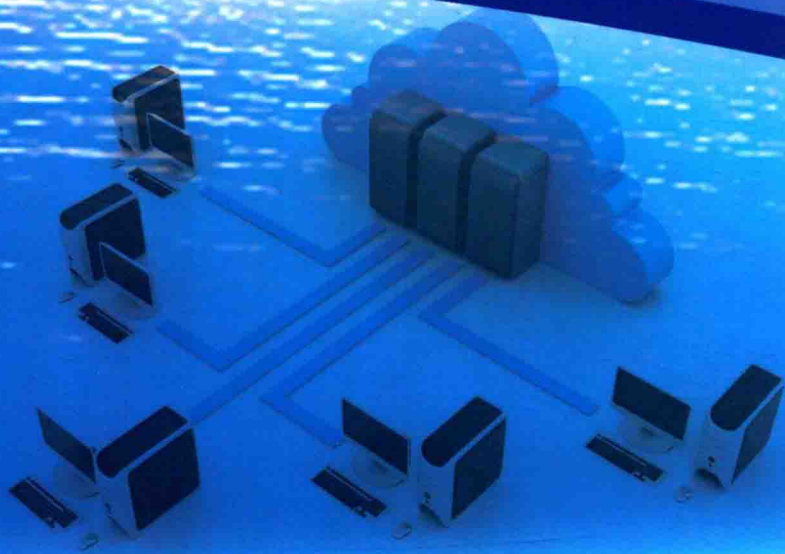


水利专业软件 云服务平台关键技术 研究与实践

缪纶 王冠华 陈煜 王志璋 江新兰 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利专业软件 云服务平台关键技术 研究与实践

缪纶 王冠华 陈煜 王志璋 江新兰 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书针对我国水利专业软件研发所面临的问题,提出了将水利专业软件与云计算技术相结合的方法,借助云计算这种新的基于互联网、面向大众的服务计算模式,建立面向全行业的水利专业软件云服务平台,阐述了水利专业软件云服务平台的特点、体系架构、关键技术、安全保障体系、运维管理体系等。以标准化为前提,改进水利专业软件开发模式和运维管理模式,以推动水利专业软件健康、可持续发展,更好地为水利信息化和水利现代化提供技术保障和决策支撑。

本书可供从事水利专业软件的设计、管理、科研工作者使用,也可作为大专院校师生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水利专业软件云服务平台关键技术研究与实践 / 缪纶等著. — 北京:中国水利水电出版社, 2016.1
ISBN 978-7-5170-4100-9

I. ①水… II. ①缪… III. ①水利工程—应用软件—研究 IV. ①TV-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第022001号

书 名	水利专业软件云服务平台关键技术研究与实践
作 者	缪纶 王冠华 陈煜 王志璋 江新兰 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	北京京华虎彩印刷有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 12.5印张 180千字
版 次	2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷
印 数	001—500册
定 价	49.00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

前言

水是生命之源、生产之要、生态之基。兴水利、除水害，事关人类生存、经济发展、社会进步，历来是治国安邦的大事。自 2011 年中央下发一号文件以来，中央高度重视水利改革发展工作，水利事业呈高速发展态势。

水利信息化支撑水利现代化已成为一种趋势，近年来，为了满足水利信息化发展需求，国内很多科研、设计、生产单位花费巨资，从国外引进了大量水利科研、勘测、设计等专业软件，同时也自主研发了一大批科技含量高、具有世界先进水平的水利专业软件，取得了良好的应用效果。但是在软件资源共享、推广应用、系统整合和产业化等方面还存在诸多问题。云计算是信息技术发展到一定阶段的必然结果。光通信、移动通信、微电子技术，以及网络科学的快速发展，为人类社会迈向信息社会奠定了科学技术基础，同时，以此为基础而催生的云计算技术与生俱来就具有互联互通、知识共享、协同工作等特点。因而，将水利专业软件与云计算技术紧密地结合在一起，不仅可以有效地解决水利专业软件发展所面临的难题，同时也为水利现代化开拓新的思路、探索新的机制提供了良好的借鉴与参考。

近两年，水利部先后组织开展了“重大水利工程建设

信息数字化标准化专项技术开发研究”“基于云服务的水利方针计算系统生成平台”等重大科研项目的研发工作，本书以这两个课题研究成果为基础编写而成，主要包括提出了将水利专业软件与云计算技术相结合的方法，借助云计算这种新的基于互联网、面向大众的服务模式，建立面向全行业的水利专业软件云服务平台，阐述了水利专业软件云服务平台的特点、体系架构、关键技术、安全保障体系、运维管理体系等。以标准化为前提，改进水利专业软件开发模式和运维管理模式，以推动水利专业软件健康、可持续发展，更好地为水利信息化和现代化提供技术保障和决策支撑。

在本书编写过程中，得到了中国水利水电科学研究院信息中心、岩土工程研究所、泥沙研究所，以及天津大学等单位的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏欠妥之处，敬请广大读者批评指正。

作者

2015年11月

目 录

前言

第 1 章 水利专业软件	1
1.1 水利专业软件概述	1
1.1.1 水利专业软件定义	1
1.1.2 水利专业软件特点	1
1.1.3 水利专业软件分类	3
1.2 水利专业软件开发与应用现状	4
1.2.1 国外引进水利专业软件现状	5
1.2.2 国内自主开发水利专业软件现状	11
1.3 水利专业软件发展存在的问题	19
1.4 水利专业软件发展的建议	23
第 2 章 云计算	27
2.1 云计算发展历史和现状	27
2.2 云计算的概念和特点	28
2.3 云计算模式	30
2.3.1 软件即服务	30
2.3.2 平台即服务	31
2.3.3 基础设施即服务	31
2.4 云计算体系结构	32
2.5 云计算技术	34
2.5.1 Map/Reduce	34
2.5.2 资源管理平台	34

2.5.3 虚拟化	35
2.6 云计算的部署方式	35
2.7 云计算的优势	36
第3章 水利专业软件云服务平台	39
3.1 水利行业云计算技术现状与趋势	39
3.1.1 国内水利行业云计算技术应用现状	39
3.1.2 云技术在水利行业的发展趋势	45
3.2 水利专业软件云服务平台设计理念	46
3.2.1 云计算与水利专业软件	47
3.2.2 水利专业软件云服务平台技术理念	48
3.3 水利专业软件云服务平台框架	51
3.3.1 水利专业软件平台与水利业务系统的关系	51
3.3.2 水利专业软件云服务平台功能分析	52
3.3.3 水利专业软件云服务平台总体框架	56
第4章 平台建设关键技术	61
4.1 虚拟化	61
4.1.1 虚拟化的多重实现方式	62
4.1.2 主流虚拟化技术概述	65
4.1.3 水利专业软件云服务平台虚拟化实践	71
4.2 云平台安全	75
4.2.1 云计算安全挑战	75
4.2.2 通用云计算平台安全风险分析	76
4.2.3 云安全研究	83
4.2.4 水利专业软件云服务平台安全风险分析	87
4.2.5 水利专业软件云服务平台安全保障要求	88
4.2.6 水利专业软件云服务平台安全保障原则	96
4.2.7 平台安全保障技术	99
4.2.8 数据资源安全保障技术	102
4.2.9 软件资源安全保障技术	102

4.3 水利模型标准化技术研究	104
4.3.1 分类体系及命名规范	105
4.3.2 模型间数据交互规范	108
第5章 水利专业软件云服务平台实现	111
5.1 水利专业软件云服务平台软件架构	111
5.2 水利专业软件云服务平台 IaaS 层	114
5.3 水利专业软件云服务平台 PaaS 层	119
5.3.1 模型库	120
5.3.2 任务运行及调度	128
5.4 水利专业软件云服务平台 SaaS 层	133
5.4.1 面向服务的体系结构	135
5.4.2 SaaS 层服务簇	136
第6章 水利专业软件云服务平台运维管理	139
6.1 云平台与传统平台的差异	139
6.1.1 架构方式的不同	140
6.1.2 服务方式的不同	143
6.1.3 运维内容的不同	145
6.1.4 审计框架的不同	147
6.2 云平台运维的挑战	149
6.2.1 IT 运维发展的进程	149
6.2.2 IT 运维过程中的常见问题	150
6.2.3 IT 运维相关的标准和最佳实践	152
6.2.4 云平台运维面临的挑战	164
6.3 水利专业软件云平台运维管理实践	165
6.3.1 云计算环境下的运维特征	165
6.3.2 云平台运维管理框架	166
6.3.3 “四合院”运维管理布局	168
6.3.4 云平台运维管理工作方式	169

第7章 水利专业软件云服务平台应用发展	171
7.1 云计算给水利专业软件发展所带来的变化	172
7.1.1 水利专业软件标准化的促进	172
7.1.2 水利专业软件研发模式的转变	175
7.1.3 水利专业软件推广模式的转变	177
7.1.4 水利专业软件研发人才培养	179
7.2 水利专业软件云服务平台应用发展的几点建议	180
7.2.1 加强建设配套支持体系	181
7.2.2 公共服务体系的进一步完善	183
7.2.3 软件成熟度评价体系的探索	184
7.2.4 软件市场化开发机制的引导	186
参考文献	188

第 1 章

水利专业软件

1.1 水利专业软件概述

1.1.1 水利专业软件定义

根据我国当前治水的新思路，传统水利正朝着现代水利、可持续水利的方向发展。以水利信息化带动和促进水利的现代化，是水利现代化进程中的重要举措，也是水利现代化的基础和重要标志。随着计算机和通信网络技术的飞速发展，以此为核心的信息技术正加速与水利行业相互渗透与融合，推动着水利信息化建设的发展。在水利信息化的建设过程中，涌现出许多具有水利专业特色的软件系统和软件产品，这些水利专业软件是水利信息化的灵魂，水利专业软件的使用不仅提高了工作效率，而且改变了水利行业传统的工作模式，在支撑水利信息化建设、服务水利工程建设和管理等方面发挥着重要作用。

因此，有必要对水利专业软件进行明确定义，在这里，水利专业软件是指在水利行业内使用的、具有水利专业特性的计算机软件。水利专业软件的研发目标要满足水利专业需求，研发过程要采用水利专业特有的分析计算模型和技术标准。

1.1.2 水利专业软件特点

水利行业有其自身的特殊性与复杂性，涉及面宽，专业众多，水利专业软件的开发和应用有其自身特点。

1. 作为专业性应用软件，水利专业软件的开发难度大、投入大

由于水利专业软件属于典型的跨学科综合应用，需具备水利专业和计算机专业两个学科知识。一方面，水利专业人员虽然熟悉水利计算模型，而计算机专业知识匮乏，难以编写出系统级的水利专业软件；另一方面，熟悉计算机编程的程序员，由于不懂水利专业技术，也写不出像样的专业应用程序。因此，要开发具有较高科研和应用价值，并且能够实现商品化的水利专业软件，必须要投入较大的人力、物力、财力。

2. 水利专业软件开发的风险大、失败率高

由于水利专业软件应用领域的局限性，导致其用户群很有限，因此并不能像操作系统软件、字典软件、办公软件、字处理软件等通用软件，有庞大的用户群可以很快收回开发成本。因此，多数软件企业很少有胆量投入此类软件的开发，许多用于实践的水利专业软件，基本上是专业技术人员自行开发，自编自用，很少能形成规模化的商品。

3. 水利专业软件开发缺乏标准规范

由于水利行业的复杂性，很多相关标准无法制定和完善，导致开发水利专业软件时，没有标准和规范可循，因此，水利专业软件分散重复开发现象严重，同类软件中对相同参数的定义和使用也不尽相同，同时其操作应用的复杂性也千差万别。软件的系统性、兼容性、可扩展性和用户界面方面都不尽如人意，难以推广和形成可持续利用的产品化成果。

因此，长期以来，我国水利专业软件主要呈现以下特点：

- (1) 水利专业模型水平高，软件水平低。
- (2) 水利专业软件成果多，推广应用少。
- (3) 软件研究开发周期长，使用生命期短。
- (4) 软件研发项目规模大，软件开发团队小。
- (5) 软件个性化学术性强，标准化、市场化弱。

1.1.3 水利专业软件分类

水利专业软件用于水利行业管理、工程管理以及规划设计等方面,涉及面广,软件本身也是千差万别,但大体可以有以下几种分类形式。

1. 按照水利专业分类

根据水利行业标准的学科分类体系,可以将水利专业软件分为以下几类:

(1) 水文水资源类软件。水文水资源类软件主要是用来模拟及分析计算流域(区域)内降雨、蒸发、产汇流、地表水与地下水交互作用、水量供需平衡、水资源优化配置等相关问题的软件。

(2) 水力学及河流动力学软件。水力学及河流动力学软件主要是用来模拟和分析计算水流流动、泥沙输移及运动的软件。

(3) 水环境软件。水环境软件主要是用来模拟和分析计算污染物在地表水体或地下水体中的迁移、运动和转化的软件。

(4) 防汛抗旱软件。防汛抗旱软件主要是用来分析水情、工情和旱情,为洪水预警、防洪调度、抗旱管理等提供决策支持的软件。

(5) 节水灌溉软件。节水灌溉软件主要是用来进行农田节水灌溉设计与技术分析、农田水利规划、中低产田治理和牧区水利高效利用的软件。

(6) 水工结构软件。水工结构软件主要是用来进行水利工程建筑物结构设计、水利工程稳定性分析的软件。

(7) 水土保持软件。水土保持软件主要是用来进行水土流失监测、预防、综合治理及信息管理等的软件。

2. 按照水利专业序列分类

根据水利行业标准的专业序列分类,水利专业软件大致可分为规划类、建设类、管理类。

(1) 规划类软件。规划类软件主要是用来为编制水利规划(包括水资源规划、防洪规划、水土保持规划等)和水利工程规划提供技术

支持的软件。

(2) 建设类软件。建设类软件主要是用来为水利工程的设计、建设、施工和工程管理提供支持的软件。具体包括：为工程勘察设计提供分析计算和成图的勘测软件；用于水利工程（大坝、堤防、引水工程、排水工程、污水处理工程等）设计计算的软件；用于水利工程施工预算、施工组织管理等的施工软件；用于水利工程运行监控、水情测报、工情测报、大坝安全监测、机电设备自动化监控等的工程建设软件。

(3) 管理类软件。管理类软件主要是根据水利部门业务管理的逻辑规则编写的，用来为水利业务管理提供支持的软件，以提高水利部门业务管理效率和效能，例如：防汛指挥系统、水资源管理系统、水利电子政务系统、水土保持监测系统等。

3. 按照软件的研发模式分类

根据水利专业软件的研发模式不同，可将其分为精英软件和群体软件两大类。

(1) 精英软件。精英软件主要是指由在专业领域里具有较高知名度的专家领衔研发，具有完全自主知识产权，在行业中受到广泛认可，其精确性在实际应用中获得验证的专业软件。

(2) 群体软件。群体软件主要是指开发过程从封闭到开放，开发人员从精英到大众，开发组织从公司到社团，开发模式从商业到共享的大众参与研发的专业软件。

1.2 水利专业软件开发与应用现状

近年来，为了满足水利信息化的发展需求，国内水利相关部门一方面通过自主研发，取得了一批科技含量高、具有世界先进水平的水利专业软件；另一方面，通过国际交流与合作，国内很多科研、设计和生产单位斥巨资，从国外引进了一些用于科研、勘测、设计等的水利专业软件。水利专业软件的应用，为推动我国水利信息化进程发挥

了重要作用。

1.2.1 国外引进水利专业软件现状

经过几十年的研究与发展,国外水利科研与软件研发机构凭借其不断创新的水利专业技术方法,雄厚的软件开发实力,以及持续的投入,逐渐形成了一大批在国际上有影响力的水利专业软件,其中,我国引进且应用较为广泛的主要有以下几种。

1. HEC 系列软件

HEC(水文工程中心)隶属于美国陆军工程兵团(United States Army Corps of Engineers)水资源机构,专门从事工程水文水力学研究,涉及的研究领域包括地表水文、河道水力、泥沙运动、水文统计、风险分析、水库系统分析、实时水资源控制和管理及其他相关技术研究。HEC 系列模型软件经过大量工程验证,现已成为国际上最为有名的工程水文水力学软件之一。

HEC 早期的模型都是基于 DOS 平台,包括 HEC-1(流域水文计算)、HEC-2(河道水力计算)、HEC-3(水库系统分析)、HEC-4(流速随机生成程序)、HEC-5(洪水控制及守恒模拟)和 HEC-6(一维河道输沙演算模型)等。后期版本则是基于 Windows 或其他平台开发的,具有更好的用户操作界面,主要包括用于计算降雨径流的 HEC-HMS 模型,河道水力分析的 HEC-RAS 模型,洪水破坏分析的 HEC-FDA 模型,水库群运行管理的 HEC-ResSim 模型,数据存储系统 HEC-DSS 等。随着地理信息系统(GIS)的发展,HEC 研究中心与美国环境研究所系统公司(ESRI)合作开发了 HEC-GeoHMS 和 HEC-GeoRAS 扩展模块,用于数字高程模型 DEM 和数字地形模型 DTM 的处理,生成地理空间数据。

在工程实际应用中,运用范围比较广泛的是 RAS 模型和 HMS 模型及其相关模块。

HEC-RAS 是针对一维恒定(非恒定)流的水力模型,主要用于明渠河道流动分析和洪泛平原区域的确定,可以对单个河段、树枝

状河网系统或环状河网系统进行模拟。模型所得结果主要用于洪水区域管理及洪水安全研究分析,用以评价洪水淹没区域的范围及危害程度。

HEC-HMS 是流域洪水预报模型,主要用于树状流域降雨-径流过程的模拟。它根据 DEM 将流域划分成若干网格单元或自然子流域,计算每一个单元(子流域)的产流量,汇流包括坡面汇流和河道汇流,最后演算至流域出口断面。模型充分考虑了流域下垫面和气候因素的时空变异性,对于洪水模拟精度的提高具有显著效果。HEC-HMS 可以直接或与其他模型结合应用于洪水预报、城市管网排水研究、水库调度、减灾分析等实际工作中。

2. MIKE 系列软件

MIKE 系列软件由丹麦水力研究所(Danish Hydraulic Institute, DHI)开发,是实现水资源综合管理的一个软件工具包,主要应用于水资源、水利工程、水动力、生态与环境化学等领域。软件的功能涉及范围:降雨、产流、河流、城市、河口、近海、深海,从一维到三维,从水动力到水环境和生态系统,从流域大范围水资源评估和管理到单个区域的地下水与地表水联合调度等。

运用比较广泛的主要包括以下 3 个软件模块:

(1) MIKE BASIN 是应用于流域或区域的水资源综合规划和管理工具。软件基于 GIS 平台,采用数学模型解决流域的地表水产汇计算、地下水资源的计算与评价、流域水环境状况分析等具体问题。该软件可对流域复杂的水资源计算和多目标开发利用、水环境保护、工程规划制订等专项研究提供有效工具。基本模型包括水量平衡模型、水文分析模型、地下水模型、综合水质模型、水库调度模型和水量分配模型等。

(2) MIKE11 是一维河道、河网综合模拟软件,主要用于河口、河流、灌溉系统和其他内陆水域的水文学、水力学、水质和泥沙传输模拟,在防汛洪水预报、水资源水量水质管理、水利工程规划设计论证等领域均可广泛应用。主要包括水动力学模块(HD)、降雨径流模

块 (RR)、对流扩散模块 (AD)、水质模块 (WQ)、泥沙输运模块 (ST)、LOAD 污染负荷计算模块、EcoLab 水质模块、MIKE11 GIS 模块、洪水预报模块 (FF)、溃坝分析模块 (DB)、富营养化模块 (EU)、重金属分析模块 (WQHM) 等。

(3) MIKE21 是专业的二维自由水面流动模拟系统软件包, 适用于湖泊、河口、海湾和海岸地区的水力及其相关现象的平面二维仿真模拟, 主要用于河口、河流、海洋、水库等地表水体流动、波浪、水环境变化、泥沙运移等问题的研究。主要包括前后处理模块 (PP)、水动力学模块 (HD)、水质和环境评价模块 (AD、WQ、EU、HM)、泥沙传输模块 (ST、PA、MT)、波浪模块 (OSW、NSW、BW、EMS 和 PMS) 等。

3. Delft 系列软件

Delft 系列软件由荷兰 Delft 水力研究院开发, 主要用于水流模拟分析。其中, 在我国应用较多的主要包括 Delft3D 和 SOBEK。

Delft3D 是一个关于水流和水质的软件包, 它根据生成的网格和网格节点上的水深文件, 通过对应的模块来计算相应水流问题。Delft3D 软件以 flow 模型为核心, 其他模型都在 flow 模型上扩展和构形。Delft3D 软件可以生成网格和网格节点上的水深, 计算模块包括三维水流计算、波浪、水质、生态、泥沙输送和地形演变等模块, 借此完成水环境、水生态、地形演变、泥沙输送等方面的研究。

SOBEK 软件是一个管理河流、城市、乡村的综合软件包, 主要用来做河流水质模拟分析, 以及水环境的治理和管理。SOBEK 软件具有基于 GIS 的用户图形界面, 包括一维流、二维坡面漫流、降雨径流及一维地貌、一维水质和实时控制模拟等模型。其中, 水动力一维、二维、三维模拟引擎是其计算内核, 软件系统具备开放过程库和开放式模型公共接口 (OpenMI)。针对不同管理对象, SOBEK 软件分为 3 个相似体系的水资源管理产品: ① SOBEK - River, 可以进行单一或复杂河流和河口的设计, 模拟水流、水质、河流形态变化以及

河口和其他类型冲淤网状（分叉的或环状）水道，由水流、水质、沉积物运移、形态学和盐的侵蚀 5 个单元所组成；②SOBEK - Rural，专门应用于地区水域管理的工具，在作物经济灌溉定额确定、沟渠自动控制、水库运转和水质控制中有广泛应用；③SOBEK - Urban，可以提供解决排水堵塞、街道漫流和排水管道溢出污水等问题的有效措施，由水流、降雨径流和时间控制 3 个单元组成。3 个产品各有特定的用户界面，每个产品都是由模拟水系特定方面的模块所组成，可以独立或综合地对这些模块进行管理，模块间的数据自动（逐序）或同时传递以推动物质间的相互作用。

4. Wallingford 系列软件

Wallingford 系列软件由英国 Wallingford 软件公司开发，该公司致力于水利、市政、环境工程等专业软件开发，其中，应用于我国水利行业的专业软件主要包括 InfoWorks RS、FloodWorks 等软件产品。InfoWorks RS 和 FloodWorks 软件包含有关河道、漫滩、堤防以及水工建筑涉及的水力学模拟计算，同时也提供了基于事件和概念性水文模型的流域降水-径流模拟，如溶雪模型、降雨径流模型、汇流模型等。软件具有图形化操作与动态显示运行结果等先进管理理念及附属工具，通过地理平面视图、剖面视图、总断面、表格及逐时变化图表等进行所有模型数据的交互，与 MapInfo Professional 和 ArcView GIS 无缝连接，可容易地将 GIS 软件生成的地理数据转化为 InfoWorks RS 和 FloodWorks 模型数据。

InfoWorks RS 内嵌了先进的 ISIS 水力模拟引擎、图形分析功能和关系数据库，能很容易地将测量数据和时间序列进行整合，可快速准确地模拟河流系统。InfoWorks RS 可模拟降雨径流，明渠、滞洪区、堤坝和复杂水工结构及调度。计算成果具有丰富的表现形式，包括地理背景下的动态演示，纵断面、横断面视图以及利用图、表的成果分析报告。

FloodWorks 是一个集成了数据采集系统和降雨径流模型、汇流模型、水动力模型、雪融模型等多种水文模型的实时预报调度决策