

供热系统在线水力计算分析技术标准

Technical standard for online hydraulic calculation of heating system

(征求意见稿)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中国城镇供热协会 发布

前 言

根据中国城镇供热协会标准化委员会《关于下达 2020 年第一批协会团体标准编制计划的通知》（中热协标委会【2020】2 号）的要求，标准编制组在深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容：1.总则；2.术语和定义；3.水力计算建模与求解；4.在线水力计算数据接口规则及数据项说明；5.水力分析功能；6.信息安全防护。

本标准由中国城镇供热协会负责管理，由清华大学和太原市热力集团有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送清华大学（地址：北京市海淀区清华园1号，邮编：100084，邮箱：fartrack@163.com）或太原市热力集团有限责任公司（tyrlzdd@163.com）。

本标准主编单位：清华大学

太原市热力集团有限责任公司

本标准参编单位：北京科技大学

浙江大学

同方节能工程技术有限公司

大连海心信息工程有限公司

北京华大智宝电子系统有限公司

北京建筑大学

北京暖流科技有限公司

瑞纳智能设备股份有限公司

河北华热工程设计有限公司

北京市热力工程设计有限责任公司

北京市煤气热力工程设计院有限公司

郑州热力集团有限公司

太原市热力设计有限公司

北京清建能源技术有限公司

北京航空航天大学

吉林省热力工程设计研究有限责任公司

西安热力规划设计院有限公司

济南热电集团有限公司

天津市热电有限公司

包头市热力（集团）有限责任公司

北京市热力集团有限责任公司

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

中原环保股份有限公司

中交城市能源研究设计院有限公司

泰安市泰山城区热力有限公司

哈尔滨哈投投资股份有限公司供热公司

中国建筑科学研究院天津分院

邯郸开发区精成温控科技有限公司

北京湃蒲澜泰克管道工程技术有限公司

本标准主要起草人员：付 林 石光辉 李永红 刘兰斌 谢金芳 齐卫雪 王力伟
王延敏 梁 兵 李 锐 刘亚萌 钱律求 姬克丹 庞 博
高 慧 李繁蕾 杨双欢 梁 鹏 杨 波 赵玺灵 潘 辉
张 磊 石娟玲 史 凯 刘 清 孟范英 张世钢 张 林
赵欣刚 曹西金 姜林庆 刘庆峰 柏志强 吴春玲 贾国强
尧振忠

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和定义	2
3 水力计算模型	3
3.1 一般规定	3
3.2 基础数据	3
3.3 水力模型解算	4
3.4 计算结果评价	5
3.5 水力模型校准	7
4 数据交互	9
5 水力计算分析	10
5.1 一般规定	10
5.2 水力工况离线计算	10
5.3 水力工况在线计算	10
6 信息安全	13
引用标准名录	14
本标准用词说明	15
附：条文说明	16

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and definitions	2
3	Hydraulic calculation modeling and solution	3
3.1	Basic requirements	3
3.2	Basic data	3
3.3	Model calculation	4
3.4	Evaluation of calculation results	5
3.5	Online model calibration	7
4	Data Interaction with other systems	9
5	Hydraulic analysis function	10
5.1	Basic requirements	10
5.2	Offline calculation function for hydraulic conditions	10
5.3	Online calculation function of hydraulic conditions	10
6	Information security protection	13
	List of quoted standards	14
	Explanation of wording in this standard	15
	Addition: Explanation of provisions	16

1 总 则

- 1.0.1** 为提升热网运行调节水平，应用工业互联网技术优化供热系统运行工况，实现节能降耗，制定本标准。
- 1.0.2** 本标准适用于供热系统热水管网的在线水力计算分析。
- 1.0.3** 在线水力分析的建模、数据接口、水力分析功能、信息安全防护除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 在线水力计算 online hydraulic calculation

对热网系统进行水力建模, 根据实际运行数据自动修正热网系统水力模型, 在线模拟水力工况, 预测水力调节效果, 为热网系统科学调度与管理提供依据。

2.0.2 水力工况 hydraulic condition

供热系统中热网各管段流量及节点压力的分布状况。

2.0.3 在线故障诊断 online fault diagnosis

根据水力工况参数的变化, 通过对比分析, 及时发现故障、确定故障现象、故障位置与故障类型。

2.0.4 在线运行调节 online operation regulation

通过在线水力计算和分析, 指导热网阀门开度、水泵转速或启停的实时调节, 使热网中各调节设备在规定指标下运行。

2.0.5 在线优化调度 online optimal scheduling

利用历史计算结果和历史实测数据生成的数据集, 结合实际调度目标, 进行优化计算。在线指导热网运行调节, 使得供热系统调控指标达到合理值。

2.0.6 在线安全保障 online safety assurance

在线压力和温度的实测值超出安全阈值时, 对危险工况进行分级报警, 启动对应级别的应急处置预案, 为在线运行调节的安全稳定提供保障。

2.0.7 管网阻力特性系数 resistance characteristic coefficient of pipe network

反映管段固有阻力特性的常数, 其值为阻力损失与流量平方的比值, 由管道的几何参数(如长度、直径、粗糙度、局部阻力元件等)决定, 与流量无关。。

2.0.8 供热地理信息系统 heating geographic information system

在计算机硬、软件系统支持下, 对供热系统空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

2.0.9 水力可及性计算 hydraulic accessibility calculation

在管道基础信息、管网拓扑结构和用户需求流量确定的情况下, 计算管网各节点的压力、用户资用压头分布或求解管网可调节设备的状态(如水泵的扬程、阀门的开度)。

2.0.10 消息队列 message queue

一种允许系统以异步方式交换消息应用程序之间的通信方法。

3 水力计算模型

3.1 一般规定

- 3.1.1 水力计算模型应结合供热系统结构及基础数据构建。
- 3.1.2 水力系统结构应包括热源、热力站、泵、阀门、连接管道及连接关系。
- 3.1.3 水力计算基础数据应包括高程、管道规格尺寸等结构数据以及压力、流量等运行条件参数。
- 3.1.4 供热系统水力计算结果应满足本标准第 3.4 节规定的相应准确度评价指标。
- 3.1.5 用于供热系统水力计算结果评价的压力、流量测量装置精度等级应符合下列规定：
 - 1 压力测量装置精度等级不应低于 0.2 级；
 - 2 流量测量装置精度等级不应低于 1 级。

3.2 基础数据

- 3.2.1 基础数据应为供热系统的水力特性计算提供基本数据条件。
- 3.2.2 热电厂供热机组、调峰/供热锅炉等不同类型的热源，水力计算建模时应包括下列基础数据：
 - 1 供水压力测点高程（m）；
 - 2 回水压力测点高程（m）；
 - 3 供水压力测量值（MPa）；
 - 4 回水压力测量值（MPa）；
 - 5 供水流量（m³/h）。
- 3.2.3 隔压换热站、热力站等，水力计算建模时应包括下列基础数据：
 - 1 供水压力测点高程（m）；
 - 2 回水压力测点高程（m）；
 - 3 供水压力测量值（MPa）；
 - 4 回水压力测量值（MPa）；
 - 5 供水流量（m³/h）。
- 3.2.4 循环水泵、中继泵、加压泵等，水力计算建模时应包括下列基础数据：
 - 1 水泵高程（m）；
 - 2 水泵额定流量（m³/h）；
 - 3 水泵额定扬程（m）；
 - 4 水泵运行频率（Hz）；
 - 5 水泵所处位置；
 - 6 水泵特性曲线，含多台泵并联计算特性曲线。
- 3.2.5 热网中主管道与分支管道通过三通相连接时，不同位置连接三通，水力计算建模时应包括下列基础数据：
 - 1 三通高程（m）；
 - 2 三通所处位置；
 - 3 三通连接管道规格：外径×壁厚（mm×mm）；
 - 4 连接管道的流量（m³/h）。
- 3.2.6 热网中不同位置阀门，水力计算建模时应包括下列基础数据：

- 1 阀门高程 (m) ;
 - 2 阀门开度 (%) ;
 - 3 阀门口径 (mm) ;
 - 4 阀门流量特性曲线;
 - 5 阀门流量系数 K_v 值。
- 3.2.7 热网中的连接管道, 水力计算建模时应包括下列基础数据:
- 1 管道规格: 外径×壁厚 (mm×mm) ;
 - 2 管长 (m) ;
 - 3 管道粗糙度 (mm) 。
- 3.2.8 热网中流量变化后压力变化的关键节点, 水力计算建模时中应包括下列基础数据:
- 1 供水压力测点高程 (m) ;
 - 2 回水压力测点高程 (m) ;
 - 3 供水压力测量值 (MPa) ;
 - 4 回水压力测量值 (MPa) 。
- 3.2.9 流量计量表, 水力计算建模时中应包括下列基础数据:
- 1 类型 (实测表计/虚拟表计) ;
 - 2 供水压力测点高程 (m) ;
 - 3 回水压力测点高程 (m) ;
 - 4 供水压力测量值 (MPa) ;
 - 5 回水压力测量值 (MPa) ;
 - 6 流量 (m^3/h) 。
- 3.2.10 热用户, 水力计算建模时应包括下列热力入口基础数据:
- 1 供水压力测点高程 (m) ;
 - 2 回水压力测点高程 (m) ;
 - 3 供水压力测量值 (MPa) ;
 - 4 回水压力测量值 (MPa) ;
 - 5 供水流量 (m^3/h) 。
- 3.2.11 离线水力计算局部阻力系数应按设计经验选取。

3.3 水力模型解算

- 3.3.1 水力模型解算应包括模型检查、计算过程和结果展示。
- 3.3.2 水力计算模型检查应符合以下规定:
- 1 检查模型中不合理的拓扑结构连接关系;
 - 2 基础数据不应缺失;
 - 3 计算条件设置应完整。
- 3.3.3 水力模型计算过程应符合以下规定:
- 1 当出现异常时应自动中断计算, 并应提示异常;
 - 2 水力模型计算完成应有提示。
- 3.3.4 水力模型计算结果展示应符合以下规定:
- 1 热源、热力站、热用户等对象的供回水压力与供水流量计算结果应能可视化展示、文件

导出；

- 2 压力、流速、比摩阻分布状态应能可视化展示。

3.4 计算结果评价

3.4.1 供热系统水力计算结果应进行评价，综合偏差率、相对误差占比或绝对误差占比应符合规定。

3.4.2 用于供热系统水力计算结果评价的压力、流量测量数据应准确。

3.4.3 综合偏差率应小于或等于 10%，并按下列方法计算：

- 1 综合偏差率按下式计算：

$$\eta = \frac{(\varphi_{RP} + \varphi_{RF} + \mu_P + \mu_F)}{4} \times 100\% \quad (3.4.3-1)$$

式中： η ——综合偏差率（%）；

φ_{RP} ——热源压力偏差率（%）；

φ_{RF} ——热源流量偏差率（%）；

μ_P ——热力站或热用户压力偏差率（%）；

μ_F ——热力站或热用户流量偏差率（%）。

- 2 热源压力偏差率按下式计算，并应满足小于等于 10%：

$$\varphi_{RP} = \frac{1}{2a} \sum_{i=1}^a \frac{F_{mi}}{F_0} \left(\frac{|P_{sci} - P_{smi}|}{P_{smi}} + \frac{|P_{rci} - P_{rmi}|}{P_{rmi}} \right) \times 100\% \quad (3.4.3-2)$$

式中： φ_{RP} ——热源压力偏差率（%）；

a ——热源数量（个）；

F_{mi} ——第 i 个热源供水流量测量值（ m^3/h ）；

F_0 ——热源总供水流量（ m^3/h ）；

P_{sci} ——第 i 个热源供水压力计算值（MPa）；

P_{smi} ——第 i 个热源供水压力测量值（MPa）；

P_{rci} ——第 i 个热源回水压力计算值（MPa）；

P_{rmi} ——第 i 个热源回水压力测量值（MPa）。

- 3 热源流量偏差率按下式计算，并应满足小于等于 10%：

$$\varphi_{RF} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \frac{F_{mi}}{F_0} \left(\frac{|F_{ci} - F_{mi}|}{F_{mi}} \right) \times 100\% \quad (3.4.3-3)$$

式中： φ_{RF} ——热源流量偏差率（%）；

a ——热源数量（个）；

F_{mi} ——第 i 个热源供水流量测量值（ m^3/h ）；

F_0 ——热源总供水流量（ m^3/h ）；

F_{ci} ——第 i 个热源供水流量计算值（ m^3/h ）；

F_{mi} ——第 i 个热源供水流量测量值（ m^3/h ）。

- 4 热力站或热用户压力偏差率按下列公式计算：

$$\mu_P = \frac{1}{2b} \sum_{i=1}^b (\mu_{psi} + \mu_{pri}) \quad (3.4.3-4)$$

$$\mu_{\text{psi}} = \frac{|p_{\text{sci}} - p_{\text{smi}}|}{p_{\text{smi}}} \times 100\% \quad (3.4.3 - 5)$$

$$\mu_{\text{pri}} = \frac{|p_{\text{rci}} - p_{\text{rmi}}|}{p_{\text{rmi}}} \times 100\% \quad (3.4.3 - 6)$$

式中： μ_{p} ——热力站或热用户压力偏差率（%）；
 b ——热力站或热用户的数量（个）；
 μ_{psi} ——第 i 个热力站或热用户的供水压力相对误差（%）；
 μ_{pri} ——第 i 个热力站或热用户的回水压力相对误差（%）；
 p_{sci} ——第 i 个热力站或热用户的供水压力计算值（MPa）；
 p_{smi} ——第 i 个热力站或热用户的供水压力测量值（MPa）；
 p_{rci} ——第 i 个热力站或热用户的回水压力计算值（MPa）；
 p_{rmi} ——第 i 个热力站或热用户的回水压力测量值（MPa）。

5 热力站或热用户流量偏差率按下列公式计算：

$$\mu_{\text{F}} = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^b (\mu_{\text{Fi}}) \quad (3.4.3 - 7)$$

$$\mu_{\text{Fi}} = \frac{|q_{\text{ci}} - q_{\text{mi}}|}{q_{\text{mi}}} \times 100\% \quad (3.4.3 - 8)$$

式中： μ_{F} ——热力站或热用户流量偏差率（%）；
 b ——热力站或热用户数量（个）；
 μ_{Fi} ——第 i 个热力站或热用户供水流量相对误差（%）；
 q_{ci} ——第 i 个热力站或热用户供水流量计算值（m³/h）；
 q_{mi} ——第 i 个热力站或热用户供水流量测量值（m³/h）。

3.4.4 热力站或热用户数量的相对误差占比应大于或等于 85%，并按下列公式计算：

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} \quad (3.4.4 - 1)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{c_1}{b} \times 100\% \quad (3.4.4 - 2)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{c_2}{b} \times 100\% \quad (3.4.4 - 3)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{c_3}{b} \times 100\% \quad (3.4.4 - 4)$$

式中： ε ——相对误差占比（%）；
 ε_1 —— μ_{psi} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量占比（%）；
 ε_2 —— μ_{pri} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量占比（%）；
 ε_3 —— μ_{Fi} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量占比（%）；
 c_1 —— μ_{psi} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量（个）；
 c_2 —— μ_{pri} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量（个）；
 c_3 —— μ_{Fi} 小于或等于 5% 的热力站或热用户数量（个）；
 b ——热力站或热用户数量（个）。

3.4.5 热力站或热用户数量的绝对误差占比应大于或等于 85%，并按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \quad (3.4.5 - 1)$$

$$\sigma_1 = \frac{d_1}{b} \times 100\% \quad (3.4.5 - 2)$$

$$\sigma_2 = \frac{d_2}{b} \times 100\% \quad (3.4.5 - 3)$$

式中： σ ——压力绝对误差占比（%）；

σ_1 ——供水压力绝对误差小于或等于 0.02MPa 的热力站或热用户数量占比（%）；

σ_2 ——回水压力绝对误差小于或等于 0.02MPa 的热力站或热用户数量占比（%）；

d_1 ——供水压力绝对误差小于或等于 0.02MPa 的热力站或热用户数量（个）；

d_2 ——回水压力绝对误差小于或等于 0.02MPa 的热力站或热用户数量（个）；

b ——热力站或热用户数量（个）。

压力绝对误差为压力计算值和压力测量值之差的绝对值。

3.5 在线水力模型校准

3.5.1 当在线水力计算结果不符合本标准 3.4 节的计算结果评价时，应通过模型校准触发、稳定工况筛选与模型校准计算进行水力模型校准。

3.5.2 模型校准触发条件应为综合偏差率大于或等于 10%，且热力站或热用户的相对误差占比小于或等于 85%，绝对误差占比小于或等于 85%。

3.5.3 稳定工况筛选应按下列条件：

1 稳定工况应在触发模型校准时间点前一段时间内筛选，且时段长度 T 不应小于 20min。

2 稳定工况下供热系统的流量变异系数 TH_{qt} ，以及供水压力变异系数 TH_{pst} 和回水压力变异系数 TH_{prt} 应小于或等于 10%。

3.5.4 流量变异系数按下列公式计算：

$$TH_{qt} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{q_{mt} - \overline{q_{mt}}}{\overline{q_{mt}}} \times 100\% \quad (3.5.3 - 1)$$

$$\overline{q_{mt}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T q_{mt} \quad (3.5.3 - 2)$$

式中： TH_{qt} ——流量变异系数（%）；

T ——时段长度（min）；

q_{mt} ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻采集的流量值（m³/h）；

$\overline{q_{mt}}$ ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻采集流量的平均值（m³/h）。

3.5.5 供水压力变异系数按下列公式计算：

$$TH_{pst} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{p_{smt} - \overline{p_{smt}}}{\overline{p_{smt}}} \times 100\% \quad (3.5.3 - 3)$$

$$\overline{p_{smt}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_{smt} \quad (3.5.3 - 4)$$

式中： TH_{pst} ——供水压力变异系数（%）；

T ——时段长度（min）；

p_{smt} ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻的供水压力采集数据（MPa）；

$\overline{p_{smt}}$ ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻供水压力采集数据的平均值（MPa）。

3.5.6 回水压力变异系数按下列公式计算：

$$TH_{\text{prt}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{p_{\text{rmt}} - \overline{p_{\text{rmt}}}}{\overline{p_{\text{rmt}}}} \times 100\% \quad (3.5.3 - 5)$$

$$\overline{p_{\text{rmt}}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_{\text{rmt}} \quad (3.5.3 - 6)$$

式中： TH_{prt} ——回水压力变异系数（%）；

T ——时段长度（min）；

p_{rmt} ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻的回水压力采集数据（MPa）；

$\overline{p_{\text{rmt}}}$ ——稳定工况筛选时间段 T 内各时刻回水压力采集数据的平均值（MPa）。

3.5.7 模型校准计算应具备下列条件：

- 1 在线水力计算应具备实时数据标准接口，并应与供热管网监控数据实时对接；
- 2 在线水力计算应具备实时数据清洗和补数功能，数据应准确和完整；
- 3 在线水力分析前应依据有效供热监控数据对管网阻力特性系数进行在线辨识；
- 4 管网阻力特性系数辨识宜以管网拓扑结构数据和传感器高差修正为基础；
- 5 水力工况在线分析的管网阻力特性系数宜采用通过实际工况检验辨识后的系数；
- 6 实际工况检验应满足本标准第 3.4 节中规定的评价指标。

3.5.8 模型校准计算完成应输出校准后的管网阻力系数结果，并应自动更新到模型中，同时应保留历史记录。

- 4.0.1** 在线水力计算系统在与其它系统进行数据交互时不应暴露数据库接口。
- 4.0.2** 供热系统静态数据应采用 RESTFul API 等接口形式一次性提供到水力计算系统，当信息发生变化时，应采用消息队列的形式同步推送变更前和变更后的信息。
- 4.0.3** 供热系统实时数据应通过实时数据查询与历史时序数据查询 RESTFul API 等接口方式提供，返回数据应包含采集值、采集时间、数值单位以及传感器安装位置，时间宜采用毫秒时间戳。
- 4.0.4** 当采用 RESTFul API 等接口提供实时数据时，数据接口的响应时间不应超过 60 秒。
- 4.0.5** 数据接口应具备数据校验机制，数据传输应准确和完整。
- 4.0.6** 保障数据传输过程应能及时响应。当数据量较大，数据连接较多时，系统宜采用分布式部署或负载均衡方式，缓解数据接口压力。
- 4.0.7** 数据项应按现行国家标准《城镇供热系统标识编码规则》的有关规定进行统一编码。当原有调度系统或运行监控系统中已对各数据项进行过统一编码时，可延用原有的编码规则或建立编码规则对应表，将已有的编码规则与新的编码规则进行逐一对应。
- 4.0.8** 在线水力计算修正模型用于指导调度运行所需的信息应从各个业务系统实时对接获取：
- 1 热网模型参数信息应包括手动阀的开闭状态、热网解列与并网、热力站供热面积的变化、热力站热指标调整、热源启停状况等参数信息应从对应业务系统读取。
 - 2 工况信息应包括热源、热力站、建筑、循环水泵、中继泵、加压泵、调节阀的实时工况数据应从各监控系统读取。
- 4.0.9** 在线水力计算的分析结果应反向同步其他管理系统，并应符合下列规定：
- 1 在线水力计算应对模型进行拟合，拟合的分析结果包括管线的粗糙度、当量阻力长度等，可反向对接地理信息系统；
 - 2 在线水力计算结果应实时传给调度管理系统，并应指导调度运行。

5 水力计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 水力计算应具备离线及在线计算功能。

5.1.2 水力计算应具备水压图绘制功能，并应符合下列规定：

- 1 水压图中应显示高程线、供水压力线、回水压力线等，应可以选择水压图的起点及终点，以及中间路径上的若干点，系统根据选择的点自动选择水压图经过的路径；
- 2 水压图应支持分支线水压图；
- 3 针对多热源网络，应能独立绘制裂网和并网的水压图；
- 4 水压图应能保存为图片格式输出。

5.1.3 水力计算不应受热源数量、枝或环状管网、系统结构形式的限制，应能满足热水管网单线制、双线制及多种组合管网的计算要求，并应能灵活修改水泵、阀门、管道、局阻特性等边界条件。

5.1.4 水力计算结果应具备报表或关键数据导出功能，并应符合下列规定：

- 1 相关结果应能在网络中图形化展示或以专题图显示；
- 2 应能显示节点压力、高程、温度、管段长度及管径、流量、流向等，宜显示泄漏量；并能通过线条粗细、颜色深浅等直观方式展示流量大小和管径粗细等细节；
- 3 应能显示热源传输滞后输配时间，即根据流速和管长计算展示热源温度变化到各末端的过程时长；
- 4 应能显示水力交汇点的变化。

5.1.5 水力计算应在超压、汽化时有报警提示，并应在管网中标出位置。

5.2 水力工况离线计算

5.2.1 水力工况离线计算应具备模拟计算、可及性计算等功能。

1 水力工况离线模拟计算应能针对确定的管道基础信息、管网拓扑结构、热用户阻力特性以及热源或中继泵站的水泵特性曲线，计算各个管段的流量分布和各个节点的压力分布。

2 水力工况离线可及性计算应能针对确定的管道基础信息、管网拓扑结构、热用户需求流量，计算管网各节点的压力和用户资用压头分布。

5.2.2 可及性计算应能识别出全网不热的用户及问题管段，并应通过改变运行参数找到改善运行工况的方法，发挥下列指导作用：

- 1 热网分布式变频系统的选型和优化；
- 2 系统运行粗调节；
- 3 既有管网的技术改造；
- 4 新建热网的规划与设计。

5.3 水力工况在线计算

5.3.1 水力工况在线计算应包括指导供热系统水力工况在线运行调节、优化调度、故障诊断和安全保障等功能。

5.3.2 水力工况在线运行调节应具备在线实时工况模拟功能，并应符合下列规定：

- 1 应采用“源、网、站”整体水力工况调节模拟；
- 2 应根据在线参数和计算结果绘制实时水压图；
- 3 应对网络中所有调节设备进行动态模拟，并应能展示其对供热系统的动态影响；
- 4 应具备区域和局部管线调节模拟。

5.3.3 水力工况在线运行调节应预置典型工况结果，且典型工况至少包含供热管网正常运行工况、事故工况以及未来规划运行工况。

5.3.4 水力工况在线运行调节应能辅助实现供热管网的分级管控，对敏感支路应设置安全上下限，在水力工况在线仿真和运行调节过程中均应能实现超限报警。

5.3.5 水力工况在线运行调节应具备模拟结果与实际运行结果的对比功能，并应对偏差超过阈值的管段和节点进行标识，宜实时提供调节建议和处置分析，拟定阀门开度和水泵频率，并应为调度人员提供不同的解决方案。

5.3.6 水力工况在线运行调节应能判断用户资用压头不足的原因，并应能指导制定调节方案或改造方案。

5.3.7 水力工况在线运行调节和优化调度应自动存储调节记录和历史数据，在线调节和调度应可追溯、可回访、可预演。

5.3.8 水力工况在线优化调度前，应确立优化调度目标，宜包括经济性目标、保障性目标、环境保护目标或上述组合类目标。

5.3.9 水力工况在线优化调度应具备在线实时工况优化调度功能，并应能通过优化算法确定各阀门和水泵的最佳状态组合以实现最优运行模式。

5.3.10 水力工况在线优化调度应具备多目标设置功能和多目标寻优功能，宜为不同优化目标和典型工况组合建立优化调度模拟库。

5.3.11 水力工况在线优化调度应考虑热源到用户端的滞后时间。

5.3.12 水力工况在线优化调度应具备多热源联网运行方案动态寻优功能。

5.3.13 水力工况在线优化调度实现方式应符合下列规定：

- 1 对于环形网，应给出阀门在干管上的安装位置和具体状态；
- 2 对于多热源管网，应给出各热源的水泵运行参数；
- 3 对于多热源环形网，上述二者均应给出。

5.3.14 水力工况在线优化调度应具备。实时或定期接入运行数据、负荷预测数据及设备状态数据的动态再优化功能，可根据周期性时间间隔或关键参数偏差阈值等预设触发条件自动启动再优化程序，基于最新数据修正调度策略并形成闭环控制。

5.3.15 水力工况在线优化调度应预置供热管网正常运行和事故工况的优化调度结果。

5.3.16 水力工况在线故障诊断应具备传感器故障诊断和系统故障诊断功能，并应符合下列规定：

- 1 传感器故障诊断功能应能预先识别与实际不符的不合理测量值、传感器断线、信号干扰等故障，传感器数据应有效和准确；
- 2 系统故障诊断应包括但不限于管网堵塞及定位、管网泄漏及定位、未监测的超压/低压区域定位、供热不足区域定位、执行机构故障诊断。

5.3.17 水力工况在线故障诊断应预置故障状态工况库，并应能通过实际运行数据与工况库数据比对，分析管线异常点和工况偏离点，做出局部阻塞、阀门故障等在线诊断结果。

5.3.18 水力工况在线故障诊断的故障诊断结果应有明显显示或提示标记，并应具备故障分级功能，根据不同的分级应采用不同的报警提示。

5.3.19 水力工况在线故障诊断应记录历史故障工况及故障工况下的系统处理方式，并应进行存储。

5.3.20 水力工况在线安全保障应通过水力工况分析，获取管网容易倒空、集气、超压、形变、汽化等保障薄弱点，并应针对性地设置局部压力、温度实时监测装置和补偿器伸缩量监测装置，同时应设置安全运行冗余度。

5.3.21 水力工况在线安全保障应根据历史运行数据和管网耐压、耐温性能，实时在线调整压力和温度安全阈值设定，并应实现分级报警。

5.3.22 当供热系统运行调节导致管网运行参数偏离预案值时，水力工况在线安全保障应进行报警提示，从而为在线运行调节提供辅助性保护。

5.3.23 水力工况在线安全保障应预置应急保障预案库，并应对危险工况分级，发布预警信息。同时应具备快速检索故障处置措施以及应急处置功能。

6 信息安全

6.0.1 在线水力分析系统应设置身份认证功能，并应符合以下规定：

1 应基于数据管理、程序配置管理、使用范围等配置管理员角色，分别设置不同管理员角色权限的账户，并应由管理员为各类用户角色授权。

2 账户的产生、修改、变更、删除以及身份认证应与上位平台保持一致设置，可采用统一的身份认证平台来实现。

3 内部系统的口令应符合口令管理规则，输入字符不应少于 8 位，且应包含大写字母、小写字母、数字和特殊字符。

6.0.2 连续失败登录后应设计锁定账户，账户锁定后可由系统管理员解锁或者在限定时间内自动解锁，防止暴力破解。

6.0.3 系统应包含用户权限分配和管理功能。

6.0.4 系统应采用统一的访问控制机制。

6.0.5 在线水力计算的后台数据库应进行访问控制，当与上位平台采用统一的数据库时，应符合上位平台的访问控制要求。

6.0.6 在线水力分析应关闭不需要的系统服务和端口，且应只保留最小化的开放端口。

6.0.7 在线水力分析应包含数据安全设计，并应包括数据库的安全、数据采集、数据传输、数据处理、数据存储、数据备份和恢复的安全，对重要的、敏感数据应进行加密和完整性保护。加密算法宜采用国家密码管理局规定算法。

6.0.8 应用的访问审计宜支持安全管理平台（SOC），并应明确审计的日志格式。

引用标准名录

- 1 《城镇供热系统标识编码规则》GB/T 45323—2025

中国城镇供热协会

中国城镇供热协会

中国城镇供热协会

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 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”。
 - 2) 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”。
 - 3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

供热系统在线水力计算技术标准

T/CDHA ×××××—202×

条文说明

编制说明

《供热系统在线水力计算技术标准》T/CDHA ×××××—202×经中国城镇供热协会 202×年××月××日以第××号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、运行管理、科研、院校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《供热系统在线水力计算技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则.....	19
3	水力计算建模与求解.....	20
3.1	一般规定.....	20
3.2	基础数据.....	20
3.3	模型解算.....	21
3.4	计算结果评价.....	21
3.5	在线模型校准.....	21
4	数据交互.....	23
5	水力计算分析.....	26
5.1	一般规定.....	26
5.2	水力工况离线计算功能.....	26
5.3	水力工况在线计算功能.....	26
6	信息安全.....	29

1 总 则

1.0.1 本标准旨在提升热网的运行调节水平，通过应用工业互联网技术，对供热系统运行工况进行优化。随着城市集中供热规模的扩大和供热半径的增加，多源一网的供热布局日益普遍，使得供热管网的水力平衡成为影响管网系统运行效果的关键因素。因此，本标准着重于实现供热系统水力运行的优化以及节能降耗。同时，考虑到城市集中供热系统正向自动控制和智慧经济运行方向发展，本标准强调建立在线优化的供热管网运行系统，这对于快速诊断故障类型和快速判断故障位置，进而提升大型热网的管理维护水平至关重要。本标准旨在规范统一水力建模、不同软件的数据接口形式，水力分析功能、信息安全，确保能满足热网在线水力运行数据的读取、分析和计算的需要。

1.0.2 本标准提出的建模求解和水力分析功能除适用于各种集中供热热网水系统的在线水力计算分析外，也可应用于离线水力计算分析，本标准的水力计算属于准稳态水力计算分析。

1.0.3 本标准应与现行国家、行业及地方标准相协调。在水力计算分析等方面应符合《城镇供热管网设计规范》CJJ/T 34 的规定，对在线水力分析数据采集密切相关的供热管网施工和运行阶段尚应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28、《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88、《城镇供热系统抢修技术规程》CJJ 203、《供热计量系统运行技术规程》CJJ/T 223、《城镇供热监测与系统调控技术规程》CJJ/T 241 等的规定。

3 水力计算建模与求解

3.1 一般规定

3.1.1 建立在线水力计算的热网拓扑模型时，应具备将 CAD、GIS 等多种图形文件、地理信息系统、地图服务作为参照绘制管网模型、生成各类构件、并建立关联关系的功能，对于管线重叠、偏移、节点未连接等问题，应予以修正。

3.1.4 在线水力计算分析应结合地理信息系统（GIS）、热网监控系统（SCADA）更新的实时数据计算管线阻力系数，校核模型。

3.2 基础数据

在线水力计算建模以供热系统基本属性信息和数据为基础。本标准根据组成供热系统的部件/设备类型的不同，以及各供热部件/设备的运行特性与供热基本原理，归纳了在线水力计算建模的基础数据。建模基础数据仅归纳了与供热系统在线水力计算相关的各供热部件/设备的主要数据，但供热系统各供热部件/设备的供热特性并不仅限于这些数据。

本标准中，考虑供热系统中工质密度随温度和压力变化，基础数据中“流量”建议取体积流量，单位为“ m^3/h ”。

3.2.1 热源

本标准中，热源的基础数据压力、流量是指位于热源侧供回水总管上测点的采集数据。热源侧压力变送器的安装位置示意图如下图所示。

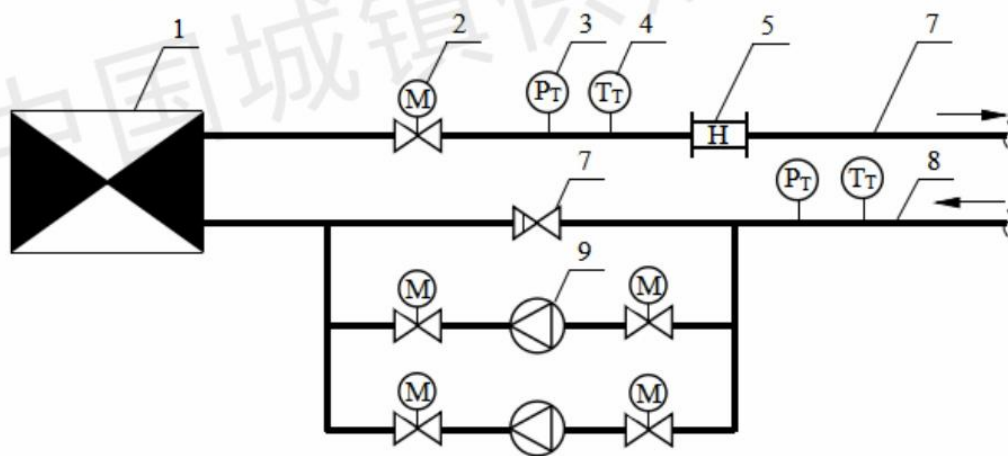


图 1 热源侧阀门仪表安装位置示意

1—热源；2—电动调节阀；3—压力变送器；4—温度变送器；5—热量计；
6—止回阀；7—一次供水管；8—一次回水管；9—循环水泵。

3.2.2 热力站

本标准中，仅给出了间接供热热力站的基础数据。对于混水站，其基础数据应包括：混水前总管供水压力测点高程（单位：m）、供水压力测量值（单位：MPa）和总供水流量（单位： m^3/h ），以及混水后回水压力测点高程（单位：m）、回水压力测量值（单位：MPa）。热力站压力变送器的安装位置示意图如下。

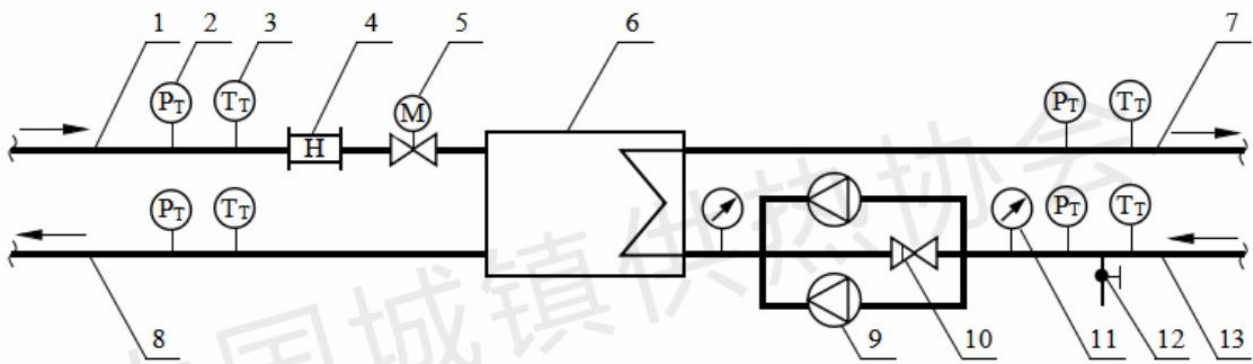


图2 热力站阀门仪表安装位置示意

- 1—一次供水管；2—压力变送器；3—温度变送器；4—热量计；5—电动调节阀；
6—换热器；7—二次供水管；8—一次回水管；9—循环水泵；10—止回阀；
11—压力表；12—放水装置；13—二次回水管

3.2.6 阀门的 K_v 值用于阀门全开时，阀前后压差在 1bar 、流体（通常是水）在 20°C 时通过阀门的流量，单位是 m^3/h 。

3.2.8 在热网系统中，流量变化后压力变化的关键节点通常指的是对系统压力影响显著的位置，对这些关键节点进行监测和控制是非常重要的，以确保整个系统的安全、稳定和高效运行。具体来说，这些关键节点可能包括：热源出入口、隔压换热站、中继泵站、主干线分支点、热网系统中的最高点和最低点、热力站进出口、控制阀门压力调节点、管网末端。

3.3 模型解算

3.3.3 模型检查

本标准要求针对供热系统，尤其是大规模、复杂城市级供热系统的模型搭建、数据输入、条件设置等合理性检查，应具备一定的自动支持功能，如“基于 GIS 地理信息平台”搭建模型、通过“编号定位”存在问题的部件等。

3.3.4 结果展示

本标准中，模型解算“结果展示”仅提供了主要结果展示内容与功能，但不限于此。

本标准中，模型解算“结果展示”中提及的“提供各热力站/建筑物供水流量相对热源的流动时间”旨在针对热源通过调整供水温度改变供热量时，不同热力站的供热负荷受热源温度变化影响所需的时间。

3.4 计算结果评价

本标准提供了一种用于实时评估供热系统在线水力计算模型仿真精度的计算结果评价方法，以确保在线水力计算模型仿真结果可直接用于指导供热系统的在线优化运行，但不仅限于此方法。

3.4.3~3.4.5 这一评价指标的设计旨在综合反映系统各关键节点（热源、热力站/热用户）的整体偏差水平，避免单一节点的极端值主导评价结果，同时体现系统各部分的权重（如热源按流量加权，热力站按数量平均）。通过平均值评价（综合偏差率、相对误差占比、绝对误差占比），在保障系统整体性能与工程可行性之间取得了平衡。综合偏差率的“加权平均”（如热源按流量加权，公式 3.4.3-2、3.4.3-3）体现了关键节点（大流量热源）的偏差对系统影响更大，需赋予更高权重，而小流量节点的偏差影响较小，允许一定宽容度。整体系统是否合格，需同时满足：

- (1) 综合偏差率 $\leq 10\%$ （整体偏差可控）；

(2) 热源的压力和流量偏差率均 $\leq 10\%$;

(3) 相对误差占比 $\geq 85\%$ ($\geq 85\%$ 的热力站或热用户相对误差 $\leq 5\%$);

(4) 绝对误差占比 $\geq 85\%$ ($\geq 85\%$ 的热力站或热用户绝对误差 $\leq 0.02\text{MPa}$)。

若仅综合偏差率合格, 但后两项占比不达标, 则系统仍判定为不合格, 需触发模型校准(条文 3.5.1~3.5.2)。

3.5 在线模型校准

3.5.1 为了确保供热系统的在线水力计算模型仿真结果满足计算精度要求, 从模型校准在线触发、稳定工况筛选、模型校准计算以及模型校准结果自动更新三部分出发, 给出了在线水力计算模型仿真精度校准方法。

3.5.3 稳定工况筛选

本标准中, “稳定工况筛选”旨在保证用于在线水力计算模型校准的实测数据与仿真计算结果处于同一稳定工况时段, 使数据具有可对比性。其中, “分析时段长 T ”建议结合数据采集频率(如 $1/\text{min}$)和求解器对数据点(如大于 20 组)的要求确定, 一般 20min 以上。

3.5.7 模型校准计算

在线水力计算部分边界条件以实时数据为基础, 因此需要与热力公司监控系统实时数据进行对接, 对接数据包括但不限于热源总循环流量, 总供、回水压力, 循环泵运行频率, 各热力站总一次供、回水压力, 总流量, 分区一次供、回水压力、温度, 分区流量, 分区电动调节阀开度、分区分布式变频泵运行频率, 节点监测压力、流量等。具体参考《城镇供热监测与调控系统技术规程 CJJT 241—2016》。

本标准中, 除了用于模型校准计算的压力、流量等基础数据建议具有一定的精度要求外, 宜对泵、阀等调节设备的运行性能进行仿真与辨识, 以确保其执行的准确度, 同时支持基于模型校准的计算结果进一步指导运行调度。阀门开度调节精度建议取 1% (即: 阀门开度调节单位为 1%), 阀门开度执行偏差建议不高于 1% (如: 阀门开度设定为 50% , 执行范围建议为 $49.5\%\sim 50.5\%$); 水泵频率调节精度建议取 1% (即: 额定频率 50.0Hz 水泵的频率调节单位为 0.5Hz), 水泵频率执行偏差建议不高于 0.1Hz (如: 水泵运行频率设定为 40.0Hz , 执行范围建议为 $39.9\text{Hz}\sim 40.1\text{Hz}$)。

由于传感器故障、损坏、缺失以及通讯故障等各种原因, 可能会导致数据的准确性和数据的完整性不够, 在线水力计算需要对对接数据进行数据清洗, 对关键缺失数据进行补数。

管网阻力特性系数是对系统进行在线水力分析的基本参数, 由于管内结垢、不确定的局部阻力等, 致使根据设计参数计算的管网阻力特性系数会有很大误差, 进行在线水力分析前应通过传感器数据对管网阻力特性系数进行在线辨识。

管网阻力特性系数辨识是以管网拓扑结构输入参数和流量、压力传感器实测参数为基础, 三维拓扑结构能够有效降低管网拓扑结构的不准确性, 传感器高差修正能够有效降低压力传感器的系统误差。

依据辨识后的阻力特性系数进行水力工况分析, 有利于提高结果的准确性。批量对比传感器测点的实测压力和计算压力、实测流量和计算流量, 总偏差应在要求的精度以内。

4 数据交互

4.0.1 “其他系统”通常指的是与在线水力计算系统进行交互的外部系统或服务，可能包括地理信息系统、监控与数据采集系统、第三方分析工具、移动应用或 Web 服务等。不暴露数据库接口是出于安全考虑，以防止未经授权的数据访问和潜在的数据泄露。数据交互通常通过 API（应用程序编程接口）、数据导出/导入、消息队列、Web 服务等安全的方式进行，确保数据传输的安全性和系统的稳定性。

4.0.2 供热管网静态信息包括热网管道模型、热力站供热面积、设计流量、设计压降、管道阻力系数、热源启停状态、热源形式、以及管网上各实体的位置信息等。数据对接方式包括 RESTful API、数据库接口、数据管道抽取等。以 RESTful API 对接形式进行举例说明：

（1）通讯协议

基于 http/https 协议的 RESTful API

（2）接口地址形式

协议//域名/版本/路径。示例：<https://api.example.com/v1/getData>

（3）字符编码

统一字符编码：UTF-8

（4）请求方式

GET 是从服务器方请求数据，POST 是向服务器方传送数据。

（5）接口输入参数数据格式

JSON 规范，示例如下：

```
{
  "userName": "user",
  "passWord": "user",
  "data": []
}
```

参数说明

表 1 参数说明

参数	数据类型	详细说明
userName	字符	用户名称
passWord	字符	用户密码
data	数组	上传数据

（6）接口返回结果数据格式

JSON 规范，示例如下：

```
{"status": 0, "msg": "success", "data": []}
```

数据格式说明

表 2 数据格式说明

参数	数据类型	详细说明
status	整数	请求状态：0 成功 1：失败
msg	字符	返回信息说明
data	数组	返回数据

（7）接口返回 HTTP 状态码

GET 请求，请求格式如下："http://ip:port/doman?a=1&b=1&c=1"。

200 (OK) - 表示已在响应中发出

204 (无内容) - 资源有空表示

301 (Moved Permanently) - 资源的 URI 已被更新

303 (See Other) - 其他 (如, 负载均衡)

304 (not modified) - 资源未更改 (缓存)

400 (bad request) - 指代坏请求 (如, 参数错误)

404 (not found) - 资源不存在

406 (not acceptable) - 服务端不支持所需表示

500 (internal server error) - 通用错误响应

503 (Service Unavailable) - 服务端当前无法处理请求

POST 请求, 采用 JSON 数据格式, HTTP 状态码含义:

200 (OK) - 如果现有资源已被更改

201 (created) - 如果新资源被创建

202 (accepted) - 已接受处理请求但尚未完成 (异步处理)

301 (Moved Permanently) - 资源的 URI 被更新

303 (See Other) - 其他 (如, 负载均衡)

400 (bad request) - 指代坏请求

404 (not found) - 资源不存在

406 (not acceptable) - 服务端不支持所需表示

409 (conflict) - 通用冲突

412 (Precondition Failed) - 前置条件失败 (如执行条件更新时的冲突)

415 (unsupported media type) - 接受到的表示不受支持

500 (internal server error) - 通用错误响应

503 (Service Unavailable) - 服务当前无法处理请求

4.0.7 数据项应实现规范化、统一化、标准化,《城镇供热标识编码规则》选取的供热系统包括热源、一级管网、热力站、二级管网、用户各级系统,参照此编码规则可以通过对象的标识编码记录与运行相关的各种数据,以形成描述整个供热系统运行状态的完整信息。以热源数据为例,列举其中需要上传的数据项及格式要求进行说明。

表 3 热源信息说明

中文名称	数据类型	计量单位	值域	备注
热源编号	字符型 (an..50)			
热源地址	字符型 (an..128)			
热量表/流量计编号	字符型 (an..50)			
热量表/流量计型号	字符型 (an..32)			
热量表/流量计故障代码	字符型 (n..50)			
压力表编号	字符型 (an..50)			
压力表型号	字符型 (an..32)			
循环泵数量	整数型 (n..30)	个		
循环泵编号	字符型 (an..50)			

循环泵特性系数	浮点型 (n..32)			多个数据
循环泵故障代码	字符型 (n..50)			
备注				

表 4 上传数据说明

参数名	中文名称	数据类型	计量单位	值域	备注
YId	热源编号	字符型 (an..50)			
interval	采样周期	字符型 (n..8)	s		
time	采样时刻	东八区时间戳（毫秒级，长整型）			
uploadInterval	上传周期	字符型 (n..8)	s		
hmId	热量表编号	字符型 (an..50)			
flow	瞬时流量	浮点型 (n..20)	m³/h		
sumFlow	累计流量	浮点型 (n..20)	m³		
heat	瞬时热量	浮点型 (n..20)	GJ		
sumHeat	累计热量	浮点型 (n..20)	GJ		
hmStatus	热量表故障状态	字符型 (n..50)			
psId	压力表编号	字符型 (an..50)			
supplyPress	供水压力	浮点型 (n..20)	MPa		
returnPress	回水压力	浮点型 (n..20)	MPa		
supplyTemperature	供水温度	浮点型 (n..20)	°C		
returnTemperature	回水温度	浮点型 (n..20)	°C		
pumpId	循环泵编号	字符型 (an..50)			
pumpFrq	循环泵频率	浮点型 (n..20)	Hz		
pumpStatus	循环泵故障状态	字符型 (n..50)			
setReturnPress	回水定压	浮点型 (n..20)	MPa		
elevation	海拔高程	浮点型 (n..20)	米		
MaxOutput	热源最大出力	浮点型 (n..20)	MW		
unitCost	热源单位热量成本	浮点型 (n..20)	元/GJ		
minFlow	热源最小循环量要求	浮点型 (n..20)	t/h		
memo	备注	字符型 (n..50)			

注：建议采用毫秒级时间戳（长整型，Long）格式来表示时间。对于部分应用场景（例如泄漏检测），一秒内会采集多次，秒级时间戳将不适用。上传时采用时间戳而非时间字符串能够节省网络带宽，优化整体性能。

上传数据项示例

```
{
  "userName": "userName",
  "passWord": "passWord",
  "data": [
    {
      "YId": "110102007008Y02",
      "interval": "5"
    }
  ]
}
```

5 水力计算分析

5.1 一般规定

5.1.2 水压图是水力计算结果的重要描述方式，宜不受限制且方便输出。

5.1.3 水力计算功能应具备高度适应性，对多热源环网复杂结构的系统也能计算。其中复杂的系统结构形式指同一供热管网系统中可能包含单、多级中继泵系统、用户分布式泵系统等。水力计算边界条件的输入和修改应简单灵活方便。边界条件具体包括热网循环泵、中继泵和分布式泵的特性、扬程，用户调节阀阀门特性、阀门开度、管道的基础信息、局部阻力特性等。

5.1.4 应具备报表或数据导出功能，支持 EXCEL 或 CSV 等格式，能够导出关键性数据汇总、水压、热源和用户的流量等计算结果。水力计算结果应与空间位置对应，如用户流量、节点压力、管段流量等在网络拓扑结构中按照功能分类灵活图形化显示，采用 GIS 地图等方式展示，支持放大、缩小和详细查看功能。此外，应支持专题图显示，以颜色、尺寸或其他方法来可视化关键参数，如管径、流速、比摩阻、资用压头、压力等。

5.1.5 针对模拟工况出现超压、汽化，应具备报警提示功能，同时标定出可能超压、汽化的位置，从而在实际运行中避免出现该工况或者在超压、汽化位置设置传感器保障，同时预置阈值保障安全。

5.2 水力工况离线计算功能

5.2.1 离线模拟计算是基于确定的管道基础信息和管网拓扑结构，模拟改变管网中可调节设备（如热源或中继泵站的水泵特性、水泵扬程、阀门开度等），以计算各热用户的流量分布。离线可及性计算重点关注调节部件的配置调整如何满足输配系统的特定流量要求，分析如何通过调节水泵扬程和阀门阻力来实现热网所需的流量分配。

5.2.2 热用户不热的原因包括系统设计缺陷，如管道设计不当或水泵选型不当，或者是运行调节不当，如其他用户没有有效调节，导致流量分配不均。通过可及性计算能够迅速识别导致供热不足的关键因素。。

1 在开展新的热网设计与规划工作时，可以根据热源的参数输出能力和用户的采暖负荷需求，通过离线可及性计算来优化整个管网系统的管道直径。同时，利用离线模拟计算可以预测热网系统投入运行后的工作状况。

2 可及性与管网工况相关，指在一定工况下管网的输配能力能否满足热用户需求，分析如何通过调节水泵扬程和阀门阻力来实现热网所需的流量分配。因此在指定的热源和热力站设计参数下，对管网进行可及性计算，即可获得各热力站的资用压头数据，从而可以确定所需的加压泵或阀门参数，实现系统粗调节。

3 应具备对新建、改扩建热网进行可及性计算的能力，并能够根据经济比摩阻、新增采暖负荷、流量等参数对管网各管段进行计算，以指导热网的建设与改造。

4 可及性计算能够对采用分布式变频供、回水增压的热网系统进行仿真，指导分布式变频供、回水增压泵的选型，指导分布式变频系统的节能运行。

5.3 水力工况在线计算功能

5.3.2 在已知全部管段的结构参数、校准后的管网阻力特性系数、阀门/水泵的参数后，能够实

时模拟全网的水力参数，包括各管段的流量、比摩阻、各节点的压力等等，从而指导水力工况的在线运行调节。为了保证实时工况模拟的结果与真实情况尽可能接近，应采用“源、网、站”整体全局性调节模拟，同时功能不应受热源数量、管网规模、枝环管网、中继泵、分布式泵等形式限制。在资料或数据不全时，需支持区域性及局部管线调节模拟。宜对网络中所有调节设备进行动态模拟，并能合理展示其对供热系统的动态影响。

5.3.3 为了运行调节操作方便以及时效性得到保障，可以提前预置初寒期、严寒期和末寒期的运行调节仿真结果。

5.3.4 应能对敏感支路设置安全上下限，在水力工况在线仿真和运行调节过程中均应能超限报警，若在线仿真和运行调节出现超限情况，应触发即时报警，保障安全。

5.3.5 模拟结果与实际运行结果阈值按照本规范 3.5.2 条设定。

5.3.6 当用户资用压头或流量不足时，通过在线运行调节，应能识别出问题的原因，并为不同原因提出相应的解决措施。

5.3.7 系统应自动存储调节记录备查。

5.3.8 保障性目标是最低供热保障要求，安全性目标是热网系统整体运行安全。

5.3.10 本条文规定热水管网在线优化调度系统的核心功能与技术要求，旨在通过智能化调控手段，根据实时监测数据和系统模型，解决热网运行中的经济性、可靠性、环保性、均衡供热等多目标协同难题。典型工况至少包括供热管网正常运行工况（包括初末寒期、严寒期等）、事故工况（热源切换、管网泄漏、阀门误操作等）。建立优化调度模拟库可以提前针对各种可能的场景进行模拟计算和热网最佳运行策略制定。在实际运行中遇到相应工况时，调度人员可直接从模拟库中调取预先制定好的优化调度方案，快速响应，确保热网在各种情况下的高效、稳定运行。

5.3.11 城市热网尤其是大型热网在热源温度调整变化时，由于管网结构，从热源到各末端热力站的路由长度不同，且各个管段内的流速不同，导致热源温度传导到各末端热力站的时间不同步，即源到端的滞后时间不同。因此在线优化调度时需考虑此因素。

5.3.12 优化调度的典型应用场景即不同形式的多热源联网，由于输出同样热量的燃料成本不同，宜实现低成本热源多输送热量，但受管网输送能力和末端负荷需求分布的约束，需要通过动态寻优得到最优调度策略。水力工况在线优化调度应结合实时能源成本，实时在线寻优，提供最优的热网运行方式。

5.3.13 水力工况在线优化调度应给出可执行的结果。在不同的运行工况下，多热源环状管网的流体力学参数如各管段的流量、管段流速，各节点压力、节点流量等均会发生较大变化，从而导致部分用户在不同运行工况下的可及性往往也相应发生较大变化。对于环形供热网而言，可及性分析的问题最后归结为通过确定环上最优的阀门安装位置及阀门开度来得到最优运行工况。可及性分析的目标，可以描述为通过仿真分析对环上的相关水泵和阀门进行调节和配置，计算热用户最小的资用压头，从而判断系统是否可及或确定各循环泵所需的最小扬程。如以经济性为目标的最优水力工况，对于环形网，宜给出阀门在环网上的安装位置和具体状态；对于单/多热源管网，宜给出热源的水泵运行参数；对于多热源环形网，宜同时给定阀门位置状态及水泵参数等。

5.3.14 本条的重点是要求热网优化调度系统具备“闭环反馈”能力，能够实现数据驱动优化和自适应调整，对偏离目标且影响系统效率、安全性或经济性的调度方案，触发再优化程序，确保热网运行始终趋近最优状态。系统应支持偏差阈值的动态配置，针对关键参数（如用户室温、管网压力）设置绝对限值，对经济性、环保性指标采用相对偏差阈值，并允许根据历史数据与运行需求自定义调整。实际工程中，阈值设置需通过离线仿真与试运行验证，避免因阈值过严导致频繁误触发，或因过松失去优化意义。

5.3.15 优化调度寻优过程可能耗时长，为保障调度时效，可针对各种典型工况预置工况库，存储已计算好的优化调度结果以便快速操作。

5.3.16 水力工况在线故障诊断旨在及时检测与定位系统故障，但其分析结果的可靠性高度依赖于传感器数据的准确性。因此，故障诊断应含两层内容：首先应通过算法进行传感器本身的故障诊断；其次，执行系统故障诊断。在线故障诊断应具备传感器故障诊断能力。系统执行机构故障包括停泵或启泵、水泵显示状态与实际状态不符、阀门显示状态与实际状态不符等。

5.3.17 水力工况在线故障诊断应预置故障状态工况库，通过实际运行数据与工况库数据比对，分析管线异常点和工况偏离点，提供如局部阻塞、阀门故障等在线诊断结果。

5.3.18 水力工况在线故障诊断应提供清晰的标识或提示，以协助进行故障排除。

5.3.19 通过水力工况分析识别系统薄弱环节，通过安装传感器实时监测，并设置提醒冗余度，多维度保障系统运行安全。

5.3.22 通过预置应急保障预案库，以缩短应急反应时间。如针对重要节点泄漏事故，结合管线故障点、应急抢修点位置，按照“缩短影响时间、缩小影响面积”的原则，制定各个热源最低、最高流量要求和供回水温度要求等事故水力工况调度应急预案。同时通过危险工况分级和实时提醒，充分预防危险工况发生。

6 信息安全

6.0.1 身份鉴别在整个信息系统中处于基础、关键的地位。网络安全最基本和关键的保护就是要从身份鉴别入手来提高和控制整个系统的安全。身份鉴别包括用户标识和用户鉴别，就是用户向系统以一种安全的方式提交自己的身份证实，然后由系统确认用户的身份是否属实的过程，等级保护要求用户标识具有唯一性，且系统用户鉴别使用到的鉴别数据具有一定的复杂度、保密性和完整性。应由应用系统统一生成唯一的用户身份标识符，无论在系统生命周期还是在应用过程中，该标识符是唯一的，并贯穿于业务系统应用始终。该身份标识符存放在数据库特殊位置，并进行保护。在数据库列表不被非授权地访问、修改或删除；用户如果要以特权用户访问该资源，必须要有两种或以上身份验证的方法。用户标识符应与安全审计相关联，保证系统发生安全事件时的可核查性。

6.0.3 为确保系统资源不被非法使用和访问，通过限制用户对特定资源的访问来保护系统资源。对系统中的重要信息资源设置敏感标记，严格控制其访问权限，针对重要信息资源的操作，应进行最小化的权限管理。

6.0.4 访问控制主要是确保系统资源不被非法使用和访问，通过限制用户对特定资源的访问来保护系统资源。对系统中的重要信息资源设置敏感标记，严格控制其访问权限，需要针对重要信息资源的操作，进行最小化的权限管理。

6.0.6 恶意代码是指怀有恶意目的可执行程序，例如计算机病毒、木马、蠕虫、后门和逻辑炸弹等，它们通常会在用户不知晓也未授权的情况下入侵到计算机系统中。关闭不需要的系统服务和端口，只保留最小化的开放端口，可以有效地减小恶意代码的入侵。

6.0.7 数据完整性保护指在传输、存储信息或数据的过程中，确保信息或数据不被未经授权地篡改或在篡改后能够被迅速发现。数据保密性保护是指防止信息被未经授权者访问和防止信息在传递过程中被截获并解密的功能。

6.0.8 安全审计可以对设备或系统运行过程中产生的信息进行实时采集和分析，同时也可以对系统的运行状态进行监测。当发生异常情况时，可以立即发出警告信息，并向管理员提供详细的审计报告和异常分析报告，让管理员可以及时发现系统的安全隐患，以采取有效措施来保护网络安全。审计日志的格式可使用单行的、有规则、有格式的 CSV 文本格式。