

宜可城东亚案例研究 Vol. 3

中国深圳市光明区

绿色建筑采购：冰蓄冷空调系统

深圳市光明区计划在2019年一项绿色公共采购项目中购入冰蓄冷空调系统，期望通过采用性能系数 (COP) 较高的冰蓄冷空调系统，“移峰填谷”平衡高低峰电力需求，减少48%的电费支出和14%的碳排放量。

前言

被誉为“深圳绿肺”的光明区，不仅拥有良好的生态环境，而且在过去数十年间大力发展高科技创新产业，推进城市转型，由一个农业区成功转型为可持续发展模范区。

2008年，光明区被中国中央政府批准为全国首批绿色建筑示范区之一，随即出台了一整套绿色建筑地方法规、标准和指导方针，力争在2020年达到100%的绿色建筑覆盖率。作为一个快速发展的新区，光明区近年来在绿色建筑领域的工程、商品和服务的投资不断增加。2017年，光明区投入绿色建筑领域的公共资金占全区生产总值的20%。由于空调用能占建筑使用阶段能源消耗的比例较高，冰蓄冷空调系统因其节能降耗的巨大潜力而成为光明区采购的优先选项之一。

光明区地处亚热带。常年高温使区内的建筑物制冷需求较高，连带使得用电和二氧化碳排放量居高不下。光明区在2017年加入了联合



基本资料¹

深圳市光明区

国家	中华人民共和国
地方政府	深圳市人民政府
土地面积	~156 平方千米
人口	~596,800 (2017)
本地生产总值	850 亿元人民币 (2017) 约合126 亿美元 ²
人均生产总值	146,900 元人民币 (2017) 约合 21,757.2 美元
绿色建筑投资额	166 亿元人民币 (2016) 约合 25 亿美元
支柱产业	信息技术；人工智能； 新型材料与能源；环境； 生物产业；文化

¹ 经济数据由深圳市光明区科学城开发建设署提供。

² 本报告采用中国国家统计局 2017 年提供的年平均美元兑人民币汇率 6.75。

联合国《可持续公共采购十年框架方案》1A工作组项目“绿色公共采购实施与效益量化”

联合国环境署在2012年联合国可持续发展大会（里约峰会）上制定了全球行动方案《可持续公共采购十年框架方案（10 Year Framework on Sustainable Public Procurement [10YFP on SPP]）》，旨在通过强化国际合作，加速各国迈向可持续消费和生产模式转型。

《可持续公共采购十年框架方案》是一个全球多方平台，由联合国环境规划署发起，宜可城—地方可持续发展协会和韩国环境产业技术研究所（KEITI）联合执行，旨在通过能力建设、技术和财务咨询等方式，扩大可持续公共采购的实践。作为《框架方案》六大专题方案的其中之一，可持续公共采购（Sustainable Public Procurement）明确响应了联合国第12.7项可持续发展目标：“在国家政策和优先任务的基础上促进可持续公共采购实施”。

2016–2018年间，宜可城主导的1A工作组项目“绿色公共采购实施与效益量化”支持了两个来自中国和一个来自韩国的地方政府实践绿色和创新产品采购，并成立了一个以绿色公共采购为核心的东亚区域合作网络。

国《可持续公共采购十年框架方案（10YFP on SPP）》下的1A工作组项目“绿色公共采购实施与效益量化”，期望在宜可城—地方可持续发展协会（ICLEI—Local Governments for Sustainability）和合作伙伴机构的支持下，在公共采购项目中采用新的评标模型，应用在光明区的绿色建筑采购行动中，以实现可持续发展愿景。

采购方法

随着光明区加入“绿色公共采购实施与效益量化”项目，宜可城于2017年底为该区进行了一次绿色公共采购基线评估调查。依据调查结果，光明区选定了在建中的光明文化艺术中心空调系统的采购作为项目试点，计划在招标过程中采纳环境效益优先的绿色采购标准。光明文化艺术中心计划于2020年投入使用，期望成为符合国家最高环境和能源标准的标志性公共建筑。

光明区将在2019年第二季度以招标控制价2267万元人民币（约合337万美元），采用交钥匙工程的模式，开标采购光明文化艺术中心的空调系统。采购内容具体包括设计、安装、调试、人员培训和保修。基于对产品生命周期的经济效益与能源效率的考量，光明区在相关招标文件中特别要求供应商采用冰蓄冷技术。冰蓄冷空调系统在北美地区已有一定程度的商业应用，但由于市场尚未成熟，在中国仍鲜为人知。冰蓄冷技术的原理相当简单：相较于于

表 1: 10YFP 光明区文化艺术中心冰蓄冷空调系统采购环境标准

评价	标准
投标人环境管理	<ul style="list-style-type: none">• 投标人所投产品制造商具备GB/T24001系列或ISO14001系列环境管理体系认证，提供证书复印件加盖公章• 投标人在自投标之日算起过去3年内无任何涉及环保的违规记录，并提供说明材料。• 投标产品生产过程中各项消耗指标低于行业水平、材料利用率高于行业水平，并提供清洁生产审核报告等作为依据。
投标人信息披露	<ul style="list-style-type: none">• 投标人根据相关第三方标准定期向公众发布《企业社会责任报告》
产品设计	<ul style="list-style-type: none">• 投标产品的综合制冷系数大于等于3.5 (COP≥3.5)• 投标产品的制冷负荷分配设计最优化，主机制冷量达到最小，充分利用非高峰时段电价优惠
原材料	<ul style="list-style-type: none">• 投标产品原材料达到欧盟《限制在电子电气产品中使用某些有害物质指令》(RoHS指令) 标准• RoHS限制物质的最大浓度值为（按重量计算）：铅0.1%；镉0.01%；汞0.1%；六价铬0.1%；多溴联苯 0.1%；多溴联苯醚0.1%
生产与加工	<ul style="list-style-type: none">• 投标产品的包装使用可循环再利用或生态环保材料、包装材料的使用量降到最低以及投标人承诺包装材料回收再利用业务。• 投标人所使用的运维车辆为清洁能源汽车，并提供车辆行驶证或第三方运维服务正式协议复印件。
回收处理	<ul style="list-style-type: none">• 投标人承诺对本项目中的投标产品在其报废后提供回收服务。• 投标人对报废产品处理符合欧盟《报废电子电气设备指令》(WEEE指令) 标准

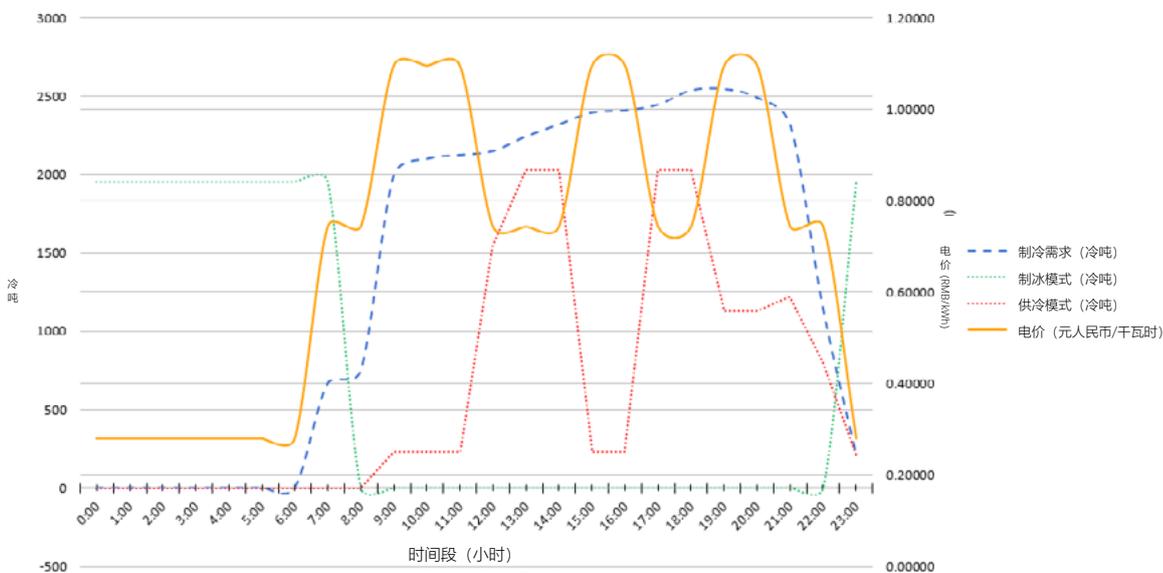
使用空气压缩机的传统空调，冰蓄冷空调系统利用夜间低谷负荷电力制冰并予以储存；白天则通过融冰过程释放预存的冷量达到制冷效果，以减少电网高峰时段的用电负荷。

目前，中国尚未就冰蓄冷空调系统出台相关国家标准和工业环境标准。这类系统招标程序中的环境要求也仅限于环境管理体系（EMS）认证。通过《可持续公共采购十年方案框架》项目，宜可城和采购方共同为光明文化艺术中心建设项目制定了冰蓄冷空调系统的环境标准（表1）。

成果评估

光明区计划于2019年5月依据此绿色评标模型，启动光明文化艺术中心建设项目冰蓄冷空调系统的招标程序，选择能够兼具产品质量和环境管理的供应商。这一绿色采购标准和行动预期将为光明区带来若干收益，包括进一步降低公用事业费用支出，减少温室气体排放和有毒物质释放，以及提高能源效率等。但受限于项目范围和数据的可用性，现阶段本案例研究仅就公用事业支出和温室气体排放等两个层面的潜力进行评估。

图1：光明区冰蓄冷空调系统日制冷量分布预测



* 冷吨 (Refrigeration ton, RT) 是指 1 吨 0°C 的水，在二十四小时内冷冻为 0°C 的冰所需要的能量单位。1RT = 3.517 Kilowatt (kW)

- **节省电费支出。**光明区计划采购的冰蓄冷空调系统将配备双制冷系统，在夜间启动制冰模式，以储存能量；日间供冷模式则通过融冰释冷的过程达到制冷效果。用电高峰时段超出的制冷需求则由空气压缩机支持。利用当地电网的峰谷电价差，可显著降低运行空调系统的费用。

图1 显示了如何通过平衡两种运行模式，在达到文化艺术中心总制冷需求的同时，大幅降低成本。冰蓄冷空调系统将在电价较低的时段—23:00至隔日7:00—以0.28元/千瓦时（约合0.04美元/千瓦时）的价格运行制冰模式，并在电价高出四倍的日间高峰时段，最大限度减少用电量。

根据光明区冰蓄冷空调系统日制冷量的分布预测（图1），本案例研究以冰蓄冷空调系统季节性能系数3.5、传统空气压缩机市场平均季节性能系数3.0为基准，计算此采购项目的经济效益。

在上述情境下，光明文化艺术中心若安装传统空调系统，为满足日常制冷需求，每日的空调电费支出将达35,105元人民币（约合5,200美元）；但若使用冰蓄冷空调系统，则仅需18,328元人民币（约合2,715美元），相当于减少电费支出的48%。以空调系统每年运行210日（4-11月）计算，冰蓄冷空调系统每年可为光明文化艺术中心减少3,523,176元人民币（约合521,952美元）的电费支出。综合考虑此项目的前期投资（投标控制价）和年度电费节省额，冰蓄冷空调系统的投资回收期将不超过6.5年。

- **减少碳排放量。** 冷效率较高的空调系统需要较少的能量以满足冷却需求，因此有助于减少系统运行过程中的碳排放量。沿用前述光明区冰蓄冷空调系统日制冷量分布预测（图1），本案例研究以冰蓄冷空调系统季节性能系数3.5、传统空调系统季节性能系数3.0为基准，比较两者的碳排放量。

以中国南方电网2017年的电力平均碳排放强度（ECI）610.7克/千瓦时为基准，空调系统的碳排放量的计算公式为：

$$\text{碳排放量}(g) = \text{制冷量}(RT) \times 3.517 (kWh/RT) \div \text{季节性能系数} \times \text{电力平均碳排放强度}(g/kWh)$$

表2 为冰蓄冷空调和传统空调的日、月及年碳排放量计算结果。相较于传统空气压缩机，冰蓄冷空调系统每日可减少的碳排放量达3.32吨（14%）。

表 2: 使用不同空调系统可减少的碳排放量

	一日	一个月	一年
冰蓄冷空调 SCOP 3.0 (吨)	19.93	598	4,185
传统空调 SCOP 3.5 (吨)	23.25	698	4,883
碳减排量 (吨)	3.32	100	697

经验总结

- **冰蓄冷空调系统具有巨大的经济效益和减排潜力。** 通过在夜间非高峰时段用电，冰蓄冷空调系统不仅可减少业主的空调费用支出，还有助于转移电力高峰期地方电网的用电负荷——特别是在炎热的夏季。广而言之，社会内部更平衡的能源需求可减少对于用电高峰时段能效较低的能源供应需求，进而提升整体能源效率。

因此，在通过使用价格较低的夜间电力减少电费支出之余，地方政府也应冰蓄冷空调系统有助于分散用电时段的优势纳入考量。在制冷效率相同的情况下，冰蓄冷空调系统的减排效果，比在非用电高峰时段使用水力、风力发电等传统替代方案更为显著。

- **国际合作助力提升中国城市的绿色公共采购实践能力。** 在现行法规体系关于绿色公共采购的有关规定尚未完善的情况下，建筑与其相关工程项目往往被排除在绿色公共采购的范畴之外。通过参与《可持续公共采购十年框架方案》项目，光明区在宜可城和项目合作伙伴的支持下，获得了专业的招标技术建议、能力建设、国际城市间交流学习和知识分享的机会，为中国地方政府推进绿色公共采购的实践积累了经验，开拓了新局面。

参考文献

- 中国南方电网. (2017). 2017 企业社会责任报告. 取自 <http://www.csg.cn/shzr/lshb/201805/P020180509622809911015.pdf>
- 光明区政府. (2018). 光明新区2018年工作报告. 取自 http://www.szgm.gov.cn/xxgk/xqgwhxxgkml/ghjh_116525/gzbg/201803/t20180306_10896288.htm
- Lazar, J. (2016). Teaching the “duck” to fly, second edition. Montpelier, VT: The Regulatory Assistance Project. Available at <http://www.raponline.org/document/download/id/7956>
- Li, X., Chalvatzis, K.J., & Pappas, D. (2017). China’s electricity emission intensity in 2020-an analysis at provincial level. Energy Procedia, 5(4), 181-188.
- Wendling, Z. A., Emerson, J. W., Esty, D. C., Levy, M. A., de Sherbinin, A., et al. (2018). 2018 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. <https://epi.yale.edu/>
- 柳艳, 李永辉. (2018.12.20). 生态文明体制改革守护“绿色光明”. 南方网, A1. 取自 http://epaper.southcn.com/nfdaily/html/2018-12/20/content_7771213.htm

主要联络人

深圳市光明区科学城开发建设署
周丽霞 对外合作部部长
邮箱: sz_lisa@szgm.gov.cn
电话: +86-0755-23400051

宜可城东亚秘书处

邮箱: iclei-eastasia@iclei.org
电话: +82-2-3789-0496

主要作者

余海平
邮箱: evelyn.hp.yu@gmail.com
iclei-eastasia@iclei.org

共同撰写

深圳市光明区政府
深圳市光明区科学城开发建设署
深圳市光明区建筑工务署
中国机械工业建设集团有限公司
Elina Persson 女士

编辑和页面设计

宜可城东亚秘书处
孫鳳姬、劉敏智、張瑜庭

中文翻译

宜可城东亚秘书处
肖高骊、張瑜庭

© 宜可城东亚秘书处 2019

引用本文时请标注宜可城东亚秘书处 (2019). 中国深圳市光明区: 绿色建筑采购: 冰蓄冷空调系统. 宜可城东亚案例研究 Vol. 3.