

节能楼及其供热空调系统实训平台简介



这个建筑是国家“十一五”科技支撑计划天津市科技支撑计划等多个科研项目的支持下完成的可再生能源与建筑集成示范工程。在这个建筑上我们集成了太阳能的主动利用、被动利用和地源热泵技术。从整个建筑外观上看，建筑阳面布置有玻璃幕墙，屋顶有玻璃天窗和斜屋顶。玻璃幕墙采用的是一种呼吸式幕墙，属于被动利用太阳能的一种。有了玻璃幕墙后，可以在春秋季节通过开内窗、关外窗，把幕墙夹层的热空气引入室内，形成对流供热。此外，在冬季关窗后会起到隔热作用，而在夏季开外窗、关内窗后起到建筑降温作用。玻璃天窗可以给建筑内的中空大厅和走廊进行自然补光，减少照明电耗。斜屋顶的设计是为了把太阳能集热器与建筑结构相结合来主动利用太阳能为建筑供热。建筑的供热供冷主要由地源热泵系统来承担。但是对这样的建筑来说，冬季的供热需求远大于夏季的供冷需求，由于地源热泵会出现冷热不平衡的问题，使得地源热泵的应用受到了限制。为了解决这种使用限制的问题，我们采取的技术措施，也是我们的专利技术，就是让地源热泵承担建筑的整个供冷和建筑的部分供热，达到地源热泵的冷热平衡。那么剩余的一部分供热，由太阳能跨季节储热供热系统来承担。这样做的好处有三个：一是我们利用可再生的、清洁的太阳能做为补充热源，解决了地源热泵的热平衡问题。二是采用了地源热泵和太阳能跨季节储热的两个独立的地理管群设计，解决了设计时对建筑冷热负荷难以准确计算的问题，避免了由于太阳能集热设计不准确导致的辅助热源不足或者辅助热源大造成的新的热平衡问题。因为两个管群相互独立，太阳能集热多的话不会对系统产生不利影响，反而会在一定程度上提高系统的性能。三是两个独立的地理管群有利于系统的运行控制，尤其是在夏季时，一个地理管群用于地源热泵供冷时的排热，一个用于太阳能的跨季节储热，不会发生一个地理管群设计时的排热和储热的冲突问题。

我们可以演示一下整个系统在不同阶段的运行流程。整个系统可以分为6个循环：集热循环、储热循环、地源热泵供热循环、太阳能直供循环、太阳能辅助地源热泵供热

循环、地源热泵供冷循环。

经过 6 个供热季和 5 个供冷季的运行，整个系统的运行性能平稳，系统性能达到了高效的目标。运行几年的能效统计表明，近几年平均的用电来说，冬季供热平均电耗是 19kWh/m²，夏季供冷平均电耗是 9kWh/m²。

当然了，整个建筑及其供热空调系统是把它作为一个试验系统来定位的，所以在设计的时候就尽量的考虑了很多的组合方式和试验的便利性。所以我们布置了很多温度、湿度的测点和流量、热量、电量数据的采集仪表，系统的整体造价是相当高的。折合到每平米投资大约是 700 元。

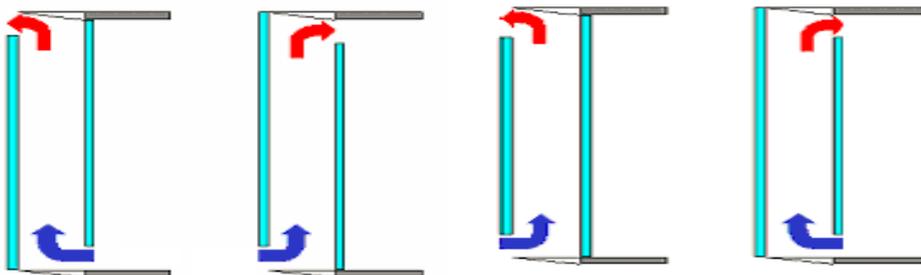
平台组成及功能

“节能实验中心”作为可再生能源与建筑集成示范工程受“十一五”国家科技支撑计划项目和天津市科技支撑计划重点项目等资助，于 2010 年底建设完成。建筑主体四层，建筑面积 4953.4m²，建筑设计把太阳能被动利用和主动利用相结合。斜屋顶设计使太阳能集热板与建筑集成，实现太阳能跨季节储热供热。合理利用浅层地热能，优化设计了太阳能-地源热泵组合供热空调系统，为国内首创。外保温结构设计满足节能 65% 的节能建筑标准。

“节能实验中心”是能源与环境工程学院的科学实验及办公建筑，承载着学院的研究生和教师的办公和实验用房。“节能实验中心”建设有 2 个可再生能源与建筑节能技术中试平台：“太阳能跨季节储热建筑供热中试系统”、“绿色建筑及室内环境技术试验平台”，建立有一系列实验平台：“太阳能辅助地源热泵建筑环境控制技术实验系统”、“供热空调系统动态控制和计量技术实验系统”、“清洁燃料高效燃烧技术实验台”、“强化传热与节能技术实验台”等。可以提供研究生及教师的科学研究试验和为中小型企业提供试验测试等服务。

太阳能被动利用-绿色建筑及室内环境技术试验平台

为了实现太阳能的被动利用，二层以上为中空结构，屋顶玻璃天窗与呼吸式玻璃幕墙配合，满足中庭的自然采光和过渡季室内气流的自然循环。建筑结构及室内仪器设备构成了绿色建筑及室内环境技术试验平台。

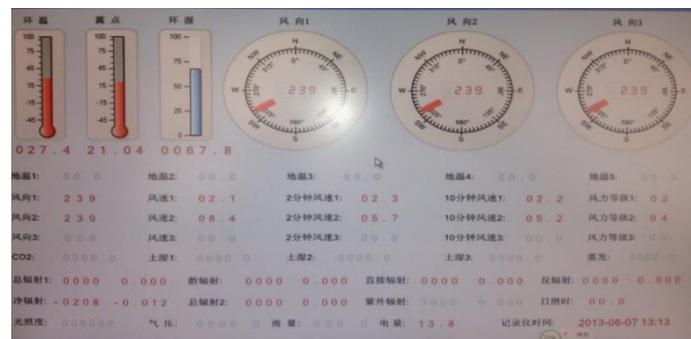


气象采集系统

在屋顶平台安装有自动气象站，可以实时监测太阳能直射辐射、散射辐射、反射辐射、总辐射、日照时数、室外温度、室外湿度、风速、风向等气象数据，为太阳能、风能等可再生能源的利用提供基础数据。



自动气象站

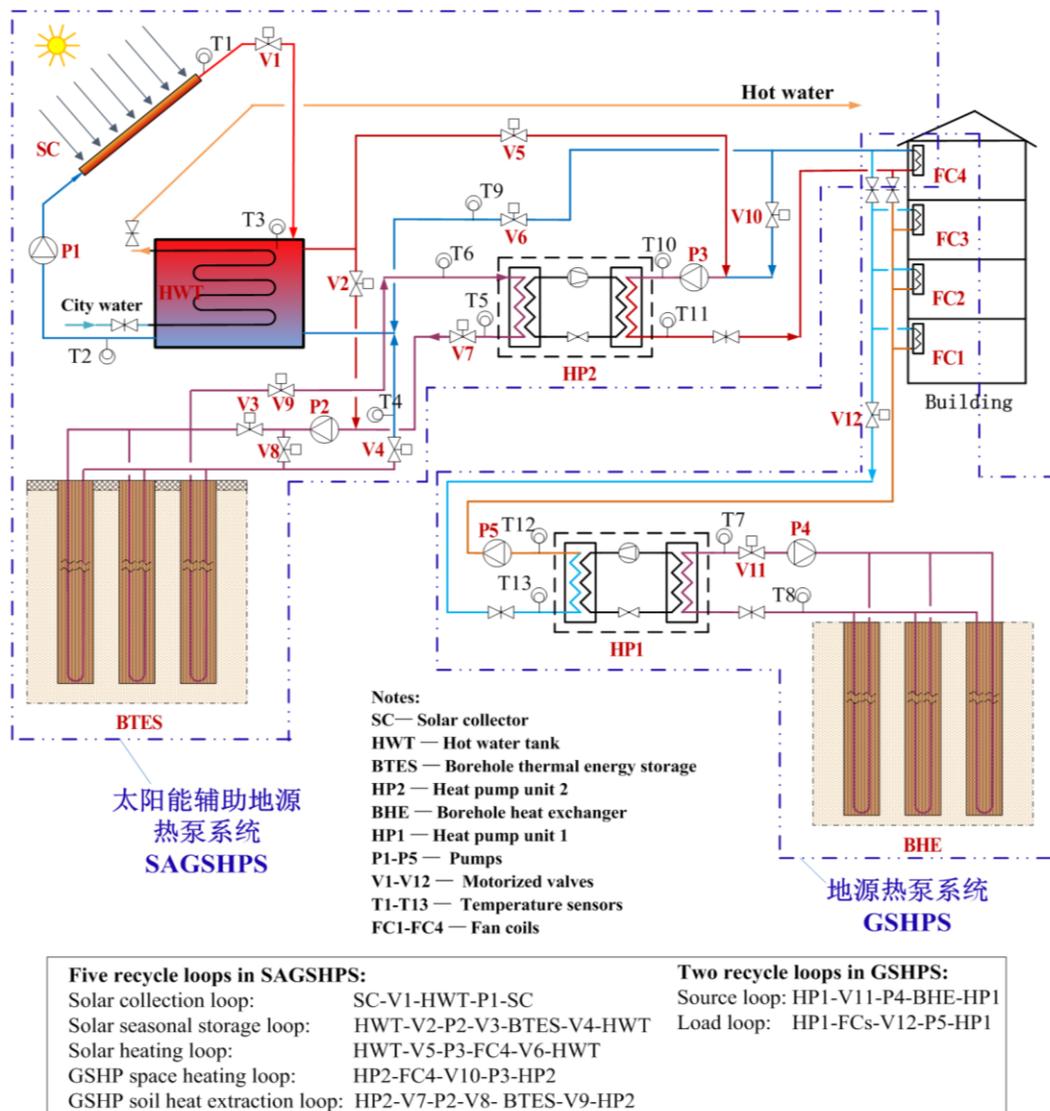


气象站监控电脑界面

☀️ 太阳能-地源热泵组合供热空调系统

“节能实验中心”采用的太阳能-地源热泵组合供热空调系统，解决了办公建筑冷热需求差异造成的地源热泵地温不平衡问题，且最大限度利用可再生能源，属国内首创技术，已获授权中国发明专利（ZL201110146044.1）。

太阳能-地源热泵组合系统（HSGSHPS），由地源热泵系统（GSHPS）和太阳能辅助地源热泵系统（SAGSHPS）组成，可以为建筑供冷、供热及供热水，解决了夏季空调能耗远低于冬季供热能耗建筑单纯使用地源热泵时出现的地温不平衡问题。同时具有如下优点：两个子系统热负荷分配灵活可调，适应负荷计算的不确定性；非供热季太阳能通过跨季节储存与土壤中，既减少了太阳能集热器的需求面积，又可以提高土壤温度，进而提高地源热泵机组 COP；太阳能冬季直接供热效率高，提高整个系统供热的 COP。



太阳能-地源热泵组合供热空调系统原理图



机房



明装风机盘管



暗装风机盘管

✦ 系统控运行监控及数据采集系统

供热空调系统的监测和控制系统，主要仪表包括热量表、数字电表、室外温湿度传感器、房间温湿度传感器、数字模块、扩展模块，以及工控电脑和组态软件等。

热量表和电表数据可以帮助分析系统制冷、供暖运行能耗及费用，计算太阳能集热和储热效率，计算热泵机组 COP 和制冷、供热系统 COP。整个空调系统共布置有 24 块热量表，可以采集水系统的供水温度、回水温度、瞬时流量、累计热量等。具体包括：室内末端侧热表、地源侧热表、太阳能直供热表、太阳能储热热表、集热循环热表、生活热水热表、地源热泵机组地源侧分/集水器的支路热表等。空调系统布置有 40 块三相数字电表，用于计量各部分设备的耗电量，包括热泵机组、末端泵循环泵、地埋循环泵、补水泵、风机盘管、新风机组、辅助电加热器、集热循环泵、储热循环泵、增压泵等设备耗电量，以及系统总耗电量等。