



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

泰兴市开发区自来水厂二期综合楼

中文版



2024年3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、王昕昱 | 瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
Wesley Wojtas | 瑞士Skat咨询公司

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
任军 | 天津天友建筑设计股份有限公司

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队



引用格式:

路枫, Wesley Wojtas, Roland Stulz, 朱继龙, 王昕昱. 泰兴市开发区自来水厂二期综合楼: 《中瑞零碳建筑项目示范工程项目报告》[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: 泰兴市开发区自来水厂二期综合楼

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	8
4.	项目成果	10
5.	经验总结	10

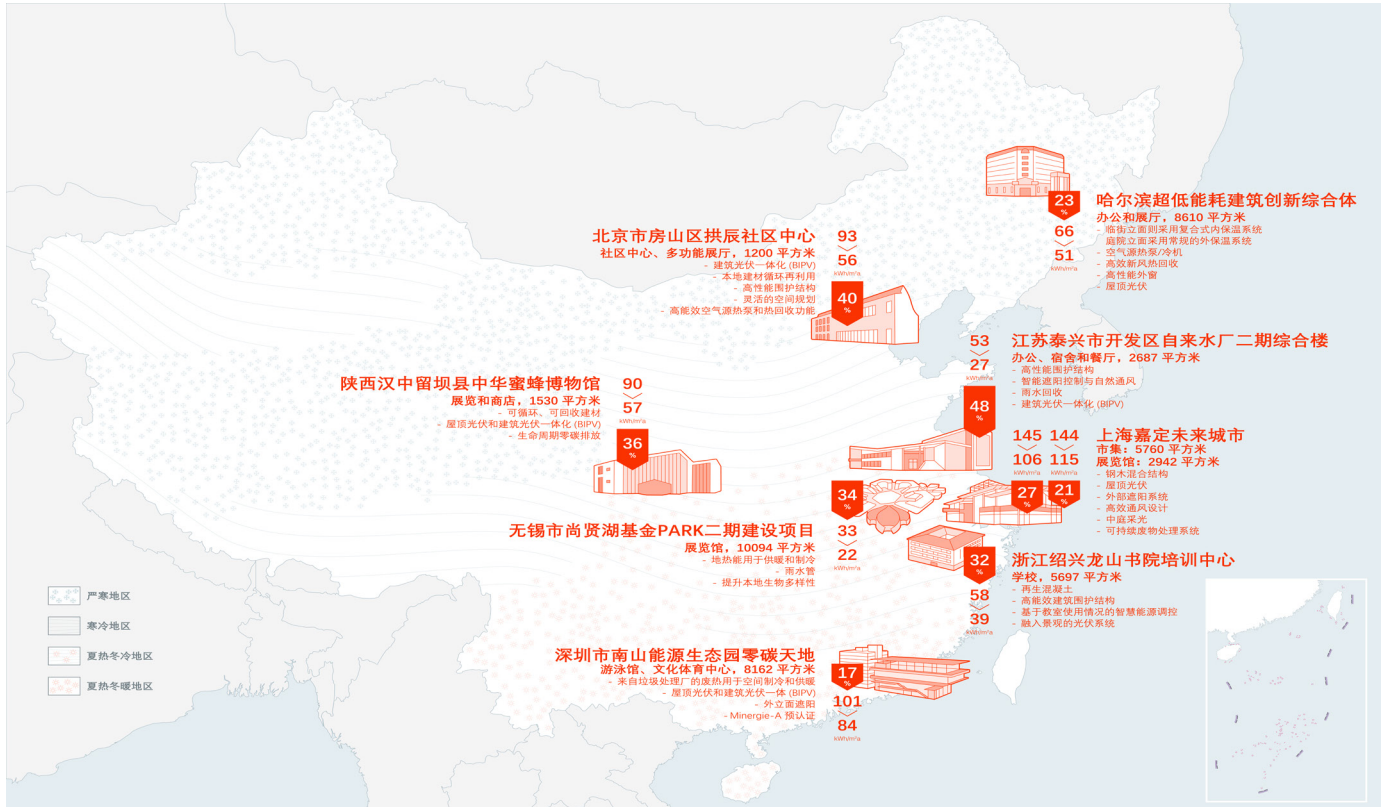


图 零碳建筑示范项目分布图。共八个项目，覆盖四个气候区 (图片来源:瑞士EBP咨询)



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 术,支持中国制定零碳建筑技术标准和建筑行业中长期碳减排路线图,并在不同气候区建设零碳建筑示范工程,同时开展多种形式的能力建设活动,最终推动中国建筑行业的碳中和发展。

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

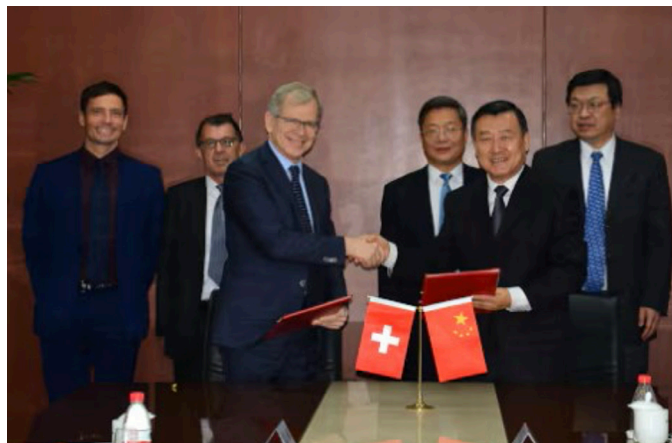


图1 瑞士驻华大使贝尔纳迪诺·雷加佐尼 (Bernardino Regazzoni) 于 2020 年 11 月 24 日会见中国住房和城乡建设部副部长倪虹并签署合作备忘录 (来源: 瑞士驻北京大使馆)

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的工作方式,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 - 2025年11月

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

中瑞专家在评选该项目成为中瑞零碳建筑示范工程时一致认为:

设计优化、技术改进以及减排潜力:

- 这是一个设计手法扎实且经过深思熟虑的项目,具有较强的可复制性。基于现有的优异的能源设计方案,该项目无疑可以得到进一步优化。
- 尽管计划于2023年4月开始建设,规划团队仍表达了其灵活性和可能性,表示可以调整施工进度,以接纳瑞士的意见。
- 具备在屋顶和立面上设计集成式太阳能光伏系统和遮阳设备的可能性。
- 贯穿建筑中庭和各部分建筑体量的走廊和开窗促进空气循环流动。
- 在选择低碳材料和预制构件的过程中考虑到了建材的隐含能耗和碳排放。
- 建筑体量和建筑形体(无论是建筑整体还是单个建筑单元)可以设计得更加紧凑,以避免出现过多的冷热桥。

瑞士专家可提供的改进建议:

- 针对建筑体量和建筑形体的紧凑性可提出优化建议,特别由在零碳建筑设计方面具有丰富经验的瑞士建筑师提供专业咨询服务。
- 优化建筑能源设计方案的设计选型和组合方式
- 可针对能耗计算和碳排放计算的精确性提供支持,特别是通过瑞士零碳建筑标准制定和能耗模拟计算专家提供的专业咨询服务和全过程追踪服务。
- 可针对材料选择和循环建造理念提供建议,以减低隐含能耗和隐含碳排放。



2. 项目初始状态

2.1. 项目组织规划

2022年3月,江苏省泰兴市开发区自来水厂二期综合楼被选中瑞零碳建筑(ZEB)项目第二批示范工程之一。该项目是由中国住房和城乡建设部和瑞士发展合作署发起的部级国际合作项目。项目于2023年4月启动,计划于2025年6月竣工。

业主

中建生态环境集团有限公司

主创设计团队

天津市天友建筑设计股份有限公司

中瑞零碳建筑国际联合咨询团队

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

2.2. 项目概况

地点

江苏省泰兴市(气候区:夏热冬冷地区;太阳能资

源区:III) 夏季闷热,冬季寒冷干燥,阳光充足,典型的梅雨季节

建筑类型

新建项目

功能类型

混合功能(办公、宿舍和食堂)

建筑面积

- 占地面积: 1347.66 平方米
- 建筑面积: 2687.35 平方米
- 建筑高度: 16.65m (地上三层)

投资成本

1900 万人民币

能源参考面积

2687.35 平方米

项目时间

- 开工时间: 2023 年 4 月
- 竣工时间: 2025 年 6 月

建筑设计亮点

(参见附件中的A.1 平面图)



图2 项目位于开发区水处理厂地块(图片来源:项目介绍 2023.01.10,天津市天友建筑设计股份有限公司)

该建筑作为综合楼, 功能包含办公、宿舍和食堂

能源概念方案亮点

(见附件 A.2 中的能源方案图)

- 外墙采用建筑一体化光伏系统 (BIPV), 屋顶采用光伏系统
- 建筑供暖和制冷采用 VRF 空调系统
- 采用多种水处理技术进行水资源管理
- 采用楼宇智能控制系统

其他可持续设计理念

- 遮阳和隔热: 通过设置大阳台和水平遮阳板减少热辐射。
- 通过被动式通风实现自然冷却

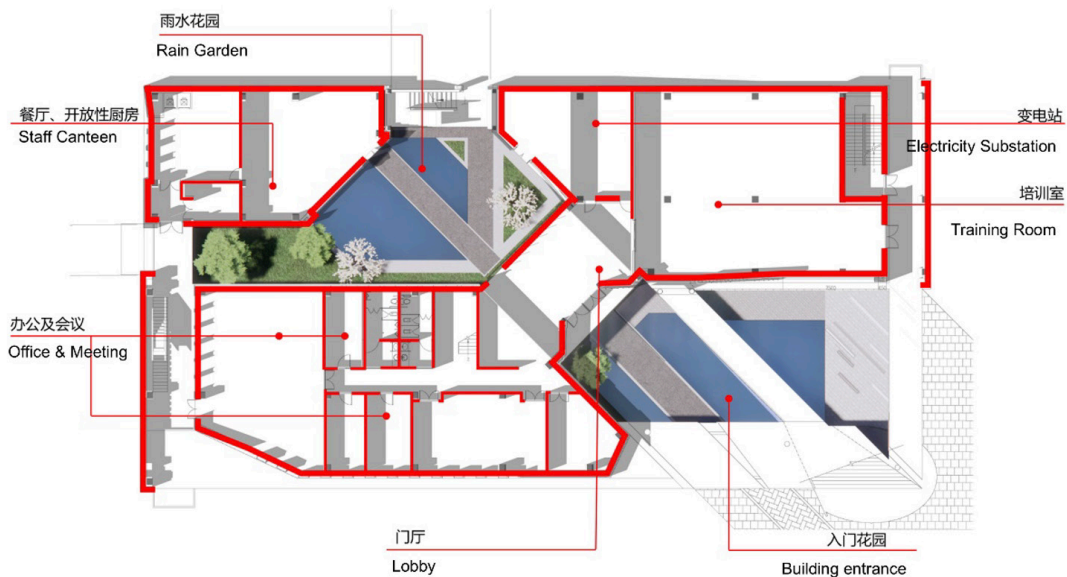


图3 建筑功能分区 (图片来源:项目介绍 2023.01.10, 天津市天友建筑设计股份有限公司)

6. BIPV 光伏建筑一体化

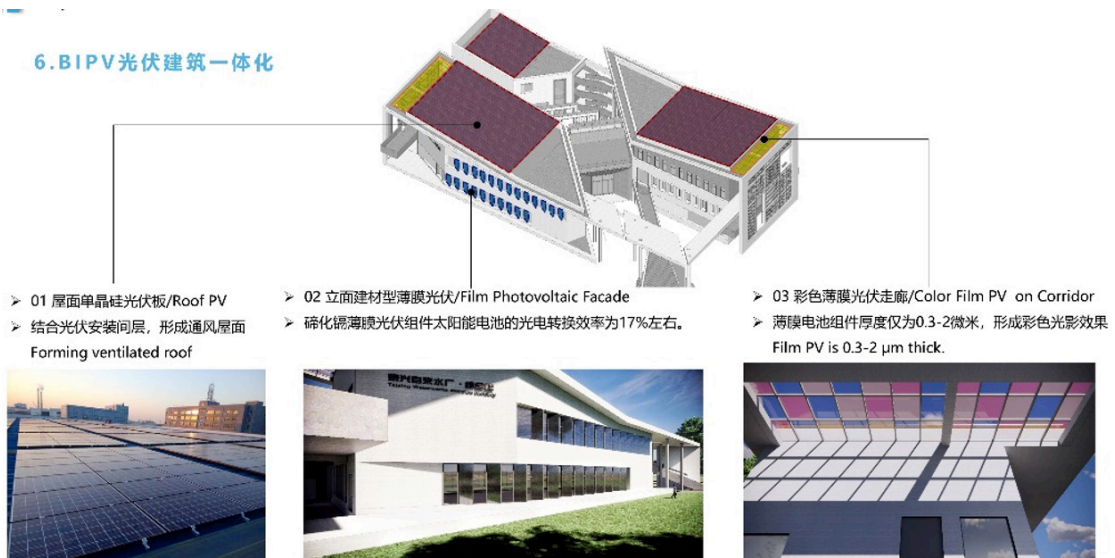


图4 屋顶光伏系统, 以及外墙部分的建筑一体化光伏系统 (BIPV)



水处理技术



图5 水处理技术

从能源、环境、碳排放、人员、用水、照明、设备等多方面应用智能化技术，保障零碳建筑平稳有效运行。
Base on monitoring & controlling of energy, environment, carbon emissions, personnel, water, lighting, equipment and other



统一的低碳综合管理平台/low-carbon integrated management platform



全方位节能降碳智能化措施/energy-saving&carbon reduction intelligent measures

目标与内容

- I. 围绕节能降碳，重点关注设置能源、环境和碳排放一体化监测系统；
- II. 全方位展示项目零碳关键技术；
- III. 综合展示项目零碳运营效果，包括碳排放量、减碳量、中和量等；
- IV. 用水计量，人员活动监测；
- V. 照明与建筑设备优化控制，分散系统集中运营，与行为节能相结合。

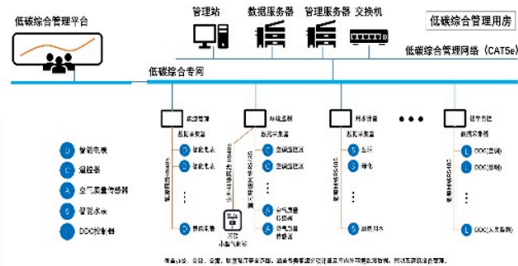
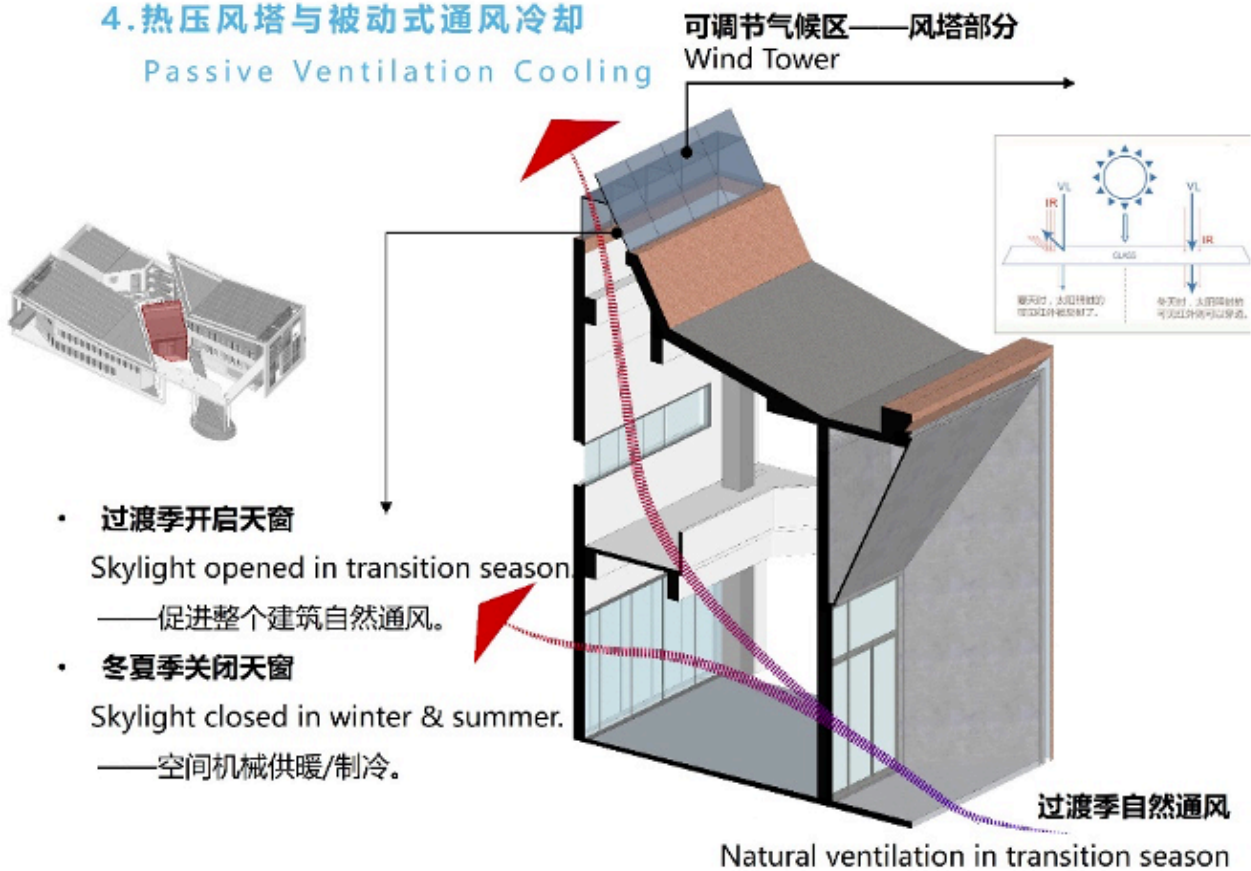


图6 智能楼宇控制系统



图7 自然采光及遮阳构件

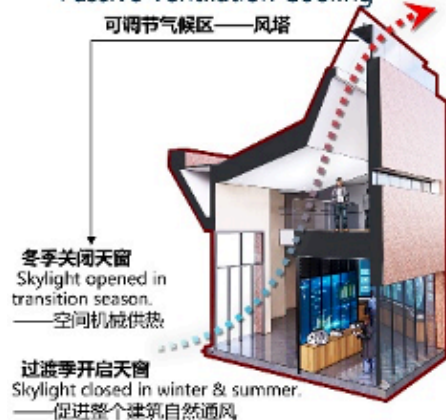
4. 热压风塔与被动式通风冷却 Passive Ventilation Cooling



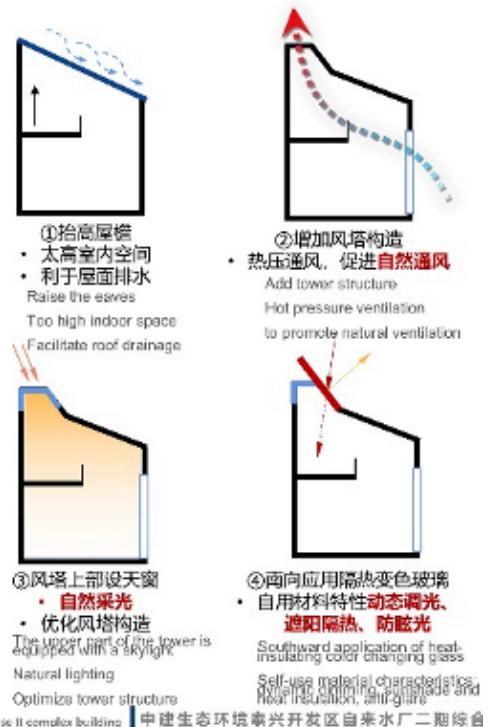
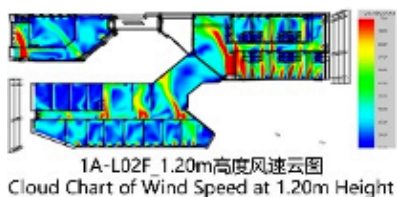
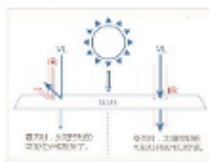
被动形体 Form generation

被动式设计

4. 热压风塔与被动式通风冷却 Passive Ventilation Cooling



► 隔热变色玻璃
Heat Insulating Discolored Glass
——“被动遮阳”具有**动态调光、遮阳隔热、防眩光**等功能。在实现热压通风的同时保证了遮阳隔热的均衡性。
——Dynamic Dimming, Sunshade, Insulation, Antiglare.



Taking Development Zone natural Water Plant Phase II complex building | 中建生态环境泰兴开发区自来水厂二期综合

图8 被动式通风自然冷却



3. 中瑞合作

3.1. 有关项目设计团队

天友建筑是中国国内以可持续建筑为特色的综合民用建筑设计机构，本项目设计团队由天友建筑近零能耗建筑研究院院长任军博士团队负责设计。近零能耗建筑研究院是国内领先的绿色低碳建筑设计团队，在生态城市、绿色建筑、超低能耗建筑、近零能耗建筑、零碳建筑、产能建筑等领域均有优秀的设计实践经验，项目涵盖了绿色办公、绿色校园、绿色乡村、绿色改造等多种建筑类型，荣获亚洲建筑师协会可持续建筑金奖等数十项国内外绿色设计奖项，并参编了大量绿色、低碳建筑行业标准。

3.2. 项目总体初评

总体印象

该项目经过精心设计，具备许多出色且巧妙的设计特点，最显著的设计理念是如何将建筑物更好地与周边的城市供水处理设施融合，这意味着利用场地内的水资源输配系统来提升建筑物的用能效率（供暖、制冷和供电）。充分利用这些能源资源将进一步凸显这一零碳建筑示范项目的“示范效应”。值得一提的是，设计探讨了中国江南水乡建筑传统绿色技术在当代的转译和应用，通过优秀的建筑设计和亲人的建筑品质，展现了建筑与自然融合的设计理念：水、风、景观。此外还涵盖了水资源管理、废水处理、雨水回收和厨余垃圾处理等多方面的设计思路。

3.3. 初步讨论与优化方案

在与示范项目设计团队进行充分交流与沟通后，瑞士团队提供了一系列意见和建议（见 RTIS 快速技术反馈建议、网络研讨会、线下研讨会和项目协调会等）：

- 针对建筑材料的隐含能耗和隐含碳排放评估，需要提供相关建筑材料的详细数据和信息
- 建议使用 U 值约为 0.8 的三层玻璃窗
- 设计方案采用固定式挑檐设计为窗户遮阳构件，建议进一步评估是否需要额外增设活动式外遮阳构件（遮阳百叶）以防止眩光。
- 自然通风的有效性是该建筑的核心设计理念，并且对后期运营效果有决定性作用，因此建议设计

团队进行风环境模拟，深入研究和分析建筑风环境。

- 建议将物业设施管理进行前置设计，即在规划设计阶段和施工建设阶段开展相关工作并融入建筑设计方案中
- 建议采用瑞方 RTIS (快速技术反馈建议) 推荐的高性能门窗产品

3.4. 示范项目团队的反馈与方案优化

在收到瑞士团队的初步建议后，示范工程团队做出了以下反馈：

- 将通过风模拟软件进一步分析优化建筑风环境
- 将物业设施管理方案进行前置设计
- 采用 RTIS 推荐的高性能门窗

3.5. 瑞方补充建议

- 建议采用回收建筑材料制作百叶窗，作为外遮阳和防眩光构件
- 建议将周边水处理厂的水作为热泵设备的冷热源（可能直接作为自然冷却），即水源热泵，而不是常规的空气源热泵。
- 优化光伏发电使用效率，将发电电量直接本地消纳。就目前的设计阶段而言，建议进一步明确储电设备的容量（电动汽车储能）以及可能的其他额外储电设备容量（例如蓄电池设备等）。同时应考虑将多余电量用于周边建筑用电。
- 推荐示范项目团队了解来自瑞士联邦水资源科学与技术研究所 (Eawag) 开发的分离式无混合厕卫系统 (No-Mix Toilet System)。

3.6. 中瑞交流基础上的进一步改进潜力

此项目是水处理厂的附属项目，示范项目团队希望能将水处理技术与建筑设计特点相结合，因此希望瑞士方面能进一步提供瑞士类似项目作为代表性案例参考和改进建议。中瑞双方专家对项目进展、设计思路、实现零碳所面临的挑战以及瑞方可提供的技术支持等方面进行了深入探讨。讨论主要涵盖了利用自来水厂作为水源热泵热源的可行性、温控变色玻璃材料、水循环利用、风廊自然通风、分布式暖通空调系统以及中庭水景降温等。最终在深化改进中明确了储能技术的应用及蓄电池容量的合理设计。

3.7. 能耗计算

- 优化方案能耗模拟计算结果: (2024年6月)
 - 基准建筑: 52.66 kWh/(m²·a)
 - 设计建筑: 27.18 kWh/(m²·a)
 - 能源需求总量: 63,674.59 kWh
 - 光伏系统发电量: 89,772.26 kWh 或 38.32 kWh/(m²·a)
- 碳排放强度指标 (运营阶段): 0 kg/(m²·a)

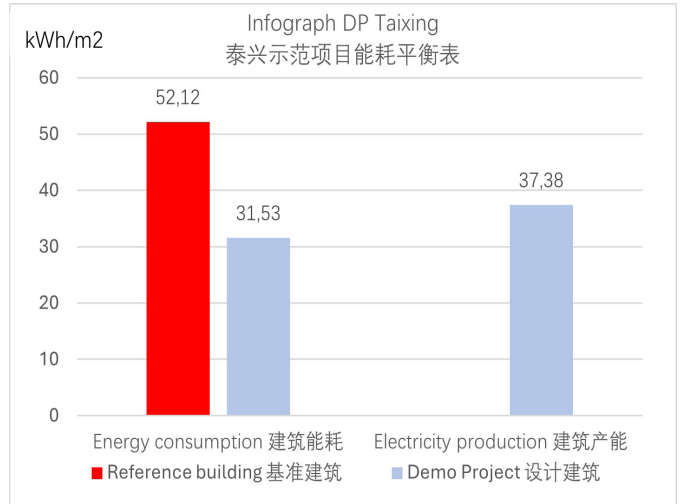


图9 计算后与基准建筑相比较 (图片来源:中瑞零碳建筑项目团队)

剖面原则 Section principle

- 沿主导风向划分形体, 形成风廊
- Divide the shape along the dominant wind direction to form a wind corridor
- 半围合式布局, 形成微气候, 舒适度
- Semi-closed layout, forming microclimate and comfort
- 置入通风塔, 行成气候缓冲区。
- Put it into the ventilation tower to form a climate buffer zone.
- 增设风塔上增设屋面天窗, 改善内区采光效果
- Add roof skylights on the tower to improve the lighting effect in the inner area
- 屋顶延伸形成二层自遮阳挑檐, 同时增大光伏铺设面积;
- The roof extends to form a two-layer self-shading cornice, while increasing the photovoltaic laying area;
- 光伏一体化遮阳
- Photovoltaic integrated sunshade
- 东西向外扩形成冷风巷及隔热墙, 降低夏季制冷负荷
- Expanding from east to west to form cold air lane and thermal insulation wall, reducing cooling load in summer

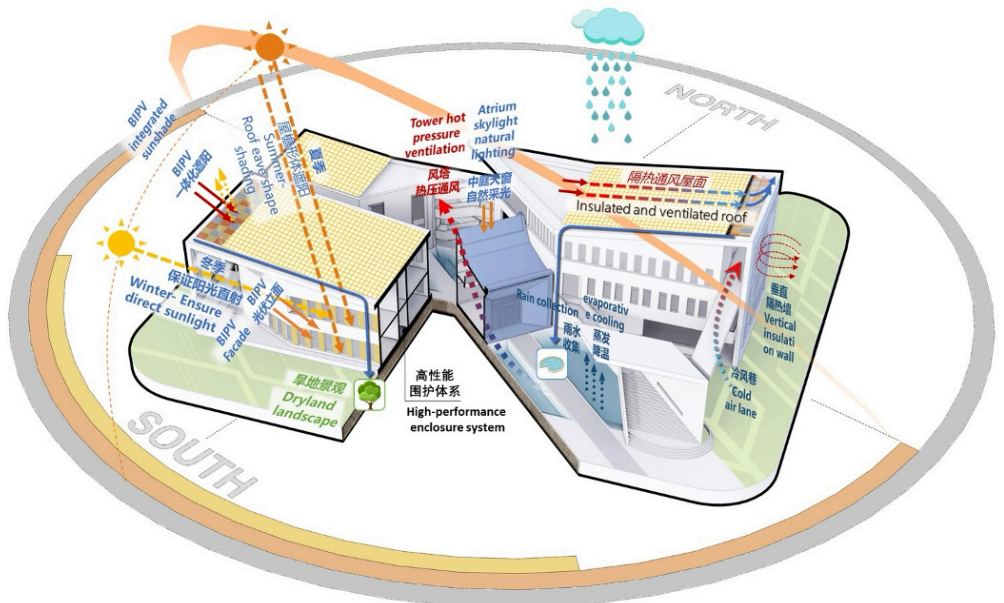


图10 零碳设计创意视图



4. 项目成果

4.1. 示范工程方评语

项目主创建筑师 任军建筑师 天友建筑设计股份有限公司

我们希望泰兴水厂项目从地域气候出发，并将零碳技术与江南传统民居节能理念转译融合，兼具当代技术和地域文化的零碳建筑。

项目能源顾问 刘冰先生 天友建筑设计股份有限公司刘冰先生

泰兴水厂项目的能源方案从快速精准适应建筑负荷变化出发，选择变频变制冷剂流量热泵系统，实现了高效、低碳与环保。

投资方 张浩先生 中建生态环境集团有限公司

零排放建筑项目显著降低了全生命周期的碳足迹，正引领着未来建设的新方向，其对新兴市场机遇的敏锐捕捉以及对可持续发展影响的重视，为投资人开辟了兼具经济效益与社会责任的新视野，是新时代投资版图中的蓝海领域。

4.2. 确认该项目成为零碳建筑示范工程

我们确认该项目达到零碳建筑标准中对于「零碳建筑」的相关规定和目标，特别是在运营阶段能实现碳排放为零的目标。

同时，我们认可该项目在设计和施工过程中充分考虑了建筑全生命周期的碳排放，能做到尽力减少建筑全生命周期中的隐含碳排放。

5. 经验总结

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示范建筑项目团队之间密切、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，瑞士团队可以与中方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

示范工程以夏热冬冷气候区的核心零碳建筑策略为指引，运用绿色设计理念，提炼出隔热、通风、遮阳以及新风热回收高效能源系统四大核心要素。在外墙、屋顶及天窗部位，采用了先进的立面建材级薄膜光伏和屋顶光伏技术，以高效利用可再生能源，提升建筑能效。

庭院与开放式走廊的巧妙设计，为建筑群提供了自然的通风与采光，营造出舒适宜人的室内环境。同时，项目还采用了可回收建筑材料的外部百叶窗板，有效防止阳光直射和强光侵扰，既环保又实用。

此外，该示范工程还结合建筑入口空间设置了水院，利用污水处理装置和雨水链，将建筑屋面的雨水收集到雨水收集池中。经过净化机处理的雨水，还被用于水景展示装置，实现技术与艺术的完美融合以及水资源的循环利用。

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

- 线下研讨会和现场考察
- 楼宇自动化与智能控制技术会议

中瑞零碳建筑项目首批示范工程联合专家研讨会

- 零碳建筑职责手册
- 循环建造
- 木结构防火安全
- 设施管理和零碳排放运营
- 零碳园区
- 计算流体动力学 (CFD) 模拟
- 绿植与光伏
- 瑞士技术和瑞士产品

有关以下内容的快速技术反馈

- 建筑光伏一体化 (BIPV) 解决方案, 包括立面光伏和光伏瓦, 以及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
- 遮阳系统及遮阳产品
- 绿植和光伏

技术问答和其他技术交流

- 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
- 在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中进行交流和讨论

为此项目量身定制的咨询活动有

- 启动研讨会, 2023 年 3 月
- 北京线下工作坊, 2024 年 4 月 17 日

- 规划和建设期间的设施管理瑞士经验, 2023 年 6 月
- Daniel Kellenberger 教授 (FHNW) 关于零排放区域, 2023 年 7 月
- Pierre Jaboyedoff 教授 (Effin' Art Sàrl) 关于计算流体动力学 (CFD) 模拟, 2023 年 7 月
- G. Settembrini 教授 (HSLU) 关于绿色光伏, 2023 年 7 月
- Diego Salmeron 先生 (SGB) 关于瑞士技术和产品, 2023 年 8 月
- Shanshan Hsieh 博士关于 E-Hub, 2023 年 10 月
- 迅达公司关于高效电梯, 2023 年 10 月
- Willers 公司关于光伏和电池存储, 2023 年 11 月
- Anex 公司关于低能量网络, 2023 年 11 月
- Adrian Altenburger 关于复合通风系统, 2024 年 1 月

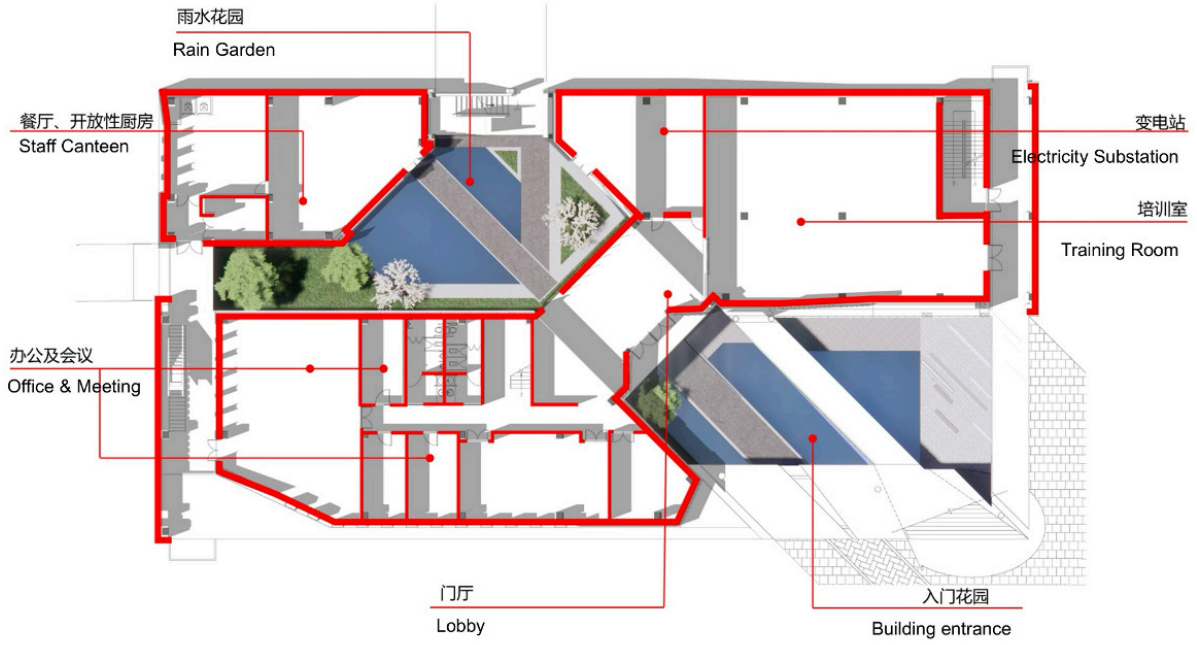


图11 2024.04.17 在北京举行的现场技术交流会

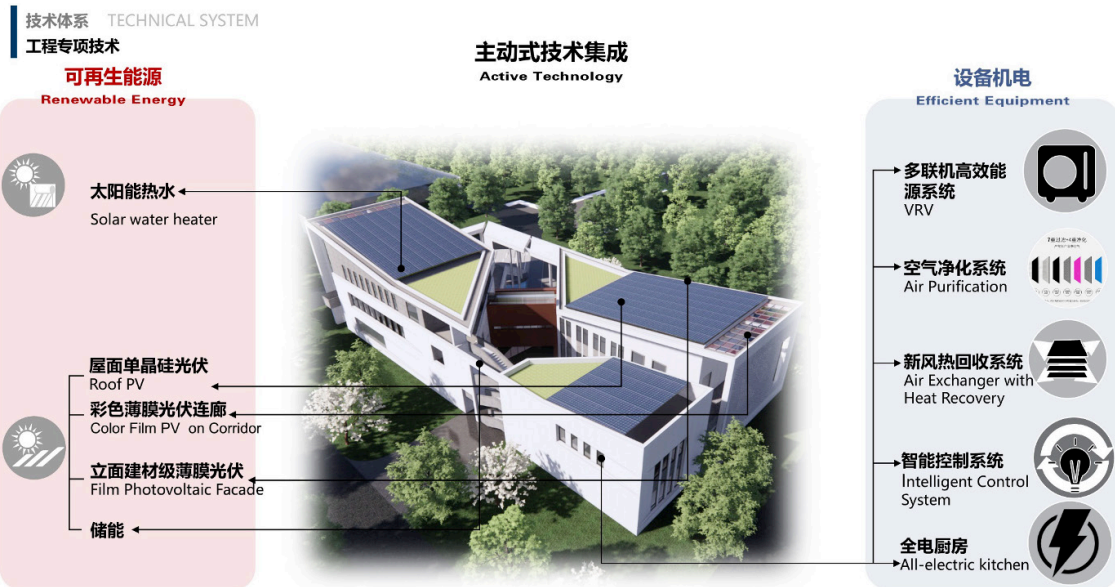
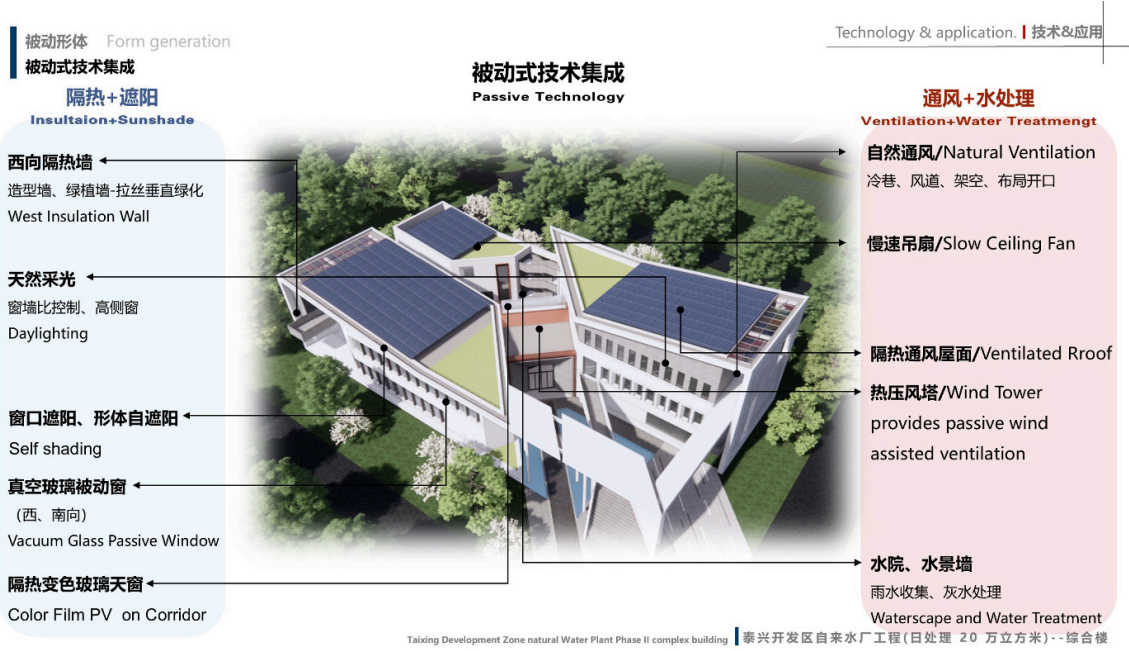


附录 1. 楼层平面图

一楼平面图

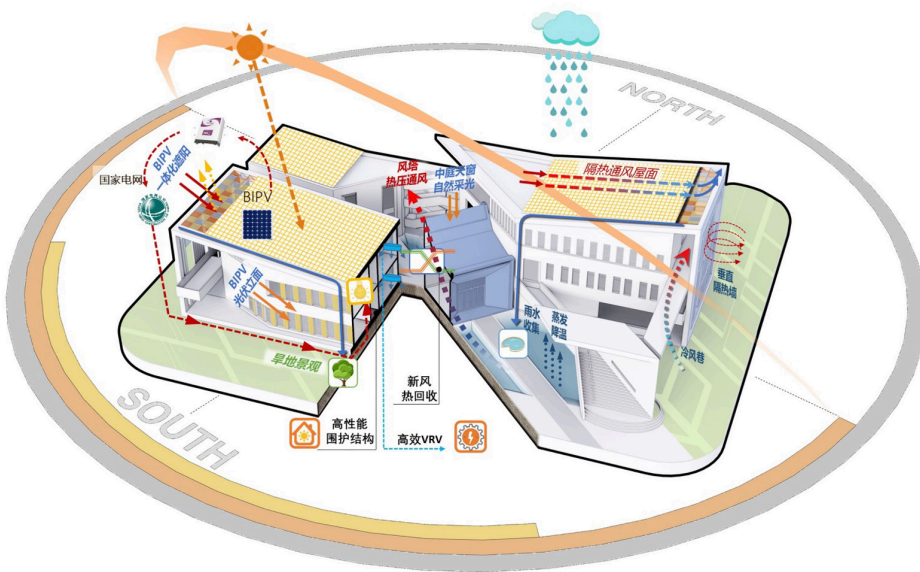


附录 2. 能源概念/方案原理





技术体系 TECHNICAL SYSTEM
技术集成体系



被动式节能技术体系

Passive energy-saving technology system

- 高性能围护体系
- High-performance enclosure system
- 天窗采光
- Skylight lighting
- 被动冷却+通风塔
- Passive cooling+ventilation tower
- 雨水收集&海绵景观
- Rainwater collection&sponge landscape
- 装配式钢结构
- Fabricated steel structure
- 达标结论设计方法
- Design method of reaching the

主动式节能技术体系

Active energy-saving technology system

- 多联式空调 (热泵) 机组
- Multi-connected air conditioning
- (heat pump) unit
- 新风热回收系统 $\geq 75\%$
- Fresh air heat recovery system $\geq 75\%$
- 能耗监测与展示系统
- Energy consumption monitoring and
- display system
- 节能照明
- Energy-saving lighting
- 全电厨房
- Fully Electric Kitchen

可再生能源利用

- Renewable energy utilization
- 太阳能光伏
- Solar PV
- 储能
- Energy storage



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