



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

中瑞零碳建筑项目

示范工程报告

大连市中山区虎滩东沟地块项目

中文版



2024年10月



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep

skat



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

本报告系在中瑞零碳建筑项目框架下编制。该项目由瑞士发展与合作署资助,并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作实施,旨在推动国际合作与交流。

作者:

路枫博士、Roland Stulz、朱继龙 | 瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
Wesley Wojtas | 瑞士Skat咨询公司
赵越、佟蕊、林佳、冯妍 | 都市发展设计集团有限公司零碳建筑研究院

内容贡献与审阅人员:

张时聪博士、杨芯岩博士 | 中国建筑科学研究院
李寅、吴佳艳、胡亦奇 | 浙江大学建筑设计研究院

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队

intep
skat

引用格式:

路枫, Wesley Wojtas, Roland Stulz, 朱继龙. 大连市中山区虎滩东沟地块项目:《中瑞零碳建筑项目示范工程报告》[R]. 苏黎世: Intep-Skat, 2024.

中瑞零碳建筑项目是由瑞士发展与合作署资助,并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作开展的国际合作项目。该项目旨在通过分享瑞士在可持续及零碳建筑领域的先进经验,推动减少温室气体排放,助力中国建筑行业实现碳中和发展。

项目实施团队:

瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
瑞士Skat 咨询公司
中国建筑科学研究院

微信公众号:

SinoSwissZEB



网站:

zeb-china.org



封面图片: 大连市中山区虎滩东沟地块项目

目录

1.	中瑞零碳建筑项目背景	2
2.	项目初始状态	4
3.	中瑞合作	6
4.	项目成果	10
5.	总结经验	10

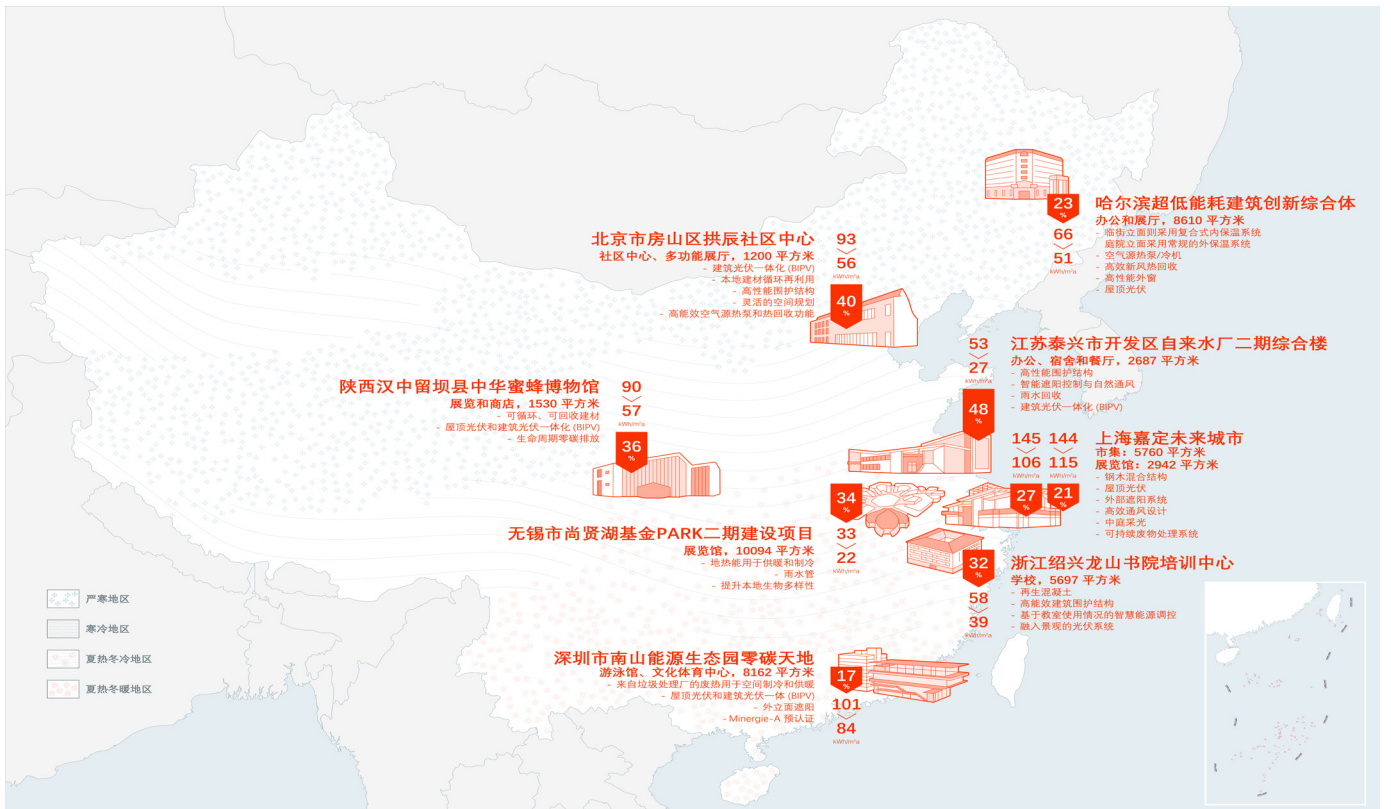


图 零碳建筑示范项目分布图。共八个项目，覆盖四个气候区。(图片来源:瑞士EBP咨询)



1. 中瑞零碳建筑项目背景

1.1. 中瑞零碳建筑项目简介

为了共同应对全球气候变化,加强中瑞两国在建筑行业减排领域的合作,2020年11月24日,中华人民共和国住房和城乡建设部与瑞士联邦外交事务部签署了在建筑节能领域发展合作的谅解备忘录。在此备忘录框架下,瑞士发展合作署(SDC)发起并资助了中瑞零碳建筑项目,旨在通过引入瑞士的经验和技

项目目标

- 将现有建筑能效标准升级至零碳建筑技术标准
- 在中国四个典型气候区实施示范工程,以测试新的零碳建筑标准并寻找优化潜力
- 开展零碳建筑设计能力建设以及相关的知识传播

项目起止时间

2021年3月15日至2025年11月30日

项目对保护气候的影响

减少建筑领域二氧化碳排放

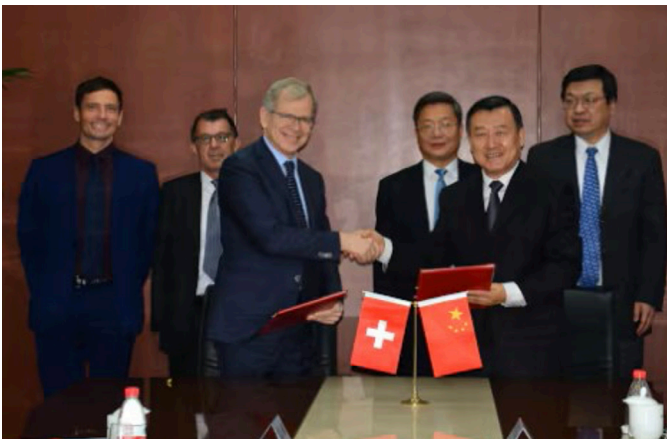


图1 瑞士驻华大使贝尔纳迪诺·雷加佐尼 (Bernardino Regazzoni) 于2020年11月24日会见中国住房和城乡建设部副部长倪虹并签署合作备忘录 (图片来源: 瑞士驻北京大使馆)

1.2. 示范工程的筛选流程

示范工程的目标与作用

- 达到中国国家零碳建筑技术标准的要求
- 示范工程作为案例研究,指导和教育更多项目实施零碳建筑目标

评估委员会和遴选过程

- 中国建筑科学院团队负责公开征集示范工程申请文件
- 启动由中国和瑞士专家参加的项目介绍会,完成答疑以及评估环节
- 由中国和瑞士专家按照评选标准进行项目评审
- 基于中瑞专家联合反馈和推荐,由住建部公布选定的示范工程

评选标准

- 资格标准: 获选项目应具有一定的政治承诺性、资金承诺性、可干预性、可支付性和可复制可推广潜力、可见性和可及性、多样性。
- 评级标准(评估权重): 二氧化碳减排潜力和其他环境效益(40%)、受益人数(20%)、示范潜力(20%)、地方政府的激励政策(20%)。
- 示范工程适用性(第一批): 是否可快速启动、与零碳建筑技术标准草案的兼容性、示范特性、工程与技术数据的是否容易获取。

甄选时间

2022年3月

1.3. 工作流程

中瑞联合团队

中瑞专家团队由中国和瑞士两国的专家共同组成。中国项目设计团队首先提出设计原型和零碳设计方案,在了解了项目的设计特点后,中瑞专家团队为设计团队针对设计原型和设计理念进行反馈,并进一步根据项目的特点提出了更多的建议,以便设计团队后期根据项目的实际情况进行调整和采纳。瑞士团队还根据项目设计团队提出的问题,安排了一系列具体有关零碳设计的网络研讨会进行交流。瑞士专家提供的所有建议和思路均基于他们过去的相关项目经验,这些宝贵的经验不仅来自瑞士和欧洲,而且还来自世界上其他类似气候区。

中瑞合作的目标

此次中瑞合作的目标是共同把控和提高项目质量,推动项目达到零碳建筑标准。通过此次合作,瑞士专家团队不仅将瑞士的经验和专业知识带到中国,同时也从中国同行获得更多信息并学习相关经验,两方互惠合作,寻求在全世界范围内成功建造零碳建筑的最佳解决方案。

工作流程

中瑞两方通过网络研讨会、在线研讨会、快速技术反馈、专家研讨会、微信讨论和实地考察等各种线上线下工作方式,将初期想法转化为建设性建议与措施,在沟通过程中,开诚公布的信息交流对于测试想法的可实施性非常有帮助。

项目持续时间

2022 年 9 月 - (项目未能按期实施)

为什么该项目被选为示范工程以及它能成为零碳建筑的潜力

- 设计和技术改进以及减排的潜力
 - 这是一个规模宏大、极具研究价值的区域项目,尚存诸多待解难题。该项目极佳地展示了零碳建筑标准在区域层面的应用,为住宅和多功能区域带来了巨大的复制推广潜力。项目具备获得零能耗建筑认证的良好前景。
 - 策划团队表现出对如何打造零碳建筑和零碳园区的方法有充分的了解。
 - 现有的能源解决方案已经涵盖了很多想法和策略。
- 瑞士专家可提供的改进建议
 - 优化能源和建筑技术解决方案的选择和组合。
 - 支持能源和排放计算达到一定的精确性,特别是瑞士零碳建筑标准和计算专家将提供深入的咨询和监控。
 - 澄清零碳建筑和零碳园区的系统边界,并通过比较区域解决方案与单体建筑解决方案来展示打造零碳园区在技术和经济上的优势,苏黎世联邦理工的 EMPA 高级专家将为此提供特别支持。
 - 计划通过与 EMPA 团队合作,在其他与可持续发展相关的方面提供支持,例如能源供应的区域管理、不同建筑物之间的交互式能源管理、区域相关的流动性、用户行为和零碳社区等方面的建筑技术。



2. 项目初始状态

2.1. 项目组织规划

2022 年 3 月，“大连虎滩东沟地块住宅项目”入选中瑞零碳建筑项目第二批示范工程。该项目是由中国住房和城乡建设部与瑞士发展与合作署共同发起的部级国际合作项目。该项目因故未能完成实施。

业主

大连胜鼎虎滩滨海房地产有限公司

主导设计团队

都市发展设计集团有限公司

中瑞零碳建筑咨询团队

Intep、Skat、CABR、Low-tech、UAD、HSLU、EM-PA 等。

2.2. 项目概况

地点

中国辽宁大连(寒冷气候区;太阳能资源区 II)

项目规模(面积指标)

- 总建筑面积 161, 130m² (项目包含住宅、幼儿园及社区商业配套)
- 总示范面积 154, 200m² (住宅面积为 152, 000m² + 幼儿园 2, 200m²)
- 参考能耗面积 103, 880m² (依据 1# 楼-135 的比例计算)

建筑设计亮点

(见附录 A.1 图纸)

- 7-8 层公寓(条状平行式布局)和 2 层幼儿园(围院式布局)
- 地块周边被自然林地环抱, 层层台地南低北高向海岸打开, 具有优良的山景及日照条件。建筑体量紧凑, 光伏坡屋顶, 室外阳台兼作固定式水平遮阳构件。

能源方案亮点

(见附录示意图)



图2 位于天然森林中的住宅项目 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)



图3 项目所应用的零碳可持续技术路径设计亮点 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

- 供暖: 污水源热泵+地暖末端
- 制冷: 污水源热泵和蓄冷水箱+空调末端
- 通风: 高效热回收机械通风
- 热水: 集中式污水源热泵 或 分散式电锅炉 (由业主决定)
- 太阳能: 坡屋顶中央部分铺设光伏瓦 (BIPV)
- 遮阳: 外部光线动态追踪遮阳 (铝制百叶遮阳帘) 和固定式阳台

其他可持续设计亮点

- 污水厂污水处理能力: 每天约 30,000 m³污水
- 用于夏季降温的蓄冷水箱
- 能源管理中心负责能源制备及存储, 设置能碳运维监测平台



3. 中瑞合作

3.1. 示范项目设计团队简介

大连示范工程的零碳设计团队是都市发展设计集团有限公司，都市发展在中国近零能耗及零碳建筑领域享有盛名。集团于2012年成立了零碳建筑研究院，致力于零碳建筑研究和实践的各个方向，掌握了行业内最完善、最深入、最先进的技术体系，拥有多项国际领先的核心技术和50多项专利著作。多年来投资并设计、咨询、施工建设了大量高品质零碳建筑案例。项目案例遍布大连、北京、深圳、苏州、无锡、成都、西安、岳阳、西宁等地，覆盖了从寒冷地区、夏热冬冷、夏热冬暖以及温和地区等不同气候带区域。

其中，都市发展自主投资、设计、施工及运营的太仓零碳建筑基地相继获得了中国绿色建筑三星级认证标识、中国近零能耗建筑认证标识、德国被动房研究所授予的 Passive House-Premium 级认证标识（全球首座 PH-Premium 级办公项目）、奥地利绿色星球建筑奖（AGPB）以及瑞士卓越建筑标准 Minergie-A 级气候友好型建筑（中国首座 Minergie-A 级认证项目/CHN-001）。历经数十载，都市发展以多年沉淀的零碳建筑创新产品和核心技术为企业竞争力，已成为国内零碳建筑领域的头部团队之一。

基于都市发展零碳建筑研究院多年的零碳全链条实施经验，为本示范工程提供了完善的能源方案规划、能碳计算分析、被动主动技术制定及可再生能源应用综合实施方案。项目团队由研发、设计、施工、智慧化及造价等全专业人员组成，借助于设计创新、工艺研发、施工管控和成本优化的能力，致力于将国内外先进的低碳技术规模化、高品质化推广应用。

建筑方案设计由大象建筑设计（北京）有限公司（GOA）实施。

3.2. 初步讨论与优化方案

- 瑞方向示范项目团体提供「优化需求和咨询建议问答清单」。
- 示范项目团队希望进行零碳社区评估，因此瑞方建议参考瑞士「2000瓦社区」评估体系和评估流程。
- 在热水制备方面，建议采用热泵技术，这将比目前的燃气锅炉方案更符合零碳建筑标准。
- 瑞方建议示范团队与瑞士废热低温能源网络的

相关专家进一步讨论供热和供冷问题，并尽可能进行优化设计方案。在目前已知的情况条件下，污水处理厂作为能源来源是最佳解决方案。

- 示范工程的零碳咨询团队必须提供更为详细的能耗计算结果和碳排放计算结果。
- 对于门窗玻璃，我们建议使用 $U = 0.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 的三层保温玻璃。
- 瑞方建议将阳台的深度扩大至 1.80 米，增强阳台的实用性，提高对购房者的吸引力。
- 建议选用岩棉作为保温隔热材料，该材料比 EPS 发泡聚苯乙烯板更符合生态要求和防火要求。
- 除区域供暖/制冷外，还应建设微型区域电网，并将幼儿园包括在内。
- 使用 Sympheny 软件验证能源枢纽的可行性。
- 仅用地板辐射采暖/制冷可以完全保证室内舒适度（设计合理的地板全年保持温度适中，不冷不热）可在夏季保持地暖管内冷却水温度高于 20°C ，最大限度地实现免费制冷，并减少制冷设备的运行（将“地暖”当做“地冷”使用，保证地板表面无冷凝水，光脚不会感到冰冷）。
- 仅在夏季运行的空调系统经济性不足，建议取消。如果房开商不愿承担相应风险，建议为公寓业主预留空调安装空间。
- 邻近的污水处理厂是非常好的热源（ $12\text{--}15^\circ\text{C}$ ），而且水处理能力和热源量都足够大（ $30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 或 350 kg/s ）。
- 建议优化光伏系统实现最大程度的自消纳 -> 不同朝向的光伏发电板可在白天的不同时间段发电，且中央热泵应当完全使用光伏发电保证运行。蓄热和蓄电须进行24小时逐时负荷和逐时产量的验证和优化。
- 污水处理厂产生的沼气可用于热电联产（CHP=combined heat and power 热电联产），进一步提高该区域的能源独立性。
- 在能源设计方案中应将电动车辆视为储电设备（汽车电池）。
- 瑞方建议取消室内机械通风设备：通风管道将占用大量的室内吊顶空间，且地板采暖/制冷系统拥有足够的热惰性，采用自然通风尤其舒适。

3.3. 示范项目团队的反馈与方案优化

- 示范工程设计团队将尝试参照瑞士零碳社区评价（如 2000 瓦社区）进行优化设计。
- 大连地区针对 ZEB 零碳建筑和 NZEB 近零碳建筑的省级激励政策仍未明确。

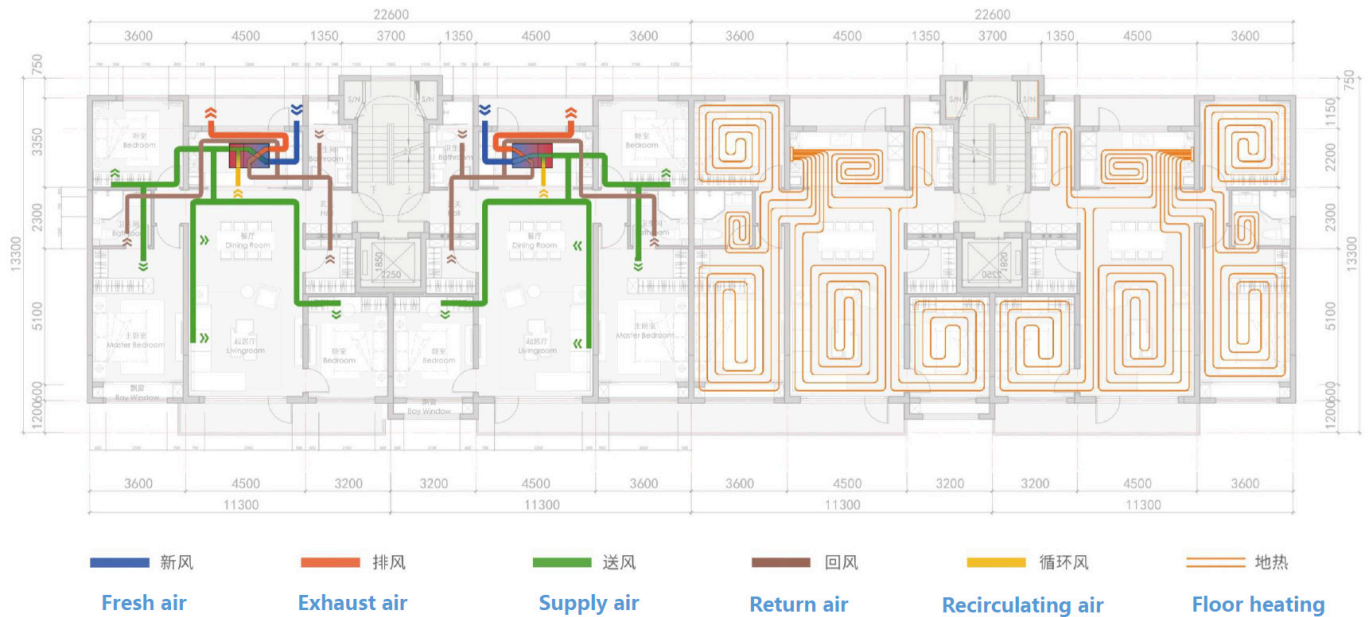


图4 供暖、制冷和通风概念 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

- 示范工程团队同意将幼儿园纳入污水源热泵系统范围内, 作为整体能源系统的一部分。
- 示范工程团队正与污水处理厂合作, 共同测量和计算精确数据, 以确保未来热泵系统的可靠性。
- 在中国的住宅建筑中, 将“地暖”系统当做“地冷”系统进行夏季降温的理念还没有先例可供参考, 房开投资商很可能会否认这一建议。
- 示范工程设计团队将力图增加光伏板数量, 尽量用自发电满足其耗电量。
- 将根据能耗模拟结果进一步优化建筑被动措施(包括更好的门窗)。
- 计划把阳台深度增加到 1.4-1.5 米深。
- 用于外墙保温的岩棉在施工工艺上较为复杂, 容易在施工现场出现困难, 无法正确实施。投资方坚持使用发泡聚苯乙烯 (EPS), 性能更好, 施工更简便。
- 计划在停车场增加充电桩 (目前计划为 10%), 未来可以将电动车电池作为储电设备, 从而增加建筑储电容量。
- 计划与瑞士 Sympheny 公司合作开发能源中心。
- 绿化与光伏相结合
- 建议升级打造为零碳低碳社区
- 建议考虑与瑞士 Anex AG 公司合作打造区域级能源联动网络
- 中国对零碳建筑或近零碳建筑的激励政策尚不明确, 因此目前仍未能吸引投资者的强烈兴趣。
- 施工现场的工人应接受系统性的 ZEB 建筑培训, 以提高建筑质量, 实现 ZEB 目标。
- 一些在中国尚无先例的先进解决方案, 如地冷系统 (自然免费冷却), 需要通过示范项目进行实验展示, 以便未来通过此类技术和方案实现零碳建筑。

3.4. 瑞方补充建议

- 采用 K 值更高的高性能门窗 (包括玻璃和窗框门框)
- 生活热水弃用燃气锅炉 (但厨房烹饪仍采用燃气, 以符合中国烹饪传统)
- 对整个区域的气流进行计算流体动力学 (CFD) 模拟



图5 示范住宅项目位置和污水处理厂位置 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

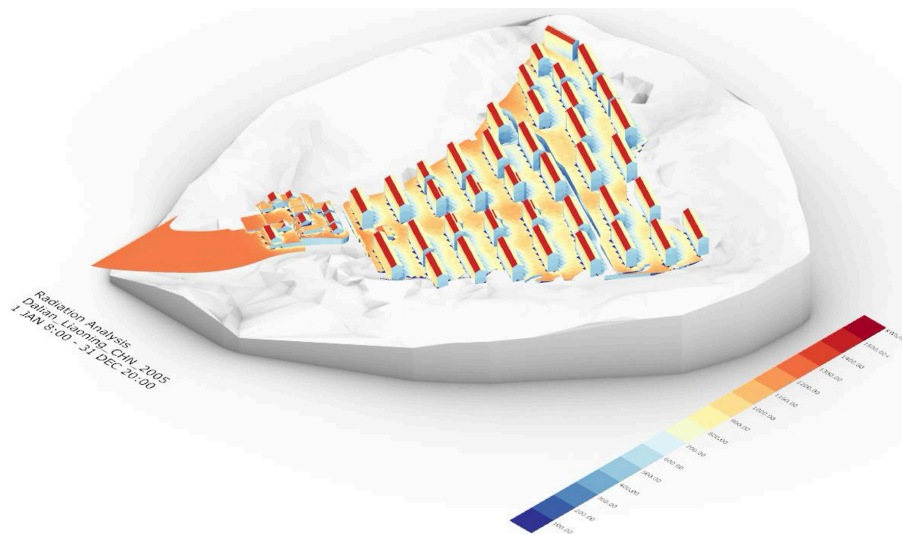
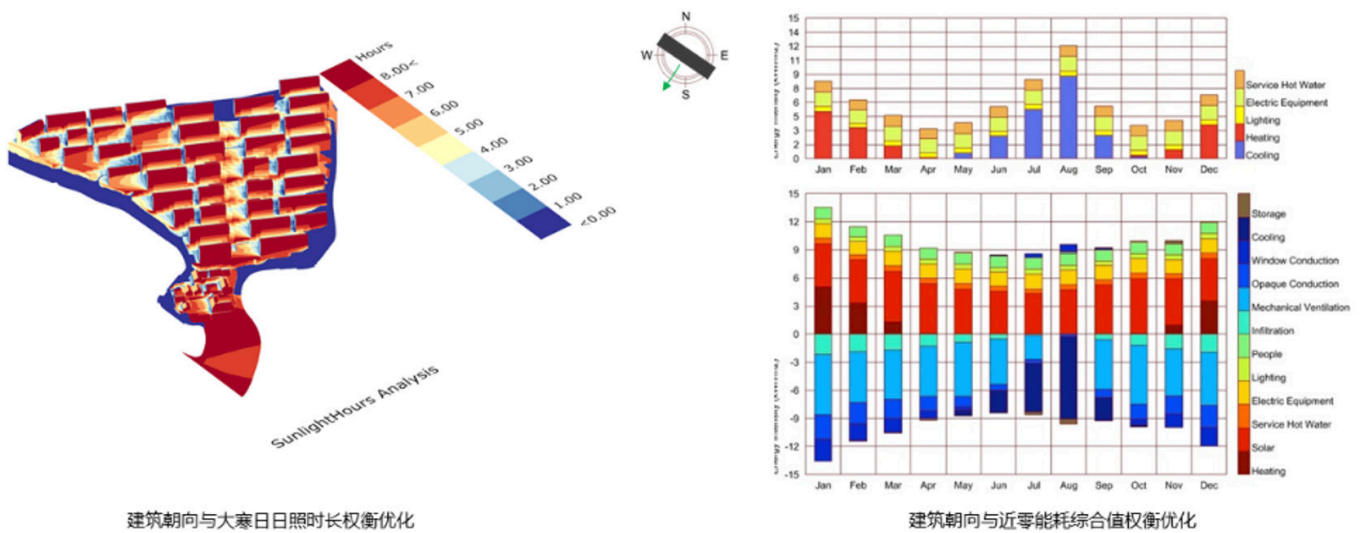


图6 项目基地内的日照辐射分析 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)



建筑朝向与大寒日照时长权衡优化

建筑朝向与近零能耗综合值权衡优化

图7 建筑朝向与能耗权衡分析 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

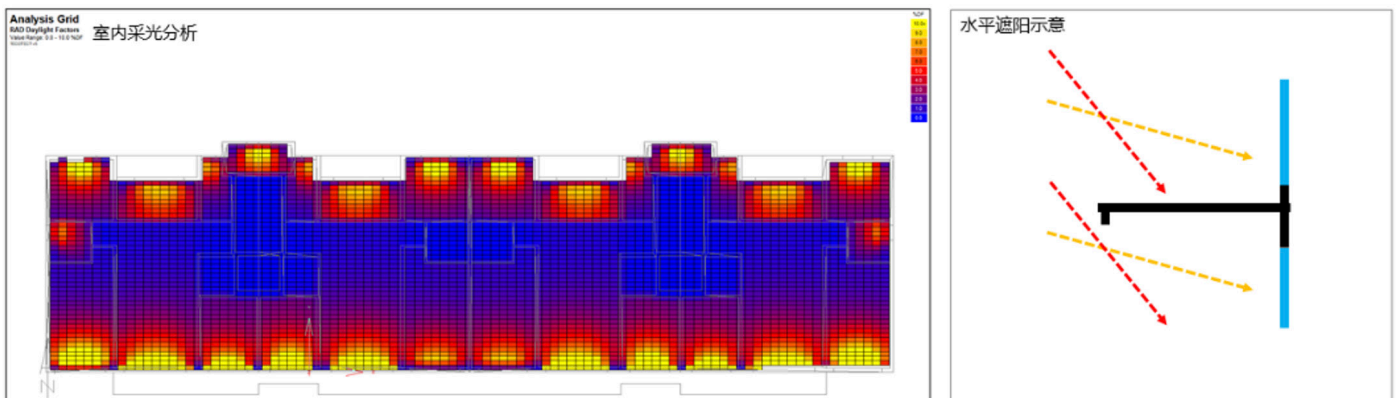


图8 室内采光分析 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

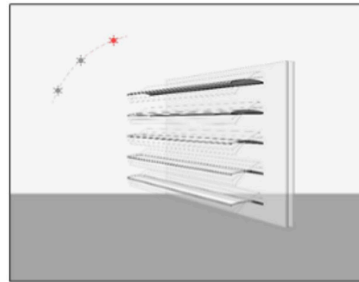


图9 遮阳系统设计 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

遮阳百叶效果



水平固定遮阳区域



外遮阳百叶区域

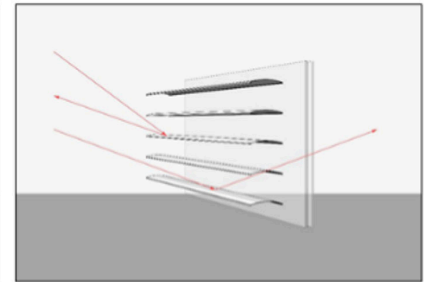


图10 遮阳系统控制逻辑 (图片来源:项目汇报文本 2023 年 6 月 17 日, 都市发展设计集团)

数字孪生能源系统

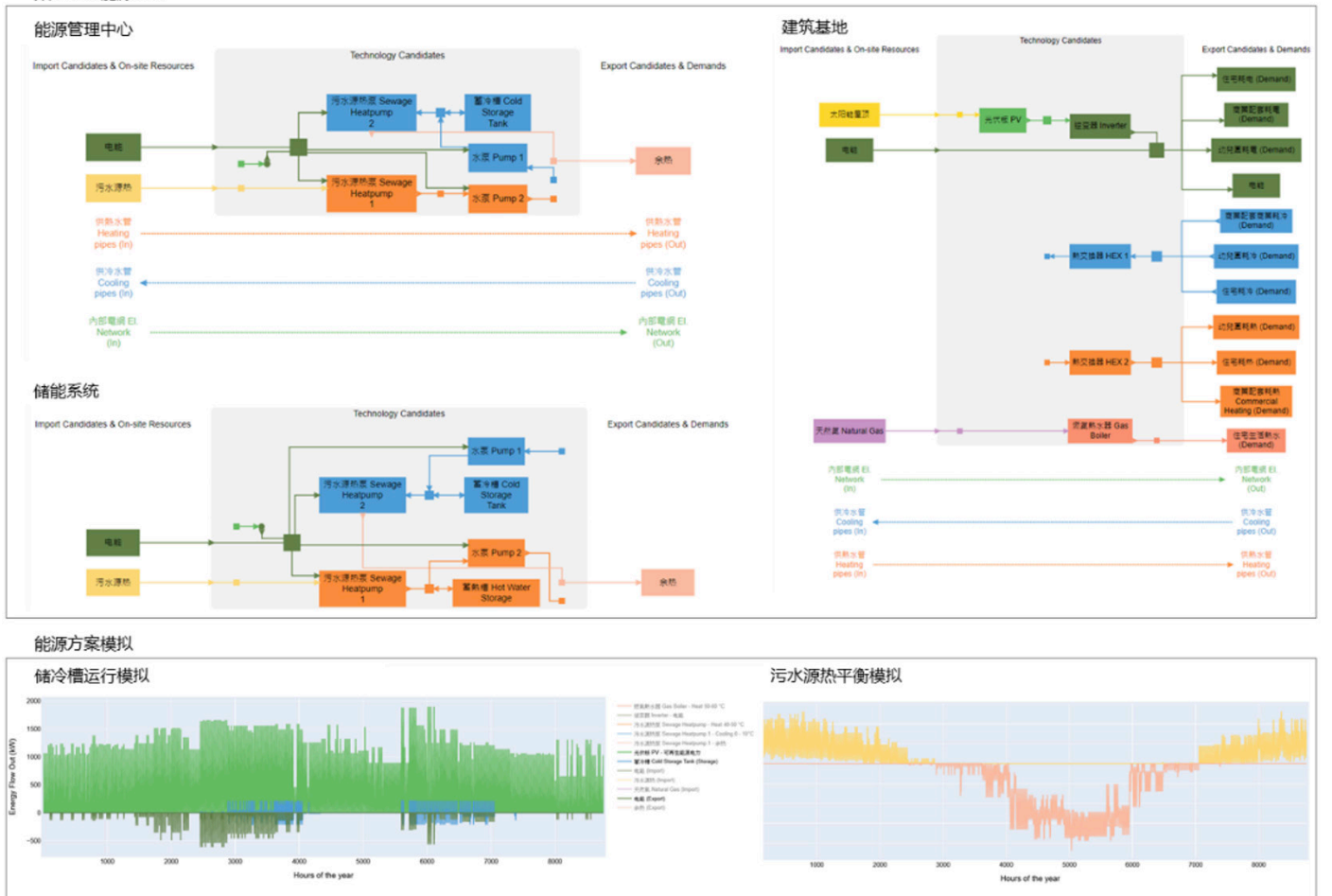


图11 Sympheny 为大连示范工程进行整体能源概念优化 (图片来源:Sympheny股份有限公司)



3.5. 能耗计算

中方团队首次计算结果(1#-135 m² 户型, 2023 年 6 月)

- 能耗总量: 35.2 kWh/(m²·a)
- 光伏发电量: 10.34 kWh/(m²·a)

瑞方核算反馈(2023 年 11 月)

- 能耗总量: 20.9 kWh/(m²·a)
- 光伏发电量: 19.77 kWh/(m²·a)

方案改进后计算结果

因项目中止, 故未能进行进一步能耗模拟计算

4. 项目成果

4.1. 项目成果总体评价

该项目因故未能实施。

中瑞零碳建筑项目专家认可项目设计团队在项目设计过程中尽力使项目达到了零碳建筑技术标准所要求的零碳建筑目标, 特别是在运营阶段。

中瑞零碳建筑项目专家认可项目设计团队考虑了项目在整个生命周期内的碳排放问题, 并尽最大可能减少了隐含排放。

5. 总结经验

5.1. 管理与组织

中国建筑项目短暂的设计周期对于瑞士专家团队来说是非常具有挑战性的, 因此, 瑞士专家团队与中国项目设计项目团队之间密切、持续的沟通在项目设计和施工过程中至关重要。在合作过程中, 瑞方团队需要在极短的时间内回应中国团队的诉求, 并快速投入相关技术支持, 以便在短时间内将想法与概念迅速融入到项目中。

能耗和碳排放模拟计算的设计参数和模拟能耗数据比任何文字或理论都更有说服力。例如, 利用瑞士专家开发的计算工具得出的数据与中方团队提供的数据进行比较和分析, 瑞士团队可以与中国团队进行更有建设性的沟通并顺利推进项目实施。因此可见, 该项目的成功得益于中瑞双方团队密切合作。

5.2. 技术解决方案

作为唯一的住宅示范项目, 该项目为展示日常生活中的零能耗建筑 (ZEB) 提供了绝佳机会。遗憾的是, 出于目前中国房地产市场等原因, 该项目被搁置而未能实施。考虑到该项目的规模, 零碳社区的思维方式至关重要。为了鼓励周边利益相关者继续积极开发零碳建筑社区, 中瑞零碳建筑项目团队建议: 投资方、地方政府和规划团队必须从早期阶段就开展密切合作。

5.3. 交流合作

项目推进过程中, 中瑞两方积极使用了以下沟通方式:

设计工作坊及技术反馈:

- 专家启动研讨会
- 专家项目更新研讨会
- 线下研讨会及现场参观
- 楼宇自动化/智能控制启动会议
- 中瑞零碳建筑项目首批示范工程联合专家研讨会
- 零碳建筑责任手册
- 循环建造
- 木结构建筑的消防安全
- 设施管理和零碳建筑运营
- 零碳社区
- 流体动力学 (CFD) 模拟计算
- 绿化与光伏
- 瑞士技术和产品

有关以下内容的快速技术反馈

- BIPV 建筑光伏一体化解决方案, 包括外墙光伏和光伏瓦, 本地产品制造商推荐
- KBOB 瑞士建材隐含碳数据库介绍
- 低碳水泥 LC3
- 高性能门窗
- 设施管理
- 遮阳系统和产品
- 绿化和光伏

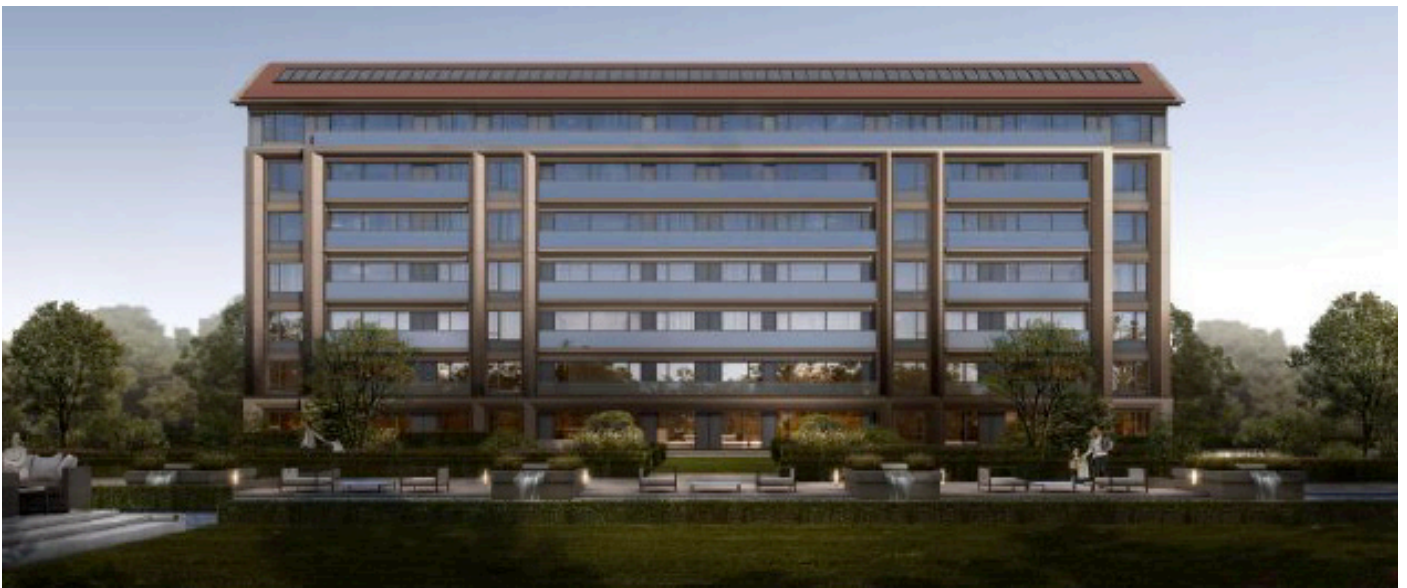
问答表和进一步的相关主题支持

- ISO 规范和 瑞士工程师建筑师协会标准 SIA2040
- U 值/可见光透射率 (VLT)

- 热回收/空气处理机组/AC
- 地热通风系统 Earth Tube System

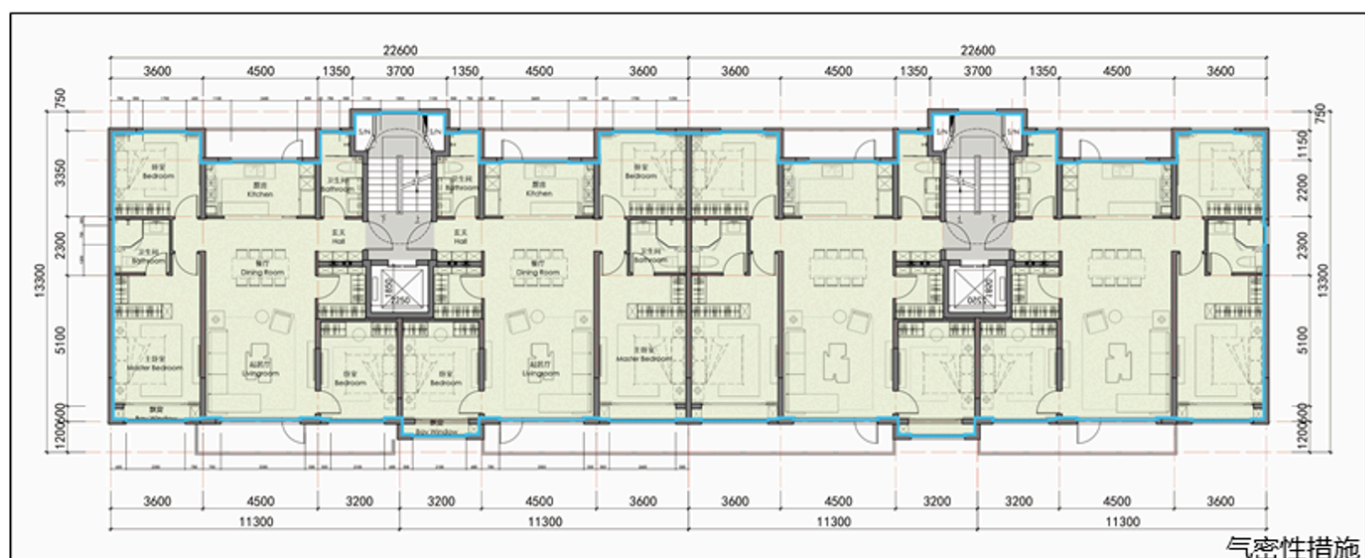
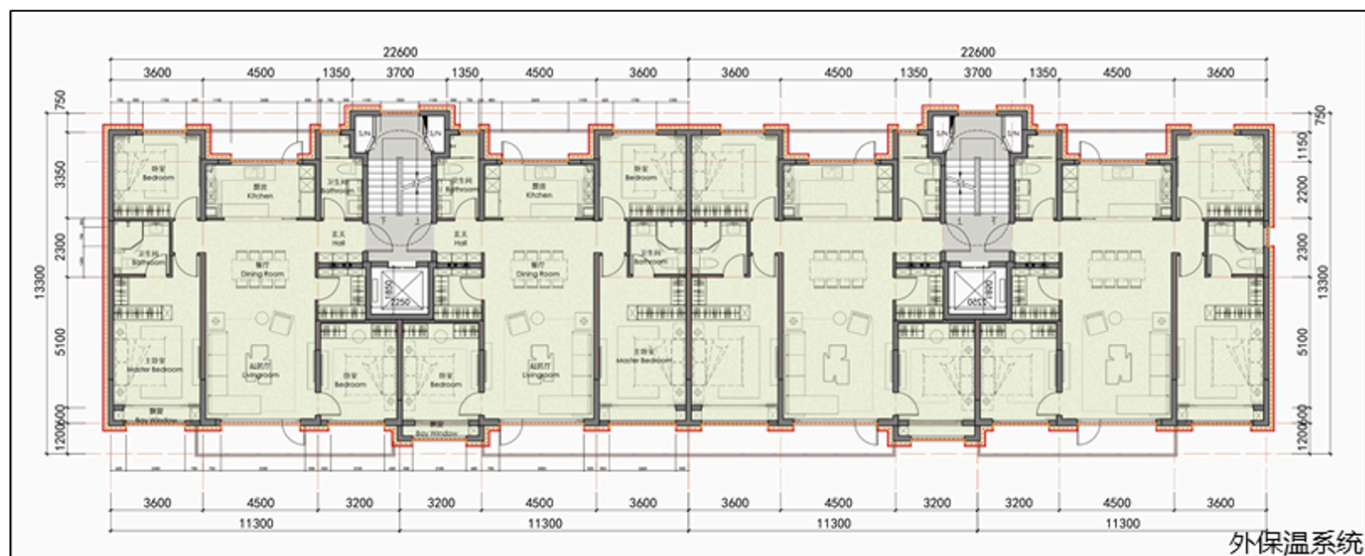
其他更多合作

- 制定、共享和展示零碳建筑责任手册
- 通过微信、电话、邮件定期交流讨论
- 施工现场实地考察及技术交流
- 关于各种零碳建筑主题的公开和内部讲座
- 有关零碳建筑政策、法规、标准、概念和技术等的宣传册
- 年度近零能耗全国大会、中瑞零碳建筑产学研合作论坛等活动交流研讨



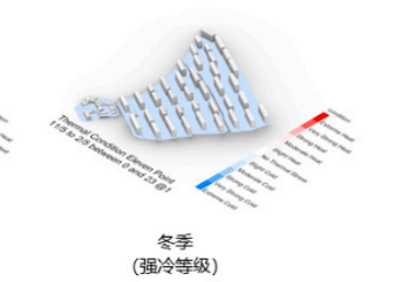
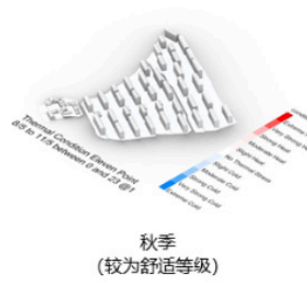
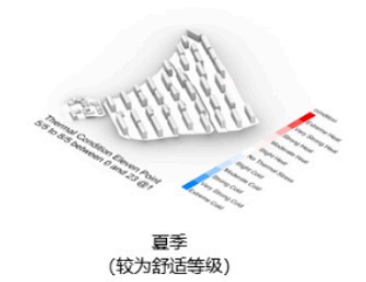
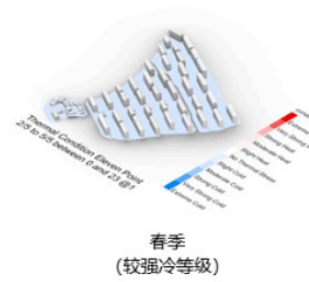
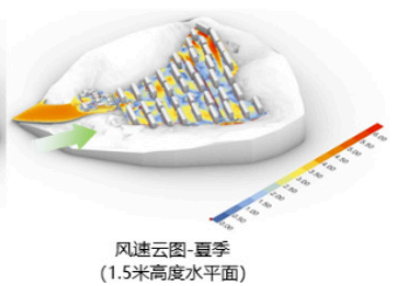
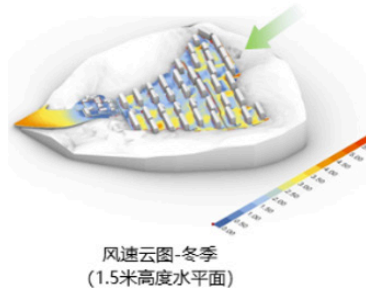
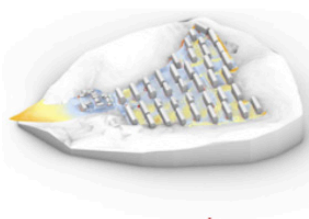
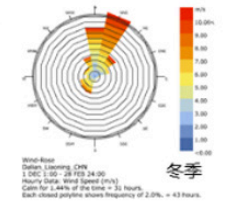
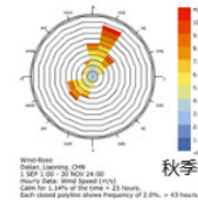
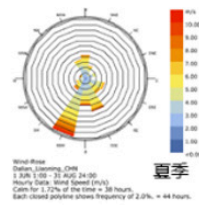
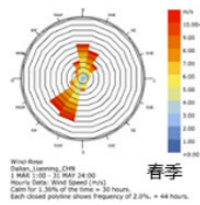
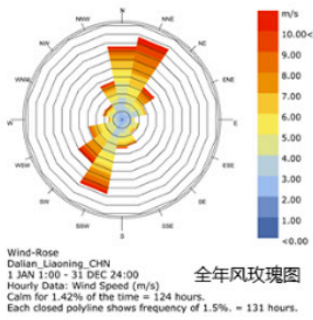
附录 1.

典型单体外保温系统与气密性措施



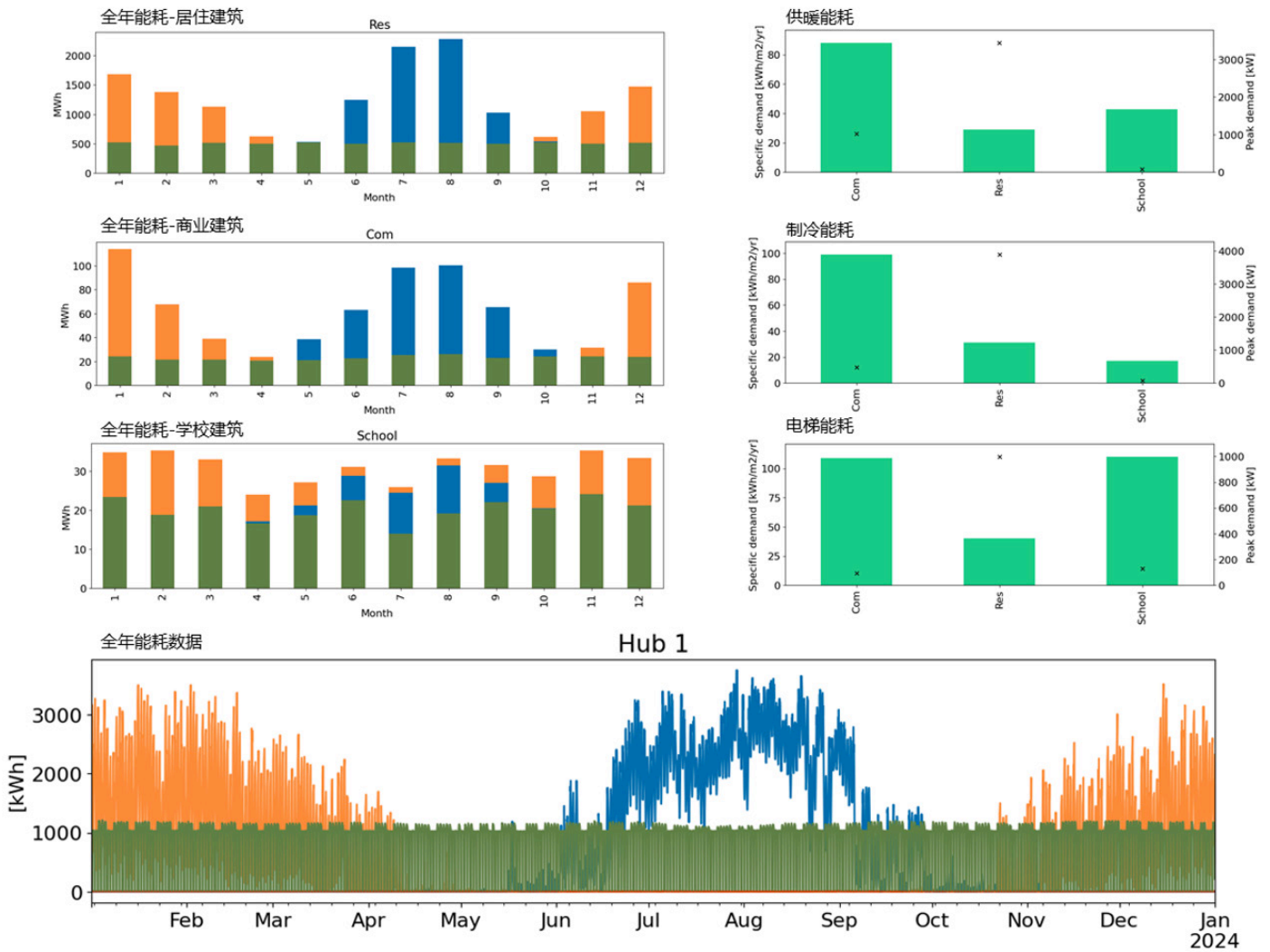
附录 2.

场地气候环境分析





附录 3. 能耗模拟数据



附录 4.

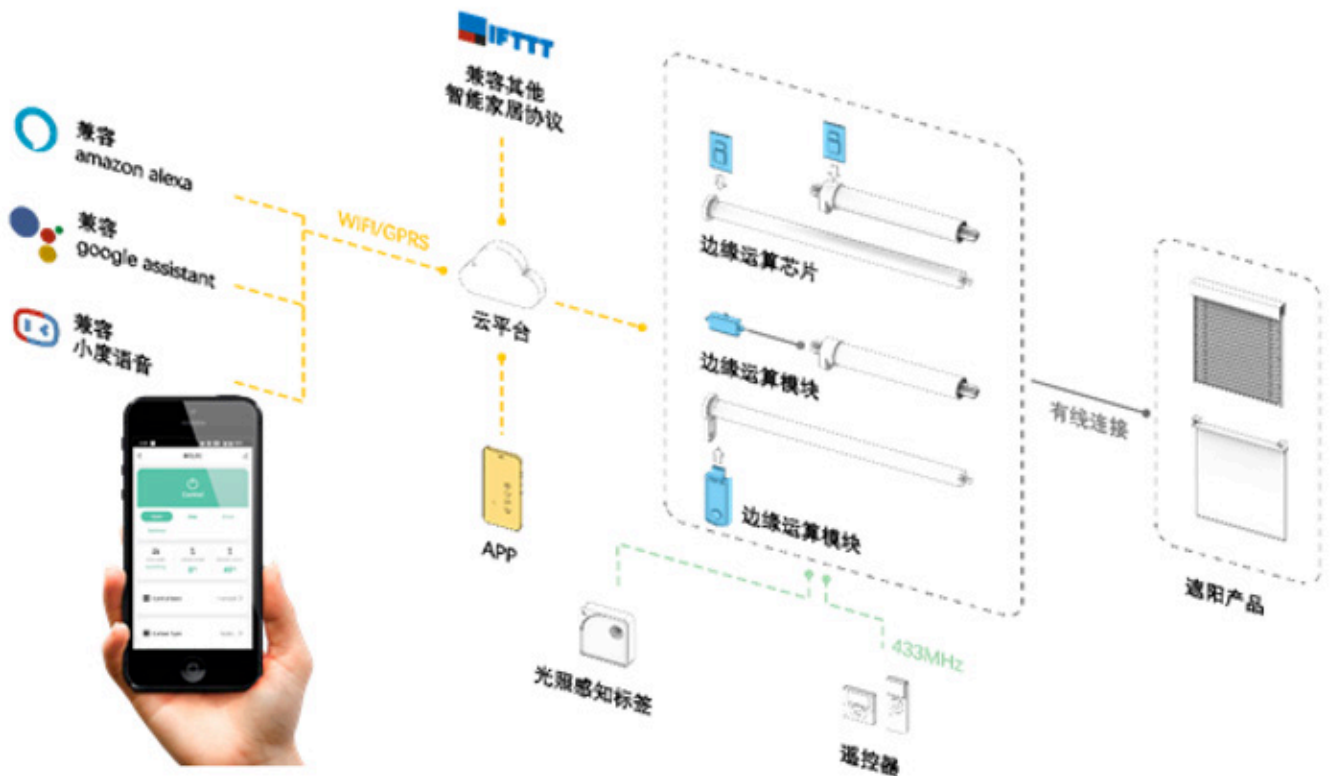
冷热源系统与末端、新风系统、生活热水系统





附录 5. 智慧运维系统

智慧控制系统



智慧管理平台





让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep

skat