

海绵城市

面向过程管控的海绵城市平台设计思路

吕红亮^{1,2}, 熊林², 周霞², 于德森², 张全²

(1. 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875; 2. 中规院<北京>规划设计公司, 北京 100044)

摘要: 通过梳理海绵城市规划建设运营管理过程中出现的设计与规划脱节、施工与设计不符、运营期无法实现设计效果等问题, 指出海绵城市建设的全过程管理除各关键节点外, 还应包括各阶段的相互衔接, 从而识别工作实践对海绵城市管理平台的具体需求。为此基于 B/S (Browser/Service) 架构提出海绵城市管理平台“分系统设计、分用户权限、分片区监管、分阶段实现”的总体设计思路。通过案例实践说明各子系统设计流程及相互关系、各用户权限及操作方式, 以为海绵城市规划、建设、管理的统筹、绩效评价和考核提供支持, 为海绵城市建设 PPP 项目按效付费以及 LID 设施建设运营管理提供经验数据。同时, 提出未来海绵城市规划设计一体化审查与调度体系、建设与运营的预决策整合体系构建设想。指出了中尺度模型应用、标准化流程是未来进一步提高智慧管理、智能调度的技术关键。

关键词: 海绵城市; 低影响开发; 年径流总量控制率; B/S; 监管平台

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)16-0001-08

Design Ideas of Sponge City Platform Oriented to Process Management and Control

LÜ Hong-liang^{1,2}, XIONG Lin², ZHOU Xia², YU De-miao², ZHANG Quan²

(1. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. CAUPD Planning & Design Consultants Co., Beijing 100044, China)

Abstract: The present manuscript summarized the comprehensive problems of disintegration between design and planning, the incompatibility between construction and design, and the failed realization of the design effect in the process of sponge city planning construction operation management. It was pointed out that the key points in the whole process management should include the interconnection between each stage in the construction of sponge city besides the key nodes. As a result, the specific requirements of the work practice for the sponge city management platform could be identified. Based on the B/S (Browser/Service) architecture, the overall design idea of the sponge city management platform for “sub-system design, sub-user authority, fragmentation area supervision, and phased implementation” was proposed. According to the case practice, the design process and the relationship of each subsystem as well as the operating rights and modes of each user were explained, which could provide the support

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07106001); 中国城市规划设计研究院科技创新基金资助项目(C-201732)

for planning, construction, overall management, evaluation and the assessment of the performance for the sponge city. Meanwhile, the explanation offered the experience data for the construction of the PPP project and the construction and management of the LID facilities in the sponge city. Moreover, the paper demonstrated the idea of integration review and scheduling system, construction and operation of the pre-decision integration system for the future sponge city planning and design. It was pointed out both the application of the mesoscale model and the standardization process played the important technological role on improving the smart management and intelligent scheduling in the future.

Key words: sponge city; low impact development; volume capture ratio of annual rainfall; B/S; regulatory platform

随着我国海绵城市建设的深入开展,监测与信息化管控平台作为国家试点城市海绵城市建设中考评核心内容之一显得极为重要,而来自规划、建设、运营过程的实际需求也日趋迫切:既要真实、连续的过程数据为基础,构建可评估、可追溯的海绵城市信息化管控平台,用来支撑试点区海绵城市建设监管、运维管理、考核评估,客观反映海绵城市建设后水生态、水环境、水资源和水安全改善效果;还需要通过实时数据和系统分析进行动态综合管理,提高程序性管理效率,使海绵城市建设、管理过程更加便捷,提高城市管理和服务水平,并及时发现运行风险及问题。从海绵城市规划建设管理实际需求出发,在 Windows 环境下,采用 B/S 架构设计并实现了海绵城市信息化管理平台,集中管理了海绵城市建设全过程相关信息,为管理者进行决策提供了数据支持和结果预判。

1 需求分析

1.1 作用要求

海绵城市监测与管理信息平台是管理海绵城市建设信息、采集海绵城市运行参数、评估海绵城市建设效果的信息化集成系统,是管控海绵城市建设过程、考核海绵城市建设指标的重要工具。平台建设需求分析如下:

① 为海绵城市规划、建设、管理的统筹提供支持。2015 年国务院办公厅出台的《关于推进海绵城市建设的指导意见》提出,要抓好组织落实,要把海绵城市建设提上重要日程,完善工作机制,统筹规划建设,抓紧启动实施,增强海绵城市建设的整体性和系统性,做到“规划一张图、建设一盘棋、管理一张网”。然而,在海绵城市建设实践中,普遍存在规划与设计脱节、施工与设计不符、模型预测效果在设施运营期失灵等问题。因此,建设海绵城市监测与管

理信息平台,是统筹海绵城市规划、建设、管理的重要手段。

② 为海绵城市建设绩效评价与考核提供支持。绩效评价与考核评估是科学全面评价海绵城市建设成效必不可少的环节。根据住建部《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》和《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),海绵城市建设绩效评价与考核大量数据需要通过监测获取,并通过平台进行数据甄别和计算。

③ 为海绵城市建设 PPP 项目按效付费提供支撑。通过监测与管理信息平台,可以监控项目的建设进度和建设质量,采取现场监测、模型评估等方式,为项目按效付费机制提供支撑。

④ 为海绵城市 LID 设施建设运营提供经验数据。通过监测与管理信息平台监测试点区内典型 LID 设施的进出水水量和水质,可以获取年径流总量控制率、污染物去除率等关键参数,探索适合本底条件的 LID 设施组合模式及参数设定,为海绵城市 LID 设施的建设运营管理提供经验^[1]。

1.2 业务需求

监测与管理信息平台是海绵城市建设非工程措施的重要内容,是海绵城市建设日常管理、辅助决策、绩效考核体系的核心业务部分。

平台可针对海绵城市项目建设、工程验收直至片区终验阶段,以指标监测、项目建设进度管理为核心,跟踪各项目推进业务流程与节点目标,实施海绵城市规划、规范、审批、建设、验收、评价业务的一体化管理,将国家《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》明确的六大类 18 项指标相关的工程、非工程工作业务放在一个信息化平台上管理和开展绩效评估。

海绵城市监管平台建设的具体业务需求包括建

设管理、项目管理、设计审查、数据监测、绩效考核、PPP考核、仿真模拟、文件检索、平台维护、公众参与等十个方面,使用对象涉及各地海绵城市建设办公室及其成员单位、PPP项目公司、项目建设业主、总体咨询服务商等多个部门和单位。通过平台的功能模块组织、工作业务流程设计使其在一体化的环境下运转,并体现各管理维度的关联逻辑、业务边界,满足各部门实际的业务需求。

1.3 功能需求

结合地方海绵城市监测与管理信息平台的建设业务需求分析,确定平台功能定位为以下六方面:

① 建设过程管理。对海绵城市申报、规划设计、施工建设、评审审查等各阶段的各类文档资料,以及会议纪要、音频视频图片资料等进行分类别管理,实现海绵城市建设的全过程管理。

② 建设项目监控。对试点区所有海绵城市建设项目的立项、施工图设计、建设施工、竣工验收等建设进度实施全流程监控。

③ 监测信息采集。根据监测设计方案,对各类监测信息进行采集。在线监测信息实时采集,离线监测信息及时入库汇总。

④ 建设效果评估。整合专业数学模型,对雨水径流总量控制、雨水径流污染控制等进行模拟评估,可以针对试点区、排水分区、建设项目、LID单体设施等进行多层次评估。

⑤ 公众参与反馈。汇总海绵城市建设过程中公众参与提供的文字及多媒体信息,进行综合评估,并反馈给相关人员,为海绵城市建设效果评估提供第一手资料。

⑥ 部门决策支持。预留信息服务接口,与相关部门的管理系统实现信息交互畅通,促进各部门联动协调,为相关部门决策提供支持。

1.4 技术需求

其他技术需求包括数据需求、性能需求、安全需求等,可结合业务需求在各技术环节予以明确。

2 系统建设目标

2.1 系统目标

在分析整理业务需求与功能需求的基础上,海绵城市监测与管理信息平台通过形成建设管理、指标监测、仿真模拟和海绵城市网站及公众与部门反馈4个子系统,实现海绵城市各个监测网络的信息化管理。

2.2 业务目标

① 通过建设管理子系统,实现平台对各类海绵城市建设项目的全生命周期综合信息管理。以项目进度管理为核心,以项目信息管理为重点,将项目(包括PPP项目)可研、规划、设计、建设、评估、验收、运营等各阶段的标志性节点、成果与任务作为管理对象和事项^[2]。

② 通过平台的建设管理子系统、海绵城市网站及公众与部门反馈子系统,优化数据库管理和系统设计,建立海绵城市建设各管理维度的关联逻辑,与各部门实现信息共享,将与考核指标相关的工程、非工程工作事项在一个平台上体现,实现海绵城市规划、建设、管理的一体化统筹,建立海绵城市的公众参与渠道。

③ 通过平台的指标监测子系统,可对海绵城市建设的河道、排水分区、建设项目等各类指标进行监测和集中展示,并建立完备的监测资料和文档资料、开展指标测算和仿真模拟、绩效评价,实现试点区有效、完备的指标监测,为海绵城市建设绩效评价与考核、PPP项目按效付费提供支持。

④ 通过平台的指标监测子系统和仿真模拟子系统,获取典型海绵设施的运行参数,对海绵城市建设效果进行在线或离线评估,为探索本地海绵设施最优组合模式及参数设定提供数据支撑。在运维监管阶段,可利用监测体系集聚的日常排水管网、相关水工程系统的运营维护在线数据资源,优化海绵城市建设智慧运维监管体系。

2.3 技术目标

① 资源采集与共享。海绵城市监测与管理信息平台建设首要考虑的是在资源共享方面,可以充分利用住建、城管、气象等部门管理平台现有软硬件技术、数据和设备,实现加快系统平台建设进度、控制项目投资成本要求。

② 易用性。在保证软件功能的前提下,软件设计要符合不同的人群需求,特别是终端操作软件的设计,应具有人性化的界面效果,方便实用的查询功能,高效便捷的操作方式。

③ 硬件性能。服务器配置需16 G以上内存,共5台服务器,网络需20 M以上带宽,且需开放最少4个网络端口,其中一个端口用来发布web服务,一个端口用来第三方对接,另外两个用于双采集服务程序。

④ 平台性能。平台系统设计基于 B/S 架构,应可支撑 100 个用户并发量,满足安全性考虑下的管理、维护功能,程序启动时间需控制在 3 s 内,响应时间控制在 2 s 内。同时,应保证数据库内部数据量级别达到百万时,仍有较快的查询响应时间。此外,考虑到目前城市居民使用手机的 APP 参与,则可通过增加负载均衡服务器实现更加广泛的公众参与。

⑤ 安全性。由于整个海绵城市监测与管理信息平台建设所涉及的数据属于政府各部门内部资料,并具有高精度的空间地理信息、完善的项目信息。这些数据的安全性至关重要,因此,系统平台的

建设技术目标应具有安全性^[3]。系统管理与维护人员、技术审查用户、材料申报用户享有不同权限,合法用户须按系统中自身注册的权限规定登陆、操作,而公众参与和系统管理则分属不同服务器。

⑥ 易维护。管理维护系统作为系统管理和维护的支撑,基于国际领先的 GIS 平台和消息中间件进行构建,从而保证系统具有极强的可维护性和可定制性。

3 系统结构设计

根据需求分析和目标要求,采用 B/S (Browser/Service)^[4] 结构设计的管理系统平台总体框架如图 1 所示。

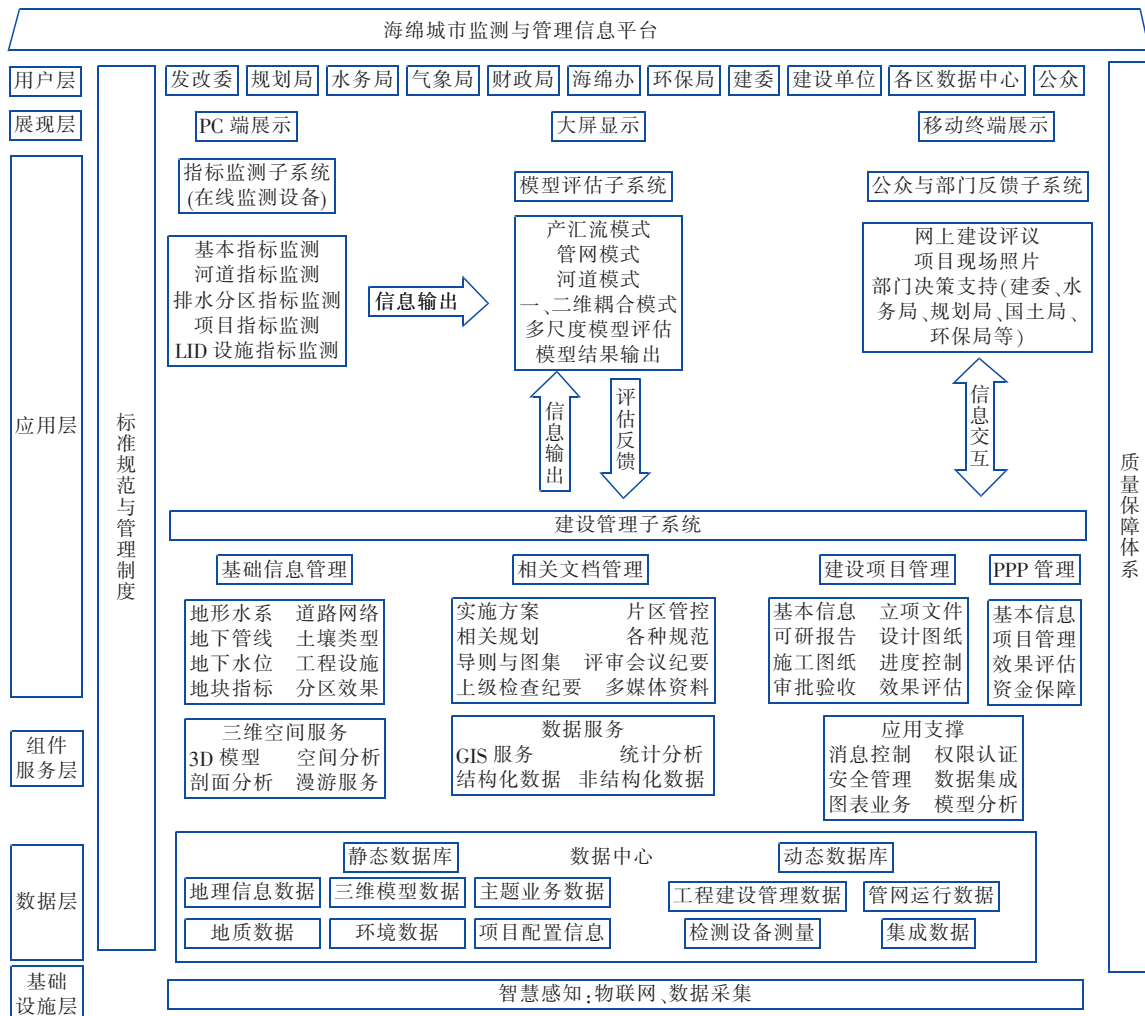


图1 系统总体框架

Fig. 1 System overall framework

系统采用多层开放式架构,整个系统建立在完善的标准规范体系和信息安全体系基础上,自下而上构筑了基础设施层、数据层、组件服务层、应用层、

展现层和用户层,各层都以其下层提供的服务为基础,基础设施层是平台运行的物质基础。平台涉及的网络主要包括党政机关计算机专用网络、移动通

信网、互联网等。平台涉及的硬件主要包括服务器与存储备份系统、大屏幕、机房及监控中心系统等。

① 数据层。数据层是系统数据存储和管理的中心,由静态数据库和动态数据库组成。包括地理信息数据、三维仿真数据、主题业务数据、地质数据、环境信息、项目配置信息、工程建设管理数据、实时监测数据、集成数据等。

② 组件服务层。组件服务层包括三维空间服务、数据服务及应用支撑三大模块,具体包括3D模型、空间分析、剖面分析、漫游服务、GIS服务、统计分析、结构化数据、非结构化数据、消息控制、权限认证、安全管理、数据集成、图表业务以及仿真模拟分析。

③ 应用层。应用层包括监控预警、仿真模拟、业务管理、风险分析与决策、验收评估考核、三维仿真及报表中心七大模块。

④ 展现层。展现层主要包括PC端展示、大屏展示及移动终端显示。展现层提供良好的人机交互界面,可以清晰、轻松地看到经过分析、处理后的相关信息。

⑤ 用户层。用户层主要包括海绵城市建设相关行政管理、技术审查、建设单位、数据中心以及公众等,用户层可以根据部门需求提供相对应的功能,为各部门决策提供依据,为公众参与提供渠道。

⑥ 标准规范体系。在系统建设过程中,充分参考各种国家技术规范和行业标准,在技术上和管理上提供标准化依据。标准规范体系是系统正常运行的重要保障,包含了两方面的含义:数据标准化和管理标准化。数据标准化是指针对空间数据及相关业务数据标准化体系的建立。

⑦ 信息安全体系。在系统建设过程中,充分考虑各层次的安全措施和安全技术手段,通过软硬件技术和安全管理手段以保证系统在安全稳定的环境中运行。通过机房管理、内外网隔离、CA认证、数据加密、权限控制等安全机制实现对数据和信息的合法化访问。

4 功能模块设计

4.1 系统功能设计

海绵城市监测与管理信息平台的4个子系统应具有相对独立的管理和分析能力,由若干模块构成:

① 建设管理子系统主要管理建设区及各类建设项目的各阶段信息,包括基础信息管理、相关文档

管理、建设项目管理、PPP项目管理4个模块。其中,基础信息管理模块对试点区的基本信息进行管理,包括地形水系、区内路网、地下管线、土壤类型、地下水位分布、工程设施分布、各地块控制指标、各分区建设效果等;相关文档管理模块对有关的规划、技术指南、设计标准规范、会议纪要及其他文档资料进行管理;建设项目管理模块对各类建设项目的建设信息进行综合管理,包括项目名称、位置、业主、建设内容、投资、设计单位、施工单位等基本信息,项目立项文件,可研报告,设计图纸,施工图纸,项目进度控制,项目审批验收,项目建设效果评估等;PPP项目管理模块对PPP项目的建设过程进行针对性的管理,包括PPP项目的基本信息、项目建管、建设效果评估、绩效评价与资金保障等。

② 指标监测子系统主要对海绵城市建设的各类指标进行监测,并进行集中展示,由现场监测设备、数据传输网络、监测数据管理服务器等组成,其中监测指标包括基本指标、河道指标、排水分区指标、建设项目指标、LID设施指标等。

③ 模型评估子系统主要对海绵城市建设效果进行在线或离线评估,评估所需数据资料从建设管理子系统和指标监测子系统获取,评估模型包括产汇流模型、管网模型、河道模型、一二维耦合模型等,模型评估子系统可以对试点区、汇水分区、地块、建设项目等不同尺度进行效果评估,评估结果直接输出并实时反馈给基础信息管理模块、建设项目管理模块和PPP项目管理模块。例如,天津生态城海绵城市监测与管理平台,将试点区划分为4个排水分区、11个子分区进行管理和效果评估。当项目设计要求发生变动,或局部地区实际建设未达到预期效果时,可结合模型评估在子分区内进行平衡,保障整体达到预期效果。

④ 公众与部门反馈子系统主要提供与公众和相关部门的信息交互服务,一方面对公众通过不同网络上传的建设效果评议、项目现场照片等信息进行管理,另一方面与建设、水务、规划、国土、环保等部门进行信息共享,为相关部门的决策提供支持。

系统功能优先满足指标监测上传与基础分析、建设过程的档案管理自动化,进而通过仿真模拟实现海绵城市建设可视化;进一步通过模型评估实现绩效管理科学化,并在此基础上建立规划设计一体化的审查与调度体系、海绵城市建设效果评估与雨

洪管理相结合的预决策体系,实现城市智慧管理。

4.2 应用软件开发

4.2.1 指标监测子系统

① 监测点展示:结合地图展示功能,分类展示不同对象、不同类型的监测点分布,可点击查看监测点详细信息。

② 监测数据展示:点击地图上的监测点或列表,可查询监测实时数据及其图形及报表形式展示。

③ 监测点位与监测设备管理:监测设备与点位的增删改查功能,可结合地图功能新增及编辑监测点位。

④ 统计分析:对监测数据分类统计分析,形成图表与报表,并支持导出功能。

⑤ 指标评价:以排水分区或管控单元为单位,统计所有与该单位有关的监测数据,综合评价年径流总量控制率动态及水环境质量等指标。

4.2.2 仿真模拟子系统

通过对水系统全面解析,构建包含气象、下垫面、河湖水系、闸坝泵水利设施、地下排水管网系统、道路、地上建筑、低影响开发设施等各类与海绵城市建设相关的要素在内的三维仿真模型,并进一步形成仿真模拟子系统,为海绵城市建设提供直观可视化的专业分析工具与决策支持^[2]。

针对城市及项目仿真模拟的不同需求,构建水文模块、水动力模块、管网模块、水工建筑模块、水质模块以及耦合模式,就具体的仿真模拟场景对相关模块进行特定处理。海绵城市水文水动力分析概念框架见图2。

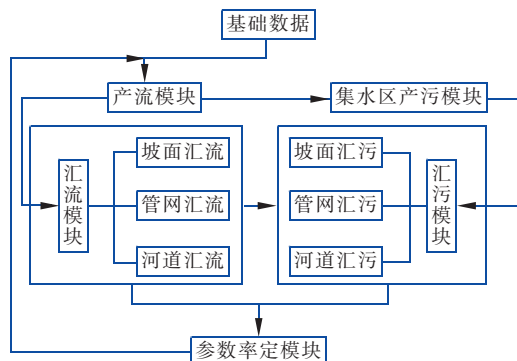


图2 海绵城市水文水动力分析概念框架

Fig. 2 Conceptual framework for hydrodynamic analysis of sponge city

综合考虑气象、下垫面、地下管网各项因素,搭建区域耦合低影响排水的城市雨洪的仿真模拟系

统,主要实现以下功能:

① 规划评估。对城市以控规地块为单位进行内涝风险仿真模拟。

② 指标评估。以容积法为依据,体现出整体区域、排水分区、地块三个层级的指标分解的过程,当调整某个地块或排水分区年径流总量控制率指标时,其上一层级的指标联动调整,体现出其对整体达标情况的影响。

③ CAD图纸识别。开发CAD图纸的读取功能,自动识别并筛选基本参数,结合人机交互补充相关数据,并进行计算,判断项目设计是否满足海绵城市建设的要求并进行反馈。

④ 降雨设计。可根据重现期或降雨量,以分析得出的当地雨型或芝加哥雨型进行降雨设计,作为模型输入条件;也可以历史真实场降雨作为输入条件执行仿真模拟^[5]。

⑤ 方案管理。可设定预案降雨情景、不同的海绵城市建设方案等,通过仿真模拟该预案设定情景下的内涝风险及过程,并保存于展示结果,增删改查模拟预案。例如,在天津生态城海绵城市监测与管理平台建设中,将水体循环与水量调度、内涝风险下的水系与闸泵管理纳入平台方案管理,作为预决策支撑依据。

4.2.3 建设管理子系统

建设管理系统的功能包括:组织权限管理、文档管理、项目管理、报表管理、图表管理、任务管理。

4.2.4 海绵城市网站及公众与部门反馈子系统

开发海绵城市网站,承载向公众展示和信息反馈职能。海绵城市网站及公众与部门反馈子系统主要功能包括问题上报、信息发布与数据共享。

海绵城市网站系统除了对海绵城市项目及时进行整体宣传和信息发布,对群众的留言进行跟踪处理,向公众在线展示传感器的可视化数据之外,还要重点搭建一个海绵行业的公共知识库、采集和整理本行业的开放信息,便于同行和公众查询。为此,需要引入中文分词和全文检索引擎。

5 结果与讨论

5.1 面向海绵城市建设效果预评估

海绵城市规划、建设、运营、管理各环节相互关联,对于海绵城市建设效果评估既应存在于项目建设竣工、实施运营,还应通过相应技术手段在具体项目设计之初即开展未来建设效果的预评估。该监管

平台有效集成了相关模型,实现了多尺度海绵城市建设成效的评价和预评估,其实现路径如图3所示。

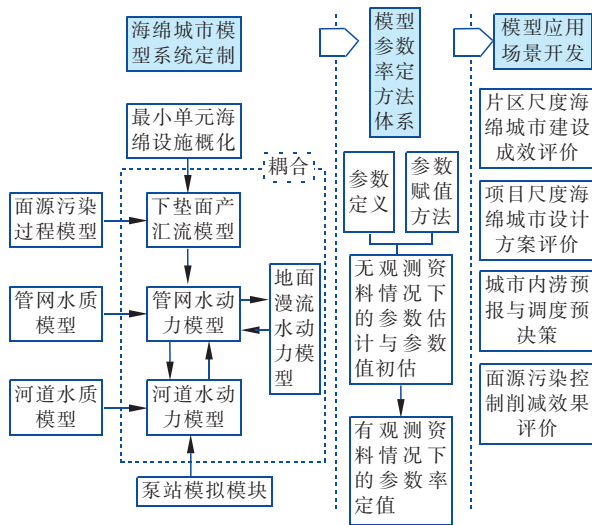


图3 海绵城市建设效果预评估方案

Fig. 3 Pre-evaluation scheme of sponge city construction effect

基于该评估框架,可以完成不同设计降雨条件、不同建设时间节点下的径流总量控制率、SS去除率和内涝防治效果的评估计算。同时,可基于该平台将建设项目尺度模型首先在建模前根据竖向设计对径流组织进行识别,识别手段是信息化水文分析工具结合人工核查,明确设计图纸中排水分区划分的合理性与科学性。

5.2 参数获取与监管平台运行的持续性

由于实际的径流总量控制率是基于径流形成原理,由城市水循环联系的降水、产流、调蓄、蒸散发等关键要素制约的径流过程及对应的降雨径流总量比率^[6]。同时平台集成的各模块、模型,涉及参数较多,而当前监测数据普遍缺少渗透、蒸发(腾)部分,对其他部分数据则缺少多年数据支持,参数率定和验证环节支撑不足,导致基于模型的预评估结果仅能作为参考。建议相关规范标准指引明确,便于监测点位布置、设计和工程实践做法中有所改进;同时建议建立可比对参数体系,提高较短监测周期形成的数据的可用性。

监管平台的作用发挥,依赖于长期的数据积累和不断优化改进,提高管理智能化水平和预决策支撑能力。各在线监测、人工检测内容和信息化平台管理工作无法在短时间内发挥明显效益,储存长期连续的数据并进行相应的分析研究,可为“海绵城

市”从单一目标向多目标系统模式转变,促进城市建设运营模式向生态化转变提供基础。为此,行政管理部门需要制定配套制度,通过明确其管理办法等手段制定相应的政策、保障制度和运维资金,以保障体系的持续运行;研究机构还需要对此给予长期的关注和积累。

5.3 多部门协调与管理衔接

海绵城市是城市建设生态化模式的体现,必然涉及多部门工作的协调,需要规划、住建、水务、园林、国土、市政、环保、气象等部门,以及项目建设和使用主体的共同参与^[7]。

当前,各地多在开展智慧城市、智慧政务建设工作,建设了河长制、黑臭水体整治、智慧城管、智慧水务等监管平台,应做好海绵城市监管平台与其他部门信息化管理平台的衔接工作,互留接口,做到信息及时共享、有效沟通、智慧决策、智能调度;同时,避免重复建设。

5.4 规划设计一体化审查与调度、预决策的整合

通过海绵城市监管平台的建立,有必要制定规划、建设、运营、管理全过程的共同指标和语汇,从而提高海绵城市管理效率。在统一指标与语汇的基础上,可以依托规划许可程序,从源头上对海绵城市建设进行刚性约束:从规划要求落实、设计效果评估、图纸审查、竣工验收比对与效果验证到运维监管等各环节均纳入监管平台,一体化管理。

在此过程中,不能忽视当前规划与项目设计的技术脱节现象,可考虑以管控单元为依托,构建中观尺度模型,对海绵城市建设进行弹性管理,对规划与项目设计进行衔接。通过关键技术的突破,从而实现标准化技术审查和弹性指标控制,将规划条件与方案审查与施工图审查进行关联,为项目竣工验收、运营效果监控,以及PPP按效付费监督、评估与考核提供依据,真正实现海绵城市全过程管理的智慧化技术支持。

6 结语

生态城市是城市规划与建设的终极目标,海绵城市是落实生态化建设与发展模式的重要手段。基于实例设计构建了面向过程管控的海绵城市监测与管理平台,将相关的规划、建设、运营、管理各环节均纳入平台设计框架。通过集成多尺度模型,可以实现海绵城市建设成效的预测和评估。其中,中尺度模型应用和标准化流程制定是实现规划设计一体化

审查与调度、各环节有效衔接的技术关键。通过该监管平台的应用,可以协调海绵城市各功能单元设施,对建设效果整体管控,更可实现多部门业务协调,为预决策提供即时技术支撑,实现智慧监测、智能调度。

参考文献:

- [1] 夏军,石卫,王强,等. 海绵城市建设中若干水文学问题的研讨[J]. 水资源保护,2017,33(1):1-7.
Xia Jun, Shi Wei, Wang Qiang, *et al.* Discussion of several hydrological issues regarding sponge city construction[J]. Water Resources Protection, 2017, 33(1):1-7(in Chinese).
- [2] 蒋瑞. 海绵城市建设影响要素与信息监管平台内容构建探析[J]. 测绘通报,2016(S1):18-21.
Jiang Rui. Analysis of sponge city construction impact factors and information monitoring platform construction[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2016(S1):18-21(in Chinese).
- [3] 牛洪刚. 智慧海绵城市监测系统与平台设计及研究[J]. 铁道建筑技术,2018(4):37-40.
Niu Honggang. Design and research of intelligent sponge city monitoring system and platform[J]. Railway Construction Technology, 2018(4):37-40(in Chinese).
- [4] 王凯伦,费树岷. 基于B/S的海绵城市信息化平台[J]. 工业控制计算机,2017,30(3):145-151.
Wang Kailun, Fei Shumin. Sponge city informatization platform based on B/S[J]. Industrial Control Computer, 2017, 30(3):145-151(in Chinese).
- [5] 夏军,张永勇,张印,等. 中国海绵城市建设的水问题研究与展望[J]. 人民长江,2017,48(20):1-5,27.
Xia Jun, Zhang Yongyong, Zhang Yin, *et al.* Research and prospect of water problems in construction of sponge cities in China[J]. Yangtze River, 2017, 48(20):1-5, 27(in Chinese).
- [6] 黄津辉,段亭亭. 中国海绵城市开发与加拿大综合雨洪管理对比研究:以多伦多为例[J]. 水资源保护,2017,33(5):5-12.
Huang Jinhui, Duan Tingting. Comparative study on sponge city development in China and integrated stormwater management in Canada: A case study of Toronto[J]. Water Resources Protection, 2017, 33(5):5-12(in Chinese).
- [7] 杨晶博,王蔚蔚. 监测与信息化管控平台在试点区海绵城市建设中的设计与思考[J]. 环境工程,2017,35(S2):685-690.
Yang Jingbo, Wang Weiwei. Design and consideration of monitoring and information control platform in sponge city construction in pilot area[J]. Environmental Engineering, 2017, 35(S2):685-690(in Chinese).



作者简介:吕红亮(1980-),男,江苏盐城人,博士研究生,教授级高级工程师,中规院(北京)规划设计公司生态市政研究院院长助理,长期从事城市生态环境及市政工程规划设计、研究工作。

E-mail:lvhonlion@163.com

收稿日期:2018-10-15

节约用水利在当代,造福人类功盖千秋