

国内数字流域研究与问题浅析

庞树森, 许继军

(长江科学院水资源所, 湖北 武汉 43001)

摘要: 数字流域是现代水利信息化的重要组成部分, 是“数字地球”在流域尺度上的应用。为更好地为流域管理服务, 本文从数字流域的基本框架出发, 综合分析了国内数字流域基础信息平台、模型模拟平台、应用决策平台的研究状况以及存在的问题。通过对不同流域数字化建设的研究和讨论, 旨在为当前流域水利信息化建设提供参考。

关键词: 数字流域; 基础信息平台; 流域整体模型; 决策信息平台

中图分类号: TV882

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)01-0164-04

Preliminary analysis on digital basin research and problem in China

PANG Shusen, XU Jijun

(Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: Digital basin, an important part of the modern water informatization, is the application of the “Digital Earth” in the basin scale. For better service of watershed management, this paper analyzed the situation and problems existing in the study of the platform of China basic information of digital watershed, the model simulation platform and the application platform of decision-making. By means of research and discussion of the Digital Construction in different basins, the paper aims at providing the reference for the informatization construction of current river basin.

Key words: digital basin; platform of basic information; basin model; platform of decision making

1 概述

伴随着“数字地球”的提出, 数字流域也随之产生, 数字流域是“数字地球”的重要组成部分, 数字流域的建设是对流域的开发与管理的必要途径, 是“数字地球”流域数字化建设的重要一环。数字流域是建立在流域尺度上以水为纽带的复杂系统。李纪人指出: 数字流域可以理解为在数字模拟环境下的表达和再现, 它以空间坐标为框架, 以空间技术为主要手段, 是流域信息资源采集整合、管理更新、共享服务和开发利用的支撑平台^[1]。

国外发达国家数字流域研究与应用起步较早, 数字流域与流域管理紧密结合, 随着计算机等现代科学技术的发展, 从数字化、建模、系统仿真到虚拟现实, 历经 30 多年时间, 现代科学技术在传统水利的应用得到充分体现, 美国、加拿大、日本、澳大利亚以西欧发达国家在流域自然管理、现代工程管理上, 数字流域技术都发挥了很大的作用。尽管世界各国的河流差异很大, 但是实现流域的现代化管理是各国发展和追求的共同目标。我国的数字流域建设尚

处于初始阶段, 数字流域所涉及的关键技术尚不成熟、相关设施还不完善, 数字流域的建设任重而道远, 因此, 加强对数字流域的研究迫在眉睫。数字流域的研究对流域数字化管理及“数字地球”的建设都具有十分重要的意义。

2 数字流域的基本框架讨论

国内的一些专家学者根据自己相关专业的研究提出了不同形式的数字流域框架或体系, 这些框架从不同的角度体现了数字流域研究在不同专业方向上的进展, 也是流域数字化管理过程的有益探讨。如: 王敏、王忠静、丁杰^[2-4]等分别从数字长江流域洪水预报系统的功能并结合长江的自身特性、现在在水资源规划和水利信息化进程、水电站水库调度逐步数字化的趋势提出了不同专业研究方向下的数字流域的基本结构。

在当前流域一体化的趋势下, 单一专业方向的数字流域研究已经不能够满足现在流域综合管理的要求。因此, 水利科学工作者应该以流域整体为目标, 研究数字流域在整个流域上各个方向的综合应用。

综合前人的观点,笔者认为数字流域整体框架包括三方面的内容:①基础信息层,②模型模拟层,③应用决策层。它们自下而上实施和完成(图 1)。

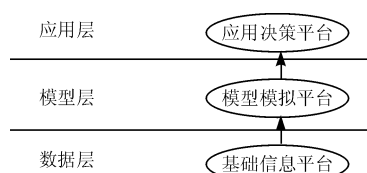


图 1 数字流域框架

3 基础数据信息平台研究

基础数据信息平台是数字流域信息来源和数据基础,是数字流域系统的最底层。数字流域基础信息平台是将流域内的各种信息通过 3S、网络技术、多媒体等进行数字化的采集和存储,分别建立流域各类信息的空间数据库,构建一个基于 GIS 的,数据可视化的,具有全流域基本信息的数字信息平台。当前,我国数据基础信息平台主要围绕着数据采集、数据传输、数据处理、数据管理可视化展开。流域信息采集所采用的主要手段为遥测、遥感技术;信息传输主要采用微波、超短波、光缆、卫星等技术。数据库技术和数据可视化技术是当前数字流域基础信息研究的关键点。

3.1 数据库研究

数据库是按照一定数据结构,进行组织、存储和管理的数据仓库。水利信息数据库建设是数字流域中的重要内容,它不但起着存储各种信息,供统计、查询、分析等使用的作用,而且使各个子系统之间的数据交换更为协调。

目前,我国各个流域、各省级以上水利部门建立的水利数据库多达 240 多个^[5],包括基础性、全局性的国家水文数据库、水利空间数据库、水利工程数据库以及专业应用数据库,如:水资源数据库、水质数据库、水利数字图书馆等。随着水利信息化的不断推进,水利数据库研究呈现以下发展趋势:①水利数据库与 GIS 整合的趋势,②数据库与 web 技术结合,③异构数据库数据共存研究,④基于网格的分布式数据库技术的研究。⑤嵌入式移动数据库研究^[6]。

3.2 数据可视化

数据可视化技术指的是运用计算机图形学和图像处理技术,将数据转换为图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术。它是可视化技术在非空间数据领域的应用,使人们不再局限于通过关系数据表来观察和分析数据信息,还

能以更直观的方式看到数据及其结构关系。

当前流行的 3D 数字可视化技术主要有 openGL、DirectX、Java3D 以及 VRML,它们各具特色,从不同的程序应用接口提供给用户。对水利所需要的三维可视化显示,所需要的数据量大、数据种类多的特点,国内学者也进行了大量的研究,基于 GIS 平台与 SDVS 结合、DEM、OSG、VR 的水利三维可视化研究以及动态数据可视化研究都在不同的水利需求中不断研究和发展^[7-8]。

随着“数字中国”、“数字长江”、“数字黄河”“数字城市”等工程的进展,数据可视化技术在我国得到了广泛应用,得到不断进步,但从总体上来说,与国外先进水平相比还有相当的差距。

4 数字流域专业模型研究

专业模型系统是数字流域的核心和发动机。专业模型的应用提升了我们对流域控制能力,模型的研究是我们掌握流域自然机理的必要一步。当前,各专业模型的研究和应用比较广泛,部分已经应用到流域整体或局部的管理和开发中来。我国的数字流域专业模型研究主要有以下三方面的研究趋势。

4.1 整个流域为研究对象的水循环过程模拟

水循环过程是流域最基本的自然现象之一。通过研究流域水循环可以有效地预测未发生的水文过程,可以完成洪水、干旱预报,水资源管理和开发,水环境保护,水土保持等重要项目。我国已经有相当多的分布式水文模型应用到不同的流域中,如在大尺度流域中,杨大文和许继军分别将分布式水文模型应用到黄河和长江流域中^[9-10],大型流域管理往往是多目标多任务的,因此在构建数字流域模拟系统就必须要考虑多目标任务所需要的多尺度水文模拟问题,多尺度水文模型的研究是制约水文模型应用的关键因素,也是大流域水文模拟所面临的关键问题。大部分的水文模型最初都是在小流域中获得成功的,将水文模型从小尺度移植到大尺度上,一些水文机理就可能发生变化。另外,当大尺度水文模型应用到小尺度流域时,模型模拟的精度无法得到保障。许继军^[11]提出的空间嵌套式的水文模型,正是在不同的区间采用不同尺度的分布式水文模型,并使用水动力学模型和水文模型结合进行衔接,使不同尺度的水文模型完成多尺度的嵌套。

4.2 多专业模型耦合

传统的专业模型往往具有单一目标的特色,缺乏对其他相关要素的考虑。随着流域综合化管理进

一步深入后,单纯的专业模块的研究将无法适应数字流域整体模型的要求。国内部分学者进行了不同的专业模型相互耦合的研究^[12-14],就是通过不同专业模块相互结合,建立耦合模型,发挥各专业模型的优势,提高模型模拟和预报的精度。

与单一的专业模型相比,耦合模型结构更为复杂,且由于引入了更多参数,模型参数率定将更为困难,研究中应该加强耦合模拟中参数的确定和模型的验证工作。除常规水文观测资料外,需要增加动态观测资料,并结合水文试验等手段,才能实现模型可靠的运行与分析计算。

4.3 流域整体模型系统

流域整体模型系统是指结合多专业模型的,综合各模型的专业应用特点,通过不同专业模型相互作用以达到流域管理和保护目标。

我国以大江大河为依托的流域整体模型研究已经开始。长江科学院承担的“流域整体数字模型系统集成初步研究及示范”已经开始启动,该项目集成了相关专业模型和地理信息技术等方面的研究,通过跨专业联合、数据信息和技术共享、自主创新将其转化为系统化的数字流域模型系统平台。多专业模型结合构成流域整体模型系统的研究将是未来一段时间内专业模型的研究重点,也是我国重要流域开发的关键步骤。

5 流域应用决策平台

应用平台是数字流域的控制管理和决策平台,是数字流域的最高层次平台。应用平台是建立在全面分析流域信息的基础上,综合考虑各方面的因素,根据所建立的决策模型和决策支持系统,制定相应的实施措施。

国内自张勇传院士提出数字流域并应用于数字清江的建设以来,2000 年前后经历了一段时间的数字流域热,各大小流域管理机构纷纷提出建设数字流域、进行数字流域平台的顶层设计。我国先后开展了数字清江、数字黄河、数字长江、数字海河等几大流域的信息化建设工作,也取得了一些成效。本文以数字清江、数字黄河、数字长江为例介绍数字流域在我国的建设现状。

5.1 数字清江

“数字清江”的实施是我国第一个全流域信息化建设的示范系统,为现代化流域开发提供了参考和依据。“数字清江”系统主要有以下三个基本层次:①可视化基础数字平台(基础层);②专业部门

系统建设与搭载平台(专题层);③专家论证和领导综合决策支持系统研制和开发平台(综合层)(见图 2)。目前,“数字清江”已经成功结题并投入实践使用中。通过“数字清江”可以查询任一河段的水文地理信息,可对清江流域的水资源进行动态分析和预测,预报洪水,综合指挥全流域的防洪抗旱,并对水资源进行优化调度和分配,确保全流域堤坝与水库的安全,保护水生态环境。

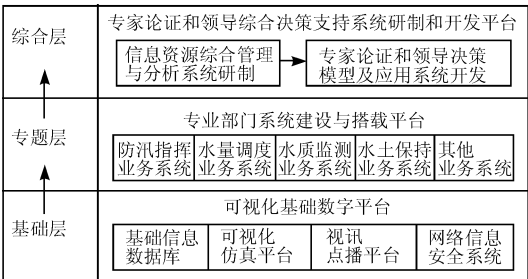


图 2 “数字清江”框架

5.2 数字黄河

“数字黄河”在治理黄河的管理和开发的整个科技治河体系中占有重要地位。从应用上讲,“数字黄河”是虚拟的物理黄河,它通过建立黄河流域及其相关的地区数字化研究环境,来模拟、分析、研究黄河的自然现象,探索其内在规律,从而对黄河治理、开发和管理上的各种方案决策提供科学技术支持。根据黄河水利委员会,“数字黄河”工程规划,“数字黄河”工程框架和主要应用系统已建设完成(图 3),截至目前,基本实现了信息资源的共享,大大提高了黄河防汛减灾、水量调度和水资源优化配置、水资源保护、水土保持生态环境监测、水利工程建设与管理等方面的现代化水平,提高了各类突发事件的应急处理能力,增强了决策的科学性和时效性。

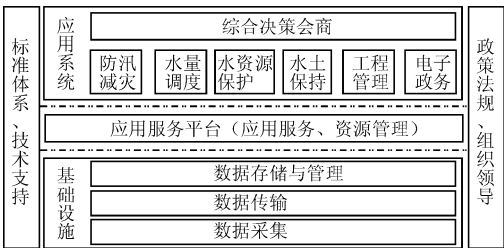


图 3 “数字黄河”框架^[15]

5.3 数字长江

2002 年熊忠幼提出构建“数字长江”的宏伟构想^[16]。目前,“数字长江”的研究仍处于起步阶段,还没建立统一的“数字长江”框架,但是由于工作和生产需要,“数字长江”中的部件已在不知不觉中建成或部分建成。长江流域水资源模型、长江防洪模

型、长江水质模型、三维数字长江模型、长江三维仿真系统、长江流域基础地理信息平台 and 长江堤防管理数据库等都已经建成。“数字长江”建设是以建设“数字化、信息化、智能化”的长江为目标,因此,完全实现长江数字水利还有很多的工作要做。

6 存在的主要问题

6.1 数据层

(1)大部分水利信息数据库都是服务于独自专题,单一性强,但是扩展性差,缺乏统一规划下的信息兼容,在不同的系统间造成资源信息浪费;部分数据库的数据结构依然停留在“点、线、面”的矢量存储结构,对连续型数据处理困难;部分数据库难以应用到实际中,造成数据闲置。

(2)数据可视化等信息处理技术还没有成熟且技术实际应用效果不能达到用户的要求,可视化技术也不是完善。

6.2 模型层

(1)目前大多数模型功能单一,模型对流域整体管理支持力度不足,限制了流域的开发利用,流域整体模型还没有形成,整体模型的研究迫在眉睫。

(2)模型向耦合型、综合型发展,但是由于模型之间直接的相互作用,会导致因模型相互作用而造成的误差累加增大的问题,限制模型的模拟能力。

(3)数字流域是多学科集成的系统,而多学科就是设计不同的时间、空间尺度的不同研究对象,在建立模型时需要解决模型内、模型间数据衔接问题。

6.3 应用层

(1)目前,数字流域应用多侧重于对历史水信息的重现和管理,对未来的预测精度不够精确,对实时信息及时处理与预报还有很大延迟。

(2)应用系统需要协调多个子系统的运行和模拟结果,关键问题就是在网络化条件下协调资源的共享,系统所涉及的模型数量大,对数据的共享及处理造成困难。

(3)模型对整体系统支持还不足,流域管理系统缺乏与专业模型的结合。决策措施还不能及时有效的满足数字流域多目标统一管理和规划的要求。

(4)应用决策系统所需要的硬件、软件以及操作系统建设需要及时更新,以便于为决策部门、用户提供最便捷的服务。

7 结 语

数字流域是流域建设的目标,是建设智慧流域的

重要步骤。现阶段我国流域建设进入一个新的阶段,特别是2011年中央一号文件加大了对水利事业的支持,数字流域的建设也将进入另一个高潮期,国内的数字流域研究还处于起步阶段,相比较国外的还有不小的差距,特别是在先进技术的应用、模型的开发、信息的管理、部门的协调等方面还有很多的问题。

在研究我国流域的基础上,加强对流域基础信息的处理、流域各专业模型的开发以及应用平台的建设,同时解决数字流域研究中的问题,协调各个平台之间的联系,对我们的流域开发和管理都会有重要的作用。

参考文献:

- [1] 李纪人,潘世兵,张建立,等. 中国数字流域[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [2] 王 敏,杨国录,王党伟,等. 数字长江流域高性能洪水预报系统框架[J]. 武汉大学学报,2008,41(3):25-28.
- [3] 王忠静,李宏益. 数字化流域及其在现代水资源规划中的应用[J]. 水利水电技术,2004,35(5):25-28.
- [4] 丁 杰. 数字化水库调度体系的研究与建设[J]. 水电自动化与大坝监测,2004,28(2):6-9.
- [5] 曾 焱. 水利信息化学科发展:水利学科发展报告[R]. 中国科学技术协会,2008.
- [6] 祁 洁,杨胜梅,李玉梅. 嵌入式移动数据库及其在水利水电行业中的应用[J]. 水利水电自动化,2008(2):5-7.
- [7] 王宗敏,杨海波,秦红艳. 基于DEM的水库三维可视化研究[J]. 计算机工程,2006,32(18):234-236.
- [8] 万定生,徐亮. 基于OSG的水利工程三维可视化系统研究与应用[J]. 计算机与数字工程,2009,37(4):135-150.
- [9] 杨大文,李 翀,倪广恒,等. 分布式水文模型在黄河流域应用[J]. 地理学报,2004,59(1):144-154.
- [10] 许继军. 分布式水文模型在长江流域的应用研究[D]. 北京.
- [11] 许继军,杨大文,丁金华,等. 空间嵌套式流域水文模型的初步研究——以三峡水库入库洪水预报为例[J]. 水利学报,2007,38(增刊):365-371.
- [12] 唐莉华. 基于地貌特征的流域水-沙-污染物耦合模型及其应用[D]. 清华大学,2009.
- [13] 凌敏华,陈喜,程勤波等. 地表水与地下水耦合模型研究进展[J]. 水利水电科技进展,2010,30(4):79-84.
- [14] 张万顺,方 攀,鞠美勤. 等. 流域水量水质耦合水资源配置[J]. 武汉大学学报,2009,42(5):577-581.
- [15] 李国英. 数字黄河[R]. 郑州:黄河水利委员会,2010.
- [16] 熊忠幼,张志杰. 实现“数字长江”宏伟构想[J]. 中国水利,2002(4):45-48.