



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2017.03.005

张利升, 张睿, 孟明星. 丹江口水利枢纽供水调度方式[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(3): 25-29.  
ZHANG Li sheng, ZHANG Rui, MENG Ming xing. The study on water supply scheduling ways of Danjiangkou hydro project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(3): 25-29. (in Chinese)

# 丹江口水利枢纽供水调度方式

张利升, 张睿, 孟明星

(长江勘测规划设计研究院 水利规划院, 武汉 430010)

**摘要:** 大型水利枢纽供水调度方式是充分发挥水库综合经济效益的重要课题, 如何科学控制水库供水期消落水位、兼顾其他兴利效益并减少弃水是水库供水调度研究的关键。以丹江口水利枢纽为研究对象, 结合南水北调中线一期工程规划设计成果和中线工程水量调度方案编制要求, 以满足汉江中下游、清泉沟、南水北调中线三供水对象的供水任务需求为目标制定了丹江水利枢纽供水调度图。采用设计水文系列对所提出调度图及供水调度方式进行校核, 研究表明: 该调度图具有物理机制明确、易于操作等优点, 按该调度图运行可满足丹江口各供水对象用水需求, 且南水北调中线调水过程更加均匀, 研究成果可为丹江口水利枢纽供水调度提供指导和借鉴。

**关键词:** 丹江口水利枢纽; 供水调度图; 南水北调中线

**中图分类号:** TV 213    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1672-1683(2017)03-0025-05

## The study on water supply scheduling ways of Danjiangkou hydro project

ZHANG Li sheng, ZHANG Rui, MENG Ming xing

(Planning and Design Department, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The method of water supply scheduling is an important issue concerning producing more benefits from the Danjiangkou hydro project. In this paper, a graph of water supply scheduling was proposed for efficient utilization of water resources, based on the planning & design achievements of the Phase I South to North Water Transfer Middle Route Project and the requirements on water scheduling scheme compilation for the Middle Route Project. Meanwhile, designed hydrological inflows were used to check the proposed scheduling graph. Results showed that the graph is clear and easy to operate. The operation of Danjiangkou hydro project based on this graph can satisfy the designed water demand of all users and make the water transfer process more balanced. The scheduling graph can guide the operation of Danjiangkou hydro project.

**Key words:** Danjiangkou hydro project; water supply scheduling graph; The middle route of the South to North Water Transfer Project

丹江口水利枢纽位于湖北省丹江口市、汉江与丹江汇口下游 800 m 处, 是汉江综合利用开发治理的关键性水利工程, 也是南水北调中线的水源工程<sup>[1]</sup>。工程于 1958 年动工修建, 1973 年完建初期规模; 丹江口大坝加高工程于 2005 年开工建设<sup>[2]</sup>, 2013 年完成蓄水验收工作, 2014 年 12 月 12 日正式

向北方调水, 全面转入后期规模正常运行阶段。丹江口水库大坝加高后, 兴利任务以供水为主, 即在保障汉江中下游河道外经济社会用水、河道内航运用水和生态环境用水, 满足清泉沟灌区用水的前提下, 尽可能多且均匀地向北方调水<sup>[3]</sup>。根据南水北调中线工程规划, 丹江口水利枢纽陶岔渠首多年平均调

收稿日期: 2016-01-15    修回日期: 2016-12-14    网络出版时间: 2017-05-06

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20170506.1645.019.html>

基金项目: 国家重点研发计划项目资助(2016YFC0400907)

Fund: National key Research and Development Program of China (2016YFC0400907)

作者简介: 张利升(1969), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 高级工程师, 主要从事水利水电工程规划设计工作。E-mail: zhanglisheng@cjwsjy.com.cn

水量约 95 亿  $m^3$ , 可基本缓解京、津、冀、豫华北地区用水的紧张局面, 解决北方 20 座大城市、100 多个县市的缺水问题<sup>[4]</sup>。

2014 年 11 月—2015 年 10 月水量调度年度, 丹江口水利枢纽累计供水 332.85 亿  $m^3$ , 其中向南水北调中线工程供水 21.67 亿  $m^3$ , 总干渠各断面监测结果均达到或优于国家地表水 Ⅱ 类水质标准。河南省有邓州、南阳、漯河等 10 个地市约 1000 万人口受益, 河北省有邯郸、邢台等 5 个地市约 500 多万人口受益, 向北京市供水量占同期城区用水量的 70%、约 1100 万人口受益, 向天津城区供水量占同期总用水量的 80% 以上、约 800 万中心城区人口受益。南水北调工程在受水区供水安全保障中起到十分重要的作用。

丹江口水利枢纽是南水北调中线的供水水源工程<sup>[5]</sup>, 供水对象分为汉江中下游、清泉沟及南水北调中线一期工程三部分, 其供水调度运用关系到汉江中下游、清泉沟用水安全和南水北调中线工程的正常运行, 关系到我国水资源优化配置战略格局, 也关系到有效缓解京、津、华北地区缺水 and 改善生态环境战略目标的实现<sup>[6]</sup>。目前, 丹江口水利枢纽已进入后期规模的运行调度阶段, 水库原有调度方式<sup>[7]</sup>已难以满足新形势下枢纽调度需要, 因此, 本文以中线工程规划论证阶段相关研究成果和丹江口水库运行调度面临的新形势为切入点, 提出合理可行的丹江口水利枢纽供水调度图, 初步优化枢纽供水调度运行方式, 以期为丹江口水利枢纽的运行调度提供重要的技术支撑和参考依据。

## 1 丹江口水利枢纽供水调度图制定

根据《南水北调工程供用水管理条例》<sup>[8]</sup>、《南水北调中线一期工程水量调度方案(试行)》<sup>[9]</sup>, 丹江口水利枢纽运行调度的核心是: 在保障长江中下游防洪安全的基础上, 根据汉江上游来水情势<sup>[10][11]</sup>和水库蓄水状态, 协调水库下泄、清泉沟灌区引水和陶岔渠首北调供水三者之间的用水竞争矛盾<sup>[12]</sup>, 既要满足水源区用水需求, 又要保障陶岔渠首规划多年平均调水 95 亿  $m^3$  目标的实现。因此, 丹江口水利枢纽运行调度图的编制, 应以防洪安全为约束, 以各供水对象设计供、引水过程为基础, 以枢纽自身蓄水情况和来水情势为依据, 在面临时段对不同供水对象给出确定分水流量, 保障水源区、受水区和汉江中下游的供水安全。

### 1.1 供水调度图的制定

#### (1) 供水调度线推求。

为保证研究成果的有效性和实用性, 本次研究仍采用南水北调中线规划阶段经审定的、具有较好代表性的 1956 年 5 月—1998 年 4 月共 42 年长系列逐旬汉江上游来水过程<sup>[13]</sup>、汉江下游需丹江口水库最小下泄流量过程、陶岔渠首引水过程和北调供水过程<sup>[14]</sup>; 水库规模采用丹江口水利枢纽大坝加高后实际水库特征数据。

调度线推求时, 以 1956 年 5 月—1998 年 4 月设计水文系列入库径流基础, 选取 42 年入库径流系列中经验频率为 95%、50% 的入库水量作为典型年, 并按典型年年水量控制修正 42 年长系列径流分配, 分别推求 95% 供水调度线和多年平均供水调度线; 同时, 将 42 年设计径流系列作为输入, 以汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向同步供水为原则, 按照设计需水过程进行供水, 以旬为时段进行逆时序的径流调节计算, 推求正常供水线和降低供水线。

#### (2) 供水调度图修正。

根据南水北调中线工程规划成果, 汉江中下游多年平均需丹江口水库最小补偿下泄水量 162.2 亿  $m^3$ , 清泉沟多年平均引水 6.28 亿  $m^3$ , 陶岔多年平均北调供水 95.0 亿  $m^3$ <sup>[15]</sup>。因此, 在绘制调度线后, 仍需进行长系列供水调度计算, 校核各供水方向的供水量, 修正设计供水线, 使调度成果满足设计要求。为此, 拟从以下几个方面对上述推求的供水调度线进行修正。

##### a. 供水调度过渡带。

供水调度过渡带是指在水库常规调度的调度图中考虑短期径流预报对实时调度的影响, 在两供水调度区之间拟定供水调度过渡带, 使得两供水调度区内不同供水流量平稳过渡, 避免了因引水建筑物闸门快速启闭引起的机电设备运行风险。经综合分析, 推荐方案中采用提出的供水调度过渡带, 将 95% 供水调度线以下 3 m 范围内拟定为供水调度过渡带。库水位位于 95% 供水调度线以下 3 m 范围时, 如预报入库流量明显大于计划供水流量, 总供水量增加值可根据 95% 供水调度线与库水位的差值在供水区 1 和供水区 2 流量间确定。

##### b. 应急供水区修正。

按照《南水北调供用水管理条例》和《南水北调中线一期工程水量调度方案(试行)》要求, 在丹江口水库、汉江、中线总干渠、引江济汉工程或受水区发生可能危及供水安全的洪涝灾害、干旱灾害、水生态破坏事故、水污染事故、工程安全事故等突发事件时, 应通过水量应急调度<sup>[16]</sup>, 最大程度地减少其影响范围、程度及造成的损失, 维护社会稳定。丹江口

水利枢纽作为南水北调中线工程的主要水源,其供水调度应为南水北调中线工程的水量应急调度预留一定库容,因此,拟定丹江口水库死水位 150 m 至极限消落水位 145 m 区间为应急供水区。50% 供水线及降低供水线应不低于死水位。水库运行到该区间,视各供水对象缺水程度,可向缺水严重地区适当倾斜,优先保障受水区生活用水需求。

#### c. 调度期划分。

国务院令第 647 号《南水北调工程供用水管理条例》规定:“南水北调中线工程水量调度年度为每年 11 月 1 日至次年 10 月 31 日”。丹江口水利枢纽作为南水北调中线工程水源,其供水调度也应遵照现行法律法规及批复文件要求,因此,供水调度时计算时段调整为 11 月至次年 10 月。

#### d. 冰期输水要求。

为保障南水北调中线工程在冬季顺利引水,在 11 月中下旬开始加大北调水量,以便在冬季来临时在总干渠和受水区各省市配套管网的明渠中形成高水位冰盖,保障冬季管网的输水能力<sup>[17]</sup>。为此,丹江口供水调度应避免在 11 月中旬以后人为造成降低供水。

根据上述供水调度线推求及修正方法,得到调度图见图 1。

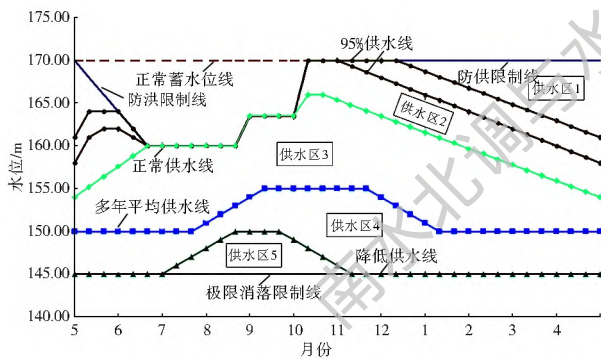


图 1 丹江口水利枢纽供水调度图

Fig. 1 Water supply scheduling graph of Danjiangkou Project

## 1.2 分区供水调度原则

丹江口水利枢纽供水调度以枢纽自身蓄水情况和来水情势为依据,采用分区供水的调度原则,即:按库水位高低,分区进行调度,尽可能使供水均匀,提高枯水年调水量。分区及相应调水方式拟定如下。

#### (1) 供水区 1。

供水区 1 为 95% 供水调度线与防洪限制线之间区域。当丹江口水库水位落在该区域内时,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向原则上分别按 11 月-次年 10 月水文年年径流量的 95% 频率对应年即 1965 年设计需水过程供水。同时,推荐方案中采

用提出的供水调度过渡带控制方法,库水位位于 95% 供水调度线以下 3 m 范围时,如预报入库流量明显大于计划供水流量,总供水流量增加值可根据 95% 供水调度线与库水位的差值在供水区 1 和供水区 2 流量间确定。

#### (2) 供水区 2。

供水区 2 为 95% 供水线与正常供水线之间区域。当丹江口水库水位落在该区域内时,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向原则上分别按来水频率 75% 对应典型年即 1961 年设计需水过程供水。

#### (3) 供水区 3。

正常供水线与多年平均供水线之间区域为供水区 3。当丹江口水库水位落在该区域内时,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向原则上分别按来水频率为 50% 的典型年即 1969 年对应年设计需水过程供水。

#### (4) 供水区 4。

供水区 4 为多年平均供水线与降低供水线之间区域,当丹江口水库水位落在该区域内时,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向原则上分别按来水频率为 25% 的典型年即 1964 年对应年设计需水过程进行供水;当水库水位低于 150 m 且入库来水小于  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  时,下泄流量按  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  控制。

#### (5) 供水区 5。

供水区 5 为极限死水位与降低供水线之间区域,当丹江口水库水位落在该区域内时,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向分别按来水频率为 25% 的典型年对应年设计需水过程的 80% 供水;当水库水位低于 150 m 且入库来水小于  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  时,下泄流量按  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  控制。

## 2 丹江口水利枢纽供水调度图的校核

将 1956 年-1998 年共 42 年设计水文系列的入库径流作为输入,综合考虑丹江口水利枢纽实际运行要求及陶岔渠首、清泉沟过流能力限制,在兼顾供水对象设计需水过程的基础上,以枢纽自身蓄水情况和来水情势为依据,按上述分区供水原则进行供水调度计算,以校核所得调度图实用性和可行性。42 年长系列模拟计算结果及不同来水频率供水量统计见表 1、表 2。

由表可知,按本次研究制定的供水调度图计算长系列调水过程,多年平均向汉江中下游下泄水量  $258.09 \text{ 亿 m}^3$ ,清泉沟引水量  $7.62 \text{ 亿 m}^3$ ,超出规划的多年平均供、引水量;陶岔多年平均引水量  $94.98 \text{ 亿 m}^3$ ,满足规划设计多年平均引水量  $95 \text{ 亿 m}^3$  的要求。

表 1 基于供水调度图的年调水量过程

Tab. 1 Annual water transfer quantity based on the scheduling graph

年份	水量平衡/亿 m <sup>3</sup>			
	入库	下泄	供水量	
			清泉沟	陶岔
1956	259.71	202.97	6.96	96.32
1957	479.02	315.40	6.90	79.43
1958	264.44	233.27	8.19	102.50
1959	310.47	163.87	6.35	79.11
1960	343.58	224.65	8.04	100.95
1961	269.61	176.63	8.15	102.43
1962	519.59	388.51	8.83	99.76
1963	744.98	590.61	9.44	101.82
1964	425.05	367.70	7.52	102.93
1965	181.55	163.95	8.13	102.79
1966	379.34	226.39	4.39	80.52
1967	463.49	303.81	8.33	100.28
1968	273.28	212.17	8.19	102.50
1969	328.63	180.29	7.45	97.59
1970	335.18	231.69	8.36	101.57
1971	306.26	254.08	8.21	101.19
1972	347.83	176.51	7.49	94.79
1973	406.46	266.59	8.89	102.95
1974	470.74	360.31	7.96	102.49
1975	278.82	233.48	7.26	102.60
1976	251.20	190.46	7.86	99.68
1977	220.30	165.87	7.02	83.02
1978	308.76	166.16	4.04	60.36
1979	429.13	290.86	7.92	96.35
1980	467.91	367.89	8.80	100.54
1981	439.61	326.39	8.95	102.14
1982	731.29	579.51	9.50	100.53
1983	572.72	477.66	7.87	102.38
1984	383.15	299.43	7.61	101.71
1985	242.99	188.55	8.39	101.18
1986	362.95	236.88	7.45	93.81
1987	295.17	178.05	7.25	95.75
1988	440.81	335.78	8.77	98.87
1989	372.99	304.43	8.52	100.81
1990	276.97	178.27	7.27	94.33
1991	269.01	162.17	6.03	72.71
1992	321.43	214.26	8.32	93.85
1993	241.60	175.51	7.27	98.45
1994	233.95	154.66	7.25	89.20
1995	292.85	159.73	6.20	79.97
1996	229.85	170.11	8.04	102.49
1997	409.40	278.32	4.66	66.35
多年平均	361.97	258.90	7.62	94.98

表 2 不同频率来水年均供水量

Tab. 2 The amount of water supply in different frequency years

项目	多年平均	最大年份	最小年份	75% 年份	95% 年份
可调水量/亿 m <sup>3</sup>	102.60	111.84	64.39	110.58	90.04
陶岔渠首供水/亿 m <sup>3</sup>	94.98	102.95	60.36	102.43	83.02
清泉沟供水/亿 m <sup>3</sup>	7.62	9.50	4.04	8.15	7.02

丹江口水利枢纽可调水量是指水库在满足汉江中下游基本需水的基础上,考虑引调水工程规模约束和调水过程的相对均匀性,最大可能调出水量。根据中线工程规划成果<sup>[12]</sup>,丹江口水利枢纽多年平均可调水量 103.41 亿 m<sup>3</sup>,其中清泉沟灌区可引水 6.28 亿 m<sup>3</sup>、陶岔渠首可调水量 97.13 亿 m<sup>3</sup>。陶岔渠首年最大可调水量 130.42 亿 m<sup>3</sup>,年最小可调水量 53.62 亿 m<sup>3</sup>。图 2 为按可调水量调度和本次研究制定的供水调度图计算的陶岔渠首北调供水过程线。由图可知,在满足规划陶岔渠首多年平均调水量目标 95 亿 m<sup>3</sup>的前提下,按供水调度图计算的供水过程更加均匀,可减少受水区不同供水水源切换的频率,有利于受水区多水源、多工程的联合调度。

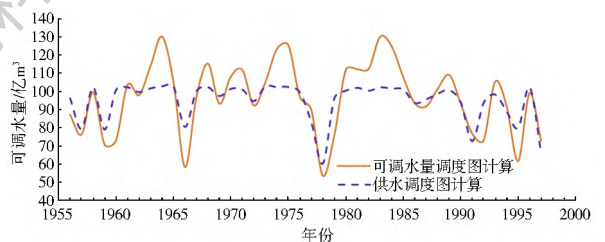


图 2 不同调度方式陶岔渠首年调水量过程

Fig. 2 Water supply of Taocha project by different methods

汉江上游来水年内年际分布极不均匀,枯水年丹江口水利枢纽可调水量过少是南水北调中线工程运行调度面临的最大难题。丹江口水利枢纽大坝加高后水库调节性能由年调节变为多年调节,通过优化制定运行调度方式,合理利用水库的调蓄能力,可提高陶岔渠首调水过程的均匀性、实现中线工程规划调水目标。

### 3 结语

本文针对丹江口水利枢纽大坝加高后的供水调度问题展开了初步探讨。在南水北调中线工程研究成果基础上,兼顾供水对象设计需水过程,以枢纽自身蓄水情况和来水情势为依据,提出了以供水调度图为指导的丹江口水利枢纽供水调度方法。选取长系列设计水文系列进行校核计算,结果表明本文推

求供水调度图能满足丹江口水利枢纽设计供水要求,汉江中下游、清泉沟、陶岔三供水方向供水量均能满足南水北调中线一期工程的设计要求,且基于调度图的常规调度方法简单易行,在面临时段能明确给出分时段、分供水方向的供水流量,可操作性强,研究成果可为丹江口水利枢纽的实际运行提供理论依据和技术支撑。

#### 参考文献(References):

- [1] 张利升,张睿,王学敏,等.丹江口水利枢纽多目标兴利调度决策模型[J].人民长江,2016,47(22):105-109.(ZHANG Lisheng, ZHANG Rui, WANG Xue min, et al. Decision making on multi-objective operation of Danjiangkou Hydroproject[J]. Yangtze River, 2016, 47(22): 105-109. (in Chinese)) DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2016.22.023
- [2] 管光明,张利升,吴泽宇.丹江口大坝加高在汉江防洪规划中的作用[J].人民长江,2006,37(9):53-54.(GUAN Guangming, ZHANG Lisheng, WU Zeyu. The role of Danjiangkou project heightening in Han River flood control[J]. Yangtze River, 2006, 37(9): 53-54. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2006.09.019
- [3] 吕国梁,陈志康,郑光俊.南水北调中线丹江口大坝加高工程设计[J].人民长江,2009,40(23):81-84.(LV Guoliang, CHEN Zhikang, ZHENG Guangjun. Danjiangkou heightening project design in the middle route of south to north water transfer project[J]. Yangtze River, 2009, 40(23): 81-84. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2009.23.030
- [4] 李英,李致家,张利升,等.丹江口水库北调水量的不确定性分析[J].武汉大学学报:工学版,2008,41(3):34-37.(LI Ying, LI Zhijia, ZHANG Lisheng. Uncertainty analysis of water transfer by Danjiangkou Reservoir[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2008, 41(3): 34-37. (in Chinese))
- [5] 胡军,刘松,胡永光,等.丹江口水库优化调度与效益分析[J].人民长江,2012,43(20):8-11.(HU Jun, LIU Song, HU Yongguang. Optimal operation and benefit analysis of Danjiangkou project[J]. Yangtze River, 2012, 43(20): 8-11. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2012.20.003
- [6] 杨光,郭生练,李立平,等.考虑未来径流变化的丹江口水库多目标调度规则研究[J].水力发电学报,2015,34(12):8-11.(YANG Guang, GUO Shenglian, LI Liping, et al. Multi-objective operation rules for Danjiangkou Reservoir under future runoff changes[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2015, 34(12): 8-11. (in Chinese)) DOI: 10.11660/slfdx.20151206
- [7] 阮本清,韩宇平,高季章,等.南水北调中线工程向黄河相机补水分析[J].水利学报,2005,36(1):22-27.(RUAN Benqing, HAN Yuping, GAO Jizhang, et al. Analysis on opportunity surplus water supply to Yellow River by South to North Water Transfer Middle Route Project[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(1): 22-27. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn:0559-9350.2005.01.004
- [8] 《南水北调工程供用水管理条例》(国务院令 第647号)[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zhengce/2014-02/28/content\\_2625853.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2014-02/28/content_2625853.htm), 2014-02-28.
- [9] 水利部关于印发《南水北调中线一期工程水量调度方案(试行)》的通知(水资源[2014]337号)[Z]. 2014.
- [10] 陈华,郭生练,柴晓玲,等.汉江丹江口以上流域降水特征及变化趋势分析[J].人民长江,2005,36(11):29-31.(CHEN Hua, GUO Shenglian, CHAI Xiaoling. Precipitation characteristics and trend analysis in upper reaches of Han River[J]. Yangtze River, 2005, 36(11): 29-31. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2005.11.011
- [11] 李明新,吕孙云,徐德龙.汉江上游水资源量变化趋势分析[J].人民长江,2008,39(17):49-52.(LI Mingxin, LYU Sunyun, XU Delong. Resources quantity trend analysis in upper reaches of Han River[J]. Yangtze River, 2008, 39(17): 49-52. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2008.17.017
- [12] 张丽丽,殷峻暹,蒋云钟.丹江口水库农业及生态可补水量规模研究[J].水电能源科学,2012,30(2):24-27.(ZHANG Lili, YIN Junxian, JIANG Yunzhong. Agricultural and ecological water scale research of Danjiangkou project[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(2): 24-27. (in Chinese))
- [13] 张利升,张睿,郝建平,等.丹江口水利枢纽入库径流特性规律研究[J].南水北调与水利科技,2016,14(2):12-15.(ZHANG Lisheng, ZHANG Rui, BING Jianpin, et al. Characteristics research of Danjiangkou Hydroproject incoming runoff[J]. South to North Transfers and Water Sciences & Technology, 2016, 14(2): 12-15. (in Chinese))
- [14] 王银堂,胡四一,周全林,等.南水北调中线工程水量优化调度研究[J].水科学进展,2001,12(1):72-80.(WANG Yintang, HU Siyi, ZHOU Quanlin, et al. The optimization scheduling research of South to North water transfer project[J]. Advances in Water Science, 2001, 12(1): 72-80. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn:1001-6791.2001.01.013
- [15] 畅建霞,黄强,王义民,等.南水北调中线工程水量仿真调度模型研究[J].水利学报,2002,12(1):85-90.(CHANG Jianxia, HUANG Qiang, WANG Yimin, et al. Water dispatch simulation model for Middle Route of South to North water transfer project[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2002, 12(1): 85-90. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn:0559-9350.2002.12.016
- [16] 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 Yanhu, 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
- [17] 范北林,张细兵,蔺秋生.南水北调中线工程冰期输水冰情及措施研究[J].南水北调与水利科技,2008,6(1):66-69.(FAN Beilin, ZHANG Xibing, LIN Qiusheng. Ice situation of the Middle Route of the South to North Water Diversion Project and ice danger prevention measures[J]. South to North Transfers and Water Sciences & Technology, 2008, 6(1): 66-69. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-1683.2008.01.018
- [18] 陈桂亚,王政祥,沙志贵.南水北调中线引丹江口水库弃水可调水量分析[J].人民长江,2001,32(2):6-7.(CHEN Guiya, WANG Zhengxiang, SHA Zhigui. Analysis on transferable surplus water volume from Danjiangkou reservoir for South to North Water Diversion[J]. Yangtze River, 2001, 32(2): 6-7. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2001.02.003
- [19] 刘宁.南水北调中线一期工程丹江口大坝加高方案的论证与决策[J].人民长江,2006,37(8):899-905.(LIU Ning. Study on heightening schemes of Danjiangkou Reservoir for first stage of Middle Route South to North Water Transfer Project[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(8): 899-905. (in Chinese)) DOI: 10.3321/j.issn:0559-9350.2006.08.001
- [20] 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]. Hydrology, 2009, 29(1): 26-29. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-0852.2009.01.007