

SHUILI GONGCHENG JIANSHE GUANLI
XINXIHUA JISHU YINGYONG

水利工程建设管理 信息化技术应用

赵宇飞 祝云宪 姜龙 杨峰 金雅芬 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利工程建设管理 信息化技术应用

赵宇飞 祝云宪 姜龙 杨峰 金雅芬 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

基于信息化的工程建设管理模式逐步在我国基础工程建设中得到了广泛的应用。本书在国家“十二五”科技支撑项目“重大水利工程建设信息数字化、标准化关键技术研究”的基础上,结合水库工程建设实例,系统总结了水利工程建设管理云平台的开发与应用,主要内容包括:水利工程建设管理信息化技术概况、水利工程建设管理云平台的建设与应用、水利工程施工过程信息采集技术、水利工程建设管理文档信息化技术及应用、水利工程施工过程管理物联网技术开发研究以及我国北斗定位技术在大坝填筑碾压施工过程中的应用。

本书适合水利工程设计、监理、建设、管理单位以及相关专业科研院所人员、高等院校师生参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程建设管理信息化技术应用 / 赵宇飞等编著
· 一 北京:中国水利水电出版社, 2018.1
ISBN 978-7-5170-6273-8

I. ①水 II. ①赵 III. ①信息技术—应用—水利工程管理 IV. ①TV6-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第013083号

书 名	水利工程建设管理信息化技术应用 SHUILI GONGCHENG JIANSHE GUANLI XINXIHUA JISHU YINGYONG
作 者	赵宇飞 祝云宪 姜龙 杨峰 金雅芬 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京虎彩文化传播有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14.75印张 350千字
版 次	2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷
印 数	001—500册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

众所周知，水利工程是一个复杂的系统工程。水利工程门类多，如水库工程、堤防工程、闸门工程、调水工程等；建设周期长，一般的水利工程建设期大概需要10余年；而且水利工程参与单位众多，包括设计单位、监理单位、建设单位、管理单位等。对于水利工程而言，影响其运行安全与效益发挥最大的是水利工程建设施工质量。因此，如何加强水利工程建设管理是水利工程施工质量及工程运行安全的重要保证。

多年来，水利工程建设管理水平低下，基本上还是处于传统的管理模式，对施工过程质量控制与管理，还是以纸质载体、人工管理的传统模式，所积累的工程建设信息难以发挥其应有的作用。随着信息化技术的发展，基于信息化的工程建设管理模式逐步在我国基础工程建设中得到了广泛的应用，但是在水利工程中仍然处于比较落后的地步。

在国家“十二五”科技支撑项目“重大水利工程建设信息数字化、标准化关键技术研究”中，开发了水利工程建设管理云平台，并将该系统进行了相关的推广和应用，目前已经在月亮湾水库、双峰寺水库以及出山店水库中得到了应用。本书主要内容就是在总结以往几年的信息化技术应用经验的基础上，结合出山店水库工程建设经验，对水利工程建设管理信息化技术的开发与应用进行了探讨。

本书主要内容有以下几个部分：水利工程建设管理信息化技术概况、水利工程建设管理云平台的建设与应用、水利工程施工过程信息采集技术、水利工程建设管理文档信息化技术及应用、水利工程施工过程管理物联网技术开发研究以及我国北斗定位技术在大坝填筑碾压施工过程中的应用等方面内容。

编者

2017年11月

目 录

前言

第 1 章 水利工程建设管理信息化现状	1
1.1 概述	1
1.2 水利工程建设管理现状	3
1.3 水利工程建设管理发展趋势	4
1.4 本书主要内容	7
第 2 章 水利工程建设管理信息化技术	8
2.1 信息化技术	8
2.2 云计算技术	14
2.3 物联网及相关技术	20
2.4 大数据挖掘与分析技术	25
2.5 信息化技术发展与工程应用	36
第 3 章 水利工程建设管理云平台的建立	44
3.1 概述	44
3.2 水利工程建设管理云平台建设目的与规划	45
3.3 水利工程建设管理云平台模块设计	49
3.4 水利工程建设管理云平台功能介绍	50
3.5 水利工程建设管理云平台信息处理流程	66
3.6 水利工程建设管理云平台主要特色	67
第 4 章 水利工程施工过程信息采集技术与应用	72
4.1 概述	72
4.2 便携式数据终端信息处理与交互	73
4.3 施工过程信息采集与交互	79
第 5 章 水利工程建设文档信息化管理	84
5.1 水利工程建设文档管理现状	84
5.2 建设过程产生的文档及管理模式	85
5.3 以文档为主线的水利工程建设管理设计与实现	88
5.4 水利工程建设电子化文档管理体系的建立	95
5.5 水利工程建设文档管理系统应用	109

第 6 章 水利工程施工管理物联网技术开发研究	115
6.1 水利工程物联网技术应用现状	115
6.2 土料含水状态实时监控技术开发	118
6.3 坝料压实状态实时监控技术开发	121
6.4 基于移动数据终端的施工质量检测技术开发	126
第 7 章 北斗定位技术在水利工程中的应用	142
7.1 基于高精度定位技术的大坝填筑质量控制现状	142
7.2 国产北斗定位技术的应用优势	143
7.3 基于北斗定位技术的大坝填筑施工过程管理系统开发	144
第 8 章 水利工程建设信息化技术的工程应用	162
8.1 概述	162
8.2 出山店水库建设信息化技术应用	164
8.3 其他水利工程建设信息化技术应用	200
参考文献	228

第 1 章 水利工程建设管理信息化现状

1.1 概 述

水利工程是对自然界的水资源（包括地表水和地下水）进行控制、治理、调配、保护和开发利用，以达到除害兴利的目的而修建的工程，也称为水工程。由于自然界的水资源在时空分布上与社会生产生活对水资源需求的不协调，就需要修建一系列的水利工程，对水资源在空间上有效调配，以满足社会生活与生产对水资源的需要。水利工程的规划和建设与河流、湖泊等水资源的赋存形式有很大关系，需在一个流域内根据地区的水资源需求情况进行整体规划，因此水利工程具有很强的系统性和综合性；而且，水利工程一般规模较大、技术复杂、工期较长、投资较大，因此水利工程具有很强的系统性和综合性。

水利工程是我国重要的民生基础工程，水利工程建设与运行的安全可靠，关系到我国农业、工业以及第三产业的健康发展，是国家发展的重要基础条件。我国改革开放之后，相对于铁路交通、水电等其他国家基础工程，水利工程建设发展较为滞后。但是从 2010 年以来，我国加大了水利工程建设投资力度，水利工程获得了较快的发展。

信息化时代的到来，也为完整、有效地处理、使用和保存这些重大基础工程建设的重要资料创造了条件。长江三峡、京沪高铁、糯扎渡水电站等重大工程已经相继开展了工程建设数据平台尝试，在大数据平台中已经将与工程建设质量、进度、投资、合同等方面重要数据进行了录入与整理分析，取得了较好的工程建设管理效果。但是在水利工程中，由于概算定额中没有相关的信息化建设经费概算项目，而且工程建设管理、施工等部门对信息化技术的应用不够重视，水利工程信息化技术的应用还处在一个较为落后的地步，尤其是中小型水利工程，基本上还是按照传统的管理方法进行日常生产管理。水利工程信息化的实施大多也仅落实在水利工程主要水工建筑物的安全监测方面。

水利工程与水电工程在信息化技术应用方面存在较大的区别。与水电工程相比，水利工程有以下几个方面的特点。

(1) 水利工程建设一般是政府行为。水利工程是对自然界的水资源进行控制、治理、调配、保护和开发利用，以达到除害兴利的目的而修建的工程。水利工程类型很多，包括水库工程、排水灌溉工程、水土保持工程、防洪工程等，这些工程是工农业生产和人民生活的重要基础设施，具有明显的社会公益性。因此，水利工程一般都是政府相关水行政主管部门主导其规划、投资、建设及运行管理的。

(2) 水利工程建设一般由国家出资，资金预算要严格按照国家水利工程预算定额编制。水利工程的建设资金，视其公益性大小，一部分来自于国家拨款，一部分来自于所在地区水行政主管部门的自筹。由于水利工程建设具有工程量较大、建设周期较长、涉及面广等特点，投资资金估算的编制需要严格按照国家有关部门颁布的编制定额进行，以保

证工程投资金额的合理、合规及有据可依。

(3) 与水电工程一样,水利工程建设涉及类别较多,有土石方工程、基础处理工程、混凝土工程、金属结构工程等,施工过程管理严格按照国家及行业内颁布的相关规程规范进行。但是与水电工程不同的是,水利工程在其建设施工过程中,根据其工程等级、建设规模等不同,其建设施工全过程要受到不同级别的水利部门建设管理与质量安全监管机构的监管,保证工程建设质量。

(4) 水利工程建设管理单位业务水平参差不齐,对水利工程建设中的质量管理、进度管理、检测管理等方面的控制有限。对于一些大型水利工程,其管理单位一般是由流域机构或省级行政管理机构进行组织的,其相关业务水平较高,对于工程建设过程中的相关质量与进度等问题能够进行有效地把控,但是对于一些中小型水利工程建设,其工程建设管理单位一般是由县级水利部门抽调县里相关水利工作人员组成的,业务水平与工程建设管理经验有限,难以全面把握工程建设中的进度、质量等问题,工程建设管理水平低下。

由上面几点分析可以看出,水利工程建设管理与水电工程建设管理最主要的区别就是水利工程建设管理是政府行为,其建设过程主要受到不同的水行政主管部门的监控与管理,对建设过程中所增加的投资要由水利部门进行严格的调查审核。而水电工程建设是企业行为,其在建设过程的管理相对就灵活得多,只要是能够提高施工质量、加快施工进度,尽快投入运行生产,采用相关的新技术、新方法而引起的投资增加的批复也较水利工程要宽松。因此,信息化技术在水电工程中的应用要较水利工程中宽广得多。水电工程建设管理信息化水平也要较水利工程高很多。

2003 年,水利部正式发布了《全国水利信息化规划(“金水工程”规划)》(水规计〔2003〕456 号)。经过多年的努力,初步形成了由基础设施、业务应用和环境保障组成的水利信息化综合体系,并且建立了全国的水利专网。经过多年的建设,完成了国家防汛指挥系统二期工程的建设,水资源管理、水环境保护、水文监控网络的建设以及水利行业的网络基础设施、电子政务系统和门户网站等的建设。但是对于水利工程建设管理信息化方面的内容涉及很少,工程项目资料的数字化、工程管理的信息化还处于初级发展阶段,特别是在水利工程建设项目管理方面没有发生根本性的改变,大部分管理工作还是采用传统方式,信息的交换与保存仍然还以纸质文件为主。

水利部在 2012 年颁布的《全国水利信息化发展“十二五”规划》(水规计〔2012〕190 号)中,对水利工程建设与管理信息化方面提出了规划:“依托水利工程建设与管理信息系统建设项目,收集和整理各类水利工程设施的基础资料、历史沿革、现状情况,存储和管理在建水利工程的设计方案、技术规范、移民方案以及建管过程,技术专家库,建设与管理的政策法规,建设、施工、监理、咨询等水利工程建设市场主体的资质资格等动态信息,提高水利基本建设、运行维护的管理水平和规范化程度”。其中,对于水利工程运行管理系统方面,主要的规划内容包括工程建设进度管理、工程建设质量与安全工程管理、工程造价管理、工程验收管理、工程建设稽查管理等方面。这几个方面仍是偏向于工程建设过程中宏观的信息采集与管理方面,对工程建设施工过程中产生的与工程建设质量等有重要关系的海量信息的采集、整理、分析、存储、管理等方面尚未涉及,这也是目前水利工程建设中亟待解决的问题之一。

1.2 水利工程建设管理现状

目前,我国水利工程处于一个高速发展的时期。从2011年中央下发1号文件以来,中央高度重视水利改革发展工作,投入加大,水利事业发展也比较快。2011—2013年,全国财政水利资金从3619亿元增加到5099亿元,年均增长19%,3年累计投入13261亿元,占同期全国财政支出的3%。2014年,国家发展和改革委员会审批通过一大批重大水利工程,如新疆阿尔塔什水利枢纽、河南省出山店水库等,为水利工程的发展提供了重要的资金支持。但同时,水利工程建设中的工程施工质量、运行安全及维护的高要求以及工程科学研究对基础资料的需求和依赖等对我国工程建设基本资料的高效管理提出了紧迫的要求。

结合近年来的水利工程建设管理调研可知,我国水利工程建设信息化技术应用工作相对比较落后,目前还处在一个较低的层次。水利工程建设管理目前还主要以纸质文本的人工管理为主,水利工程建设管理现状主要有以下几个方面的特点。

(1) 工程建设中设计、施工和检测资料数量庞大,管理方式落后。

我国基本建设施工管理中的各项检测和运行资料数量极为庞大,通过数据库有效地处理和保存这些数据,可以及时发现施工过程中存在的问题,确保施工质量。

尽管计算机已广泛地进入了工程设计、施工和管理各领域,但在我国目前工程建设中的勘测、设计和检测资料的保存与管理中仍然是纸质载体人工管理模式。资料的管理与保存不仅花费很大的人力和物力,其使用效率也很低。例如,在任何一个大型水利工程中,单就灌浆工程这一项,就有可能超过100万m³,而每米耗水泥量可能达到1~10t。在任何一个承包商的营地,都可以看到数十人在管理着堆满了十几间房间的各种施工原始记录。这样大量的以纸质载体的工程管理资料事实上是无法很好利用的。它很难有效地起到检查工程质量、及时发现和解决问题的作用,它也无法发挥监督工程质量的震慑作用。即便像中国三峡建设管理有限公司和铁道部这样一些处于全国领先水平的数据库系统,在物流、财务等领域可以找到几乎全部的相关资料,而有关工程设计、施工、监理方面的图纸、现场记录和检测的电子信息也是寥寥无几。

(2) 工程建设资料记录、分析和存档缺乏强制性标准,难以实现数字化和信息化。

目前我国工程建设中普遍存在的另一个问题是,存档的施工记录通常是不完整的。施工记录表格由承包商自行编制,缺乏完整性和科学性。例如,某堤防工程的基础处理单元工程中,长达十几公里的堤防灌浆记录从头到尾,几乎是千篇一律的几行字。其最终的竣工表格有几十项检测项目,一律写上“合格”两字。这样的施工记录形同虚设,没有一点用处。造成这一现象,固然与现场人员的技术水平有关,也不排除一些人员故意逃避责任的可能。但是,归根到底,是工程建设管理中没有建立强制性的工程建设资料记录、分析和存档标准。

在工程设计领域,应用常用办公软件来编写报告,进行简单的科学计算,已经是每一个设计人员的日常工作了,但是这些工作是在设计者各自设定的模板和计算表格基础上进行的,是一个从数字转为纸质载体的单向过程。例如,参加每一个大工程的初步设计或可

行性报告审查，每位代表都会收到一箱子纸质报告。如果采用了标准化的办公软件，只需要一张光盘就可以了。但是，由于早先那些报告并不是在标准化的格式和模板下编写的，要将这些纸质文件再一次整编为数字信息输入数据库中存档，这一逆过程通常难以实现。又如，规范虽然对设计计算方法甚至计算公式做出了具体规定，不同的人还是可以按照自己的理解去做计算。经常参加工程设计审查的专家都有一个感觉，报告书上对某一大坝或边坡提供了几十个甚至几百个抗滑稳定安全系数。对于这些数据你是信还是不信？如果在提交每一个安全系数的计算成果的同时，也附上规定格式的相应的 Excel 表格，情况就好多了。

(3) 目前，有些水利工程建立了自己的工程建设与运行管理平台，但是其基本元数据与数据结构缺乏标准依据，很难与其他水利工程的管理平台进行互联互通，数据孤岛现象严重。

在一些大中型的水利工程建设中，工程管理单位为了便于管理，建立了相关的工程建设管理平台，将日常工作中所涉及的质量、进度、投资等相关数据进行了自动或者人工维护，并作为重要的工程建设信息保存在了相应的数据库中。但是由于在建设管理平台建设中缺乏国家、行业性的标准与规范，平台中的元数据与数据结构不具备统一性，因此，不同水利工程建立的工程建设管理平台中的数据很难在平台间进行平滑的交互与共享，信息孤岛现象严重。工程建设中积累下来的许多宝贵数据与经验，很难直接为别的相似工程提供参考与借鉴。平台中水利工程建设信息知识库的作用难以得到有效发挥。

(4) 建设工程建设管理平台的工作尚未纳入我国基本建设行政管理和质量认证体系，管理平台中的数据难以共享，平台的维护和更新缺乏长效机制。

将工程建设的数据以标准化的数字形式保存下来，不是国家规定的一项强制性工作，因此，也难以动用足够的人力和物力付诸实施。一些专业数据库难以获得后续资金的支持。以往各单位以及各项科研项目建设的许多数据库在项目鉴定之日，即是尘封之时，多年不见更新。这些经常遇到的问题，往往使目前各行各业开发的各种数据库在低水平重复，实际上很少真正发挥作用。相当一部分数据库仅仅是用于示范而已。

目前，信息化技术已经渗透到日常生活的方方面面，但是在水利工程建设管理中，重要的工程建设信息的采集、传输、整理、分析及存储的信息化水平还很低，还需要一段较长的路要走。

1.3 水利工程建设管理发展趋势

随着云计算技术、物联网技术、国产高精度定位技术等新技术的发展，数字化、信息化的工程管理系统已在许多基础建设工程中得到推广和应用。在重大工程建设中营建工程建设物联网、云计算与大数据环境是今后工程建设管理的一个重要发展趋势。

综合国内外工程建设管理系统的发展水平与发展趋势，今后水利工程建设管理的发展趋势有以下几个方面。

1.3.1 “互联网+”将成为水利工程建设管理的重要方式

“互联网+”是创新 2.0 下的互联网发展的新业态，是知识社会创新 2.0 推动下的互

联网形态演进及其催生的经济社会发展新形态。“互联网+”是互联网思维的进一步实践成果，推动经济形态不断地发生演变，从而带动社会经济实体的生命力，为改革、创新、发展提供广阔的网络平台。通俗地说，“互联网+”就是“互联网+各个传统行业”，但这并不是简单的两者相加，而是利用信息通信技术以及互联网平台，让互联网与传统行业进行深度融合，创造新的发展生态。

目前水利工程建设管理仍然采用传统的工程管理模式，管理水平较低，信息化技术应用较低。因此，在“互联网+”的发展推动下，水利工程建设管理借助信息化大发展的力量，将会在很大程度上进行建设管理的革新，因此，“互联网+”将成为水利工程建设管理的重要方式。

1.3.2 实时智能监控将成为水利工程施工过程管理的重要趋势

随着物联网技术的不断发展以及物联网技术应用成本的不断下降，物联网技术将越来越多地在水利工程建设管理中得到应用。目前，水利工程中利用传感器进行灌浆施工过程的实时智能化监控已经成为行业规范中规定的要求；利用高精度定位设备进行土石坝碾压施工过程实时监控越来越普遍，相关技术也越来越成熟。随着云计算技术、物联网技术以及大数据技术的进一步发展，实时智能监控技术将为水利工程施工过程的精细化管理提供重要的技术支撑。

1.3.3 大数据分析将为水利工程建设质量评价与动态决策提供重要支撑

信息化技术在水利工程中的应用不断深入，则越来越多的施工信息以标准化、数字化的形式维护到系统中来，不断积累的工程建设信息不仅仅为工程质量评价提供了更多真实有效的数据。另外，对这些施工数据进行深入挖掘，可以为工程建设过程中的动态调整与决策提供重要的信息支撑。因此，信息化技术手段进入水利工程建设管理之后，随着工程建设信息的不断积累，数据挖掘与深入分析将成为水利工程建设中不可或缺的技术手段。

1.3.4 移动远程管理与多维共享将成为水利工程建设管理的发展趋势

随着国内网络环境的不断完善，越来越多的实时视频监控设备、基于物联网的工程施工过程实时监控设备、基于射频技术的施工机械识别设备等都接入了进来，不同方面的工程施工过程监控信息实时接入，为水利工程建设过程的实时全面监控带来了巨大的便利，也使得利用网络技术对工程建设过程进行移动远程的管理变成了现实。因此，在今后的几年中，随着“互联网+”技术的不断深入，水利工程建设移动远程管理将成为工程管理发展的趋势。

另外，随着不同方面的施工信息以标准化、数字化的形式出现，将使得不同类型数据之间开展相关分析成为可能。因此，在以往的工程管理中，看似风马牛不相及的数据，可以通过相关的数据分析，开展异构多源数据挖掘与分析技术进行深入分析，如开展大坝碾压施工过程实时数据与大坝变形监测数据之间的联合分析、开展混凝土坝温度控制信息与大坝变形及裂缝分布信息之间的联合分析等，使系统中的数据能够进行深入挖掘，数据分析结果将为工程质量管理、工程建设进度控制、工程建设投资分析等动态调整与优化提供

重要的基础数据。所以从上述分析可以看出，移动远程与多维共享的水利工程建设管理模式将成为今后一段时间内水利工程建设管理的发展趋势。

(1) 数据库与 Web 技术的结合，管理体系要能够容纳多种数据类型。

早期的数据库系统存储与处理的数据基本上都是数字类型和文字类型的数据，对数据的处理也是一些比较简单的查询与计算操作，但是随着网络与 Web 技术的发展，现在数据库要存储的不仅是静态数据，而且还要存储大量动态产生和变化的信息。数据类型也产生了一些新的变化，数据种类很多，也越来越复杂。除了简单的数字、文字，还有图像、图形与音、视频文件等，包含了更多可供工程质量管理所利用的数据类型。

因此，在基于多数据自动采集与传输技术的基础上，要求建立的工程信息管理系统要能够容纳更多类型的信息格式，实现多模、多维的全面工程建设质量管理，确保工程建设质量。

(2) 实时工程建设信息管理系统架构的建立与发展。

多数据采集与传输的自动化，使工程建设信息能够及时、有效地进入工程管理系统内，这就要求在此基础上建设的工程建设信息管理系统能够具有实时处理这些进入系统的数据。因此，建立实时的工程建设信息管理系统是今后数据管理系统的—个发展趋势。

实时的工程建设信息管理系统，能够对进入工程建设信息管理系统的所有类型数据进行及时有效的甄别、归类、统计、分析，对工程建设过程中可能出现的各种问题及时发现、及时处理，有效控制工程施工质量，为有效降低工程风险以及为工程设计优化等重大工程决策提供强有力的支持。

目前，在我国的一些服务业中所应用的数据管理体系具有较好的实时性，如在图书馆、文献中心以及航空、铁路、旅游等公共服务行业，普通数据库已不能满足快速响应的要求，因此引出了一系列有关实时数据库的研究与发展。随着计算机硬件性能的提高、数据组织与查询优化等方面研究的深入，实时数据库在通信、交通控制、雷达跟踪、空中交通管制、电力调度、电子数据交换与电子商务、证券与股票交易应用领域都得到了很好的应用，发挥了关键的作用，也取得比较好的应用效果。

(3) 工程建设信息管理的网络管理平台的建设。

早期建立的数据管理系统基本上都是单机版的数据库，不同的系统之间很少能够进行数据的交换与共享。随着互联网与 Web 技术的出现与飞速的发展，单机数据库系统无法满足远程用户访问数据库的要求。用户期望能够通过网络对数据库进行访问，几乎所有的应用系统都经历了从单机数据库到网络数据库的转变，数据库的网络化是历史发展的必然结果。

网络环境下数据库的应用，在数据采集传输自动化、数据交换、跨平台的数据共享等方面都会有很大程度的发展，但是随之而来对信息保密与安全控制等方面也提出了许多新的挑战。因此，在物联网快速发展的基础上，建立能够高效、可靠地进行数据传输、处理、共享的网络数据库是支持工程建设健康发展的重要保障。

(4) 对异构数据进行分析也是工程建设信息管理系统的关键技术。

工程建设信息管理系统是一个面向主题的、集成的、相对稳定的、反映历史变化的数据集合，用于支持管理决策。不同于现有的操作型数据库，它是面向分析型数据处理的，

其次是数据仓库要能够对多个异构的数据源按照主题进行有效地集成与重组。为了能够更好地提供在线数据分析与处理服务，通常是要把关系数据库中的数据经过数据抽取、转换与清洗等操作，提取汇总到数据仓库中，用于支持各种数据分析事务。

“网络化、智能化、普适化”是数据库技术发展的重要趋势，研究互联网环境下的信息管理，要建立新一代统一数据管理模型与系统架构。数据库智能化技术包含智能用户接口、智能数据分析技术等内容，而数据库的普适化包括嵌入式数据库、移动数据库及感知数据库等技术。

(5) 支持多个应用对象的信息管理系统。

数据管理系统随着计算机的主机、个人计算机到机群的发展与变化，也出现了集中式、分散式数据库系统再到集中式数据库系统的过程。由于设计开发与应用维护数据库系统是一项比较复杂的工作，数据往往又是一个机构组织核心的资源，因此对数据库系统安全性有很高的要求。出于安全因素与提高管理水平、降低运行维护成本的考虑，许多银行、证券公司、大型企业和一些部委都开始建设本系统的数据中心，采取数据集中与系统管理集中与分布式应用的模式，由数据中心统一提供信息交换与共享的服务，承担安全管理任务。

1.4 本书主要内容

众所周知，水利工程是一项复杂的系统工程。水利工程不仅门类多，建设周期长，一般的水利工程建设期大概需要 10 余年，而且水利工程参与单位众多，包括设计单位、监理单位、建设单位、管理单位等。但是对于水利工程来说，影响其运行安全与效益发挥最大的影响因素，是水利工程建设施工质量，因此，如何加强水利工程建设过程有效的监管是水利投资安全、工程建设安全以及工程运行安全的重要保证。

多年来，水利工程中的建设管理水平低下，基本上还是处于传统的管理模式，对施工过程质量控制与管理，基本上还是采用纸质载体、人工管理的方式。该管理方式效率低下，所积累的工程建设信息难以发挥其应有的作用。随着信息化技术的发展，基于信息化的工程建设管理模式逐步在我国基础工程建设中得到了广泛的应用，但是在水利工程中仍然处于发展比较缓慢的地步。

在国家“十二五”科技支撑项目——“重大水利工程建设信息数字化、标准化关键技术研究”中，开发了水利工程建设管理云平台，并将该系统进行了相关的推广和应用，目前已经在月亮湾水库、双峰寺水库以及出山店水库中得到了应用。本书主要内容就是在总结以往几年的信息化技术应用经验基础上，结合出山店水库工程建设情况，开展了水利工程建设管理信息化技术概况、水利工程建设管理云平台的建设与应用、水利工程施工过程信息采集技术、水利工程建设管理文档信息化技术应用、水利工程施工过程管理物联网技术开发研究以及我国北斗定位技术在大坝填筑碾压施工过程中的应用等方面的应用进行探讨。

第 2 章 水利工程建设管理信息化技术

2.1 信息化技术

2.1.1 概述

21 世纪是信息化、数字化、网络化和知识化的时代，随着信息技术、计算机技术、网络技术的飞速发展，整个社会进入了一个飞速发展的阶段，信息产业逐步成为国家的支柱产业，成为国民经济发展新的增长点，信息化程度已经成为各国综合国力竞争的焦点，成为了评价综合国力的重要标志。“信息化”一词最初起源于日本，是相对于“工业化”概念而提出的。20 世纪 60 年代，世界经济呈现出快速发展态势，但这样的快速发展是以资本的高投入和资源的高消耗为代价的，70 年代，在世界范围内爆发了大规模的石油危机，这次危机推进了由可触摸的物质产品起主导作用向信息产业起主导作用的根本性转变。

各国学者对“信息化”的内涵和外延也进行了深入而细致的研究，从不同的角度进行了概括和阐释，其中也不乏真知灼见，但由于人们的认识角度不同，对“信息化”的理解也不尽一致，但总体对“信息化”内涵的认识基本趋近一致。信息化就是在国家的统一规划和领导下，在国民经济和社会发展的方方面面广泛应用信息、技术，大力开发信息资源，全面提高社会生产力，实现社会形态从工业化社会向信息化社会转化的发展过程。

信息化是综合国力较量的重要因素，是振兴经济、提高工业竞争力、提高人类生活质量的有力手段；信息产业的竞争，以及对开发、利用、占有、控制信息资源的争夺，是国家、跨国公司地位和实力竞争的核心。

信息技术（Information Technology, IT）是主要用于管理和处理信息所采用的各种技术的总称。它主要是应用计算机科学和通信技术来设计、开发、安装以及实施信息系统及应用软件。它也常被称为信息和通信技术（Information and Communications Technology, ICT）。

水利信息技术包括水利信息生产、信息交换、信息传输、信息处理等技术。广义的水利信息活动包括信息的生产、传输、处理等直接的信息活动。首先，水利信息化为一个过程，即“向信息活动转化的过程，向信息技术、信息产业的发展过程和信息基础设施的形成过程”；其次，水利信息化为信息活动能力所具备的一定水平，即水利信息活动的“量”和“质”；第三，水利信息化为水利信息活动能力发挥的效果，信息技术水平、信息工业规模和信息基础设施能力为信息活动服务、为水利现代化建设服务的效果。

现代信息技术的发展为水利工程管理信息化建设提供了强有力的支持。从系统开发技术角度看，水利工程信息化系统（Hydraulic Engineering Information System, HEIS）技

术构架的基本特征如下。

1. 支持软件能力成熟度模型

软件能力成熟度模型 (Capability Maturity Model, CMM) 是目前国际公认的评估软件能力成熟度的行业标准, 可适用于各种规模的软件系统。CMM 软件开发组织按照不同开发水平划分为 Initial (初始化)、Repeatable (可重复)、Defined (已定义)、Managed (已管理) 和 Optimizing (优化中) 5 个级别。CMM 的每一级是按完全相同的结构组成的, 每一级包含了实现这一级目标的若干关键过程域 (Key Procedure Area, KPA)。这些 KPA 指出了系统需要集中力量改进的软件过程。可指导软件开发的整个过程, 大幅度地提高软件的质量和开发人员的工作效率, 满足客户的需求。

2. 跨平台

HEIS 系统支持如 Windows、Window NT、Linux、Solaris、HP-UX、JBMAIX 等平台。对于使用多个不同平台开发的 HEIS 来说, 一个统一、支持多平台的 HEIS 系统是最理想的。

3. 开发并行和串行的版本控制

HEIS 系统支持多用户并行开发, 支持基于 Copy-Modify-Merge (复制-修改-合并) 的并行开发模式和基于 Lock-Unlock-Lock (锁定-解锁-锁定) 的串行开发模式。

4. 支持异地开发

HEIS 系统能够通过同步不同开发地点的存储库支持异地开发, 提供多种同步方式, 如直连网络同步、存储介质同步、文件传输同步 (FTP、E-mail 附件) 等。

5. 备份恢复功能

HEIS 系统自带备份恢复功能, 无需采用第三方的工具, 也无需数据库维护人员开发备份程序。

6. 基于浏览器用户界面

HEIS 系统通过浏览器用户界面浏览所有的项目信息, 如项目的基本信息、项目的历史、项目中的文件、文件不同版本的对比、文件的历史记录、变更请求问题报告的状态等。

7. 图形化用户界面

HEIS 系统提供浏览器用户界面和基于命令行的使用界面, 同时也提供图形化的用户界面。

8. 处理二进制文件

HEIS 系统能够处理文本文件, 还可以管理二进制文件, 而且对于二进制文件也能够实现增量传输、增量存储、节省存储空间、降低对网络环境的要求。

9. 基于 TCP/IP 协议支持不同的 LAN 或 WAN

HEIS 系统的客户端和服务器的程序通过协议通信, 能在任何局域网 (LAN) 或广域网 (WAN) 中正常工作。一旦将文件从服务器上复制到用户自己的机器上, 普通的用户操作无需访问网络, 如编译、删除、移动等。现代的系统应支持脱机工作、移动办公, 无论在什么样的网络环境、操作系统下, 所有客户端程序和服务器端程序都是兼容的。

10. 高效率

HEIS 系统具有一个良好的体系结构,使得它的运行速度很快,把传输的数据量控制到最小,从而节省网络带宽、提高速度。

11. 高可伸缩性

HEIS 系统具有良好的可伸缩性 (Scalability)。随着水利工程建设规模的扩大,HEIS 系统依然能正常工作,HEIS 系统的工作性能不会因为数据的增加而受影响。

12. 高安全性

HEIS 系统能有效防止病毒攻击和网络非法复制,支持身份验证和访问控制,能对项目的权限进行配置。

2.1.2 信息化建设架构

水利是指人类社会为了生存和发展的需要,采取各种措施,对自然界的水和水域进行控制和调配,以防治水旱灾害,开发、利用和保护水资源。其中,用于控制和调配自然界的地表水和地下水,以达到兴利除害目的而修建的工程,称为水利工程。

水利工程按目的或服务对象可分为以下几种。

- (1) 减免洪水灾害、提高土地利用效率的防洪工程。
- (2) 防治旱、涝、渍灾,为农业生产服务的农田水利工程,或称灌溉和排水工程。
- (3) 为工业和生活用水服务,并处理和排除污水和雨水的调水、城镇供水和排水工程。
- (4) 防治水土流失和水质污染,维护生态平衡的水土保持工程和环境水利工程。
- (5) 围海造田,满足工农业生产或交通运输需要的海涂围垦工程。
- (6) 同时为防洪、供水、灌溉、发电、航运等多种目标服务的综合利用水利工程。

水利工程具有以下特点:工作条件复杂、规模大、技术复杂、工期长、投资多;有很强的系统性和综合性,对环境有很大影响;水利工程的效益具有随机性等。上述特点决定了水利工程管理对于水利工程效益的发挥至关重要。

水利工程管理就是在水利工程项目发展周期中,对水利工程所涉及的各项工作的计划、组织、指挥、协调和控制,以达到确保水利工程质量和安全,节省时间和成本,充分发挥水利工程效益的目的。

我国的水利工程信息化建设还处于起步阶段,各工程管理信息系统的建设独立且分散,缺乏整体规范的指导。因此,当前的水利工程管理信息化建设应达到信息系统内部结构的完善与稳定,使信息化建设能满足工程管理业务信息化正常运行的需要。

水利工程信息化建设的直接目标就是实现水利工程的信息化管理。而水利工程信息化

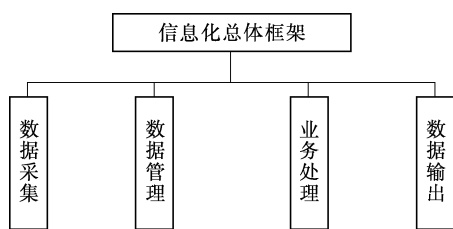


图 2-1 水利工程信息化总体框架

管理就是运用信息理论,采用信息工具,对各种水利工程信息进行获取、存储、分析和应用,进而得到所需的新信息,为水利决策目标服务。

水利工程信息化的总体框架内容包括数据管理、数据管理、业务处理和数据输出方案,如图 2-1 所示。数据采集手段中,有原始数据采集和地图数据采集,数据采集成果有空间数

据、关系型数据和非关系型数据。数据管理包括对空间数据管理和属性数据管理的方法。业务管理包括水利资源管理和监测、工程项目建设管理以及工程信息社会经济环境服务管理等方面。

1. 数据采集

数据采集包括原始数据采集和地图数据采集。原始数据采集主要有：基于数字全站仪、电子经纬仪和电磁波测距仪等地面仪器的野外数据采集；基于 GIS 的数据采集；基于卫星遥感（RS）和数字摄影测量（DPS）等先进技术的数据采集。地图数据采集主要有地图数字化，包括扫描和手绘跟踪数字化。

2. 数据管理

计算机及相关领域技术的发展和融合，为水利空间数据库系统的发展创造了前所未有的条件，以新技术、新方法构造的先进数据库系统正在或将要为水利信息数据库系统带来革命性的变化。

针对不同系统（GIS 或 DBMS），根据系统需求和建设目标，采取不同的数据管理模式。

在数据管理模式实现的基础上，实现数据模型的研制问题，选取合适的数据库模型以方便数据的管理。

尽可能采用成熟的数据库技术，并注意采用先进的技术和手段来解决水利工程信息化过程中的数据管理问题。应用面向对象数据模型使水利空间数据库系统具有更丰富的语义表达能力，并具有模拟和操纵复杂水利空间对象的能力，应用多媒体技术拓宽水利空间数据库系统的应用领域。

在数据库建立的基础上，实现数据挖掘、知识提取、数据应用和系统集成。

数据库主要数据管理模式包括以下几种。

- (1) 独立系统模式。
- (2) 附加系统模式。
- (3) 扩展系统模式。
- (4) 完整系统模式。

3. 业务处理

水利工程项目管理信息化是指将水利工程项目实施过程所发生的情况，如数据、图像、声音等采用有序的、及时的和成批采集的方式加工储存处理，使它们具有可追溯性、可公示性和可传递性的管理方式。以计算机、网络通信、数据库作为技术支撑，对项目整个生命周期中所产生的各种数据进行及时、正确、高效地管理，为项目所涉及各类人员提供必要的高质量的信息。

针对水利工程项目信息化系统在数据、管理、功能等方面的特殊性要求，并结合一般项目管理内容，其业务主要包括以下几项。

- (1) 项目进度管理。
- (2) 项目质量管理。
- (3) 项目资金管理。
- (4) 项目计划管理。