

楼宇综合能源管理系统框架设计

张丁凡 郑磊 宋金时

西安热工研究院有限公司苏州分公司

DOI:10.12238/btr.v7i2.4306

[摘要] 据相关统计,我国建筑能耗占全社会总能耗的比重约 50%,楼宇综合能源管理系统为用户降本增效、电网灵活性提升及全社会碳排放控制具有重要意义。本文以某实验楼综合能源系统为例,从能源系统流程、被控电表设计、调度端功能设计、软件组态和现场布置等方面对综合能源管理系统框架的设计进行了分析,可为同类项目提供一定的借鉴。

[关键词] 综合能源管理系统; 框架设计; 楼宇

中图分类号: TU756.4+4 **文献标识码:** A

Framework design of building integrated energy management system

Dingfan Zhang Lei Zheng Jinshi Song

Xi'an Thermal Power Research Institute CO., Ltd

[Abstract] Building energy consumption in China accounts for about 50% of the total energy consumption of the whole society. The building-level integrated energy management system is of great significance to reduce cost and increase efficiency for users, improve the flexibility of the power grid and the carbon emission of the whole society. Taking the integrated energy system of an experimental building as an example, this paper analyzes the design of the integrated energy management system from the aspects of energy system process, design of controlled meter, functional design of dispatching end, software configuration, site layout, etc., which can provide some reference for similar projects.

[Key words] Integrated energy management system; framework design; building

前言

据相关统计,我国建筑能耗占全社会总能耗的比重约 50%^[1]。利用数字化手段管理建筑能耗对降低全社会碳排放具有重要作用。同时,新能源并网规模急剧增加,对电网稳定性提出新的挑战。通过数字化建筑能耗管理,可为电网提供巨大且廉价的灵活性资源,可进一步提高电网的新能源消纳能力。因此,楼宇综合能源管理系统有助于我国双碳目标实施,降低用户用能成本。

本文基于某楼宇建立综合能源管理系统,提出框架设计方法,为同类项目提供借鉴。

1 系统流程

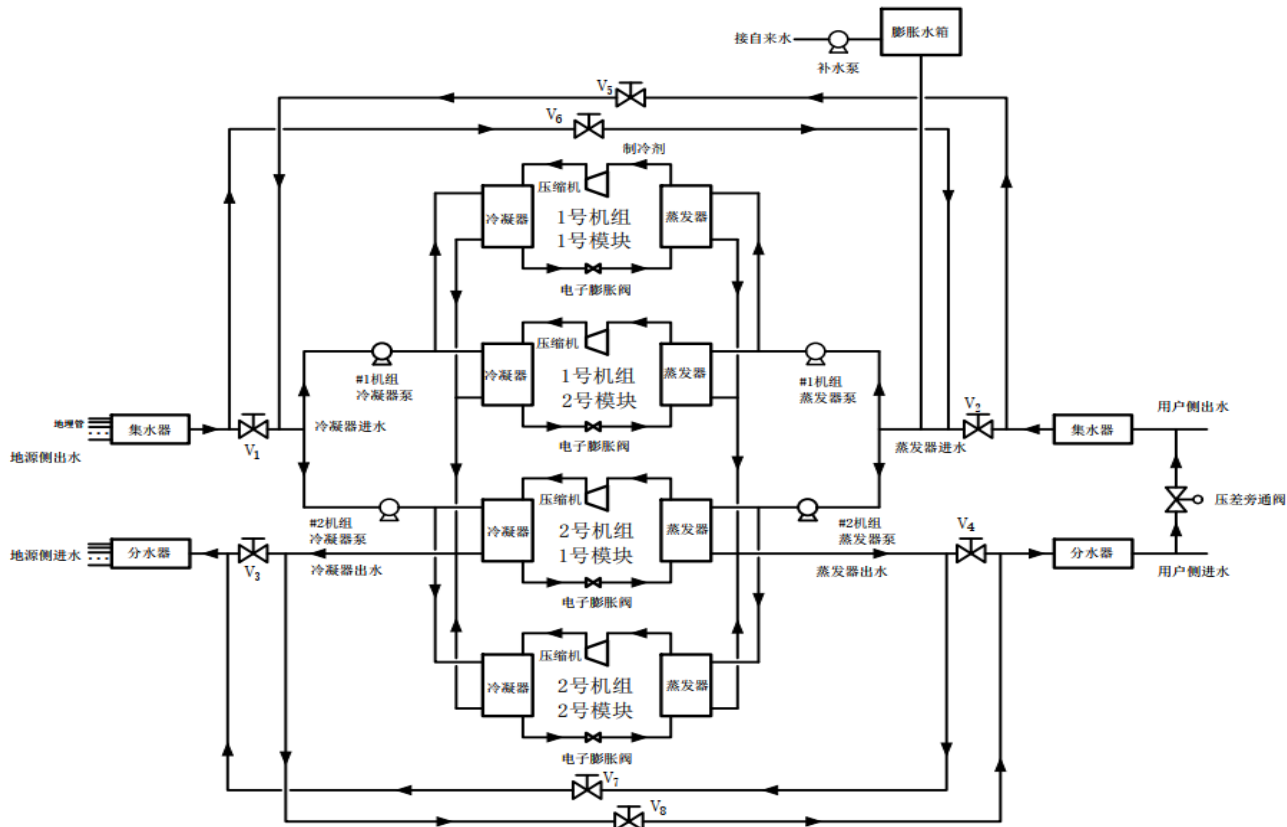
本项目综合能源系统由三部分组成,即地源热泵系统、屋顶光伏系统和综合能源管理系统(Integrated energy management system, IEMS)。本报告将简要介绍地源热泵和屋顶光伏系统,结合两者特点重点介绍IEMS。

地源热泵能够利用地下土壤、地下水或地表水为热源,温度基本恒定,相比传统以空气为热源的系统,能够以更低的电力消耗实现供冷和供暖。根据热源深度不同,可分为浅层地源热泵(200米以浅)和中深层地源热泵(200米至3000米左右)。地源热

泵系统由地下换热器、主机、室内末端和管道阀门等附件组成。

本项目为浅层土壤源地源热泵系统,利用地埋管与土壤进行换热。地埋井总深度4084米,钻井数量33口,平均井深123.76米。地埋井位于实验楼南侧与公司围墙之间,沿围墙自东向西单排排布(转弯处为两排),距离围墙1.6米,井间距3米。每口井使用双U型、内径25mm的高聚乙烯地埋管与土壤换热。每口井两根U型地埋管的两个进水口和两个回水口分别并入一根进水水平环路集管和一根出水水平环路集管。每口井对应一根进水水平管和一根出水水平管,分别接入地下一层机房的分水器和集水器。在分水器侧,每口井对应的水平进水管道设置手动阀,当监测到该井的地埋管发生泄漏时,可关闭阀门,不影响其他地埋井使用。在7号井、20号井的30米、60米和90米深度处设置温度传感器,并单独设置土壤温度测量井,测量30米和40米深度处的土壤温度。通过对土壤和地埋管温度的监测,可监测地下热平衡状态,指导运行方式调节。

地源热泵主机为全封闭涡旋式,共两台。额定制冷功率合计41千瓦,额定制冷COP为5.53;额定制热功率合计56.2千瓦,额定制热COP为4.32。每台主机由两个涡旋式压缩机构成,相应配置



夏季：1, 2, 3, 4号阀门打开，5, 6, 7, 8号阀门关闭；
冬季：与夏季相反。

图 1-1 地源热泵系统流程图

两套冷凝器和蒸发器。每台压缩机可实现0-100%负荷调节，两台主机(4台压缩机)可实现0-25%-50%-75%-100%负荷调节。每台主机配置一台冷凝器侧泵和一台蒸发器侧泵。

地源热泵机房设置于地下一层，包含热泵主机、冷凝器泵、蒸发器泵、用户侧分集水器、地埋侧分集水器和现场监控设备等。地源热泵为1层实验室及控制室等常用区域以及2层整体供暖制冷，覆盖面积约1500平米。

热泵机房在制冷/供热不同运行模式下，需要对阀门进行切换。夏季制冷工况下，阀门V1、V2、V3、V4打开，V5、V6、V7、V8关闭。地埋管侧水系统流程为：地埋管出水流入主机的冷凝器，再流回地埋管，向地下排热。地埋管设计进出水温度为32℃/27℃；用户侧水系统流程为：用户侧出水流入主机的蒸发器，再流回用户侧。压差旁通阀可跟随用户负荷变化调节流入用户侧的水流量。用户侧设计进出水温度为7℃/12℃。冬季制热工况下，阀门V1、V2、V3、V4关闭，V5、V6、V7、V8打开。此时，主机的冷凝器与用户侧水系统联通，而蒸发器与地埋管侧水系统联通。地埋管设计进出水温度为5℃/10℃，用户侧设计进出水温度为45℃/40℃。

用户侧水系统的补水、定压与膨胀通过膨胀水箱完成，膨胀水箱置于实验楼3层楼顶。

光伏组件设计采用550Wp单晶硅半片太阳能电池组件，将高效

单晶电池与半片组件技术结合，可显著提升组件功率与阴影遮挡下的发电能力，同时降低了组件工作温度与热板造成的局部温升。

屋顶太阳能电池组件总容量约127.05kW，平铺安装，把太阳能转化为电能，输出直流电接入光伏逆变器。

太阳能电池阵列共用2台组串式逆变器，逆变器设计为可靠、高效率的纯正弦波工频变压器式逆变器，使用户系统抗冲击性能强，具有反接保护、短路保护、过载保护、逆变电源故障识别保护等功能，提高了系统的可靠性，设备维修方便。

2台逆变器逆变后在交流侧分别汇流接入380V/50Hz的公司公用母线，自发自用，优先满足公司自身消纳。另一路剩余电力经低压开关柜，并入公用电网发电，共计1个接入点。

2 综合能源系统概述

根据结构形式划分，控制系统包含集中控制系统、集散控制系统和现场总线控制系统等三类。相比集中控制系统，DCS运行可靠性更高，布置更加灵活，适用于被控设备分布广泛的场景；相比现场总线控制系统，DCS对传感器和执行器智能化要求不高，成本更低。

本项目综合能源管理系统采用集散控制系统(DCS, distribute control system), DCS系统具有分散布置、集中管理的特点。典型的DCS系统由调度端、通信网络和被控端(Remote Terminal Unit, RTU)组成。

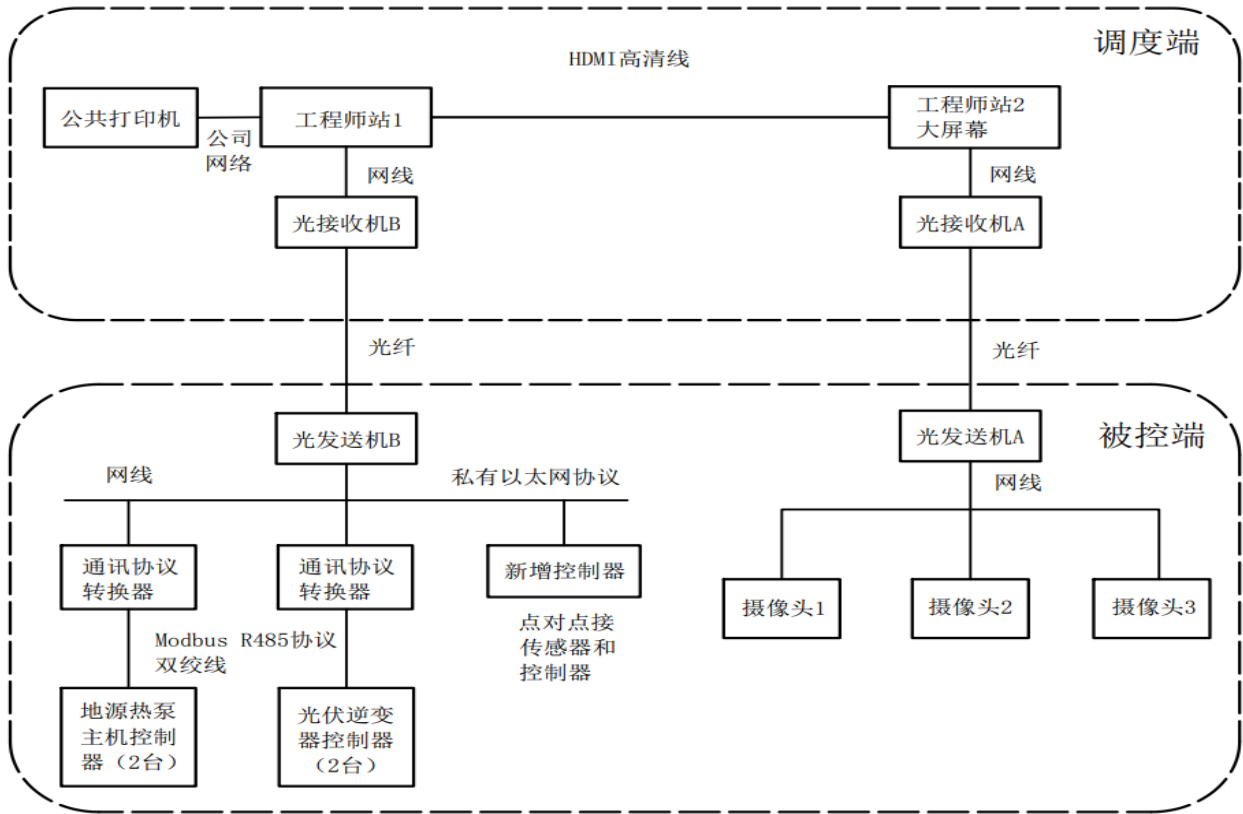


图 2-1 实验楼 IEMS 系统图

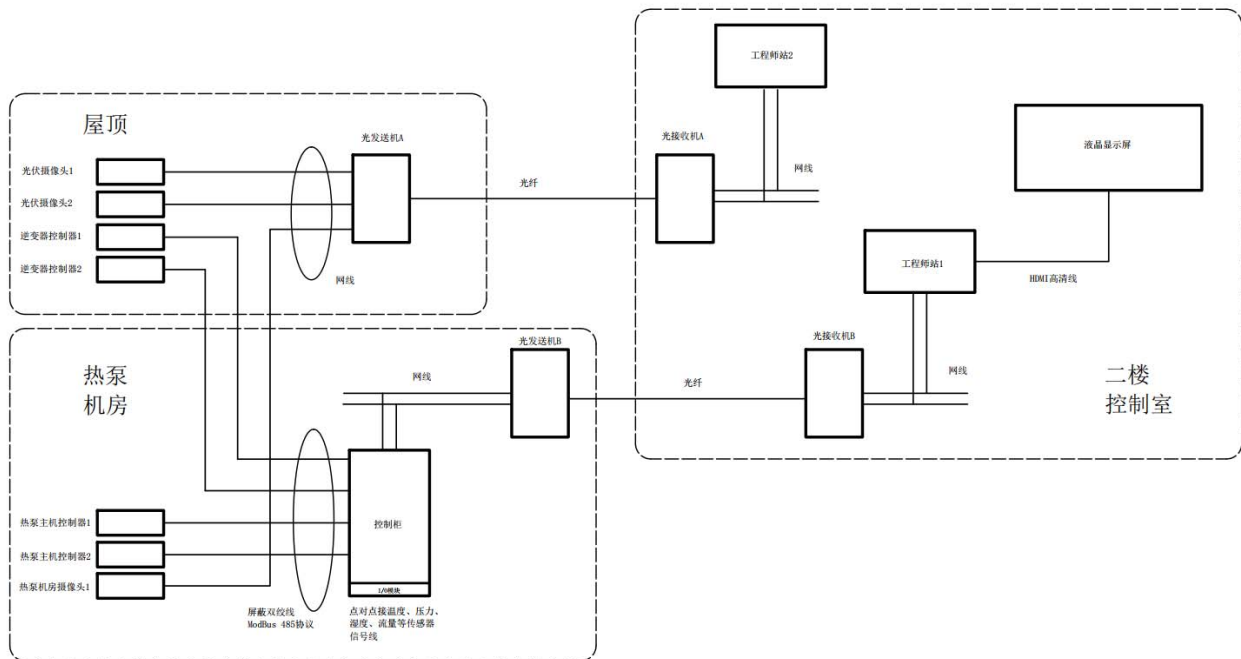


图 2-2 IEMS 系统现场布置图

如图2-1所示, RTU完成数据采集和命令执行, 由传感器、执行器和控制器构成。传统的传感器/执行器与现场控制器的I/O端子一对一相连。随着仪表智能化水平不断提高, 现场总线技术

成为趋势。现场总线可通过一条电缆将多个智能仪表连接, 并将信号直接送入调度端或通过控制器送入调度端。现场总线的通讯协议包括Profitibus、Modbus、CAN等等。

现场控制器以8位、16位或32位CPU为核心,配以适当的RAM、EPROM和先进的Flash存储器、I/O接口和通信接口,构成可编程的智能控制器。可编程控制器PLC或直接数字控制器DDC为现场控制器,均可构成DCS系统。被控端是一个相对独立的整体,可以独立工作,也可以接受来自调度端的指令^[2]。

调度端根据功能范围及权限可分为多个层次,一般可分为厂级和车间级。车间级调度端的功能为控制车间的正常运行,而厂级调度端功能范围更广,不仅包含车间级的所有功能,还包含物流、计划、财务等各方面的管理调度功能。不同层级的调度端可通过网管互联互通。调度端可接入因特网,在更大空间范围实现远程调度。调度端通常包括服务器、操作员工作站、维护工作站、通讯前置机、打印机、大屏幕、以太网交换机、Web服务器等设备^[3]。

3 系统设计

实验楼IEMS系统被控端设备包括2台热泵主机控制器、2台光伏逆变器控制器、1台新增控制器及相应监控点表、3台摄像头以及连接它们的通讯设备和线缆。

热泵和逆变器的控制器均使用Modbus RS485协议与外界通信,通信协议转换器将Modbus RS485协议转换为睿渥DCS的私有以太网协议。协议转换器送出的电信号经光发送机转换为光信号后,通过光纤信道传至光接收机,再次转换为电信号,最后进入调度端的工程师站。

新增控制器及相应监控点表采用点对点连接方式,控制器采用私有以太网协议与调度端通信。

摄像头信号通过网线传至光接收机,被转换为光信号后进入光纤信道,然后进入光接收机再被转换为电信号,通过网线进入调度端工程师站。睿渥DCS使用的麒麟操作系统,摄像头控制系统不能使用,因此摄像头监控使用独立的工程师站。

IEMS调度端设备包括2个工程师站、1块液晶展示屏幕以及1台共用打印机。调度端接收并显示来自被控端的信号,通过操作界面控制系统的运行,并对故障发出声音报警等。调度端位于实验楼2层的综合能源集控室。

热泵主机与逆变器的控制器对应的监控点表和具备的功能可通过相应的技术协议获得。

除热泵主机和逆变器已有的监控功能外,本期另增加了必要的传感器和执行器,因此增加1台现场控制器,以更进一步增强对地源热泵和屋顶光伏的监测、控制能力,确保运行安全,提高智能化水平,优化运行策略。

本期综合能源管理系统被控端统计如表3-1所示,表3-2地源热泵机房监控点表和表3-3屋顶光伏监控点表进一步给出了所增加监控点表的位置、数量、精度、信号类型和功能等信息。

调度端功能包括监视和显示、数据处理与存储、控制、报警及保护、安全管理、系统维护和扩展。

软件组态通过厂家自带的组态工具,模块化设计,方便快捷。

表3-1 本期综合能源管理系统被控端RTU统计表

序号	RTU 名称	I/O 模块	通信协议
1	热泵主机	随系统自带	Modbus RS485
2	逆变器	随系统自带	Modbus RS485
3	新增 RTU	40×AI 15×DI 5×DO	私有以太网协议

如图3-2所示为IEMS系统现场布置图。实验楼屋顶放置两台光伏逆变器控制器、两个摄像头和一台光发送机,地源热泵机房(地下一层)布置两台热泵主机控制器、一个摄像头、一面控制柜、一台光发送机和加装的现场仪表。二楼综合能源控制室放置两台光接收机、两台工程师站和一面液晶显示屏。

如图所示,逆变器控制器和热泵主机控制器通过屏蔽双绞线及ModBus RS485协议与控制柜内的协议转换卡件相连,协议转换后通过网线连接至光发送机B;控制柜内的过程控制器与现场仪表点对点连接,其通讯接口与网线连接后送至光发送机B。光接收机B将信号送给工程师站1,液晶显示屏通过HDMI高清线与工程师站1相连。控制柜至工程师站1采用私有以太网协议。

屋顶的两台光伏摄像头和热泵机房的一台摄像头通过网线与光发送机A连接,光接收机A接收信号后送至工程师站2。考虑到睿渥DCS采用的麒麟操作系统与摄像头控制软件的兼容问题,视频监控画面拟采用独立的工程师站显示。

4 总结

本文以某实验楼综合能源系统为例,从能源系统流程、被控电表设计、调度端功能设计、软件组态和现场布置等方面对综合能源管理系统的设计进行了框架性分析,可为同类项目提供一定的借鉴。

[参考文献]

- [1]杨少刚.基于TRNSYS地埋管地源热泵变流量系统仿真研究[D].山东建筑大学,2016.
- [2]陆庆耀.《实用供热空调设计手册》(第二版)[M],中国建筑工业出版社,2007,2523-2529.
- [3]工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级,GBT13283-2008.