

# 低碳技术在现代工业园区中的应用研究

上海交通大学 王益飞 张家春 谷伟新

**摘要:**以上海漕河泾开发区为案例,扼要介绍了低碳、绿色技术在我国现代工业园区内的应用。开发区LEED注册认证工作的经验介绍中,推介了一些业已成熟并适合在我国开发区内使用的节能环保技术。其中重点介绍了能源中心冰蓄冷系统的技术方案,并对其经济、社会效益进行了分析。研究表明,低碳技术在现代工业园区中具有一定推广价值,但同时需要政府和相关部门的相应政策扶持。

**关键词:** 低碳技术 LEED 绿色建筑 能源中心 冰蓄冷

## Research on the Application of The Low Carbon Technology in Modern Industrial Park

Wang yi fei Zhang jia chun Gu wei xin

**Abstract:** Taking the Shanghai Caohejing Hi-Tech Park as the case, this article introduces the situation of low-carbon, green technology in the modern industrial park. Through the experience gained in the LEED registration and authentication work in the industrial development park, some mature energy saving and environment protection technologies which are suitable to apply in the development park in China are elaborated here. This article mainly focuses on the technical solution on the Ice Storage Air Conditioning Systems in the energy center and makes a full analysis on the benefit from economic and social perspective. After the research, the author points out that there is value to promote the low-carbon technology in the modern industrial park but the corresponding policy support from the local government and related departments are still needed.

**Keywords:** Low-Carbon, LEED, green building, energy center, Ice Storage Air Conditioning Systems

---

先进制造业与现代服务业方向转变。2007年 根据国家环保总局、商务部和科技部联合发布的《关于开展国家生态工业示范园区建设工作的通知》，漕河泾开发区开始正式规划建设生态工业示范园区。根据规划，漕河泾开发区尝试在区内多个在建、拟建项目中，结合LEED绿色建筑注册与认证工作，设计及应用一批低碳绿色建筑技术。本文将以漕河泾开发区为例，探讨在我国城市开发区内应用低碳、绿色建筑技术与申请LEED认证的实践经验。

## 1 漕河泾开发区注册LEED认证的主要项目简介

### 1.1 LEED介绍

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, 美国能源与环境设计先锋奖) 由美国绿色建筑协会 (U.S.Green Building Council) 制定, 于1998年正式公布, 作为北美地区共通性与市场导向式的绿色建筑评估准则。由于LEED系统目前在世界各国的各类建筑环保评估、绿色建筑评估以及建筑可持续性评估标准中被认为是最完善、最有影响力的评估标准, 因此也被国内外政府和企业所广泛接受。

### 1.2 项目简介

目前, 漕河泾开发区申请LEED认证的项目有三个, 包括: 业已完工的漕河泾现代服务业集聚区二期——总部经济区(以下简称总部区)、正在建设中的兴园技术中心以及正在设计即将开工的科技绿洲三期项目。

1) 总部区项目占地面积5.4万m<sup>2</sup>, 总建筑面积16万m<sup>2</sup>, 其中地上11.4万m<sup>2</sup>, 地下4.6万m<sup>2</sup>。项目包括6幢小高层办公楼和一幢2层的会议中心以及一个大型地下车库。由于该项目采用了包括能源中心在内的多项低碳、绿色节能环保新技术, 且新近完工, 本文将重点加以介绍。

2) 兴园技术中心项目由两栋38层的超高层办公大楼及相连的商业裙房组成, 预计将在2010年底竣工。

3) 科技绿洲三期项目则是一个占地11万m<sup>2</sup>,

容积率只有1.4的大型研发园区, 目前尚处于开工前的设计准备阶段。

## 2 不同项目的LEED选择

2.1 LEED评估体系共分为六个分体系, 见图1:

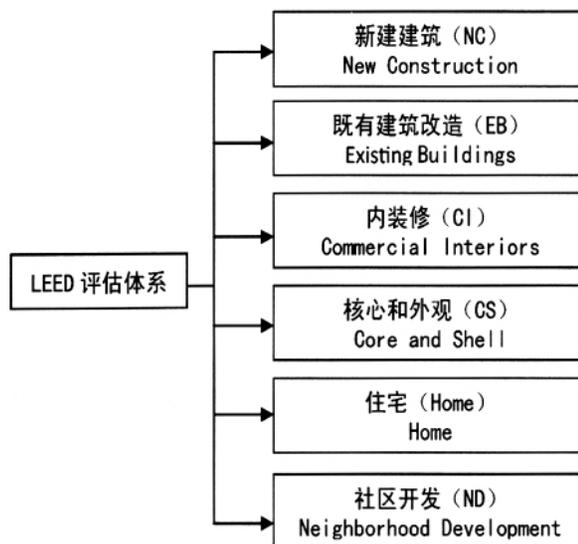


图1 LEED评估体系

### 2.2 适应于开发区的LEED版本的选择

其中LEED CS核心与外观版主要针对建设办公楼但不能控制其内的租赁用户的内部装修和需求, 而仅在可以直接管理的公共区域内实施绿色设计和施工措施的项目。对于以建造工业厂房及办公园区为主的开发区来说, 笔者认为选择LEED CS版本较为合适。本次漕河泾开发区中的总部区与兴园技术中心项目正是选择了该版本。CS版可以指导开发商在建筑物的围护结构、建筑机电系统等方面进行可持续发展设计。当然进驻其内的租户如有需要还可以进一步申请LEED CI商业内装版。

至于如科技绿洲三期这种低密度研发园区, 也可以采用LEED ND社区开发版, 这一方面是由于相对于总体而言, 其园区内建筑物栋数较多且每幢规模不大, 另一方面也是因为LEED ND版更关注于园区规划、景观、基础设施、单体建筑等方面, 可为业主提供更优化的园区总体设计建议。当然, 需

要指出的是，对于注册LEED ND版本的园区还是必须要有其内至少一幢建筑物通过LEED单体认证(NC、CS、CI等)。

### 2.3 LEED的评定方法

LEED体系(V3.0版)采用打分制,即被评估项目满足系统的条款后,项目将获得相应的分数,最终汇总分数来确定项目所获得何种等级的认证结果(见图2)。

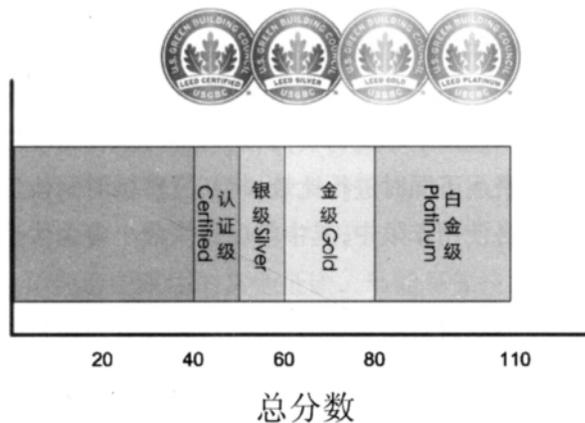


图2 LEED 认证等级

## 3 总部经济区中的绿色环保建筑技术及其LEED得分点

### 3.1 能源中心冰蓄冷技术

#### 3.1.1 冰蓄冷技术概念

冰蓄冷是利用夜间电网低谷时间(同时也是空调负荷很低的时间),制冷主机制冷并由蓄冷设备将冷量储存起来,待白天电网高峰用电时间(同时也是空调负荷高峰时间),再将冷量释放出来满足高峰空调负荷的需要或生产工艺用冷的需求。这样制冷系统的大部分耗电发生在夜间用电低峰期,而在白天用电高峰期只有辅助设备在运行,从而实现用电负荷的“移峰填谷”,为业主带来更多的经济效益,改善用电结构和电厂发电机组的运行状况,减少对矿物燃料的消耗和运行效率低的调峰电站的投入。

以下为上海市2009年11月发布的夏季工商业

### 分时电价表(10千伏):

表1 上海市2009年11月发布的夏季工商业分时电价表(10千伏) 单位:元/千瓦时

用电分类	时间	电度电价
峰时段	8:00-11:00	1.138
	13:00-15:00	
	18:-21:00	
平时段	6:00-8:00	0.710
	11:00-13:00	
	15:00-18:00	
	21:00-22:00	
谷时段	22:00-次日 6:00	0.268

由上表可见峰时与谷时电价相差达4倍多,这就为采用“移峰填谷”技术的冰蓄冷技术提供了可行条件。

#### 3.1.2 总部区冰蓄冷技术方案简介

总部区冰蓄冷采用外融冰部分蓄冰方式。其中设置1台5627kW(1600RT)离心式冷水机组为机载主机(未来等集聚区其他区域建成后,还可增设一台)。另设置3台(1600RT)5627kW/3658kW(空调工况/制冰工况)的双工况乙二醇主机(未来可扩充至5台),向各建筑物提供1.5℃~12.5℃的冷冻水,经各建筑物地下水泵房内的换热器交换成所需温差的冷水供系统使用。在供电谷时,该3台双工况乙二醇主机可提供40000RTH的冰蓄量。整个系统通过蓄冷控制系统、楼宇自动控制系统(BAS)等控制和运行,选择合适的蓄冷模式,在最经济的情况下给末端提供稳定的供水温度。

#### 3.1.3 经济效益分析

按2台5627kW(1600RT)离心式冷水机组为机载主机、5台(1600RT)5627kW/3658kW(空调工况/制冰工况)的双工况乙二醇主机全配置计算。

##### 1) 节约用电费用

将冰蓄冷集中供冷系统和常规分散空调系统的设备运行水电消耗费用进行对比,单位冷量费用曲线如图3所示。由于空调冰蓄冷系统的设备配电容量比常规系统配电容量小,并且电力部门实行三

段式峰谷电价政策 空调冰蓄冷利用夜间谷段的低价制冰 ,在日间电力高峰段放冷 ,全年设备运行水电消耗1410.1万元 ,比常规空调系统节约676.6万元 ,降低32%。

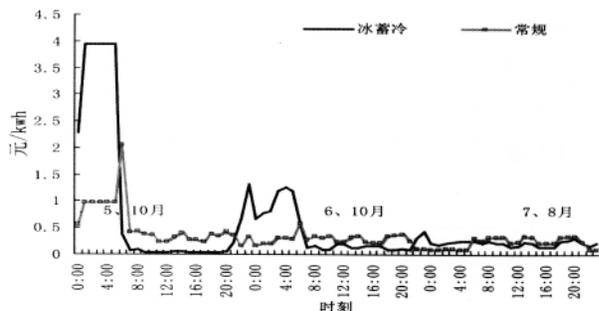


图3 冰蓄冷区域供冷系统和常规分散空调系统单位冷量费用对比

### 2) 节约年总运行费用

综合年基本电费、设备维修费和管理费等因素 ,蓄冷空调系统比常规空调系统年总运行费用降低801.76万元 ,如表2所示。

表2 年运行费用对比表

	设备运行 水电费(万元)	年基本电费 (万元)	设备维修管 理费(万元)	年运行费用 合计(万元)
蓄冷	1410.11	453.71	205.61	2069.43
常规	2086.70	679.94	104.55	2871.19
差值	-676.59	-226.23	101.06	-801.76

### 3) 冰蓄冷相对于常规空调的投资回收期

相对于常规分散空调系统 ,蓄冰区域供冷系统

的投资回收期等于初投资增加值除以两种系统方式年运行费用差值。计算结果得出 ,相对常规空调系统 ,蓄冷投资回收期为6.9年(见表3)。

表3 经济效益分析

	冰蓄冷	常规	差值
初投资(万元)	18051.00	12506.01	5545.00
年运行费用(万元)	2069.43	2871.19	-801.76
相对常规系统回收期(年)	6.9		

### 4) 年度费用指标

年度费用指标等于初投资乘以等额分付资本回收系统加上年运行费用 ,是对各方案在初投资和运行费用不同时进行比较 ,将初投资按时间价值分散到各使用年限中 ,其中年度费用最小者为优选方案。

假设资金贴现率为10% ,残值为0 ,计算得出冰蓄冷集中供冷系统年度费用低于常规系统 ,参见表4。

### 3.1.4 社会效益

冰蓄冷空调系统的节能潜力在于减缓高峰供电压力 ,减少电厂装机容量 ,从而减小了电厂的设备投资、运行费用以及CO<sub>2</sub>等污染物的排放量。

#### 经测算 ,总部区能源中心系统

##### 1) 全年系统运行节约的用电量

由于采用了区域供冷系统 ,较之分散供冷减少了设备的装机容量 ,在负荷匹配良好的条件下 ,根据测算 ,通过全年的优化运行 ,区域供冷系统全年耗电量2448.9万 kWh ,较之常规空调系统节省161.8万 kWh ,如果按1kWh 电消耗404g 标准煤计算 ,每年可节约654吨标煤。

##### 2) 环境效益

表4 两种方案年度费用对比表

	蓄冷			常规		
	15	20	25	15	20	25
使用寿命(年)	15	20	25	15	20	25
贴现率	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
(1+i) <sup>n</sup>	4.18	6.73	10.83	4.18	6.73	10.83
等额分付资本回收系数 Cr	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.11
初投资(万元)	18051.00	18051.00	18051.00	12506.01	12506.01	12506.01
年运行费用(万元)	2069.43	2069.43	2069.43	2871.19	2871.19	2871.19
年度费用(万元)	4442.66	4189.70	4058.08	4515.40	4340.14	4248.96

方面

参照燃煤发电厂每发电1 kWh产生的污染量进行测算(见表5)。

表5 冰蓄冷区域供冷系统节能减排量预测

SO <sub>2</sub> ( t )	NO <sub>2</sub> ( t )	TSP( t )	CO <sub>2</sub> ( t )	灰渣( t )
42.3	15.4	2.6	7341.1	291.7

### 3)节约电厂投资

经测算,相对常规空调系统而言,采用冰蓄冷系统高峰用电转移量550.6万kWh,转移率48%。本工程项目总蓄冰量40000RT,每年转移高峰用电550.6万 kWh,减少高峰电力容量5791kW,不计电厂运转费用的增加,仅考虑火力发电厂6000元/kW的建设投资,可节约投资3475万元。

3.2 总部区中采用的其他低碳、节能环保技术,以及与其相对应的LEED-CS主要可得分数

1)场地(总分28分):园区周边公共交通发达,园区内外绿化景观舒适宁静,绿化率达到31.3%大于规定值20%的要求,此外大面积采用地下停车,增加表面绿化同时缓解城市热岛效应。

2)节水(总分10分):园区采用了雨水收集系统,提供绿化灌溉用水;并且园区内所有卫生间均采用了低流量的节水洁具,较传统洁具节水40%;

3)能源与大气(总分37分):除了采用了上述重点介绍的能源中心冰蓄冷技术外,还采用新排风全热回收系统,进一步节约了能源消耗。空调制冷剂采用R134而不是氟利昂。外墙及屋顶均铺设保温材料,玻璃幕墙采用Low-E玻璃。在照明方面,在地下室采用了LED节能灯具,园区路灯采用太阳能路灯。大楼内公共部位装饰尽量选用了浅色表面和饰面,增加反光,以减少人工照明功率密度。

4)材料与资源(总分13分):采用施工垃圾管理,对施工垃圾进行分类回收,最大限度的采用富含可回收成分的建筑材料,利用速生材料,如竹子、羊毛等,同时优先本地材料采购。

5)室内环境质量(总分12分):大楼内设有禁止吸烟标志,对人体易产生污染的物质,包括油漆、涂料、地毯、合成木材、纤维产品等在内,内部装修材料选择时已注意VOC,即总挥发性有机物的含量,其具体标准可参照各相关规定。由于有大面积玻璃幕墙,室内日光和视野也已达到LEED标准。

6)创新设计(总分6分):冰蓄冷及太阳能路灯可作为创新设计而获得分数。

7)地区优选项(总分4分):由于该项目不在美国本土,所以暂无得分点。

## 4 结语

1) 低碳技术,包括文中介绍的能源中心冰蓄冷技术、新排风全热回收技术、雨水收集技术、外墙保温、Low-E幕墙、LED节能灯具、太阳能路灯等,均是在我国相对已较成熟的低碳环保技术,各开发区可根据各自的发展情况以及所在政府及公用事业部门的扶持引导政策,作相应的选择。

2) LEED认证系统不仅是一个评价体系,它通过与业主、设计方、施工方以及住户的全程参与,协同合作,使得绿色建筑不再是概念上的,而是变成实实在在的建筑作品。对于我国这样一个建筑能耗大国而言,LEED确实具有一定的指导意义和可操作性。

3) 虽然LEED是一个自愿采用的国外评估体系标准,但在致力于对外招商的国内开发区而言,还是具有一定的效用,该标准尤其得到了跨国公司的广泛认可。通过对LEED评估体系的实践,为开发商提供了新的提高自身形象的机会和营销新项目的平台,同时对租户也具有吸引力。

4) 从漕河泾开发区若干项目尝试低碳技术的实际情况来看,除了需要开发区自发的低碳环保意识,政府的相应支持也是必不可少的,其中包括税收、政府补贴、贷款优惠、以及灵活的能源收费标准等。

5) 能源中心冰蓄冷技术作为低碳技术中的一种实用新技术,在漕河泾开发区乃至上海尚属首次

尝试。在国内,也只有北京中关村和广州大学城等少数成功案例可以参考。从目前的前期测算来看,项目是可行的,并且具有良好的发展前景,但还需要通过以后若干年的常态运行才能得出结论,因此,建立一个完整的系统的节能效用标准将是接下去的一个重要工作。

6) 推广低碳技术,是实现城市可持续发展的重要途径,也是开发区实现产业转型,吸引高新技术企业落户园区的重要手段。同时从文中介绍的这些低碳绿色技术来看,随着技术的进一步成熟以及

成本的进一步降低,对于建设方来说,经济上也具有一定的吸引力。

#### 参考文献

[1]徐晓红.绿色博物馆建筑的探索.上海人民出版社,2010

[2]黄茂文.冰蓄冷低温送风空调系统的原理、应用和发展.安装.2009(01):28-30.

[3]高晓晖 江瑛.关于LEED与我国绿色商业建筑市场化的思考.全国商情(经济理论研究).2009(11)

## 青浦夏阳街道推广节能低碳技术成效显著

日前,青浦区科委、科协组织召开了节能低碳技术推广应用研讨会,上海交通大学、市房科院、市技交所、区发改委等领导专家和专家出席会议。

与会代表重点听取了夏阳街道近两年开展节能工作的情况。夏阳街道自2009年成立“节能减排实事工程领导小组”以来,在社区广泛开展向居民宣传、赠送节能产品和科普书籍,创建节能减排示范楼宇等一系列科普活动,今年实现社区全覆盖,惠及居民13000多户。街道在社区开展老式龙头改造活动,受益家庭达3000多户,经过抽样调查和数据对比,节水30%以上。今年,街道重点对新青浦社区局部进行有针对性的改造,采用可再生能源综合利用,“中心广

场”风力发电和“太阳能屋顶”、太阳能庭院灯、太阳能“雨篷”、“绿色”宣传栏,以及植物垃圾回收再利用技术等,通过绿化车库顶棚,使车库防噪声,成为“绿色”车库,并对15号楼太阳辐射最强的东西向外窗外侧采用活动卷帘,更换外窗及贴膜,使建筑体兼有保温、隔声、防盗的功能。该项目的实施使新青浦社区居民实实在在感受到了低碳技术带来的美好生活,树立了节能理念,并起到了很好的宣传、示范作用。

与会同志充分肯定了夏阳街道的实践与经验,表示要大力推广夏阳街道经验,进一步加大低碳节能技术的推广应用力度,早日把青浦建成“绿色青浦”。

(区经委)

## 上汽集团能源审计成效大

今年来,上汽集团组织能监站、整车厂和部分零部件厂对29家重点耗能企业进行了能源审计整改落实检查。检查表明,能源审计后,企业节能工作有了较大的改进,有以下几个特点:1)节能管理意识普遍提高。各级领导节能意识普遍增强,企业和部门领导能源管理目标明确,按时完成政府部门和集团的各项能源管理工作要求,各公司能源管理部门工作不断创新;2)节能项目建议基本实施。各企

业积极实施能源审计报告提出的各节能项目建议,节能效果明显。并涌现了一些可在集团内推介、共享的节能项目;3)能源管理制度基本建立。企业均建立一个或多个“能源管理的指导性程序和文件”,包含有能源消费统计、能源计量、能源定额、能源采购等方面内容;4)能源外包管理初步体现。上海大众等单位总成的动力站房,实行外包管理的探索和实践,并取得了一定效果。

(陆文耀)