

基于沼气的分布式供能技术与模式

周闯¹，刘伟¹，王欣¹，李明²

(1.黑龙江省能源环境研究院，哈尔滨150027；2.黑龙江省中晟恒邦科技开发有限公司，哈尔滨150028)

摘要：为使我国北方农村地区能够更好地实现清洁供能，设计了基于沼气的分布式供能供气模式，包括分布式供能供气模式设计、气热联供系统工艺设计、供气集成设备工艺设计、供热锅炉工艺设计、自控系统设计，解决北方地区村镇分布散、输送距离长引起的集中供能难度大、成本高的问题，是实现长距离、较分散的广大农村地区用能气气的有效方式。

黑龙江省农业十分发达，发达农业的背后产生了大量的农业废弃物，秸秆每年超过1亿吨，粪污每年超过3亿吨，严重污染环境[1-4]。沼气发酵作为处理这些有机废弃物的有效技术在我国已广泛应用。沼气的利用形式包括沼气发电并网、提纯车用天然气、民用燃气供暖及炊事等[5-7]。但是，由于我国北方农村地区村与村之间距离较远且较为分散，很难以铺设燃气管网的形式进行农村供气的全覆盖[8-10]。结合多年经验，提出了基于沼气的分布式沼气供能供气模式，这是实现长距离、较分散的广大农村地区用能气气的有效方式。

1 分布式供能供气模式设计

我国农村地区村落分布一般较分散，传统形式是以沼气工程为中心，通过燃气管道向周围村落进行燃气供应，很难实现农村地区的全范围覆盖，且随着传输距离的增长，建造成本也愈加昂贵[11-12]。设计了基于沼气的分布式供能供气模式，以“移动气站”形式进行能源传输，将自然村落作为能源考量和应用的基本单元，摒弃了传统以沼气工程为中心的大面积集中供能的设计和评价方法，克服了北方地区村落分布散、输送距离长引起的集中供能难度大、成本高等问题，适宜于北方农村地区清洁用能的可持续发展[13-14]。

基于沼气的分布式供能供气模式的基本内容，是以分散的自然村为单位，建立村基站，进行能源供应。基站气源来自沼气工程生产的沼气，经过压缩灌装至气瓶后运输至村基站。基站内设有供能供气的集成设备，为该村农户提供集中采暖及炊事供气。该模式具体运行流程如图1所示。

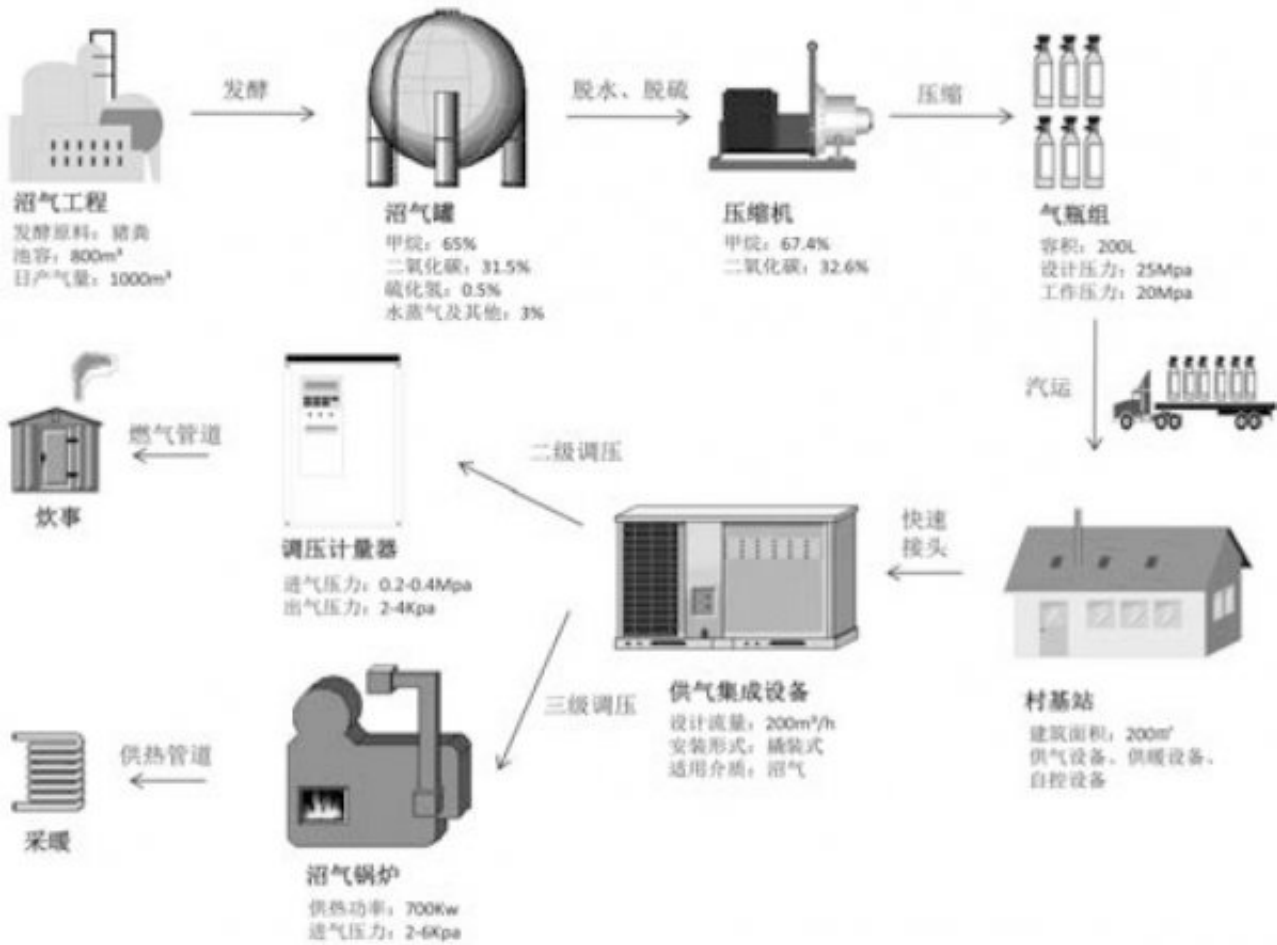


图 1 基于沼气的分布式供能供气模式运行流程示意图

Fig. 1 Sketch map of operation process of distributed energy and gas supply model based on methane project

2气热联供系统设计

北方地区村镇级沼气型气热联供系统的组成如图2所示。主要由沼气锅炉及其水处理子系统、集成调压及其供气站子系统、自动控制子系统组成。系统采用集中式供热及供气设计，能够提高热能利用效率，降低污染物的排放。

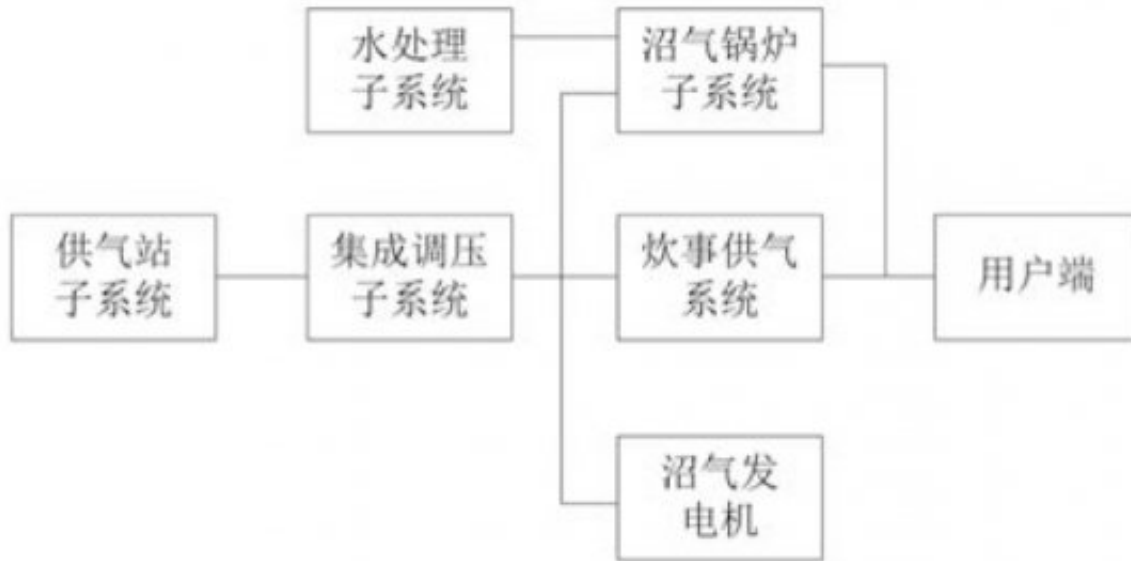


图2 气热联供系统组成图

Fig. 2 Constitutional diagram of gas and heat combined supply system

2.1 气热联供系统工艺设计

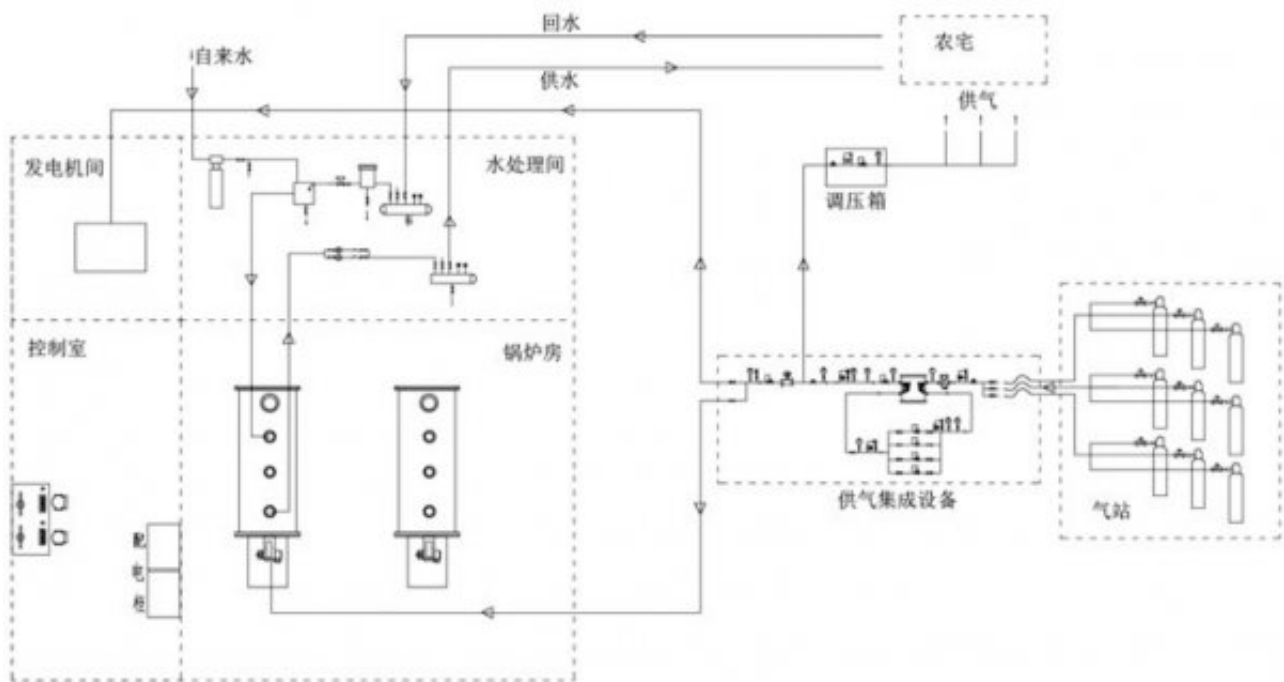


图3 气热联供系统工艺图

Fig. 3 Flow chart of gas and heat combined supply system

图3是气热联供系统的工艺设计图。系统主要是由村基站、移动式供气集成设备、气站、用户端供气调压箱等部分组成。基站主厂房内主要设计有控制室、锅炉间、水处理间、发电机间和值班室。气站设置于距离基站35m处，保持足够的防火安全距离，主要用于气瓶组的装卸、存放及连接。供气集成设备采用移动式撬装设计，设置于气站旁，露天放置，用于将气瓶中的高压沼气调至燃烧设备适宜的压力，由于末端用户距离气站较远，在用户端设计有供气调压箱，保证稳定的炊事供气压力。

2.2 移动式供气集成设备设计

目前，国内缺少针对沼气的调压集成设备，现有调压设备多针对于天然气设计，沼气调压设备并不多见[15-17]，因此设计的供气集成设备中有沼气脱硫装置，有利于增加后端燃气管路及燃烧设备的使用寿命。设备整体采用移动式撬装设计，不需要单独建造设备厂房。配有快速连接接头，用户能够根据实际使用需求将设备拉运至使用场地，即插即用。供气集成设备工艺设计如图4所示。

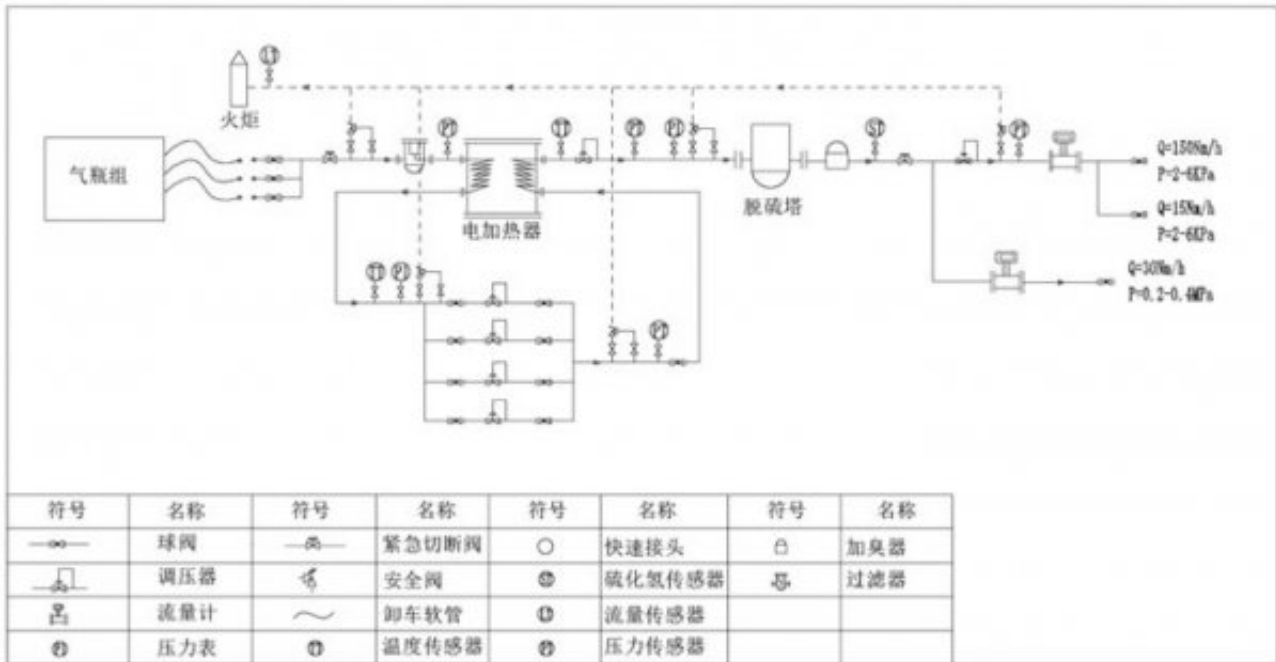


图4 供气集成设备工艺图

Fig. 4 Flow chart of gas supply integrated equipment

移动式供气集成设备的作用是将气瓶内20MPa高压沼气安全地调至锅炉及用户炊事燃气灶适用的2~6kPa的目标压力。气瓶组由多个气瓶并联汇流至一条总管进入供气集成设备。供气集成设备内设有三级调压装置，能够得到更平稳的供气压力，适应不同燃气设备的压力需求。其中，一级调压器是将压力从20MPa调至2~4MPa，二级调压器是将压力从2~4MPa调至0.2~0.4MPa，三级调压器是将压力从0.2~0.4MPa调至2~6kPa。管路中的重要压力节点均设有安全阀，当压力传感器检测到节点处压力大于限值时，安全阀泄压后汇流至火炬燃烧，防止泄放造成的大气污染。高压气体在压力释放过程中会吸收大量的热，对元器件造成破坏。本工艺中设计有二次复加热装置，能够有效补充气体压力释放过程中吸收的热量。

由于末端农户距离气站较远，炊事供气管路较长，为保证足够的供气压力，使用二级调压出口(0.2~0.4MPa)进行供气。入户前装设供气调压箱，再将压力调至合适的炊事压力(2~4kPa)。沼气锅炉和沼气发电机使用三级调压出口(2~6kPa)直接供气。

2.3 沼气锅炉供热设备设计

根据示范村的采暖总面积及房屋维护结构信息，进行供热量核算。锅炉设计功率为700kW，采用常压供热设计，锅炉的基本设计参数如表1所示。

表 1 锅炉设计参数

Tab. 1 Boiler design parameter

额定热功率	700 kw	额定工作压力	0 Mpa
额定回水温度	60℃	额定出水温度	85℃
水压试验压力	0.2 Mpa	循环水量	24 m ³ /h
锅炉满水容量	1.14 m ³	沼气发热量	4 700 大卡
受热面积	25.2 m ²	锅炉重量	≤3 t
燃料消耗量 (甲烷含量 ≥60%)	≤150 m ³ /h	锅炉尺寸 (长 × 宽 × 高)	2 800 × 1 300 × 1 800mm

沼气锅炉系统由锅炉本体、沼气燃烧器、自控系统及锅炉辅机等组成，如图5所示。其中，辅机部分包括软水器、补水箱、除污器、分集水器、烟囱等。软水器设计为1t/h流量。补水箱采用钢制，容积1m³。循环泵2套，一用一备。循环水流量24m³ /h，扬程32m。设置除污器，清除和过滤管道中的杂质和污垢，保持系统内水质洁净，防止管道堵塞。根据示范村房屋排列情况，设计分水器供水管路2条，集水器回水管路2条。如图6所示，锅炉本体采用湿背式三回程结构设计。该结构设计能够有效降低炉胆出口的高温烟气对回烟室的辐射冲刷，解决锅炉尾部过热等问题[18-19]。

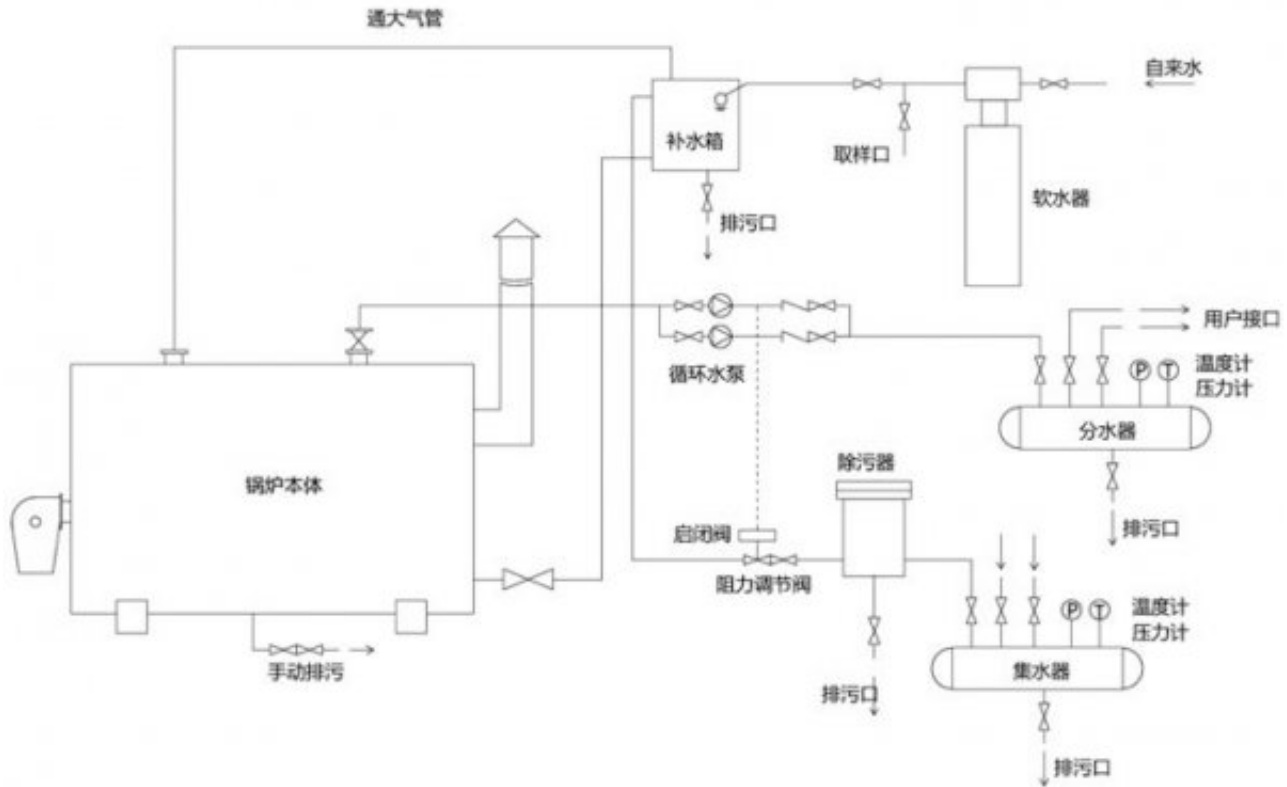


图5 锅炉供热系统工艺图

Fig. 5 Flow chart of boiler heating supply system

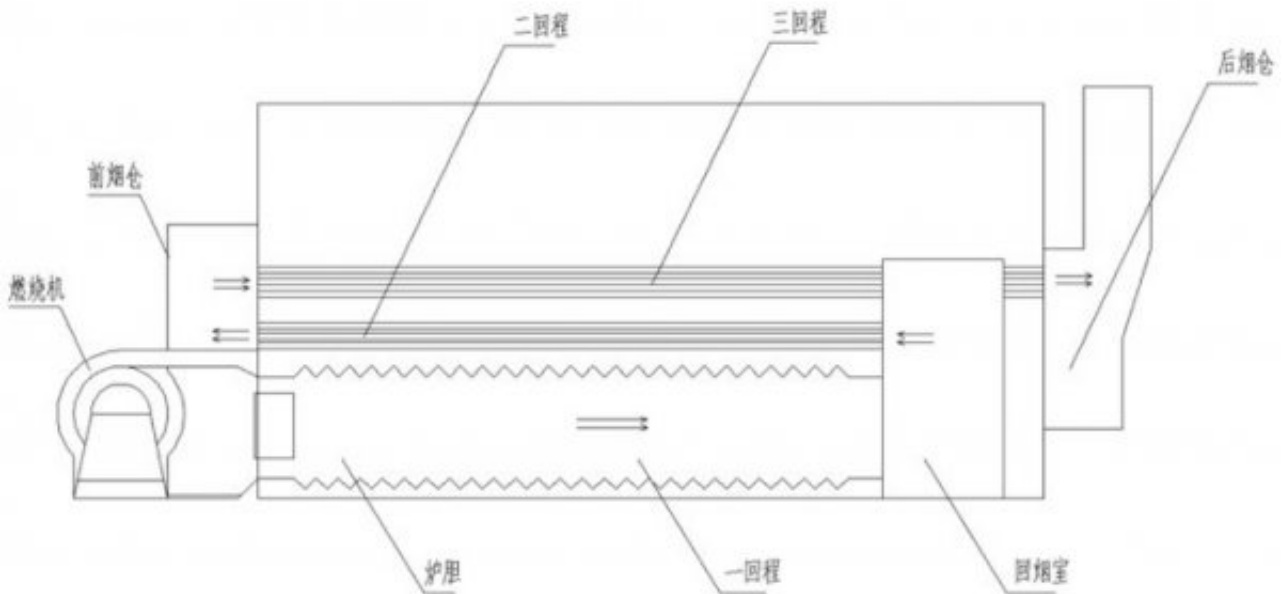


图6 湿背式三回程换热设计示意图

Fig. 6 Sketch map of wet back three return heat transfer design

另外，采用连续波纹炉胆、螺纹烟管等结构设计，能够有效缓解热膨胀造成的损伤，增大受热面积，保证锅炉热效率达到93%以上。

3村基站自控系统设计

设计了基于西门子PLC的硬件控制执行系统，包括CPU模块S7-200SMART、模拟输入\输出模块EMAE06、数字量输入\输出模块SBDO4等。按照系统工艺流程搭建了基于WINCC组态软件的人机交互监控系统，如图7所示。包括主控界面、供暖系统界面、供气系统界面、无线通信界面、参数设定界面、实时趋势曲线画面等，能够实时采集并显示村基站全部设备的运行状态，实现系统的全过程自适应运行。

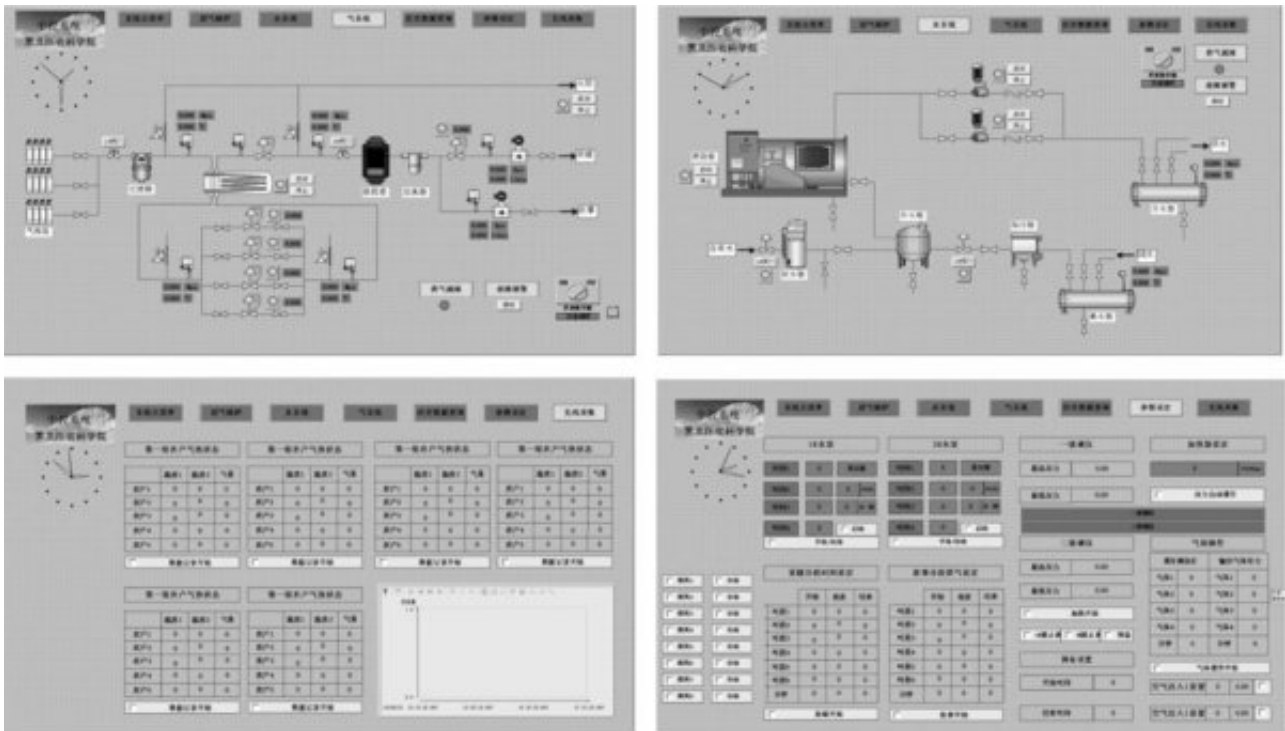


图7 村基站自控系统人机交互界面

Fig. 7 Human - computer interaction interface of autonomous system of village base station

4结论

设计的分布式供能供气模式，能够解决北方地区村镇分布散、输送距离长引起的集中供能难度大、成本高等问题，增加了系统的灵动性，是实现长距离、较分散的广大农村地区用能气的有效方式。

介绍了气热联供系统的组成结构及集成供气设备与供热锅炉设备的基本组成和功能原理，绘制了工艺设计图，为我国北方农村地区的清洁供能提供了很好的建设方案。

参考文献：

- [1]徐继国.黑龙江省农业废弃物资源化利用问题研究[D].哈尔滨：东北农业大学，2019.
- [2]王彩利，张晓梅.黑龙江省农业废弃物资源化利用现状与对策[C]//黑龙江省农业工程学会学术年会，2011.
- [3]葛慧玲，焦扬，任永泰.黑龙江省农作物生物质能发电潜力及环境价值研究[J].可再生能源，2015，(09)：1403-1408.
- [4]严锐，刘仲妮，成鹏远，等.中国农业废弃物资源化利用现状及展望[J].农业展望，2019，(07)：62-65.
- [5]梁文哲.沼气资源在无公害农业生产中综合利用技术[J].农村科技，2020，(04)：28-30.
- [6]朱荣.沼气发电并网工程技术集成与推广应用[J].农业与技术，2020，40(12)：39-40.
- [7]郑锋，王海.沼气高值利用项目前景展望[J].化工设计通，2020，46(03)：241，253.

- [8]杜文竹.农村沼气建设效应与合理利用的建议[J].农家科技, 2020, (02): 213.
- [9]仲声, 牛叔文, 邱欣, 等.大中型沼气集中供气系统优化模拟及经济环境效益评估[J].农业工程学报, 2019, 35(04): 240-248.
- [10]金小琴.大中型沼气工程发展存在的问题及对策研究[J].南方农业, 2020, 14(27): 170-171.
- [11]崔彦如, 庞凤仙, 高海, 等.北方寒冷地区沼气炊事采暖一体化关键技术研究及示范技术成果[J].中国科技成果, 2015, (22): 34-35.
- [12]周振阳.关于农村户用沼气建设中存在的问题及整改措施的探讨[J].农家科技, 2020, (03): 236.
- [13]张伟捷, 李争争, 李芳德, 等.我国北方农村冬季使用生物质集中供热模式的可行性研究[J].区域供热, 2020, (03): 1-11, 18.
- [14]新军, 姚光伟, 董越勇, 等.浙江省沼气整村集中供气技术模式简析[J].浙江农业科学, 2020, 61(01): 1-4.
- [15]杨屹.城市燃气调压设备的多灾防护设计[J].中国化工贸易, 2019, 11(04): 31.
- [16]刘玉红.燃气调压设备设计应注意的几个问题[J].中国特种设备安全, 2007, 23(05): 18-19.
- [17]杨萍.浅谈城市燃气中低压调压器的运行安全管理[J].商品与质量, 2019, (09): 44.
- [18]欧儒春.热风、热水燃气两用锅炉结构设计分析[J].科技通报, 2018, 34(05): 172-175.
- [19]王汝鑫.电锅炉和燃气锅炉联合供热系统热源配置研究[D].张家口:河北建筑工程学院, 2019.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/203516.html>