



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

绍兴龙山书院培训中心

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

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. 绍兴龙山书院培训中心:《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



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	8
5.	经验总结	9



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

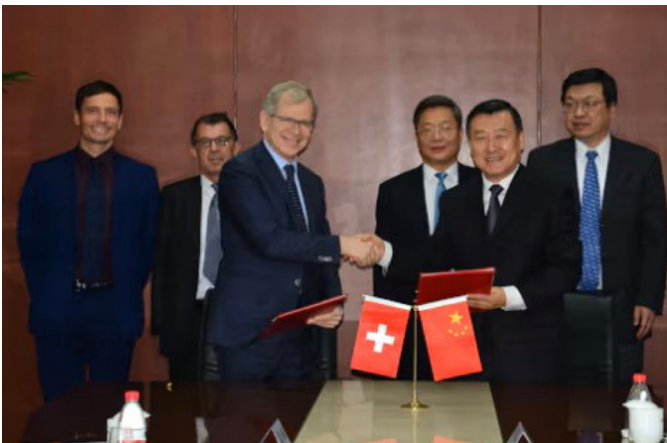


图1 瑞士驻华大使贝尔纳迪诺·雷加佐尼 (Bernardino Regazzoni) 于2020年11月24日会见中国住房和城乡建设部副部长倪虹并签署合作备忘录 (图片来源: 瑞士驻北京大使馆)

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

2021年5月 - 2024年7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:

- 浙江绍兴是一个政策和创新环境非常开放的地区,以支持绿色技术和创新项目而闻名。因此,我们对项目在实施过程中能得到积极的政策支持承诺充满信心。
- 该项目可成为浙江省及周边省份及气候带学校、教学楼、办公楼等公共建筑的典范。
- 该地点交通便利,绍兴是众所周知历史名城,这样的城市地域优势将便利
- 参观者后续的到访并了解示范工程。该校园设计初步方案已显示校园可成为被精心设计的“区/区域”,会形成舒适的微气候,有潜力成为一个有吸引力的参观场所。
- 该项目是入选的中瑞零碳建筑示范工程中的唯一校园项目。
- 该项目气候区是项目要求的典型的夏热冬冷气候区。
- 整个校园有潜力被设计和打造成零碳园区。至少,整个校园在实施过程中可以考虑纳入零碳园区的设计元素。
- 因项目所处地域和它的校园功能,潜在的直接和间接受益人的数量可能会非常多。

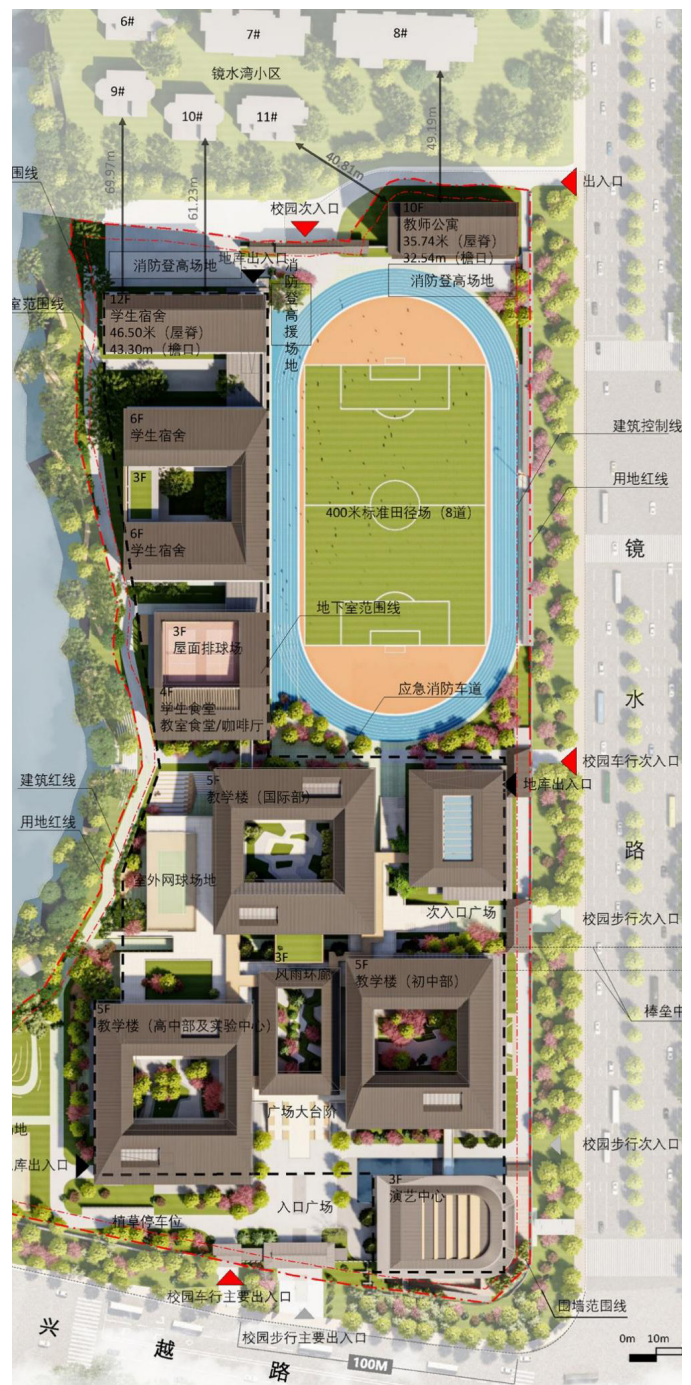


图2 整个校园鸟瞰图,红色虚线内为示范楼 (图片来源: 项目汇报 2022年6月22日, 中国建筑科学研究院)



2. 项目初始状态

2.1. 项目组织规划

2022年3月,“浙江绍兴龙山书院中学实训楼(4#)”入选中瑞零碳建筑项目首批示范项目。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。该项目于2021年5月开工,经过中瑞双方团队两年多的共同努力,预计于2024年6月正式竣工。

业主

绍兴市未来社区开发建设有限公司

主导设计团队

中国建筑科学研究院有限公司

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。

经济目标

非营利私立中学, 私立机构

2.2. 项目概况

地点

浙江省绍兴市(中国东南部), 夏热冬冷地区, 亚热带季风气候, 季风明显, 四季分明, 气候温和、湿润多雨, 太阳辐照量等级: III

建筑类型

新建建筑

建筑类别

学校(教育)

投资成本

12.2 亿人民币

项目规模(面积指标)

- 规划总用地面积 69,689.2 m²
- 总建筑面积 140,877.99 m² (地上 105,837.90 m², 地下 35,040.09 m²)
- 示范楼: 4# 培训中心



图3 项目效果图 (图片来源: 项目汇报 2022年6月22日, 中国建筑科学研究院)

- 建筑面积:5299.68 m²
- 建筑高度:19.8 米(地上 4 层)
- 多层教学楼,可容纳 935 人

建筑设计亮点

(见附件A.1 图纸)

教学楼为培训中心,设有教室、实验室和办公室。

能源方案亮点

- 供暖和制冷:空气源可变制冷剂流量 (VRF) 多联机组
- 带热回收功能的机械通风,带风量调节功能的变频风机
- 无生活热水系统
- 照明采用高效 LED 光源,具有自动调节功能

其他可持续设计亮点

屋顶光伏系统 (BIPV)

公共/私人交通

东侧为镜水路(主干道),南侧为兴越路(主干道),紧邻在建的杭绍台高速镜水互通立交以及镜水路地铁站和高教园区地铁站入口。(公交车站直达学校,地铁站 <1km)

停车场

588个停车位(为社会提供,附近有亚奥场馆,这也是城市规划的要求),500个自行车停车位(为学生考虑)

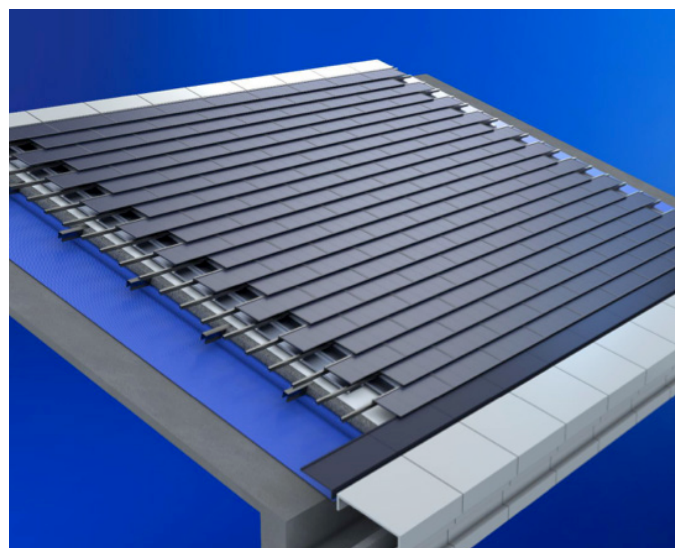


图4 屋顶光伏系统效果图 (图片来源:项目汇报 2023年7月19日,中国建筑科学研究院)

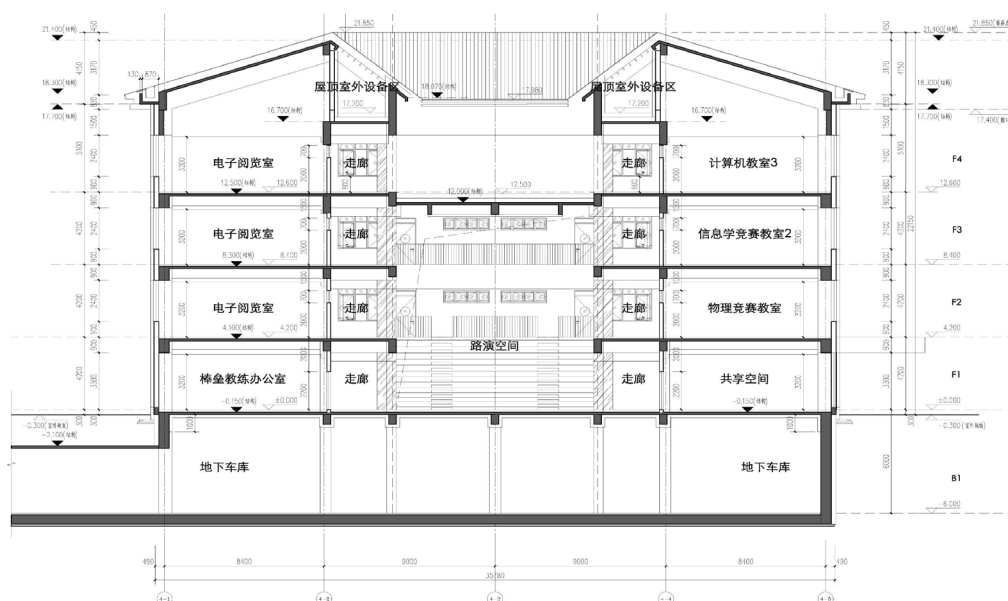


图5 项目剖面图 (图片来源:项目汇报 2022年6月22日,中国建筑科学研究院)



3. 中瑞合作

3.1. 示范项目设计团队简介

中国建筑科学研究院作为本项目主体设计单位，在超低能耗建筑设计方面有丰富的技术经验，并作为牵头单位联合研究编制了国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T15350-2019。

3.2. 项目总体初评

总体印象

这座建筑的特别之处在于它已接近零碳建筑标准。原因在于其简约而经典的建筑设计以及较低的形体系数（即建筑外围护表面面积与建筑体积的比例）。因此，这栋建筑非常适合作为类似建筑（其他学校、

大学等）的零排放灯塔项目，并具有在中国及其他地区推广的巨大潜力。该建筑属于一个占地面积70,000 m²、建筑面积 140,000 m²的校园区域，公共交通（公交车、地铁）四通八达，因此它甚至有机会成为零碳社区（ZED）。

3.3. 初步讨论与优化方案

- 考虑利用项目西侧的河水作为暖通空调系统的冷热源。
- 设计团队可考虑使用零碳建筑责任书以保证各项减碳措施的设计和落实。
- 可进一步研究中庭通风带来的被动式降温效应。
- 须进一步明确建筑物夏季室内温度和湿度设定值，以便准确计算建筑能耗，并从而提高建筑的用能效率。
- 考虑是否采用外窗遮阳构件，并明确高性能外窗

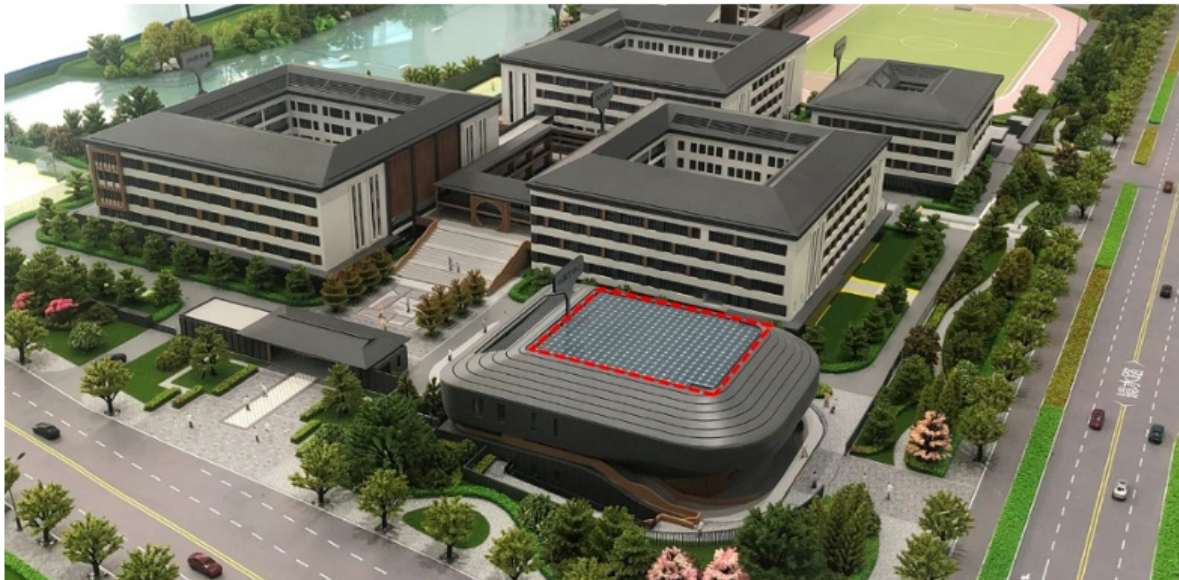
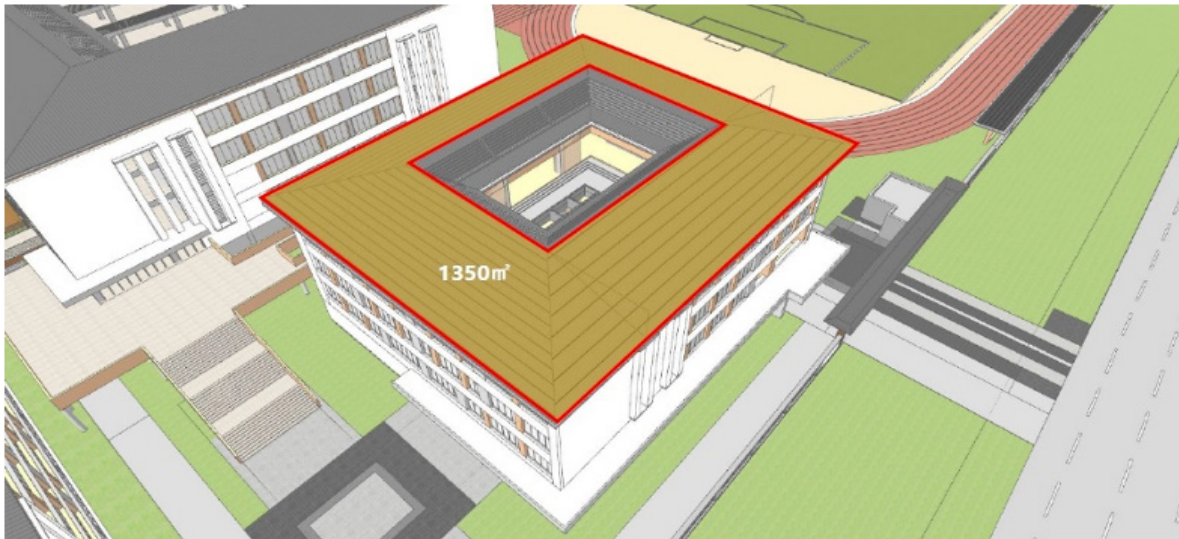


图6 设计的屋顶光伏系统 (图片来源: 项目汇报 2023年4月21日, 中国建筑科学研究院)

的耐久性。

- 可考虑在大型地下停车场采用自然通风(降低运营能耗)和低碳混凝土材料(降低建筑材料的隐含碳排放和隐含能耗)。
- 可考虑建筑外墙采用立面一体化的白色光伏板,提高可再生能源的产量。
- 考虑将制冷/除湿过程中的余热用于制备生活热水。
- 可考虑使用低碳建筑材料(如竹制建材)。
- 推荐设计团队采用适合该示范项目的光伏组件产品(例如中式屋顶光伏瓦组件和外墙碲化镉薄膜光伏组件)。

3.4. 示范项目团队的反馈与方案优化

在收到瑞士团队的相关意见后,中方设计团队做出了如下反馈:

- 根据当地规划部门的规定,出于自然保护的原因,禁止将西侧的河流作为冷热源。因此,该项目将采用空气源热泵。
- 设计团队决定在示范项目屋顶安装太阳能光伏瓦。此外,还决定在相邻的艺术中心(1号楼)屋顶也安装更多的光伏组件。
- 设计团队考虑在建筑外墙窗间墙区域铺设白色薄膜型光伏板,既不影响外立面设计美观,又能补充光伏面积。考虑到施工难度和工程进度,最终未能实现。
- 同时,还尝试结合项目园区内景观建筑上安装的光伏组件,补充示范建筑的光伏面积需求。

3.5. 瑞方补充建议

- 推荐用于屋顶的BIPV产品(光伏建筑一体化)的当地生产商和联系方式
- 推荐采用K值更高的高性能门窗产品(包括玻璃、窗框和门框)
- 中方能源顾问计算的建筑能耗较高,导致该项目在有限的屋顶面积上需要大量光伏板,瑞方团队建议进一步核实能耗计算书,以教室的实际运行时间作为计算依据。
- 瑞方团队提供瑞士建筑标准“SIA 2024 Merkblatt”中关于「教室」功能的实际运行数据和设计标准作为参考。

3.6. 基于中瑞交流的深化改进

- BIPV 建筑光伏幕墙(光伏建筑一体化):与中国生产商合作,设计合适的施工技术,考虑技术性能与美学质量之间的平衡。
- 经过中瑞双方顾问团队的核实,明确了此前中方能耗数据的偏差原因在于建筑运行天数的取值较高(计算中默认该建筑物一年运行354天):对于学校建筑而言,一年354天的使用天数是不现实的。中方团队表示这一运行工况是业主、建筑师和能源顾问在早期设计阶段作为建筑使用协议确定的。经讨论,中方团队与业主共同修改完善此前的建筑使用协议,从而进一步精确计算实际能耗数据。

3.7. 能耗计算

方案改进后计算结果

- 基准建筑:58.4 kWh/(m²·a)
- 设计建筑优化后:39.5kWh/(m²·a)(基准建筑的68%)
- 光伏系统发电量:24.06 kWh/(m²·a)(仅4号培训楼,临近的1号楼可发电99,500 kWh并未计算在内)
- 碳排放强度指标:7.72 kg/(m²·a)

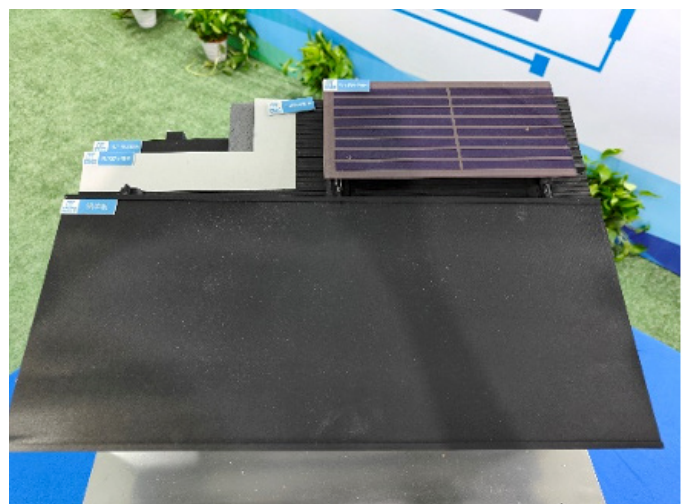


图7 光伏系统的建造技术 (图片来源: 项目汇报 2023年7月28日, 中国建筑科学研究院)



4. 项目成果

4.1. 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团队可确认该项目能够实现零碳建筑标准中「近零碳建筑」所要求的目标,特别是在运营阶段。

中瑞零碳建筑项目专家团队可确认该项目在整个生命周期中都考虑了碳排放问题,并尽最大努力减少碳排放。

4.2. 示范工程方评语

主创建筑师 成延伟 中国建筑科学研究院有限公司

中瑞零碳建筑团队向我们展示了对建筑设计和能耗设计的独特理解。通过形式多样的设计指导和培训,让建筑师了解更多,并切实可行的运用到设计中,并且具有极高的示范性和推广意义。

建筑专业负责人 李宁 中国建筑科学研究院有限公司

零碳不仅是建筑行业的使命,也是我们个体作为地球命运共同体的课题。随着社会环保意识的增强、科学技术的发展以及各种新型能源的推广,相信零碳建筑凭借无可比拟的优势将会成为建筑行业发展的趋势和未来!

能源顾问 苑雪 北京康居认证中心有限公司

该建筑在设计中融入了自然、环保、文化等多元化元素,结合,更是具有深远的社会影响力。

建设方 沈轶雯 绍兴市交通投资集团有限公司

秉持科技赋能建设为宗旨,在龙山书院项目上采用零碳建筑主体结构,以超低能耗建筑、装配式技术、可再生能源利用、全电气化建筑、绿色低碳交通项目等为载体,推动棒球未来社区实现“双碳”,在绍兴地区具有较强的示范作用。

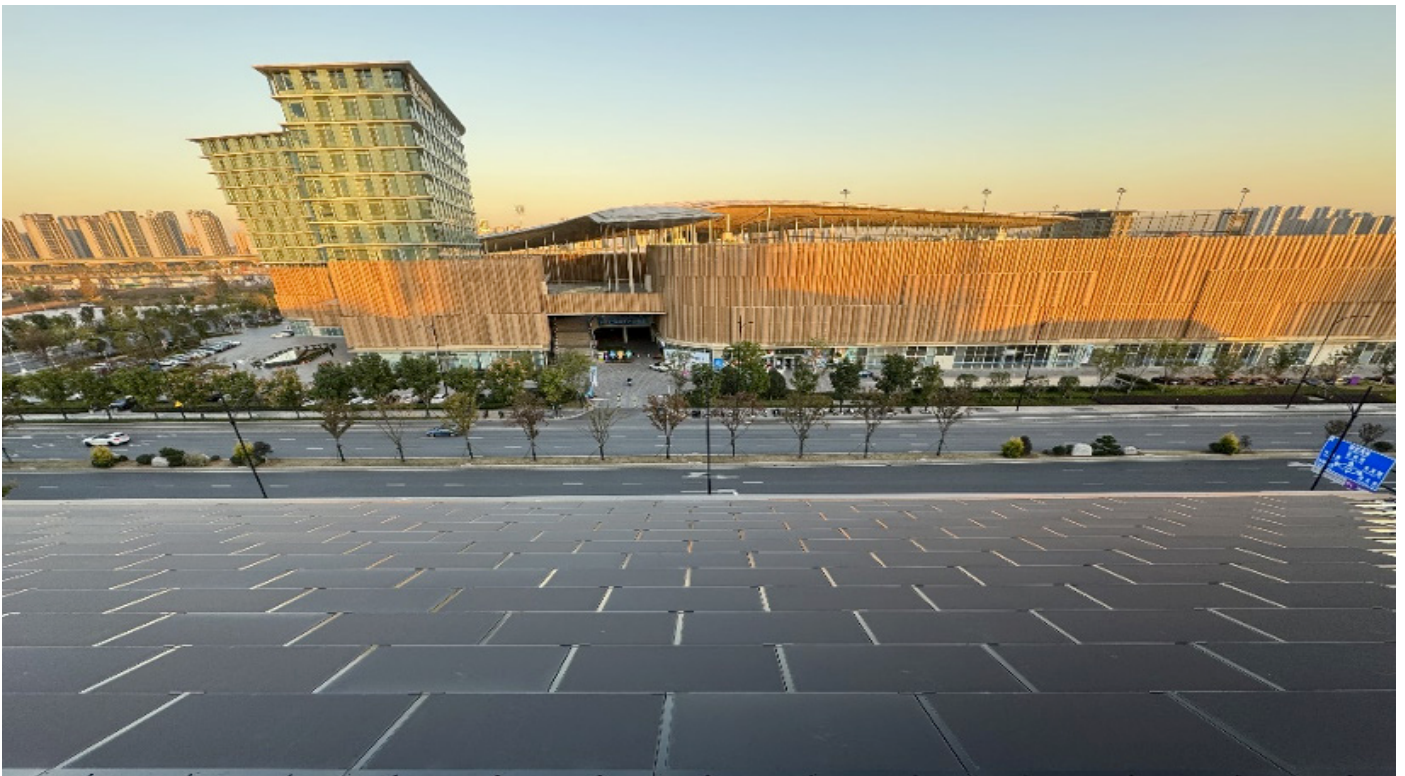


图8 已建成的 BIPV (图片来源:现场考察,中国建筑科学研究院)

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

BIPV 正在不断发展, 非常适合未来的零碳建筑。绍兴项目与当地光伏生产商沟通后, 考虑到技术性能和美观质量之间的平衡, 决定在项目建筑屋顶使用光伏瓦产品组件。该产品应结合中国式建筑屋顶理念在中国广泛推广。



图9 已建成的 BIPV (图片来源:现场考察, 中国建筑科学研究院)

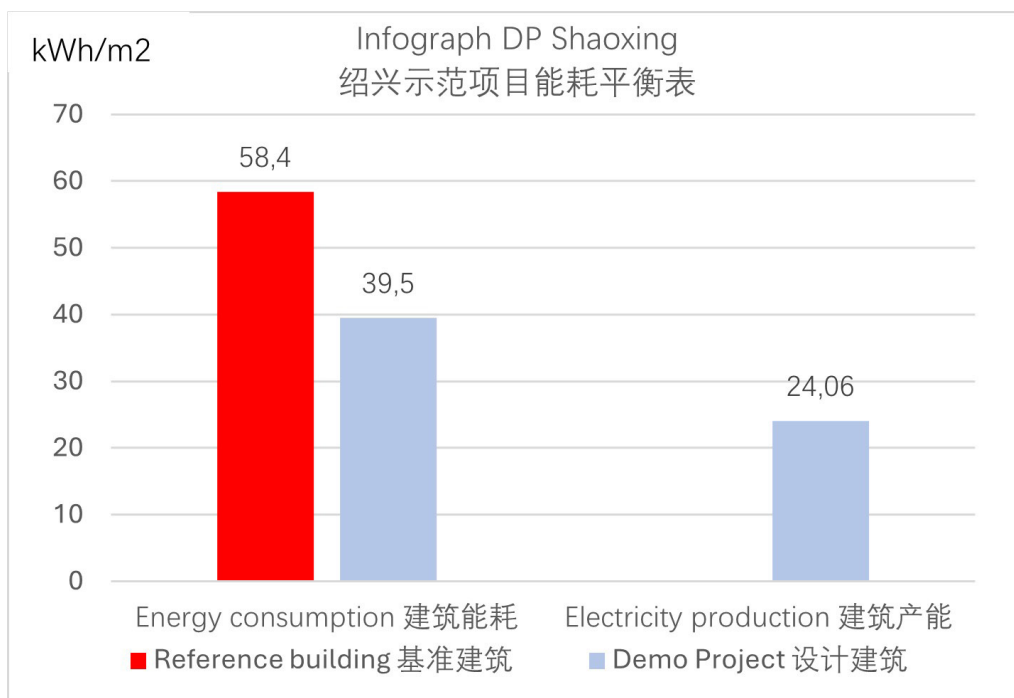


图10 计算后与基准建筑相比较 (图片来源:中瑞零碳建筑项目团队)



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:

研讨会包括, 包括瑞士团队的技术回应

- 专家启动研讨会
- 线下研讨会及现场参观
- 楼宇自动化/智能控制启动会议
- 专家项目更新研讨会

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
- 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



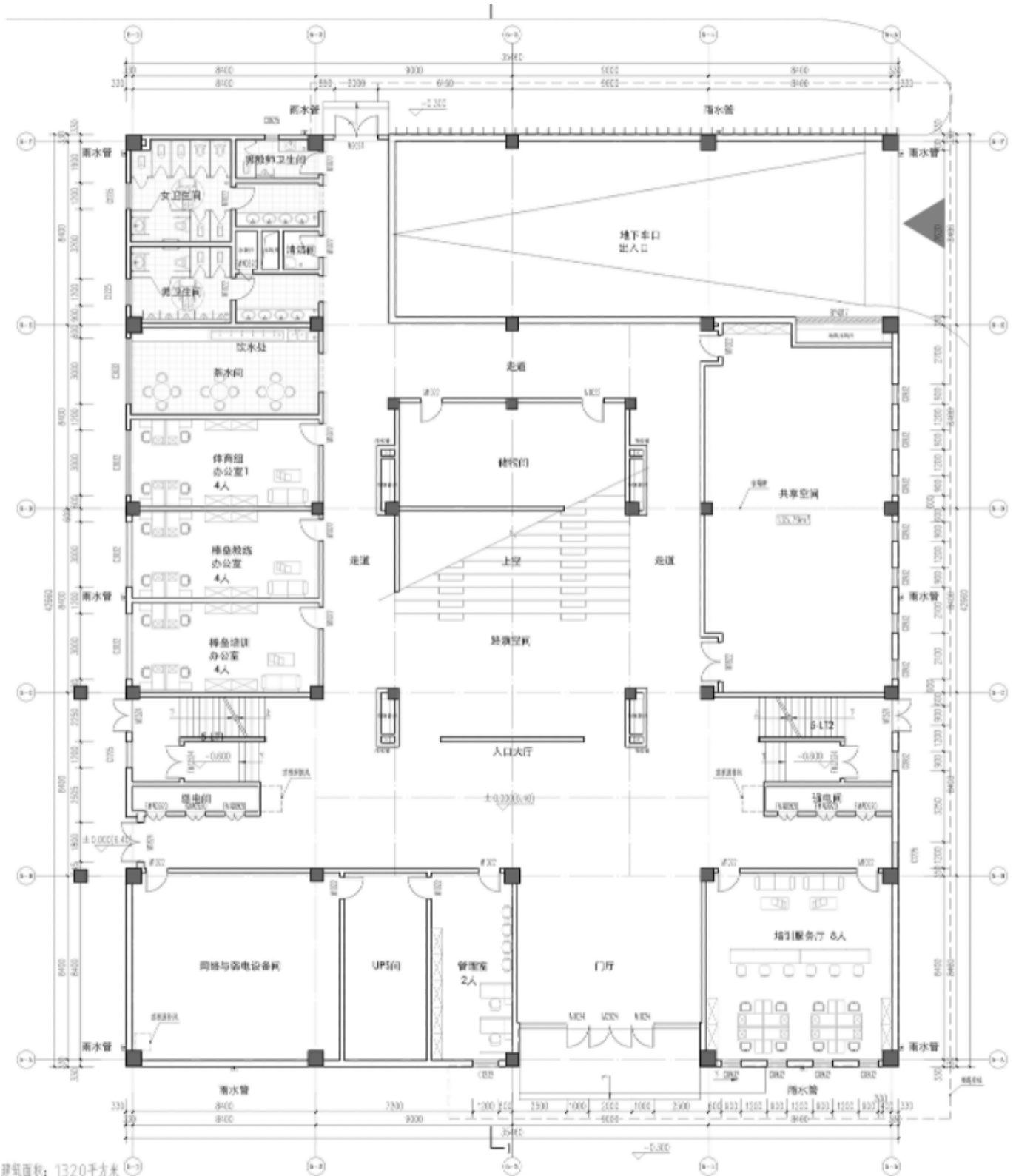
图11 2022.09.06 项目现场考察和现场技术交流 (图片来源:中瑞零碳建筑项目团队)



图12 2023.04.21项目现场考察和现场技术交流 (图片来源:中瑞零碳建筑项目团队)



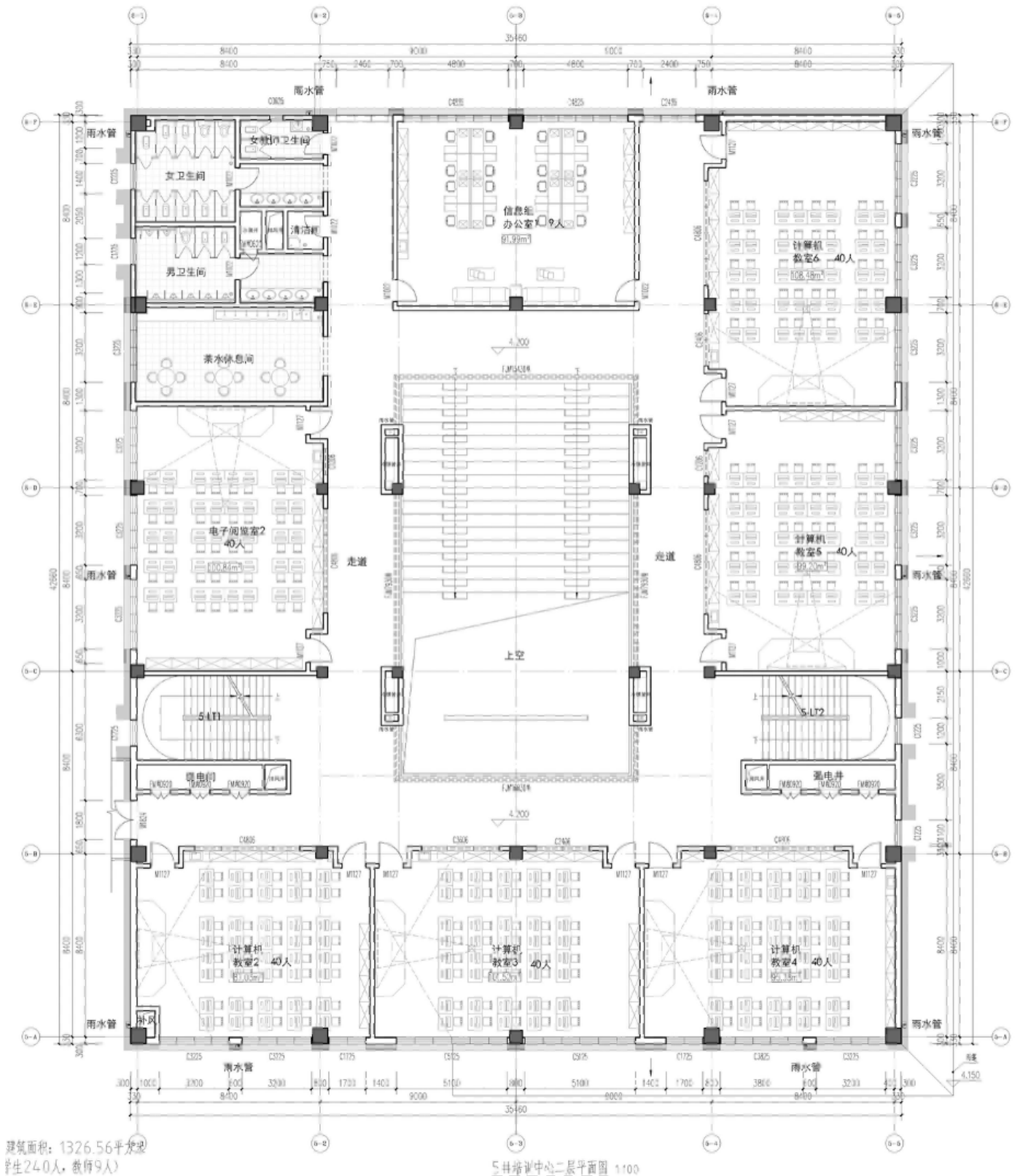
附录 1. 一楼平面图



建筑面积：1320平方米
（含94人，接待22人）

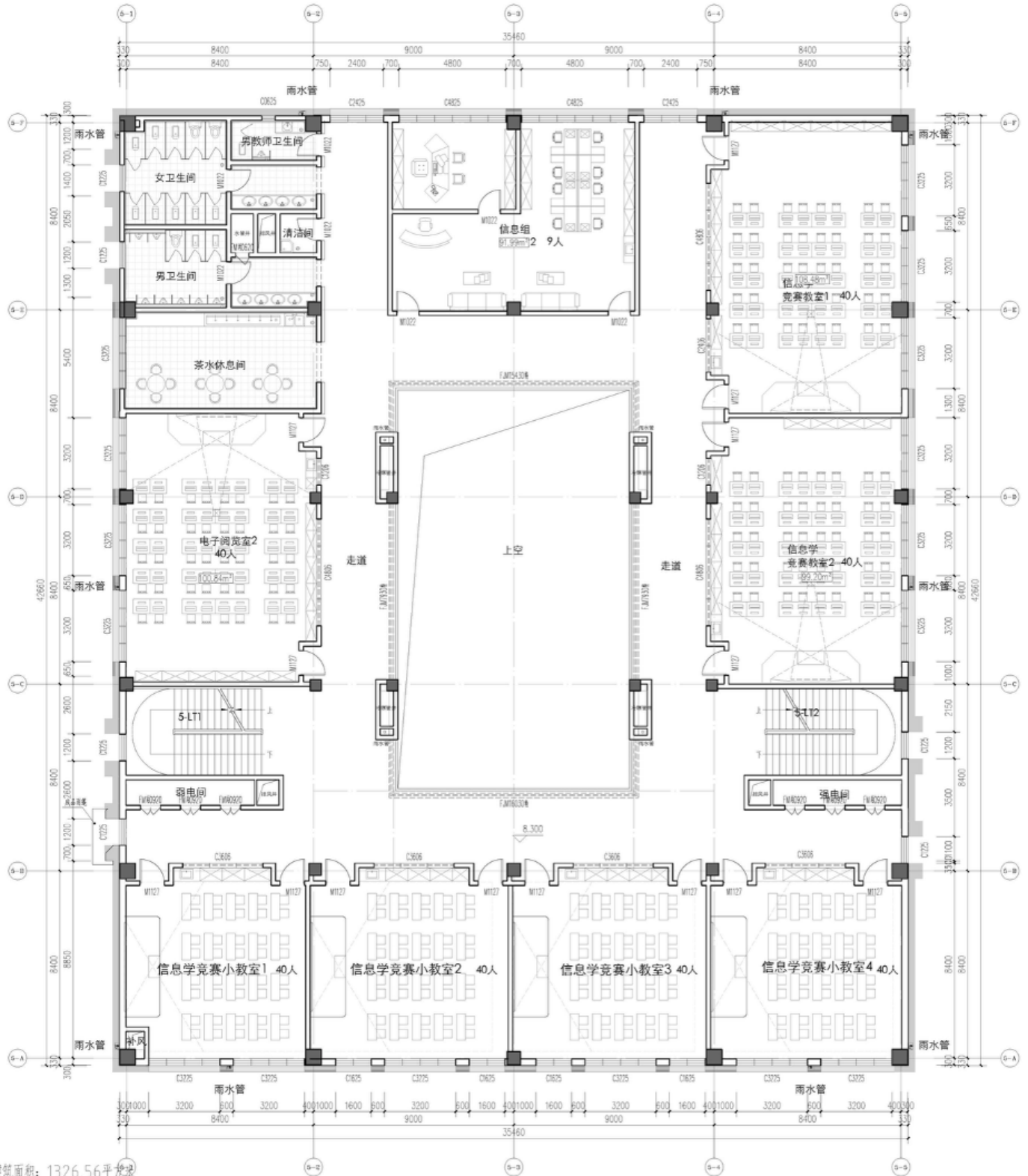
5. 井塔中心商业裙房 1100

二楼平面图

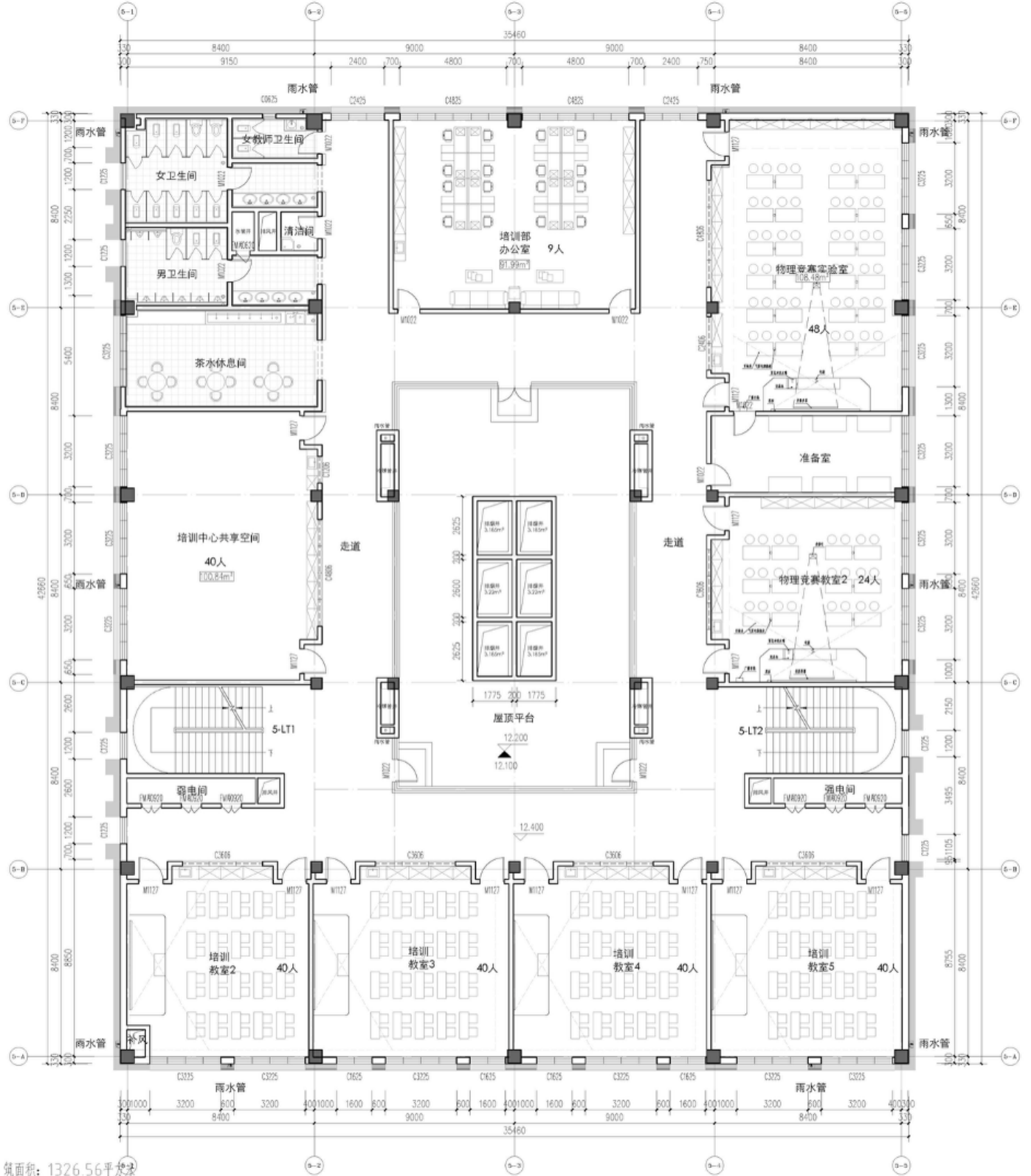




三楼平面图



四楼平面图



筑面积: 1326.56平方米



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