

# MAKE BASIN 模型在大樟溪—晋江流域 水资源供需平衡分析中的应用

于龙娟 李茂学 朱碧泓

(上海勘测设计研究院, 上海 200434)

**摘要** MAKE BASIN 模型是丹麦 DHI 公司在 ArcGIS 平台上开发出来的一套流域水资源优化配置软件。模型包括降雨径流模拟、水量模拟、水质模拟等模块。模型可以模拟从降雨到流域产汇流过程、径流过程、水库调度、供需平衡的整个水文过程, 能够为流域水资源综合规划和管理提供技术支持。本文使用 MAKE BASIN 模型, 对大樟溪—晋江流域水资源进行供需平衡分析, 以确定流域的缺水程度、缺水性质, 为流域水资源配置提供依据。

**关键词** MAKE BASIN 模型 大樟溪 晋江流域 水资源 供需平衡

水资源配置模型是水资源管理和优化配置的重要工具。目前实际使用的模型较多, 有国外引进的, 也有自主开发的。本文通过实例, 就从丹麦 DHI 公司引进的 MAKE BASIN 模型的应用情况做一介绍。

## 1. MAKE BASIN 模型简介

MAKE BASIN 模型包括降雨径流模拟、水量模拟、水质模拟等模块。模型可以模拟从降雨到流域产汇流过程、径流过程、水库调度、供需平衡的整个水文过程。模型使用图形用户界面 (GUI), 利用 GIS 工具, 对流域进行数字化, 将河流及其主要支流概化成由河道和节点组成的河网, 河道代表各河段, 而节点代表汇流、取水点或其他流域控制点, 节点提供模拟的计算结果。模型需要的基本输入包括径流、水库特征、水库调度规则、需水过程、用户用水优先次序等。下面结合大樟溪—晋江流域水资源供需平衡分析的实例, 说明 MAKE BASIN 软件的功能。

## 2. 流域概况

大樟溪发源于泉州市德化县境内的戴云山南麓, 自西南向东北流经德化、永泰至闽候的江口入闽江, 是闽江下游右岸靠近入海处的一条支流, 流域面积  $4843\text{km}^2$ , 多年平均径流量为  $47.58\text{亿m}^3$ , 河道长  $234\text{km}$ , 平均比降  $4.06\%$ 。大樟溪干流在南埕以上为浚溪, 浚溪干流流经的乡镇依次为赤水、国宝、盖德、浔中 (德化县城)、三班、龙门滩, 至水口入永泰县境。浚溪流域面积  $985\text{km}^2$ , 河长  $95\text{km}$ , 河道比降  $5.2\%$ 。2000 年大樟溪流域总人口  $97.90\text{万}$

人, GDP为 83.40 亿元。流域现状用水量 9.53 亿 $m^3$ , 预计中等干旱年情况下 ( $P=75\%$ ), 2010 年需水将达到 5.22 亿 $m^3$ , 2020 年可达到 5.40 亿 $m^3$ 。

晋江为福建省五大江之一, 发源于泉州市安溪县桃舟乡达新村梯仔岭东南坡, 流经安溪、永春、南安、晋江、泉州市区等县市区, 流域面积 5629 $km^2$ , 河长 182km, 河道平均坡降 1.9%, 双溪口以上分东、西溪, 双溪口以下为晋江干流。东溪长 120km, 集水面积 1917 $km^2$ ; 西溪长 145km, 集水面积 3101 $km^2$ ; 干流长 30km, 区间集水面积 611 $km^2$ , 经泉州至前埔汇入泉州湾。2000 年晋江流域总人口 685.38 万人, GDP为 1004.48 亿元。流域现状用水量 23.02 亿 $m^3$ , 预计中等干旱年情况下 ( $P=75\%$ ), 2010 年需水将达到 31.48 亿 $m^3$ , 2020 年可达到 36.61 亿 $m^3$ 。大樟溪—晋江流域水系分布见图 1。

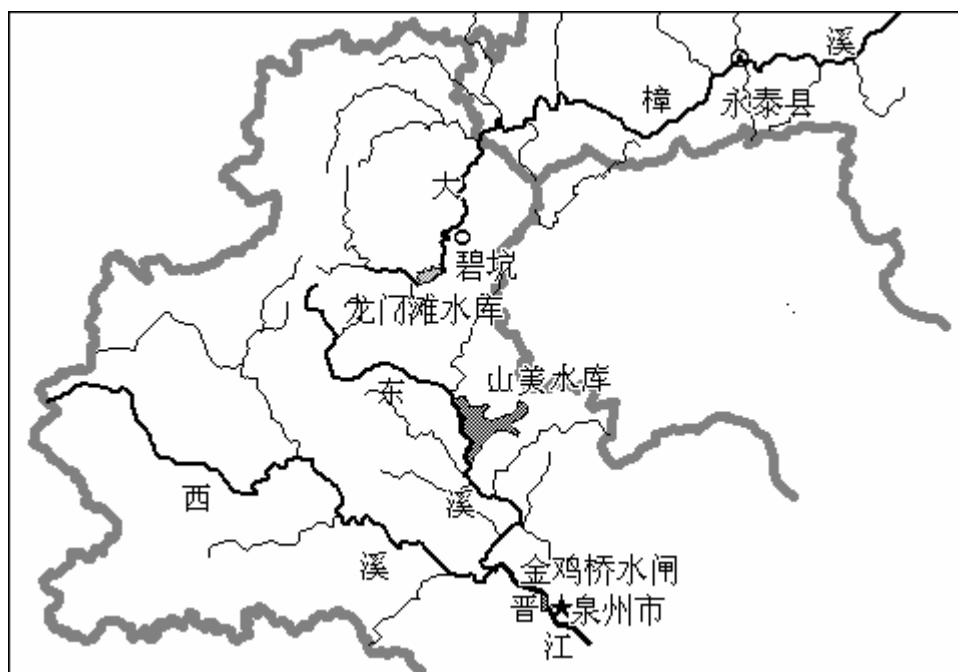


图 1 大樟溪—晋江流域水系图

### 3. 河网概化

根据大樟溪—晋江流域片水系特点、行政区划、控制工程布局及资料条件等, 将大樟溪流域化分为碧坑以上和碧坑以下~河口 2 个水利计算分区, 晋江流域片化分为西溪、东溪山美水库坝址以上、东溪山美水库坝址以下~东西溪汇合口、东西溪汇合口~金鸡桥闸、金鸡桥闸~入海口及晋江下游供水区 5 个水利计算分区。

考虑到大部分中小型水库的调蓄能力较差, 同时缺乏水库调度资料, 为简化计算, 将各水利分区中的中、小型水库及塘坝分别概化为一个水库供水单元, 山美、惠女两个大型水库单独作为一个水库供水单元, 并根据其供水能力合理承担供水任务, 整个分区河网概化成一个供水单元。河网概化结果见图 2。

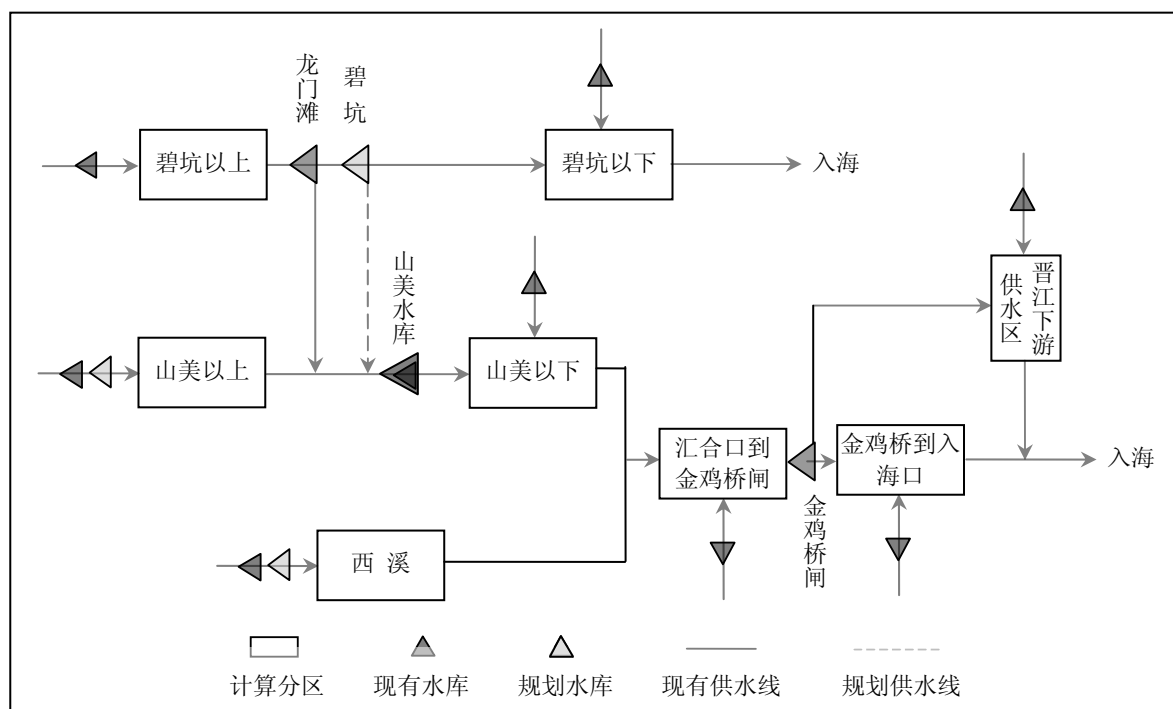


图 2 大樟溪—晋江流域水资源系统的节点网络示意图

#### 4. 调算方法及原则

以供水工程以及供水区所组成的供水系统为调算主体，进行自上游到下游，先支流后干流逐级调算。根据各水平年生活、工业、农业和生态需水情况，采用 1956~2002 年 47 年长系列地表径流逐月调节计算。

在进行调度时，各分区按照就近原则，先使用本地水，再使用过境水，最后通过山美水库调节及龙门滩水库和碧坑水库（有碧坑引水方案时）供水。当遇到枯水年，无法 100%满足各项用水时，农业、工业、生活用水会遭到一定程度的破坏，通过设定破坏规则，最大程度减小破坏损失。

##### 4.1 供水规则

根据各类蓄水工程的调蓄能力及各用水户的保障程度要求，制定供水规则如下：

- (1) 先用河网水，再用塘坝和小型水库水，后用大中型水库水。
- (2) 农业用水以河网、塘坝及小型水库供水为主，大中型水库重点保障城市用水。

##### 4.2 用水户优先次序及破坏规则

根据各用水户的重要性及其破坏的影响程度，制定用水户优先次序，优先保证居民生活、河道内最小生态及重要工业用水，其次考虑其他工业、农业及其他环境等用水，各用水户破坏规则见表 1

表1 山美水库供水破坏规则

破坏等级	完全保证	轻破坏	重破坏
河道内生态	100%	100%	90%
生活	100%	100%	90%
第二产业、第三产业	100%	90%	85%
第一产业	100%	80%	50%

### 4.3 山美水库调度规则

山美水库是晋江流域大型骨干工程，水库集水面积 1023km<sup>2</sup>，兴利库容 41100 万m<sup>3</sup>，校核洪水位 102.28m，正常蓄水位 96.48m，汛限水位 94.48m，死水位 57.48m。该水库原以发电为主进行调度，不利于水资源的合理利用。经过分析，建议将其调度运行方式改变为以供水为主、结合发电。通过龙门滩水库、碧坑水库（有碧坑引水方案时）、山美水库及金鸡桥闸等工程的联合调度运行，以增加对晋江下游及下游供水区供水量和保证程度。水库调度见图 3。

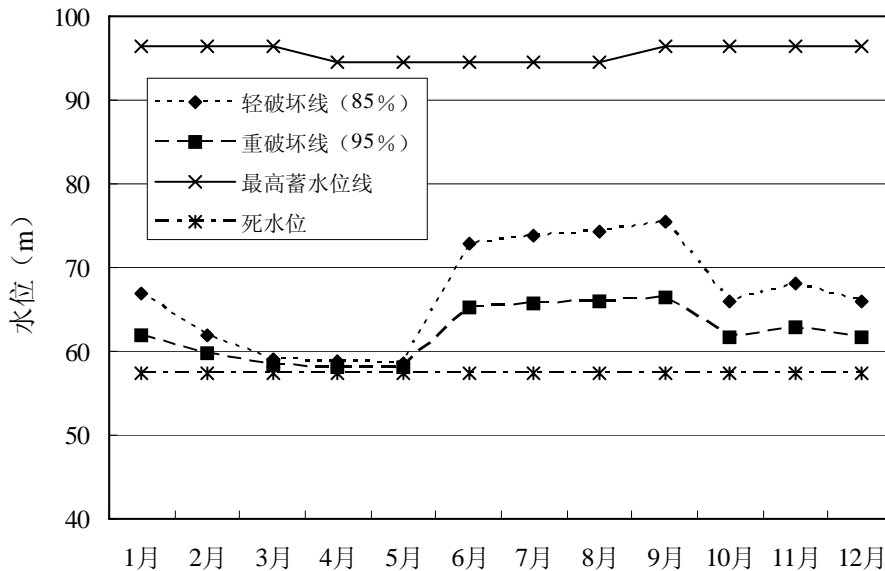


图3 山美水库调度图

## 5. 供需平衡分析

### (1) 碧坑不引水

通过对晋江流域片、大樟溪流域的水资源平衡分析，晋江流域片现状和规划水平年均存在一定程度的缺水，在考虑了较大的节水力度和实施部分流域内水利工程后，规划 2010 年水平可基本做到供需平衡，2020 年水平遇特枯年仍有较大的缺水，影响地区的工农业生产。大樟溪流域各水平年均不缺水。

### (2) 碧坑引水

实施碧坑引水后，考虑年引水 1.79 亿m<sup>3</sup>，晋江流域片规划水平年 2020 年水平遇中等干旱年 (P=75%) 缺水 0.25 亿m<sup>3</sup>，缺水率 0.7%；枯水年 (P=90%) 缺水 2.72 亿m<sup>3</sup>，缺水率 7.68%；

特枯年 (P=95%) 缺水 3.86 亿<sup>3</sup>，缺水率 11.1%，缺水有所缓解，但仍然有一定的用水缺口。大樟溪流域在碧坑引水后，对本流域内供水基本无影响。

晋江流域片存在工程性缺水和资源性缺水并存的问题，既需要立足本地，积极开发本流域水资源，又需要加强与邻近流域的协调，开发跨流域引水工程。碧坑引水可以作为缓解水资源紧缺的措施之一，在必要的时候实施。

表 2 大樟溪—晋江流域供需平衡成果表  
单位：亿<sup>3</sup>

分区	保证率	2010				2020 (碧坑不引水)				2020 (碧坑引水)			
		需水量	供水量	缺水量	缺水率	需水量	供水量	缺水量	缺水率	需水量	供水量	缺水量	缺水率
大樟溪流域	50%	6.96	6.96	0.00	0%	8.67	8.67	0.00	0%	8.67	8.67	0.00	0%
	75%	7.31	7.31	0.00	0%	8.99	8.98	0.02	0%	8.99	8.98	0.02	0%
	90%	7.61	7.61	0.00	0%	9.27	9.24	0.03	0%	9.27	9.24	0.03	0%
	95%	7.82	7.82	0.00	0%	9.46	9.42	0.04	0%	9.46	9.42	0.04	0%
	多年平均	7.12	7.12	0.00	0%	8.82	8.81	0.01	0%	8.82	8.81	0.01	0%
晋江流域	50%	26.09	26.09	0.00	0%	33.45	33.31	0.14	0%	33.45	33.45	0.00	0%
	75%	26.79	26.79	0.00	0%	34.07	32.95	1.12	3%	34.07	33.81	0.25	1%
	90%	27.50	26.95	0.55	2%	34.69	31.04	3.66	11%	34.69	31.98	2.72	8%
	95%	27.89	25.77	2.12	8%	35.04	29.34	5.70	16%	35.04	31.18	3.86	11%
	多年平均	26.45	26.28	0.17	1%	33.77	32.85	0.92	3%	33.77	33.22	0.55	2%

## 6. 结语

MAKE BASIN 模型可以对流域进行数字化模拟，界面直观，操作简单，计算速度较快，分析计算成果丰富，通过对流域水资源供需状况等的分析，以确定流域分区缺水程度、缺水性质，为流域水资源优化配置提供决策支持。

由于水资源配置是一个复杂的系统工程，MAKE BASIN 模型的开发时间较短，尚需做进一步完善。如单个水库优化调度和多个水库联合调度的问题，有待进一步研究。