



适用于高校校园的节能技术

EMCC

河北工业大学能源与环境工程学院

天津市建筑供能技术工程中心

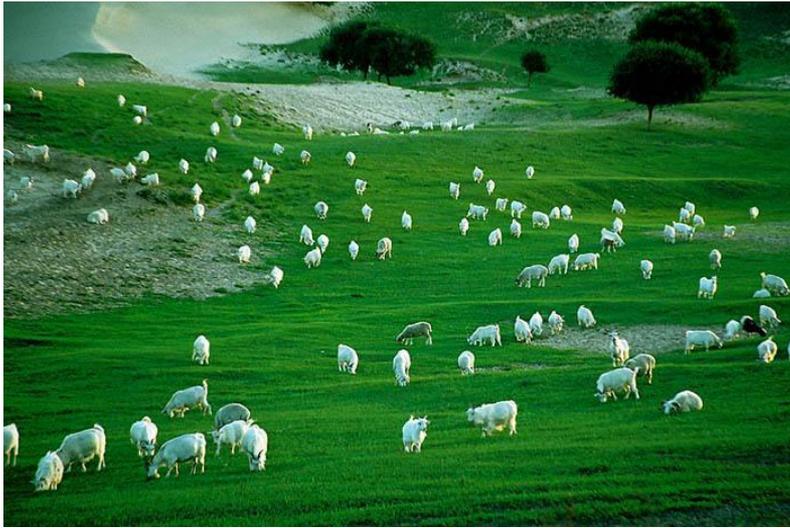
刘联胜

目 录

- 一、高校节能工作的必要性
- 二、高校节能工作发展现状
- 三、适用于高校校园的节能技术
- 四、关于校园节能的几点建议

中国节能协会
能源管理专业委员会





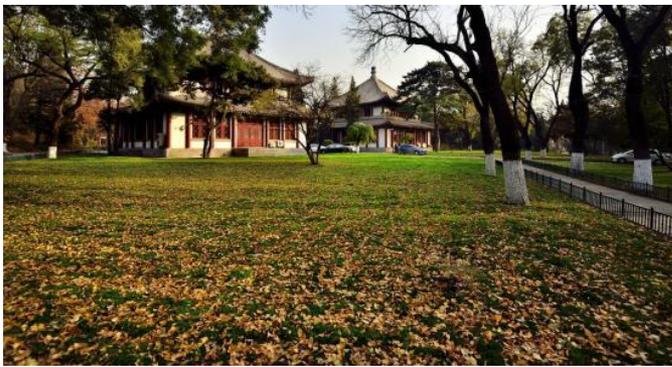
“绿水青山就是金山银山”

“既要绿水青山，也要金山银山”

中国教育后勤协会
管理专业委员会

——习近平

重视和加强节能减排工作和环境保护工作，才能维持可持续发展。



任何一所大学，其校园风景均有可圈可点之处！



所谓大学者，非谓有大楼之谓也，有大师之谓也！——梅贻琦



“加快一流大学和一流学科建设，实现高等教育内涵式发展。”



“培养什么样的人、如何培养人、为谁培养人？”



节能是高等学校内涵发展的基础工作之一，有助于潜移默化地培养了解和理解“节能减排是基本国策”的大学生。



一、高校节能工作的必要性

1、“节约资源是我国的基本国策。国家实施节约与开发并举、把节约放在首位的能源发展战略”——《**中华人民共和国节约能源法**》

所谓节能，是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。

2、节能是降低高校基础运行成本的重要途径。

模块化燃气锅炉替代燃煤锅炉，运行成本降低60%；使用LED配合声光控，节电50%；生活用水回收和循环利用，有效降低水资源消费总量。——安徽工业大学

3、节能工作的全面实施，有助于提高大学生的节能减排意识，助推高等学校的内涵发展。

(1) 节能减排是高等学校内涵发展的内容之一

(2) 在校学生的高校节能工作现状具有切身的体会和认识，并直接影响其节能减排意识的培养

哈佛大学-节能减排的表率

2011-2016年，针对全校楼宇实施1300余项节能减排措施；投入1200万美元作为绿色循环基金，每年节约能源成本540万美元。

资助学生项目45个，发动学生为复杂的校园能源问题制定解决方案（典型案例是RIAS楼宇的地热供暖与制冷系统设计），推动哈佛大学的可持续发展。

产学合作、协同育人

2018/1/24/Wed

全国大学生节能减排大赛获奖作品

《高校分类用电的节能减排方案研究》-北京交通大学

《教室节能智能控制系统》-华中科技大学

《学生宿舍废水再利用系统》-河海大学

《大学生节水心理意识调研及解决方案》-北京科技大学

《光电冷热一体化的太阳能利用技术研究》-哈尔滨工业大学

《基于温差发电的废热利用投影仪散热系统》-上海交通大学

《空气源热泵结合小温差换热末端的南方冬季采暖系统》-上海交通大学

二、高校节能工作发展现状

高等学校主要围绕电、水、热、冷开展节能工作。主要方法包括：（1）通过技术改造或技术提升，提高能源使用效率；（2）推进能源使用的替代方法，提高太阳能、地热能、空气能等可再生能源（绿色能源）的比重；（3）通过倡导行为节能，降低能源需求和能源消耗。

（一）节电工作现状

1、电机节能技术



2018/1/24/Wed



A、**高效电机**：平均效率 $>87\%$ （国际先进水平为 92% ），能耗降低 $20\% \sim 30\%$

B、**变频器**：通过改变电机工作频率来控制交流电动机的转速，具有过流、过压、过载保护等功能。在泵、风机（锅炉、中央空调）等负荷变化较大的设备上，节电率 $>30\%$

2、照明节能技术



A、LED灯：白光LED能耗仅为白炽灯的1/10、节能灯的1/4。解决散热问题后，其寿命可达8万小时。（绿色照明）

沃尔玛使用LED照明每年可节电100万度

B、声光控照明灯：宿舍楼、教学楼楼道使用声光控照明灯，节电50%



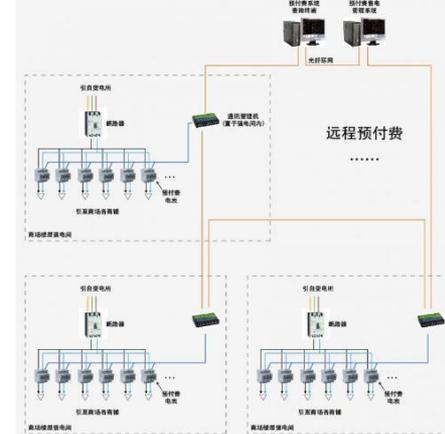
C、路灯管理系统：分时段控制照度、亮灯时间或亮灯数量。节电效果显著。

D、可再生能源路灯或景观灯：能源替代



3、其它节电技术

A、**校园用电管理系统**：集中监控、计量、一卡通付费等多种功能，主要促进了用电管理工作、具有一定的节电效应。



B、**智能插座**：具有可编程功能的插座，可根据用电设备的使用情况定时开通或关闭，可遥控，具有一定的节电效果。

C、**行为节能**：随手关灯、适当提高房间制冷温度、手洗衣服、少用电梯、关闭闲置的打印机、下班拔掉插头等等



随手关灯

请节约资源

(二) 节水工作现状

1、生活节水

A、**节水龙头**：各式各样的节水龙头，遍布教学楼、学生宿舍、以及其他公共场所，节水效果显著

B、**洗浴用水量化管理系统**：对洗浴用水进行计量收费，减少无谓的浪费



2、中水回用

A、**污水处理和中水回用**：结合常规生活污水处理技术，将中水用于校园绿化或景观；或直接将高处的生活污水用于地处厕所冲洗



华侨大学厦门校区



沈阳建筑大学稻田校区



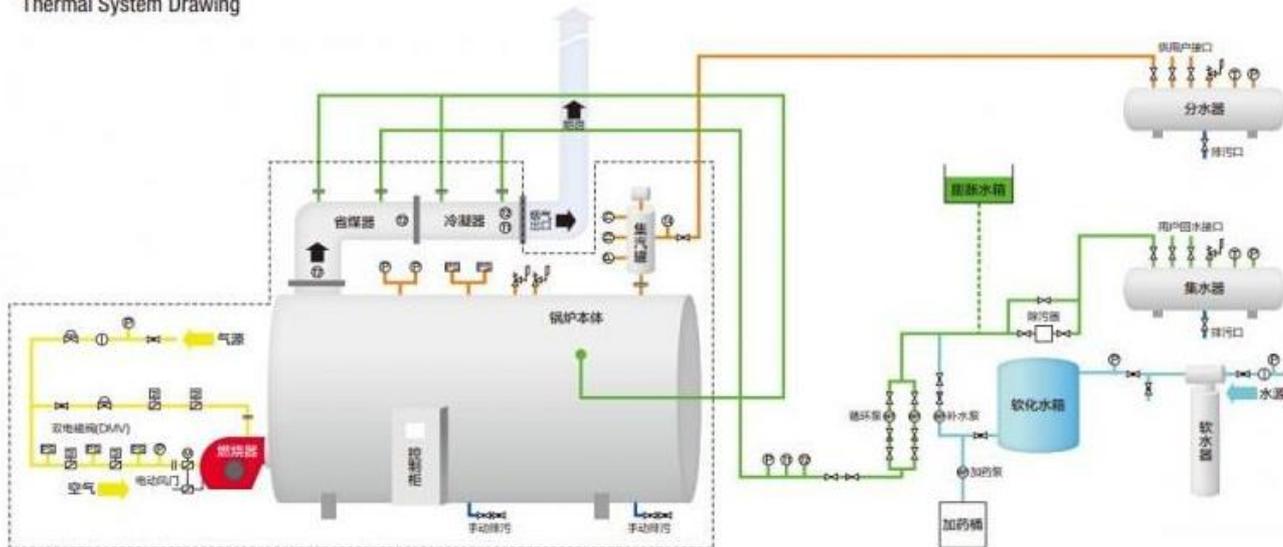
B、**雨水收集回用**：收集雨水用于绿化或景观

(三) 供热供冷节能工作现状

1、冷凝式燃气锅炉



热力系统图
Thermal System Drawing



阀门图例

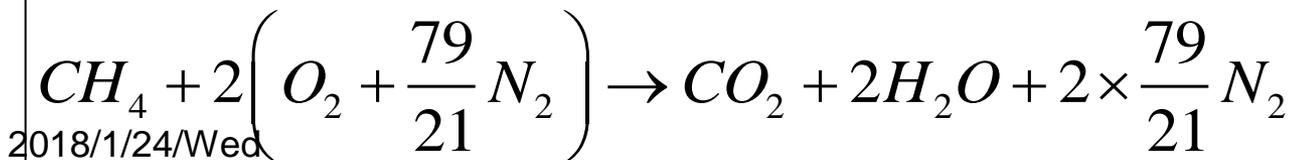
⊙	过滤器	⊘	减压阀	∩	闸阀
∩	节流阀	⊘	球阀	∩	截止阀或柱塞阀
⊘	气动蝶阀	∩	止回阀或单向阀	⊘	压力控制器
⊘	电磁阀	⊘	弹簧安全阀	⊘	水泵
⊘	碟阀	∩	三通旋塞阀	⊘	排入大气
⊘	电动碟阀	∩	旋塞阀		

仪表标识说明

Ⓟ	压力表
Ⓜ	热电阻温度变送器
Ⓜ	双金属温度计
Ⓜ	温度传感器
Ⓜ	电接点温度计

其它图例

—	天然气管线 / 燃油管线
—	供水管线
—	蒸汽管线
—	给水管线
—	排污、取样管线



2018/1/24/Wed

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{dw}} \times 100\%$$

低位发热量，是指烟气中水蒸气不凝结情况下燃料燃烧所释放的热量。

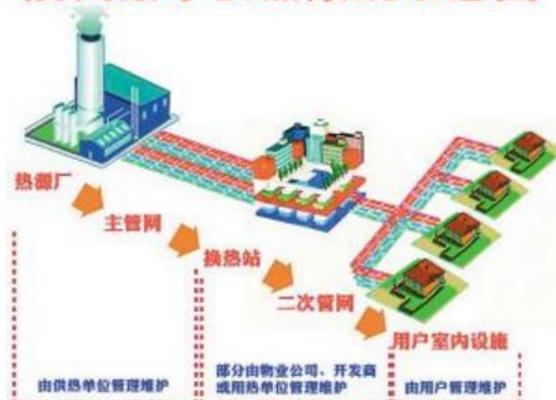
高位发热量，在低位发热量的基础上，增加了烟气中水蒸气冷凝释放的那部分热量

2、热网调控

A、在热力管道上安装自力式平衡阀：对于流量相对稳定的质调节系统，可在一定程度上降低循环水泵电耗。但不适用于量调节的管网系统。



居民集中供热系统示意图



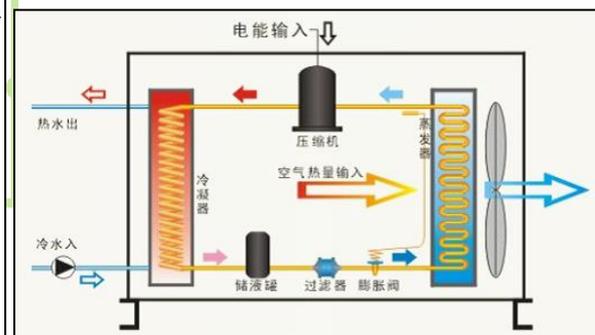
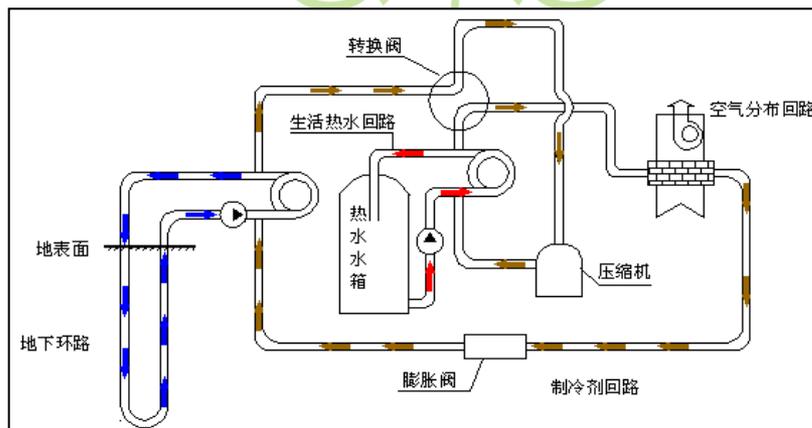
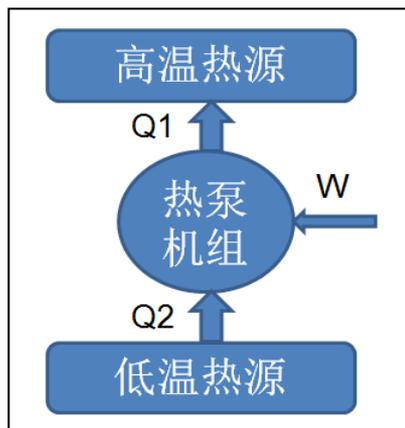
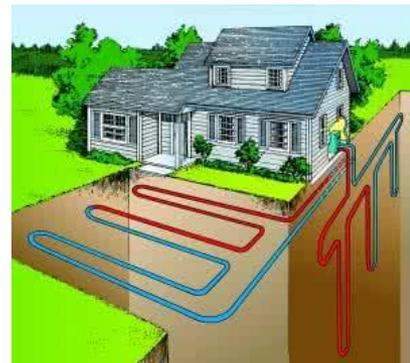
B、换热站：高校供热面积多在百万平方米以上，根据建筑功能和建筑供热特点，建设二次换热站，可有效解决热网的热力不平衡问题，并有助于实现供热节能。

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会

C、分时段调控：在换热站基础上，以人工或自动控制手段，对教学楼、实验楼、办公楼等公共区域进行分时段调控，非工作时间低温运行，可显著降低供热能耗。

3、可再生能源供热、供冷

A、土壤源热泵：以土壤作为热源或冷源，利用少量电能驱动热泵机组，将低品位热能转变为高品位热能，冬季为室内供热、夏季为室内供冷，其COP在3.0-4.0。30米以下土壤温度相对稳定，较全年平均温度高2-3度。



能源管理专业委员会



B、水源热泵：以水作为热源或冷源，利用少量电能驱动热泵机组，将低品位热能转变为高品位热能，为室内供热或供冷。水温对COP影响显著。

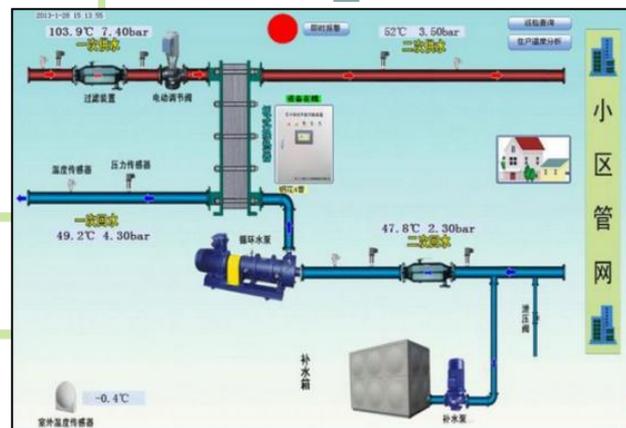
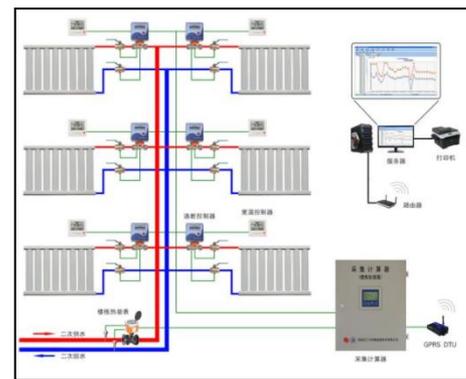
C、空气源热泵：以空气作为冷热源，环境温度对COP影响显著。

三、适用于高校校园的节能技术

(一) 智慧热网技术—工大科雅

基于物联网的智慧热网技术，通过节能监控平台，对热源、换热站、管网、以及终端热用户进行全网数据信息覆盖，从而实现整个供热系统的过程管理和运行管理。

工大科雅的基于供热热计量系统的智慧热网供热节能技术，以智慧热网节能监控平台为核心，以热计量系统、换热站自动控制系统、公共建筑供热自动控制系统为基础，来实现供热一次网、二次网的均衡输送，末端热用户按需供热。



智慧热网技术既可以实现整个热网的自动化、智能化运行调控，也可以实时监测热网热能消耗情况、或某一楼栋供热数据和所有网热用户供暖质量。



另外，该平台具有区域内热网运行参数信息处理、供热能力动态分析和预警、气候关联趋势分析、投诉处理、供热效果评价等功能。

楼栋名称	控制点名称	控制点类型	控制点位置	控制点参数	控制点状态	控制点报警	控制点备注	控制点更新时间	控制点更新时间戳
1	北平里1楼	温度	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1
2	北平里2楼	温度	101.2	101.2	101.2	101.2	101.2	101.2	101.2
3	北平里3楼	温度	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
4	北平里4楼	温度	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4
5	北平里5楼	温度	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5
6	北平里6楼	温度	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6
7	北平里7楼	温度	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7
8	北平里8楼	温度	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8
9	北平里9楼	温度	101.9	101.9	101.9	101.9	101.9	101.9	101.9
10	北平里10楼	温度	101.10	101.10	101.10	101.10	101.10	101.10	101.10
11	北平里11楼	温度	101.11	101.11	101.11	101.11	101.11	101.11	101.11
12	北平里12楼	温度	101.12	101.12	101.12	101.12	101.12	101.12	101.12
13	北平里13楼	温度	101.13	101.13	101.13	101.13	101.13	101.13	101.13
14	北平里14楼	温度	101.14	101.14	101.14	101.14	101.14	101.14	101.14
15	北平里15楼	温度	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15
16	北平里16楼	温度	101.16	101.16	101.16	101.16	101.16	101.16	101.16
17	北平里17楼	温度	101.17	101.17	101.17	101.17	101.17	101.17	101.17
18	北平里18楼	温度	101.18	101.18	101.18	101.18	101.18	101.18	101.18
19	北平里19楼	温度	101.19	101.19	101.19	101.19	101.19	101.19	101.19
20	北平里20楼	温度	101.20	101.20	101.20	101.20	101.20	101.20	101.20



目前在石家庄、长春、乌鲁木齐、北京等220家供热单位应用，供热面积2亿平米。

2018/1/24/Wed

河北工业大学智慧供热技术节能示范工程

建设内容：包括智慧热网调度监控平台一个，燃气锅炉房自控系统一套，换热站自控系统五套，36栋公共建筑（92个热力入口）分时分温节能控制系统、一次网混水直供系统、二次网混水系统，48栋教师公寓（1474户）的供热计量温控一体化系统，以及校园智慧热网网络传输专用系统一套。



烟气余热回收装置
(采用二网回水、冷源充足、温度低、回收效率高)



公建楼前混水系统



公建节能控制系统



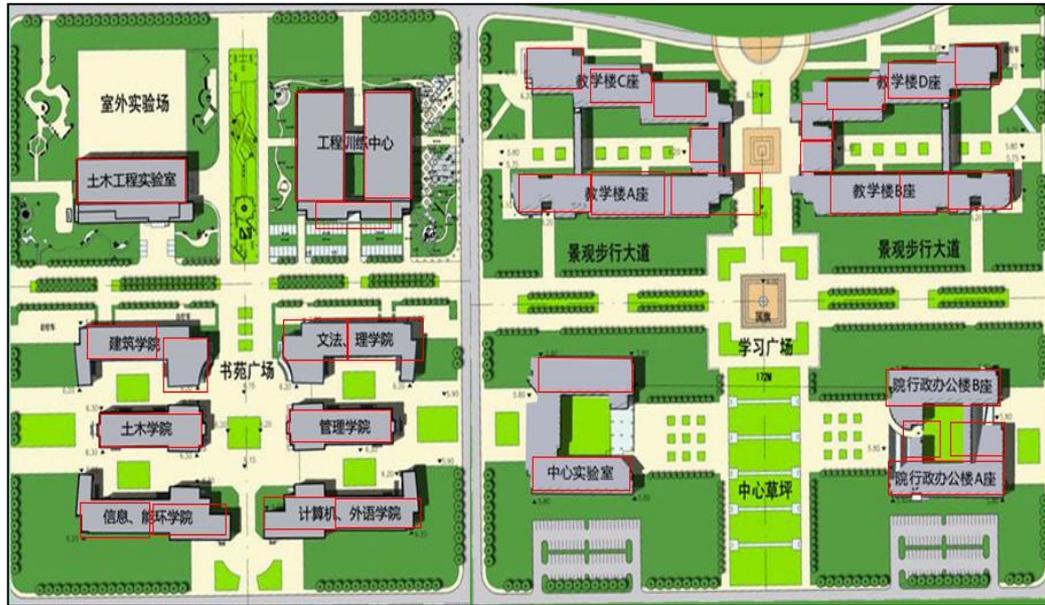
无线组网室温采集装置

能源管理专业委员会

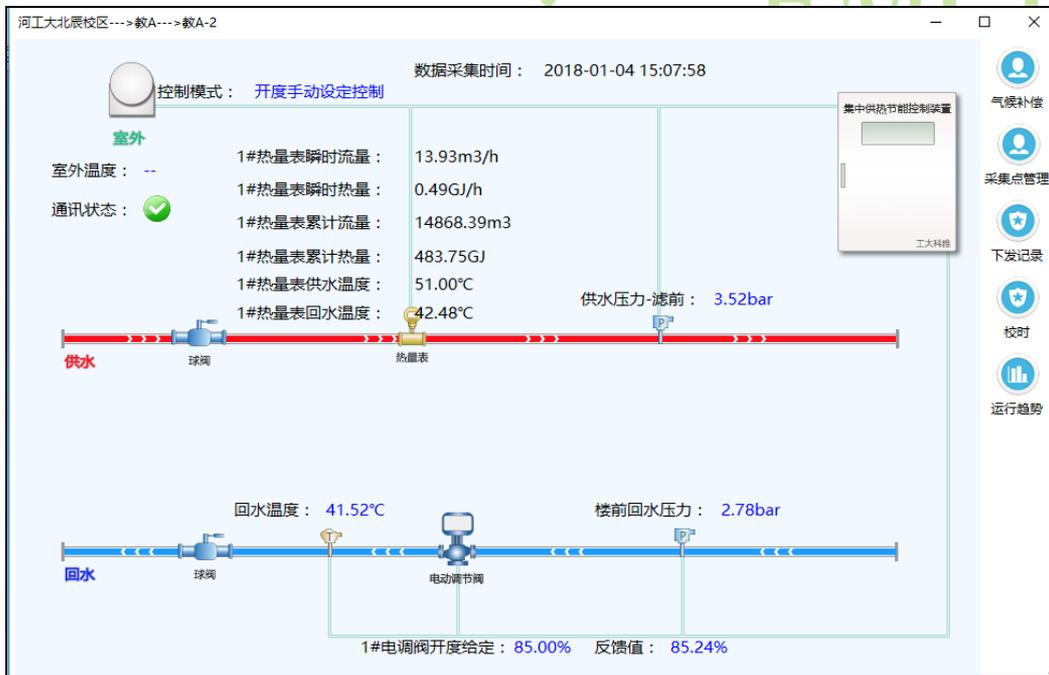


调度监控平台

为学校的供热运行管理提供了全局化视图与智能化工具，优化和提升了供热系统的运行管理，推进了热网运行安全和能源合理应用。



分时分温节能控制系统



教学区和综合办公区17栋建筑，建筑总面积14.3万平方米，安装185个无线室温采集装置。夜间非工作时段保持低温10°C运行；工作时段通过换热站的气候补偿控制策略自动运行。

远程在线调节各楼栋热力入口的水力平衡，缓解水力失调和热力失调现象；在满足各热力入口流量的前提下，最大幅度的节省泵耗。

总投资920万，单位面积投资15.9元。

运行策略和节能效果—以教学区和综合办公区14.3万建筑为例

1、非寒假三个月

夜间22点至凌晨6点采用低温运行模式（室温保持10℃），其它时间通过气候补偿实现自动控制。相对于原供热模式，每平方米节能收益为1.89元。（根据2017年11月15日至2018年1月15日运行数据计算）

2、寒假一个月

教学区和综合办公区计划采用24小时低温运行模式，则每平方米节能收益约为5.67元。

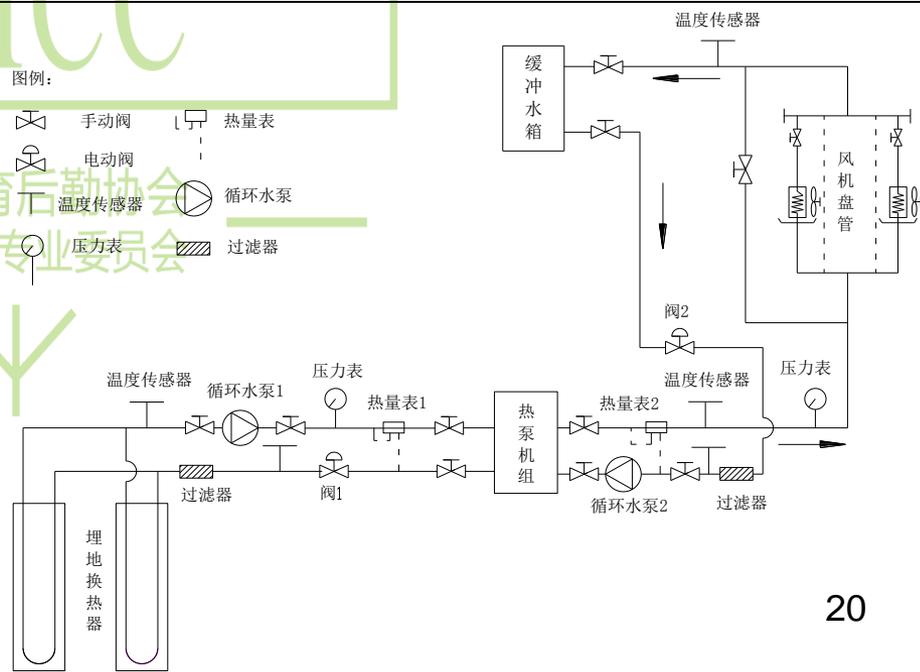
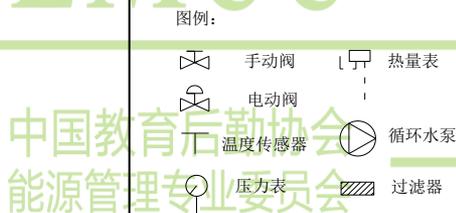
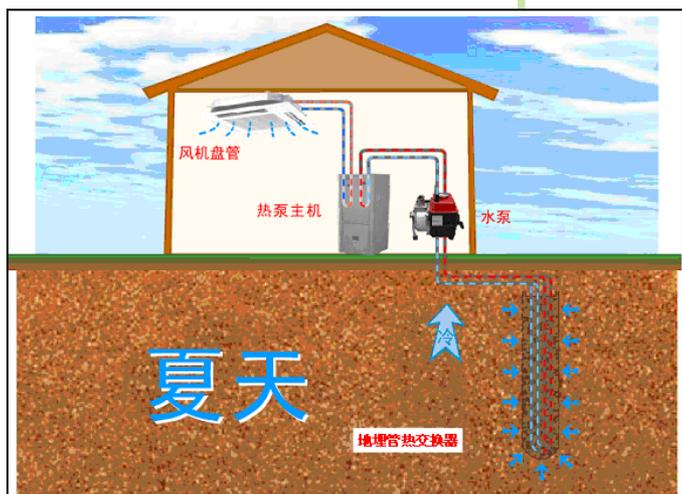
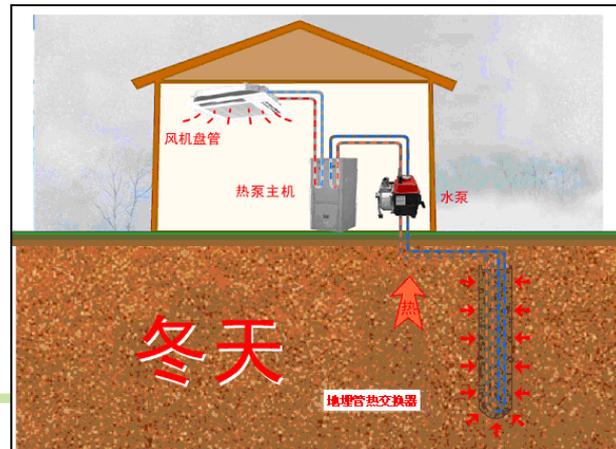
3、综上，该区域整个采暖季的节能收益约为108万元，两年回收投资。

校园内其它建筑包括大学生活动中心、体育馆、学生宿舍、食堂、浴室、校医院、教师公寓等的节能效果尚未进行统计分析。

(二) 太阳能跨季节储热耦合土壤源热泵技术

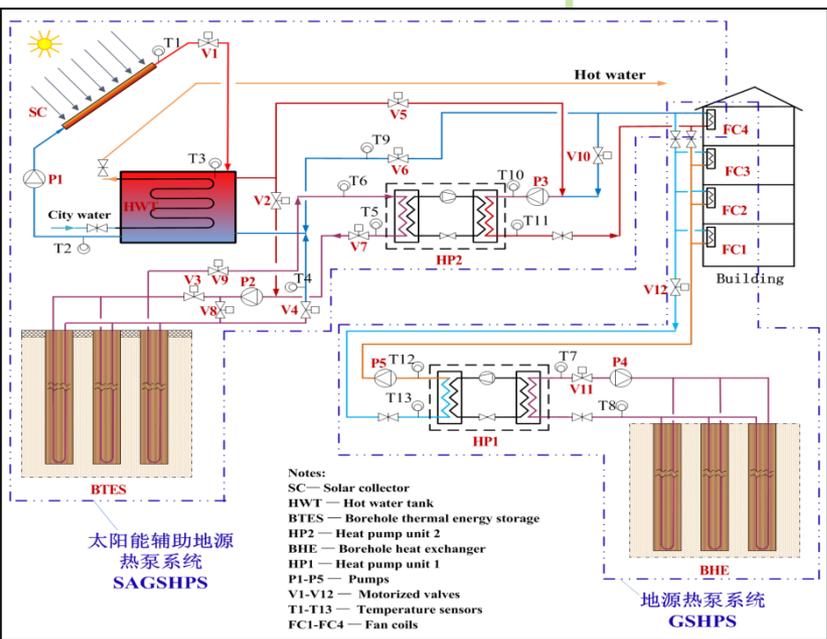
土壤源热泵系统：在建筑冬季需热量和夏季需冷量相对平衡的情况下，土壤源热泵可维持较高的COP。

对于需冷量大于需热量的建筑，需建设冷却塔系统；对于需热量远大于需冷量的建筑，则需要借助太阳能、锅炉、电加热等进行辅助加热。否则易于导致土壤温度失衡。





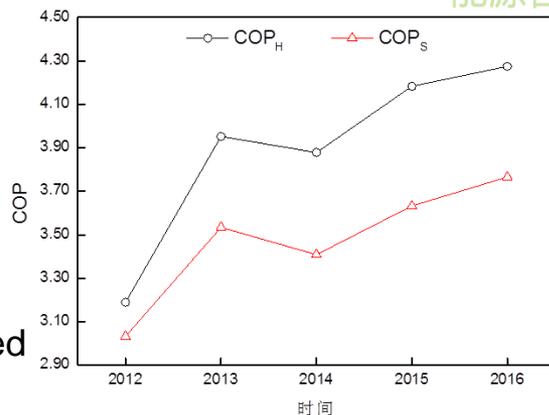
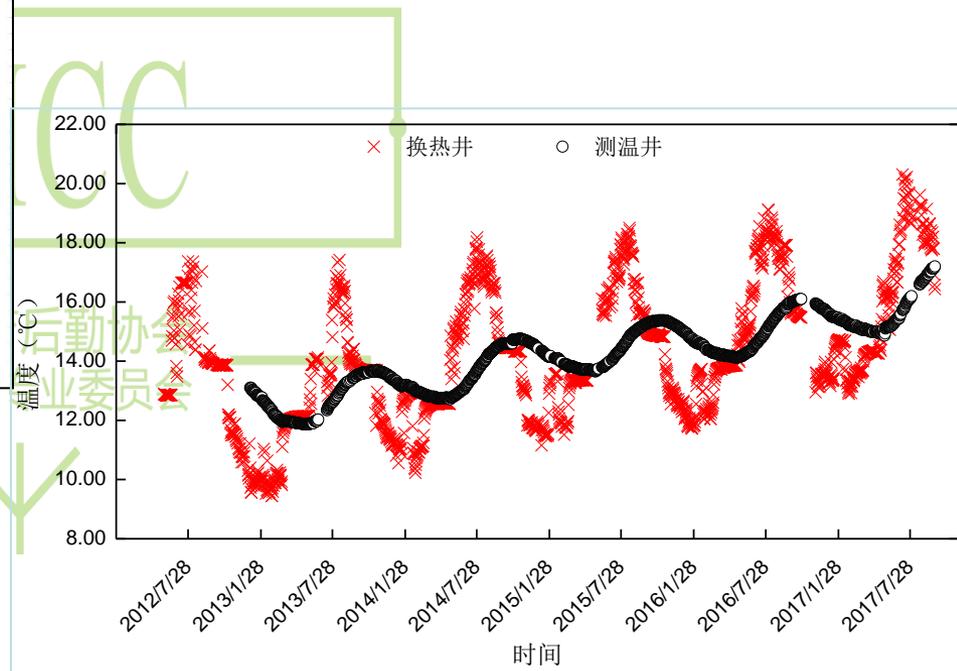
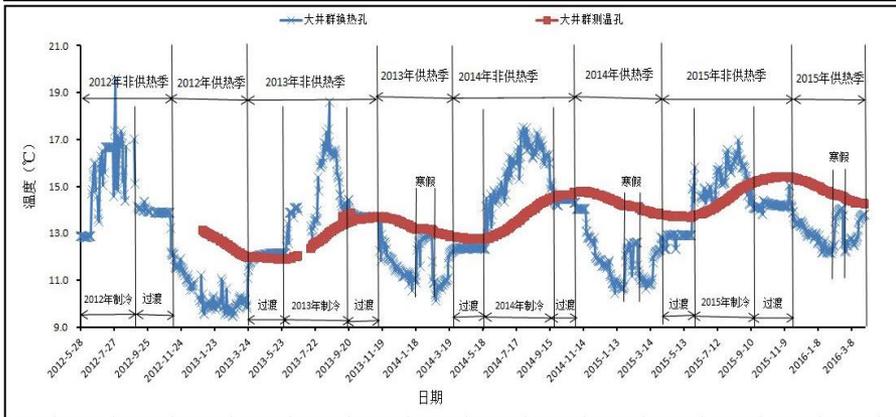
节能楼建筑面积4953.4 平米，建筑高度22米，地上4层，朝向为南北向偏东21度，两个相互独立的地理管群。其中，土壤源热泵地埋井66口（双U型管）、深度120米；太阳能辅助系统太阳能集热器面积280平米，地埋管井25口、深度50米。单位面积投资约400元。



技术特点：（1）利用太阳能做为补充热源，有效解决了土壤源热泵因建筑冷热需求不均而导致的土壤热失衡问题。（2）实现了太阳能的跨季节储热和利用。（3）土壤源热泵和太阳能跨季节储热独立地埋管群设计，有利于系统的运行控制，尤其是夏季，一个地埋管群用于土壤源热泵供冷时的排热，一个用于太阳能的跨季节储热，不会造成排热和储热相互冲突。

运行策略和节能效果

合理的运行策略和运行管理是保证土壤源热泵系统稳定、高效运行的关键。运行之初，土壤初始地温 14.1°C ；2012年因过度取热导致地温降低至 11.9°C ；2013-2015年通过优化运行模式，使地温恢复至 14.2°C 左右。2016年，在供热初期和末期，通过提高太阳能辅助系统的利用率、降低地源热泵的取热量，土壤温度持续提高至 16°C 左右，系统全年能效比逐年提高。



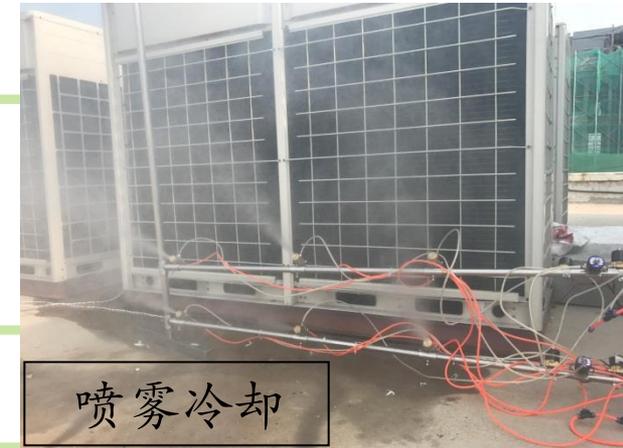
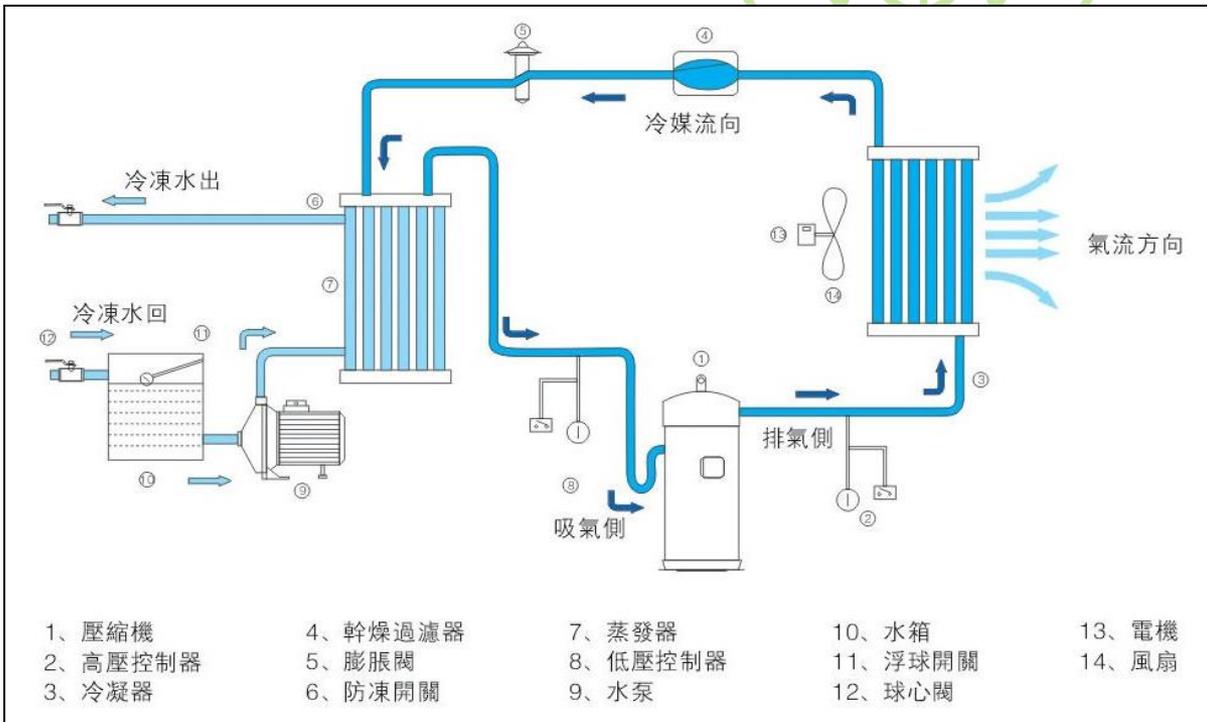
2018/1/24/Wed

统计数据说明：（1）尽管建筑供冷、供热量每年有所不同，但系统能效逐年提高；（2）运行成本与供热、供冷量直接相关，冬季供热平均成本9.2元/平米（城市集中供热收费标准25元/平米），夏季供冷成本4.7元/平米（供冷收费标准40元/平米）

年份	供冷/供热季	耗冷/热量指标kWh/m ²	机组COP	系统COP	供能电耗 kWh/GJ	供冷/热季运行电费元/m ²
2012	供冷季	23.3	4.59	4.27	87	3.6
	供热季	68.8	3.23	3.12	98	11.8
2013	供冷季	29.1	4.58	4.29	79	4.1
	供热季	48.3	3.58	3.13	98	8.4
2014	供冷季	35.7	4.54	3.87	83	5.2
	供热季	49.4	3.30	3.27	96	8.3
2015	供冷季	32.4	5.07	4.11	83	4.8
	供热季	53.6	3.62	3.35	94	8.9
2016	供冷季	39.3	4.71	4.30	84	5.8
	供热季	52.9	3.87	3.33	92	8.6
2017	供冷季	43.8	5.11	4.51	77	6.0
	供热季					
平均	供冷季	32.9	4.78	4.21	82	4.7
	供热季	54.6	3.52	3.24	96	9.2

(三) 风冷式热泵机组喷雾冷却技术

风冷式热泵机组：其制冷性能系数受环境温度影响显著。环境温度越高、COP越低、耗电量越大；极端情况下，机组会出现启动困难、频繁跳机现象。



节能效果：环境温度35度时，制冷性能系数提高15%左右；43度时，提高25%左右；48度时，提高30%以上。

检测结果(附表)

共5页第4页

检测项目	单位	喷嘴未开启前	6个喷嘴喷雾后	4个喷嘴喷雾后
制冷量 1	kW	58.747	62.383	62.982
消耗电功率 1	kW	18.261	16.270	15.813
性能系数 1	kW/kW	3.22	3.83	3.98
制冷量 2	kW	54.615	60.208	60.518
消耗电功率 2	kW	19.966	16.891	16.770
性能系数 2	kW/kW	2.74	3.56	3.61
制冷量 3	kW	67.487	73.482	71.640
消耗电功率 3	kW	22.947	18.790	19.118
性能系数 3	kW/kW	2.94	3.91	3.75
制冷量 4	kW	62.245	69.584	69.695
消耗电功率 4	kW	25.557	20.006	20.420
性能系数 4	kW/kW	2.44	3.48	3.41
制冷量 5	kW	61.974	/	63.162
消耗电功率 5	kW	16.564	/	14.749
性能系数 5	kW/kW	3.74	/	4.28

环境温度
35度

环境
温度
39度

环境温
度43度

环境温
度48度

环境温
度31度



格瑞德风冷机组喷雾冷却测试



日本第一高楼阿倍野上安装的
喷雾冷却系统

四、关于校园节能的几点建议

1、节电仍有潜力

教室照明自动控制：根据室内学生数或学生分布情况，控制照明度或照明灯数



2、雨水收集和利用



耶鲁大学



台湾彰化师范大学



美国德勤大学

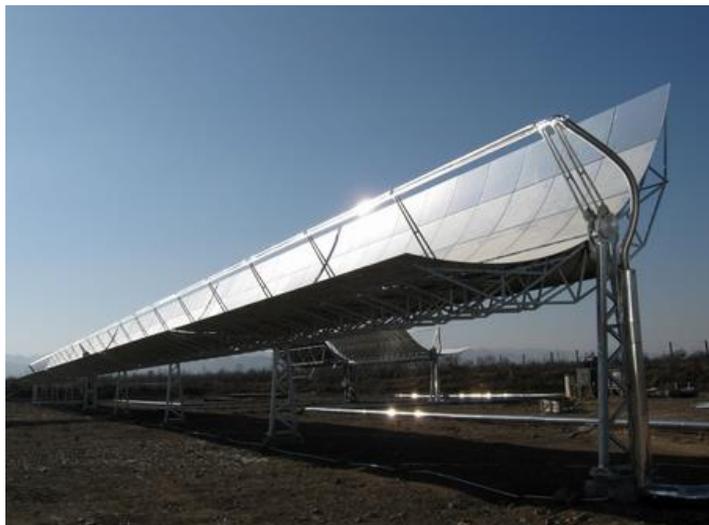
因地制宜
合理规划



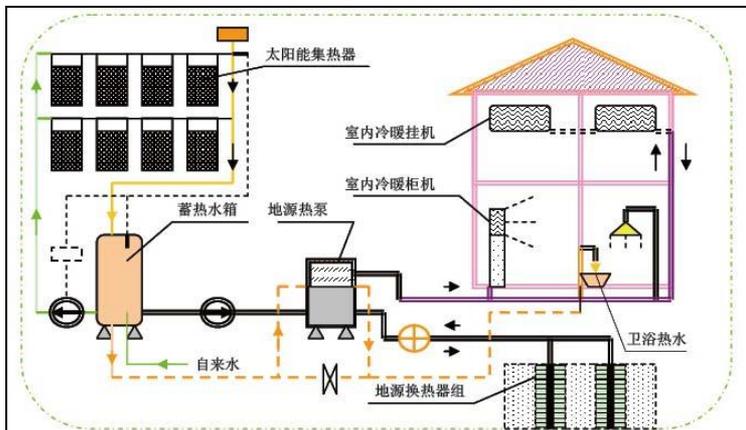
墨尔本理工大学

3、可再生能源利用（能源替代）势在必行，且收效显著

(1) 屋顶光热、光伏



合同
能源
管理



(2) 人工湖水源热泵





中国教育后勤协会
能源管理专业委员会

