

2021中国商业建筑碳中和实施路径研究报告

亿欧智库 <https://www.iyiou.com/research>

Copyright reserved to EqualOcean Intelligence, August 2021



每日免费获取报告

- 1、每日微信群内分享 3+最新重磅报告；
- 2、每日分享技能地图 2+技能地图
- 3、每周分享读书笔记

行研报告均为公开版，权利归原作者所有，分发只做内部学习。

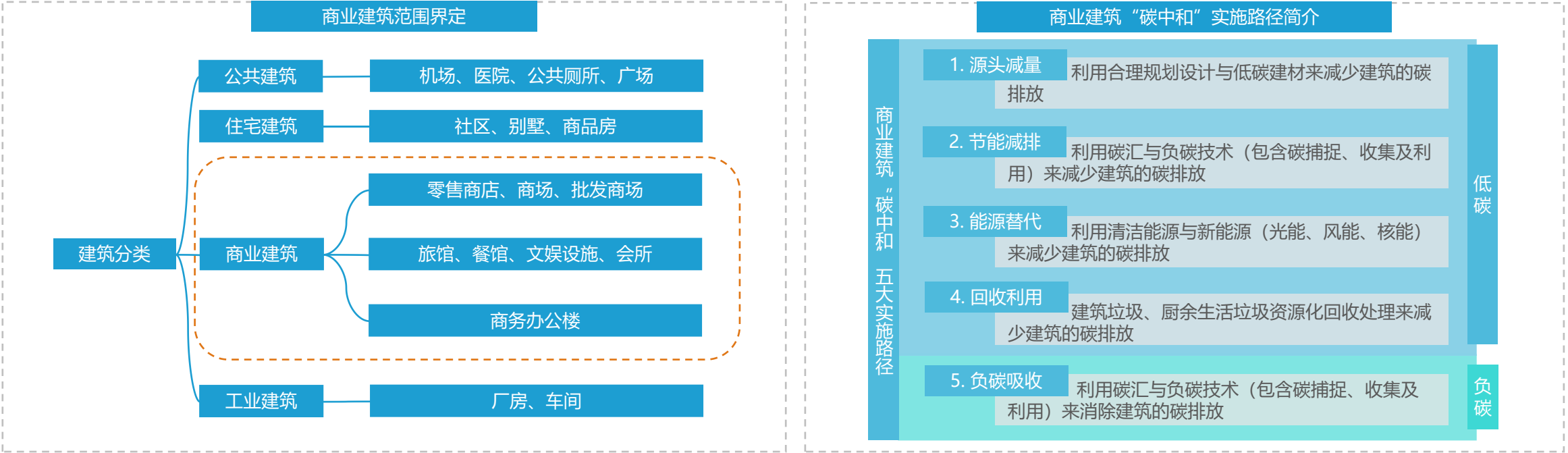
扫一扫下方二维码或者直接微信搜索【huobancom】添加客服进群



企业数字化转型，提升工作效率，访问伙伴云官网：www.huoban.com 获取解决方案

◆ 概念阐述

- ① **商业建筑 (Commercial buildings)**：供人们从事各类经营活动的建筑物，其中包括各类日常用品和生产资料的**零售商店、商场、批发市场**；金融、证券等行业的交易场所及供经营管理业务活动的**商务办公楼**；各类服务业建筑，如**旅馆、餐馆、文娱设施、会所**等。若以建筑形式划分，可划分为独立型（单体）商业建筑、复合型商业建筑（兼备商业、住宅、酒店、写字楼等功能空间）与商住楼（兼备商业与住宅功能）。**本报告期内商业建筑范围主要由独立型商业建筑与复合型商业建筑组成。**
- ② **低碳 (Low carbon)**：实现较低/更低的温室气体排放。**本报告期内低碳主要指通过应用源头减量、节能减排、能源替代、回收利用等低碳技术减少商业建筑的碳排放。**
- ③ **负碳 (Carbon negative)**：利用碳汇（植树造林）或负碳技术来吸收、捕捉、封存和利用人类生产生活活动所产生的碳排放，减少大气中二氧化碳的含量。**本报告期内负碳主要指现在或将来可应用在商业建筑的负碳技术。**



- ◆ **研究范围界定：**本报告主要讨论和**商业建筑全生命周期相关的低碳技术以及具体实施路径**，包含建筑材料生产运输、建筑施工、建筑运行、建筑拆除四个过程，结合五大低碳举措针对不同场景中的可行性商业化应用展开一系列研究与讨论。
- ◆ **研究方法：**本报告采用**定性**与**定量**相结合的研究方法，其中定性研究包括案例分析与相关专家访谈，定量研究包括实地调研与指标数据收集。

定性研究：通过阅读相关报告、资讯、文章和访谈稿等桌面研究方式基础性了解该行业的发展现状、格局和特点。此外采访代表企业、投资人、行业专家。通过访谈的形式验证与补充案头分析输出。

定量研究：①设计相关指标，建立模型，预估低碳商业建筑各细分行业市场规模及发展趋势；②采用定量模型来估算商业建筑碳中和五大举措的碳减排量。



研究方法	研究对象	数量
桌面研究	低碳建筑技术专利、论文	180+
深度访谈	房地产商	15
	绿色建筑相关协会	6
	相关行业专家	8
	行业内高级工程师	10+
	智慧楼宇服务商	21
实地调研	低碳商业建筑具体应用技术	53
	复合型商业建筑用能	6
产品体验	智能家电、建筑智慧集成系统、低碳建筑	10



目录

CONTENTS

1、中国低碳商业建筑发展背景

- 1.1 中国“碳中和”背景概述
- 1.2 建筑行业发展现状及商业建筑碳减排优势
- 1.3 商业建筑低碳技术应用及碳减排路径详解
- 1.4 商业建筑碳中和实施路径全图谱

2、中国商业建筑碳中和实施路径

- 2.1 源头减量
- 2.2 回收利用
- 2.3 能源替代
- 2.4 节能提效
- 2.5 负碳技术

3、国内外低碳商业建筑应用案例

- 3.1 国外案例
- 3.2 国内案例

4、商业建筑碳交易方案预测



1. 中国低碳商业建筑发展背景



1.1 中国“碳中和”背景概述

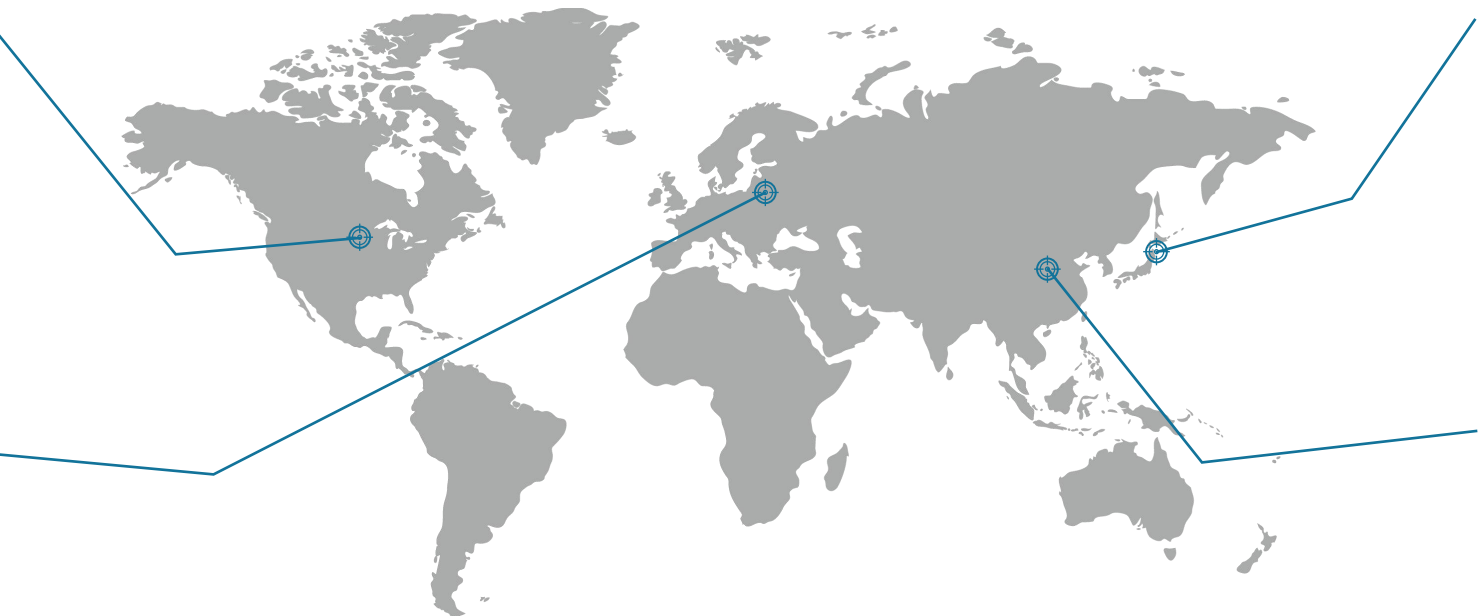
巴黎协定下，世界各国就“碳中和”总体目标达成一致

- ◆全球共识：气候变化协定《巴黎协定》于2015年12月12日在巴黎气候变化大会上通过，2016年4月22日在纽约签署。世界各国就二十一世纪中叶**实现全球碳中和的伟大目标达成共识**。
- ◆世界各国应共同承担节能减排的责任与义务，截至2020年底已有100多个国家提出了碳中和承诺，并积极制定碳中和实施规划。中国碳排放总量大，在碳中和道路上起步较晚，**计划实现碳中和时间比美国、日本、欧盟等发达国家和地区要晚10年**，但是从碳达峰跨越到碳中和的**时间间隔很短，只有30年**。
- ◆**巴黎协定内容**：本世纪下半叶，全球目标定于将温度上升幅度限制在**1.5℃**以内，并逐步实现**温室气体净零（Net-Zero Carbon）排放**，即碳中和（Carbon Neutral）目标。各国将以自下而上的**“国家自主贡献”（INDC）**方式参与全球应对气候变化行动，不再进行自上而下式强制性分配。

- **碳达峰**：某个地区或行业年度二氧化碳排放量达到历史最高值，然后经历平台期进入持续下降的过程，是二氧化碳排放量由增转降的历史拐点，标志着碳排放与经济发展实现脱钩。
- **碳中和**：指一个组织在一年内的二氧化碳（CO₂）排放通过二氧化碳去除技术应用达到平衡。

美国：
于2007年实现碳达峰。拜登政府宣布，美国承诺到2035年，通过向可再生能源过渡实现无碳发电；到2050年，美国实现碳中和。

欧盟：
欧盟作为一个整体于1990年达到碳达峰，2020年12月11日，欧盟在布鲁塞尔峰会上承诺，到2030年欧盟温室气体排放要比1990年减少至少55%，到**2050年实现碳中和**。



日本：
首相菅义伟在2020年10月施政演说时宣布，日本将在**2050年实现碳中和**。

中国：
在2020年9月22日召开的联合国大会气候雄心峰会上第一次向国际社会表示中国二氧化碳排放力争于**2030年前达到峰值**，争取在**2060年前实现碳中和**。

INDC：国家自定贡献预案是各国政府在国际上沟通其在本国应对气候变化所采取的步骤的主要手段。

三大经济体明确“碳中和”时间，出台“碳中和”相关政策



2020年12月11日，欧盟在布鲁塞尔峰会上就更高减排目标达成一致。

- **减排目标**：2030年欧盟温室气体净排放量将从此前设立的目标——比1990年的水平减排40%，提升到至少55%。
- **欧洲绿色协议**：新一届欧盟委员会公布“欧洲绿色协议”，提出欧盟将在2050年率先实现“碳中和”的政治承诺。至此，欧盟也将成为世界上最大的明确立法实现碳中和的联盟。
- 欧盟组成国成员积极推进碳中和立法：瑞典、法国和丹麦已经明确立法，目标于2045年、2050年、2050年分别实现碳中和，而西班牙将在2050年推进碳中和立法。
- 碳中和基金推出：欧委会还联合欧洲投资基金启动了总额为7500万欧元的“蓝色投资基金”，为活跃于蓝色经济中的初创企业、中小企业等提供股权融资，以支持企业研发创新。此外，欧洲还积极推动产业技术革命，如推动汽车电动化进程，在钢铁行业开启技术革命，推进可持续智能交通战略等。
- 欧洲在7个战略性领域开展联合行动：包括**提高能源效率，发展可再生能源，发展清洁、安全、互联的交通，发展竞争性产业和循环经济，推动基础设施建设和互联互通，发展生物经济和天然碳汇，发展碳捕获和储存技术**以解决剩余排放问题。



美国碳排放2007年达峰。拜登政府宣布美国承诺，到2035年，通过向可再生能源过渡实现无碳发电；到2050年，美国实现碳中和。

美国提出的《美国零碳排放行动计划》中提到：

- **技术方面**：美国计划采用法规与市场激励手段来刺激创新、推广零碳排放技术；在美国联邦制基础上，要求联邦政府与各州及地方政府共同协作、目标一致、互相配合；
- **外交方面**：美国重新加入巴黎气候协定，在全球化框架下讨论气候变化与治理问题；优化产业政策，合理并积极利用政府影响力来促进高科技产业和高新技术发展。
- 2020年，美国提出了“零碳排放行动计划（ZCAP）”，为后疫情时代稳定国内就业、经济创新与环境协调发展做出了深刻考量。零碳排放行动计划（ZCAP）是一项针对美国国内的战略，它借鉴并扩展了此前两个由联合国主导的可持续发展解决方案网络（SDSN）报告——“美国深度脱碳的途径（2014）”和“美国深度脱碳的政策影响（2015）”。ZCAP重点关注以下六个能源生产与消费部门，它们几乎占据了美国二氧化碳排放的全部，包括**电力，交通运输，建筑**（新《建筑能源法规》（NECB）），**工业生产，土地利用，材料**。

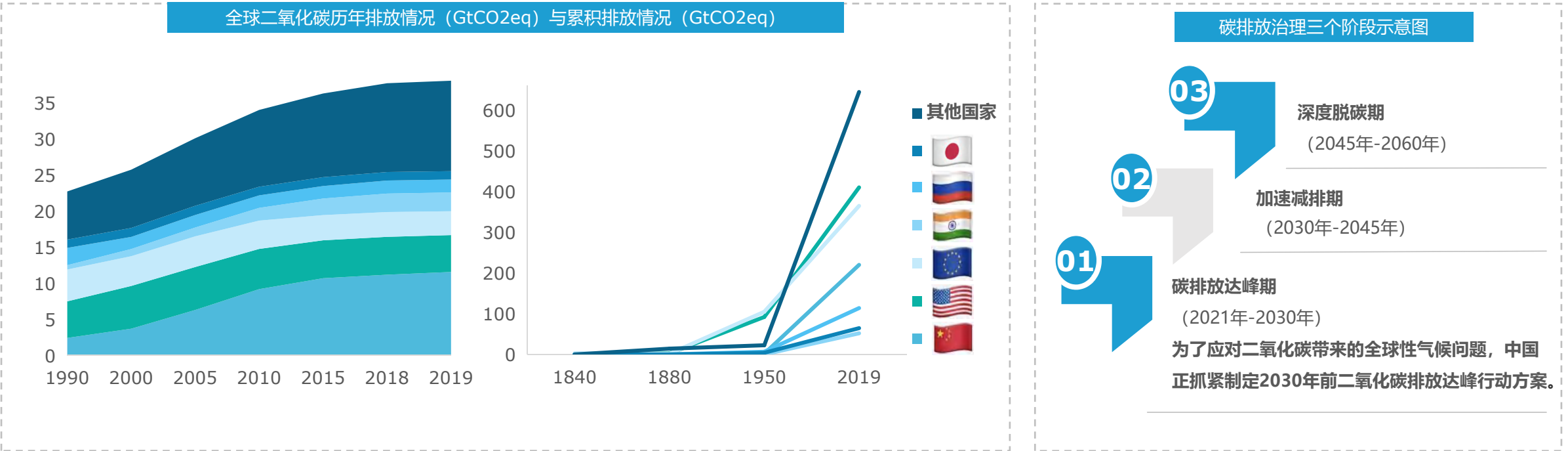


中国在2020年9月22日召开的联合国大会气候雄心峰会上第一次向国际社会表示：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，争取在2060年前实现碳中和。之后表示到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上。

- 2020年12月16日-18日，中央经济工作会议中，明确表示“**做好碳达峰、碳中和工作**”是2021年八项重点工作之一。
- 2020年12月20日生态环境部表示抓紧制定2030年前二氧化碳排放达峰行动方案，加快建设碳排放权交易市场。
- 2020年12月21日国务院发布《新时代的中国能源发展》白皮书，指出全面推进能源消费方式变革，构建多元清洁的能源供应体系。
- 2021年1月20日国家发改委表示，2021将从六个层面（**大力调整能源结构、加快推动产业结构转型、着力提升能源利用效率、加速低碳技术研发推广、健全低碳发展体制机制、努力增加生态碳汇**）推动实现碳达峰、碳中和。
- 2021年3月16日中央财经委员会第九次会议，习近平在会上发表重要讲话，强调要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。

中国积极承担“碳中和”责任，加紧制定“碳达峰”行动方案

- ◆ **中国积极承担“碳中和”责任：**自1990年，中国、印度等发展中国家的历年碳排放量**增长较快**。中国作为世界上最大、综合实力最强的发展中经济体，积极应对全球气候问题，发挥全球领导作用。但根据二氧化碳**累积排放量**来看，美国、欧盟、英国等发达经济体仍居世界前列，尤其在第三次工业革命后，二氧化碳排放量激增。因此，碳中和责任需要发达经济体与发展中经济体**共同承担**。发达经济体率先布局控碳工作，已经能够将每年碳排放量维持在一个稳定水平上。
- ◆ **为了应对二氧化碳带来的全球性气候问题，中国正抓紧制定2030年前二氧化碳排放达峰行动方案。**结合中国“双碳”目标，碳排放治理可划分为三个阶段：碳排放达峰期（2021年-2030年），加速减排期（2030年-2045年）和深度脱碳期（2045年-2060年）。此次方案计划围绕六个层面：①大力调整能源结构，②加快推动产业结构转型，③着力提升能源利用效率，④加速低碳技术研发推广，⑤健全低碳发展体制机制，⑥努力增加生态碳汇，全力推动碳中和实施计划。

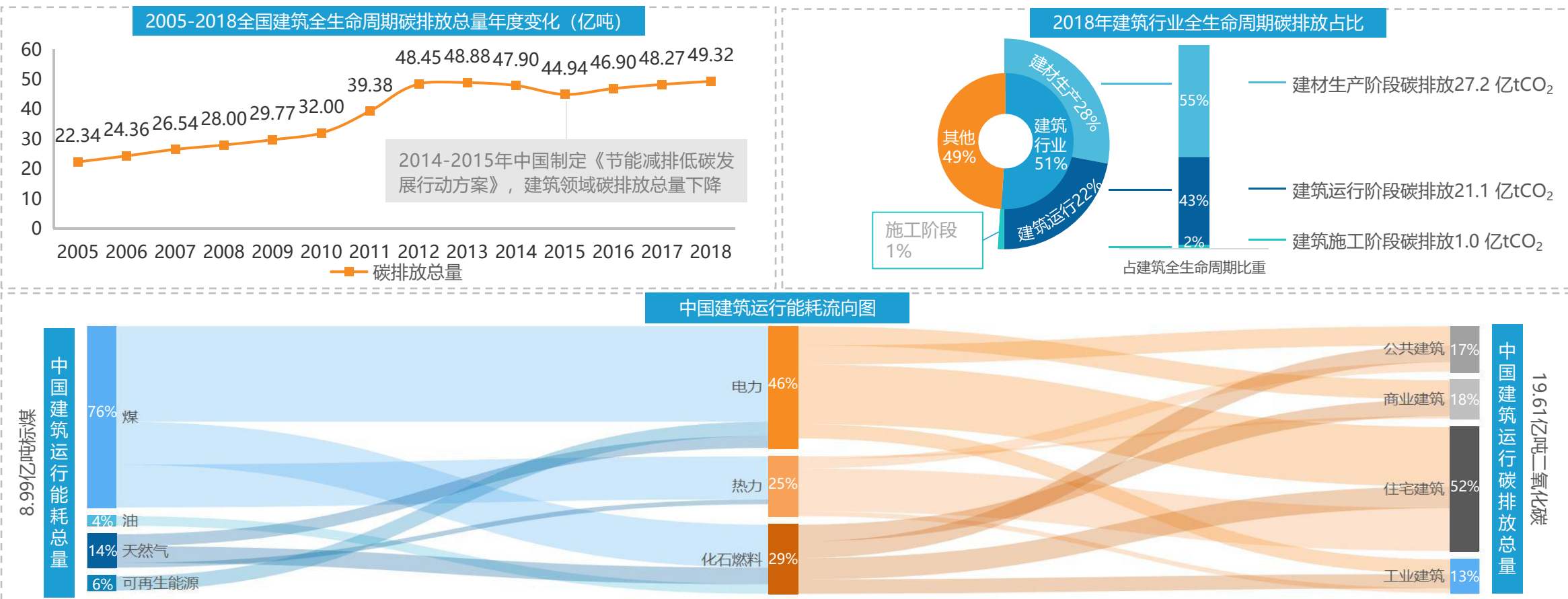




1.2 建筑行业发展现状及商业建筑碳减排优势

中国建筑业全生命周期碳排放占比过半，减碳需求紧迫

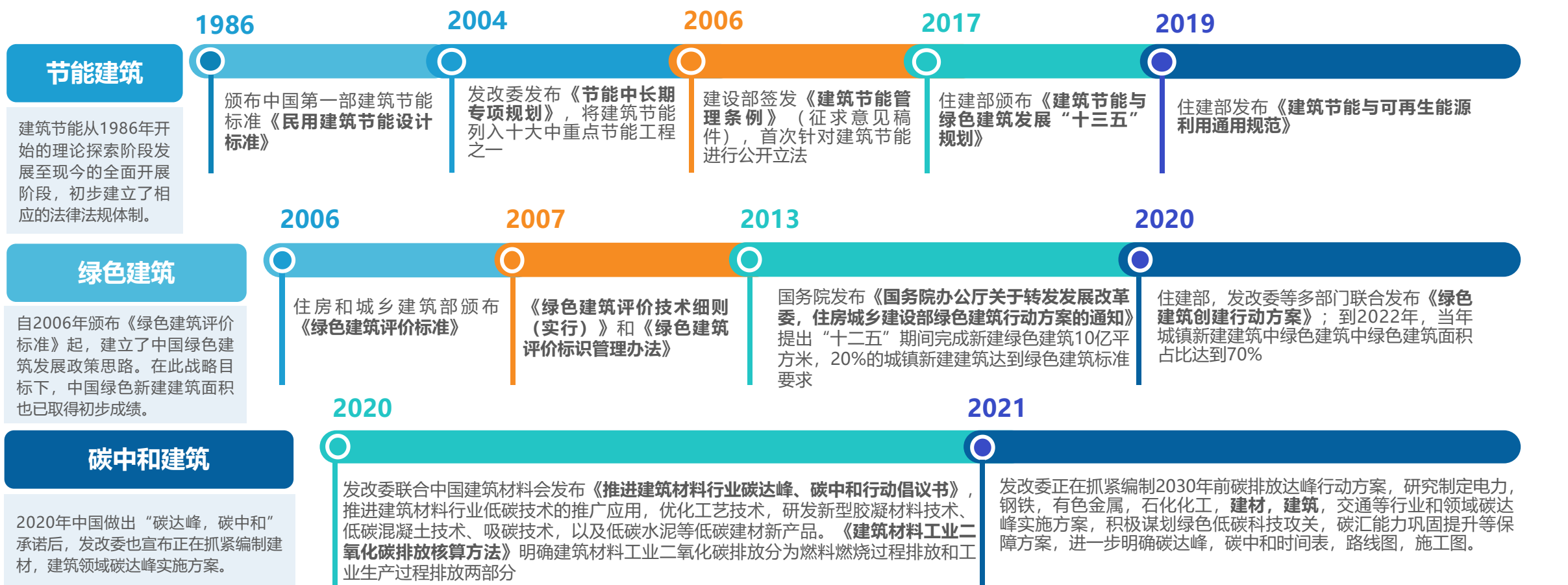
- ◆ 中国建筑领域碳排放的总量庞大，2018年，建筑行业全生命周期碳排放占全国碳排放总量的51%。
- ◆ 从整体趋势上来看：2005到2018年以来建筑全过程碳排放量总体呈上升趋势，因此关注建筑行业节能减排对实现中国碳中和目标意义重大。
- ◆ 从各组成部分来看：建筑全生命周期通常由四个部分组成：建材生产运输，建筑施工，建筑运行和建筑拆除处置。其中，建材生产和建筑运行阶段所占比列较大，分别为28%和22%，施工阶段占1%。
- ◆ 从各能耗流向来看：大部分由煤、油、天然气、可再生能源组成，其中80%都是化石能源，产生大量的碳排放。



来源：中国建筑节能协会、清华大学建筑节能研究中心

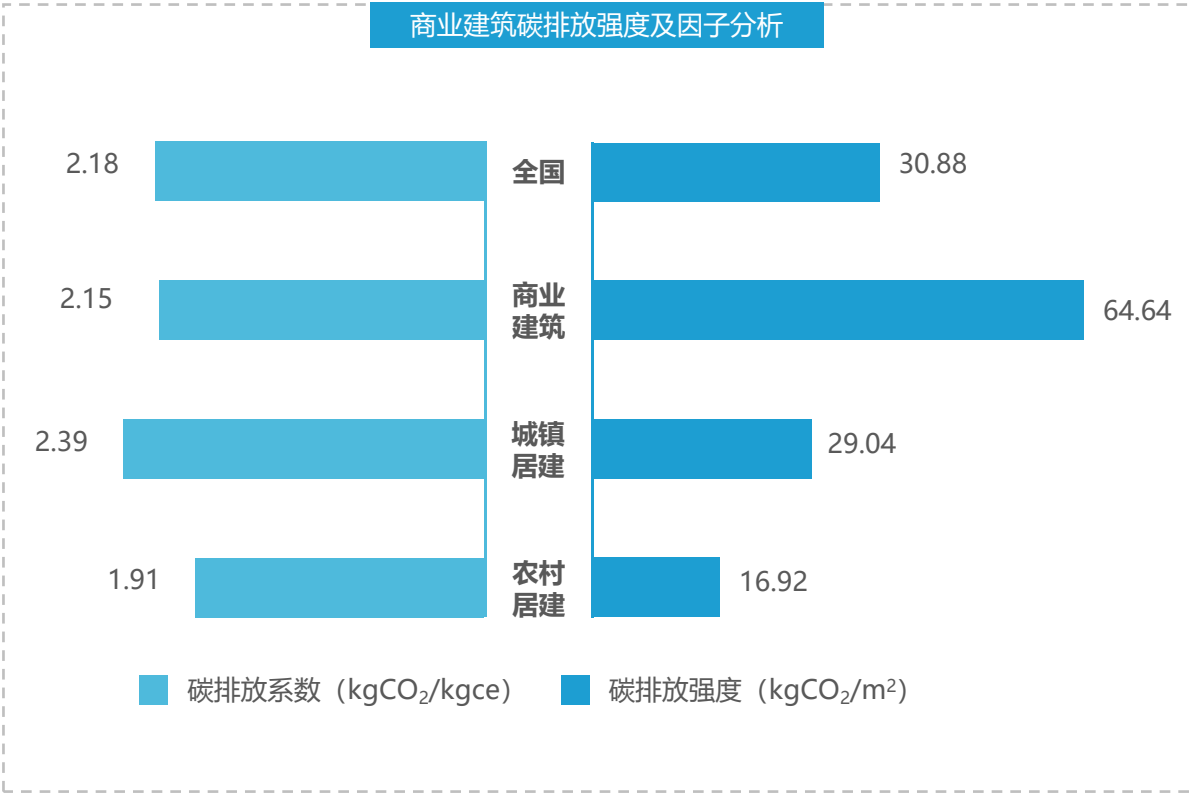
节能、绿色、碳中和建筑理念相互依存，相关政策助推建筑低碳转型

- ◆ **节能建筑**：在保证建筑使用功能和室内环境质量的前提下，降低使用过程中的能源消耗，核心目标是**降低建筑能耗**。
- ◆ **绿色建筑**：节能、节地、节水、节材与环境保护，注重**以人为本**，强调建筑的**可持续发展**。
- ◆ **碳中和建筑**：核心指标是**降低建筑全生命周期碳排放**。在绿色建筑的基础上，进一步纳入建材在化学反应中所产生的碳排放量。同时积极推广清洁能源，实现能源替代。
- ◆ **节能、绿色、碳中和建筑理念在设计、建造、运行等环节中相互依存，相互促进共同完成减碳目标。**



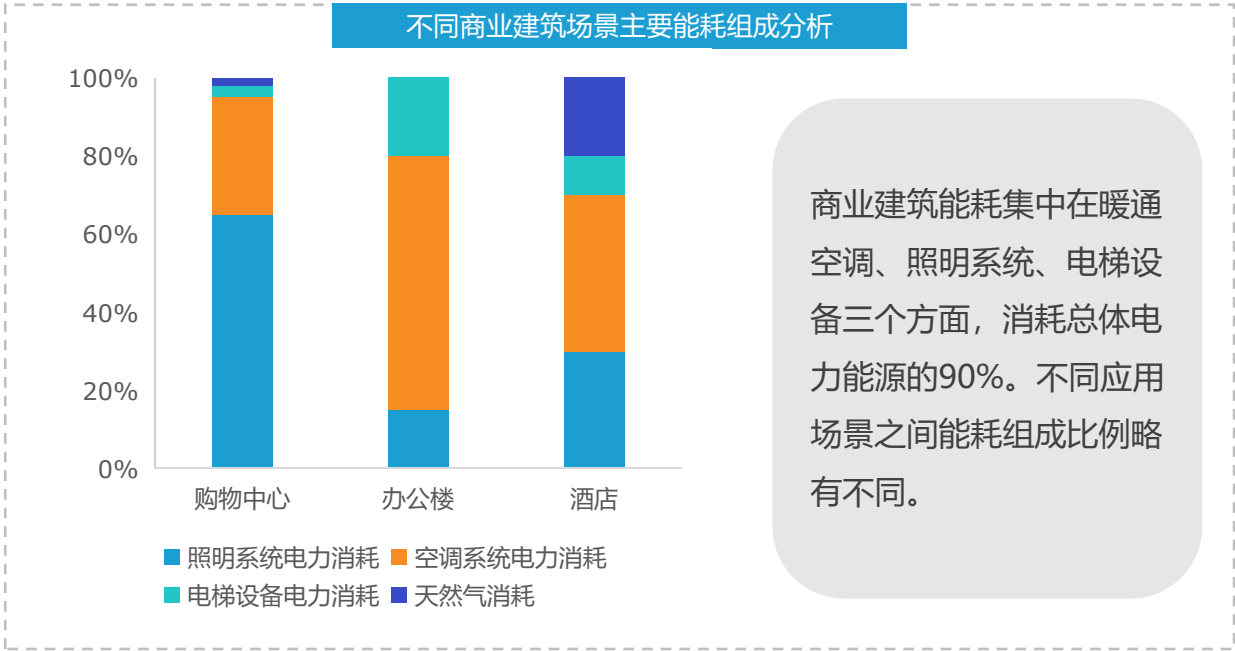
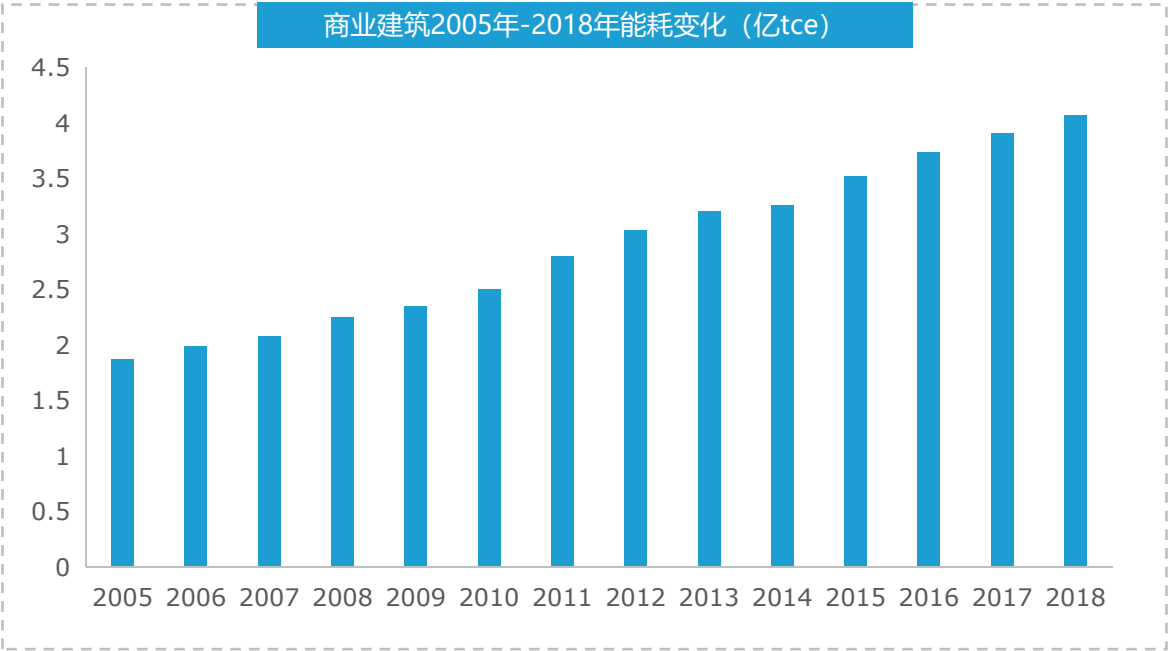
来源：国家发展和改革委员会、住建部

- ◆ 商业建筑节能减碳在整体建筑行业达成碳达峰、碳中和的过程中起到重要作用。比较而言，商业建筑市场规模增速高于住宅，在人均面积和竣工价值方面都有更大的发展空间；同时商业建筑单体面积较大，单位面积能耗远高于民用住宅且近年持续增长，节能空间更大；在管控方面，由于商业建筑普遍应用集成化管理系统，存在规模效应。
- ◆ 根据中国建筑节能协会能耗统计专委会的数据显示，商业建筑碳排放强度远远高于全国及民用住宅强度水平，约是全国强度水平的2.09倍。以2018年的数据为例，商业建筑在建筑面积远低于城镇居建和农村居建的情况下，产生的总能耗和碳排放几乎和城镇居建相同，且高于农村居建。



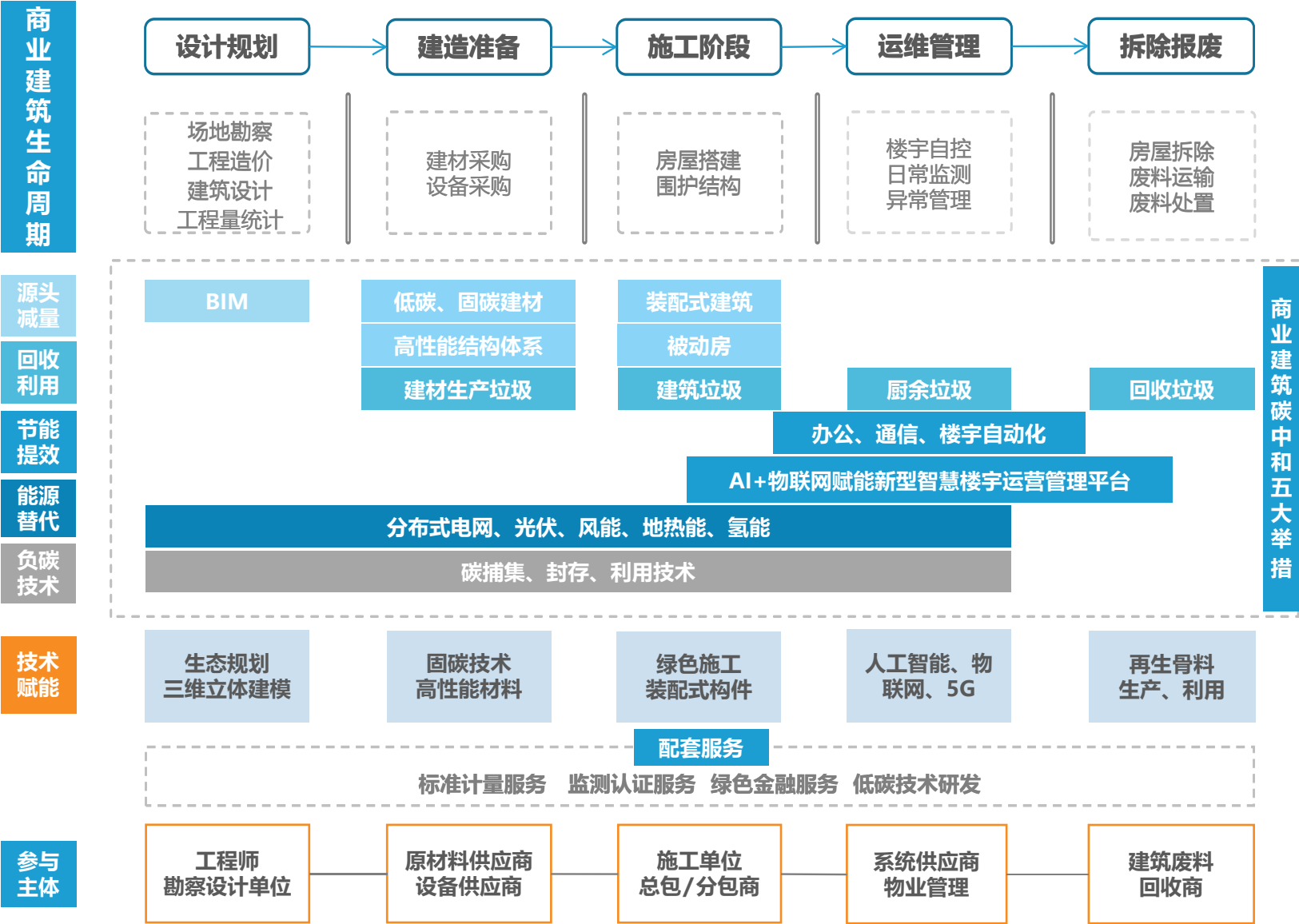
民用住宅与商业住宅差异化比较		
商业建筑		民用住宅
人均面积 (m2/cap, 2018年)	与发达国家仍有较大差距	接近德，英，法等发达国家
2017-2020竣工价值年复合增长率	3%，高于民用住宅	1%，基本平稳
单位面积能耗	强度持续增长	北方城镇供暖能耗下降，除供暖外能耗增长
耗能成分分析	空调，照明，电梯，动力等	炊事，热水，家电，采暖

- ◆ 整体来看，由于各类商业建筑终端用能需求的增长，从2005年以来商业建筑能耗持续增长，整体呈上升趋势。
- ◆ 商业建筑产生的大量能耗和碳排放集中在运行阶段，主要用于维持建筑环境和内部活动的终端设备用能，以2018年为例，商业建筑运行单位面积能耗强度最高，碳排放强度也最高，达到49.7kgCO₂/m²。除此以外，商业建筑运行阶段由于空调系统的大量使用，也会导致氢氟碳化物等非CO₂温室气体的排放。
- ◆ 虽然商业建筑包含商场购物中心、酒店餐厅、以及商务办公楼等多种应用场景，但消耗的能源总体以电能为主，主要运用在暖通空调、照明系统、电梯设备方面，能耗组成间存在些许差异，由于对炊事和生活热水等需求量较低，天然气消耗量不高，便于集中管控。
- ◆ 低碳商业建筑是未来发展主要趋势，运行过程中实现近零能耗是关键。在《民用建筑节能设计标准》的发布实施下，中国商业建筑节能以1980-1981建筑能耗为标准，发展至基本达成多标准实现节能50%-75%。未来商业楼宇通过运用AI+物联网新型智慧楼宇运营管理平台，将进一步全面实现超低能耗建筑或近零能耗建筑，实现节能90%以上的目标。



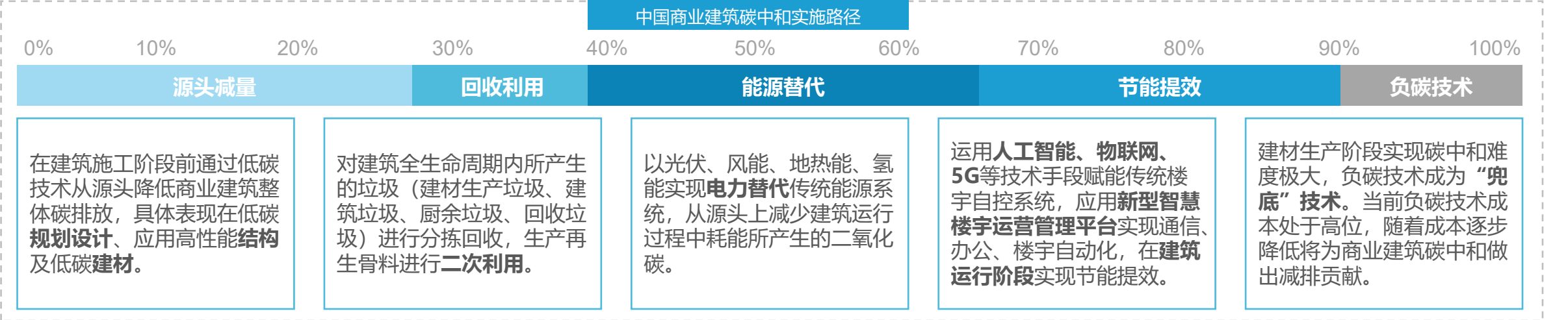


1.3 商业建筑低碳技术应用及碳减排路径详解



- 低碳商业建筑产业链赋能五大阶段
- 基于商业建筑全生命周期，低碳技术在以下**五大阶段**进行赋能：
- ◆ **设计规划**：合理运用**BIM技术（Building Information Modeling）**通过流程化、数字化和参数化的方式实现**协同设计**，减少各施工单位间的协作成本；同时通过软件和插件应用实现**碳排放监测和能耗实时管理**。
 - ◆ **建造准备**：运用高性能结构体系，积极应用低碳和固碳技术，例如高性能混凝土，保温材料，光伏幕墙等。
 - ◆ **施工阶段**：绿色施工。政策推动大力发展装配式建筑及被动房，通过预制装配式构件，或增强建筑气密性，最大化节约材料、人力和资源，缩短工期。
 - ◆ **运营管理**：主要受到**技术驱动**，**人工智能、物联网、5G**等技术赋能传统楼宇自控系统，进一步提升楼宇系统智能化。实时监控商业楼宇碳排放数据，对能耗以及碳排放进行监测。
 - ◆ **拆除回收**：分拣回收废弃建材，生产再生骨料，实现**二次利用**。

- ◆ 建筑全生命周期碳排放=建筑材料生产运输碳排放+建筑施工碳排放+建筑运行碳排放+建筑拆除碳排放。
- ◆ 基于对建筑全生命周期碳排放拆解，本报告列举商业建筑碳中和五大举措：源头减量、回收利用、能源替代、节能提效、负碳技术，并结合建筑场景构建实施路径。



重点关注板块

源头减量：

- ◆ **设计规划**：截至2019年，中国工程设计及建筑设计行业规模达到6000亿元，年增速13%。碳中和目标下，生态规划，低碳路径设计，低碳结构优化预计将成为建筑规划设计的发展趋势。
- ◆ **建材**：2020年建材行业总市值达到1.1万亿元，是中国建筑产业下的支柱行业。建材行业**转型升级**是必然趋势。重点关注高性能钢材、高性能混凝土材料，从原料替代、提高耐久性等特点减少建材端碳排放。

能源替代：

- ◆ 利用光伏、风能、地热能、氢能实现**零碳电力**是实现碳中和的重要举措。**其中光伏技术应用在商业建筑领域应用最为广泛**。受利好政策的推动，2020年中国光伏新增装机48.2GW，同比增长60%，创历史第二新高，预计到2035年，光伏总装机量将达到300GW，成为所有电源类型第一位。

节能提效：

- ◆ 建筑运营过程是商业建筑全生命周期碳排放的主要组成部分。新型智慧楼宇运营管理平台全面提升楼宇智能化、自动化水平，对各系统能耗实时监测并提供解决方案。



1.4 商业建筑碳中和实施路径全图谱

商业建筑碳中和实施路径全图谱

源头减量

建材

CONCH 海螺水泥
SCHOTT 南玻集团
华新水泥股份有限公司
BAOSTEEL 宝钢股份

BIM

中国电建
泛华集团
BENEFO 百利环保
TENIO 天友集团
中国建筑科学研究院

装配式建筑

远大住工
上海建工
中国建筑

能源替代

分布式能源

Jinko Solar
LONGi
Hanergy
深圳能源

智能电网

国家电网公司
NARI
HEAG 华仪
TBEA 特变电工
亿嘉和
LONGi

光伏

LONGi
risen
日托光伏
阿特斯
YINGLI SOLAR
Arctech Solar
Trinasolar
SUNTECH
天合光能

风力

ENVISION
WPTD

节能提效

楼宇自动化系统

Honeywell
Schneider Electric
SIEMENS
ABB
Midea
Johnson Controls
Delta
中控·源创智能
保瑞自控
GREAT
MINGYANG SMART ENERGY

智慧互联集成平台

TERMINUS 特斯联
阿里云
Haier 海尔智家
UIOT 紫光物联
OneNET
GREE 格力
腾讯云
Nader 良信电器
tuya 涂鸦智能
优势科技
HUAWEI

办公自动化系统

Landray 蓝凌
CS&S 中软国际
金山文档
Kingdee 金蝶
用友
HUAWEI
薪人薪事

智能照明及暖通控制系统

PHILIPS
OPPLE
三维极光 Pak
Lianovation 联创光电

通讯自动化系统

ZTE 中兴
中国移动
HUAWEI
环信
H3C

回收利用

博世科
INTCO 英科再生
盈峰环境
深邦机器
江苏黄浦再生资源利用有限公司
大润环保
GBM
中意矿机
加德科技
山美

负碳技术

碳捕集封存利用技术服务商

山东成远实业有限公司
滨化集团股份有限公司
地球工程
蒙草
东方园林

配套服务

科技提效
GDS 万国数据
CHINDATA
碳咨询
宝碳
E2O 环境平台
碳足迹
亿欧 EqualOcean
北京中创碳投科技有限公司
碳金融科技服务商
Pachama
Carbon Credit Capital

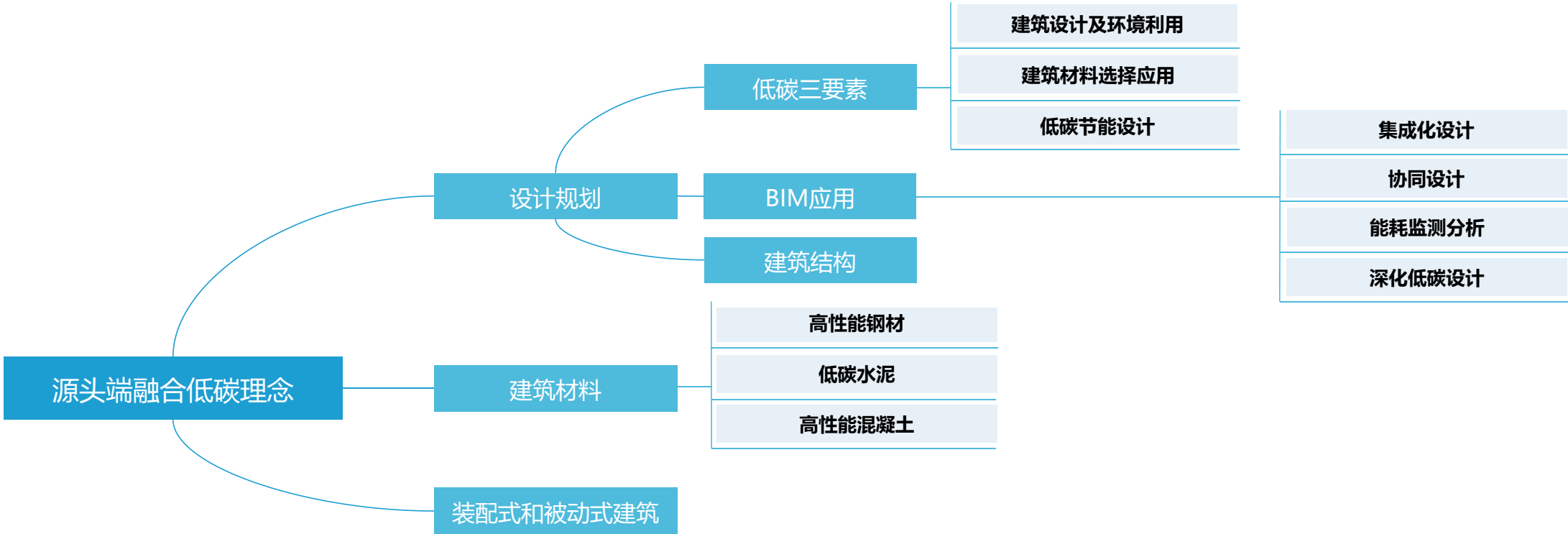


2. 中国商业建筑碳中和实施路径



2.1 源头减量

- ◆ 实现商业建筑碳中和要从建筑设计阶段开始融合低碳理念，从**楼体设计、建材选择、低碳技术**运用三方面落实低碳节能理念。同时，BIM技术的运用可以将建筑设计流程化、数字化、参数化，在节省成本投入的同时加强对碳排放量和能耗的监测管理，提高节能效率。
- ◆ 设计规划阶段，应充分考虑对建筑结构方案进行低碳优化。不同**建筑结构**设计导致所需建材品类及建材数量不同，既而影响建筑全生命周期碳排放。水泥、混凝土、钢材为商业建筑使用量最大的**建材**品类，因此，本报告针对钢材、水泥行业提出**减排举措**并列举**新型混凝土技术**。
- ◆ 装配式和被动式建筑是未来低碳建筑主要发展趋势。**装配式建筑**通过生产预制构件，并进行组装，有效缩短工期，节约人力、材料等资源，显著降低建筑碳排放。**被动式**超低能耗建筑通过对自然元素的最大化合理运用，降低能源消耗，减少设备运行阶段碳排放。



- ◆ 在建筑设计阶段就应融合节能低碳理念，进行设计优化，促进建筑整体节能水平提高，从楼体设计、建材选择、低碳技术运用三个方面入手。首先，设计建筑楼体和立面造型时，应考虑到地理位置，自然环境等因素，充分利用光照和通风条件，尽可能减少后续能源需求；其次，在选择建筑材料时，应尽可能使用在力学性能、耐久性和耐腐蚀性方面表现更突出的新型、高性能环保建材；最后，也要考虑到低碳节能技术的应用，比如清洁能源和智能集成系统。
- ◆ BIM(Building Information Modeling)建筑信息模型是应用于建筑全生命周期过程的一种信息化技术。通过流程化、数字化和参数化的方式建立、表达和呈现工程模型，以实现指导项目全生命周期历程、优化工程项目资源、提升工程施工效率等目的，打造“BIM+”模式。在商业建筑低碳建设中，通过信息化技术在设计端实现对碳排放的监测管理、数据共享等优化，减少浪费和碳排放。

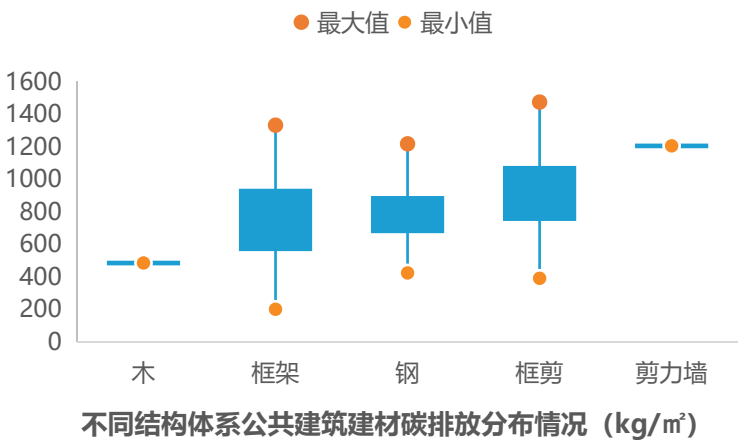


设计规划阶段应充分考虑结构优化，混凝土结构、钢结构为关注重点

- ◆ 建筑建造期间，主体结构工程是碳排放的主要来源。不同建筑设计导致所需建材品类及建材数量不同，进而影响建筑全生命周期碳排放。因此，在设计规划阶段，应充分考虑对建筑结构方案进行优化。
- ◆ 虽然**木结构**是实现商业建筑碳中和的最佳结构，但由于国内政策限制、木材成本较高、“三高（高层、高密度、高容积率）”楼宇众多，国内应用范围极小。因此，**混凝土结构、钢结构**的减碳路径仍是当下关注重点。

不同结构体系公共建筑建材碳排放分布情况

- 对不同结构体系的公共建筑案例进行统计，中国公共建筑（含商业建筑）主要运用框剪、框架和钢结构，主要使用钢材，混凝土等建材品类。
- 其中框架剪力墙结构的单位面积建材碳排放量相对较大，木结构相较最低。按承重结构划分，公共建筑建材碳排放分布排序情况如下：
剪力墙>框剪>钢结构>框架>木结构



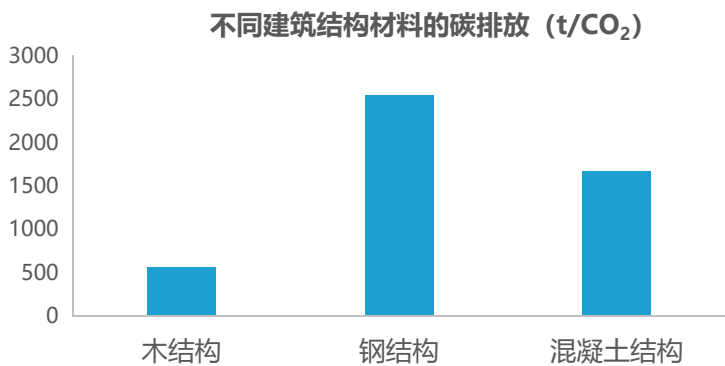
木结构是天然的固碳结构体系：相较于传统的钢结构、混凝土结构，木结构建筑具有**碳存储功能**以及木结构废弃物燃烧具有**化石能源的替代效应**。

- 当前国外已有商业建筑采用木质结构实现碳中和。
- 以澳大利亚最大的木材工程商业建筑为例，“25 King”办公综合体，高度为10层，是澳大利亚最高的木结构建筑，**混合胶合板和CLT(交叉层压木材)**，可将碳封存在木结构中。该木制建筑减少了**74%的碳排放**以及**46%的能源消耗**。
- CLT具有“碳隔离”功能，可将一部分碳储存在木头中。同时CLT具备高结构强度、及良好的保温性能。10cm厚的CLT墙体与1.80m厚的混凝土墙体具备相近程度的保温隔热效果。



不同建筑结构的建材消耗量及碳排放

- 以某7层单体建筑为例，测算其木结构、钢结构、混凝土结构所需建材量及碳排放，数据显示传统的钢结构和混凝土结构碳排放远超前于木结构排放量。因此本报告将关注高性能材料及技术。



不同结构建筑建造阶段主要建材消耗数量

结构类型	混凝土/m³	钢材/t	胶合木 (CLT) /m³
木结构	871.95	52.06	1435.31
钢结构	583.76	637.83	/
混凝土结构	2105.78	265.64	/

来源：上海市建筑科学研究院、专家访谈整理

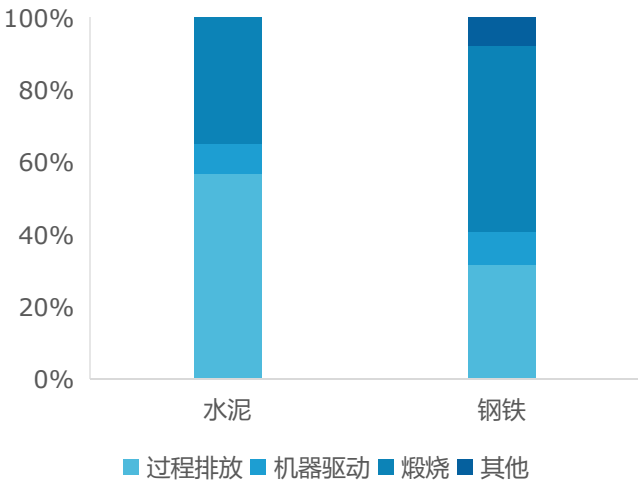
◆ 商业建筑主要运用框剪、框架和钢结构，其中水泥、混凝土和钢材为用量较大的建材品类。2018年中国建筑全生命周期碳排放总量为49.3亿吨，建材生产阶段碳排放27.2亿吨，占全国碳排放比重为28.3%。

- **水泥行业碳排放现状：**聚焦**建筑材料工业**板块（除钢材、木材），2020年，中国水泥产量23.77亿吨，约占全球55%，排放CO₂约12.30亿吨，约占全国碳排放总量12.1%。吨水泥、吨水泥熟料CO₂排放量分别约为616.6kg、865.8kg，单位碳排放低于其他主要建材品类（石膏板、陶瓷砖等）。由于水泥产品消耗量大，成本较低，原料不易替代，导致碳减排的难度巨大。
- **钢铁行业碳排放现状：**中国2020年钢材产量13.24亿吨，钢铁行业碳排放量占全国碳排放总量的15%左右，是制造业门类中碳排放量最大的行业。钢铁行业已明确行业碳目标，2025年前，实现碳排放达峰；到2030年，碳排放量较峰值降低30%，预计实现碳减排量4.2亿吨。

水泥及钢铁工业过程CO2排放组成

比较水泥及钢铁工业过程中二氧化碳排放组成：

- **水泥**碳排放主要来源于**过程排放**，既石灰石氧化所释放的二氧化碳；**原料替代及降低水泥熟料系数**成为主要减碳措施；
- **钢铁**碳排放主要来源于**高温炼钢**所释放的二氧化碳。**炼钢技术脱碳升级**，成为钢铁行业的主要减碳措施。



钢材产业减碳举措

产量端：淘汰落后产能，升级生产装备，实现从“小型高炉-转炉”向“大型高炉-转炉”的产能升级。

- 技术端：**
- **短流程炼钢**的废钢利用率更高，能耗相较长流程炼钢更低，因此“双碳”目标下，短流程钢产量占比将**逐步提升**。
 - **长流程炼钢**工艺持续改进：
 1. **炼钢技术提升：**超低二氧化碳排放炼钢工艺（ULCOS），包括生物质炼钢、新型直接还原（ULCORED）、新型熔融还原工艺（HISarna）和电解铁矿石工艺（ULCOWIN/ULCOLYSIS）。
 2. **余热回收（TRT）：**高级干熄焦技术。
 3. **碳捕集与封存技术（CCUS）：**碳捕集技术将成为钢铁行业实现碳中和的兜底技术，随着CCUS技术成本下降，钢铁企业将规模化应用。

水泥产业减碳举措

产量端：政策推动加速淘汰落后产能，当前中国水泥消费总需求处于高位平台期已达十年。预计将很快步入平台期末端，中国水泥产销量及熟料消耗量将步入下降通道。

- 技术端：**
- **降低水泥的熟料系数：**采用替代矿物、工业废弃物、烧结粘土等逐步取代矿渣、粉煤灰等传统矿物。
 - **替代原材料：**采用低钙水泥基材料或提高混合材比例，使用脱碳酸原材料是进一步降低CO₂排放的关键手段，可利用废弃原材料、其他行业副产品替代石灰石。
 - **替代燃料用量：**大力发展水泥窑协同处置项目。对不可回收废弃物、生物质废弃物进行预处理，减少化石燃料使用。
 - **碳捕捉利用及封存(CCUS)：**随着CCUS成本逐步降低，展望未来，水泥企业将规模化应用CCUS技术。例如，海螺集团已建成投运全球水泥行业**首个水泥窑碳捕集纯化示范项目**。

- ◆ 在商业建筑建造过程中，以水泥为主要材料的混凝土消耗巨大。为了贯彻低碳环保的理念，高性能混凝土材料成为发展新趋势。
- ◆ 相较于传统建筑混凝土，高性能混凝土材料具有降低水泥使用量、耐久性强、减少二氧化碳排放量等优势。例如，汉麻混凝土可以用生物纤维等绿色环保材料替代石灰石原料，降低水泥熟料系数；高延性混凝土（HDC）与超高性能混凝土（UHPC）可以通过加入不同新型材料提高混凝土硬度，实现高耐久度。
- ◆ 此外，在混凝土制造环节，国外科技公司Carbon Cure和Carbicrete专注于二氧化碳固化利用技术，将废弃的二氧化碳转化为矿物形式注入混凝土，一方面减少二氧化碳的排放并提高混凝土的抗压强度，同时还能将制造混凝土所需的水泥量降至最低。
- ◆ 新型混凝土材料已成为“双碳”目标下的重要发展趋势，但当前国内商业化程度较为有限。

国内外高性能混凝土材料

产品	成分	特性	应用	案例	主要国内供应商
汉麻混凝土 (Hempcrete)	混合生物纤维（如大麻）、矿物粘合剂（石灰）和水的复合材料	<ul style="list-style-type: none">◆ 具备良好的固碳和储碳能力，通过植物聚集体替代矿物聚集体◆ 高度的可透气性，并且能够调节湿度◆ 抗震性能好，不易开裂◆ 隔音、隔热、节能，降低能源消耗	屋顶、墙壁或板坯绝缘	<ul style="list-style-type: none">◆ 2017年，美国埃舍尔设计公司(Escher Design)在科罗拉多州丹佛市完成了第一个政府允许使用的工业大麻混凝土结构	
高延性混凝土 (HDC)	混合硅酸盐水泥、粉煤灰、石英砂、矿物掺合料、水、PVE纤维	<ul style="list-style-type: none">◆ 减少钢筋需求量，进一步减少碳排放◆ 在变形、抗裂、耐损伤和耐久性方面具有明显优势	墙体	<ul style="list-style-type: none">◆ 日本大阪北滨大厦	拓创远威科技、奥泰立集团、东南材料
超高性能混凝土 (UHPC)	混合硅灰、水泥、减水剂、细骨料及钢纤维等材料	<ul style="list-style-type: none">◆ 超高的耐久性和超高的力学性能◆ UHPC材料组分内不包含粗骨料，颗粒粒径一般小于1mm，UHPC抗压强度可达200MPa以上，材料耐久性可达200年以上	屋顶、幕墙、保温墙体等	<ul style="list-style-type: none">◆ 马赛曲办公大楼◆ 上海青浦摩都里	倍立达、博创达、上海砼创

来源：CarbonCure Technologies、Carbicrete、公开资料整理等

- ◆ **被动式超低能耗绿色建筑**是集高舒适度、低能耗于一体的高效节能建筑。通过优化建筑围护结构，最大限度提高建筑的保温、隔热和气密性能；通过新风系统的高效冷（热）量回收利用，显著降低商业建筑主动采暖、制冷需求；通过有效利用自然采光，降低对主动照明的需求。从源头降低商业建筑运行能耗，从而降低商业建筑全生命周期碳排放。
- ◆ 由于被动式超低能耗建筑能大幅度降低对外界能源的需求，有明显的节能减排效益，各级政府对被动式低能耗建筑的认可度越来越高，截止到2020年8月已经颁布**115项被动式建筑鼓励政策**，同时政策的针对性及可实施性也逐年增强。
- ◆ 被动式低能耗建筑有效促进中国加速完成“双碳”目标，同时也带动了建材产业低碳升级。

被动式超低能耗建筑主要技术特征及指标

被动式超低能耗建筑主要技术特征：

■ 保温隔热性能更高的非透明围护结构

■ 保温隔热性能和气密性能更高的外窗

■ 无热桥的设计与施工

■ 建筑整体的高气密性

■ 高效新风热回收系统

■ 充分利用可再生能源

■ 满足《绿色建筑评价标准》一星级要求

被动式超低能耗建筑核心技术指标：

■ 被动房的采暖/制冷负荷≤10W/m²


■ 建筑一次能源用量≤120 kWh/(m²a),

■ 气密性满足N50≤0.6，即在室内外压差50Pa的条件下，每小时的换气次数不得超过0.6次


被动式超低能耗建筑产品选用目录（节选）

产品分类	公司
外窗	哈尔滨森鹰窗业股份有限公司、北京市腾美骐科技发展有限公司、河北奥润顺达窗业有限公司
幕墙	河北新华幕墙有限公司
外围护密封材料	德国博仕格有限公司、德国安所
玻璃间隔条	圣戈班舒贝舍暖边系统商贸（上海）有限公司、泰诺风泰居安（苏州）隔热材料有限公司、美国奥马特公司
玻璃	青岛亨达玻璃科技有限公司、天津南玻节能玻璃有限公司、中国玻璃控股有限公司、信义玻璃（天津）有限公司
遮阳	瑞士森科遮阳
新风空调	同方人工环境有限公司、上海兰舍空气技术有限公司、森德中国暖通设备有限公司、北京朗适新风技术有限公司


中国被动式商业建筑案例



朗诗布鲁克酒店

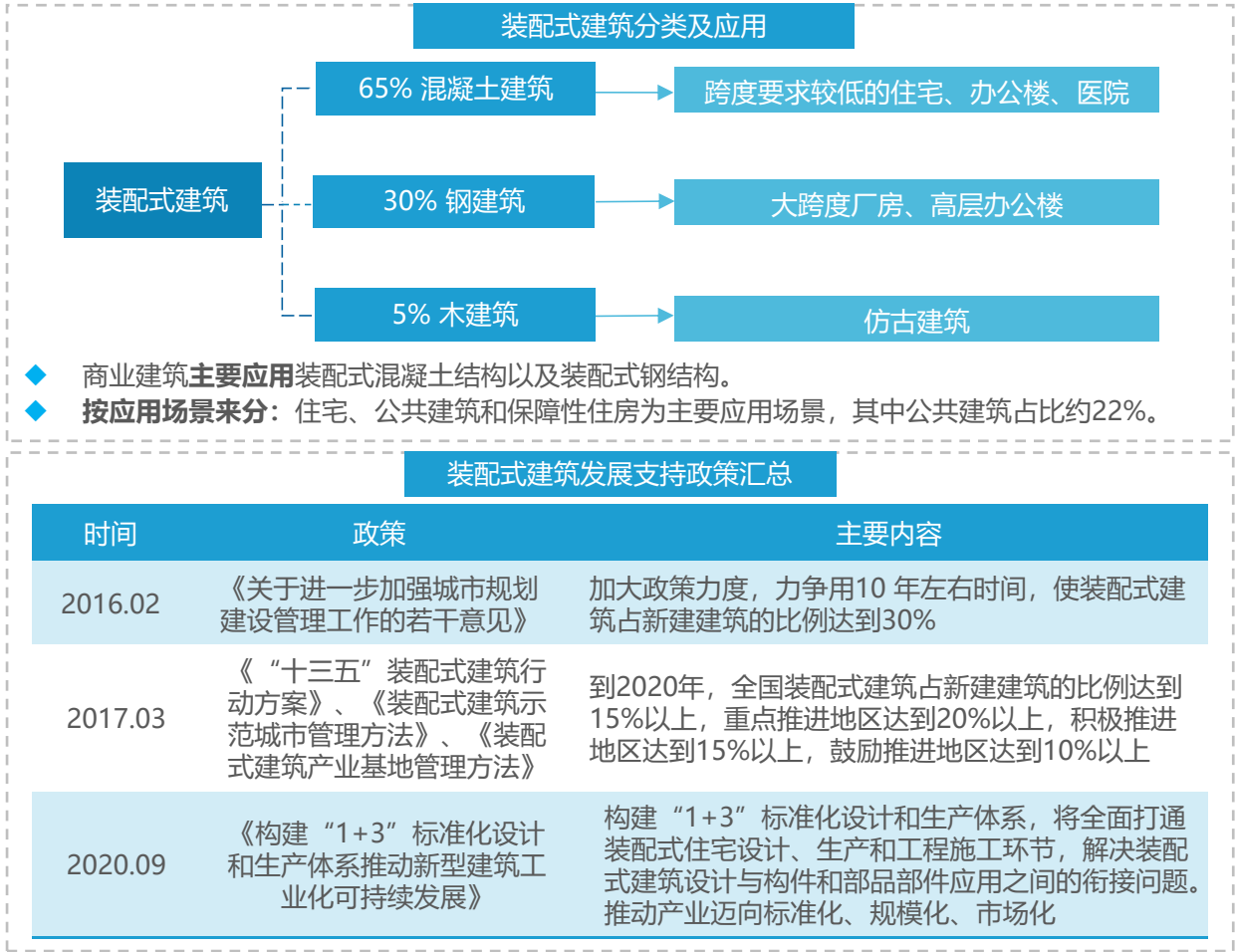


上海宝山罗南社区办公楼



朝阳区金茂绿创中心

- ◆ **装配式建筑**：把大量建筑构件和配件在**预制工厂中生产完成**，然后运输到施工现场，并采用可靠的安装方式将构件**组装**而成的建造方式。主要可以分为**三大类**：装配式混凝土结构建筑、装配式钢结构建筑和装配式木结构建筑。
- ◆ 装配式建筑因其减碳优势成为建筑行业政策主推方向，政策要求至2030年，全国新建建筑装配式占比达到30%以上。相较于现场浇筑，装配式建筑在建材生产及施工过程中具备**明显减碳优势**，例如减少材料使用、缩短工期和减少建筑废弃物等。



装配式建筑减碳优势

建材生产阶段

材料方面

批量生产预制构件能够有效降低周转材和辅材的使用。

- 钢模重复周转使用能够减少木模板使用。
- 外保温工厂整体制作寿命长，能够减少建筑全生命周期保温材消耗。

生产方面

工厂集中生产，减少湿作业及建筑垃圾，提高建筑垃圾回收率。规模化、集中化的生产方式缩短工期、节约人力和物力成本。

建筑施工过程

通过机械化的安装方式，减少空气、噪声和废物废水排放等污染。

以实际案例进行测算：相较于传统现场浇筑的施工方式，采用装配式构件建造。

- 可缩短20-45%工期时间，节约60-75%人力资源
- 节水约 25%，降低抹灰砂浆用量约 55%，节约模板木材约 60%
- 节约20-25%能源用量，减少70%左右建筑废物量
- 同时，显著降低施工粉尘和噪声污染，减少碳排放

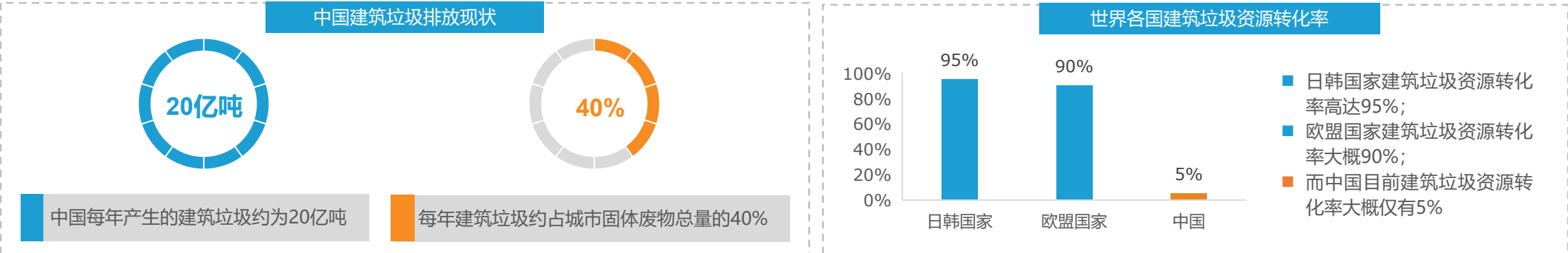
	装配式	现场浇筑	节约改善
工期	160-210天	250-300天	20-45%
现场施工人数	40-50人	150-160人	60-75%
水资源消耗	0.051-0.0677m³ /m²	0.085-0.09m³ /m²	20-25%
建筑废物处置量	7.34-7.35Kg/m²	23.75-23.80Kg/m²	65-70%



2.2 回收利用

中国建筑垃圾目前仍以填埋为主，与发达国家存在一定差距

◆ 建筑垃圾指的是新建、改建、扩建和拆除各类建筑物以及建筑装饰、房屋装修过程中所产生的弃土、弃料和其它废弃物，基本由土、砂浆、混凝土、砖石、钢筋混凝土桩头、废金属料和其他废弃物组成。中国每年产生的建筑垃圾规模巨大，约为20亿吨，但目前仍以过程相对简单、成本低廉的填埋处理为主，资源化回收处理转化率较低。



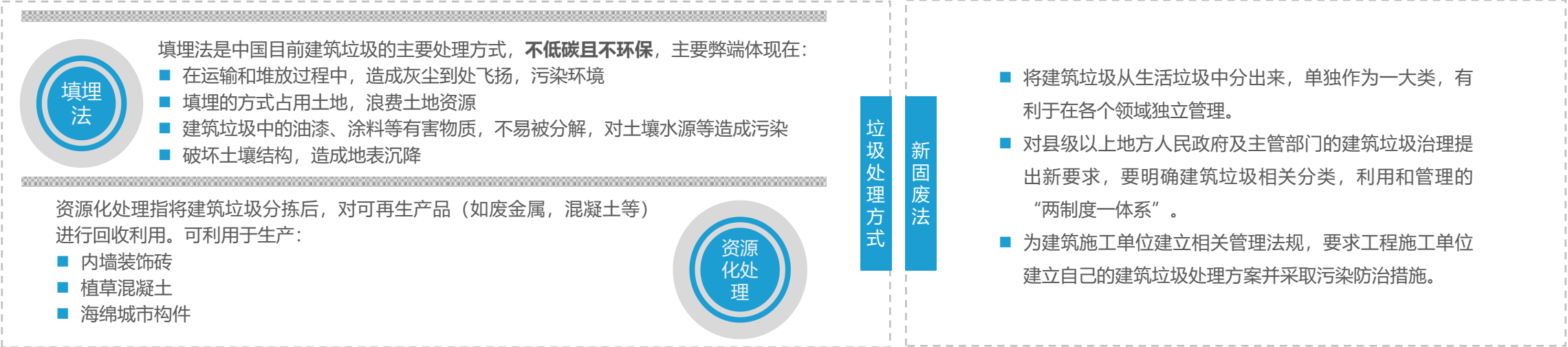
◆ 资源化回收处理可使建筑材料复用，减少对环境造成的压力，从而降低能源的消耗和碳排放，实现全行业碳中和。以日本、美国和欧盟国家为首的一些发达国家从上世纪九十年代开始，由上至下利用政策推动建筑垃圾回收利用的资源化处理，时至今日平均资源转化率已经高达90%，有助于整个建筑行业实现资源再利用。与发达国家相比，中国建筑垃圾的资源化处理迫在眉睫。

发达国家建筑垃圾处理举措	
国家	推行举措
日本	侧重将建筑垃圾视为可再生资源进行重新开发利用，不向施工现场外运输建筑垃圾。日本对“建筑副产物”分类详尽，作为可再生原料的建材主要有混凝土块、木材、渣土和金属等物质。同时要求施工现场本身减少垃圾产生。
美国	主张从源头减少建筑垃圾产量，法规要求在生产中产生了工业废弃物的企业自行妥善处理废弃物，不得擅自倾卸。这种方式也促进相关企业主动寻求建筑垃圾资源化利用的高效、经济途径。
荷兰	能循环利用大概70%的建筑废物，并且向90%的目标进发。发行法规限制废物的倾卸处理，加强在循环运行的质量控制制度。
德国	德国在二战后就开始了对建筑垃圾的回收再利用，其最早设立了循环经济立法，明确了废物处理法规。目前德国有世界上最大的建筑垃圾处理厂，可将建筑垃圾加工成再生骨料。作为建筑垃圾回收利用技术先进国家，德国的回收利用率接近90%。

来源：中国战略性新兴产业环保联盟

《新固废法》明确强调建筑垃圾的处理细则，资源化转换率亟待提高

◆ 中国建筑垃圾仍以填埋为主，存在较大弊端，而资源化处理可以通过对再生材料的最大化应用减少额外需要的建材量，从而降低碳排放，实现节能环保。“十三大第十七次会议”通过了《新固废法》并在2020年9月1日全面实施，**将建筑垃圾列为了单独一项并明确强调了相关管理细则**，政策要求下，其处理方式向资源化处理转型。《“十四五”循环经济发展规划》要求，**到2025年中国建筑垃圾的综合利用率需达到60%**。



◆ 中国建筑垃圾资源回收利用流程主要分为垃圾分类、回收处理、再生处理、资源化利用和产品应用五个主要步骤。再生处理阶段将混凝土、砖和石等按照不同配比尺寸等做成再生骨料，后可制成再生砖、无机料等进行二次利用。



新型封闭式垃圾真空收集及处理系统逐步替代传统方式，减少碳排放

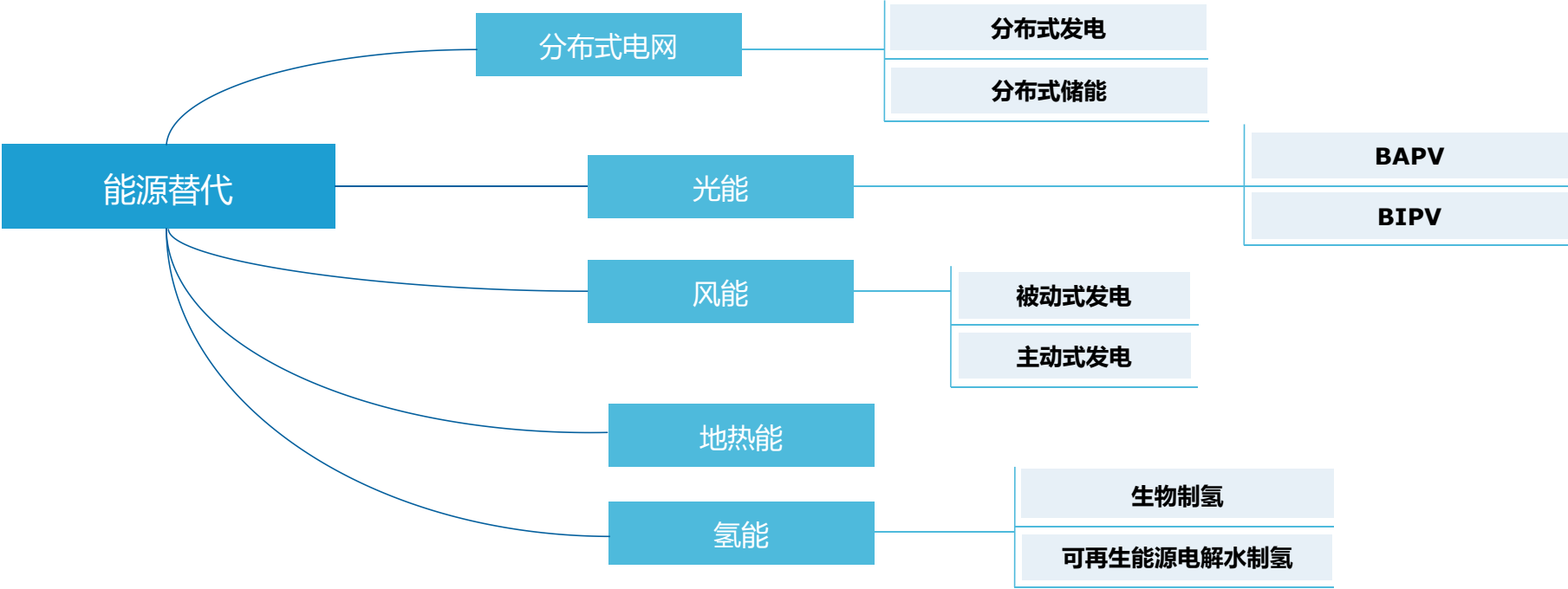
- ◆ 厨余生活垃圾是商业综合体在运维过程中最大的垃圾来源之一。主要丢放场景分为：办公区、厨房就餐区以及公共区域。厨余生活垃圾可以分为四类：可回收物、厨余垃圾、生活垃圾和装修垃圾。
- ◆ 厨余生活垃圾收集、运输与处理中造成大量碳排放及有毒气体会污染环境，而垃圾经过新型封闭式真空收集及处理后仅残余5%到10%，极大减少了废气排放量。垃圾清运过程中全封闭、垃圾流密闭、隐蔽、与人流完全隔离，能有效杜绝收集过程中产生二次污染的现象。
- ◆ 通过应用新型系统有效减少传统垃圾箱数量。减少垃圾冷藏库的维护成本，节约能耗。





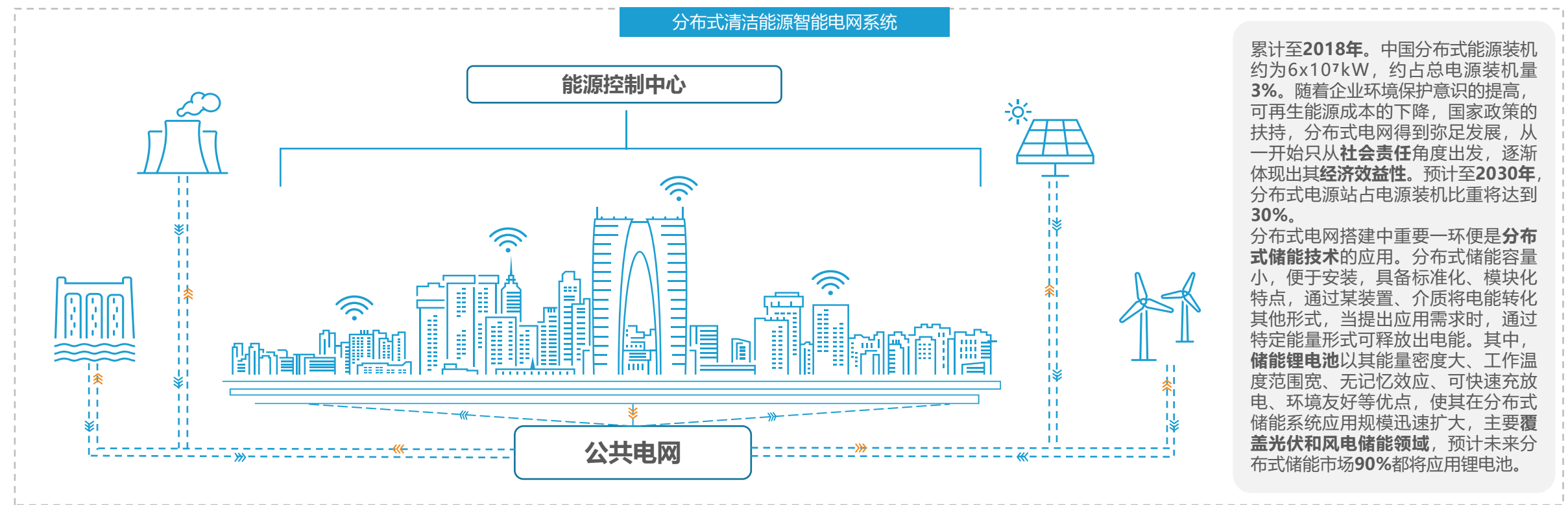
2.3 能源替代

- ◆ 中国作为处于上升期的发展中经济体，**对能源的需求还在不断增加**，能源结构以**煤**为主，碳排放总量和强度“双高”。2019年中国煤炭消费比重达到58.0%，碳排放总量占全球比重29.0%，其中建筑全过程能耗占全国能源消费总量比重46.5%，碳排放比重占51.3%。
- ◆ 大力发展以**可再生清洁能源为根源**，“**发、供、用、储**”的**优化集成技术为基础**的新型**智能分布式及微电网**。加速光电、风电、核电和氢能等新能源上网并网，代替传统煤炭、石油和火电等高碳排放能源，降低电网基础负荷、合理分配能源、智能管理用电，从源头上减少二氧化碳排放。
- ◆ **在商业建筑中以光能应用最为广泛**，中国的光伏产业经过数年发展，在规模、发电成本和发电效率上都处于领先地位；**风能及地热能**的应用也助力实现节能减碳，但由于受到的限制因素较多，还未能达到光伏的装机规模；**氢能**作为“未来能源”，在减排空间上的潜力也十分巨大。



搭建分布式清洁能源智能电网与储能系统，调节电网峰值负荷，提高能源利用率

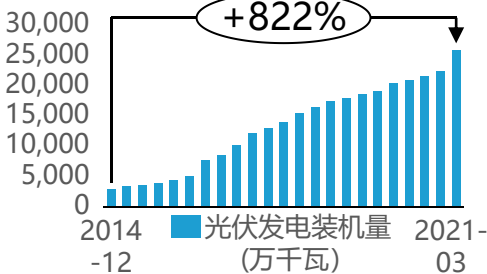
- ◆ 传统输电模式是从发电站到用户的单向输出，不能很好地适应当前电量需求大、波动强的特点。智能电网强调了源头和终端的信息交互，集合各项关键技术例如**分布式发电与集成**、**综合能源电力系统**、**智慧楼宇与小区和电力物联网**等，实现电力合理分配、智能管理，降低能源消耗。
- ◆ 其中分布式发电，是指将小型发电单元建立在**最终消费用户附近配电系统内**，比起传统集中式发电系统大规模、远距离、单向的输送电力模式，分布式发电系统所产生的电力以客户自用和**就近利用**为主，直接面向用户，输送方式也转变至可由终端用户返还至发电节点的**双向流动**方式，具有**热点适应性好、能源利用率高、环境污染小、输电损失小和可持续发展的**特点。
- ◆ 随着互联网技术和新能源技术的发展，分布式电源朝着**多能源互补、集成优化和智慧管控**的方向发展。太阳能、风能、水利和核能等可再生能源能量密度低，具有分散性、清洁性和可持续性等特点，为搭建新能源分布式电网创造了可能性。



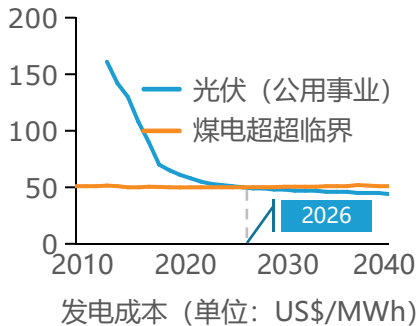
◆ 除了改变能源网结构，想要实现节能减排的关键还是要以可再生清洁能源代替传统化石能源，构建以新能源为主的新型电力系统，包括太阳能、风能、氢能、水和核能等。其中，水电、风电和核电都会受到地理环境、安全因素等限制。光伏发展至今，凭借它的普遍性、安全性、转换率的提升和发电成本的降低等优势，其装机量大幅增加，加速了新能源分布式电网建设。其中，分布式光伏发电并网系统与商业建筑结合，能降低建筑用电成本，提高电力利用率，甚至实现商业建筑电力“自产自用”、“余电上网”。

装机量大幅提升

国际能源总署预计到2050年，光伏会成为第一大电力来源，光伏装机将占全球发电装机27%。
未来全球3/4的光伏用电量会流向大型工商业。中国作为太阳能装机量第一国，从2014年第四季度装机量2805万千瓦，到2021年第一季度装机量25850万千瓦，增长了822%。到2035年，光伏总装机规模将达到30亿千瓦，成为所有电源类型的第一位。



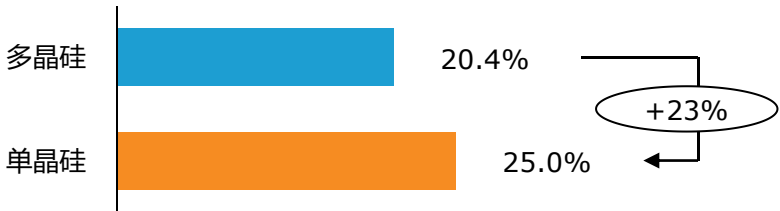
度电成本下降



中国光伏产业发展之初主要以组装为主，光伏发电受制于原材料及销售渠道，成本居高不下。
如今，龙头光伏企业开始自主研发EVA膜，硅片，硅料等主要原材料，结合技术进步及规模效应，光伏的度电成本将在2026年和传统煤电度电成本持平，到2050年光伏度电成本预计降至0.13元/kW·h。

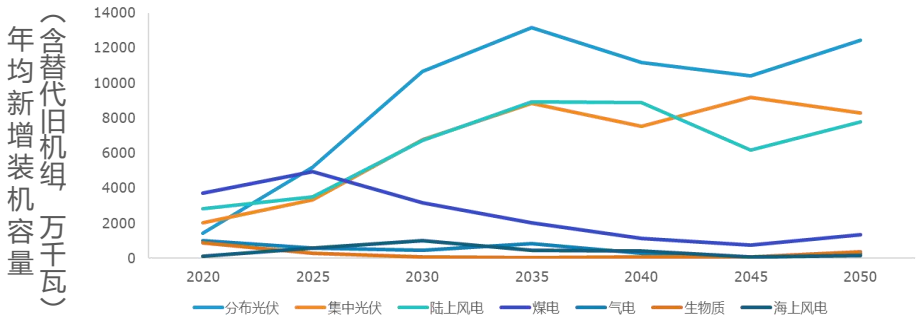
转换率提升

光伏的迅速发展的关键因素之一是光电转换率的提升。电池板的光电转换率直接影响光伏电站发电量的多少。
随着龙头光伏企业在单晶硅电池技术上的突破，其转换率已经达到了25%左右，超过了多晶硅光电转换率20.4%。
PERC电池生产线的铺设使光电转换率进一步提升。效率更高的例如单晶体硅异质太阳能电池能将效率提升至26%以上。



加速分布式能源建设

光伏的大力发展为中国分布式能源的布局奠定了坚实的基础，低成本的光伏发电结合分布式并网系统，可以实现社区内光电共享、合理分配。
到2050年，集中光伏和分布式光伏的装机总量将远远超过风电、煤电、气电等其他能源装机量。分布式光伏的发展是实现传统能源架构转型的重要一环。



- ◆ BIPV是一种将光伏与建筑结合的应用技术，Building Integrated Photovoltaic，也被称为光伏建筑一体化。
- ◆ 传统光伏与建筑结合的方式是将光伏方阵与建筑结合，也被称作为BAPV，其中的典型便是在建筑屋顶上安装光伏系统；BIPV则是一种将光伏方阵与建筑集成的前端光伏应用技术，主要包含光电瓦屋顶、光电幕墙、光电采光顶和光电遮阳板等。与建筑集成的组件具有发电、防水和装饰等功能，技术上的提升使其安全性得到了保障，能使其应对各种恶劣天气，保证其发电稳定性，降低了后期维护成本，延长使用生命周期。
- ◆ 搭建分布式光伏发电并网系统，其中的难点就在于电力输出源分散、数量多，不同节点出力大小不一，使电力系统会处于不稳定状态。这对光伏方阵在建筑上的安装位置、光伏板的朝向、倾斜角度都提出了更高的要求。BIPV能将光伏方阵融于建筑，成为整体外部结构的一部分，提高建筑整体利用率。因此在外观，稳定性、安全性和节能性等方面都具有明显优势。
- ◆ 商业建筑可利用公共面积大，标准化程度高，用电需求时间集中，是BIPV主要的应用场景。其发电工作时间和商业建筑用电高峰基本重合，能大大缓解用电紧张的问题，满足自身需求后，将余电并网返还国家电网，提高能源利用效率。



武汉绿地中心采用了全玻璃幕墙系统，建筑表面覆盖21000多块光伏组件，整个幕墙具备了发电、通风、采光的功能。



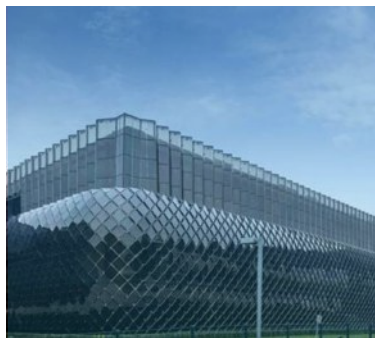
汉能总部融合了光伏幕墙，光伏采光顶，连廊等BIPV项目，实现了集团总部100%能源自给自用。



上海G60科创走廊由22栋80米高的建筑构成，每栋大楼屋顶由铝结构的网状屋盖连接，并贴有柔性薄膜太阳能电池组件发电供建筑使用。

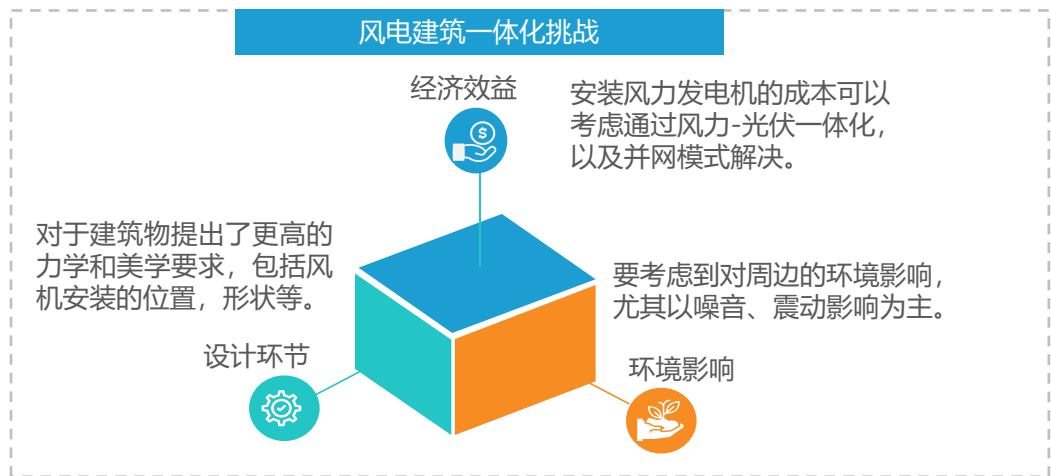
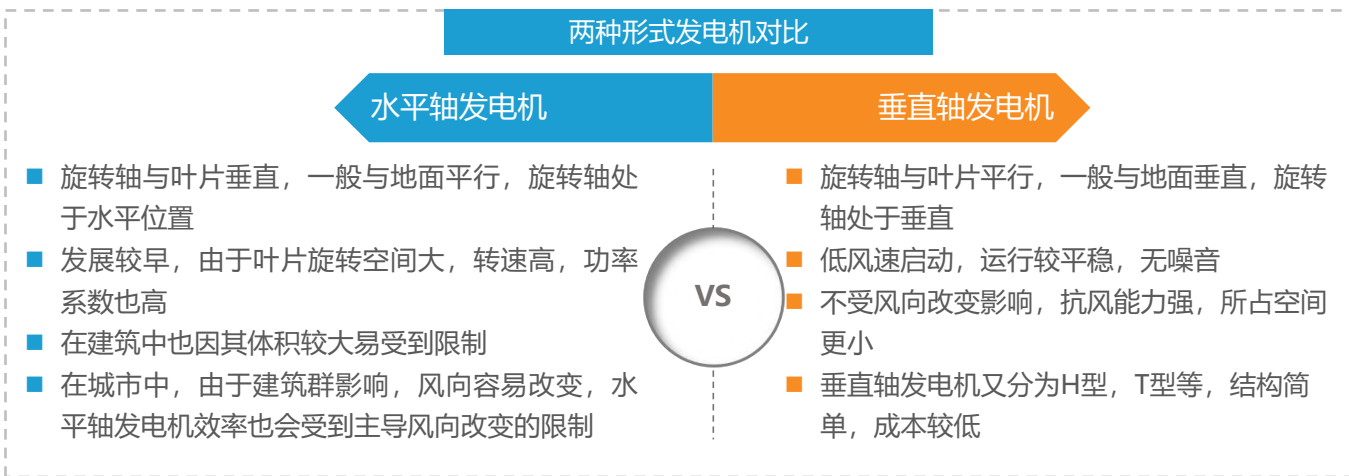


武汉新能源研究院以马蹄莲为设计理念，寓意“武汉新能源之花”，是一座能利用自然资源低能耗无污染BIPV生态建筑。



广州塔总高600多米，利用建筑物立面幕墙安装光伏实现光伏建筑一体化，是世界上高层建筑实现光能利用的标杆。

- ◆ 作为无污染、可再生的清洁能源，风能在建筑环境中主要有两种应用形式：以适应地域风环境的被动式和转换地域风能为其他形式能量的主动式。
- ◆ **风力发电与建筑一体化设计时，需考虑到建筑物对气流的影响。**城市商业建筑风电一体化设计有三种主要方式：①风机设置在建筑物屋顶上，由于建筑物的遮挡，楼顶区域气流会分层，产生较为强烈的紊流，使风速加剧；②将风机置于两座建筑物之间，受力面积较大，可防止气流分散和流失；③将风机设置在建筑物空洞中，建筑物正面和背面存在压力差，导致风压较高，气流从空中穿过时风速提升。目前，风力发电面临的挑战主要集中在设计、经济效益和环境影响上。
- ◆ 风力发电装置主要由风轮、发电机、调向器和储能装置等部件构成。其中发电机是较为重要的部件，决定了风力发电系统的功率和效率，目前以水平轴发电机和垂直轴发电机为主。中国从2002年率先开始了对垂直轴发电机的研究，由于其特性，使风电建筑一体化成为可能。

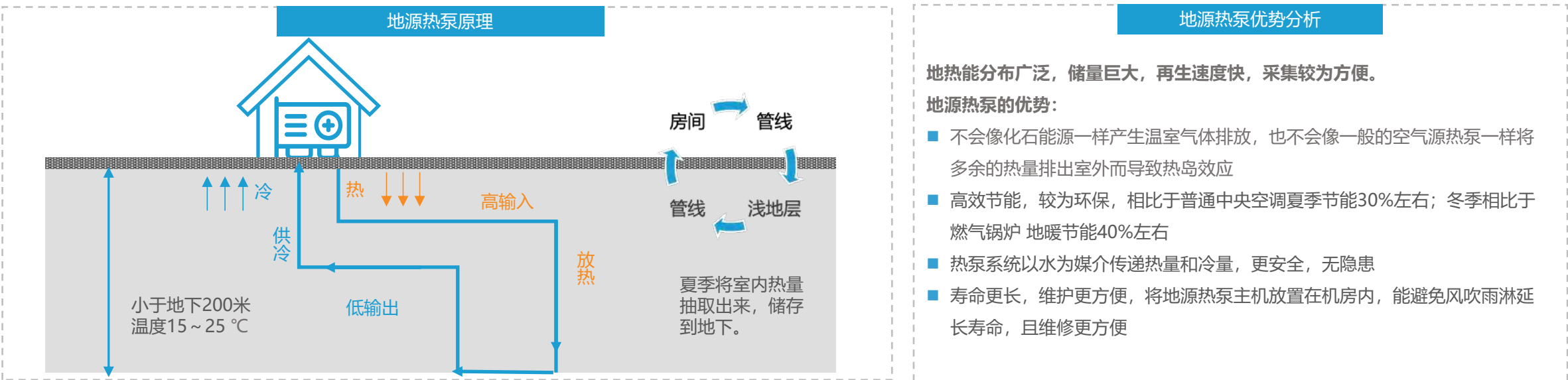


天然地热能可用于供暖和制冷，利用地源热泵技术可减少碳排放

- ◆ 地热能是由地壳抽取的天然热能，来自地球内部的熔岩，以热力形式存在，在建筑物中的主要应用方式为地热供暖。
- ◆ 地热能可分为浅层地热能，水热型地热能和增强型地热能。其中浅层地热能可通过地源热泵技术，为建筑供暖和制冷，而且不产生温室气体，对建筑行业减少碳排放意义重大。中国浅层地热能资源主要分布于东北南部、华北地区以及江淮流域。

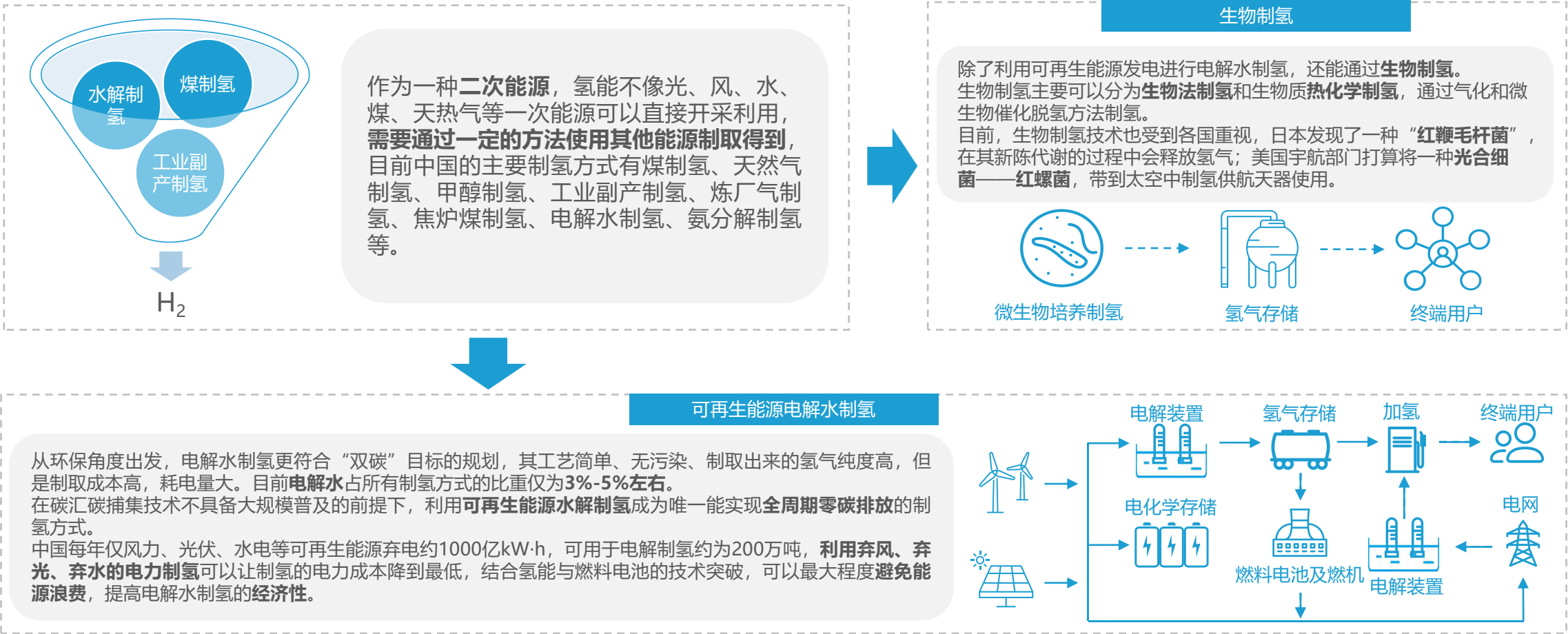
地热能	浅层地热能	地表以下200m深度范围内，蕴藏在地壳浅部岩土体和地下水中，温度低于25℃。包括浅层岩土体，地下水和地表水包含的热水。适合通过热泵技术加以应用，且不产生CO ₂ ，SO ₂ 等温室气体。可应用于城市冬季供暖和夏季制冷。
	水热型地热能	较深的地下水或蒸汽中蕴含的地热资源，埋深地下200至300m深度范围内。按照温度的不同又可被细分为高温地热资源（温度≥150℃），中温地热资源（90℃≤温度<150℃）和低温地热资源（温度<90℃）。
	增强型地热能	温度大于200℃，埋深大于3000m，内部不存在或仅存极少地下流体的高温岩体。其热能赋存于各种变质岩或结晶类岩体中。

- ◆ 地源热泵是地热能直接利用的主要技术。地源热泵是利用地下常温土壤和地下水相对稳定的特性，通过深埋于建筑物周围的管路系统或地下水，采用热泵原理，通过少量的高位电能输入，实现低位热能向高位热能转移与建筑物完成热交换的一种技术。



氢能作为碳中和“终极能源”，商业建筑应用须突破技术壁垒

- ◆ 光能、风能和核能的开发应用已经跨过了探索阶段，除了这几类已经被广泛应用的新能源以外，氢能被称为21世纪的“终极能源”。氢能重量最轻，导热性最好，具有储量丰富、热量高、能量密度大和来源多样的特点，可应用于分布式发电，为家庭住宅、商业建筑等供电供暖。充分发挥氢能的特点将成为中国实现碳达峰、碳中和的重要一环。
- ◆ 当前氢能制备成本高，运输存储技术不成熟，存在一定的安全隐患，还无法像光伏，风电一样与商业建筑很好的结合起来。

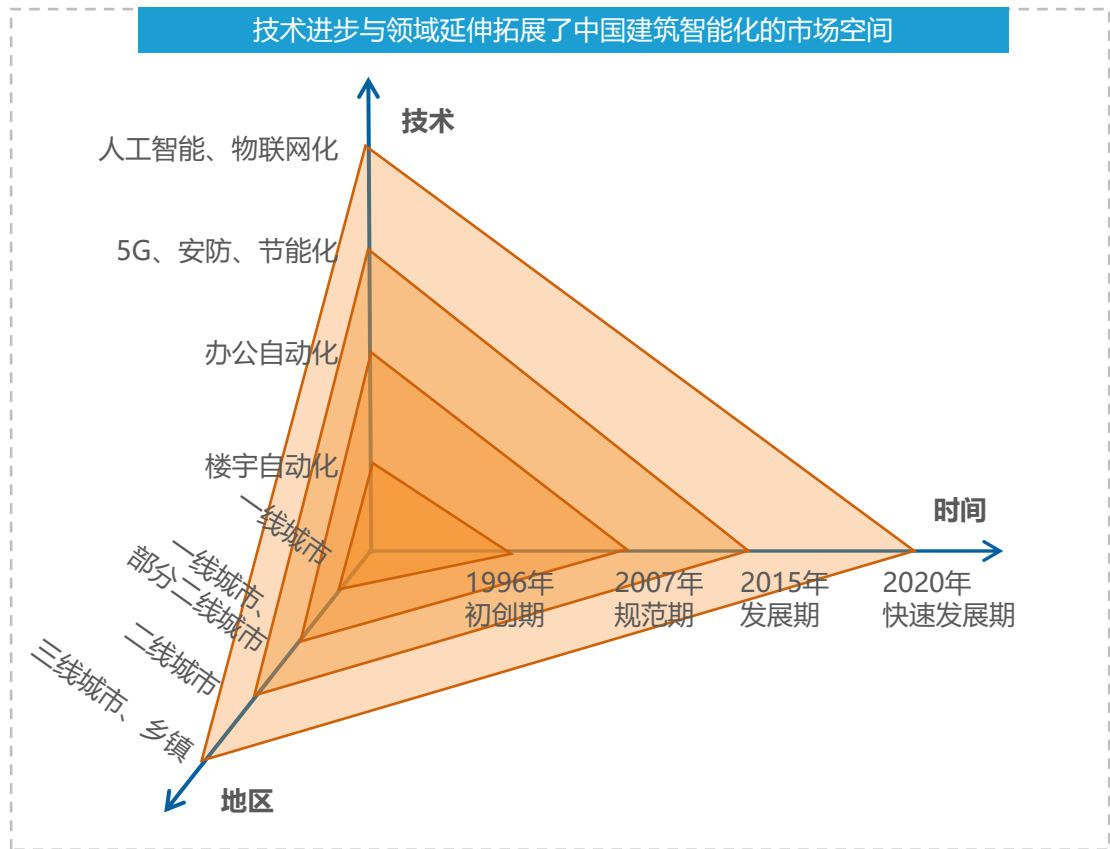
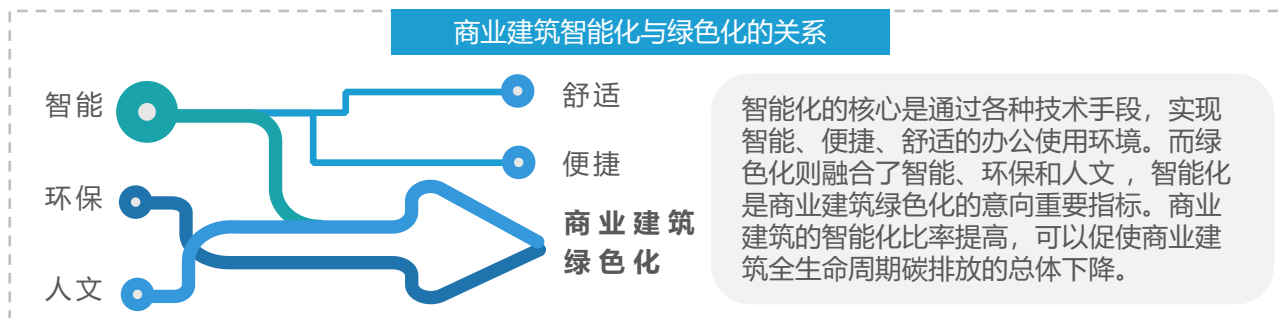
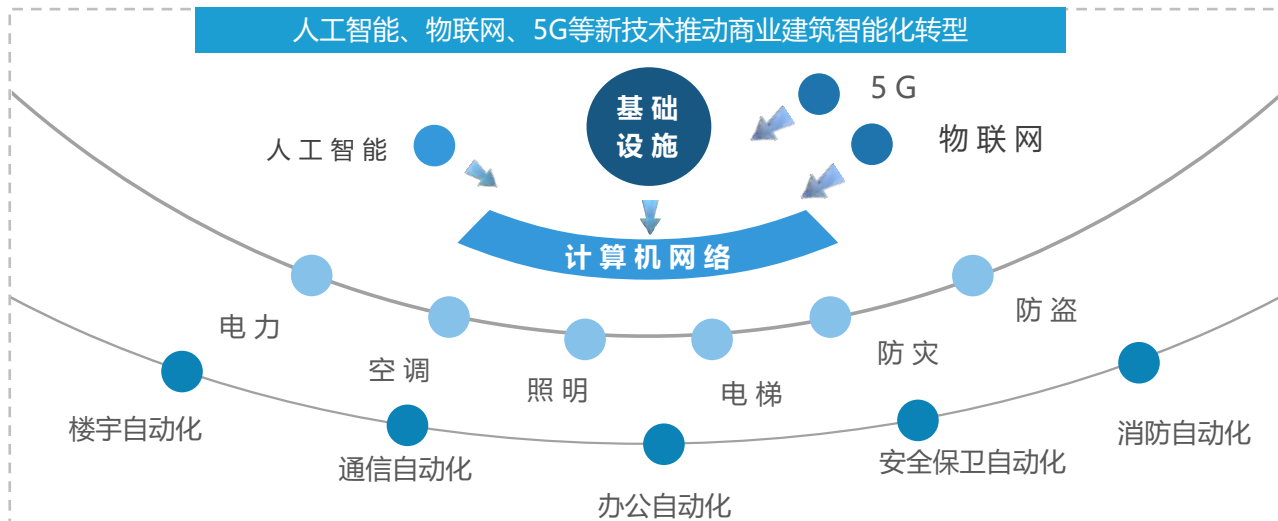




2.4 节能提效

“双碳”目标下，建筑智能化转型升级契合商业建筑能源节约需求

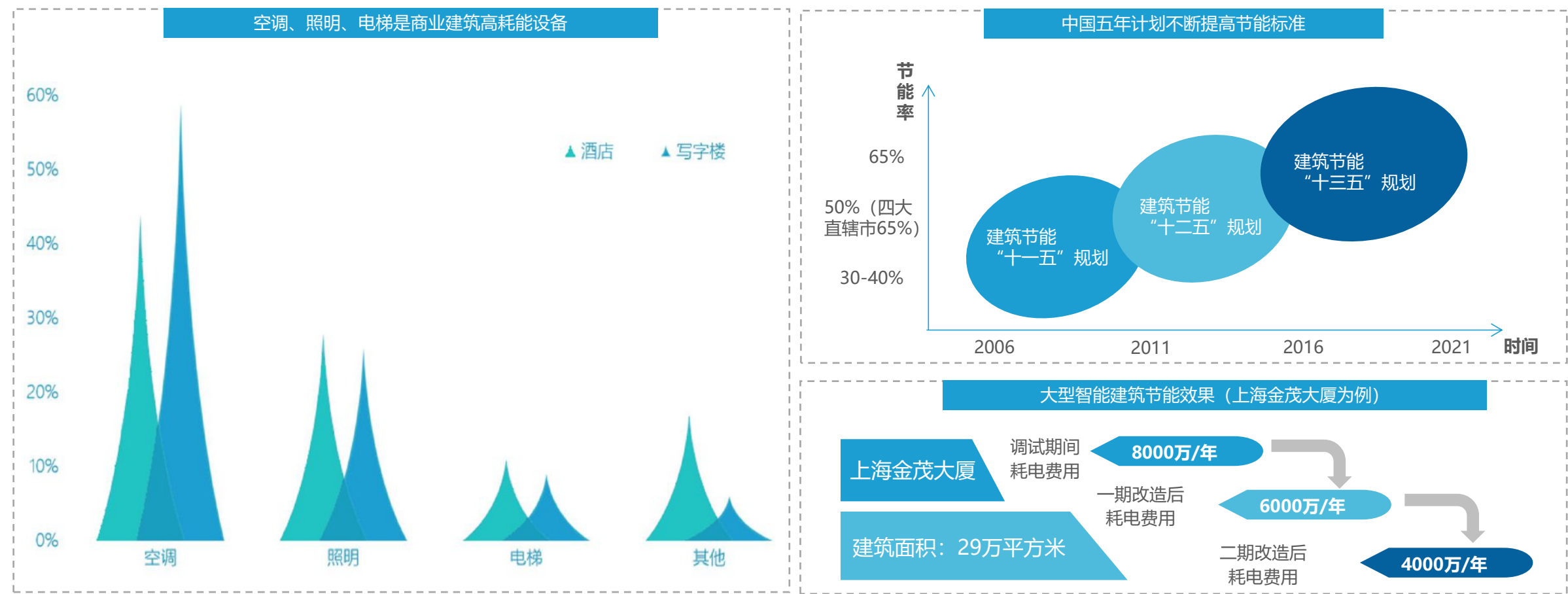
- ◆ **商业建筑存在巨大节能提效空间。**商业建筑节能提效是指在商业建筑全生命周期中，采用物联网等技术手段升级商业建筑管理模式，使商业建筑运行更加**节约电力、热力等能源**。如商业建筑中的酒店、商业综合体和办公楼等均可通过更加智能化的控制实现节能减排，即使未运用被动式建筑或 BIPV 建设的房屋，也可以通过升级运营的方式实现建筑节能。**提效**则是应用云计算、人工智能监测运维过程，提高商业建筑运维单位能效。运维在整个商业建筑生命周期内持续时间最长，占到 80-90% 以上，存在巨大节能提效空间。
- ◆ **在“新基建”的大背景下，人工智能、物联网和5G等先进技术与基础设施深度融合，大力推进我国商业建筑的智能化转型升级。**建筑智能化利用计算机、信息通信等方面的最新技术，帮助商业建筑内的电力、空调、照明、电梯、防灾和防盗等设备协同合作，节省能源以及提升效率，提供楼宇自动化、通信自动化、办公自动化、安全保卫自动化和消防自动化的建筑环境。



中国连续五年战略规划不断提高建筑节能标准，“三高楼宇”的用电量高、碳排放量大的问题需要通过建筑智能化手段解决

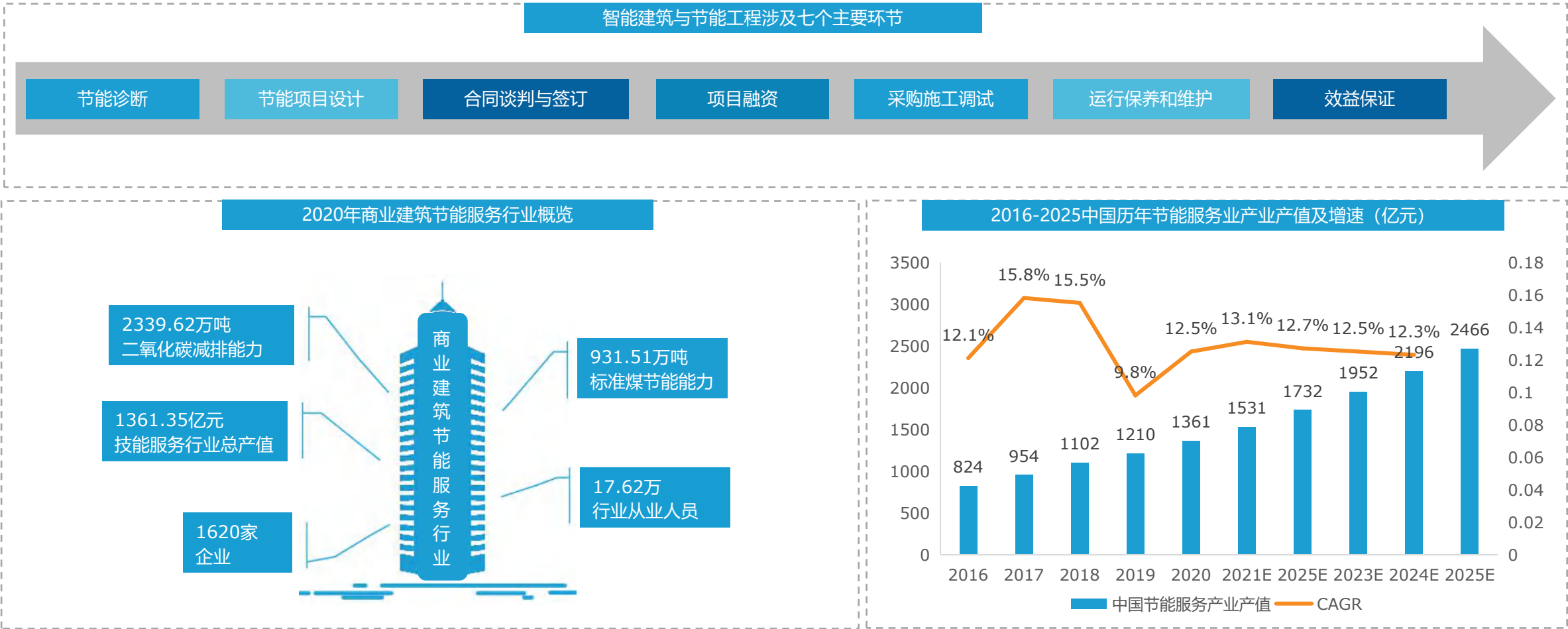
亿欧智库

- ◆ 商业建筑电力消耗总量占全国总消耗的10%，是主要的电力能源消耗端。大部分商业建筑的全年用电量在100万kW·h以上，其中空调用电占全年用电的40%-50%，室内用电占全年用电量的35%-45%，公用电费支出占全年用电量的10-15%。
- ◆ 中国以“三高楼宇”为主，其中空调、照明和信息机房等领域的电力消耗为关键排放源。通过建筑智能化，杜绝无效设备损耗，监测设备用电运行情况，帮助楼宇运营减少碳排放及运营费用。由此可见，商业建筑节能提效势在必行。



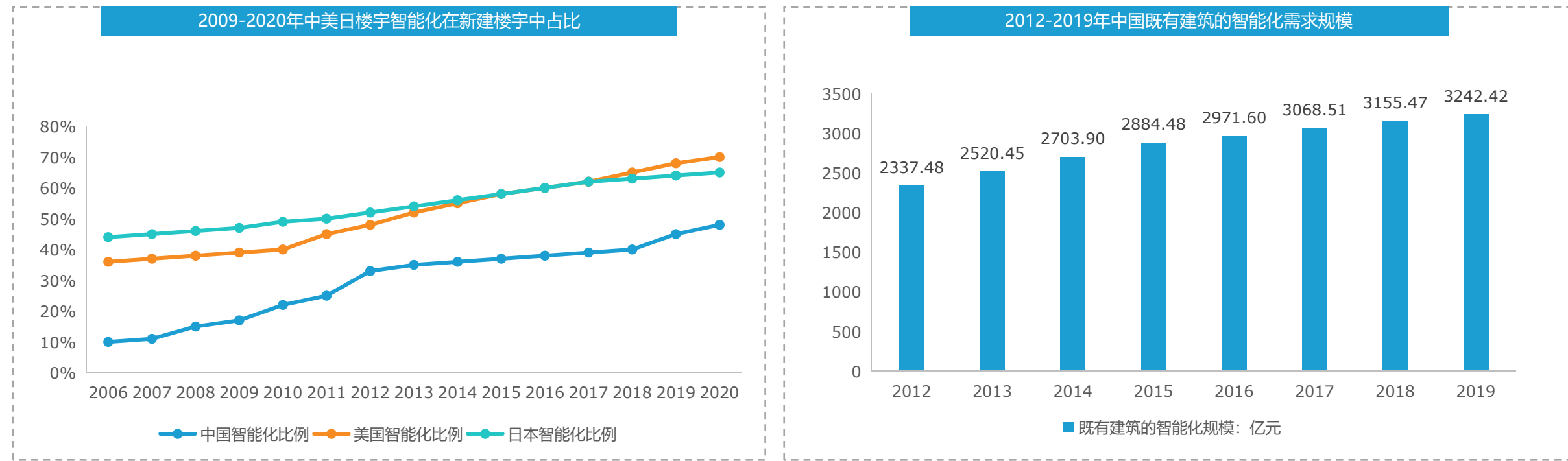
中国建筑节能服务行业蓬勃发展，为商业建筑智能化转型奠定基石

- ◆ **中国商业建筑节能服务2025年市场空间有望达到2500亿元规模。**根据中国节能协会发布的《“十三五”节能服务产业发展报告》，截至2020年中国节能服务业总产值5916亿元，亿欧智库推算其中商业建筑领域项目数量占比约23%，约为1361亿元。在碳中和顶层设计下，节能服务业有望持续发展，预计产业产值在2025年达到2500亿元规模，对应CAGR约为11%。
- ◆ 中国商业建筑节能服务行业蓬勃发展，配套设施逐步完善，为商业建筑智能化节能化转型奠定基础。

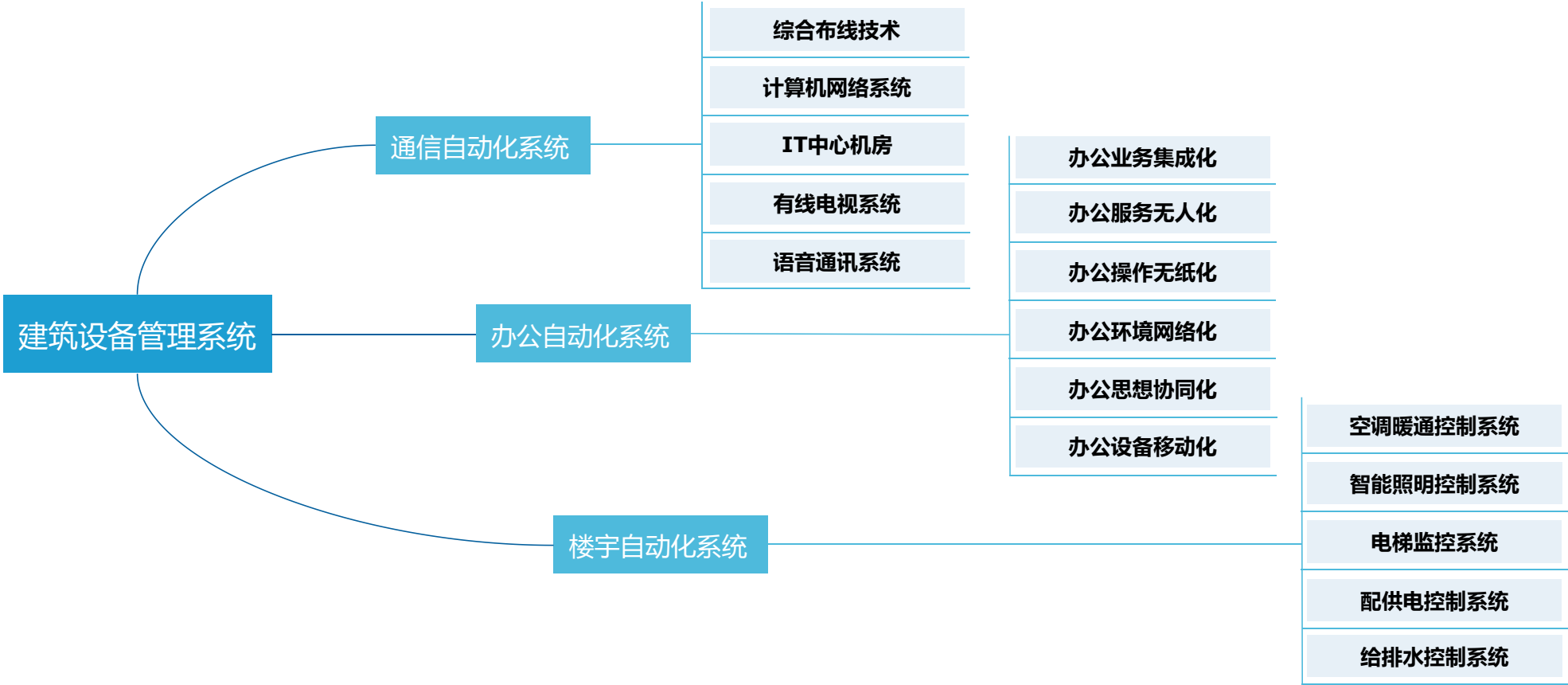


来源：中国节能协会、中国统计局

- ◆ 目前，中国商业建筑智能化市场需求主要分为存量商业建筑改造以及新建楼宇智能化。美国与日本商业建筑智能化占新建商业建筑的比例已经分别超过70%和60%，相较于这两个已经步入商业建筑智能化产业成熟期的国家，中国商业建筑智能化市场起步较晚，现仍处于快速发展阶段。根据亿欧智库测算，2020年商业建筑智能化在新建楼宇中的比例刚超过45%，有望在2030年达到70%。此外在既有建筑的智能化改造中，每年约6%（平均改造周期15年）的商业建筑会进行智能化改造。
- ◆ 存量商业建筑的节能标准逐步提高引导商业建筑智能化转型。在“十四五”规划期间，要求现有商业建筑节能标准不低于65%，商业建筑智能化是建筑节能改造过程中必不可少的一环。



- ◆ **BMS全称建筑设备管理系统（Building Management System）**，是对建筑设备监控系统和公共安全系统等实施综合管理的系统。主要分为CAS通信自动化（Communication Automation System），OAS办公自动化（Office Automation System）和BAS楼宇自动化（Building Automation System）。
- ◆ **BMS可以全面有效提升商业建筑运营能效。**以某办公建筑为例，中央风机装机量130台，每日机器巡检和开关、人工手动运维等会造成大量管理成本和运转成本。通过BMS，管理者在机器启停管理、温度湿度调整管理和应急管理等方面可以实时监控、控制，避免无效能耗。此外，管理者通过长期的运维数据收集测算建立的模型，可应用于新建建筑中。



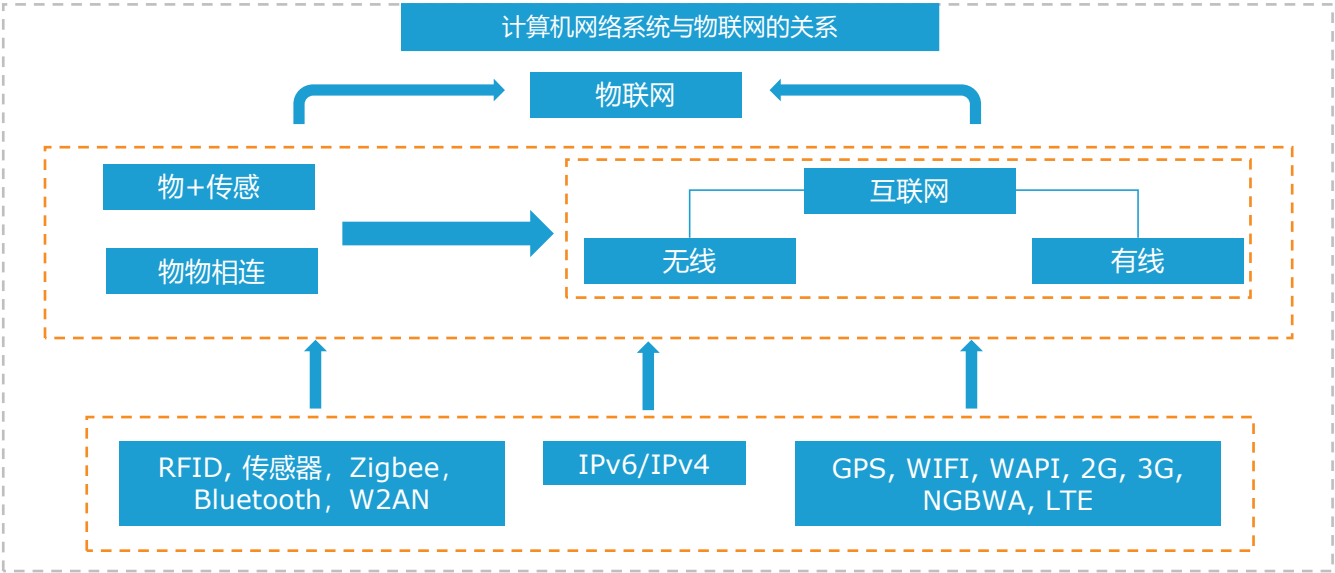
- ◆ 通信自动化系统（CAS）是指在智能建筑内部，以综合布线为基本传输媒介，以计算机网络（主要是局域网技术，包含软件与硬件）为主要通信和控制桥梁来协调各类设备与系统。CAS主要分为五大组成部分，分别为综合布线系统、计算机网络系统、IT中心机房和语音通讯系统与有线电视系统。
- ◆ 综合布线系统是智能建筑必不可少的组成部分，作为建筑物内部的传输网络，它能使建筑物内部的语音、数据通信设备、信息交换设备、建筑物物业管理及建筑物自动化管理系统彼此相连，也能使建筑物内的通信网络设备与外部的通信网络相连，合理有效的线缆布局和网络结构对于节能降耗起到重要作用。
- ◆ 计算机网络系统是智能建筑中主要信息传输系统，它连接建筑中所有计算机形成一个信息处理系统，其结构通常由主干网，各楼层局域网（LAN）和外部网络互联设备组成。



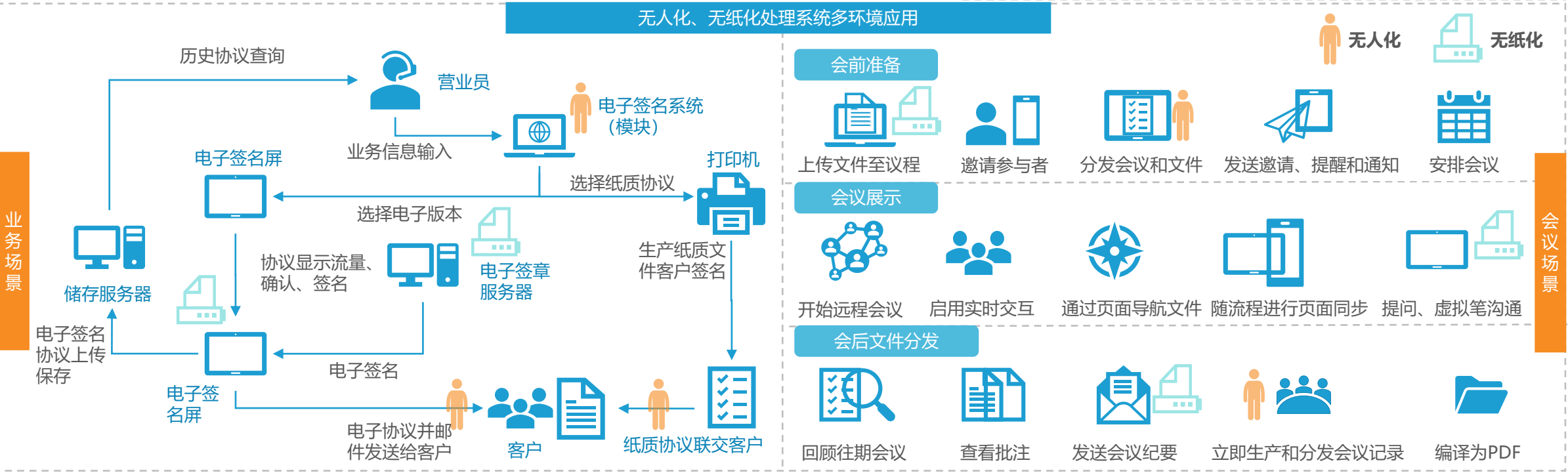
综合布线系统的节能性

通过综合布线基础设施与能源管理软件的结合，可以让IT和基建人员了解、优化并控制整个企业基础设施的电力，对电力设备进行智能电力管控。智能化综合布线与能源管理可共同优化能耗。

- ◆ 可降低智能建筑运行费用，一般用建设投资的3%~5%即可建成综合布线系统，在建筑物运行期内大大降低达到同样功能的扩建所需的费用。
- ◆ 综合布线系统为与外界广域网、公用电话网、广播电视网等通过各自的接入技术相连，构成对外部开放的通信系统和远距离控制系统，降低了传输障碍。
- ◆ 综合布线系统可满足智能建筑信息传输网络的中远期需要，尤其是水平子系统，采用适当超前的线缆或吹光纤技术可以为未来的扩展奠定基础，在建筑物运行期内可取得一劳永逸的效果。

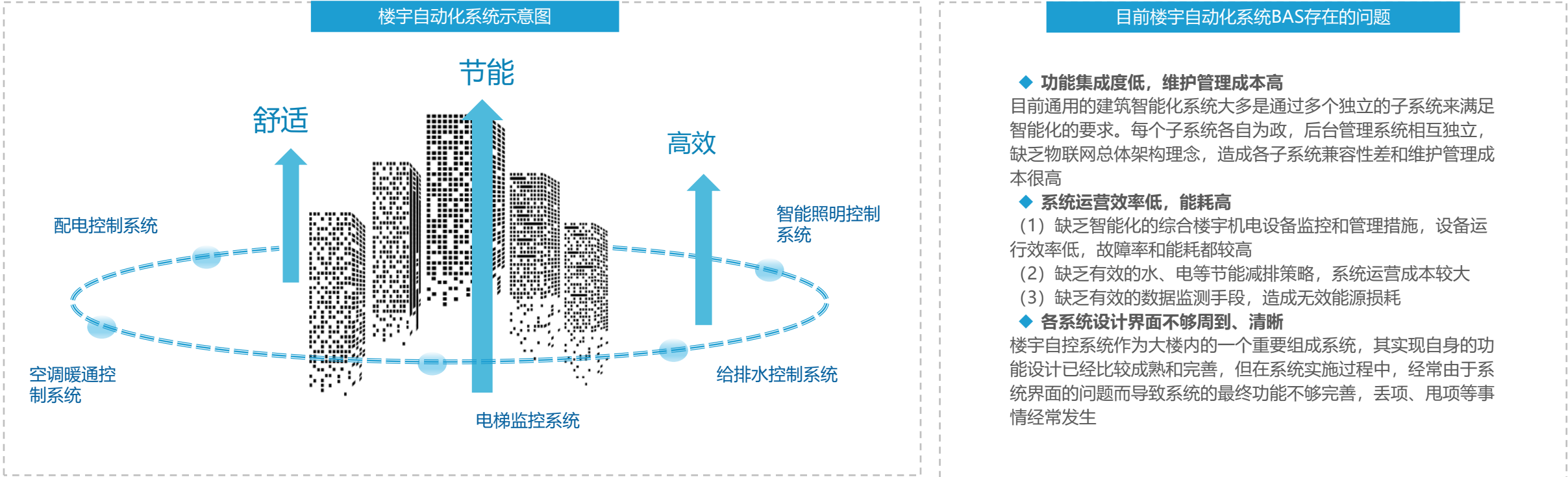


- ◆ **办公自动化系统（OAS）**是将计算机网络与现代化办公结合的一种**高效、环保的智能化系统**。办公自动化系统采用应用计算机技术、通信技术、行为科学和多媒体技术等先进技术帮助商业建筑实现办公无人化、无纸化、协同化。
- ◆ 在全球落实“碳中和”的背景下，办公自动系统成为现代企业发展的必然需求。低碳商业建筑贯彻国家“碳达峰、碳中和”行动方案，秉承节能减排、低碳环保的发展理念，将办公自动化系统与建筑内企业进行深度融合，打造智能、环保、高效的无纸化会议系统。
- ◆ 办公自动化系统将业务跟会议智能化，节省人力与纸张为企业减少碳排放。

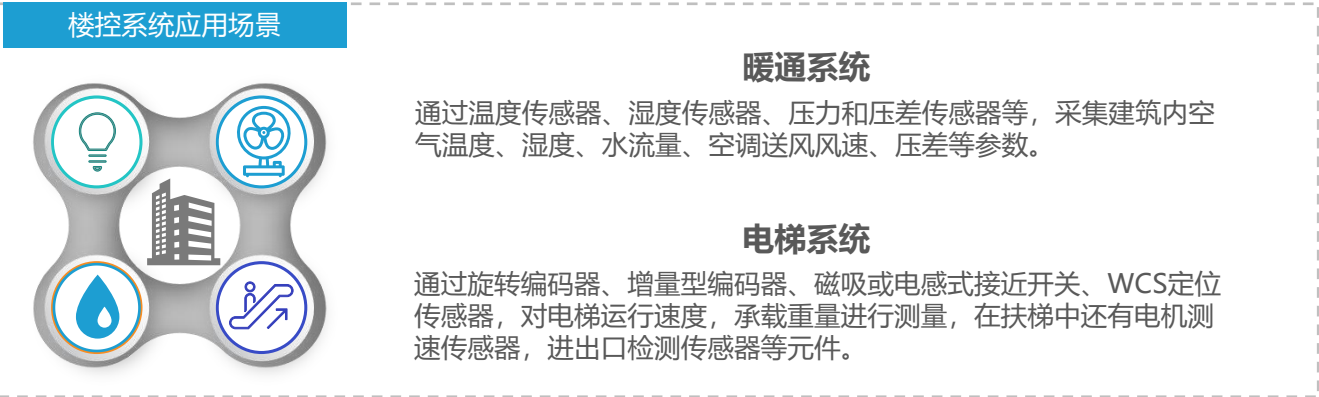


楼宇自动化五大系统齐头并进，打造商业建筑节能、舒适环境，提高管理效率

- ◆ 楼宇自动化系统（BAS）分为空调暖通控制系统、配电控制系统、电梯监控系统、给排水控制系统和智能照明控制系统五大系统。本系统建设的三大目标为：节能，舒适以及高效。
- ◆ 楼宇自控系统，之前所指仅仅是建筑物内暖通空调设备的自动化控制系统，近年来已涵盖了建筑中的所有可控的机电设备，并成为“智能建筑”不可缺的基本环节。
- ◆ 楼宇自控系统经历了从无到有，从低级到高级这一过程，实际上就是一个工业自动化控制系统发展的缩影。随着信息技术、网络技术、计算机技术、通信技术、显示技术、半导体集成技术、控制技术、表面安装技术及其他高新科学技术的进步，楼宇自控系统也将得到长足的发展。



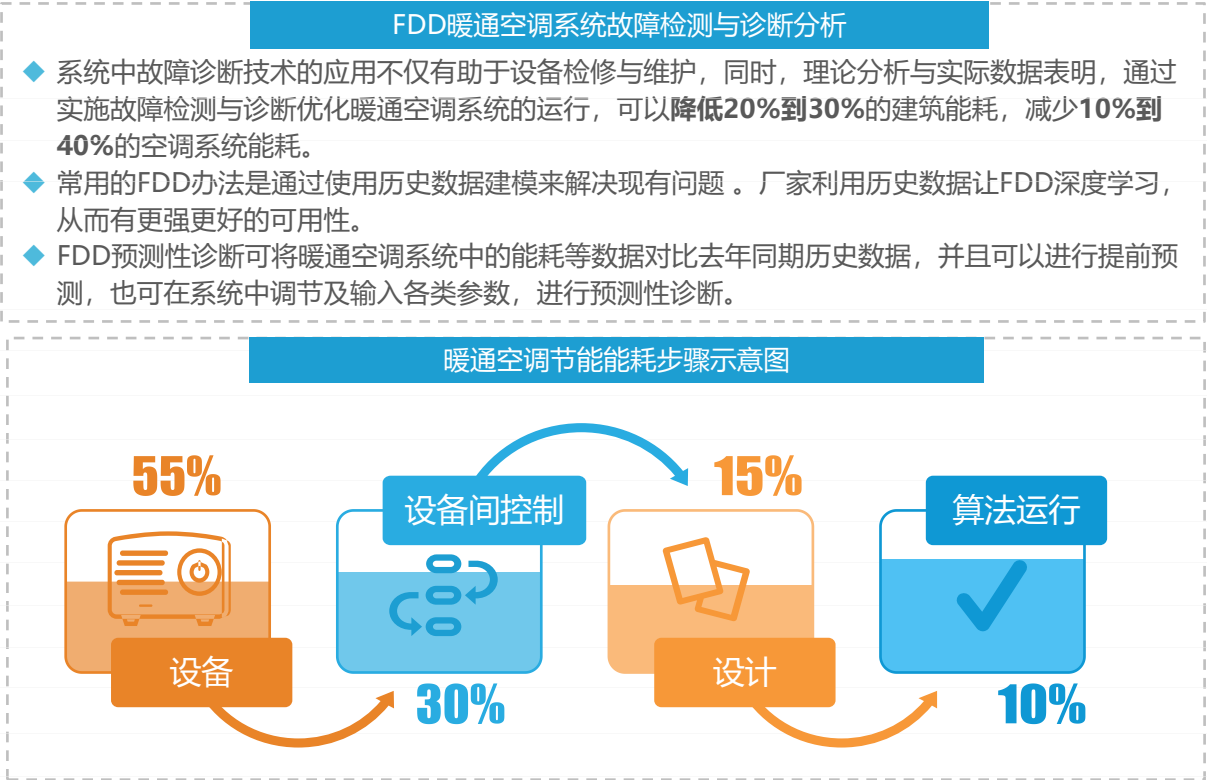
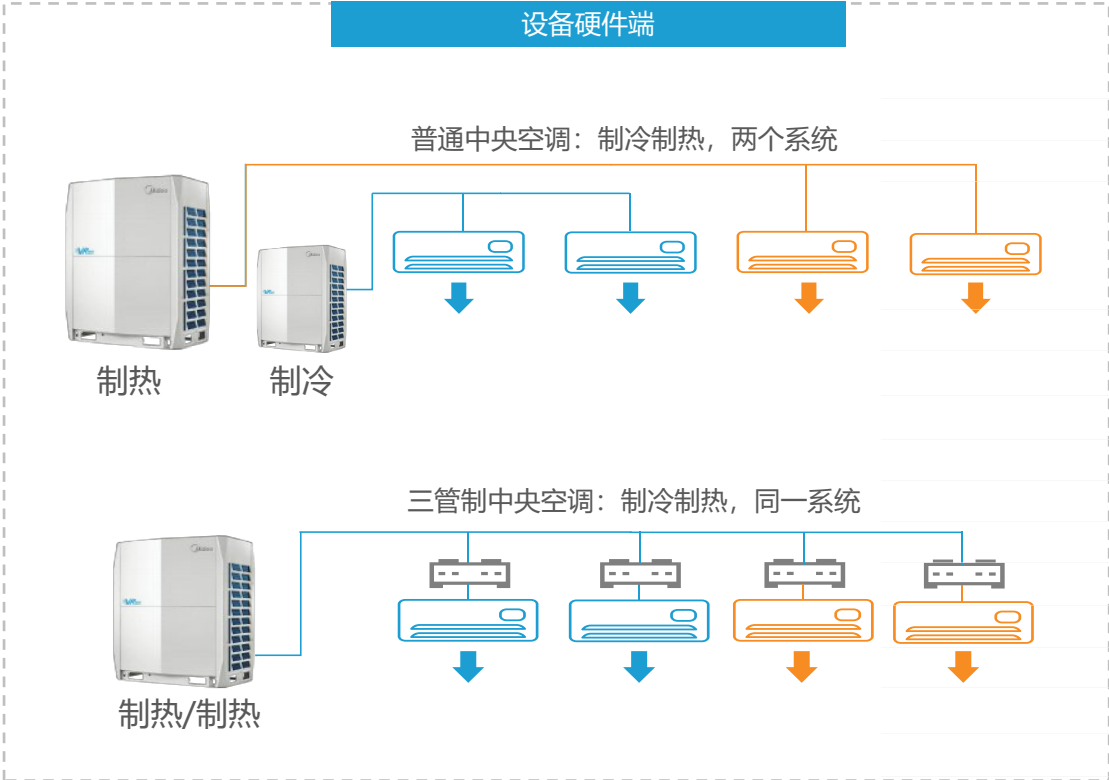
◆ 电子传感器在商业建筑搭建智能管理系统的过程中具有举足轻重的地位，其设计及应用方式决定了建筑智能化的高度。信息网络、物联网、云管理和云计算等先进技术与建筑结合已成必然趋势。具备通信和嵌入式计算技术的智能传感器组成的网络能够实时监测、感知和采集区域内的环境或目标对象的信息并进行数据处理，在建筑运维阶段可以为空调暖通、照明、给排水和电梯等楼控系统提供新的解决方案。



◆ DDC（直接数字控制器）是由PLC（可编程控制器）发展而来，应用主要针对楼控市场，所以中国市场容量不大；PLC是通用的工控产品，随着设备成本逐步下降，PLC在楼控系统中的应用迅速增加。

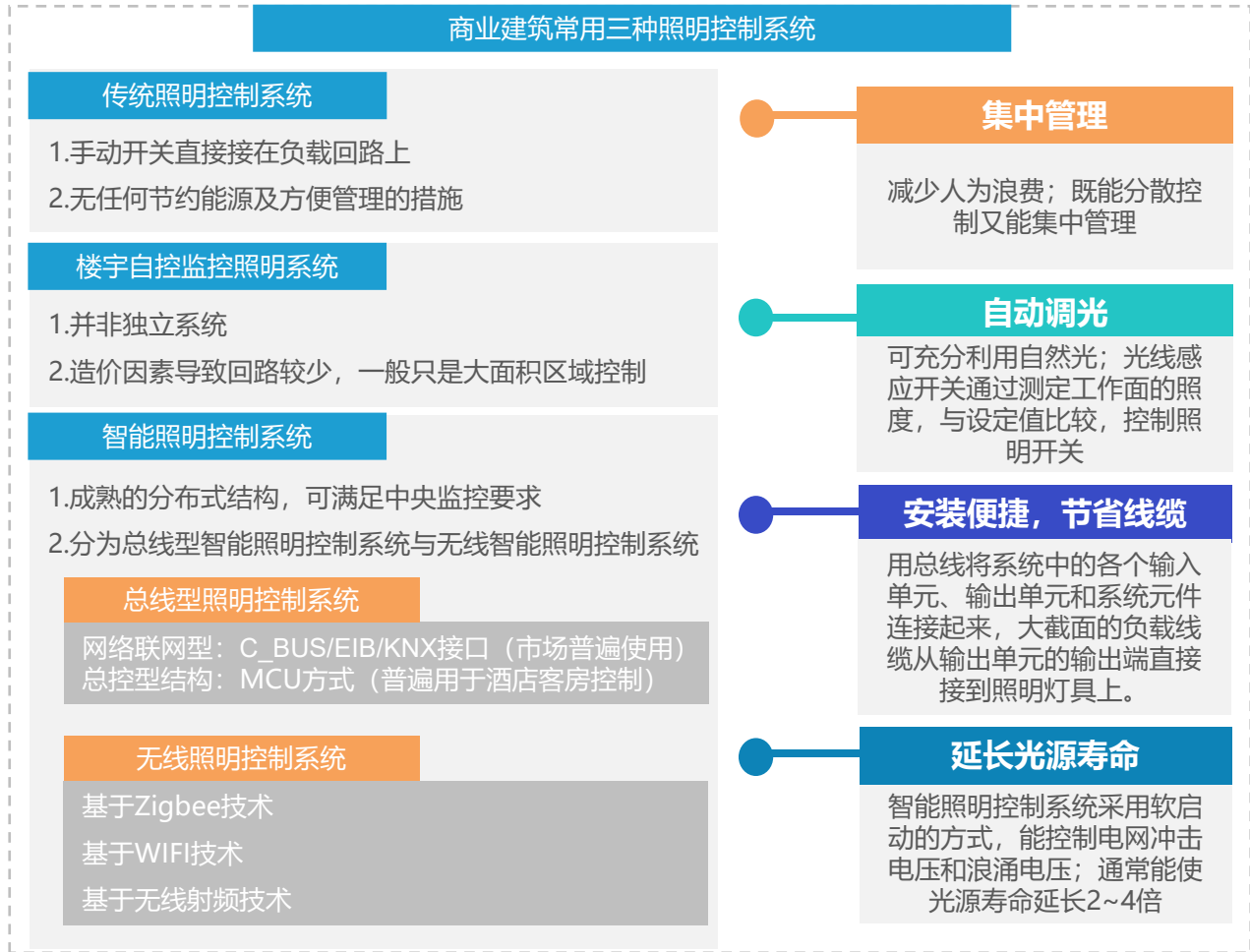
	DDC	PLC
工作原理	控制器利用数字电子计算机实现其功能要求；“直接”说明该装置在被控设备的附近，无需再通过其他装置即可实现控制器对被控设备的测控功能。	采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。
应用领域	楼宇自控DDC是生产厂家根据楼宇自控特点从PLC发展而来的，只针对楼控这一个细分市场，与PLC的区别其实只是在其内部固化了一部分程序。	PLC是专门应用在工业自动化方面的，在国内几乎全部的工业生产流水线控制系统，目前也有相当一部分楼控系统中应用了PLC。
应用场景	商用大楼，宾馆酒店，小区，写字楼应用较多。	大型厂房，例如医药厂房等应用较多。
协议差别	DDC系统支持多种协议标准，集成接口丰富，集成第三方设备的能力很强，系统自身的扩展性与开放性更好。	PLC一般为个体工作，其在与别的PLC或上位机进行通讯时，所采用的网络形式基本都是单网结构，网络协议是专有的现场总线标准，与第三方设备的集成能力相对较差。
专业性	DDC固化专业版软件，有标准应用程序和经过严格实验的PID算法及能源管理程序等特殊的功能，DDC通常有：峰值负载控制、优化启停控制、优化设备调度等功能。	通用的工控产品，没有内置经过严格实验的能源管理及节能程序；需要非常专业的设计人员做大量的现场调试工作，调试周期长。
成本价格	DDC普遍价格较高，主要原因是其中软件费用太高。	成本相对较低，其中PLC的设备成本正在逐步下降。

- ◆ 暖通空调或中央空调系统最高占据商业建筑物能耗**60%**左右。根据发改委、工信部等七部委发布的《绿色高效制冷行动方案》，到2030年，大型商业建筑制冷能效提升30%，制冷总体能效水平提升25%以上，绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上，实现年节电4000亿千瓦时左右。目前，空调设备端节能潜力最大。当节能减排空间减少时，节能步骤由设备硬件端向设计，算法等软件端过渡。
- ◆ 在硬件端，企业都向三管制中央空调转型。三管制热回收多联机可实现20%以上的节能效果。三管制指与普通空调相比，在原先一条气管一条液管的基础上，再增加一条气管。三管制热回收中央空调可以减少使用设备数量，降低运行费用，最大可降低50%运行费用。
- ◆ 在软件端，暖通空调系统故障诊断（FDD）可以支持设备检测与维护，优化空调系统运行，达到节能低碳的效果。FDD呈现对象多元化、方法智能化和应用价值化的发展趋势。

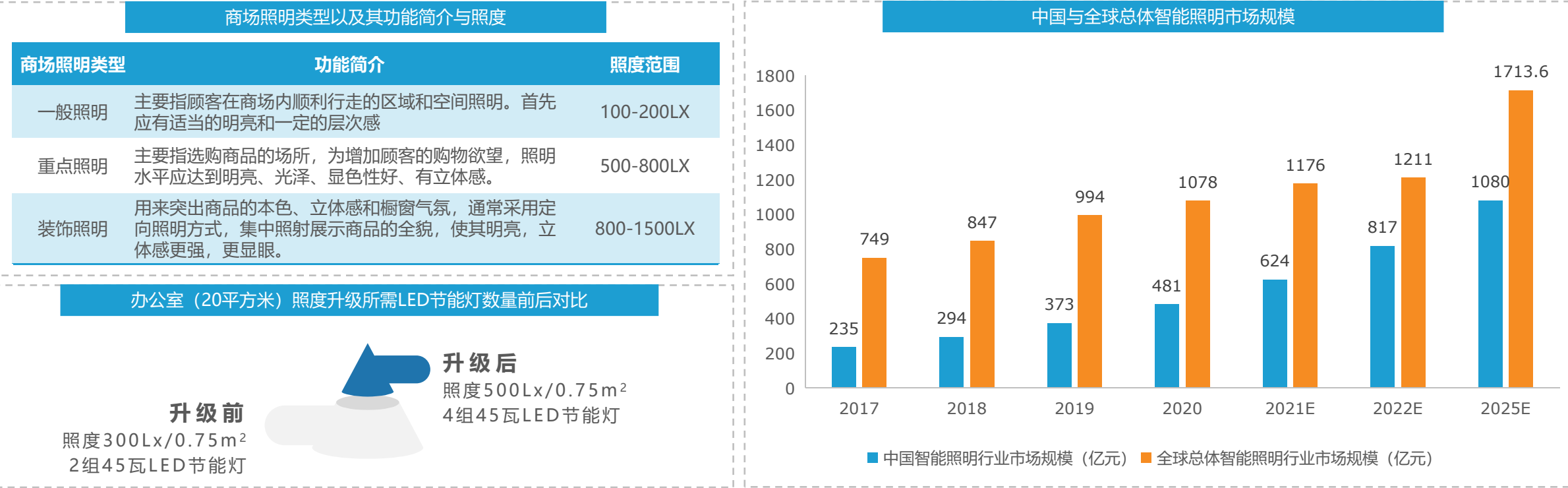


来源：公开资料、美的暖通专家访谈整理

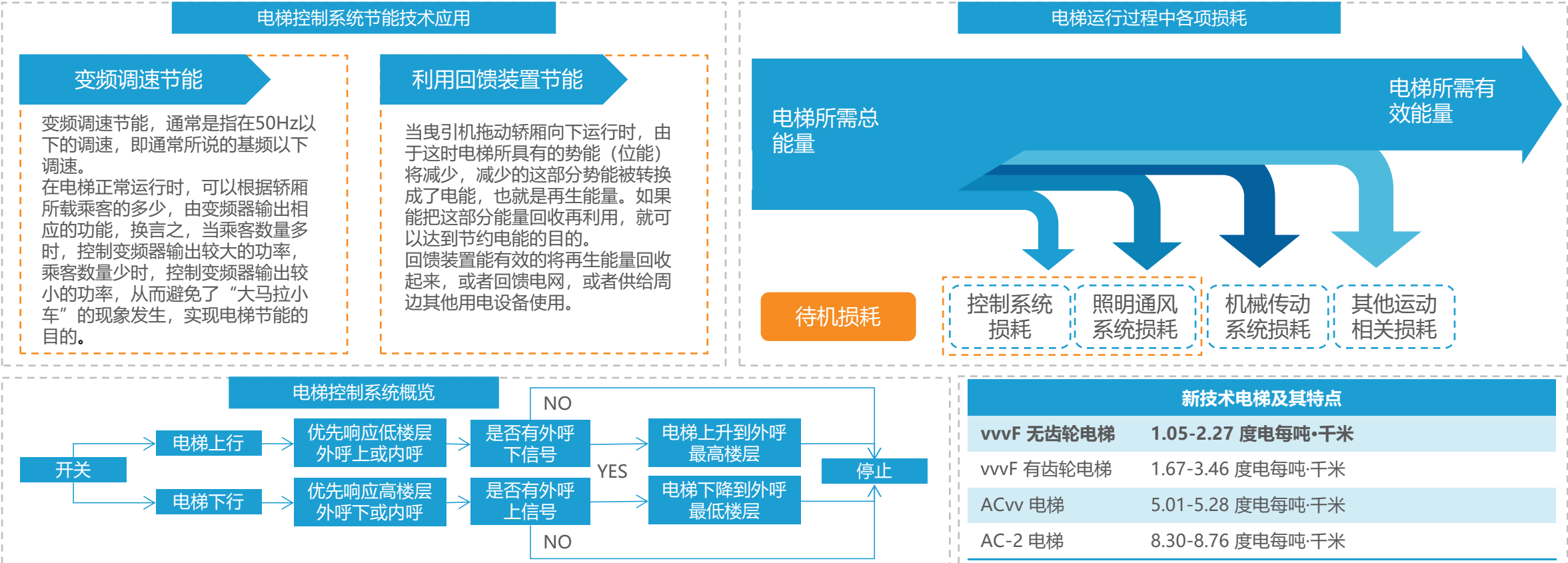
- ◆ 以太网供电（Power Over Ethernet）是指在以太网的网线内同时传输数据和电力，为一些基于IP的终端传输数据信号的同时，为其提供直流供电的技术。现在，这种使用计算机网络技术供电的替代方法可适应90瓦（W） / 57伏（V）的电压，轻松为照明设备和照明系统、鼓风机、风扇和灯罩等供电。以中国建筑科学研究院照明系统为例，不但节省了50%的布线费用，而且使建筑照明能耗降低了75%。
- ◆ 智能照明控制系统节电率可达20%-40%。实现照明自动化，综合管控以及基于大数据分析的能耗监控，调配等智能化管理。



- ◆ 照明企业迈向定制智能照明方案解决商，产品智能化升级是重要一环。智能照明产品主要是智能照明系统，占整体销售市场份额的90%，灯具和相关配件占比为10%。
- ◆ **照明的发展使人类生产生活更加便捷，同时也带来了高能耗。**虽然节能率逐年提升，但相较于之前的能耗，照明系统的能耗总体呈现增长状态，来源于对更亮的光源，更多的传感器以及更多照明的需求。所以智能照明系统是在确保满足商业建筑对照明的需求之上，利用能耗监测、大数据运维进行节能。
- ◆ 参照日本照明设计手册，商场照明主要由一般照明，重点照明和装饰三部分构成。这些带有功能性的高能耗照明对商家是必要的，在照度上来讲本不节能。
- ◆ 中国现有大多数商业办公区照明由300Lx升为500Lx，虽然单位能耗较之前有所减少，但相同面积总能耗却呈上升趋势。



- ◆ 商业建筑电梯能耗高，主要是由于商业建筑人流不稳定，电梯经常空载。据有关数据统计，到2021年年末，中国电梯总耗电量达到500亿kW·h以上，耗电量大。电梯控制系统从最初的直流控制到当今的永磁同步无齿轮控制，电梯技术的每一步发展都是节省能量损耗所驱动的。其中节能效果突出的两个技术应用分别为变频调速节能与利用回馈装置节能。
- ◆ 垂直电梯的主要能耗主要有：电梯有效能量、控制系统损耗、照明通风系统损耗、机械传动系统损耗和其他运动相关损耗。其中控制系统损耗、照明通风系统损耗在待机状态也是存在的。
- ◆ 根据中国特检协会《电梯能效评价指标与监测方法研究》表明，完成相等的运送量，vvvF变频器的电梯具有明显优势。



电梯运行过程中各项损耗

电梯所需总能量

电梯所需有效能量

待机损耗

控制系统损耗

照明通风系统损耗

机械传动系统损耗

其他运动相关损耗

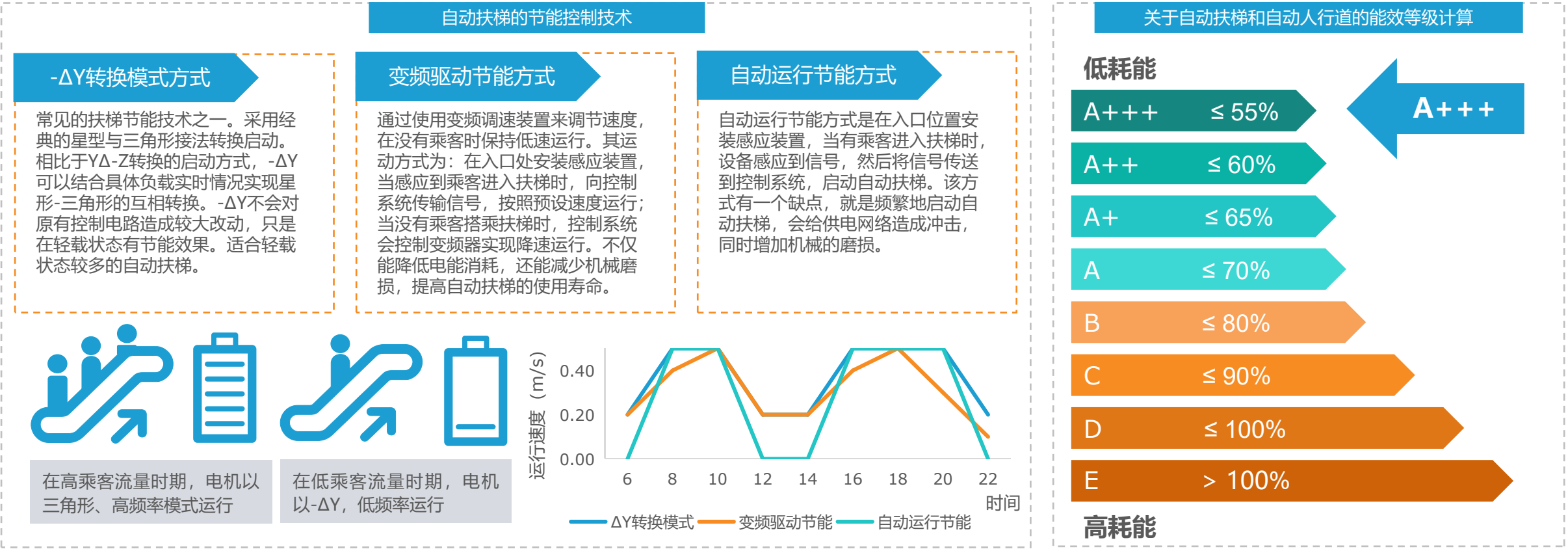
电梯控制系统概览

```
graph LR
    S[开关] --> U[电梯上行]
    S --> D[电梯下行]
    U --> U1[优先响应低楼层外呼上或内呼]
    D --> D1[优先响应高楼层外呼下或内呼]
    U1 --> U2{是否有外呼下信号}
    D1 --> D2{是否有外呼上信号}
    U2 -- YES --> U3[电梯上升到外呼最高楼层]
    U2 -- NO --> S1[停止]
    D2 -- YES --> D3[电梯下降到外呼最低楼层]
    D2 -- NO --> S1
```

新技术电梯及其特点

新技术电梯及其特点	
vvvF 无齿轮电梯	1.05-2.27 度电每吨·千米
vvvF 有齿轮电梯	1.67-3.46 度电每吨·千米
ACvv 电梯	5.01-5.28 度电每吨·千米
AC-2 电梯	8.30-8.76 度电每吨·千米

- ◆ 扶梯多用在商业建筑中，且在运行时耗电量极大。目前，中国自动扶梯的用量已经超过6万台，并且每年正在以10%的速度不断增长。其中，非节能扶梯占95%以上。若一台扶梯的功率为5.5kW，日运行时长12小时，它的年耗电将达到24090kW·h。
- ◆ 中国每年仅扶梯一项就会消耗电能约1.3x10⁹ kW·h，平均到每台扶梯约有10%到40%不等的间断性空载现象，意味着中国每年将有2x10⁸到5x10⁸ kW·h的电能浪费在扶梯上。
- ◆ 电梯的电机应选择符合国际标准委员会发布的ISO-25745-1/3标准进行计量的A+++能效等级。



- ◆ 在双碳目标下，能源结构朝着绿色、安全、高效和智能的方向发展。**可再生能源**相比传统能源，较为**不可控**，发电量**不稳定**，这要求供配电系统在**可再生能源利用效率**、**电气化提升率**等方面并行发展，保证系统运行**高效稳定性**的同时，实现**低碳减排**。
- ◆ 建筑供配电系统包括从电源进户到用电设备输入端的整个电路，主要功能是完成建筑内接受电能、变换电压、分配电能和输送电能的任务。
- ◆ **商业建筑**集办公、娱乐和商业等功能于一身，其**建筑结构复杂**，**用电量**大，因此优化建筑内供配电设计及控制对电力的**安全性**、**可靠性**、**优质性**、**经济性**及**节能性**都有重大意义。针对商业建筑的场景，供配电系统的设计及控制需要特别注意电网的极值负荷。

供配电平台结构图

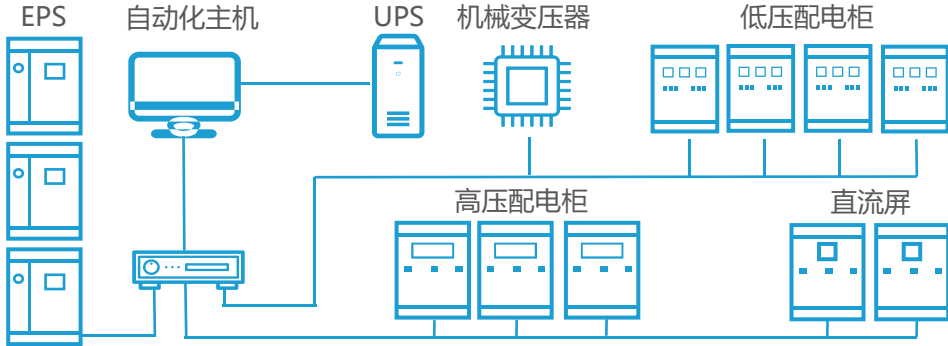
供配电自动化网络平台由高压配电柜、低压配电柜、直流屏、EPS等多个设备构成。在自动化主机的控制下，对下级供配电原件进行**节能调试**。

低压配电设计中，应当注意照明配电和动力配电线路分离，冷冻机组由单独变压器供电，减少对照明供电的影响。对重负荷或大容量用电设备，最好采用放射式供电；对小容量设备应分组按类别供电。

高压供电设计中，应取得两路10kV电源供电，高压电源的进线方式、保护方式、计量方式及对土建的要求应符合当地供电局规定。

UPS：不间断电源是将蓄电池（多为铅酸免维护蓄电池）与主机相连接，通过主机逆变器等模块电路将直流电转换成市电的系统设备。

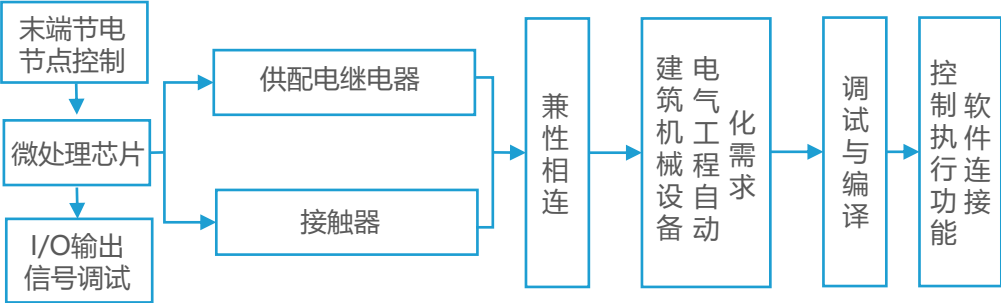
EPS：应急电源，是当今重要建筑物中，为了应急照明、事故照明、消防设施而采用的一种应急电源。



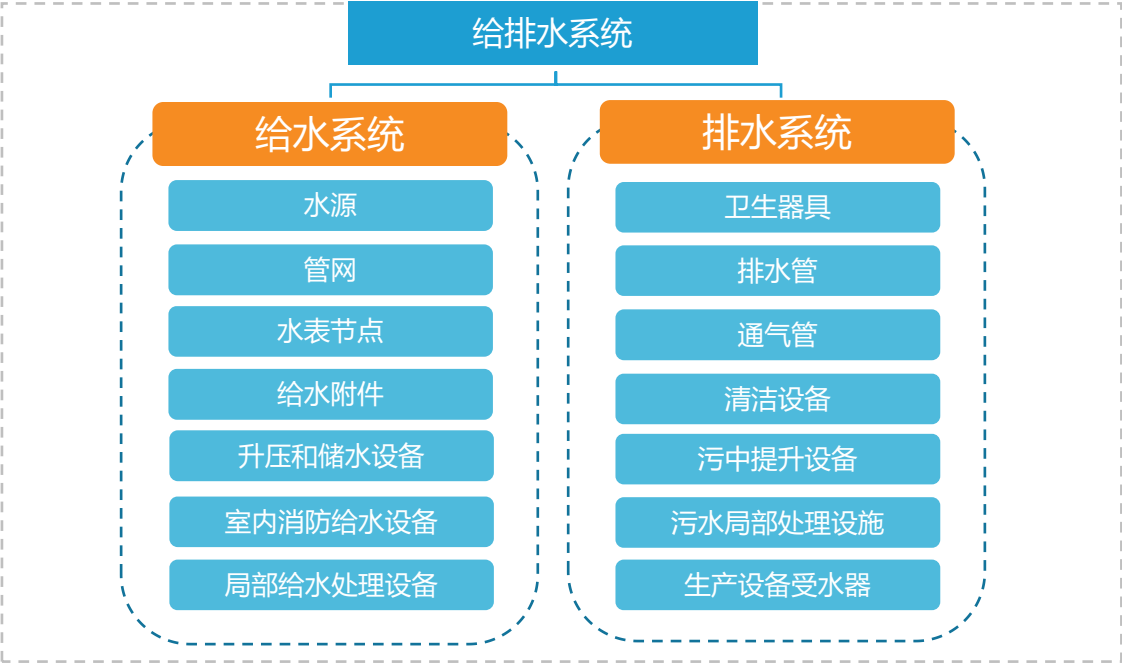
控制执行功能软件连接流程图

建筑机械设备电气工程自动化可对供配电节能设备的末端节电进行直接控制，且能够通过微处理器芯片，实现对I/O输出信号的调试。

通过**楼宇智能管理平台赋能**，可实现对整个商业建筑的弱电系统进行统一“**云管理**”，同时具备建筑内照明设备、特殊用电设备、分散式空调、办公设备等**多项自动化调适能力**。比起传统BAS封闭系统的管控，“云管理”将数据上传到网络服务器实现**远程管理**，**更有效更节能**。



- ◆ **商业建筑用水量是建筑能耗的重要组成部分**，面对水资源日益紧张的局面，商业建筑对给排水系统升级，实现**节能减排、能源再利用**，具有重大意义。
- ◆ **给排水系统主要分为给水系统和排水系统**。给水系统指通过管道及辅助设备，将水运输到用水点的网络，按用户需求可分为生活给水系统，生产给水系统，消防给水系统和联合给水系统；排水系统指通过管道及辅助设备，将**屋面雨雪水**，生活和生产产生的**污水、废水**及时排放出去的网络。由不同组件组成的两大系统结合，实现商业建筑水利用、排放、循环，在保证给用户**提供优质水资源**的同时，**实现节能提效**。
- ◆ **商业建筑**包含办公楼、商场、酒店和商业综合体等大型公共建筑，**规模大，内部结构复杂，用水集中，用水量大**，设计合理的给排水系统需要兼顾初期铺设成本、后期维护成本以及管理运行高效性。



商业建筑给排水节能措施

目前商业建筑要实现给排水节能仍然存在一些问题，主要有**不恰当的设备选择、供热供冷问题、不合理的水资源利用、器具的配备和设计不合理**。商业建筑普遍楼层较高，水泵作为给水系统中高能耗设备，对选择的**器具变频调节**的功能会有更高的要求。**冷热水供应**也是给排水系统能耗中的重点，传统冷热水供给共存于一条管道内，用户使用不同温度的水时，不可避免的会造成浪费，**优化冷热水循环系统**对实现节能减排有重要作用。通过**优化结构设计，准确的用水量计量监控，智能管控及高新节水技术应用**，可以推进商业建筑早日实现“双碳”目标。



水资源智能管控系统：部署传感器网络检测排水量、水质，进行预测、控制，对水资源进行按需分配，按质分配。



合理管道铺设：对整个大型商业建筑进行深入研究分析，在满足用户个性化需求的前提下，尽可能减少管道间的距离，不仅提高建筑面积利用率，而且节省资源。



雨水利用：收集屋面及阳台的雨水，经过集成式雨水处理设备处理后，加压采用变频系统，提供建筑用水。最新的**生态陶瓷透水砖**，可以大量吸存和净化雨水。

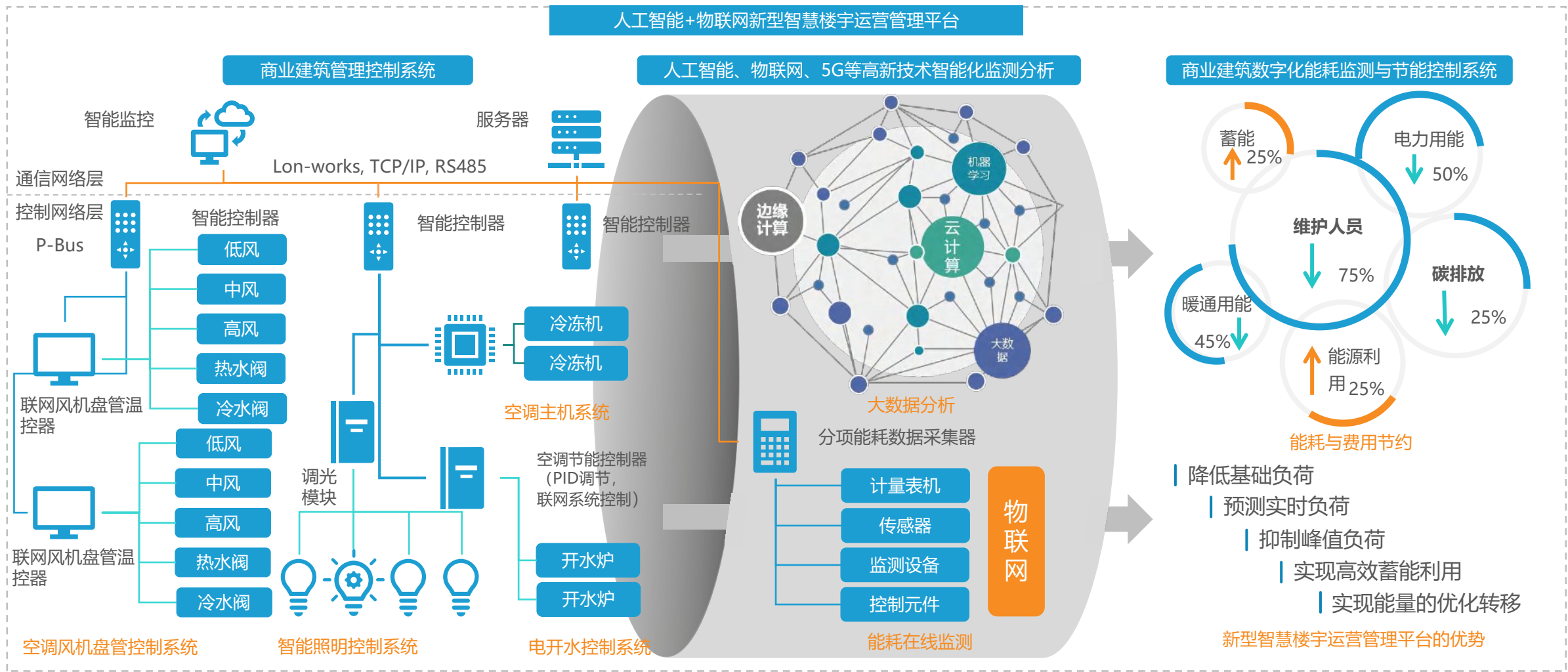


更换智能节水设备：筛选优秀节能泵、增压器、循环器、控制装置，保证利用最低的能耗提供高质量的水资源。



水资源二次利用：在排水系统安装检测设备，对流动的污水进行分类再净化，对不同质量的水实现“优质优用，低质低用”。

◆ **人工智能、物联网和5G等技术的应用，为智能商业建筑的节能运行和碳中和提供了一种新的技术路径。**通过物联网传感器和终端设备可以实时采集建筑物内的温湿度，人员分布，热源分布和能耗分布，可以准确的分析建筑空间内的负荷需求，及时发现运维管理的弱项和盲区，通过空间模型的数据分析，实现能耗的精细化管理。





2.5 负碳技术

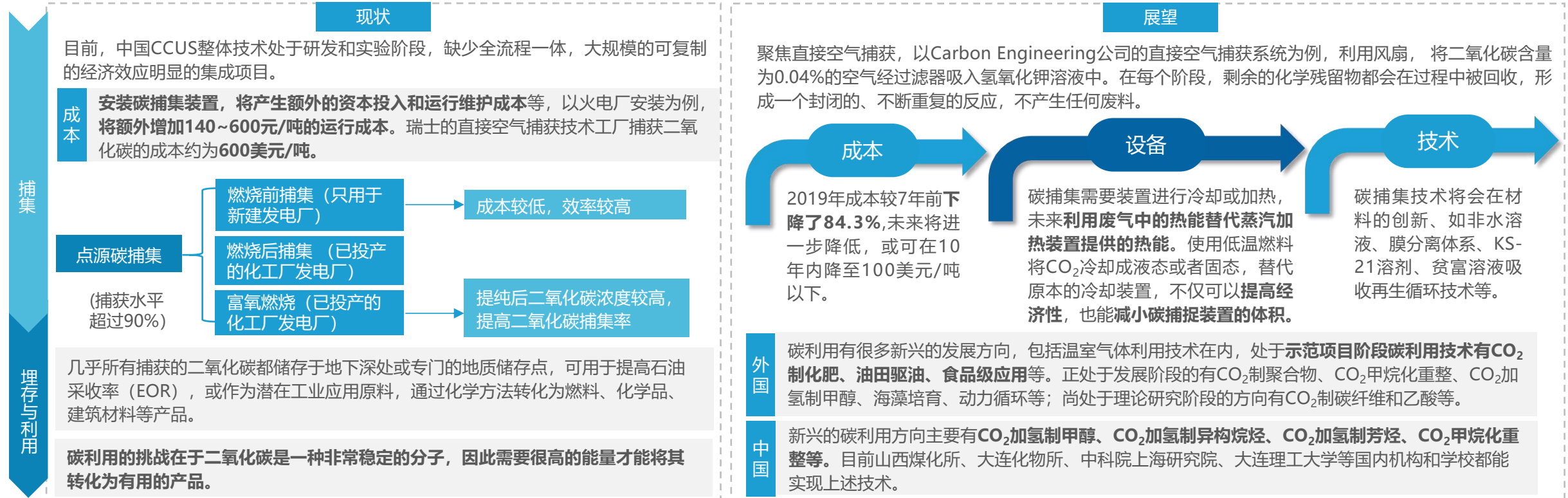
中国碳捕集技术多为捕集-利用模式，技术应用有望全产业链延伸

- ◆ 到2050年，将空气中的温室气体浓度限制在 4.5×10^{-4} 以内的所有碳减排技术中，CCUS的贡献为**9%**左右。
- ◆ 根据全球碳捕集与封存研究院（GCCSI）统计，目前全球共有CCUS项目**超过400个**，大规模综合性项目个数及二氧化碳捕集量主要集中在**北美和欧洲**，占62%，其次分别为**澳大利亚和中国**。
- ◆ 目前，CCUS项目多处在研发和示范阶段，其主要的驱动力来源于政府的资金支持和国家激励政策，以及税收等因素。随着产业的发展，当从示范阶段走向大规模工业化推广和商业化运行阶段，强制性减排与碳交易市场可能成为其主要的驱动因素。



- CU型：**产业环节组合为捕集—利用，即对排放的CO₂进行捕集，其捕集的CO₂直接利用于化学品、制冷、饮料等；我国运行及在建产项目中,多以CO₂利用为主，因此，产业模式多为CU型。
- CTUS型：**产业环节组合为捕集—运输—利用+埋存，如美国在Oklahoma运行中的Enid化肥项目，捕集量约为0.68亿t/a，采用陆陆管道运输模式，用于CO₂驱油。目前，中国完整产业链的CTUS相对较少。
- CTS型：**捕集—运输—埋存，如挪威在北海已运行的SleipnerCO₂注入盐水层项目。目前，世界上大规模综合性项目中，美国、加拿大及中东地区以CTUS-EOR产业模式为主，欧洲及澳大利亚—新西兰则以CTS-盐水层及废弃油气田模式居多。计划执行的大规模项目中，完整产业链、永久埋存的产业模式CTUS或CTS开始增多。

◆ 中国CCUS技术总体还处于**研发和示范的初级阶段**，规模较小、捕集对象类型相对单一、长距离管道运输较少。大规模全流程的集成**示范准备项目有14个**，均处于不同阶段准备过程中，规模大多在 100万吨以上。目前，中国可提供碳捕集技术的企业有中国南化公司，雪人股份等。



海螺集团水泥窑碳捕集纯化示范项目

位于海螺集团与大连理工大学采取产学研合作的方式开发，由海螺集团投资5000万元，在白马山水泥厂建设一条示范线。白马山水泥厂的该示范项目采用当今环保领域最新技术，其核心技术为化学吸收法。通过工艺加工和精馏后，得到纯度为99.9%以上的工业级和纯度为99.99%以上的食品级二氧化碳液体。按照目前产能计算，一年将捕集纯化5万吨CO₂，平均每月减少4千多吨CO₂排放。





3. 国内外低碳商业建筑应用案例

◆ 案例筛选标准基于商业建筑应用的前沿低碳科技及报告中涵盖的五大举措。

					
	德勤荷兰总部 -荷兰	包霍夫大街酒店 -德国	世界最大浮动办公室 -荷兰	波士顿大学数据科学中心 -美国	苹果新总部园区 -美国
源头减量	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑形态（中庭，太阳轨迹）◆ 生态走廊	<ul style="list-style-type: none">◆ 装配式建筑（木材）◆ 交叉层压木板新型材料	<ul style="list-style-type: none">◆ 生态屋顶	<ul style="list-style-type: none">◆ 绿色屋顶	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑形态（建筑外遮阳，防眩光反光板）
能源替代	<ul style="list-style-type: none">◆ 光伏建筑一体化（BIPV）	/	<ul style="list-style-type: none">◆ 太阳能电池板供电	<ul style="list-style-type: none">◆ 地热能◆ 地源热泵交换加热冷却系统（31个地热井）	<ul style="list-style-type: none">◆ 太阳能光板与燃料电池系统（并网）
节能提效	<ul style="list-style-type: none">◆ LED结合POE技术◆ 智能集成管理平台◆ 雨水收集系统◆ 真空吸尘技术	/	<ul style="list-style-type: none">◆ 水基热交换技术（热交换系统）	/	<ul style="list-style-type: none">◆ 新风热回收辐射系统◆ 高效照明灯具◆ 室内环境监控◆ 水循环系统
主要特点	<ul style="list-style-type: none">◆ 被英国建筑研究院绿色建筑评估体系（BREEAM）评为“全世界最绿色的办公建筑”，“全世界最智慧的建筑”	<ul style="list-style-type: none">◆ 采用标准化设计、工厂化生产、装配式施工，将当地木材加工完成后送至现场安装。墙面利用数字化切割技术	<ul style="list-style-type: none">◆ 通过使用Rijnhaven的水为建筑物降温；办公室的屋顶结合光伏提供能源	<ul style="list-style-type: none">◆ 这座19层的建筑将是无碳和无燃料的，没有连接到大楼的天然气管道	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑整体呈现“完美的圆环”，建筑的外墙没有一块直面的玻璃，而是用872块的曲面玻璃包裹起来

					
	西门子“水晶大厦” -英国	巴林世贸中心 -巴林	布利特中心办公楼 -美国	建筑研究组织办公楼 -英国	像素大厦 -澳大利亚
源头减量	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑形态（充分利用自然光）	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑形态（文丘原理，遮阳）◆ 热绝缘材料	<ul style="list-style-type: none">◆ 充分利用自然光和通风的大型窗户◆ 绿色屋顶	<ul style="list-style-type: none">◆ 建筑建材（陶瓷遮阳板，再生砖）◆ 自然光（室内95%以上）	<ul style="list-style-type: none">◆ 双层玻璃幕墙，彩色翼片遮阳百叶◆ 绿色屋顶
能源替代	<ul style="list-style-type: none">◆ 太阳能电池板	<ul style="list-style-type: none">◆ 太阳能玻璃幕墙◆ 风力发电（水平轴风力涡轮机）	<ul style="list-style-type: none">◆ 光伏太阳能阵列◆ 地热能（26个122米深的地热井）	<ul style="list-style-type: none">◆ 太阳能光电板	<ul style="list-style-type: none">◆ 垂直风力涡轮机◆ 太阳能电池板
节能减排	<ul style="list-style-type: none">◆ 雨/黑水回收循环系统◆ 废水处理中心智能照明技术◆ 西门子楼宇管理系统	<ul style="list-style-type: none">◆ 雨水收集系统	<ul style="list-style-type: none">◆ 能源性能指标平台◆ 水循环系统	<ul style="list-style-type: none">◆ 智能照明（由BMS系统控制）◆ 低温地板辐射系统	<ul style="list-style-type: none">◆ 楼板制冷及供暖系统◆ 水循环利用系统
主要特点	<ul style="list-style-type: none">◆ 世界最环保的建筑之一；减少65%二氧化碳排放，节电50%	<ul style="list-style-type: none">◆ 全球第一座利用风能作为电力来源的大楼	<ul style="list-style-type: none">◆ 比一般的办公楼少消耗约83%的能源，实现净零能源和净零水	<ul style="list-style-type: none">◆ 不仅提供了低能耗的办公场所，而且用作评定各种新颖绿色建筑技术的大规模实验设施	<ul style="list-style-type: none">◆ 一座六星级绿色标准及碳中和的建筑。

					
	上海中心大厦 -上海	京基100大厦 -深圳	台北101 -台北	侨福芳草地 -北京	万科中心 -深圳
源头减量	◆ 建筑形态（被动式幕墙）	◆ 建筑建材（Low-E夹胶中空玻璃）	◆ 建筑形态（双层隔热玻璃幕墙）	◆ 玻璃幕墙 ◆ 钢架结构	◆ 飞灰水泥 ◆ 清水混凝土 ◆ 可活动的外遮阳
能源替代	◆ 风力发电（15台风力发电机） ◆ 电梯发电	/	/	/	◆ 光伏电系统（太阳能板）
节能减排	◆ 雨/中水回收收集系统 ◆ 智能管理系统（中央集成管理系统） ◆ 热回收利用技术 ◆ 变风量空气 调节技术	◆ 智能照明 ◆ 雨水回收系统 ◆ 暖通（负荷蓄冰空调系统，热回收机组）	◆ 智能照明 ◆ 西门子能源管理系统 ◆ 垃圾回收系统	◆ 雨水采集过滤系统 ◆ 中水系统	◆ 雨水回收系统 ◆ 通风系统（热回收技术） ◆ 给排水系统（采用太阳能热水）
主要特点	◆ 综合节能率可达约54.3%，每年可减少碳排放2.5万吨。其中电梯发电是国际上前沿的建筑节能技术。	◆ 以上绿色建筑技术可节约的运行费用约为604.16万元/年。	◆ 这座世界最高的环保“绿建筑”，每年可减少用电量高达423万度、减少3532吨二氧化碳的排放，节能率高达7.8%。	◆ 能源消耗仅为同等规模建筑标准的50%。	◆ 中国第一个集大跨度、钢结构、悬拉索与预应力于一体的新型综合建筑。



4. 商业建筑碳交易方案预测

碳定价是促进减排的重要手段，碳税和碳交易并行实施是未来趋势

- ◆ 在碳中和顶层设计下，碳定价是一种促进行业及企业进行二氧化碳减排的有效手段。政府通过对二氧化碳进行定价，控制企业碳排放总量，推动各行业及企业低碳转型。
- ◆ 当前中国还未实行强制碳税，全国性碳交易市场于2021年7月16日正式上线。积极应对“双碳”目标，碳税和碳交易**并行实施**是必然趋势。预计“十四五”期间全国性碳交易市场将逐步纳入钢铁、化工和**建材**等高碳排放行业，商业建筑建材**供应端**将率先面临减排压力。

碳定价	碳税	定义：政府针对二氧化碳排放量向企业征税。		
		特性	优点	缺点
		价格固定 强制手段	依托现有税政机构，行政阻碍较低 制度公开透明，企业明确减排成本 有利于政府经济可持续发展	企业成本增加，政策实施阻力较高 缺乏灵活性
	现状：当前中国还未实行强制碳税，但是开征碳税是未来的必然趋势。 欧盟拟对进口钢铁水泥等商品征收碳税，最迟2026年全面生效。中国作为建材出口大国将受国际政策影响，需推动 建材行业 积极寻求减碳路径。			
碳交易	碳交易	定义：通过合同交易，买方购买碳排放权配额从而实现减排目标。		
		特性	优点	缺点
		价格波动 市场手段	政策实施阻力较低 市场价格机制，提高管理效率 有利于与碳抵消机制及他国碳交易体系建立联系	政策实施成本较高 存在寻租成本
整体趋势	现状：中国正积极推行全国性碳交易市场，于2021年7月16日正式上线。			
	碳税和碳交易 并行实施 是中国实现“3060”目标的重要手段 <ul style="list-style-type: none">◆ 中国实现双碳目标仍面临挑战，全面运行的全国碳市场只能覆盖中国50%的碳排放量，仅实施碳交易体系政策，减排调控力度稍显不足◆ 碳税制度：适合中小排放主体，例如：能源及资源类产品◆ 碳交易体系：适合大型排放主体，例如电力部门，工业部门			

随着全国性碳交易市场逐步发展完善，预计**建筑行业**将被加快纳入。中国建筑碳交易早在2013年就在试点城市启动。以**深圳市**试点方案为例，亿欧智库对商业建筑碳交易实施计划进行预测。

商业建筑碳交易实施计划（预测）	
交易范围	按“先公建，后民建；先大型，后一般”的思路设定建筑碳交易覆盖范围
交易市场	一级市场（以建筑物业主为主） 二级市场（以业主、投资者等）组成
交易对象	市场玩家买卖 碳排放配额 和 核证自愿减排量(CCER)
“总体设计，分步实施”	
管控方式	第一阶段：逐步启动，提高认知，完善相关制度与标准。 给减排压力较大的建筑物 预留两年 的时间进行节能改造。
	第二阶段：建立完善的建筑碳排放权交易市场。并逐步执行惩罚机制。
	第三阶段：致力于实现碳排放交易板块的 链接与互通 。
惩罚机制	第一阶段： 激励 为主，对时间内未履约建筑设置履约预期。 第二阶段：对未履约建筑进行惩罚，惩罚价格按违规碳排放量乘 三倍 市场均价予以处罚。

业内专家说：商业建筑排碳实施路径中哪些举措较为重要，目前实现碳中和还存在哪些阻力？



洪菲

中国建筑科学研究院有限公司建筑设计院副总建筑师

全生命周期的低碳建筑涉及设计、建造和长期的运营，综合考虑并采取适宜的建筑布局，减小维护结构能耗，智慧运营，更多地采用光能、空气能、地热、风能等一次能源都是建筑行业节能减排的重要措施。目前商业项目中可能存在的前期投资与后期受益主体不统一及既有建筑节能改造难度较大是此类项目面临的难点。



王克

中国人民大学环境学院副教授

中国人民大学能源与气候经济学项目组执行主任

商业建筑碳减排实施路径中，核心仍然是节能，在此基础上实现能源结构向非化石能源转型。① 既有建筑采用综合解决方法，进一步提高能效。② 新增建筑则还需要制定零碳建筑标准。③ 应用新能源与可再生能源逐步实现对传统不可再生能源的替代，优化能源结构

主要阻力：① 建筑寿命周期长，前期改造投入成本高，利益相关方分割，存在现有技术偏好，建筑节能和电气化改造难度大；② 直流建筑、电网友好型建筑、能源互联网用户侧技术等建筑低碳相关技术标准规范不健全，相关激励机制不健全；分布式蓄电、柔性用电负荷、建筑低压直流配电等技术不够成熟，市场竞争力不足。



王彬

亿欧EqualOcean 董事总经理

建筑装配式以及建筑智慧运维在商业建筑减排路径中具有显著作用，建筑装配式的推广有利于在源头上减少建筑施工时的污染，智慧运维可以减少商业建筑运维管控环节的碳排放。

目前实现碳中和的阻力主要分为三方面。第一点是技术段的突破，目前来讲光伏等新能源步入瓶颈期，而负碳技术尚不成熟。第二点是现有测量标准不统一，无法实现有效监管。第三点是建筑行业的碳税、碳汇政策尚不明晰，企业缺乏低碳转型驱动力。

业内专家说：商业建筑排碳实施路径中哪些举措较为重要，目前实现碳中和还存在哪些阻力？



高洁
霍尼韦尔智能建筑科技集团中国首席产品官

商业建筑从实现节能到如今的“双碳”，所涉及行业领域众多，能源、科技、低碳经济、整体影响到我们中国全产业链变化和升级。清洁能源的应用，是解决问题的核心，可以分为三个小的主体：发电，包括风、水、太阳能发电；电力传输；电力存储。节能的深刻含义不应局限于减少能源消耗，而是提高新能源的转换效率。商业建筑碳达峰碳中和应该将建筑视为一个全生命周期实体，对新建建筑和存量建筑进行智能改造，从前端的材料，施工，到运营，拆除回收应该形成一个闭环实现减碳目标，建筑智能化自动化系统在楼宇运营的节能减碳方面大有可为。



罗彬
美的暖通与楼宇研发中心主任

暖通系统运行能耗占建筑总能耗40%以上，中国商业建筑碳减排实施路径中较为重要举措包括建筑暖通系统真实运行中的节能增效与其电网友好性调节性能，主要阻力是目前节能改造与需求响应主要靠行政手段，而市场化动力不足。



董国斌
云司图创始人

建筑领域的节能减排未来需要加大很多方面的研发投入，其中比较重要的第一在建筑方面考虑装配式结构设计，大部分构件采用工厂模块化预制和装配式安装，可以大大降低现场加工的碳排放。第二在用电设备及暖通空调方面采用智能化设计，最大程度的利用物联网技术及智慧建筑运维管理系统进行优化能源消耗，从而既满足实际需求又可以降低碳排放。

致谢单位

Honeywell
霍尼韦尔

霍尼韦尔智能建筑科技集团



全联房地产商会
China Real Estate Chamber of Commerce

全联房地产商会



上海美控智慧建筑有限公司

TERMINUS 特斯联

特斯联科技集团有限公司



中国建筑科学研究院
China Academy of Building Research



天津生态城绿色建筑研究院
TIANJIN ECO-CITY GREEN BUILDING RESEARCH INSTITUTE



中国建筑节能协会
CHINA ASSOCIATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY

股票代码: 1107.HK
MO MA 当代置業

JINMAO 中国金茂



紫光集团
TSINGHUA UNIGROUP



安捷物联
ANJIE-10T



匠人科技

xylem
Let's Solve Water

双良节能
SHUANGLIANG ECO-ENERGY

LONGI

UIOT®
超级智慧家

优势科技
YOURS-IOT TECH

ENVISION


◆ 团队介绍:

亿欧智库 (EqualOcean Intelligence) 是亿欧EqualOcean旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。


亿欧智库长期深耕科技、消费、大健康、汽车、产业互联网、金融、传媒、房产新居住等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。

以专业为本，借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧EqualOcean内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。


◆ 报告作者:




岑烨
亿欧智库分析师
邮箱: cenye@iyiou.com



黄晴淇
亿欧智库分析师
邮箱: huangqingqi@iyiou.com



孙航
亿欧智库分析师
邮箱: sunhang@iyiou.com



王子嘉
亿欧智库分析师
邮箱: wangzijia@iyiou.com



俞斌
亿欧智库分析师
邮箱: yubin@iyiou.com

◆ 报告审核:



黄渊普
亿欧智库院长
邮箱: huangyuanpu@iyiou.com



王彬
董事总经理
邮箱: wangbin@iyiou.com



刘欢
亿欧EqualOcean 总监
邮箱: liuhuan@iyiou.com

◆ 版权声明：

本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的追求但不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映亿欧智库于发布本报告当日之前的判断，在不同时期，亿欧智库可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。亿欧智库不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，亿欧智库对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者可自行关注相应的更新或修改。

本报告版权归属于亿欧智库，欢迎因研究需要引用本报告内容，引用时需注明出处为“亿欧智库”。对于未注明来源的引用、盗用、篡改以及其他侵犯亿欧智库著作权的商业行为，亿欧智库将保留追究其法律责任的权利。

◆ 关于我们：

亿欧EqualOcean是一家专注科技+产业+投资的信息平台和智库；成立于2014年2月，总部位于北京，在上海、深圳、南京、纽约有分公司。亿欧EqualOcean立足中国、影响全球，用户/客户覆盖超过50个国家或地区。

亿欧EqualOcean旗下的产品和服务包括：信息平台亿欧网（iyiou.com）、亿欧国际站（EqualOcean.com），研究和咨询服务亿欧智库（EqualOcean Intelligence），产业和投融资数据产品亿欧数据（EqualOcean Data）；行业垂直子公司亿欧大健康（EqualOcean Healthcare）和亿欧汽车（EqualOcean Auto）等。

◆ 基于自身的研究和咨询能力，同时借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势；亿欧EqualOcean为创业公司、大型企业、政府机构、机构投资者等客户类型提供有针对性的服务。

◆ 创业公司

亿欧EqualOcean旗下的亿欧网和亿欧国际站是创业创新领域的知名信息平台，是各类VC机构、产业基金、创业者和政府产业部门重点关注的平台。创业公司被亿欧网和亿欧国际站报道后，能获得巨大的品牌曝光，有利于降低融资过程中的解释成本；同时，对于吸引上下游合作伙伴及招募人才有积极作用。对于优质的创业公司，还可以作为案例纳入亿欧智库的相关报告，树立权威的行业地位。

◆ 大型企业

凭借对科技+产业+投资的深刻理解，亿欧EqualOcean除了为一些大型企业提供品牌服务外，更多地基于自身的研究能力和第三方视角，为大型企业提供行业研究、用户研究、投资分析和创新咨询等服务。同时，亿欧EqualOcean有实时更新的产业数据库和广泛的链接能力，能为大型企业进行产品落地和布局生态提供支持。

◆ 政府机构

针对政府类客户，亿欧EqualOcean提供四类服务：一是针对政府重点关注的领域提供产业情报，梳理特定产业在国内外的动态和前沿趋势，为相关政府领导提供智库外脑。二是根据政府的要求，组织相关产业的代表性企业和政府机构沟通交流，探讨合作机会；三是针对政府机构和旗下的产业园区，提供有针对性的产业培训，提升行业认知、提高招商和服务域内企业的水平；四是辅助政府机构做产业规划。

◆ 机构投资者

亿欧EqualOcean除了有强大的分析师团队外，另外有一个超过15000名专家的资源库；能为机构投资者提供专家咨询、和标的调研服务，减少投资过程中的信息不对称，做出正确的投资决策。

◆ 欢迎合作需求方联系我们，一起携手进步；电话 010-57293241，邮箱 hezuo@iyiou.com



获取更多报告详情
可扫码关注