采用新防洪调度规则,即采用正常溢洪道、泄洪洞(15.7 m<sup>3</sup>/s)、发电洞(2.4 m<sup>3</sup>/s)泄洪,不会降低受水水库跨马墩水库原有的防洪标准。

## 6. 结论

本文对新义引水工程的调水水库与受水水库进行了防洪风险分析,提出了引水后受水水库的防洪调度规则,

以降低跨流域调水工程对受水水库防洪的不利影响。主要结论如下：

- 1) 新建新义引水工程, 调水水库天堂水库因汛期调出水量 2500 万  $\text{m}^3$ , 不会降低调水水库原有的防洪标准。
- 2) 受水水库跨马墩水库虽汛期引入水量 2500 万  $\text{m}^3$ , 但采用正常溢洪道、泄洪洞、发电洞均参与泄洪的防洪调度规则进行防洪调度, 相比引水前仅考虑正常溢洪道参与泄洪的防洪调度规则, 不会降低受水水库跨马墩水库原有的防洪标准。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(51509008; 51279011); 湖北省自然科学基金项目(2015CFB217)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 吴险峰, 刘昌明, 杨志峰, 王西琴. 黄河上游南水北调西线工程可调水量及风险分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 9-15.  
WU Xianfeng, LIU Changming, YANG Zhifeng and WANG Xiqin. Available quantity of transferable water and risk analysis: West Route of South-to-North Water Transfer Project in the upper reaches of the Yellow River. Journal of Natural Resources, 2002, 17(1): 9-15. (in Chinese)
- [2] 陈进, 黄薇. 跨流域长距离调水工程的风险及对策[J]. 中国水利, 2006, 24(14): 11-14.  
CHEN Jin, HUANG Wei. Risk and countermeasures of across river basins and long distance water transfer project. China Water Resources, 2006, 24(14): 11-14. (in Chinese)
- [3] 张永, 胡俊, 冯平. 南水北调西线一期工程引水枢纽供水风险分析[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(4): 197-199.  
ZHANG Yong, HU Jun and FENG Ping. Analysis on the water supply risk of water diversion pivot in first phase of the western route of south-to-north water transfer project. Journal of Safety and Environment, 2010, 10(4): 197-199. (in Chinese)
- [4] 刁树峰, 王本德, 梁国华, 李学森, 娄莉莉. 考虑降雨预报的跨流域调水供水调度及其风险分析[J]. 中国科学: 技术科学, 2011, 41(6): 845-852.  
DIAO Shufeng, WANG Bende, LIANG Guohua, LI Xuesen and LOU Lili. Inter-basin water transfer-supply model and risk analysis with consideration of rainfall forecast information. Science China: Technical Science, 2011, 41(6): 3316-3323. (in Chinese)
- [5] 顾文权, 邵东国, 蒋玉芳. 调水工程水源区需水长系列模拟与供水风险分析[J]. 水力发电学报, 2012, 31(5): 23-28.  
GU Wenquan, SHAO Dongguo and JIANG Yufang. Water demand simulation and water shortage risk analysis for sources area of water diversion engineering. Journal of Hydroelectric Engineering, 2012, 31(5): 23-28. (in Chinese)
- [6] 冯民权, 郝竹林, 张园园, 薛鹏松. 禹门口调水工程水源区与受水区径流丰枯遭遇风险分析研究[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(6): 156-163.  
FENG Minquan, HAO Zhulin, ZHANG Yuanyuan and XUE Pengsong. Risk analysis of runoff rich-poor encounter between water source area and receiving area of Yumenkou water transfer project. Journal of Natural Disasters, 2012, 21(6): 156-163. (in Chinese)
- [7] 常福宣, 陈进, 张洲英. 汉江中下游水资源风险分析与对策研究[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(7): 11-15.  
CHANG Fuxuan, CHEN Jin and ZHANG Zhouying. Water supply risk in the middle and lower reaches of Hanjiang River and its countermeasures. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2013, 30(7): 11-15. (in Chinese)