

国家自然科学基金重点项目(编号: 60934009) 资助
水利部公益性行业科研专项项目(编号: 200701022)

中国堤防工程管理信息系统 开发与应用

常向前 沈细中 冷元宝 张彬 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TV871.2

5

中国堤防工程管理信息系统 开发与应用

常向前 沈细中 冷元宝 张彬 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在广泛收集全国七大流域典型堤防工程信息的基础上,提出了全国堤防工程基本数据分类方法与指标体系,初步建立了中国七大流域典型堤防工程管理基础数据库;以 VS.NET 和 ArcGIS Server 技术为平台,结合数据库理论和 WebGIS 关键技术,设计了遵循 MVC 模式的 WebGIS 模型,开发了中国堤防工程管理信息系统;建立了中国堤防工程管理网站,加快了中国堤防工程管理信息的共享进程;预留了实时监测、安全评价、防汛预警、专用分析等模块的二次开发接口,便于系统后续开发与利用。编制了详细、易用、便于推广的系统用户使用方法。

本书可供从事堤防工程管理的工程技术人员阅读参考,也可作为相关领域高校师生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

中国堤防工程管理信息系统开发与应用 / 常向前等
编著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-5170-1711-0

I. ①中… II. ①常… III. ①堤防—工程管理—管理
信息系统—研究—中国 IV. ①TV871.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第018220号

书 名	中国堤防工程管理信息系统开发与应用
作 者	常向前 沈细中 冷元宝 张彬 等 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 (发行部)
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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写人员名单

主 编	常向前	黄河水利委员会黄河水利科学研究院
	沈细中	黄河水利委员会黄河水利科学研究院
	冷元宝	黄河水利委员会黄河水利科学研究院
	张 彬	中国地质大学 (北京)

编写人员	常向前	沈细中	冷元宝	张 彬	张俊霞
	兰 雁	张 敏	张 慧	毕明宇	张建伟
	杨小平	马卫东	李 莉	李海晓	郑 军
	孟献颖	王笑冰	郝伯瑾	李 娜	杨文丽
	王坤昂	陈 永	刘巍巍	刘 佳	李利青
	解家毕				

前言

堤防工程是防御洪水最有效的一种措施。我国堤防工程建设的历史长达2000多年。截至2009年,我国现有河道堤防工程28.69万km。这些堤防工程在国民经济及社会发展中产生了巨大的效益。随着社会的发展,堤防工程保护区内经济发展迅猛,尤其是1998年洪水以后,堤防工程的安全性越来越引起全社会的关注。堤防工程作为河流治理的重要措施之一,在水利工程中拥有举足轻重的地位。随着社会的发展,堤防工程在水利中的突出地位会不断加强。目前我国已建堤防工程中,病险堤防工程数量多、分布面广、威胁范围大、病险问题复杂,垮堤事故时有发生。为了充分发挥全国各流域堤防工程防汛抢险作用,为洪水调度决策提供数据依据,结合先进的信息化管理技术,开发中国堤防工程管理信息系统尤为必要。

流域堤防工程管理从信息化方面,可分为4个阶段:第一阶段是传统管理阶段,其特点是利用传统的技术手段,结合人工方法对堤防工程进行管理,其信息管理的机构形式是机械、具体和分散的,其特点是机械+人工操作;第二阶段是设备开发及新技术应用阶段,是利用传统的测试和监测设备,结合电子技术和计算机技术,对传统的信息收集手段进行改造,其特点是机械+人工操作+电子技术;第三阶段是计算机管理模拟阶段,在堤防工程管理所涉及的有关方面进行计算机编程和管理,开发应用软件和模拟、仿真尝试,其特点是机械+人工干预+电子技术+计算机技术+分散独立的应用;第四阶段是网络技术及仿真技术阶段,随着计算机技术及网络技术的发展,在堤防工程管理所涉及的有关方面进行计算机数据整合、编程计算、模拟仿真,开发应用软件和模拟、仿真尝试,其特点是机械+人工干预+电子技术+计算机技术+通信技术+仿真+网络整合+系统应用。堤防工程管理信息化处

在由第三阶段向第四阶段的过渡期。基于 ArcGIS 的堤防工程管理信息系统的建设,提升了我国堤防工程的信息化管理水平,为我国堤防工程建设与管理提供了科学、系统、可视化的分析与决策管理工具,为我国堤防工程防汛抢险提供技术平台。

本书在广泛收集全国七大流域典型堤防工程信息的基础上,建立了全国堤防工程基本数据指标分类体系与方法,以 VS.NET 和 ArcGIS Server 技术为平台,结合数据库理论和 WebGIS 关键技术,设计了遵循 MVC 模式的 WebGIS 模型,开发了“中国堤防工程管理信息系统”,并编制了详细、易于接受、便于推广的系统用户使用方法,预留了实时监测、安全评价、防汛预警、专用分析等模块的二次开发接口,便于系统后续开发与利用。

全书共分 9 章,第 1 章总结了堤防工程及其管理信息系统的发展现状;第 2 章介绍了我国七大流域堤防工程的基本情况;第 3 章系统介绍了我国七大流域典型堤防工程的调查情况;第 4 章总结了堤防工程管理信息系统的总体设计及系统开发的关键技术;第 5 章介绍了系统综合数据库的设计及关键技术;第 6、7 章介绍了堤防工程管理信息系统的主要特点和具体操作说明;第 8 章对中国堤防工程管理网站的主要特点和基本功能进行了详细的介绍;第 9 章对全书进行了概括与总结。

本书合著完成,黄河水利科学研究院常向前、冷元宝编写第 1 章;黄河水利科学研究院孟献颖、王笑冰、杨小平、马卫东、李莉、李海晓、郑军、陈永、刘巍巍,长江科学院河流研究所张慧等编写第 2 章、第 3 章;华北水利水电大学张建伟,黄河水利科学研究院郝伯瑾、李娜、王坤昂,中国水利水电科学研究院解家毕等编写第 4 章;中国地质大学(北京)张彬、毕明宇、刘佳、李利青等编写第 5 章;黄河水利科学研究院张俊霞、杨文丽等编写第 6 章;黄河水利科学研究院兰雁、张敏编写第 7 章;黄河水利科学研究院张俊霞、杨文丽编写第 8 章;黄河水利科学研究院沈细中编写第 9 章。编写过程中,得到了水利部建设与管理司河湖处、长江水利委员会、黄河水利委员会、海河水利委员会、漳卫南管理局、黑龙江省水利厅、哈尔滨市水利局、江苏省水利厅、江苏省吴江市水利局、安徽省水利厅、安徽省淮北堤防工程管理局、湖北省长江河道管理局、湖北省荆州市长江河道管理局、广东省水利厅、广东省北江流域管理局等单位以及匡少涛、崔建中、张军、平达、郑在州、罗伯明、王九方、吴永林、陈冬桥、黄发晖、黄尧、陈小春等同志的全力支持。参考并引用了相关流域与工程的规划、勘测、设计与管理等资料;引用了国内外大量专家学者的科技成果。本书得到了国家自然科学基金重点项目

(编号: 60934009)、水利部公益性行业科研专项项目 (编号: 200701022)、国家自然科学基金青年基金项目 (编号: 40902086) 经费的资助, 在此一并表示最诚挚的谢意。

限于我们的水平和经验, 本书的不妥之处, 敬请读者批评指正, 相关意见与建议请发电子邮件至 shenxz@126.com。

编者

2013年9月

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 新中国成立以来我国堤防工程的发展现状	1
1.2 地理信息系统发展现状	2
1.3 GIS 在水利中的应用现状	4
1.4 堤防工程管理系统建设现状	5
2 中国七大流域堤防工程概况	9
2.1 长江流域堤防工程	9
2.2 黄河流域堤防工程	14
2.3 海河流域堤防工程	24
2.4 淮河流域堤防工程	30
2.5 珠江流域堤防工程	34
2.6 松辽流域堤防工程	37
2.7 太湖流域堤防工程	41
3 中国七大流域典型堤防工程	45
3.1 典型堤防工程调查的目的与意义	45
3.2 七大流域典型堤防工程调查表格设计	46
3.3 中国七大流域典型堤防工程的选取	54
3.4 中国七大流域典型堤防工程	55
4 系统总体设计与开发技术	137
4.1 系统需求分析	137
4.2 系统总体架构设计	140
4.3 WebGIS 技术基础	146
4.4 数据库	149
4.5 基于 ArcGIS Server 的企业级 GIS 系统及开发	154
5 数据库设计及关键技术研究	157
5.1 数据库分类及标准规范总则	157
5.2 数据库设计依据及关键技术	159
5.3 数据库逻辑结构设计与空间数据库组织设计	160

5.4	数据库安全设计	163
5.5	基础地理数据库表结构及编码说明	164
5.6	工程管理数据库表结构及编码说明	165
5.7	险情数据库表结构及编码说明	169
5.8	图形、图片及空间数据转换关键技术研究	184
6	系统介绍	189
6.1	系统概述	189
6.2	系统功能	189
6.3	系统主要界面	190
6.4	系统特点	196
6.5	数据规模及硬件基本配置	196
7	系统操作方法	198
7.1	系统安装配置指南	198
7.2	WebGIS 操作指南	203
7.3	数据库操作	209
7.4	用户管理	213
7.5	出错处理	217
8	中国堤防工程管理网站建设	219
8.1	网站概述	219
8.2	网站的组成及基本功能	220
8.3	网站体系结构	220
8.4	网站主要界面	222
8.5	网站特点和目标	231
9	结语	233
	参考文献	236

1 绪 论

1.1 新中国成立以来我国堤防工程的发展现状

新中国成立后大规模的堤防工程建设取得了举世瞩目的伟大成就。黄河下游先后 3 次加高培厚堤防工程,堤防工程普遍加高 2~6m,开展了放淤固堤、河道整治。长江对 中下游堤防工程进行了全面整修和加固,重点加高加固了荆江堤防工程(也称荆江大堤)、同马无为堤防工程(也称同马无为大堤)、武汉市堤防工程等。此外,还修建了汉江堤防工程(也称汉江大堤)、淮北堤防工程(也称淮北大堤)、洪泽湖堤防工程(也称洪泽湖大堤)、北江堤防工程(也称北江大堤)、永定河堤防工程(也称永定河大堤)等重要堤防工程。1998 年长江、松花江、珠江发生大洪水后,根据党中央、国务院的部署,加快了以大江大河堤防工程加固为重点的防洪工程建设,水利部的统计资料表明这期间共加固、新建堤防工程 3 万 km,完成堤防工程断面达标长度 1.6 万 km,其中大江大河干支流 1、2 级重要堤防工程达标长度达 1 万多 km。长江中下游堤防工程达标长度为 6100km,占设计长度的一半以上,黄河下游 1400km 堤防工程全面加高加宽,松辽流域完成 1、2 级堤防工程断面达标长度达到 1840km,占需达标长度的 46%。治淮、治太工程建设进展顺利,珠江、海河等其他河流的治理工作也相应加快。重点海堤加固达标长度为 6000 多 km,占需达标长度的 44%。截至 2000 年年底,全国共新建、整修、加固堤防工程 27 万多 km。

1.1.1 堤防工程建设规划

我国七大江河湖泊堤防工程建设的目标和规划如下^[1]:

长江:长江全长 6300 余 km,流域面积 180 万 km²,多年平均年入海水量约 9960 亿 m³,是我国第一大河。1954 年洪水中宜昌站洪峰流量为 6.68 万 m³/s。以防御 1954 年洪水为目标,重点进行中下游防洪工程建设,保障沿江大中城市和主要保护区的防洪安全。抓紧完成长江中下游干流 1、2 级堤防工程的加高加固、基础防渗、填塘固基、穿堤建筑物加固等工程建设,使长江干流堤防工程全面达标,基本完成洞庭湖、鄱阳湖等重点圩堤的达标建设。

黄河:黄河全长 5464km,流域面积 79.5 万 km²,多年平均流量为 1774.5m³/s,全河多年平均年径流量为 580 亿 m³,是我国第二大河流。以防御 1958 年洪水为目标,当花园口站洪峰流量达到 2.2 万 m³/s 时可确保下游防洪安全。下游堤防工程进行加高加固和淤背,加强中下游险工段控导工程建设。

淮河:淮河干流全长为 1000km,总落差达 196m,流域面积为 27 万 km²。以防御 1954 年洪水为目标,将洪泽湖堤防工程(也称洪泽湖大堤)、中游淮北堤防工程(也称淮

北大堤)等重要堤防工程的防洪标准提高到 100 年一遇,沂沭泗河中下游河道防洪标准达到 20 年一遇~50 年一遇。

海河:海河是我国华北地区流入渤海诸河的总称,干流全长 1050km,流域总面积为 31.82 万 km^2 。以防御南系 1963 年洪水、北系 1939 年洪水、滦河水系 1962 年洪水为目标,确保北京市、天津市等特大城市及重要基础设施的防洪安全,以加高加固堤防工程为重点。

松花江、嫩江:松花江流域东西长为 920km,南北宽为 1070km,流域面积为 55.68 万 km^2 。嫩江是松花江的北源,干流全长 1370km,流域面积为 29.7 万 km^2 。堤防工程建设目标和规划是重点堤段达到 50 年一遇、一般堤段达到 20 年一遇防洪标准。以第二松花江干流的 1、2 级堤防工程建设为重点。

辽河:辽河流域面积为 21.9 万 km^2 ,河长为 1390km,干流自然落差达 1200m。堤防工程建设目标和规划为重点堤段达到 50 年一遇防洪标准,一般堤段达到 20 年一遇防洪标准。以加高加固辽干、东西辽河的骨干堤防工程为重点。

珠江:珠江流域是一个复合的流域,由西江、东江、北江、三角洲诸河四大水系组成。珠江全长 2214km,流域面积为 45.37 万 km^2 ,其中我国境内面积为 44.21 万 km^2 。以防御 1915 年洪水为目标,加强江、海堤防工程建设,珠江重要堤段和三角洲地区要求达到 100 年一遇以上防洪标准。

太湖:太湖流域现有水域面积在 0.5 km^2 以上的大小湖泊 189 个,水域总面积为 3158.97 km^2 ,湖泊率为 8.6%。以防御 50 年一遇流域性洪水为近期治理目标,在全面完成太湖治理一期工程建设基础上,完善环湖堤防工程(也称环湖大堤)建设,针对太湖流域 1996 年、1999 年发生的大洪水和特大洪水,研究开展太湖治理二期工程建设,进一步提高流域防洪能力。

1.1.2 截至 2009 年中国堤防工程统计

新中国成立 60 年来,国家先后投入上万亿元资金用于水利建设,水利工程规模和数量跃居世界前列,水利工程体系初步形成,江河治理成效显著。据水利部建管司河湖处统计,目前,长江、黄河干流重点堤防工程建设基本达标,治淮 19 项骨干工程基本完工,太湖防洪工程(也称太湖大堤)体系基本形成,其他主要江河干流堤防工程建设明显加快。截至 2009 年,全国已建成各类水库 8.6 万多座,堤防工程长度 28.69 万 km。新中国成立 60 年来七大流域堤防工程统计见表 1.1。

1.2 地理信息系统发展现状

地理信息系统(Geographic Information System,简称 GIS)有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”,它是一种特定的十分重要的空间信息系统^[2]。它是在计算机硬、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。以时间发展为序列,可分为四个阶段:20 世纪 60 年代是起始发展阶段,20 世纪 70 年代是发展巩固阶段,20 世纪 80 年代是推广应用阶段,20 世纪 90 年代是蓬勃发展阶段。

表 1.1 新中国成立 60 年来七大流域堤防工程统计一览表

新中国成立以来 60 年来七大流域堤防工程统计一览表											单位: km
流域分区代码		松花江 流域	海河 流域	黄河 流域	淮河 流域	长江 流域	珠江 流域	太湖 流域	辽河 流域	合计	
全部堤防工程总长度		16678.65	33596.93	14847.90	62400.26	55427.50	18124.84	17031.46	23489.73	286896.47	
按堤防工程管理的隶属关系分	流域直管堤防工程长度		2372.91	1731.94	2553.69	139.29	86.00	5.80	109.00	7482.62	
	省直管堤防工程长度	326.24	2929.93	448.38	2679.93	2742.10	57.34	1342.17	1612.34	13063.15	
	地、市、县(区)直管堤防工程长度	13556.96	23473.93	11410.04	29585.60	32973.00	12849.59	7805.39	17399.73	174806.78	
	其他堤防工程长度	2795.45	4820.16	1257.55	27581.04	19573.10	5131.92	7878.10	4368.66	91543.92	
	河(江)堤长度	16260.87	32724.29	14578.67	36811.24	40495.80	13481.78	3659.74	22675.44	218485.93	
按堤防工程所处位置分	湖堤长度	62.80	129.00	172.92	2312.46	4279.76	419.74	462.05		8041.17	
	海堤长度		459.76		1602.21	172.09	3252.91	644.81	814.29	13129.88	
	圩垸、围堤长度	354.98	283.88	96.31	21674.35	10479.80	970.42	12264.89		47239.49	
	1 级堤防工程长度	141.19	1293.56	1506.32	1901.40	1536.53	420.24	1352.47	291.41	8852.83	
	2 级堤防工程长度	1660.65	4422.58	1347.03	4647.42	5281.79	1834.43	1280.84	1921.19	25329.94	
按堤防工程等级分	3 级堤防工程长度	1806.84	4433.31	1530.57	13140.54	5503.39	2713.02	2427.86	2459.66	41176.30	
	其他等级堤防工程长度	13069.97	23447.48	10463.98	42710.90	43105.80	13157.15	11970.29	18817.47	211537.40	
	水行政主管部门主管	14642.13	31703.53	13734.48	54039.67	42719.10	14259.63	12350.62	20387.93	237368.06	
	其他单位主管	2036.52	1893.40	1113.42	8360.59	12708.30	3865.22	4680.84	3101.80	49528.41	
	累计达标堤防工程长度	8244.93	6837.08	3890.09	28249.62	19259.10	6075.88	13752.08	8257.18	112836.87	
按堤防工程主管单位分	1 级堤防工程长度	67.19	445.76	906.44	1259.77	1122.83	382.98	1219.57	237.45	6007.62	
	2 级堤防工程长度	1284.96	2036.48	317.93	3875.20	4622.22	1838.25	1192.97	1792.86	19301.43	
	3 级堤防工程长度	782.06	1320.65	525.60	6380.50	2534.82	1635.69	2282.63	1396.50	21186.43	
	其他等级堤防工程长度	6110.72	3034.19	2140.08	16734.15	10979.20	2218.96	9056.91	4830.37	66341.39	
	全部堤防工程保护人口	2711.83	5825.99	9338.95	12569.31	10304.40	3728.55	2034.78	2213.16	57289.34	
全部堤防工程保护耕地		3587.11	5372.57	9494.22	11406.99	5489.58	1323.57	881.10	2439.29	45711.55	

注 资料来源于水利部建管司河湖处。

世界上第一个地理信息系统是1963年由加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 提出并建立的,称为加拿大地理信息系统 (GIS),主要用于自然资源的管理和规划。20 世纪 70 年代,由于计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存储设备的使用,促进了 GIS 朝实用的方向发展,不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统在世界各地纷纷付诸研制,美国、加拿大、英国、德国、瑞典和日本等国对 GIS 的研究均投入了大量人力、物力和财力。1970—1976 年,美国地质调查局研发了 50 多个地理信息系统,用于获取和处理地质、地理、地形和水资源信息;1974 年日本国土地理院开始建立数字国土信息系统,存储、处理和检索测量数据、航空相片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息;瑞典在中央、区域和城市三级建立了许多信息系统,如土地测量信息系统、斯德哥尔摩地理信息系统、城市规划信息系统等。20 世纪 80 年代, GIS 逐步走向成熟,并在全世界范围内全面推广,应用领域不断扩大,并与卫星遥感技术结合,开始应用于全球性的问题,如全球变化和全球沙漠化监测,全球可居住区评价,厄尔尼诺现象、酸雨、核扩散及核废料监测等^[3]。

我国在这这方面的工作最早始于 20 世纪 80 年代,尽管起步较晚,但发展较快。GIS 在中国的发展可分为三个阶段。第一阶段,1970—1980 年为准备阶段,主要进行舆论准备,正式提出倡议,开始组建队伍,培训人才,组织个别实验研究。机助制图和遥感应用,为 GIS 的研制和应用做了技术上和理论上的准备。第二阶段,1981—1985 年为起步阶段,完成了技术引进、数据规范和标准的研究、空间数据库的建立、数据处理和分析算法及应用软件的开发等,对 GIS 进行了理论探索和区域性的实验研究。在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上,建成了 1:100 万国土基础信息系统和全国土地信息系统,1:400 万全国资源和环境信息系统,1:250 万水土保持信息系统。第三阶段,1986 年到现在为初步发展阶段,我国 GIS 的研究和应用进入有组织、有计划、有目标的阶段,逐步建立了不同层次、不同规模的组织机构、研究中心和实验室。

1.3 GIS 在水利中的应用现状

GIS 在水利中的应用主要体现在三个方面:防洪减灾、水资源管理和水利工程信息管理。GIS 在防洪减灾方面的应用主要包括防汛决策支持系统或信息管理系统的平台、灾后的灾情评估、洪涝灾害风险分析与区划、城市防洪;GIS 在水资源管理方面的应用主要包括 GIS 在水环境和水土保持方面的应用;GIS 在水利工程信息管理方面的应用主要包括堤防工程管理信息系统的建设、大坝安全监测等^[4-9]。GIS 在我国水利水电工程建设和管理中的应用实例如下。

1. 长江水利工程建设与管理信息系统

长江水利工程建设与管理信息系统规划要达到的总目标:建立长江流域水利工程基础数据库,并在此基础上建设长江水利工程建设与管理信息系统;存储有关各类水利工程设施的历史资料和工程运行管理数据;存储和管理在建水利工程设计方案、技术规范以及进度控制、质量管理、招标活动、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；对工程建设的项目法人、勘测设计单位、监理单位、咨询机构、施工单位和水利工程运行管理单位进行动态管理，提高水利基本建设和运行管理单位的管理水平和规范化程度；为全面掌握水利工程建设管理和水利工程运行管理的动态信息提供技术保障；为各级领导依法行政，提供决策支持。

2. 治理深圳河信息管理系统

治理深圳河信息管理系统，借助地理信息系统强大的空间查询分析功能，在深圳河各期地形图、施工设计图的基础上，构建深圳河空间数据库，并根据空间数据库数据提供工程计算功能；在治理深圳河办公室原水文自动测报系统数据的基础上，提供水文数据整编、查询功能；利用文档跟踪管理工程变更、工程质量、工程投资情况，实现工程管理的功能；文件管理系统对治理深圳河办公室各方面的文档文件实现分类、统一管理，更加清晰、方便、快捷。

3. 三峡工程项目建设管理系统

三峡建设总公司通过中国水力发电工程学会新技术研究中心与加拿大阿波罗科技集团合作，成功地开发了“三峡临时船闸及其上下游航道空间分析和查询系统”。作为“三峡工程空间信息查询与分析系统”的先期项目和重要组成部分，“三峡临时船闸及其上下游航道空间分析和查询系统”是信息可视化和 GIS 技术在三峡管理中的成功应用。它基于加拿大阿波罗科技集团的 TITAN GIS 地理信息系统软件开发平台、LYNX 二维模型空间分析和可视化系统，将数据转换为图形。利用图形、图像，可以迅速地提供工程概貌和有关工程信息，反映出错综复杂的关系，直观且信息丰富。使管理者和工程师能观察到它们所关心和所研究的对象，从而指导工程实践。

4. 河南省水利管理信息系统

王建武、陈永华等人对 GIS 与水利信息化的结合应用研究，开发出了一套河南省水利管理信息系统。主要有基于 B/S 体系的水利工程规划计划管理系统、基于 B/S 体系的水利工程建设管理系统、基于 B/S 体系的水利工程辅助政务管理系统等。

1.4 堤防工程管理系统建设现状

综观国际现代化河流（流域）堤防工程管理，其历史并不久远，可追溯至计算机技术普及应用的 20 世纪 80 年代初期，近则到 20 世纪 90 年代中期。一些发达国家的流域堤防工程管理从数字化、建模、系统仿真，到虚拟现实还不到 30 年间。在这个不长的历史阶段，现代科学技术在水利上的应用发生了突飞猛进的变化，流域堤防工程管理的观念发生了根本的改变，尽管世界各国河流的自然条件千差万别，但实现流域堤防工程管理信息化，是世界各国发展和追求的共同目标，也是当今社会进步发展的强烈需求。^[10-13]

流域堤防工程管理信息化水平与社会进步相适应，工程管理从信息化方面，可分为 4 个阶段（见表 1.2）。

表 1.2 流域堤防工程管理信息化的发展阶段^[12]

阶段划分	流域堤防工程管理	主 要 特 点
第一阶段	传统管理阶段	利用传统的技术手段,结合人工方法对堤防工程进行管理,其信息管理的形式是机械的、具体的和分散的。其表现特点:机械+人工操作
第二阶段	设备开发及新技术应用	利用传统的测试和监测设备,结合电子技术和计算机技术,对传统收集信息的手段进行改造、开发,以适应河流监测的需要。其表现特点:机械+人工操作+电子技术
第三阶段	计算机管理模拟阶段	随着计算机技术的发展,在堤防工程管理所涉及的有关方面进行计算机编程和管理,开发应用软件和模拟、仿真尝试。其表现特点:机械+人工干预+电子技术+计算机技术+分散的独立的应用
第四阶段	网络技术及仿真技术阶段	随着计算机技术及网络技术的发展,在堤防工程管理所涉及的有关方面进行计算机数据整合、编程计算、模拟仿真,开发应用软件和模拟、仿真尝试。其表现特点:机械+人工干预+电子技术+计算机技术+通讯技术+仿真+网络整合+系统应用

国外早在 20 世纪 60 年代就已经开始对堤防工程监测数据进行集中处理。发达国家已充分利用现代信息技术建立了较为完善的大坝群安全监控系统,尤其意大利、葡萄牙、西班牙、法国等在堤防工程安全监测方面有长期的应用实践,在国际上也有较大影响。同时堤防工程安全分析评价和日常管理也越来越借助远程网络实现,通过监控中心分析评价模型和专家诊断系统可在网上对各堤防工程进行分析评价和异常诊断,并提出决策方案。日本悻川上于 1969 年开发的堤防工程信息系统,实现了对 3 个梯级电站的无人值班,3 座大坝的数据送到东京统一进行处理。美国最为重视堤防工程监测数据的集中处理。20 世纪 90 年代,美国垦务局所属的 225 座大坝的数据通过电话、卫星通信、计算机通信等方式传送到丹佛市的工程和研究中心进行处理。

欧洲其他一些国家一般都采用集中处理监测数据的方式。例如奥地利和格洛克纳—卡普伦梯级开发工程共 5 座大坝,监测数据均传递到卡普伦监控中心进行集中处理。法国虽然比较强调人工观测,但数据处理则集中进行。法国电力公司的 150 座大坝的数据都集中到格勒诺布计算中心,分别由各地区观测中心进行处理,其中图鲁兹地区观测中心负责多座大坝的数据处理。

早在 20 世纪 80 年代初意大利就推崇包括采集在内的全自动化的堤防工程安全监测系统,他们研制了在线计算机辅助监测系统 MAMS,在一些大坝上实现了数据自动采集和在线监控,并利用其著名的存储和处理系统 MIDAS 进行离线管理。2000 年,意大利 ISIDE 中心建立了堤防工程综合信息管理系统,实现对大坝的在线监控,确保管理中心与各大坝通过卫星实现实时连接。此外,意大利国家电力局和贝格莫模型及结构试验研究所合作开发了自动采集观测数据、计算机处理和存储以及不同干预方法的快速分析等功能的自动化系统。该系统在意大利全国有 8 个地区设立二级管理中心,将信息统一到米兰研究中心,该中心配置较大规模的计算机系统,建立了全国性的计算机网络。

因特网的出现, 带给了人们很大的变革。利用 Internet 技术进行堤防工程安全信息交流和传输的工作正在蓬勃发展。国外已经涌现了许多与堤防工程安全相关的网站, 实现了信息的实时查询, 且具有信息量大、便于查询等特点。

20 世纪 90 年代以后, 我国开始重视堤防工程安全监测自动化, 南京水利科学研究院和南京电力自动化研究院等开发了分布式土石坝安全监测数据采集系统, 能实现数据自动采集、数字量传输和资料整理的自动化, 首先设置在新疆最大的水库克孜尔水库, 实现了大坝安全实时监测自动化, 目前已陆续应用于其他一些工程。河海大学于 20 世纪 90 年代中期结合龙羊峡电站完成了《大坝安全综合评价专家系统》, 它将定量分析与定性分析结合起来, 初步探索通过大坝的监测资料分析统计和评价, 实时掌握大坝工作状态的可能性。1997 年, 我国水利部大坝安全管理中心开发了“水库大坝注册登记系统”, 该系统基于 Foxpro 环境, 是采用单机数据库管理的桌面系统。

2001 年, 南京水利科学研究院承担的《土石坝安全监测分析评价预报系统》通过了国家电力公司的验收。该系统建立了堤防工程安全监测的数据库系统, 实现了土石坝所有原始文档归档管理, 对所有原型观测考证资料、监测资料的整编与管理; 建立了土石坝安全监测的分析/算法系统; 建立了土石坝安全检测的图形/图表系统, 实现了安全检测资料的图形化处理; 建立了土石坝安全检测综合分析系统, 还建立了土石坝安全检测预测预报系统。

2002 年水利部大坝安全管理中心开始开发堤防工程安全管理信息系统, 于 2003 年通过项目验收, 该项目的目的是探索堤防工程基本资料数据库建设及网络化信息发布的技术途径, 成果包括基于 C/S 的数据库管理和基于 B/S 方式的信息发布, 其 Web Server 为 Apache, 网络数据库采用 Oracle8i。我国部分水库已经实现了大坝安全监测系统自动化、大坝安全管理信息自动化和水情测报系统自动化。例如, 广西水库管理信息系统于 2004 年 6 月初步建成并开始数据录入及系统测试, 到 2004 年 9 月正式投入使用, 包括全广西归水利系统管理的已注册的 4326 大中小型水库, 该系统以先进的 GIS 技术、计算机网络技术、数据库技术为基础, 以空间信息和水库信息为核心, 将水库信息和空间信息有机关联, 对水库信息进行有效管理和综合分析, 通过强大的信息处理功能, 使得查询及分析结果以地图、文本、图表及多媒体的方式可视化、直观、生动地显示出来; 湖南省益阳市计算机网络完成了对市水利局机关、局直属单位的综合布线, 配备了网络交换机和网络服务器, 开通了基于 Internet 的局域网, 不仅能通过专线上联湖南省防汛抗旱指挥部内网, 而且能接入互联网信息资源, 建设初见成效; 2005 年 5 月, 吉林省新立城水库局在原有堤防工程安全监测自动化系统的基础上, 在原有基础上对系统进行更新改造, 更新改造后的堤防工程信息系统实现了数据的实时观测、实时分析、实时输出等功能; 东风水库建设了由信息采集系统、计算机网络系统和决策支持系统组成的水库信息管理系统; 大明湖水库大坝实现自动化监控系统 Web 集成, 屏蔽了异构平台的差异, 将各独立子系统集中到一个统一的网络平台, 实现资源共享和 Internet 下的操作; 这些系统的建设和更新为我们建设全国的堤防工程基本资料信息系统提供了经验, 但是这些系统一般仅仅实现了一个、几个或者一个局部范围内水库的信息管理, 资源无法统一, 而且各系统建设的标准和内容也不相同, 对实现水库大坝信息的统一管理、分析带来了不便, 无法满足水利信息化、现代化管理的

需求。

基于 Web 的堤防工程基本资料管理系统, 建成覆盖全国水利系统的水利信息网络, 全面开发水利信息资源, 全面提供准确、及时、有效的信息服务不仅可以满足各级决策和管理部门的需要, 也可以促进水利信息化建设, 提高堤防工程信息的管理水平。