



中国房地产业协会
CHINA REAL ESTATE ASSOCIATION



友绿网
iGREEN.ORG



China Real Estate Industry
Carbon Neutral Development Summit

2021.5.26 北京蔓兰酒店

2021中国房地产业 碳达峰发展高峰论坛

主办单位

中国房地产业协会

承办单位

中国房地产业协会住宅技术委员会
友绿网

协办单位

招商局蛇口工业区控股股份有限公司
当代置业（中国）有限公司
朗诗控股集团
瑞安房地产有限公司
阳光城集团

天普新能源科技有限公司
广大住品科技发展有限公司
山东力诺瑞特新能源有限公司

媒体支持

凤凰网房产 新浪地产

支持单位

国际铜业协会
大道应对气候变化促进中心
林创中国（FII China）



China Real Estate Industry
Carbon Neutral Development Summit

中国房地产业碳达峰发展高峰论坛

装配式建筑全生命周期碳排放定量计算技术研究

张宏 教授 团队

东南大学建筑学院

东南大学BIM-CIM技术研究中心



中国房地产业协会
CHINA REAL ESTATE ASSOCIATION



友绿网
iGREEN.ORG



China Real Estate Industry
Carbon Neutral Development Summit

目录 / Contents

- 01 装配式建筑全生命周期划分与技术构成的发展
- 02 计算案例简介
- 03 计算原则、工具和计算方法
- 04 节能减排技术政策建议



中国房地产业协会
CHINA REAL ESTATE ASSOCIATION



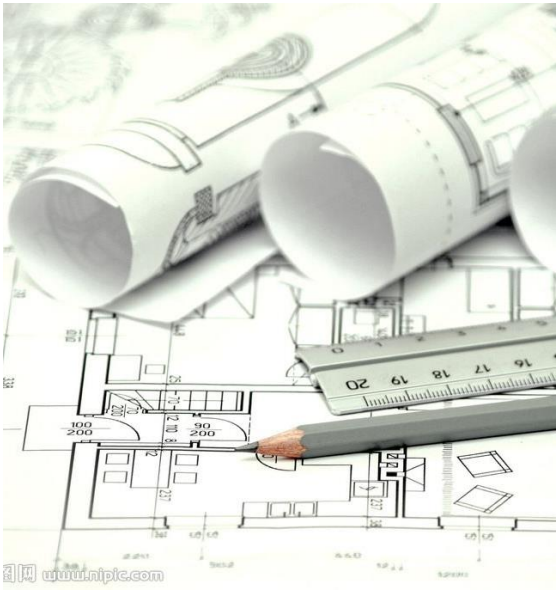
友绿网
iGREEN.ORG



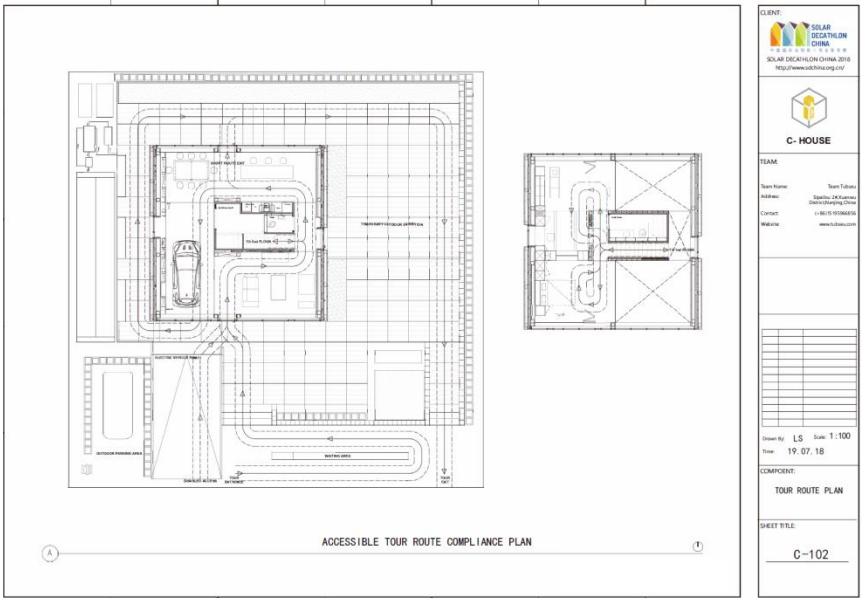
1.装配式建筑全生命周期划分与技术构成的发展

住宅全生命周期阶段划分:**设计研发**+制作制造+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

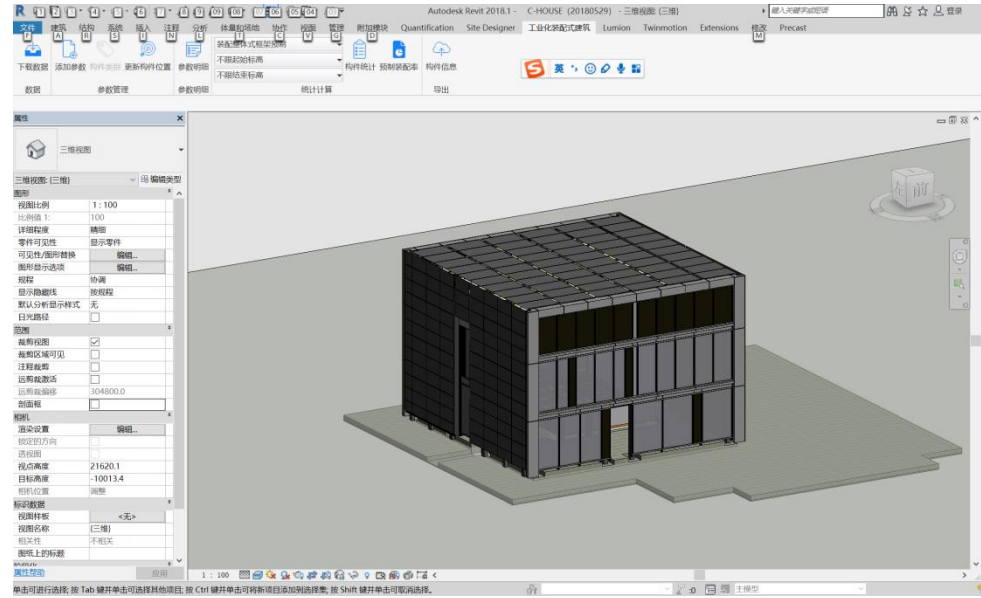
1. 设计技术与方法



手绘二维设计图纸



计算机辅助二维设计图纸



BIM虚拟设计

经历了从**手绘三维效果图+二维设计图纸**表达，到**计算机软件建模绘制三维效果图+软件绘制二维设计图纸**表达，再到**建筑信息模型（BIM）虚拟设计+三维信息模型+二维设计图纸**出图应用三个发展阶段。

住宅全生命周期阶段划分:设计研发+**制作制造**+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

2. 构件制作和生产技术



手工制作



机械化工厂生产



智慧化生产

经历了从**手工现场制作**，到**机械化工厂大规模生产**，再到**智能化数字化加工生产**三个发展阶段。

住宅全生命周期阶段划分:设计研发+制作制造+**物流转运**+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

3.构件转运和物流技术



人工现场搬运



机械化转运



智能化机械转运

经历了**人工+畜力搬运**，到**车载机械化转运**，再到**专业化车辆与智能化机械转运**三个阶段

住宅全生命周期阶段划分:设计研发+制作制造+物流转运+**装配施工**+运营维护+更新再利用+拆除再利用

4.构件装配施工技术



人工现场装配



机械化装配



智能化装配

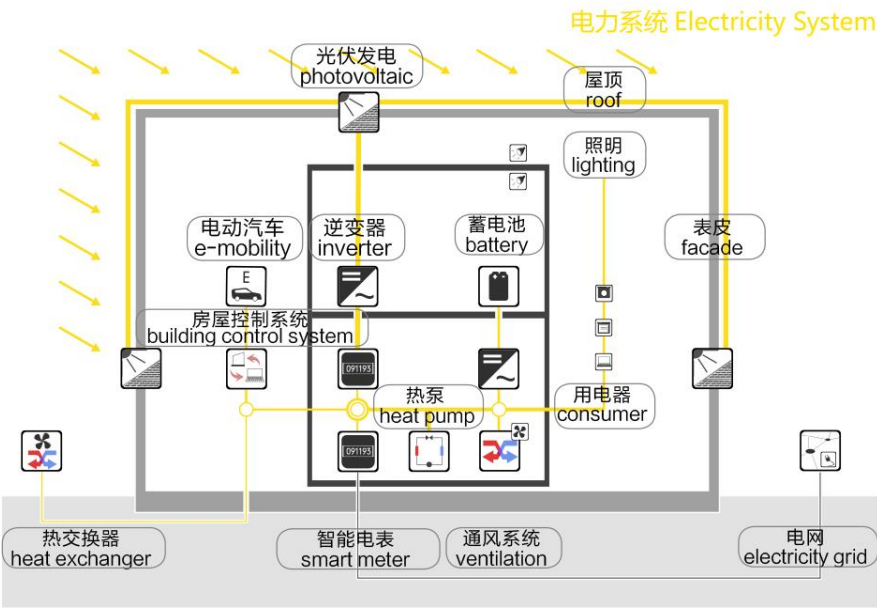
经历了人工与简单工具辅助定位装配，到人工+成套装备与辅助定位装配，再到成套自动化机械和装备，配合少量人工，智能化定位装配三个发展阶段。

住宅全生命周期阶段划分:设计研发+制作制造+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

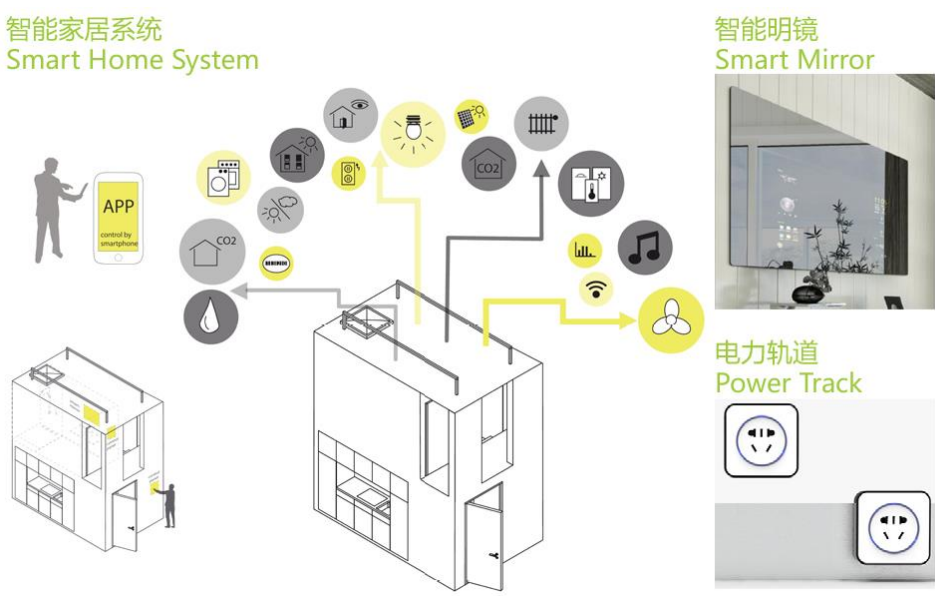
5.建筑运营维护技术



人工维护



手工+智能维护



智能化维护

经历了人工控制，到手工结合自动控制，再到智能控制为主手工控制为辅的三个发展阶段。

住宅全生命周期：设计研发+制作制造+物流转运+装配施工+运营维护+**更新再利用**+拆除再利用

6.更新再利用技术



单纯安全性活化技术



一般性活化技术



综合性活化技术

经历了由**单纯的安全性活化技术**，到**综合考虑性能、空间和功能活化技术**，再到**性能、空间、功能和文化活化技术**三个阶段。

住宅全生命周期阶段划分：设计研发+制作制造+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+**拆除再利用**

7.构件系统拆除再利用技术



手工拆除



爆破拆除



机械化+人工控制拆除再利用

经历了从**手工拆除部分构件再利用**，到**人工控制和机械化+爆破拆除部分构件再利用**，再到**自动化装备机械化拆卸+人工控制拆除再利用**三个发展阶段。



问题讨论：

设计研发+制作制造+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

构件材料+构件制造+物流转运+装配施工+运营维护+更新再利用+拆除再利用

整体性原则



2.计算案例简介

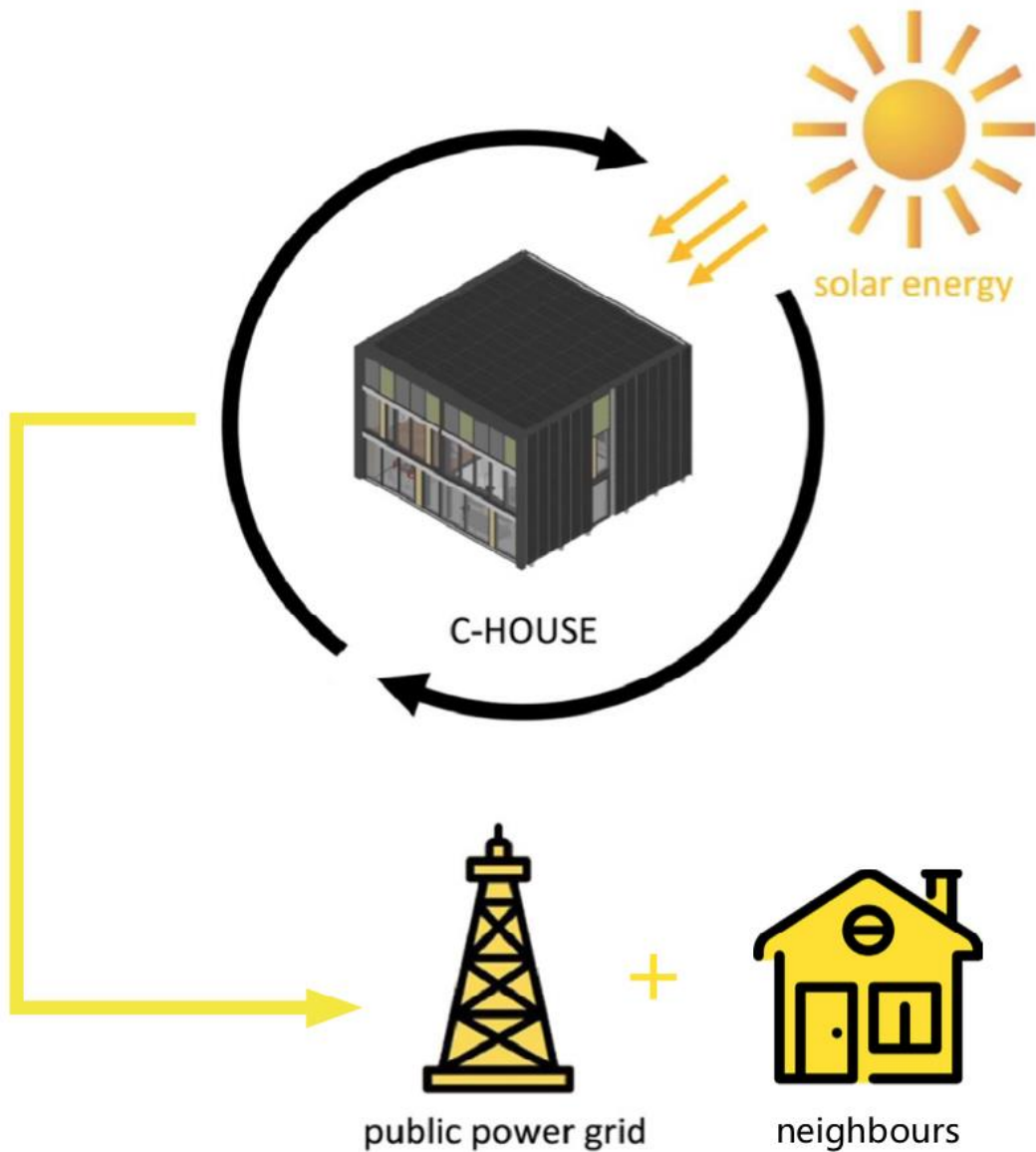


SDC2018 竞赛现场，中国山东省，德州市

SDC2018 competition site, Dezhou, Shandong, China

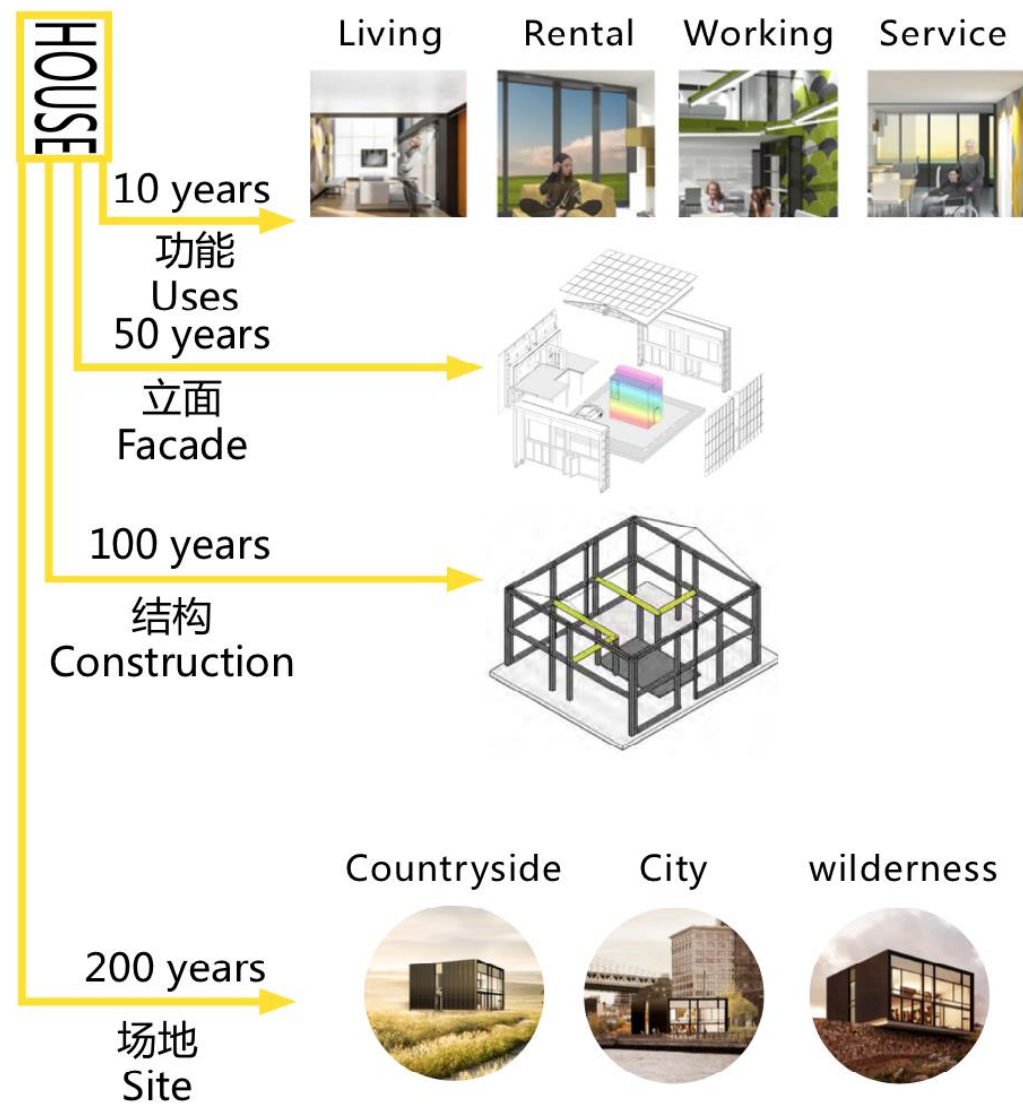
设计理念：主动式产能+能源共享

Design concept: active capacity + energy sharing



空间共享

Space Sharing



设计理念：功能、空间可变

Design concept: variable function and space

一层平面 Ground Floor



二层平面 Second Floor



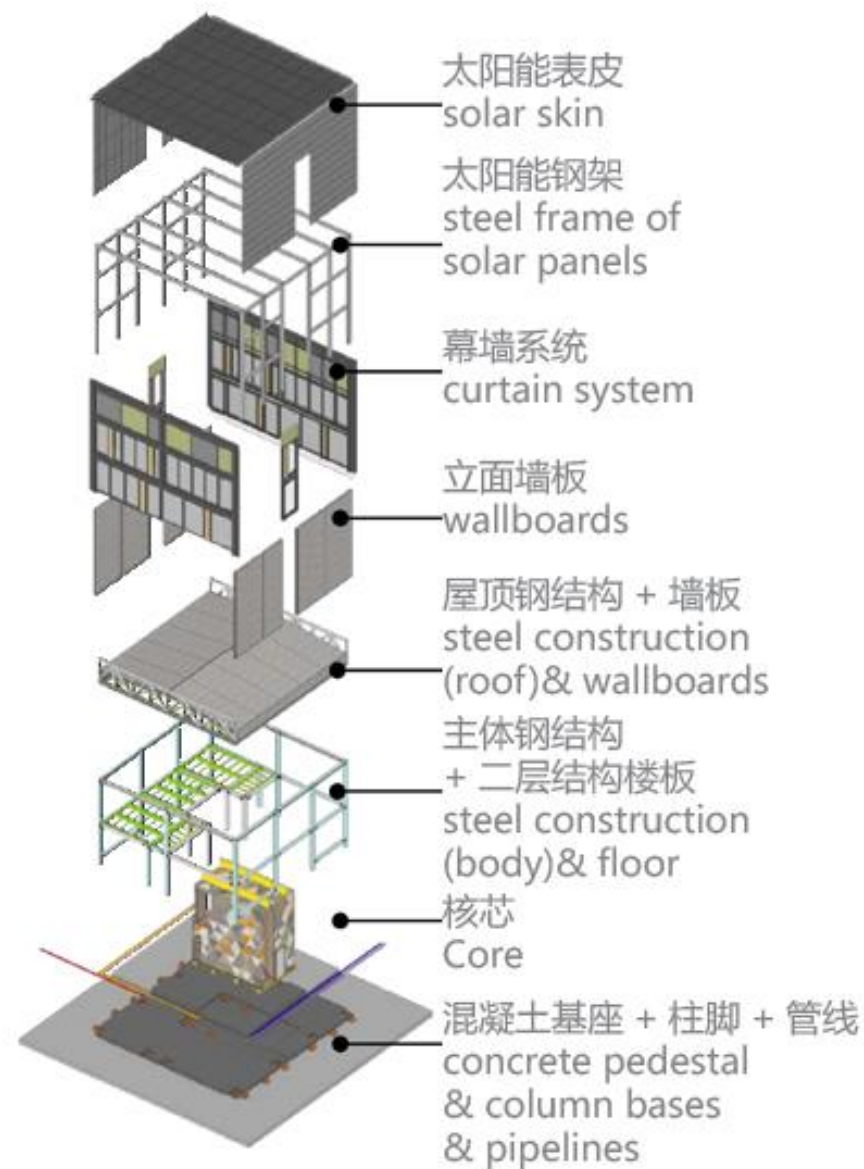
设备间、厕所、浴室、厨房和楼梯全部集成于核心，房间的设备系统和管线统一以最短距离排布与核心墙体。创新的集成空间创造了最自由的平面布局方式。

The equipment room, toilet, bathroom, kitchen and stairs are all integrated with the core. The equipment system and pipelines of the room are arranged in the most short distance with the core wall.

Innovative integrated space creates the most free plane layout.

高速装配与拆卸工程管理

分解图
Exploded Picture





(1) .第一次装配建造和拆除

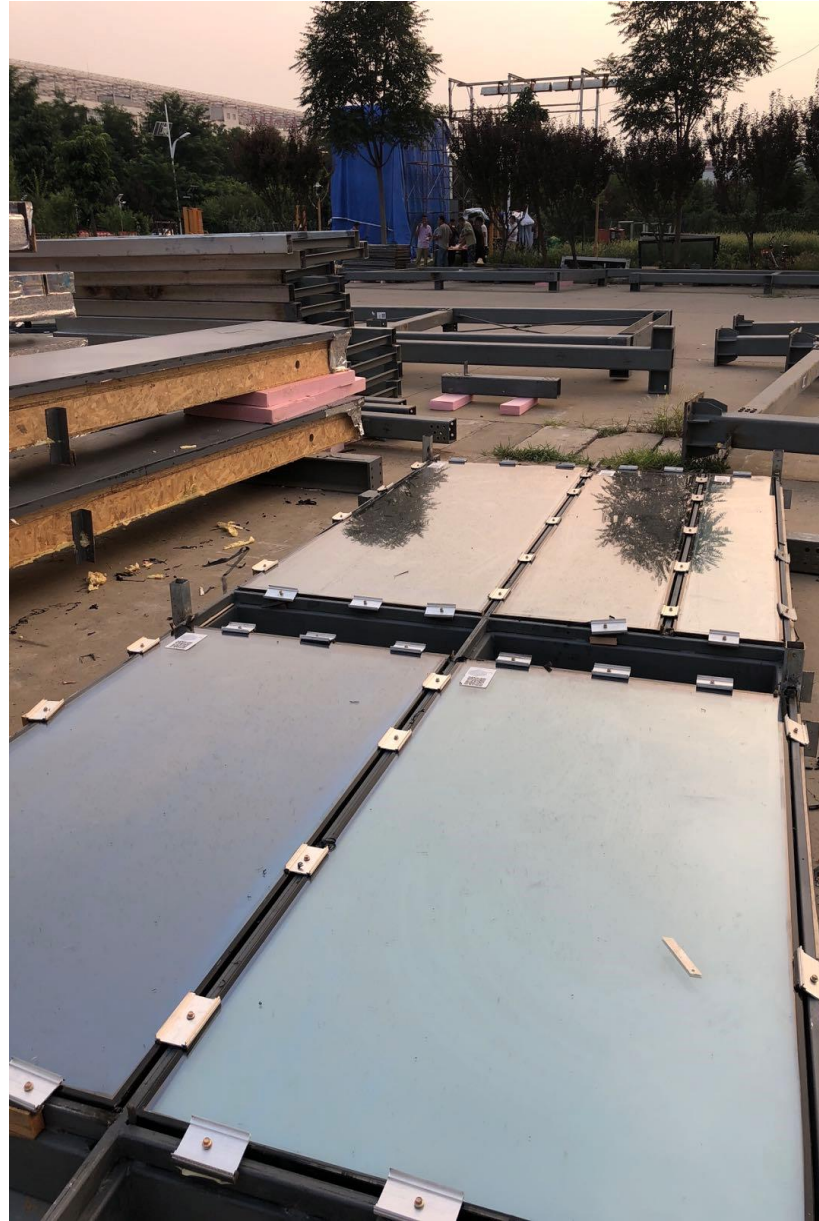
第一次装配建造和拆除



第一次装配建造和拆除



第一次装配建造和拆除

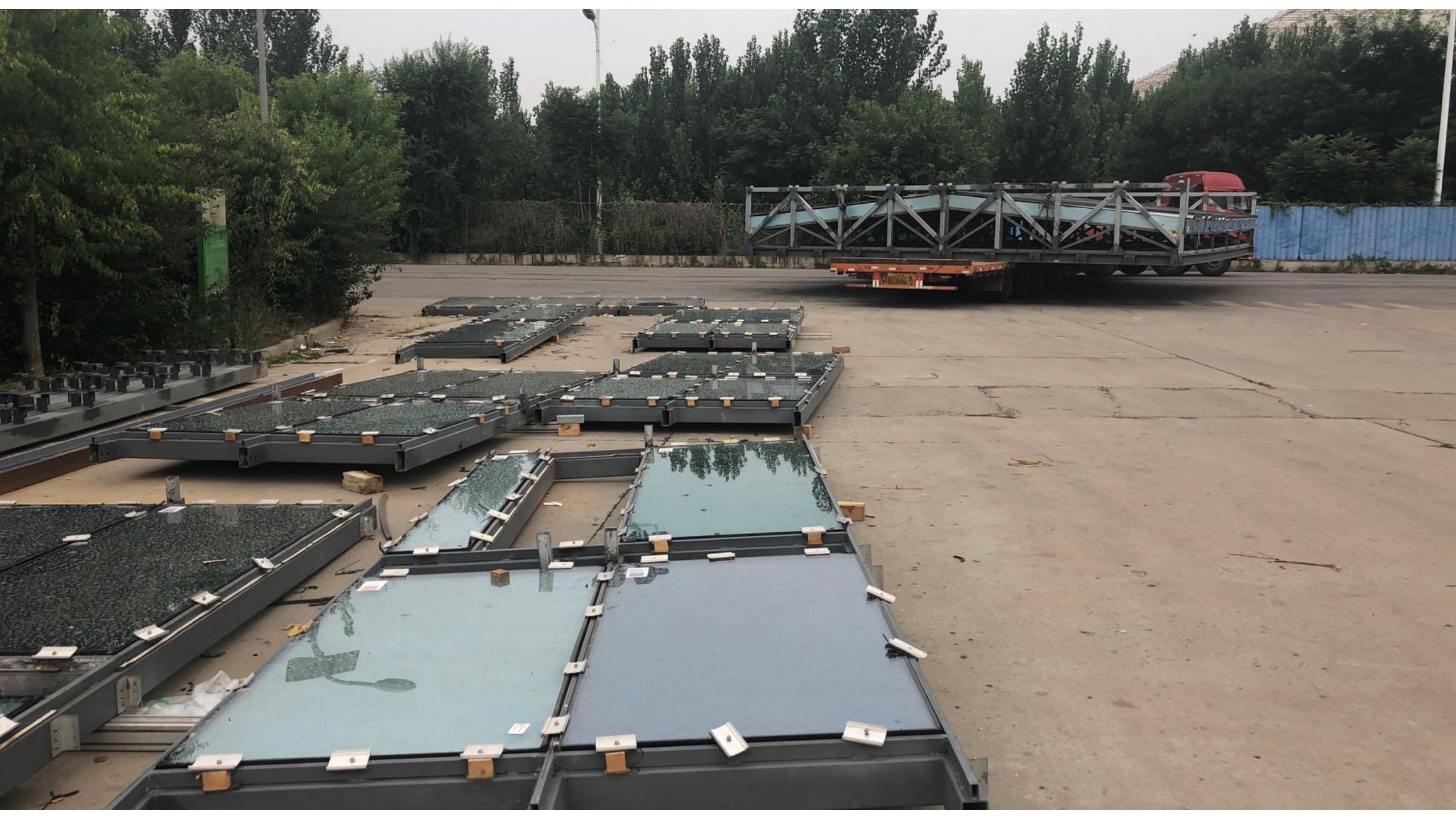




(2) .第二次装配建造和拆除

第二次装配建造和拆除





第二次装配建造和拆除



第二次装配建造和拆除





第二次装配建造和拆除



第二次建成效果 NEW-BIPV



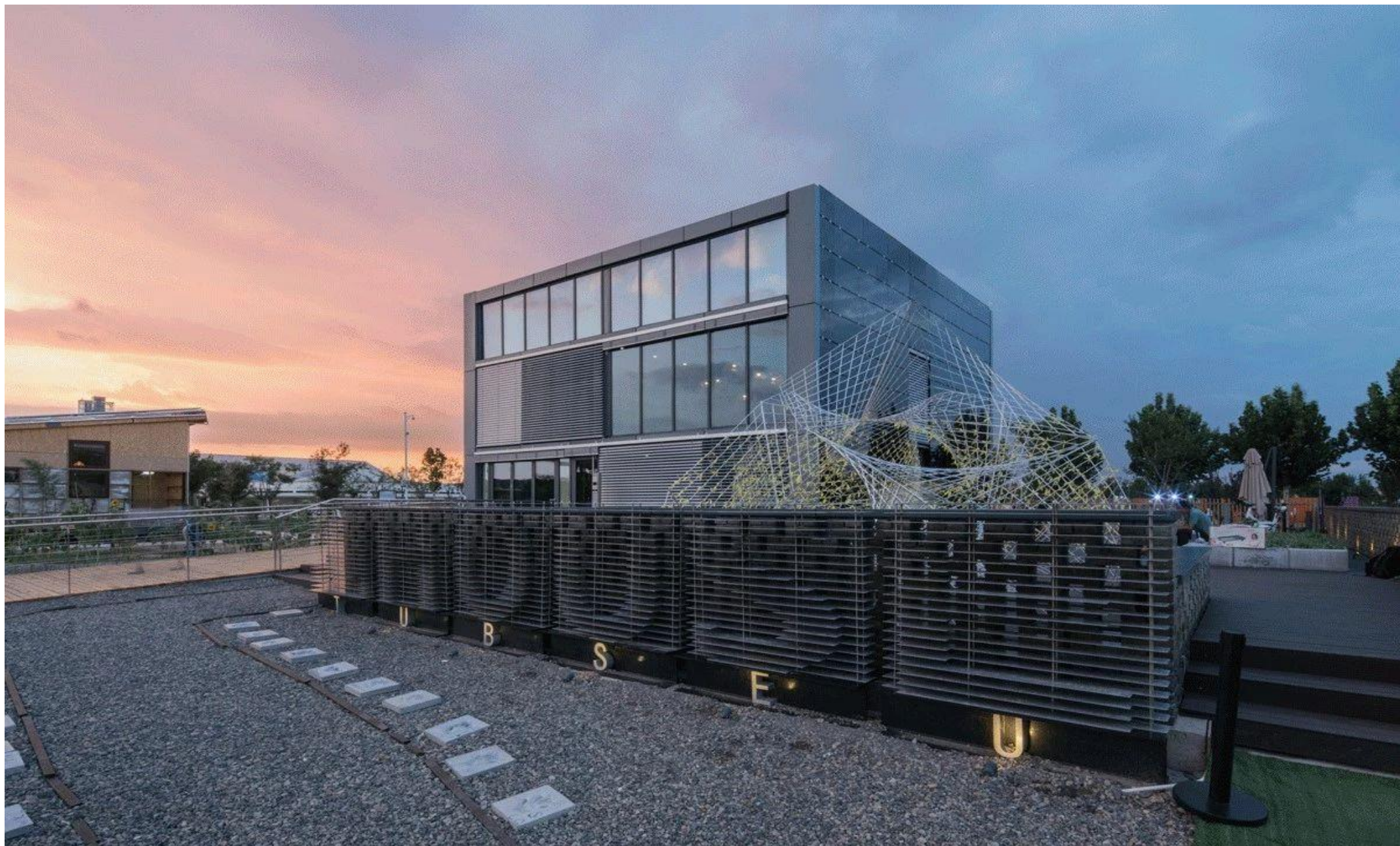
第二次建成效果



第二次建成效果



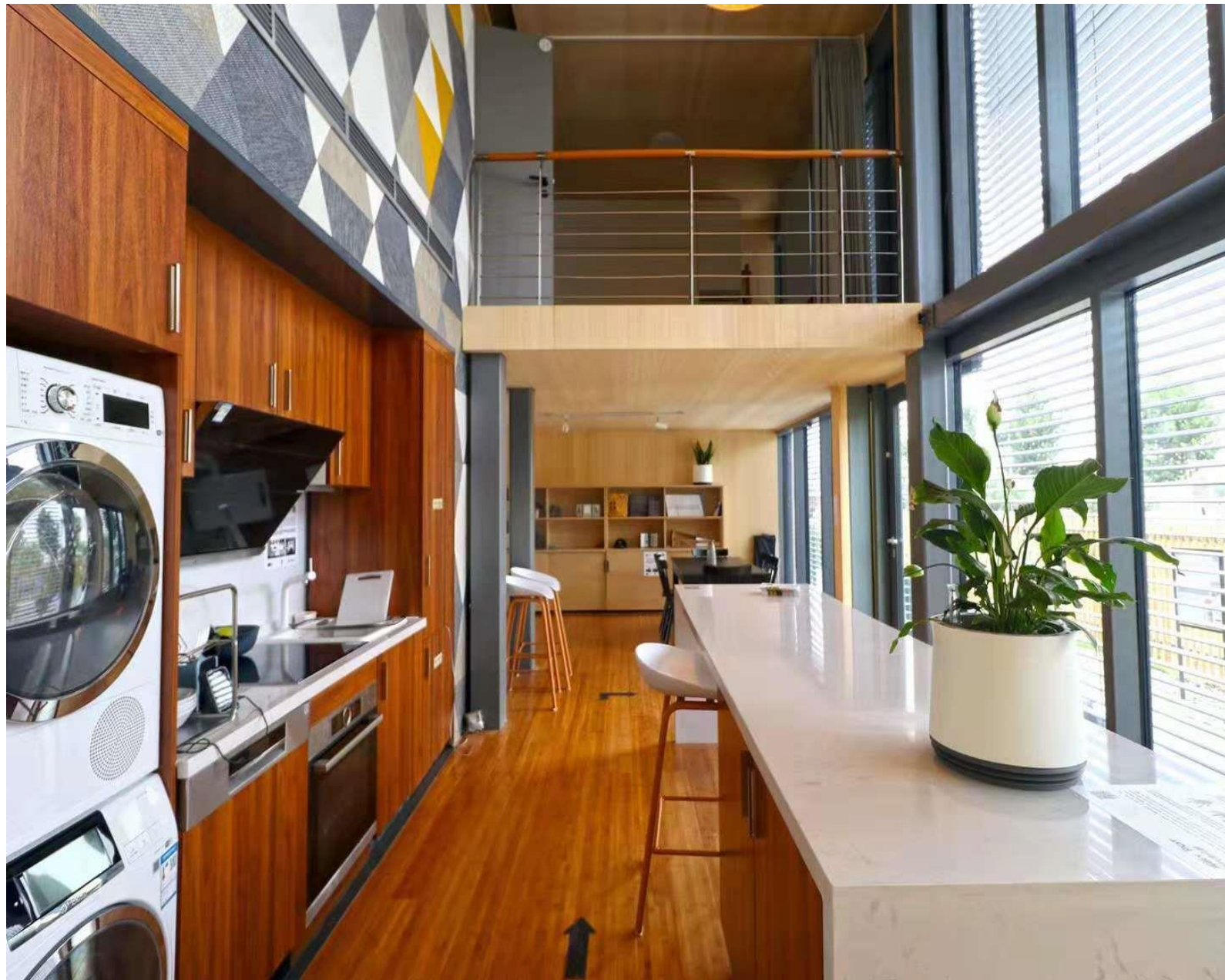
第二次建成效果



第二次建成效果



第二次建成效果





(3) .第三次拆除和装配建造

第三次拆除和装配建造



第三次拆除和装配建造





3.计算原则、工具和计算方法

（1）整体性原则—

产品的整个过程是一个整体，从**产品制造开始到消亡为止**，**不能把其中某一过程分离出去**。

（2）关联性原则—

产品每个阶段之间是密切联系的，**上下相互关联制约**。

（3）结构性原则—

不同研究对象的各个阶段对整体影响是不同的，**每个阶段需要由设计方法和BIM模型规则引导，建立结构性的数据和系统**。

（4）动态性原则—

研究对象不是一成不变的，会随着生产工艺、产品特点的改变而变化，**技术和方法需要实现数据实时和动态控制，不断做出调整**。

建筑产业现代化科研成果：基于BIM的装配式建筑信息服务与管理平台

平台网址：
zhuangpei.njsjw.cn

南京装配式建筑信息服务与监管平台

信息服务

信息发布

地块信息

项目信息

政策法规

行业新闻

通知公告

企业名录

通用构件库

信息监管

用户登陆

我的项目

构件动态跟踪

企业构件库

从业资格认证

现场管理

数据统计分析

工具下载

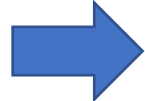
手机APP下载

BIM辅助软件下载

使用手册下载

南京市装配式建筑项目分布

地图选项



数据交换



南京装配平台

预制南京 创新江苏 智慧中国

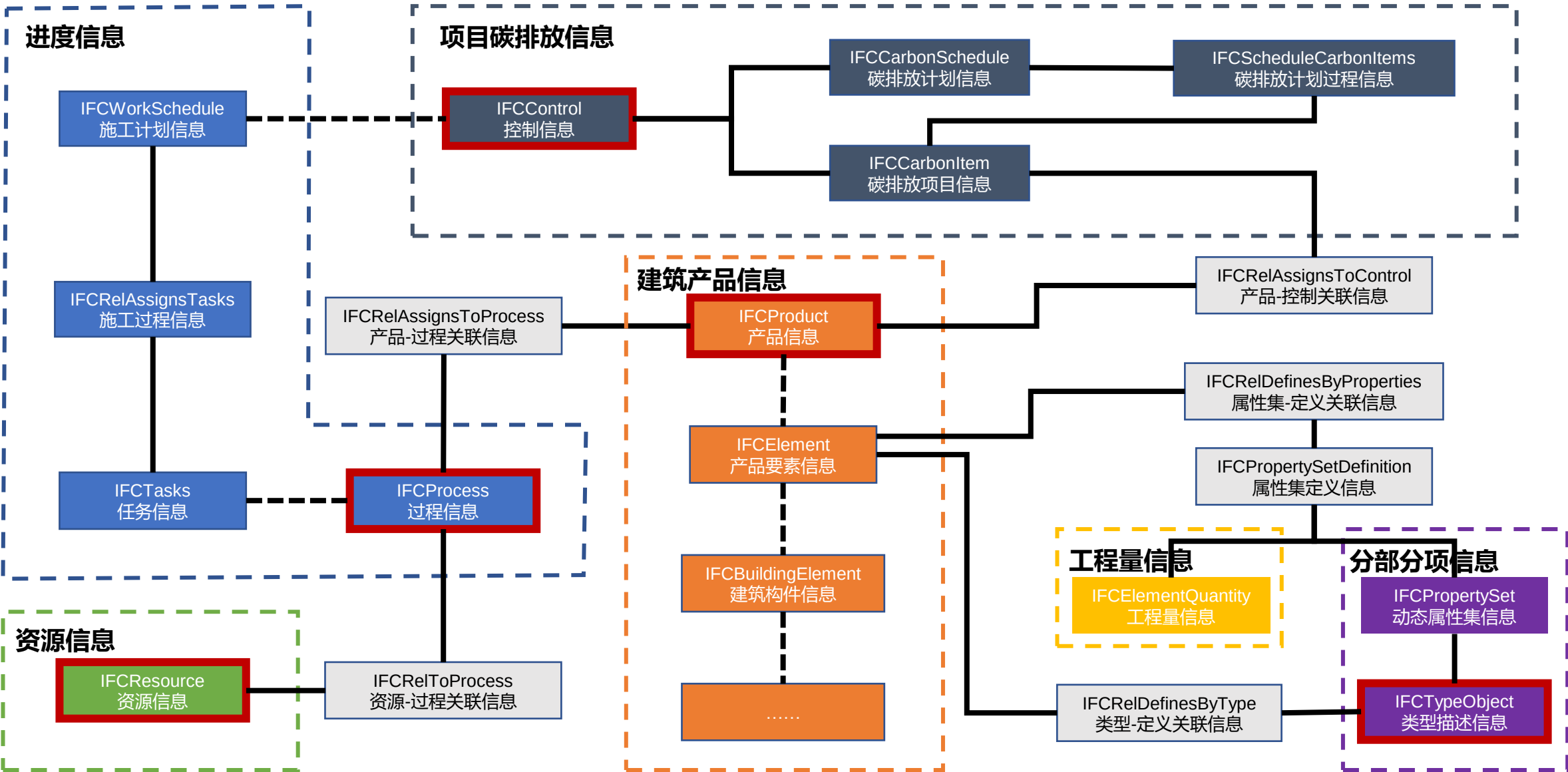
用户登录

请输入您的用户名

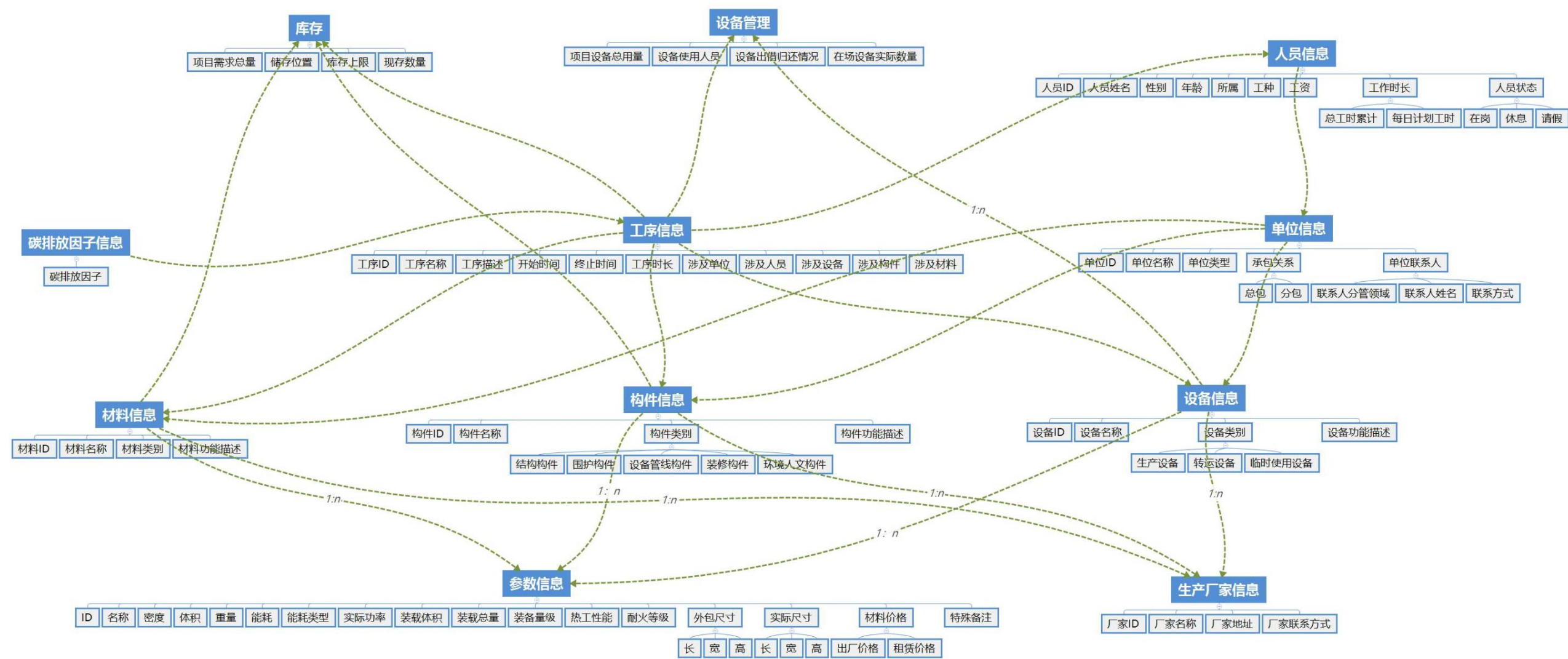
请输入您的登录密码

登录

南京市城乡建设委员会
东南大学CIM-BIM技术研究所



以通用BIM数据标准IFC为基础研究适用于主流BIM软件的碳排放数据结构



为达到自动计算的目的，所需构建的数据库研究

标准工序信息表格			工序信息表：内装构件系统——装配式墙板——装配工序			
工序编码			工序编码		NZ-ZPSQB-ZP	
关系人信息	执行者		关系人信息	执行者	思丹鼎装饰有限公司	
	监督者			监督者	监理单位	
	管理者			管理者	东南大学建筑学院	
成本信息			成本信息			
碳排放信息			碳排放信息			
施工安全信息			施工安全信息			
设计管理						
工序步骤	工序步骤		工序步骤	现场检查→派线确位→安装标高→配件定位→安装调试→清理打胶→安装验收		
各步骤要点	各步骤要点		各步骤要点	现场检查	查看图纸复量尺寸，检查图纸与现场是否相符，检查瓷砖，卫生洁具等相关的成品有无损坏之处	
工序实施时间	开始时间			派线确位	标好墙面尺寸，保持水平，垂直、大片应安在两坑正中间（或按现场要求操作）。	
	结束时间			安装标高	根据测量的图纸检查卫生间隔断安装的标高尺寸。	
	总时间			配件定位	按照标高，设计和监理确认通过的五金件（合页、门锁、拉手、支架、横梁）设计确认通过，安支架时保持两边间距尺寸一样，安大片直角时，保证在中间位置（分中），上下两端保持18公分，（直角中心点）根据情况有管道，腰线应量好尺寸，再开口，缝口不超过0.1厘米（直角），注意不要打坏墙砖或地砖	
工序设备信息	需要设备类型			安装调试	调试固定门缝应2至2.5毫米的距离，小腿固定至少两颗螺丝，，门与中小片下端平齐，门的开启轻松自如，回归到原位	
	设备数量			清理打胶	打胶时应上下一条线，粗细一样，直角处没有多余的胶，其作用是保证隔板与墙体之间的更加牢固、密封。	
	设备单价			安装验收	安装完的卫生间隔断我方进行自检，经我方检验合格后报予监理、甲方进行验收。	
	操纵人员基本工资		工序设备信息	需要设备类型	电锤、改锥、电钻、螺丝刀	
	操作人员总工资			设备数量	1	
工序辅料信息	需要辅料类型			设备单价	0	
	需要辅料数量			设备总价格	0	
	需要辅料单价		工序操作人员信息	操作人员数量	2	
	需要辅料总价			操作人员类型	装修工	
工序能源信息	消耗能源类型			操纵人员基本工资	15	
	消耗能源数量			操作人员总工资		
	消耗能源价格		工序辅料信息	需要辅料类型	五金件（合页、门锁、拉手、支架、横梁）	
	消耗能源成本信息			需要辅料数量	2	
获取人——机——料——价的管理				需要辅料单价	20	
				需要辅料总价	40	
			工序能源信息	消耗能源类型	电	
				消耗能源数量	5	
				消耗能源价格	0.5	
				消耗能源成本信息	2.5	
			提供工序施工要点，获取施工操作步骤，并进行现场人——机——料——价的安排			

算例：1、构件材料制备阶段

- 该阶段的碳排放统计的是建筑材料从自然界原始储藏经人工开采、加工形成建筑产业基础材料的过程中所产生的碳排放量。例如：建筑用钢材，在材料物化阶段将统计铁矿石开采、运输、冶炼、型钢制作等过程的碳排放，但是将型钢加工成梁或柱的过程并不在该阶段的统计范畴内。该阶段的材料碳排放因子受材料场地、制作工艺、运输距离等因素的影响会产生较大变化，因此在没有特殊要求的情况下，通常使用国家/地方颁布的标准材料碳排放因子进行计算。

- 计算公式如下：

$$\sum_n = a * \theta_a + b * \theta_b + \dots + n * \theta_n$$

- 公式说明：即将工程使用的所有材料的用量乘以各材料对应的碳排放因子并相加。
- 统计表格格式如下：

- 统计表格格式如下:

[illegible]

算例：2、构件生产阶段

- 该阶段的碳排放统计边界为从基础材料进入构件加工厂到成为建筑构件出厂，期间材料二次加工、转运、储存等人工产生的碳排放都在本阶段碳排放的统计范围内。统计过程中需要将工程中每一种使用到的建筑构件，在生产过程中人、机、料所产生的碳排放都统计进构件的碳排放中。
- 计算公式如下：

- 计算公式如下：

$$\sum_n = (P_a * T_a * \theta_p + E_a * T_a * \theta_e + M_a * \theta_m) * Q_a + (P_b * T_b * \theta_p + E_b * T_b * \theta_e + M_b * \theta_m) * Q_b + \dots + (P_n * T_n * \theta_p + E_n * T_n * \theta_e + M_n * \theta_m) * Q_n$$

- 公式说明：材料进入工厂后的所有人、机、料碳排放的总和
- 统计表格格式如下：

- 统计表格格式如下:

[illegible]

算例：3、构件转运阶段

- 该阶段统计的是建筑构件从构件生产厂装车运输至建造现场并存放至构件堆场的过程，如构件进入拆除再利用阶段则统计构件由原建造场地装车运送至现建筑现场并存放的过程。需要注意的是，构件在装车与卸车时参与的人员和使用的设备（有源）所产生的碳排放应计入该阶段的碳排放统计中。
- 计算公式如下：

- 计算公式如下：

$$\sum_n = [(P_{au} * T_{au} + P_{ad} * T_{ad} + P_{av} * T_{av}) * \theta_p + E_{au} * T_{au} * \theta_e + E_{ad} * T_{ad} * \theta_e + V_a * L_a * \theta_v] * Q_a + [(P_{bu} * T_{bu} + P_{bd} * T_{bd} + P_{bv} * T_{bv}) * \theta_p + E_{bu} * T_{bu} * \theta_e + E_{bd} * T_{bd} * \theta_e + V_b * L_b * \theta_v] * Q_b + \dots + [(P_{nu} * T_{nu} + P_{nd} * T_{nd} + P_{nv} * T_{nv}) * \theta_p + E_{nu} * T_{nu} * \theta_e + E_{nd} * T_{nd} * \theta_e + V_n * L_n * \theta_v] * Q_n]$$

- 公式说明：构件出厂至工地存放之间所有程序碳排放量的总和
- 统计表格格式如下：

- 统计表格格式如下:

[illegible]

算例：4、构件装配施工阶段

- 该阶段碳排放统计的是各类建筑构件在建造现场装配成建筑的全过程产生的碳排放，同样包括全部构件在本过程中使用的人、机、料所产生的碳排放。
- 计算公式如下：

- 计算公式如下：

$$\sum_n = (P_a * T_a * \theta_p + E_a * T_a * \theta_e + M_a * \theta_m) * Q_a + (P_b * T_b * \theta_p + E_b * T_b * \theta_e + M_b * \theta_m) * Q_b + \dots + (P_n * T_n * \theta_p + E_n * T_n * \theta_e + M_n * \theta_m) * Q_n$$

- 公式说明：构件装配建造成建筑全过程人、机、料所产生碳排放的累加
- 统计表格格式如下：

- 统计表格格式如下:

[illegible]

算例：6、建筑改造再利用阶段

- 根据改造再利用的方式不同，分为原位改造再利用和异位改造再利用两种模式。原位改造再利用是建筑在原址上通过更换建筑构件和改变建筑使用功能的方式让既有建筑耐久性提升功能符合时代需求，达到延长建筑寿命降低碳排放的目的。异位改造再利用则是通过在不同地点重建相同或类似功能的建筑以达到重复利用现有构件，实现降低碳排放的目标。
- 计算公式如下：

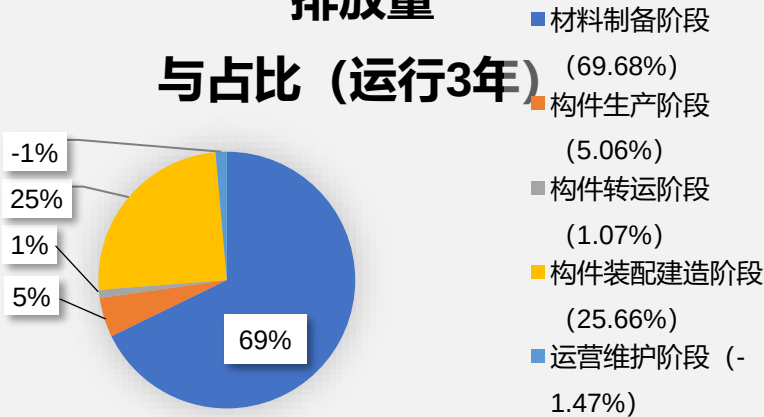
$$C = \sum_n [(P_{ad} * \theta_p + E_{ad} * \theta_e) * T_{ad} + V_a * L_a * \theta_v + (P_{au} * \theta_p + E_{au} * \theta_e) * T_{au} - (C_a * \theta_a + P_{ap} * T_{ap} * \theta_p + E_{ap} * T_{ap} * \theta_e + M_{ap} * \theta_m) * 2] * Q_a + [(P_{bd} * \theta_p + E_{bd} * \theta_e) * T_{bd} + V_b * L_b * \theta_v + (P_{bu} * \theta_p + E_{bu} * \theta_e) * T_{bu} - (C_b * \theta_b + P_{bp} * T_{bp} * \theta_p + E_{bp} * T_{bp} * \theta_e + M_{bp} * \theta_m) * 2] * Q_b + \dots + [(P_{nd} * \theta_p + E_{nd} * \theta_e) * T_{nd} + V_n * L_n * \theta_v + (P_{nu} * \theta_p + E_{nu} * \theta_e) * T_{nu} - (C_n * \theta_n + P_{np} * T_{np} * \theta_p + E_{np} * T_{np} * \theta_e + M_{np} * \theta_m) * 2] * Q_n$$

- 公式说明：原位改造与异位改造过程所产生的碳排放
- 统计表格格式如下：

构件拆装信息		工序信息		人工信息				更换设备信息						辅料信息			
		工序名称	工序ID	工人工种	工人ID	工人使用数量	工作时长 (h)	设备名称	设备ID	设备数量	设备能源类型	设备使用时长 (h)	设备能源碳排放因子	辅料名称	辅料ID	辅料用量	辅料碳排放因子
更换构件名称	更换构件ID																
		工序碳排放量 (吨)															

再利用构件概念碳排放量 (吨)	再利用构件名称	再利用构件ID	构件材料碳排放量 (吨)	构件生产碳排放量 (吨)	再利用次数

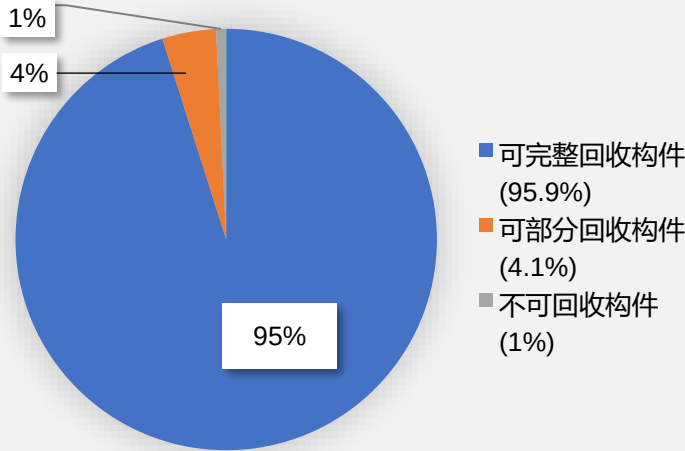
C-HOUSE全生命周期各阶段碳排放量与占比（运行3年）



对照建筑全生命周期各阶段碳排放量与占比（运行3年）



C-HOUSE构件回收情况



C-HOUSE全生命周期各阶段碳排放量与占比

	合计（吨）	材料制备阶段（吨）	构件生产阶段（吨）	构件转运阶段（吨）	构件装配建造阶段（吨）	运营维护阶段（吨）	改造再利用阶段（吨）	拆除回收阶段（吨）
建成时碳排放量	258.385936	225.229276	11.006798	1.81424	20.335622	0	0	0
2018年至今（2次重建）碳排放量	236.807459	82.507031	0.967723	0.73	40.426363	-3.487349	0	-142.722245
碳排放量占比								
C-HOUSE		69.68%	5.06%	1.07%	25.66%	-1.47%		

对照建筑全生命周期各阶段碳排放量与占比

	合计（吨）	材料制备阶段（吨）	构件生产阶段（吨）	构件转运阶段（吨）	构件装配建造阶段（吨）	运营维护阶段（吨）	改造再利用阶段（吨）	拆除回收阶段（吨）
普通钢结构建筑运营3年碳排放量	159.651456	106.256742	11.006798	1.81424	20.335622	20.238054	0	0
碳排放量占比								
		66.56%	6.89%	1.14%	12.74%	12.68%		

结论：以节碳为目标在建筑材料的选用上应尽量选用可回收再利用、低碳的材料；或尽量提升构件的重复使用率



4. 节能减排技术政策建议

新型建筑工业化和住宅产业现代化的目标

住宅产业现代化
与城乡可持续发展

建什么类型的住宅

1. 层数与类型
2. 好维修和高耐久性与长寿命
3. 以使用者为本
4. 可传承和创造文化

如何建住宅

1. 协同建造与新型建筑工业化
2. 建筑产品模式的标准化设计、正向设计
3. 住宅产业现代化建构体系构建

如何保障产品模式
住房建设的运行

1. 国家标准与企业标准
2. 工程管理程序和制度
3. 分层级的工业化人才培养
4. 先行区推广模式

总目标

关键技术和急待解决的问题

城乡住宅建设领域**节能减排,绿色环保可持续发展**战略技术目标:

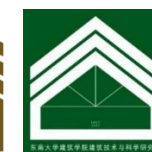
- 1、逐步减少钢筋混凝土用量,逐步降低住宅高度---**逐步减少高层住宅数量或在某些领域倡导发展应用低层轻型结构建筑**
- 2、发展住宅可维修、长寿命技术,延长新建筑物使用寿命---**最大的节能减排**
- 3、大力发展既有住宅改造和既有建筑再利用成套技术---**节能减排与文化遗产结合**
- 4、切实提高住宅建筑的节能减排性能,并用市场化政策保障住宅性能投入者利益---**个人、企业、政府（高排放建材-资源税）**

5、中国人未来住什么？



控制住宅碳排放，推动房地产行业低碳高质量发展





张宏 教授
东南大学建筑学院
手机 号:13151054060
电子邮箱:zhangh555@aliyun.com

Ph.D.
Professor
Head of Department of Building Science and Technology
School of Architecture, Southeast University

东南大学
Southeast university
东南大学建筑学院建筑技术科学研究所
Institute of architectural technology and science, school of
architecture, Southeast university
东南大学工业化住宅与建筑工业研究所
Institute of industrial housing and building industry, Southeast
university
东南大学BIM-CIM技术研究中心
Center of bim-cim technology, Southeast university



China Real Estate Industry
Carbon Neutral Development Summit

谢谢！



中国房地产业协会
CHINA REAL ESTATE ASSOCIATION



友绿网
iGREEN.ORG