

江森自控未来建筑系列白皮书

# 双碳目标 与中国建筑的可持续使命



成就使命的力量





江森自控未来建筑系列白皮书

# 双碳目标与中国建筑的可持续使命

本书编委会

马端宁	邓伟鹏	李学春
吴昊楠	尹冬	许箐
查向文	陈盛祥	陈一
王国强	王磊	严婷婷
张季娟		

# 卷首语



孙越

埃森哲大中华区  
战略与咨询董事总经理  
可持续业务负责人

建筑被誉为“凝固的艺术”，但实际上建筑非但不是“凝固的”，而是动态地与建筑内外的人与环境产生连接。理想的建筑应该是动态可持续的：首先它是灵活的，无论技术、能源结构、住户需求等有任何变化，建筑都有足够的灵活性去承载这些变动；其次，它应该是绿色清洁的，建筑的整个生命周期“隐藏”了许多碳排放，从原材料到主体建设，再到建筑运行使用，全生命周期低碳才能被认为是真正的“绿色清洁”；最后，理想的建筑还应是多元化的，不仅满足多元的需求，更是用多元化的视角和手段解决问题。满足这三重要求，需要有可持续发展的理念，同时也需要支撑理想的行动力。

低碳的目标很远大，但落实起来需要层层传导，承前启后，各个击破：旧城区的改造，现有工业园区和商业综合体的低碳转型，规划项目中的可持续考量……在城市和社会绿色发展的进程中，埃森哲与江森自控有同样的目标，致力于搭建可持续建筑、城市的生态系统，开发适于更多行业和应用场景的可持续解决方案，通过可持续建筑赋能中国城市和产业的可持续升级。



马端宁

江森自控北亚区  
数字化解决方案总监

斗转星移，春去秋来，日升月落。人们希望借助建筑在变化的自然环境中构建出相对稳定舒适的“人工环境”，就不可避免地因围护结构、照明和采暖制冷等需求产生能源消耗，直接或间接地产生碳排放。江森自控一直致力于将可持续使命融入建筑科技，不断精研高效环保的建筑设备、迭代更舒适节能的控制系统、创新互联互通的优化数字平台。

在设计初始就使建筑融入自然、顺应环境，是少产生甚至不产生碳排放的根本。远到唐代含凉殿、自雨亭的避暑设计，近至悉尼奥运会滨海场馆利用布袋风管导入海风替代机械通风，都是建筑利用自然、融入自然的典范。净零碳示范建筑“南京绿色灯塔”从天窗采自然光导入到各办公区域，用地源热泵技术替代传统空调，冬季从岩土体中吸收热量向建筑供暖，而夏季从室内吸取热量释放到地源中，大幅减少了建筑的能耗需求。

设计和技术相结合，理念和目标相呼应，可持续建筑是江森自控的不懈追求！



王婧

美国绿色建筑委员(USGBC)  
北亚区总监

建筑建造和营运的碳排放占全球碳排放近40%。建筑作为企业经营的重要场所，在碳中和大背景下，和建筑相关的减排成为衡量企业减碳雄心及ESG (Environmental, Social, and Corporate Governance, 环境、社会和公司治理) 绩效的切实指标。很多全球500强企业都已经设立零碳目标，并通过提升可再生能源使用、租用/建造可持续建筑等手段绘制企业的零碳路径图。可持续建筑也在这样的趋势中迈向净零时代，面临更高要求的同时，行业也将通过标准的不断演进，引领从可持续建筑到可持续社区及城市的转化，绘制一个更公平普惠的未来。

# 目录

---

前言	04
<b>第一章 可持续城市，建筑先行</b>	<b>05</b>
1.1 可持续发展：全球愿景，中国承诺	05
1.2 可持续转型：能源结构转型与能效提升双线并进	06
1.3 可持续未来：打造未来城市竞争力	07
1.4 可持续城市：零碳建筑使命	08
<b>第二章 可持续建筑在中国：潜力与挑战</b>	<b>10</b>
2.1 多管齐下，挖掘建筑可持续潜力	10
降低建筑能耗需求	10
优化区域能源结构	10
提升建筑能源使用效率	11
2.2 因地制宜，突破当下挑战	11
挑战一 建筑减排潜力巨大，但投资成本高	12
挑战二 可持续建筑价值，待增进认同和共识	12
挑战三 集中于设计阶段，忽视全生命周期	13
挑战四 节能潜力不明，提升改造无从入手	14
挑战五 数据收集分析不足，影响判断和决策	14
挑战六 跨越行业，提升建筑能效设计和执行水平	15
挑战七 协调多方，实现区域减排目标	16
<b>第三章 江森自控可持续建筑路线图</b>	<b>17</b>
3.1 基于建筑全生命周期的可持续升级	17
3.1.1 OpenBlue数字化赋能全生命周期可持续	17
3.1.2 全生命周期的产品、服务和解决方案对可持续的支撑	21
3.1.2.1 绿色建筑节能认证咨询	21
3.1.2.2 区域能源解决方案	21
3.1.2.3 高效产品与节能技术	24
3.1.2.4 高效机房解决方案	24
3.1.2.5 远程智联服务	26
3.1.2.6 建筑节能改造	27

---

3.2 全场景应用	28
场景一：医院	28
场景二：工业	29
场景三：机场	30
场景四：数据中心	30
场景五：住宅	31
场景六：新能源	32
3.3 全行业生态	33
3.3.1 调动市场手段 提高节能改造意愿	33
3.3.2 抓住碳市场机遇 助力推进碳披露	34
<b>第四章 江森自控全球可持续建筑实践</b>	<b>35</b>
4.1 北京城市副中心：区域能源综合利用示范区	35
4.2 江森自控亚太总部大楼：可持续建筑的地标	37
4.3 OpenBlue创新中心：零碳建筑内的智慧实验室	43
4.4 Bee'ah总部大楼：智慧建筑赋能可持续企业	46
4.5 纽约帝国大厦：可复制的能源效益再投资模式	50
4.6 外滩三号：百年建筑，绿色新生	53
<b>结语</b>	<b>55</b>

# 前言

---

自2020年9月习近平主席在第75届联合国大会一般性辩论中宣布中国2030碳达峰和2060年实现碳中和的目标（以下简称“双碳目标”）以来，以“双碳目标”为核心的可持续发展愈发成为各行各业发展的指导性标准。2021年是“十四五”的开局之年，也开启了实现“双碳目标”的关键窗口期。

实现“双碳目标”不仅是为了兑现中国对世界的承诺，更是为中国经济发展方式的转型升级创造了新机遇。在此背景下，城市碳排放主要来源之一的建筑行业面临着前所未有的挑战，减少碳排直至接近“零碳排放”成为行业发展的使命。

对于一个仍处于蓬勃发展阶段的国家而言，未来十年建筑面积注定还将持续增加；加之，考虑到当前的能源结构，中短期内很难脱离对化石能源的依赖，因此从供能端减少碳排的潜力非常有限且非建筑行业可控。因此，建筑行业的可持续转型必须从建筑本身出发，主动出击，提高建筑的可持续表现。

在实践中，许多建筑的拥有者、管理者和使用者对建筑可持续的命题无从下手。本白皮书结合此前对“建筑可持续升级改造”的行业调研数据，试图梳理并归纳出建筑行业可持续发展的痛点和难点，并针对性地提出了适用于多个行业的建筑全生命周期解决方案和行业生态共建模式。

作为建筑科技的领导者，江森自控深感自身所肩负的可持续发展使命之重。我们始终致力于可持续建筑科技在行业场景的应用与推广，希望藉此书与同行交流可持续的理念和最佳实践，共同探讨“双碳目标”下中国建筑实现全面可持续的破局之道。

建筑行业的碳达峰、碳中和绝非一家企业、一个行业、一个地区凭一己之力就可以达成，江森自控期待与更多志同道合的伙伴共同搭建建筑可持续发展的产业生态。不负使命，共赴可持续未来！

# 第一章

## 可持续城市，建筑先行

### 1.1 可持续发展：全球愿景，中国承诺

2020年是全球气候变化框架《巴黎协定》签署五周年，然而截至2019年，国际实际碳排放量不断刷新历史峰值。而且长期来看，随着全球经济的发展，碳排放将呈现持续上涨的趋势<sup>1</sup>。

如果要实现温控1.5°C的目标，目前各国的目标还远远不够<sup>2</sup>。《巴黎协定》创造性地提出“国家自主贡献”，以自下而上的方式激励全球所有经济水平的国家在气候变化议题上

合作，强调城市和地方政府的基础性作用。

2020年中国经济总量突破100万亿元，稳居世界第二大经济体的地位，同时，我国碳排放仍然处在“总量高、增量高”的历史阶段，2019年的年度二氧化碳排放量超过100亿吨，约占全球当年二氧化碳排放量的28%，这意味着中国的减排对实现《巴黎协定》的全球目标有举足轻重的意义。

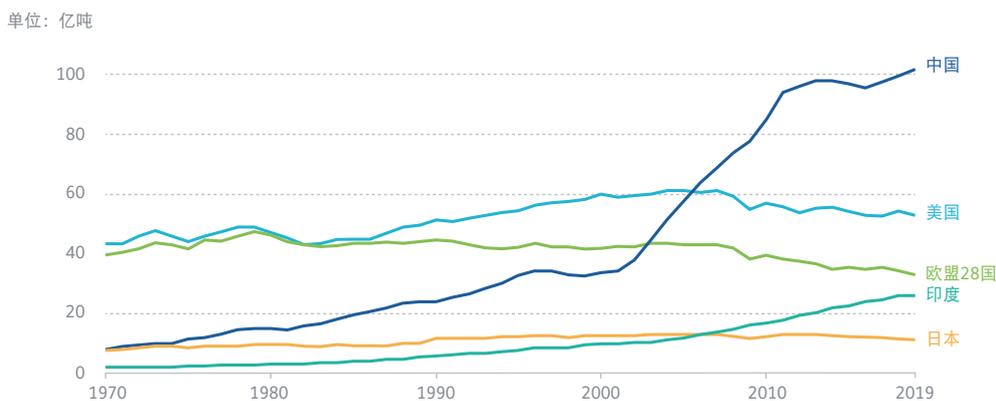


图1-1-1 1970年起全球主要经济体用于能源和水泥生产的化石能源燃烧造成的二氧化碳排放量<sup>3</sup>

2020年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会一般性辩论中宣布中国2030碳达峰和2060年实现碳中和的目标（以下简称“30/60”），明确表达了中国中长期的脱碳目标和决心。

同年12月22日，习近平主席在气候雄心峰会上宣布中国“国家自主贡献”力度从单位国内生产总值二氧化碳排放2005年水平的基础上下降60-65%，加强到下降65%以上。

<sup>1</sup> IEA (2021) Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions in 2020. <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>

<sup>2</sup> WMO (2020) Carbon dioxide levels hit new record; COVID impact 'a tiny blip'. <https://news.un.org/en/story/2020/11/1078322>

<sup>3</sup> 该排放数据选取自<https://ourworldindata.org/co2-emissions>。不包括土地类型改变造成的二氧化碳排放变动。

数据来源：Friedlingstein P, O'Sullivan M, Jones M W, et al (2020) Global carbon budget 2020[J]. Earth System Science Data, 12(4): 3269-3340。  
该二氧化碳排放是以生产为基础进行测量的，这意味着没有修正贸易商品中所包含的排放。

中国同时作为第一大发展中国家和第一大碳排放国，面临着一手抓发展一手抓减排，两手并进、负重前行的处境。在这样的压力之下，中国实现

碳达峰的目标需要各地方、行业和市场主体共同努力，挖掘各自减排潜力，将责任层层分解，逐级落实。

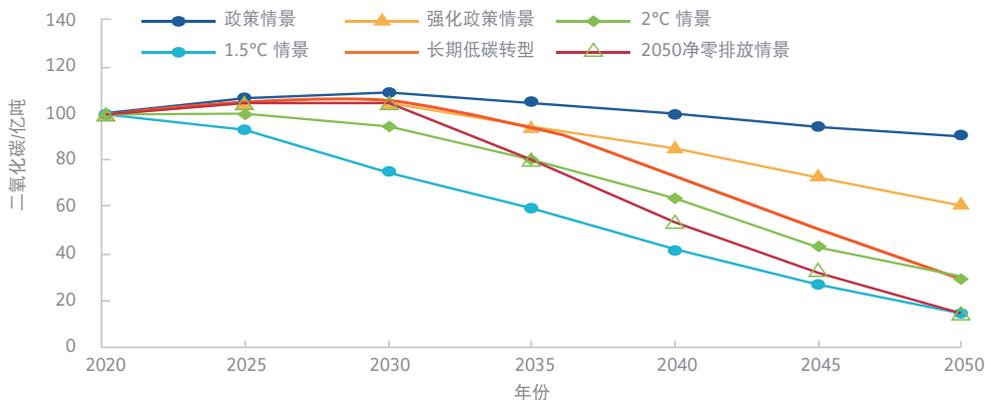


图1-1-2 不同目标导向下中国二氧化碳净零排放路径<sup>4</sup>

## 1.2 可持续转型：能源结构转型与能效提升双线并进

目前，中国超过85%的碳排放来自于能源消耗。2020年末，我国化石能源占比依然处于高位<sup>5</sup>，特别是煤炭消耗在全球大幅领先。围绕碳达峰、碳中和的目标，2021年3月13日正式发布的

“十四五”规划纲要对实现碳达峰、碳中和与应对气候变化进行了全面部署，提出了深化能源结构转型、逐步提高清洁能源比重、大幅度提高能源利用效率的根本性要求。

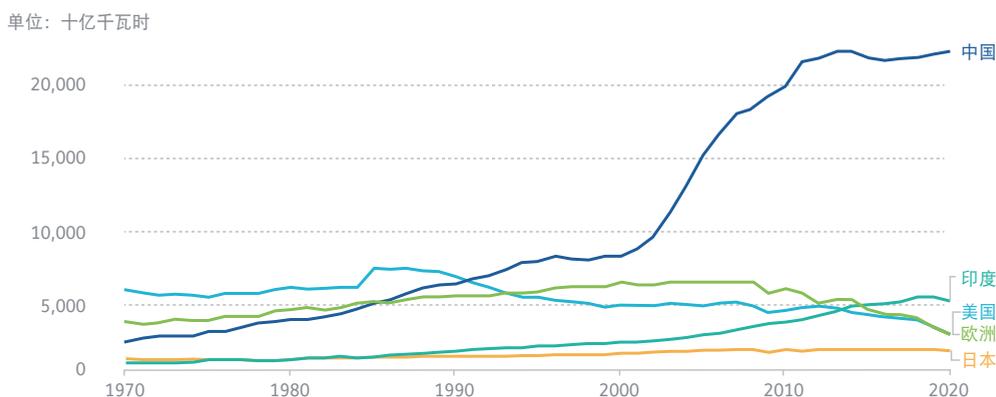


图1-2-1 1970年起中国与世界其他主要经济体年度煤炭消耗规模<sup>6</sup>

<sup>4</sup>清华大学气候变化与可持续发展研究院（2020），《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告。中国人口·资源与环境2020年第11期。

<sup>5</sup>新华社（2021），加快低碳转型 助推“十四五”绿色发展。http://www.xinhuanet.com/2021-03/23/c\_1127242738.html

<sup>6</sup>该数据选取自：<https://ourworldindata.org/grapher/coal-consumption-by-country-terawatt-hours-twh?tab=char>，十亿千瓦时（TWh）当量计算。数据来源：BP Statistical Review of World Energy。Available at: <http://www.bp.com/statisticalreview>。

不可否认的是，能源结构转型不会一蹴而就，在未来较长时间里，中国必须接受以化石能源，特别是以煤炭为主的能源基础的现实。为了实现“30/60”的中长期目标，中短期内煤炭的清洁燃烧、能源的综合利用、能源效率的提升，能源强度的降低依旧是主要的努力方向。

尽管从上世纪80年代起，中国的单位GDP二氧化碳排放量总体呈下降趋势，但目前依旧处于全球平均水平两倍左右的高位。这意味着我国还有巨大潜力来通过提高能源使用效率降低碳排放，同时兼顾经济发展。

单位：千克/美元

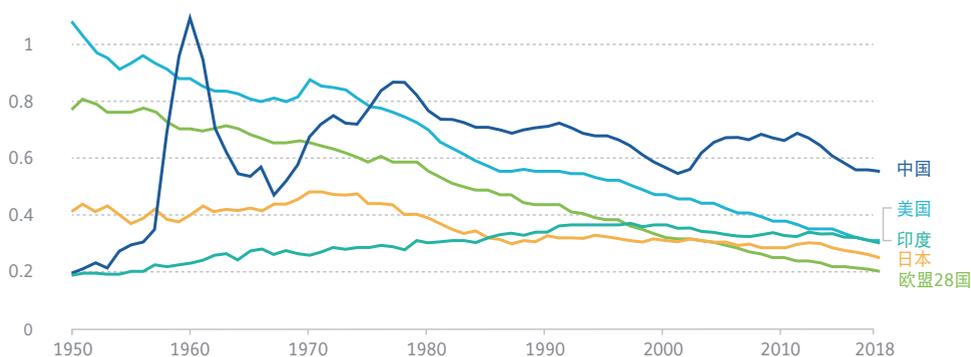


图1-2-2 中国和世界其他主要经济体单位GDP二氧化碳排放总量变化趋势<sup>7</sup>

### 1.3 可持续未来：打造未来城市竞争力

国际上城市化水平发展到一定阶段往往会经历能源密集型产业的升级转型，通常是从制造业经济升级向服务型经济。这一转型不仅意味着更多元的就业机会，还意味着降低对能源的依存度，保证城市的能源安全。考虑到服务型经济往往发生在建筑内，因此与建筑相关的碳排放比重越来越高。以伦敦、纽约、东京等大城市为例，建筑相关的碳排放普遍占比30%以上，伦敦等城市建筑碳排放的占比已高达80%。

因此，对于城市化水平高的地区而言，建筑减排是推动城市可持续转型的核心。

以上海为例，在全国2030年碳达峰的基础上，上海市提出在2025年提前实现碳达峰。上海的城市化起步早、进程快，截至2019年，上海的城镇化率达到88.1%，全国领先，因此，上海市提前实现碳达峰对于长三角地区、乃至全国都有积极的参考和促进作用。

<sup>7</sup> 该数据选取自：<https://ourworldindata.org/grapher/co2-intensity?tab=chart&time=1950..latest&country=USA-IND-CHN-EU-28-JPN>，以2011年国际美元的价格计算。

数据来源：Global Carbon Project and Maddison Project Database 2020 (Bolt and van Zanden (2020))。

2019年末，我国常住人口城镇化率首次超过60%<sup>8</sup>，相比于20年前几乎翻了一倍。快速膨胀的城市人口不仅意味着城市中更高的能耗需求，而且由于温室气体和污染物的同源特性<sup>9</sup>，在大型城市，温室气体排放往往伴随着空气、水和土壤的污染，影响城市人口的健康<sup>10</sup>。

据估计，中国因环境污染造成的经济损失接近国内生产总值的10%<sup>11</sup>。而低碳减排与污染

治理、环境改善可以产生显著的协同效应<sup>12</sup>。在日益增长的城市能源需求压力下，低碳发展事关未来城市的能源安全、居住环境和长期的竞争力。因此，低碳的可持续发展模式是中国城市朝着更宜居的方向迈进和保持城市发展活力的必经之路。

## 1.4 可持续城市：零碳建筑使命

目前，全球碳排放中近40%来源于建筑施工和运营。随着建筑行业的持续发展，若不采取行动，截至2060年，全球建筑相关的直接能源需求总量预计将在现在的基础上增加50%<sup>13</sup>。考虑到建筑材料生产及运输、建筑施工、建筑运行直到建筑拆除的长生命周期中，持续产生碳排放，建筑减排对全球应对气候变化至关重要<sup>14</sup>。

2018年，中国建筑全过程能耗总量为21.47亿吨标准煤，占全国能源消费总量的46.5%。二氧化碳排放总量为49.3亿吨，占全国二氧化碳排放总量的51.3%<sup>15</sup>。“十四五”规划纲要中，建筑和工业、交通等高耗能部门并列，成为可持续转型的关键部门，其升级亦将创造经济、产业和消费升级的新动能。

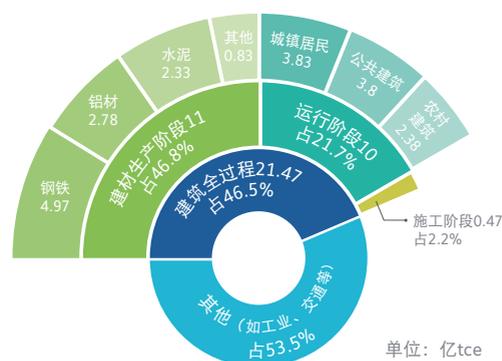


图1-4 中国建筑全过程能耗统计 (2018)

建筑作为主要经济活动发生的场所，贯穿各行各业的经济活动。因而建筑减排的主体并不仅是城市的单体建筑，更是工业园区、民居建筑等建筑群。以工业园区为例，特别是在“产城结合”的园区，厂房、办公和生活区域的建筑供冷采暖能耗需求大，因而也较高地依赖能源供给<sup>16</sup>。

<sup>8</sup> 经济日报 (2020), 逾60%: 城镇化仍有巨大潜力. [http://www.xinhuanet.com/politics/2020-06/18/c\\_1126127688.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2020-06/18/c_1126127688.htm)

<sup>9</sup> Crane K, Mao Z (2015), 中国治理空气污染可选政策的成本. 兰德公司.

<sup>10</sup> 李丽平 (2019), 温室气体排放与大气污染物排放协同控制. <https://www.eu-chinaets.org/upload/file/20210326/1616757830162180.pdf>

<sup>11</sup> 亚洲开发银行 (2018), 来自中华人民共和国50座城市的气候解决方案: 城市应对气候变化的最佳实践.

<sup>12</sup> 同10.

<sup>13</sup> Agustin Matteri et al., '2020 Global Status Report for Buildings and Construction', Global Alliance for Buildings and Construction & IEA, 2020, [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf)

<sup>14</sup> International Energy Agency, ed., Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050, IEA, 2013.

<sup>15</sup> 中国建筑能耗研究报告 (2020), 中国建筑节能协会, 2020年11月.

<sup>16</sup> 园区节能投融资实践与创新 (2018), 中国能源研究会能效与投资评估专业委员会, 中能世通 (北京) 投资咨询服务中心.

<https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-cip-20190202/%E5%9B%AD%E5%8C%BA%E8%8A%82%E8%83%BD%E6%8A%95%E8%9E%8D%E8%B5%84%E5%AE%9E%E8%B7%B5%E4%B8%8E%E5%88%9B%E6%96%B0.pdf>

在《巴黎协定》1.5℃情景中，中国建筑部门二氧化碳的直接排放量应快速达峰并下降，到2050年排放需较2015年减少约50-95%<sup>17</sup>。然而，加速的城镇化和经济增长需求也驱动着中国建筑总量持续快速增长。数据显示，2011年以来，中国每年新增建筑面积约25亿平方米，总存量增加17%<sup>18</sup>。一方面，消费和生活水平的提升不断刺激对于建筑用能需求。以空间制冷为例，预计该需求将在2030年达到2010年水平的三倍<sup>19</sup>。另一方面，产业升级、服务型经济的发展扩大了建筑部门的能耗占比。如何在双重压力下减排达峰，成为建筑和城市转型的核心议题。

在全球气候承诺和国内社会发展的双重要求下，中国制订了一系列强制和鼓励建筑部门可持续转型的政策。从2010年发改委首次建立低碳城市试点区域开始，中国对低碳城市的探索已经开展了10年。在2019年发布《近零能耗建筑技术标准（GB/T51350-2019）》等相关标准之后，“十四五”规划将开启近零能耗建筑试点。这是中国在新建建筑节能率实现30%、50%、65%三步式跨越发展的基础上一次大胆的尝试。

为了在全社会推广绿色建筑，政府主导的全国省会以上城市保障性住房、政府投资公益性建筑、大型公共建筑已开始全面执行绿色建筑

标准<sup>20</sup>。在中央的政策激励下，各省市地区陆续出台了各自的绿色建筑法规及绿色建筑标准。截至2020年10月，已有北京、天津、上海、重庆、江苏、四川等十多个省级行政区发布了其地方性绿色建筑鼓励措施。

2021年7月16日，全国碳排放权交易市场（简称“碳市场”）在上海正式上线，首批纳管的2162家发电行业重点企业总计二氧化碳排放量约45亿吨，为全球二氧化碳纳管规模最大的碳市场。尽管建筑行业尚未被纳入全国碳交易市场纳管范围，但是随着上海、深圳等地建筑碳交易试点的深入，越来越多的行业进入全国碳市场将是大势所趋。届时，通过建筑能效、碳排数据披露收集、台账审计等布局碳交易市场将成为建筑业的常态。

碳达峰、碳中和目标带来的不仅是减排的压力，而且是整个经济结构的升级和再造。“30/60”的承诺需各城市、行业部门和企业的加入，层层落实。结合技术标准要求和碳市场运作，建筑碳排将紧随国家“30/60”战略，中短期内实现新建建筑节能率30%、50%、65%的三步式跨越发展，持续努力直至实现“零碳建筑”的长期目标。从零碳建筑、可持续城市到经济社会的可持续发展，建筑部门将肩负引领未来城市发展的使命。

<sup>17</sup> 能源基金会（2020），中国现代化的新征程：“十四五”到碳中和的新增长故事。

[https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-iceg-20201210/Full-Report\\_Synthesis-Report-2020-on-Chinas-Carbon-Neutrality\\_ZH.pdf](https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-iceg-20201210/Full-Report_Synthesis-Report-2020-on-Chinas-Carbon-Neutrality_ZH.pdf)

<sup>18</sup> 清华大学建筑节能研究中心（2020），中国建筑节能年度发展研究报告2020，中国建筑工业出版社。

<sup>19</sup> 清华大学气候变化与可持续发展研究院（2020），《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告，中国人口·资源与环境2020年第11期。

<sup>20</sup> 住房和城乡建设部：建筑节能全覆盖 绿色建筑跨越发展，中华人民共和国发展与改革委，2020年6月。

[https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztzl/qgincx/bmjncx/202006/t20200626\\_1232120.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztzl/qgincx/bmjncx/202006/t20200626_1232120.html)

## 第二章

# 可持续建筑在中国：潜力与挑战

建筑行业的可持续转型不仅关系到中国实现碳达峰、碳中和的宏观目标，建筑环境、功能的升级和转化，也将支持身处其中的用户、企业、组织和产业部门，撬动更大范围的经济社会

价值。本章将结合江森自控在建筑科技领域的丰富经验，以及扎实的中国市场行业调查研究，探讨中国可持续建筑的潜力与挑战。

## 2.1 多管齐下，挖掘建筑可持续潜力

### 降低建筑能耗需求

考虑到中国以煤炭等化石能源为主的能源使用和需求结构，建筑减排的最大空间在于降低建筑能耗需求。例如，大量的城市建筑是采用大面积玻璃幕墙的封闭建筑，由于玻璃幕墙结构的建筑室内平均辐射温度比传统围护结构建筑更高，

加上封闭的建筑隔绝了自然通风，必然增加了建筑供暖、制冷、通风的能耗需求。因此，类似于建筑保温、增强自然通风、充分利用自然光的举措能直接降低建筑的能耗需求。

### 优化区域能源结构

建筑用能电气化、提升可再生能源使用比例，合理配置太阳能风能等可再生能源的生产和消纳，成为建筑领域降低碳排放强度最根本，亦是最富前景的手段。这一路径更与中国能源结构转型的宏观、中长期经济规划相契合。

以北方集中供暖为例，传统的供暖方式主要依赖燃煤，2018年，仅北方城镇供暖能耗就高达2.12亿吨标煤<sup>22</sup>，约占建筑相关总能耗的10%。而充分利用工业废热、地热、空气源、江水源、污水源等可再生热源，能实现能源结构的调整，从而达成清洁的高效供暖和制冷的目的。

据能源基金会预计，到2050年，中国约75%建筑用能可通过电力供应<sup>21</sup>，取暖、烹饪和烧水等终端电气化将有效控制建筑运行阶段直接碳排放量。

<sup>21</sup> 保尔森基金会（2016），中国城市绿色建筑节能投融资研究，<https://paulsoninstitute.org.cn/archives/how-china-can-finance-green-buildings/>

<sup>22</sup> 一年排放二氧化碳10亿吨，供暖改造刻不容缓，人民网，<http://finance.people.com.cn/n1/2021/0207/c1004-32024774.html>

## 提升建筑能源使用效率

而在“十四五”这一碳达峰窗口期，通过提升建筑能效以降低能源强度，成为实现减排目标直接而紧迫的手段。中国政府早在2010年就开始通过开展低碳省区和城市的试点工作，针对新建建筑提出能效提升硬性指标，避免城市发展过程中出现一旦新建建筑落成，就锁定了大量碳排放的情况<sup>23</sup>。住建部预计，到2022年将实现城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到70%<sup>24</sup>，并匹配逐步升级、更具前瞻性的节能环保标准作为高效政策工具，予以指导、规范和监督。

中国各地区城市化进程起步时间不尽相同，然而以北京、上海等一线城市和地区已进入对存量建筑进行提质增效阶段，围绕城市核心区建筑的可持续升级也随之得到广泛关注和探索。通过节能改造，升级既有建筑的软硬件设施，既可延长建筑使用寿命，也能实现高能效运营。

## 2.2 因地制宜，突破当下挑战

建筑部门可持续潜力巨大，但建筑可持续升级的落实仍在多个环节存在障碍，亟待各方合力突破。本节将从市场机制、技术路径以及多方协力三个方面入手，总结以下七大挑战：



图2-2-1 可持续建筑七大挑战

<sup>23</sup> 中国经济网（2014），解振华：避免城镇化中出现碳排放锁定效应。http://politics.people.com.cn/n/2014/1211/c70731-26189446.html

<sup>24</sup> 新华社（2021），2022年我国城镇新建建筑中七成将为绿色建筑。http://www.xinhuanet.com/2021-04/08/c\_1127308308.htm

## 挑战一 建筑减排潜力巨大，但投资成本高

尽管国家对于新建建筑的强制性标准要求逐步提高，但打造可持续建筑存在显著的附加成本，即在满足强制节能设计标准的基础上，为符合更高标准和要求，对硬性（技术、产品）、软性（咨询、认证）方案的额外投入。

对于既有建筑的节能改造，投资额过大、项目周期太长以及投资效果的不确定性更是阻碍项目推进的主要因素。无论新建还是改造，项目前期的集中资金需求和一次性大额支出，使预算管理方对任何一项可能存在压缩空间的支出进行审慎考虑。

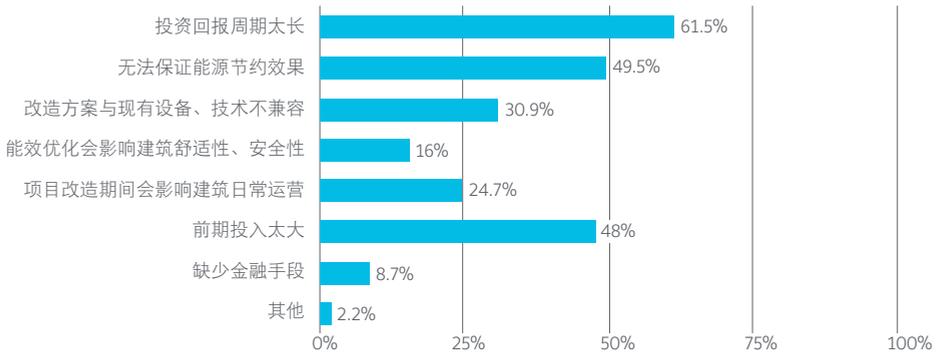


图2-2-2 阻碍企业进行节能改造的主要因素

## 挑战二 可持续建筑价值，待增进认同和共识

目前城市建筑的可持续投资多通过公共财政驱动。以建筑节能改造为例，仅“十二五”期间，中央和省市三级政府财政先后投入几百亿元，通过直接补贴或专项拨款支持改造，投入规模在全球绝无仅有<sup>25</sup>。例如，北方地区的节能改造是公共财政补贴最多的领域。

然而要实现碳达峰要求，仅靠公共财政既不现实，更不符合市场化转型要求。鼓励社会资本参与，利用市场手段激活包括业主、物业运营等多元主体，才能实现改造行业的良性进化。增进对于可持续建筑市场价值的则是关键之一。

调查发现，超六成受访者选择运营成本上升，而过半数表示设备出现故障、老化及其随之而来的高维护维修成本促使企业投资建筑节能改造。节约运营维护和能源成本，是业主和建筑管理人员决定投资的最直接动力，也反映出目前节能改造投资的被动性质。如能从更丰富的维度认知可持续建筑的市场价值和回报，例如，创造更舒适的办公环境，激发员工的活力和创造性，提高工作效率和满意度，才能激励更多业主主动出击。

<sup>25</sup> 保尔森基金会（2016），中国城市绿色建筑节能投融资研究。https://paulsoninstitute.org.cn/archives/how-china-can-finance-green-buildings/

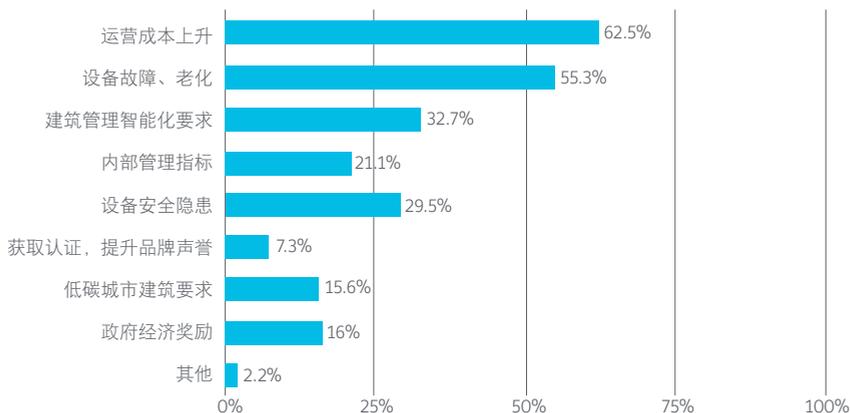


图2-2-3 进行节能改造的驱动因素

中国建筑市场的可持续投资仍处于萌芽期，可持续建筑在市场上还未实现与普通建筑相比的显著溢价<sup>26</sup>。但近年来我们观察到，在商业建筑和大型公共建筑密度较大的一线城市，以绿色为标签的可持续建筑的资本价值和投资回报正逐渐明晰。

世邦魏理仕调查显示，获得LEED认证的甲级写字楼的租金中位数通常要高于市场平均租金，租金溢价中位数为11.3%，从而证明了获得绿色

认证的写字楼相对于传统写字楼在吸引优质租户上更具优势。仲联量行对房地产开发商及投资者的问卷调查显示，85%的受访者认为绿色建筑拥有更好的升值潜力，并认同绿色建筑资产的流动性更强。

一旦投资价值和改造效果可见可衡量，它们也将成为内生动力帮助投资方跨越成本和融资障碍，加入可持续建筑实践中。

### 挑战三 集中于设计阶段，忽视全生命周期

面向“30/60”中期和远期目标，建筑的可持续目标和表现需要长期的跟踪和动态调整，而目前建筑能耗指标多集中在设计阶段，忽视了建筑的全生命周期，尤其是运营阶段的能耗汇报和管理。

对于新建建筑，中央和地方政府通过设定绿色建筑标准和占比等目标，从设计阶段介入，激励建筑向低碳绿色升级。2019年中国绿色建筑“新国标”取消了原有“设计评价标识”，改为在设计图纸完成后进行预评价，以鼓励投资方申请绿色融资，并在项目竣工后获得认证。

但是往往建筑在建成投入使用后，大部分项目不会选择进行运行标识认证，对于绿色建筑运行阶段的补贴政策也难以得到有效执行。中国建筑生命长达二十余年甚至更长，全生命周期的投资/回报评价体系也应随之建立并完善。

以暖通设备为例，冷水机组20年的能耗费用可能达到了设备本身投入的四至五倍，通过20年的总能耗/总投入进行测算，并纳入对于设备运营可靠性、质量安全、服务的评价，遵循对建筑进行可持续管理，才更符合“30/60”动态管理的长远取向。

<sup>26</sup> 清华大学国家金融研究院（2019），绿色金融支持绿色建筑发展的障碍分析。  
<http://www.pbcsf.tsinghua.edu.cn/upload/default/20191217/07330ea7f8cb2329fd279d661bc0569e.pdf>

## 挑战四 节能潜力不明，提升改造无从入手

调研发现，多数业主并不清楚建筑能耗问题背后的原因。仅有5%的受访者能够清楚了解自身拥有或管理的建筑能耗所在。如果企业只是单纯对于建筑能耗现状感到不满，却不清楚建筑高耗能的原因，相应的节能改造计划就难以产生或推进。信息不对称也会削弱投资方对于改造服务提供商的信任，做出改造决定、制定具体计划更为艰难。



图2-2-4 企业参与碳管理的途径

瞄准碳中和、实现碳达峰，建筑管理人员及企业和业主同样需要明确的时间表和路线图。全盘核查碳排放、发现运营环节的能效问题，是开展碳管理的第一步。从而指导企业在确定

碳排放基准、制定基于科学依据的减排目标（science-based targets）的基础上，识别、评估适合本企业的减排措施，选择最具经济性、可行性的策略和路径。

## 挑战五 数据收集分析不足，影响判断和决策

长期以来，建筑能效数据收集、积累和分析对于业内各方都是一大难题。对于政府来讲，信息和规制是低碳政策制定的必要基础。目前，行业监管部门、金融机构和租户等建筑消费群体仍需通过业主或运营方自觉披露来了解实际运行效果和可持续表现。如能收集更为丰富的建筑运营数据和信息，并予以充分分析，则能制定更为高效、有针对性的行业标准和财政激励政策。

对于企业来讲，建筑运营数据既为能效管理提供参照，提供实时动态的指导。长期的数据积累分析，更能凝聚成洞察，帮助企业理解可持续投资的价值，指导企业作为市场主体，参与到未来逐渐成熟的碳交易当中，发掘更多可持续经济收益。



图 2-2-5 江森自控SEED能源建筑分析界面实时监测、收集能耗数据

## 挑战六 跨越行业，提升建筑能效设计和执行水平

纵观建筑的全生命周期，实现可持续建筑不仅需要技术提供商不断创新，提高设备的软硬件水平，以充分挖掘节能减排潜力，成熟的商业模式和卓越的落地执行也必不可少。因此，最终实现可持续目标需要建筑行业内外各方的紧密配合、共同努力。

前文提到初投资成本是影响改造项目决策的首要因素，但调研同时发现，在经济可行的前提下，企业对于节能改造更加关注供应方产品与技术的成熟度，希望获得最终节能效果的承诺以及完善的后期服务，从而在建筑整个使用周期中，保证可持续目标达标。

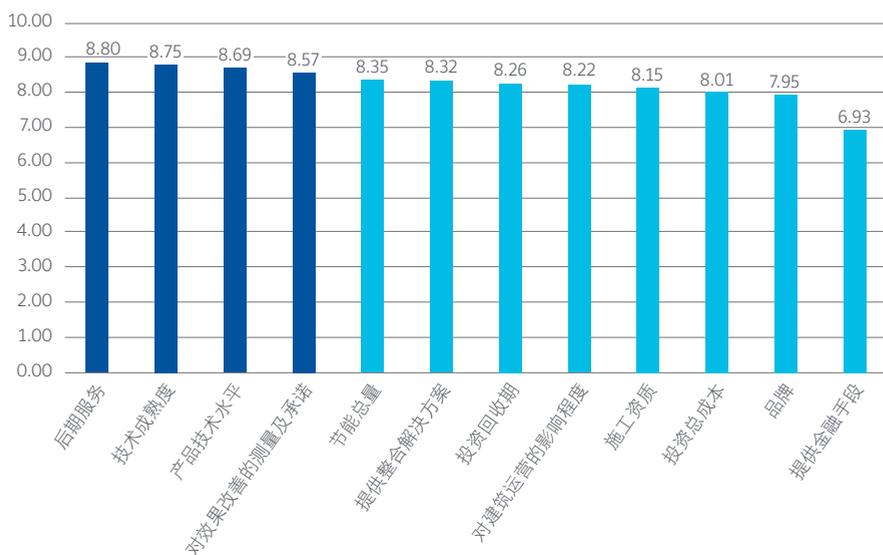


图2-2-6 选择节能改造服务供应商的考虑因素

技术、设备和软硬件的具体落地，同样需要企业、业主、建筑管理人员和供给服务方的充分沟通。例如，如果在传统的人工服务的基础上引入能源管理系统等数字化的手段，还需和建筑的管理团队的操作、执行和沟通，以充分了解日常管理的难点痛点所在，由此才能实现建筑运维的主动性、预测性、预防性转型，保证系统设定的能效目标达成。

可持续建筑不仅需要行业内人士交流创新技术、分享实践洞察，也需要联系行业外重要支持方，

协同设计合适的商业模式，撬动资金、激励各方参与并保证利益。举例来说，目前金融行业人士对于建筑行业特点仍然十分陌生，对建筑能耗的复杂性，对可持续设计施工、节能改造的技术和成本了解不足。照搬传统投融资工具很难解决建筑节能行业的融资痛点与难题，金融部门应同建筑专业人士一同合作，研究设计创新融资工具，以充分回应成本和回报挑战<sup>27</sup>。

<sup>27</sup> 住房和城乡建设部科技与产业化发展中心（2019），绿色金融支持建筑节能与绿色建筑实施路径研究。  
<https://www.efchina.org/Reports-zh/report-lccp-20200731-zh>

## 挑战七 协调多方，实现区域减排目标

节能减排，不仅倚赖各个单体建筑的能效提升，同时也要关注区域能效改善，通过能源的综合利用，增加可再生能源使用比例和资源循环利用，达成区域内的能源结构转型和减排目标。

从单体建筑到园区和建筑群；从单一电能到多元用能；从能源消耗到储存和循环利用，更需要区域内建筑及所属企业和组织、供能单位、基础设施和市政管理方等多方协调、密切配合。

以工业园区为例，作为能源消耗的聚集区，已占全国总能耗接近70%<sup>28</sup>，承担工业和建筑部门减排的重担。相比于传统能源供应系统，

如何在园区内实现光伏、风电、储能设备的接入和协调调度，稳定满足园区内不同用能单位的需求，成为破题关键。

在生产生活中，亦有利用江水、土壤等自然热源或工业废热、生活污水等可再生资源实现区域清洁取暖制冷的潜力。但因为供热方和用热方分属不同机构，所以项目的落地执行需实现跨部门的资源协调，也需要政府、企业、终端用户等相关方协作疏通供需两端，辅以充分行政和基础设施的配套支持。

<sup>28</sup> 中国能源报（2020），上海智慧能源项目开创工业园区节能“范式”。<https://newenergy.in-en.com/html/newenergy-2390376.shtml>

## 第三章

# 江森自控可持续建筑路线图

基于前一章节提出的挑战，江森自控通过大量技术积累和工程实践梳理出一副可持续建筑路线图，从“全生命周期”、“全场景应用”、“全行业生态”三个维度提出了建筑可持续发展的破局之道。

### 3.1 基于建筑全生命周期的可持续升级

当前中国的城市化逐步从“大拆大建”向“存量升级”转型，建筑的平均使用寿命将随之延长，这意味着建筑建成运行后产生的环境影响周期更长，持续环境影响更大。因此，在实现“30/60”中长期目标下，建筑全生命周期的能源消耗、碳排量将成为建筑实现可持续的重要命题。

以建筑全生命周期为破题思路，江森自控发展出涵盖建筑规划设计、建造施工、运营维护和优化改造的产品、服务和解决方案。从兼具

前瞻性、全面性、兼容性和数字化的可持续设计开始，以高效的集成解决方案和产品为支撑，辅以智慧化、个性化手段帮助建筑的各个能耗单元维持长效可持续的运营。随着建筑需求的变化、新技术的更迭、设备的老旧和损坏，江森自控亦可对建筑局部或整体进行优化改造，使其始终满足当下的可持续要求。

江森自控力图用贯穿建筑全生命周期的数字化解决方案和功能覆盖全面的产品、服务和解决方案，实现建筑全生命周期可持续的蓝图。

#### 3.1.1 OpenBlue数字化赋能全生命周期可持续

建筑全生命周期的各环节都需要数字化的手段来落实可持续指标。江森自控的OpenBlue数字化解决方案可汇集每一阶段的能源、水资源、材料、以及温室气体排放的数据，进行数据分析；并通过OpenBlue系列解决方案中的诸多模块，将能耗和碳排放的汇总汇报、足迹追踪、管理优化工作合并起来。从而便于评估建筑的整体环境影响，同时也可以对改造项目提供评估和预测依据。

OpenBlue数字化解决方案之所以能够实现这些功能，是因为其将建筑运维管理的技术、知识、经验积累融为数字化解决方案；同时，结构化获取、管理、存储和利用数据，将数据转化为有意义的信息，为建筑的自适应、可持续运营提供决策支持。

考虑到当今建筑物中系统和数据量的绝对多样性，从建筑、空间和资产的角度来看，普通的建筑业主往往同时运行和管理来自不同供应商的大量系统，所有这些系统每天都在生成并捕获大量数据并产生数据洞察潜力。

面对庞杂的信息来源和数据接口，建筑管理者都会选择一个基于“单一管理平台”提供的定制数字化配方。这些数字展板由“黑匣子”式数字平台作为支撑和基础，通过应用程序编程接口（API）从大量不同的应用程序和系统中收集数据，例如人工智能增强型的暖通空调、建

筑物照明系统的远程诊断、或应用数字孪生的预测性维护建议。一旦数据得以妥善收集和安全管理，平台就会开始工作，连接相关数据并分析各种数据流，产生数据洞察。然后通过可交互的数据可视化的手段，在仪表盘或应用模块上显示结果，进而监控和追踪管理建筑可持续运行KPI，并最大限度地提高效率和生产力。

从可持续发展成熟度模型来看，OpenBlue数字化解决方案完全满足了报告、跟踪和管理排放三个阶段的需求。



图3-1-1 OpenBlue数字化解决方案与可持续发展成熟度模型

OpenBlue数字化平台体现了江森自控“互联、洞察、优化”的数字化转型进程。“互联”意味着获取来自设备和系统的数据信息。“洞察”是在互联的基础上，理解数据的意义。例如，为了实现可持续目标，确定与其相关的参数、指标，并研究分析这些数据所需要的手段、公式、数据和数据之间的关系，从而得到有意义的分析和洞察。“优化”是在对数据的掌握和理解之上，制定优化整个流程的策略和实施指导。

在这样一个融入数字化的建筑中，数字化既为建筑运营者和企业管理者提供“一双眼睛”洞悉全局，又利用大数据和人工智能赋予建筑自我优化可持续表现的“一个大脑”，快速地自我学习。

## “一双眼睛”：全生命周期可视

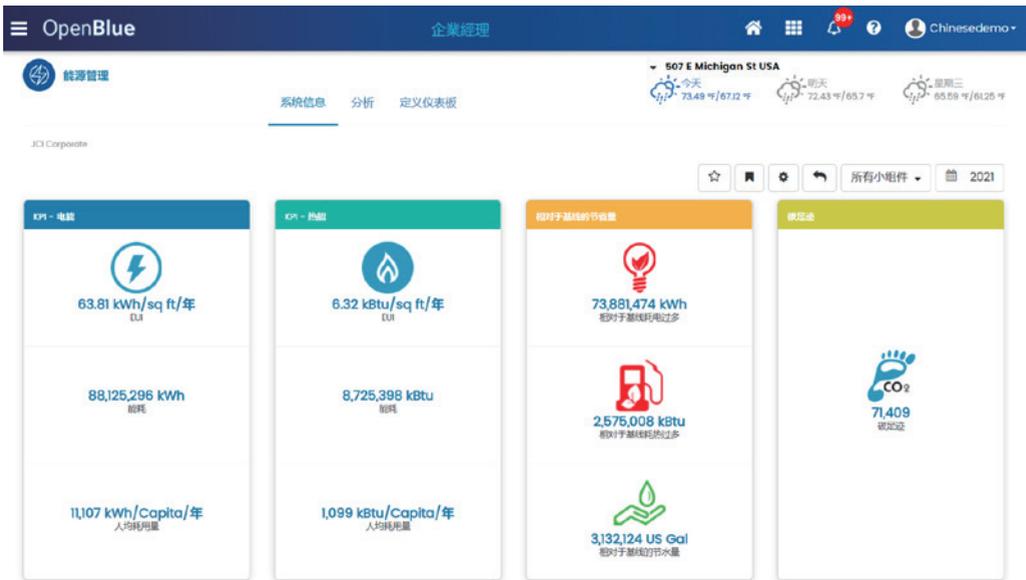


图3-1-2 OBEM碳足迹界面

数字化是建筑实现可持续的重要手段，通过整合运行技术和信息技术，实现建筑全生命周期的体验优化和可持续产出。

数字化系统通过收集、分析和展示能耗数据，让使用者能够更清晰地了解建筑的能效状况。数字化系统可以将改造前后的设备运行进行对比分析，让建筑更新带来的节能效果可视化、可量化。建筑使用者还可反馈节能效果，对改造方案进行后续调整，保证长期的节能效果。

江森自控OpenBlue能效管理平台（OBEM, OpenBlue Enterprise Manager）是数字化手段

帮助业主“看见”建筑能耗单元碳排放因子的“眼睛”。OBEM实现了不同设施、空间和建筑的连通整合，收集并处理企业级的建筑数据，通过数据可视化及分析，如各个能耗单元的碳排放系数可视化，为建筑使用者提供可行性建议和管理方案。

OBEM可应用于工业园区、数据中心、商业楼宇等复杂建筑空间，从全局出发，点面结合，找到高效运营的突破口。同时，OBEM也可以连接、触及、协同建筑内外的不同群体，鼓励每个人都为建筑的高效运转做出贡献。

## “一个大脑”：全生命周期可控

作为建筑物的“一双眼睛”，数字化平台收集了大量的数据，OpenBlue还将发挥“大脑”的功能，应用人工智能来解决建筑中面临的安全性、舒适度、能效优化等挑战。例如，使得

建筑物主动对紧急状况作出反应，切换到不同模式以应对各种情境，模式可以包括建筑管理访问、空气流通、电梯运行、照明、开放协作以及其他环境和安全设置。



图3-1-3 OBEM企业级智能化解决方案

OBEM是实现监控和管理建筑设备、建筑环境的企业级智能化解决方案。该方案通过AI故障检测与诊断，发挥“大脑”的作用，自动识别影响设施健康及建筑能耗的运行风险、推送处理措施，并为楼宇管理者和租户提供能耗、

空间利用率、IAQ等数据分析的企业管理平台。最终显著降低建筑整体用电需求、优化能源使用、减少碳排放和提高建筑空间的健康性和舒适度。



图3-1-4 OBEM能耗分析与智控

## 3.1.2 全生命周期的产品、服务和解决方案对可持续的支撑

一套“可视”、“可控”的可持续建筑数字化系统需要建立在一套完整的物理实现基础上，这套物理系统承载了建筑的基础功能和能效保障机理。同时，江森自控覆盖全生命周期的服务帮助建筑在真实运行环境中发挥其最大的可持续潜力。

### 3.1.2.1 绿色建筑节能认证咨询

在建筑设计阶段就为建筑植入绿色的“基因”对于新建建筑交付使用后真正实现低碳运行至关重要。江森自控能源与可持续发展部门 Energy and Sustainability Service (ESS) 提供全方位的建筑可持续规划设计服务，在设计阶段进行建筑围护结构、暖通、照明、循环供热等方面的概念审核，使用建筑能耗模型进行评估，提出能效优化建议。将绿色建筑认证和能源评估融入到建筑设计阶段的考量，借助 LEED、BREEAM、WELL、中国绿色建筑星级评价等认证体系，为更多建筑赋予可持续使命。

江森自控的绿色建筑节能认证服务延伸至建筑竣工运行阶段，确保其可持续表现不止于纸面设计。在施工图阶段，江森自控审核初期节能策略在施工图上的落实情况，更新建筑能耗模型和模拟报告，对单项节能目标进行分析之后，进行整合和优化。进入施工阶段，江森自控提供完备的系统调试服务，监督系统在不同工况下的协调性和有效性，为将来的物业管理人员提供准确的运行和维护指导信息。建筑投入运营之后，江森自控进行现场数据采集和数据分析，再次更新能耗模型并调试设备，保证建筑在真实运行环境下的可持续表现。

### 3.1.2.2 区域能源解决方案

建筑可持续发展还可以扩大至某一园区或建筑群的能源综合利用，使得区域在较长的生命周期里以可持续的方式运行。

#### 余热回收清洁供暖

热电厂、污水处理厂、化工厂、油田、煤矿及冶金等行业，存在大量工艺“废”热，即大量的低品位余热资源未被利用。

系统，包括电力驱动型离心式热泵、蒸汽驱动型离心式热泵、热力驱动型溴化锂吸收式热泵，满足不同客户的实际需求。

作为行业中的领先者，江森自控根据客户现场能源结构及成本，选用不同驱动方式的热泵



图3-1-5 江森自控余热回收清洁供暖解决方案

江森自控的工业级高性能离心式热泵能充分将低品位的工业余热回收，产生高温热水，用于市政集中供暖或工艺加热。不同工业系统产生的余热品位和余热循环利用需求不尽相同，江森自控多样化的余热回收解决方案可实现对不同工业余热的分级回收、梯次利用，最大化经济、社会的双重可持续效益。

### 集中供冷

中国大部分地区夏季炎热，在过去的十几年间夏季供冷需求不断增长。江森自控的全系列冷水机组产品，包括高效变频冷水机组、超高效磁悬浮冷水机组、溴化锂吸收式冷水机组等；以及针对多种能源供给模式的系统，如：三联供/分布式能源系统，冰（水）蓄冷系统，水（地）源热泵系统等，满足了不同场景的供冷需求。

此外，根据地区的地理条件，其江水热源和土壤热源等可再生能源，如得到合理利用，也可显著降低区域内的碳排放总量；同时，节约能源、降低成本、获得稳定热源供应。

同时，利用高效节能的核心设备、运行策略优化、人工智能算法优化等技术手段，最大限度保障了区域供冷系统的高效、可靠、安全，降低全年能耗费用以及能源站碳排放，助力实现“双碳目标”。

### 多能互补的区域能源解决方案

许多生产工艺同时存在供冷和供热需求，根据区域内规划的能源供给及能耗情况，若配置多能互补、冷热联供、品位匹配、冷热蓄能为核心思路的区域能源互联网系统，则能实现区域内能源的安全供给，提高能源使用效率。江森自控智慧园区解决方案，应用OpenBlue数字化平台能够有效调配多端口能源供需，实现区域能源的综合管理利用。

江森自控的蓄能技术可根据系统昼夜冷热负荷差异及峰谷电价差异，通过设置蓄冷/蓄热系统充分利用谷价电力，帮助客户降低能源站全年运行能耗费用，同时减小用电高峰期电网的负荷。

江森自控多工况热泵机组能够以多种工作模式运行，包括制热、制冷、蓄热、蓄冷模式，实现冬季供暖夏季供冷，提高机组全年使用率，优化项目投资收益。

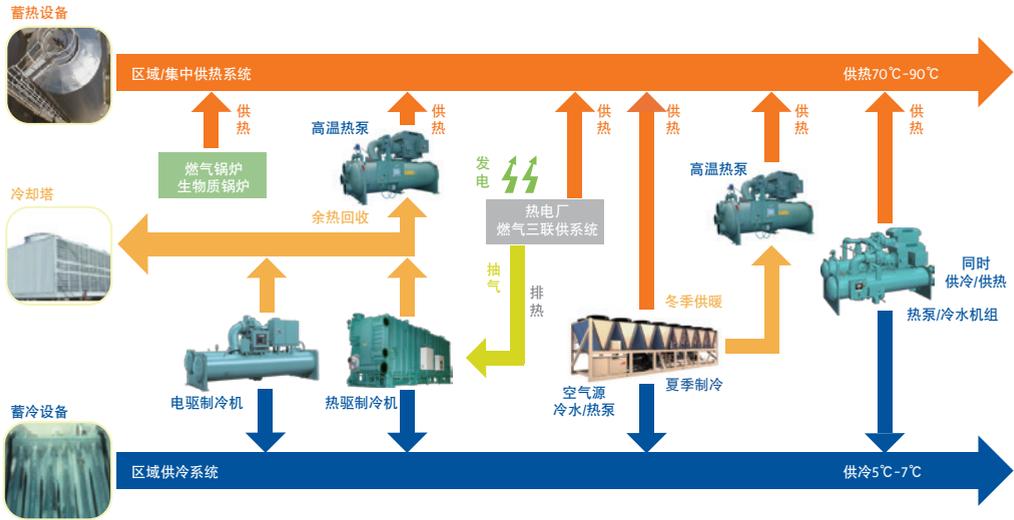


图3-1-6 江森自控多能互补的区域能源系统示意图

### 3.1.2.3 高效产品与节能技术

暖通系统中的冷水机组是建筑主要耗能单元，冷水机组的运行效率、稳定性、制冷剂的类型和充注量综合决定了暖通系统的可持续表现。

**变频技术：**压缩机是空调冷水机组的“心脏”，性能卓越的变频器可以随时调节压缩机的运转速度，从而使机组始终运行在最高效区间，实现能源利用率最大化。同时灵敏的变频调控使机组快速响应建筑负荷变化并保持在稳定的工作状态，无频繁启停、人工干预等后顾之忧。

**磁悬浮技术：**江森自控是业内首个拥有两款自主研发磁悬浮离心机组的厂家，机组运行时压缩机内部转子与磁浮轴承间摩擦为零，无需实时润滑，大大降低运行能耗和噪音。相较于

常规定频空调机组，磁悬浮变频技术能够提高冷水机组30~50%的整体运行效率，在整个运行生命周期内节能减排效果显著。

**环保制冷剂：**制冷剂的选用除了考虑其对系统效率的贡献，还需兼顾安全性和环保性。江森自控是行业率先引进Low GWP新型环保冷媒R-1233zd (E)的公司。作为一种新型低压绿色环保制冷剂，其全球变暖潜值（GWP）为1，臭氧消耗潜值（ODP）为0。

### 3.1.2.4 高效机房解决方案



图3-1-7 江森自控高效机房解决方案

高效机房，即高效的中央空调制冷机房。通常，中央空调系统的耗电量会占到整幢建筑物耗电量的50%甚至更多，而中央空调制冷机房内的冷源设备，如制冷主机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔等的耗电量会占到整个空调系统耗电量的60%以上。身处中国“30/60”双碳元年，江森自控结合节能减排、精细化管理与数字化转型的全球趋势，设计了一整套

高效机房解决方案：基于OpenBlue数字化平台，通过能耗仿真优化设计、高效设备选型、BIM三维建模管路优化、AI高效控制系统、项目执行管理体系、OpenBlue数字化运维与能效管理平台CUP（Central Utility Plant），持续地测量与调适，实现高效、智慧的全生命周期建筑可持续，从而获得经济效益和社会价值的双重生出。

## 高效机房现场控制层优化算法

江森自控基于Metasys®控制引擎和现场DDC控制器的控制逻辑算法，保障机房现场设备安全可靠运行，同时实现系统的运行优化，

具有灵活、可靠、普适、模块化控制等特点；此外，还可根据天气变化对机房效率进行实时优化，以满足更加经济高效的运行管理要求。

## OpenBlue高效管理平台CUP优化控制

江森自控的OpenBlue CUP优化控制平台是机房精细化管理的得力助手。OpenBlue CUP平台由监测、仿真、优化等一系列可扩展的智能组件构成。高效机房在正式运行之前，便可以在OpenBlue CUP平台“仿真工具”完成映射，

分析、实验和计算运营能耗。同时，在“优化工具”中获得的实时反馈也将在“仿真工具”中不断优化和调整，最终实现全生命周期的动态规划和运营。



图3-1-8 江森自控OpenBlue CUP优化控制实现路径

### 3.1.2.5 远程智联服务

高效的设备需要持续、密切的运维以实现可持续价值。江森自控的OpenBlue PSA数字化维保服务利用无线物联网、大数据和AI，对机房进行24小时全天候监测和分析，记录运行数据和主要事件，实时分析和响应，远程排查故障并提供建议方案，将定期维保提升为基于AI的主动和集成式维保，以此保障设备稳定可靠的运行、及时优化调整、早期发现和预防故障。有效预防意外停机、保持良好的设备使用效果、节省运行能耗成本及延长设备使用寿命。

结合AI技术，远程互联的设备可以自动预设模式完成节能运行，智能自控系统还可以内化建筑能效管理的最佳实践，将人工操控经验设置成一系列管理策略并予以执行，提升行动的准确性，降低了运维工作对物业管理经验 and 素质的过度依赖，减少了人为误判和误操作的风险，实现可持续的管理。



图3-1-9 江森自控OpenBlue PSA数字化维保解决方案

### 3.1.2.6 建筑节能改造

除了技术更迭的因素，建筑主要耗能设备因使用损耗和老化而导致性能不佳，也催生了优化改造的刚性需求。以暖通系统为例，在使用15到20年之后，这些设备能效将大幅降低，而目前建筑的主体部分设计寿命一般在60年以上。

此外，双碳目标下对建筑节能性能要求的提高、业主对建筑环境的冷热舒适度和室内空气品质的更高要求、解决运营过程中遇到的问题需要，和实现数字化智慧运维转型目标等等因素，共同加剧了设备的替换和升级需求。

江森自控从数百个成功的建筑节能改造项目中精炼出一套行之有效的项目实施流程，续航全生命周期可持续。为有效防止建筑节能改造项目从规划到实施过程中涉及面有所遗漏，该实施流程从纵、横两条主线同时展开：一条贯穿建筑全生命周期，另一条则覆盖建筑的各个耗能单元：

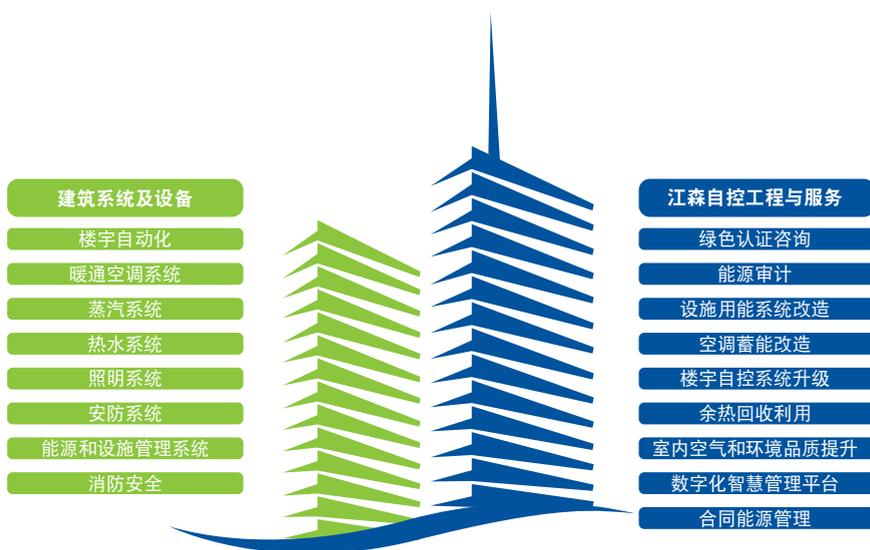


图3-1-10 江森自控节能改造解决方案

依托于完备的产品线与丰富的流程实施经验，江森自控得以为不同领域的业主提供满足个性化需求的节能改造服务。前文所述的解决方案亦适用于既有建筑改造。

## 3.2 全场景应用

对于承载了大多数经济、人文活动的建筑空间而言，可持续发展的概念可通过建筑赋能包括商业、工业、交通、人居、医疗、教育、娱乐等不同

应用场景。这要求可持续建筑的解决方案可以灵活渗透至各个场景，赋能城市功能，实现城市和社会的可持续升级。



### 场景一：医院

医院是城市和社区可持续发展的基础保障，在推进健康中国与新基建战略的大背景下，“智慧医院”已成为全社会广泛关注的热点。在智慧医院建设过程中，数字化与智能化的融合渗透了医院的每一处场景，大数据、物联网、人工智能等技术驱动了跨临床诊疗与运营管理的有机交互。由于医疗机构的特殊功能，医院对通风、照明、供电、制冷、污水处理等用能环节有特殊且严苛的要求。相比于其他建筑场景，医院有门诊楼、住院楼、医技中心、手术室等不同业态，大量设备需要24小时不间断运转，给节能减排、降耗增效造成了巨大的挑战。同时，医院对接了医护和患者两端，双方不同的需求对性能设计提出了更高的要求。

江森自控认为，真正的智慧医院，不应该是技术的堆砌，而是要对现有的系统做自治优化、重构。江森自控BWSI设计咨询方法可以帮助智慧医院做好顶层设计规划。HOCC医院综合运营指挥中心通过“数智融合”打通智慧医院的“任督二脉”，整合临床诊疗与运营管理数据，帮助智慧医院做减法。HOCC实现院内各智慧应用场景（如智慧门诊、智慧后勤、智慧病房）的高效协同，为广大医务工作者打造更加安全、便捷、舒适的诊疗环境，改善患者就医体验。江森自控高效磁悬浮机组、高效机房等系列节能产品和解决方案，帮助医院做好节能减排工作。江森自控携数智融合理念，构建绿色低碳新型智慧医院，助力院方实现可持续发展目标。



图3-2-1 绿色低碳智慧医院应用场景

## 场景二：工业

工业生产是又一主要的碳排放来源，长期以来江森自控积极探索帮助工业领域降低碳排放的建筑方案。在位于美国堪萨斯州威奇托面积达130万平方英尺的暖通空调生产基地内，江森自控实现了其生产所需能源完全由风能供给，从而在工业生产领域推进节能减排。通过与当地的风力发电厂签署为期20年的长约，风电预估将为工厂节约270万美元的能源成本。此外，江森自控将进一步对于风电利用进行优化改造，预计还将在合同期内再节省300万美元的能源成本。

随着建筑可持续应用场景的扩大，这一理念也将对各个行业践行可持续发展起到积极的意义。行业可持续发展的不断深入会改善相关技术元素的普遍实用性和标准化。借由政府制度设计及扶持政策的推动，社会可持续发展的影响力或将进一步得到提升。

### 场景三：机场

作为现代机场的中心建筑，航站楼多由玻璃幕墙围护，空间高大，门开启频繁，各种设备同时运行，人员聚集。在这些综合条件下，暖通空调必须长时间不间断运行，以确保环境舒适、安全、稳定，由此产生巨大能源消耗。

机场业务功能多而集中、人员流动性大、作业繁忙，更突出的是严格的安保要求。因此，机场的特殊场景给建筑提出了高效节能、安全舒适、高效管理、信息整合与共享等多重要求，需要能源供给系统、设施管理系统、暖通空调系统、

安防系统、照明系统、空气净化系统等多个系统的协调运作。

凭借在建筑领域的科技实力、完备的解决方案和经验积累，江森自控可以在机场发展周期的各时间节点切入，为机场打造覆盖全生命周期的解决方案。中国旅客吞吐量前30的机场背后都有江森自控的身影。

江森自控在机场中常用的节能方案包括：



图3-2-2 江森自控智慧机场应用场景

### 场景四：数据中心

在数据中心的能耗占比中，暖通空调及设备监控系统是IT设备外，耗能最多的设备。暖通空调系统中的冷冻站是包含了制冷主机、空气侧设备，冷却器和锅炉等多设备的有机整体，且随着使用工况和使用年限的增长，很多参数也在不断变化，更增加了数据中心运维的复杂程度。

江森自控提供包括全变频空调系统、自然冷却、余热回收、水平送风空气处理机组、顶置式空调末端、液冷控制系统与间接蒸发精密空调等在内的冷却系统关键设备多样化选择，并整合全链路各个末端，结合行业领先的控制系统与软件平台，为不同客户设计定制化解决方案，将优质的服务贯穿于数据中心的全生命周期。此外，水风冷技术等，极大程度降低了数据中心对传统化石能源的需求。

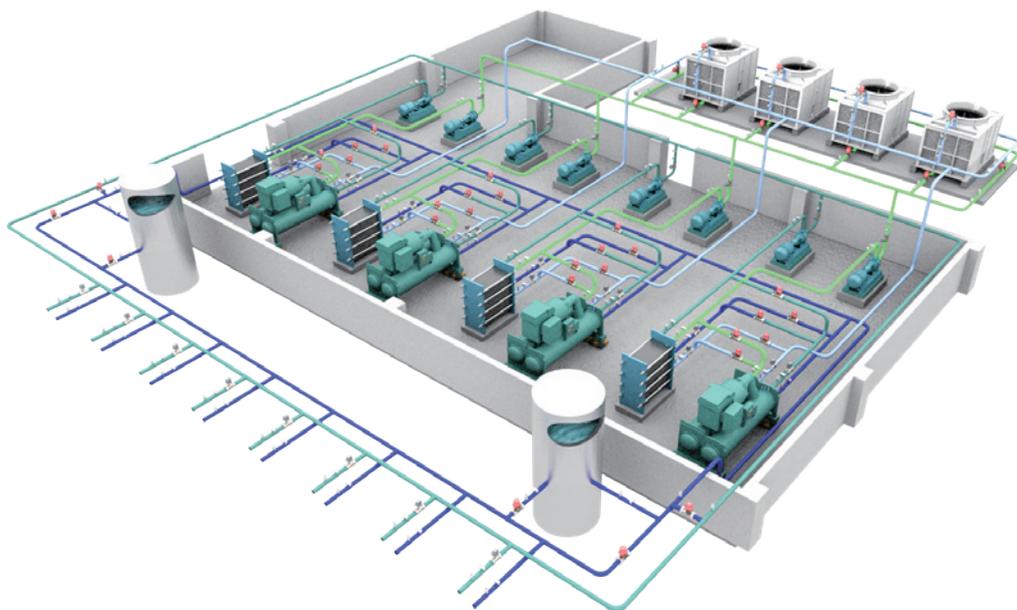


图3-2-3 数据中心应用场景

## 场景五：住宅

人们至少三分之一的时间是在自己的住宅中渡过。建筑的可持续目标不止于节能减排实现环境的可持续，更注重建筑中的人的舒适安全的体验，赋能人的发展。

在家庭场景中有静有动，而且不同家庭成员的对于室温环境的需求不尽相同。为满足更多家庭对于高品质低碳生活空间的个性化需求，江森自控推出约克IWE系统解决方案，整合了空调与新风系统，涵盖约克全变频风冷冷水/热泵机组、

空调室内机及新风室内机，同时实现空调、地暖、热水、新风等功能。配套的SMART Control智能控制系统能够实现远程智联，根据室外环境变化及室内需求自动调节各系统的运行参数，可变水温节能运行，大大提高系统能效；制冷制热热水三合一解决方案，则能够在空调制冷运行时提供免费的生活热水，更大程度的减少住宅建筑能源的消耗，助力实现超低能耗建筑，助力城市可持续发展。

## 场景六：新能源

锂离子动力电池的大批量生产和广泛应用，让主要碳排放来源之一的交通领域的可持续转型成为可能。

然而锂电池生产过程中的环境影响和能耗情况，一直备受关注，其生产过程流程长、节点多，

精度高，且同时有制冷和供热的需求，主要的耗能来自为生产工艺的控制提供各种冷热源的设备。江森自控利用制冷过程中产生的冷凝热或提升废热品味用于工艺制热，对不同品味能源物尽其用，确保生产线的节能高效。

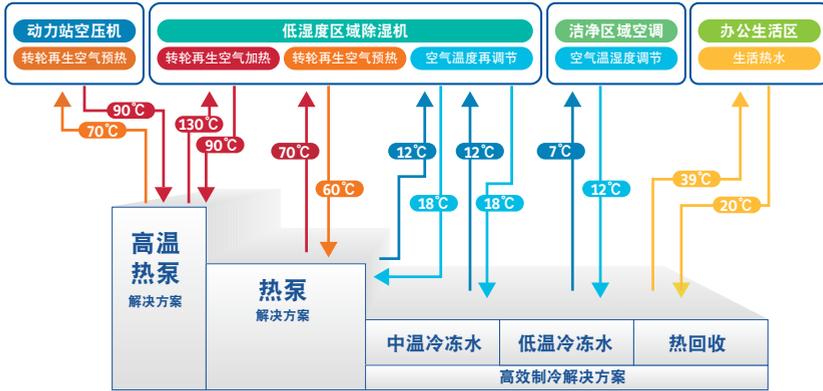


图3-2-4 江森自控锂电行业梯级利用整体解决方案

锂电池复杂生产流程中对湿度控制，或温度、洁净度、通风调节等有高精度的需求。江森自控约克品牌的空气处理机组，同时具备行业内严苛的欧洲Eurovent和美国AHRI双重性能认证，

确保漏风率、保温性能、防冷桥和箱体强度等关键性能符合工艺需求，保障电池产品的生产环境对温度、湿度、洁净度的严苛要求。

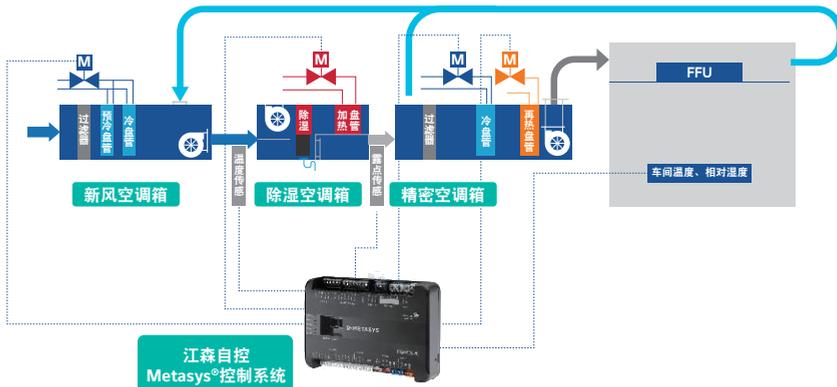


图3-2-5 江森自控锂电池生产车间环境控制解决方案

## 3.3 全行业生态

正如我们在前文中提到为实现节能减排，不仅需要提升建筑的单体能效，同时也要关注更大范围内区域能效改善，优化能源结构，增加可再生能源使用和资源循环利用。实现这一愿景

的关键在于扩大可持续项目的参与面，通过多方联动，高效的调动及使用资源要素。从而实现全行业可持续发展的协同效应。

### 3.3.1 调动市场手段 提高节能改造意愿

合理导入金融手段可激发多元主体参与建筑可持续发展。作为一种有效提高能效的商业模式，合同能源管理（EPC）具有降低能源使用成本，减少投资压力、节能收益共享的特点。因此，合同能源管理在世界各地得到广泛应用，且在上个世纪90年代就已经被引入中国。合同能源管理机制被引进国内以后大大促进了国内节能企业的发展，很多节能企业由单纯的制造节能设备，转变为节能投资，这在促进节能减排发展的同时也加快了节能企业本身的快速成长，由此也出现了一批专门从事合同能源管理的第三方能源服务公司。

建筑节能效果和收益存在争议、项目回款难以保障、融资配套政策缺乏、税务减免衡量标准僵化等多重问题阻滞着合同能源管理模式在中国城市建筑节能改造市场中的推广应用。在种种桎梏当中，合同能源管理实践者，通过模式创新逆势而上。

江森自控与无锡国联集团成立国联江森自控绿色科技（无锡）有限公司承接大型合同能源管理升级改造项目。无锡国联发挥基础性作用，保证了工程项目的具体实施与稳定运营；江森自控提供长期的运维支持和培训，确保节能目标的实现。银行则提供信贷支持，并探索收益权分配模式。外滩三号项目便是一次成功的商业模式可持续实践：在与业主的10年合同期内，国联江森负责节能系统的驻场维护，双方共享节能效益。项目于改造竣工当年即产生了可观的节能收益，节约能源开支183.6万元/年。当年被中国节能协会节能服务产业委员会评选为“2019年度优秀示范项目”。诸多成功案例充分说明合同能源管理模式在中国市场能够通过创新模式大有可为。

### 3.3.2 抓住碳市场机遇 助力推进碳披露

此外，随着全国碳排放权交易市场的开启，地方碳市场试点的逐渐成熟，越来越多的行业将被纳入全国碳市场的管控。实现建筑碳交易的第一步便是了解建筑的排放来源、排放总量及减排潜力，因此，对建筑能耗的盘点和建筑节能潜力的预测将逐渐成为业主合规运营或维持声誉的必要环节。

江森自控的OBEM系统可以统计出建筑内各能耗部门的碳足迹，帮助业主清晰地掌控建筑各部门的碳排水平，对症下药地提高建筑能耗表现，尤其针对新建建筑，在设计阶段即可实现能耗水平优化。

中国建筑的平均使用年限将逐步延长，“存量升级”需求巨大。加之可持续建筑的理念的升级、技术

手段的进步，未来的建筑业依旧需要为了提高建筑可持续性能的目标不断前行，不仅是实现对环境友好的建筑，更是实现建筑与人的双向互动，使其成为一个承载社会可持续发展的空间。

建筑是一个复杂的机体，建筑的可持续也从内部和外部都需全面考量时间、空间、场景、和可行性的制约和延展性。如上，我们从全生命周期的角度剖析了建筑可持续的技术路径；从全场景应用出发，探索了建筑透过所承载的产业和人居功能产生的扩大化可持续价值；同时为了确保可持续建筑落地，从全行业生态的视角讨论了多市场主体参与的商业模式。



## 第四章

# 江森自控全球可持续建筑实践

### 4.1 北京城市副中心：区域能源综合利用示范区



#### 项目概况

北京城市副中心的目标是构建蓝绿交织、清新明亮、水城共融、紧凑发展的生态城市布局。其行政办公区采用地热能作为空调系统主要的冷热源方式，通过“多工况地源热泵”、“水蓄能”，“系统冷热负荷调峰”、“水系统变频”等技术的综合利用，实现区域清洁集中供暖制冷。

与燃气供暖方式相比，采用地源热泵系统的集中能源站显著降低供暖能耗费用，在实现清洁供暖的同时，降低能源站的运行能耗费用，为城市绿色发展提供了经济可行的解决方案。

#### 项目愿景

北京城市副中心规划面积155平方公里，其建设目的是调整北京空间格局、拓展发展新空间的需要，也是推动京津冀协同发展、探索人口经济密集地区优化开发模式。北京城市副中心行政办公区能源站肩负6平方公里内、总建筑面积

约380万平方米行政办公区域的冷热源集中供应。其建设是以建成近零碳排放区示范工程为目标，着眼可再生能源利用的国内优秀示范项目。

## 项目亮点

### 显著降低供暖系统运行能耗费用

北京城市副中心核心行政区2号能源站服务总建筑面积约96万平方米，江森自控为该能源站提供了4台约克（York®）CYK双级离心式高温热泵机组。该项目采用水蓄能方式在夜间蓄能白天使用的技术，进一步降低空调系统全年运行能耗费用。

该机组单机制热量为9,750千瓦，制冷量为9,150千瓦。夏季日间为园区提供5.5℃的冷冻水用于空调系统供冷，夜间生产4℃的冷冻水用于蓄冷；冬季日间为园区提供52℃的热水用于空调系统供暖，夜间生产55℃热水用于蓄热。

高效离心式热泵和蓄能技术的结合使该能源站供暖能耗费用显著低于燃气供暖方式，在实现清洁供暖的同时，保证了该项目的经济合理性，实现环境、经济、社会多方面的综合收益。

### 可靠的清洁能源供应

北京城市副中心行政办公区能源站不仅需要100%使用清洁能源，最大限度地使用可再生能源，也要确保能源供应体系的可靠性。

## 项目收益

该项目于2018年投入运行，为国内规模首屈一指的单体地热源冷热综合能源站项目。其地下地热管廊能源舱管线总长达44公里，相当于绕北京三环路一圈。该能源站的成功运营为国内类似的地热能集中利用能源站项目树立了新的标杆。

江森自控为北京城市副中心行政核心办公区能源站提供“多工况地源热泵”系统解决方案，夏季热泵系统运行在制冷模式为办公区提供集中供冷，冬季则运行在制热模式为其提供集中供暖，从而实现全年冷暖两用综合供能系统。

热泵总装机制热量为39兆瓦，其中有30兆瓦的热量来自于地热资源。通过充分的论证分析，本项目采用浅层地热能为主、深层地热能为辅、其他清洁能源作为补充的能源供给方案。地源热泵机组装机容量占系统设计热负荷的60%，实际供热量占全年系统供热总量的90%左右，尖峰热负荷通过燃气补热承担。与此同时，该能源站配有应急冷却塔，在特殊情况下，热泵在制冷模式下可以通过冷却塔放热，确保夏季供冷系统的稳定可靠性。通过能源站智慧管理平台和6座区域能源站互补的能源供应保障体系，真正实现多种能源优势互补、节能高效、安全稳定的绿色能源供应系统。

在北京城市副中心的规划当中，其行政办公区采用地热能作为空调系统主要的冷热源方式，夏季热泵系统运行在制冷模式为办公区提供集中供冷，冬季则运行在制热模式为其提供集中供暖，从而实现全年冷暖两用综合供能。该集中能源站通过采用地源热泵系统，显著降低供暖能耗费用，在实现清洁供暖的同时，降低能源站的运行能耗费用。

“我们（北京城市副中心行政办公区）这个地热系统和传统能源相比较，每年替代燃气大约是1,200万立方米，相当于标煤1.5万吨，减排二氧化碳4万吨，相当于在副中心多植了大约10万棵树木。”

——北京市地热研究院副院长、北京市华清地热集团副总经理 谢栋辉

## 4.2 江森自控亚太总部大楼：可持续建筑的地标



### 项目概况

江森自控亚太总部大楼位于中国上海长宁区凌空经济园区，总建筑面积约44,300平方米，历时三年打造，集办公、研发、展示等功能于一体。结合能源效率、建筑科技和健康设计的前沿理念和创新成果，总部大楼既为员工提供

健康舒适的办公环境，更作为绿色智慧的典范，通过高效运营，持续践行着江森自控的可持续承诺，启发人、空间和建筑科技三者互动的无限可能。

### 项目愿景

拥有超过135年历史的江森自控，专注于建筑科技，始终致力于改善人们的生活、工作、学习和娱乐环境。从优化建筑的性能，到提升环境的安全性及舒适性，江森自控积极推动和建筑相关的重要成果，而这座亚太总部大楼就是其对未来建筑理解的最佳展示。

领先技术和智慧解决方案，展现可持续建筑的无限可能。以持续高效的运营保证员工的活力和生产力，用可持续成果回报所在园区和社区，以创新成果驱动我们的客户和合作伙伴，总部大楼不仅是绿色智慧的地标，更致力领航可持续建筑的未来。

基于对中国和亚太区城市和社区的可持续性发展的长期承诺，江森自控也希望运用我们的

## 项目亮点

### 建筑节能的“百科全书”

总部大楼以被动式建筑设计为基础，提高机电设备系统能效，利用可再生能源，以实现大楼绿色节能目标。



图4-2-1 江森自控亚太总部大楼采用的建筑科技

### Metasys®楼宇自控系统

以Metasys®为核心的楼宇控制系统就是总部大楼的大脑总指挥，负责建筑物内设备与建筑环境的全面监控与管理，对整个建筑的所有公用机电设备，包括建筑的中央空调系统、给排水系统、供电系统、照明系统、电梯系统等等，进行集中监测和遥控来提高建筑的管理水平，降低设备故障率，减少维护及运营成本。

Metasys®的移动化升级，使大楼管理者在移动端可以随时随地轻松获知建筑运行状态，搭配企业级建筑智慧运营管理系统，实现对建筑数据、能耗情况的实时掌控，并针对潜在的设备/能耗/建筑运营风险进行预测性分析（FDD），保证大楼稳定持续的高效运行。

### 磁悬浮技术

暖通空调系统是建筑的主要能耗来源，一座相匹配的高效机房是大楼节能环保环节的重中之重。大楼内的高效能中央冷站拥有1,890吨的制冷能力，配备2台约克YK双模式水冷离心式冷水机组、1台约克YMC2离心式水冷磁悬浮冷水机组和1台约克YVWA热泵。所有冷水机组高效运行，并采用臭氧消耗潜能值（GWP）为零的HFC-134a制冷剂。

冷机采用的磁悬浮技术，该轴承运行不会产生任何摩擦，不需要任何润滑油，不但解决了机组因机械摩擦而带来的部件损耗难题，可以降低维保成本，也使空调的能效与运行稳定性大大提升。与普通离心机解决方案相比，显著减少能耗。运行噪音低满载状态下噪音低至70dB左右，比常规机组低20dB左右，为员工提供了一个安静的办公环境。

## 冰蓄冷技术

在大中型公共建筑中，集中空调设施由于制冷设备耗电量大，且使用时间多与电网负荷高峰同步，白天耗电量会远远大于夜间，形成电网负荷峰谷，用电的负荷差较大。为此，大楼的高效机房采用冰蓄冷技术，即在夜间电网低谷时间，利用低价电制冰蓄冷将冷量储存起来，而在白天空调高峰负荷时，将所蓄冰冷量释放出来满足空调高峰负荷的需要，实现电力“移峰填谷”，既转移电力高峰负荷，也缩减了能源费用支出，得益于峰谷分时电价，大量减少运行费用30%-50%。

## 水水源热泵技术

大楼的顺畅运作离不开内部数据机房的稳定运行，但如何控制服务器运行过程中产生的大量热量，保证机房常年恒温成为一大难题。水水源热泵将水源热泵技术与恒温的机房联结在一起，以数据机房为热源，将数据机房水冷散热后所产生的热水导入独创的水水源热泵机组，再加以换热完成空调的制冷、制热，巧妙地实现了热量的转换平衡。并且在保证数据机房恒温的同时将机组运行的排热回收利用于生活用水，结合太阳能热水系统为楼内用户提供了24小时的免费热水。

## 智能照明系统

大楼的日光感应系统可以持续追踪太阳位置以调整内部窗帘，保证大楼80%的常规人员活动区域维持高照度。而结合人员感应系统，当一位员工走进会议室，感应装置会将相关参数上传至控制系统，在充分利用太阳光的同时根据需要自动调节室内照明亮度，由此可节约10%的照明用电。

日新月异不断进步的LED技术，发光效率正在取得惊人的突破，白光LED的能耗仅为白炽灯的1/10，节能灯的1/4。江森自控的新亚太总部大楼还是完成了LED灯全覆盖，并以四灯为一组实现全智能光控，满足精准控制的同时照明

能耗亦有显著节约。多管齐下，大楼照明能耗较LEED认证基准减少近50%。

## FlexSys™地板送风系统

不同于常见的上送风空调，经过高效机房处理的纯净空调风将通过地送风设计的空气流通路径，由地面送入室内。下送的空调风在地板表面扩散开来，并在空气受热后上升。空调风在房间内会依靠“热动力”自然有序地流动，室内污浊的气体最后经由顶部的风口排出去，使得新鲜的空气和污浊的空气不会出现交叉、混杂的现象，有效实现室内空气的通风置换，在降低了冷负荷和风机功耗的同时亦保证了高舒适度。

## 高性能幕墙

玻璃幕墙是镜面玻璃与普通玻璃的组合，隔层是充入惰性气体的中空玻璃，中空玻璃具有隔音、隔热、防结霜、防潮、抗风压强度大等优点。据测量，当室外温度为-10℃时，单层玻璃窗前的温度为-2℃，而使用三层中空玻璃的室内温度为13℃。在炎热夏天，双层中空玻璃可以挡住90%的太阳辐射热。阳光依然可以透过玻璃幕墙，但晒在身上大多不会感到炎热，因此使用中空玻璃幕墙的房间可以做到冬暖夏凉，极大地改善生活环境。大楼还为玻璃幕墙专门进行了节能处理，将太阳光覆盖的有效面积打造为全透明的玻璃幕墙，而其它无效面积则实现全封闭，在达到内保温的同时实现了整体的低耗能。

## 可再生资源方案

大楼设置一套182千瓦时的分布式储能系统（DES），通过安装在屋顶的光伏系统进行充电。DES系统被集成到Metasys®楼宇自控系统中，便于监控大楼运营情况，实时储存电能，并在需要时将电能配送到楼内用电设施。大楼还收集屋面雨水、优质杂排水、空调冷凝水，经处理后供绿化浇灌、道路冲洗及冲厕、洗车等环节，实现水资源循环。

## 舒适安全的卓越空间

### 空气净化系统

它通过监控系统实时掌握室内的二氧化碳浓度，并依托高效的吸附装置加以控制。PM2.5数量也借由系统配备的高压静电除尘装置被减少到最低，关键的污染源如复印室也有针对性地安装了独立排风，全方位地确保了室内空气的健康、清新。楼宇自控系统还可根据设置自动平衡处理室内空气环境的温湿度，在改善空气品质的同时满足人体舒适度需求。

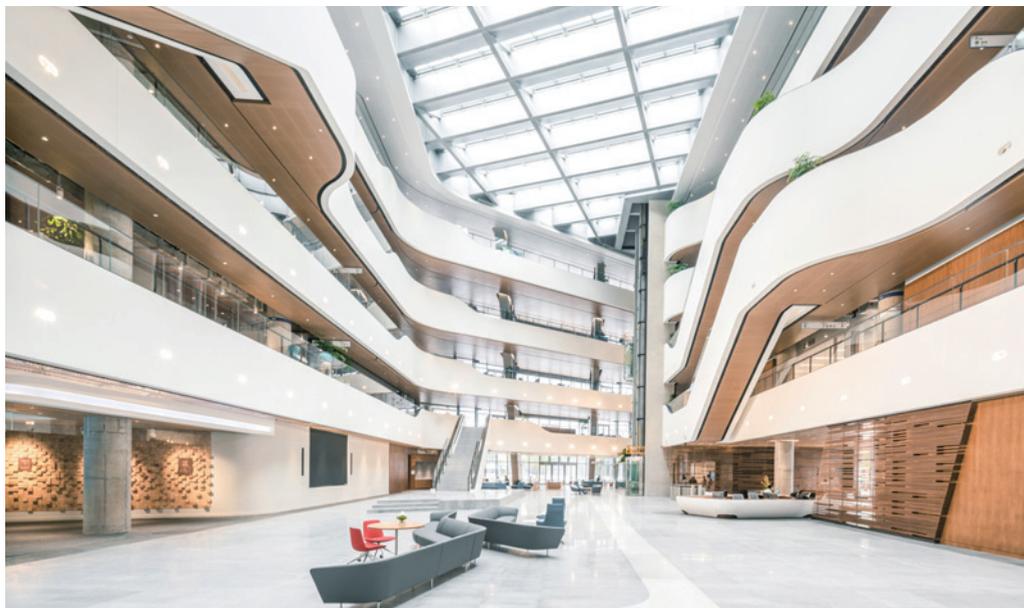
### 声音掩蔽技术

主动降噪的声音掩蔽技术通过在原有环境基础上，增加主动发射的背景音，来降低语音清晰度。高低不同的音量会获得相应的掩蔽处理，会议上的热烈讨论借由背景音的中和变得不容易影响周围的人，小范围的交谈也可不必窃窃私语，大家各司其职安心工作，改善了员工的工作效率和隐私保护。

每个小型单人电话会议室，都安装有专业级别的吸音壁，而全楼的天花板都喷涂有特殊处理的无机玻璃纤维，通过细小纤维组成一种三维立体网状结构，从而延长声波在其内部的传播路径和时间，达到吸声降噪的效果。

### 安防消防设施

HYGOOD品牌HFC-227ea气体灭火系统提供可靠、有效的火灾防护。灭火剂无色无味，喷出时可迅速汽化，吸收热量，从而快速扑灭大火，不产生任何需清理的残留物，并确保零臭氧消耗。这种灭火解决方案不导电，因而不会造成电子设备短路或引起精密电路出现热冲击，从而减少对关键设备可能造成的损坏。大楼内还安装泰科品牌的水喷淋、雨淋阀和集成系统，以实现最大限度的火灾防护。安防方面，视频监控、门禁控制和防盗报警系统结合，助力设施管理人员和安保团队做出快速且明智的决策，确保人员和资产安全，保证大楼和组织的稳定运营。



## 健康设计的活力社区

江森自控在办公环境上不吝投资，为员工提供契合公司可持续目标的积极办公生态，满足员工对于工作环境中采光、视野、户外空间可达

性和社交的高品质需求。促进社交联系的空间可以促进创新，并直接有益于提升生活品质。



图4-2-2 江森自控亚太总部大楼

长方形的楼板平面可以为室内提供充足的自然光线和良好的外部景观视线。工作位和协作区被布置在临窗位置。除了减少用于人工照明的能耗之外，自然采光还有益心理健康、改善诸如睡眠等生活品质。建筑外部的景观对设计团队来说也很重要。绿色景观环绕建筑物，降低了城市热岛效应，同时也提供了与大自然产生视觉联系的机会，这在城市环境中非常重要。

不管是在地面还是在楼上，整个建筑内分布可用可达的室外空间，给予员工更多选择空间，比如专注工作区域、协作区域，或者单纯地换一个环境；况且，对很多城市人来说，与自然的联系是非常匮乏的。每层楼都设有露台，人们可以在户外工作或休息。此外，一个大型的两层室外屋顶平台可以进行非正式会谈或正式的小组会议。在地面层，用餐区外的户外食堂庭院连接着毗邻苏州河的绿地。这个户外休闲区设

有水景，与露台阳台在视觉上相连。分布的、可用和灵活的户外空间形成的网络，是提高生产力和幸福感的催化剂。

大楼的基址非常狭窄，由于靠近虹桥机场又有24米的高度限制。这就为设计团队提出了一个独特挑战：如何在优化楼板利用率的同时，在狭长的基址范围内营造出一种社区感。我们解决方案是打造两栋狭长的矩形建筑，以保障尽可能多的日光照射和良好的视野。这两栋独立的建筑朝相反方向蜿蜒，最后合为一体，在建筑物中间形成一个大面积的中庭，可以作为中心聚会场所。中庭四周是开放式回廊与楼梯，连接每一层办公场所，为员工间的联络及可能的互动交流提供了平台。大量研究表明，不同部门和业务单元之间的充分交流与生产效率和创新能力的提升有着密不可分的关系。

## 项目收益

总部大楼也成为中国首座同时斩获三项绿色大奖的建筑，即三星级中国绿色建筑设计标识认证、美国绿色建筑协会LEED（能源与环境设计先锋奖）新建建筑铂金级认证，以及IFC-世界银行集团EDGE（卓越高性能设计）认证，并于2019年荣获AD100中国公共建筑人气奖。

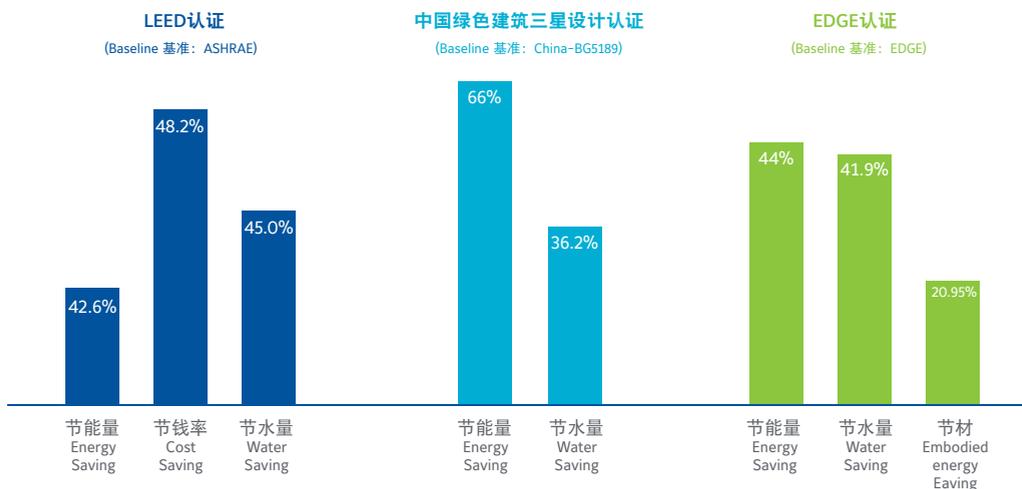


图4-2-3 江森自控亚太总部大楼可持续证书认证

“江森自控亚太区总部大楼是目前国内唯一一座拥有三重绿色认证的建筑，它集合江森自控暖通空调、楼宇自控、安防、消防以及数字化解决方案之大成。通过总部大楼设计、施工和运维管理的深入探索，大楼不仅是建筑节能的‘百科全书’，更通过健康设计和智慧科技赋能我们的员工和客户，共同持续创造可持续价值。”

——朱永焕 江森自控中国区总经理

## 4.3 OpenBlue创新中心：零碳建筑内的智慧实验室



### 项目概况

OpenBlue创新中心于2020年9月启动，投资5,000万新元，是首个基于江森自控一体化技术平台OpenBlue开发全新定制化与远程应用的创新实验室。中心坐落在新加坡国立大学设计与环境学院第四教学楼（NUS SDE4），也是这座新加坡首个净零能耗新建筑的最新成员。

SDE4大楼内的其他设施还包括3D扫描实验室、绿色建筑技术实验室、NUS-CDL智能绿色家园和城市绿色实验室。江森自控立足OpenBlue创新中心，携手师生和生态系统内伙伴，推进集建筑、空间和行为数据分析、机器学习于一体的先进数字技术，探索和创造面向未来的建筑环境。

### 项目愿景

2008年，新国大指定江森自控为本校大学城实施一体化校园建筑管理的解决方案。新加坡国立大学大学城凭此于2010年荣获绿色建筑标志奖，这也是新国大首次获得该奖。江森自控在过去的10年中还引入了不同的技术，实现了20%的节能效果。

在双方成功合作的基础上，江森自控希望以创新中心为实体和平台试验建筑科技的最新成果，探索可持续和智慧相结合的前沿方案，特别是在数据分析、可持续发展和运营以及人与健康方面进行研究，培养面向未来的建筑人才。

## 项目亮点

### 物理世界，感应循证体验

SDE4位于新加坡南部海岸的一个小山丘上，也是新国大校园扩建项目的一部分。在构思之初，项目设计方就希望能突破“高效建筑不能实现通透”以及“绿色建筑成本更高”的固有成见。以自然和景观为建筑背景色，建筑实现超过50%的自然通风，空调只在需要的时候使用。交替出现的露台、景观阳台和各种灵活空间，充当热缓冲空间和社交空间，使师生充分亲近自然、沟通互动。与此同时，建筑通过安装屋顶太阳能光伏板、采用高效照明系和冷机设备使用等方式降低建筑能耗需求，利用可再生资源中和碳排，在落成之初即达到接近净零的可持续标准。

而创新中心的落成，更让建筑从可持续设计向可持续运营升级，持续为入驻师生和建筑运营方提供数据洞察。创新中心的室内空间中

范围安装了传感设备，其中包括测量风量的顶置式通风装置，同时所有办公家具上也装有传感器，以便及时了解各设施设备的状态。

江森自控致力于改变人们对空间和场所的感知与体验方式。创新中心的工程师和新加坡国立大学的合作研究人员将使用OpenBlue平台收集和分析数据，利用人工智能和分析技术，从定性和定量两方面了解技术、室内环境和可持续和建筑用户获益之间的相互作用。倚赖创新中心生成的数据信息，空间内外的行业合作伙伴将保证建筑的可持续运营，并共同开发循证的可持续方案。



图4-3-1 江森自控OpenBlue创新中心内部空间

## 数字世界，描摹可持续蓝图

在全新的数字世界，我们必须从各个方面推进建筑的可持续转型。传承江森自控在建筑领域长达135年的深厚积淀与前沿数字技术，OpenBlue涵盖一整套全面的互联解决方案，这一开放式的数字平台包含定制化、嵌入人工智能的服务解决方案，如远程诊断、预测性维护、合规监控、高级风险评估等，集成了江森自控核心的建筑控制系统，也在该创新中心得到了落地。

OpenBlue的开放性和灵活性为定制个性体验、孵化各类空间科技创造可能。目前，创新中心

创造的用例涵盖5大方面：设施设备管理、建筑服务管理、安全安防管理、居住者体验和健康、生产力和协同。江森自控对于可持续的目标不止建筑从数据表现上实现净零碳排，更着眼于通过打造舒适安全的空间环境，让身处其中的组织和企业能够利用建筑搭载的智慧系统，创造更多元的价值产出。而OpenBlue则可以根据客观条件和用户需求实现灵活定制和升级，让建筑服务于人，协助决策管理，从建筑的可持续发展为管理的可持续。

## 项目收益

江森自控OpenBlue创新中心连同政府、科研机构、创业公司和行业合作伙伴共同组成协同生态系统，利用数字化手段赋能零碳建筑，探索并孵化属于智慧时代的可持续方案。该项目不仅证明智慧和可持续方案能够在建筑中

相辅相成，更在社会经济维度拓展可持续框架，在学术研究与创新、解决方案的研发、生态系统的协作、数据平台的搭建四个方面的实现全面价值创造。

“能够在SDE4设立江森自控OpenBlue创新中心，我们感到非常振奋。它有利于促进整个新国大社区的跨学科研究与开发计划，这种合作进一步深化了新国大‘良性、绿色’的发展愿景——以人为本的集成设计，努力创造可持续且具有适应性的价值主张。”

——新加坡国立大学设计与环境学院院长林棋波（Lam Khee Poh）教授

## 4.4 Bee' ah总部大楼：智慧建筑赋能可持续企业



### 项目概况

Bee' ah成立于2007年，是阿联酋重要的综合环境与废弃物回收管理公司，目前拥有员工约6,000余名。成立十余年来，Bee' ah通过丰富的解决方案实现了快速发展，引领中东地区的

可持续行业创新。位于中东波斯湾南部海岸，阿联酋沙迦的Bee' ah全新总部大楼，旨在为公司创造一个可持续的未来，并将沙迦打造成中东环境之都。

### 项目愿景

整个建筑使用可再生的能源，达到零废弃物排放。通过整合物联网、大数据、云技术、人工智能和神经语言编程，Bee' ah将新总部大楼建造成更创新的建筑物和更智慧的工作场所，

向中东地区乃至全世界展示现代建筑如何强化工作能力，支持企业实现生产和运营的全价值链可持续承诺。

# 项目亮点

## 物理世界与数字世界合二为一

借助Microsoft Azure相关解决方案，将建筑本体的物理世界，转换为清晰可见的数据表达。建筑的数字映像可以真实反应物理世界中空间、人和设备的关系，使得大楼的建设者、运营者和

使用者可以按照物理世界中习惯的方式，享受数字技术带来的红利，并应用云技术和人工智能的无缝整合分析数据，营造高科技与人性化为一体的内部生态。

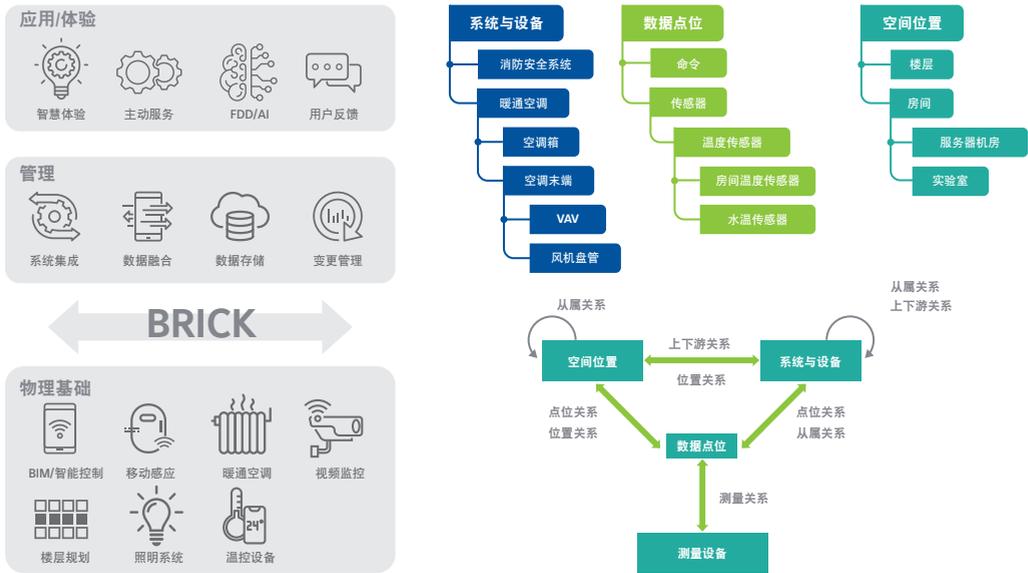


图4-4-1 Brick Schema智慧建筑元数据标准

江森自控为Bee'ah总部量身定制了一整套基础设备，通过Digital Vault接收、处理、分析和管理工作建筑相关数据，使得硬件设备与Microsoft Azure Digital Twins和物联网技术联通互动，实现对整个环境的虚拟监控，支持Bee'ah管理层做出更

及时、更准确、更明智的数据驱动型决策。该建筑从设计到建造全程在Microsoft Azure系统平台上完成，具备深度学习和预测的能力，凭借大规模、多样化的功能应用，在提升生产力与用户体验的同时，降低能源消耗。

## 全程无缝交互体验

设计和建设过程中，江森自控联合项目合作方共同对包括Bee'ah员工、访客和建筑运维人员等典型建筑用户进行了人物角色分析和用户旅程设计，完成需求评估；在随后的辅助设计阶段，将感性体验描述，拆分成应用实例，并对这些应用实例进行实施收益、挑战、风险、可拓展性等维度的优先级分析和选择。进而拆分

到各种功能的具体实现技术、系统类别、系统联动、信息交换等，以深化设计。在集成交付及竣工验收阶段，由江森自控统一实施交付，发挥其优秀的项目管理能力对时间、成本、变更及还原效果和质量等进行控制、优化，确保建成效果。

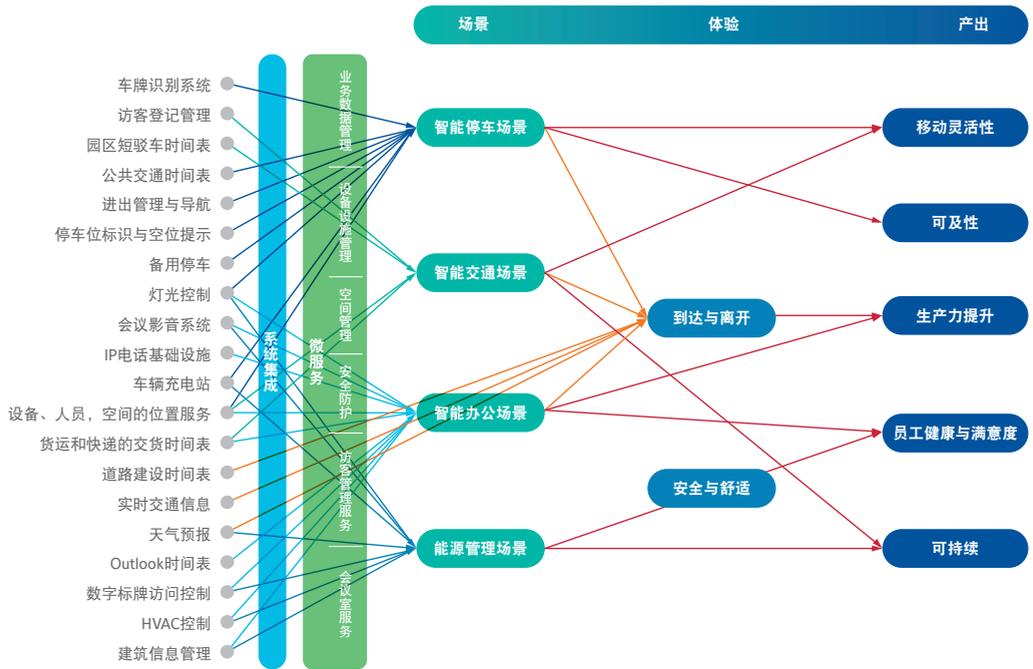


图4-4-2 Bee'ah总部大楼最终技术实现

建成后的Bee'ah总部大楼充分集成人工智能，达到建筑内部无缝交互。多种前沿AI技术融入各个接触点，多维度、深层次改善使用体验，大幅提升员工幸福感、访客体验感和管理层工作效率，让所有人拥有更具个性、更舒适的

建筑环境。例如，大楼采用的虚拟助理能够帮助员工预订会议室，指引访客找到目的方位，协助管理者调整建筑温度控制和管理停车位，满足不同角色的个性化需求。

## 零净能耗，高效持续

Bee' ah总部大楼的设计和运维理念与该公司提供的服务原则一致，做到了真正的可持续。

例如：建筑整体设计像是一群相互交错的沙丘，其外形角度正好可以适应当地盛行的西北风，实现自然通风；建筑内部利用暖通空调技术实现能量的充分利用和回收；屋顶使用有助降低能耗的放热材料，并采用了大量的光伏板，支持建筑用能；用电则主要来自Bee' ah废物管理中心回收的市政废物。同时，得益于企业在废水

循环利用领域的专业解决方案，此建筑回收的废水完全可以满足景观绿化的灌溉需求。

此外，通过整合OT和IT系统，Bee' ah总部大楼基于人工智能的预测和自动化控制实现了建筑内部资源充分利用，全面优化效率、性能和功能，提高建筑能效水平和空间利用率，降低总体运营费用。

## 项目收益

Bee' ah新总部大楼将完全使用可再生能源，优化资源的可持续利用，逐步达成能耗降低5%，耗水量降低20%，运营两年内零净碳排放量的结果。

该大楼已获得LEED铂金级认证，将在中东地区乃至全球智慧建筑领域成为典范案例。

“江森自控在建筑行业拥有深厚、广博的专业知识，能够基于强大的产品组合、创新思维、AI技术以及与合作伙伴的关系，打造最先进的、AI赋能的全新建筑。我们见证了江森自控运用建筑专业知识，将数据科学应用于建筑内的设施、人员和空间。Bee' ah总部大楼也因此成为一个领先的行业案例，这样一座智慧建筑在为我们创造可持续的工作环境同时，也让我们通过工作始终致力于可持续的未来。”

——Bee' ah首席执行官HE Khalid Al-Huramel

## 4.5 纽约帝国大厦：可复制的能源效益再投资模式



### 项目概况

帝国大厦位于美国纽约曼哈顿第五大道350号，西33街与西34街之间，竣工于1931年4月11日，是美国的地标建筑物之一。它在1931至1972年的41年间一直保持着世界最高建筑的地位，也是保持最高记录最久的摩天大楼。帝国大厦共102层，面积295万平方尺，每年游客400万人次，办公楼每年每平方尺88千英热，峰值电力需求9.5MW，每年的能源成本1,100万美元，年二氧化碳排放量25,000吨。

这座落成于二战前的地标性建筑，由于设施设备老旧和能耗过大，导致租户投诉不断。在2006年，帝国大厦业主建立了一套升级方案以重新定位和利用帝国大厦。2008年，业主将能源改造项目列为升级方案的重中之重。

### 项目愿景

- 重新定位世界最著名的办公大楼这一战前资产
- 证明或反证能源效率改造的经济可行性
- 体现差异化服务和社会责任，使与其他建筑相区别并吸引租户
- 为既有建筑建立一个可复制的能效改造模式

## 项目亮点

### 细微的改变大厦的外部结构使得整个帝国大厦更加节能

- **窗户改造：**对原有的6,514扇双层隔热玻璃窗进行翻新，提高隔热功能，过程包括增加涂漆和补充氩气和氙气
- **散热器隔热层翻修：**在建筑外围的散热器后面安装了超过6,000个隔热层



图4-5-1 纽约帝国大厦的外部结构改造

### 智能建筑，高效建筑

- **升级制冷设备：**制冷设备改造项目包括升级4个工业电动式制冷机组，以及升级控件，变速驱动器和主回路旁路。
- **安装通风设备：**利用全新空气处理设备，将现有恒定体积的设备更换为带有变频驱动风扇的空调设备。
- **DCC控制系统升级：**措施包括利用最大的无线网络之一来升级帝国大厦现有的控制系统。实时设备性能的指标检测用于不断调试HVAC系统。
- **通风系统升级：**安装二氧化碳传感器，用于控制外部空气进入制冷机和空气处理设备。



图4-5-2 纽约帝国大厦的内部系统升级

## 机制流程优化，强化改变的力量

- 创造了一个透明的、可复制的、量化的、成本合理的能效再投资示范工程。
- **经济可行**：通过核实运营成本的降低和回报率分析来阐释节能改造项目的商业价值及可行性。
- **整合方案**：循序渐进完成60多个改造步骤，合理安排，均衡节能，避免局部过度控制导致整体系统失衡和用户体验不佳。所有步骤都很重要，没有一个步骤是“致命步骤”。
- **用户体验**：半数以上的能源节约体现在租户空间，同时有效改善了使用者体验，为租户创造了长期收益回报和资产增值的机会。
- **承租人能源管理**：我们和每一位承租人合作来帮助其节能，提供访问在线的能源消耗和基准信息帮助他们监控并降低能源消耗量。即时的网上控制器能让租户监控其能源使用情况，并帮助他们找到降低能源消耗的有效途径。

## 项目收益

- 江森自控突破性的节能改造降低了帝国大厦38.4%的能源消耗，制冷设备运行减少33%，年均节约能源成本400万美金，减少的碳排放量达10.5万公吨，相当于纽约市道路每年减少20,000台量车的碳排放。
- 成功的项目实践和卓越的节能效果，使帝国大厦成为美国国家环境保护局（EPA）能源之星计划的认证大楼，同时获得LEED绿色建筑认证金奖。

## 4.6 外滩三号：百年建筑，绿色新生

### 项目概况

外滩三号，原为“有利大楼”，始建于1916年，共计1.2万平米，是上海第一幢钢结构建筑，也是上海优秀历史建筑。2004年9月，大楼于翻修改建后开业，凝聚艺术、美食与文化于一体，为宾客提供优雅而灵感迸发的社交场所。

2019年，国联江森自控绿色科技（无锡）有限公司受业主委托，对外滩三号的能源系统进行综合节能改造服务，为这一历史建筑打造“智慧、高效、绿色”的能源供应系统，并提供长达10年的合同能源管理服务。

### 项目愿景

项目前期，通过改造前的调研和系统分析，外滩三号的能源消耗主要为电力、天然气、水，其中电力消耗用于空调系统、热水系统、照明系统及其他动力系统；天然气主要用于空调系统、热水系统及厨房系统。因其系统设置及消费档次决定，其能源消耗在公共建筑中属于高消耗建筑。

百年建筑不仅要通过装潢保持优雅风貌，更要经过设备升级，实现内外新生。节能改造不仅降低业主和承租方运营成本，还需持续为来宾提供舒适如一的体验，让外滩三号成为万国建筑博览群的绿色标杆。



## 项目亮点

### 立足建筑全局的系统性升级

#### 升级空调冷热源，梳理供能逻辑

对现有溴化锂吸收式冷温水机组+屋顶螺杆式风冷冷水机组空调系统进行节能改造，主要采用机房智能群控系统（含泵系统及冷却塔变频调节技术）、约克磁悬浮冷水机组+溴化锂吸收式冷温水机组+低氮型冷凝式真空热水锅炉联合供能的结构，建设高效智慧机房系统。

对常年使用的楼层新风空调箱采用变频控制，并对通风系统控制系统进行升级改造，实现智能化控制，以降低空调箱运行能耗。

修复现有的管道保温等缺失部位，以进一步降低能源费用支出；专业清洗通风系统的新风空调机箱和送风管道，提高系统的热交换效率，降低能源消耗。

### 分享改造收益的合作模式

本项目采用节能效益分享型合同能源管理的模式进行合作。国联江森进行建筑更新的设计规划，完成项目所需的所有投资，并对建筑更新的节能效果负责，以消除业主关于建筑更新的成本和效益顾虑，能够实行更大胆的升级计划。

## 项目收益

通过综合节能改造后，外滩三号于改造竣工当年即产生了客观的节能收益，节约能源费支出183.6万元/年，综合节费率25.9%，节约标煤583.7tce/年，综合节能率25.2%。该项

#### 整合热水系统，集成风机智能控制

对现有真空热水锅炉热水系统进行节能改造，采用空气源热泵热水机组+低氮冷凝式真空热水锅炉联合供热，并加设蓄热水箱，对建筑的热水进行集中供应，建设高效热水供应系统。

根据厨房的使用规律，合理利用风机变频技术和定时控制技术，智能调控排烟风机运行，与末端空调箱集成于新的BA控制系统中，减低风险运行功率。

国联江森同外滩三号业主签订为期10年合同。合同期内，由业主方代为建筑日常运营、国联江森负责节能系统的维护管理，双方共享节能效益，进而共同保证改造成果长期达标。

目同年被中国节能协会节能服务产业委员会（EMCA）评选为2019年度合同能源管理优秀示范项目。

# 结语

---

2021年8月，政府间气候变化专门委员会发布了长达近4,000页的气候变化科学报告，再一次警示我们在未来十年里，如果没有更大幅度的减碳举措，极端的环境灾难将无法避免，重申可持续发展是全人类共同的责任。在“双碳目标”的大背景下，可持续发展更毫无疑问是未来中国政府引领社会转型发展的方向。

随着中国城市化水平进一步提高，建筑面积随之增加，建筑节能减排的挑战升级，但需求更为急迫。近几年来，各地区逐步出台超低能耗建筑指导政策、推广方案、产业研究报告等，皆预示着中国建筑行业的可持续发展已经箭在弦上。

在此背景下，江森自控提出基于OpenBlue数字化平台的建筑全生命周期、多行业、系统性的建筑可持续解决方案，并试图借助此书帮助业内相关方发掘建筑可持续潜力，厘清实现

建筑全生命周期可持续的理论逻辑和实践方法。我们希望将建筑可持续的宏大目标拆解成易理解、可操作、有成效的具体方案，携手建筑生态合作伙伴，共塑理想建筑空间。

可持续建筑从来不是一个终极结果，而是一个达到更高目标的过程。近零能耗建筑，乃至“零碳建筑”是可持续建筑的未来愿景。这个美好愿景并非仅依靠一家企业、一个行业、一个地区就能实现，而是需要跨行业的可持续建筑生态伙伴共同努力。

尽管在撰写本书的过程中，我们经过了多方讨论、再三推敲，但不可避免地存在一定局限性。我们希望以本书内容为未来建筑可持续的广泛讨论抛砖引玉所用，诚挚欢迎各位专家和业界同仁提出宝贵意见和建议。



## 关于江森自控

在江森自控，我们致力于改善人们的生活、工作、学习和娱乐环境。江森自控致力于可持续发展，公司承诺在2040年前实现净零碳排放。作为智慧、健康和可持续建筑的全球领导者，我们凭借超过135年的创新经验，运用全面的数字化解决方案OpenBlue及建筑科技领域完整的产品和解决方案组合，为医疗、教育、数据中心、机场、体育场和生产制造等众多领域实现可持续发展的蓝图。江森自控在全球150多个国家拥有100,000名专业员工，旗下拥有多个业内值得信赖的品牌。

更多信息，请访问公司网站：<http://www.johnsoncontrols.cn/>

或关注官方微信“江森自控”。

