

# 数字化城市热网监控系统设计

(和利时集团)

**摘要** 随着城市化进程的加快,集中供热的规模越来越大,供热公司一般下设几十,甚至几百个换热站。由于地理位置相对比较分散,且换热站监控自动化水平低,主要依靠人工操作,从而导致值班人员多,电话调度无法对整个热网运行情况全面了解,难以达到供热系统整体最佳状态。本文针对城市热网运行的特点,提出数字化城市热网监控系统的设计方案,并从提高能源利用率的角度出发,论述热网系统运行节能控制策略。

**关键词** 数字化;城市热网监控;节能控制策略

## Design of Digital SCADA System for City Heat Supply Net

(Beijing Hollysys Automation & Drive Ltd.,Co)

**Abstract** During the urbanization in China, the size of central heating system is becoming much larger. Heating companies always govern tens of heat exchange stations. Because of decentrality of location and low level of automation, the companies have to employ lots of watcher and even though, they could not see the whole scene of the heat supply net. For this reason, the system cannot run in the optimal condition. This paper presents the design proposal of digital SCADA for city heat supply net, and discusses the energy saving control strategy.

**Key Words** Digital; SCADA for city heat supply; Energy saving control strategy

### 1 引言

供热对于北方的城市来说是重要的基础设施之一,传统的分散供热方式会造成能源浪费、环境污染,已不适应现代社会的发展需要,集中供热能解决这些问题,因此,发展集中供热在快速发展城市化进程中显得非常迫切和非常必要的。

集中供热的热效率较高,有助于节能减排,供热效果好,热源一般采用热电厂的余热蒸汽或热水。随着国家对城市化进程的不断推动,城市热用户不断增加,热用量不断的加大,怎样才能更好、更有效地对整个热网、热用户计量进行管理,怎样才能实现节能减排就成为人们迫切关注的问题。

数字化城市热网监控系统是集调度及监控于一体,功能包括人机界面、数据库管理、远程数据采集、远程控制、报警、趋势及报表等,利用各种先进的通讯网络,对整个热网管道、仪表等进行跟踪监控,不仅可以让调度人员全面掌握整个热网管线供热状态,还能快速、准确地反映现场故障报警信息,方便巡检和维护人员及时检修,这样不仅节省大量的人力、物力,而且极大的提高了热网的现代化管理水平。城市热网监控作为数字化城市的一个方面,已显示出越来越显著的作用。

## 2 系统总体设计

### 2.1 集中供热系统组成

集中供热系统包括热源、热网和热用户三部分。热源所产生的蒸汽或热水，通过管网向全市或部分地区的用户供应生产和生活用热。换热站是集中供热网络与热用户的接口，是热源与热用户之间的“热交换站”，换热站能否高效运行对改善整个热网的热力不足、提高供热的品质起着重要作用。

换热站热力系统由一次网供回水系统、二次网供回水系统、补水系统、热计量系统组成，各部分之间相互关联相互作用。热源经过一次网供水管路进入热交换器，经过充分的热交换后，再由一次网回水管路流回热源。而二次网中的水在热交换器中充分受热后经二次网供水管路进入热用户，用户取得热量后，二次网循环泵将水通过二次网回水管路再进入热交换器，如此循环供热给用户。

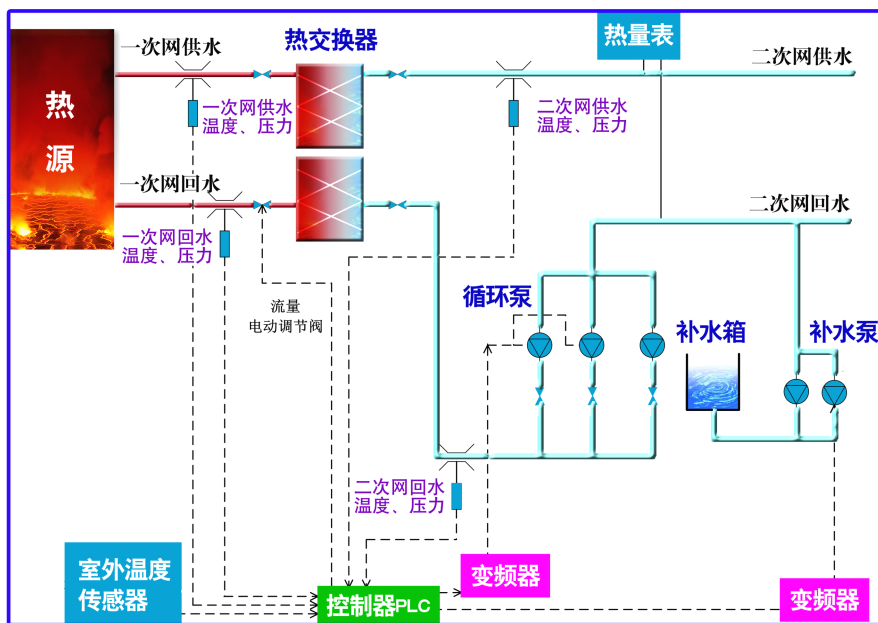


图 1 换热站热力系统工作原理示意图

### 2.2 设计原则

本设计基于“集中管理，分散控制”的模式以及数字化、信息化环保工程的思想，着眼于企业“管控一体化”信息系统的建设，建立一个先进、可靠、高效、安全的集过程控制、监视和计算机调度管理于一体并且具备良好开放性的监控系统，完成对整个供热工艺过程及全部生产设备的监测与自动控制，实现“现场无人值守，总站少人值班”的目标。

针对这个方针，本文遵循先进、实用、可靠、开放的原则，力求设计出最合理、最先进的计算机监控系统，减少工程投资，降低维护开支，且易于扩容以保护用户的投资，使供热

系统能够以最高的效率运行。

## 2.3 系统总体结构

数字化城市热网监控系统由热网监控中心、数据通讯网络、换热站控制系统及检测仪表等构成。现场换热站控制系统的控制器采用和利时 LK 系列大型 PLC，主要完成各换热站一次网及二次网的温度、压力、流量及热量等工艺参数的实时数据采集、各种泵阀实时状态的反馈和控制；通过骨干通讯网络（如无线数传电台、光纤网络、GPRS/CDMA 无线网络、ADSL 有线网络等）将换热站的运行数据传送到热网调度监控中心，同时各换热站还可接收热网调度监控中心发来的调度控制指令。热网调度监控中心接收到各换热站控制器发来的数据后，对数据进行存储、分析，实现实时监控、历史趋势、报警、报表打印等功能，并根据数据分析结果向各换热站发出调度控制指令。

系统对全网参数进行统一监测和管理，实时、全面监测供热系统的运行工况，监视最不利工况点的压差，协调热源供给，以适应热网负荷的变化；同时安全合理地进行供热系统的调度，并根据运行数据进行供热规划。同时它还是热网安全、可靠、高效运行的保证。

整个数字化监控系统是一个集散控制型的 SCADA 系统，上级为调度监控中心，下级为若干个换热站现场控制站，通过数据通信网络将各终端站与监控中心相连。各部分协调工作，实现热网监控的各项功能，即基本的控制管理功能由现场控制站来完成，而整体的协调则在监控中心实现。当系统通讯正常时，由监控中心来进行协调管理，换热站控制器能够接收监控中心的要求具体执行并完成必要的监测和安全保护等工作；当通讯故障时换热站控制器能够独立完成控制，不会因为通讯中断导致系统瘫痪。

整个系统按照拓扑结构由四个层次构成，即管理层、通信层、控制层和现场层。将生产过程实时数据、运行操作监视数据信息同非实时信息及共享资源信息分开，分别使用不同的网络，有效地提高了通讯的效率，降低了通讯负荷。

## 3 供热调度监控中心设计

### 3.1 调度监控中心设备配置

数字化热网调度监控中心主要由 1-2 台数据服务器、若干台操作员工作站、1 台工程师工作站、1 台通讯网关、1 套 DLP 大屏幕显示系统、1 台工业以太网交换机、1 套硬件防火墙、2 台图形及报表打印机、1 台 UPS 电源等组成。

对于小规模供热企业，可以采用操作员工作站兼做数据服务器功能，无需单独设置数据服务器；对于系统规模较大的供热企业来说，如果整个热网的换热站超过 50 个以上，还是建议配置独立的数据服务器，调度管理人员对现场的监控主要通过操作员工作站来完成。

调度监控系统使用 C/S（客户端/服务器）结构。采用工业标准以太网（Ethernet）将操作员站、工程师站、数据服务器、各种功能工作站和系统外设等经网络设备交换机（Switch）连接起来构成一个厂级局域网（LAN）。局域网通过网络（ADSL 或 ADSL 宽带）通信设备（如 Router）与广域网（WAN）联接，实现监控中心与现场级的现场控制站 PLC 的数据通信。

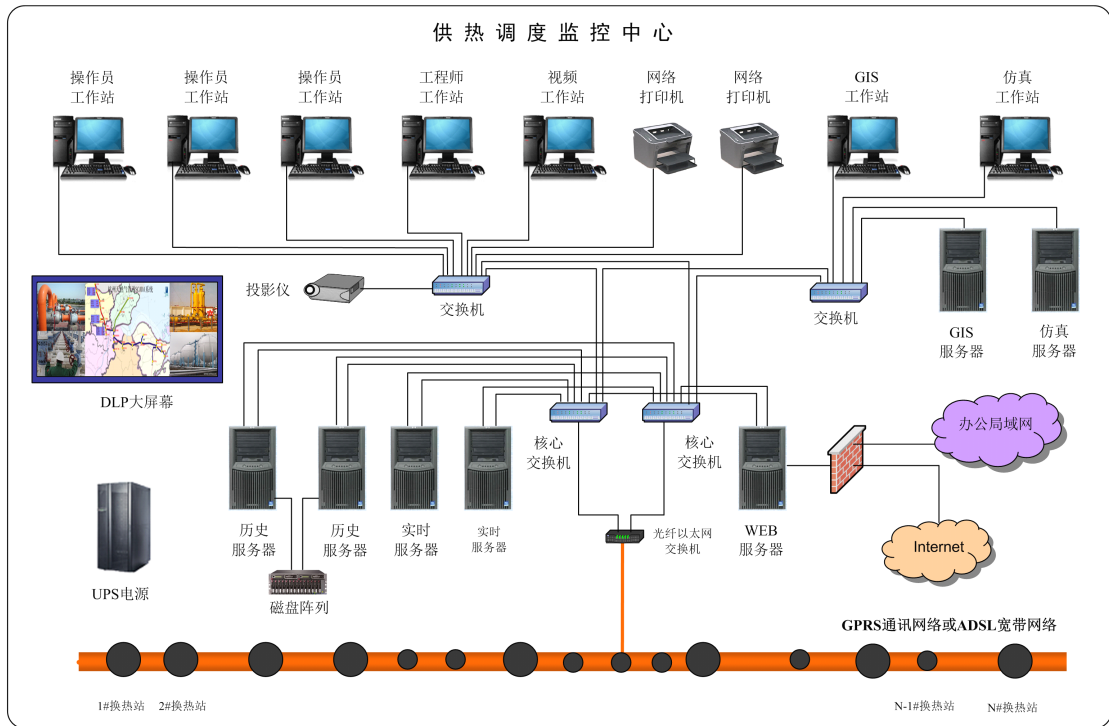


图 2 热网监控调度中心系统配置图

服务器是计算机系统的核心，运行各种软件，采集各换热站的过程数据，担负着整个系统的实时数据库和历史数据库的管理、网络管理等重要工作。为提高可靠性，主要的服务器采用冗余配置。其性能应适合工业用硬件和软件的标准，应具有容错和自诊断能力。

根据所要求完成的不同功能分别配备服务器，使它们分担不同的任务，用网络将这些服务器连接起来，这样每个服务器都能够独立完成其自身的任务，降低单台服务器的工作负担，使功能分开，危险分散，保证不会因为某个服务器故障而导致整个 SCADA 系统瘫痪。在最大工作负荷下，服务器的资源利用率不应超过 60%，以提高系统的可靠性。供货商应提供服务器的资源利用率计算结果。

热网调度监控中心监控系统实时采集所有换热站现场的个各种数据，并存入历史数据库进行分析、处理；调度人员可以随时在操作员工作站上接收来自各换热站的各种故障报警信息；根据用户的需求可定制各种生产管理报表，如日报、月报、年报等，有助于提高生产管理水平。

另外，热网调度监控系统还可通过通讯网关接入管理信息系统(MIS)，进行深层次数据

挖掘、数据分析和统计，实现生产管理、用户收费管理、地理信息管理、设备维护管理、智能化办公、无纸化办公。

## 3.2 调度监控中心功能

### (1) 供热参数实时监测与数据分析、判断

实时采集各换热站现场控制器（PLC）上传的全部数据，并在上位机中按热力站设置页显示全部的上传数据。

根据从现场 PLC 上传数据，进行相应的计算分析，显示下列计算结果，并与标准值进行比较，其中标准值可通过手动输入、链接或计算获得。

### (2) 运行参数、设备参数及站资料的图形界面显示

用图形实时显示各站设备的运行工况。图形包括系统总图，依照系统实际情况，在相应位置显示各点的运行参数、设备参数等。所有模拟图形具有动态显示效果。

用文字及图形显示热力站和中心站的基础信息，信息可由运行人员修改，其中面积参与计算。

设备参数由运行人员可以输入及修改，格式固定，其中的个别参数要参与运行和计算。

### (3) 报表和打印功能

包括各种运行参数的实时、历史报表，并给出所有换热站的重点参数汇总报表及设备故障状态，循环泵和补水泵的起停记录。全部数据可以按时间、热力站、数据项名称筛选、显示，并均可以导入到 EXCEL 格式文件，能生成各站有关运行参数，热、电、水成本报表，报警统计报表，巡检记录报表等标准管理报表。

### (4) 历史数据库和运行参数曲线

建立数据库，对各换热站实时参数进行集中储存，实现历史数据查询、以曲线形式显示运行采集参数。每个采暖期的所有运行参数都记录在库，随时可以浏览查看任一时间段的运行参数和曲线，以便对运行工况的分析与调控。

历史数据可能按时间、站名和数据名称进行筛选、显示，并可导入到 Excel 文件。

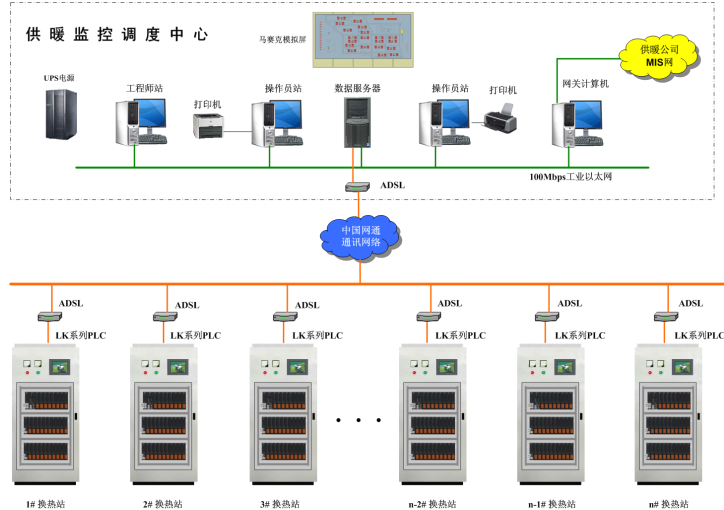
## 4 数据通讯网络设计

由于供热系统中各换热站地理位置上比较分散，为了实现调度中心实时集中监测，统一调度，必须要将调度监控中心、各个换热站、热源、管道监控节点之间建立通讯网络，采用传统的有线连接方式，显然建设成本和维护成本都很高。随着移动、电信等通讯网络技术的飞速发展，用户对于通讯网络选择的空间越来越大，而由于各个地方所提供的通讯服务在价

格和技术上差异较大，因此，客户应结合实际情况进行仔细分析和比较，最终选择最适合通讯方式。目前比较流行的通讯方式有 ADSL 宽带网通讯和 GPRS/CDMA 无线通讯。

## 4.1 ADSL 宽带网通讯

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) (非对称数字用户线路) 被欧美等发达国家誉为“现代信息高速公路上的快车”，因具有下行速率高、频带宽、性能优等特点而深受广大用户的喜爱，成为继 Modem、ISDN 之后的一种全新更快捷、更高效的接入方式。ADSL 是一种非对称的 DSL 技术，是目前众多 DSL 技术中较为成熟的一种，其带宽较大、连接简单、投资较小，因此发展很快，目前大部分城市的电信部门可提供 ADSL 宽带接入服务，而区域性应用更是发展快速。



用户可以自建 VPN 网络，也可以申请基于宽带的 VPN 服务，网络运营商提供点到多点的固定数据带宽。此通讯方式具有双向数据传输功能，从而实现远程数据采集、控制，无人职守。

**优点：**实时性较好，安装简单，易维护，网络的安全防范性好；

**缺点：**运行费用相对较高。

## 4.2 GPRS/CDMA 无线通讯

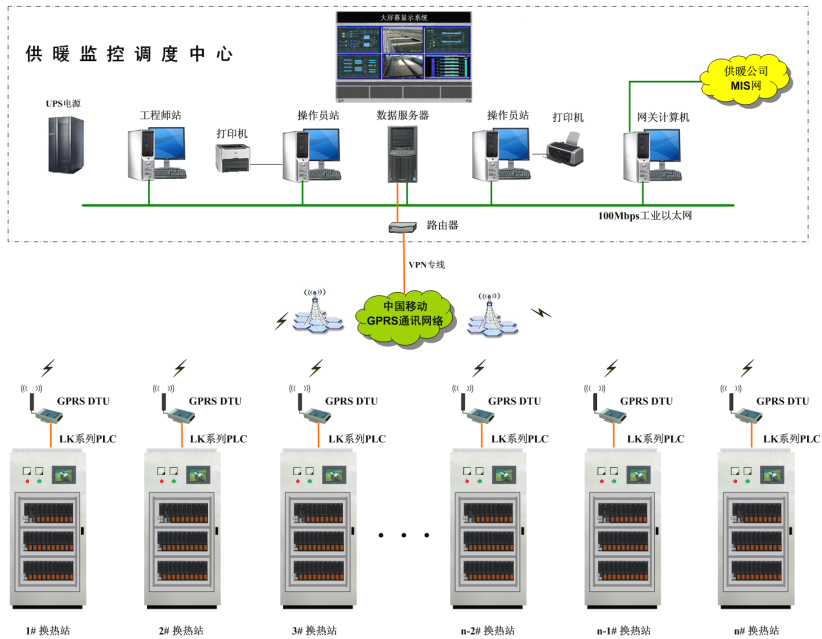
GPRS (General Packet Radio Service, 通用无线分组业务) 作为第二代移动通信技术 GSM 向第三代移动通信 (3G) 的过渡技术，是由英国 BT Cellnet 公司早在 1993 年提出的，是 GSM Phase 2+ (1997 年) 规范实现的内容之一，是一种基于 GSM 的移动分组数据业务，面向用户提供移动分组的 IP 或者 X.25 连接。

GPRS 是在现有的 GSM 网络基础上叠加的一个新的网络，同时在网络设备上增加一些硬件设备，并对原软件升级，形成了一个新的网络逻辑实体。GPRS 能给用户提供端到端的、广域的无线 IP 连接。通俗地讲，GPRS 是一项无线高速数据传输技术，它以分组交换技术为基础，用户通过 GPRS 可以在移动状态下使用各种高速数据业务，包括收发 E-mail、进行 Internet 浏览、即时聊天等。

CDMA 是码分多址的英文缩写 (Code Division Multiple Access)，它是在数字技术上的分

支—扩频通信技术上发展起来的一种新的无线通信技术。CDMA 技术的原理是基于扩频技术，即将需传送的具有一定信号带宽信息数据，用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制，使原数据信号的带宽被扩展，再经载波调制并发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码，与接收的带宽信号作相关处理，把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩，以实现数据传输。

GPRS/CDMA 与传统 GSM 电路型数据业务不同的是，GSM 移动用户长时间独占一定的无线资源，而在分组数据业务下，所有的移动用户共享无线资源，并且每个用户只在有业务数据传送时，才动态地申请和占用无线资源，因此采用分组数据方式可以做到“永远在线”。如 GPRS 的峰值速率为 115.2kbit/s，CDMA 1X 系统的峰值速率为 153.6kbit/s。



与电路型数据业务相比，分组数据业务更适用于支持移动 Internet 业务。但另一方面，由于在分组业务下，多个移动用户共享一定的无线资源，因此尽管分组业务可以有较高的峰值业务速率，但在用户进行数据传送期间内的平均业务速率仍然较低，而平均业务速率与峰值业务速率的比值也成为衡量系统技术的一项重要指标。

**优点：** 安装简单、不受传输距离限制、抗干扰能力强、易维护；

**缺点：** 按流量计算费用，运行费用相对较高。传输速度较低。

## 5 换热站控制系统

### 5.1 换热站控制系统设备配置

换热站控制系统由 PLC、触摸屏和通讯系统组成，主要完成对换热站的数据采集、控制和调节等任务。

## 5.2 换热站控制功能

- (1) PLC 具有调节和采集过程参数的功能，如一、二次网供回水温度、压力和一次网的热量/流量、二次网的流量、补水流量以及室外温度等；
- (2) 能根据室外温度制定向用户提供热负荷目标值；
- (3) 提供完整的人机交互接口，用户可以通过现场触摸屏完成对系统的监视和操作；
- (4) 备用电源，在主电源掉电后，它能够维持控制器运行，同时控制器向监控中心发出掉电报警信息；
- (5) 换热机组具有气候补偿和恒温供水功能，即根据气候的变化自动调节供热量；完成温度、压力的自动控制，连续稳定运行；
- (6) 通过控制算法完成供热的时间与温度曲线控值，达到节能目的；
- (7) 为中心站提供基础运行数据，用于运行数据分析和节能降耗分析；
- (8) 提供多样的通讯方式和调度中心系统进行实时数据交换。

## 5.3 各换热站 I/O 点表（单机组，双循环泵，单补水泵）

序号	测点名称	DI	DO	AI	AO
1	一次网供水压力			1	
2	一次网回水压力			1	
3	一次网供水温度			1	
4	一次网回水温度			1	
5	二次网供水压力			1	
6	二次网回水压力			1	
7	二次网供水温度			1	
8	二次网回水温度			1	
9	补水箱水位			1	
10	一次网流量			1	
11	一次网热量			1	
12	一次网电动调节阀开度反馈			1	
13	一次网电动调节阀开度控制				1
14	1#~2#循环泵就地/远程信号（1#、2#机组）	2			
15	1#~2#循环泵工频运行信号（1#、2#机组）	2			
16	1#~2#循环泵变频运行信号（1#、2#机组）	2			
17	1#~2#循环泵工频故障信号（1#、2#机组）	2			
18	1#~2#循环泵变频故障信号（1#、2#机组）	2			



19	1#~2#循环泵启动/停止命令（1#、2#机组）	2	
20	1#~2#循环泵工频运行命令（1#、2#机组）	2	
21	1#~2#循环泵变频运行命令（1#、2#机组）	2	
22	循环泵变频器频率反馈		1
23	循环泵变频器频率控制		1
24	1#、2#补水泵就地/远程信号（1#、2#机组）	2	
25	1#、2#补水泵工频运行信号（1#、2#机组）	2	
26	1#、2#补水泵变频运行信号（1#、2#机组）	2	
27	1#、2#补水泵工频故障信号（1#、2#机组）	2	
28	1#、2#补水泵变频故障信号（1#、2#机组）	2	
29	1#、2#补水泵启动/停止命令（1#、2#机组）	2	
30	1#、2#补水泵工频运行命令（1#、2#机组）	2	
31	1#、2#补水泵变频运行命令（1#、2#机组）	2	
32	补水泵变频器频率反馈		1
33	补水泵变频器频率控制		1

## 6 优化节能控制策略

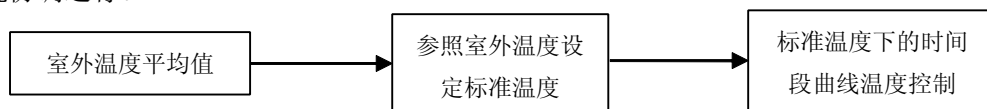
目前最简单而有效的调节方式一般采用同时控制循环泵流量和二次网供水的设定温度的质量双调控制方式，量调的节能效果尤为明显。由于在供热系统运行中，不可避免会管网失水，因此，为保证系统稳定的运行，必须要控制补水泵的补水量。

为满足供热负荷的要求，换热站 PLC 控制器可根据室外温度，通过调节变频器控制循环泵转速来调节输出流量来调节温度，还可使循环泵在整个负荷和变化过程中的能耗降到最低。

换热站控制系统主要通过控制换热器一次侧的电动调节阀来调节一次网的供水量，实现对温度的 PID 调节控制，使二次网供水温度恒定在预设值。当二次网供水温度偏离预设值时，换热站 PLC 控制器就会自动调节一次网电动调节阀的开度，从而调节进入换热器一次侧的供水流量，以调节传输到换热器的热量，最终使二次网的供水温度稳定在预设值左右。

### 6.1 热源出口的控制策略

将整个采暖期分为几个阶段，在每个阶段内根据若干天的室外温度及供热情况，预测每天热网总的热负荷，根据预测负荷确定供水温度和流量，热网监控系统将此结果传给热源监控系统，由热源控制系统根据这些参数调节热源的运行，以使热源与热网的负荷基本匹配，实现协调运行。



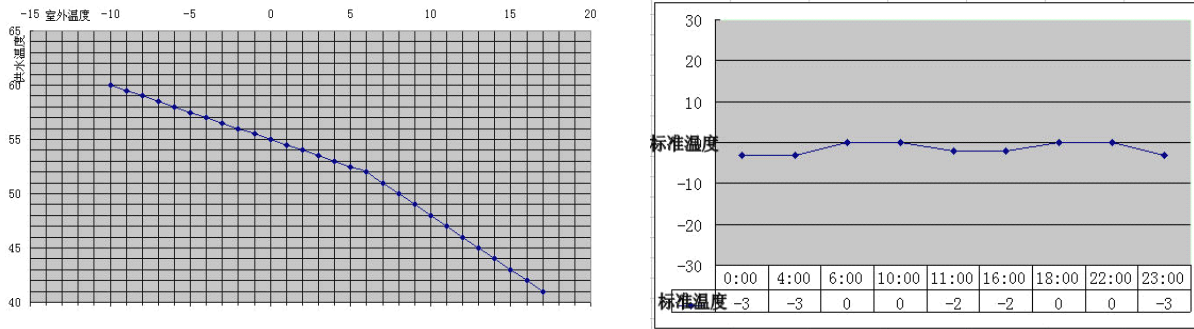


图 4 热源出口的控制原理图

在根据室外温度粗略地确定一次网供水温度之后,再根据最不利端用户的压差进行精细调节,即当最不利用户的压差小于设定值时提高首站循环泵转速,当最不利端用户的压差大于设定值时降低首站循环泵的转速。最不利点压差由热网监控系统传送至热源监控系统,由热源监控系统对首站循环泵进行控制。

## 6.2 二次网供水温度控制

换热站的二次网供水温度控制是系统的控制目标,也是实现节能控制的关键。PLC 控制器通过对一次网供水的流量 PID 调节,来实现对二次网供水温度的控制,从而实现对系统的质调节。

二次网的温度调节一般根据经验调节,即根据历史的供热经验数据,不同的室外温度,控制不同二次网供水温度。换热站控制器中输入二次网供水温度的调节曲线,并实时检测室外温度和二次网供水温度,自动控制一次网的电动调节阀开度,使二次网供水温度达到预设值,实现换热站系统的质调节。运行管理人员可以在换热站现场触摸屏或上位机监控软件中,对温度调节曲线进行远程修改。

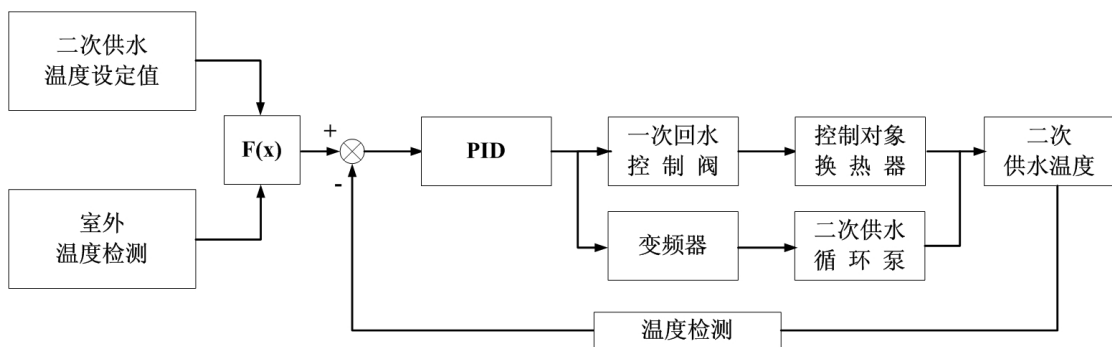


图 5 二次网供水温度控制原理图

## 6.3 二次网供回水温度差控制

为满足供热负荷的要求,换热站 PLC 控制器可根据室外温度,通过调节变频器控制循环泵转速来调节输出流量来调节温度,还可使循环泵在整个负荷和变化过程中的能耗降到最

低。另外，PLC 控制器通过对二次网供回水温度差进行控制，可实现对系统的量调节，降低热网输送成本。采用变频调速技术控制水泵的流量可使系统运行高效、节能。

具体的供回水温度差控制的过程为：首先启动第 1 台循环泵变频运行，根据负荷逐步增加泵的转速，当达到 50Hz 是还不能满足要求时，则使第 1 台循环泵切换至工频运行，同时启动第 2 台循环泵变频运行。若其中一台泵出现故障时，切换至备用泵运行。根据运行时间自动调节二次网循环泵实现分时段能量调节。

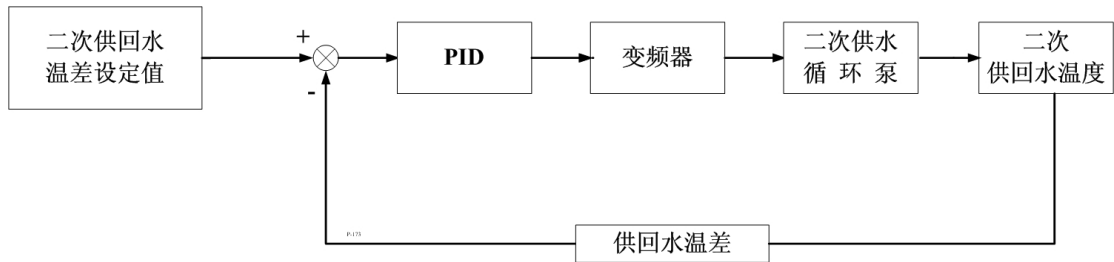


图 6 二次网供回水温度控制原理图

## 6.4 二次网回水压力控制

为防止系统倒吸入空气，影响正常运行及腐蚀破坏管道，供热系统中回水压力水头必须高于用户系统的充水高度。因此，供热系统正常运行的基本前提必须是维持恒压点压力恒定。这可以通过补水泵维持二次回水压力来实现，PLC 控制器采集二次网回水压力，与设定值进行比较，通过 PID 变频控制补水泵的转速以调节补水量，如果实际值低于设定值，则增加补水量；反之，则减少补水量，从而维持供水系统的恒压点压力恒定。

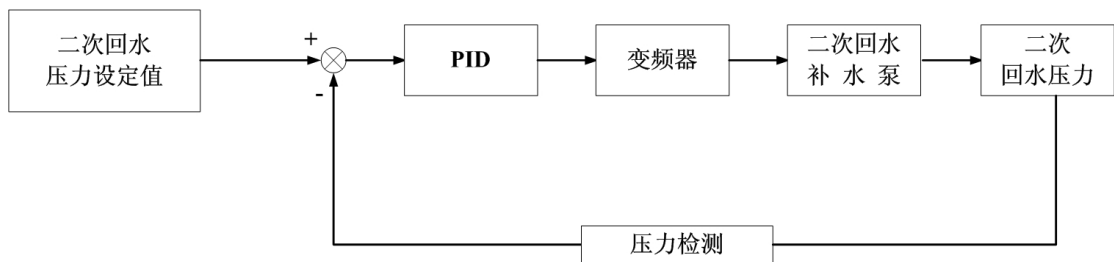


图 7 二次网回水压力控制原理图

## 结束语

数字化城市热网监控系统可将现场的运行数据、报警信号实时地传送到监控中心，监控中心下达控制指令指导换热站运行并将预测热负荷经通信网络传至热源控制中心，指挥生产满足按需供热的要求，从而达到全网的优化运行、节能降耗的目的，并且实现换热站运行的无人值守。

该系统设计方案在沈阳环城供热公司热网监控系统项目、甘肃武威城北热网监控系统项目等现场得到应用，系统运行良好，极大地提高了热力公司的自动化管理水平。

## 参考文献

- [ 1 ] 丁艳华, 热网远程监控系统的设计与实现[J].城市公共事业, 2005 (2): 34-35
- [ 2 ] 董志国, 集中供热管网的监控系统[J].煤气与热力, 2005, 10: 19-21,
- [ 3 ] 张洪彦、郭春海, 供热系统分户热计量与节能问题探讨[J].煤气与热力, 2003 (1): 30-32
- [ 4 ] 寇群、余法宝, 多热源环形热网的自动控制, 区域供热, 2000, (3)
- [ 5 ] 丁世馨、韩龙, 集中供热工程无人值守换热站自控系统, 区域供热, 2007 (4)
- [ 6 ] 林柏松、曹文光、刘志杰, 换热站变频调速控制系统, 自动化仪表, 2009 (7)
- [ 7 ] 王伟, 换热站循环系统节能增效, 应用能源技术, 2010 (8)
- [ 8 ] 戴斌文、邓宇春, 集中供热网的计算机监控系统, 中国建设信息.供热制冷专刊, 2004
- [ 9 ] 梁涛、马爱龙、张健、孙鹤旭, 具有远程监控功能的换热站自动控制系统, 电子技术应用, 2007 (10)
- [ 10 ] 顾战松, 《可编程控制器原理与应用》[M], 国防工业出版社, 1996