

# Water Resources Management and Decision Supporting System of the Yangtze River Basin

Jun Wang

Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan  
Email: Wangj@cjh.com.cn

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2012; revised: May 14<sup>th</sup>, 2012; accepted: May 25<sup>th</sup>, 2012

**Abstract:** The current weakness of water resource management in the Yangtze River basin was discussed, and future necessity and key function of supporting system based on water resource model for integrated management were analyzed in this paper. The system should take into account of climate-change pushed hydrological cycle, water demanding prediction, water resource optimal allocation and emergent water diversion, etc. The pilot system will be developed firstly for water resource simulation, prediction, allocation and optimization in the Han River, and then extend to Yangtze River basin.

**Keywords:** Yangtze River Basin; Integrated Water Resources Management; Water Resources Model; Water Resources Allocation; GIS

## 长江流域水资源管理与决策支持系统的研究

王 俊

长江水利委员会水文局, 武汉  
Email: Wangj@cjh.com.cn

收稿日期: 2012年4月21日; 修回日期: 2012年5月14日; 录用日期: 2012年5月25日

**摘 要:** 论文分析了目前长江流域水资源管理方面存在的问题, 提出了建设水资源综合管理决策支持系统的必要性, 指出建设长江流域水资源模型是该系统的基础与核心。构建长江流域水资源模型应综合考虑动态水文循环、需水预测、水资源优化配置、应急调水以及不同的气候变化模式。选取汉江流域为典型流域, 初步实现了集模拟-预测-配置-调度(优化)为一体的水资源模型, 为今后长江流域水资源模型的建立奠定了理论和模型基础。

**关键词:** 长江流域; 水资源综合管理; 水资源模型; 水资源配置; GIS

### 1. 研究背景

长江流域良好的水资源条件为流域经济社会的发展提供了自然资源基础, 随着经济社会的不断发展, 长江流域水资源开发利用和环境保护现状令人担忧, 已出现了因不合理开发利用水资源而影响长江流域可持续发展的问题。长江水利委员会制定了一系列的法

作者简介: 王俊, 教授级高级工程师, 主要从事工程水文、流域规划、水文水资源评价、水文预报、水文管理等专业技术研究工作。

规、规划措施来改善长江流域的水资源管理, 在合理开发利用与保护水资源工作中取得了显著的成效, 但目前仍存在问题, 离可持续发展的要求还有一定的距离, 主要问题有<sup>[1]</sup>: 在水资源管理方面, 水资源统一管理体制尚未完全理顺, 市场在水资源配置中的基础性作用没有得到充分发挥, 水利发展机制不灵活; 入河排污口管理、取水许可水质管理和水功能区管理等水资源保护管理工作中未建立完善的统计制度, 流

域水资源分配与保护的信息归集困难, 尚未建立有效的信息渠道; 管理中新技术应用缓慢。在防洪管理方面, 目前流域内还没有建立起完善的洪水风险管理体系, 洪水风险分析和风险图制作等基础工作还处于起步阶段, 还没有建立覆盖全流域的现代化防汛指挥系统。其他诸如水量水质自动监测、“3S”等现代技术应用不够甚至空白, 应急反应能力偏弱, 水资源管理信息化进展缓慢, 影响了管理效率的提高。

目前, 长江流域水资源管理正在从以防汛抗旱为主、注重水资源配置规划的水量管理的模式, 向考虑实际社会需求, 注重服务民生, 对水量、水质并重的水资源综合管理模式发展。越来越多的社会需求要求水资源管理做到更细更及时, 原有以规划(长期)和防汛抗旱等响应(短期)为主的水资源管理模式无法完全反映和解决现有的水资源供需矛盾, 不能满足实际社会发展的需要, 因此需要对原有的水资源管理模式进行更新和发展, 以反映和应对以中期(周-月时间段)为主的水资源管理矛盾。建立和实施流域水资源综合管理是解决上述矛盾的有效方法, 而集预测、配置和分析一体的流域水资源模型是建立流域水资源综合管理决策支持系统的核心。

长江流域还未建立一套行之有效的水资源综合管理系统, 因此亟需建立一个统筹水文模型和水资源统一调配模型的长江流域水资源模型, 以实现水资源模拟、预测、配置、调度(优化)的一体化管理, 为实现长江流域水资源有效分配、促进“健康长江”提供科学基础和技术支撑<sup>[2,3]</sup>。

为此, 长江水利委员会水文局于 2007 年 6 月提出了“长江流域水资源配置及预测系统研究”课题, 历时四年, 分阶段完成了长江中下游(宜昌至大通)水资源模型、汉江中下游和长江中下游水动力学模型、水质污染应急调度模型、需水预测模型、以及水资源信息查询系统, 并将上述模型集成为一体, 完成了长江流域水资源管理决策与支持系统的主要功能。系统采用 B/S 和 C/S 技术, 使得用户可以通过该系统平台, 完成流域内水资源管理从搭建、运算到结果分析与直观展示的一整套流程。

建设长江流域水资源综合管理决策支持平台和实施流域水资源综合管理是一个涉及人才培养、技术开发和应用、以及完善和建设相关水管理政策的

长期过程, 包罗广泛。然而长委水文局长江流域水资源管理与决策支持系统的建设仍处于初级阶段。因此, 论文旨在介绍目前已构建完成的长江流域水资源管理决策与支持系统的构建思路方式和系统功能, 以供同行交流、学习。

## 2. 水资源模型研究进展

我国在水资源配置实践方面的研究起步于 20 世纪 60 年代, 开始了以水库调度为先导的水资源配置研究, 并在国家“七五”攻关项目中加以提高和应用, 成为水资源系统中水量合理配置的雏形<sup>[4]</sup>。“八五”期间, 黄河水利委员会进行了“黄河流域水资源合理分配及优化调度研究”, 综合分析区域经济发展、生态环境保护与水资源条件, 在我国第一次对全流域进行水资源配置研究, 对构建模型软件实施大流域水资源配置起到了典范作用。

水资源配置方法的系统提出是在国家“八五”科技攻关项目“华北地区水资源优化配置研究”中, 该项成果提出的基于宏观经济的水资源优化配置的理论方法, 在水资源优化配置的概念、目标、平衡关系、需求管理、经济机制以及模型的数学描述等方面, 均具有创新性进展, 并在华北、新疆北部及其他部分省市得到了广泛的应用。

在“九五”攻关项目“西北地区水资源合理开发利用及生态环境保护研究”中, 水资源配置的范畴进一步拓展到经济社会-水资源-生态环境系统, 水量配置的对象也发展到同时配置国民经济用水和生态环境用水, 并且衍生出具有可操作性的生态需水计算方法。国家“十五”攻关项目《黑河流域水资源配置管理信息系统》开展了以黑河流域为代表的我国北方半干旱流域水资源统一管理与实践的调度研究, 该专题研究首次提出了“模拟-配置-评价-调度”的水资源配置总控结构, 在流域层面上实现了水资源宏观配置方案和实时调度方案的耦合与嵌套, 为流域的水资源管理提供了有效手段。在海河 GEF 项目(国家“十一五”攻关项目), 中国水科院课题组首次定量给出了基于二元水循环结构和 ET 分配基础上的流域水资源整体配置<sup>[5,6]</sup>。

综上所述, 目前国内在水资源模型领域开展了大量的研究工作, 但上述研究主要集中于我国北方地区,

在南方特别是长江流域的研究相对薄弱，因此论文提出构建长江流域水资源模型具有重要的实践意义。

### 3. 长江流域水资源模型的建设构想

水资源配置最初主要是针对水资源短缺地区的用水竞争性问题而提出的，随着可持续发展概念的深入，其含义不仅仅是针对水资源短缺地区，对于水资源丰富的地区也应该考虑水资源的合理配置。对于水资源合理配置的含义，不同阶段有不同学者提出自己的解释。水规总院《全国水资源综合规划技术细则》对水资源合理配置的定义为，“在流域或特定的区域范围内，遵循有效性、公平性和可持续性的原则，利用各种工程与非工程措施，按照市场经济的规律和资源配置准则，通过合理抑制需求、保障有效供给、维护和改善生态环境质量等手段和措施，对多种可利用水源在区域间和各用水部门间进行的调配”。

水资源配置效果并非实施规划就能达到实际要求。在实施各种水资源配置规划计划的过程中，随着社会的进步和经济发展带来的新要求，尤其是规划阶段未能完全考虑到的供需矛盾、气候变化和人类活动等带来的水资源变化不确定性等因素，将不断挑战流域水资源规划工程及非工程措施。快速反应并解决这些问题，需要对水资源配置在一定范围内通过重新配置和实时调度来进行校正和调整，水资源模型是实现这一快速反应的重要工具。

在对国际上水资源系统模拟软件的引进和消化的基础上，论文构建长江流域水资源模型的基本思路如下：

1) 应由集总式、静态的水循环模拟和调控向分布式、动态的水循环模拟与调控发展。

目前国内水资源模型大都是基于现状降水、供水条件下，结合现状调查需水量进行水资源配置计算，即仅反映了天然水循环与人工水循环(人工取、耗、排)之间的静态联系，而不能达到实时的、动态的水资源配置。随着经济社会快速发展，水资源配置面对的问题更加复杂化，对数据处理要求提高，随着计算机技术不断发展，配置模型逐步软件化，提高了配置分析水平，能很好的解决这一矛盾。根据需要，长江水资源模型系统功能应包括三个方面。一是流域降雨径流模拟，这是流域水资源调配的科学基础；二是中长期

需水预测，是水资源配置的核心，通过中长期需水预测分析给出合理的区域和行业水资源消耗量<sup>[7]</sup>；三是水资源优化配置，将配置与优化调度、节水措施相关联。

2) 应具有应对突发事件的应急调度管理系统。

随着经济社会发展，不断挑战长江流域水资源管理能力，例如 2009 年三峡 175 m 试验性蓄水，致使长江干流枯水期提前，至 10 月中旬，长江中下游及两湖地区遭遇特大枯水，致使其生态、生活用水出现困难，引起了社会各界的关注。又例如，近些年发生特大水污染突发事件，凸显出水资源管理中处理突发应急事件的能力相对薄弱。因此，水资源管理系统需建设水资源应急调度、以及水质突发事件应急系统。

3) 水资源配置应考虑气候变化对长江流域径流产生的影响。

全球气候变化问题愈来愈引起社会各界的关注。国内已有不少学者针对气候变化对长江流域内的径流影响展开了研究<sup>[4,8,9]</sup>，研究表明气候变化将导致水文循环的变化，加剧一些地区的水资源分配不均，导致旱涝问题日趋严重。因此，未来长江流域水资源管理对气候变化带来的水资源问题也不可忽视。

根据上述三点基本思路，拟定长江流域水资源模型的构建框架如图 1。

## 4. 长江流域水资源管理决策支持系统

### 4.1. 系统功能

目前，已完成了以水资源模型为核心的长江流域水资源管理决策支持系统，现阶段暂未加入气候变化模型，系统主要功能结构如图 2 所示，包括水资源信息查询与管理、水资源配置、水量调度和水质污染应急模拟四个子系统。本系统采用 BS、CS 相结合的开发方式。其中统计分析、结果展示等采用 BS 进行开发，即信息查询与管理子系统；与模型计算的相关功能均采用 CS 进行开发，如水资源配置、水量调度和水质污染应急模拟系统，专业人员计算完成后将模型结果上传到服务器，以供管理决策者在 web 上查询，并制定相应的决策方案。各个子系统的功能介绍如下。

1) 信息查询与管理子系统。

信息查询与管理子系统包括水资源综合信息查询与管理和水文综合信息查询与管理两部分内容。水资源综合信息包括长江水资源综合规划成果，水文综合

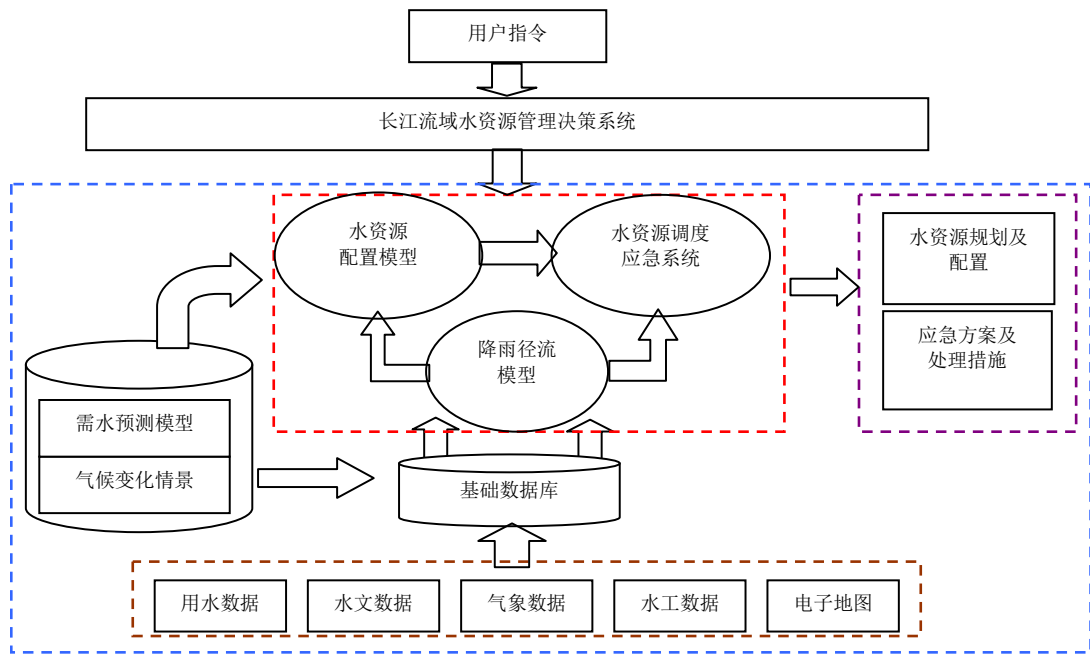


Figure 1. Construction frame of future water resources model system in the Yangtze River basin  
 图 1. 未来长江流域水资源模型系统构建框架图

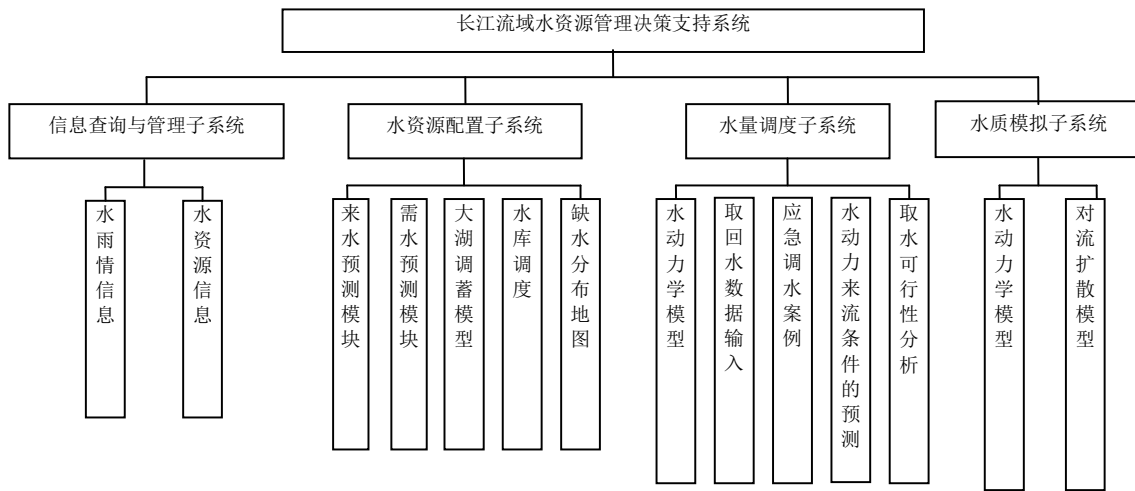


Figure 2. Structure frame of water resources model system in the Yangtze River basin  
 图 2. 长江流域水资源管理决策支持系统功能结构图

信息包括历史水文信息和实时雨情水量信息。本系统以《基础水文数据库表结构及标识符标准》、《水资源监控管理系统数据库表结构及标识符标准》为基础建立水资源、水文信息数据库，并且按照一定的格式支持数据在线维护(包括数据的导入、导出等功能)。系统基于 ArcGIS Server 采用 B/S 结构进行搭建。

2) 水资源配置子系统。

水资源配置以长江水资源综合规划成果为基础，三级区套地级市为基本分配单位，解决流域内水资源

供需平衡的问题。协助水资源管理机构进行日常水资源信息整理，分析未来水资源规划的工作，为水资源的管理决策提供技术支持。系统功能包括径流模拟预测、需水预测、按用水户取水优先级进行水量分配、水库调度、供需平衡分析等多个方面。系统能根据来水变化和需水变化，对未来水资源调配做出快速反应，并且能在 Web GIS 地图上反映出各区域不同缺水状况，为决策者制定相应的水资源配置方案提供有效的技术手段。

3) 水量调度子系统。

水资源调度系统以长江干支流水力学模型为基础，在出现水资源供需平衡问题时通过改变上游水库运行方式、或(并)改变河道内用水单元间分配方案等方式缓解矛盾。用户可按实际需求，根据实时及预报水雨情，分析河段上游水库不同调度方案对计算河段及特定位置可能带来的供需不平衡发生时间、程度及总量等因素进行评价，以确定最优调度方案。当上游水库已在许可的调度范围内实现了最优调度，河道内仍存在较大的供需矛盾，用户可改变河道内用水单元之间的水量分配方案，评估不同方案对各用水户可能带来的后果以分析最优配水方案。

4) 水质污染应急模拟子系统。

在水动力学模型的基础上，增加水质对流扩散等模块，并综合考虑水情、雨情、水库泄流、边界来流、污染负荷、突发性污染事故排放方式等因素，建立水质突发事件模拟系统。结合流域内可能发生的突发性水污染事故进行实时模拟，对污染团的影响范围、影响程度、影响历时等进行评估与分析，为管理部门应对突发性水污染事件提供决策支撑。

4.2. 水资源配置模型

1) 水资源配置模型构建原理如图3所示：利用丹麦的 MIKE BASIN 软件为平台，首先对流域进行数字化，将河流及其主要支流概化成由河道和节点组成的

河网，节点代表汇流、取水点或其他流域控制点，模型的基本输入包括实测/预测的径流过程、水库/水电站特征及调度规则、需水过程及回归水过程、用户用水优先次序等。流域各计算分区的供需平衡分析转化为供水节点和取水节点之间的水量平衡关系，节点能提供模拟的供需平衡计算结果。

2) 计算分区与计算时段：水资源配置以三级区套地级市为基本分配单元，模拟计算时段为月。水资源配置模型所用的各计算分区的径流量过程以及不同水平年行业需水量等均采用长江流域水资源综合规划成果<sup>[10]</sup>，现状水平年为2000年，规划水平年为2020年、2030年。

3) 用水户及优先权：根据2006年颁布的《取水许可和水资源费征收管理条例(国务院460号令)》第五条规定“取水许可应当首先满足城乡居民生活用水，并兼顾农业、工业、生态与环境用水以及航运等需要”，制定本次配置模型中取水优先次序为：首先满足城镇生活和农村生活用水，其次满足工业用水，最后协调农业灌溉和河道内生态用水。当然模型系统中用水优先权能灵活地进行改变，以满足不同的供水目的。

4) 需水预测：各行业用水数据可以根据需水预测模块计算，为了避免一种需水预测方法的局限性，决策支持系统中采用径向基神经网络 RBFANN、等维新息 RBFANN、支持向量机 SVM 三种预测模型进行需

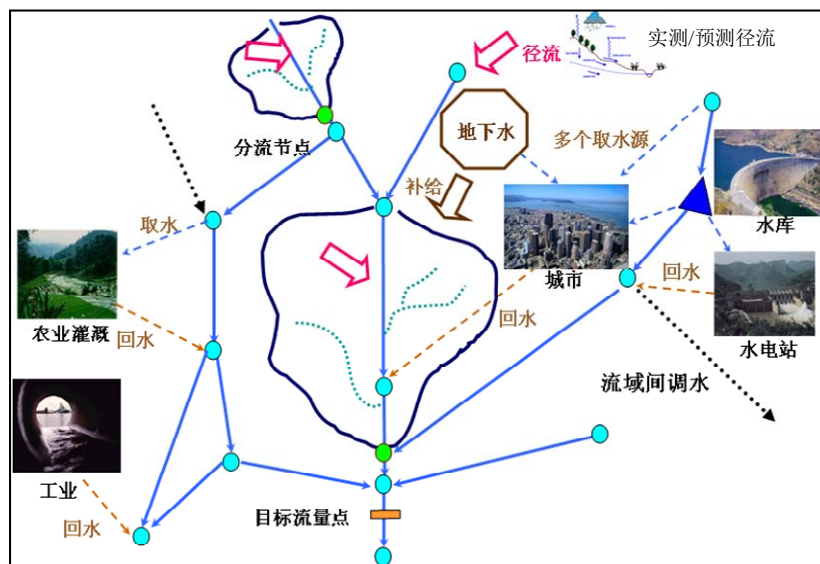


Figure 3. The sketch diagram of water resources allocation model  
图3. 水资源配置模型原理图



水预测，比较分析后作为用水输入条件。

5) 水库调度：按照水库实际调度图进行调度，在汉江流域中现实了丹江口水库调度模块。

6) 大湖调蓄：对于洞庭湖、鄱阳湖两大水系，采用大湖调蓄的原理进行模拟，即分别将沙市至螺山站干流、洞庭湖作为一个调蓄整体，将汉口 - 湖口江段及鄱阳湖作为一个调蓄整体，利用湖泊容积曲线来进行调蓄演算。

7) 径流预测：以汉江流域为典型，初步采用 NAM 模型、VIC 模型、月水量模型、年水量模型进行降雨径流模拟预测。

8) 模型结果：系统能根据配置结果在 web GIS 上显示出不同地区的缺水程度，图 4 给出了 2000 年长江中下游水资源模型水资源配置缺水情况。

### 4.3. 水量调度模型

#### 1) 长江中下游水力学模型。

长江中下游水力学模型为宜昌~湖口段 MIKE11 水力学模型，支流包括清江高坝洲以下、湘江湘潭以下、资水桃江以下，沅江桃源以下、澧水石门以下、汉江沙洋以下河段，以及洞庭湖湖区，区间分为 29 个来水单元并采用 NAM 模型分别计算各单元的产汇流过程。通过对模型参数的率定，对于长江干流的各个站点，模拟的水位与观测的水位值之间通常相差 0.3

m 以内，其中洪峰水位的平均绝对误差一般在 0.2 m 左右，非洪峰水位平均绝对误差约 0.1 m。洪水预报过程与实测过程之间的吻合度较好，流量的确定性系数大于 96%(限于篇幅,各河段按高程分层的河道糙率参数表从略)。

在 2009 年 10 月中下旬洞庭湖水系特别是湘江发生特大干旱期间，湘潭、长沙站水位出现历史最低水位(2010 年出现更低水位)，长江防汛抗旱总指挥部通过调度三峡水库及湘江上游水库缓解旱情，采用本模型分析计算出不同宜昌来水(三峡出库)、不同湘潭来水(湘江上游水库出库)情况下湘江干流及洞庭湖区各控制站水位，以分析评估不同水库调度方案对湘江旱情的缓解情况。表 1 为湘潭站来水为 500 m<sup>3</sup>/s 条件下三峡不同出库流量湘潭、长沙、湘阴及城陵矶水位。

#### 2) 汉江中下游水力学模型。

汉江中下游水力学模型为黄家港~汉口段 MIKE11 水力学模型，支流包括南河开封峪以下、唐河郭滩以下、白河新店铺以下江段及潜江分流河道，潜江分流量根据沙洋与东荆河流量相关关系控制。区间分为 5 个单元，用户可采用 NAM 模型计算产汇流过程，也可以采用其他方案计算的来水过程。河道糙率参数分层率定，对 2005 年 8 月底 9 月初汉江高水期进行了模拟，沙洋、仙桃、汉川等站水位模拟误差较小，参数率定效果总体满足分析计算要求(限于篇

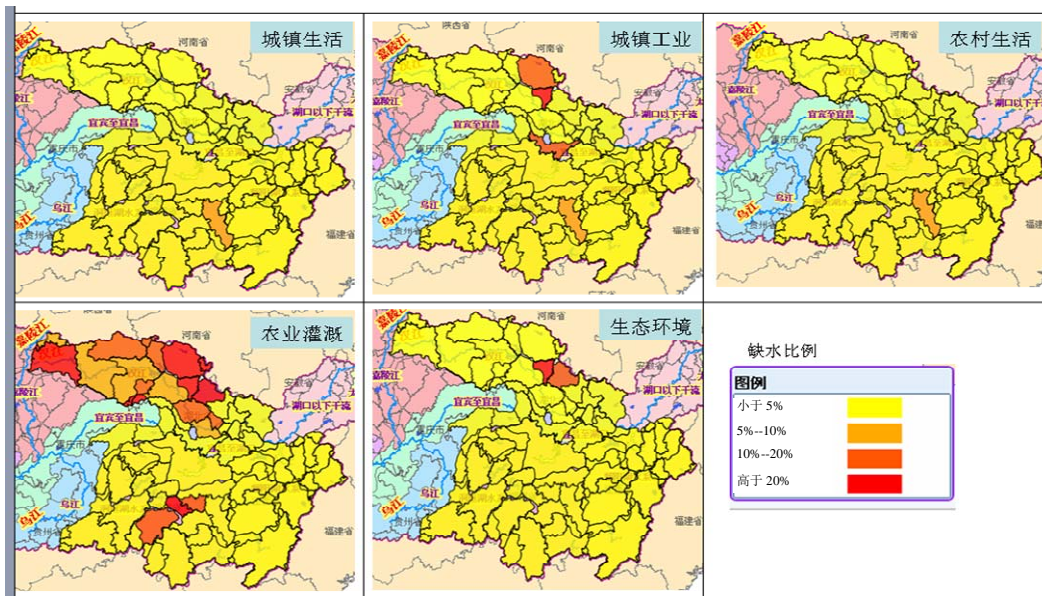


Figure 4. GIS-based water deficit over mid-down Yangtze River basin in 2000  
图 4. 2000 年长江中下游水资源配置缺水分布 GIS 图

**Table 1. Relationship between the discharge of Yichang station and water levels of every hydrological stations based on the discharge is 500 m<sup>3</sup>/s at Xiangtan station (the unit of discharge is m<sup>3</sup>/s and the unit of water level is m)**  
**表 1. 湘潭站 500 m<sup>3</sup>/s 来量下宜昌来水量与各站水位关系(单位: 流量: m<sup>3</sup>/s; 水位: m)**

湘潭流量	宜昌流量	支流合成	城陵矶水位	湘潭水位	长沙水位	湘阴水位
500	5250	1050	20.00	26.71	24.86	22.76
500	6700	1050	21.00	26.71	24.86	22.77
500	8530	1050	22.00	26.71	24.87	22.86
500	10,730	1050	23.00	26.71	24.90	23.40
500	13,200	1050	24.00	26.72	25.06	24.29
500	16,500	1050	25.00	26.76	25.54	25.27
500	20,300	1050	26.00	26.90	26.36	26.28
500	24,900	1050	27.00	27.44	27.30	27.28
500	29,700	1050	28.00	28.30	28.25	28.24

备注: 支流合成为高坝洲、桃江、桃源、石门站合成流量。

幅, 各河道糙率系数从略)。

2005年9月底~10月初汉江上游发生大洪水, 丹江口水库10月3日20时入库流量涨至30,700 m<sup>3</sup>/s, 为缓解汉江中下游防汛压力, 丹江口水库拦蓄上游部分洪水, 2日后库水位快速上涨, 2日起至6日出库流量维持在10,000 m<sup>3</sup>/s以上, 最大出库达14,000 m<sup>3</sup>/s以上, 汉江中下游面临严峻防汛形势, 于6日18时起启用杜家台分流。运用本模型通过分析杜家台不同分洪方案, 计算分洪后仙桃、汉川等站水位过程, 在杜家台分流期间分流量采用1600 m<sup>3</sup>/s时(实测分流量)所计算仙桃、汉川水位与实测水位较为吻合。本例虽然为防汛分洪应用, 若将上游来水视为可用水量、分洪口视为取水用户, 则机理同于水资源配置其它应用。

## 5. 存在的问题与展望

1) 关于水资源配置模型, 长江中下游流域面积较广, 现阶段配置模型是将分区的径流量“等同于”可供水量做简单处理, 故计算结果主要是资源型缺水, 而并非工程性缺水, 配置模型的精度有待提高。NAM模型、VIC模型用于计算场次洪水尚可满足精度要求, 而对于时段步长为月的水资源配置问题, 径流预报还存在一定的不足。因此, 中长期来水量预报是关键, 仍需进一步研究。

2) 水资源调度系统为出现水资源供需不平衡后, 通过调度水库、改变用水单元配水方案缓解供需矛盾。但长江干支河道根据取水量的不同由不同部门审批, 资料共享还存在不足; 防洪标准(警戒、保证水位)较为明确, 但抗旱标准及生态用水量还有待细化, 因此在可用水量不足的配水优化方案分析中还存

在不确定性。

3) 准确完整的信息和数据资料是长江流域水资源管理的基础。目前长江流域水文站网相对完善, 但蒸发站很少, 远远不能代表和控制流域蒸散发能力和蒸发量, 是水量平衡计算中的主要不确定来源之一。另外, 长江流域有大量的供水工程和用水户, 但是供水工程运行情况 and 用户资料较难掌握, 用水户用水信息也是目前水资源监测中较缺乏的地方。因此, 有必要建立具有较好控制性和代表性的流域蒸散发站点, 以及加强水资源监测工作、流域管理机构与行政管理机构协作, 获取取水信息是水资源管理的关键。

4) 全世界都在重视水资源管理, 无论是从技术方面还是规划战略层面, 因此我们急需采用有效的技术手段推动水资源综合管理的发展。建设长江流域管理决策支持系统(即水资源模型系统)只是流域水资源综合管理的其中一环, 发展和完善水资源管理方式、政策和应对策略则需要完善和发展流域统一管理与行政区域管理的协作, 也是开发建设水资源模型的目标和动力。

## 参考文献 (References)

- [1] 水利部长江水利委员会. 长江流域片水利发展“十一五”规划[M]. 2005.  
Yangtze River Water Resources Commission. Water resources development of “Eleventh Five” Plan in the Yangtze River basin. 2005. (in Chinese)
- [2] 蔡其华. 保护长江水资源维持长江健康生态[J]. 中国水利, 2004, 16: 9-11.  
CAI Qihua. Protect water resources and ensure health environment for the Yangtze River. China Water Resources, 2004, 16: 9-11. (in Chinese)
- [3] 吴立功, 丁洪亮. 关于现代长江流域管理的思考[J]. 人民长

- 江, 2003, 34(10): 9-10.  
WU Ligong, DING Hongliang. Consideration on modern water resources management for the Yangtze River basin. *Yangtze River*, 2003, 34(10): 9-10. (in Chinese)
- [4] 金兴平, 黄艳, 杨文发, 等. 未来气候变化对长江流域水资源影响分析[J]. 人民长江, 2009, 40(8): 35-38.  
JIN Xingping, HUANG Yan, YANG Wenfa, et al. Analysis of impact of future climate change on water resources in the Yangtze River Basin. *Yangtze River*, 2009, 40(8): 35-38. (in Chinese)
- [5] 王浩, 游进军. 水资源合理配置研究历程与进展[J]. 水利学报, 2008, 39(10): 1168-1175.  
WANG Hao, YOU Jinjun. Advancements and development course of research on water resources deployment. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2008, 39(10): 1168-1175. (in Chinese)
- [6] 王浩, 王建华, 秦大庸. 流域水资源合理配置的研究进展与发展方向[J]. 水科学进展, 2004, 15(1): 123-128.  
WANG Hao, WANG Jianghua and QIN Dayong. Research advances and direction on the theory and practice of reasonable water resources allocation. *Advances in Water Science*, 2004, 15(1): 123-128. (in Chinese)
- [7] 陈肃利, 张金锋, 张军. 长江流域水资源配置思路探讨[J]. 人民长江, 2006, 37(7): 18-20.  
CHEN Suli, ZHANG Jinfeng and ZHANG Jun. Discussion of ideas for Yangtze River water resources allocation. *Yangtze River*, 2006, 37(7): 18-20. (in Chinese)
- [8] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3-8.  
DING Yihui, REN Guoyu, SHI Guangyu, et al. National Assessment Report of Climate Change (I): Climate change in china and its future trend. *Advances in Climate Change Research*, 2006, 2(1): 3-8. (in Chinese)
- [9] 朱利, 张万昌. 基于径流模拟的汉江上游区水资源对气候变化响应的研究[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 16-22.  
ZHU Li, ZHANG Wanchang. Responses of water resources to climatic changes in the upper stream of the Hanjiang River basin based on rainfall-runoff simulations. *Resources Science*, 2005, 27(2): 16-22. (in Chinese)
- [10] 水利部长江水利委员会. 长江流域、西南诸河(澜沧江以西)、西北诸河(西藏境内)水资源综合规划[M]. 2008.  
Yangtze River Water Resources Commission. *Integrated water resources planning in the Yangtze River & southwest rivers & northeast rivers*. 2008. (in Chinese)