



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111523210 A

(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010278317.7

(22)申请日 2020.04.10

(71)申请人 杭州英集动力科技有限公司

地址 310000 浙江省杭州市余杭区仓前街
道龙园路88号2幢208、209-1、209-2室

(72)发明人 郝静麒 张浩然 赵琼

(74)专利代理机构 常州市科谊专利代理事务所
32225

代理人 孙彬

(51)Int.Cl.

G06F 30/20(2020.01)

G06F 119/08(2020.01)

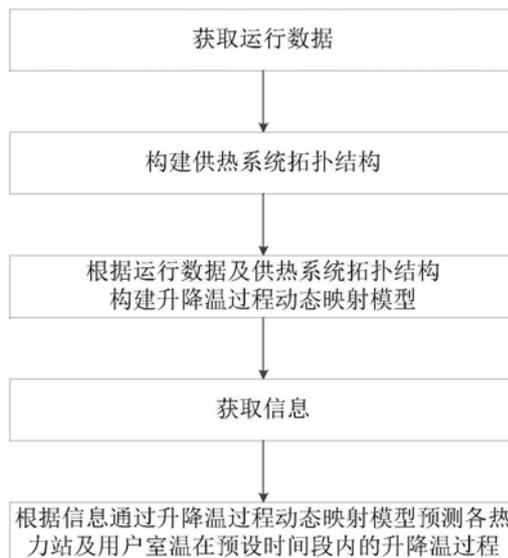
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统

(57)摘要

本发明属于城市集中供热系统的智慧化生产管理和客户服务技术领域,具体涉及一种城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统,其中城市集中供热系统升降温过程预测分析方法包括:获取运行数据;构建供热系统拓扑结构;根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;获取信息;以及根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程,实现了预测供热系统中各节点特别是热力站和热用户升降温过程和时间,解决了用户无法量化得知升降温的趋势和过程,大大提高了用户的满意度。



1. 一种城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,包括:
 获取运行数据;
 构建供热系统拓扑结构;
 根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;
 获取信息;以及
 根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程。

2. 如权利要求1所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述运行数据包括:热源温度、热力站温度、热用户温度和供热系统结构数据。

3. 如权利要求2所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述构建供热系统拓扑结构的方法包括:

根据图论对供热管网结构进行建模,以建立供热系统拓扑结构。

4. 如权利要求3所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法包括:

基于供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;

所述升降温过程动态映射模型包括:温度响应分模型和滞后时间分模型

所述温度响应分模型包括:一次侧温度响应子模型和二次侧温度响应子模型;

所述一次侧温度响应子模型为:

$$\begin{cases} Q_0 = \sum_{i=1}^n M_i + \sum_{j=1}^m Q_j \\ Q_j = C_p q_j (T_{j,g} - T_{j,h}); \\ M_i = C_p q_i (T_{i,g} - T_{i,h}) \end{cases};$$

所述二次侧温度响应子模型为:

$$\begin{cases} M_i = \sum_{i=1}^x Q'_i + Q'_j \\ Q'_i = \varepsilon W_{\min} (t_{i,g} - t_{i,n}); \end{cases}$$

其中, Q_0 、 M_i 、 Q_j 和 Q'_j 分别为热源供热量、换热站散热量、一次侧管网散热量和二次侧管网散热量; C_p 为一次侧热水比热容; q_j 、 q_i 分别为一次侧第j条管网流量和第i个换热站的流量; $T_{j,g}$ 、 $T_{j,h}$ 、 $T_{i,g}$ 、 $T_{i,h}$ 分别为一次侧管网和换热站的供水温度、回水温度; Q'_i 为用户室内散热器散热量; ε 为无量纲比热系数; W_{\min} 为散热器中热流体流量当量; $t_{i,g}$ 、 $t_{i,n}$ 分别为散热器热水温度、用户室内空气温度; n 、 m 、 x 分别为供热系统中的换热站数量、一次侧管网数量和终端用户数量;

所述滞后时间分模型包括:水力工况基本子模型、管网滞后时间子模型和总滞后时间

子模型；

所述水力工况基本子模型为：

$$\begin{cases} A * G = Q \\ B_f * \Delta H = 0 \\ \Delta H = S * |G| * G + Z - DH \end{cases} ;$$

所述管网滞后时间子模型为：

$$\begin{cases} v_j = \frac{q_j}{\pi d_j^2 / 4} \\ \tau_j = \frac{l_j}{v_j} \\ \tau_i = f(q_i, \eta) \end{cases} ;$$

所述总滞后时间子模型为：

$$\begin{cases} \tau_0 = \tau_1 + \tau_2' + \tau_3 \\ \tau_2' = \psi \tau_2 \end{cases} ;$$

其中，A为管网关联矩阵，为 $n \times m$ 阶矩阵，即供热系统拓扑结构，其中节点为 $n+1$ ， m 为一次侧管网数量；

B_f 为管网的基本回路矩阵，为 $(m-n) \times m$ 阶矩阵； G 为管段流量向量， $G = (G_1, G_2, \dots, G_m)$ ； ΔH 为管段阻力压降， $\Delta H = (\Delta H_1, \Delta H_2, \dots, \Delta H_m)$ ； S 为管段阻力特征系数矩阵， $S = \text{diag}\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ ； $|G|$ 为管段流量 G 的绝对 m 阶对角矩阵， $|G| = \text{diag}\{|G_1|, |G_2|, \dots, |G_m|\}$ ； DH 为管段的水泵向量， $DH = (DH_1, DH_2, \dots, DH_m)^T$ ，当管段无水泵时， $DH = 0$ ，当管段有水泵时， DH 为水泵扬程； Z 为管段支路中两节点的位能差向量， $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)^T$ ； q_j 为第 j 条一次侧管网的流量； v_j 为第 j 条供水边内流体流速，单位 m/s ； d_j 为第 j 条供水边管径； l_j 为第 j 条供水边管长； τ_j 为流体通过第 j 条供水边需要的时间； τ_i 为第 i 个换热站滞后时间； q_i 为第 i 个换热站流量； η 为换热站中影响传热时间的变量综合； τ_0 、 τ_1 、 τ_2 、 τ_3 分别为总滞后时间、一次侧滞后时间、二次侧滞后时间、换热站滞后时间； ψ 为二次侧滞后时间修正系数；

根据温度响应分模型和滞后时间子模型获取各节点、换热站、热用户的温度及温度变化时间。

5. 如权利要求4所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法，其特征在于，所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法还包括：获取实时运行数据，并根据实时运行数据训练升降温过程动态映射模型，即

$$T_{\text{热力站}} = f(T_{\text{热源}}, \omega) ;$$

$$T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \omega) ;$$

其中， $T_{\text{热源}}$ 、 $T_{\text{热力站}}$ 、 $T_{\text{热用户}}$ 分别为热源温度、热力站温度和热用户温度； ω 为剩余运行变量。

6. 如权利要求5所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述获取信息的方法包括:

获取热源侧运行调控信息,以及热网侧的运行调节控制状态,即采集热源出口水温、流量的运行调控变化信息;以及当热网运行状态发生改变时,采集阀门、水泵设备的参数变化信息。

7. 如权利要求6所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法包括:

通过升降温过程动态映射模型根据供热系统结构数据获取此时热源温度对应的热力站和热用户温度 $T_{\text{热力站}}$ 、 $T_{\text{热用户}}$,以及

根据运行数据,获取总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi\tau_2 + \tau_3$,进而预测出热力站和热用户的升降温过程。

8. 如权利要求7所述的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,其特征在于,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法还包括:

通过升降温过程动态映射模型根据热源侧运行调控信息、热网侧的运行调节控制状态和预计时间变量 τ_4 ,获取映射温度 $T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \eta)$ 和总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi\tau_2 + \tau_3 + \tau_4$ 。

9. 一种城市集中供热系统升降温过程预测分析系统,其特征在于,包括:

运行数据采集模块,获取运行数据;

拓扑结构构建模块,构建供热系统拓扑结构;

模型构建模块,根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;

信息采集模块,获取信息;以及

预测模块,根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程。

城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明属于城市集中供热系统的智慧化生产管理和客户服务技术领域,具体涉及一种城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统。

背景技术

[0002] 供热系统通过在热源厂内生产高温热水并驱动热水在一级管网内循环流动,向各热力站输送热能的方式进行供热。各热力站中设有间壁式换热器,一级管网供回水和二级管网供回水在换热器中进行换热,进而完成整个供热过程。目前,在供热系统中,用户大多处于被动接受的地位,无法及时得知室温的变化,即使有人打电话询问了供热系统工作人员,也只是得到了一个大致的升降温时间,无法得到供热系统中温度的实时变化。同时由于管网的复杂性、供热距离较大、二次侧换热时间过长等问题的影响,用户室温变化经常会比预测的时间要长,而用户无法得知晚点的时间以及温度变化已经到达的位置,这就会大大降低用户的满意度。

[0003] 因此,基于上述技术问题,需要设计一种新的城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种城市集中供热系统升降温过程预测分析方法及其系统。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供了城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,包括:

[0006] 获取运行数据;

[0007] 构建供热系统拓扑结构;

[0008] 根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;

[0009] 获取信息;以及

[0010] 根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程。

[0011] 进一步,所述运行数据包括:热源温度、热力站温度、热用户温度和供热系统结构数据。

[0012] 进一步,所述构建供热系统拓扑结构的方法包括:

[0013] 根据图论对供热管网结构进行建模,以建立供热系统拓扑结构。

[0014] 进一步,所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法包括:

[0015] 基于供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;

[0016] 所述升降温过程动态映射模型包括:温度响应分模型和滞后时间分模型

[0017] 所述温度响应分模型包括:一次侧温度响应子模型和二次侧温度响应子模型;

[0018] 所述一次侧温度响应子模型为:

$$[0019] \quad \begin{cases} Q_0 = \sum_{i=1}^n M_i + \sum_{j=1}^m Q_j \\ Q_j = C_p q_j (T_{j,g} - T_{j,h}) \\ M_i = C_p q_i (T_{i,g} - T_{i,h}) \end{cases};$$

[0020] 所述二次侧温度响应子模型为:

$$[0021] \quad \begin{cases} M_i = \sum_{i=1}^x Q'_i + Q'_j \\ Q'_i = \varepsilon W_{\min} (t_{i,g} - t_{i,n}) \end{cases};$$

[0022] 其中, Q_0 、 M_i 、 Q_j 和 Q'_j 分别为热源供热量、换热站散热量、一次侧管网散热量和二次侧管网散热量; C_p 为一次侧热水比热容; q_j 、 q_i 分别为一次侧管网流量和换热站的流量; $T_{j,g}$ 、 $T_{j,h}$ 、 $T_{i,g}$ 、 $T_{i,h}$ 分别为一次侧管网和换热站的供水温度、回水温度; Q'_i 为用户室内散热器散热量; ε 为无量纲比热系数; W_{\min} 为散热器中热流体流量当量; $t_{i,g}$ 、 $t_{i,n}$ 分别为散热器热水温度、用户室内空气温度; n 、 m 、 x 分别为供热系统中的换热站数量、一次侧管网数量和终端用户数量;

[0023] 所述滞后时间分模型包括:水力工况基本子模型、管网滞后时间子模型和总滞后时间子模型;

[0024] 所述水力工况基本子模型为:

$$[0025] \quad \begin{cases} A * G = Q \\ B_f * \Delta H = 0 \\ \Delta H = S * |G| * G + Z - DH \end{cases};$$

[0026] 所述管网滞后时间子模型为:

$$[0027] \quad \begin{cases} v_j = \frac{q_j}{\pi d_j^2 / 4} \\ \tau_j = \frac{l_j}{v_j} \\ \tau_i = f(q_i, \eta) \end{cases};$$

[0028] 所述总滞后时间子模型为:

$$[0029] \quad \begin{cases} \tau_0 = \tau_1 + \tau_2' + \tau_3 \\ \tau_2' = \psi \tau_2 \end{cases};$$

[0030] 其中,A为管网关联矩阵,为 $n \times m$ 阶矩阵,即供热系统拓扑结构,其中节点为 $n+1$, m 为一次侧管网数量; B_f 为管网的基本回路矩阵,为 $(m-n) \times m$ 阶矩阵; G 为管段流量向量, $G = (G_1, G_2, \dots, G_m)$; ΔH 为管段阻力压降, $\Delta H = (\Delta H_1, \Delta H_2, \dots, \Delta H_m)$; S 为管段阻力特征系数矩阵(m 阶对角矩阵), $S = \text{diag}\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$; $|G|$ 为管段流量 G 的绝对 m 阶对角矩阵, $|G| = \text{diag}\{|G_1|, |G_2|, \dots, |G_m|\}$; DH 为管段的水泵向量, $DH = (DH_1, DH_2, \dots, DH_m)^T$,当管段无水泵时, $DH = 0$,当管段有水泵时, DH 为水泵扬程; Z 为管段支路中两节点的位能差向量, $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)^T$; q_j 为第 j 条一次侧管网的流量; v_j 为第 j 条供水边内流体流速,单位 m/s ; d_j 为第 j 条供水边管径; l_j 为第 j 条供水边管长; τ_j 为流体通过第 j 条供水边需要的时间; τ_i 为换热站滞后时间; q_i 为换热站流量; η 为换热站中影响传热时间的变量综合; $\tau_0, \tau_1, \tau_2, \tau_3$ 分别为总滞后时间、一次侧滞后时间、二次侧滞后时间、换热站滞后时间; ψ 为二次侧滞后时间修正系数;

[0031] 根据温度响应分模型和滞后时间分模型获取各节点、换热站、热用户的温度及温度变化时间。

[0032] 进一步,所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法还包括:

[0033] 获取实时运行数据,并根据实时运行数据训练升降温过程动态映射模型,即

[0034] $T_{\text{热力站}} = f(T_{\text{热源}}, \omega)$;

[0035] $T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \omega)$;

[0036] 其中, $T_{\text{热源}}, T_{\text{热力站}}, T_{\text{热用户}}$ 分别为热源温度、热力站温度和热用户温度; ω 为剩余运行变量。

[0037] 进一步,所述获取信息的方法包括:

[0038] 获取热源侧运行调控信息,以及热网侧的运行调节控制状态,即

[0039] 采集热源出口水温、流量的运行调控变化信息;以及

[0040] 当热网运行状态发生改变时,采集阀门、水泵设备的参数变化信息。

[0041] 进一步,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法包括:

[0042] 通过升降温过程动态映射模型根据供热系统结构数据获取此时热源温度对应的热力站和热用户温度 $T_{\text{热力站}}, T_{\text{热用户}}$,以及

[0043] 根据运行数据,获取总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi \tau_2 + \tau_3$,进而预测出热力站和热用户的升降温过程。

[0044] 进一步,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法还包括:

[0045] 通过升降温过程动态映射模型根据热源侧运行调控信息、热网侧的运行调节控制状态和预计时间变量 τ_4 ,获取映射温度 $T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \omega)$ 和总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$ 。

[0046] 另一方面,本发明还提供一种城市集中供热系统升降温过程预测分析系统,包括:

[0047] 运行数据采集模块,获取运行数据;

[0048] 拓扑结构构建模块,构建供热系统拓扑结构;

[0049] 模型构建模块,根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;

[0050] 信息采集模块,获取信息;以及

[0051] 预测模块,根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程。

[0052] 本发明的有益效果是,本发明通过获取运行数据;构建供热系统拓扑结构;根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;获取信息;以及根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程,实现了预测供热系统中各节点特别是热力站和热用户升降温过程和时间,解决了用户无法定量化得知升降温的趋势和过程,大大提高了用户的满意度。

[0053] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

[0054] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0056] 图1是本发明中城市集中供热系统升降温过程预测分析方法的流程图;

[0057] 图2是本发明中供热系统的一次侧管网结构示意图;

[0058] 图3是本发明中建立一、二次侧换热器结构示意图;

[0059] 图4是本发明中供热系统的二次侧管网结构示意图;

[0060] 图5是本发明中城市集中供热系统升降温过程预测分析系统的原理框图。

具体实施方式

[0061] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0062] 实施例1

[0063] 图1是本发明中城市集中供热系统升降温过程预测分析方法的流程图。

[0064] 如图1所示,本实施例1提供了城市集中供热系统升降温过程预测分析方法,包括:获取运行数据;构建供热系统拓扑结构;根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;获取信息;以及根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程,实现了预测供热系统中各节点特别是热力站和热用户升降温过程和时间,解决了用户无法定量化得知升降温的趋势和过程,大大提高了用

户的满意度。

[0065] 在本实施例中,所述运行数据包括:热源温度、热力站温度、热用户温度和供热系统结构数据(例如:一次侧管网的流量 q 、供水边管径 d 、供水边管长 l 等);所述运行数据为在存储有供热系统运行数据的数据库中,读取每个运行变量在特定时刻下的一组运行数据 $X^m = \{x_1^m, x_2^m, \dots, x_n^m\}$, x_n 为运行变量。

[0066] 在本实施例中,所述构建供热系统拓扑结构的方法包括:根据图论对供热管网结构进行建模,以建立供热系统拓扑结构,即基于图论对供热管网结构进行建模,将热源、热力站、管路分支等其他设备连接处抽象成连接节点,两个节点之间供水管段均抽象成边,供热系统中每个设备依据实际供热系统数据简化为物理模型,建立供热系统拓扑结构。

[0067] 在本实施例中,所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法包括:建立能够模拟一次侧热源升降温到热力站升降温,以及二次侧热力升降温到热用户升降温过程的升降温过程动态映射模型;基于供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;所述升降温过程动态映射模型包括:温度响应分模型和滞后时间分模型所述温度响应分模型包括:一次侧温度响应子模型、二次侧温度响应子模型和水-水换热器热力学模型;

[0068] 所述一次侧温度响应子模型为:

$$[0069] \begin{cases} Q_0 = \sum_{i=1}^n M_i + \sum_{j=1}^m Q_j \\ Q_j = C_p q_j (T_{j,g} - T_{j,h}); \\ M_i = C_p q_i (T_{i,g} - T_{i,h}) \end{cases};$$

[0070] 所述二次侧温度响应子模型为:

$$[0071] \begin{cases} M_i = \sum_{i=1}^x Q'_i + Q'_j \\ Q'_i = \varepsilon W_{\min} (t_{i,g} - t_{i,n}); \end{cases}$$

[0072] 所述水-水换热器热力学模型为:

$$[0073] \begin{cases} M_i = B_1 c_1 (t_{g1} - t_{h1}) = B_2 c_2 (t_{g2} - t_{h2}); \\ M_i = KF \Delta t \end{cases};$$

[0074] 其中, Q_0 、 M_i 、 Q_j 和 Q'_j 分别为热源供热量、换热站散热量、一次侧管网散热量和二次侧管网散热量; C_p 为一次侧热水比热容; q_j 、 q_i 分别为一次侧管网流量和换热站的流量; $T_{j,g}$ 、 $T_{j,h}$ 、 $T_{i,g}$ 、 $T_{i,h}$ 分别为一次侧管网和换热站的供水温度、回水温度; Q'_i 为用户室内散热器散热量; ε 为无量纲比热系数; W_{\min} 为散热器中热流体流量当量; $t_{i,g}$ 、 $t_{i,n}$ 分别为散热器热水温度、用户室内空气温度; n 、 m 、 x 分别为供热系统中的换热站数量、一次侧管网数量和终端用

户数量,根据具体情况而定; B_1 、 B_2 为一、二次侧流量; c_1 、 c_2 为一、二次侧流体定压比热容; t_{g1} 、 t_{h1} 和 t_{g2} 、 t_{h2} 分别为一、二次侧供、回水温度; K 为换热器总传热系数; F 为换热器换热面积; Δt 为两侧流体传热温差;

[0075] 所述滞后时间分模型包括:水力工况基本子模型、管网滞后时间子模型和总滞后时间子模型;

[0076] 所述水力工况基本子模型为:

$$[0077] \begin{cases} A * G = Q \\ B_f * \Delta H = 0 \\ \Delta H = S * |G| * G + Z - DH \end{cases};$$

[0078] 所述管网滞后时间子模型为:

$$[0079] \begin{cases} v_j = \frac{q_j}{\pi d_j^2 / 4} \\ \tau_j = \frac{l_j}{v_j} \\ \tau_i = f(q_i, \eta) \end{cases};$$

[0080] 所述总滞后时间子模型为:

$$[0081] \begin{cases} \tau_0 = \tau_1 + \tau_2' + \tau_3 \\ \tau_2' = \psi \tau_2 \end{cases};$$

[0082] 其中, A 为管网关联矩阵,为 $n \times m$ 阶矩阵,即供热系统拓扑结构,其中节点为 $n+1$, m 为一次侧管网数量(即管段); B_f 为管网的基本回路矩阵,为 $(m-n) \times m$ 阶矩阵; G 为管段流量向量, $G = (G_1, G_2, \dots, G_m)$; ΔH 为管段阻力压降, $\Delta H = (\Delta H_1, \Delta H_2, \dots, \Delta H_m)$; S 为管段阻力特征系数矩阵(m 阶对角矩阵), $S = \text{diag}\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$; $|G|$ 为管段流量 G 的绝对 m 阶对角矩阵, $|G| = \text{diag}\{|G_1|, |G_2|, \dots, |G_m|\}$; DH 为管段的水泵向量, $DH = (DH_1, DH_2, \dots, DH_m)^T$,当管段无水泵时, $DH = 0$,当管段有水泵时, DH 为水泵扬程; Z 为管段支路中两节点的位能差向量, $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)^T$; q_j 为第 j 条一次侧管网的流量; v_j 为第 j 条供水边内流体流速,单位 m/s ; d_j 为第 j 条供水边管径; l_j 为第 j 条供水边管长; τ_j 为流体通过第 j 条供水边需要的时间; τ_i 为换热站滞后时间; q_i 为换热站流量; η 为换热站中其他影响传热时间的变量综合,函数关系可由实验确定,不同换热器变量不同;; τ_0 、 τ_1 、 τ_2 、 τ_3 分别为总滞后时间、一次侧滞后时间、二次侧滞后时间、换热站滞后时间; ψ 为二次侧滞后时间修正系数(可以由工作人员可根据经验设定);根据温度响应分模型和滞后时间分模型获取各节点、换热站、热用户的温度及温度变化时间。

[0083] 在本实施例中,所述根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型的方法还包括:获取实时运行数据(连接供热系统的SCADA和DCS系统,将实时运行数据

导入数据库,并实现实时数据的存储;同时由于监测设备的故障或网络的不稳定,使得其监测的实时运行数据可能存在数据的空值、缺失等,所以对选取的运行数据进行数据清洗,实现对数据的缺失值填充和噪声平滑等,保证实时运行数据的有效性),并根据实时运行数据训练(可以但不限于采用神经网络算法进行训练)升降温过程动态映射模型,即

$$[0084] \quad T_{\text{热力站}} = f(T_{\text{热源}}, \omega);$$

$$[0085] \quad T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \omega);$$

[0086] 其中, $T_{\text{热源}}$ 、 $T_{\text{热力站}}$ 、 $T_{\text{热用户}}$ 分别为热源温度、热力站温度和热用户温度; ω 为剩余运行变量。

[0087] 在本实施例中,所述获取信息的方法包括:获取热源侧运行调控信息,以及热网侧的运行调节控制状态,即采集热源出口水温、流量的运行调控变化信息(例如,在热源蒸汽或热水出口处安装信息采集器,用于采集热源出口水温、流量等运行调控变化信息,该运行调控变化信息可以为机组调峰、热源侧发生事故等);以及当热网运行状态发生改变时,采集阀门、水泵设备的参数变化信息(将信息采集器接入热网中,当热网运行状态发生改变,如人为调控、爆管、故障抢修等时,信息采集器第一时间捕捉到阀门、水泵等设备参数变化信息并将信息进行初处理,同时信息采集器还可以采集其他已知信息,以便于分析处理,其他已知信息包括:各管道及热力站流量、各管道管长及管径、各热力站二次侧换热方式等)。

[0088] 在本实施例中,通过SCADA系统获得热源温度变化信息及热网调节策略(实时运行数据),可以控制信息采集器每隔 y 分钟从SCADA系统中获得热源运行数据,其中 y 值取5,也就是每隔五分钟得到一组数据;如果需要更精确的变化信息,在计算量允许的情况下,可以缩短采集时间间隔,减小 y 的值;信息采集器接入供热SCADA系统,当工作人员对热网进行调节时,信息采集器第一时间捕捉到变化信息(阀门、水泵等设备参数变化信息)并将信息处理后发送到预测模型中去,同时采集器还可以采集其他已知信息,以便于分析处理。

[0089] 在本实施例中,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法包括:将升降温过程动态映射模型与信息采集器相连,以接收信息采集器采集的运行数据和信息等;通过升降温过程动态映射模型根据供热系统结构数据获取此时热源温度对应的热力站和热用户温度 $T_{\text{热力站}}$ 、 $T_{\text{热用户}}$,以及根据运行数据,获取总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi\tau_2 + \tau_3$,进而预测出热力站和热用户的升降温过程。

[0090] 在本实施例中,所述根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在预设时间段内的升降温过程的方法还包括:将未来会改变的热源、热网侧的调控操作条件提前录入升降温过程动态映射模型,升降温过程动态映射模型同时会对录入的信息不断进行更新,同时引入预计时间变量 τ_4 ,从而采取滚动预测的方式,让用户提前知道预设时间段内(未来若干长时段内)的升降温过程通过升降温过程动态映射模型根据热源侧运行调控信息、热网侧的运行调节控制状态和预计时间变量 τ_4 ,获取映射温度 $T_{\text{热用户}} = f(T_{\text{热源}}, \eta)$ 和总滞后时间 $\tau_0 = \tau_1 + \psi\tau_2 + \tau_3 + \tau_4$;该升降温过程动态映射模型简单、计算量小,大大减少了预测出错的可能性,可以让用户准确知道温度变化的过程,让用户提前知道升降温的趋势过程,满足了用户希望掌控过程的心理,大大提高了用户的满意度。

[0091] 实施例2

[0092] 图2是本发明中供热系统的一次侧管网结构示意图;

[0093] 图3是本发明中建立一、二次侧换热器结构示意图;

[0094] 图4是本发明中供热系统的二次侧管网结构示意图。

[0095] 在实施例1的基础上,本实施例2中,以图2、图3和图4所示的供热系统的供热管网结构为例进行说明;供热管网结构包含多个热力站,R为一次网供水,S为一次网回水,热力站与一级网的供回水管路相连,且站内供水或回水管路上有可调阀门或水泵,同时热力站中设有一、二次侧管网换热器,在换热器中,一、二次管网完成热量的交换;基于图论对供热管网结构进行建模,将热力站、管路分支连接处抽象成连接节点,两个节点之间供回水管段抽象成管段,则供热管网结构可抽象成节点与边(管段)的表现形式;

[0096] 在本实施例中,升降温过程动态映射模型可以由多个单管道动态映射模型组成,其中,单管道动态映射模型包括:连续性方程、动量方程和能量守恒方程:

[0097] 所述连续性方程为:

$$[0098] \begin{cases} q_v = uA \\ \frac{du}{dx} = 0 \end{cases};$$

[0099] 所述动量方程为:

$$[0100] \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\rho \lambda q_v^2}{2DA^2} + \rho g \sin \theta;$$

[0101] 所述能量方程为:

$$[0102] \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{q_v}{A} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{4q}{\rho c_p D};$$

[0103] 式中: q_v 为管内流体体积流量; u 为管内流体轴向流速; A 为管道横截面积; du 、 dx 为流速和管长微分; ∂p 、 ∂x 为横截面正压力和管长的偏微分; ρ 为管内流体密度; λ 为管道沿程阻力系数; D 为管道内径; g 为重力加速度; θ 为管道与水平面的夹角; ∂T 、 ∂t 为管内流体和时间的偏微分; q 单位时间内管内流体单位表面积所增加的热量; c_p 为管内流体定压比热容。

[0104] 在本实施例中,在线获取热源侧出口水温、流量等运行调控信息,以及热网侧的运行调节控制状态;

[0105] 在供热系统的供热管网结构中,一次侧管网的流量 q 、供水边管径 d 、供水边管长 l 分别为:

$$[0106] q = [42, 11, 7, 4, 31, 10, 21, 21, 9, 12, 12, 12, 12];$$

$$[0107] d = [205, 149, 124, 124, 149, 124, 149, 149, 124, 124, 124, 124, 124];$$

$$[0108] l = [5578.841, 3354.841, 3911.985, 6672.447, 4735.090, 6524.894, 4582.404, 6371095, 4552.570, 5254.188, 6557.359, 6072.729, 5180.632];$$

[0109] 在本实施例中,在线运用动态映射模型进行仿真计算,结合获取的热源、热网侧的调控操作条件,滚动预测各热力站及用户室温在未来若干长时间段内的升降温过程;由升降温过程动态映射模型可以得出热源供水在各管段的流动速度和流动时间(一次侧滞后时间):

$$[0110] V = [0.4, 0.2, 0.2, 0.1, 0.5, 0.2, 0.3, 0.3, 0.2, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3];$$

$$[0111] \tau_1 = [3.874, 4.660, 5.433, 18.535, 2.630, 9.062, 6.364, 5.899, 6.323, 4.865,$$

5.071, 5.623, 4.797];

[0112] 则可以得出到达每一个热力站的时间为,

[0113] $T = [15.785, 28.638, 14.321, 21.344, 37.755]$;

[0114] 在已知换热方式和换热结构的情况下,可以根据流体动力学和热力学计算,得出换热滞后时间和流动滞后时间,即

[0115] 热力站内换热器大多采用逆流板式换热器,则可仿真得出各热力站中的换热滞后时间:

[0116] $\tau_3 = [\tau_{13}, \tau_{23}, \tau_{33}, \dots, \tau_{s3}]$;

[0117] 同样的对于二次侧滞后时间采用与一次侧机理仿真同样的方法可以得出:

[0118] $\tau_2 = [\tau_{12}, \tau_{22}, \tau_{32}, \dots, \tau_{r2}]$;

[0119] 由此可以得出总滞后响应时间:

[0120] $\tau_0 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$;

[0121] $\tau_0 = [\tau_{10}, \tau_{20}, \tau_{30}, \dots, \tau_{x0}]$;

[0122] 式中:s、r、x为常量,分别代表热力站数量、二次侧管网数量、终端用户数量。

[0123] 将信息采集器采集到的需要的信息并将信息发送到升降温过程动态映射模型,信息接收后,通过升降温过程动态映射模型,得到此时热源温度对应的热力站和热用户温度;并且根据当前供热系统中的运行数据,得到温度传递过程和时间,进而得出热力站和热用户的升降温过程。

[0124] 实施例3

[0125] 图5是本发明中城市集中供热系统升降温过程预测分析系统的原理框图。

[0126] 如图5所示,在实施例1和实施例2的基础上,本实施例3还提供一种城市集中供热系统升降温过程预测分析系统,包括:运行数据采集模块,获取运行数据;拓扑结构构建模块,构建供热系统拓扑结构;模型构建模块,根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;信息采集模块(例如直接采用信息采集器),获取信息;以及预测模块,根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在未来预设时间段内的升降温过程;可以广泛应用于供热系统升降温过程的预测,特别是适用于距离热源较远的热用户,可以让其及时掌握系统中的温度变化,了解到温度变化到达的时间和已经到达的位置,改变其之前只能盲目等待而满意度降低的现象,对供热公司具有重要的意义。

[0127] 在本实施例中,该系统还可以包括:信息处理模块和推送模块;所述信息处理模块适于对采集到的信息进行预处理,包括格式转换和系统适配;所述推送模块适于将未来预设时间段内的升降温过程推送至用户的智能终端(例如手机、电脑等)。

[0128] 综上所述,本发明通过获取运行数据;构建供热系统拓扑结构;根据运行数据及供热系统拓扑结构构建升降温过程动态映射模型;获取信息;以及根据信息通过升降温过程动态映射模型预测各热力站及用户室温在未来预设时间段内的升降温过程,实现了预测供热系统中各节点特别是热力站和热用户升降温过程和时间,解决了用户无法定量化得知升降温的趋势和过程,大大提高了用户的满意度。

[0129] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,附图中的流程图和框图显示了根据本发明的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、

功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分,所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现方式中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0130] 另外,在本发明各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分,也可以是各个模块单独存在,也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

[0131] 所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-OnlyMemory)、随机存取存储器(RAM,RandomAccessMemory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0132] 以上述依据本发明的理想实施例为启示,通过上述的说明内容,相关工作人员完全可以在不偏离本项发明技术思想的范围内,进行多样的变更以及修改。本项发明的技术性范围并不局限于说明书上的内容,必须要根据权利要求范围来确定其技术性范围。

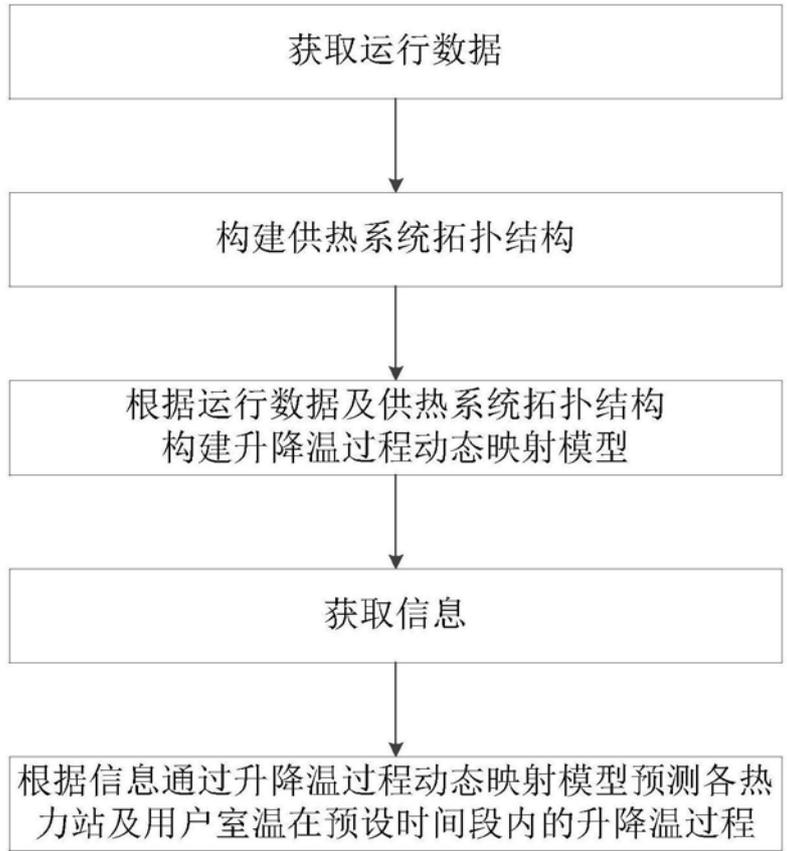


图1

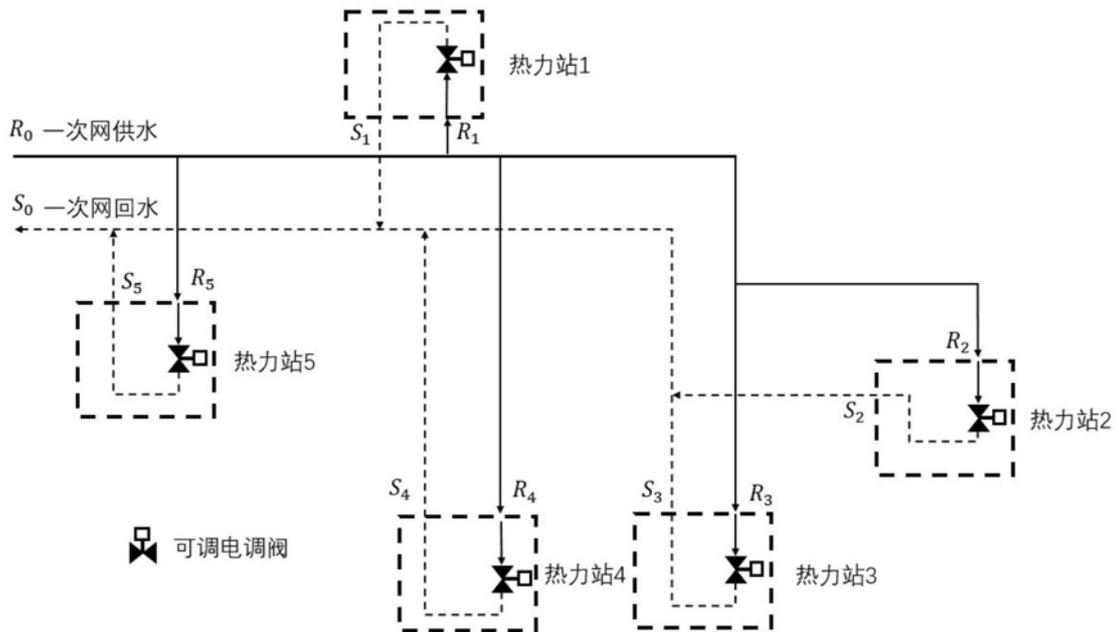


图2

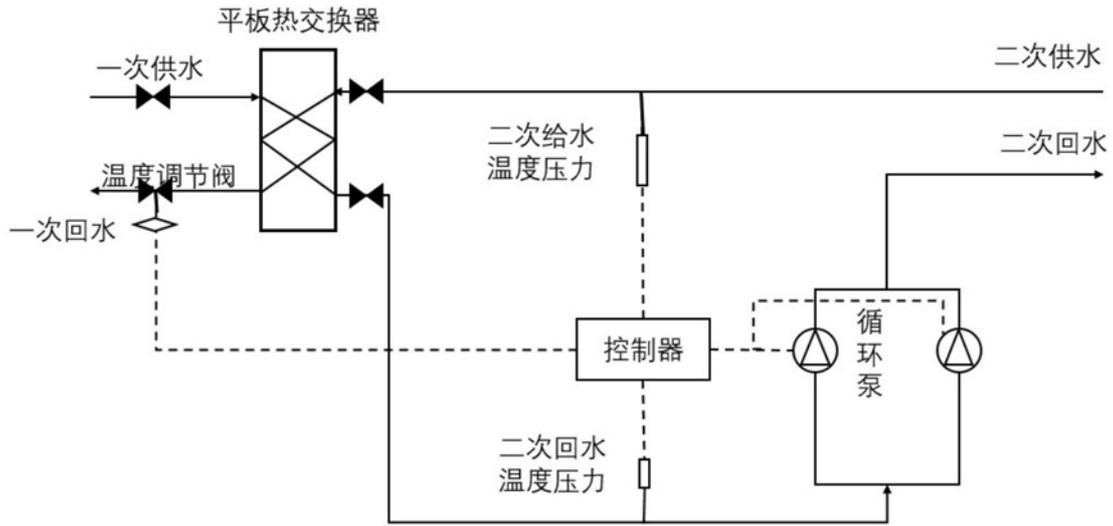


图3

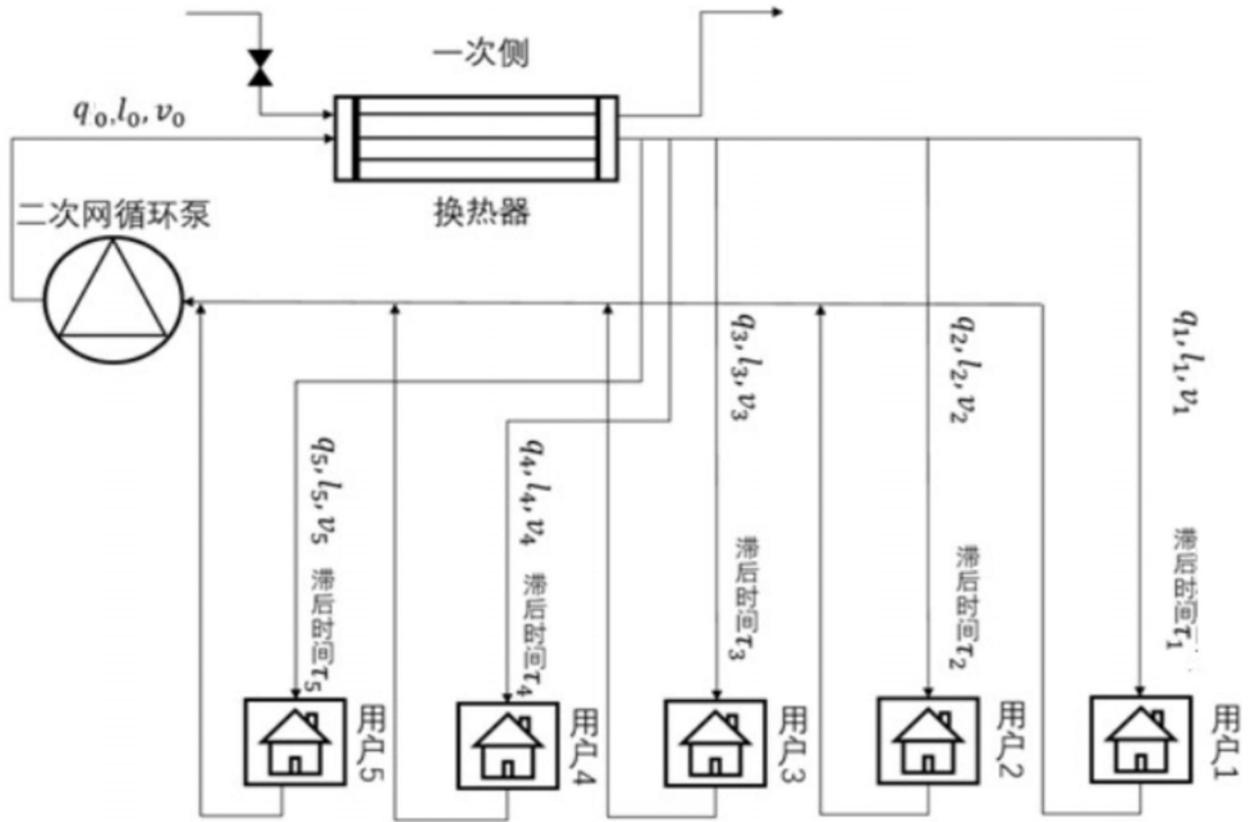


图4

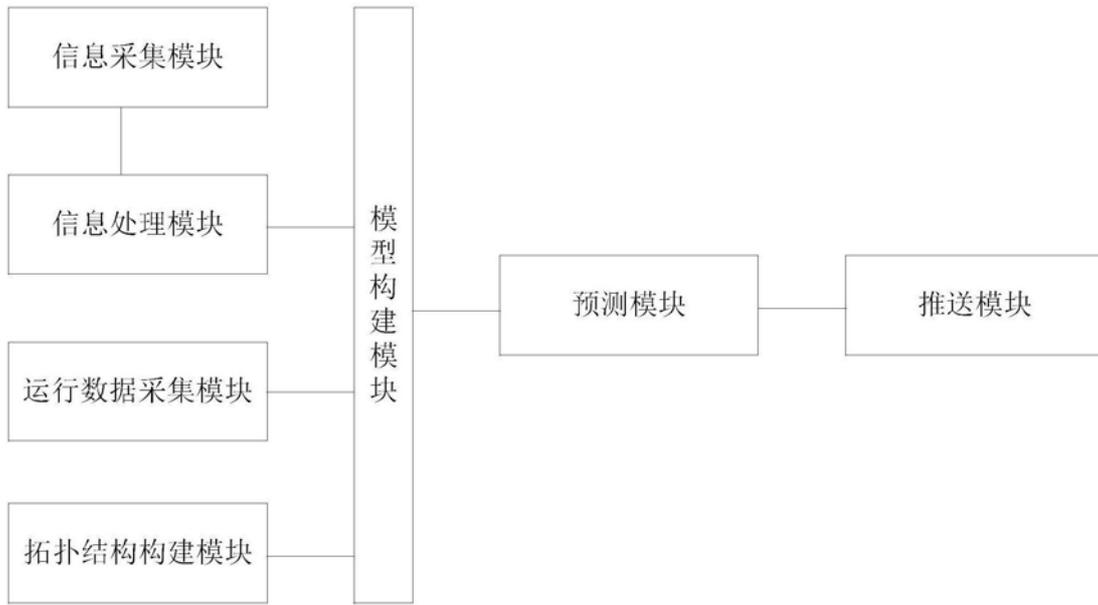


图5