

# 以智慧能源管理牵引绿色校园建设的 探索和实践

**单位名称：**哈尔滨工业大学

**摘要：**哈尔滨工业大学地处严寒地区，校园用能需求量大，智慧能源管理是解决能耗总量大、综合能效有待提高的科学途径。近年来，学校以习近平新时代中国特色主义思想为指导，深入贯彻落实党中央和上级部门的工作部署，以先进理念为引导、以先进技术为依托，探索应用多能互补技术、智能微网技术、智慧供热技术、余热回收技术、分布式光伏发电技术等智慧能源管理技术切实推进绿色校园建设，实现用能效率提升、用能结构优化、用能总量受控的目标。

## 一、基本情况

哈尔滨工业大学隶属于工业和信息化部，始建于 1920 年，2000 年与同根同源的哈尔滨建筑大学合并组建新的哈工大。学校 2017 年入选“双一流”建设 A 类高校名单，形成了由重点学科、新兴学科和支撑学科构成的较为完善的学科体系。学校现有 9 个国家重点学科一级学科，6 个国家重点学科二级学科。在全国第四轮学科评估中，共有 17 个学科位列 A 类。材料科学、工程学、物理学、化学、计算机科学、环境与生态学、数学、生物学与生物化学、农业科学、临床医学、社会科学总论 11 个学科领域进入 ESI 全球前 1% 行列，

材料科学进入全球前 1‰ 行列, 工程学学科连续多年进入 ESI 全球前万分之一行列。学校正在成为享誉国内外的理工强校、航天名校。



图 1 校园照片

学校哈尔滨校区占地 347.49 公顷, 公共建筑面积 160 万平方米, 合计各类用能人数近 7 万人。校园地处哈尔滨市, 属于严寒地区, 具有四季分明、冬季漫长寒冷、夏季短暂炎热等气候特点。学校使用的主要能源资源为热力、电力、天然气、汽油、柴油、自来水等, 其中热力占总能耗的 75% 以上。学校以坚持“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念, 通过采用智慧能源管理等方式, 在建筑面积激增、教学科研任务不断增加的情况下取得了能源资源消耗不断下降的良好成效。近三年用能、用水情况如下表所示。

表 1 哈工大 2016—2018 年主要能源资源消耗统计数据

数据种类	2016 年	2017 年	2018 年
电力/kWh	51159417	54783089	54567719
燃煤/t	21922	4605	0
热力/GJ	601021	767074.29	805427.50

天然气/m <sup>3</sup>	2095492	2032754	1513282
自来水/m <sup>3</sup>	2063582	1857951	1757541
总能耗/tce	45452.82	39068.27	36356.51

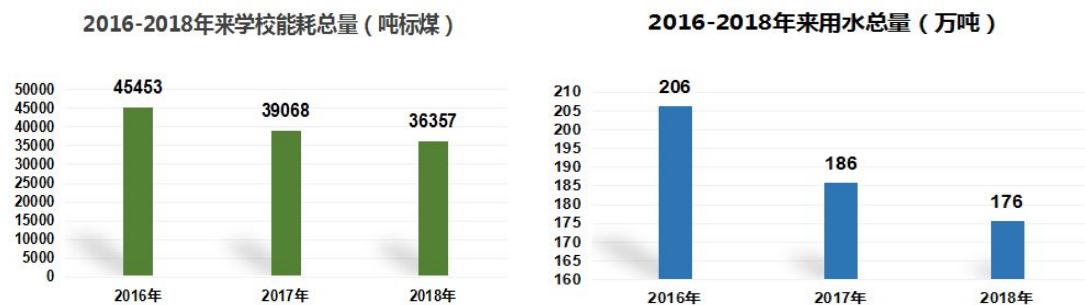


图1 哈工大2016-2018年能源资源消耗数据

## 二、推进措施

学校充分利用自身学科优势资源，结合地域特点、校情校况，采取以智能化、信息化、绿色化技术改造为切入点，以绿色改造带动节能管理工作不断提升的措施，积极推动绿色校园建设。

### （一）加强优势资源整合，强化智慧能源管理规划

学校充分利用电气、暖通、建筑等相关学科优势资源，组建校内交叉专家团队3个，在深入研究分析能源资源使用特点和现状的基础上，抓准重点和关键点，利用理论研究成果，切实推进太阳能、废水余热热能等新能源和可再生能源应用技术，供热系统智慧化管控技术，太阳能、电力、冷、热等多种能源互联互通技术等先进技术在绿色校园建设中应用的研究和探索，先后编制技术方案近10个。

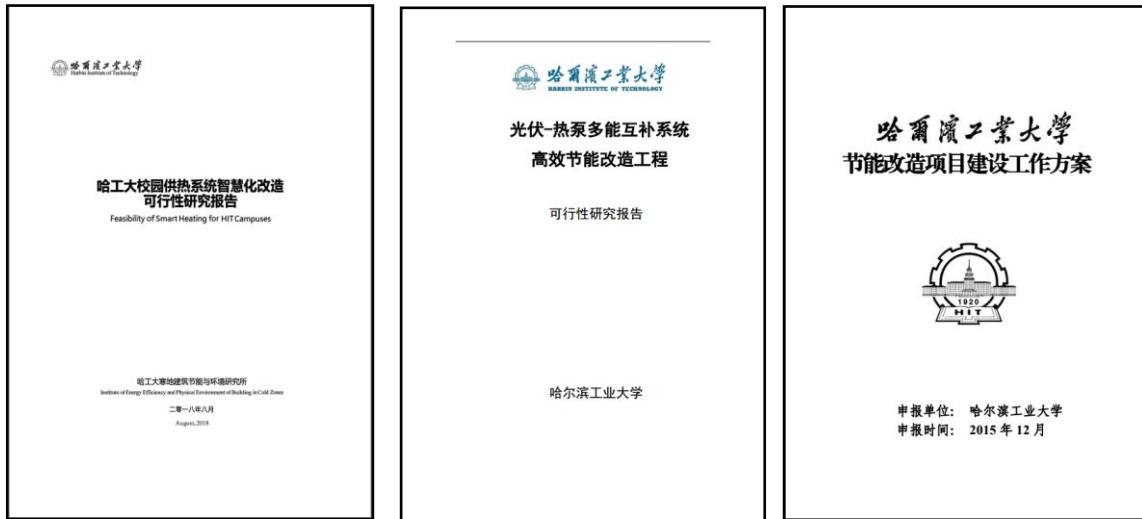


图2 部分智慧能源技术方案

## (二) 推动重点项目实施, 构建智慧能源管理体系

1. 学生公共浴池废水余热回收系统建设。学校原洗浴热水热源由燃煤和天然气锅炉提供, 能效低、能耗量大。为解决以上问题, 学校自 2015 年制定方案并建设此系统, 已陆续完成 4 个公共浴池改造。系统把原来直接排放的洗浴废水中的低位热能进行回收利用, 辅以少量电能作为驱动加热洗浴热水。系统实现了能量的循环、梯级利用。系统分为余热回收、热水生产、数据监测、自控运行、热保障、环境保护等 6 个子系统构成。建设过程中, 采用对浴区湿热进行再回收、进行噪声和异味消除等实用化设计, 为在严寒地区采用类似技术进行节能改造积累了先进经验。经第三方测定, 系统节能率达 77.7%, 年节约 1000 余吨标煤, 年节约经费 100 余万元。

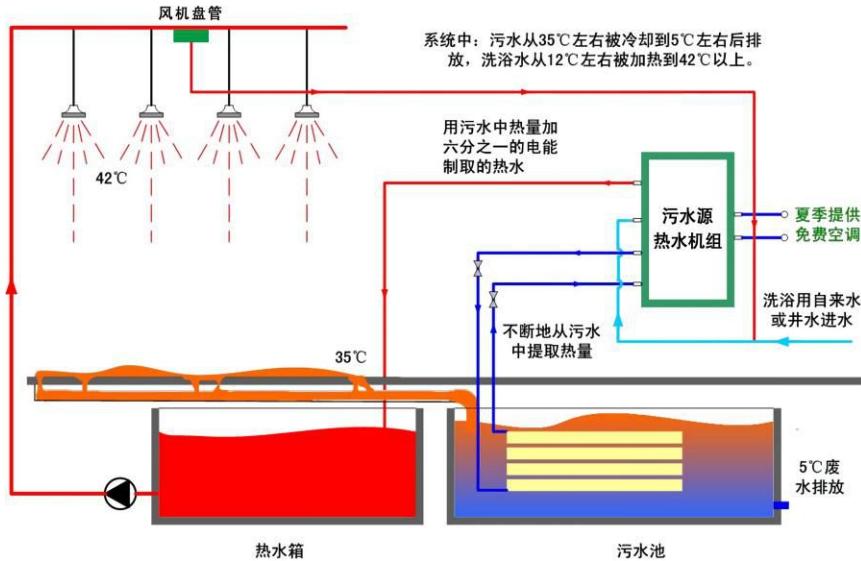


图3 学生公共浴池废水余热回收系统原理图

2. 光伏-热泵多能互补高效节能系统。冬供热水、夏送冷气是学校学生对住宿、生活条件一直以来的期望。如果采用传统方式安装空调和热水系统，将耗费大量能源资源。自2018年开始，学校应用当代前沿“多能互补”能源科技理念，在国内高校中首次开展光伏-热泵多能互补系统高效节能改造工程建设，系统以多能集成技术和能量优化管理技术为关键核心技术，通过对电气工程领域中的可再生能源发电技术、微电网能量管理技术与热能工程领域中的热泵、空调技术的交叉与融合，可形成集冷、热、电联供的高效多能互补能源系统。系统利用原浴池废水余热回收系统中回收热量后产生的冷量为公寓、食堂空调系统提供冷源，利用空气源热泵为公寓提供洗漱热水，利用光伏发电为各子系统运行提供清洁电能。

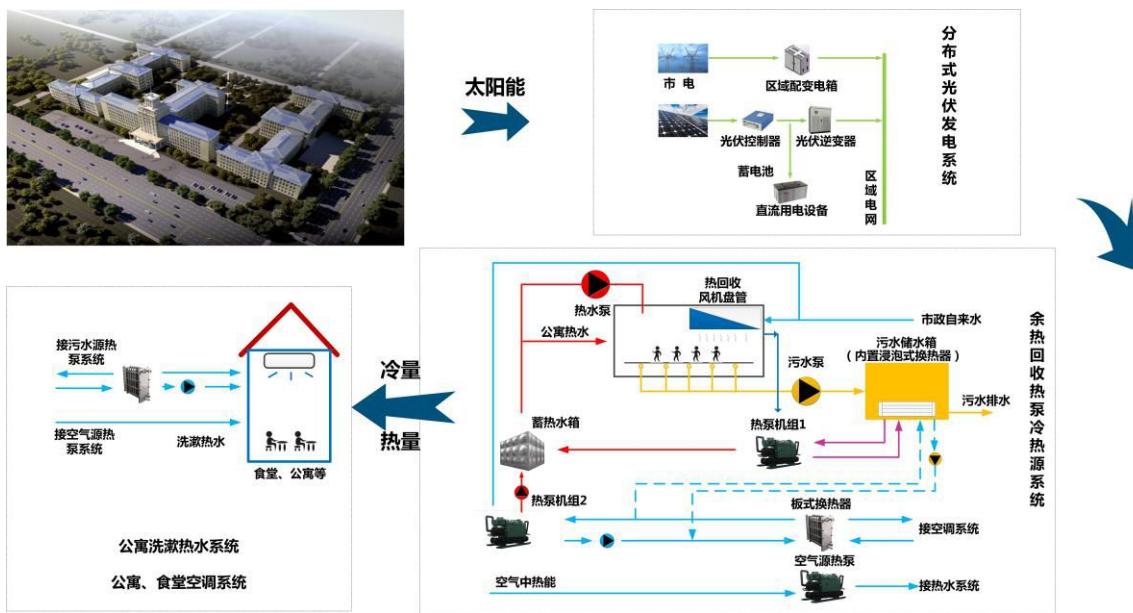
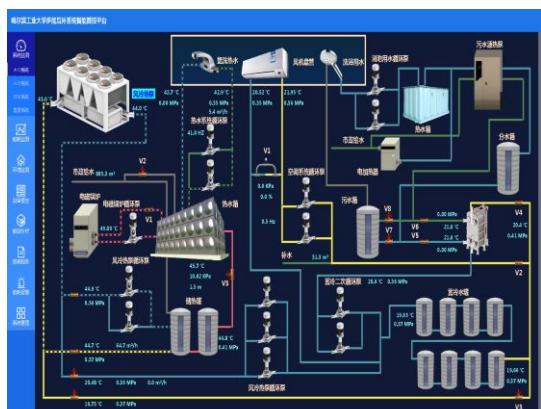


图 4 热泵-光伏多能互补高效节能系统原理图



空气源热泵机组



智能控制系统



设备机房



屋面分布式光伏系统



屋面分布式光伏系统

图 5 热泵-光伏多能互补高效节能系统现场

系统在 A11、A15、B06 公寓和天香食堂进行建设。系统由分布式光伏发电、废热回收冷热源、空调、盥洗热水、储能（储冷、储热、储电）、智慧能源微网信息平台等子系统构成。在建设过程中，进一步对各子系统进行优化设计。其中，主热源热水制备环路采用闭式系统设计，无需克服高差阻力，降低了水泵的扬程，减少了热水输送能耗 75%；在热水输水管道支管上安装了减压阀，热水配水点更換了节水型混水水龙头，节水率约 30%。

目前，除光伏发电子系统外，其它系统基本建设完成并开始试运行。相较传统用市政电力、燃煤和天然气锅炉等方式提供冷源和热源的方式，废热回收冷热源与空调子系统系统合计月可节省电量 60 万度，热水系统每月可节约电力 30 万度。目前，正常学期内，试运行期间实测月热水系统节约电力约 9 万余度，节能率约为 52.56%。

3. 智慧供热系统。由于地处严寒地区，校园用能中热力占比高达 75% 以上，降低供热能耗对于高效管控校园能耗具有重要意义。学校已在黄河路校园部分环路进行智慧供热系

统建设。系统采用水力热力平衡技术、管网系统分时分区控制技术、自适应学习技术、负荷预测技术等对供热系统进行综合控制，以达成分时分区分温管控、按需供热、均衡供热、舒适供热。系统建成后，将极大促进解决严寒地区供热能耗居高不下的老大难问题。黄河路校园智慧供热系统在2019—2020年度供暖季已经试运行，经具有相应资质的第三方检测机构测评，与未进行控制相比，建筑单体节能率不低于17%，最高可达40%，项目建设所涉及供热环路所在热力站总热量较上一年度减少近1万吉焦，能耗减少约300余吨标煤，热能节约效果明显。

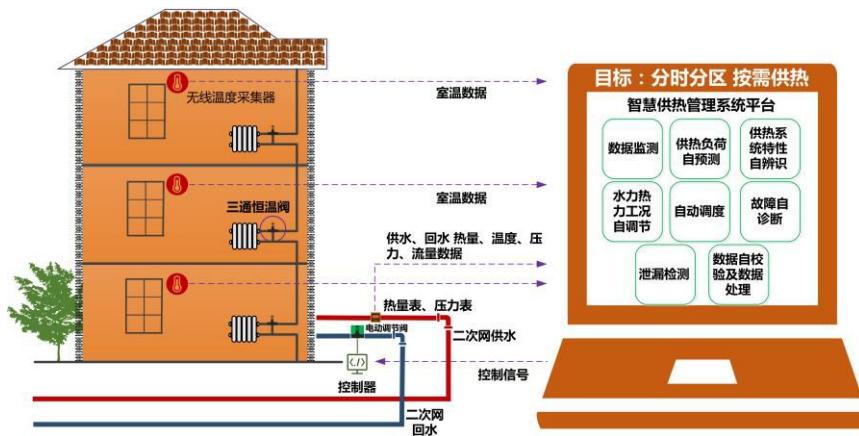


图6 智慧供热系统图



图7 智能供热监控系统

4. 分布式光伏系统。随着学校发展建设步伐的不断加快，新建建筑不断投入使用，各类科研设备持续增加，近期新增用电容量超过3万kVA。结合学校具有大量可利用的屋顶资源、地处光伏二类资源区等实际情况，学校开展分布式光伏系统建设。目前，A03公寓屋面分布式光伏系统已建成并投入使用部分总装机容量113.28kWp，累计总发电量约4.2万kWh，同时另有5栋建筑屋面正在进行光伏系统建设，总装机容量约503.21kWp，即将并网发电。同时，规划在4栋新建建筑建设分布式光伏发电系统，总装机容量约447.67kWp。



图8 A03公寓分布式光伏发电系统（双玻双面光伏组件）



图8 机械楼分布式光伏发电系统（薄膜光伏组件）

### 三、成果效益

在以绿色节能理念引领、节能新技术应用、绿色可再生能源取代传统能源的工作驱动模式引领下，学校实现了在扩大办学规模、新增公共建筑面积 30 万平方米的同时，能耗逐年下降。

依据近三年的统计数据分析，2018 年校园用水总量较 2016 年下降 15%、2018 年校园能耗总量较 2016 年下降 20%。

得益于绿色能源系统的工程应用及运行，学生公共浴池废水余热回收系统系统节能率达 77.7%，年节约 1000 余吨标煤，年节约经费 100 余万元；废热回收冷热源与空调子系统系统合计月可节省电量 60 万度，热水系统每月可节约电力 30 万度，正常学期内，试运行期间实测月热水系统节约电力约 9 万余度，系统节能率 52.56%。

### 四、经验总结

哈工大多能互补系统的成功应用得出以下几个方面的启示，总结如下：

1. 充足的中央高校改善基本办学条件经费支持是校园绿色节能改造项目实施的必要条件。
2. 学校主要领导对绿色校园建设工作的高度重视及鼎力支持为项目成功实施提供了思想和精神引领，全校师生对绿色校园建设的认识统一和协调一致是项目成功实施的充分条件。

3. 涵盖电气、电工电子、材料学、计算机软件、土木工程、给水排水工程等专业学科的专家团队为项目实施应用提供了科学的理论支撑和强有力的技术指导。

4. 科学严谨的方案可行性评估及论证评审、公开透明的工程招标、周密细致的施工组织、严肃认真的竣工验收是项目成功实施的科学路径和可靠保障。

5. 项目的成功实施为北方寒地高校绿色校园建设提供了理论支撑、客观运行数据依据，提供了可借鉴经验。