

排水系统数学模型构建及应用标准

Standard for construction and application of urban drainage model

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	5
3.1	分类分级	5
3.2	模拟方式	5
3.3	建模范围	6
3.4	基本流程	7
4	数据收集与处理	9
4.1	一般规定	9
4.2	地理数据	10
4.3	设施数据	10
4.4	监测和预报数据	10
4.5	业务数据	11
5	模型构建与测试	13
5.1	软件要求	13
5.2	降雨与水(潮)位	13
5.3	水文水量	14
5.4	源头设施	16
5.5	管网设施	16
5.6	地表漫流	17
5.7	计算测试	18
5.8	实时模型	18
6	模型率定与验证	19
6.1	一般规定	19

6.2	精度目标	21
7	模型评价与验收	23
7.1	质量评价	23
7.2	验收归档	23
8	模型应用与维护	25
8.1	模型应用	25
8.2	维护管理	27
附录 A	排水设施建模基础资料	28
附录 B	上海市短历时设计暴雨雨型	31
附录 C	上海市长历时设计暴雨雨型及水(潮)位	34
	本标准用词说明	37
	引用标准名录	38
	条文说明	39

1 总 则

1.0.1 为规范本市排水系统数学模型的构建与应用,提高应用质量与水平,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于本市城镇排水系统的规划、设计、运行、维护、调度、评估和管理,以及内涝防治与水环境治理等过程中涉及的排水系统数学模型的构建和应用。

1.0.3 本标准技术内容以排水系统数学模型的水文水力机理模型为主,不对水质模型进行规范。

1.0.4 排水系统数学模型的构建和应用,应符合本市城市总体规划、涉水规划、智慧水务和数字化转型等相关规划、建设与运维管理的要求。

1.0.5 排水系统数学模型的构建和应用,除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 排水系统数学模型 drainage model

利用数学手段模拟排水系统中水文、水力等过程的计算方法的统称。简称“排水模型”。

2.0.2 水文模型 hydrological model

为模拟水文现象而建立的数学模型。水文现象指降雨、入渗、径流、蒸发等水的变化和运动等现象。

2.0.3 水力模型 hydraulic model

模拟水的流速、深度和流量等水力要素和流动规律的数学模型。

2.0.4 机理模型 physically based model

亦称白箱模型,基于物理、化学、生物方法描述排水系统内部各物理量之间相互关系的数学模型,具有明确的物理或现实意义。

2.0.5 数理统计模型 statistical model

将排水系统看作一个“黑箱”系统,通过对系统输入、输出数据的测量和统计分析,按照一定的准则找出与数据拟合得最好的一类数学模型。

2.0.6 产流模型 rainfall-runoff model

计算降雨量扣除截留、填洼、蒸发和下渗等损失之后形成径流的数学模型,用来描述汇水区的降雨扣损(净雨)过程。

2.0.7 汇流模型 routing model

计算扣除损失后的雨水沿地表汇集到汇水区出口断面过程的数学模型。

2.0.8 实时模型 online model, real-time model

利用实时在线监测或预测的降雨、流量、水位、设施运行状态

等动态信息为边界条件,即时进行模拟预报的计算机模型。

2.0.9 离线模型 offline model

利用历史资料或设计数据为计算边界条件,对排水系统预设方案进行非即时模拟的计算机模型。

2.0.10 汇水区 catchment

以地形地貌或排水管渠等分界线界定的雨水、地面径流、污水的集水或汇水区域。

2.0.11 子汇水区 subcatchment

在汇水区内划分的用于计算污水、雨水产生量的小型基础产流与汇流单元,其出水汇入某雨水口、检查井、管渠、河道等设施或另一子汇水区。

2.0.12 模型率定 model calibration

通过人工调优、数学寻优以及人机对话选优等途径确定最优模型参数的工作。

2.0.13 模型验证 model verification

通过对未参与模型率定的资料的拟合效果,对模型参数进行评估的过程。

2.0.14 实时控制 real time control (RTC)

基于排水管渠的水位、流速、流量等模拟状态和水雨情预报,依据决策目标,调整模型中的水泵、闸(堰)门等对象的运行参数,常用于排水设施的优化调度。

2.0.15 主干管 main trunk sewer

污水系统中汇入多个次干管的污水外排总管。

2.0.16 次干管 secondary trunk sewer

污水系统中连接一个或几个排水系统输送污水至主干管的管道。

2.0.17 主管 main conduit

沿道路纵向敷设,接纳道路两侧支管及输送上游来水的排水管渠。

2.0.18 支管 lateral conduit

排水系统市政收集管网中,除了主管以外的其他市政排水管渠的统称。

2.0.19 街坊管 community conduit

街坊、厂区、园区等内部非市政道路敷设的排水管渠的统称。

3 基本规定

3.1 分类分级

3.1.1 按建模对象的排水体制,排水模型分为污水、雨水、合流三大类型。合流制排水系统数学模型应同时包含污水和雨水要素,分流制排水系统应在对应的模型类型中根据污水系统和雨水系统的关联情况,正确处理水量来源和边界。

3.1.2 按建模对象概化的尺度,排水模型分为一级、二级、三级三个层级。一级模型以主干、次干管及其泵站等设施为主;二级模型以排水系统雨、污水收集市政管道及其泵站等设施为主;三级模型以重点关注的小范围内的对象为主,包含源头设施、街坊管、专用排水泵站等设施。

3.1.3 按建模对象设施所处建设阶段,排水模型分为现状、规划两类。应根据地区开发情况和排水设施建设状态,构建现状模型和(或)规划模型。

3.1.4 按模拟计算输入边界数据的实时性,排水模型分为离线、实时两种。实时模型应在经率定验证的离线模型的基础上构建。

3.1.5 应针对业务需求,在建模工作开展前,合理选择模型构建层级和类别。一个模型中可包含单一或多种类型/层级模型的组合。

3.2 模拟方式

3.2.1 应根据排水模式、排水管渠运行流态、出水口受水体水位顶托情况,正确选用重力流或压力流求解算法。

3.2.2 排水管渠、河道模拟应采用一维模型。地表积水模拟可在一维管渠模型基础上耦合二维地表漫流模型或耦合一维地表漫流模型。精度要求不高的快速评估阶段,可采取地表二维漫流模拟。

3.2.3 易涝区分析和整改、内涝风险评估类项目宜结合数字地面高程模型,构建一维管渠与二维地表漫流耦合模型。

3.3 建模范围

3.3.1 模型范围不应小于排水系统规划服务区域,应根据研究区域范围、应用需求及模型类型,确定建模范围的汇水区边界和管渠、泵站等排水设施,并符合下列要求:

1 应结合区域地形、用地分类、地面汇流路径、管网坡向、相邻系统连通性等情况,确定建模汇水区边界;经分析评估有必要的,建模汇水区边界范围应在目标排水系统范围基础上适当扩大。

2 应按本标准第 3.1 节规定的模型类型确定模拟对象,将汇水区边界以内的水量、下垫面、排水设施纳入模型范围。

3 二级模型宜保留与排水行业 GIS 数据库相同的管网设施密度与管径范围,在不对模拟结果产生明显影响时,可适当简化部分支管,但不应简化地势低洼易涝区的检查井和管渠。

3.3.2 模型的边界覆盖范围应根据建模目标和地区实际确定,并符合下列规定:

1 污水模型以及强排系统雨水模型,下游边界可根据排口情况按照末端设置水泵、拍门或其他可以反映实际水力状况的方式来处理。

2 受河道顶托的自排地区雨水模型,模拟对象必须包含河道边界,边界条件可根据情况选择历史实测记录、防洪除涝设计水位或河网模型计算水位。

3 管网河网约束作用明显的自排区、风暴潮洪多碰头条件下的城市内涝分析等情况,宜构建管网-河网一体化排水模型,充分反映河网与管网之间的动态耦合关系。

3.4 基本流程

3.4.1 排水系统数学模型构建和应用基本流程宜包括建模类型与范围确定、基础数据收集与处理、模型构建与测试、模型率定与验证、模型评价与验收、模型应用与维护(图 3.4.1)。

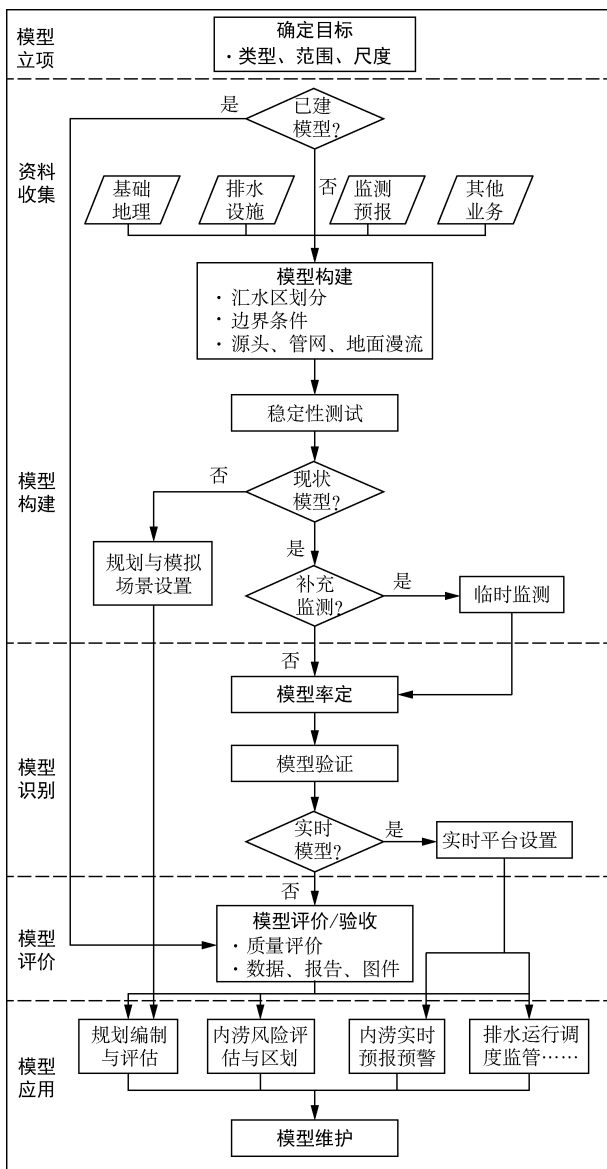


图 3.4.1 排水系统数学模型构建及应用基本流程

4 数据收集与处理

4.1 一般规定

4.1.1 应结合建模目标、类型和范围开展建模基础数据条件调查,包括但不限于:

- 1 地理、气象、水文、地质、土地利用等基本情况。
- 2 排水设施建设、规划与运维情况。
- 3 排水地理信息系统构建与运维情况。
- 4 排水设施监测与检测情况。
- 5 排水系统数学模型构建情况。

4.1.2 应依据模型类型,通过资料收集、现场调查、监测和测量等手段,收集基础地理数据、设施数据、监测/预报数据和业务数据四类基础资料,并在模型报告中标注数据来源。

4.1.3 应对建模数据进行标准化处理,包括以下内容:

1 不同来源数据中同一设施的空间或属性信息不一致时,应进行数据甄别。

2 当不同来源数据的平面坐标和高程系统不一致时,应按上海市现行通用坐标系和高程系统进行坐标与高程的转换或校正。

3 各设施对象应设置主关键字段,并在关联设施对象的属性列表中正确对应。

4.1.4 应对数据的完整性和准确性进行校核,包括:

- 1 检查数据是否完整,并对缺失数据开展补充调查。
- 2 检查数据是否超出上下限范围,并对异常值进行修正。
- 3 检查排水管网及相关设施拓扑关系是否正确,空间位置是否准确,对问题进行核实处理并记录。

4 检查监测数据合理性、一致性,并对异常值进行修正。

4.2 地理数据

4.2.1 应利用基础地理数据进行模型对象的空间定位、土壤类型、土地利用、地形地貌分析和汇水范围划分,应收集下列内容:

1 影像图,分辨率不宜低于 2 m。

2 基础地形图,应包含行政区划、水系、道路、建筑等地形地貌空间信息,比例尺中心城区不宜低于 1 : 500,其他地区不宜低于 1 : 2 000。

3 数字高程模型,分辨率宜为 2 m~30 m。

4.2.2 构建规划模型时还应收集地区控制性详细规划,包括人口、用地、竖向地形、产业分布、市政设施、道路交通、河流水系、海绵城市等城市规划和水务规划空间数据集,用于规划雨污水量预测、规划排水设施布局与规模确定、规划工程效益评估。

4.3 设施数据

4.3.1 应收集排水设施设计竣工资料,宜优先利用排水设施地理信息系统,必要时开展现场探测,获取各类设施空间数据和属性数据。

4.3.2 应收集排水设施类型包括但不限于检查井、排水管渠/河道、泵站、排水口、源头设施、调蓄设施和截流设施等,物理参数至少应包含地面标高、管道尺寸、管材、埋深、水泵流量及特性曲线、调蓄池容积曲线等,建模所需排水设施数据见本标准附录 A。

4.4 监测和预报数据

4.4.1 应利用监测数据开展模型计算和率定验证,宜收集降雨、

蒸发、流量、水(液)位、积水深、泵机状态、闸门状态等时间序列监测数据。

4.4.2 应结合项目目标及本市已建监测站点分布和数据累积情况,评估监测布局与数据采集情况,必要时应补充开展降雨、水位和流量等内容的临时监测,并符合下列规定:

1 实测降雨、水位、流量等数据的测量时间间隔不宜大于5 min。

2 雨量计测量范围宜覆盖整个汇水区,考虑降雨的时空分布不均,雨量计分布密度不宜小于1个/(2 km²~3 km²)。

3 在开展补充监测前应制定实施方案,安装符合采集精度要求的监测仪器设备,确保采集数据的代表性、可靠性和可用性,一般时间间隔5 min以内为佳,并应符合国家现行有关标准的规定。

4.4.3 实时模型应同时具备实时监测和实时预报两类数据,应分别调查雨量、水位、泵闸状态等实时监测情况,以及预报降雨、水(潮)位、流量等实时预报情况,连接多源时空数据库。

4.4.4 应调查多源监测与预报数据格式以及时间、空间尺度,宜保留预报降雨数据的原始时空精度,并在计算前对多源数据进行接口转换和数据处理,满足实时模型计算时效和质量控制要求。

4.5 业务数据

4.5.1 应收集排水设施的生产运行方案、调度细则等业务数据,用于辅助制定模型中相关设施的调度规则。

4.5.2 应收集排水系统易涝区、历史积水记录、灾害突发事件等业务数据及同步降雨、水(潮)位、设施运行数据,用于系统诊断与重演验证。

4.5.3 应收集排水系统管道检测修复、养护清淤、雨污混接调查、外水分析等业务数据,作为模型水力计算参数设置参考因素。

4.5.4 应根据排水系统数学模型具体目标、类型与应用场景需要,补充收集以下相关业务数据:

- 1 人口数据。
- 2 供水数据。
- 3 排水户数据。
- 4 河网数据。
- 5 社会经济统计数据。
- 6 热线等舆情数据。

5 模型构建与测试

5.1 软件要求

5.1.1 建模软件的选择,应结合下列因素确定:

- 1 应用目标、模型类型、排水管网规模、体量和对象类型等。
- 2 软件性能,包括可模拟规模、流态、维度、河道耦合度、计算性能、软件界面友好性和完善度等。
- 3 接口、配套软硬件及平台开发要求等。
- 4 技术支持等。

5.1.2 建模软件应具备下列基本功能:

- 1 模拟树状和环状排水管网、重力流和压力流不同流态。
- 2 模拟常用排水管网断面形状、材料、粗糙系数、坡度。
- 3 模拟排水管网超负荷状态和冒溢,包括回水效应、逆向流。
- 4 模拟降雨产汇流及地表积水或内涝。
- 5 模拟海绵城市等源头减排设施、排水泵站、调蓄池、闸(堰)门、孔等附属设施。
- 6 与地理信息系统、电子表格等常用处理软件的数据接口。
- 7 实时模型软件应具备即时模拟功能,以及与数据采集与监视控制(SCADA)、气象预报等系统的数据接口。

5.2 降雨与水(潮)位

5.2.1 采用历史实测降雨或设计降雨开展雨水径流模拟时,应考虑降雨空间变化,合理设置参与计算的雨量过程数量。采用历

史降雨模拟时,采用的过程降雨分布及数量宜与研究排水区域内已建雨量站密度保持一致。

5.2.2 设计雨型应根据项目研究目标确定,可按本市地方标准选取短历时设计雨型或长历时设计雨型:

1 上海市短历时设计暴雨采用芝加哥设计雨型,降雨历时小于 180 min,雨峰位置系数 $r=0.405$,可结合本市短历时暴雨强度公式计算得到各重现期设计雨型,见本标准附录 B。

2 上海市长历时设计暴雨可选用治涝标准规定的典型降雨雨型,降雨历时 24 h,见本标准附录 C。

5.2.3 污水模型下游水位边界宜采用管道、泵站、污水厂等点位的水位监测数据,必要时可在模型中对污水厂提升泵站、调蓄池、溢流堰等厂内构筑物和排放口等设施进行概化模拟。

5.2.4 雨水排口边界应按照本标准第 3.3.2 条的规定处理,设计条件下本市相关标准推荐的同步实测潮型、各水利控制片常水位、控制水位见本标准附录 C。

5.3 水文水量

5.3.1 模型包含的各类水量来源应根据地区实际情况按表 5.3.1 的规定选取,水量模拟方式应符合下列规定:

1 生活污水量和工业废水量可根据基础数据条件,采用供水量折算、污水节点流量输入方式模拟,或基于子汇水区的人口、污水定额、排水户废水量与时间变化曲线相组合的方式进行模拟。

2 地下水渗入量可采用子汇水区、管道或节点入流方式,或专用入渗模块进行模拟。

3 降雨径流量应采用子汇水区产汇流计算方式模拟。

4 初雨截流量宜构建雨水模型模拟,一级模型可采用节点流量输入方式模拟。

5 转输边界外水量可采用边界外模型计算结果或使用节点流量输入方式模拟。

6 雨污混接管可采用同步构建雨污水模型,或采用子汇水区、管道或节点流量输入等方式模拟。

7 河(潮)水倒灌可基于排河口调查开展一体化模拟,或采用节点流量输入、河道水位边界引入等方式模拟。

8 临时排水量可采用节点流量输入等方式模拟。

表 5.3.1 排水系统数学模型水量来源

模型水量来源	生活污水	工业废水	地下水渗入	降雨径流	初雨截流	转输边界外水	雨污混接	河(潮)水倒灌	临时排水
污水模型	√	√	√	—	√	○	○	○	○
雨水模型	—	—	○	√	○	○	○	○	○
合流模型	√	√	√	√	√	○	—	○	○

注:“√”表示应包含的水量,“○”表示经评估影响较大时应选择包含的水量,“—”表示可不包含的水量。

5.3.2 子汇水区的划分应符合下列规定:

1 应按照地形地貌、地表、用地和市政管网布局合理划分子汇水区,二级模型的子汇水区宜以街坊为单元进行划分,一般尺度为 2 ha~4 ha。

2 二级以上模型应采取分布式方法进行子汇水区降雨径流模拟,基于渗透性分类计算下垫面面积,城市地区宜区分铺装路面、屋面、透水性表面、水面以及其他地表。

3 现状模型应按实际地形地貌进行下垫面分类,规划模型应按控详规用地类型设置汇水区各类下垫面组成。

5.3.3 子汇水区污水相关参数的选取与确定,应符合下列规定:

1 现状模型有条件地区,宜开展供水量、污水处理量、设施运行量等数据关联分析,结合地区人口普查、供用水量监测、排水户调查、排水流量监测等数据,确定污水定额、时变化曲线、日(季节)变化曲线、废水量和地下水入渗水量。

2 规划模型应根据地区单元规划及相关排水规划设计标准,参考类似地区调查结果,确定上述参数。

5.3.4 子汇水区降雨径流相关参数的选取与确定,应符合下列规定:

1 应结合模型软件,针对不同下垫面类型选用合适的产汇流计算方法。产流模型应扣除蒸发、植被截留、洼蓄和土壤下渗等损失。汇流模型可采用水力学方法或水文学方法。

2 现状模型产汇流参数应通过模型率定验证确定。

3 规划模型产汇流参数应结合类似地区率定结果确定。

5.4 源头设施

5.4.1 源头设施可采用水文法或水力法模拟,采用水文模拟时,应避免汇水区径流的重复计算。

5.4.2 源头设施模拟方法及参数设置应反映设施使用的初始状态,以及调蓄空间和含水率的占用和恢复过程,相关参数宜结合本市海绵城市建设相关标准规范和现场试验确定。

5.5 管网设施

5.5.1 应采用可获得的最新资料模拟排水管网,并符合下列规定:

1 宜利用排水设施地理信息系统,构建模型拓扑关系,设定物理参数,并开展必要的现场复核。

2 宜绘制上游至下游管道剖面图,对倒坡、大管套小管等缺陷进行检查核实。

3 应根据管材、管龄分类设置管渠曼宁粗糙系数初始值,根据水力连接情况,合理设置局部水头损失,并结合模型率定调整。管渠淤积严重的,模拟时应考虑淤积深度对断面的影响。

- 4 应对概化部分进行容积补偿,确保合理反映管网调蓄容积。
 - 5 缺失数据短期不具备复核条件的,在不对模型结果产生重大影响时,可依据工程经验进行合理性推断,并应逐条记录。
- 5.5.2 应采用可获得的最新资料模拟附属设施,并符合下列规定:
- 1 应结合现场调查,合理组合检查井、管道、闸门、孔口、水泵、格栅、拍门、虹吸管等对象,正确概化溢流口、泵站、污水处理厂、调蓄池等构筑物。
 - 2 应结合设计竣工等档案资料进行设施的空间定位、物理参数设置和局部损失设置。
 - 3 具有调蓄功能的设施应定义高程与面积,正确设置容积曲线、进出水方式和初始水位。
 - 4 应结合生产运行调度方案、历史记录和规划功能,合理设置泵、闸、堰等设施的启、闭、开度等规则。

5.6 地表漫流

- 5.6.1 地表漫流模拟方法应按本标准第 3.2.2 条和第 3.2.3 条的规定选取。
- 5.6.2 应对数字地面高程模型进行合理性检查,对异常值进行合理修正。
- 5.6.3 地表漫流模拟使用的二维网格应按下列要求构建:
- 1 网格尺寸应根据模型类型、规模确定,重点关注区网格尺寸不宜超过 25 m^2 。
 - 2 可根据易涝区分布、管网密度等情况,在不同区域采用不同的网格尺寸。
 - 3 宜考虑河道、铁路、路边线、围墙、建筑边界等重要地物阻水设施,分区制作网格。
 - 4 网格区曼宁粗糙系数应结合地表覆盖情况确定。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695342040330011101>