

UDC

中国城镇供水排水协会团体标准

P

T/CUWA XXXXX - 202X

城镇供水管网模型构建与应用技术规程

Technical specification of model construction and applications

for water distribution networks

(征求意见稿)

20 XX—XX—XX 发布

20 XX—XX—XX 实施

中国城镇供水排水协会

发布

前 言

根据中国城镇供水排水协会[2021]9号文《2021年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划》的要求,规程编制组在深入调查研究,认真总结国内外科科研成果和大量工程实践经验的基础上,制订本规程。

本规程主要技术内容是:1.总则;2.术语;3.基本规定;4.系统配置;5.数据要求;6.离线模型构建与校核;7.在线模型构建与校核;8.模型验收;9.模型应用;10.模型维护。

本规程由中国城镇供水排水协会归口管理,由主编单位负责具体技术内容的解释。

主编单位:

参编单位:

主要起草人:

目 次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	3
4 系统配置.....	4
4.1 一般规定.....	4
4.2 硬件要求.....	4
4.3 软件要求.....	4
4.4 功能要求.....	5
5 数据要求.....	6
5.1 一般规定.....	6
5.2 静态数据.....	6
5.3 需水量数据.....	6
5.4 运行监测数据.....	6
5.5 数据格式与接口.....	6
5.6 数据评估与处理.....	7
6 离线模型构建与校核.....	8
6.1 一般规定.....	8
6.2 模型构建与简化.....	8
6.3 参数测定与设置.....	8
6.4 模型校核与验证.....	9
7 在线模型构建与校核.....	10
7.1 一般规定.....	10
7.2 数据要求.....	10
7.3 在线模型的构建与维护.....	10
7.4 在线模型应用.....	10
8 模型验收.....	11
8.1 一般规定.....	11
8.2 运行测试（试运行要求）.....	11
8.3 精度评估.....	11
9 模型应用.....	13
9.1 一般规定.....	13
9.2 规划与设计应用.....	13
9.3 运营管理应用.....	14
9.4 水质模拟应用.....	14
10 更新维护.....	15
10.1 一般规定.....	15
10.2 更新机制.....	15
10.3 模型维护.....	15

1 总 则

- 1.0.1 为加强和规范城镇供水管网模型构建、校核、应用与更新维护管理，制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于城镇供水管网静态模型、动态模型和在线模型等水力、水质模型系统的构建、校核、应用与更新维护管理。
- 1.0.3 城镇供水管网模型建设与运行维护，除应执行本规程外，还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 微观模型 microscopic model

利用数学公式、逻辑准则和数学算法描述管网中所有节点和管段水流运动和水质变化，用以表达和分析整个管网内水流运动和水质变化规律及其运行状态的计算机仿真模型。一般情况下，管网模型特指微观模型。

2.0.2 水力模型 hydraulic model

对供水管网中的管段流量、节点压力及水池水位等水力参数进行状态模拟和分析的计算机仿真模型。

2.0.3 水质模型 water quality model

建立在水力模型基础上，对供水管网中的自由氯或总氯、水龄及消毒副产物等水质参数进行状态模拟和分析的计算机仿真模型。

2.0.4 静态模型 static model

仅针对一个特定工况（如最高日最高时）进行模拟的微观模型，常用于供水管网规划设计、管网宏观状态评估等。

2.0.5 动态模型 dynamic model

对连续多个时段进行动态模拟的微观模型，常用于供水管网运行状态诊断、优化调度和水质模拟等，也叫延时模拟（Extended Period Simulation, EPS）模型。

2.0.6 在线模型 online model

部署在互联网上，具备数据自动更新、定时自动仿真计算功能的微观模型系统，包括实时模型和非实时模型。传统的静态模型和动态模型属于离线模型。

2.0.7 实时模型 real-time model

实时进行运行数据自动更新与自动仿真计算的在线模型系统。由于阀门操作等管网维护数据上传和传感器实时数据传输的限制，目前还达不到完全实时，一般延迟时间在 5min 以内。

2.0.8 模型校核与验证 model calibration and validation

通过核实基础数据、调整模型参数，采用多种工况运行数据对模型进行校核与验证，使管网系统的状态变量（如压力、流量、水质等）实测值与计算值的误差在一个可接受范围内的过程。

2.0.9 模型更新维护 model update and maintenance

根据管网拓扑结构和运行工况的变化，对管网模型基础数据和运行参数进行动态更新和精度维护的过程。

3 基本规定

- 3.0.1 应收集制作准确的供水管道竣工图文资料，做好供水管网信息化系统建设规划。
- 3.0.2 应根据信息化基础条件和应用场景需求分阶段、分层次构建相应的供水管网微观模型。
- 3.0.3 应优先在已计量的用水量数据基础上进行管网模型节点需水量分配，对于不确定的水量可采用优化程序在合理取值范围内进行自动分配，也可根据管线服务面积或管线长度按比例分配。
- 3.0.4 供水管网维修养护时宜利用 PDA 等及时上传阀门操作和管网状态变化记录，便于实时模型构建和应用。
- 3.0.5 管网模型管段流量校核应重点关注大口径管道和关键转输管道，校核精度应考虑管网漏损率和未计量水量占比等的影响；节点压力校核应考虑出厂到管网末梢的压力变化幅度、地势高差的变化、压力仪表安装高度等的影响；管网自由氯（或总氯）模型校核应考虑水质仪表误差和管网硝化反应等的影响。
- 3.0.6 管网模型验收应考虑不同应用场景及所对应的精度要求的差异；管网模型精度评估宜引入第三方评价机制。
- 3.0.7 应鼓励相关部门积极开展管网模型应用，在应用中发现问题和解决问题，不断提升模型精度。
- 3.0.8 应建立管网模型更新维护工作机制，制定工作计划，主动进行模型数据更新维护和相应的模型校核。
- 3.0.9 应建立供水管网模型数据安全保护机制，落实人员责任、权限与模型数据备份工作。

4 系统配置

4.1 一般规定

4.1.1 应配备相应的软硬件系统，并符合下列规定：

- 1 离线模型应用单位宜配备性能良好的计算机、建模软件、配套的数据库系统、日常办公软件等软硬件。
- 2 模型应用单位除上述配置外，还应配置能够支持在线模型系统正常运行的服务器、与外部业务系统进行数据交互的接口、网络环境等。
- 3 管网模型应用单位配置的软硬件宜满足模型计算、属性管理、数据安全、系统兼容、显示效率等技术要求。
- 4 管网模型应用单位配置的软硬件宜为后期应用预留充足的扩展空间，确保后期管网资产或数据增长具有扩展性和可持续性。

4.1.2 模型应用单位宜设立系统管理员，负责供水管网模型系统的账户管理、软硬件系统维护、版本维护、权限管理、应用运维及定期数据备份等日常管理工作，建立数据备份机制，保证数据安全。

4.2 硬件要求

4.2.1 根据系统运行需求，配备相应的硬件，宜包括下列硬件设施：

- 1 数据服务器与应用服务器，用于存储模型基础数据、运行分析过程及结果数据；
- 2 大屏幕、图形工作站、打印机等硬件设施。

4.2.2 根据资产规模和系统运行需要，宜配置性能满足模型应用需求的高性能计算机（或工作站），用于实现建模、运行计算和数据可视化展示的高效稳定。对于大规模供水管网系统建模，宜配置高性能计算机系统；

4.2.3 有严格数据涉密要求的单位宜配置脱网专用计算机（或工作站），并采取有效的措施保障数据安全。

4.2.4 模型建设和维护过程宜配备移动式压力、流量、水质测试和高程测试等仪器设备。

4.3 软件要求

4.3.1 建模软件的选择应考虑下列因素：

- 1 管网规模、应用目标与应用场景；
- 2 软件性能，包括用户界面友好性、操作简便性、可开放性、软件功能完善程度、汉化程度、稳定性、扩展性、计算效率高效性；
- 3 数据接口及配套软硬件要求；
- 4 与操作系统的兼容性；
- 5 技术支持、培训服务与售后服务完备性；
- 6 基础数据安全等。

4.3.2 宜支持不同类型数据的集成，如光栅数据、矢量数据、非图形数据等。

4.3.3 管网模型应用单位宜配置相应的局域网或专网环境，保证外部系统数据的正常传输交互及不同应用人员能够通过网络远程访问管网模型系统。

4.4 功能要求

4.4.1 管网模型软件应满足下列基本功能：

- 1 管网拓扑及基础数据的检查与纠错；
- 2 模型简化、拆分与合并；
- 3 模型校核与验证；
- 4 静态和动态水力、水质模拟；
- 5 数据开放共享性和多种类型数据的导入和导出；
- 6 数据类型支持数据库格式和单个文件格式；
- 7 数据查询、统计、编辑、打印等；
- 8 水量分配工具；
- 9 具备与管网 GIS、SCADA、客服营收、管网调度等系统的数据接口等。

4.4.2 宜具备多种水量分配方式及工具，用水量计算分配应符合下列规定：

- 1 将多个用水水表点，包含其中的多个用水量类型，连接至单个节点；
- 2 根据管道长度或供水面积进行用水量分配；
- 3 对单独的节点用水量分配进行手动添加或修改；
- 4 营收系统中的用户水量自动导入模型，并在此基础上批量修改和更新。

4.4.3 根据用户需求，模型软件宜具备下列扩展功能：

- 1 模型应用的方案管理；
- 2 水力水质在线模拟；
- 3 污染物扩散模拟与污染源追踪；
- 4 管网系统运行能耗分析；
- 5 管道冲洗分析；
- 6 关阀分析；
- 7 规划分析；
- 8 辅助评估水质影响；
- 9 管网改扩建、供水优化调度等。

5 数据要求

5.1 一般规定

5.1.1 供水管网模型建设前应进行相关数据收集和整理，并对现有信息化系统进行调研，了解可用数据资料数量和质量。

5.1.2 所需数据应按照通用格式和接口要求进行整理和提供，应明码保存，满足离线和在线模型建设的要求。

5.1.3 供水管网水压、水量在线监测应符合现行行业标准《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207 的有关规定，水质在线监测点布局、监测指标和频率应符合现行行业标准《城镇供水水质在线监测技术标准》CJJ/T 271 的有关规定。

5.1.4 对所收集到的数据应进行有效性判断和规范化处理，包括数据甄别、评估和清洗处理，必要时，进行现场踏勘、补充测试和数据确认。

5.1.5 对图、文、属性等数据的编辑修改，应有依据并留存相应记录，可以追踪源头和责任人。

5.2 静态数据

5.2.1 管网静态数据一般来源于管网 GIS 系统或竣工 CAD 图纸，应含有管网拓扑结构、属性信息和水厂泵站拓扑结构图等。

5.2.2 管网静态数据应有审核和更新机制，并记录存储更新日志（日期，更新原因，更新的数据种类和来源，责任人等）。

5.3 需水量数据

5.3.1 需水量数据宜通过远传水表、流量监测系统、营业收费系统抄表数据、总表抄表数据及调查等多种手段获得。

5.3.2 需水量空间分配宜进行区块划分后分配；大用户表或小区总表实时监测水量应使用本表具的用水模式曲线；无用水监测曲线有用户水量的，应根据用水类型和实际情况采用归纳分类的用水模式。

5.4 运行监测数据

5.4.1 管网系统运行监测数据包括水厂、加压泵站、高位水池运行数据、管道流量、管网压力、水质、二次供水泵站进口压力和流量、电动阀门控制信息及部分手抄或报表数据。

5.4.2 运行监测数据宜通过 SCADA 系统和相关监测系统采集，应保证流量、压力、水质等实时数据的准确性、完整性与时效性，数据采集时间点和间隔应统一。

5.4.3 管网运行数据采集时，应确保测量仪表和数据远程系统处于正常工作状态，对监测数据中的异常部分应结合管网实际运行状况进行分析，对其中的错误数据予以剔除。

5.4.4 采集时间段宜选择平稳运行期，特殊工况应予以剔除；采集时间间隔宜采用 5min-15min；必要时，可补充进行现场测试和复测。

5.5 数据格式与接口

5.5.1 相关业务系统的数据保存应采用通用的数据库格式或者 EXCEL、TXT 格式，满足在线、离线模型建设要求。

5.5.2 相关业务系统运行数据的保存时间间隔、起始时刻应统一，宜提供公开接口供在线和离线模型系统调用，应保存通过接口数据同步时的日志记录、报警记录等。

5.6 数据评估与处理

5.6.1 数据评估与处理应符合下列规定：

- 1 数据使用前，需对获取到的静态数据和动态数据进行完整性、准确性和有效性进行评估。
- 2 数据处理过程中遇到的相关问题应反馈至来源系统，应从源头进行修正。

5.6.2 管网拓扑评估和处理应符合下列规定：

- 1 拓扑导入模型后应进行检查并与原始数据核对，确认管段管径、管长、材质、敷设年代、阀门开关状态、节点标高等数据正确无误；应对数据进行质量检查，将错误或缺失进行修正。
- 2 管网拓扑结构检查一般通过建模软件自带的功能模块实现，针对管道之间的交叉跨越、联通性、孤立管段、孤立节点、极短距离邻近节点等容易产生错误连接状态等细节问题仍需要结合竣工图纸、现场核实及模拟结果分析等进行检查确认。
- 3 模型中处理后的管网拓扑结构应确保联通正确。

5.6.3 需水量等运行数据宜进行多个周期的对比，剔除异常和错误数据，并处理成相应格式。

5.6.4 运行监测数据宜进行多个周期的对比分析，压力监测点数据宜进行典型时段的空间点位对比，剔除异常和错误数据，并处理成相应格式。

5.6.5 数据处理可形成数据处理工具和相关接口，供在线模型调用。

6 离线模型构建与校核

6.1 一般规定

6.1.1 离线模型构建应首先对现有数据条件、建模预算和项目时间节点要求进行评估，确定该模型构建项目的可行性。

6.1.2 离线模型建设应明确模型建设目标、应用场景和精度要求，宜根据最简实用原则选择合适的建模软件工具，根据应用需求确定所建设模型类别。

6.1.3 离线模型建设应有良好的项目组织与时间规划，对建模过程中出现的异常情况，应详细研究具体原因，并对资料和数据进行核实和确认。

6.2 模型构建与简化

6.2.1 供水管网模型构建工作应包括以下步骤：数据收集、检查与质量评估；数据标准化处理与导入，包括基础数据处理与完善、需水量数据处理等；模型简化与模型参数设置。

6.2.2 宜与数据管理人员和现场人员进行沟通，收集数据，审查数据源，应用多种方法对数据质量进行检查和评估。

6.2.3 应根据模型软件的数据规范要求进行数据规范化处理，包括缺漏与异常数据处理等，将处理后数据导入到模型软件中。

6.2.4 宜通过模型软件中的管网拓扑检查、管道属性数据推断等工具，核实、补充和完善管网拓扑，管网设施与对象的属性数据及相关基础数据，对可疑数据进行核查和确认。

6.2.5 需水量的空间分布宜通过远传抄表数据、营收账务数据、多级区块供水流量监测数据与产销差分析、区块用户类型与用户数量等数据进行定位和计算。

6.2.6 需水量的时间分布宜通过多类型用户的用水模式进行监测、分析和计算。用水类型一般包括：居民用户，医院、学校、商场、办公等公共服务用户，工业用户，建筑工地、市政、消防等。

6.2.7 宜根据模型规模、应用需要和模型精度要求，应用模型软件工具对模型进行简化。

6.2.8 模型参数设置应包括管段摩阻系数、节点需水量、用水模式等模型参数的设置和模拟选项配置设置等。

6.3 参数测定与设置

6.3.1 参数测定宜包括：水泵特性曲线、用户用水模式、监测点高程、管道摩阻系数、余氯衰减系数、主干管线关键阀门开启度对应的局部阻力系数等。

6.3.2 测定水泵特性曲线时，有条件的应对水泵进行全流量区间测定；无条件进行全流量区间测定的，可采集单泵运行区段的流量、压力数据进行主要工况范围内的特性曲线拟合。

6.3.3 用水模式测定应考虑所监测用水量的不确定性，选择具有代表性的用户或低漏损区块进行用水模式测定。

6.3.4 节点高程宜来源于管网 GIS 系统，或可依据城市高程系统进行插值计算生成节点高程数据，或通过数字高程模型自动生成节点高程数据；应进行节点高程异常数据检查，核实关键节点和压力监测点高程，必要时需要现场测量核实。

6.3.5 建立管网余氯衰减模型时,应对各出厂水的水体反应系数 K_b 进行测定,宜在恒温箱中测定 0~35 摄氏度范围内的 K_b 值,温度步长宜取 5 摄氏度。

6.3.6 规划设计模型,在完成模型拓扑结构核定、属性数据输入及参数、工况设置后,应对模型进行静态的工况初步验证和测试,特别是爆管或消防流量等极端工况条件下的静态模拟和测试计算。

6.4 模型校核与验证

6.4.1 模型校核应根据模型建设需求,评估现有监测点与监测数据情况,给出满足模型校核要求的监测方案与数据要求。

6.4.2 模型校核宜包括下列步骤:

- 1 明确模型应用场景与校核要求;
- 2 模型粗调与手工校核,静态模型校核;
- 3 参数灵敏度分析;
- 4 模型精调与微观校核,延时模型调校;
- 5 校核过程的问题反馈与核实;
- 6 模型精度评估、误差特征与误差源分析、误差合理性解释。

6.4.3 应明确模型的应用场景与校核要求,规划设计模型应按照 GB 50013-2018 中 7.1.10 规定的 3 种工况和要求进行校核,规划模型的漏损水量按供水总量的 10% 计算。

6.4.4 在模型粗调和手动校核过程中应遵循参数合理校核原则,宜对模型参数进行分组,分析模型参数的灵敏度,合理调适参数值。

6.4.5 在模型粗调和静态模型校核的基础上,对模型进行精调,对延时模型进行调校,再次核实拓扑、阀门状态与调整节点用水量分配、管道摩阻系数、阀门阻力系数或局部水头损失等,可通过建模软件工具对模型进行精调。

6.4.6 余氯衰减模型校核应在水力模型达到预定精度的基础上,根据在线监测点和人工采样点实测的余氯数据调整管壁反应系数 k_w 使模拟值适配实测值。

6.4.7 应对模型精度进行评估,分析误差特征与误差源,对残差进行分析,控制误差限,对误差做出合理性解释。

6.4.8 根据模型的应用场景,建立离线模型的校核精度要求,在地势高差较大的丘陵城市等区域,可根据实际应用建立校核精度要求。

6.4.9 校核之后的模型应进行验证和试运行,确认模型的准确性以及对生产的指导作用。

7 在线模型构建与校核

7.1 一般规定

7.1.1 在线模型应建立在离线模型的基础上，宜建立离线模型和在线模型之间的数据互通。

7.1.2 在线模型系统应该具备的基本功能包括：定时自动计算、数据的自动更新、模型精度在线评估和提示校核、异常预报警等功能。

7.2 数据要求

7.2.1 建立在线模型的基础数据应符合“第5章 数据要求”。

7.2.2 在线模型的数据更新方法，取决于基础数据本身的更新频率，动态数据应自动更新，静态数据应由人工审查后进行更新。

表 7.2.2 数据更新

数据分类	数据内容
动态数据	监测运行数据、用水量模式、普通阀门操作
静态数据	管网拓扑等静态数据、节点水量的空间分布

7.2.3 动态数据的采集和发送频率应根据在线模型的应用场景的不同而进行调整：

- 1 实时在线模型的动态数据采集与发送频率应小于等于 5min；
- 2 非实时在线模型的动态数据采集与发送频率可大于 5min；
- 3 在线模型的动态数据传输频率应高于模型的计算频率。

7.2.4 监测点布置

应符合离线模型的监测点布置要求。

7.2.5

为了保证在线模型的正常运行和计算仿真的准确性，应对动态数据进行清洗和预处理。

7.2.6 动态数据质量要求：每次模型计算时，边界条件的数据及时率宜达到 90%以上。

7.3 在线模型的构建与维护

7.3.1 在线模型系统宜与数据采集与监控系统(SCADA)、阀门操作系统、营收系统建立数据接口。

7.3.2 考虑到供水管网中各种类型操作数据采集的及时性与完整性，在线模型的精度在每季度中至少连续七天不低于离线模型的校核精度标准。

7.4 在线模型应用

7.4.1 在线模型的应用包括供水现状分析、阀门操作评估、辅助调度等。

7.4.2 实时模型可开展监测运行数据实时评估、实时报警、应急调度等智能化应用。

8 模型验收

8.1 一般规定

8.1.1 应根据不同的管网规模和模型用途确定节点压力、管段流量校核点数量：

- 1 压力校核：压力校核点数量应符合 CJJ 207 中管网压力在线监测点的数量要求；
- 2 流量校核：宜选取流量较大的管道进行流量校核，包括所有出厂干管、增压泵站的出水管道、转输管道、分区流量监测点以及不同供水区域之间的连接管等进行校核。
- 3 水质校核：应在市政管网的水质敏感区、重点保障区、管网末梢、人口密集区、主要服务区、主要供水路径沿线、不同水源供水分界处设置水质监测点作为水质模型校核用。

8.1.2 模型精度标准应按管道功能分层确定，干管的压力、流量和水质模拟精度应高于配水管。

8.1.3 校验点的数据宜采用多日连续数据以消除随机因素的影响。

8.1.4 模型验收前应对模型精度进行评估，评估标准应符合第 8.3 节的规定。

8.1.5 应根据模型精度和过程档案资料进行模型验收，不满足要求的应进行整改。

8.2 运行测试

8.2.1 完成模型拓扑结构、属性数据输入、参数及工况设置后，应对模型计算进行下列测试：

- 1 检验计算结果是否满足管网流量守恒和能量守恒法则；
- 2 根据应用需求，宜选取爆管等极端工况条件进行测试计算，确保模型可以正确运行。

8.2.2 当系统报错时，应根据报错记录查摆原因，修改错误数据，调整相应参数设置。

8.3 精度评估

8.3.1 静态管网水力模型精度应满足 CJJ207 的相关规定。

8.3.2 动态水力模型和水质模型精度评估应符合下列规定：

1 节点压力精度评估

$$\varepsilon = \frac{\sum_{t=1}^T |H_t - H_t^{sim}|}{T} \quad (8.3.2-1)$$

式中 H_t 为某测压点第 t 个时段的压力值，MPa； H_t^{sim} 为根据水力模型计算出的某测压点第 t 个时段的压力值，MPa； T 为总时段数。

2 管道流量精度评估

$$\delta = \frac{\sum_{t=1}^T \left| \frac{Q_t - Q_t^{sim}}{Q_t} \right|}{T} \quad (8.3.2-2)$$

式中 Q_t 为某测流点第 t 个时段的流量实测值， m^3/h ； Q_t^{sim} 为第 t 个时段的流量模拟值， m^3/h 。

3 余氯模型精度评估

$$\partial = \frac{\sum_{t=1}^T \left| \frac{C_t - C_t^{sim}}{C_t} \right|}{T} \quad (8.3.2-3)$$

式中 C_t 为某在线水质监测点第 t 个时段的余氯浓度实测值，mg/L； C_t^{sim} 为第 t 个时段的模拟值，mg/L。

8.3.3.3 不同用途动态模型的精度评估应符合表 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 不同用途动态管网模型的精度表

模型用途	压力精度	流量精度	水质精度
规划设计	既有管网干管压力监测点多时段绝对误差均值 ϵ 控制在 0.04 MPa 范围内的个数应占总数的 95%以上，控制在 0.02 MPa 范围内的个数应占总数的 50%以上。	既有管网出厂流量多时段相对误差均值 δ 控制在 20%范围内，干管流量监测点多时段相对误差均值 δ 控制在 30%范围内的个数应占总数的 95%以上。	/
状态评估 运行调度	压力监测点多时段绝对误差均值 ϵ 控制在 0.03 MPa 范围内的个数应占总数的 95%以上，控制在 0.02 MPa 范围内的个数应占总数的 80%以上。	出厂流量多时段相对误差均值 δ 控制在 10%范围内，DN400 以上管道流量监测流速大于 0.3m/s 的管道，瞬时流量误差小于 15%范围内的个数占总数的 80%以上。	/
水质模拟 (余氯模型)	压力监测点多时段绝对误差均值 ϵ 控制在 0.02 MPa 范围内的个数应占总数的 95%以上，控制在 0.01 MPa 范围内的个数应占总数的 50%以上。	出厂流量多时段相对误差均值 δ 控制在 5%范围内，DN400 以上管道流量监测流速大于 0.3m/s 的管道，瞬时流量误差小于 10%范围内的个数占总数的 80%以上。	水质监测点余氯浓度多时段相对误差均值 ϑ 控制在 20%范围内的个数应占总数的 80%以上。

8.3.4 在线模型的精度要求，应符合本规程 7.3.2 的规定。

9 模型应用

9.1 一般规定

- 9.1.1** 模型可应用在供水系统的规划设计、运行管理和检修维护等方面，如管网的改扩建设计、停水方案评估、泵站调度方案模拟等。
- 9.1.2** 离线模型和在线模型均可以应用于供水管理业务中，其中离线模型常用于供水系统的规划设计及各类预案的制定等特定工况下的应用场景，如最高时工况等；在线模型常用于日常调度、预报预警等实时性较强的应用场景。
- 9.1.3** 用于分析和应用的模型，需通过模型校核且模型精度满足相应模型应用要求。
- 9.1.4** 模型应用过程一般包含应用目标确定、模型准备、边界条件设定、模拟计算、结果分析、方案评价与比选等步骤。
- 9.1.5** 模型作为一个工具来辅助供水管理，模型应用人员应结合实际业务需求合理设置模型的边界条件，以达到预期的结果。
- 9.1.6** 应建立模型应用平台，功能设置应符合供水系统运行管理业务需求，让模型能够得到更广泛的应用。用于分析和应用的模型，需通过模型校核且模型精度满足相应模型应用要求。
- 9.1.7** 供水管网模型应用范围包括现状评估、管网规划与设计、管网日常管理、水质分析与管理、计划与应急调度管理等方面。
- 9.1.8** 利用模型开展规划与设计评估时，宜包含应用目标确定、模型选择与精度要求、模拟方案制定、模拟运行与分析、方案评价与比选等步骤。
- 9.1.9** 模型方案分析的数据文件与技术报告应在模型应用档案库中保存，以备调用。

9.2 规划与设计应用

- 9.2.1** 可通过模拟供水系统规划方案实施后的运行状态来评估规划方案的结果，为制定合理的规划方案提供支持。
- 9.2.2** 供水系统规划方案应涵盖对现有供水基础设施的优化完善和扩建，宜包括供水管网、水厂、加压站、二次供水设施及新增用水户等基础设施的改建和扩建工程规划方案。
- 9.2.3** 应制定多种可行的规划方案，应用模型进行模拟计算，通过对不同方案的压力、管道流速、水流方向、管道水龄等结果的比较，得到优化的规划方案。
- 9.2.4** 在规划方案模拟计算时，应根据规划的目标需求为模型设置合理的边界条件，一般采用规划水量或最高日最高时水量作为模型的总供水量。
- 9.2.5** 对于较大规模的管网，可建立较大口径（建议 DN400 及以上）管网模型，以降低建模工作量，提高工作效率。
- 9.2.6**
根据改建、扩建等不同管道工程方案的内容，在模型中模拟方案实施后的管网水力状态变化，为工程方案的实施提供决策支持。
- 9.2.7**
分区方案宜用模型进行复核，重点关注流向、压力变化，水龄增加幅度，流速为 0 的管道长度等关键指标，来评估分区的合理性。
- 9.2.8**

管网在线压力、流量计及水质监测点规划应通过管网模型多工况模拟分析辅助决策。

9.2.9

管网中新增水厂、泵站和拆除水厂、泵站应通过管网模型多工况模拟分析辅助决策。

9.3 运营管理应用

9.3.1 应通过管网模型模拟计算全面了解供水系统在不同工况下的运行状态，发现管网运行中存在的问题，应用模型的模拟功能评估和制定相应的解决方案。模型的应用能够使管网运营管理工作更加科学高效。

9.3.2 模型可用于管网管理、供水调度、事故应急处置、水质管理等，宜包括供水现状分析、阀门操作评估、管网并网、管道冲洗等管网日常管理；区域调水、管网压力控制、高峰供水等调度管理；管网爆管、水质污染事故等应急处置管理。

9.3.3 模型可以辅助开展监测点优化部署、计量分区评估、漏损区域识别等智能化应用。

9.3.4 应根据模拟场景为模型设置符合实际情况的边界条件，在模拟过程中，也需要根据工况的变化调整相应的模型参数，以确保模型模拟结果与实际情况相符。如当管网压力大幅降低时，可以考虑应用压力驱动流量技术降低管网的用水量，提高模拟精度。

9.3.5 具备条件的水司可建立在线模型，用于实时性较强的应用场景，如日常调度、报警预警、紧急事件应急处置等应用。

9.3.6

供水单位应在输配水主干管网并网、管网维修、管道冲洗等管网日常管理中强化供水模型的应用。

9.3.7

供水单位应利用供水模型开展区域调水、高峰供水、节假日供水等预案制定。输配水主干管网并网、计划停水、管道冲洗等管网日常管理中强化供水模型的应用。

9.3.8

当发生管网供水事故，如爆管、水质污染事故，已经建立实时在线模型系统的供水企业宜用实时在线模型对管网事故进行仿真，并对处理方案进行评估。

9.4 水质模拟应用

9.4.1 管网水质总体情况评估应包括管网水龄和余氯等水质指标的动态评估。

9.4.2 管网水质改善方案研究应包括管网输配水格局优化，管道卫生环境改善，管道冲洗与定点取水方案，多级加氯等。

9.4.3 宜提供楼栋或二次供水小区水质边界条件，用于评估二次供水与用户水质情况。

10 更新维护

10.1 一般规定

10.1.1 应根据模型应用单位组织结构和数据治理现状，建立模型更新维护的组织机制、工作机制和数据流转机制。

10.1.2 模型更新维护分为日常更新维护、定期校核与更新维护，应根据供水系统与业务应用情况建立相应的模型更新维护机制，并建立模型更新维护评价办法、实施细则。

10.1.3 模型维护内容应包括：管网拓扑与需水量等模型对象及模型对象属性更新，模型校核与验证，模型更新成果汇总与更新报表。

10.2 更新机制

10.2.1 应推进数据治理工作，简化相关的数据管理，数据流转、数据更新与数据维护工作，简化相应的组织机制和工作机制，保证相关数据更新的及时性。

10.2.2 应评估各类数据对管网模型精度的影响，建立模型日常维护和更新机制，及时更新对模型影响精度较大的数据变更情况。

10.2.3 宜建立在线模型精度的综合评估和预报警机制，对于模型精度发生异常的情况进行预报警，触发模型管理人员对模型进行日常更新和维护。

10.2.4 在线模型宜不低于1年2次对管网静态数据定期更新和维护，保证模型精度，梳理管网状态变化与管网运行情况。

10.3 模型维护

10.3.1 新增水厂（泵站、管道）并网、管道停/复役、输水管线拓扑连接变更、厂站水泵改造等应在7个工作日内完成更新维护工作。

10.3.2 管网在线模型中，关键阀门预期中长期的开/关状态变更应在3个工作日内完成相应的更新维护工作。

10.3.3 管网在线模型中，管网新增区块，区块水量、产销差、营收账务等数据宜在1个月内进行更新维护。

10.3.4 厂站、监测点与SCADA数据应及时更新维护，准确反映管网运行总体情况。

10.3.5 模型日常维护内容包括日常的管网变更，监测数据异常预报警分析与数据审查，模型精度异常分析等。

10.3.6 定期校核与更新维护内容应包括：模型校核，模型维护报告撰写，输配水格局分析，模型精度变化趋势，监测点评估，异常与预报警汇总等。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

条文说明

1 总 则

1.0.1 目前，国内大中城市供水单位大都开展了管网仿真模型建设，但模型建设质量、数据更新维护和模型应用缺乏技术准则，国家、行业均没有建立专业技术规范；为了规范城镇供水管网仿真模型建设与加强管网智能化、科学化管理，故建立本技术规程。

1.0.2 供水单位是管网微观模型建设的主体，承担管网模型建设与运行维护的主要任务；规划设计单位一般只建立静态模型，进行管网规划设计相关应用；咨询单位一般帮助供水单位进行管网模型建设与运行维护，或为供水单位提供管网模型相关解决方案；相关政府监管部门也有管网建模的需求，如上海市供水调度监测中心，整合中心城区市属自来水公司的管网模型，开展一网调度的模拟应用。

1.0.3 国家现行有关标准主要包括《城镇给水排水技术规范》GB50788、《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ207等。

2 术 语

本章英文部分参照了国外有关出版物的相关词条，由于国际标准中没有这方面的统一规定，各个国家的英文使用词汇也不尽相同，故英文部分仅作为推荐英文对应词。

3 基本规定

3.0.1 供水管网信息化系统主要包括 GIS、SCADA、营业收费、客服热线和模型系统等，其中，GIS、SCADA、营业收费等系统是建立管网模型系统的基础，而收集制作准确的管道竣工图文资料是建立管网 GIS 的基础，供水单位应做好建设规划，明确建设顺序。

3.0.2 供水单位根据信息化基础条件和应用需求，遵循先易后难的原则循序渐进建设管网模型；应用层次主要包括规划设计、状态评估与运行调度、水质模拟等，不同简化程度的管网模型满足不同层面的应用需求。针对不同的数据基础和应用需求，建立不同简化程度和不同精度等级的管网模型。有条件的可一步到位建设一个高精度的微观模型，可同时满足规划设计、状态评估、运行调度和水质模拟等应用需求。具体要求可参考表 3-1 和表 3-2。

表 3-1 不同层次管网微观模型

模型层次	数据要求与主要功能	典型应用
管网规划设计	应包括水厂、泵站、主干管等现状和规划设施，应可进行最高日最高时、消防时、事故时、最大转输时等关键工况的静态模拟计算；	管网中长期规划、新建管网系统设计方案比选、管网改造方案比选等；
管网状态评估与运行调度	应包括小区接入管之前的所有市政供水管道，以及水厂、泵站、调节阀门、水池等现状设施，可进行多时段延时模拟和在线模拟；	瓶颈管道识别、运行问题诊断、制作调度预案、辅助调度、应急辅助决策等；
管网水质模拟	应包括小区接入管之前的所有市政供水管道，以及水厂、泵站、调节阀门、水池等现状设施，宜包括必要的小区供水管道，可进行多时段延时模拟和在线模拟，以及特定水质指标的水质模拟计算。	水厂加氯量优化、二次加氯方案比选、水龄模拟等。

表 3-2 管网微观模型最小管径要求

供水规模（万 m ³ /d）	模型层次	建议最小管径(mm)
≥100	规划设计	DN500
	状态评估与运行调度	DN300
	水质模拟	DN300
50-100	规划设计	DN300
	状态评估与运行调度	DN200
	水质模拟	DN200
≤50	规划设计	DN200
	状态评估与运行调度	DN100
	水质模拟	DN100

针对不同的实际情况和应用需求，来确定开发何种模型，主要从以下几个方面考虑：

- 1 GIS 管线数据的完整度和更新及时性；
- 2 营业收费、分区计量及远传水表数据的覆盖度和颗粒度；
- 3 SCADA 数据的覆盖度和颗粒度；
- 4 实施后拟应用的目标，如规划设计、优化调度、水质模拟等。

3.0.3 用户用水量数据是节点需水量分配的基础，对于无计量的漏损等水量，可采用优化程序在一定取值范围内进行自动分配，也可根据供水面积或管线长度按比例分配。根据模拟结果与监测数据匹配情况对全部用水量进行自动分配是纯数学上的优化，脱离实际，会导致自动分配的用水量与实际用水量差别很大，模拟结果不可信。

3.0.4 /

3.0.5 /

3.0.6 不同规模、管理水平的供水管网模型精度会有差别，比如产销差越大，模型精度可能越低。不同应用场景对模型精度的要求也不同。模型测试和评估报告中宜有管网历史数据统计分析，模型校核数据分析，模型试运行数据统计分析，模型精度等级评定及不同应用的适用情况分析等内容。第三方评估机构可以是高等院校、科研院所、咨询机构等。

3.0.7 /

3.0.8 应用单位应制定管网离线模型更新维护计划，主动对数据进行更新，不要等到模型失效后才被动去更新维护；因数据更新维护涉及多个部门，须建立工作机制，明确职责与分工。

4 系统配置

4.1 硬件要求

4.1.1 数据库服务器可参考以下配置：

表 4-1 数据库服务器配置

CPU	Xeon E5-2670 2.6GHz 以上
内存	64G
硬盘	2T
显示器	按需
系统	Windows Server 2012

4.1.2 根据现有软件工具安装环境要求进行的调研分析，提出软件共有的运行环境条件作为本标准要求的软件运行环境的条件。

4.2 软件要求

4.2.1 本条为选择建模软件时应考虑的因素，建模软件的选择将直接关系到模型的适用性、可靠性，模型应用的安全性等。在选择建模软件时需根据自身需求，包括：

- 1 软件是否能满足所研究规模大小管网的计算需要，模型应用的定位是应用于较宏观的规律性分析（宏观模型），还是微观的水力结果分析（微观模型）；
- 2 操作界面是否流畅友好；软件功能是否满足建模需要；软件的计算过程是否稳定；将来一定时期内管网增加时，软件是否适用；模拟计算速度是否高效；
- 3 软件是否兼容所应用的计算机操作系统（如 window 7、window 8、window 10、window Server 等）；
- 4 涉及到关联接口的或者数据导入是否操作方便。

4.2.2 模型软件宜支持多种类型的数据集成应用，比如网格化栅格数据、矢量型数据、非图形数据（如文本类数据）。

4.2.3 模型软件宜具备能够建立和处理地理信息系统中存储的所有管网地理空间数据的能力，并能对这些复杂关系进行有序的规整管理，并具备保证地理信息数据存储安全、完备的机制。

4.3 功能要求

4.3.1 本条对模型软件的基本功能提出推荐性要求。

- 1 具有可将管网拓扑、水量、设备组件状态等基础数据资料导入模型软件中的建模工具；
- 2 可进行常规的管网连通性、孤立组件、属性异常等数据错误排查和纠错；
- 3 能够对部分或整个管网进行简化；
- 4 可依据实测数据对模型的基础数据进行校核；
- 5 可对建模软件中所有的管网对象进行静态或动态延时模拟计算，并对任一水力对象计算结果进行查询分析；可进行包括化学物质模拟、水源追踪和水龄计算等水质模拟分析；
- 6 可以与外部文件和软件进行 Excel、Access、Geodatabase、EPANET 等数据类型的共享和交换；

5 数据要求

5.1 一般规定

5.1.1 不同水务公司的信息化系统建设程度不同，有必要根据自身情况进行调研，根据资料情况和应用需求确定模型建设深度。

5.1.2 应详细了解水务公司各部门的分工及职责，有针对性的开展各类数据的收集工作。数据除了来自各相关信息化系统，有些关键信息来自现场调研，需要深入现场进行收集，如，通常管网管理领导和抢维修人员熟悉管网联通关系、阀门状态；有些信息来自台账记录。

5.1.3 不同数据来源所提供数据格式不同，一般 GIS 为 shape 格式，施工图等为 DWG 格式，用水量、运行数据为通用数据库、EXCEL 等格式；接口一般 GIS 为 OGC、WFS 服务方式提供，其余监测系统通过接口对接。

5.1.4 静态数据包括管网拓扑数据、阀门状态、计量分区、监测点仪表标高、地形数据等信息，该部分数据作为拓扑和属性导入或录入模型系统中；动态数据包括需水量数据、监测运行信息及相关报表信息，该部分数据作为模型的控制数据或用于模型的校核。

5.2 静态数据

5.2.1 拓扑结构根据不同资料情况进行收集，有些水务公司信息化建设较晚，未建成 GIS 系统的，可以基于完整的管网 CAD 图，并对资料情况进行评估，确定建模可行性。其中，拓扑类数据应必须至少包含以下字段：

管段：位置、管段类别（原水管道、工业管道、生活管道等）、管径、长度、材质

节点：位置、高程

监测设备：名称、坐标、仪表表头高程、类型（压力监测点、流量监测点、水质监测点等）

阀门：位置、阀门类型、口径、材质

水源：位置

表 5-1 管网基础数据（可放条文说明）

序号	数据	详细描述	来源
1	设备节点	唯一编号、名称、坐标、高程、类型（连接点、三通、堵头等）	GIS,竣工资料,管网设计及运行维护技术人员
2	水表	唯一编号、名称、坐标、口径、埋深、高程、用户号、类型（大用户、居民表、计量表）	GIS,营收系统
3	消防栓	唯一编号、名称、坐标、口径、埋深、高程、类型（地上式、地下式、消防水鹤等）	GIS,竣工资料,管网设计及运行维护技术人员
4	监测设备	唯一编号、名称、坐标、口径、埋深、干管高程、仪表表头高程、类型（压力监测点、流量监测点、水质监测点、水池水位监测点等）	GIS,竣工资料,管网设计及运行维护技术人员
5	管段	唯一编号、起止节点编号、管段类别（原水管道、工业管道、生活管道、规划管道、废弃管道等）、管径、长度、材质、敷设日期、埋设深度、所在路名	GIS,竣工资料,管网设计及运行维护技术人员

6	阀门	唯一编号、阀门名称、坐标、阀门类型、口径、材质、阀门状态、敷设日期、埋设深度	GIS,竣工资料, 管网设计及运行维护技术人员
7	泵站	平面结构图、剖面图、进出口连接关系；水泵额定参数（流量、压力、功率、转速）、流量-扬程-功率特性曲线；类型（定速泵、变速泵）、安装年限	竣工资料, 设计及运行维护技术人员, GIS
8	水库	编号、名称、坐标、池底标高、断面形状、容积曲线、进出水管径、类型（水池、水塔等）、水池运行设计参数（最低水位、最大水位和设计水位）	竣工资料, 设计及运行维护技术人员, GIS
9	分区	区域划分图、分区计量图、抄表分区图	营业所或计量管理部门

5.2.2 拓扑分级管理

一般的，模型建设的最小口径根据 GIS 或 CAD 图的较为完整的最小口径确定，一般为市政管段，即到小区进口总表。根据资料和应用需求确定最小口径。

表 5-2 最小管径建议

供水规模（万吨）	模型层次	最小管径（mm）
≥100	规划设计	DN500
	状态评估与运行调度	DN300
	水质模拟	DN200
30-100	规划设计	DN300-500
	状态评估与运行调度	DN200-300
	水质模拟	DN100-200
30 及以下	规划设计	DN200-300
	状态评估与运行调度	DN100-200
	水质模拟	DN100

5.2.3 阀门状态

考虑 GIS 系统中阀门状态和现场实际可能不一致，应对阀门状态进行调研，摸清管网中常调度的阀门开关状态和常闭阀门。

可收集阀门出厂特征曲线。

5.2.4 监测点标高

监测点须有测压点仪表的表头安装高度，如果没有，需要进行实际测量。

5.3 需水量数据

5.3.1 需水量数据来源

表 5-3 需水量数据（条文说明）

序号	数据	详细描述	来源
1	用水概况	用水量、用水类型（工业、居民、商业等）、产销差率、漏损率	营业收费系统, 管网中水表、流量计监测、SCADA 系统
2	表具位置	编号、名称、坐标、用户号、类型（远传表、流量计、机械表等）、用水性质、抄表周期	营业收费系统, GIS
3	实时水量	编号、名称、用户号、监测量类型、时间、监测值	远传水表、流量计监测系统

4	用水模式	各典型用水类型的用水量逐时段变化模式	远传水表、流量计监测系统、用水量模式调查
5	计量分区	流量计进出关系	营业、计量管理部门
6	差值水量	总供水量和分配后的水量的差值	

5.3.2 营收账务数据

水量分配的源数据为营收系统售水量时，考虑到单月双月等抄表周期因素，将营收系统中用户月用水量计算为用户某月日均用水量，导入模型进行水量分配。

5.3.3 水量分配

考虑模型的应用场景和精度校核需要，定位的水量与总水量的占比不宜过低，可以选择前一定位数用户进行定位；对流量和水质校核精度要求比较高时，定位的水量占比要比压力校核要求高。

如无 GIS 定位数据，该比例可以根据实际情况进行调整。未定位的水量根据划分的区域进行分配，可参照计量分区、抄表分区等等，划分越小越好。

5.3.4 差值水量

差值水量一般是含漏失水量和未计量用水。一般来说，大用户用水量和普通用户水量在远传系统、营业收费系统中有记录，属于计量用水；而漏失水量和其他用水通常不包含在营业收费系统中，无法直接得到其数据，属于未计量水量。该类水量可采用按区域、按比流量的方式进行分配。

5.4 监测运行数据

5.4.1 监测运行数据详述如下：

表 5-4 监测运行数据

序号	数据	详细描述	来源
1	水源节点	水库、水池水位、进出口压力、水质、供水量	调度人员、SCADA、纸质报表
2	加压泵站	进、出口压力、供水量、水质	调度人员、SCADA、纸质报表
3	水泵	开停状态、出口压力、变速泵调频控制规则变频泵转速或频率、流量、功率	调度人员、SCADA、纸质报表
4	控制阀门	控制规则,控制点、触发值	调度人员、SCADA
5	电动阀门	用于隔离区域边界的常关阀门位置	调度人员、SCADA、GIS
6	馈水数据	馈水表位置、水量	调度人员、SCADA
7	在线监测数据	压力、流量、水质、水位	调度人员、SCADA、流量计监测系统

5.4.2 各监测运行数据应时标一致，并保证足够的精度。

6 离线模型构建与校核

6.1 一般规定

6.1.1 模型类别包括：静态水力模型、动态水力模型、水质模型等。

6.1.2 应建立模型构建合作供应商与水务公司相关部门参与的项目工作团队，建立良好的项目组织、时间规划、质量管理、信息交互和沟通机制，明确责任和责任人，建立工作流程管理机制。

6.2 模型构建与简化

6.2.1 应对管网拓扑与管线数据，地图、地形图与高程数据，竣工图、GIS 与空间数据等进行核实。

6.2.2 建模所需的数据源格式有多种，包括：文本文件、shape 文件、dxf 文件、excel 或 csv 文件、数据库文件等。应对数据进行规范化处理，包括：文件和数据格式的规范化处理，时间序列数据的规范化处理，异常数据的规范化处理等。

6.2.3 宜通过建模软件或自动化、可视化工具提升对模型数据的检查和核验效率，对可疑数据进行核查、溯源和现场踏勘，明确数据偏差情况。

6.2.4 需水量包括用水量和漏损等其他水量，需水量的空间分布计算方法应考虑模型的应用场景和相应的精度要求。在模型用于规划设计时，可用建模软件的比流量法等功能根据区块用水性质、用水密度或管线长度、楼栋类型和数量等进行分配计算。在模型用于供水管网状态评估、运行调度和水质模拟时，可以采用多级区块水量分配，账务数据关联与用水量上溯等方法进行节点水量分配。

6.2.5 宜对远传和大用户水量、和各用户类型用水量进行统计，可采用聚类分析，可视化展示和人工确定等方法，减少用水类型数量。

6.2.6 模型简化遵循符合业务应用需求、减少管段和节点数量、水力等效，“应简尽简”的原则，删除非必要的管线和节点，原有节点水量上溯，保证输配水格局不变，只建设市政管线模型，删除所有的小区内管线和二次供水管线。

6.2.7 模型参数设置包括：

6.2.8 模型对象属性设置：用水点、水库、水箱、管道、水泵、阀门等的属性设置；

6.2.9 模型参数设置：时间模式、曲线、控制的参数设置；

6.2.10 模拟选项配置设置：水力、水质、反应、时间、能效配置选项设置。

6.3 参数测定与设置

6.3.1 参数测定应根据实际项目情况确定，如满足模型应用需求，或现有参数精度满足要求，可不进行测定。

6.3.2 测定水泵特性曲线时，不同应用要求测定参数不同，对于管网调度优化应用的水力建模，应测定各水泵的轴功率曲线，推算水泵的效率曲线。

6.3.3 管道摩阻系数宜根据管道铺设年代、管材、管径、防腐涂层类型、管道水流流速等多种因素的影响。一般来说，管道内壁越光滑，输入水量越大，C 值越大，反之则越小。如不能获得实际管道摩阻系数，取值参考下表：

表 6-1 海曾-威廉系数 C 值取值参考表

管道材料	C _w	管道材料	C _w
塑料管	150	新铸铁管、涂沥青或水泥的铸铁管	130
石棉水泥管	120~140	使用 5 年的铸铁管、焊接钢管	120
混凝土管、焊接钢管、木管	120	使用 10 年的铸铁管、铆接钢管	110
水泥衬里管	120	使用 20 年的铸铁管	90~100
陶土管	110	使用 30 年的铸铁管	75~90

6.3.4 来源 GIS 的数据，一般均含有节点地面高程、管线埋设深度等高程信息，则不需再根据地面高程提取。监测点尤其是压力监测点应测量仪表表头高程。

6.4 模型校核

6.4.1 应对现状监测点和数据质量进行评估，对有疑问的监测数据应进行现场核实，确保监测数据的准确性，并在现状监测基础上完善监测方案，宜根据以下要求确定监测点数量和监测方案：

6.4.2 100 万 m³/d 以上规模的管网模型宜取 100 个以上的节点进行压力校核，50 万 m³/d~100 万 m³/d 规模的管网模型宜取 50 个以上的节点进行压力校核，50 万 m³/d 以下规模的管网应至少取 30 个节点进行压力校核。

6.4.3 流量校核：宜选取所有出厂干管、增压泵站的出水管以及不同供水区域之间的连接管等进行校核。

6.4.4 模型校核应根据实测的节点压力/水质、管道流量与模型计算结果进行比对，对残差进行分析，至少计算绝对/相对误差，残差均值和标准差，分析误差特征，推断误差原因，尽可能消除趋势性误差，并对误差做出合理性解释。

6.4.5 模型校核一般应首先根据实测值与模拟值的差值来核实管网拓扑、阀门状态等基础数据的准确性，修正基础数据中存在的错误。

6.4.6 应对用于模型校核的监测数据质量进行评估，对有疑问的监测数据应进行现场测试校核，确保监测数据的准确性。应合理调适参数值，避免强行“凑数”。

7 在线模型构建与校核

7.1 一般规定

7.1.1 应先建立离线模型并按照“6.3 模型校核”的要求，完成离线模型的校核。基于离线模型建立在线模型，并通过与离线模型之间的数据交互，保持二者之间的同步。

7.1.2 在线模型与离线模型的区别之一是在线模型可以定时自动计算，由于定时计算的间隔不同，在线模型系统对管网事件、预警报警、运行调度的反馈时间不同。小于等于五分钟计算一次的在线模型为实时在线模型，大于五分钟计算一次的在线模型为非实时在线模型。

7.2 数据要求

7.2.1 普通阀门在传统离线模型中定义为静态数据，参照“第 5 章数据要求”，但是由于阀门的开关对管道运行影响非常大，因此在线模型应依据定时自动计算的频率，对阀门的状态进行更新，实时在线模型应实时更新阀门状态。随着供水企业信息化的快速提升，越来越多的企业在阀门操作时规定在手持 PDA 中记录阀门状态并实时发送回数据中心。

7.2.2 实时报警、供水运行调度等对时效要求高的应用场景，动态数据的采集与发送频率应为分钟级，例如 1 分钟、5 分钟、10 分钟。

7.2.3 供水工况分析评估、对计划型操作方案的评估等时效要求低的应用场景，可以降低数据的发送频率，例如 1 小时、6 小时、12 小时、1 天。

7.2.4 动态数据由于传输过程中的数据压缩、远程传输设备故障、电磁信号干扰等因素，产生缺失数据、噪声数据、重复值、离群值等各种类型的数据错误。这些数据一般是做为在线模型计算的边界条件或校核监测值，而数据错误会影响到在线模型计算结果、实时报警、模型校核评估等系统的核心功能。因此必须对高频数据进行处理，使其满足在线模型系统的运行需要。

7.2.5 对于水厂出口总管压力和流量、水泵开关和频率、管网流量计等模型的边界条件数据，数据传输的及时率达到 90%以上。

$$\text{数据及时率} = \frac{\text{传回数据的监测点数量}}{\text{监测点总数量}} \times 100\%$$

例如：共 30 个边界条件数据，在 15:00 时系统接收到 27 个数据，在 15:00 时数据的及时率为 90%。

7.3 在线模型的构建与维护

7.3.1 为了保证在线模型能够真实反映供水运行工况，每季度至少一次检查在线模型的精度，当发现在线模型连续七天精度低于离线模型时，应该对在线模型进行校核。

7.3.2 当检查在线模型的精度时，应收集至少连续七天各种类型的管网操作，例如：阀门操作的时间、管网冲洗的时间和水量、泵站水池冲洗的时间和水量等。

7.4 在线模型应用

7.4.1 供水现状

供水调度员宜利用在线模型动态掌握管网压力、流速、水流方向、供水范围、水龄和余氯的变化。

7.4.2 实时报警

供水调度人员和管网运营维护人员可借助实时在线模型的实时报警,及时发现管道压力和流量的异常变化、水龄异常增加、水流反向等管网事件。

7.4.3 辅助调度

供水调度人员在水厂非常规水泵操作、由于大口径管道抢修而进行的阀门操作前,借助在线模型对管道压力变化、水流方向、水龄变化、影响范围等进行快速评估,尽量减小水泵和阀门操作对管网的影响。

7.4.4 应急调度

当管网中发生爆管、水质污染时,应利用实时在线模型对事故的影响进行分析,并对事故相应处置方案可能造成压力变化、水流方向、水龄变化、影响范围等进行评估。

8 模型验收

8.0 一般规定

8.0.1 应根据不同的管网规模和模型用途确定节点压力、管段流量校核点数量:

压力校核:压力校核点数量应符合 CJJ 207 中管网压力在线监测点的数量要求;CJJ207 要求管网压力监测点应根据管网供水服务面积设置,每 10km^2 不应少于一个,管网上总数不应少于 3 个,在管网末梢位置上应适当增加设置点数。

8.1 运行测试

1 模型运行测试的目的是考察模型是否能正常计算,相关输入数据和参数设置是否合理。

8.2 精度评估

8.2.1 静态管网水力模型精度应满足 CJJ 207 的相关规定,CJJ 207 要求:

- 1 管网节点压力模拟计算结果与压力监测点数据误差:90%压力监测点平均误差应小于 20kPa;
- 2 管网管段流量模拟计算结果与管段流量监测点数据误差:90%流量监测点平均误差应小于 10%。