

践行“绿色消费”模式 建设节约型机关

东莞市行政办事中心节约型示范单位建设案例

案例摘要：

东莞市行政办事中心将节能贯穿于整个建筑体系之中，不断构建完善节能体系，实现“绿色消费”和公共机构办公场所的有机结合。行政办事中心自建成以来，对包括建筑围护结构、中央空调系统、电梯系统、照明系统等多个重要能耗系统进行了节能改造，通过广泛应用新型节能产品，淘汰老旧落后能耗设备设施，有效提高了办公大楼的能源使用效率，大大地减少了能源资源的浪费。通过建设能源资源监测平台，实现了对办公大楼内各个办公室用电量情况的实时监控，为制定有效的能源资源消耗规划提供了依据。2013年至2015年，东莞市行政办事中心的单位面积能耗、人均能耗、人均水耗保持了逐年下降的态势。通过将“绿色消费”的理念融入到公共机构日常工作之中，充分发挥了示范引领作用，其节能实践对全面、系统推动国家机关集中办公区节能工作具有重要的借鉴意义。

一、行政办事中心基本情况

东莞市位于广东省中南部，珠江口东岸，毗邻港澳。东莞是全球制造业名城，也是能源资源消耗大市。东莞市委、市政府历来高度重视节能减排工作，“十二五”以来，该市大力推进重点节能项目工程建设，积极实施节能降耗技术改造，关停和淘汰了一批高耗能、高污染企业和生产线，全

市能源利用效率逐年提高，能源消费结构明显优化，单位 GDP 能耗持续下降，节能降耗工作取得了显著成效。

东莞市行政办事中心位于东莞市南城区鸿福路 99 号，包括主楼、东楼、西楼、北楼和会议大厦 5 栋建筑，总建筑面积 23.33 万平方米。大楼于 2004 年建成投入使用，是东莞市委、市人大、市政府、市政协四套领导班子及 39 个市直机关办公所在地。东莞市行政办事中心现有用能人数约 4053 人，其中办公人员约 2463 人，物业管理等后勤人员约 903 人，来访办事、参会及各类参观人员用能人数约 687 人。

二、案例具体实施情况介绍

（一）全面加强节能管理

1、建立节能领导和管理协调机制

为抓好东莞市行政办事中心的节能工作，东莞市机关事务管理局结合自身实际，制定了《行政事务科、物业管理科、后勤服务科职能划分调整实施方案》，明确由物业管理科负责市行政办事中心节约能源资源的具体工作，每年编制《市行政办事中心节能实施方案》，并严格执行。成立了节约能源资源管理工作小组，制定了《东莞市行政办事中心节约能源资源岗位责任制》等制度办法，逐步建立和完善了节能监管机制。每年对节能优秀单位和个人进行表彰，对节能工作不力的单位进行通报，各项制度得到有效执行，推动市行政办事中心各项能耗逐年下降。

2、完善节能管理制度

认真贯彻落实中央、省、市节能减排相关规定，制定完善市行政办事中心节能管理制度，并督促相关单位认真贯彻执行。市机关事务管理局牵

头制定了《东莞市行政办事中心节能目标责任制度》、《东莞市行政办事中心能源资源消耗统计制度》、《东莞市行政办事中心节能管理制度》、《东莞市行政办事中心节水管理制度》、《东莞市行政办事中心资源循环利用制度》等节能制度，同时还制定中央空调、电梯等主要用能设备的节能操作规程，切实加强其它设备的维修保养和日常用能管理。

（二）全面开展节能技术应用与改造

市行政办事中心在设计时已充分考虑节能要求，竣工初期经广东省建筑技术服务中心勘察评定，其建筑围护结构热工性能符合国家和地方建筑节能强制性标准。投入使用以来，市机关事务管理局持续对其进行了多项节能改造，广泛应用建筑节能技术和产品，具体情况如下：

1、采用双层 LOW-E 镀膜玻璃和遮阳窗帘改善建筑热工性能

原理：外门窗玻璃的热损失占建筑物能耗的 50%以上。Low-E 玻璃产品通过在表面镀上多层金属或其他化合物，配合内遮阳窗帘，可在保持可见光高透过的基础上，大幅降低因中远红外线导致的热损失。

应用及效果：行政办事中心在用所有玻璃幕墙和中庭天棚都使用双层 LOW-E 镀膜玻璃，其透射比可达 80%以上，表面辐射率在 0.25 以下，在保证良好的采光基础上，配合室内安装的遮阳窗帘和双层玻璃提供保温效应，可将室外 80%以上的远红外热辐射反射回去，阻断和减少室内外冷热传导，达到降低空调消耗的效果。经测算，每年可节省电量约 62.55 万度，折合标准煤 76.87 吨，节省电费 56.30 万元。



图1 行政办事中心 LOW-E 玻璃



图2 行政办事中心遮阳窗帘

2、应用自然采光通风井，降低地下停车场能耗

原理：地下停车库主要耗能来自新风和照明系统，通过合理设置自然采光通风井，大幅降低耗能系统的使用时间，降低能耗。

应用和效果：市行政办事中心北楼地下车库建筑面积为 4.24 万平方米，设车位 1625 个。通过设置 32 个采光通风井，实现自然采光与通风，在自然光线充足情况下，可关闭绝大部分地下停车库的照明灯具，并大幅减少新风系统使用时间。同时，井内种植了绿化植物，可吸收汽车排放的废气，提高环境舒适性。据测算，该项设计年节电 43.80 万度，折合标准煤 53.83 吨，减少二氧化碳约排放 143.19 吨，年节约费用 39.42 万元。



图3 行政办事中心北区地下车库自然采光井

3、应用 LED 高效照明产品

原理：LED 灯具是利用直接把电能转换成光能的高效照明产品，较普通白炽灯，节电效果可达 50%以上。

应用及效果：2013 年行政办事中心实施了 LED 室内照明产品改造，共更换 LED 灯 5.5 万盏。项目改造完成后，行政办事中心照明能耗相对改造前降低约 56.01%，年节



图 4 LED 灯改造现场

电 246.49 万度，折合标准煤 302.94 吨，节约费用 221.84 万元。

4、强化公共区域照明系统控制

在茶水间、楼梯间等公共区域应用照明声光控制开关。在其它公共区域，市机关事务管理局根据不同季节、不同时间的采光特点，制定了《公共区域的光控制时间表》，并根据要求严格控制公共区域灯光照明时间。通过技术+管理的模式，做到按需照明，减少无效照明时长。



图 5 行政办事中心内安装的声控开关

5、实施电梯 Σ AI-2100N 群控系统节能改造

原理：电梯群控指多台电梯集中排列，共用召唤按钮，按规定程序集中调度和控制的系统。可实现按用户实际需要调配使用电梯，提升节能效率和水平。可应用的模式分为低峰、常规模式、午间、上行高峰、下行高峰等。

应用及效果：对主楼 6 部电梯加装了群控系统。在相同电梯规格配置

情况下，平均等待时间在上下班高峰期和平常时段分别降低 25 % 和 20 %，60 秒或以上较长时间等待率在上下班高峰期和平常时段分别降低 45 % 和 30 %，更好地适应了在不同客流状况下的用梯需求。该项目实施后，每年节省用电量约 4.78 万度，折合标准煤 5.87 吨，节省电费 4.30 万元。

6、广泛采用节水器具

市行政办事中心节水器具使用率达 100%，洗手间洗手台和便池水龙头均采用红外感应式装置，每年节省水量约 1.29 万立方米，节省费用约 4.83 万元。



图 6 节水龙头

7、应用高效喷淋灌溉等节水技术

市行政办事中心采用了绿化高效喷淋灌溉措施，通过统一控制喷淋开关，对绿化植物进行科学灌溉，既保护了植物生长又达到了节约用水的目的。同时，在停车场、人行道还使用了透水砖等透水措施。



图 7 高效喷淋喷头



图 8 停车场透水砖

8、建设能源资源监管平台

原理：利用物联网技术对能源使用进行实时监测和控制。

应用及效果：监管平台分能耗监控系统和能耗计量监测系统两部分。

监控系统包括数据中心、监控中心以及监管软件平台，计量监测系统包括用电计量监测和供水计量监测系统。平台实现了以下功能：

- 分类、分项与分户计量。

分类计量：对电、水等能源资源进行分类计量。

分项计量：对每类能耗按照功能进一步划分计量，如电能分为照明插座用电、空调用电、动力用电和特殊用电 4 个分项。

分户计量：按部门（房间）进行计量。

- 数据自动采集和传输。

大量采用数字式电能表、数字式水表等具备数字通讯功能的计量器具，实现自动计量、实时采集，并自动实时传输至数据中心。通过三级数据报送，可实时监测行政办事中心内每一个区域及每间办公室的用电情况，实现对用电的分户计量、分项计量。



图 9 安装的三级计量电表（办公室用电计量）

通过多区域的数字水表，可监测行政办事中心各个区域的用水情况，从而实现对行政办事中心的用水分区计量。

- 在线监测、统计分析、定额管理、数据上传和能耗公示。

能耗在线监测：主要包括各类能耗的实时总览、建筑能耗统计表及建

筑详细能耗报表，表格均可直接导出和打印。

统计分析：包括能耗汇总、能耗对比及同类对比。

定额管理：对各个部门、房间进行用能定额分配和管理。

数据上传：用户可把能耗数据上传至云端，把各种能耗报表上报至省市相关管理平台。



图 10 能耗数据实时展示屏幕

能耗公示：能耗数据展示屏设于行政办事中心一楼醒目区域。通过实时发布行政办事中心内各部位用能数据，可督促中心内人员增强节能意识。

9、进行中央空调集成优化控制改造

原理：通过建设中央空调末端精细化管理控制系统，以及冷源运行能效优化控制系统，实现中央空调集成优化管理控制系统，大幅提高中央空调系统自动化管理水平，提高系统运行效率，降低系统能耗。

应用及效果：

- 总体架构：主要由数据服务器及系统软件、现场操作工作站（与监控中心共用）、冷源能效优化控制系统、末端精细化管理控制系统（包括空

调机控制子系统、新风机子系统、空调机子系统和风机盘管子系统）及现场控制通信总线组成。

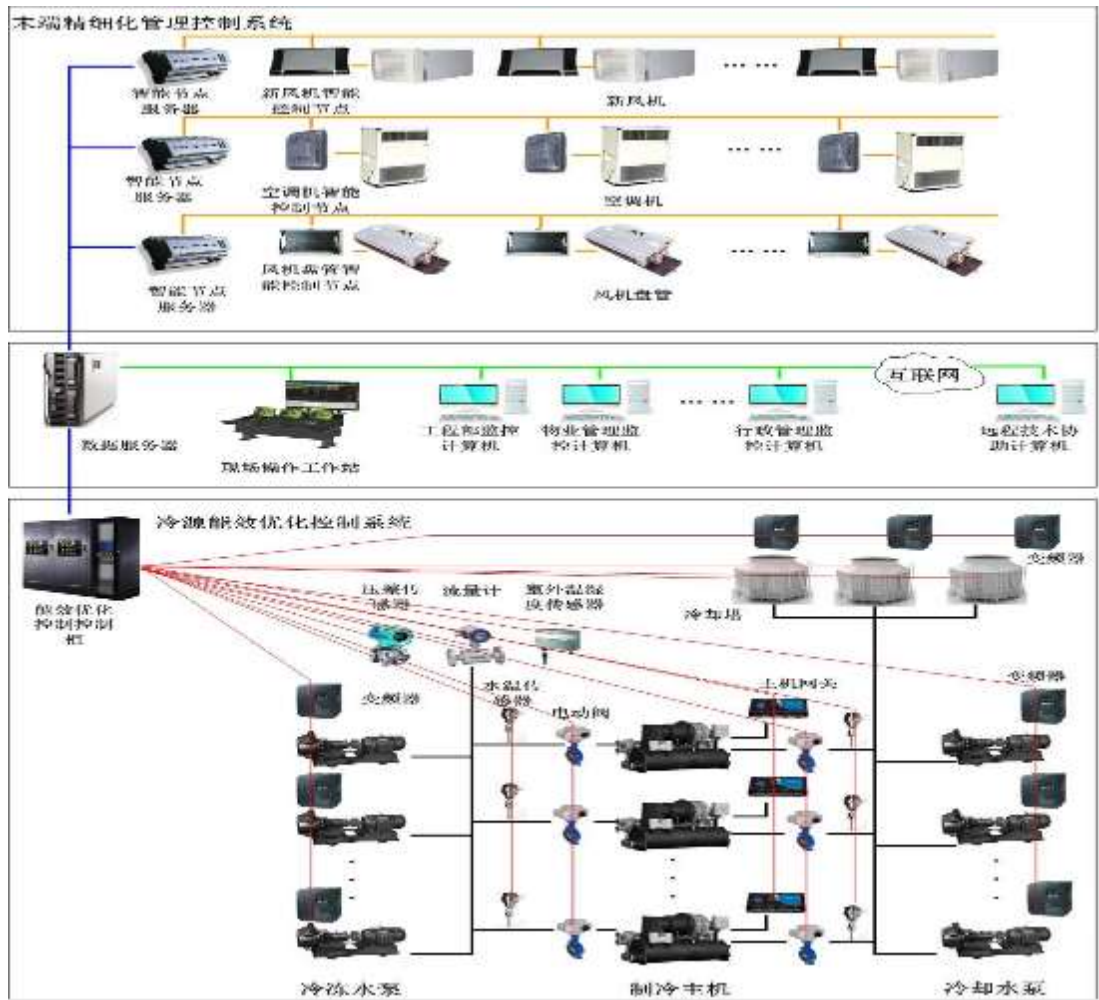


图 11 中央空调集成优化管理控制系统图

● 中央空调末端精细化管理控制系统

搭建室内舒适性监测系统。通过加装室内舒适性采集器，实现室内温度、湿度、二氧化碳浓度、可挥发有机物浓度等参数实时监测，为末端设备运行参数的自动调控提供依据，同时对判断空调系统的实际供冷效果提供最为直观的参考。

在各风柜房内安装空调末端精细化管理控制系统。根据室内舒适性采

集系统的监测参数实现室内空调环境的精确控制，不但改善室内的热舒适性，同时提高了风柜的使用效率，从而大幅降低空调系统的冷量消耗。

对数量庞大且管理困难的风机盘管进行联网控制。根据房间用途，执行相应的控制策略，有效避免设定温度过低、下班忘记关机等现象，大幅节约空调冷量消耗及盘管自身电耗。

● 中央空调冷源运行能效优化控制系统

包括：系统控制模块、制冷主机控制模块、水泵变频控制模块、冷却塔控制模块等，可实现综合调节冷源系统各设备的运行状态，在满足用冷需求的前提下，优化各设备的运行参数，使冷源各设备进行协调统一高效运行，减少冷源能源浪费。

在实现末端精细化管理控制的基础上，进行冷冻水泵、冷却水泵变频改造，包括对每台泵加装变频器，并配置相应变频控制系统，使冷冻水泵、冷却水泵能根据供冷负荷变化及室外气象参数变化进行变流量控制，降低系统能耗。



图 12 水泵变频器



图 13 集成控制机柜

加装冷却塔变频控制系统，使冷却塔在不同季节及气候条件下，能根据主机的运行需求对冷却塔的风量进行动态调节，有效降低风机电耗，同时保障主机的高效运行。

在各冷源机房加装中央空调冷源优化管理控制系统，以实现制冷主机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔、阀门等设备进行整合控制，准确管理冷量输送，并实现设备的优化调配，提高冷源系统整体运行能效。

能耗监管平台及中央空调集成优化控制改造共投入资金 903.77 万元。其中：能耗监管平台与中央空调末端精细化管理控制系统项目投资约 241.91 万元，预期综合节电率达 20%，年节电量约 309.22 万度，折合标准煤 380.03 吨，节省电费 282.26 万元。

中央空调冷源运行能效优化控制系统项目投资约 661.86 万元，预期综合节电率达 20%，年节电量约 309.22 万度，折合标准煤 380.03 吨，节省电费 282.26 万元。

（三）提倡绿色消费方式

1、**落实节能产品采购制度。**根据国家有关强制采购或优先采购节能产品和技术的规定，东莞市制定了《东莞市公共机构优先采购产品清单》。市机关事务管理局积极督促行政办事中心内各单位严格执行，形成了选用节能产品的良好习惯和机制。

2、严格落实室内空调温度设定标准要求

市机关事务管理局在行政办事中心在行政中心内每间办公室的空调温度调控开关和用电开关都贴上温度限制提醒标识和节约用电标识，督促办公人员节约用电。同时，充分运用中



图 14 室内温度提醒标识

中央空调集成优化管理控制系统，实时监测各个办公室的空调使用状态，科学设定中央空调的温度（不能低于 26 度），有效降低空调能耗。

3、推进绿色办公

一是推行电子办公。进行无纸化会议系统改造，以点带面推动无纸化办公；二是采取降低办公设备待机能耗措施。在计算机、打印机等办公设备上设置节电标识；三是推进办公耗材的循环利用。提倡双面打印，完善办公耗材管理，规范耗材采购、领用、更新、更换、维护、淘汰。同时，积极使用再生纸等环保产品。

4、推动绿色、节约用餐理念

机关饭堂使用可回收式餐具，杜绝使用一次性餐具。同时，倡导按需用餐，文明用餐，组织“光盘”行动，杜绝“舌尖上的浪费”。

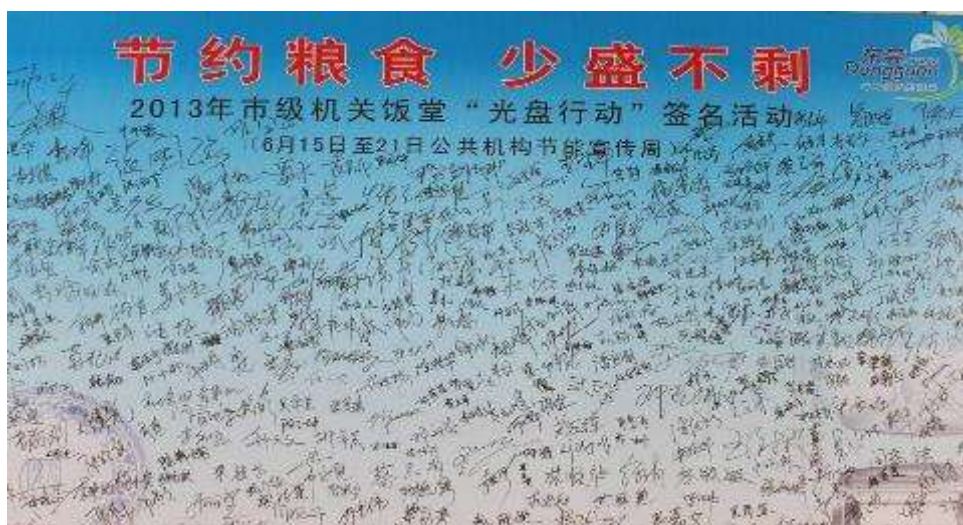


图 15 “光盘”行动签名

5、鼓励低碳出行

行政办事中心设有公共自行车棚，并专门设置了接送员工上下班的公共班车，为员工的低碳和绿色出行提供了便利。



图 16 接送员工的公共汽车

6、推进资源循环利用。试点资源分类回收，在公共区域设置了分类回收箱，按可回收、有害和不可回收对废旧商品和生活垃圾进行分类收集和回收利用。不定期开展废旧物品回收活动，向行政办事中心的工作人员分发废旧物品知识宣传册，将把活动回收的废旧商品交由东莞市东供再生资源有限公司，进入社会循环利用渠道。所获资金交由市红十字会用贫困儿童助学，既实现节能环保，又资助了社会公益。



图 17 室内分类回收箱



图 18 组织开展废旧物品回收活动

7、积极应用新能源交通工具

根据公务需要，市机关事务管理局在行政办事中心购置了 9 辆电瓶车作为机要交通、日常巡逻的交通工具。



图 19 行政办事中心电瓶巡逻车

8、加强餐厨垃圾的回收处理

设置餐厨垃圾回收装置，对餐厨垃圾进行统一回收，选取具有资质的餐厨垃圾回收处理企业，实现餐厨垃圾的回收再利用。



图 20 餐厨垃圾回收装置

（四）加强节能宣传培训

东莞市行政办事中心积极开展形式多样的节能宣传活动。如每年 6 月，按照国家、省统一部署和市的具体大力开展公共机构节能宣传周活动和

“低碳日”活动，由市级领导同志带头参与，全员参与，收到良好的教育效果。定期开展节能培训工作，每年开展2次以上的节能管理人员和设备操作人员培训；每年面向机关工作人员举办1次以上节能知识讲座。



图 21 节能知识宣传展板



图 22 开展公共机构节能知识讲座

三、节能综合效益

(一) 节能效果

通过系列节能措施的实施，节能工作取得显著成绩。以 2010 年年能耗总量为基准，至 2015 年，平均每年节能约为 249.64 吨标准煤，年节能率约为 7.2%，五年累计节能约 1248.21 吨标准煤。

（二）经济效益

项目名称	投资资金（万元）	测算年节约能源费用（万元）
LOW-E 玻璃和遮阳窗帘	建设初期配套	56.30
地下车库天井	建设初期配套	39.42
LED 灯改造	839.29	221.84
电梯节能改造	40.5	4.3
节水器具改造	建设初期配套	4.83
能耗监测平台建设	241.91	282.26
中央空调集成优化管理控制系统建设	661.86	

近几年，东莞市行政中心节能改造项目总投资为 1783.56 万元（其中合同能源管理项目投资 903.77 万元），项目实施年节约资金约为 608.95 万元，年投资收益为 34.14%。

（三）社会效益

东莞市行政办事中心节能改造项目是该市创建节能减排政策综合示范城市工作的重要组成部分。该项目实施后，使东莞市行政办事中心内 43 家市级党政机关的能耗水平和机关运行成本得到有效降低，能源利用效率有效提高，行政办事中心也成为东莞市节能减排的示范窗口。

四、心得体会

作为市级党政机关集中办公区，东莞市行政办事中心通过强化节能管理，实施节能改造特别是大力践行“绿色消费”节能行为模式，有效地降低了能耗水平，成为所在区域节能工作的示范引领者。

行政办事中心开展公共机构节能工作的系列管理和改造措施，可为国内各级特别是市、县级党政机关集中区提供借鉴。一是放大能耗监管平台实时公示能耗的功能。在公共区域设置能耗数据公示电视墙，按办公室实时公示能耗数据和排名，有效激发干部职工合理用能的自觉性。二是充分沟通协调，统筹实施改造。作为业主单位，针对入驻单位多，改造协调难度大的实际，东莞市机关事务管理局在改造前多方听取各单位意见建议，反复优化改造方案，对局部分办公室先行改造，邀请各单位参观改造效果，打消顾虑，取得支持。实施改造时，尽量利用节假日时间进行，并提前向各单位提供施工时间表，让各单位预有准备，最大限度减少对正常办公秩序的影响。三是用好节能技术支撑资源。合同能源管理项目改造完成后，积极与节能服务公司协调，请其派出5名技术员长驻行政办事中心，负责管理维护设备。同时，组成包括市机关事务管理局、物业服务公司和节能服务公司人员参加的协调小组，及时沟通解决设备的维护和管理问题，为保证发挥节能改造项目效益提供了有力技术支撑。

加强节能管理 实现绿色运行

努力成为节约型公共文化窗口单位

中国国家博物馆节约型示范单位建设案例

案例摘要：

中国国家博物馆通过加强节能管理、完善制度建设、节能技术改造、开展节能宣传培训等措施，做到了由定性管理转变为定量管理，由行政管理转变为科学管理，实现了精细化管理和运行。由于藏品和展览条件、参观人数及舒适度情况、开放时间、天气情况等因素都会直接影响到空调系统的负荷，因而能源消耗会出现明显的波动性。2011年3月新馆开放以来，国家博物馆实施了空调机组变频控制改造、热力站增加自控系统改造、制冷站完善自控系统改造、中央空调系统群控策略改造等一系列节能改造项目，在参观人数每年同比增长28%的前提下，能耗逐年下降，能耗总量从最高的1.07万吨标准煤下降到5423吨标准煤。北京市自2013年开始碳排放履约工作以来，按时完成各年度的各项碳排放工作任务，累计结余二氧化碳排放配额量1.36万吨。中国国家博物馆通过严格的制度、科学的管理、积极的宣传和技术改造等手段，大大减少了能源资源消耗，降低了管理成本，实现了节能提质增效。

一、国家博物馆基本情况

国家博物馆隶属文化部，是集收藏、展览、研究、考古、公共教育、文化交流等职能于一体的综合性博物馆。国家博物馆新馆于2007年开始

进行改扩建,2010 年底竣工,获政府颁发的鲁班奖。建筑面积由原来的 6.5 万平方米增加到近 20 万平方米,现为世界上建筑面积最大的国家博物馆。2013 年国家博物馆改扩建工程荣获住房城乡建设部颁发的三星级绿色建筑设计标识;2014 年在第十五批绿色建筑评价标识项目中被评为公共建筑类三星级绿色建筑运行标识;2015 年被评为全国节约型公共机构示范单位。

国家博物馆收藏文物 130 多万件,这些文物都是中华民族的文化瑰宝,其对馆内温、湿度要求高,且十分严格。不同类型的文物要求设置不同的温、湿度,且均为恒温恒湿。相比办公建筑、写字楼和星级酒店等商业类建筑来说,空调系统运行工况复杂多样,运行时间基本为 24 小时不间断,加大了能源消耗。中国国家博物馆作为中华文化的祠堂和祖庙、作为中国梦的发源地和国家的文化客厅,是展示我国文化软实力的重要窗口。2011 年 3 月国家博物馆新馆正式开放,当年共接待观众 370 万人次。2015 年接待观众数量达到 763 万人次,被美国和英国有关机构评为全球最受欢迎的博物馆排名第二位。

二、案例具体实施情况介绍

(一) 加强节能管理,完善制度建设

国家博物馆成立了以吕章申馆长为组长的节能领导小组。大力加强节能制度建设,从源头上规范用能行为,提出年度节能计划及中长期节能规划,



图 1 节能组织机构图

开展节能技术革新。

先后制定了《中国国家博物馆节约资源能源管理制度》、《中国国家博物馆展厅照明空调使用办法》、《中国国家博物馆用电管理办法（试行）》及各类设备的运行管理、记录和技术文件规范。这些制度对能源的输入、加工转换、分配传输、使用、定额管理、节能技改作出了详细规定，有效地加强了能源统计分析等基础工作，对科学使用能源起到了约束作用。

（二）及时维护保养，注重技术节能

对空调、照明、电梯、给排水等系统及时维护、保养并因地制宜进行技术改造，是国家博物馆实现节能的重要手段。

1、空调机组变频控制改造

（1）改造前系统情况

国家博物馆共有 170 台 380V, 5-30kW 的空调机组。机组全部按恒湿恒温设计，均为定频送风机。

（2）改造内容

针对 170 台 380V, 5kW-30kW 空调机组在现有工频正常运行的基础上增加变频就地、远程启动功能。同时将变频控制纳入楼宇控制系统，风机区分不同工况变频调节，减少设备长期在恒速下运行和利用风阀调节风量造成的能源浪费。送风机根据变频器所给频率自动运行，其频率大小与冷水阀、热水阀及加湿阀的开度大小有关（现场负荷大时频率高、负荷小时自动降频），同时也可以根据需要手动设置变频器的频率，最终实现不同区域机组根据实际运行工况，在满足温湿度、风速、洁净度、空气新鲜程度等运行参数的基础上调节变频器频率，从而节约能源消耗、实现空调机组节能高效运行。

(3) 节约能源资源效果分析

第一批变频改造部分机组加装变频器前后一天用电量(24 小时全开)分析如下,改造后平均每台机组节约电量 40%以上。图 2 为改造增加的变频柜和智能电表。



图 2 变频柜及智能电表

机组	AHU10.55-7	AHUB2-7	AHU1.4-18	AHU13.5-20	AHU21-6
改造前	483 kWh	510 kWh	680 kWh	343 kWh	238 kWh
改造后	266 kWh	280 kWh	394 kWh	191 kWh	135 kWh
节约电量	45%	45%	42%	44%	43%

(4) 技术经济性分析

变频改造从 2013 年到 2015 年共进行了四批,总计变频器台数 89 台,功率最大的 30kW,最小的 7.5kW。年平均节约电费 289 万。总投资 202.6 万,平均收回成本时间为 8.5 个月。详见下表:

变频改造情况							
期数	改造时间	台数	功率总计 (kW)	节约比例	年节约费用 (万元)	总投资 (万元)	收回成本时间 (月)
1	2013	10	204	40%	41	26.7	8
2	2014 上	22	288	40%	58	46.9	10
3	2014 下	42	445.5	40%	156	89	7
4	2015	15	169	40%	34	40	14
总计		89	1106.5	40%	289	202.6	8.5
年节约费用计算背景：公共区机组，按照冬季 100 天 24 小时全开，其余季节 265 天每天开 10 小时计算；展厅和库区机组，按照 365 天每天 24 小时全开计算。40% 的节约比例为统计第一批十台机组改造前后节约电量的平均数							

2、热力站增加自控系统改造

(1) 改造前系统情况

热力站采用一次侧安装自力式温度调节阀，根据二次侧供水温度调节阀开度。首先，由于自力式温度调节阀控制精度有限加之设备老化，无法完成相应调节功能，因而运行中必须依靠人工调节。但人工调节不可避免存在滞后或超调现象，当末端负荷发生变化时，市政供热量没有进行及时调整，势必造成能源浪费。其次，供热系统中的循环泵，虽然已加装变频装置，但是并没有根据系统末端负荷的变化进行自动变频调节，一直处于工频状态运行，造成了能源浪费。

(2) 改造内容

以冬季供热板换为例（见图 3），在每组板换的一次侧、二次侧分别加装温度（T）和压力传感器（P），在回水管上加装电动调节阀门（M），全热力站共加装传感器 57 个（29 个温度、28 个压力），电动调节阀门 7 个。现场 IQ3 控制器将供水温度与设定值进行比较，经比例积分运算控制供水管

路上的一次侧电动二通阀开度,调节供水流量,使供水温度保持在设定值。二次水温度设定值分冬夏季模式可分别调整。控制器内部时钟,可将一周内的每天任意分为多个时段,每个时段设定不同的供水温度进行节能控制。循环水泵 3 用 1 备,变频器频率根据供回水压差控制。控制器与楼宇自控系统服务器联网,实现远程参数调整、报警提示和图形显示功能,并根据实际需求增加本地控制计算机,方便值班人员直观、及时的观察系统运行工况(见图 4)。

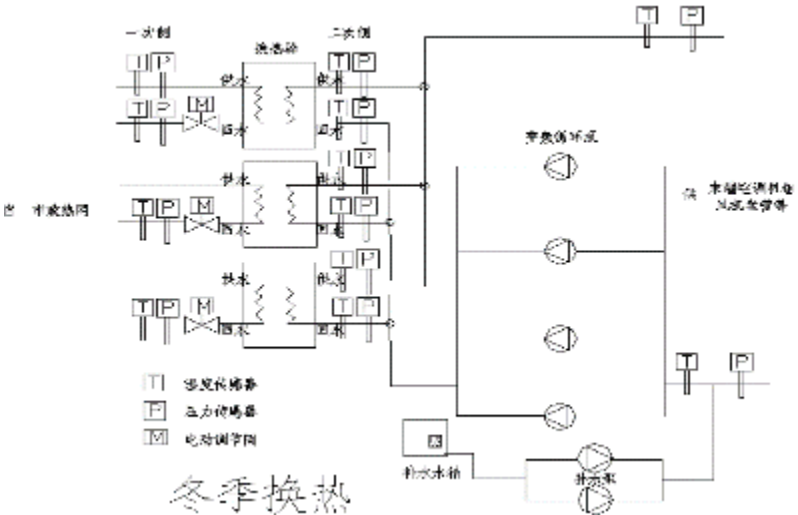


图 3 热力站冬季供热板式换热器



图 4 热力站夏季换热器工作界面

(3) 节约能源资源效果分析

2014 年改造完成后与 2013 年同比热流量变化情况见下表：

热力站改造前后热量对比数据统计			
月份 \ 热量/GJ	年份		节省量/GJ
	2013	2014	
9	4712	2789	1923
10	4377	2112	2265
11	6864	6789	75
12	10598	8095	2503

(4) 技术经济性分析

2014 年 9 月份改造完成后，同比改造前一年和改造后一年的热流量数据，一年中节约了热流量约 8500GJ，当时热流量单价为 80 元/GJ，一年节约了热力费约 70 万元。而热力站增加自控系统改造的投资约 30 万元，即半年内可收回成本。

3、制冷站完善自控系统改造

(1) 改造前系统情况

国家博物馆制冷系统建成时间较早，存在自动化程度低、冰池数据监测值不准、供水温度控制波动较大，在 3.8~8.6℃之间（见图 5）、未监测冷机内部运行数据等问题。

而改造后冷冻水出水温度在 6.6~7.1℃之间（见图 6），波动明显降低。

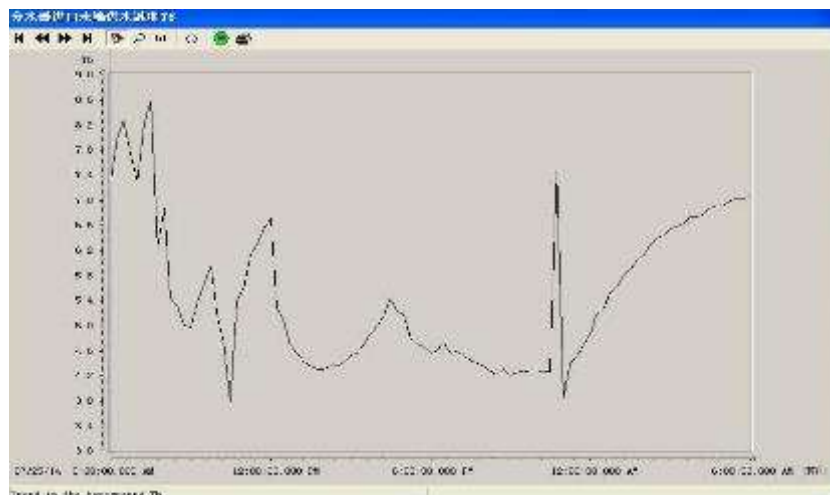


图5 改造前冷冻水出水温度

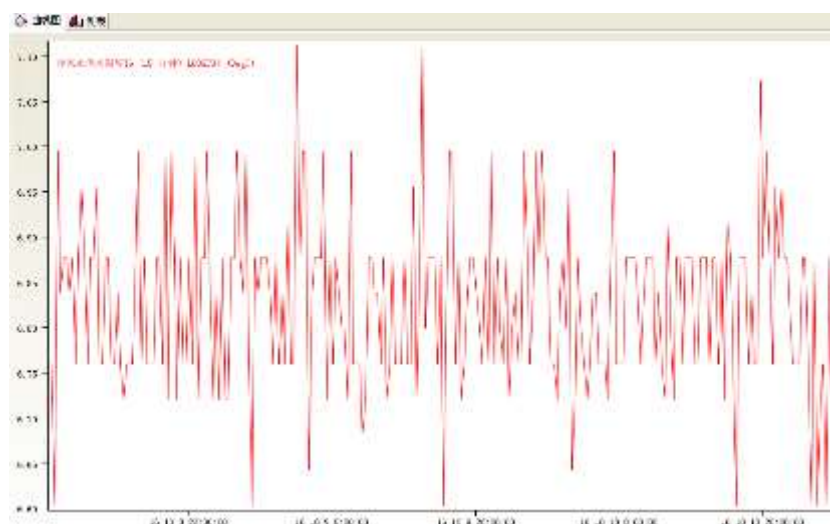


图6 改造后冷冻水出水温度

(2) 改造内容

尽可能利用原有电动阀门和传感器，通过加装少量现场设备以及更换更为先进、智能的控制系统的方式，实现各种工况自动组合，包括单机组联动控制，多机组联动控制，多种工况自控控制（见图7）等。并在此基础上结合负荷预测，根据当天负荷总量合理分配冷机及冰池融冰负荷，自动进行制冰、融冰、融冰+基载主机全过程控制。自动按照负荷要求进行加减基载制冷机及其辅助设备，保证基载主机在高效负荷下运行，最大可能的

实现“移峰填谷”(见图 8),同时将冰池特殊作用融入控制策略内,实现最优控制。

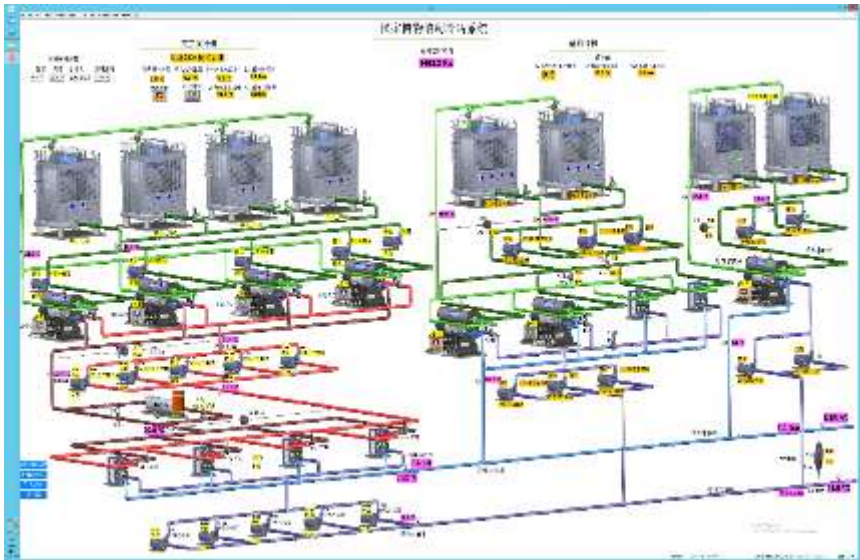


图 7 制冷站工作界面

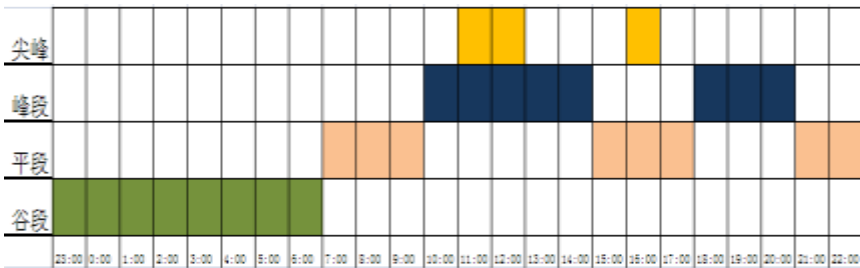


图 8 移峰填谷电价表示意图

(3) 节约能源资源效果分析

由于制冷站完善自控系统工作刚刚完成,还未经历一个完整的制冷季,所以目前还缺乏准确、详细的节能数据。但仅从改造完成后的 8 月份看,整体用电量比去年同期节约了 50 万度,在馆内没有其他重大负荷变化的前提下,制冷控制系统的改造是能源资源节约的重要原因。

(4) 技术经济性分析

制冷站改造总投资约 85 万,保守估计一年内能收回成本。

4、中央空调系统群控策略改造

国家博物馆原有的暖通系统主要为末端空调机组的自控，各核心机房相对独立，各自为政，不能及时根据末端负荷变化来调整运行工况，如热力站依靠精度较低的自力式温控阀及手动干预等措施，制冷站主要靠经验来固定日程的启停冷机切换制冰、融冰、制冷等工况。此类控制方法延迟性较高，准确度较低，温度曲线波动大，经常造成不够用或浪费的现象。

改造后，制冷系统、热力系统等实现了在保证满足总供水温度的前提下，通过空调末端供回水压力和供回水温度反馈的负载变化，调节运转模式、开启台数、冷冻水泵、热水循环泵频，调变流量。改造后的楼控系统控制对象涵盖暖通空调系统末端设备及核心设备，从末端设备到核心设备均可以根据现场实际负荷联动控制（见图9）。运行和操作均在统一的人机界面环境下进行，实现信息、资源和任务共享，完成集中与分布相结合的监视控制和管理的功能。通过对各子系统资源的收集、分析、传递和处理，实现了各子系统设备始终处于有条不紊、协同一致的状态下运行，确保博物馆内舒适和安全的环境，实现库区及展厅的恒温恒湿，节约了大量的能源、提高了设备运行效率、延长了设备使用寿命。



图9 暖通系统群控系统

整个暖通系统实现集中监视、控制后，为日常运行管理维护带来了以下优点：

- 采用了统一的模块化的硬件、软件，便于物业管理人员掌握管理技术和参与系统的维修保养；

- 采用模块化、分布处理方式，具有很强的局部灵活性，可以满足对已建成项目有经常修改及调整要求的工程。在整体系统正常工作的情况下，能够在局部范围内调整，升级换代，并经确认无误后，再无缝连接到中央集成系统中，具备很高的灵活性；

- 浏览器/服务器（B/S）模式，在内部网络上的任何一台 Web 浏览器，只需安装通用的单一浏览器软件，而无需安装特定（或专用）的软件，就可以实现对大厦内各种各样信息与资源的调用、报警与状态的监视，以及完成各类任务的处理。同时避免了客户机/服务器（C/S）模式下相对复杂的程序操作；

- 对于系统日后的功能及网络性能的提升，只需更新服务器端，而不必更新客户端。因而大大的减轻了系统升级和维护的成本及工作量；

- 提高工作效率和管理质量；

- 提高管理层决策准确性与全局事件处理的能力；

- 可以实现远程的监控和管理操作及数据库访问。

（三）开展节能宣传培训，增强节能意识

通过加强节能教育宣传，引导全体干部职工树立节能减排的理念，增强“人人节能减排”的意识和行为自觉。充分发挥国家博物馆的“窗口”功能，向参观博物馆的社会公众宣传节能减排知识，增强社会公众的“资源意识”、“节能意识”和“环境意识”，让生态文明主流价值观深入人心，

从而推动全社会形成良好的节能氛围。国家博物馆每年邀请专家举办节能技术专题讲座，组织人员参加能源管理培训，不仅提高了对节能政策、法规和技术知识的认识，也为全面开展节能工作奠定了良好的基础。



图 10 食堂、卫生间等场所张贴“请节约用水，从你我做起”、“节约用纸”标识



图 11 向观众发放《绿色低碳生活小知识》宣传册及节能产品留影



图 12 观看以“节能有道，节俭有德”、“节能领跑，绿色发展”为主题的宣传栏



图 13 “携手节能低碳，共建碧水蓝天”宣传栏、“设备管理与节能技术”专题讲座、



图 14 节能宣传周发出节能倡议书

三、节能综合收益

(一) 节能效果

国家博物馆改扩建工程完成后，自 2011 年 3 月正式开馆运行以来，通过加强能源管理和技术创新，在参观人数每年同比增长 28%的前提下，能耗逐年下降，能耗总量从最高的 10778.97 吨标准煤降至 5423.08 吨标准煤，节能成效十分显著。



图 15 “十二五”期间参观人数与能耗变化趋势

北京市自 2013 年开始碳排放履约工作以来，国家博物馆按时完成各年度的各项碳排放工作任务，累计结余二氧化碳排放配额量 13601 吨，履行了博物馆人节能减碳的社会责任。



图 16 “十二五”期间碳排放配额及实际排放量

（二）社会效益

中国国家博物馆在每年重点用能单位节能目标责任评价考核中均被评为优秀，在博物馆类公共建筑中发挥了示范带动作用。每年接待国内外多家单位来馆调研学习节能工作，2013 年国家博物馆改扩建工程荣获住房城乡建设部颁发的三星级绿色建筑设计标识；2014 年在第十五批绿色建筑评价标识项目中被评为公共建筑类三星级绿色建筑运行标识；2015 年被评为

为全国节约型公共机构示范单位。“十三五”时期，国家博物馆将进入全面建设“世界一流”大博物馆目标，进一步加强节能科学管理，进一步提高各项工作管理水平，积极弘扬中华优秀传统文化，大力传播中华民族伟大复兴的中国梦，充分发挥国家博物馆的展示中华文明的重要窗口作用、培育民族精神的重要基地作用以及引领文博事业科学发展的重要示范作用。

四、案例推广前景

截止 2015 年年底，全国登记注册的博物馆约 4692 家，由于博物馆具有文物储藏保管、对外开放及文化研究的特殊功能，相比办公建筑、写字楼和星级酒店等商业类建筑来说，其空调系统运行工况复杂多样，国家博物馆所采取的空调机组变频控制、以及中央空调系统群控策略等节能管理实践可以在全国博物馆等公共文化窗口单位推广。

推行“教育节能”和“节能教育”

—北京交通大学节约型示范单位建设案例

案例摘要：

北京交通大学把节能贯彻于学校的教育体系，运用现代通信与控制技术，构建校园智能化能源管理系统，实现了“教育节能”和“节能教育”的有机融合。北京交通大学将节能教育列入教学计划，通过课堂教育、校园教育、示范教育、实践教育等加强对在校学生的节能教育和宣传。三年来实施了建筑物围护结构改造、教室照明系统、空调智能节电系统、电梯能量回馈系统、锅炉烟气余热回收等三十多项节能改造项目，广泛运用节能产品和新能源产品，提高建筑物和运行设备的能效水平。建设了涵盖校园全部能源消费因素的智慧型能源管理系统，将节能监控平台、供暖自动控制、三维地下管网、教室智能监控、图书馆智能节电控制、无负压供水智能控制、智能安防系统、自动报修平台等进行系统集成，实现了用能情况在线监控和实时分析，预测能耗变化趋势，优化调度和管控，实现了高校节能管理智能化。2015 年按照 GB/T23331 的要求，学校建立了能源管理体系，并获得认证。2011 年以来，北京交通大学在建筑面积、用能设备不断增长的情况下，能源消耗总量年均下降 1047 吨标准煤，节约用水年均 5.4 万吨，平均节能率 6.49%，节水率 4.46%。每年间接减少排放二氧化硫 23.2 吨、氮氧化物 22.0 吨、烟尘 13.5 吨。北京交通大学发挥教育机构的特点，把节能工作融入到教育之中，实现能源消费的可视化、系统化管控，

其节能实践对全面、系统提升高校节能工作具有借鉴意义。

一、学校基本情况

北京交通大学作为交通大学的三个源头之一，历史渊源可追溯到 1896 年，是中国第一所专门培养管理人才的高等学校，是中国近代铁路管理、电信教育的发祥地。现为教育部直属，教育部、中国铁路总公司、北京市人民政府共建的全国重点大学，是国家“211 工程”、“985 工程优势学科创新平台”项目建设高校和具有研究生院的全国首批博士、硕士学位授予高校。学校在北京市海淀区建有东西两个校区，总面积近 1000 亩，建筑面积 91 万平方米。全日制学生 24742 人，长期外国留学生 747 人，在职教职工 2961 人。

二、案例具体实施情况介绍

（一）全面加强节能管理

一是健全机构。成立节约型校园建设领导小组，作为学校能源使用管理的最高决策机构，副校长任组长。下设 3 个专门机构：能源管理办公室，设专职管理和技术队伍，负责推进校园节能的具体工作；低碳研究与教育中心，负责低碳技术与经济领域的跨学科研究，同时开发低碳技术与经济的课程及相关教材；新能源研究所和新能源学院，负责新能源开发、利用和推广有关的科研、教育工作；各学院和二级单位设能源管理员。节能管理、教育和研发的团队中，共有专、兼职教授 6 人、副教授 7 人、能源管理师 2 人、教师及工作人员 90 余人。



图1 组织机构图

二是建立长效机制。将节能工作纳入学校年度工作计划，并进行考核。通过能源管理体系认证，制定《北京交通大学能源使用管理办法》对各二级单位进行能源指标分解；出台《北京交通大学地下管线信息管理办法》，对地线管线统一管理；出台“谁投资谁受益、谁节约谁受奖”的节约激励政策，鼓励各二级单位开展节能技术改造和能源指标管理。

三是建设管理平台。学校建成包括能源监管平台、地下管网三维系统、水电无人值守系统等在内的综合监控中心，实现对全校能源的实时监测与计量以及水、电、暖智能控制。



图2 能源监管平台

四是引进合同能源管理新机制。以学生活动中心为试点，委托节能公司进行节能改造和能源管理，节能收益由节能公司和学校按比例提成。

（二）全方位开展节能技术改造

学校的技术改造涵盖水、电、气、油等各个能源领域，近3年进行节能技术改造共计30余项。

1、建设中水处理和回用系统

集中式浴室洗浴废水，经过中水处理系统去除污染物质，用作冲厕用水、绿化用水和景观湖补水；对宿舍楼公用水房产生的废水，经处理后回用作该建筑的冲厕用水。

学校建有两座中水处理站，将洗浴污水处理后排入明湖储存，用于景观湖补水和绿化用水，年节水7万立方米。投资回收期：两座中水站投资约300万元，年节水7万立方米，合42万元，投资回收期7.2年。

在两栋学生公寓楼（住宿学生2600人）安装了微型中水设备，将洗漱废水处理用于本楼冲厕。节水率可达40%以上。投资回收期：共投资20万元，年节水0.6万立方米，合3.6万元，投资回收期5.6年。



图3 中水处理回用系统

2、建设雨水收集利用系统

原理：收集建筑物周边及路面雨水，经初期径流弃流后，作为景观湖

应用及效果：2005 年，我校开始实施“雨水拦截工程”，将教学西区、家属区西区共约 20 万平方米汇水面积的雨水全部汇入学校明湖，用于景观湖补水和绿化用水。



3、安装无负压供水系统

应用及效果：对全校 12 个水泵房进行了改造，全部更换成无负压供水设备，与传统的水箱供水相比，年节电 40 万度以上，节电率可达 30%-60%，并且保证了供水卫生和安全。



37

4、对锅炉房进行烟气余热回收与空气源热泵节能改造

原理：烟气余热回收是通过将供暖时产生的高温烟气（约 130℃左右）导入板式气水换热器，加热水箱内的自来水至 60℃，再用冷水勾兑到适宜温度后供应浴室，同时将降温后的烟气排出室外，实现节能减排。

空气源热泵是从空气中吸收热量来加热水的“热量搬运”装置，交换机中的制冷剂通过改变状态吸收空气中的热量，并将热量转换给水，从而完成热量转换。

应用及效果：

A) 东校区主要采用锅炉换热方式进行供暖，每年 11 月至次年 3 月的供暖时间段，会产生大量高温烟气，安装了烟气余热回收装置，则可以利用烟气的热量对学生浴室热水进行加热。经统计，烟气余热回收装置每日可回收热量 300 万千卡。而每年 5 月中旬至 9 月底室外温度较高，空气热量较大，则改为运行空气源热泵对洗浴热水进行加热。经统计，空气源热泵制热量为 13.76 万千卡/小时。若采用燃气锅炉进行浴室热水加热，东校区浴室热水锅炉全年消耗天然气 99913 立方米，折合标准煤 121.32 吨，而应用本系统后全年耗电 99480 度，折合标准煤 12.28 吨，平均每年节约天然气折合标准煤 109.04 吨。

投资回收期：总投资 56 万元，回收期 3.98 年。

B) 红果园宾馆换热站余热回收项目

红果园宾馆换热站供热面积 20 万平米，冬季运行期间由于换热设备散热，室内温度较高，尽管采用 1 台风机 24 小时排出热风，室温仍在 35-40℃，影响电器设备的安全运行。可利用空气源热泵的特性将空气降温的同时产生热水。

红果园宾馆及公寓的生活热水由市政供热系统供热，分为高低区供水，地区利用自来水压力直供，高区设一个调节水箱增压供水。冬季可利用热泵将换热站降温产生的热水给红果园宾馆及公寓供生活热水作补充。

学校在锅炉房原址处新建一个教工餐厅，内有四个餐厅，建筑面积 500 平米，夏季空调采用多联式空调机组，单机输入功率 19kW。可利用空气源热泵夏季制热水产生的冷量为宾馆、餐厅或邻近办公室供新风的空调冷风。

考虑到换热站与餐厅只有一墙之隔，冬季可将换热站的热空气直接供给餐厅，既解决餐厅供暖也解决餐厅新风。

运行成本分析：经计算，市政热力加热成本为 14.88 元/立方米，热泵余热回收加热成本为 5.3 元/立方米，每立方米可节约 5.58 元。每天平均产热水 40 吨，每年运行 330 天，共可节约 12.65 万元，同时节约空调电费 1.116 万元，全年共节约 13.766 万元。

投资回收期：投资 32 万元，回收期为 2.32 年。

C) 学苑公寓烟气余热与空气源回收项目

在采暖季，热能取自学苑公寓采暖燃气锅炉烟筒排出的烟气，在烟筒出地面处用风机将烟气引到板换和烟气源热泵系统，烟温从 160℃降到 30℃后排放。将自来水从 15℃加热到 55℃，储存到 150 吨的水箱内，浴室开放时，输送到锅炉房内的混水器进口。

在非采暖季节，为空气源工况，烟气源热泵在空气源工况运行，四台烟气源与四台空气源热泵运行循环加热水箱。

效益分析：

(1) 采暖季

热量来自采暖锅炉排放的烟气余热，一般情况板换风机运行可满足浴

室需求，风机功率 3kW，每天运行 24 小时，耗电量 72 度，电费 38.16 元，供水泵 20kW，每天运行 5 小时，耗电 100 度，电费 53 元，共计电费 91.16 元。按照每天供水 150 吨计算，吨水成本为 0.7 元。锅炉加热燃气费成本为 13.3 元，每吨水节约 12.6 元，每天节约 1890 元，采暖季共节约 22.68 万元。

(2) 春秋过渡季:每天空气源热泵运行 20 小时供水 160 吨，输入功率 74kW，每日耗电 1480 度。平均每吨水耗电 9.25 度，电费 4.91 元，比锅炉节约 8.39 元/吨，每天节约 1342.4 元，春秋过渡季 90 天，节约 12.0816 万元

(3) 夏季:每天运行 16 小时供水 160 吨，输入功率 74kW，每日耗电 1184 度电。平均每吨水耗电 7.4 度，电费 3.922 元，比锅炉节约 9.378 元，每天节约 1500.48 元，夏季 150 天，节约 22.5072 万元。

投资回收期：总投资 298 万元，年节约 57.2688 万元，回收期为 5.2 年。

5、安装浴室太阳能及洗浴污水余热回收系统

原理：洗浴废水约为 30-34℃，余热回收装置能够将洗浴污水中的热量通过热泵热回收的技术进行提取，用于加热新的自来水。

应用及效果：主校区浴室主要集中在学生活动中心地下一、二层，共包括 369 个喷头，占地 1000 多平方米，用水较为集中。学生活动中心楼顶采光条件较好，安装了 300 平方米太阳能集热器对洗浴水加热。同时在学生活动中心浴室洗浴废水池安装洗浴污水预热回收装置，日产洗浴热水 150-200 立方米，吨水成本 11 元降到 5 元，节能率约 50%。

投资回收期：总投资 270.74 万元，年节省 36 万元，回收期为 7.52 年。



图 6 浴室太阳能及余热回收系统

6、安装光伏发电系统

原理：利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术，主要由太阳电池板（组件）、控制器和逆变器三大部分组成。

应用及效果：在电气工程楼、逸夫楼楼顶安装了 70kW 光伏发电系统，在 18 楼南侧外立面、电气楼南侧外立面安装 250kW 光伏发电系统，用于楼内照明用电和其他用电。

投资回收期：总投资 94 万元，年发电 11.71 万度，年节约 5.8 万元，回收期 16.2 年。

7、安装电梯能量回馈装置

原理：利用电梯重载下行、空载上行及刹车过程中产生的能量，转化为电能反馈回电网，减少电梯耗能。

应用及效果：2012 年，在思源楼、学苑公寓等 15 栋高层建筑安装电梯能量回馈装置 40 套，节电率 30%。2016 年又对其余 50 部电梯加装了此系统，全校电梯年节电约 100 万度。同时避免了电梯机房的热效应从而减少空调耗能。

投资回收期：总投资 116.5 万元，年节省 50.85 万元，回收期 2.29 年。



图 7 电梯能量回馈装置

8、建设地下管线三维系统

原理：地下全景三维模拟，真实展现地下管网细节，实现校内多种地下管线的三维可视化管理。

应用及效果：学校于 2013 年对地下管线进行探测和建模，建成地下管线三维系统，使地下管线分布一目了然，并有详细的管线配置资料，供学校基建、后勤部门查询，为建设施工提供依据，并避免施工中挖错挖坏现象。

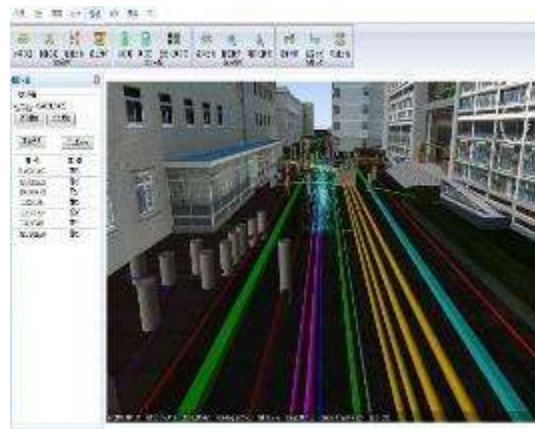
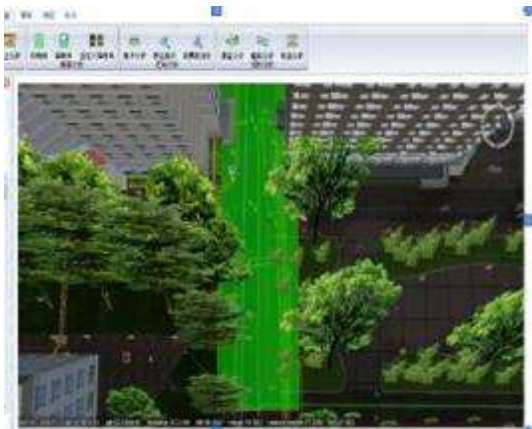


图 8 地下管线三维系统

9、建设地下供水管网探漏系统（正在建设当中）

原理：通过采集及分析管道的振动信号来识别管网是否有漏水，并发出警报。

应用及效果：在现有地下管线三维系统的基础上，在全校的上水管线安装此系统，预计 2016 年底完工。系统可自动完成漏水判别并无线上传检测结果给数据服务中心，并能够确定出漏水点的大体位置，为人工勘察和维修提供可靠的指导。预计 2 年内可收回投资成本。



图 9 地下供水管网探漏系统示意图

10、安装教室照明及空调智能节电系统

原理：通过自动监测室内人数和室内温度开启或关闭空调；通过自动监测自习室室内人数和室内光照强度开启或关闭灯光。

应用及效果：以逸夫楼 43 个教室为试点安装教室照明及空调智能节电系统，对空调和灯光有序控制。实现了自习室内温度和人数达到设定临界值以上才开启空调，自然光照强度低于设定的临界值可开启灯光，并且根据上自习学生人数分区域开启灯光, 节电率 28%。



图 10 智能教室控制系统

11、在食堂安装节能设备

应用及效果：购置两台炒菜机器人，与普通灶台相比，节省水和燃气

50%左右，油烟排放减少 86%，并大幅提升炒菜工作效率，减少了人工。改造 154 台节能燃气灶，减少燃气消耗和污染物排放，节气率 30%以上，年节气 29 万立方米。安装十台节水洗菜机，节水率达 30%。引进米饭生产线，实现学校食堂米饭统一配送，减少了人工成本，提升工作效率和服务质量。

投资回收期：投资 61.75 万元，年节省 60 万元，回收期 1 年。



图 11 炒菜机器人和节能灶

12、建设节能监管平台

原理：利用物联网技术对能源使用进行监测和控制。

应用及效果：2010 年建成能源监管平台一期，2013 年建成平台二期，实现全校水、电、气、暖的全方位、全过程的监测和控制。以供暖为例，北京交通大学供暖能耗约占全年能耗的 40%，能源监管平台通过以下 4 个方面对供暖进行监测和控制。一是在供暖末端安装温度传感器，在楼宇进户处安装电动调节阀，通过平台对室内温度实时监测，对进户阀门进行调节。二是在换热站内安装温度传感器及电动调节阀，当检测到热回水温度超过经验值时，可切断一次供水热源交换过程，直接进行二次供水自身循环。三是实行分区分时供暖模式。将教学楼区、办公区、宿舍区进行划区域分时供暖，如对夜间无人教室实行低温运行，假期进行集中住宿，对空闲宿舍和教学楼实行低温运行等。四是通过能源监管平台压力数据的异常表

现辅助发现“跑冒滴漏”现象，减少能源浪费。能源监管平台的使用，可及时准确地掌握供暖效果，及时作出调整，既保证供暖温度又达到节能效果，与平台使用前人工监测、手动调节进行对比，年可节约供暖经费 100 万元。

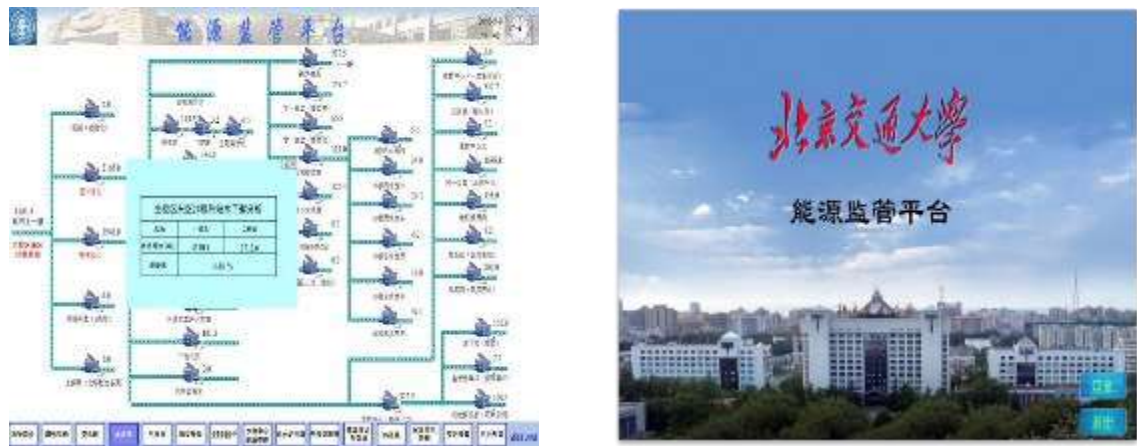


图 12 能源监管平台

（三）多种方式开展节能教育

一是课堂教育。将环境和可持续发展列入工科培养方案和毕业要求，在建筑、交通、物流、管理、电气工程等多个专业开设节能及可持续发展相关课程，电气工程学院承担新能源教育教学任务，2015 年新设立汉能新能源学院，专门培养新能源发电及综合有效利用以及节能方面专业人才。开展节能专题讲座，对学生进行教育。



图 13 节能教育讲座

二是环境教育。在学校广泛应用节能产品并进行相应宣传，在学生宿舍、食堂布置节能宣传标语，将低碳教育手册发放到学生手中，在学生活动中心人流密集的地方设立大屏幕，集中展现太阳能、污水余热回收、中央空调节电、中水和雨水回用、水质监测、空气净化等节能技术和实时数据，使学生生活在“节能无处不在”的环境中，形成无声之教。



图 14 营造节能环境

三是示范教育。树立节能先进典型人物，例如学校的吴国璜老师名字首批刻上北京市节水功德碑，并被列为北京榜样人物候选人，请他举办讲座和座谈会，用榜样的力量引导学生。



图 15 吴国璜老师在北京榜样颁奖现场



图 16 吴国璜老师给学生讲节能

四是实践教育。组织学生参加各类节能活动和比赛、担任节能宣传员，引导学生主动参与节能行动。2013 年，我校研究生参加台达杯国际太阳能建筑设计竞赛，设计的“时光容器”获得一等奖，并定为实施方案。2014 年，本科生参加第七届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛荣获一等奖 1 项、二等奖 2 项。2015 年，本科生参加第八届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛荣获一等奖 1 项、二等奖 1 项。



图 17 学生参加节能各项比赛

（四）学院与后勤部门开展节能领域“教科研用”合作

学校利用高校科研优势，开展产学研合作，部分科研成果直接应用于节约型校园建设；同时，学校后勤部门为教学、科研工作提供实验场所和数据，成为教学科研实践基地和学生实习基地。电气学院新能源研究所开展了光伏、风力等可再生能源发电的并网技术研究以及电动汽车动力电池应用、充电设施规划建设等研究工作，牵头组建了国家能源主动配电网技术研发中心。根据科研实验和示范项目的需求，学院与后勤部门合作，在校园内兴建了含有光伏发电系统（总计 70kW）、电池储能系统（100kW·h）、电动汽车充电设施（100 个充电口）的智能配电网，实现了分布式发电和电动汽车充电设施的同时高渗透，在国内外处于领先地位。电气学院教授带领研究生开展电力需求侧管理研究，为学校制定了用电管理方案。土建学院与后勤集团联合申报了国家重大水专项课题，以学校为实验基地和示范项目场所，进行水质监测、水质净化、中水回用、雨水收集等研究，促进学校的节水工作，同时形成高质量的研究成果。教学科研部门与后勤部门的紧密合作，使得学校的节能工作有源源不断的智力支持和持续创新的不竭动力，又能通过实践促进科研成果的转化和科研理论的创新，同时促进学生实践和动手能力的提升，形成了良性循环的共赢局面。



图 18 电气学院百辆电动汽车示范项目图



图 19 土建学院与后勤集团共同承担的国家重大水专项课题



图 20 以校内研究和实践为基础的研究生论文

三、节能综合收益

(一) 节能效果

通过实施本系统，学校节能工作取得显著成绩。以 2011 年为基准年，在建筑面积、用能设备不断增长的情况下，平均每年节约能源 1047 吨标准煤，节约用水 54175 吨，平均节能率 6.49%、平均节水率 4.46%。



图 21 学校每年综合能耗图



图 22 在校生人均综合能耗

(二) 经济效益

直接经济收益：总投资 3077.88 万元，按照 2014 年能源价格计算，年节约资金 369.8 万元，年投资收益 12%。

间接经济收益：在学校事业发展、建筑面积增加、在校人数增加的情

况下，能耗未增反降，学校无需购买碳指标，并且获得了各级政府的节能奖励。

（三）社会效益

履行了大学在节能方面的社会责任，培养具有节能意识、掌握节能技术的人才，为社会提供先进的节能产品和技术，并发挥示范辐射作用，近2年接待300多家单位1200余人来校学习调研节能工作。