



数字都江堰工程

清华大学水沙科学教育部重点实验室 四川省都江堰管理局 编著

总体框架及 关键技术研究



www.sciencep.com

都江堰水利发展与文化丛书

数字都江堰工程总体框架 及关键技术研究

清华大学水沙科学教育部重点实验室 编著
四川省都江堰管理局

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是《都江堰水利发展与文化丛书》之一,从总体上对都江堰的基本情况、水资源现状、发展趋势、生态环境、旅游资源、遗产保护等进行了论述,具有良好的应用前景。

本书可供广大水利科技人员及高等院校相关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

数字都江堰工程总体框架及关键技术研究/清华大学水沙科学教育部重点实验室,四川省都江堰管理局编著. —北京:科学出版社,2004

(都江堰水利发展与文化丛书)

ISBN 7-03-012996-2

I. 数… II. ①清…②四… III. 都江堰-水利工程-研究 IV. TV632.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 014525 号

责任编辑:杨家福 邱 璐 王剑虹/ 责任校对:钟 洋

责任印制:吕春珏 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 华 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 7 月 第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004 年 7 月 第一次印刷 印张:20 3/4

印数:1—2 300 字数:399 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《都江堰水利发展与文化丛书》

编辑委员会

总 顾 问 敬正书 陶武先 陈文光

主 任 孙砚方

副 主 任 彭述明

执行编委 肖 帆

编 委 (以姓氏笔画为序)

孙砚方 刘道国 肖 帆

李万友 徐元平 彭述明

蓝前灿 谭小平

总 序

在都江堰建堰 2260 周年的时候,水利工作者们推出了《都江堰水利发展与文化丛书》,他们站在对现代水利的认知高度,用可持续发展的全新理念审视都江堰的过去、现状和未来,从不同方面对都江堰的历史文化进行了全面的阐释和总结,客观、科学地分析了都江堰发展现状中面临的问题、挑战和实施对策,对实现灌区水利现代化和推动灌区水利管理体制改革的科学的实施方案,并做出了富有成效的实践。这些成果使都江堰水利人以新的资源观和发展观为指导,围绕水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护,不仅大力实施技术和管理创新战略,推进灌区基础设施和管理手段的现代化,而且积极实施体制和机制创新战略,推进灌区管理体制现代化,还进一步实施灌区水利队伍建设创新战略,推进队伍素质现代化。这些成果更对弘扬“李冰精神”,展示中华民族自强不息、厚德载物的人文品格,提升都江堰世界文化遗产的品牌,促进社会文明进步具有深远的历史意义。

公元前 256 年,秦蜀郡守李冰率领人民群众创建了举世闻名的都江堰,川西平原从此成为“水旱从人,不知饥馑,时无荒年”的天府之国。在 2000 多年的漫长岁月中,都江堰始终运行不辍,为四川的经济、社会和文化的繁荣做出了巨大的贡献。为此,历代对都江堰的维护和管理都非常重视。中华人民共和国成立 50 多年来,国家对都江堰进行了大规模维修、改造和扩建,健全了管理机构,强化了用水调度,提高了科学管理水平,实施了法制化管理,使其灌溉面积由 1949 年的 282 万亩发展到现在的 1009 万亩,灌区从川西平原的 14 个县扩大到川中丘陵区共 7 个市、37 个县(市、区),还使其由单一的灌溉供水,发展成为具有灌溉、城镇供水、防洪、发电、水产、旅游、环保等多目标综合服务的大型水利工程,成为四川省国民经济建设和发展的重要水利基础设施和基础产业。

纵观都江堰 2000 多年创建、承传和持续发展的历史,它既是李冰和蜀地人民开创的千秋伟业,也是我国历代各族人民不断维护、改造和拓展完善的硕果。它把中国古代哲学中“道法自然”的思想充分体现在治水的过程中,以顺应水性的自然之道为治水的最高准则,以中华民族“生生不息”的持续发展理念和“日新又新”的创造精神,创造了人类探索科学治水的辉煌业绩。都江堰作为世界上唯一留存至今造福人类的大型无坝引水工程,显示了中华民族的伟大智慧和创造能力。

水是生命之源,也是经济社会发展无法替代的资源。水资源问题关系到供水、防洪和粮食的安全,关系到经济社会发展和生态系统的改善,关系到能否开创生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展之路。但是,从可持续发展的战略高度来审视

都江堰,其水资源的开发和利用尚面临着资源总量不足、时空分布不均、工程体系不完善、管理体制不够科学、管理手段不先进、水资源利用率低、水土流失严重和水环境恶化等问题及其挑战。面对这些问题和挑战,我们必须坚持以人为本,树立全面、协调、可持续发展观,对都江堰进一步进行改造,以保证它发挥更大作用,做出更大贡献。为此,对都江堰水利的未来发展,应用更长远的战略眼光,站在更高境界,把开发和利用、保护和发展、建设与管理有机地结合起来,以实现一种新的动态平衡与合乎自然规律的都江堰水利文明之路,从而把都江堰灌区建设成为配套完善、功能齐全、管理科学、服务一流的效益工程、生态工程和示范工程,使都江堰在四川省率先步入水资源与经济、社会、生态环境和谐发展的新时期,达到“天、地、人、水”和谐共荣的理想境界。

张中伟

2004年3月

编 审 组

顾 问	敬正书 孙砚方 张楚汉 张 仁
负 责 人	彭述明 胡和平
审 核 人	刘道国 陈永灿
审 查 人	肖 帆 方红卫
上篇执笔人	王兴奎 王光谦 赵登峰 王世容
下篇执笔人	赵登峰 张尚弘 曲兆松 王兴奎 王世容
参加编写者	(以姓氏笔画为序)
	方红卫 王世容 王兴奎 王光谦 江 岩
	曲兆松 刘道国 吴 军 李 菁 李丹勋
	肖 帆 张尚弘 林海立 赵登峰 彭述明

前 言

都江堰灌区历经 2000 余年,具有丰富的历史背景、文化底蕴及巨大的经济和社会效益。晋代常璩在《华阳国志》中称:“蜀沃野千里,号称‘陆海’,旱则引水浸润,雨则杜塞水门。”故晋代周潜著《益州记》有“水旱从人,不知饥馑,时无荒年,天下谓之天府也”。

都江堰从创建之初的以防洪、航运和灌溉为主到汉初的灌区扩展,逐渐演变为以灌溉为主,成为具有农业灌溉、城镇和工业供水、生态保护、防洪、旅游、发电、水产和养殖等多目标,引、蓄、提相结合的综合性特大型水利工程。

水是都江堰水利的命脉和灵魂。“水者,地之血气,如筋脉之通流者,故曰,水具财也”(《水经注》卷一),人们已认识到了水作为资源的价值。水具有灵性和人格的魅力。《老子》“水善,利万物而有静,居众人之所恶,故几于道矣”,提出了人的道德修养应具有如水的上善境界;孔子全面阐述了水的德、义、道、勇、法、正、察、善、志诸方面的品质,感叹“君子见大水必观焉”(《荀子·宥坐》),对水应观测考查,研究其属性。都江堰工程“乘势利导、因地制宜”的方略充分体现了这些思想理念。

追寻水利发展的轨迹可见:远古的人类逃避洪水;鲧筑坝堵水;大禹变堵为疏,导百川于海而治之;秦李冰建都江堰;明潘季训“束水攻沙”治理黄河;到现代建的高坝大库、千里堤防。这些都是以水为对象,或曰利用、治理,或曰防洪抗旱,而缺乏天、地、人、水协调发展的理念。水来自于大气之雨雪,即生于天;用之于大地之生灵,即用于地;世间万物,均离不开人们对水的利用和保护。都江堰水利发展的目标应是在全流域实现天(水文气象)、地(土地利用)、人、水(水资源)的协调持续发展。

在努力实现水利现代化的今天,国民经济的可持续发展对都江堰水利建设提出了更高的要求。但都江堰在水资源时空调度、水生态保护、洪涝灾害防治、旅游环境改善等方面都已滞后于国民经济的高速发展,适时建设“数字都江堰工程”即是主要的应对之策。

“数字地球”的概念提出后,在世界范围内引起了巨大反响。“数字河流”作为“数字地球”的一个重要区域层次,不仅是实施数字地球的切入点,同时也是传统水利向信息化水利发展的必经之路。“数字河流”技术以“数字地球”为背景,对真实流域及其一切相关的信息做数字化重现与分析。可见,“数字都江堰工程”是都江堰水利现代化的重要组成部分。

“数字都江堰工程”以都江堰新的发展理念为指导,紧密跟踪当前科技的最新

技术和发展趋势,从水利信息流入手,将以计算机为核心的信息技术全面引入水利行业,实现海量数据的集成、模型与数据的结合,各种信息的共享与传播,决策支持方法的应用等,用数字化手段研究、模拟、再现和处理都江堰水利的问题。“数字都江堰工程”的提出是都江堰治理开发与利用的需要,是在灌区层面上对中国“数字化”发展战略的具体响应,是都江堰水利事业可持续发展的战略保障,将大大加快都江堰水利现代化的进程。

“数字都江堰工程”总体框架从数字地球、数字水利、数字流域到都江堰灌区水利信息化建设,详细阐述了“数字都江堰工程”的概念和内涵,并就其体系结构、建设内容、功能需求、数据需求、软硬件建设、关键技术等进行了说明。

其总体框架可分为基础信息、专业服务和综合决策三个平台。总体框架对三个平台建设的技术进行追踪,分析了这些技术的现状和发展趋势。结合“数字都江堰工程”需求和都江堰管理局水利信息化的现状,提出了2005年和2010年的建设方案。着重就其框架体系、三个平台建设、数据存储与管理、遗留资源整合、虚拟仿真、应用系统的综合集成及人力资源开发等方面进行了论述。突出了实现灌区可持续发展的新思路和新方法,突出了现代都江堰管理的特点,为都江堰流域实现里约热内卢环境发展大会“人口、资源、环境协调发展(PRED)”的纲领和“天、地、人、水协调发展”的理念构建了可供操作的平台。

本课题的研究得到国家自然科学基金创新研究群体科学基金资助(50221903)。

彭述明 胡和平

2004年1月

目 录

前言

上篇 数字都江堰工程总体框架研究

第一章 总体框架	3
1.1 问题的提出	3
1.2 建设的目标与内容	4
1.3 “数字都江堰工程”的框架结构	7
1.4 总体框架的技术路线.....	11
第二章 工程概况	15
2.1 都江堰.....	15
2.2 渠首主体工程.....	16
2.3 紫坪铺工程.....	20
2.4 灌区渠系工程.....	21
2.5 蓄水工程.....	26
2.6 工程改扩建方案.....	27
2.7 自动控制.....	29
2.8 研究课题.....	30
2.9 旅游业开发.....	31
第三章 水资源及生态环境	32
3.1 绪言.....	32
3.2 水资源现状分析.....	34
3.3 可开发水资源.....	36
3.4 水资源供需关系.....	39
3.5 水资源保护.....	42
3.6 水土保持.....	44
第四章 基础信息采集	50
4.1 数据分类.....	50
4.2 空间数据.....	51
4.3 属性数据.....	55

4.4	文档数据·····	58
4.5	专题数据采集·····	59
第五章	数据库规划 ·····	72
5.1	概述·····	72
5.2	数据库开发现状·····	72
5.3	数据库建设的重要性及需求分析·····	73
5.4	数据库选型·····	75
5.5	数据库体系结构规划·····	78
5.6	基础数据库建设·····	85
5.7	空间数据库建设·····	87
5.8	数据存储与管理·····	89
5.9	数据共享与管理·····	94
5.10	数据仓库与数据挖掘·····	99
5.11	数据库安全规划·····	103
5.12	管理体系建设·····	108
5.13	数据库建设实施方案·····	108
第六章	都江堰网络建设 ·····	109
6.1	都江堰数据传输系统综述·····	109
6.2	网络工程建设·····	111
6.3	网络建设总体方案·····	112
6.4	广域网建设·····	114
6.5	城域网建设·····	118
6.6	各级单位局域网建设·····	120
6.7	网络接入互联和网络中心设计·····	121
6.8	通信基础设施选择方案·····	124
6.9	计算机网络组网方案·····	125
6.10	网络及信息安全建设·····	128
第七章	专业服务平台建设 ·····	137
7.1	专业服务平台的组成·····	137
7.2	模型库的总体结构·····	139
7.3	模型库管理·····	143
7.4	数学模型库·····	146
7.5	专业服务平台建设实施方案·····	155
第八章	综合决策平台建设 ·····	156
8.1	概述·····	156

8.2	功能需求	157
8.3	综合决策平台总体结构	158
8.4	专题库建设	162
8.5	决策支持中心的建设	166
8.6	关键技术	168
8.7	综合决策平台应用	173
8.8	综合决策平台建设实施方案	177
第九章	都江堰专业应用系统建设规划	178
9.1	应用系统概述	178
9.2	专业应用系统集成规划	182
9.3	都江堰专业应用系统规划	185
9.4	管理体系建设	208
第十章	人力资源开发	209
10.1	人力资源开发概述	209
10.2	人力资源开发的目标和原则	212
10.3	都江堰人力资源能力建设	214
第十一章	环境影响评价与经济评价	217
11.1	环境影响评价	217
11.2	经济评价	222
第十二章	实施计划与投资概算	228
12.1	编制依据	228
12.2	投资概算	228
12.3	分期实施方案	229
12.4	第一期项目实施计划	231
12.5	结论	231

下篇 数字都江堰工程关键技术研究

第十三章	专业应用系统开发	235
13.1	专业应用系统概述	235
13.2	专业应用系统开发	237
13.3	应用系统体系结构	238
13.4	专业应用系统特点和功能	240
13.5	水量调度系统	243
13.6	防洪抗旱系统	245

13.7	水资源保护系统	248
13.8	水土保持系统	253
13.9	工情管理系统	257
13.10	电子政务管理系统	260
13.11	行业标准及编码规则	262
第十四章	都江堰枢纽区虚拟仿真系统开发.....	273
14.1	概述.....	273
14.2	系统构建.....	276
14.3	系统功能.....	290
14.4	展望.....	298
第十五章	都江堰地理信息系统应用开发.....	299
15.1	应用程序.....	299
15.2	地理信息数据库.....	302
15.3	都江堰 GIS 软硬件配置	304
15.4	ArcGIS 在“数字都江堰工程”中的应用	307
15.5	小结.....	315
参考文献		316
引用资料		317

上篇 数字都江堰
工程总体框架研究

第一章 总体框架

1.1 问题的提出

1.1.1 工程背景

“数字地球”(digital earth)是1998年1月阿尔·戈尔在题为“数字地球:21世纪认识地球的方式”的演讲中提出的一个新概念:“一场新的技术革新浪潮正允许我们能够获取、存储、处理并显示有关地球的空前浩瀚的数据以及广泛而又多样的环境和文化数据信息。”“数字地球”是一个三维的地球信息模型,将地球上任何地方的信息都收集、整理、归纳,按照地球坐标建立完整的信息体系,并且用网络联结起来,从而使地球上的每个人都可以快速、完整、形象地了解地球宏观和微观的各种情况,充分发挥这些信息的作用。“数字地球”主要的基础设施建设是“信息高速公路”和“国家空间数据基础设施”。由通信网络、计算机、数据库等网络体系组成的高速信息电子网络称为“信息高速公路”,它能随时给用户大量的信息。为了在信息高速公路上表示和查询与地理有关的空间信息,美国在1994年又提出建立“国家空间数据基础设施(NSDI)”的计划,主要包括地球空间数据框架、空间数据协调、管理与分发体系,空间数据交换网络,以及空间数据转换标准。我国也正在加快“国家地理空间信息基础设施”的建设。

可以把以信息技术为核心的一系列高新技术对水利行业进行全面技术升级和改造的过程形象地称为“数字水利”,它以新的治水思路为指导,紧密跟踪当前科学的最新技术和发展趋势,从水利信息流入手,将以计算机和网络为核心的信息技术全面引入水利行业,为水资源的可持续利用提供基础保证。

“数字都江堰工程”是“数字地球”和“数字水利”概念的延伸,在“数字地球”的数据资源条件下,以都江堰流域为对象,应用遥感(RS)、数据收集系统(DCS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、虚拟仿真系统、网络和多媒体技术、现代通信等高科技手段,对都江堰流域的资源、环境、社会、经济等各个复杂系统的信息进行数字化、数字整合及虚拟仿真,集成信息应用系统,为实现都江堰水利的可持续发展提供技术支撑。

1.1.2 “数字都江堰工程”的基本特征

“数字都江堰工程”有五个方面的基本特征。

空间化:高精度的定点、定位;

数字化:对信息的数字化以便于量化处理;

网络化:实现信息资源的共享与合理利用,实现互操作;

智能化:应用 3S 技术和模拟方法进行分析研究,提供决策支持;

可视化:在信息资源的输入、分析过程、输出等方面实现虚拟现实的仿真。

“数字都江堰工程”将综合运用遥感、地理信息系统、全球定位系统、通讯网络、数学模型、实体模型、虚拟仿真等现代高新技术,对都江堰流域的地理环境、基础设施、自然资源、自然灾害、人文景观、生态环境、人口分布、社会和经济状态等各种信息进行数字化采集与存储、动态监测与处理、深度融合与挖掘、综合管理与传输分发,构建全流域可视化的基础信息平台 and 三维动态虚拟仿真模型,建立适合于都江堰流域不同职能部门的专业应用模型库和相应的综合决策支持系统。实现全流域各类信息的可视化查询、显示和输出,将整个流域在计算机上虚拟再现,为各级政府主管部门对全流域的综合规划、设计、建设、管理和服务等提供辅助决策的依据和手段。同时,为社会公众提供关于流域信息的服务,如在虚拟环境下了解、浏览都江堰。

“数字都江堰工程”将在流域空间信息的基础上,融合流域内各种数字信息而构建成系统平台,形成流域及其相关现象的统一数字化体系,即建成一个虚拟仿真场景下的都江堰。可以根据不同的需求,完成不同时间和空间的数据检索、分析,透视流域各水文环境要素的变化规律,实现全流域数字仿真,为防洪、生态环境保护、旅游、水土保持、工程管理、电子政务等提供服务,为流域内的人口、资源、生态环境和社会经济的可持续发展提供决策支持。

1.2 建设的目标与内容

1.2.1 建设目标

根据都江堰水利工程的各项功能,“数字都江堰工程”建设的总目标可以概括为:“天、地、人、水协调发展,山川秀美,安全运行,高效、可靠”;旅游开发的目标为建立以都江堰的风景、人文、历史、水科学为主的旅游链,恢复古堰,开通都江堰到府南河游船,实现“都府扬舟”;社会人文的发展则以杜甫诗“但见元气常调和”为鉴。“数字都江堰工程”建设的理念是:“天、地、人、水和谐,最终实现都江堰水利的可持续发展”(相应于联合国环境发展大会提出的“人口、资源、环境、发展”)。“数字都江堰工程”建设将有力的推进都江堰水利现代化的进程,实现都江堰管理的现代化。随着时间的推移,“数字都江堰工程”的内涵将不断丰富与发展,都江堰水利现代化水平也将不断提高。“数字都江堰工程”的提出是在灌区层面上对中国的“数字地球”和“数字水利”发展战略的具体响应。图 1-1 是“数字都江堰工程”的功能、