



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150089

多方式辅助加热太阳能集中供热水远程监测系统

田志宏, 任立鹏, 董智
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 在对太阳能供热水系统特点及空气源热泵工作原理进行研究的基础上,设计了以空气源热泵和电加热器为辅助热源的太阳能集中供热水远程监测系统,不仅解决了太阳能供热水系统单一热源的局限性问题,同时也实现了远程实时监测.以天津某高校培训中心采用的太阳能供热系统为例,结合当地气候,计算了工程需要的集热器面积和空气源热泵机组数量,详细介绍了采用模块化设计方法开发远程监测系统的过程,并与原天然气供热水系统的水、电和天然气实测消耗量进行了对比.结果表明,多方式辅助加热太阳能集中供热水系统的综合运行费用明显降低,具有较高的应用价值.

关键词: 空气源;集中供热;远程;实时监测;Web

中图分类号: TP277 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2016)03-0069-05

Remote Multi-way Auxiliary Heating Monitoring System for Solar Central Heating

TIAN Zhihong, REN Lipeng, DONG Zhi

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Based on the research of the characteristics of solar water heating systems and the working principle of air-source heating pump, a remote monitoring system for solar heating was designed, using air source heating pump and electric heater as the auxiliary heat source. It can not only solve the problem of the limitation of the solar heating system due to single heating source, but also realize the remote and real-time monitoring of the solar water heating system. Taking the solar energy project of a university training center in Tianjin as an example, the required collector area and air source heating pump units were calculated against the local climate. The process of developing a remote monitoring system with modular designs was described in detail, and the actual consumption of water, electricity and natural gas were measured and compared with the natural gas heating system. The results show that the total operation cost of the multi-way auxiliary heating system is obviously reduced, and the system is of higher value in application.

Key words: air source; central heating; remote; real-time monitoring; Web

太阳能是一种资源丰富、清洁、可再生、免费使用的能源,利用太阳能进行集中供热水的运行成本低^[1].在我国新能源和可再生能源利用中,太阳能热水器是发展最为迅速的项目并且已形成了产业化规模^[2],但在实际的应用中逐渐显示出一些不足.目前,国内对太阳能热水系统的研究还存在单一热源局限性问题,如在阴雨天气及日照条件不足时水温达不到使用要求^[3],不能做到全天候提供热水;另外,缺少

有效的远程监测手段,不能长时间保存数据.

太阳能热水系统作为当前我国城市中较常见的供热形式,它的智能化是未来的发展趋势.计算机技术和网络技术的发展为设备运行状态远程监测的实现提供了技术基础和保障.借助网络远程监测系统,用户和管理人员可在远离工业现场时,通过网络授权,对监测平台进行浏览和实时管理^[4].空气源热泵技术是一种低温余热利用的节能技术,其作用是从低

收稿日期: 2015-07-07; 修回日期: 2015-12-18

基金项目: 天津市科技支撑计划资助项目(2014GB2A100526)

作者简介: 田志宏(1966—),男,天津人,教授, zhtian@tust.edu.cn.

位热源中吸收热量,并把它传递给高位热源,以达到用户所需的温度水平^[5],可考虑作为一种辅助热源.

本文设计了基于 Web 的多方式辅助加热太阳能集中供热水远程监测系统,其使用超低温型循环式热泵热水系统以及电加热设备作为辅助热源,可实现全年、全天候供应热水,并可为能耗统计提供可靠的数据支撑.

1 集中供热水系统的工艺及工作原理

多方式辅助加热太阳能集中供热水系统主要包括太阳能、空气源和电加热子系统,系统工艺简图见图 1. 太阳能子系统主要由集热器和供热水箱构成,空气源子系统主要由压缩机、冷凝器、蒸发器构成,太阳能子系统和空气源子系统通过供热水箱进行耦合. 电加热子系统主要由电加热棒构成,安装在供热水箱底部.

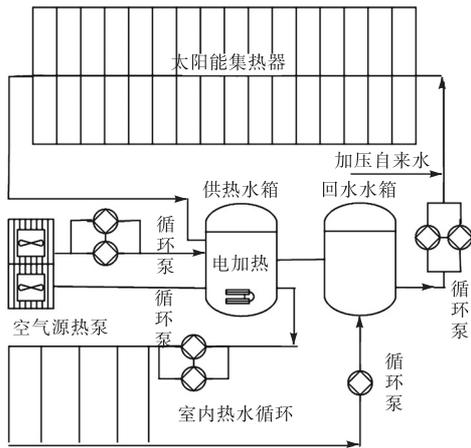


图 1 多方式辅助加热太阳能集中供热水系统工艺简图
Fig. 1 Diagram of multi-mode auxiliary solar hot water heating system

系统中的太阳能子系统、空气源子系统及电加热子系统构成并联系统,当太阳辐射足够强时,不启动空气源和电加热子系统,太阳能子系统的集热量可以满足热水负荷要求;当辐射不足或无太阳能可利用时,启动空气源和电加热子系统,对水箱中的水进行加热.

2 集中供热水系统主要参数的确定

2.1 太阳能集热器面积计算

天津的太阳能资源较为富足,是我国二等太阳能辐照地区,位于东经 117.10°,北纬 39.06°,年照时长

为 2 600 ~ 2 800 h,辐射量为 5 400 ~ 6 700 MJ/m². 参照《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》,天津地区 2013 年太阳辐射量见表 1,年总辐射量为 6 128 MJ/m².

表 1 天津地区 2013 年太阳辐射量汇总表

Tab. 1 Summary of the amount of solar radiation in 2013 in Tianjin

月份	辐射量/(MJ·m ⁻²)	月份	辐射量/(MJ·m ⁻²)
1 月	16.09	7 月	14.83
2 月	19.76	8 月	15.40
3 月	18.14	9 月	17.50
4 月	18.03	10 月	16.90
5 月	17.85	11 月	15.49
6 月	16.95	12 月	14.87

太阳能集热器的面积主要由系统用户日用水量、太阳能保证率、当地太阳辐照量等参数确定. 根据春秋季节为平均值,可以计算每吨水需要的集热面积,计算公式为

$$A_c = \frac{Q_w c_p \rho (t_{end} - t_i) f}{J_T \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (1)$$

式中: A_c 为集热器采光面积, m²; Q_w 为单位用水量, kg; t_{end} 为储水箱内水的用水温度, °C; c_p 为水的比定压热容, kJ/(kg·°C); t_i 为水的初始温度, °C; J_T 为太阳能集热器受热面上的年均日辐照量, kJ/m²; f 为太阳能保证率; η_{cd} 为太阳能集热器年平均集热效率; η_L 为管路及储水箱的热损失率.

天津某高校培训中心共有 220 个标准房间,最多入住人数为 440 人,按照人均日用水量 60 L 计算,选取 $Q_w = 1\ 000\ \text{kg}$, $\rho = 1.0 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$, $t_{end} = 55\ \text{°C}$, $c_p = 4.186\ 8\ \text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{°C})$, $t_i = 10\ \text{°C}$, $J_T = 16\ 789\ \text{kJ/m}^2$, $f = 0.6$, $\eta_{cd} = 0.5$, $\eta_L = 0.2$. 代入式 (1) 得: $A_c = 16.83\ \text{m}^2$. 根据培训中心最大日用水量为 26.4 m³ 进行计算,得集热面积为 444.31 m²,实际安装的集热面积为 450.2 m².

2.2 空气源子系统的机组选型及数量确定

选型及数量的确定原则是用水量足且机组运行不受影响. 机组的台数可根据式 (2) 计算.

$$N = \frac{G_r}{g_j T_0} \quad (2)$$

式中: G_r 为日用水量最大值, m³; g_j 为单台机组产水量, m³/h; T_0 为机组的设计运行时间, h.

选取 $G_r = 26.4\ \text{m}^3$, $g_j = 2.6\ \text{m}^3/\text{h}$, $T_0 = 5\ \text{h}$, 代入式 (2), 计算得出, 选用 2 台 MHA200B5 超低温型循环式空气源热泵热水机组可满足要求.

2.3 成本及投资回收期估算

根据以上计算,工程合计需投资约 411 742 元,其中太阳能供热系统投资 200 376 元,屋顶供水及热泵恒温系统投资 80 136 元,综合控制系统投资 25 980 元,水处理系统投资 45 980 元,其他费用

59 270 元. 改造前后系统的水、电、天然气能耗费用对比见表 2. 与原天然气供热水系统相比,多方式辅助加热太阳能集中供热水系统的年能耗费用减少 124 668 元,下降比例达 88.28%,项目投资回收期为 4 年.

表 2 系统改造前后的综合能耗对比

Tab. 2 Comparison of the total energy consumption of the system before and after reconstruction

月份	改造前的能耗及费用(2013年)					改造后的能耗及费用(2014年)			
	入住人数	用水量/m ³	天然气用量/m ³	用电量/(kW·h)	费用/元	入住人数	用水量/m ³	用电量/(kW·h)	费用/元
1	9 360	749	3 916	3 000	13 522	9 512	760	4 500	2 250
2	6 140	491	2 568	2 400	9 086	6 700	536	3 500	1 750
3	10 004	853	4 268	3 100	14 654	8 005	640	3 800	1 900
4	9 964	770	3 852	2 985	13 319	9 985	798	3 100	1 550
5	7 784	650	3 251	2 500	11 230	6 584	526	2 500	1 250
6	4 556	300	1 504	2 000	5 618	6 854	547	1 800	900
7	8 484	695	3 477	2 900	12 125	10 564	845	1 400	700
8	6 958	612	3 061	2 700	10 747	8 644	691	1 200	600
9	9 996	820	4 102	3 124	14 155	6 978	558	1 400	700
10	7 789	645	3 225	2 859	11 349	11 000	880	1 600	800
11	8 589	705	3 527	2 900	12 279	8 956	716	4 100	2 050
12	9 564	760	3 803	2 916	13 134	9 854	788	4 200	2 100
合计	99 188	8 050	40 554	33 420	141 218	103 627	8 285	33 100	16 550

3 远程监测系统整体结构设计

远程实时监测系统采用三层体系结构,包括数据采集层、数据传输层、数据存储及客户访问层. 系统中的设备主要包括远传仪器仪表、串口转换器、工控机、系统数据管理和分析发布服务器等. 监测系统示意图见图 2.

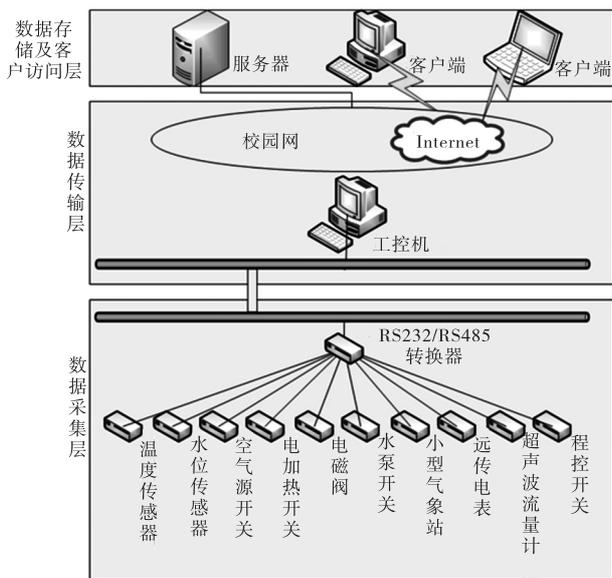


图 2 监测系统示意图

Fig. 2 Structure of the monitoring and control system

数据采集层定义在整个系统的最前端. 现场的原始数据,如温度、流量、设备状态等,是系统的基础和关键,需准确采集. 安装在能源供应通道上的前端数据采集仪表可以对外部模拟量(温度、压力、流量等)进行采集、量化和存储. 系统所选仪表内置 RS-485 标准接口,支持 ModBus 通信协议,能与工控机或 PLC 等连接,进行串行通信.

数据传输层主要完成数据上传功能. 局域网数据传输软件,除了能增加数据传输的速度之外,还起到对传输数据的保护作用,其运行机理是将数据的服务端和客户端定向合并,从而有效地避免了传统共享数据带来的潜在数据损害. 软件采用单向式传输模式,即使在传输中数据被破坏也不会损伤原数据.

数据存储及客户访问层定义在整个系统的顶层,负责整个系统的数据管理以及提供满足用户需求的应用. 它由数据中心服务器、管理和应用软件组成,用户利用浏览器对其进行访问,全部工作根据用户在系统软件界面上提出的要求进行.

4 远程监控系统软件设计及功能实现

通过 Web 实时发布功能,可以真实准确地反映出太阳能供热水系统的运行状况,方便地实现技术人员对系统的监测,还能为评估系统的性能及应用

效果提供有力的数据支撑. 远程监测系统可以实现对监测点数据的实时采集、监测、记录和储存及对各个加热子系统的能耗分项计量和在线监测. 按照模块化功能开发系统软件.

4.1 数据采集

基于 MFC 开发的串口通信组态软件, 作为整个系统的软件采集端, 目的是提供实时数据的采集、格式处理以及数据库操作. 软件开发平台采用 Microsoft Visual Studio 2008, 采用 C++ 语言进行编程, 可与 MySQL 数据库无缝连接. 通信组态软件采用以 ModBus 协议为标准的数据格式, 通过 RS-485 通信总线定时向远传仪表发送读取指定数据的指令. 远传仪表将采集的实时数据反馈给工控机, 通过 CRC16 校验无误后, 将数据转换成系统的标准格式并存储到本地的基础数据库. 串口通信组态软件的软件流程见图 3.

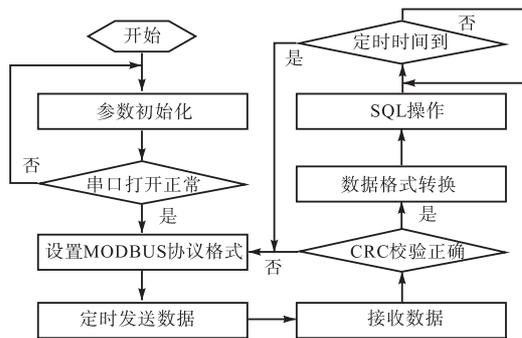


图 3 串口通信组态软件的软件流程

Fig. 3 Software flow chart of the serial communication software

4.2 数据传输与数据存储

工控机通过局域网连接太阳能系统数据中心服务器. MySQL 数据库和 Oracle 数据库分别安装在系统的工控机和数据中心服务器上, 配合网络传输客户/服务器端程序工作. 设置固定 IP 地址和端口号, 应用 Java 网络编程技术中的 Socket 和 ServerSocket 类实现基于 TCP 协议的套接字. Socket 类负责本地服务器和数据中心服务器的建立连接、传输以及断开连接. 基础数据库通过安装在本地服务器的客户端将数据逐条发送到数据中心服务器的服务器端.

存储数据的表单主要包含分钟表、小时表、天表、月表、年表, 一段时间后将产生大量的记录. 为避免数据量过大影响系统以及应用程序的正常运行, 需要适当地删除和备份表单. 基础数据库添加 15 天自动清除功能. 数据中心服务器数据库的分钟表的备份和删除间隔为 1 周, 小时表为 1 个月, 天表为 1 个

月. 月表和年表是数据分析中最有用的数据, 而且需要存储的数据并不多, 所以月表和年表永久保存.

4.3 Web 发布功能实现

远程监测系统的 Web 发布功能是通过 JDBC (Java Data Base Connectivity) 结合 Servlet、JSP (Java Server Pages) 实现的. JDBC 作为持久层技术, 需要和其他的表示层和业务逻辑层结合使用. 用户在浏览器中输入一个网址并确认后, 浏览器会向服务器发送一个 HTTP 请求. 服务器端程序接受这个请求, 并对该请求进行处理, 然后发送一个回应. 浏览器收到回应, 再把回应的内容显示出来. 这种“请求—响应”模式就是典型的 Web 应用程序访问过程. 在 Java Web 应用程序中, 处理请求并发送响应的过程由 Servlet 程序完成.

Servlet 是使用应用程序设计接口 (API) 以及相关类和方法的 Java 程序, 是位于 Web 服务器内部的服务器端的 Java 应用程序. 系统以 MyEclipse 为开发工具开发页面, 选用 Tomcat 服务器作为 Web 应用服务器.

4.4 客户访问

Windows 远程桌面功能为实现工控机远程访问功能提供了技术基础和保障. 该功能应用在最顶层, 提高了整个系统的可操作性. 通过远程桌面功能, 可以实时地远程操作计算机, 在系统中安装软件, 运行程序, 所有的一切好像直接在计算机上操作一样^[6].

远程监测系统主要设计了监测界面和功能界面, 系统监测画面采用力控监控组态软件 ForceControl V7.0 开发. 该软件可以将绘制好的图形添加到图库, 方便开发利用. 通过监测界面可以直观地对太阳能、热泵以及电加热系统的相关参数进行监测, 明确系统各部分的运行情况. 通过查询历史数据功能界面也可查看各个监测点在每个时间段的工况.

Web 页面发布后, 用户通过 PC 及手机、iPad 等移动终端, 在 IE 浏览器内输入服务器的公网 IP 地址、用户名和密码, 便可远程浏览系统运行界面并进行相关数据的查询. 管理人员通过页面显示的系统结构和相应的监测点的实时数据可以判断设备的运行状态. 系统的实时运行界面见图 4.

点击页面可以查看数据监测点的历史数据. 通过查看历史数据, 可以掌握整个系统在一段时间的整体工况. 如果系统在无人值守的情况下出现短时间故障, 工作人员可查看历史数据准确地找出系统的故障点并及时地排除. 历史数据查询界面见图 5.

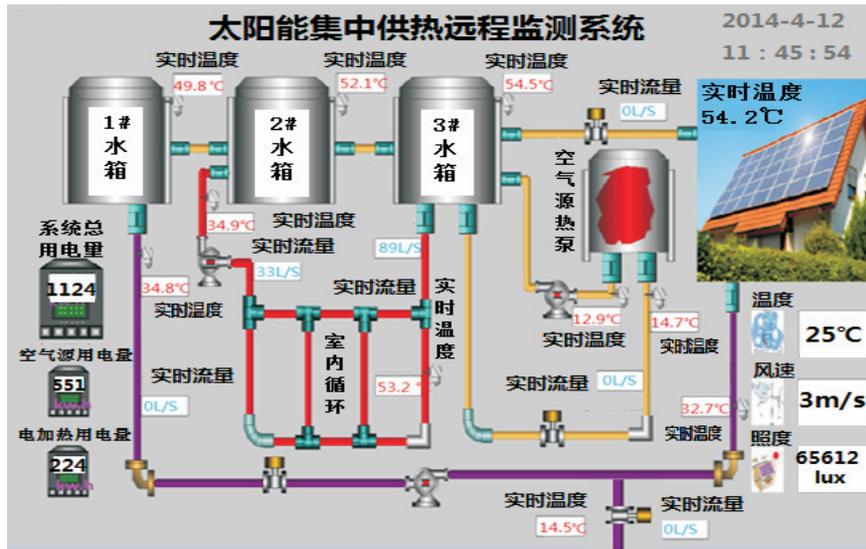


图4 系统实时运行界面

Fig. 4 Operating interface of the system



图5 历史数据查询界面

Fig. 5 Query interface of historical data

5 结语

多方式辅助加热太阳能集中供热水远程监测系统可以实时采集能耗数据及通过 Web 发布系统的实时运行状况, 在提高绿色能源利用率的同时, 也解决了单一太阳能热源在全天候供水方面的不足. 应用

远程监测系统大大提高了太阳能供热水系统的自动化程度, 降低了维护管理人员工作量, 还可记录实时性数据, 为能耗分析和评价提供依据.

参考文献:

- [1] 李秀忠, 钟造胜. 基于远程无线监控的太阳能和热泵集中供热水系统设计[J]. 节能, 2015, 34(4): 62-66.
- [2] 李志勇, 饶理. 住宅建筑中太阳能热水系统的整合设计[J]. 华中建筑, 2007, 25(12): 46-49.
- [3] 梁兴华. 太阳能: 热泵热水系统组成及应用[J]. 价值工程, 2010, 29(24): 83.
- [4] 周谦, 刘志勤, 王耀彬, 等. 基于 XMPP 的智能小区远程控制系统研究与设计[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(2): 481-484.
- [5] 余乾仲, 廖深瓶, 朱惠英. 太阳能热泵热水系统远程监控的设计与实现[J]. 建筑节能, 2013, 41(10): 45-48.
- [6] 耿庆安, 刘娜, 张镭. 基于远程桌面连接的现场设备远程控制[J]. 计算机技术与应用, 2011, 37(1): 117-119.

责任编辑: 常涛