

# 基于Mike Basin的厦门市雨洪资源利用研究

刘金华, 郭靖, 张发鸿, 朱斌, 曹长相

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州  
Email: liu\_jh3@hdec.com

收稿日期: 2021年6月5日; 录用日期: 2021年6月22日; 发布日期: 2021年6月30日

## 摘要

厦门市是资源型缺水和工程型缺水并存的城市,为破解水资源紧缺形势,充分利用雨洪资源迫在眉睫。应用Mike Basin建立雨洪资源利用模拟模型,对九龙江北溪流域和厦门市全域进行不同尺度的水资源模拟分析,辅以水库径流调节计算,研究雨洪利用工程引洪和蓄洪规模。通过多方案综合比选论证,推荐新建15 m<sup>3</sup>/s引洪管道和9525万m<sup>3</sup>雨洪调蓄水库。推荐方案下,2030年雨洪工程多年平均引水量12,028万m<sup>3</sup>,特枯年引水量19,813万m<sup>3</sup>,基本满足厦门市远期水资源需求。本文构建的雨洪资源利用模拟模型,是对雨洪利用精细化模拟和水资源中尺度配置的有机耦合的有益探索。

## 关键词

雨洪工程, 径流调节, Mike Basin, 水资源配置, 厦门市

# Study of the Stormwater Resources Utilization in the Xiamen City Based on Mike Basin

Jinhua Liu, Jin Guo, Fahong Zhang, Bin Zhu, Changxiang Cao

Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou Zhejiang  
Email: liu\_jh3@hdec.com

Received: Jun. 5<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jun. 22<sup>nd</sup>, 2021; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Xiamen City is a city where resource-based water shortages and engineering-based water shortages coexist. In order to solve the water shortage situation, it is urgent to make full use of stormwater resources. This paper uses Mike Basin to simulate and analyze the process of water resources at different scales in the Beixi basin and the entire Xiamen City. Supplemented by reservoir runoff adjustment

作者简介: 刘金华, 出生于1985年4月, 江苏淮安人, 高级工程师, 研究方向为水资源规划。

文章引用: 刘金华, 郭靖, 张发鸿, 朱斌, 曹长相. 基于 Mike Basin 的厦门市雨洪资源利用研究[J]. 水资源研究, 2021, 10(3): 322-330. DOI: 10.12677/jwrr.2021.103035

calculations, the scale of flood diversion and flood storage capacity of stormwater utilization projects are studied. Through comprehensive comparison and selection of multiple options, it is demonstrated that a diversion project with 15 m<sup>3</sup>/s and a rainwater storage reservoir of 95 million m<sup>3</sup> are recommended. Under the recommended plan, in 2030, the average water diversion volume of the storm flood project is 12,028 million m<sup>3</sup>, and the water diversion volume of extremely dry water is 19,183 million m<sup>3</sup>, which basically meets the long-term water resources needs of Xiamen City. The flood utilization project has significance in increasing the supply of resources and alleviating the contradiction between supply and demand. The technical route proposed in the article is also a useful exploration of the organic coupling of the fine simulation of flood utilization and the mesoscale allocation of water resources.

## Keywords

Flood Utilization Project, Runoff Regulation, Mike Basin, Water Resources Allocation, Xiamen City

Copyright © 2021 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

水资源系统模拟是水资源配置和调度的一个重要环节, 主要研究水资源系统内各种水利工程、用水户和渠道/河道, 在某种给定决策偏好和调度规则等条件下的运行情况[1]。水资源系统模拟的核心是水资源供需平衡, 由于水资源系统模拟服务的目标是水资源配置, 也称为水资源配置模拟, 一直是研究的热点及重点[2]。由于实际水资源系统的高度复杂性, 现实中存在大量复杂、非结构化的调度方式, 因此很难用优化模型来精细地描述水资源系统。而模拟模型可通过合理设计复杂的规则来实现对水资源系统的抽象概化, 具有很强的灵活性。如国外应用较为广泛的为美国的 WMS (Watershed Modeling System) 及 HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran) 模型、奥地利的 Waterware [3]。国内应用较为广泛的是新安江模型、“三次平衡”配置方法[4]及中国水科院的 WROOM [5]等, 但目前多停留在课题或项目研究阶段, 并未广泛进行商业应用。相对而言, 丹麦的 Mike Basin [6] 以其基于调度方式的配置原理受到国内科研和工程人员的推崇, 在吉林[7]、大凌河[8]、汉江流域[9]、红河流域[4]等地区取得了良好的应用实践。Mike Basin 模型是一个综合性水资源数学模型软件[10][11], 它基于 ArcView 平台, 与 ArcGIS 的空间分析、地图显示及数据操作紧密结合, 操作便捷, 易于直观展示, 可用于解决流域内河网模拟、地表产汇流计算、水资源供需平衡及农田灌溉用水合理性分配等一系列问题[12]。

本文应用 Mike Basin 雨洪资源利用模拟模型, 对九龙江北溪流域、厦门市全域进行不同尺度的水资源模拟分析, 辅以水库径流调节计算, 研究雨洪利用工程的引洪规模和蓄洪库容, 为厦门市雨洪资源开发利用提供参考依据。

## 2. 问题提出

厦门市位于福建省东南沿海, 辖思明、湖里、集美、海沧、同安和翔安等 6 个区, 市域土地面积 1640 km<sup>2</sup>。全市多年平均水资源量 12.34 亿 m<sup>3</sup>, 人均水资源量 324 m<sup>3</sup>, 仅为福建省人均水资源量的 10%, 全国人均水资源量的 16%, 是一个资源型缺水城市。全市城市供水水源包括九龙江北溪、石兜-坂头水库、汀溪水库群, 其中九龙江北溪供水量占比超过 80%。随着厦门市城镇化水平的提高以及东部片区的快速崛起, 厦门市水资源供需矛盾和空间不均衡问题将十分突出。

因流域内用水需求增加及水量分配的制约，北溪枯水期(“基荷”)已无进一步向厦门市供水的可能性，而汛期来水量约为非汛期的三倍，汛期大量的水资源直接排海。因此，加强北溪流域雨洪资源利用，将是解决厦门市水资源供需问题的重要方向，而利用北溪流域丰水期雨洪资源(峰腰荷)，兴建境内调蓄水库进行蓄丰补枯正是这一思路的具体体现。

北溪雨洪利用工程建设内容包括九龙江北溪取水工程、溪头水库扩建工程、北溪取水口 - 溪头水库 - 翔安北水厂输水工程，旨在新建输水通道与沿线水库的贯通，采用以蓄补引的方式增加原水供应，解决厦门市尤其是东部片区缺水问题。厦门市及九龙江北溪下游水系分布示意图见图 1。



Figure 1. Schematic diagram of water system distribution of Xiamen City and the Beixi River of Jiulongjiang  
图 1. 厦门市及九龙江北溪下游水系分布示意图

### 3. 雨洪资源利用模拟模型构建

Mike Basin 是由丹麦水利与环境研究所研发的与 GIS 整合的集总式流域(区域)水资源规划决策支持系统, 主要用于研究流域与区域内水资源配置和水资源供需平衡的数学模拟, 已应用于国内外多个流域和区域水资源规划管理项目。其全部建模功能均在以地图为核心的模型架构中实现, 能提供不同尺度的时空水资源模拟计算、数据交互及结果分析展示。应用 Mike Basin 构建厦门市雨洪资源利用模拟模型。

#### 3.1. 模型模拟范围

雨洪资源利用模拟模型模拟设计范围包括厦门市湖里、思明、海沧、集美、同安和翔安区, 主要供水对象

为城镇市政用水，即居民生活、工业、建筑业、服务业等。同时供水水源涉及北溪流域，故而分析范围还包括北溪流域龙岩、漳平、漳州等。模型模拟时间范围为 1959 年 4 月至 2015 年 3 月，共计 56 年、672 月、245,280 天。

### 3.2. 河网概化

结合河网的水力联系，选取能够反映供用水特点的河道和重要的供水节点进行概化，具体包括：选取北溪流域内干流及重要支流万安溪、龙津溪等，以及具备年、多年调节性能的万安溪水库、白沙水库和长泰枋洋水利枢纽；选取厦门市境内的已建石兜 - 坂头水库群、汀溪水库群(汀溪水库、溪东水库、小坪和竹坝水库)，在建的莲花水库和拟扩容蓄洪的溪头水库，各水库信息详见表 1。同时按照厦门市行政分区和水厂规划情况，确定 5 大配水节点。概化后的河网见图 2。

Table 1. List of reservoir characteristics

表 1. 水库特性表

河流	电站名称	流域面积(km <sup>2</sup> )	总库容(m)	调节库容(万 m <sup>3</sup> )	调节性能	备注
万安溪	万安水库	667	22890	16800	多年	
万安溪	白沙水库	1307	20197	10993	年	
龙津溪	上存水库	214	12180	10771	多年	
后溪	石兜水库	59.3	8906	8822	多年	石兜 - 坂头水库群
后溪	坂头水库	67.3	664	360	季调节	
汀溪	汀溪水库	100.8	4845	3797	多年	汀溪水库群
汀溪	溪东水库	23.4	1412	1128	多年	
汀溪	竹坝水库	9.4	1012	850	多年	
汀溪	小坪水库	23.2	440	408	年	
莲花溪	莲花水库(在建)	157	3286	1958	年	
过芸溪	溪头水库	11	357	300	年	现状
曾溪	曾溪水库	8.5	710	505	年	

注：1、上存水库为长泰枋洋水利枢纽的调节水库；2、小坪水库含水洋引水 5.1 km<sup>2</sup>。

### 3.3. 模型边界

1) 供水水源边界。供水水源包括厦门市境内石兜水库群、汀溪水库群、溪头水库及境外北溪流域。根据雨洪利用的特点，北溪流域采用历年逐日径流资料，厦门市供水水库采用历年逐月径流资料(注：模型按照日尺度进行模拟，当输入资料为月时则进项月内均化处理)。

厦门市自北溪调水工程包括：① 现状已建北溪引水左干渠、特区供水工程(合计供水规模约 18 m<sup>3</sup>/s)，② 在建长泰枋洋工程(供水规模 10 m<sup>3</sup>/s)和③ 规划建设北溪雨洪利用工程(供水规模 15 m<sup>3</sup>/s，4~9 月引洪水)，①和②工程引水量及过程受北溪引水分水协议(注：当北溪闸址断面来水保证率 90% (闸址设计流量 38 m<sup>3</sup>/s)及以上的枯水情况时，漳州和厦门按 62:38 的比例进行分配)限制，厦门市可分配水量 14.4 m<sup>3</sup>/s。

2) 河道外需水边界。需水量包括厦门市城镇市政需水及北溪流域需水，其中厦门市城镇市政需水成果采用厦门市水资源综合规划成果，见表 2。

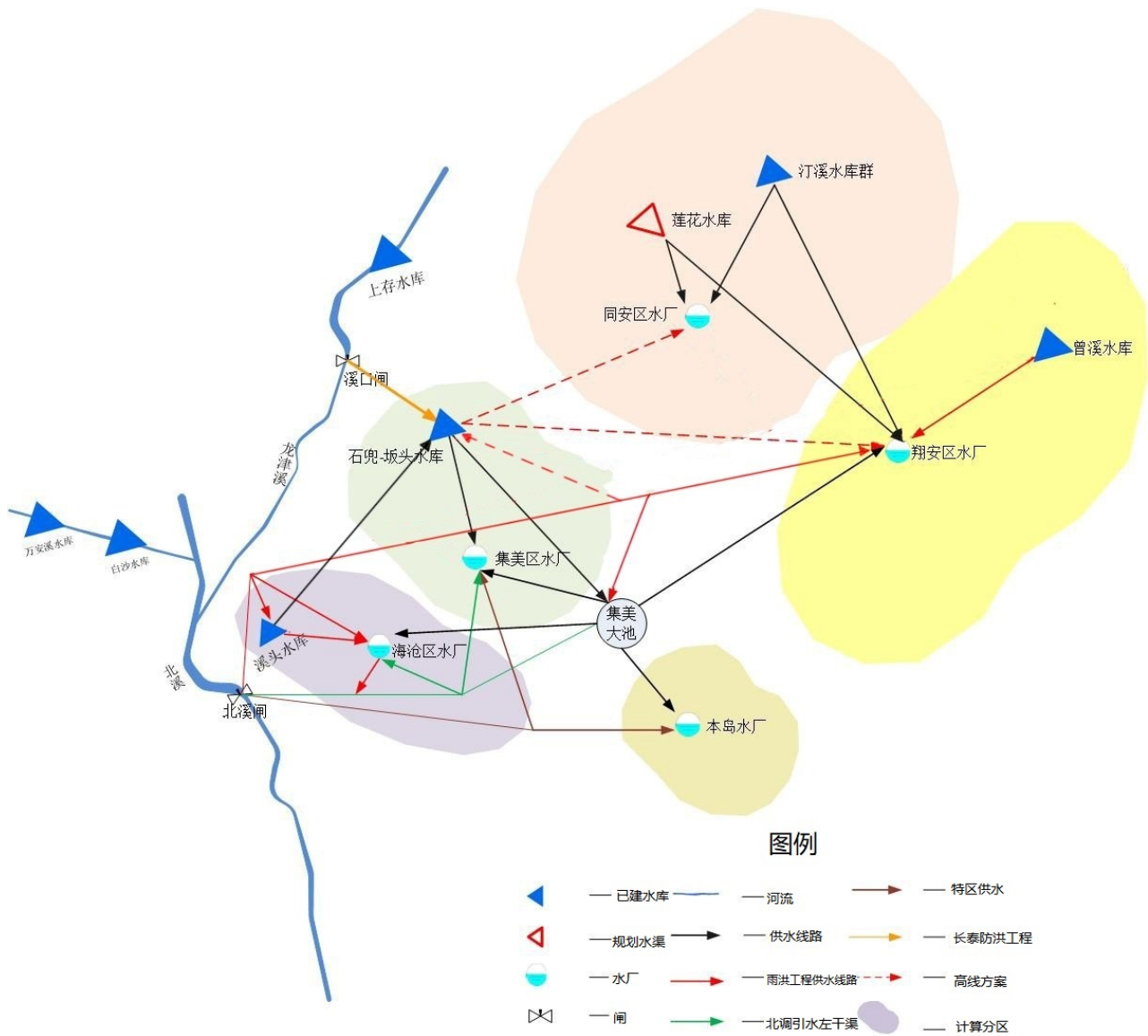


Figure 2. Water resource system network diagram of Xiamen water resource allocation model  
 图 2. 厦门市水资源配置模型水资源系统网络图

Table 2. Summary of water demand in the Xiamen City (10,000 m<sup>3</sup>)  
 表 2. 厦门市需水量汇总表(万 m<sup>3</sup>)

分区	本岛	海沧区	集美区	同安区	翔安区	合计
生活	19,691	8396	11,295	9896	13,794	63,072
工业	2763	8685	5527	7895	7895	32,765
农业	0	501	1677	6017	5219	13,413
生态	700	500	800	900	1300	4200
合计	23,155	18,082	19,298	24,708	28,208	113,450
管网漏失水量	1274	879	881	935	1149	5005
城镇供水	24,429	18,460	18,503	19,626	24,138	105,042



3) 河道内需水边界。莲花水库、汀溪水库、竹坝水库和石兜水库。莲花水库、汀溪水库、竹坝水库、石兜水库的生态需水量分别为  $0.60 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.74 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$ 。其余河段生态下泄汛期按照多年平均径流量的 30%考虑，非汛期按照多年平均径流量的 10%考虑。

4) 水库蒸发渗漏。水库蒸发渗漏损失按照月内平均库容的 1.5%考虑。水库蓄水期各月蒸发损失是库区由陆面变为水面所增加的蒸发量，其中蒸发数据采用同安气象站实测数据。

5) 管网工程输水损失。管网工程输水损失为进入管网的水量与管网出口水量的差值，其与管网材质、输水距离等有关，本阶段按照 5%取值。

### 3.4. 调度原则

城市供水水源工程包括水库工程和引水工程，拟定联合调度运行原则见图 3，具体包括：

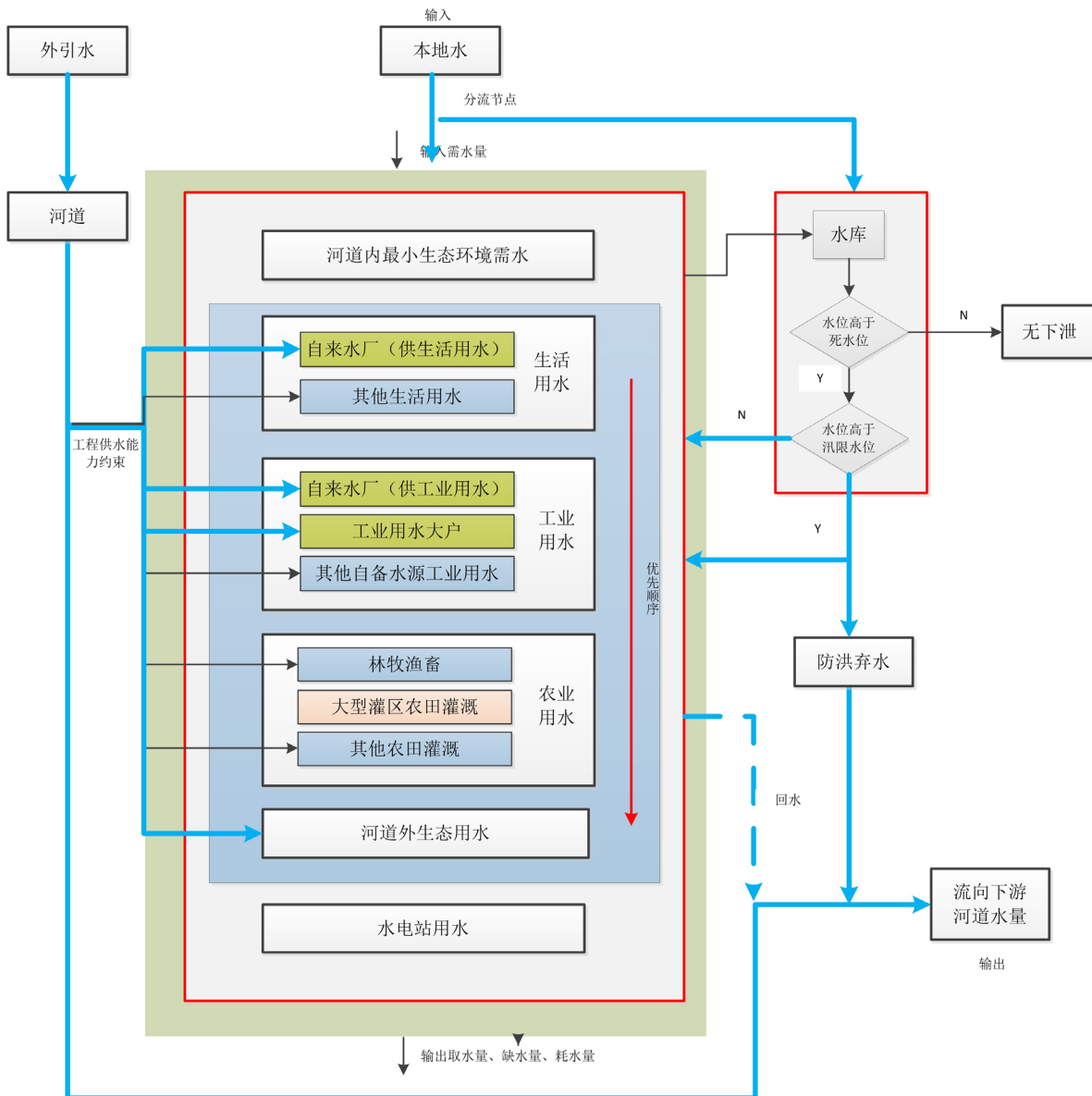


Figure 3. Scheduling discipline of Xiamen water resource allocation  
图 3. 厦门市水资源配置调度原则

1) 供水优先序方面, 优先使用本地水资源, 其次为北溪引水及雨洪工程进行补充, 不足部分考虑非常规水源的利用, 部分供水水库作为应急备用水源。

2) 引水调度时, ① 优先使用长泰枋洋工程及北溪引水, 不足时用雨洪工程引水; ② 长泰枋洋工程引水至石兜水库再供给城镇用水; ③ 外引水不能在厦门市产生弃水; ④ 各引水工程均需考虑河道生态需水及本地需水。

3) 水库调度时, 遵循以下原则: ① 当雨洪工程引水量汛期引水至溪头水库, 水库利用库容蓄水, 非汛期由水库利用水库蓄水量供水; ② 各供水水库调度运行时需满足下游河道最小生态流量要求。

## 4. 模型分析

### 4.1. 方案设计

九龙江北溪雨洪资源主要为丰水年或丰水期的富余水量, 如将其引至厦门境内, 并使之成为有效水量, 必须配套相适应规模的备用库容。通常而言, 相同的雨洪来水过程和相同的引洪时段, 较小的引水规模需要配备较大的调蓄水库, 而较大的引水规模则需要配备相对小的调蓄水库, 本文在构建的模型基础上, 采用如下工作步骤确定工程规模。

1) 基于雨洪资源利用模拟模型, 对九龙江流域水资源供需进行逐日模拟, 提出雨洪工程取水断面处的逐日径流过程; 开展厦门市水资源供需月尺度分析, 提出厦门市缺水月过程。

2) 根据来水、缺水特征, 采用水库径流调节方式, 拟定雨洪工程引水能力及相应的备用库容, 形成雨洪工程规模可行方案组。

3) 结合引水工程和水库的建设条件, 拟定并进行方案技术经济比选, 提出雨洪工程的推荐方案。

4) 提出推荐引洪和蓄洪规模下的水资源供需成果。

受篇幅限制, 本文仅就步骤 2) 和 4) 进行分析讨论。综合考虑万安溪水库和白沙水库综合调度(发电、供水、防洪等)要求以及下游漳州、厦门常规引水需求后的长系列逐日下泄流量等, 仅水库径流调节分析, 拟定雨洪工程规模方案组见表 3。进一步考虑厦门市中型水库的建设条件以及水库蓄满率要求, 提出引水规模 15 m<sup>3</sup>/s, 以及扩建溪头水库到正常蓄水位 154 m、对应库容 9525 万 m<sup>3</sup>, 复核厦门市 2030 年水资源供需平衡成果见表 4。同时为分析雨洪工程对厦门市供水系统的综合效果, 增加有无雨洪工程水资源供需方案对比见表 5。

Table 3. Scheme design of stormwater project scale

表 3. 雨洪工程规模方案设计

	方案 1	方案 2	方案 3
雨洪引水能力(m <sup>3</sup> /s)	10	15	20
对应备用库容规模(万 m <sup>3</sup> )	11,000	9000	8800

### 4.2. 结果分析

1) 关于雨洪工程规模方案组。表 3 结果表明, 当引水能力从 10 m<sup>3</sup>/s 增加到 15 m<sup>3</sup>/s 时, 调节库容减少了近 20%; 当引水能力增加到 20 m<sup>3</sup>/s 时, 需要的调节库容仅减少 2.2%, 即当雨洪引水规模在 15 m<sup>3</sup>/s 或以上时, 实际需要厦门市域内配套调蓄库容基本没有变化或变化不大。究其原因, 由于厦门市缺水量主要集中在枯水时段, 则实际解决厦门市缺水矛盾主要取决于配套调蓄库容(即取决于汛末配套库容的总蓄水量), 此时引水规模继续扩大则没有实质意义, 因引水规模 10~15 m<sup>3</sup>/s 已可以满足在汛末将配套调蓄库容充满。

2) 关于雨洪工程直接供水量。表 4 结果表明: 多年平均情况下, 厦门市 2030 年需水量 105,114 万 m<sup>3</sup>, 各水源累计供水量 104,831 万 m<sup>3</sup>, 年均缺水量 283 万 m<sup>3</sup>, 缺水率不足 0.26%, 各类供水工程中, 九龙江北溪雨洪工程多年平均引水量 12,028 万 m<sup>3</sup>, 其中汛期直接供水 4006 万 m<sup>3</sup>; 97%来水情况下, 九龙江北溪雨洪利用工程

引水量约为 1.98 亿 m<sup>3</sup>，供水量占比达到 18.9%，可见雨洪工程供水量十分可观。

3) 关于供水系统新增供水量。表 5 结果表明：无雨洪工程情景下，特枯年份，厦门市 2030 年缺水量 24251 万 m<sup>3</sup>，缺水率 23.1%，多年平均缺水量 5301 万 m<sup>3</sup>，缺水率 5.1%；有雨洪工程情景下，特枯年份，厦门市 2030 年缺水量 154 万 m<sup>3</sup>，缺水率 0.15%，多年平均缺水量 283 万 m<sup>3</sup>，缺水率 0.26%。通过有无雨洪工程的对比分析，受益于雨洪工程，特枯年份，厦门市新增供水量 24,097 万 m<sup>3</sup>，其中雨洪工程引水量 19,813 万 m<sup>3</sup>，原供水系统新增供水量 4284 万 m<sup>3</sup>。后者主要由供水系统内部挖潜及本地径流的利用共同引起的。因此，雨洪工程的作用不仅在于从北溪新增引洪资源量，还在于与本地工程联合调度，进一步挖掘供水系统潜能。

**Table 4.** Analysis results of water resources supply and demand in Xiamen City in 2030 (ten thousand m<sup>3</sup>)  
**表 4.** 2030 年厦门市水资源供需分析成果表(万 m<sup>3</sup>)

分项	总需水						供水量								缺水
	生活	工业	生态	损失	需水合计	供水量合计	雨洪工程		北溪引水	石兜水库	汀溪水库群	莲花水库	其他		
							小计	其中直供							
厦门	P = 97%	63,072	32,765	4200	5003	105,042	104,888	48,129	19,813	10,283	28,386	3257	3691	1613	154
	多年平均	63,115	32,788	4203	5006	105,114	104,831	49,766	12,028	4006	19,892	9651	12,858	637	283
海沧	P = 97%	8396	8685	500	879	18,461	18,461	17,817	644	49	0	0	0	0	0
	多年平均	8401	8691	500	880	18,473	18,455	18,039	368	35	48	0	0	0	18
集美	P = 97%	11,295	5527	800	881	18,503	18,503	11,037	252	34	7214	0	0	0	0
	多年平均	11,303	5531	801	882	18,516	18,481	11,201	147	11	7121	0	0	13	35
同安	P = 97%	9896	7895	900	935	19,626	19,558	0	0	0	12,177	2964	3691	727	68
	多年平均	9903	7901	901	936	19,640	19,517	0	0	0	5705	4483	9020	309	123
翔安	P = 97%	13,794	7895	1300	1149	24,139	24,053	0	18,917	10,201	3957	293	0	886	86
	多年平均	13,804	7901	1301	1150	24,156	24,110	0	11,513	3960	3276	5168	3837	316	46
本岛	P = 97%	19,691	2763	700	1159	24,313	24,313	19,275	0	0	5038	0	0	0	0
	多年平均	19,704	2765	700	1160	24,329	24,268	20,526	0	0	3742	0	0	0	61

注：P = 97%为 2009~2010 年供需分析成果，下同。

**Table 5.** The water supply and demand of contrastive analysis with rain flood project and without in Xiamen City in 2030 (ten thousand m<sup>3</sup>)  
**表 5.** 2030 年有无雨洪工程水资源供需对比表(万 m<sup>3</sup>)

		需水量						供水量						缺水量					
		小计	海沧	集美	同安	翔安	本岛	小计	海沧	集美	同安	翔安	本岛	小计	海沧	集美	同安	翔安	本岛
无雨洪工程	P = 97%	105,042	18,461	18,503	19,626	24,139	24,313	80,791	18,152	17,504	13,195	8811	23,130	24,251	308	1000	6431	15,329	1183
	多年平均	105,114	18,473	18,516	19,640	24,156	24,329	99,813	18,393	18,395	19,087	19,867	24,072	5301	80	121	552	4289	257
有雨洪工程	P = 97%	105,042	18,461	18,503	19,626	24,139	24,313	104,888	18,461	18,503	19,558	24,053	24,313	154	0	0	68	86	0
	多年平均	105,114	18,473	18,516	19,640	24,156	24,329	104,831	18,455	18,481	19,516	24,110	24,268	283	18	35	123	46	61

## 5. 结论

1) 通过对厦门市近十座水库、百余条供水管线、十余座水厂，以及上千个运行调度规则的梳理，构建了包



含“蓄、引、提、调”和“供、用、耗、排”在内的雨洪资源利用联合调度模拟模型，可用于厦门市雨洪资源开发利用模拟研究。通过多方案综合比选论证，推荐新建 15 m<sup>3</sup>/s 引洪管道和 9525 万 m<sup>3</sup> 雨洪调蓄水库。特枯水年，设计保证率引水量约为 1.98 亿 m<sup>3</sup>，规划雨洪过程供水量占比达到 18.9%。

2) 通过有无雨洪工程的对比分析，特枯水年，厦门市新增供水量 24,097 万 m<sup>3</sup>，其中雨洪工程引水量 19,813 万 m<sup>3</sup>，原供水系统新增供水量 4284 万 m<sup>3</sup>。雨洪工程之于厦门市供水系统而言，其作用不仅在于从北溪新增引洪资源量，还在于与本地工程联合调度，进一步挖掘供水系统潜能。

3) 本文利用 Mike Basin 雨洪资源利用模拟模型，对九龙江北溪流域、厦门市全域进行水资源不同尺度的模拟分析，辅以水库径流调节计算，研究了雨洪利用工程引洪规模和蓄洪库容，是对雨洪利用模拟和水资源中尺度配置的有机耦合的有益探索。

## 参考文献

- [1] 游进军. 水资源系统模拟理论与实践[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2005.  
YOU Jinjun. Theory and practice of holistic simulation on water resources system. Ph.D. Thesis, Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2005. (in Chinese)
- [2] KUCZERA, G., DIMENT, G. General water supply system simulation model: WASP. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 1988, 114(4): 365-382. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1988\)114:4\(365\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1988)114:4(365))
- [3] 戚琳琳, 张博, 赖乔枫, 等. 基于 MIKE BASIN 的水资源合理配置方案对比分析——以长吉经济圈为例[J]. *水利水电技术*, 2018, 49(5): 16-24.  
QI Linlin, ZHANG Bo, LAI Qiaofeng, *et al.* Mike BASIN-based comparative analysis on scheme for reasonable allocation of water resources—A case of Changchun-Jilin economic circle. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2018, 49(5): 16-24. (in Chinese)
- [4] 顾世祥, 李远华, 何大明, 等. 以 MIKE BASIN 实现流域水资源三次供需平衡[J]. *水资源与水工程学报*, 2007, 18(1): 5-10.  
GU Shixiang, LI Yuanhua, HE Daming, *et al.* Watershed water resources three allocation based on MIKE BASIN. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2007, 18(1): 5-10. (in Chinese)
- [5] 雷晓辉, 王旭, 蒋云钟, 等. 通用水资源调配模型 WROOM I: 理论[J]. *水利学报*, 2012(2):103-109.  
LEI Xiaohui, WANG Xu, JIANG Yunzhong, *et al.* Water resources optimal operation model WROOM I: Theory. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2012(2): 103-109. (in Chinese)
- [6] IRESON, A., MAKROPOULOS, C. and MAKSIMOVIC, C. Water resources modelling under data scarcity: Coupling MIKE BASIN and ASM groundwater model. *Water Resources Management*, 2006, 20(4): 567-590.  
<https://doi.org/10.1007/s11269-006-3085-2>
- [7] 林岚, 贺石良. 吉林省西部地区雨洪资源综合利用河湖连通供水工程引洪影响研究[J]. *东北水利水电*, 2016(7): 37-40.  
LIN Lan, HE Shiliang. Study on flood diversion impact of the river-lake connection water supply project of the comprehensive utilization of rainwater and flood resources in western Jilin Province. *Water Resources & Hydropower of Northeast China*, 2016(7): 37-40. (in Chinese)
- [8] 吴俊秀, 郭清. 大凌河流域 MIKE BASIN 水资源模型[J]. *水文*, 2011, 31(1): 71-76.  
WU Junxiu, GUO Qing. MIKE BASIN model for water resources management of Dalinghe river basin. *Journal of China Hydrology*, 2011, 31(1): 71-76. (in Chinese)
- [9] 肖志远, 陈力. 基于 MIKE BASIN 平台的汉江流域[J]. *长江科学院院报*, 2008, 25(6): 43-47.  
XIAO Zhiyuan, CHEN Li. Runoff prediction model for Hangjiang river basin based on MIKE BASIN program. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2008, 25(6): 43-47. (in Chinese)
- [10] 李成振, 孙万光. 西辽河平原区水资源供需平衡分析[J]. *水资源与水工程学报*, 2017, 30(1): 57-67.  
LI Chengzhen, SUN Wanguang. Analysis of water resources supply-demand balance in the plain of west Liaohe River. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2017, 30(1): 57-67. (in Chinese)
- [11] CHEN, G., ZHANG, X. and MANCHUN, L. I. River basin modeling and water resources management supported by MIKE BASIN—A case study of Dazi County, Tibet. *Geo-Information Science*, 2008, 10(2): 230-236.
- [12] 李鹏. 基于 MIKE BASIN 的松花江流域哈尔滨断面以上区域水资源配置方案研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2013.  
LI Peng. Water resources allocation based on MIKE BASIN for the region above the Harbin cross-section in the Songhua River basin. Master's Thesis, Changchun: Jinlin University, 2013. (in Chinese)