



北京林业大学

Beijing Forestry University

绿色校园建筑节能技术应用

——以北京林业大学为例

北京林业大学 总务处 刘雄军

知山知水 树木树人



一、建筑节能概况



二、建筑节能内容



三、建筑节能案例



四、建筑节能技术思考





北京林业大学
Beijing Forestry University



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



一、建筑节能概况

知山知水 树木树人



一、建筑节能概况

1.1 建筑节能：

特点：

- (1) 有效利用工程建设所需的各种资源
- (2) 减少对自然环境的破坏和污染
- (3) 建筑物要舒适安全，满足居住环境的要求





一、建筑节能概况

1.2 建筑节能优势：

绿色建筑优势：

- (1) 可有效降低能源使用，符合可持续发展理念
- (2) 经济回报率高





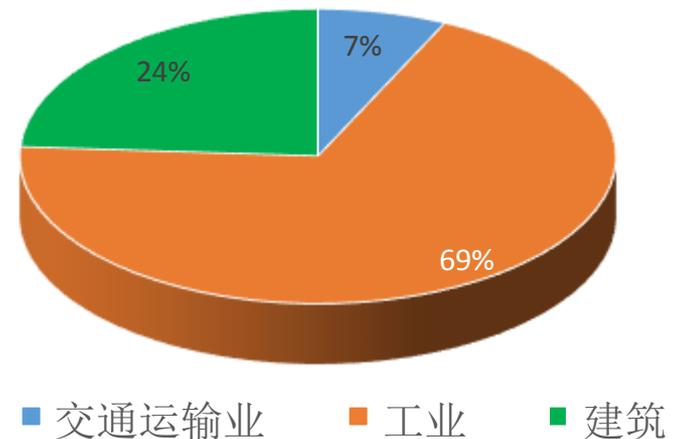
一、建筑节能概况



1.3 我国建筑节能发展现状:

- 我国是世界第三大能源生产国和第二大能源消费国
- 建筑消耗能源大，约占全社会总能耗的24%以上，在社会总能耗中位居首位。
- 我国建筑业的发展，需要运行和使用能源，尤其是采暖和空调。

我国能耗分布图





一、建筑节能概况

1.4 建筑节能必要性:



在我国，建筑能耗已与工业能耗、交通能耗并称三大“能耗大户”，节能潜力巨大。如果采用全方位、科学、有效的节能措施，到2020年，每年可节约2.6亿t标准煤，约等于我国2004年煤产量的18.6%；此外，建筑用电每年可节约3500亿kW·h，相当于三峡发电站年发电量的4倍。



知山知水 树木树人



一、建筑节能概况



1.5 建筑节能政策和行业法规:



年份	政策、法规
2006	关于印发《可再生能源建筑应用专项资金管理暂行办法》的通知
2007	关于加快太阳能热水系统推广应用工作的通知
	《绿色建筑评价标识管理办法》
	《国家机关办公建筑和大型公共建筑节能专项资金管理暂行办法》 关于组织申报“绿色建筑示范工程”和“低能耗建筑示范工程”项目的通知
2008	《民用建筑节能条例》、《中华人民共和国节约能源法》
	《公共机构节能条例》、《公共建筑节能标准》、《智能建筑设计标准》
	《节能技术改造财政奖励资金管理办法》
	《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》
	《再生节能建筑材料财政补助资金管理暂行办法》
	《高效照明产品推广财政补贴资金管理暂行办法》

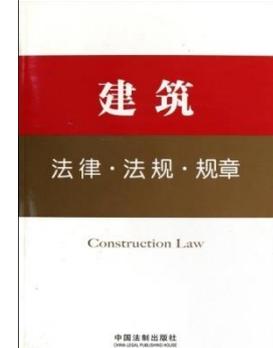


一、建筑节能概况



1.5 建筑节能政策和行业法规:

年份	政策、法规
2009	<p>关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见 《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》 关于实施金太阳示范工程的通知 金太阳示范工程基本要求 关于推进一二星级绿色建筑评价标识工作的通知</p>
2010	<p>中华人民共和国可再生能源法</p>
2015	<p>《绿色建材评价标识管理办法实施细则》 《绿色建材评价技术导则（试行）》</p>





1.6 高校建筑节能中存在的问题：

- ① 建筑建设部门与运行管理部门沟通不充分。
- ② 建筑节能理念付诸实践不充分。
- ③ 在建筑新建与改造中，节能项目资金投入不充足。
- ④ 建筑节能存在项目规模限制以及政策支持不够。
- ⑤ 建筑节能技术应用在各高校之间发展不均衡。



dreamstime.com





北京林业大学
Beijing Forestry University



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



二、建筑节能内容

知山知水 树木树人



2.1 建筑节能内容





2.1 建筑节能分类

(1) 建筑主体节能

根据不同地区气候和建筑能耗特点，在兼顾冬夏、整体优化的原则上，通过能耗模拟综合分析，采取各种有效节能途径，从整体上降低建筑的采暖和空调能耗。主要包括：

- 选择适宜体型系数
- 合理布置室内空间
- 提高围护结构保温隔热性能
- 控制不同朝向窗墙比
- 设计有效的夏季遮阳装置
- 改善自然通风

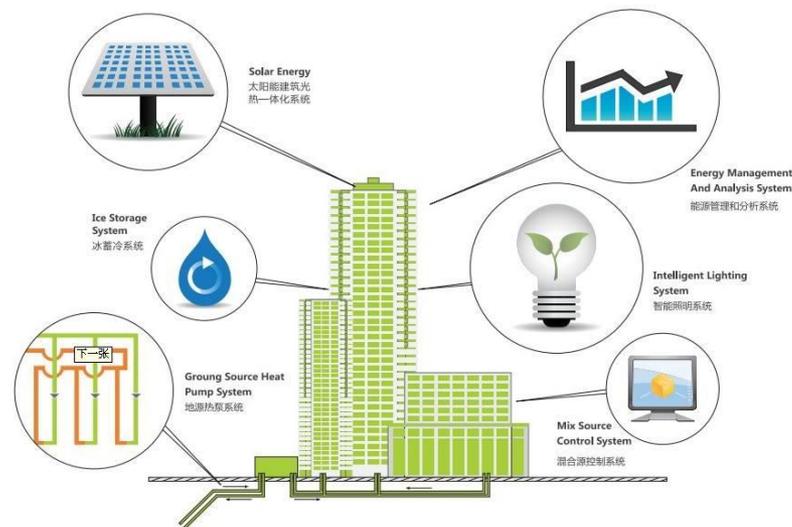




2.1 建筑节能分类

(2) 能源系统优化

- 因地制宜进行冷热源优化选择，提高采暖、空调系统的能量转换效率
- 采用合理的调控方式，节省输配系统能耗
- 优化照明控制，减少照明能耗
- 选用适宜能源制备生活热水，如利用工业废热、热泵、空调余热和分户燃气炉等制备热水

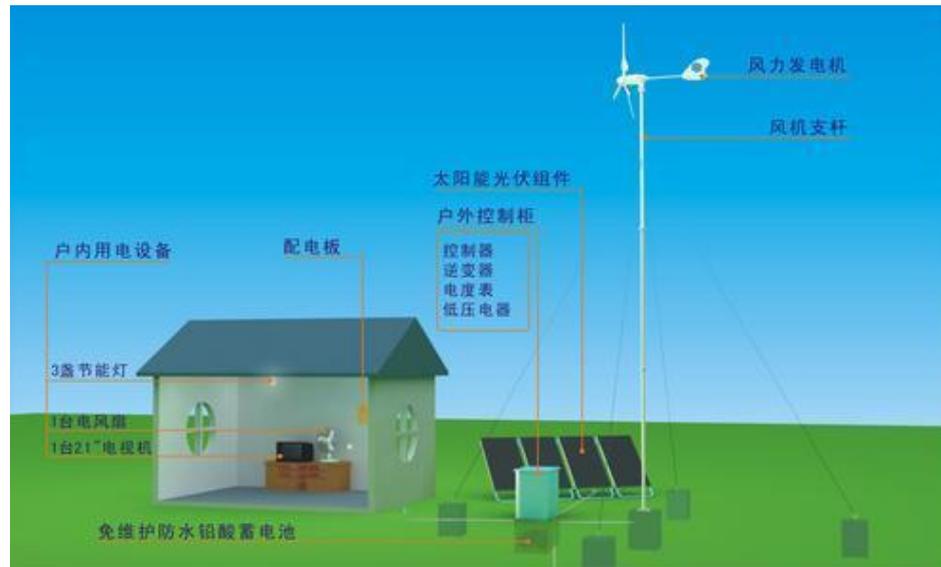
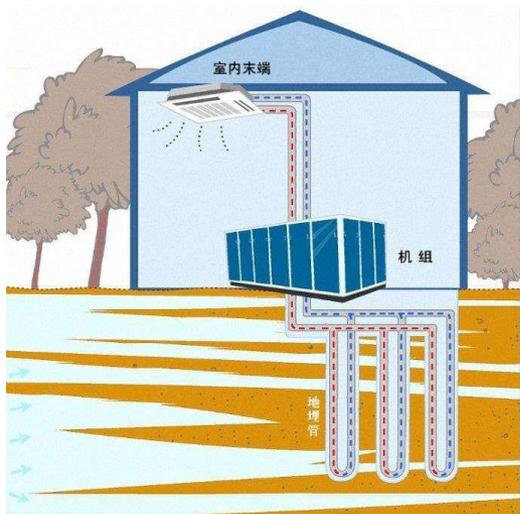




2.1 建筑节能分类

(3) 可再生能源利用

根据建筑类别、气候特点和可再生能源的可利用性选择具体的可再生能源利用技术，主要包括：太阳能利用技术，地热利用技术，风能利用技术。生物质能源利用技术和地源热泵技术等。





北京林业大学
Beijing Forestry University



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



三、建筑节能案例

知山知水 树木树人



三、建筑节能案例

北京林业大学是教育部直属、教育部与国家林业局共建的全国“211工程”重点大学，2017年学校两个学科进入教育部“双一流”学科建设。校本部占地面积**703亩**，主体建筑面积**60余万平方米**。学校现有教职工**1892人**，在校生**28734人**。北京林业大学作为国家林业高等教育的绿色学府，在**65年**的办学实践中形成了“知山知水，树木树人”的办学理念。学校一直积极创建节约型校园、节水型学校，倡导学生绿色、节能、低碳的生活方式。



知山知水 树木树人



➤ 学校历年获得荣誉

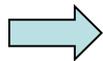
- 北京市节水先进单位 (2000年)
- 北京市节约用水先进集体 (2006年)
- 北京市节约型学校建设优秀案例 (2008年)
- 全国节水科技创新工作先进校园 (2008年)
- 全国高校节能管理先进院校 (2010年)
- 全国高等学校节能监管平台建设示范单位 (2012年)
- 北京市高校节能工作先进集体 (2013年)
- 北京市教育系统节水先进集体 (2014年)
- 全国节约型公共机构示范单位 (2015年)
- 教育部能效领跑者示范项目 (2016年)





三、建筑节能案例

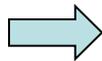
1、学研中心



2、新建地下锅炉房



3、新建学生公寓、食堂综合体





3.1 学研中心

层数：地上14层，地下3层

建筑面积：89989.7m²

（地下24662.1m²，地上65327.6m²）

抗震设防类别：乙类

抗震设防烈度：八度

竣工时间：2013年8月30日

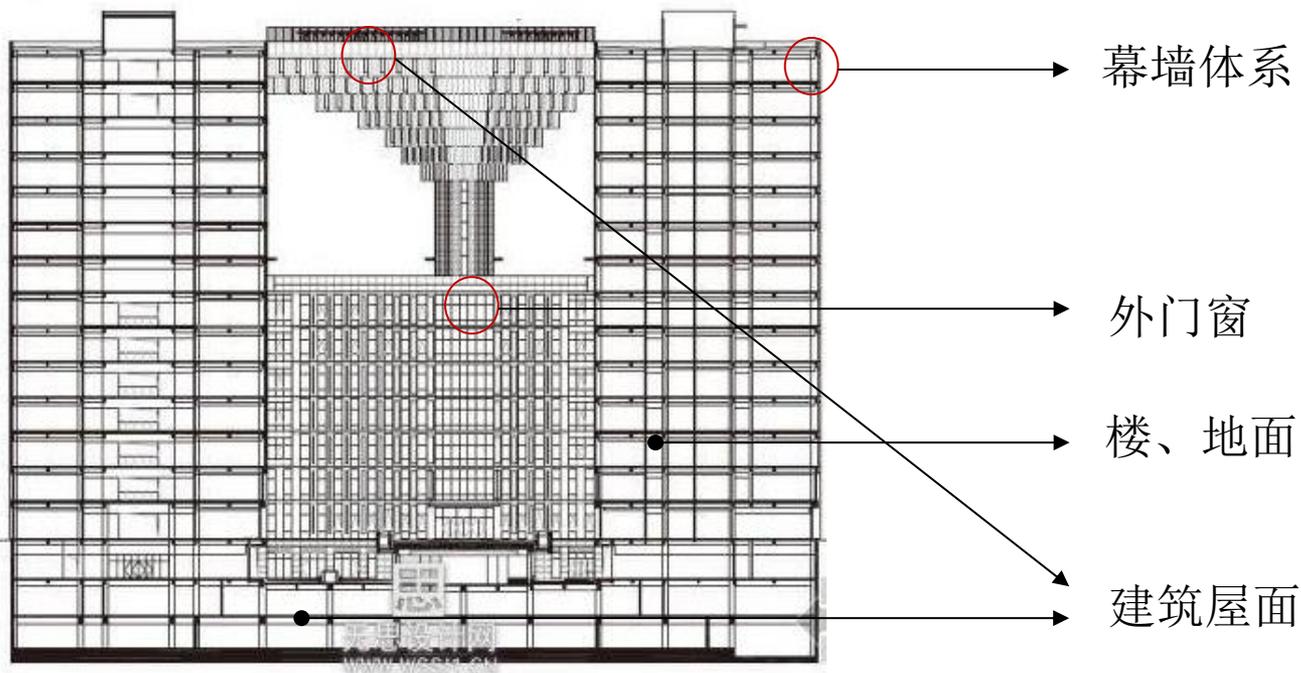
2015年获得国家建筑工程质量最高荣誉
“鲁班奖”





3.1.1 建筑主体节能

4 个方面





3.1.1 建筑主体节能

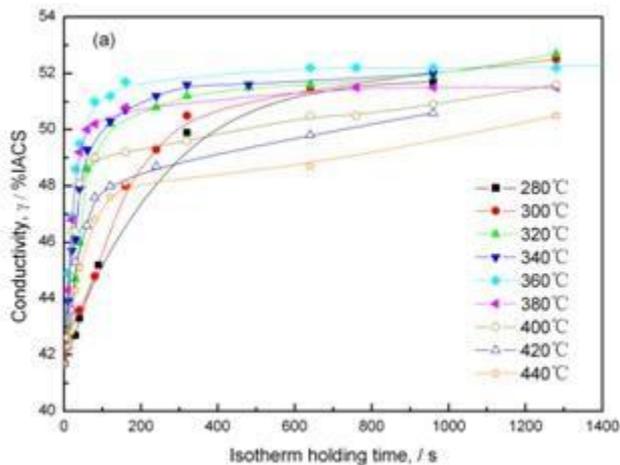
(1) 幕墙体系

学研中心外幕墙为复合外墙体系。

- 楼层800mm高度采用保温隔热材料的窗下墙
- 幕墙玻璃采用中空钢化玻璃，



保温曲线





3.1.1 建筑主体节能

(1) 幕墙体系

- 幕墙开启扇形式为外开上悬；玻璃幕墙密封良好；饰面板与其他材料相容
- 外墙面按条形窗计算，墙窗比为：
南0.37，北0.38，东0.27，西0.33
- 外墙保温性能为5级；
- 屋顶透明部分面积占4.1%；
- 中夹层辐射率 ≤ 0.15 Low-e，
- 玻璃保温传热系数为 $2.7\text{w}/(\text{m}^2\text{k})$

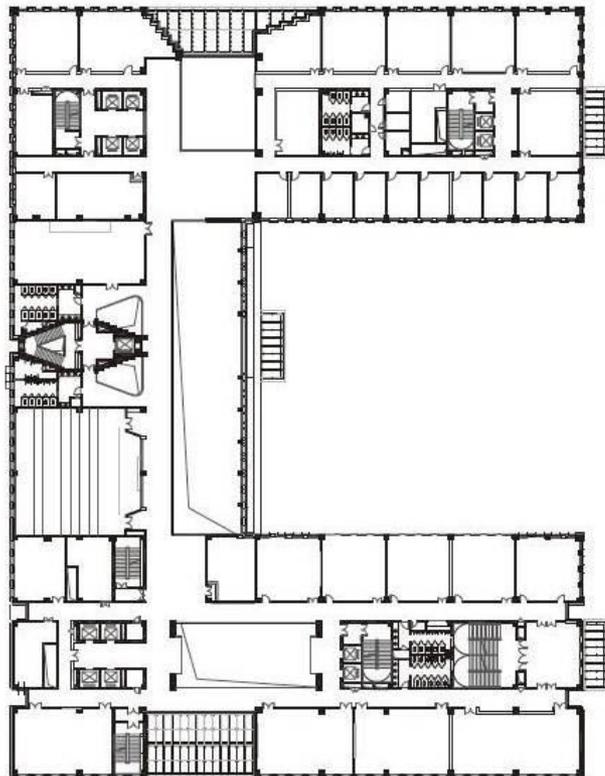




3.1.1 建筑主体节能

(2) 外门窗

- 幕墙外窗的开启总面积占外墙面积的34%。
- 设有斗门或其他减少冷风进入的设施。
- 外墙材料均采用中空LOW-E玻璃和氟碳铝合金。
- 围护结构的传热系数和其他热工指标都符合北京市地方标准





3.1.1 建筑主体节能 (3) 建筑屋面

下沉庭院

地面部分采用10mm厚SF憎水膨珠保温砂浆找坡、50mm厚SF憎水膨珠保温砂浆保温，传热系数 $0.45w/(m^2k)$





3.1.1 建筑主体节能

(3) 建筑屋面（下沉庭院）

➤ 从面层至钢筋混凝土面的用料及分层做法：

- ① 花岗岩石板，干石灰粗砂扫缝，洒水封缝；
- ② 干拌砂浆DS垫实；
- ③ 分层抹砂浆，缝内填密封膏；
- ④ 铺聚氯乙烯塑料薄膜隔离层；
- ⑤ 二层SBS聚酯胎改性沥青防水卷材；
- ⑥ DS砂浆找平层；
- ⑦ 保温砂浆找2%坡；
- ⑧ 钢筋混凝土屋面板。





3.1.1 建筑主体节能 (3) 建筑屋面

➤ 十四层屋面、楼梯间屋面从面层至钢筋混凝土面的用料及分层做法：

- ① DTA砂浆粘贴防滑地砖，黑水泥勾缝，设置分格缝。缝内填密封膏；设置深色分色带；
- ② 分层抹保温砂浆，缝宽10，缝内填密封膏
- ③ 铺聚氯乙烯塑料薄膜隔离层；
- ④ SBS聚酯胎改沥青防水卷材
- ⑤ DS砂浆找平面；
- ⑥ 混凝土找2%坡
- ⑦ 钢筋混凝土屋面板



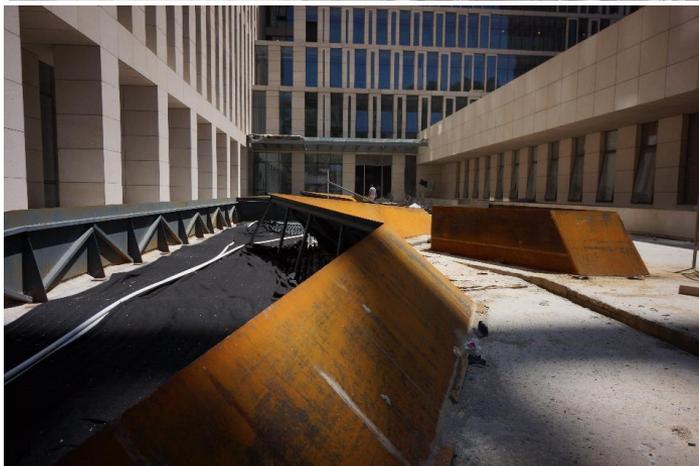


3.1.1 建筑主体节能 (3) 建筑屋面

➤ 报告厅屋面、东楼七层屋顶
、“树塔”天窗屋面

① 采用最薄10mm厚SF憎水膨珠保温砂浆兼找坡

② 50mm厚SF憎水膨珠保温砂浆做保温面



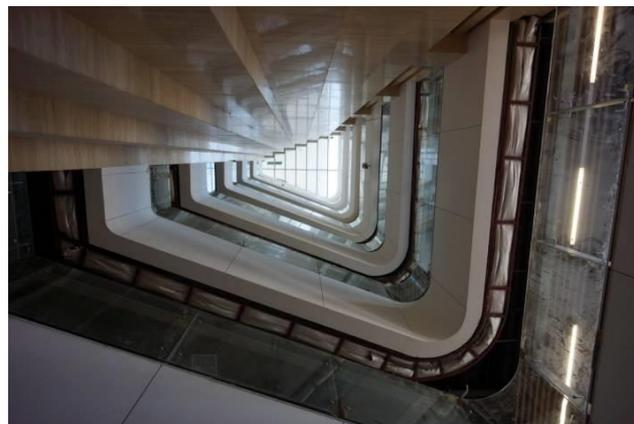


3.1.1 建筑主体节能 (4) 楼、地面



非采暖房间的顶板采用特殊的保温层作保温具体做法如下：

- ① 钢筋混凝土板
- ② 喷涂界面剂
- ③ 喷涂20厚超细无机纤维保温
- ④ 喷胶





3.1.2 能源系统

(1) 基本设计原则：

- 中控设备集中监看和远程控制
- 末端设备分散控制
- 实现信息和资源共享

学研中心能源控制系统采用的系统是西门子的集散型控制系统。根据其使用功能的特点，选用楼宇能源控制系统采用以太网标准的通讯协议。



3.1.2 能源系统

- ① 冷热源控制系统
- ② 空调机组控制系统
- ③ 给排水控制系统
- ④ 风机盘管控制系统
- ⑤ 照明灯具控制系统
- ⑥ 节水器具应用



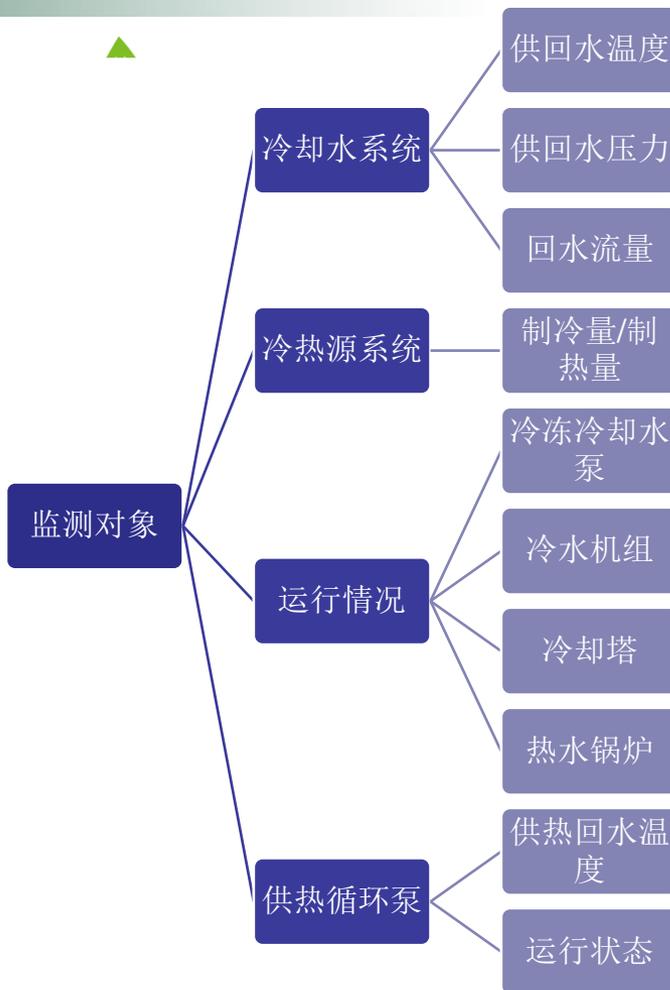


3.1.2 能源系统

① 冷热源控制系统

冷热源自控系统主要由冷却塔、冷水机组、冷却水泵、冷冻泵、供热循环泵等设备组成。

主要监测参数：





3.1.2 能源系统



① 冷热源控制系统

控制
内容

开始或者停止冷热源系统

调节电动旁通阀开度

故障切换

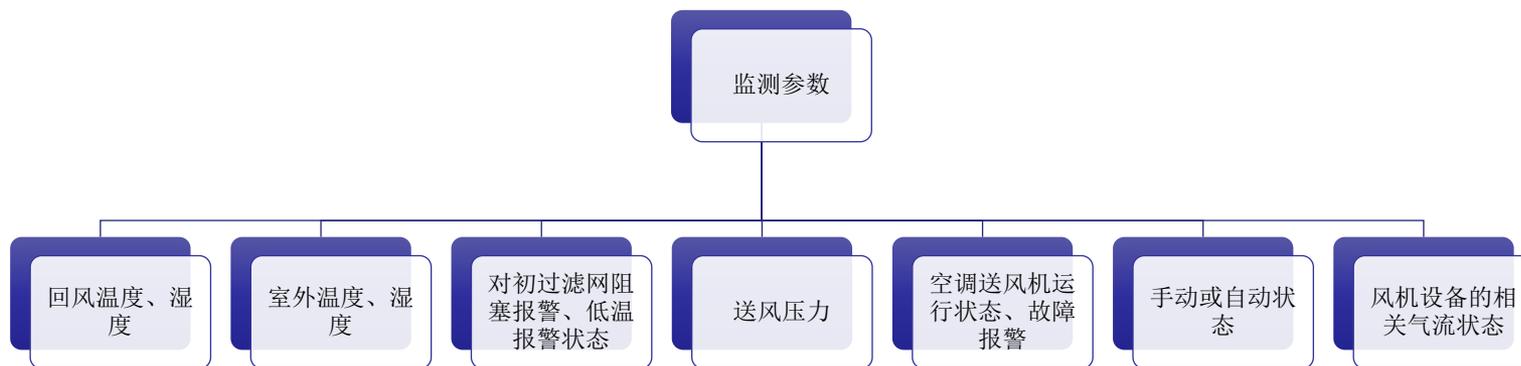
控制热水泵循环



3.1.2 能源系统

② 空调机组控制系统

根据楼宇控制点表，共设置了 4 台空调机组，每台空调机均采用 DDC 控制器进行控制，且为一对一控制。主要监测参数：

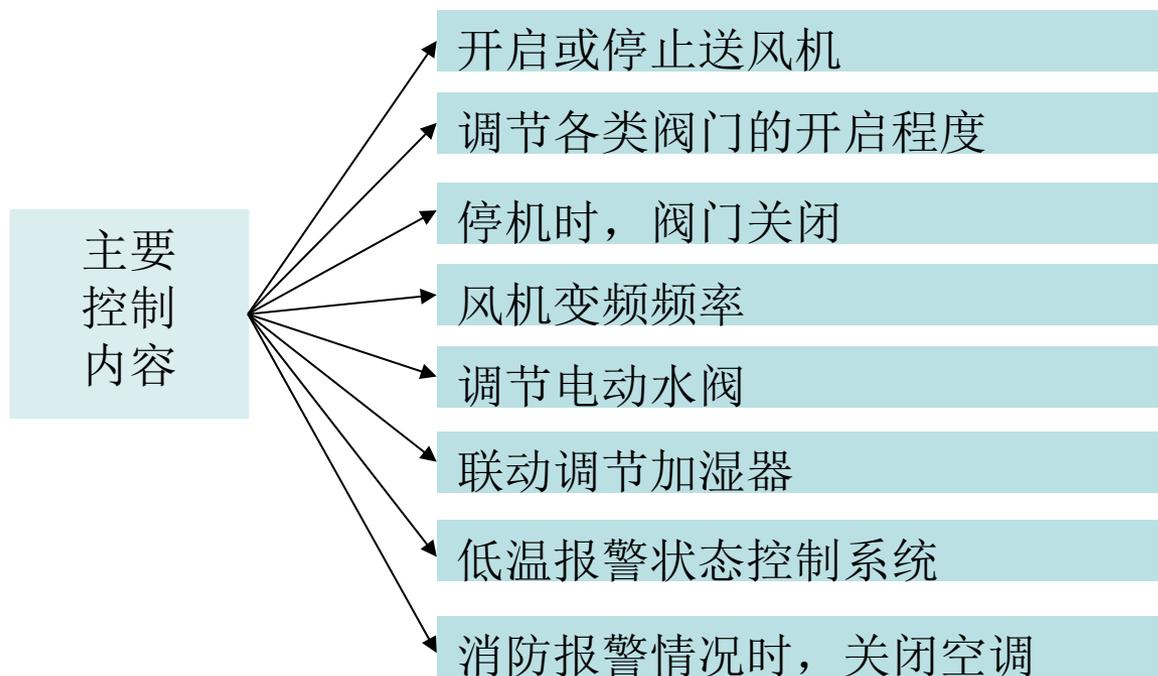




3.1.2 能源系统



② 空调机组控制系统





3.1.2 能源系统

③给排水控制系统

主要监控内容：

- 1、监测水池溢流、启泵、停泵液位
- 2、监测集水坑溢流液位报警
- 3、根据控制要求当达到高液位时停止水泵
- 4、根据控制要求当低于低液位时启动水泵
- 5、可计算给水泵累计运行时间
- 6、给水泵运行状态





3.1.2 能源系统

④ 风机盘管联网控制系统

主要监控内容：

学研中心共有风机盘管 1085 套，除了要对风机盘管进行常规的控制以外，还需要对所有的风机盘管进行联网控制，集中管理。

房间温度检测

房间温度设定

房间温度控制
(电动两通电磁阀控制)

风速控制 (风机三速控制)

制冷 / 制热转换

监视和控制功能

房间的温度和设定温度

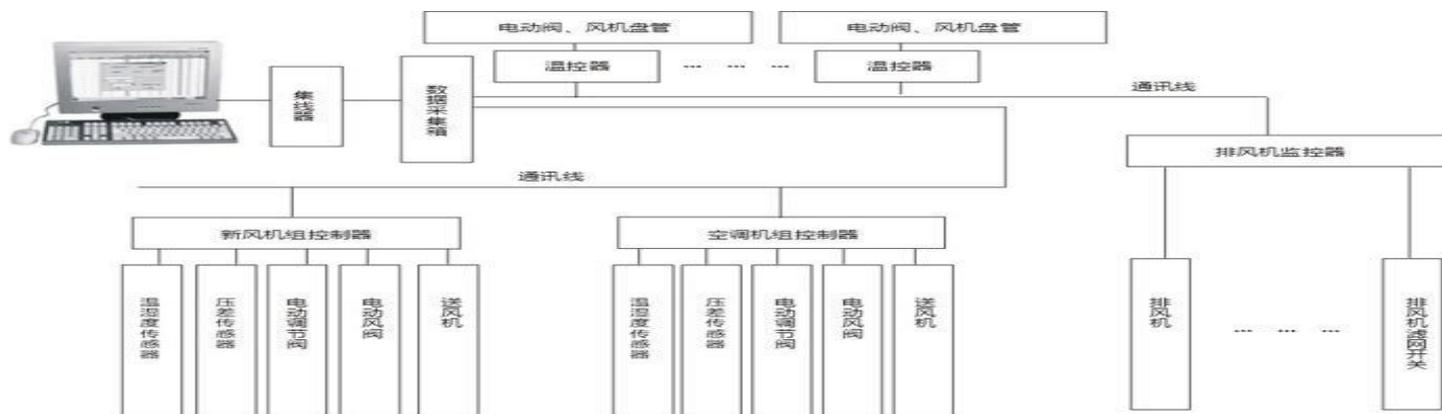
统一进行时间编程控制



3.1.2 能源系统

④ 风机盘管联网控制系统

- 风机排管联网控制系统对风机盘管的三速控制，同时实现对房间温度的采集、设定以及制冷 / 制热模式的选择
- 控制器之间通过总线进行连接，实现控制器与中央管理工作站之间的通讯
- 系统网络结构图如下：FCU 上位机软件，将会用于集中显示及控制联网办公楼的风机盘管，如果需要临加班的话，温控器自身还具有符合加班应用的功能。

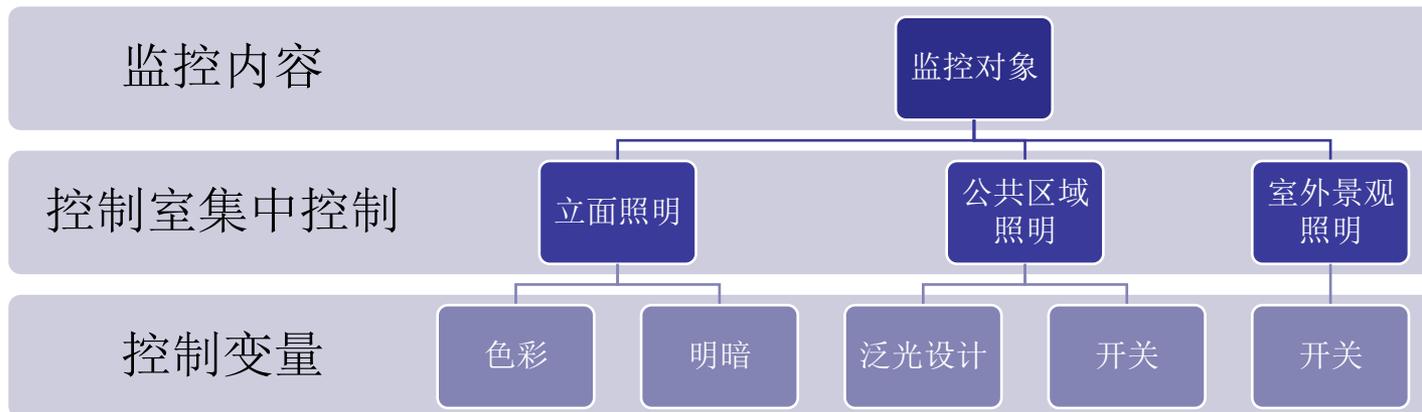




3.1.2 能源系统

⑤ 照明灯具控制系统

监控的主要内容包括：





3.1.2 能源系统

⑥ 节水器具应用

- 坐便器采用脚踏式冲洗阀
- 蹲便器采用红外线感应式冲水器
- 小便器均采用感应式冲洗阀
- 洗脸盆采用自动感应式水龙头通过系统分区供水方式各用水点流出水来。
- 绿地用水采用微喷节水灌溉方式





北京林业大学
Beijing Forestry University

三、建筑节能案例



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



学研中心



首层展厅

知山知水 树木树人



北京林业大学
Beijing Forestry University

三、建筑节能案例

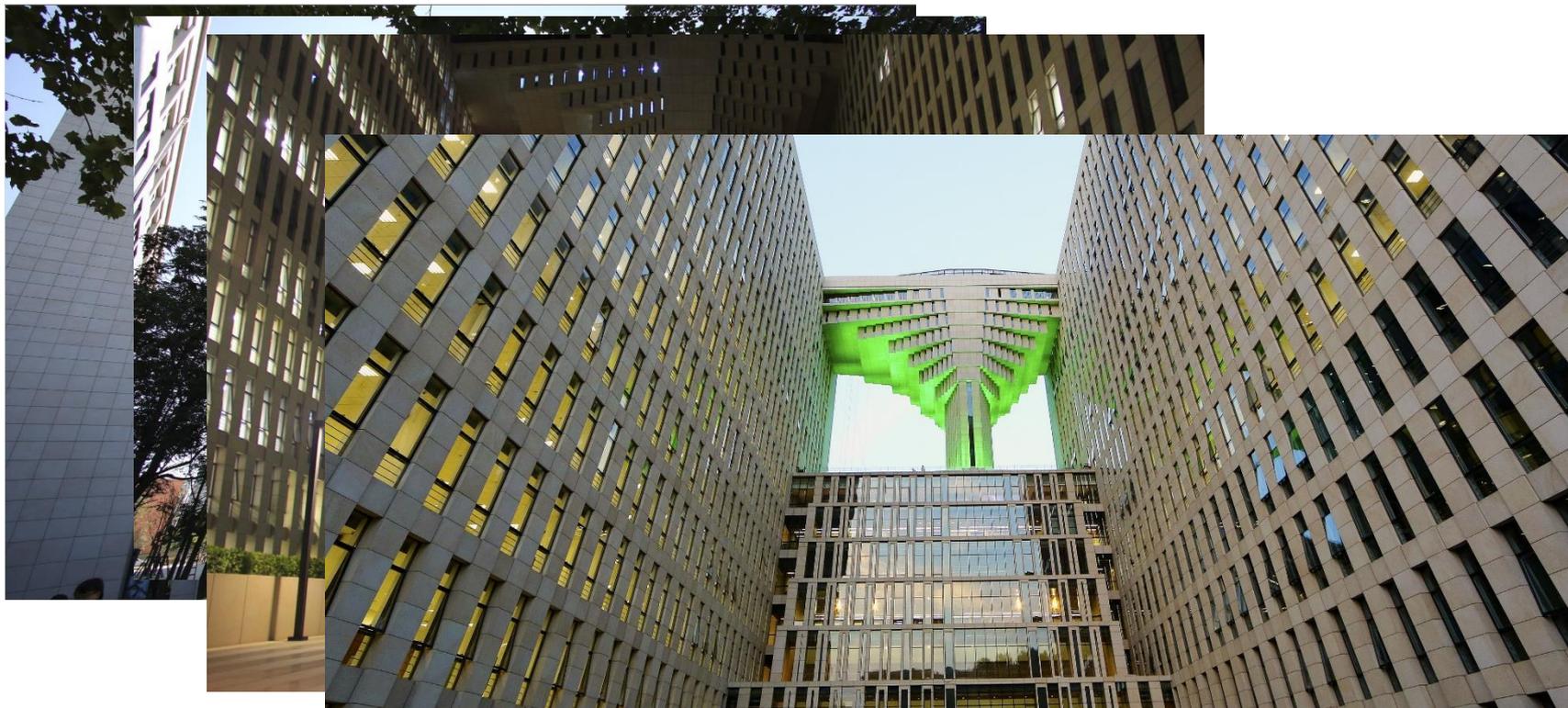


EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



学研中心



知山知水 树木树人



3.2 新建地下锅炉房



北京林业大学新建地下锅炉房于2016年12月3日开工，于2017年9月竣工投入使用。新建锅炉房共有地下2层，装机容量56MW，包括3台14MW和2台7MW燃气热水锅炉（其中一台为预留）。该锅炉房不仅满足了学校新建宿舍楼、食堂11万平米项目的供热需求以及校园东区全部学生生活热水供应，同时根据学校总体规划，还为今后长期发展预留出热源条件。





3.2.1 主要节能措施

新建地下锅炉房在设计 and 施工过程中，大力应用节能环保新技术，努力实现节能减排计划。

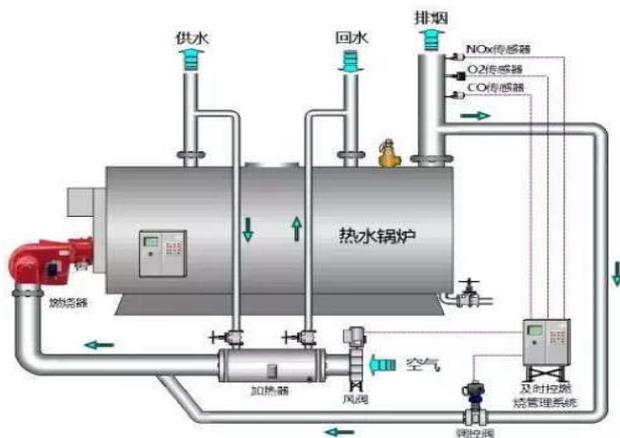




3.2.1 主要节能措施

采用低氮燃烧器，锅炉设有烟气再循环管，使氮氧化物排量 ≤ 30 毫克/ m^3 ，达到北京市最新环保要求标准。

安装常温排烟节能系统，充分利用烟气中大量的显热和潜热。正常工况下，锅炉排烟温度在 $130-150^{\circ}C$ 之间，安装常温排烟节能系统后，锅炉排烟温度降为 70 度左右。





3.2.1 主要节能措施

实施多项减震降噪技术，最大限度减少锅炉房内外噪音，降低对周边的影响。

- 隔音：隔声门、隔声窗、隔声罩
- 吸引：穿孔铝板、离心玻璃棉
- 消音：消音静压箱、消音器、消音弯头
- 隔振：隔振台架、隔振器





3.2.1 主要节能措施

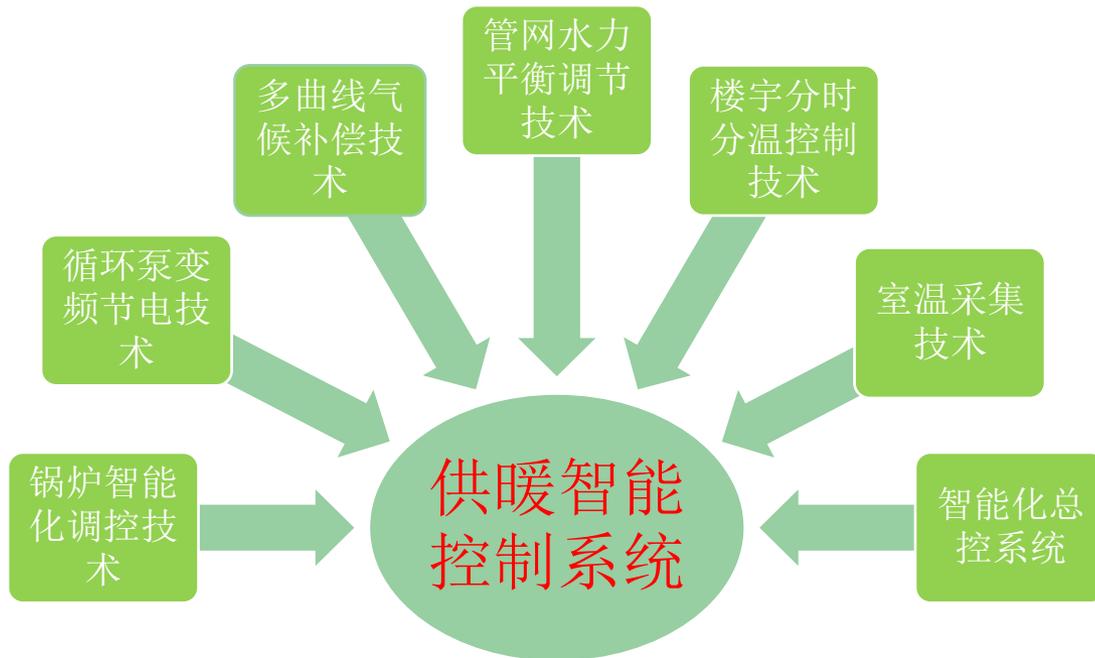
新建地下锅炉房噪声设计与实测数据对比			
序号	位置	设计数据	实测数据
1	锅炉房值班室	<75dB(A)	54dB(A)
2	锅炉房周边环境	昼<55dB(A); 夜<45dB(A)	45dB(A)
3	锅炉房周边办公楼宇室内	<45dB(A)	43dB(A)





3.2.2 供暖智能控制系统

学校实施智能化供热系统综合节能技术改造，采用了多种技术和智能化总控系统。使我校供热系统在每一个环节都实现了数字化、智能化管理，达到了按需供热、节能减排的目的。

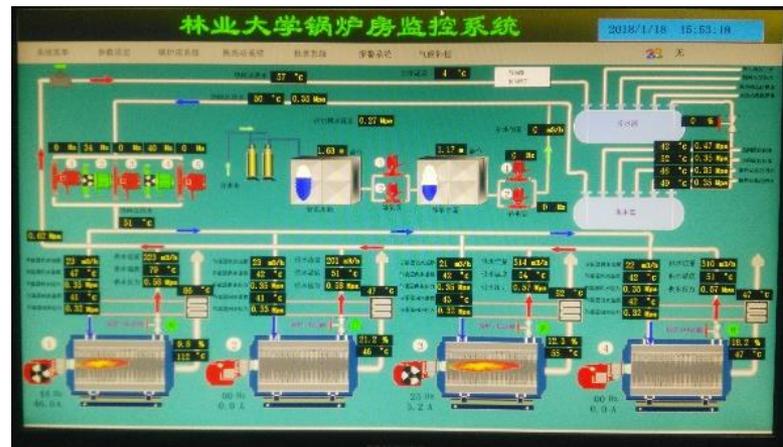




3.2.2 供暖智能控制系统

锅炉房内部分:

- 锅炉智能化调控技术
- 循环泵变频节电技术
- 多曲线气候补偿技术





3.2.2 供暖智能控制系统



锅炉房外部分：

- 智能化总控系统
- 室温采集技术
- 管网水力平衡调节技术
- 楼宇分时分温控制技术





3.3 新建公寓及食堂

投入使用时间：2017年9月

总用地面积：24850平方米

总建筑面积：113447平方米（地上68297平方米,地下45150平方米。）

组成：三个单体，三层地下室，各单体由地下车库相连，设有下沉庭院。





3.3.1 建筑特点

侧重于建筑自然采光、自然通风的利用、地下建筑面积的利用，采用高效节能设备、太阳能热水设备、中水利用、节水灌溉技术、智能化控制技术 etc 绿色生态技术。

★ ★绿色建筑二星级

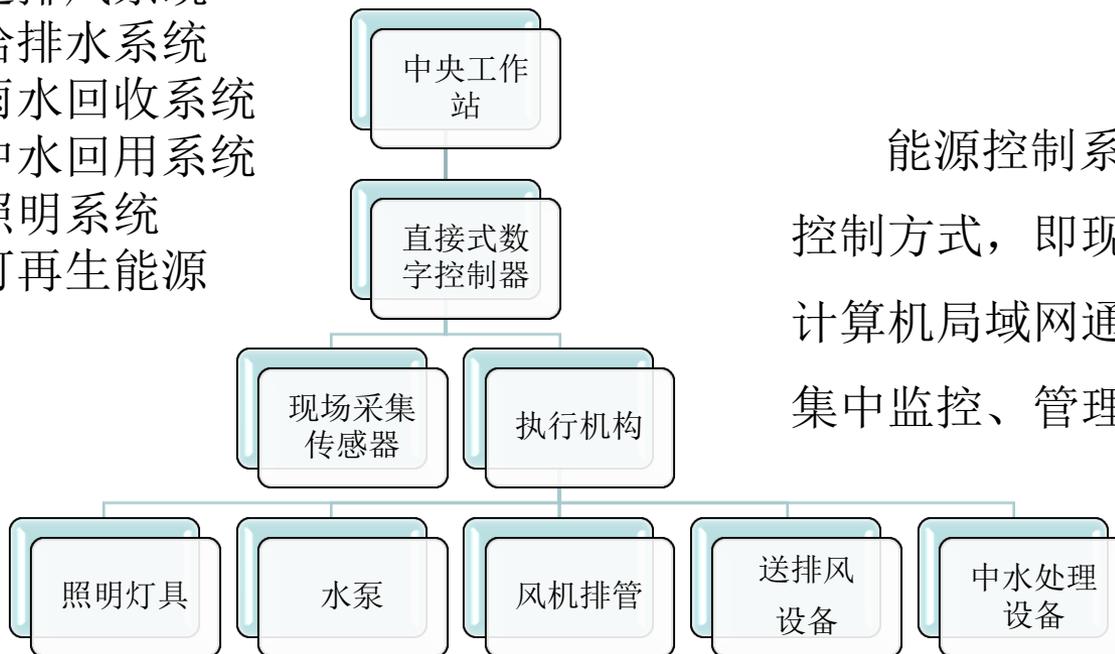




3.3.2 能源系统



- (1) 空调系统
- (2) 送排风系统
- (3) 给排水系统
- (4) 雨水回收系统
- (5) 中水回用系统
- (6) 照明系统
- (7) 可再生能源



能源控制系统采用集散式控制方式，即现场区域控制，计算机局域网通讯，最后进行集中监控、管理的方式。



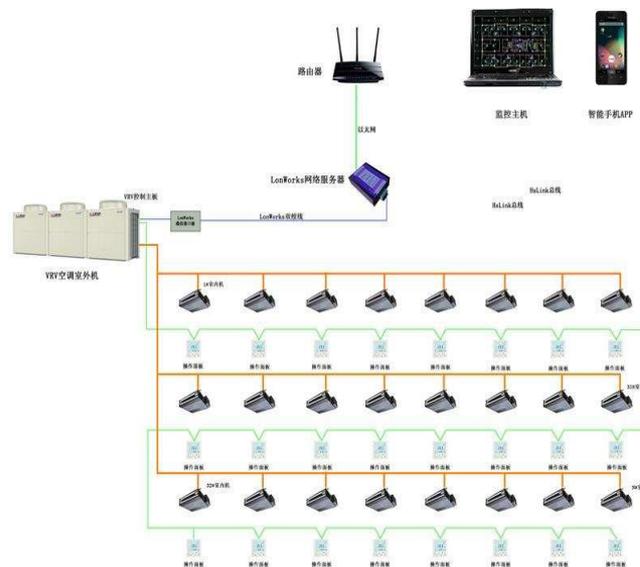
3.3.2 能源系统



(1) 空调控制系统

新建公寓及食堂项目空调系统监控对象为VRV空调机组和新风机组，该系统主要监测的内容包括：

- 过滤器阻塞状态
- 风机的手/自动状态、运行状态和故障状态
- 风机累计运行时间，定时发出检修提示信号
- 新风机组的送风温度
- 空调机组的回风温度





3.3.2 能源系统



空调系统主要控制功能：

- 定时控制：按预先编排的时间程序控制机组启停
- 新风风阀与风机联锁：风机停机时，新风风阀关闭
- 在冬/夏季，采用最小新风量；在过渡季，采用焓值控制方式
- 根据送风温度（回风温度）与设定值（可调）的偏差，通过PID运算，输出相应的控制信号，调节回水管上电动阀的开度，以保持送风温度（回风温度）的恒定



3.3.2 能源系统



(2) 送排风系统

系统主要监测内容：

- 各风机手/自动状态、运行状态和故障状态
- 各风机累计运行时间，定时发出检修提示信号

系统主要控制内容：

定时控制：按预先编排的时间程序控制风机启停。



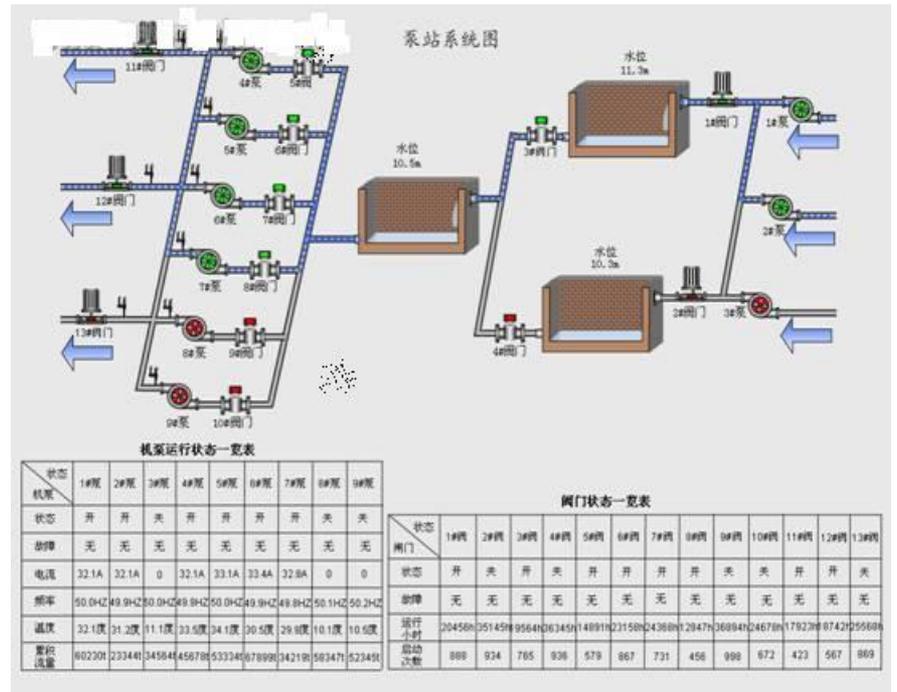


3.3.2 能源系统



(3) 给排水系统

给排水自动化监控系统的上位机监控系统对无负压给水泵房和污水泵房统一控制，同时实现了无负压给水泵房及污水泵房的自动化运行控制功能



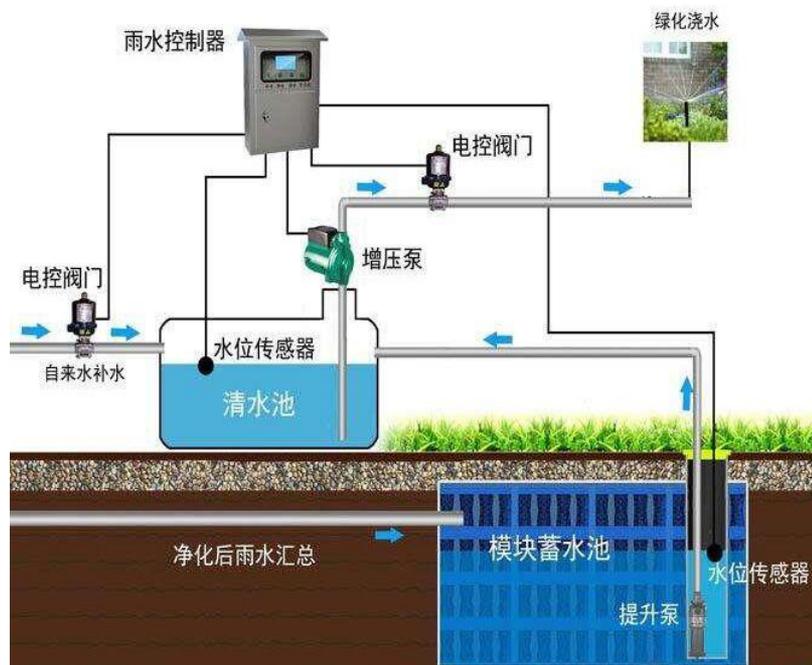


3.3.2 能源系统



(4) 雨水回收系统

雨水回收系统是由屋面收集经雨水管排入室外绿地，室外雨水部分通过道路透水设施入渗。入渗以外的雨水排入室外雨水管道，汇集至公寓楼宇地下雨水调蓄池进行蓄存。



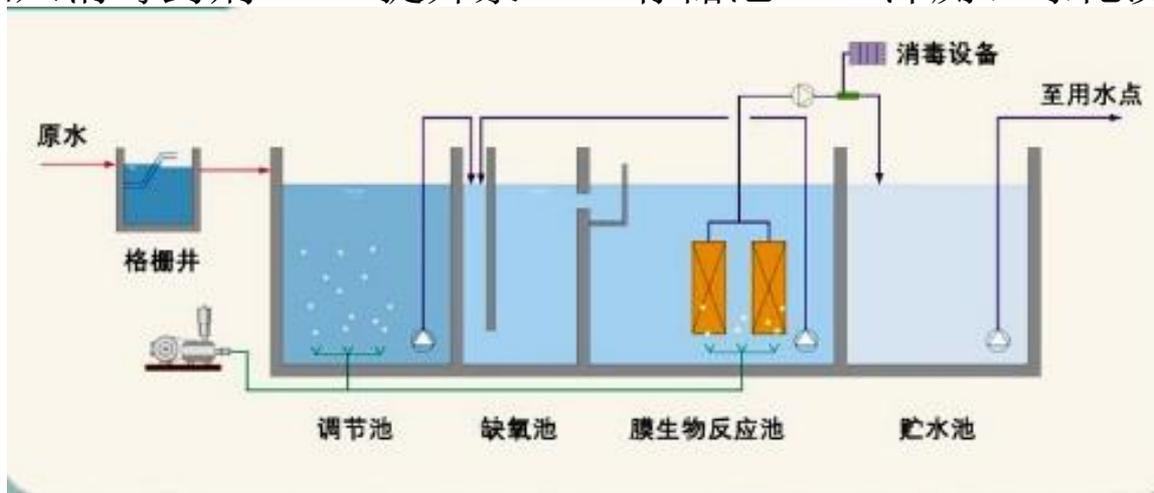


3.3.2 能源系统

(5) 中水回用系统

水源：宿舍地上部分的浴室和盥洗室的废水

工艺及用途：洗浴及公共卫生间洗手盆排水 → 管网收集 → 格栅槽及机械格栅过滤 → 调节池 → 毛发收集池 → 污水提升泵 → MBR反应池 → 加入消毒药剂 → 提升泵 → 存储池 → 冲厕、绿化浇洒及道路喷洒



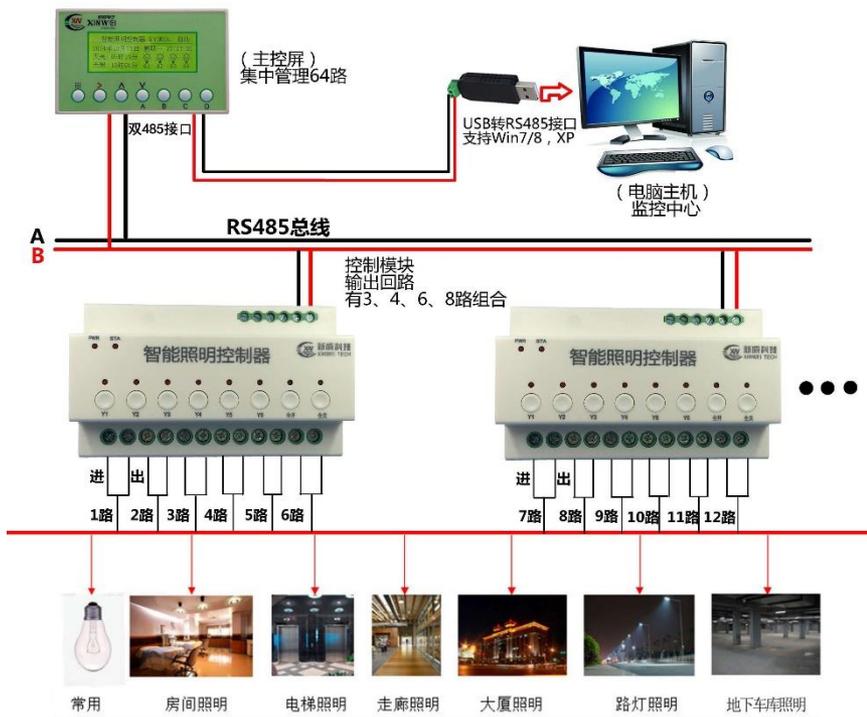


3.3.2 能源系统



(6) 照明系统

新建公寓及食堂灯具、光源均选用高效节能光源和灯具，其中公共区域采用智能照明系统。走廊的照明采用分层、分区、分模式智能控制，系统采用多功能控制模块。



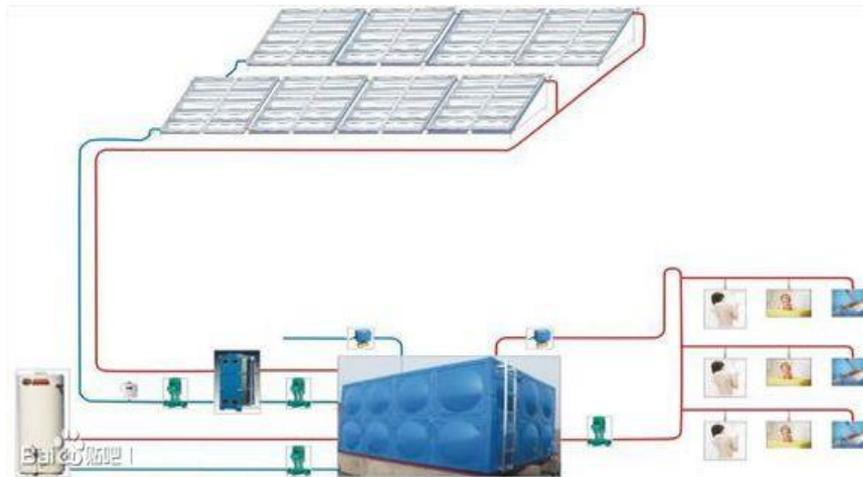


3.3.2 能源系统



(7) 可再生能源

可再生能源的主要体现在学生公寓淋浴换热系统节能技术的应用，学生公寓淋浴换热系统的热源还通过太阳能热水系统提供。可再生能源提供的水比例10.31%。太阳能热水系统的投入使用使建筑总能耗较节能标准降低了20.82%。





北京林业大学
Beijing Forestry University

三、建筑节能案例

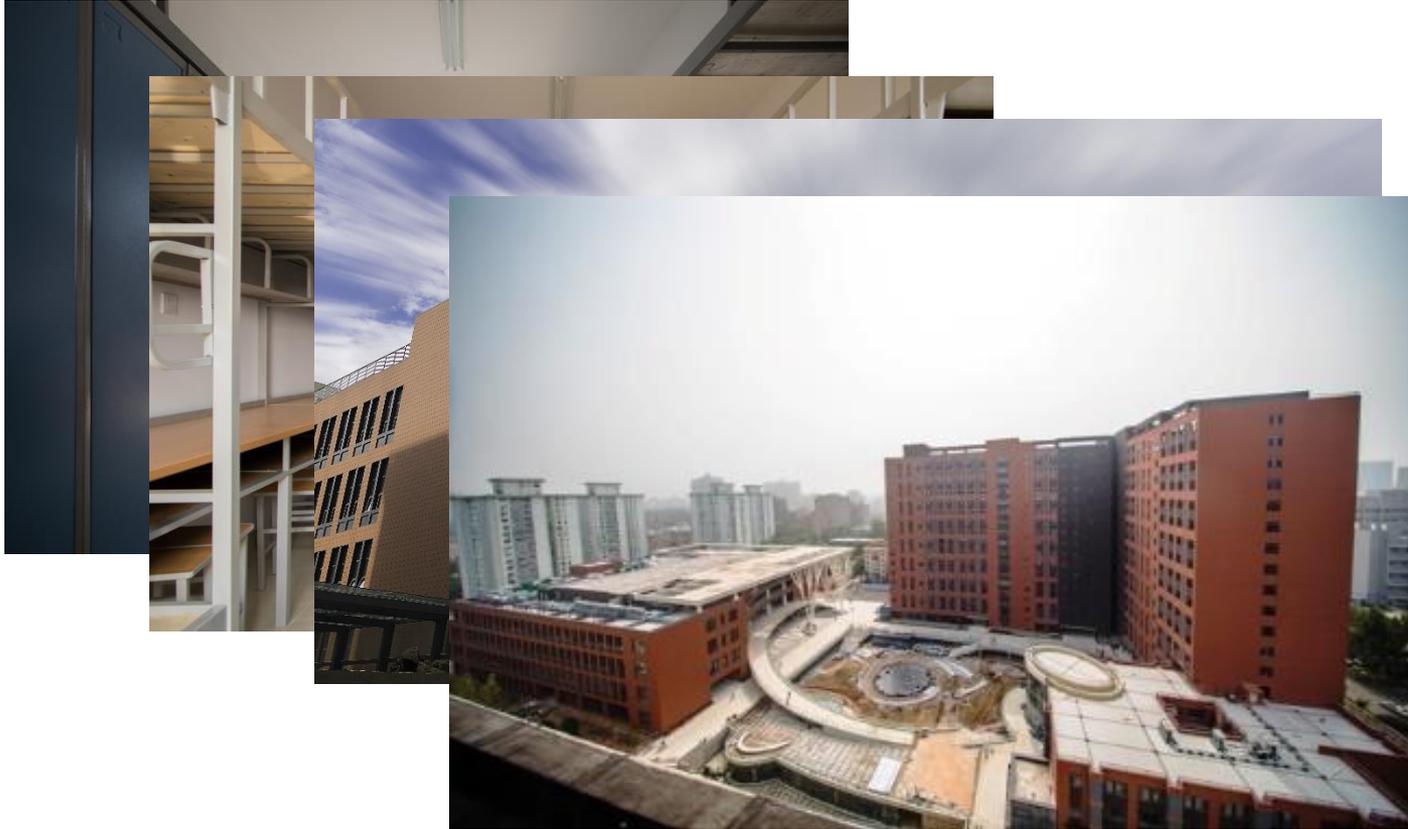


EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



新建公寓及食堂



知山知水 树木树人



北京林业大学
Beijing Forestry University

三、建筑节能案例



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



新建公寓及食堂



知山知水 树木树人



北京林业大学
Beijing Forestry University



EMCC

中国教育后勤协会
能源管理专业委员会



四、建筑节能技术思考

知山知水 树木树人



4.1 校园建筑建设中运行管理部门全过程参与的必要性

- 运行管理部门对于校园能源使用管理经验丰富
- 因地制宜地提出意见，利于建筑建设过程
- 管理部门深度参与之后，使用管理更适合，提高节能效益





四、建筑节能技术思考



4.2 校园建筑管理对于建筑节能的重要性

- 建筑管理更能决定一个建筑的实际能耗。
- 校园建筑管理模式主要聘请物业管理公司、后勤人员；采用定额支付的方式，不可能激励管理人员努力去节能。





4.3 大数据对建筑节能管理的引领性

(1) 数据全面：

对建筑主要能耗点的全面监测是实现建筑节能的基础，监测设备的布局成为建筑节能物联网工程实施的重要部分，而施工的难易程度成为工程的关键。

(2) 能耗分析：

为建筑管理部门安装管理软件，对监测设备采集的数据进行汇总分析，能耗分析为节能控制提供了详细、量化的支撑数据，减少管理人员主观决策。

(3) 节能控制：

在能耗分析基础上，可开展节能审计工作；在能耗非正常状态下及时告警，远程关闭临界或空耗能状态相关设备，减少浪费。



北京林业大学
Beijing Forestry University



敬请批评指正

1952



知山知水 树木树人