



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

深圳市南山能源生态园零碳天地

中文版



2024年7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
于天赤、郑懿 | 建学建筑与工程设计有限公司

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, 王昕昱. 深圳市南山能源生态园零碳天地: 《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: 深圳市南山能源生态园零碳天地

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	7
4.	项目成果	10
5.	经验总结	11

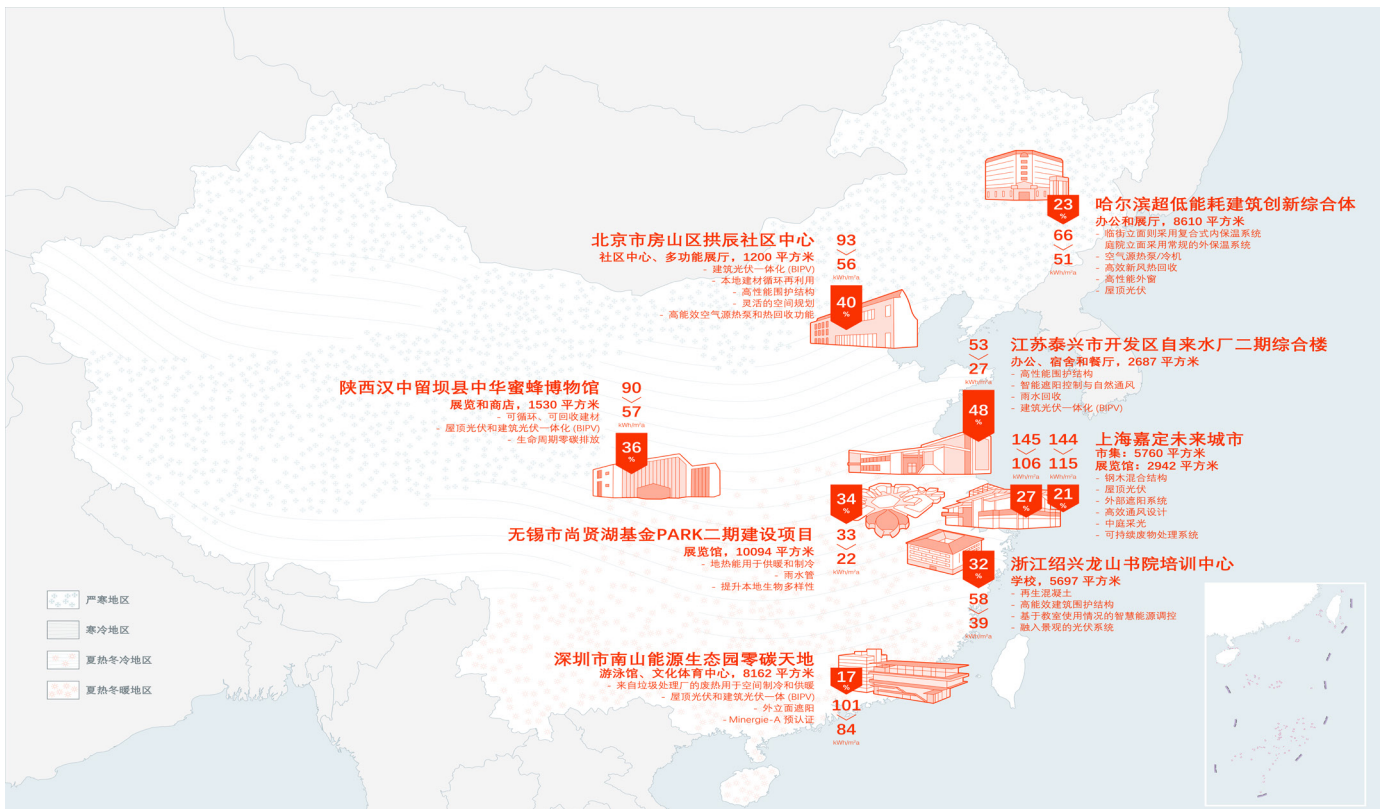


图 零碳建筑示范项目分布图。共八个项目，覆盖四个气候区 (图片来源: 瑞士EBP咨询)。



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

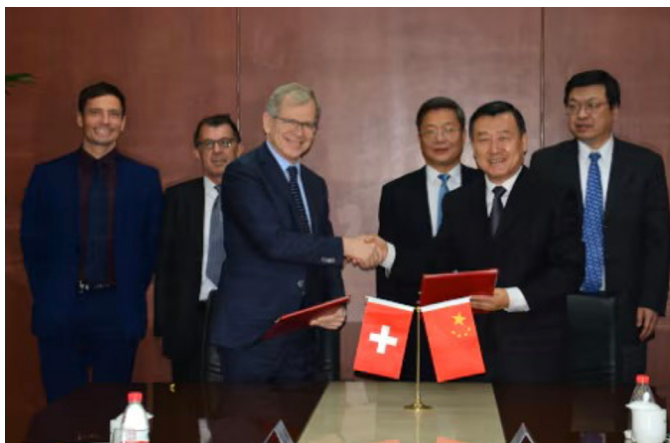


图1 瑞士驻华大使贝尔纳迪诺·雷加佐尼 (Bernardino Regazzoni) 于2020年11月24日会见中国住房和城乡建设部副部长倪虹并签署合作备忘录 (来源: 瑞士驻北京大使馆)

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、RTIP、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,透明的信息交流非常有助于确定项目的可行性。

项目持续时间

2021 年 5 月 - 待定(项目已于2024年春开始施工)

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:

- 该项目位于深圳,深圳市政府具有良好的有利零碳建筑发展呢的政治意愿和参与度。
- 该项目在初期已显现能得到了私人和公共决策者的大力支持。
- 该项目在初期已经完全被相关决策者作为标志性建筑“标记”,他们对其品质和能耗表现抱有很高的期望。
- 看似有大量资金可用于将该建筑打造成绿色,高品质的灯塔建筑。
- 该项目正处于瑞方专家给与建议的良好阶段。
- 项目中已设计基本的零碳建筑元素。
- 该项目具有地标性特征,一些零碳建筑技术解决方案(例如在建筑物中使用清洁能源)将会非常有意义。原则上这些措施可以在所有气候带和不同用途中复制。
- 然而,即使中国有许多垃圾焚烧厂可以效仿这里的解决方案,但许多垃圾焚烧厂。
- 可能不会位于高品位游泳设施附近。而在这个项目中,游泳馆建筑利用垃圾焚烧站所产生的废热则是最佳选择。
- 考虑到该项目设计手法上在方案阶段已体现的突出表现,我们预估它今后作为零碳建筑示

范工程的知名度可能会非常高。

- 从用途上看这是选中示范工程中唯一的公共建筑/体育设施。
- 建筑所处气候区也是所有示范工程中唯一的夏热冬暖气候区。
- 我们建议在这个项目进展中必须讨论系统边界。因为原则上,垃圾焚烧产生的能源应用于整个地区,而不是单个建筑物。CO₂ 减排潜力取决于哪个 CO₂ 因子用于计算产能。这可以从科学上或政治上进行定义。
- 从该零碳建筑示范意义上看,直接受益者(访客)的人数可能较多。
- 该项目为政府资助公益性项目。
- 目前获取项目数据的可能性很令人乐观。
- 该项目具有灯塔项目的经典特征:知名度高、建筑造型有吸引力、公共使用和融资以及政治支持。它还有助于解答有关零碳建筑技术标准应用中可能遇到的一些重要问题,例如定义系统边界、二氧化碳因子、能源价格等。



2. 项目初始状态

2.1. 项目组织规划

2022 年 3 月,“深圳市南山能源生态园零碳天地”被选中瑞零碳建筑项目首批示范项目之一。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长级国际合作项目。项目于 2024 年 3 月启动,计划在 2025 年完成建设。

投资团队

深圳市能源环保股份有限公司

设计团队

建学建筑与工程设计所有限公司

当地近零能耗顾问

住建部科技与产业发展促进中心、北京康居认证中心有限公司

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

中国深圳(夏热冬暖;太阳辐照量等级:IV 级)

建筑面积

建筑能耗参考面积: 8162.18 m²

建筑设计亮点

(见附件A.1 图纸)

建筑功能

文体中心(包括零碳展厅、会议中心、健身中心、乒乓球室、8 泳道游泳池)

能源方案设计

(详见附件中的示意图)

- 利用垃圾焚烧发电厂废热蒸汽,在项目中多场景的余热梯级利用。夏季溴化锂空调制冷与除湿,冬季泳池恒温水加热。

- 利用深圳太阳高度角比较高的特点,将屋顶光伏设置东、西、南、北 8°倾角,使得光伏与大海连为一片,营造一副“海边波光”的浪漫图画。建筑西立面水幕后方设置碲化镉发电玻璃幕墙,南、北立面设置橙色碲化镉发电幕墙,东立面设置碲化镉发电栏板。

其他可持续发展理念

- 深圳市南山能源生态园每日可以处理南山区全部生活垃圾,对于改善城市环境、减少城市碳排放起到重大作用。垃圾焚烧后产生的热及炉渣,使用循环水进行冷却,将电厂的“三废”(废汽、废水、废渣)高效地再利用,是本项目重要的技术创新。
- 西入口广场,保留了场地内 2 棵芒果树与 1 棵大榕树,既留住了自然生态也留住了场所的记忆;结合大树和水幕设计营造一处别有洞天的自然环境。24 小时对外开放的屋顶零碳公园即可观无限的大海,同时提供市民活动场地,又是现代光伏艺术的展示平台。南北立面多级立体绿化,将绿植从地面引向空中,引向小南山,建筑与自然共生,打造一幅“前海山居图”,零能友邻,别样自然。
- 针对深圳地区“湿、热、闷”的气候特征,以及场地环境噪音干扰较大的情况,在建筑的南侧、北侧设置交通空间与屋顶光伏的气候缓冲层。
- 在首层大堂外和四层游泳馆西侧玻璃上,采用了 0.5cm 的水膜,经过设计模拟,降低了玻璃外表面的温度,从而减少游泳馆空调负荷。
- 西立面外挑 12.8m 的挑檐,对下部空间起到了遮阳的效果;建筑南、北立面设计多层次外挑平台,并种植立体绿化,既起到遮阳的效果,又柔化了建筑。建筑立面超过 25%的绿视率,给人带来了观感的愉悦。



图2 项目所在位置 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)

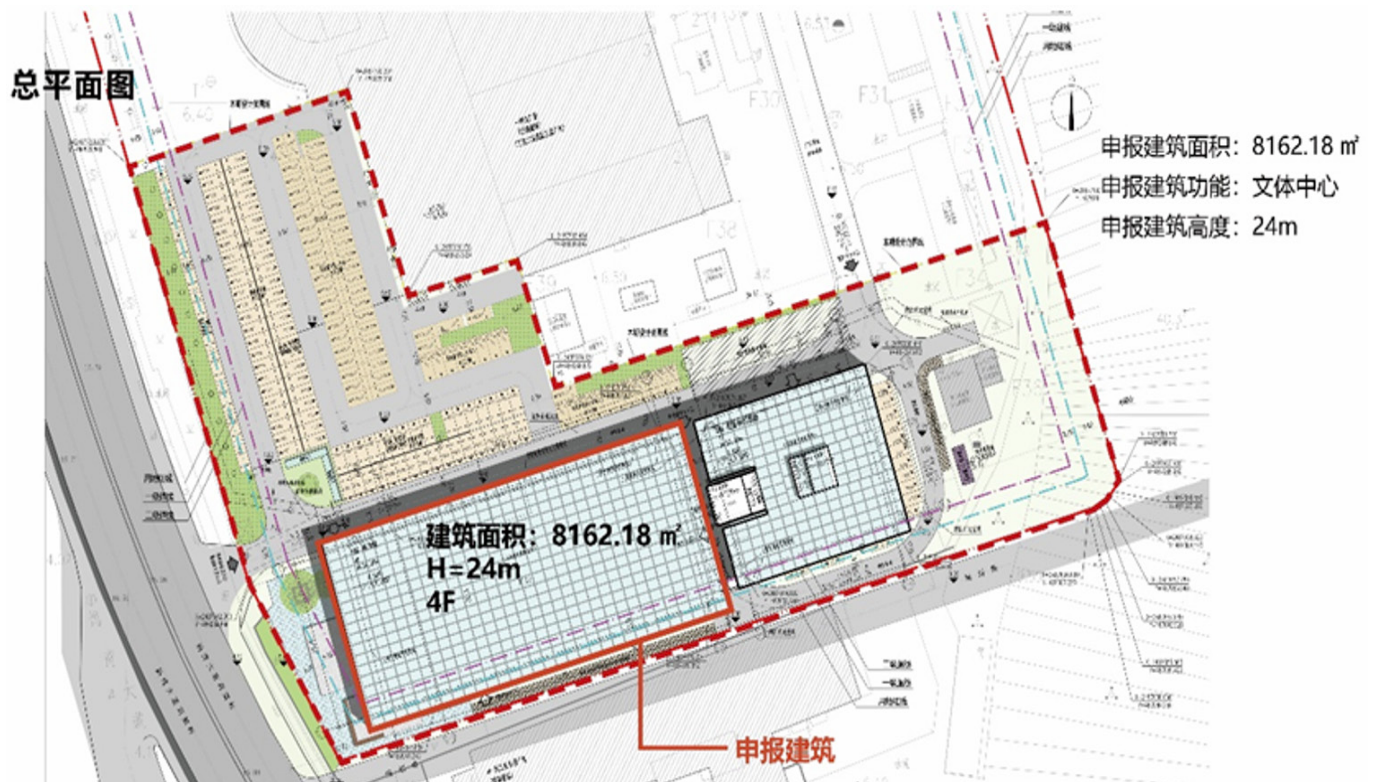


图3 项目位于深圳南山垃圾发电厂 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)



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



图4 早期设计阶段的渲染效果图 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)

可再生能源利用

海边的波光——BIPV 与建筑一体化设计

利用深圳太阳高度角比较高的特点, 将屋顶光伏设置东、西、南、北 8° 倾角, 使得光伏与大海连为一片, 营造一副“海边波光”的浪漫图画。



图5 屋顶艺术化设计的太阳能光伏, 形成海天一色的浪漫画面 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)

3. 中瑞合作

3.1. 示范项目设计团队简介

深圳示范工程的主导设计团队是建学建筑与工程设计有限公司,在总建筑师于天赤先生的带领下积极探索适应气候特征的正向绿色设计。针对岭南地区“湿、热、闷、风”的气候特征,采用遮阳、隔热、立体绿化等设计措施以“营造自然”的设计理念,艺术地将光伏与建筑结合,探讨了适应岭南地区气候特点的建筑设计方法,创造零碳建筑的新美学、新空间、新感知。依托南山垃圾发电厂,本项目将电厂的废汽、废水、废渣加以深层次利用,减少碳排放重要方式。项目的文体设施及屋顶零碳花园免费向市民开放,将成为前海之滨的零碳宣传、体验的城市客厅。

建筑、景观、室内设计以及可持续咨询均由建学建筑与工程设计有限公司担任,中国建筑科学研究院环能院在能效测评方面予以支持。

3.2. 项目总体初评

总体印象

该项目以优秀的建筑设计及其混合功能(多种运动功能以及北侧宿舍楼)给人留下深刻印象。由于靠近垃圾焚烧厂,因此有机会组成联动的能源网络,并总体打造成为零碳区域(ZED)。该项目作为公共建筑,具有较强的公共可进入性,因而特别适合作为零碳示范项目,并作为许多地区类似项目的示范:利用项目周边的废热和废能作为新建建筑的能量来源。

初版方案的窗墙比较高,将导致其运营能耗较高,因此建议降低窗墙比,同时优化立面构造设计。对于室内装修部分,我们建议采用环保低碳且耐久的建筑材料,例如竹制材料的外观与木材相似,且碳排放量远低于金属材料。

3.3. 示范项目团队的反馈与方案优化

- 通过分析研究建筑能耗数据,进一步优化设计
- 尽可能增加建筑光伏组件的数量,例如光伏板与南立面遮阳构件整合设计
- 利用制冷和除湿过程中产生的废热来加热淋浴热水和泳池热水
- 明确垃圾焚烧厂的废热是否可以提供给整个园区进行供热(和制冷)
- 根据项目周边情况,对建筑立面进行了针对性的

设计:

- 南立面采用采用碲化镉光伏板(40%透明度,可被视为遮阳构件)和真空隔热玻璃
- 西立面采用4毫米水幕墙和真空玻璃/铝制隔热窗框,同时将四层的悬挑构件作为遮阳构件。
- 由于南侧的生物有机垃圾处理站将来会搬迁至其他位置,因此南立面设计需要确保未来可以朝南侧打开。宿舍顶层设计为图书馆,并采用新型产品热致变色玻璃,可以根据自然光调整透明度。体育中心设计为双层屋顶结构,上层为光伏板屋顶,下层为带有绿植的公园屋顶(500毫米厚的覆土层),并结合光导管为游泳池提供照明。建筑的北侧和南侧各有一个走廊空间作为通风腔体层。

3.4. 瑞方补充建议

- 充分利用垃圾焚烧产生的废热,通过吸收式制冷机将废热能量用于制冷
- 简化建筑构造,通过简化设计降低制冷需求
- 在停车场布置电动汽车充电桩用于储能
- 采用建筑一体化光伏(BIPV)解决方案,包括立面光伏板和光伏瓦(向设计团队推荐深圳当地的光伏产品制造商)
- 针对景观设计提出相关建议

3.5. 中瑞合作经验总结

中国关于零碳建筑(ZEB)或近零碳建筑(NZEB)的激励政策悬而未决,这使零碳建筑和零碳区对投资者的吸引力下降。

3.6. 能耗计算

能耗模拟计算

- 基准建筑: 101.5 kWh/(m²·a)
- 设计建筑: 83.9 kWh/(m²·a)
- 能耗需求总量: 735,700 kWh/(a)
- 光伏系统发电量: 91.5 kWh/(m²·a)
802,000 kWh/(a)

(包含红线内的其他建筑发电量,即宿舍楼)

- 碳排放强度指标: 0.00 kg CO₂ eq/(m²·a)

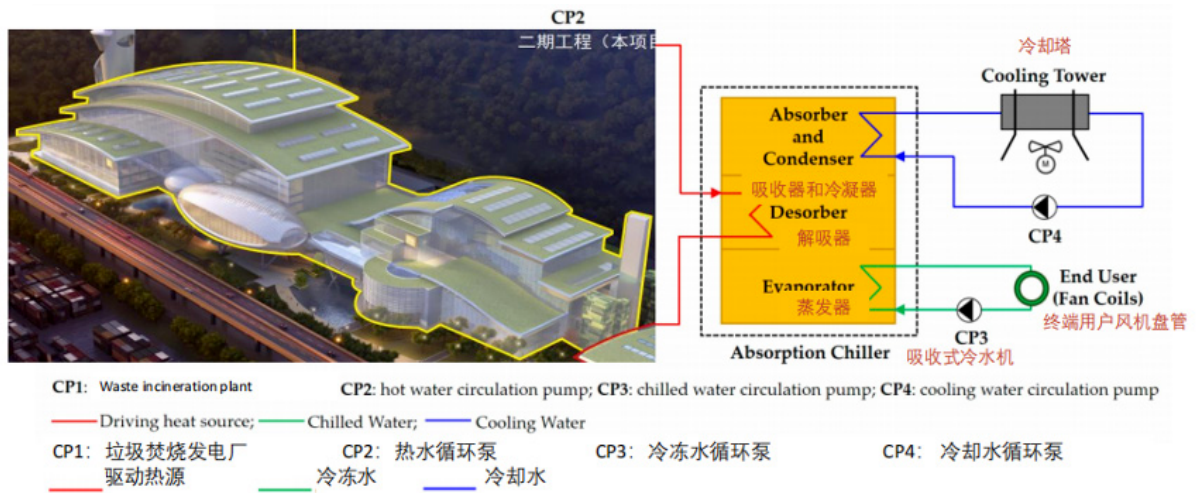


图6 吸收式制冷机利用垃圾焚烧厂废热进行制冷的工作原理示意图 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)



图7 设计优化后的建筑渲染图 (图片来源:项目介绍 2022年6月22日, 建学建筑与工程设计有限公司)



图8 设计优化后的建筑渲染图 (图片来源:2022年4月, 建学建筑与工程设计有限公司)

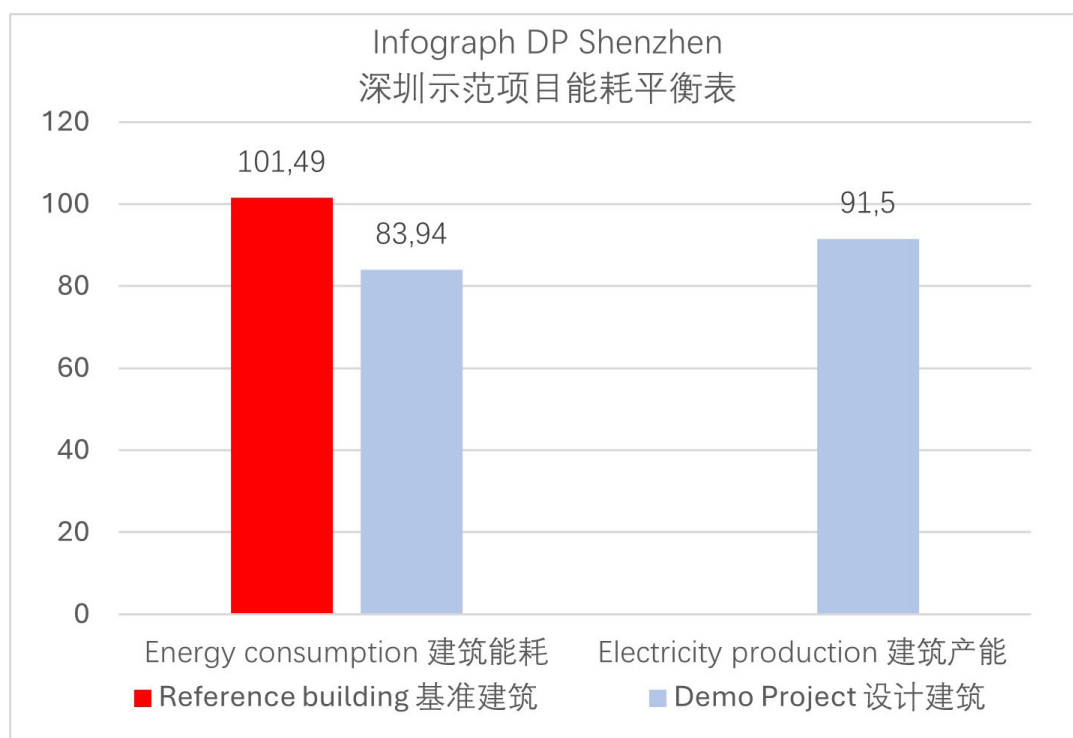


图9 深圳示范项目能耗平衡表 (图片来源:中瑞零碳合作项目)



4. 项目成果

4.1. 示范工程方评语

本项目主创建筑师 于天赤 建学建筑与工程设计所有
限公司

从解决深圳地区湿热气候问题出发，将垃圾电厂的“废物”充分利用，创造零碳建筑的“新美学、新空间、新感知”。

项目经理 郑懿 建学建筑与工程设计所有有限公司

本项目以“营造自然”的态度，在深圳前海之滨打造一个“零能友邻”的可持续示范基地。将成为深圳市绿色、低碳发展的城市客厅。

投资方 曲文浩 业主代表,深圳能源环保股份有限公司

南山能源生态园零碳天地项目是我司在建筑领域开展节能降碳的一次绿色实践，未来将会为社会提供长期价值。

4.2. 确认该项目成为零碳建筑示范工程

中瑞零碳建筑项目专家可确认该示范工程具有很大潜力成为零碳建筑标准中定义的「零碳建筑」，尤其是在运营阶段。

中瑞零碳建筑项目专家可确认该示范工程在整个生命周期中都考虑了碳排放，并尽最大努力减少隐含碳排放。



图10 深圳示范项目现场交流会议 2023 年 4 月 27 日 (图片来源:中瑞零碳合作项目)



图11 深圳示范项目现场交流会议 2024 年 04 月 18 日 (图片来源:深圳市绿建协会)

5. 经验总结

5.1. 管理与组织

中国建筑设计行业的设计周期非常短,通常只有几个月的时间(相比而言在瑞士从设计到施工通常有数年的深化设计周期)这对瑞士专家来说是巨大的挑战。与示范项目团队保持密集且持续的沟通至关重要,瑞士团队需要迅速回应示范项目团队的诉求,并提供反馈意见,以便中方设计团队能将瑞方的咨询建议及时整合到设计中。

详实具体的案例和数据比任何言辞或理论都更具说服力。例如,通过瑞士团队对示范项目建筑能耗进行验核和计算,可以更高效更有建设性地与示范项目团队进行沟通。

5.2. 技术解决方案

采用吸收式制冷机:不同于通常依靠电能驱动的压缩式制冷机,这种类型的空调系统利用高温废热驱动制冷机,通过吸收剂(溴化锂)吸收和释放热量,从而大幅降低用电需求。

这种制冷机非常适合于利用垃圾焚烧厂产生的高温废热,这方面的工业应用已经在世界范围内得到广泛应用和认可。

与其他类型的制冷机类似,吸收式制冷机在运行过程中也会产生低温废热。根据实际需求,这些废热可以被再利用或排放至室外环境。

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:

设计讨论会(包括瑞士团队的技术反馈)

- 启动会议
- 设计研讨会
- 线下工作坊和现场考察
- 楼宇自动化与智能控制技术会议

第一批三个示范项目联合研讨会

- 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 – 瑞士公共部门开发商建筑和房地产机构协调会议
- 低碳水泥 LC3
- 高性能门窗
- 建筑运营设施管理
- 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

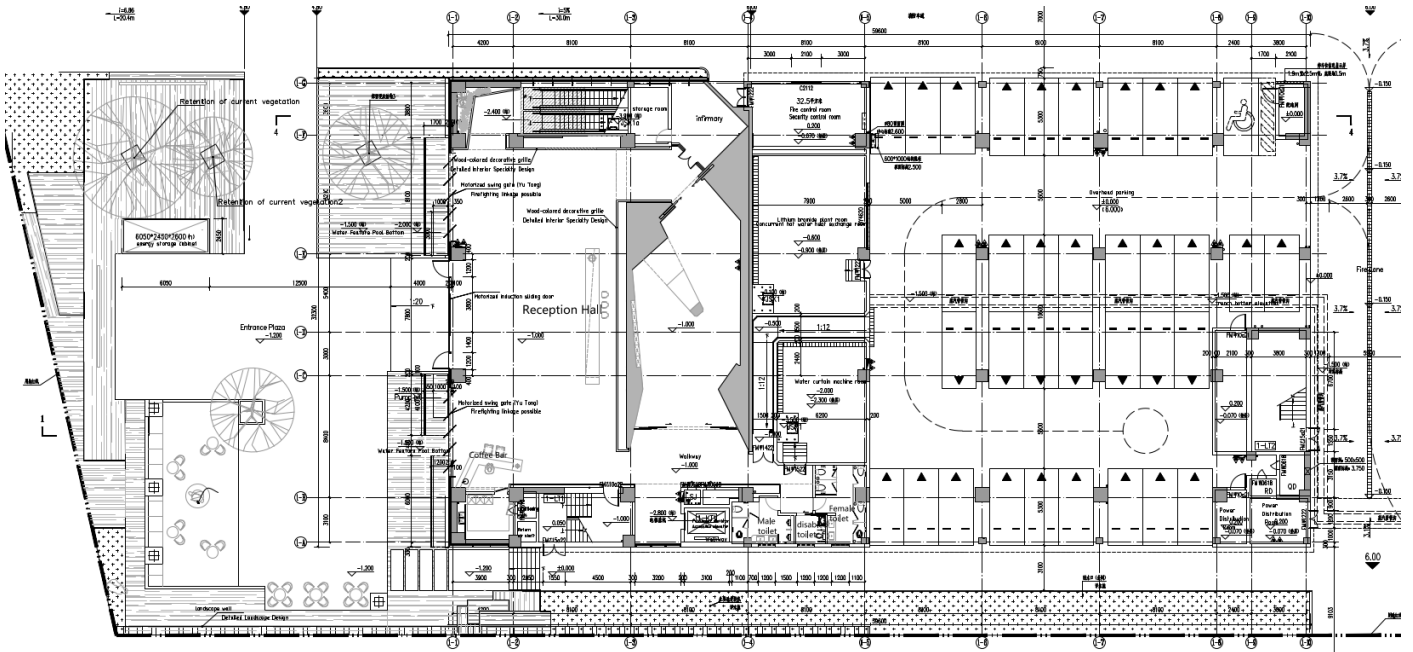
其他更多合作

- 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

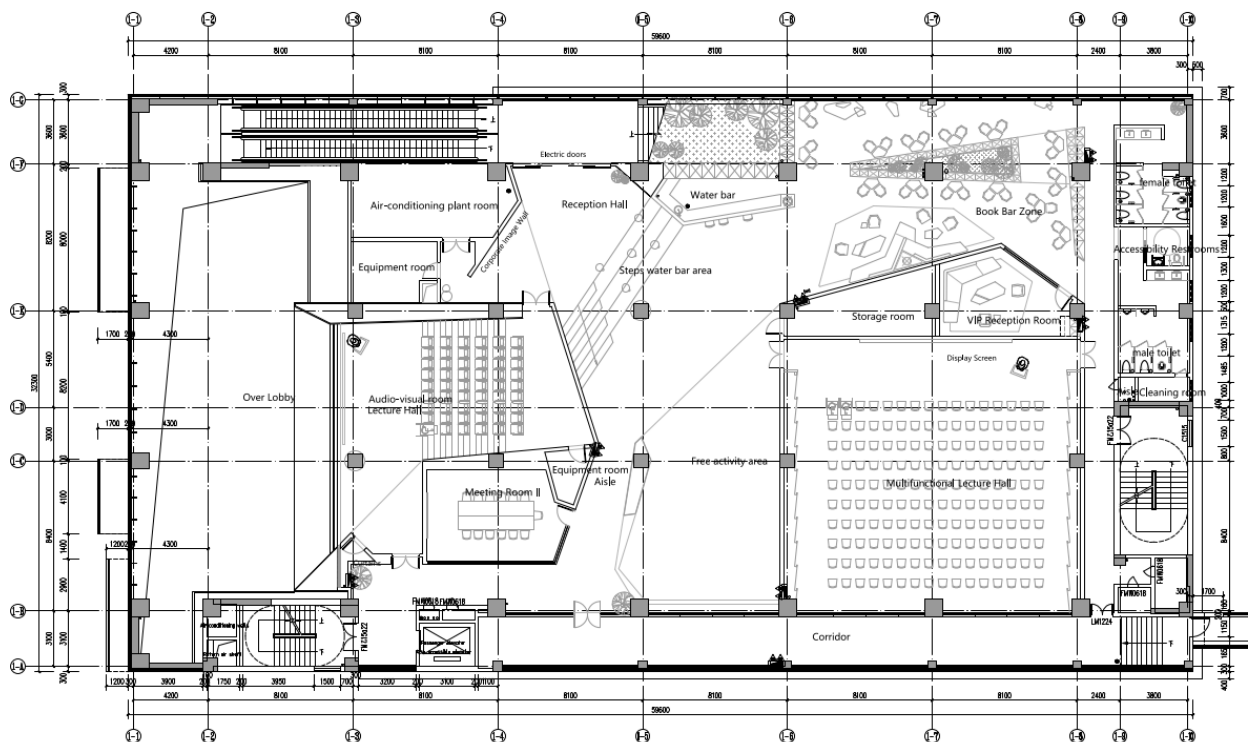


附录 1. 楼层平面图

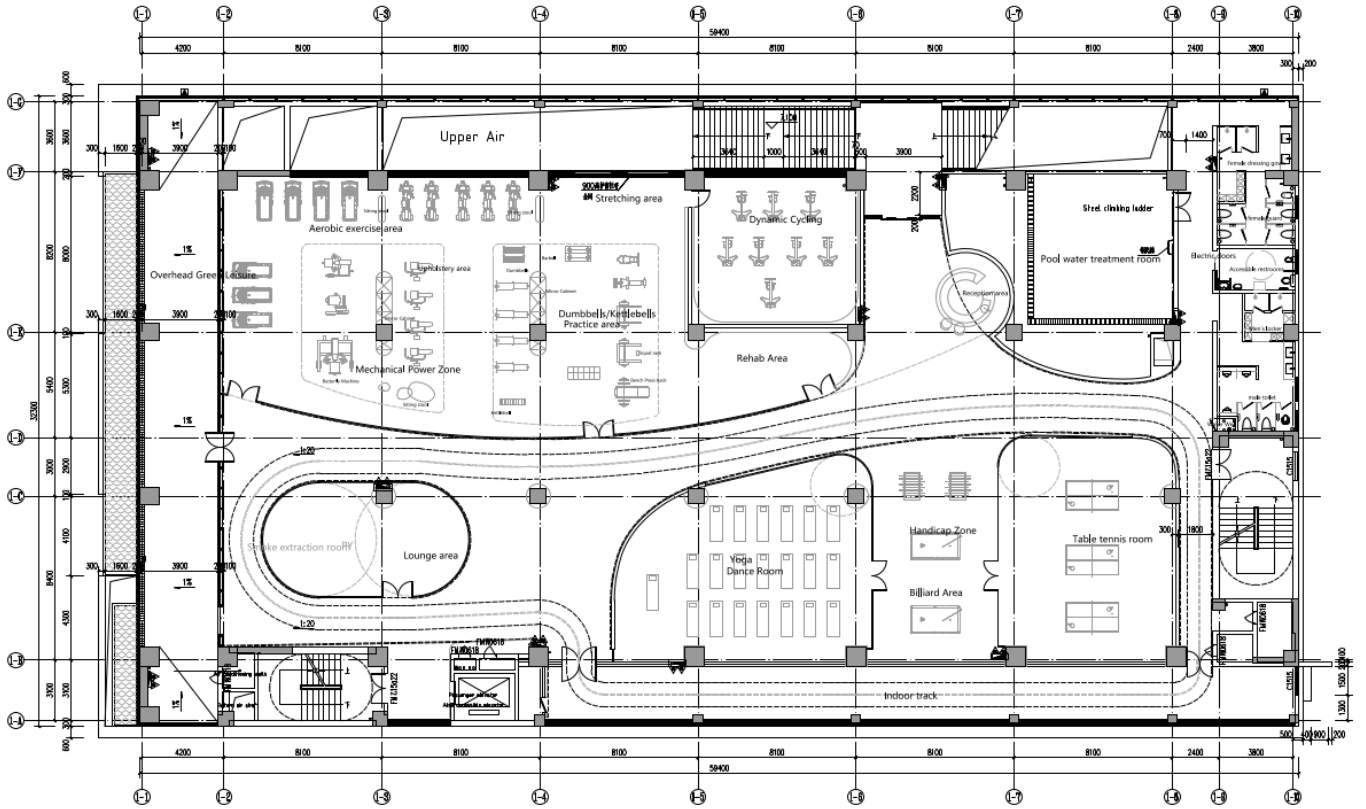
一层平面图



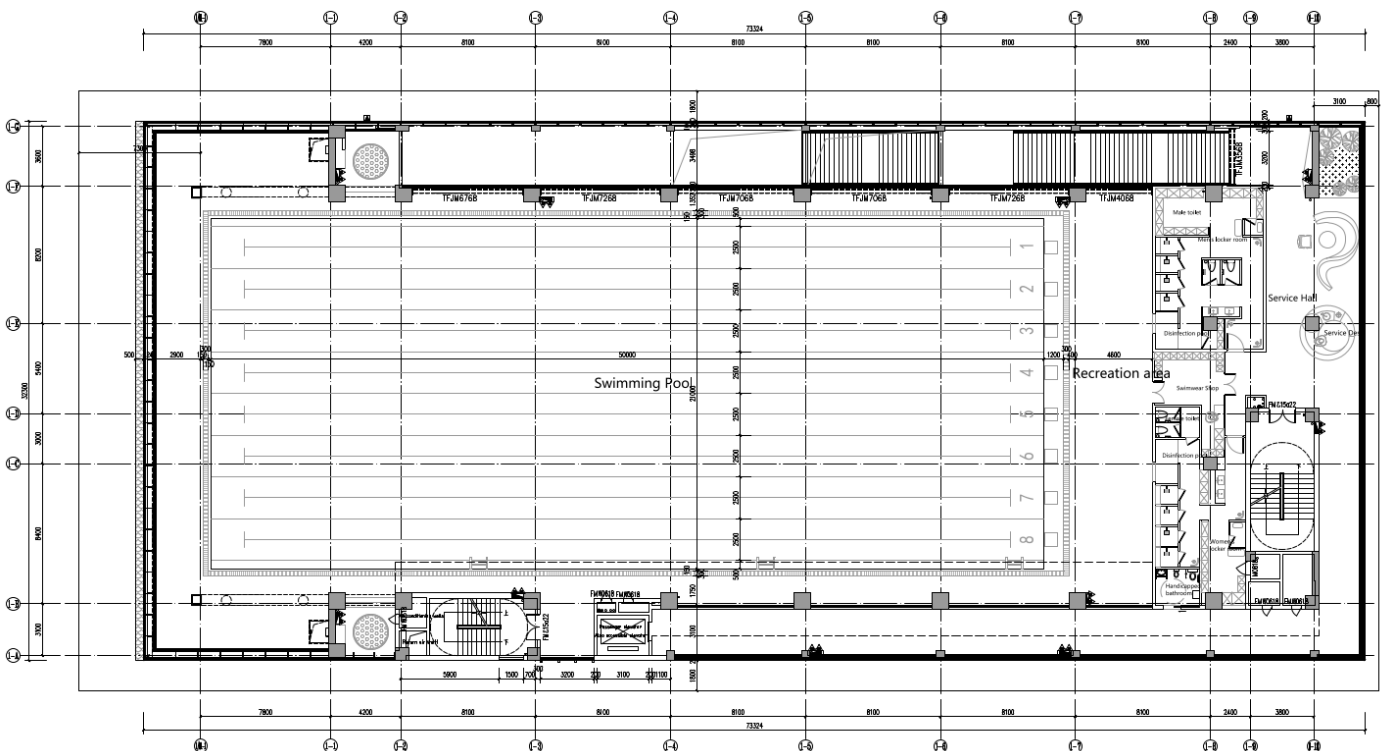
二层平面图



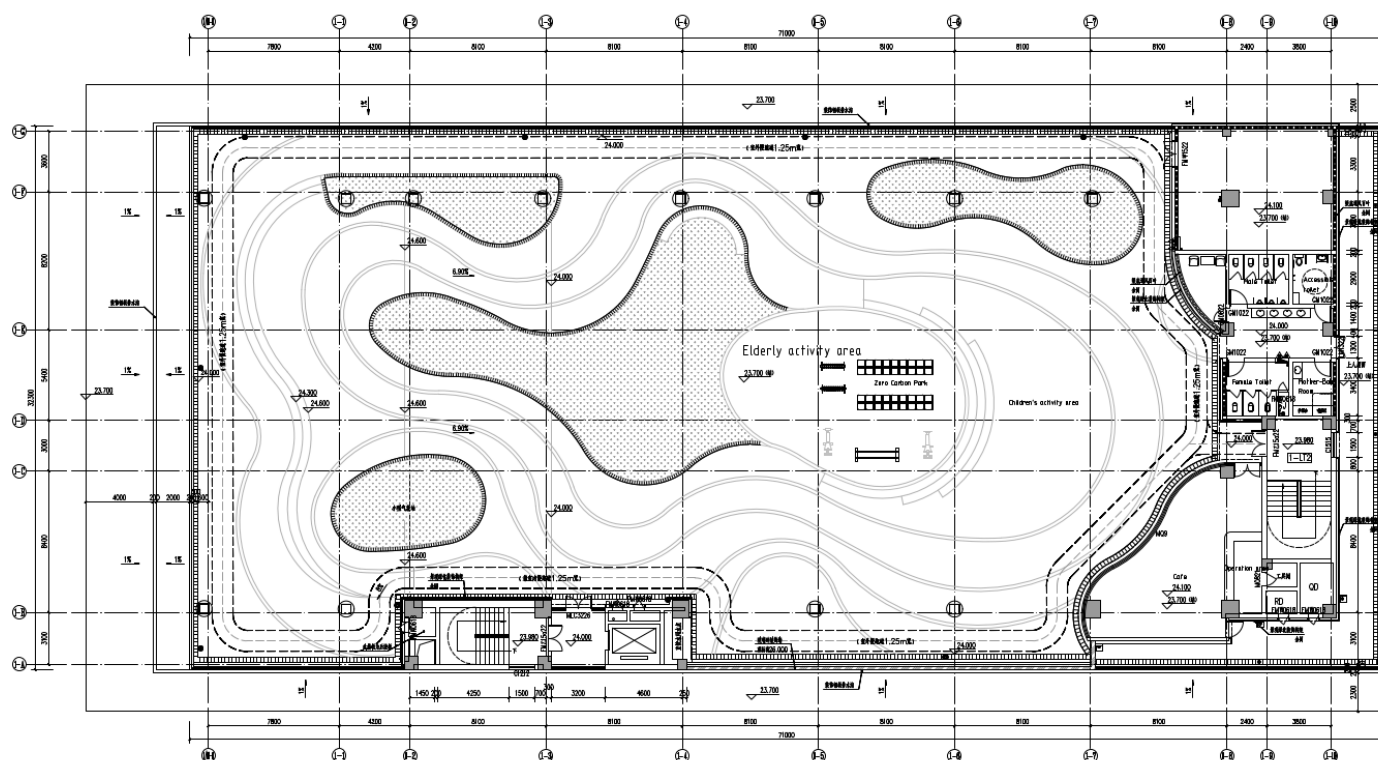
三层平面图



四层平面图



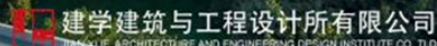
屋顶平面图



余热梯级利用



能源设计方案-可再生能源利用





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



环能科技

intep

skat