

制造-建造生产模式

陈珂

目录

Contents



1、装配式建筑



2、建筑模块标准化



3、柔性生产



4、制造-建造一体化

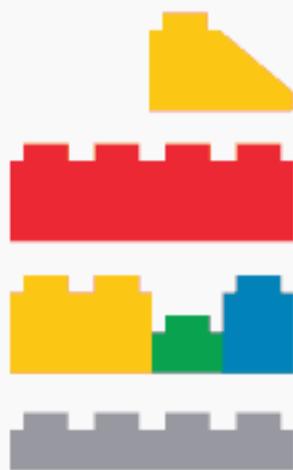


5、小组汇报与讨论

1

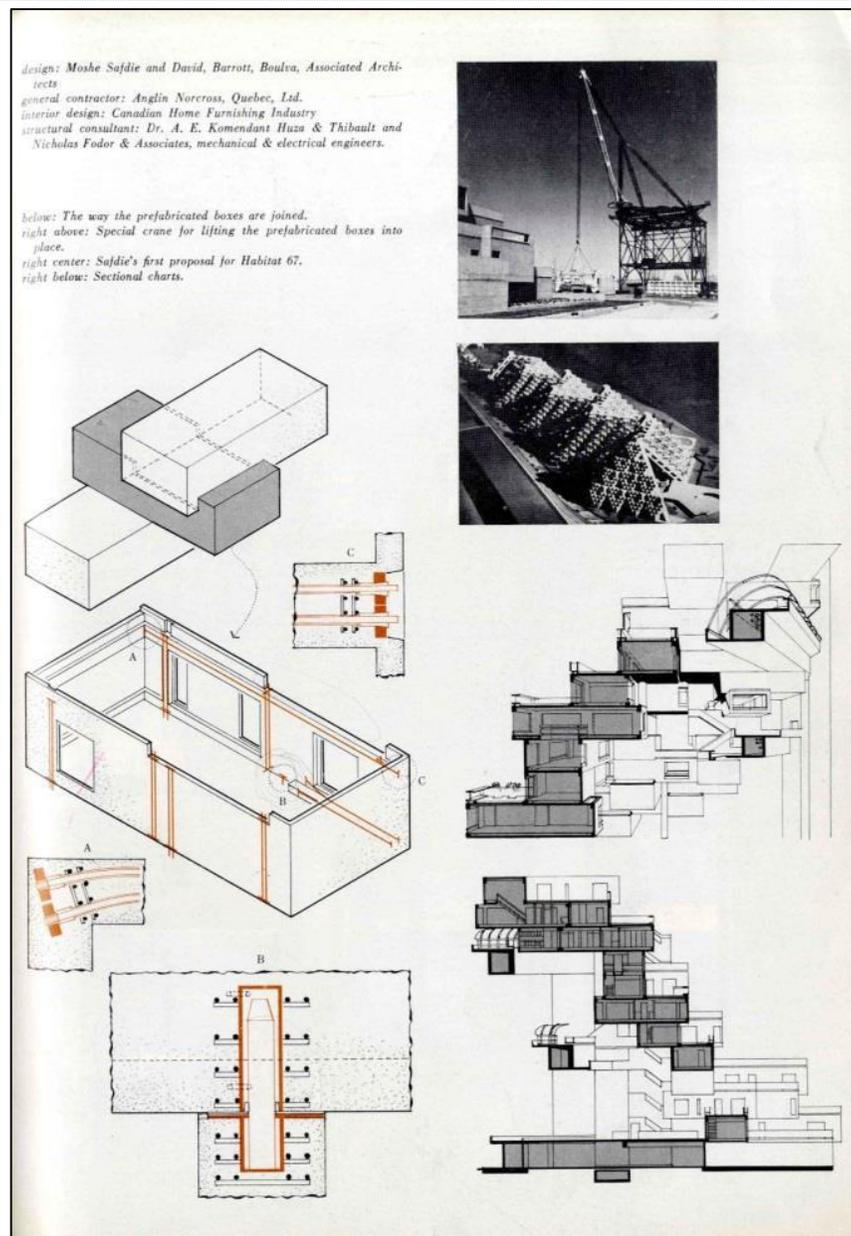
装配式建筑

提起装配式建筑，大家第一时间想到什么？



早期装配式建筑 – HABITAT 1967, MONTREAL

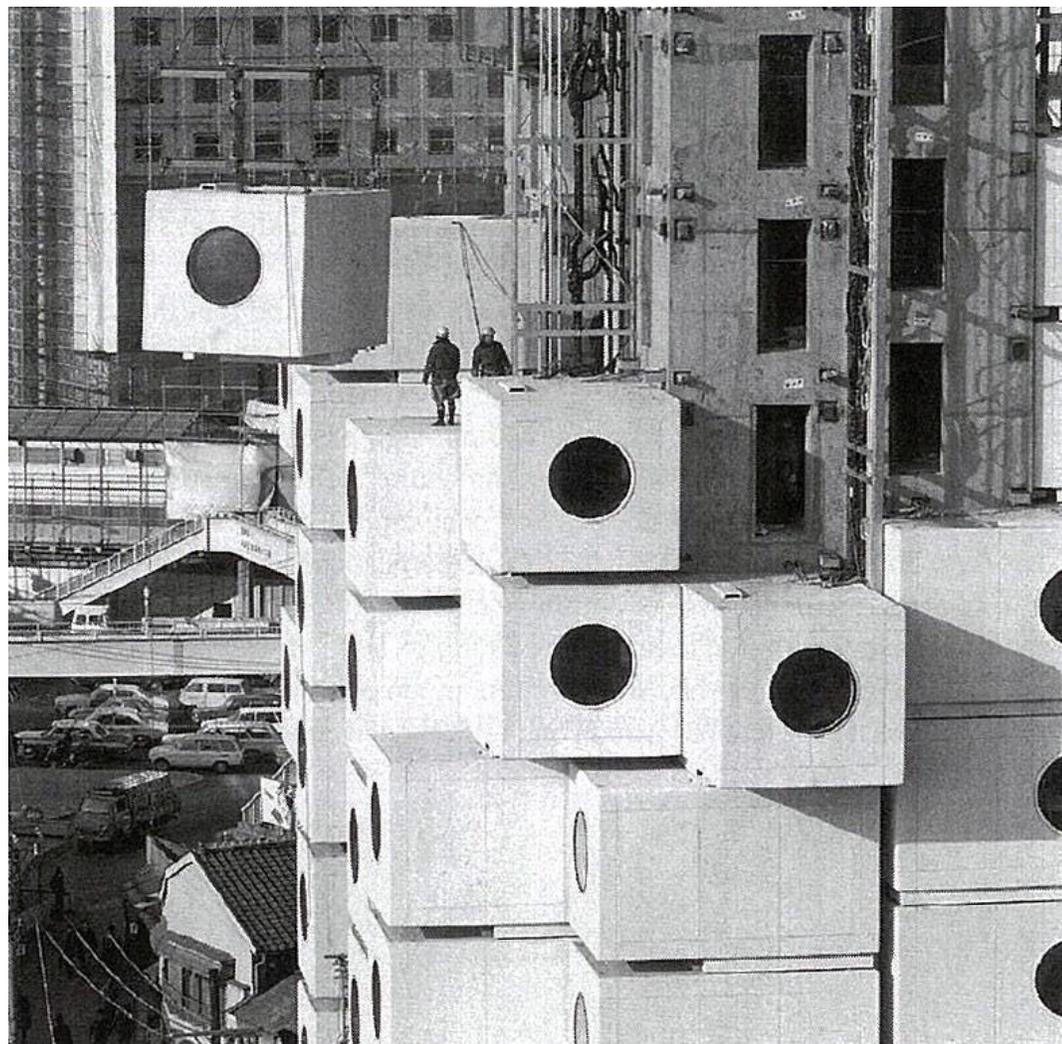
1967年，由354个模块组成的住宅区
但是，这个项目并没有引起装配式建筑的潮流，因为整体造价相对较高



(Source: <https://www.archdaily.com/404803/ad-classics-habitat-67-moshe-safdie>)

早期装配式建筑 – NAKAGIN CAPSULE TOWER 1972, TOKYO

现代建筑史上首座真正以胶囊般的建筑模块兴建的建筑，由两座相互连结的大楼组成，**总共包含了140块建筑模块**，每一个独立单位被设计为可以独立更换



(Source: <http://archeyes.com/nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa/>)

早期装配式建筑 - 民用建筑, 上世纪60年代末70年代初

1976年以前, 预制板因为使得盖楼速度快, 价格相对便宜, 在全国范围内被大力推广, 直到...

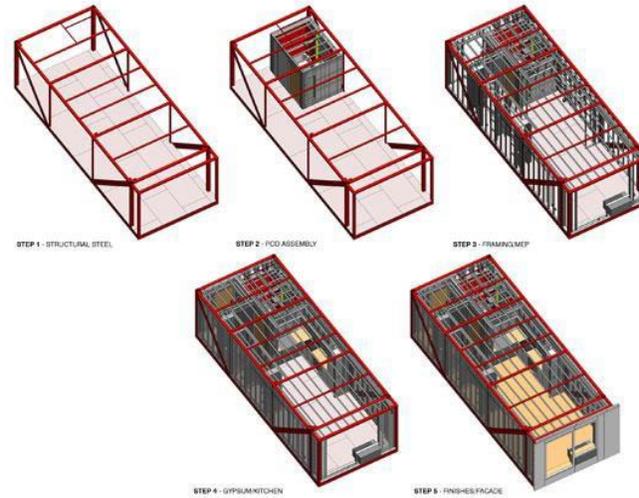


唐山大地震: 7.8级地震, 24.2万人死亡, 43.5万人受伤

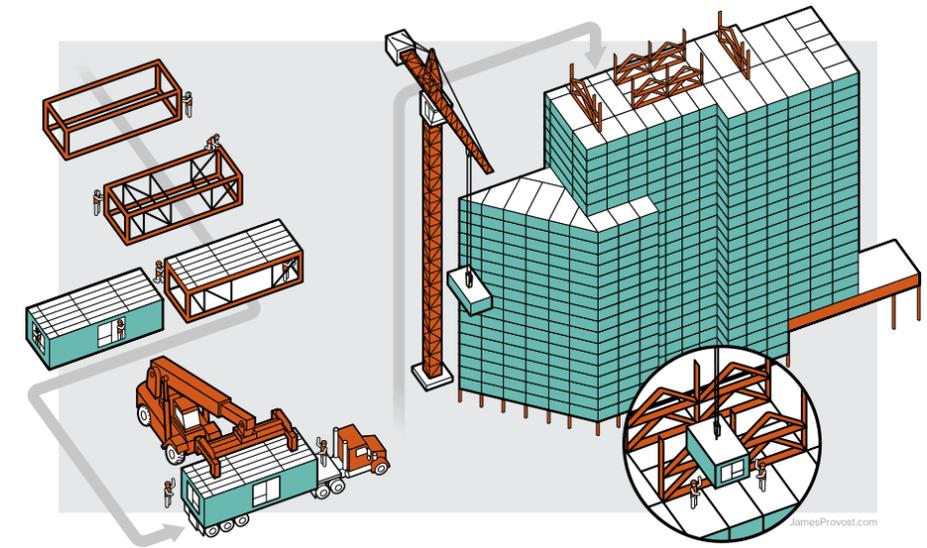
装配式建筑质量? 抗震性能?

现代装配式建筑 – 461 DEAN, 纽约

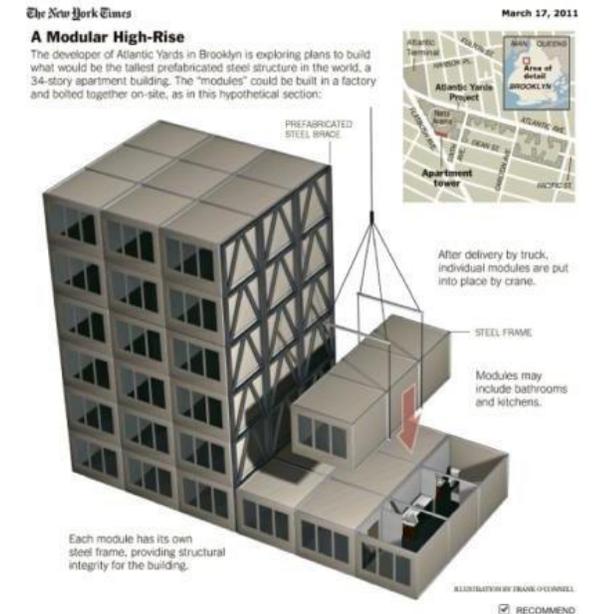
461 Dean Street, New York
预制件厂距离施工现场10千米



(Source: <http://www.ctbuh.org/Events/CTBUHRelatedEvents/AtlanticYardsB2ModularontheRise/tabid/4814/language/en-US/Default.aspx>)



(Source: <https://jamesprovost.com/portfolio/modular-construction>)



(Source: <https://thinkwingradio.com/2011/03/28/modular-construction-the-future-of-high-rise-building/>)



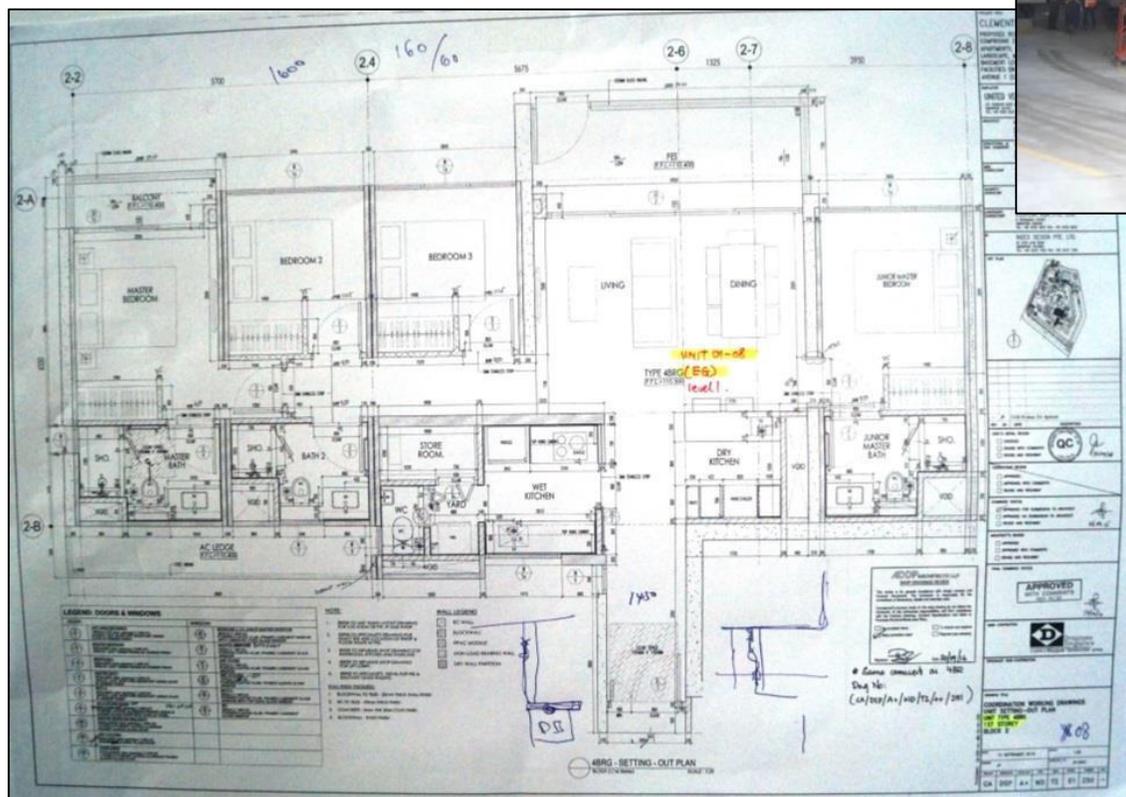
A NEW

ARCHITECTURAL MARKER

The tallest modular constructed building in the world. Every apartment was built in the Brooklyn Navy Yard, shipped to the 461 Dean address, then stacked one by one like Jenga blocks.

现代装配式建筑 – CLEMENT CANOPY, 新加坡

Singapore Clement Canopy 预制件厂距离施工现场50千米



(Source: http://dragages.com.sg/projects-post/clement-canopy/?related_page=3)



拼装房屋比选

主体结构选择:

集装箱房



K式板房

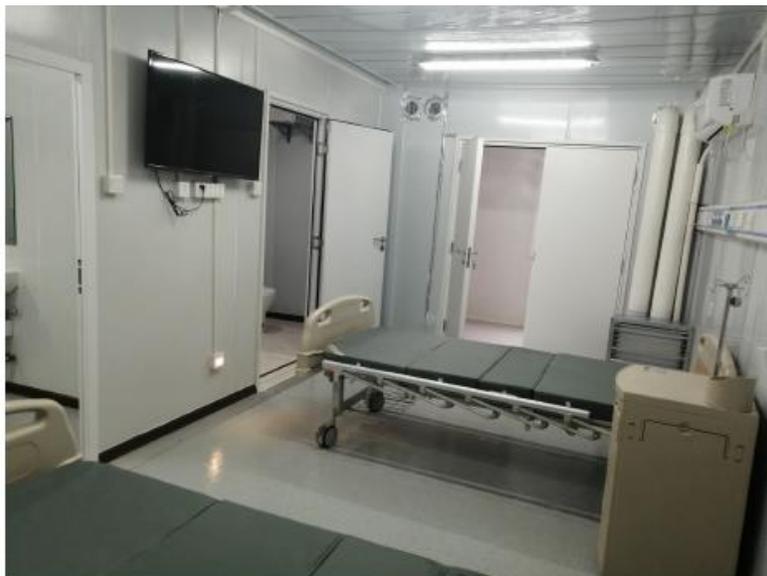


小汤山医院都用过

T式板房

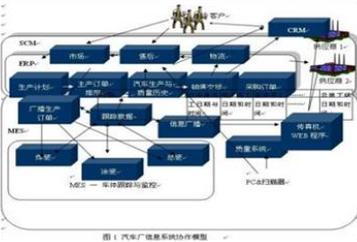


现代装配式建筑 - 雷神山医院



什么是装配式建筑

■ 我国对装配式建筑的定义：由预制部品部件在工地装配而成的建筑。

	标准化部件	装配式产品	装配专用设备	信息化管理
汽车				
工程结构				

简单而言：像造汽车、搭积木一样造房子！

装配式是工业化最主要的实现途径！

国际装配式建筑发展

- 数据显示，2016年**全球装配式建筑市场规模1576亿美元**，较上年大幅增长30%以上，主要是由于中国市场的快速发展，2016年中国装配式建筑市场规模增长率达到150%。
- 2018年全球装配式建筑市场规模突破**2000亿美元**；2019年全球装配式建筑市场规模达**2400亿美元**

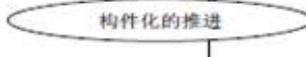
国家	装配式建筑占比	主要发展成就
瑞典	80%	世界上住宅装配化应用最早的国家之一
法国	85%	世界上推行工业化建筑最早的国家之一
美国	90%	世界上住宅装配化应用最广泛的国家
日本	90%	率先在工厂中批量生成住宅的国家
新加坡	70%	上世纪90年代开始普及
丹麦	80%	世界第一个将模数法制化的国家



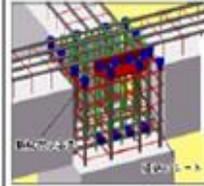
2010-2017年全球装配式建筑市场规模 (单位: 亿美元, %)

国际装配式建筑发展

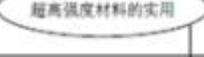
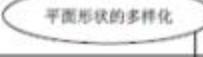
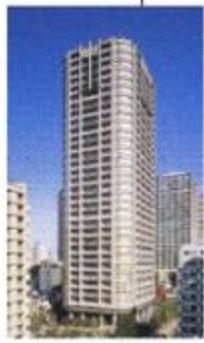
日本工业化建造发展历程

1990年度	1991年度
<input type="checkbox"/> 主体质量的提高与工期的缩短 <div style="text-align: center;">  <p>构件化的推进</p> </div>	
MARC-PCa施工方法开发	
<ul style="list-style-type: none"> · Fc48/SD390 RC設計施工法 · PCa梁的实用化 (照片右) ◎ PCa梁试验 (混凝土的水平接缝强度) ◎ PCa梁制造实验 (PCa梁试造, 梁钢筋接头的施工效率) 	
 <p>U型PCa梁</p>	 <p>U型PCa梁混凝土水平接缝强</p>
	

由质量与工期需求
开始构件预制

1998年度	1999年度
	<input type="checkbox"/> 骨架结构的分离 (S住宅) <div style="text-align: center;">  <p>确保设备器械的更新</p> </div>
MZ板结构施工方法的开发	
<ul style="list-style-type: none"> · 主和梁结合部分的简易化 · 施工效率的提高 	
	 <p>MZ金属板结构法</p>
 <p>9A-加利亞ナタワー (40层) 栋高127m Fc60</p>	 <p>River Herb Tower高千穂 (39层) 栋高123m PCa梁・柱・阳台</p>

组合及三维构件
提效工法

2004年度	2005年度	2006年度
<input type="checkbox"/> 伴随建筑规模的加大实现超高强度材料 <div style="text-align: center;">  <p>超高强度材料的实用</p> </div>		<input type="checkbox"/> 朝向住户率的提高 <div style="text-align: center;">  <p>平面形状的多样化</p> </div>
superH施工方法高强度化-Fc150		100m级连接抗震墙实验
<ul style="list-style-type: none"> · Fc150/SD685RC设计施工方法 ◎ PCa柱的实验 Fc150, SD685: 防火性能 ◎ PCa柱和梁结合部分的实验 (Fc150, SD685) ◎ 高强度混凝土对螺栓的剥离试验 ◎ 压缩强度试验 (Fc150) 		<ul style="list-style-type: none"> · 超高层板状楼 RC设计施工法 · 抗震墙实验 (Fc60) (剪切-弯曲性能)
 <p>压缩强度试验</p>	 <p>柱口一体梁</p>	 <p>现浇柱</p>
 <p>M, M, TOWERS (30层) 栋高99m 壳层结构</p>	 <p>Lions Tower月島 (32层) 栋高108m HW工法 PCa梁・柱・阳台</p>	 <p>Galleria Glando (27层) 栋高94.5m PCa梁・柱</p>
	 <p>Cotton Harbors T (38层) 栋高111m 壳层结构 PCa梁・柱・梁</p>	

高性能材料
隔震减震技术应用

国际装配式建筑发展



工厂内景



物料摆放

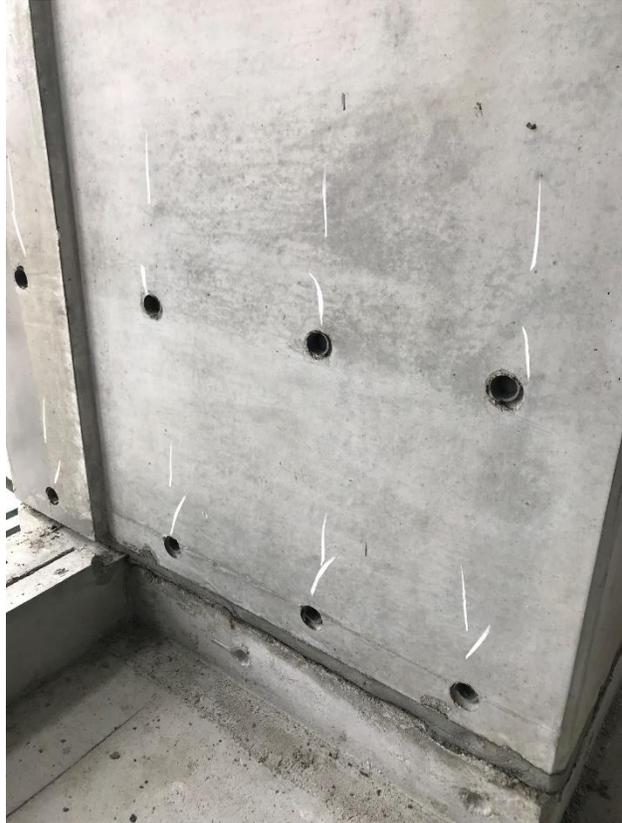


模具准备



安全生产

国际装配式建筑发展



日本某超高层住宅

国际装配式建筑发展

Modular Integrated Construction 「组装合成」建筑法

- 指将预制组件厂房生产的独立组装合成组件（已完成饰面、装置及配件的组装工序）运送至工地，再装嵌成为建筑物
- MIC和一般装配式建筑的区别：装配式建筑泛指在工地以外的工厂预先制造建筑构件；MIC指把楼宇单元以立体形式，包括室内装修、设备、甚至家具，在工地以外的工厂预先完成



Gibb将装配式建筑分为四个等级：

- Sub-assembly component
- Non-volumetric pre-assembly
- Volumetric pre-assembly (新加坡)
- Modular assembly (中国香港)

我国装配式建筑发展

► **装配式建筑**采用装配化生产、运输和施工方式，符合国家建筑行业**由粗放到精细**的转型；近年来国家大力扶持装配式建筑，陆续出台了一系列**政策及方案**

《建筑工业化发展纲要》（1995）
《国家住宅产业化基地试行办法》（2006）
《国家中长期科技发展规划纲要（2006-2020）》
《产业结构调整指导目录（2011）》
《国家绿色建筑行动方案》（2013）
《2014-2015年节能减排低碳发展行动方案》
《国家新型城镇化规划（2014-2020）》
《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》（2015）
《国家十三五规划纲要》
《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》



相关红头文件

2017年3月住建部发布《“十三五”装配式建筑行动方案》，方案要求**到2020年，全国装配式建筑占新建建筑的比例达到15%以上；到2025年，比例达到50%以上。**

- 1956年5月8日，国务院出台《关于加强和发展建筑工业的决定》，这是我国最早提出走建筑工业化的文件，文件指出：为了从根本上改善我国的建筑工业，必须积极地、有步骤地实现机械化、工业化施工，必须完成对建筑工业的技术改造，逐步地完成向建筑工业化的过渡
- 1995年，建设部发布了《建筑工业化发展纲要》。根据现行规范标准，工业化建筑体系是一个完整的建筑生产过程，即把房屋作为一种工业产品，根据工业化生产原则，包括设计、生产、施工和组织管理等在内的建造房屋全过程配套的一种方式

国务院关于加强和发展建筑工业的决定

1956年5月8日国务院常务会议通过

在我国社会主义建设事业中，建筑工业担负着重大的基本建设任务。在第一个五年计划的前三年中，由于建筑业全体职工的积极努力和各方面的大力支援，已经有253个限额以上的重大工业项目全部或部分地投入了生产，完成了大量的铁路、公路、水利、邮电等建筑工程，建成并交付使用的住宅和文化福利建筑总数约达六千七百万平方公尺，在同一时期，我国的建筑工业也获得了很大的发展，建筑工业已经成为国民经济中的一个重要部门。

由于建设规模的扩大和建设速度的加快，1956年基本建设的投资额约比1955年增加60%以上。到第二个和第三个五年计划时期，基本建设任务比第一个五年计划时期要大得多，在技术上的要求也将越来越高。今后的基本建设任务较之过去是更加繁重了。但是，我国的建筑工业，由于基础差，技术装备落后，在组织领导和管理制度方面也存在着很多问题，远不能满足今后巨大的基本建设任务对建筑业的要求。为了改变这种状况，必须把我国建筑工业的技术水平、组织水平和管理水平大大提高一步，采取积极

建设部关于印发《建筑工业化发展纲要》的通知

(1995年4月6日 建建字第188号文发布)

各省、自治区、直辖市建委（建设厅），计划单列市建委，国务院有关部门（总公司），总后营房部，新疆生产建设兵团：

为加快我国建筑工业化发展步伐，确保各类建筑最终产品特别是住宅建筑的质量和功能，优化产业结构，改善劳动条件，大幅度提高劳动生产率，现将《建筑工业化发展纲要》印发给你们，请结合本地区、本部门实际贯彻执行。

各地区、各部门可据此制订本地区、本部门建筑工业化发展规划，以促进建筑工业化发展进程，使建筑业尽快走上质量效益型道路，发展成为国民经济的支柱产业。

- 随着商品房的大量推出，房地产市场的形成，我国建筑工业化和建筑产品工厂化生产发展呈现了向大规模住宅工业化生产集团的整合方向发展、住宅开发向工业化生产的集成化方向发展的趋势
- “住宅产业化”代替了“建筑工业化”成为住建部大力发展的方向
 - 例如，2009年初，江苏省为缩小城乡差距，推进城乡一体化，提出**集约型**城乡建设战略思路，其中包含了集约化规划、建设、管理三大体系，**住宅产业化**作为城乡建设的现代化生产方式

国务院办公厅转发建设部等部门关于推进住宅产业
现代化提高住宅质量若干意见的通知

发布部门：国务院办公厅

发布文号：国办发〔1999〕72号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

建设部等部门《关于推进住宅产业现代化提高住宅质量的若干意见》已经国务院同意，现转发给你们，请参照执行。

一九九九年八月二十日

江苏省人民政府办公厅文件

苏政办发〔2009〕128号

省政府办公厅转发省住房和城乡建设厅关于
推进节约型城乡建设工作意见的通知

各市、县人民政府，省各委、办、厅、局，省各直属单位：

省住房和城乡建设厅《关于推进节约型城乡建设工作的意见》已经省人民政府同意，现转发给你们，请认真贯彻执行。

二〇〇九年十一月十八日

- 以**2013年**全国建设工作会议为标志，首次提出“**促进建筑产业现代化**”的发展要求，以**建筑业转型升级**为目标
- **2014年7月1日**，住建部出台《**关于推进建筑业发展和改革的若干意见**》
- **2016年**，国务院办公厅印发《**关于大力发展装配式建筑的指导意见**》
- **2020年9月4日**，住建部等9部门联合印发了《**关于加快新型建筑工业化发展的若干意见**》

国务院办公厅关于大力发展 装配式建筑的指导意见

国办发〔2016〕71号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

装配式建筑是用预制部品部件在工地装配而成的建筑。发展装配式建筑是建造方式的重大变革，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平，有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能。近年来，我国积极探索发展装配式建筑，但建造方式大多仍以现场浇筑为主，装配式建筑比例和规模化程度较低，与发展绿色建筑的有关要求以及先进建造方式相比还有很大差距。为贯彻落实《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》和《政府工作报告》部署，大力发展装配式建筑，经国务院同意，现提出以下意见。

住房城乡建设部关于推进建筑业发展和改革的若干意见[建市[2014]92号]

发布时间：2014-07-08 浏览：19925

- 各省、自治区住房城乡建设厅，直辖市建委（建设交通委），新疆生产建设兵团建设局：

为深入贯彻落实党的十八大和十八届三中全会精神，推进建筑业发展和改革，保障工程质量安全，提升工程建设水平，

针对当前建筑市场和工程建设管理中存在的突出问题，提出如下意见：

住房和城乡建设部等部门关于加快新型建筑工业化发展的若干意见

建标规〔2020〕8号

各省、自治区、直辖市住房和城乡建设厅（委、管委）、教育厅（委）、科技厅（委、局）、工业和信息化主管部门、自然资源主管部门、生态环境厅（局），人民银行上海总部、各分行、营业管理部、省会（首府）城市中心支行、副省级城市中心支行，市场监管局（厅、委），各银保监局，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局、教育局、科技局、工业和信息化局、自然资源主管部门、生态环境局、市场监管局：

新型建筑工业化是通过新一代信息技术驱动，以工程全寿命期系统化集成设计、精益化生产施工为主要手段，整合工程全产业链、价值链和创新链，实现工程建设高效益、高质量、低消耗、低排放的建筑工业化。《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》（国办发〔2016〕71号）印发实施以来，以装配式建筑为代表的新型建筑工业化快速推进，建造水平和建筑品质明显提高。为全面贯彻新发展理念，推动城乡建设绿色发展和高质量发展，以新型建筑工业化带动建筑业全面转型升级，打造具有国际竞争力的“中国建造”品牌，提出以下意见。

我国装配式建筑发展

- ▶ 各省市大力响应政府号召，国家和地方出台了相关执行办法，并对**预制率**和**装配率**做了相应要求和规划
- ▶ 基于相关要求及政策，全国各地**装配式项目**开始涌现

政策出台机构	名称	政策对装配率要求
国务院	住房城乡建设部关于批准《预制混凝土剪力墙外墙板》等9项国家建筑标准设计的通知	10年后占新建建筑面积的 30%
	住房城乡建设部关于印发建筑产业现代化国家建筑标准设计体系的通知	
北京	关于印发《关于推进本市住宅产业化的指导意见》的通知	2018年实现占新建建筑面积的 30% ，单栋装配率不低于 50%
	关于印发《关于产业化住宅项目实施面积奖励等优惠措施的暂行办法》的通知	
上海	关于本市进一步推进装配式建筑发展的若干意见	2016年起要求建筑单体预制率不应低于 40% 或单体装配率不低于 60%
	关于落实本市装配式建筑项目的指导意见	
江苏	省政府关于加快推进建筑产业现代化促进建筑产业转型升级的意见	到2020年，全省预制装配式建筑比例达到 30%
	江苏省装配式建筑预制装配率计算细则	



万科南京上坊6-05项目
(预制率81.3%，绿色三星)



江苏海门龙馨家园老年宾馆项目
(总体装配率达80%)

装配率：单体建筑室外地坪以上的主体结构、围护墙和内隔墙、装修与设备管线等采用预制部品部件的综合比例

我国装配式建筑技术体系

- ▶ 目前，我国有关**传统建造模式**的规范、标准、技术规程约**50余部**，而有关**装配式建筑**只有约**10余部**。
- ▶ 针对装配式混凝土结构，我国相关**规范及规程**，基本沿用传统混凝土结构设计理论，一般要求其设计和施工性能以“**等同现浇**”为目标，采用“**等同现浇**”的设计理论。
- ▶ 由于缺乏装配式建筑相关的理论体系，导致缺乏相关的设计依据，现有的“等同现浇”设计模式，**并不能体现装配式的特点，大大限制了装配式建筑的发展。**

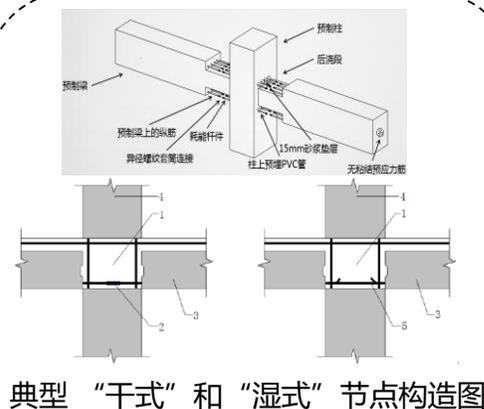


(a) GB/T51231-2016

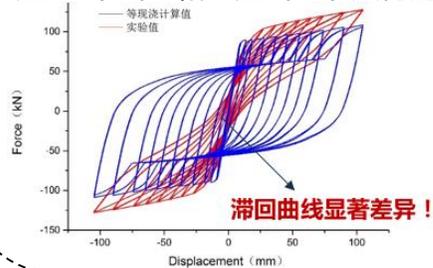
(b) GB50010-2010

(c) GB50011-2010

相关规范规程提到以“等同现浇”为目标



典型“干式”和“湿式”节点构造图



滞回曲线显著差异！

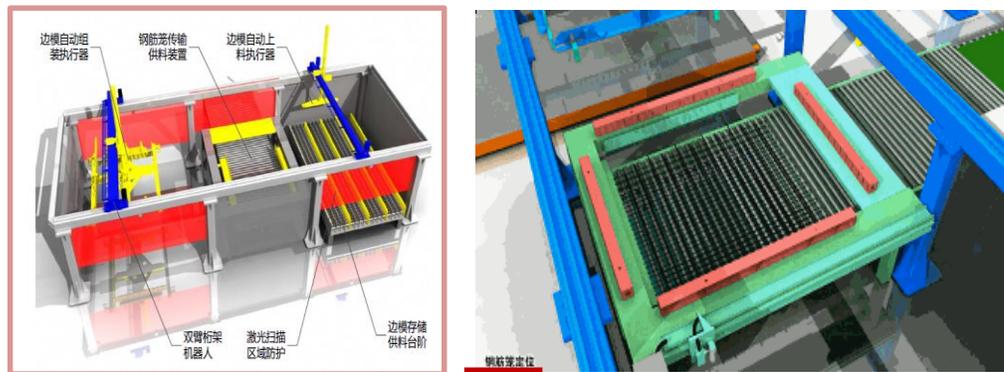
- 现有规范计算公式，未能考虑**预应力筋**和**耗能装置**的贡献，**高估**了节点连接的**整体性能**。
- 按等现浇计算公式，**承载力**计算值偏低而**耗能**计算值偏高，结构在地震作用下**安全性得不到保证！**

Source: 东南大学吴刚教授团队

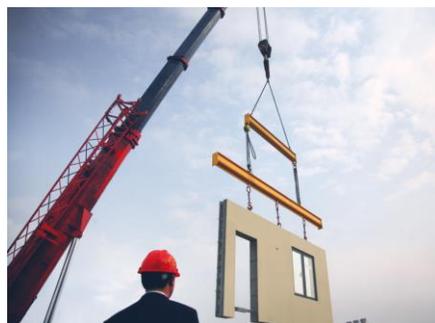
装配式结构体系对比

名称	预制构件	优点	缺点	适用范围
SPCS体系	叠合柱、叠合梁、叠合楼板、叠合剪力墙	构件轻，便于运输安装；水平、竖向构件叠合，整体性好；模板使用量少；适用范围广	现场浇筑，仍为等同现浇	框架结构、剪力墙结构、框剪结构
世构体系	叠合柱、叠合梁、叠合楼板	使用灵活，不受模数限制；可使用预应力；强柱弱梁	适用范围小，预制量少	框架结构
模壳体系	可使用多种预制构件	不需模板，经济性好；管线集成，方便后期施工；可夹心内保温，减少现场工序；防水较好	适用范围小；劳动力需求多	剪力墙结构
模卡体系	预制自带小企口的承插型砌块	保温效果好，施工方便，耐久性好；现场湿作业少	承重效果差	适用于多层为主、一般工业民用建筑的承重墙；多层、高层结构的填充墙；单层厂房的围护墙。

装配式建筑发展方向



基于生产施工工艺工序技术，研发自动化装配和复合型机器人，替代工人进行高效作业，实现预制工厂构件生产的自动化和施工现场高效施工，大幅提高工效和自动化水平



标准化设计

工厂化生产

装配化施工

一体化装修

信息化管理

以定型设计为基础，
建筑设计标准化

以工厂制作为条件，
部品生产工厂化

以建造工法为核心，
现场施工装配化

以建筑设计为前提，
结构装修一体化

以信息技术为手段，过程
管理信息化

2

建筑模块标准化

建筑模块标准化设计原则

建筑模块标准化设计是在综合分析建筑自身特点的基础上，根据用户提出的个性化要求，将整个建筑系统地分解为若干独立的、可复制的、重复性高的功能模块，并将各功能模块进一步分解为可工业化生产的构配件和部品部件

- 标准化
- 协同性
- 结构可靠
- 运输条件及其经济性

建筑模块标准化设计原则

标准化

- 统一构配件和部品部件的标准，包括构配件本身的标准化和接口的标准化
- 构配件通过标准化接口相连接，构成具有某种特定功能及结构的部品部件；不同部品部件通过标准化接口相连接，构成更大的功能模块并最终形成建筑整体
- 构配件的划分需满足高度通用、易互换、可组合等基本原则

协同性

- 碰撞检查问题：建筑系统、结构系统、各专业设备和管线系统在横竖两个方向完整地连接闭合，形成功能整体
- 节点深化问题：将连接接口、管线预埋交错、各种主筋密布交叉等复杂节点进行二次深化设计，目的是确保可施工性

建筑模块标准化设计原则

结构可靠

- 初始模块划分阶段构配件和部品部件协调受力的可靠性：每一层级的划分需符合相关规范和力学计算
- 施工阶段结构中间形式（或临时结构措施）的可靠性：标准层或转换层在建造时，梁、板、柱等部品部件的吊装顺序会影响下承层及基础的受力形式

运输条件及其经济性

- 各国家及地区具有不同的运输管理规定：在英国，一般允许的最大宽度是3.5m，最大高度是4.5m。而在美国，宽度是3.96~4.88m，最大高度是3.66m
- 运输车辆型号：负荷能力会约束构配件和部品部件的尺寸和外形

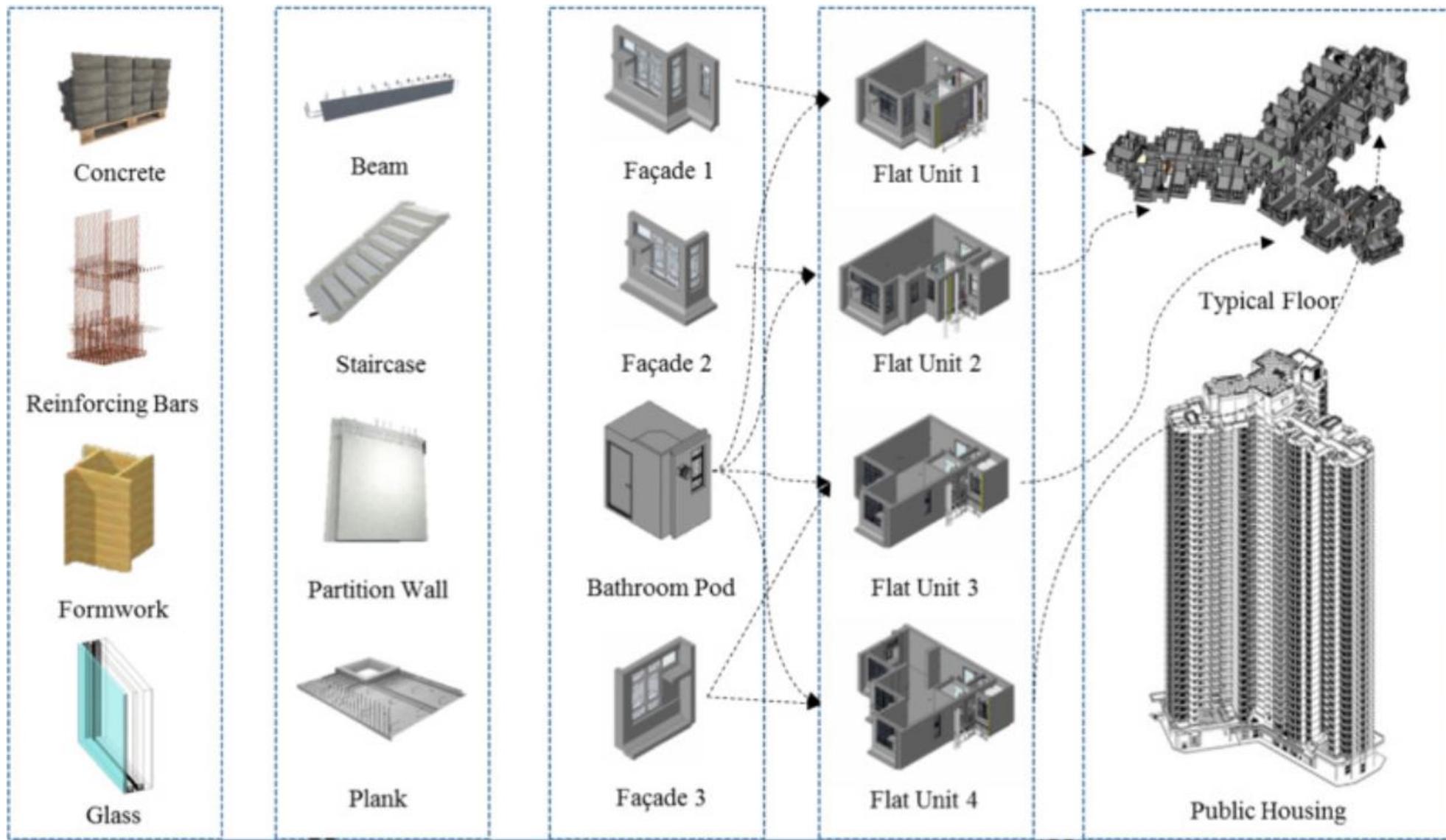


建造中的模块化建筑



已建成的模块化建筑

建筑模块标准化设计示意



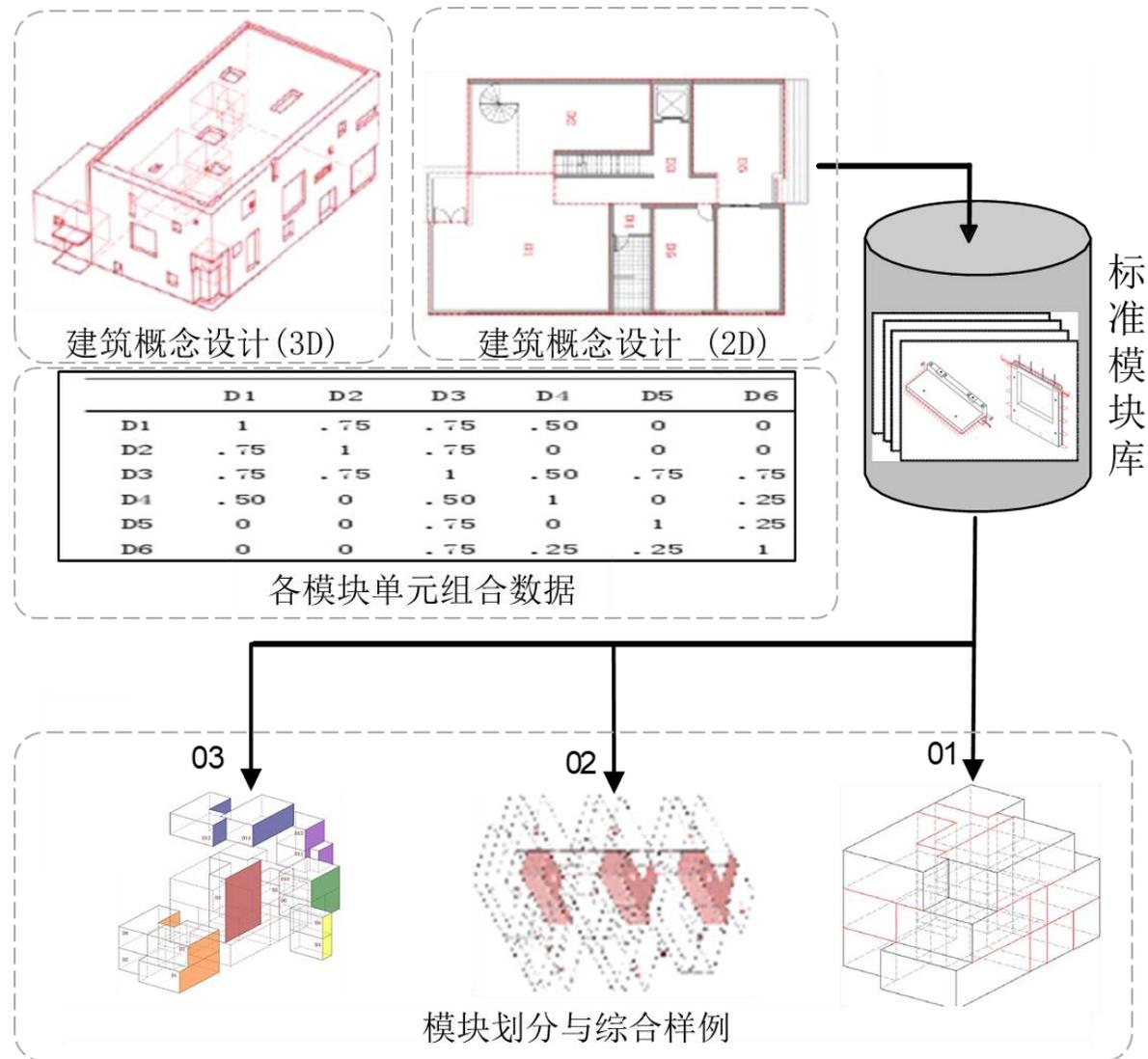
建筑模块标准化设计流程

首先应建立产品设计矩阵，再运用相关算法进行分析，完成对建筑产品的模块的自动划分

标准化构配件库和部品部件库中构配件和部品部件必须满足三个特征：

- 经过广泛筛选出能够标准化生产的标准件
- 能组成特定项目结构的基础元素
- 施工单位具有较为成熟的装配控制工艺

既保证建筑模块标准化设计的思路得到根本贯彻，又有利于构配件和部品部件的标准化与市场化，更有利于整个项目综合效率的提升，避免设计与制造、施工出现较大冲突



3

柔性生产

柔性生产

柔性：
适应变化的能力和特性，用以度量从某产品生产转向另一种产品生产的难易程度

日本本田公司采用柔性生产以达成在任何一个工厂都能生产任何一款车型的目标：

- 能对市场需求做出快速反应
- 满足多样化、周期可控的需求
- 应对各种突发干扰事件



柔性生产

柔性生产强调依据市场需求决定建筑产品的成形，继而确定建筑产品包括各建筑构配件和部品部件的设计和生 产，并且使用兼容多种构配件和部品部件生产的模具，实现用户价值最大化、浪费最小化

柔性生产技术必须有完善的柔性管理体系相匹配。它包括：

- (1) 多体系标准兼容性：**不同生产质量控制体系的兼容与快速切换
- (2) 全产品链柔性化：**与柔性生产线相配套的设计系统、模具制造系统、物流系统、服务系统必须具有相同的柔性程度
- (3) 岗位人员多能化：**管理人员、一线操作人员必须多能多专才能胜任
- (4) 时空柔性化：**柔性的概念可以拓展到时间与空间领域，同样产能的构配件和部品部件生产线，可以远端设置，可以近端设置，也可以二者快速切换

日本京都伏见某PC构件厂



日本京都伏见某PC构件厂

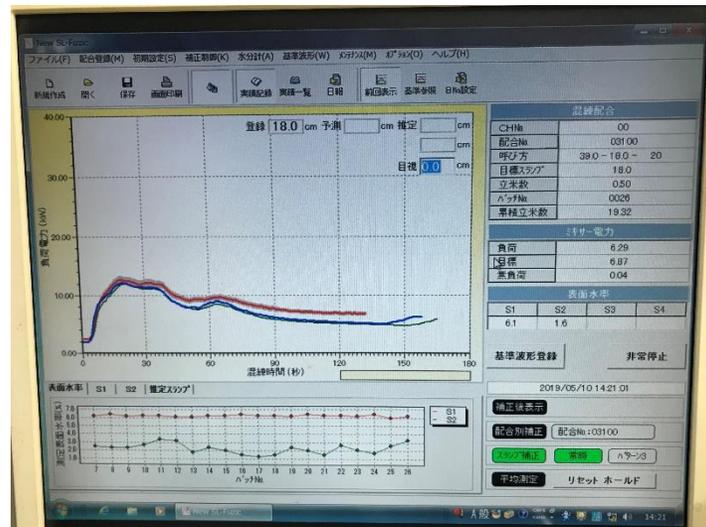


インサート 物件別識別表

通定線				要入線			
物件名	W1/2 of M1	W1/2 of M2	W1/2 of M3	物件名	W1/2 of M1	W1/2 of M2	W1/2 of M3
桑名	黄色	青色	赤色	高尾橋	黄色	青色	赤色
安城	黄色	青色	赤色	可砂掛渡	黄色	青色	赤色
京大東洋 瓦倉敷			赤色	京都府先 立赤木	黄色	青色	赤色
遠生小野	黄色	青色	赤色	三原山	黄色	青色	赤色
守山線	黄色	青色	赤色	三原山	黄色	青色	赤色
ケイソウ 本社	白色	赤色		大津東野 浦	黄色	青色	赤色
				クレンジン 水		赤色	黄色
				上小野	黄色	青色	赤色
				大田町	黄色	青色	赤色



预埋件



数字化监控混凝土浇筑

钢结构构件柔性生产

中建钢构有限公司于2015年建立了一条数字化钢结构柔性生产线：

- 板材集中下料和储存得益于智能物流设备和智能加工设备的集成
- 零部件的二次加工由各式机器人自动进行
- 铣磨、组焊矫和锯钻锁通过自动化系统与检测传感实现全自动加工
- 由自动导引车、有轨制导车组成的自动物流体系代替绝大部分的人工物流转运工作
- 具有三维模拟仿真功能，并能监控加工进度
- 所生产的钢结构构件将通过机器人自动喷涂生产线进行油漆喷涂，和传统以人工为主的喷涂方式相比具有效率高、连续性强、质量稳定等显著优势



<https://www.bilibili.com/video/BV1jT4y1u7N2?from=search&seid=9271756222795020204>

4

制造-建造-一体化

对制造—建造一体化效率的理解

规模化生产的效率是由**物质生产速率**和**流转速率**共同决定的

- 物质生产速率是指“制造-建造”生产模式中的生产与装配两个环节的规模化生产效率
- 物质流转速率是指部品部件和构配件在空间内的流转运输效率，可以由工厂向工地运输的效率，也可以是各种部品部件和构配件的场内搬运效率

物流是对物品进行运输、储存、装卸、搬运、包装、加工、配送等的实体流动过程，是大批量定制生产的重要要素。物流信息化、网络化是现代物流管理的基础。物流信息系统提高物流信息的透明度，促进信息共享，最终提升企业对顾客需求的反应速度，降低了流转、结算、库存等成本

制造—建造一体化的两阶段优化调度

第一阶段属于在工厂生产构配件、部品部件的优化调度

- 根据建筑工地对构配件和部品部件的需求，在工厂内组织生产，并按工程项目的要求及时配送到建筑工地
- 由于一个工厂要对多个建设项目工地（每个建设项目可视为一个用户），每个建设项目的进度不一样，构配件和部品部件的规格也不同，且工厂和工地上有限的库存空间也影响到交货批量，工厂必须考虑以上诸多约束安排生产，其目标是实现企业生产经营利润最大化

第二阶段属于建设项目的工程建造优化调度

- 多维空间“制造-运输-建造”资源协同与优化调度
- 建筑构配件与部品部件复杂多样，供应商往往不是一家工厂，而是多家厂商生产供应的多品种产品，使得物流具有单元多样化、资源调度和协作难的特点
- 建筑构配件的需求与供给具有不确定性



“制造-建造” 一体化在香港公屋项目的应用

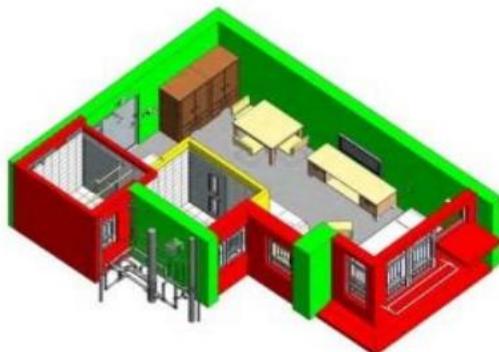


香港住房主要有三个来源：第一为私人住宅（private housing）；第二为公共屋邨（public rental housing）；第三为居者有其屋计划（Home Ownership Scheme）。香港人口超过40%住在公营住宅，预制构件在公营住宅建设中大量使用。

标准化预制模块



 1-2 Person Flat



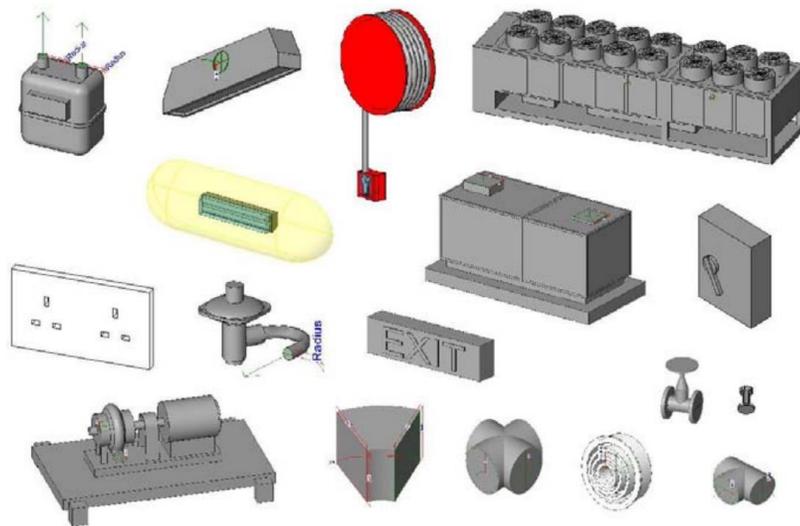
 2-3 Person Flat



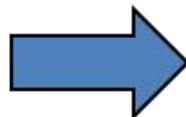
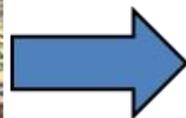
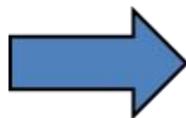
 1 Bedroom Flat



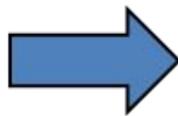
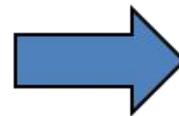
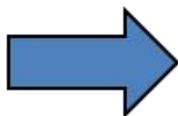
 2 Bedroom Flat



预制构件生产

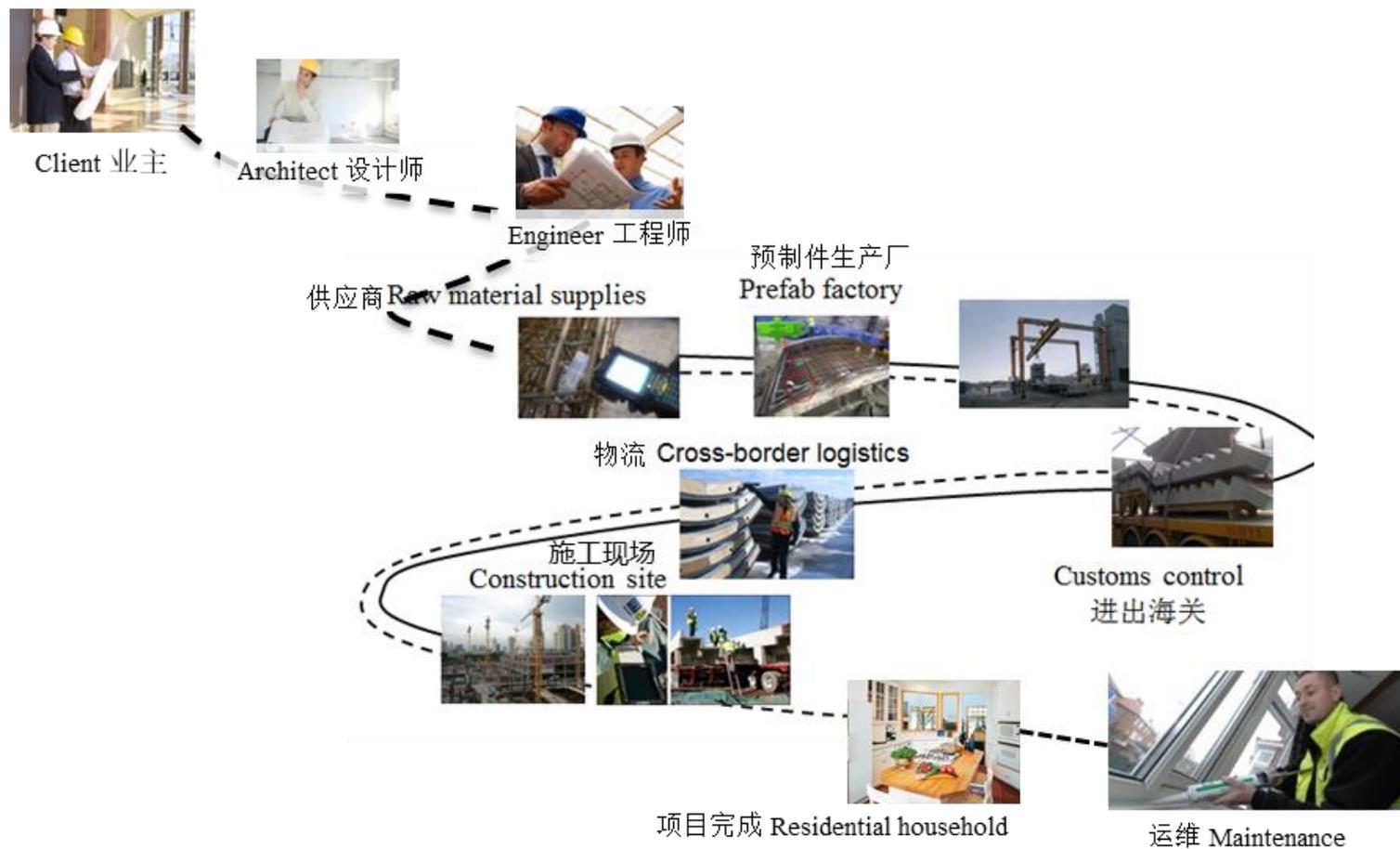


预制构件安装

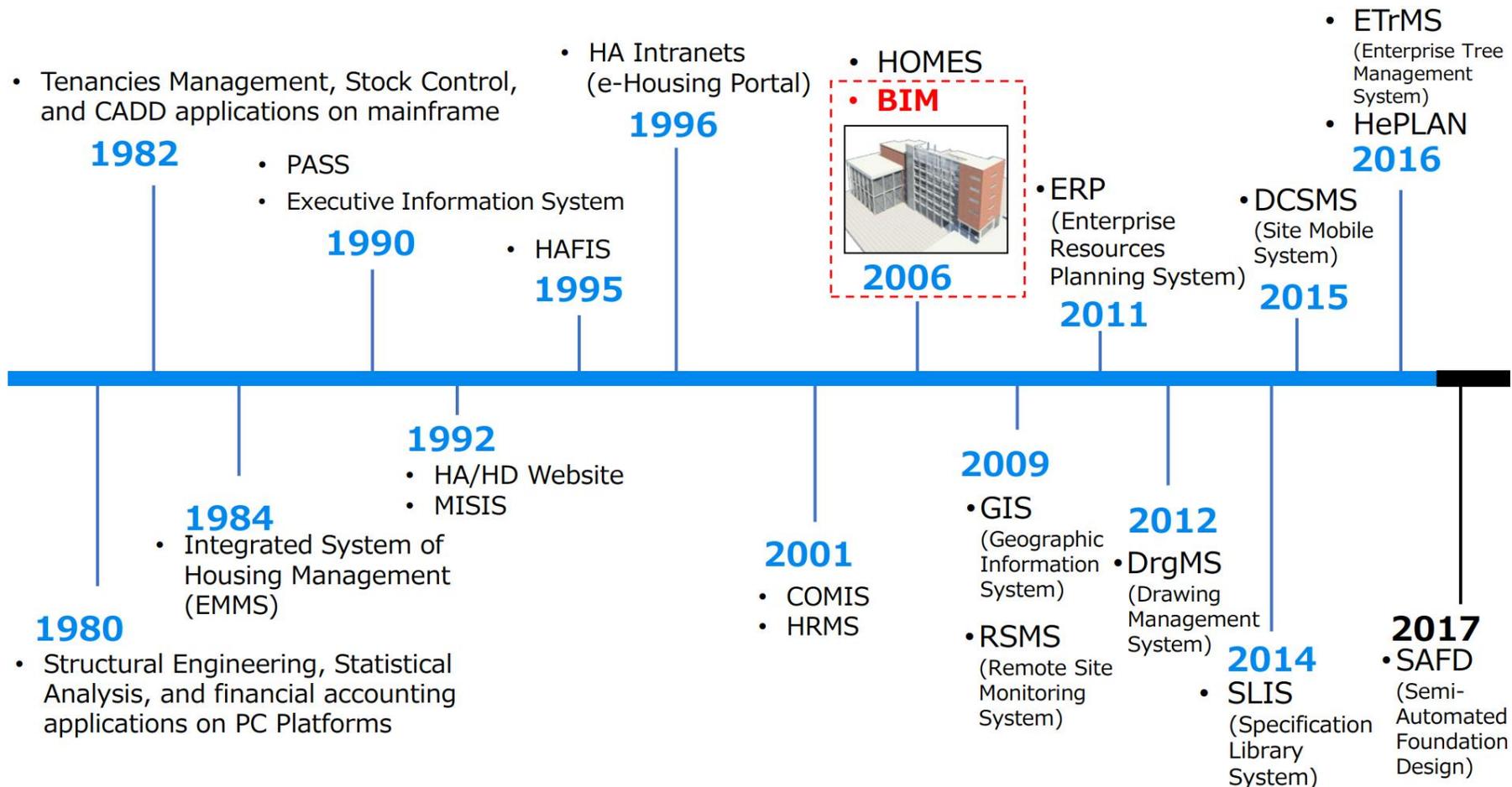


当前香港预制房屋建设面对的问题

- 参与方多，环节多
- 信息沟通不畅
- 信息管理方式落后
- 缺少纠错机制
- ...

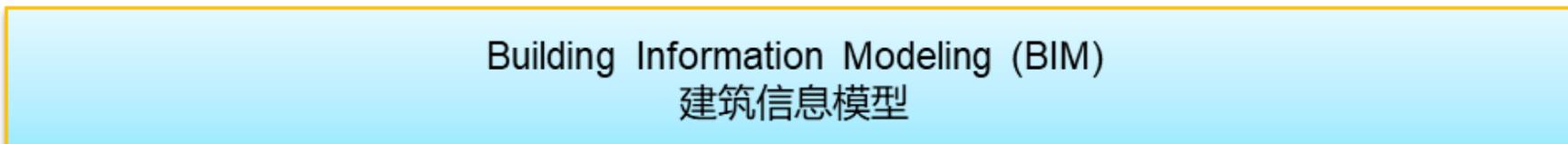


香港房屋委员会致力于采用新的技术，提升公屋建设项目的表现



基于BIM和物联网的解决方案

建筑信息



项目阶段



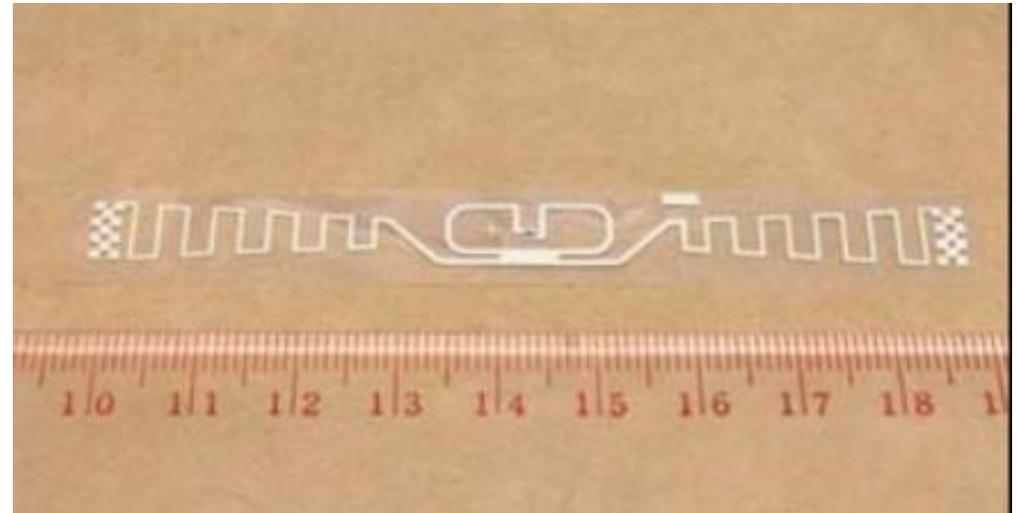
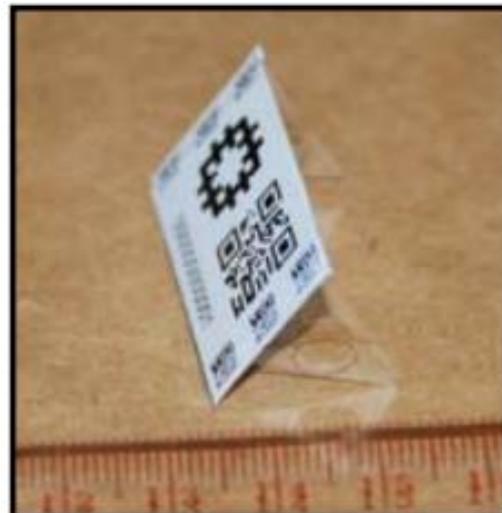
项目管理



基于BIM和物联网的解决方案

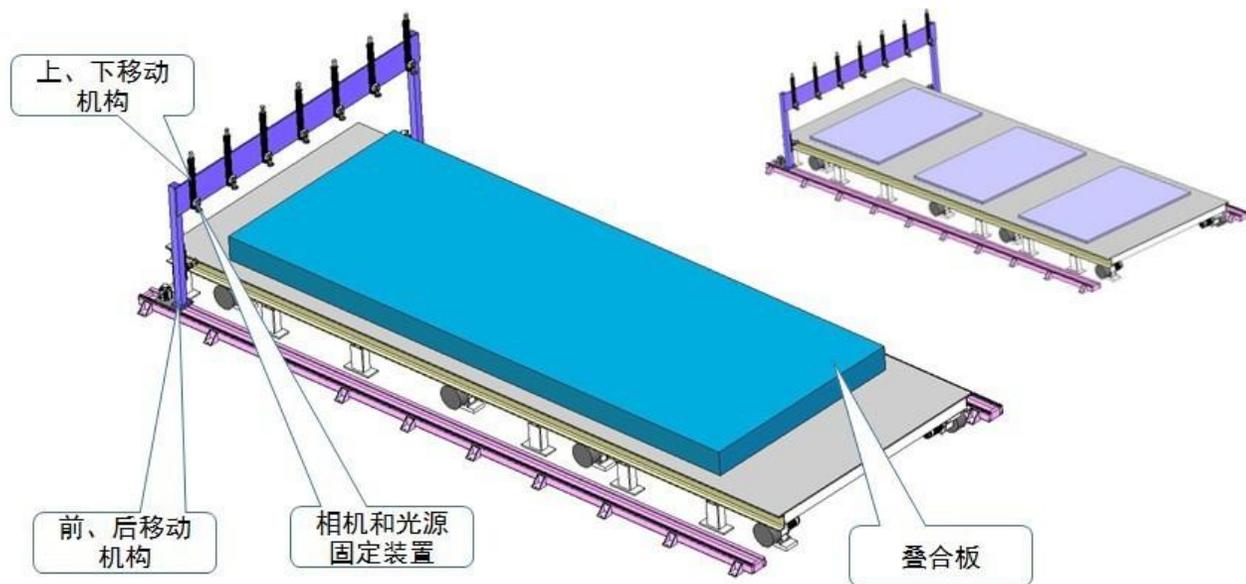


预制构件和运输车辆
使用的Auto-ID标签

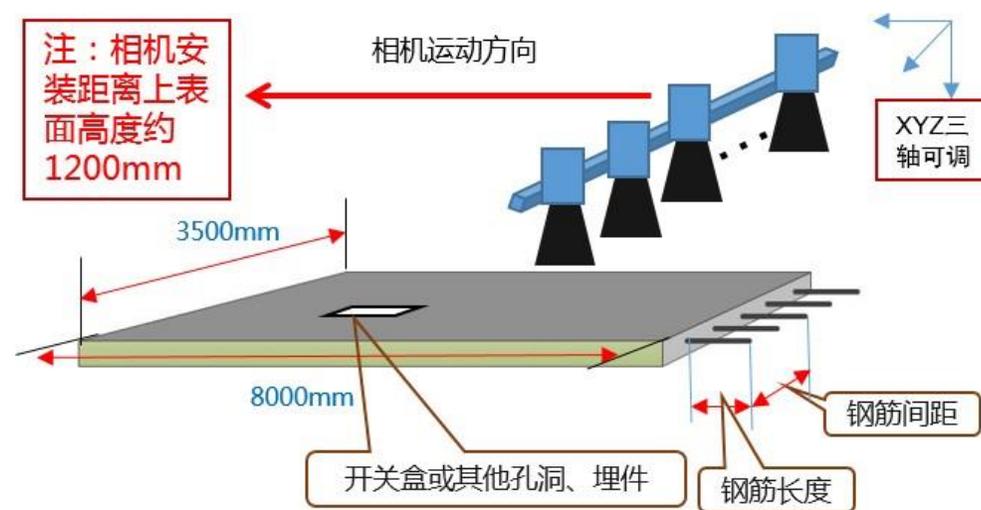


制造-建造模式未来发展——抛砖引玉

利用**视觉识别+人工智能技术**，以**智能系统代替人**，提高**现场+工厂**的安全、质量的管理效率，减少成本支出。基于**视觉识别技术**，研发形成**典型板类构件成品智能检测系统**，实现**构件质量品控智能检测**



叠合板尺寸检测装置

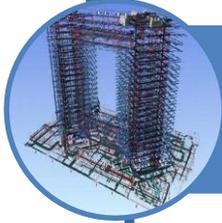


七个相机检测视觉结构示意图

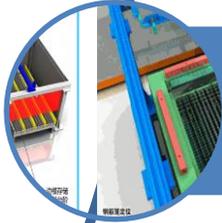
总结与展望



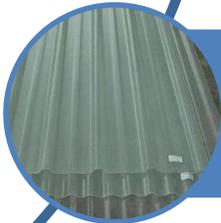
技术发展趋势由“等同现浇”到“干式装配”，是适应新型建造机械化、自动化的转变升级。



建立信息共享平台，实现设计、加工、装配、运维的信息交互和共享，实现工期、商务成本、质量、安全的全过程信息化管理。



研发自动化装配和复合型机器人，替代产业工人进行高效作业，实现预制工厂构件生产的自动化和施工现场高效施工，大幅提高工效和自动化水平。



节能环保的建筑材料集可持续发展、资源有效利用、环境保护、清洁生产等综合效益于一体，成为未来新型建筑材料发展的方向和趋势。