

高健翎 胡建军 史明昌 王英顺 主编

小流域坝系规划及 数字仿真模拟技术研究



黄河水利出版社

小流域坝系规划及 数字仿真模拟技术研究

主编 高健翎 胡建军
史明昌 王英顺

黄河水利出版社
· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

小流域坝系规划及数字仿真模拟技术研究/高健翎
等主编. —郑州:黄河水利出版社,2013.9
ISBN 978-7-5509-0523-8

I. ①小… II. ①高… III. ①黄土高原-小流域-
坝地-数字仿真-研究 IV. ①S157.3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 190053 号

出版社:黄河水利出版社	网址:www.yrcp.com
地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层	邮政编码:450003
发行单位:黄河水利出版社	
发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)	
E-mail:hhsclbs@126.com	
承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司	
开本:787 mm × 1 092 mm 1/16	
印张:22.5	
字数:520 千字	印数:1—1 500
版次:2013 年 9 月第 1 版	印次:2013 年 9 月第 1 次印刷

定价:70.00 元

前 言

黄土高原地区是我国乃至世界上水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区之一,是黄河泥沙危害的根源所在。中共“十六大”提出了全面建设小康社会的宏伟战略目标,并强调在西部大开发中,要重点抓好基础设施和生态环境建设,争取十年内取得突破性进展。2002 年国务院批复的《黄河近期重点治理开发规划》(国函[2002]61 号),把黄土高原地区水土保持作为重点,同时把淤地坝作为关键措施。淤地坝建设力度进一步加大。

为了使黄土高原地区淤地坝建设更加科学、合理,为大规模的淤地坝建设提供技术支持,2002 年黄河水利委员会下达了《关于“十五”治黄科研专项(水土保持)经费的批复》(黄规计[2002]181 号),2003 年下达了《关于开展黄河流域黄土高原地区小流域坝系总体布局研究及黄土高原模型厅建设前期工作的通知》(黄规计规便[2003]199 号),正式设立“小流域坝系规划及数字仿真模拟技术研究”课题。课题要求研究开发“小流域坝系规划及数字仿真模拟系统(以下简称“坝系规划系统”)”,下设“小流域坝系规划系统研究”和“小流域坝系数字仿真模拟技术研究”两个专题。

“坝系规划系统”研究,是在“九五”“坝系相对稳定优化规划布局研究”的基础上,针对目前坝系规划中存在的主要技术难点,本着为生产实践服务的宗旨,遵循小流域坝系水沙运行规律与基本原理,采用现代科学技术和手段进行的。研究开发的“坝系规划系统”,利用遥感技术对流域基础数据进行采集,利用地理信息系统、计算机图形技术、数据库技术、虚拟现实技术等,对数据进行处理,实现了优化坝址的系统自动搜索。系统在坝址的自动搜索中设置了“步长”人机对话窗口,满足了不同工作精度优化坝址搜索的需求;在坝址的自动搜索中设置了“库容规模”的人机对话窗口,满足了不同类型淤地坝最优坝址搜索的需求;同时该系统基于 Windows 平台,采用面向对象的方法、三维可视化技术、虚拟现实技术等,将常规的二维数据模型推广到三维空间,以数字正射影像、数字高程模型、数字线图和数字栅格图作为综合处理对象的 GIS 系统模型,实现了坝系布局的三维实体模型演示、各类淤地坝的实体的查询和坝系洪水泥沙的动态演示等。

本“坝系规划系统”主要特点为:一是使用全中文用户界面直观、简洁,操作一目了然,具有易用性;二是对三维场景的全方位要素进行实时的交互式控制,水土保持工作人员可以真实地重现或创建各种复杂的三维形体,并直接从三维模型上选择目标进行分析和查询,还可以直接在透视图空间进行各种空间查询与决策分析,具有交互性;三是本系统可应用于黄土高原地区所有不同类型的小流域坝系规划,具有广泛的适用性。因此,该系统必将随着黄土高原地区淤地坝建设的大规模开展得到广泛应用。

本研究课题由黄河水利委员会黄河上中游管理局西安规划设计研究院主持,主要完成人:高健翎、胡建军、王英顺、王庆阳、王逸冰、柏跃勤、段菊卿、王海鹏、王白春、曹炜、

黎如雁、蒋钢、程鲲、杨亚娟、朱莉莉、刘烜娥、刘海燕、赵国栋、张伟、田小雄。协作单位及主要完成人:北京林业大学,史明昌;北京地拓科技发展有限公司,黄兆伟、李团宏、许永利、夏照华、曹刚;清华紫光股份有限公司,孙志国、王宁昕、吴为禄。

本书包括上、下两篇。上篇,小流域坝系规划系统研究,共分绪论、黄土高原地区概况、小流域坝系规划方法解析、坝系规划系统研究与开发、坝系仿真模拟系统研究与开发、应用前景展望等6章;下篇,小流域坝系规划及数字仿真模拟系统用户手册,共分使用指南、坝系规划系统简介、操作术语与约定、等高线、数字高程模型、沟谷线、水文泥沙资料、现状坝系、坝系规划、坝体工程量估算及单坝设计、投资概(估)算、效益分析、经济评价、方案比选、成果输出、汇报评审等16章。

本书由高健翎、胡建军、史明昌、王英顺主持编写。上篇编写人员分工如下:第一章由胡建军、高健翎、王英顺、史明昌编写;第二章由胡建军、高健翎、王英顺、王庆阳、刘烜娥编写;第三章由胡建军、王英顺、史明昌、王庆阳编写;第四章由胡建军、史明昌、王英顺、王庆阳编写;第五章由史明昌、黄兆伟、胡建军、王英顺、王庆阳、杨亚娟编写;第六章由胡建军、王庆阳、刘烜娥、杨亚娟编写。下篇由夏照华、李团宏、高健翎、胡建军、杨亚娟、程鲲编写。全书由胡建军和史明昌统稿。

由于作者水平有限,成书时间仓促,疏漏之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者
2013 年 3 月

目 录

上篇 小流域坝系规划系统研究

第一章 绪 论	(3)
第一节 研究的目的和意义	(3)
第二节 专题设置和研究内容	(3)
第三节 研究的思路与技术路线	(5)
第四节 研究成果的特色与创新	(7)
第五节 研究成果在实际应用中的特点	(9)
第六节 坝系规划系统的应用与发展前景	(17)
第二章 黄土高原地区概况	(18)
第一节 自然环境	(18)
第二节 自然资源	(22)
第三节 经济社会	(24)
第四节 水土流失特点及危害	(26)
第三章 小流域坝系规划方法解析	(34)
第一节 基本概念	(34)
第二节 综合平衡规划法概述	(35)
第三节 系统工程规划法概述	(38)
第四节 本研究坝系规划系统建立采用的规划方法	(42)
第四章 坝系规划系统研究与开发	(45)
第一节 系统开发环境	(45)
第二节 系统架构设计	(46)
第三节 数据准备	(48)
第四节 现状坝系	(59)
第五节 电子勘查	(63)
第六节 坝系布局	(66)
第七节 工程设计	(91)
第八节 投资概(估)算	(105)
第九节 效益分析和经济评价	(111)
第十节 成果输出	(121)
第五章 坝系仿真模拟系统研究与开发	(128)
第一节 坝系仿真模拟系统原理概述及技术创新	(128)
第二节 坝系仿真模拟系统建立流程	(132)
第三节 坝系仿真模拟系统开发与运行环境	(133)

第四节	坝系仿真系统核心计算模型的实现	(143)
第五节	坝系模拟仿真及其平台优势	(145)
第六章	应用前景展望	(153)
第一节	加快淤地坝建设的重要意义	(153)
第二节	加快淤地坝建设的有利条件	(154)
第三节	淤地坝建设潜力分析	(156)
第四节	到 2020 年淤地坝建设需求分析	(159)
第五节	坝系规划系统应用前景综述	(163)

下篇 小流域坝系规划及数字仿真模拟系统用户手册

第一章	使用指南	(167)
第二章	坝系规划系统简介	(168)
第三章	操作术语与约定	(189)
第四章	等高线	(203)
第五章	数字高程模型	(231)
第六章	沟谷线	(247)
第七章	水文泥沙资料	(252)
第八章	现状坝系	(254)
第九章	坝系规划	(260)
第十章	坝体工程量估算及单坝设计	(287)
第十一章	投资概(估)算	(310)
第十二章	效益分析	(327)
第十三章	经济评价	(334)
第十四章	方案比选	(340)
第十五章	成果输出	(342)
第十六章	汇报评审	(349)

上 篇

小流域坝系规划系统研究

第一章 绪 论

第一节 研究的目的和意义

黄河流域黄土高原地区(以下简称黄土高原地区)总面积 64.2 万 km^2 ,其中水土流失面积 45.4 万 km^2 。全区年均输入黄河的泥沙约 16 亿 t,是我国乃至世界上水土流失面积最大、流失程度最严重、生态环境最为脆弱的地区。造成黄河下游河床淤积的泥沙主要来源于黄土高原地区的千沟万壑。因此,加强该地区生态环境建设,对减少水土流失、改善生态环境、提高当地群众的生产与生活条件等,具有十分重要的意义。实践证明,黄河上中游地区水土流失治理,必须坚持以支流为骨架、以县域为单位、以小流域为单元、以骨干坝和中小型淤地坝为主要治理措施,开展沟道坝系建设为主的综合治理模式。

根据《黄河近期重点治理开发规划》(国函[2002]61 号)要求,黄土高原地区的淤地坝建设大规模展开。按基本建设程序前期工作管理规定,传统的规划设计手段和方法已经不能满足目前工作强度和深度的要求,主要体现在:一是缺少一种比较实用的坝系优化布局方法;二是缺乏一套完整实用的使用现代科技手段进行规划的系统软件;三是对坝系形成发展过程的认识还只是停留在数值计算阶段,缺乏形象直观的数字仿真模拟等。

本项研究针对上述问题,以解决生产中存在的关键技术及为生产实践服务为宗旨,根据当前黄土高原治理开发的基本思路,遵循小流域坝系水沙运行规律与基本原理,以研究实用的规划方法、开发研制坝系规划系统软件、研究坝系数字仿真模拟技术为目的,设立“小流域坝系规划系统研究”和“小流域坝系数字仿真模拟技术研究”两个专题开展研究工作。以期通过研究,为坝系规划和建设提供理论依据和边界条件;完成坝系规划系统的软件设计,为生产实践服务;初步完成小流域坝系数字仿真模拟系统研究和软件开发设计工作,能对次暴雨洪水条件下坝系的洪水演进过程和坝系运行状况进行直观形象的数字仿真模拟,达到事前控制,为领导层的宏观决策提供理论依据,为“数字黄土高原”建设,改善黄土高原生态环境,实现黄河下游河床不抬高的目标做出贡献。

第二节 专题设置和研究内容

本项研究设两个专题,分别为“小流域坝系规划系统研究”和“小流域坝系数字仿真模拟技术研究”。

一、小流域坝系规划系统研究

坝系规划系统的研究与软件开发经过“八五”和“九五”两个阶段的研究,对数学模型和计算方法都有了较为深入的认识,并已开发了一些软件程序模块,进行了几条流域的实

际运用,取得了一些成果。从目前应用情况来看,仍存在着许多问题,突出体现在三个方面:一是以往的研究多注重理论,而忽视了实用性,软件开发成果一般是程序模块,没有形成统一完整的软件系统,无法在大范围推广使用;二是模块的调试工作没有最终完成,对软件模块的内核技术缺乏了解,对程序不十分熟悉的人员难以操作;三是不能适应现代软件模块化、结构化程序设计的要求,软件缺少十分重要的输入、输出接口和友好的操作界面。本次系统的研究与软件开发,充分吸收前人研究成果,以实用性为基本要求,注重系统的运行界面设计与软件的功能设计,完成了以下几方面内容的研究与软件开发。

(一) 坝系规划数学模型研究

在“九五”基金课题中,对非线性规划法已进行了比较深入的研究,建立了非线性规划模型和SD动态仿真模型,能够对坝系的规模、枢纽结构(“两大件”和“三大件”)和建坝时序等进行优化规划,动态优化仿真模型还可以对坝系进行宏观规划,确定坝系中骨干坝与生产坝的合理配置,方法比较全面。但由于该模型过于复杂,而且两个模型所开发的软件模块处于两个不同的操作环境,对系统集成平台选择与建立带来了一些不利因素,甚至可能需要重新进行程序设计。因此,本次研究重点完成了以下工作:一是对模型的功能结构进行必要的调整,对原规划模块的结构进行功能切块,便于系统的集成;二是对烦琐多余的边界条件进行必要的简化,尽可能减少大量的人工基础数据采集与录入;三是按照专家系统的设计构思,增加必要的人工智能干预接口和专家知识库,能在设计人员指导下完成坝系的规划。

(二) “3S”技术应用研究

坝系规划涉及地形图的处理技术,因此如何通过在地形图上进行工程布设或断面切割,获取坝系规划所必须的坝高~库容、坝高~淤地面积、坝高~坝体工程量和各坝之间的空间关系识别等,是十分复杂而艰巨的工作。本次研究力争在此方面有所突破,开展了以下两方面内容的研究:

(1) 采用遥感(RS)技术和全球定位系统(GPS)技术,获取小流域地形图像数据,考虑到未来科学技术的发展动态,对三维地形图的快速成图技术、数据格式和接口技术进行研究。

(2) 三维地形图上坝址布设与各坝之间相互关系的识别技术,任意剖面的切割,控制流域面积的自动量算,坝高~库容、坝高~淤地面积、坝高~坝体工程量关系曲线计算等技术的研究。此部分内容是研究的难点。

(三) 坝系规划系统设计

一个优秀的软件系统,其输入输出与操作界面设计占有相当大的比重,往往是一个软件成功与否的关键。本次研究与软件设计将此作为一个重点进行设计,选择合适的系统工作平台,构建一个集地形资料和其他数据资料采集、图像图形处理、专家知识库和数据库、优化规划技术为一体的软件系统。

二、小流域坝系数字仿真模拟技术研究

坝系的形成、发展和运行是一个复杂的动态系统过程,它与流域的植被盖度、土地利用方式、暴雨洪水、水土流失和人为生产活动密切相关,坝系的建设速度也受到政策和投

资的控制,影响因素多,关系复杂且相互制约,使坝系在复杂的环境下产生多维动态变化。坝系建设应能综合考虑到以上诸多因素,系统内部均衡发展,最大限度地发挥投资效益,达到系统的整体最优。现阶段对这一过程的认识一般只能了解到两个侧面,即坝系工程建设与基本形成相对稳定的坝系,而对系统内部形成、发展的运行过程是如何演变的不得而知,这就使我们对系统的发展过程产生了一些疑虑:最终结果是否合理?哪些坝是影响系统的关键?改变系统内的某个因子对整个系统的运行将产生怎样的结果?……解决这些问题的最佳途径就是对坝系形成发展过程进行仿真模拟。

现有的采用计算机进行仿真模拟的技术,多是一种简单的模仿。本研究则是以小流域坝系中的骨干坝为主要对象,将“3S”技术应用作为系统的一部分。分别建立以下坝系仿真模型。

(一) 坝系长期运行模拟

考虑到坝系建设的速度等因素,建立各单坝淤积库容、淤地面积逐年增加过程模拟。

(二) 坝系次暴雨洪水运行模拟

能进行某一预测年流域发生次暴雨洪水(设计频率可人为指定)时,进行坝系中各单坝洪水计算和坝系调洪演算。

(三) 开发研制坝系仿真模拟软件系统

能在次暴雨洪水条件下,采用计算机技术,对坝系洪水演进过程进行仿真模拟。

第三节 研究的思路与技术路线

一、研究思路

在传统作业模式中,淤地坝规划数据采集主要是采用手工纸上记录,工作量大,效率低,且容易因手工处理产生数据的错误。这与水利现代化和信息化建设要求极不相适应。此次设计的小流域坝系规划系统,采用沿沟道方向计算库容/工程量比值曲线极大值、寻找优化的坝址位置的方法,利用遥感技术对流域基础数据进行采集,利用地理信息系统、计算机图形技术、数据库技术、虚拟现实技术等对数据进行处理。同时基于 Windows 平台,采用面向对象的方法、三维可视化技术、虚拟现实技术等,将常规的二维数据模型推广到三维空间,以数字正射影像、数字高程模型(DEM)、数字线图和数字栅格图作为综合处理对象的 GIS 系统模型,研究如何通过在地形图上进行工程布设或断面切割,获取坝系规划所必需的坝高~库容、坝高~淤地面积、坝高~坝体工程量和各坝之间的空间关系识别等。

二、研究的技术路线

(一) 坝系规划系统研究的技术路线

(1) 充分了解和掌握小流域基本情况,包括社会经济情况、沟道特征、土壤侵蚀、土地利用现状与水土保持、现状沟道工程运行及管护的经验与存在的问题。

(2) 利用遥感影像、1/10 000 或 1/5 000 数字地形图,自动绘出沟底线,采用现有的

DEM,按 Strahler 方法给沟道编号。录入不同洪水重现期洪量模数、侵蚀模数、淤积年限、社会经济、农业经济、水土流失治理措施等数据。

(3)在小流域三维地形图上对沟道编号,从 I_1 沟道起自上游到下游每隔一定距离(如 20 m,30 m,40 m……按流域情况选择),自动绘出各沟道断面的坝高~库容,坝高~工程量,坝高~淤地面积曲线。

(4)设定最小坝高,以人机对话的方式设定坝高步长,在 0.5 m,1 m,2 m 等范围内选择,算出库容/工程量比值。绘出各沟道的沿沟道方向~库容/工程量比值曲线,曲线波峰处为较优断面。按给定步长增加坝高,重复该步骤。分别绘出不同坝高的沿沟道方向~库容/工程量比值曲线(见图 1-1)。

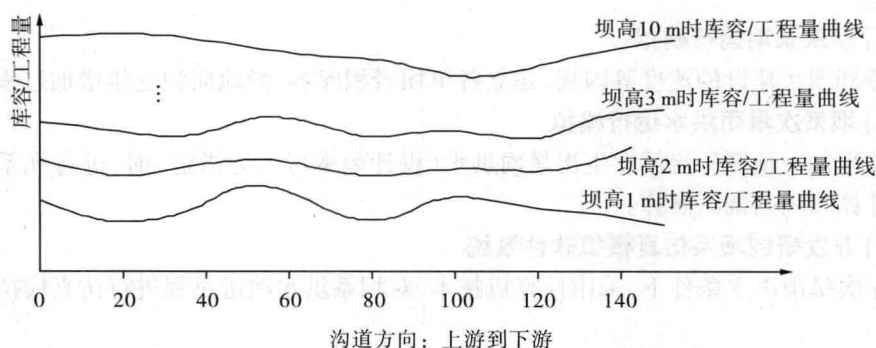


图 1-1 沿沟道方向~库容/工程量比值曲线

(5)系统按规范条件(控制面积:3~8 km²,库容:50万~500万 m³,淤积年限 10~30 年,校核洪水 200~500 年一遇)自动初选骨干坝坝址。进行实地勘测,看当地地形地质条件是否适宜建坝,有无村庄、重要建筑物在其回水面积内,以人机对话的方式决定几种布局方案。

(6)系统按规范条件(控制面积:<3 km²,库容:10万~50万 m³,淤积年限 5~10 年,校核洪水 50 年一遇)初选中型淤地坝坝址;按规范条件(库容:1万~10万 m³,淤积年限 5 年,校核洪水 30 年一遇)初选小型淤地坝坝址。按骨干坝回水面积,自动去掉被淹没的初选坝址。再根据侵蚀是否严重、附近人口是否稠密等条件,以人机对话的方式决定几种布局方案。

(7)综合考虑投资能力、淤地坝作用效益大小、坝系发展需要以人机对话的方式确定各布局方案建坝顺序。

(8)自动计算出各方案的水沙控制能力、拦泥能力、淤地能力、保收能力、投资效益、水资源利用能力等数据,确定最优坝系规划方案。

(9)输出各种文档、表格、图形,动态演示。

(二)数字仿真系统研究的技术路线

(1)输入遥感影像和输入在数字地形图上已确定的坝系规划方案。自动绘制坝的集水区域,计算坝控面积。

(2)输入坝高~库容、坝高~工程量、坝高~淤地面积关系曲线。输入多年平均输沙

模数,并计算各坝在运行第1,2,3,⋯,20年后的淤积量。

(3)坝系运行到不同年时,进行俯视立体动态演示。坝系运行到不同年时,进行飞行观察。对单坝进行俯视飞行观察。

(4)输入流域不同频率洪水的洪量模数和含沙量。

(5)计算出流域不同频率洪水下各坝来洪量和来沙量,动态演示。

第四节 研究成果的特色与创新

一、构建了基于数字地图的小流域坝系规划系统

小流域坝系规划系统,是由计算机将1:10 000电子地图上的可建坝资源逐一进行比较,以满足防洪拦泥和安全生产的要求,又能实现效益大、投入小者为待建坝址。比较是从流域水文网的末梢开始,逐步向流域出口搜索。以人机对话的方式设定坝高步长或设置调整坝址断面,算出库容/工程量比值。绘出各沟道的沿沟道方向~库容/工程量比值曲线,曲线波峰处为较优断面(见图1-1)。按给定步长增加坝高,重复该步骤。分别绘出不同坝高的沿沟道方向~库容/工程量比值曲线。待到所有建坝资源被搜索一遍后,便可以得到一个沿沟道方向不同类型淤地坝优化坝址分布图。从而使坝系的布局问题转化为优化坝址的利用问题。在坝系规划系统的研究中,主要创新点如下。

(一)实现了优化坝址的自动搜索

传统的坝址需要设计者沿沟道徒步勘查而获得。一是坝址勘查的工作量大;二是由于人工目测的误差,往往会遗漏最优坝址;三是对坝址条件相当的工程往往需要进一步的勘测才能确定优化坝址的位置。而本规划系统,以电子地图为基础,从流域水文网的末梢开始,逐步向流域出口搜索。以人机对话的方式设定步长和淤地坝规模,计算沿沟长每一坝址的库容/工程量比值,并将计算结果用“沟道桩号~库容/工程量比值”曲线来表示,曲线波峰处为较优断面,从而实现了各级沟道各类淤地坝优化断面的自动搜索。

(二)在坝址的自动搜索中设置了“步长”人机对话窗口,满足了不同工作精度优化坝址搜索的需求

为了寻找优化坝址,避免计算机自动搜索中造成优化坝址的遗漏,在系统开发中采用如下措施:一是设置了计算机自动搜索的“步长”确定人机对话窗口,可以根据工作精度的要求,按照不同“步长”,确定计算机搜索断面的数量;二是对规定的“步长”可以实施人工干预,排除不可能的坝址,避免不必要的计算;三是对必要的区域可以通过人工干预的方法增设计算断面,防止造成优化断面的遗漏。

(三)在坝址的自动搜索中设置了“库容规模”的人机对话窗口,满足了不同类型淤地坝优化坝址搜索的需求

由于坝系中包含了骨干坝、中型坝和小型坝等三种类型的淤地坝,各类淤地坝的规模差距达数十倍,有的甚至达百倍以上。各类淤地坝的库容规模见表1-1。对某一坝址来说,由于受库区地形条件的影响,适宜修建骨干坝的坝址不一定适宜修建中型坝或小型坝。因此,在系统研究中对沿沟长的库容/工程量比值曲线采取了分别绘制的方法,使不

同类型淤地坝的布局问题,转化为在不同曲线上最优断面的选择与利用问题。

表 1-1 各类淤地坝的库容规模

淤地坝类型	小型坝	中型坝	骨干坝	
总库容(万 m ³)	1 ~ 10	10 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 500

这一成果也使坝系的布局问题的研究层次更加分明。应首先根据骨干坝的沟长~库容/工程量比值曲线,进行骨干坝的布局。骨干坝的布局确定之后,再依次根据中型坝和小型坝的沟长~库容/工程量比值曲线,分别进行中型坝和小型坝的布局。

(四) 汇水面积的自动计算

汇水面积是计算水文泥沙的关键要素,而且水文泥沙的计算直接影响到坝系布局的合理性。以往人们是用手工勾绘汇水边界,然后用求积仪或数方格的方法量算汇水面积。由于汇水面积量算的工作量的限制,人们在坝系布局的时候不可能通过频繁的调整坝址位置来使坝系的布局更合理。如果汇水面积的计算问题不能解决,要使坝系布局趋向于最合理是不可能的。基于以上分析,在坝系规划系统中解决了基于 DEM 的坝系汇水面积的自动计算问题。

(五) 坝系的时空拓扑

坝系规划系统考虑了整个坝系的时间、空间演变。坝系建设、运行是一个动态过程,而且建设和运行是相互作用的两个方面。因此,坝系的时间、空间演变是复杂、耦合的过程。以前后两年相比较,就整个坝系而言,其布局和淤积情况会动态改变;就单座坝而言,其上游坝会发生改变(如有新建成的上游坝、有新改造的现状坝等),由于上游坝的改变会导致控制范围(汇水范围)发生改变,上游来洪、区间来洪、区间泥沙随之发生改变,淤积情况会发生改变,下泄洪水情况会发生改变……因此,手工计算时很难全面、准确地进行分析和处理。本系统开发的设计、分析工具在计算过程中建立坝系的时空拓扑,自动将布局 and 所有相关参数进行逐年分析,保证运算结果能完全跟随时间、空间的变化而变化。

二、实现了小流域坝系洪水泥沙的动态演示

本系统通过输入遥感影像和在数字地形图上已确定的坝系规划方案,自动绘制坝的集水区域,计算坝控面积。输入坝高~库容、坝高~工程量、坝高~淤地面积关系曲线和多年平均输沙模数等,实现坝系的三维实体模型演示。

(一) 实现对坝系规划布局的三维实体模型演示

本系统可以实现对坝系规划布局的三维实体模型演示。

(二) 实现各类淤地坝的实体的查询

实现各类淤地坝的工程信息(坝高、库容、淤地面积等)实时浏览显示、制表输出。

(三) 坝系洪水泥沙的动态演示

本系统可以实现对坝系运行不同时期及不同暴雨洪水条件下,坝系的俯视立体动态演示和飞行观察。

第五节 研究成果在实际应用中的特点

一、实现 GIS 地图、CAD 图纸、文档、规划设计数据等资料的集中管理

数据分为“地图”、“文档”、“规划资料”三大类,每大类中各自进行分项、分层次的管理。可容纳多种类型的资料,层次清晰,易于用户自己整理和组织。“地图”是小流域坝系规划项目涉及的各类地理相关要素的图层集合,其可包含的图层有等高线、DEM、遥感影像、行政区划、道路、地块、居民点等。“文档”是操作系统中文件夹和文件的映射,用户可自由操作、管理文件夹和文件。“规划资料”是以 DEM、沟道、泥沙资料、水文资料、现状坝系、规划方案等作为主纲而组织管理的数据资料,每一项数据资料称为一个“对象”;“对象”及其“子对象”是按照规划设计的逻辑层次组织的,例如在添加一个“布坝地点”对象时,系统将自动生成“特征曲线”、“沟道断面”等子对象。坝系规划系统资料管理界面如图 1-2 所示。

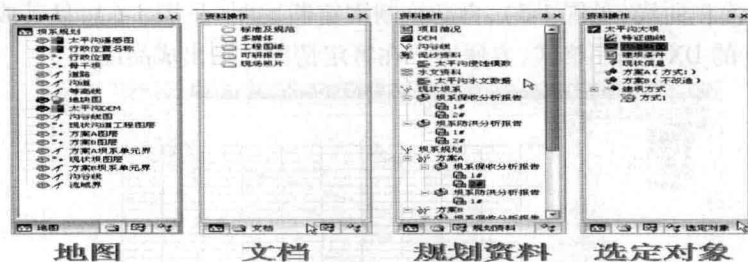


图 1-2 坝系规划系统资料管理界面

二、自动提取沟谷线、沟道分级和流域划分

本系统可以在 DEM 的基础上依据特定的算法,自动提取出流域的沟谷线(见图 1-3),并对所提取的沟谷线进行自动分级,还可以进行流域的划分(见图 1-4)。其中沟道分级是依据国际上通用的“从小到大”惯例,确定一级至更高级沟道。沟道特征分析表依据《黄河水利委员会坝系可行性研究编制暂行规定(正式版)》格式自动生成,“集水面积”、“沟长”、“平均比降”数值从 DEM 上自动提取。

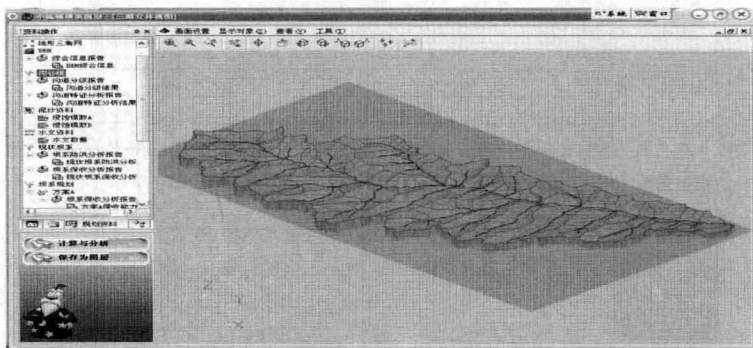


图 1-3 自动提取沟谷线、划分流域的界面



图 1-4 自动进行沟道分级的界面

三、自动绘制图纸

当确认淤地坝的坝址、坝高时,本系统可以根据 DEM 特征自动绘制淤地坝的坝高 ~ 库容和坝高 ~ 面积曲线(见图 1-5),自动绘制沟道断面图(见图 1-6),且其成果可以直接导出 AutoCAD 的 DXF 通用格式,方便用户在特定情况下输出成品图。

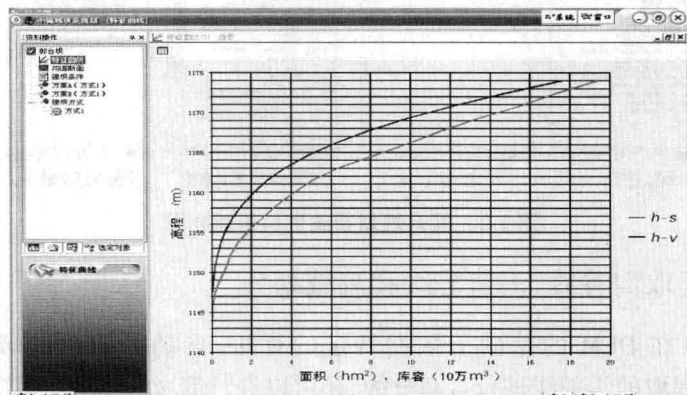


图 1-5 自动绘制特征曲线的界面

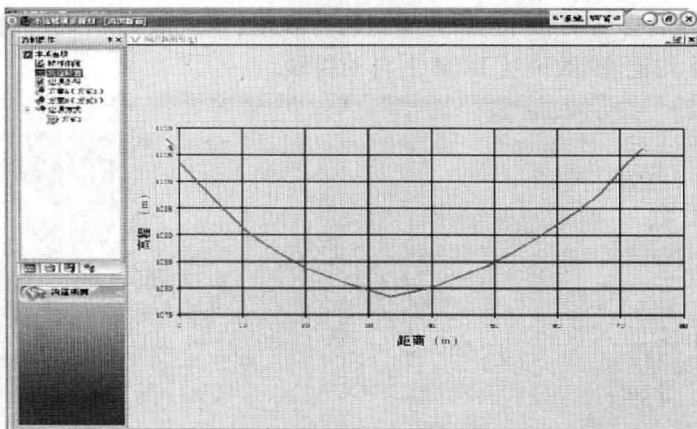


图 1-6 自动绘制沟道断面图的界面