

• 科技信息综述 •

城市排水系统集成模拟研究进展

董 欣 陈吉宁 曾思育

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 在回顾城市排水系统集成模拟研究发展和现状的基础上, 结合可持续性城市排水系统理论, 分析了现阶段城市排水系统集成模拟研究的局限和面临的问题。为了适应城市排水系统结构和功能的演变, 实现系统的可持续性, 今后城市排水系统集成模拟的研究应当完善对系统结构的描述, 在集成模拟的过程中考虑不确定性因素对系统的影响, 并构建高效能计算平台, 解决城市排水系统大规模计算问题。

关键词 城市排水系统 集成模拟 可持续性

Advances of integrated simulation for urban drainage system

Dong Xin, Chen Jining, Zeng Siyu

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In this article, the development and present status of the integrated simulation for urban drainage system was reviewed, and based on the sustainable urban drainage system (SUDS) theory, the limitation and problems in the system were analyzed. It is proposed that in order to accommodate to the development of the structure and the function of the urban drainage system and realize system sustainability, the description of structure would be improved, the uncertainty should be considered during the modeling process and the highly efficient computing platform should be established for the large scale calculation of urban drainage system.

Keywords: Urban drainage system; Integrated simulation; Sustainable

0 前言

城市排水系统是用来收集、输送、处理、利用和排放城市污水及城市径流的基础设施, 它的雏形可以追溯到公元前 5000 年古希腊克里特岛上弥诺斯居民修建的简单的下水道系统。1887 年德国第一座污水处理厂在法兰克福建成并运行, 此后, 由排水管网、污水处理厂和接纳水体构成的传统城市排水系统开始普及并沿用至今^[1]。传统的城市排水系统主要有两大功能: 一是及时排除城市的雨水和污水, 防止市区内涝和保障城市公共卫生安全; 二是集中处理污水, 防止公共水域的水质污染。

传统上, 城市排水系统是以设施单元方式进行

设计和运行的, 但是这样的分离管理往往使得城市排水系统的各单元间产生各种冲突, 对某一单元有利的设计或运行策略并不一定对其他单元有利, 从而导致整个排水系统整体功效的降低。例如, 从管网的角度考虑, 为了减少合流制管网溢流 (Combined Sewer Overflow, CSO), 可以通过增大管网管径而满足排水需求, 但这样会导致雨季污水处理厂的进水增多, 处理效率降低, 进而使得排入接纳水体的水质变差。由于这些原因, 从 20 世纪 90 年代开始, 城市排水系统的规划和运行开始逐步向综合管理发展。与此同时, 作为规划和运行管理的重要工具, 城市排水系统的模拟研究也开始从单元模拟向集成化的模拟系统发展。

城市排水系统集成模拟是指根据城市排水系统

国家重点基础研究发展 (973) 课题 (2006CB403407)。

的结构特征,将排水管网、污水处理厂和受纳水体的各个单元模型进行关联,对城市排水系统进行的综合模拟。与单元模拟模型相比,集成化的模拟系统考虑了城市排水系统各单元之间的相互影响,以实现系统的整体功能为根本目标,在维持系统整体性的基础上为城市排水系统的规划和运行管理提供决策支持。

现有的城市排水系统集成模拟大致可以分为基于过程的系统集成模拟和基于物质流分析的系统集成模拟两类。基于过程的系统集成模拟考虑排水系统内各个单元内部的运行机理和运行过程,单元内部和单元之间的物质传输过程以详细的物质迁移和衰减转化平衡方程进行描述。该类模型一般结构较为复杂,参数较多,但对系统的内部结构描述细致,适用于系统控制等领域。基于物质流分析的系统集成模拟对于系统各单元内部的细节过程进行简化处理,不考虑其机理,只关注排水系统中物质的流动和最终排放,涉及的模型结构较为简单,参数较少,适用于系统规划等比较宏观的领域。

1 基于过程的城市排水系统集成模拟

1.1 松散集成模拟

所谓“松散集成”是指城市排水系统各单元的模型在模拟过程中被连续使用,径流模型运行后的输出作为排水管网模型的输入,排水管网模型模拟结果则作为污水处理厂模型或者受纳水体模型的输入。该种集成模型在运行过程中各模块之间没有信息交互,多用于城市排水系统各单元之间相互影响的研究^[2]。

20 世纪 80 年代,Beck 等人^[3]提出了通过城市排水系统各单元的模拟评价系统状态的思路,建立了以降雨为系统动态输入,以污水处理厂和河流的动态模型为主体的城市排水系统概念模型,为城市排水系统的集成模拟奠定了基础。德国的总量排放研究小组(Total Emissions Group)是最早开展城市排水系统集成模拟研究的机构之一,其目的是考察动态条件下排水管网与污水处理厂之间的相互作用。Durchschlag 等人^[4]为了动态地考察污水处理厂的排放状况,将一个管网单元模型和一个简化的污水处理厂模型连接进行集成模拟。集成模拟中使用的污水处理厂模型只有 BOD 一个状态变量,并且

假设其在生物处理单元的降解过程符合 Monod 动力学方程,二沉池的污染物去除过程则用经验方程替代。该项集成模拟研究的结果表明,排水管网储存体积的增大并不是污染物最终排放负荷降低的必需条件。随后, Otterpohl 等人^[5]利用 ASM 1 模型(Activated Sludge Model No. 1,由国际水污染控制与研究协会开发的活性污泥模型)替代简化的污水处理厂模型,对排水管网和污水处理厂进行集成模拟,得到了相同的结论,并在此基础上进一步优化了污水处理厂的最大入流量。在上述的集成模拟研究中,受纳水体不包括在研究系统内,因此只能对排水系统排放的污染负荷进行模拟,无法考察排水系统对城市水环境质量的影响。

其后,Reda^[6]将自己开发的河流水质模型与 Lessard 和 Beck 等人开发的污水处理厂模型进行了松散集成,并在考虑参数不确定性的基础上,对雨季污水处理厂和河流的控制策略进行了评价研究。该研究考虑了污水处理厂与河流水质之间的相互影响,但忽略了管网系统,仍未做到城市排水系统的整体集成。

Gent 大学和 Brussels 大学的研究是较早将城市排水系统进行整体集成的范例之一。研究中利用 KOSIM 模型(城市排水管网水质模型),忽略了硝化和反硝化过程的 ASM 1 模型以及 SALMON-Q 模型(地表水水质模型),将城市排水系统中的排水管网、污水处理厂和受纳水体 3 个单元进行了松散集成,并通过考察受纳水体中 DO 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的变化,评估管网系统和污水处理厂的设计和运行对受纳水体的影响^[7]。与之前的研究不同,该研究不仅实现了城市排水系统的整体集成,而且集成的模拟系统可以对城市排水系统进行长时间的连续模拟,既包括旱季也包括雨季,可以用于城市排水系统运行状况的评估。

Rauch 的系统集成模拟与 Gent 大学和 Brussels 大学的研究相似,也能够连续模拟城市排水系统旱季和雨季的运行状况,只是使用的单元模型不同。Rauch 在研究中简化了部分单元的模型机理:降雨径流使用降雨初始损失量、径流系数、降雨时间和面积来进行简单估算;排水管网的输送过程采用简单的输移方程来描述,假设雨水和污水具有固定

的浓度,两者在管网中完全混合,管网中沉积、再悬浮和生物化学过程均不考虑;污水处理厂采用简化的 ASM1 模型模拟;河流采用连续箱式模型 (Continuously Stirred Tank Reactor, CSTR) 进行模拟^[8]。Rauch 等人利用该集成模拟系统对城市排水系统进行了模拟,证实管网的 CSO 将会对河流水质造成严重的影响,研究还利用该集成模拟系统对几种 CSO 控制设施的功效进行了评估。

近几年来,我国也开展了城市排水系统松散集成模拟的研究。清华大学将美国环保局建立的城市暴雨径流管理模型 (Storm Water Management Model, SWMM)、简化的污水处理厂模型以及自行研发的河流水质模型进行了松散集成,建立了可以动态模拟城市排水系统的集成模拟模型,并使用其对深圳河湾地区的两个排水系统规划方案进行了评估^[9,10]。

1.2 紧密集成模拟

紧密集成与松散集成不同,它是指城市排水系统所有单元的模型同时运行,在模拟过程中的每一个时间步长结束后,各模块之间都能够进行信息的交互与反馈^[4]。该类集成模型不仅能够用于系统模拟,还能用于系统控制。

20 世纪 90 年代中后期,丹麦水力研究所 (Danish Hydraulic Institute, DHI) 和英国水研究中心 (Water Research Centre, WRC) 为了证实现阶段采用集成化方法来规划和管理城市排水系统是可行的并且具有一定的经济效益,率先开始了城市排水系统紧密集成模拟的研究^[1]。DHI 和 WRC 在欧盟“技术验证计划 (Technology Validation Project, TVP)”资金的支持下开发了具有图形界面的综合流域模拟器 (Integrated Catchment Simulator, ICS)^[11]。ICS 集成了降雨发生器 STORMPA、排水管网模型 MOUSETRAP、污水处理厂模型 STOAT 和河流模型 MIKE11 4 个模型来描述整个城市排水系统。在模拟过程中,4 个模型之间可以实现信息的前馈与反馈。其中,STORMPAC 是英国行业标准的降雨模型,能够随机产生每小时降雨量的时间序列。MOUSETRAP 是 20 世纪 90 年代初,由 DHI 和水质研究所 (Water Quality Institute) 联合开发的,基于 MOUSE 模型的排水管网模拟模型。STOAT 是 20 世纪 90 年代中期,由 WRC 和帝国理

工大学联合开发的污水处理厂模型。MIKE11 是由 DHI 开发的地表水水质模型,能够模拟河流、明渠和河口的水质。

Gent 大学的 WEST 集成模拟系统与 ICS 相比,采用了不同形式的集成。WEST 原本是污水处理厂模型,但是它可以作为广义上的仿真环境对管网和河流进行简化的模拟。利用这种优势,WEST 进一步扩展成为城市排水系统集成模拟系统。虽然这种做法忽略了一些管网输送和河流输移过程的细节描述,但是降低了模型集成的难度,更重要的是大幅度提高了集成模拟系统的运算速度,使得利用集成模拟系统对城市排水系统进行长时间的连续模拟成为了可能。另外,与 ICS 相比,WEST 是一个开放的模拟系统,可以随时更改排水系统的结构,添加新的构筑物^[11]。

ICS 和 WEST 集成模拟系统代表了两种通过紧密集成来描述城市排水系统的方式,一种是系统内所有单元均采用机理模型进行模拟;一种是系统内部分或者全部单元采用简化替代模型进行模拟。

1.3 实时控制 (Real-Time Control, RTC)

2000 年欧盟《水框架指令》(Water Framework Directive, WFD) 对欧洲城市水环境质量提出了新的要求。为了应对这一法规的出台,城市排水系统的集成模拟和综合管理开始广受关注,并成为解决新时期城市水问题的重要手段之一。利用城市排水系统集成模拟对系统进行实时控制被公认为是改善系统运行状况的有效方法之一。

城市排水系统的实时控制是将城市排水系统各单元的模型紧密集成,通过单元模型间的信息反馈,实现对系统的控制。根据实时控制的内容不同,该类研究大致可以分为 3 类:基于水量的实时控制 (Volume-based RTC)、基于污染物的实时控制 (Pollution-based RTC) 以及基于受纳水体水质的实时控制 (Receiving water quality (or Immission) - based RTC)。基于水量的实时控制是通过储存或者处理等手段使得进入受纳水体的污水量最小化。Pleau 等人^[12,13]利用这一实时控制方式实现了对加拿大魁北克 CSO 的有效控制。基于污染物的实时控制是通过适当储存污水或者增大稀释水量等方式使进入受纳水体中的污染物总量最小化。

Weinreich 等人^[14]利用该方法有效地控制了挪威首都奥斯陆的总磷和氨氮的排放,污染负荷分别降低了 48% 和 51%。基于接纳水体水质的实时控制以优化接纳水体水质为根本目标,通过对管网和污水处理厂等单元的控制来保护接纳水体水质,同时,接纳水体水质的信息也被反馈回管网和污水处理厂,用于调整其运行的控制策略。由于该种实时控制对改善城市水环境质量最直接有效,因此,目前大多数研究都集中在此方面。Seggelke 等人^[15]、Erbe 等人^[16]及 Vanrolleghem 等人^[17]利用不同的城市排水系统单元模型分别对系统进行了紧密集成,并以改善水环境质量为目标,针对城市排水系统的不同单元提出了不同的控制策略,并对控制策略进行了优化。DHI 推出了具有实时控制模块的 MIKE URBAN 软件包,该模块可以在城市排水系统中设置不同的控制设备,并能为各台不同控制设备定义复杂的操作逻辑,进而通过城市排水系统的运行状况对系统进行实时控制,达到改善城市水环境质量的目的。

与此同时,还有一些研究对城市排水系统实时控制的效益进行了分析,Zacharof 等人^[18]对城市排水系统进行实时控制的操作潜力进行了评估。Erbe 等人^[16]对实时控制策略的鲁棒性进行了评估。

综上所述,城市排水系统实时控制的研究既是系统紧密集成研究的应用,同时又推动了紧密集成研究的进一步发展。

2 基于物质流分析的城市排水系统集成模拟

基于物质流分析的排水系统集成模拟可以分为稳态模拟和动态模拟两种。本节选取现阶段已具有系统性研究的 Urban Water Research Model (URWARE) 和 Sewer System (SEWSYS) 为例,对两类基于物质流分析的排水系统集成模拟进行介绍。

2.1 城市水研究模型 (Urban Water Research Model, URWARE)

基于 Matlab Simulink 的 URWARE 是一个描述城市排水系统物质流的静态模型,它由描述城市排水系统各个单元的模块以及各单元之间理论或经验的物质流关系构成。该模型可以计算城市排水系统年平均水平的物质流动状况。由于该模型为静态模型,它对城市排水系统的各个单元进行了各种简化,并忽略了各单元所涉及的动力学机理。目前

URWARE 可以模拟有机物、营养物质、重金属等 84 种物质在城市排水系统中的流动状况,可以给出城市排水系统最终向环境中(大气、水、土壤)排放的各类物质的量^[19]。

URWARE 模型对城市排水系统的各单元采用模块式建模方法,这使得该模型具有较广的适用范围,通过模块间的不同组合,可以模拟不同结构的城市排水系统。另外,这种模型组建的形式也便于开发新的系统单元。目前,URWARE 模型包括的主要单元模块有污水处理厂模块(其中包括初沉池、好氧、厌氧及缺氧生物反应器,二沉池,砂滤,污泥浓缩和脱水等)、尿液分离系统模块、管网收集和输送模块以及简化的给水厂和污水泵站模块。

URWARE 通常用来比较不同城市排水系统之间的物质排放、能源消耗等方面的差异。Hellstrom 等人使用该模型比较了传统排水系统与黑水分离排水系统在营养物质排放和能源消耗方面的差异^[20]。

2.2 排水系统模型 (Sewer System, SEWSYS)

SEWSYS 模型是基于物质流分析的用于模拟城市排水系统输送和处理过程的动态模型。该模型同样也是由能够模拟各单元的模块组成,包括降雨和污水源模块、管网模块、具有脱氮除磷过程的传统活性污泥处理模块、溢流设施模块以及雨水停留池模块。该模型可以模拟传统的合流或者分流制排水系统,也可以模拟尿液或者黑水分离的源分离排水系统^[21]。

与 URWARE 模型相比,SEWSYS 也是基于 Matlab Simulink 的模拟模型,但它是一个动态模型,可以模拟旱季和雨季条件下城市排水系统的污染物排放浓度时间序列。通过 SEWSYS 模型的模拟可以得到场次暴雨径流污染物的平均浓度(Event Mean Concentrations, EMCs),可以分别计算出来自尿液、粪便和灰水的污染负荷,可以对降雨的污染进行源解析,例如计算降雨污染中来自大气沉降、金属侵蚀、路面磨损、轮胎磨损等的污染负荷量。Ahlman 等人^[22]利用该模型对瑞典 Goteborg 城市的污水系统进行了系统分析,明确了各污染物的产生源及在系统内的迁移路径,最终给出了该城市排水系统污染物的排放状况。Ahlman 和 Sevansson 等人^[23]使用该模型模拟了瑞典 Goteborg 的降雨径

流污染控制策略,量化了城市非点源污染的负荷,并且很好地描述了污染物的产生和输移过程,评价了各项控制策略,为决策提供了支持。

3 现有研究的局限性

近二十年来,社会的进步、技术的发展、经济的迅速增长、城市人口的高度集中、城市水环境的急剧恶化以及城市水资源的日趋短缺等诸多因素相互作用,使得城市排水系统的时空边界定义不断更新,系统的组成、结构和功能也发生了相应的变化。Beck 和 Chen 较早地提出了城市污水设施需要具有可持续性,他们认为应当将城市污水和污水中的营养物质回收利用,进而减少社会水循环对自然水循环的限制,缓解人类对自然水循环的影响,实现健康的城市水循环^[24]。随后,伴随城市可持续发展理论的兴起,可持续城市排水系统 (Sustainable Urban Drainage System, SUDS) 的概念开始被提出,瑞典、英国、德国、澳大利亚、新西兰等发达国家都围绕 SUDS 开展了一系列研究。近十年内,我国城市水资源短缺、水环境污染、洪涝、干旱等水安全问题日益凸显,不少研究开始关注这一特殊历史时期下城市排水系统的变化和可持续性发展。

SUDS 的提出使得城市排水系统面临着变革。从系统结构角度来说,污水再生利用和雨水处理将作为新的单元进入城市排水系统,使其从传统的直线型体系演变为具有内部循环的复杂系统;从系统功能角度来说,城市排水系统的定位将升华到维系城市水资源可持续利用、创建城市健康水循环和恢复城市良好水环境^[25]。这些都将给现阶段的城市排水系统集成模拟带来新的挑战。

从已有的研究来看,大多数的城市排水系统集成模拟还是局限于传统城市排水系统,存在一定的局限性。首先是对系统结构描述的不完善。根据 SUDS 的要求,污水回用将作为新的单元引入城市排水系统,现有的研究中,不论是基于过程的集成还是基于物质流分析的集成,都未将回用单元集成在模型当中。回用单元的引入增加了城市排水系统的复杂性,使得城市排水系统的规模多元化,结构组团化。这些虽然不会改变模型集成的方法体系,但会大大增加整个模拟系统的复杂性,而且将会改变城市排水系统的控制策略,现有的系统管理和控制的

研究结论也会随之发生变化。其次是系统集成过程中忽略了对不确定性因素的考虑。集成后的城市排水系统模型涉及的过程复杂、参数众多,而且通常用来对系统进行长时间的连续模拟,这就要求在模拟过程中充分考虑不确定性因素对模拟结果带来的影响,只有这样才能为准确的决策提供技术支持,显示出集成模型在可持续性城市排水系统规划和管理中的优势。除此之外,城市排水系统不同层面动态性的综合考察以及集成模拟的随机精度控制研究都是现阶段研究较少但又急需解决的问题,这些将使得城市排水系统的集成模拟面临大规模计算问题。清华大学联合微软搭建的高性能计算平台将为此类问题的解决提供技术支持。

4 小结

城市排水系统的集成模拟是当今城市水系统研究领域的一个热点,现阶段的研究大致可分为基于过程的集成和基于物质流分析的集成两类。经历了近二十年的发展,城市排水系统的集成模拟已经建立了较为完整的方法体系和成熟的模拟工具,从研究的系统边界看,由系统部分集成模拟发展到系统整体集成模拟;从集成的方法来看,由松散集成发展到紧密集成;从应用的范围来看,由单纯的系统模拟发展到综合的系统规划和管理。但近些年来,SUDS 的提出又给城市排水系统的集成模拟提出了新的要求。SUDS 要求在集成模拟的过程中不断地完善城市排水系统的结构,考虑污水回用和雨水利用等新单元给系统带来的影响。同时,在集成模拟的过程中还要考察系统的不确定性,从风险控制的角度利用集成模拟对系统进行规划和管理,以保障系统的安全,体现集成模拟在城市排水系统管理方面的优势。另外,SUDS 的实现还要求搭建能够应对大规模计算的高效能计算平台,为城市排水系统的集成模拟提供计算基础。这些都将成为今后城市排水系统集成模拟的研究重点。

参考文献

- 1 Schuetze M R. Integrated simulation and optimum control of the urban wastewater system. London: Imperial College, 1998
- 2 Fronteau C, Bauwens W, Vanrolleghem P A. Integrated modelling: comparison of state variables, processes and parameters in sewer and wastewater treatment plant models.

- Water Science & Technology, 1997, 36(5): 373~ 380
- 3 Beck M B. Water quality modeling: a review of the analysis of uncertainty. Water Resources Research, 1987, 23(8): 1393~ 1442
- 4 Durchschlag A. Long-term simulation of pollutant loads in treatment plant effluents and combined sewer overflows. Water Science & Technology, 1990, 22(10/11): 69~ 76
- 5 Otterpohl R, Freund M, Sanz J P, et al. Joint consideration of sewerage system and wastewater treatment plant. Water Science & Technology, 1994, 30: 147~ 153
- 6 Reda A L L, Beck M B. Ranking strategies for stormwater management under uncertainty: sensitivity analysis. Water Science & Technology, 1997, 36(5): 357~ 371
- 7 Vanrolleghem P A, Jeppson U, Carstensen J, et al. Integration of wastewater treatment plant design and operation: a systematic approach using cost functions. Water Science & Technology, 1996, 34(3/4): 159~ 171
- 8 Rauch W, Harremoes P. Integrated design and analysis of drainage systems, including sewers, treatment plant and receiving waters. Journal of Hydraulic Research, 1996, 34(6): 815~ 826
- 9 董欣, 陈吉宁, 赵冬泉. SWMM 模型在城市排水系统规划中的应用. 给水排水, 2006, 32(5): 106~ 109
- 10 徐速, 陈吉宁, 曾思育, 等. 城市排水系统的集成化模拟研究. 中国给水排水, 2006, 22(15): 50~ 53
- 11 Rauch W, Bertrand Krajewski J L, Krebs P, et al. Deterministic modelling of integrated urban drainage systems. Water Science & Technology, 2002, 45(3): 81~ 94
- 12 Pleau M, Pelletier G, Colas H, et al. Global predictive real-time control of Quebec Urban Community's westerly sewer network. Water Science & Technology, 2001, 43(7): 123~ 130
- 13 Pleau M, Colas H, Lavallee P, et al. Global optimal real-time control of the Quebec urban drainage system. Environmental Modelling & Software, 2005, 20(4): 401~ 413
- 14 Weinreich G, Schilling W, Birkely A, et al. Pollution based real time control strategies for combined sewer systems. Water Science & Technology, 1997, 36(8/9): 331~ 336
- 15 Seggelke K, Rosenwinkel K H, Vanrolleghem P A, et al. Integrated operation of sewer system and WWTP by simulation based control of the WWTP inflow. Water Science & Technology, 2005, 52(5): 195~ 203
- 16 Erbe V, Schutze M. An integrated modelling concept for immission based management of sewer system, wastewater treatment plant and river. Water Science & Technology, 2005, 52(5): 95~ 103
- 17 Vanrolleghem P A, Benedetti L, Meirlaen J. Modelling and real time control of the integrated urban wastewater system. Environmental Modelling & Software, 2005, 20(4): 427~ 442
- 18 Zacharof A I, Schutze M, Butler D. A methodology for assessing the operational potential of the urban wastewater system using integrated modeling. Water Science & Technology: Water Supply, 2003, 3(1/2): 271~ 277
- 19 Hellstrom D, Jeppsson U, Karrman E. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. Environmental Impact Assessment Review, 2000, 20(3): 311~ 321
- 20 Hellstrom D, Hjerpe M, Moeffaert D. Indicators to assess ecological sustainability in the urban water sector, Urban Water report 2004: 3. Sweden: Chalmers University of Technology, 2004
- 21 Ahlman S, Svensson G. SEWSYS a tool for simulation of substance flows in urban sewer systems, Urban Water Report 2005: 11. Sweden: Chalmers University of Technology, 2005
- 22 Ahlman S, Kant H, Karlsson P, et al. System analysis in Vasastaden, Goteborg The wastewater system, in Swedish, Urban Water Report 2004: 5. Sweden: Chalmers University of Technology, 2004
- 23 Ahlman S, Malm A, Kant H, et al. Modelling non structural best management practices focus on reductions in stormwater pollution. Water Science & Technology, 2005, 52(5): 9~ 16
- 24 Beck M B, Chen J, Saul A L, et al. Urban drainage in the 21st century assessment of new technology on the basis of global material flows. Water Science and Technology, 1994, 30(2): 1~ 12
- 25 张杰. 城市排水系统的现代观. 中国工程科学, 2001, 3(10): 33~ 35

✉ 收稿日期: 2008-04-11

修回日期: 2008-06-16

湖北抓紧防治三峡库区水污染

湖北省三峡库区及影响区的 44 个水污染防治项目目前已完成投资 12.96 亿元, 占总投资的 91.01%。

按《三峡库区及其上游水污染防治规划》要求, 夷陵区、秭归县、兴山县、巴东县列入规划库区范围, 宜昌市、神农架林区、远安县、利川市列入规划影响区范围。列入规划的水污染防治项目 46 个, 其中利川 2 个污水、垃圾处理项目已申请国家投资, 湖北省主要组织实施其他 44 个项目。目前, 已有 14 个项目完成竣工验收, 投入运营; 23 个项目完成建设任务, 进入试运营; 在建项目 7 个, 总投资 1.26 亿元, 已完成投资 5 409 万元。

另外, 湖北省三峡库区其他水污染防治项目, 5 个污水、垃圾处理项目已完成可研报告、初步设计审批, 25 个项目正在编制可研报告和初步设计。其中总投资过亿元的有香溪河流域、黄柏河运河段、神农溪流域等 3 个综合整治示范工程。