

# 建筑工业化发展与技术创新实践

彭雄 博士 13381063617@163.com

中科建（北京）工程技术研究院 院长

北京市建设工程物资协会装配式建筑与墙体分会秘书长

北京市装配式建筑专家委员会BIM组成员

中国建筑学会抗震防灾分会村镇绿色建筑综合防灾专业委员会委员



# 目 录

Part 1

发展背景

Part 2

技术创新

Part 3

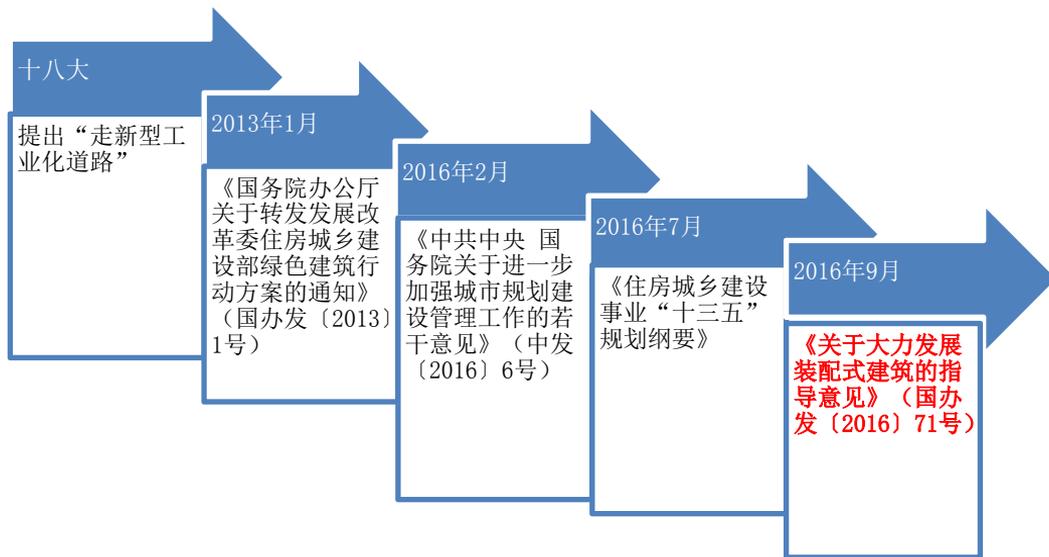
小结展望

# Part 1 发展背景

## 1.1 政策背景

- 装配式建筑经历了研发期、试点期后，进入了**规模化发展阶段**

《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），突出明确的目标：**力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。**



# Part 1 发展背景

## 1.2 发展现状

### ■ 整体情况

2020年，全国31个省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团新开工装配式建筑共计6.3亿m<sup>2</sup>，较2019年增长50%，占新建建筑面积的比例约为20.5%，完成了《“十三五”装配式建筑行动方案》确定的到2020年达到15%以上的工作目标。

### ■ 区域发展情况

2020年，京津冀、长三角、珠三角等重点推进地区新开工装配式建筑占全国的比例为54.6%，积极推进地区和鼓励推进地区占45.4%，重点推进地区所占比重较2019年进一步提高。其中，上海市新开工装配式建筑占新建建筑的比例为91.7%，北京市40.2%，天津市、江苏省、浙江省、湖南省和海南省均超过30%。

### ■ 不同结构类型发展情况

从结构形式看，新开工装配式混凝土结构建筑4.3亿m<sup>2</sup>，较2019年增长59.3%，占新开工装配式建筑的比例为68.3%；装配式钢结构建筑1.9亿m<sup>2</sup>，较2019年增长46%，占新开工装配式建筑的比例为30.2%。其中，新开工装配式钢结构住宅1206万m<sup>2</sup>，较2019年增长33%。装配式钢结构集成模块建筑得到快速推广，为新冠肺炎疫情防控发挥了重要作用。



# Part 1 发展背景

## 1.3 美丽乡村、特色小镇、军民融合、一带一路等新兴市场领域的需求

- ✓ 2018年3月，陆军司令员韩卫国与国家住房城乡建设部部长王蒙徽共同签署了《深化军民融合发展推进陆军军事设施转型建设战略合作协议》。双方将重点完成3项合作：为满足部队临时部署、处突驻训和边海防哨所保障需要，将联合研发拆装式营房，2020年完成3类基本型产品技术研发，建成营级规模的试点示范项目，而后逐步拓展功能、形成系列；推广装配式建造方式，到2020年占新建军事建筑的比例达到30%，2025年达到60%；.



- ✓ 沙特在“一带一路”沿线，其“2030愿景”计划与我国“一带一路”倡议高度契合。2016年，沙特提出2030愿景，其中沙特住房部保障房项目群是沙特“2030愿景”框架下的重大项目之一。目前，沙特国别35岁以下人口约占人口总数的70%，但家庭住房拥有比例仅为47%，沙特政府大力推动其保障房项目群建设，以期到2030年实现家庭住房拥有比达到70%。2019年仅住房项目投资预计超过200亿美元。



# Part 1 发展背景

## 1.4 新型建筑工业化指明了进一步升级发展方向

- 住房和城乡建设部、国家发展改革委、科技部等13部门联合印发了《关于推动**智能建造**与建筑工业化协同发展的指导意见》（建市【2020】60号）指出：要以大力发展建筑工业化为载体，以数字化、智能化升级为动力，创新突破相关核心技术，加大智能建造在工程建设各环节应用，形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系。
- 住房和城乡建设部、国家发展改革委、教育部、工业和信息化部、人民银行、国管局、银保监会7部门联合印发《**绿色建筑**创建行动方案》（建标【2020】65号）提出：到2022年，城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到70%，星级绿色建筑持续增加，既有建筑能效水平不断提高，住宅健康性能不断完善，装配化建造方式占比稳步提升，绿色建材应用进一步扩大，绿色住宅使用者监督全面推广，人民群众积极参与绿色建筑创建活动，形成崇尚绿色生活的社会氛围。
- 住房和城乡建设部、教育部、科技部、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、人民银行、市场监管总局、银保监会联合印发《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）提出：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。



|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| 索引号: 00013338/2020-00529            | 主题信息: 标准定额        |
| 住房和城乡建设部 教育部 科技部 工业和信息化部            |                   |
| 发文单位: 自然资源部 生态环境部 人民银行 市场监管总局 银保监会  | 生成日期: 2020年08月28日 |
| 文件名称: 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 | 有效期:              |
| 文号: 建标规【2020】8号                     | 主题词:              |
| 废止立情况:                              |                   |

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



# Part 1 发展背景

## 1.5 存在的问题

### 政府监管

- ✓ 住建部门对装配式构件企业的监管尚无明确的法律授权。取消资质管理、境外管辖权等问题。
- ✓ 认证监管体系亟待完善：有认证无巡查、巡查法理依据
- ✓ 质监局备案的产品标准为企业标准，缺乏统一的产品标准
- ✓ 企业生产管理水平存在差异，政府监管缺乏统一的质量协同监管机制与信息共享平台

### 企业

- ✓ 建设方：不知如何组织实施装配式项目；选择合理经济的装配式方案；
- ✓ 设计院：不熟悉装配式部品部件，制定合理经济的装配式方案；不熟悉深化设计；
- ✓ 生产企业：成本居高不下、质量参差不齐、供应不平衡、技术体系不完善。差异化技术、创新、服务前置；
- ✓ 总承包企业：不熟悉装配式建筑的工艺工法。需向EPC方向发展；

### 建造方式

- ✓ 高消耗，仅房屋建筑年消耗的水泥玻璃钢材就占了全球总消耗量的40%左右，北方地区供暖单位面积能耗是德国的两倍；
- ✓ 高排放，仅建筑垃圾年排放就达20多亿吨，是整个城市固废总量的40%，建筑碳排放更是逐年快速增长；
- ✓ 低效率，据有关统计，建筑劳动生产率仅是发达国家的三分之二左右，建筑业的机械化信息化智能化程度还不高；
- ✓ 低品质，总体上看，建筑施工还不够精细，房屋漏水隔音等问题仍很突出。

# Part 1 发展背景

## 1.5 存在的问题

### 装配式建筑行业

- ✓ **人员（管理、工人）安全意识与专业水平：**野蛮施工、人员流动、产业工人培训、生产集中
- ✓ **质量管理标准以及信息化水平：**建立一个市场产品质量反馈的评价系统和信用信息平台
- ✓ **生产与施工环节的精细化管理不完善**
- ✓ **主体责任须进一步明确：**明确责任主体恰恰是发挥行业市场机制，促进相关各方自律的前提条件之一。
- ✓ **可持续发展的行业自律市场规则体系未建立：**建立高标准的准入制度、建立信用奖惩评价机制、学习国外先进经验，发挥行业自律等，推动行业可持续发展。

### 产品思维

- ✓ **主体结构：**抗震、节能等主体硬件；
- ✓ **舒适健康的人居空间：**以建筑性能为导向的体验；
- ✓ **文化传承与生活方式：**建筑立面风貌、户型；
- ✓ **生活场景与内容：**智能家居、OTA系统与数据内容后台；

# 目 录

Part 1

发展背景

Part 2

技术创新

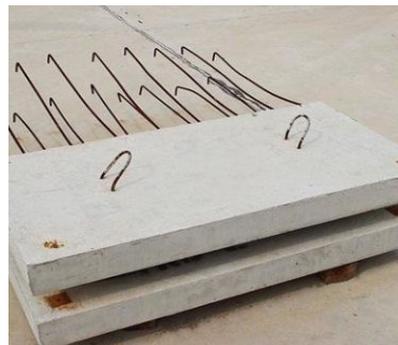
Part 3

小结展望

# Part 2 技术创新

## 2.1 装配整体式剪力墙

■ 常用构件形式（套筒灌浆的问题、成本的问题）



# Part 2 技术创新

## 2.1 装配整体式剪力墙

### ■ 装配式建筑质量控制问题

- ✓ 现场预制墙体安装困难，可能存在着套筒灌浆不密实、套筒内钢筋紧贴套筒壁或者钢筋斜插入套筒等隐患，使得套筒灌浆连接技术得不到有效落实；
- ✓ 套筒灌浆等关键节点连接尚无有效的监测手段；
- ✓ 套筒灌浆技术及其相关工艺造成一定的成本增量；

套筒灌浆连接技术是现阶段较为成熟的技术，国外实践证明该连接技术本身没有问题。



# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

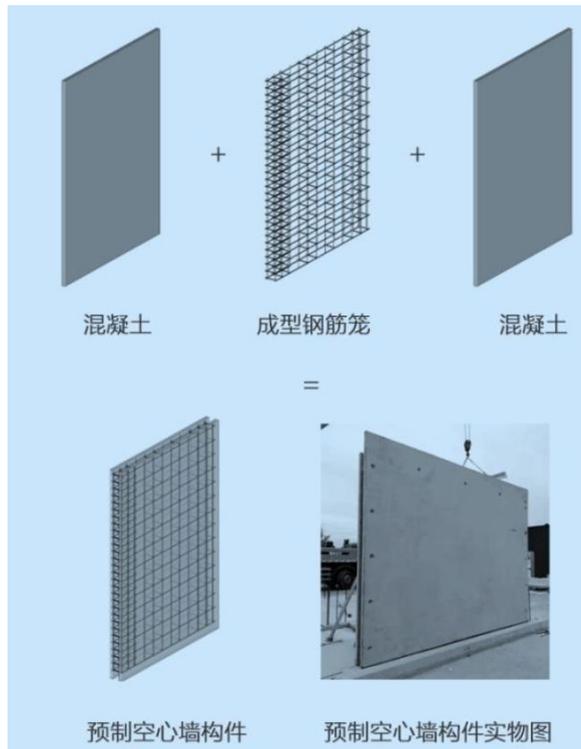
### ■ 叠合墙体系

由成型钢筋笼及两侧预制墙板组成空腔预制构件，待预制构件现场安装就位后，在空腔内浇筑混凝土，并通过必要的构造措施，使现浇混凝土与预制构件形成整体，共同承受竖向和水平作用的墙体。

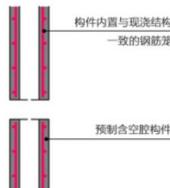


# Part 2 技术创新

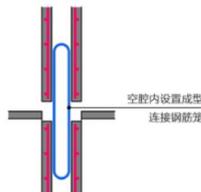
## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新 ■ 叠合墙体系



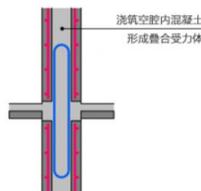
1 工厂预制空心构件含钢筋，兼做模板



2 现场通过搭接钢筋快速连接



3 空腔现场浇筑混凝土形成受力整体



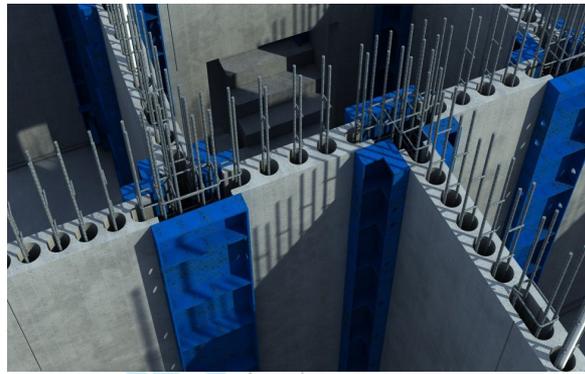
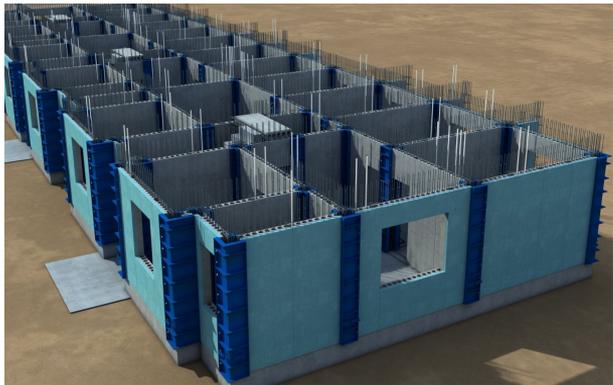
- ✓ 质量可控，成本可控；
- ✓ 已有团体标准；
- ✓ 预制率较低；
- ✓ 生产工艺多一道翻转工艺；若要实现三明治复合外墙构造，生产工艺较复杂；

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ EVE圆孔板体系（小板）

- ✓ 圆孔板体系本质仍然是叠合体系，将连接节点部分放在现浇工法部分，来确保节点有效连接与结构整体性。
- ✓ 小板的优势在于部品部件标准化程度高，对多样化的户型适用性强。工厂成组立模生产，场地占用小，单位厂房面积产能高；
- ✓ 小板短板在于难以实现三明治复合外墙一体成型，难以实现保温承重一体化；



# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 纵肋墙板体系（大板）

纵肋墙板通过墙体开孔工艺，灌浆实现上下结构的连接，本质仍然是叠合体系，将连接节点部分放在现浇工法部分，来确保节点有效连接与结构整体性。

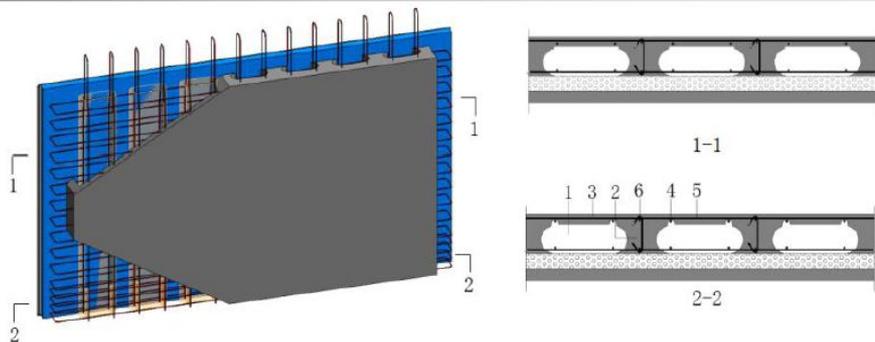
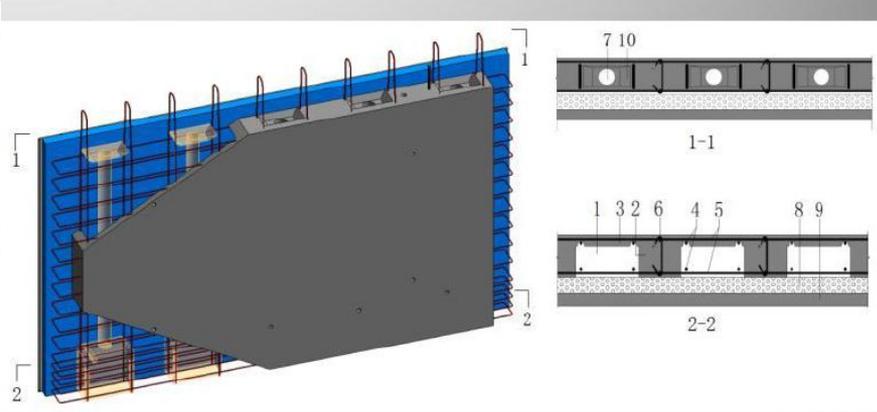


图3 夹心保温纵肋空心墙板

1—空腔；2—纵肋；3—预制板；4—纵筋；5—水平筋；6—拉筋

一字型夹心保温纵肋空心墙板  
(空腔形式1：墙板内空腔上下尺寸一致)



一字型夹心保温纵肋空心墙板  
(空腔形式2：仅在墙板部设空腔，上部设浇筑孔)

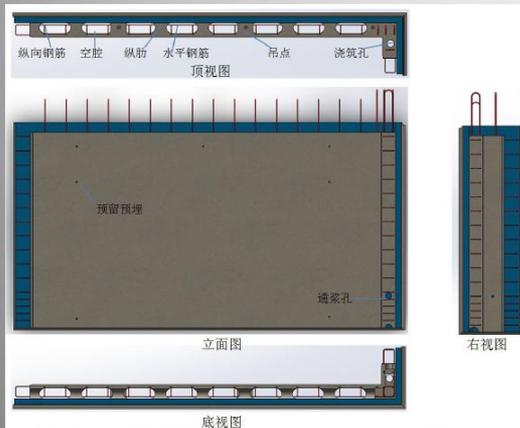
# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

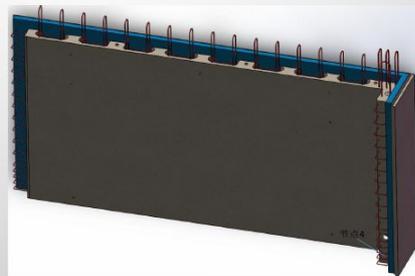
### ■ 纵肋墙板体系（大板）

#### 预制墙板特点

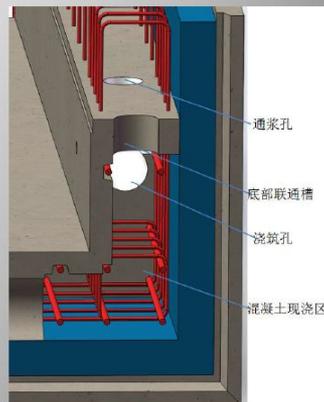
#### 2) 夹心保温纵肋空心墙板



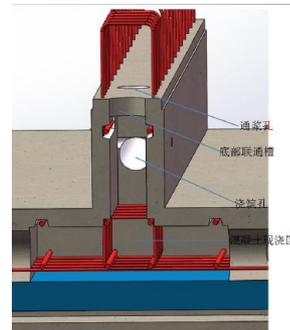
L型夹心保温纵肋空心墙板示意图



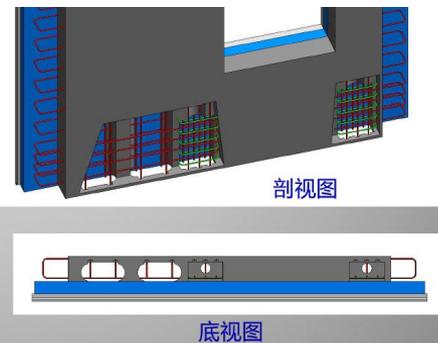
L型夹心保温纵肋空心  
墙板斜俯视图



L型夹心保温纵肋空心  
墙板拐角底部节点



T型夹心保温纵肋空心  
墙板拐角底部节点



剖视图

底视图

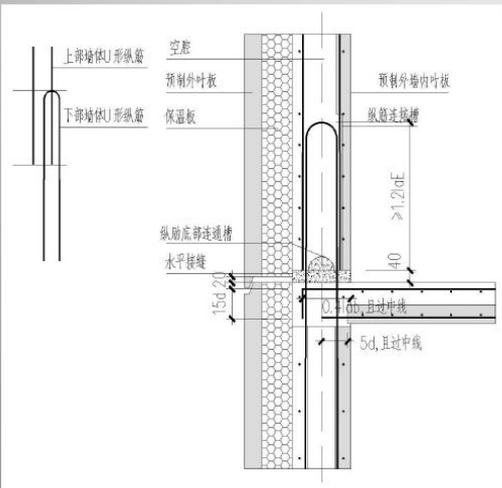
# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

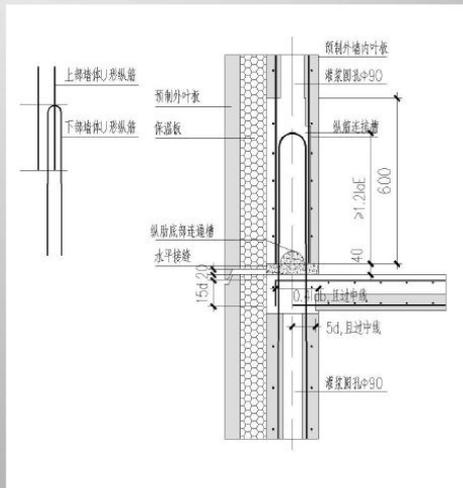
### ■ 纵肋墙板体系（大板）

#### 2) 竖向节点

下层墙板上部的U型纵筋，与上层墙板空腔内的外露纵筋搭接连接。



预制外墙空腔处竖向连接节点



预制外墙非空腔处竖向连接节点

- ✓ 纵肋墙板与装配整体式剪力墙类似，可以实现保温承重一体化，核心在墙体内部空腔的成型工艺；
- ✓ 目前暂无设计标准，团队标准正在编制；

# Part 2 技术创新

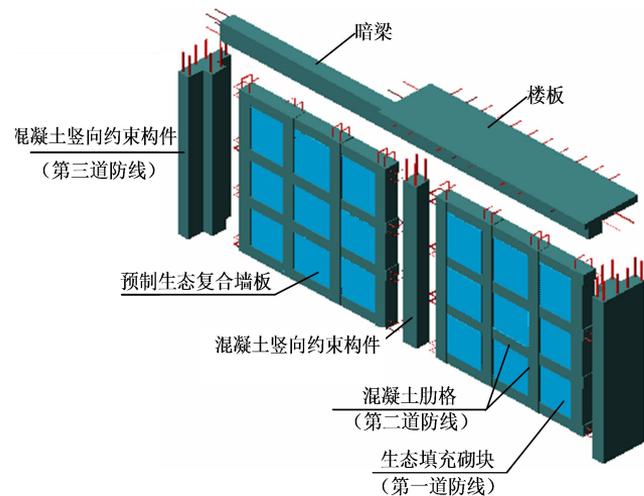
## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 密肋复合墙板结构体系

**密肋墙体：**密肋复合墙板是以截面及配筋较小的混凝土肋格为骨架，内嵌以炉渣、粉煤灰等工业废料为主要原料的加气混凝土轻质砌块预制而成，它利用密布的肋梁、肋柱与内嵌轻质砌块形成具有共同工作性能的复合墙板；墙板又与隐型外框整浇为一体，形成增强的复合墙体。



加气混凝土砌块、钢纤维再生混凝土、植物纤维水泥基砌块、植物纤维生土基砌块、再生EPS轻骨料混凝土砌块、棉花秸秆砌块等

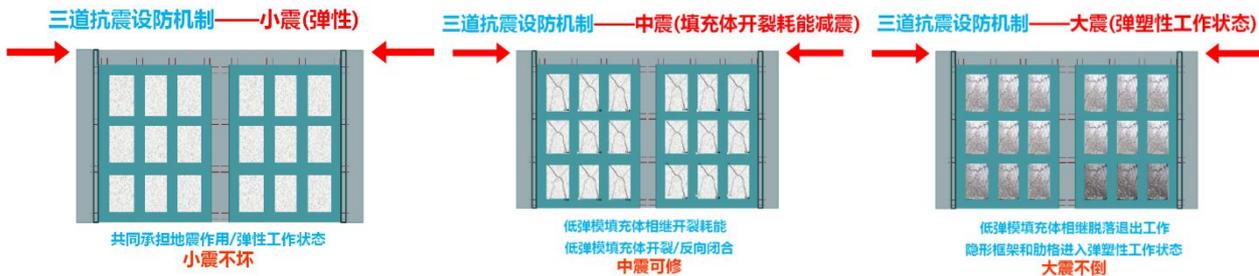
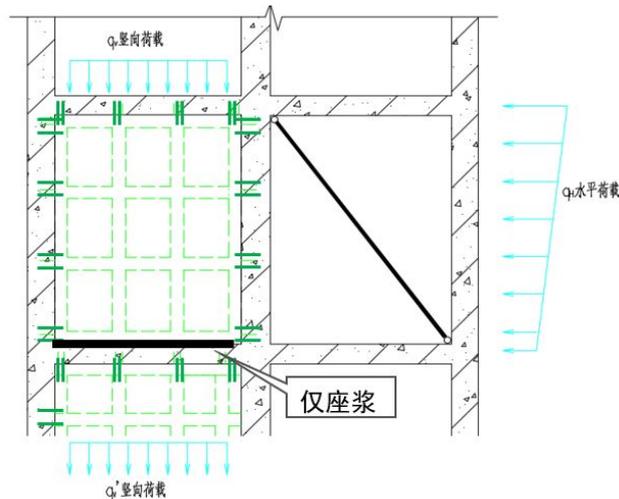


# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 密肋复合墙板结构体系

- ✓ 具有特殊抗震性能的复合墙结构体系，通过对于结构体系进行优化，调整结构抗震机制（三道抗震防线）；
- ✓ 三面出筋连接，底部仅坐浆，钢筋不连续的构造方式，便于施工和质量监控，降低装配式混凝土结构的综合成本。

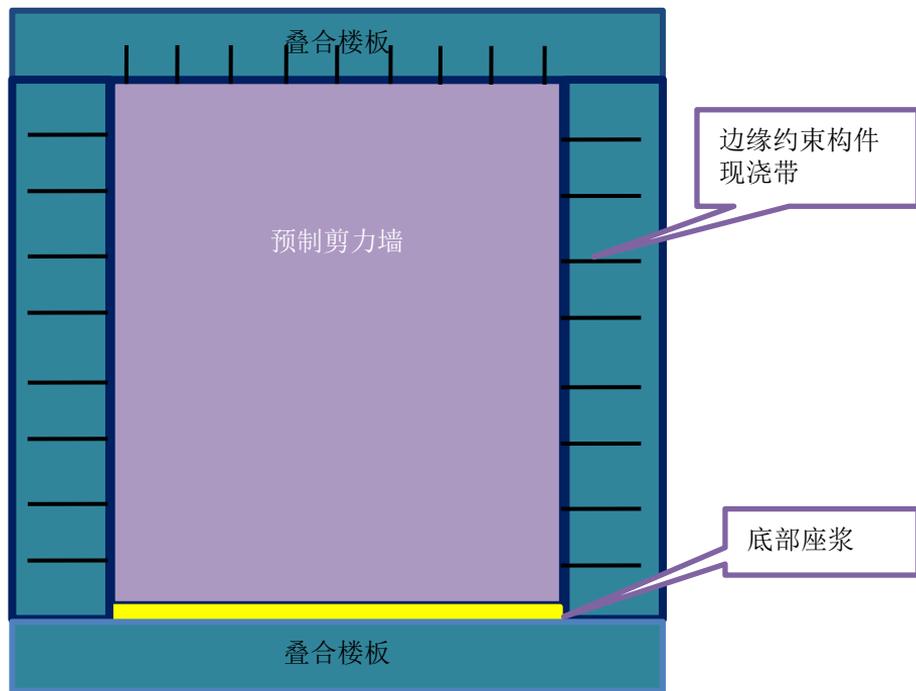


竖向力由现浇部分与预制墙体部分共同承担，水平力由现浇带与三边现浇连接的预制墙板组成复合墙板共同承担。当坐浆层开裂后，退出抗剪工作。

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 密肋复合墙板结构体系



装配整体式复合剪力墙

- 在弹性阶段，与装配整体式剪力墙没有区别。进入弹塑性阶段后，开缝部分产生裂缝，由边缘约束构件承担剪力和弯矩，预制剪力墙部分保持刚度贡献；
- 在现浇的边缘约束构件中，通过合理的构造措施，弥补预制墙体部分钢筋不连续带来的削弱影响；
- 该体系施工较为便捷，连接方式和监管检测方便，成本可控。



# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 密肋复合墙板结构体系



西安市中行家属院（经历了汶川地震）



西安建科大学生宿舍  
西宁实验中学学生宿舍



河南兰考中州御府项目

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新 ■ PK3预应力叠合楼板

PK预应力叠合楼板由中国工程院院士，前湖南大学、兰州大学、重庆大学等大学校长（副部级）周绪红院士发明，山东万斯达购买技术进行市场化推广，并获2008年国家科技进步二等奖，PK3已经大规模推向市场，具有强大的生命力，广受业界好评。彻底解决传统桁架板厚度过厚，四面出筋，拉板缝，易开裂，跨度小，支撑多，造价高等痛点。是我国具有独立知识产权的特色产品。2014-2016年，在北京推广PK2已有是十来万平米，用于保障房项目，现展开PK3京津冀区域的推广。PK3在全国已经近百万平米示范落地。

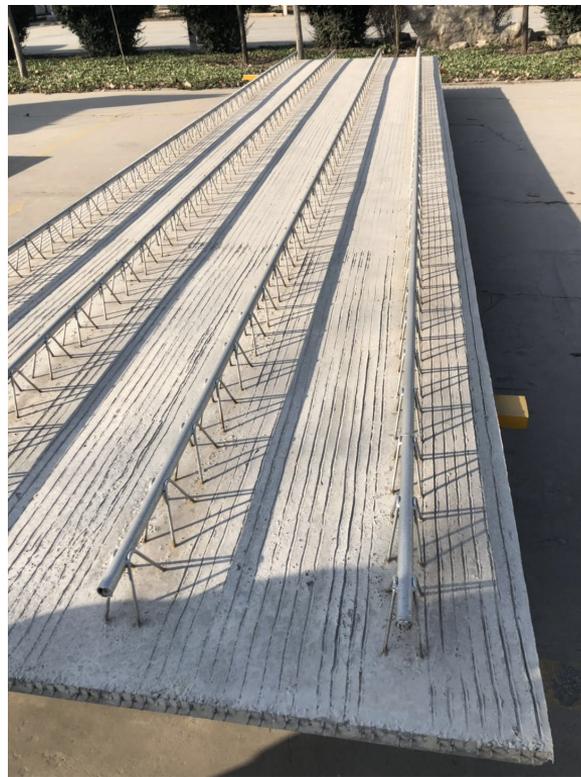
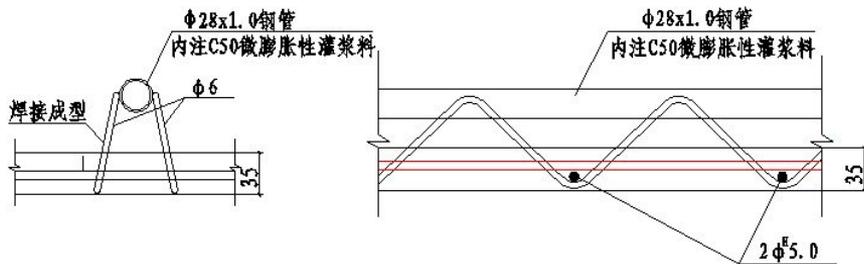


# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ PK3预应力叠合楼板

- ✓ 底板厚度35mm 40mm，最薄可实现叠合厚110mm厚楼板，穿管线方便；
- ✓ 底板用C40、C50混凝土，底板用1570、1860级预应力钢丝；
- ✓ 底板上加钢管混凝土桁架，钢管内填高标号砂浆；
- ✓ 刚度适度，避免严重反拱，宽度1.5-3m，长度3-12m。



# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ PK3预应力叠合楼板

| 序号 | 构造指标     | PK3                    | 普通桁架板                       | 优势                  |
|----|----------|------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1  | 底板厚度     | 35mm (6m内)、40mm (6m以上) | 60mm (6m内)、70mm-80mm (6m以上) | 易穿管线、运输高效、成本低       |
| 2  | 最大跨度     | 12m跨, 底板40mm厚          | 一般不超过8m, 底板70-80mm厚         | 适合大开间, 节约净高, 减轻楼板自重 |
| 3  | 胡子筋      | 一端胡子筋                  | 四边出筋                        | 施工便捷                |
| 4  | 支撑设置     | 一道支撑                   | 3-5道支撑                      | 节约措施费               |
| 5  | 拼缝       | 密拼可实现单、双向板             | 密拼只能是单向板                    | 节约综合成本              |
| 6  | 标准化设计与生产 | 长线型张拉, 标准化程度高、接近全自动化   | 定制为主、单独边模、部分工艺人工为主          | 节约综合成本、质量可控         |
| 7  | 钢筋       | 1570高强钢丝, $\phi 5$     | Q235普通钢筋, $\phi 8$          | 省用钢量                |



# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ PK3预应力叠合楼板

- ✓ **节约净高**：底板厚度35mm、40mm，相比普通叠合楼板节约1cm-3cm板厚，最薄可实现110mm楼板，而普通桁架板为60+70=130厚；
- ✓ **实现大跨度**，目前可实现11m跨度，底板仅4cm厚；
- ✓ **节约综合成本**，相比普通叠合楼板，可实现**10-20元/平米**（折合为**160-320元/立方**）的成本节约，跨度越大，经济效益越明显；
- 板型薄，厚度35mm左右，叠合后110mm~125mm左右，极大减轻结构自重与节约净高；
- 支撑少。支撑间距可达4m；
- 一面出胡子筋，安装方便。
- 无补空板。主受力方向钢筋为预应力钢筋，横向钢筋施工时后穿，形成双向板；
- 当应用在装配式框架结构时，可实现无次梁设计，技术优势明

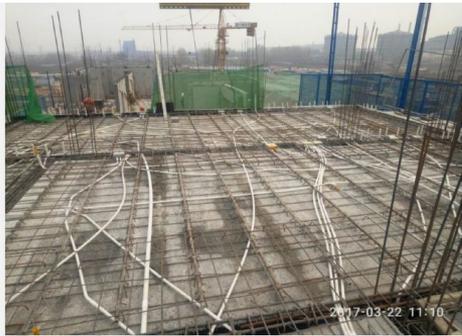


# Part 2 技术创新

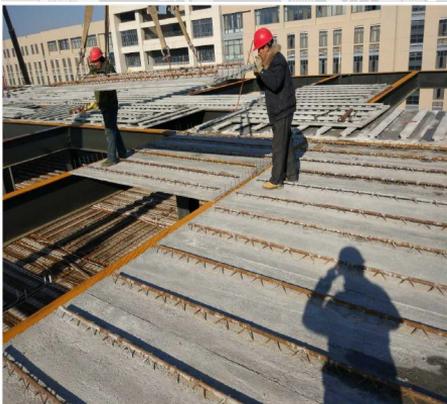
## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新 ■ PK3预应力叠合楼板



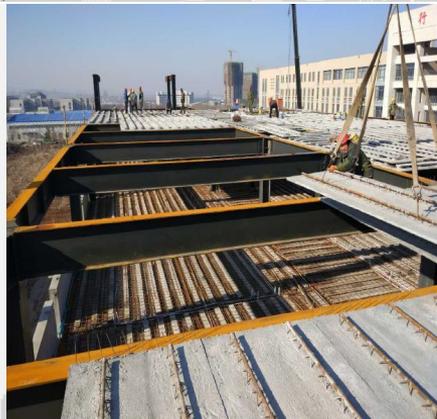
安置房项目



安置三区中学项目



工程职业学院产业化实验楼项目



轨道交通安置房项目（已封顶，2万m<sup>2</sup>）

济南工程职业学院产业化实验楼项目（已验收，1.3万m<sup>2</sup>）

莱钢文昌湖安置房项目16# 17#楼（已验收，1万m<sup>2</sup>）

安置三区中学项目（已验收，1.6万m<sup>2</sup>）

济南四机数控办公楼项目（已验收，1.3m<sup>2</sup>）

滕州七所中小学项目（全部接近封顶，共12.2万m<sup>2</sup>）

潘庄、田庄安置房项目（设计完成，共16万m<sup>2</sup>）

赵家庄安置房项目（设计完成，共8万m<sup>2</sup>）

董家安置房项目（设计完成，15万m<sup>2</sup>）

郭家安置房项目（设计完成，20万m<sup>2</sup>）

威海工程职业学院办公楼、人才公寓项目（设计完成）等威海周边项目，15万m<sup>2</sup>

\*\*\*\*\*

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新 ■ PK3预应力叠合楼板



| 发包单位              | 项目名称   |
|-------------------|--|
| 天津住宅集团建设工程总承包有限公司 | 天津市棚户区改造定向安置房及配套设施(和苑西区一期)11地块                 |
| 天津住宅集团建设工程总承包有限公司 | 天津市棚户区改造定向安置房及配套设施(和苑西区一期)12地块                 |
| 天津住宅集团建设工程总承包有限公司 | 双青13地块荣翠园项目10、11、12、13、14、16#楼对制PK板            |
| 北辰正方建设集团有限公司      | 北辰正方建设集团有限公司总部基地暨绿色建筑研发中心项目1-4#楼地下室、5#、6#7#楼8# |
| 河北建设集协和有限公司北京九分公司 | 海航保障房混凝土预制构件产品销售项目                             |
| 金坛建工集团有限公司        | 门头沟龙泉镇F1地块住宅项目预制混凝土构件                          |

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

#### ✓ 发展背景

- 2019年全国装配式建筑新开工面积达**4.2亿平米**。其中，装配式混凝土结构为2.7亿平米。深圳、昆明等地，**铝模纳入装配率计算**，纳入装配式建筑范畴。未来5到10年，铝模会在装配式建筑领域占有一席之地。同时，剩下的50%现浇建筑中，铝模会成为主流之一。目前，**万科、碧桂园、融创、旭辉等龙头开发商，都在推铝模全现浇外墙技术**；
- 传统薄抹灰系统存在着一定的安全隐患，近年来出现了**剥落**的情况；
- 石家庄火灾暴露行业弊病，保温**防火不达标**；
- 随着**节能标准的提高**，保温厚度进一步加大，进一步考验薄抹灰保温系统。



### 北京发布居住建筑新标准 节能率达80%以上

2020-07-09 18:31 来源：北京日报

【字体：大 中 小】 打印 分享 收藏

北向房间不得设凸窗、电梯厅有防烟功能、东西向房间外窗应设“可开启”外遮阳、选用电梯梯速以上能效标识产品。为提升居住建筑节能水平，《居住建筑节能设计标准》在北京市地热能官网加上正式对外公布。居住建筑节能水平由2006年外窗90%以上，记者了解到，这一北京市地方标准，将于2021年3月1日正式实施。

经计算证明，建筑物的主体朝向，如果由南北向改为东西向，耗热量指标将增大30%，因此，南北向是建筑物最有利的朝向。为此，标准提出，本标准居住建筑在设计时，朝向宜采用南北向或东南北向。

外墙和外墙的传热系数在围护结构耗热量的比例很大，外墙面积多则耗热量大，如果一个房间有三面外墙，其散热面过多，能耗过大，对建筑节能极为不利。针对这一现状，标准提出，居住建筑在设计时，不宜设有三面外墙的房间。

本市冬季最多风向为北东向及西北向，主要房间避开此朝向，也是为了减少冷空气的侵袭，降低主要房间的热负荷，标准提出，居住建筑的主要房间应避免于冬季最多风向风向。

随着居住建筑形式日趋多样化，原属天然在越来越多的建筑中出现，但是，受室内空气温度湿度及其分布的影响，通过相面积关系由于温差传热散失的热量大于外窗。而且，夏季通过天窗进入室内的太阳辐射会造成室内温度过高，产生潜在的空调负荷。因此，标准对天窗面积的要求高于外窗。标准提出，居住建筑天窗面积不应大于该房间面积的10%。

### 【重磅】上海拟取消薄抹灰外墙保温系统

来源：修成铁 修师傅建筑修缮 1周前

根据上海市住建委网站公布的《上海市禁止或者限制生产和使用的用于建设工程的材料目录（第五批）（征求意见稿）》，薄抹灰外墙保温系统将退出上海市市场。

本次目录涉及外墙保温共四条，其中影响最大的是第一条：

1、施工现场采用胶结剂或锚栓以及两种方式组合的施工工艺外墙保温系统（保温装饰复合板除外），禁止在新建、改建、扩建的建筑工程外墙外侧作为主体保温系统设计使用。

也就是除了保温装饰复合板（北方人称之为一体化板）外，剩下的传统外墙薄抹灰保温系统都将被排除在外，除了JG144-2019上列举的EPS（聚苯板）、XPS（挤塑板）、PUR（硬泡聚氨酯板）、PIR（聚氨酯聚氨酯板）薄抹灰外墙保温系统，还有没收录的PF（酚醛）、岩棉板/条、发泡陶瓷、发泡水泥等等保温材料的薄抹灰外墙保温系统，这种享誉世界近70年的建筑保温形式终于在上海寿终正寝。



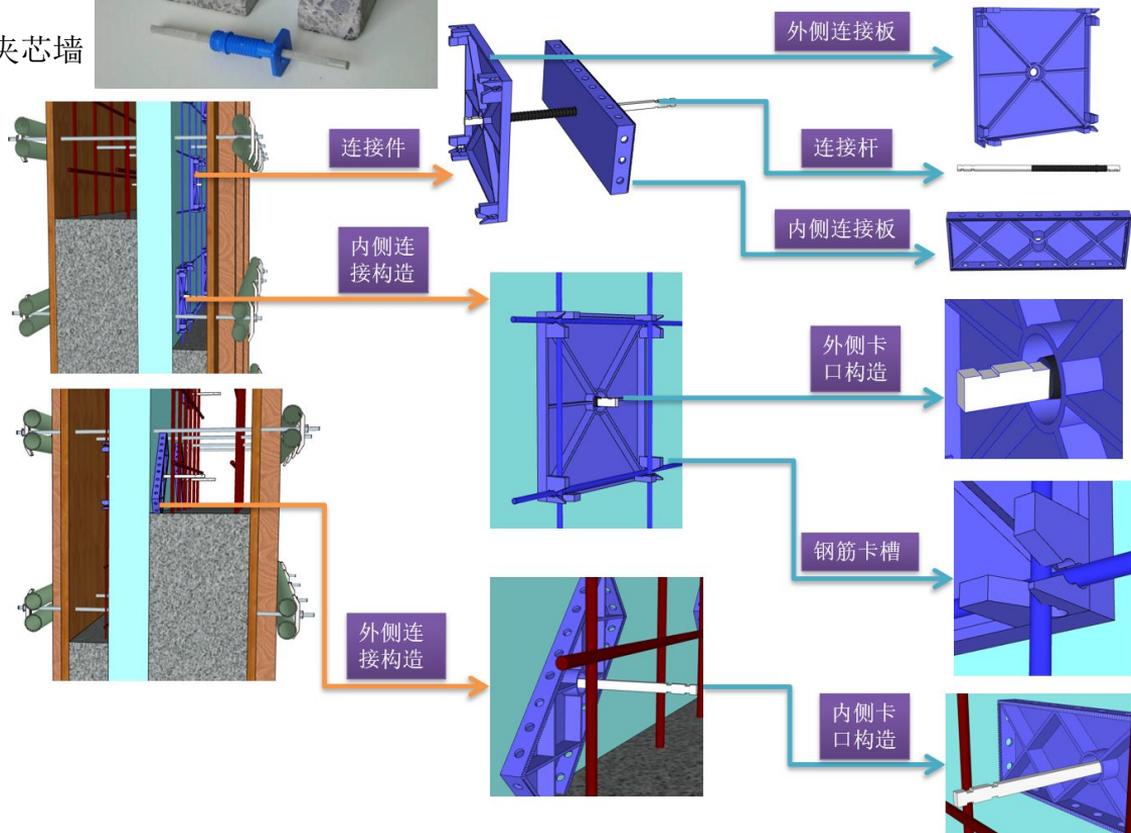
# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

#### ✓ 构造

- 本质为保温板复合**单面钢筋网**；
- 保温板集成连接件和钢筋网。其中连接件既负责浇筑完毕后的传力作用，又承担在浇筑过程中，将保温板与钢筋网紧密固定，确保保温板不变形、不移动；
- 核心技术在于基于标准化产品的**自动化生产设备与自动深化排板与管理软件**。
  - 单侧钢筋网+双侧卡件构造；
  - 正交的方板构造；
  - 卡扣双孔构造；
  - 内卡板长度确定；
  - 内卡板齿边构造；

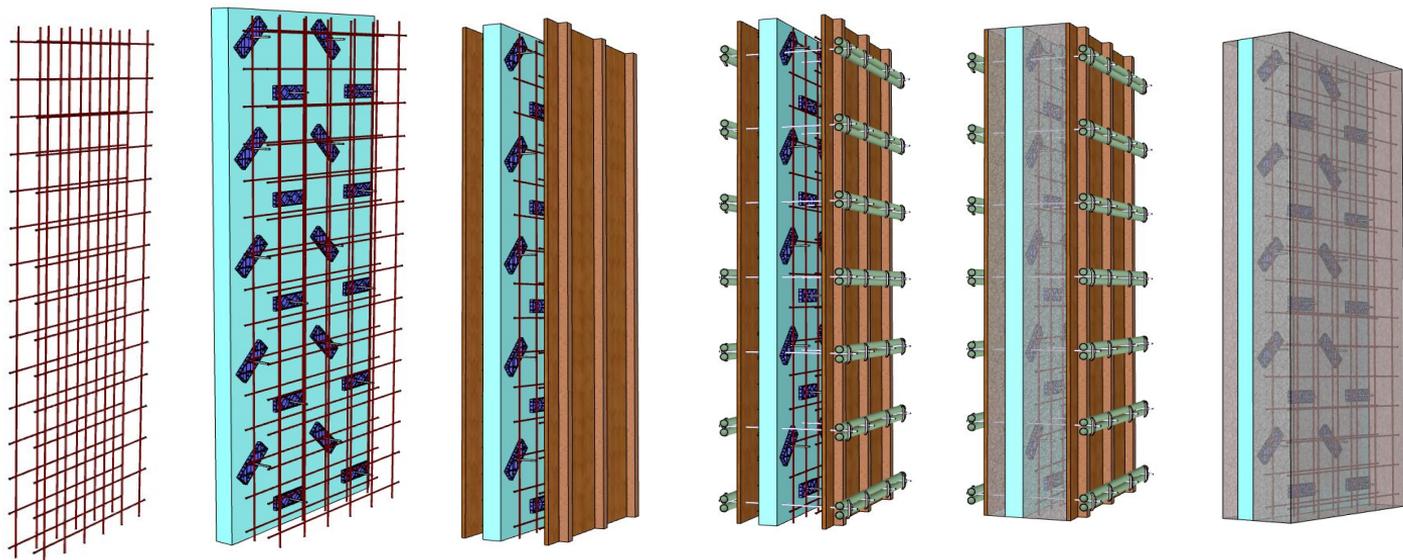


# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

✓ 组成



结构钢筋绑扎

复合保温板安装

模板安装

模板固定

混凝土浇筑

模板拆除

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

✓ 工法



保温板上墙组装



保温板与主体结构钢筋连接



模板安装



混凝土浇筑



构件成品

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

### ✓ 检测



对连接件部位和无连接件部位分别取样2组进行检测，试件为直径330mm，对所取芯样进行**墙板保温相对位置**的检测以及连接件周围混凝土的**密实**情况检查。

# Part 2 技术创新

## 2.2 高层装配式混凝土结构技术创新

### ■ 内置复合钢筋保温（CSI）板立式成型三明治夹芯墙

#### ✓ 优势

- 实现了保温承重一体化，性能等同于预制夹芯外墙；
- 50-60mm保护层，**A级防火**，**50年设计使用寿命**；
- 与结构同步完成，节约外墙外保温**工期约2个月**；
- **保温无脱落风险**，由玻璃钢连接件传力；
- 相比薄抹灰保温，造价增加约40元/平米，防火隔离带以及防火窗等级可对应优化。但**取消防火窗可节约60元/平米**，因此综合成本**节约20元/平米**。



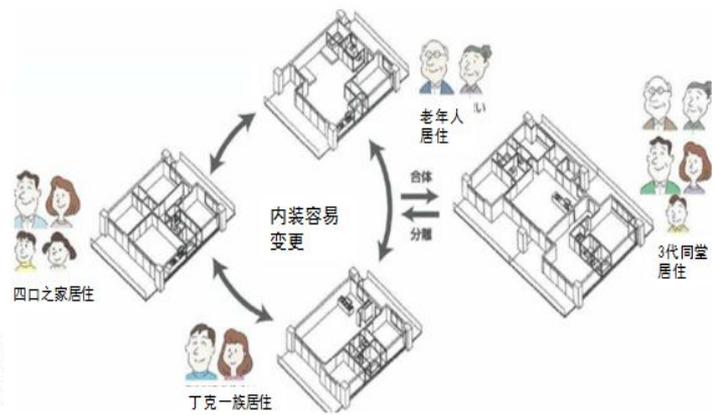
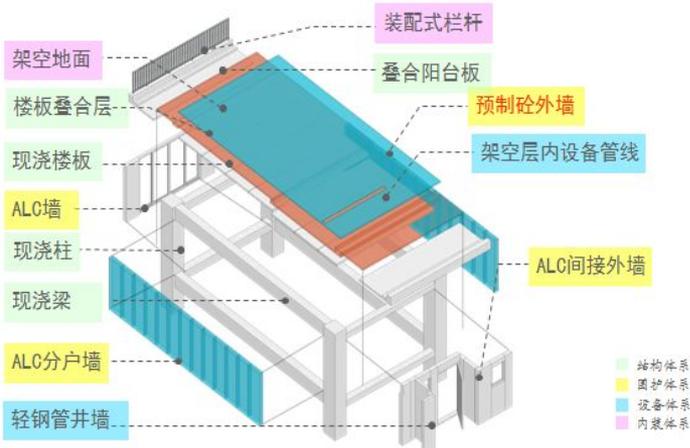
# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 钢结构住宅优势

- ✓ 高精度装配化建造施工，毫米级精度，与其它部品和内装系统在精度上可实现匹配的接口技术；
- ✓ 钢框架结构体系可实现全寿命周期可持续发展的建筑体系，体现在SI体系与空间重组与划分（百年住宅理念）；
- ✓ 钢结构得房率高。与装配整体式剪力墙相比，钢结构天生就是装配式，在成本增量与质量保障方面更可控。

承重结构系统（工业化建造）、围护与隔墙系统（工厂化部品+接口）、收纳系统（工厂化部品+长寿省力五金）、厨房卫浴系统（集成厨房+整体卫浴）、设备末端系统（标准化采暖制冷通风末端）、照明插座系统（LED照明+集成线槽）、智能家居系统（信息盒+WIFI）、建筑能源系统（能源路由器）。其中，除承重结构系统之外的七大系统可统称为内装系统。



# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 既有研究调研



钢框架—中心支撑结构

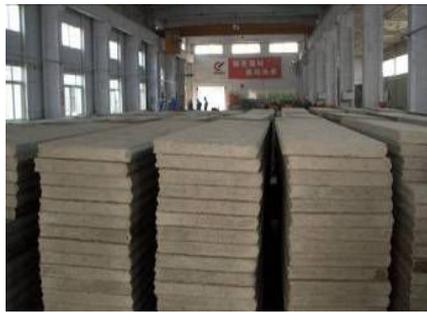


钢框架—偏心支撑结构



钢板剪力墙

✓ 山东莱钢在钢结构设计与施工做了大量研究探索，对住宅标准化、部品集成也做了诸多工作，凸梁显柱与外围护节点有待进一步探索。



墙体板材（条板与大板）

# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 既有研究调研

✓ 杭萧钢管束

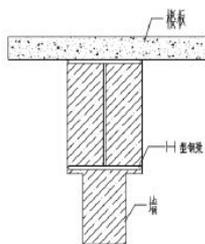
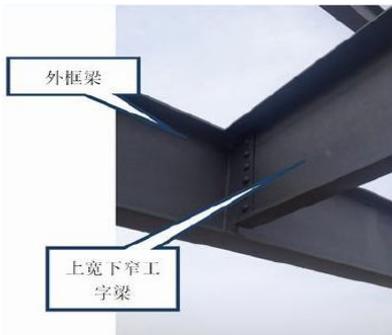




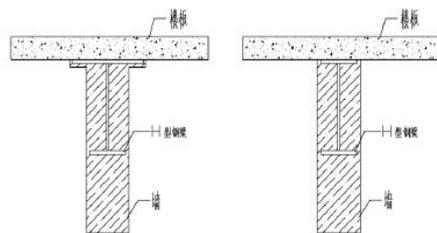
# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

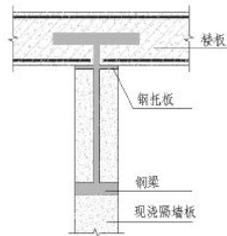
### ■ 既有研究调研 ✓ 中建八局体系



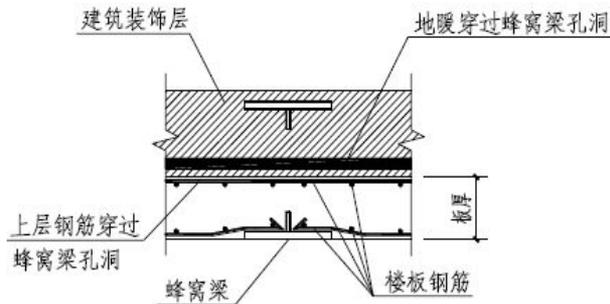
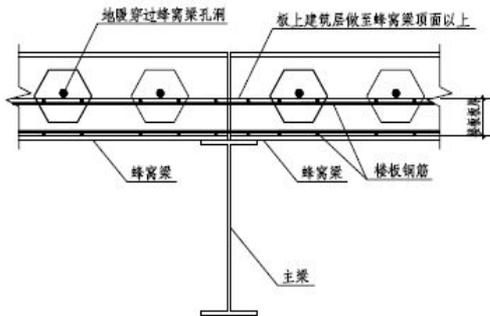
H型钢梁凸出室内问题



上宽下窄及窄翼缘H型钢梁



上翼缘埋入混凝土楼板做法



# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

- 既有研究调研    ✓ 中建八局体系



灌浆墙与斜撑的搭配



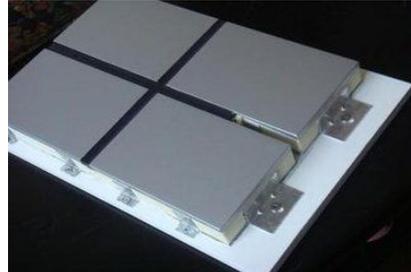
格构楼承板



支撑系统与预制条板



灌浆墙



外饰面与斜撑

# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

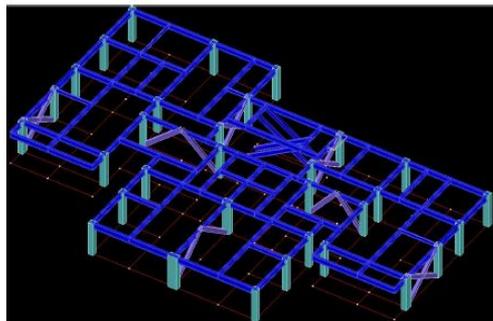
### ■ 既有研究调研 ✓ 中建科技钢结构体系



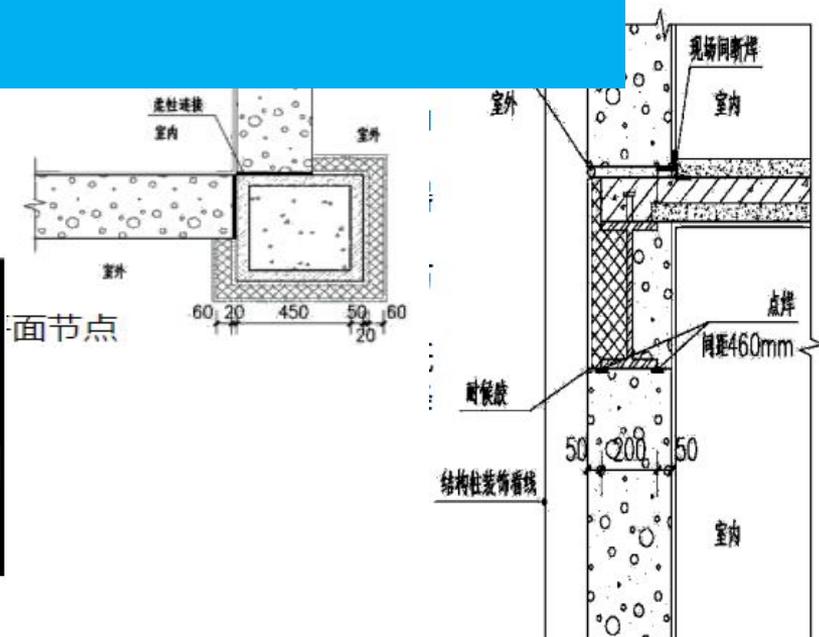
钢支撑位置

钢柱

标准层平面布置图



标准层轴侧图



**框架柱：**矩形截面钢管混凝土柱，截面尺寸  $\square 400 \times 400 \times 16$ ，内灌混凝土强度等级C60~C50；

**钢梁：**H型截面钢梁，材质Q345B，主次梁统一高度为350mm，宽度同墙体厚度，通过翼缘与腹板的厚度进行构件区分；

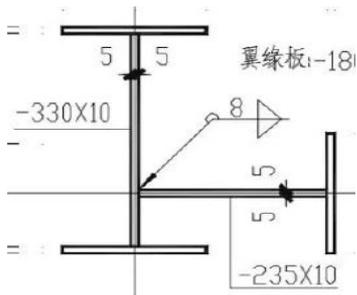
**支撑：**箱型截面钢结构支撑，材质Q345B，截面尺寸  $\square 300 \times 200 \times 16$ ；

**楼板：**优先选用总厚度为130mm的PK预应力叠合楼板，备选方案为120mm厚现浇钢筋桁架楼承板（底模可拆卸）。

# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

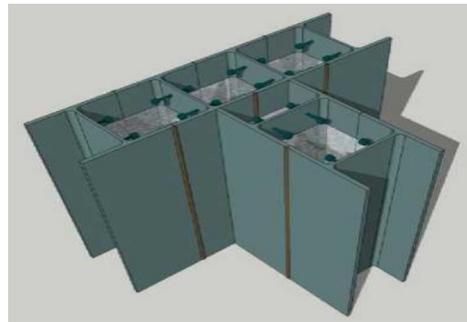
- 既有研究小结 主体结构技术：解决结构柱凸显的问题！



异形柱



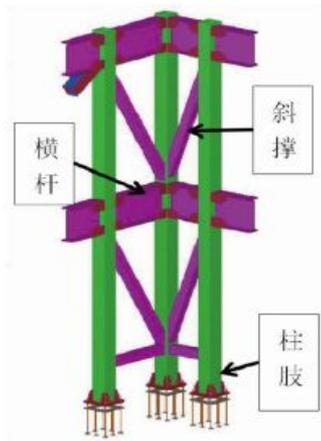
杭萧钢构钢管束



工字钢组合束



大元集团加肋钢管束

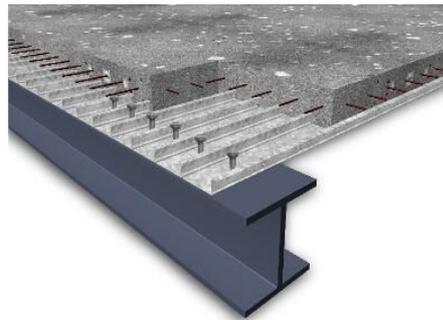
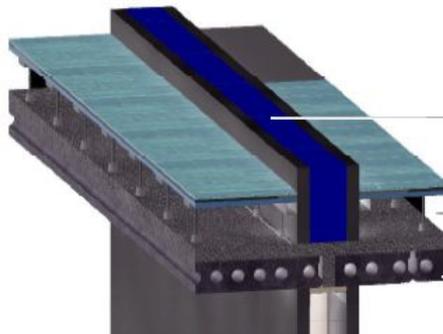


# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 既有研究小结

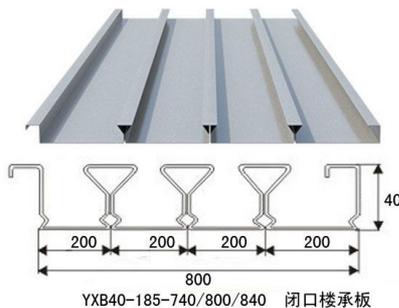
✓ 楼板技术：节约或节省支撑、脚手架、底模、拆模等工艺工序



预应力SP板



格构式楼承板



压型钢板

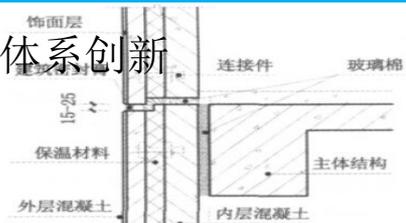


# Part 2 技术创新

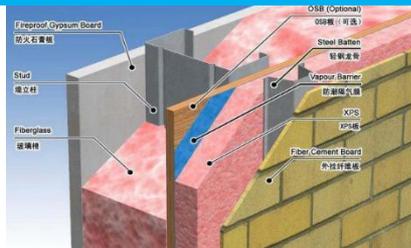
## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 既有研究小结

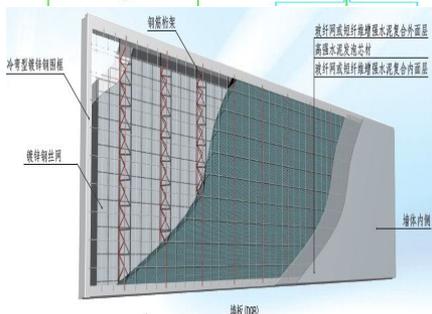
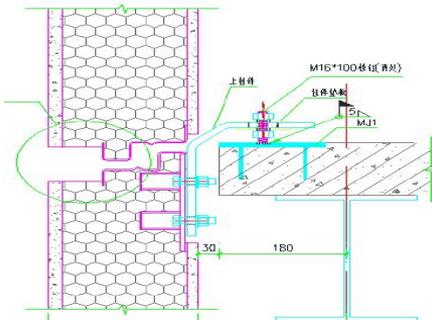
✓ 外围护墙体



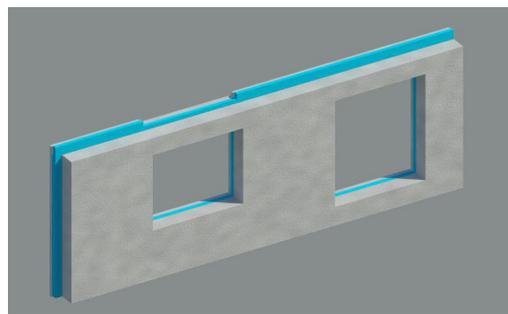
外挂墙板节点



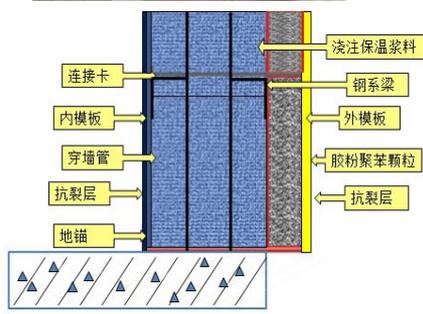
轻钢外挂墙板



轻质混凝土外挂大板



三明治外挂大板



灌芯墙



砂加气外挂板

# Part 2 技术创新

## 2.3 高层钢结构住宅结构体系创新

### ■ 既有研究小结



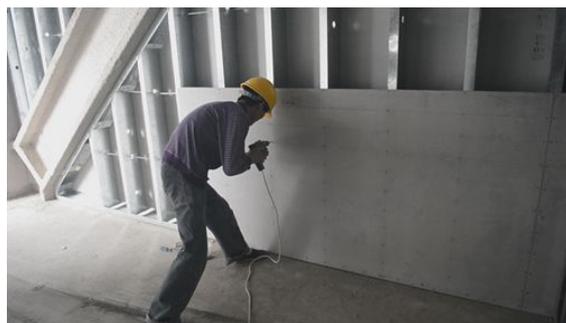
轻钢龙骨隔墙



预制条板



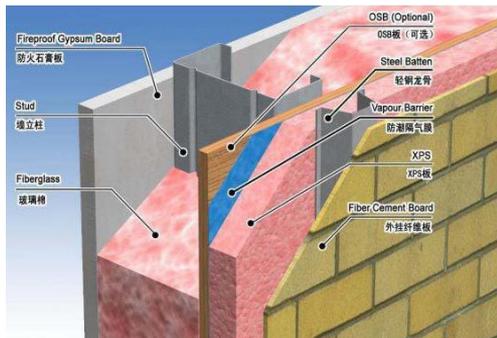
灌芯墙



# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

### ■ 轻钢龙骨体系（北新为代表）

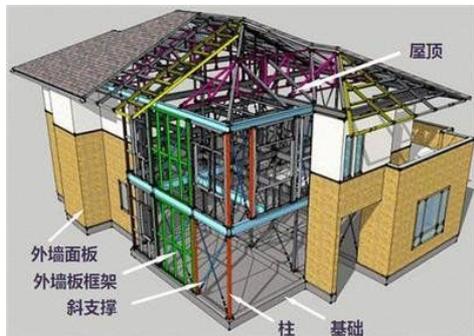


- ✓ 轻钢龙骨体系是较为成熟的，程度较高的工业化体系。自重轻、抗震性能优越，绿色环保。
- ✓ 适用于个性化定制，便捷施工。可实现多样化的建筑风格，并且现场无需大型机械设备，对现场施工环境几乎没有要求。
- ✓ 但存在刚度舒适度的问题，工法不到位导致的耐久问题，墙面空洞无法挂载等问题。
- ✓ 适用于低层定制化房屋与公建维护系统

# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

### ■ 密柱支撑钢结构体系（宝业为代表）



- ✓ 俗称黑钢体系，是参考日本先进住宅结构体系，结合国情研发的低层低层工业化住宅产品。该体系由支撑结构部品（承重结构系统、屋面系统、外墙体围护系统）、内装部品（隔墙吊顶系统、内饰系统、厨卫系统）和设备部品（供暖系统、给排水系统、燃气设备系统、电气及照明系统和智能化系统）三大体系组成。
- ✓ 该体系采用贯通式节点、梁柱全螺栓连接、柱间专用支撑，模数化整体化设计，标准化生产，形成高端低层住宅产品。外饰面板可采用ECP挂板，品质高，但难点在施工工艺，高精度的钢构件生产安装要求，国内很难达到，造价成本较高。
- ✓ 同济大学也针对性的开发了适合国内的分层装配法装配式钢结构，该体系特征是梁贯通，柱打断，抗侧力体系是在相邻柱子之间设置拉杆和支撑；

## 2.4 低层装配式建筑体系

### ■ 钢框架复合墙板（冀东为代表）

- ✓ 钢框架体系就结构本身来说，具备成熟的产业配套与施工建造工艺，刚度大，适应多样化、差异化的美丽乡村、特色小镇等领域的建设。
- ✓ 但钢结构住宅存由于主体结构与维护结构的温度膨胀系数、强度和刚度的差异，外墙容易开裂，这也是钢结构住宅的痛点和难点。该体系以钢框架为主体，墙体为预制条板。
- ✓ 因此，该体系主体结构属于传统钢结构范畴，产业链及技术成熟，抗震性能优越，适合多样化的建筑立面。但钢结构住宅，在接缝处易开裂，防火、防腐和隔音等问题，将增加建造成本，凸梁显柱影响住宅功能，因此该体系更适合特色小镇和厕所革命等公建。



# Part 2 技术创新

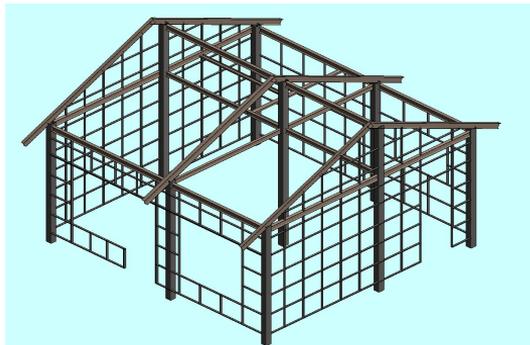
## 2.4 低层装配式建筑体系 ■ 幕墙式钢结构

单层样板房建设，五天完成精装交付！



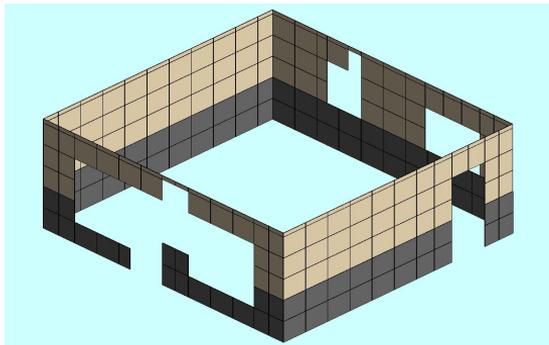
# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

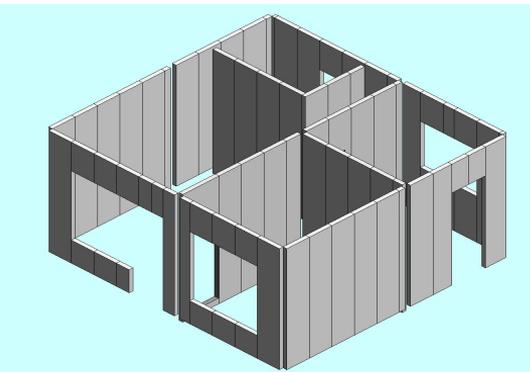


主框架与芯柱系梁系统

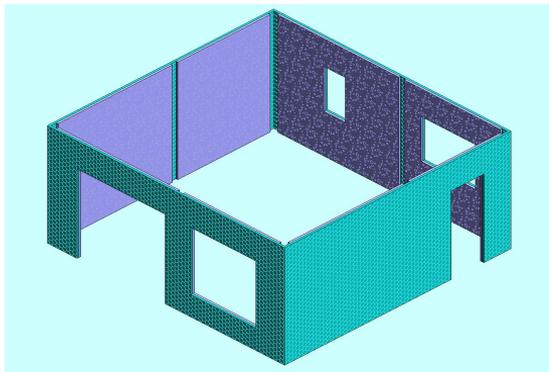
### ■ 幕墙式钢结构



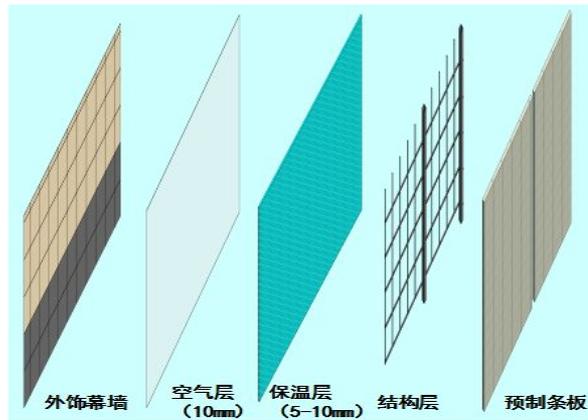
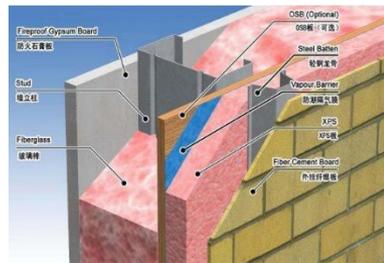
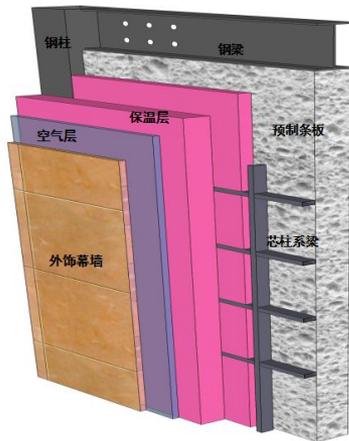
高气密水密性外幕墙系统



预制混凝土条板系统

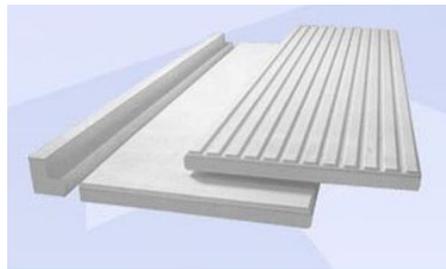
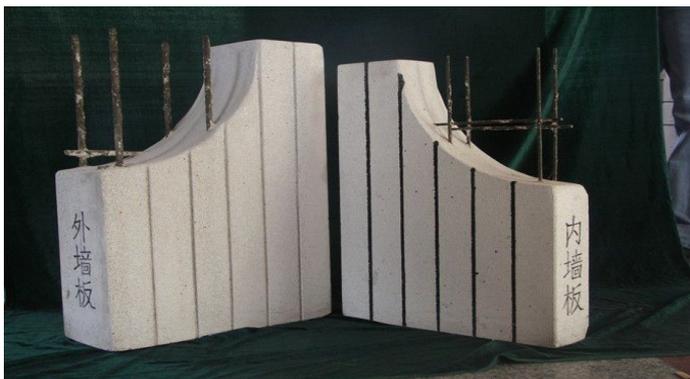


保温系统



# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系 ■ 幕墙式钢结构



住宅采用砂加气条板  
公建采用轻钢龙骨墙体

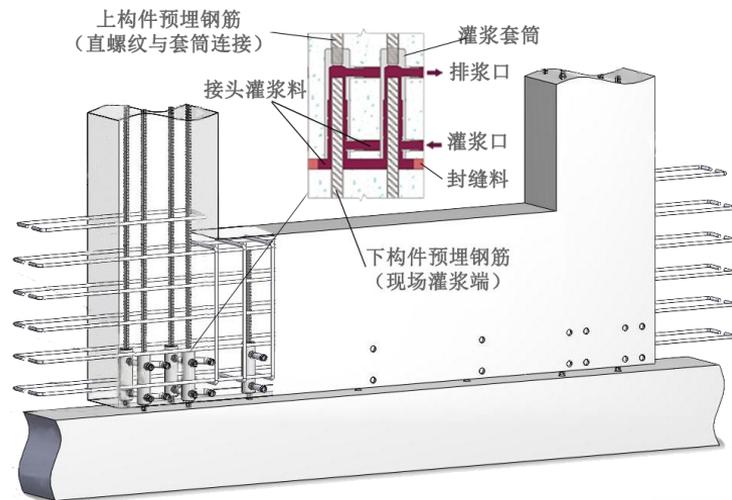
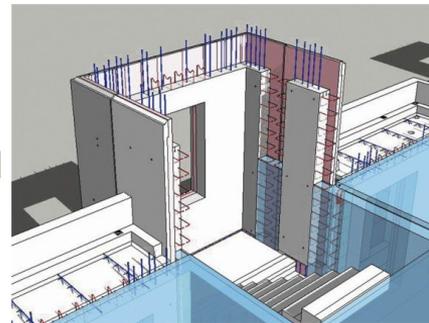
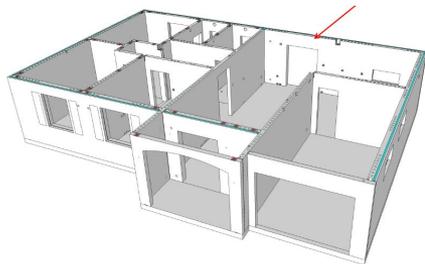
# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

■ PC板式

### ✓ 研发思路

- 在装配整体式剪力墙基础上进行优化，进一步提高预制率；
- 在湿作业区域实现免模板工艺；
- 标准化理念，150mm厚受力板件；
- 优化连接节点，减少湿作业；
- 采用全预制楼板；
- 采用三明治圆孔板（连接、减重、穿管线）；
- 采用煤矸石陶粒混凝土等材料（降低自重）；



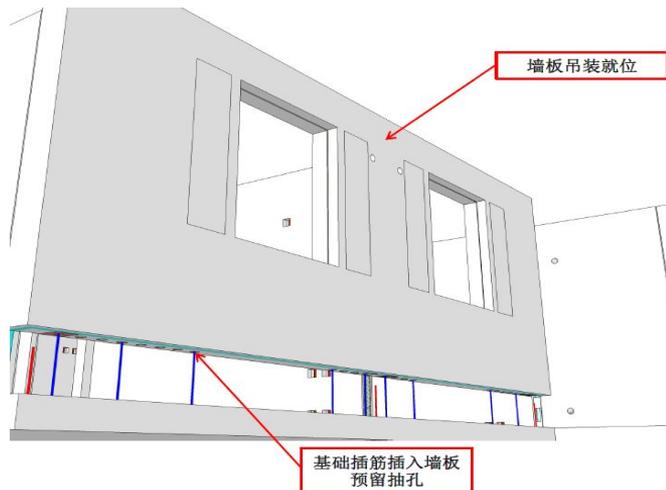
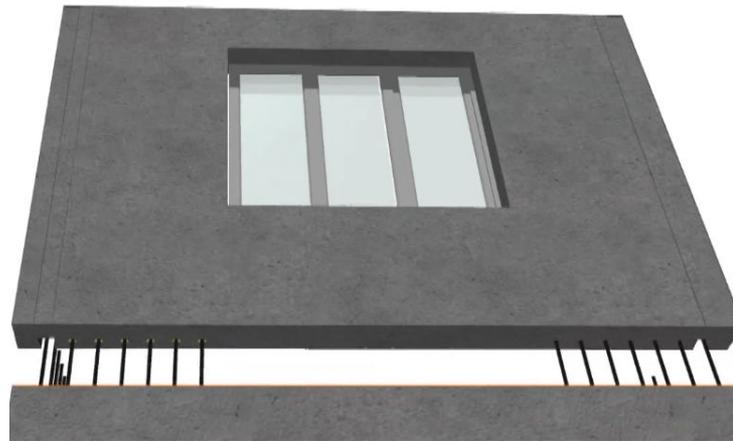
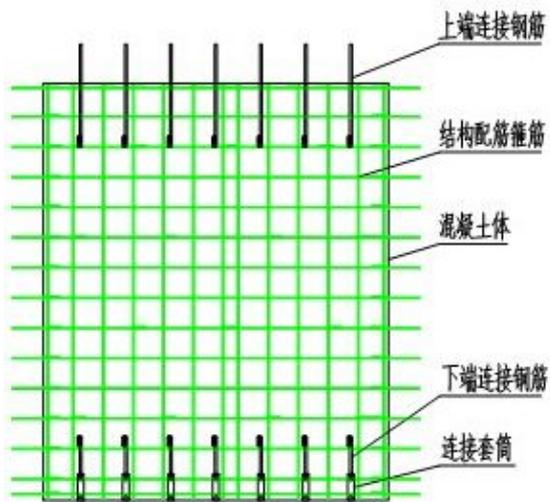
装配整体式剪力墙结构体系

# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

■ PC板式

✓ 竖向连接



- 考虑到低层房屋，在水平力作用下，基本不产生倾覆力，以剪力为主，故省去套筒，直接采用圆孔插筋灌浆连接，降低成本与施工难度。

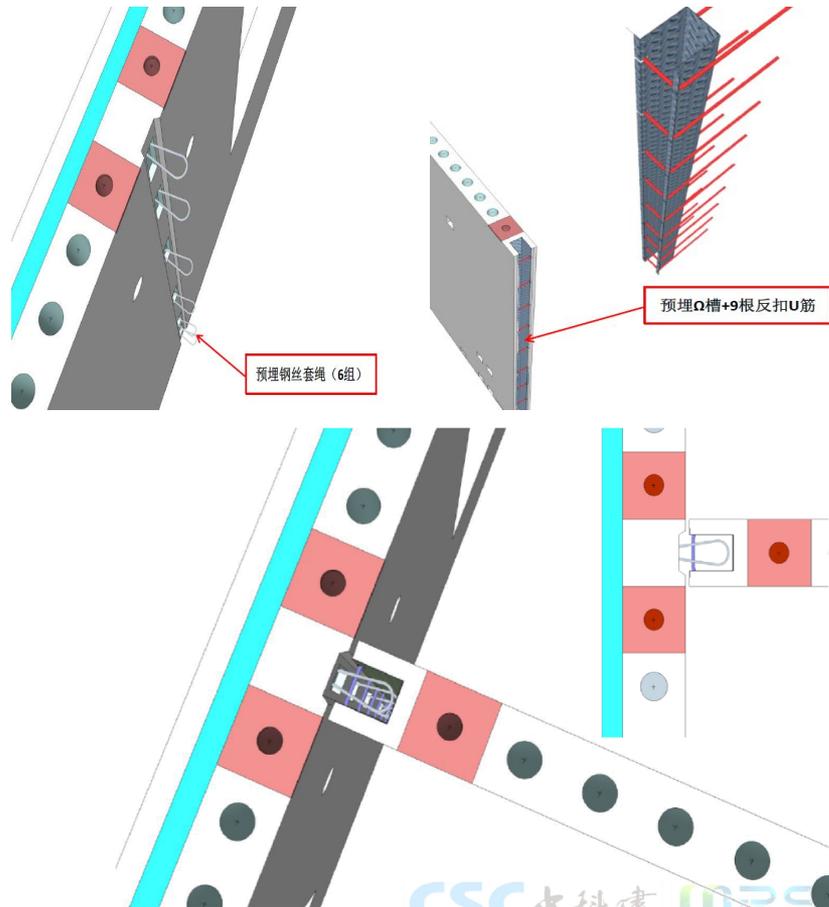
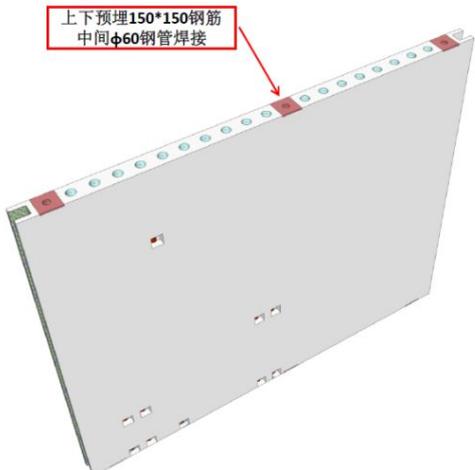
# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

■ PC板式

✓ 水平连接

- 横向连接采用燕尾槽套环插筋灌浆连接，节点湿作业区域免模板；
- 预埋柔性套锁适合预制工艺（方便边模的装拆）与装配工艺（避免钢筋打架问题）；
- 部分空洞钢管加强，强化套锁和Ω槽锚固；



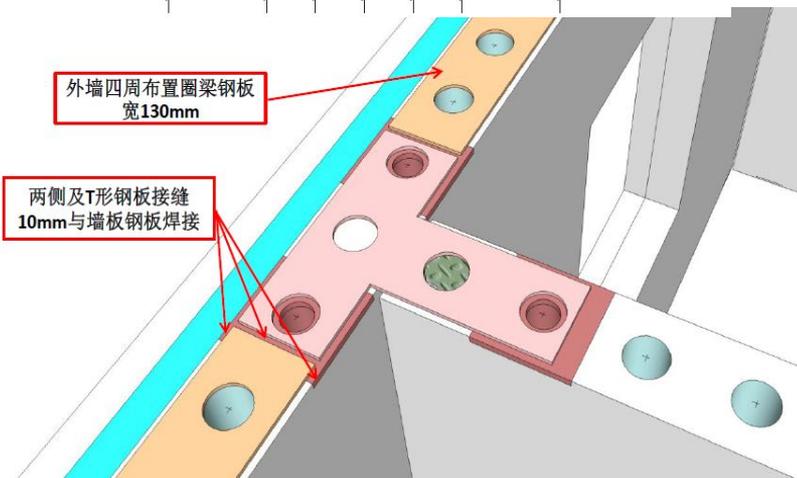
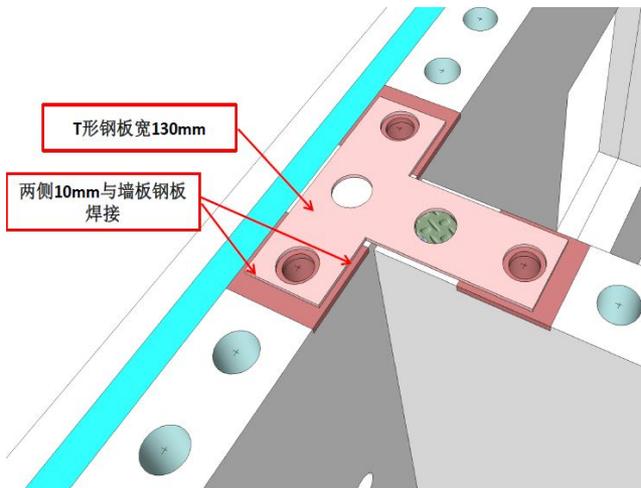
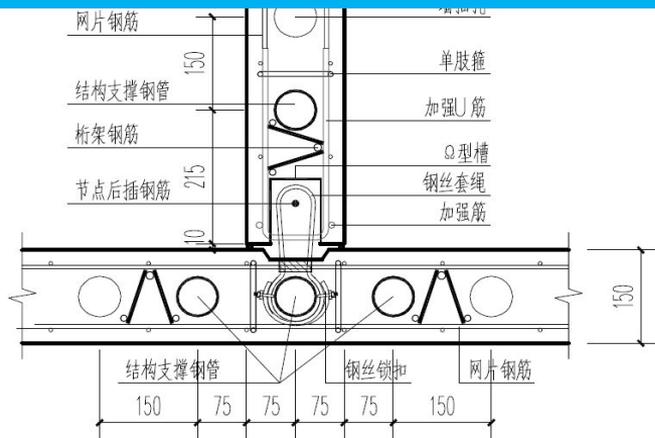
# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

■ PC板式

### ✓ 节点强化

- T型（根据节点形式）钢板与墙体内钢管进行连接，形成强节点构造；
- 外墙布置钢板圈梁，增加结构整体性；





# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

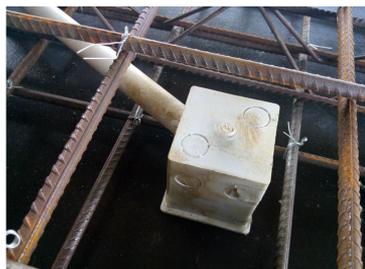
■ PC板式



钢筋布置



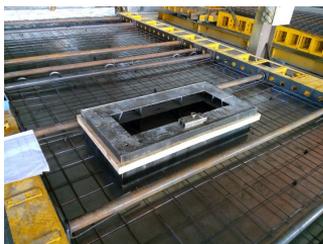
孔洞预留



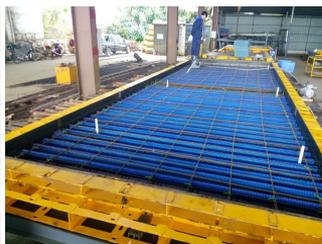
线盒预埋



脱模



抽孔工艺



钢管与套筒预埋



钢筋布置



窗户安装



涂料



堆放

# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

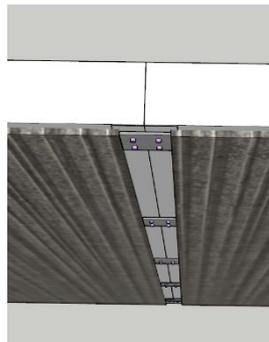
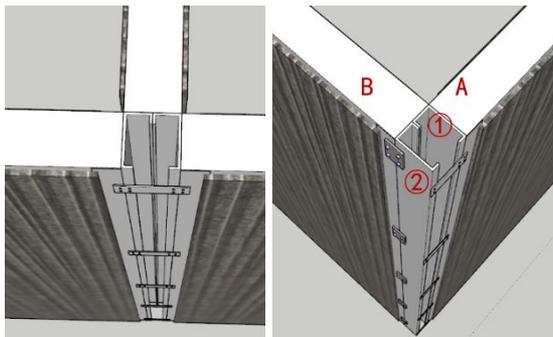
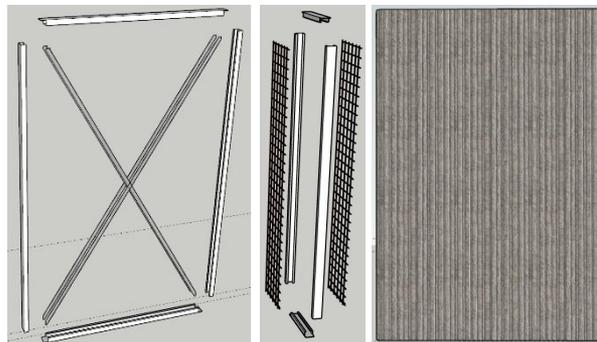
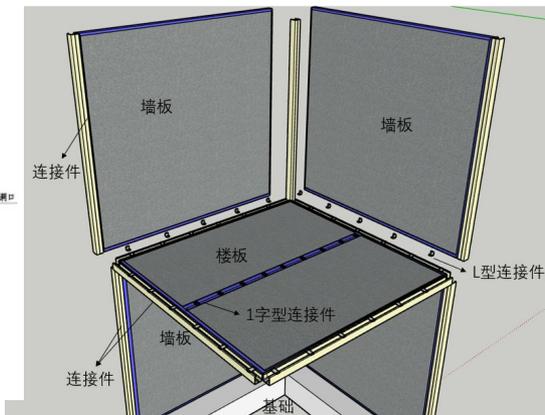
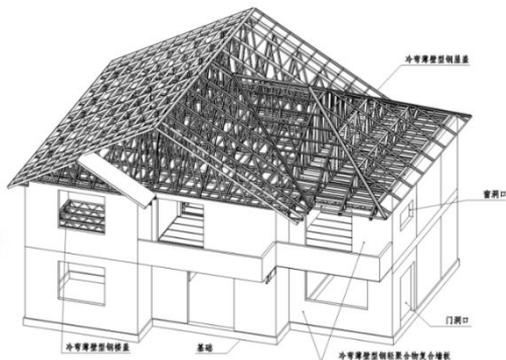
■ PC板式



# Part 2 技术创新

## 2.4 低层装配式建筑体系

### ■ 轻钢轻混结构体系



- ✓ 板四周预留3-4cm边框，作为连接节点。轻混平面高出龙骨平面1-2cm，并内置抗裂钢丝网；
- ✓ 整体结构构造按照冷弯薄壁型钢结构体系考虑；

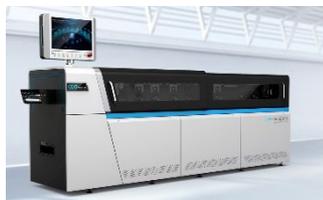
# Part 2 技术创新

## 2.5 智慧建造技术

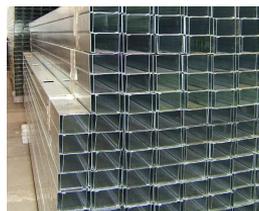
### ■ 生产建造成套技术



卷材



软件硬件一体化型材生产设备



带节点构造的型材



现场组装型材成结构



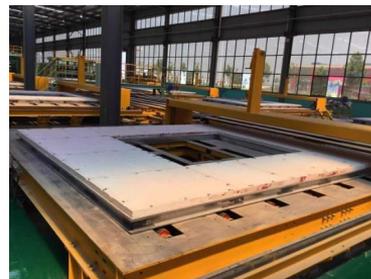
成品



成品



现场安装



上PC流水线设备成轻钢轻混大板

# Part 2 技术创新

## 2.5 智慧建造技术

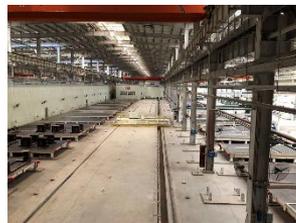
### ■ 智能化生产设备



集成设计功能、产出型材



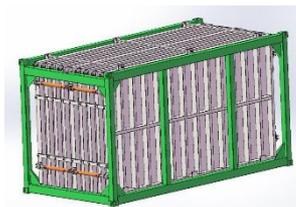
型材自动组框设备



普通平台模流水线



成组立模（重点攻克振捣、预埋预留、生产工艺）



游牧式成组立模（重点攻克造价难点）

改进完善



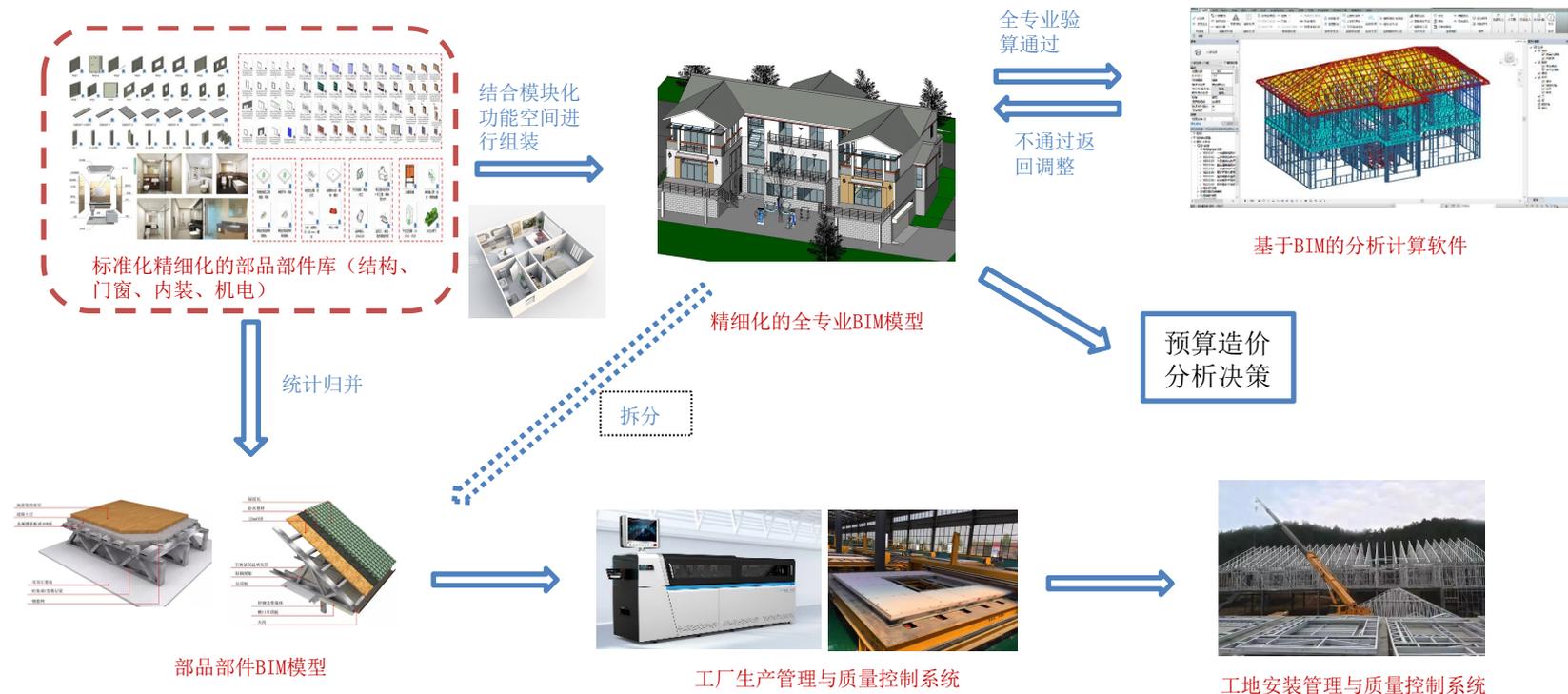
预制轻钢轻混大板

改进完善

# Part 2 技术创新

## 2.5 智慧建造技术

### ■ 信息系统整体架构



# Part 2 技术创新

## 2.6 数字化工厂与装建云行业数据平台



### 全生命周期项目

首页 标段工程 建筑单体 预制构件 政务信息 质量监管 安全监管 参建单位 装配式建筑指标

项目名称: 天空之城南地块 | 项目地址: 城南路以南, 迎宾大道以东 | 总建筑面积(m<sup>2</sup>): 305944.31 | 建设单位: 江西鸿万置业有限公司

单体总数(个): 25 | 总面积(m<sup>2</sup>): 307237.64 | 单体名称: 请输入单体名称 | 工程性质: 请选择

装配式单体(个): 13 | 装配式面积(m<sup>2</sup>): 183909.22 | 是否装配式: 请选择 | 标段: 请选择

| 楼号   | 名称   | 结构 | 层数   | 面积 | 目标 | 是否       | 是否       | 是否 | 是否     |   |
|------|--|----|------|----|----|----------|----------|----|--------|---|
| 57号楼 | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 商业 | 框架结构 | 8  | 3  | 2945.04  | 2045.04  | 是  | 是      | 是 |
| 幼儿园  | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 公建 | 框架结构 | 11 | 3  | 2820.53  | 2920.53  | 是  | 是      | 是 |
| 12号楼 | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 14274.84 | 14274.84 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 13号楼 | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 住宅 | 框架结构 | 9# | 34 | 14824.36 | 14824.36 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 8号楼  | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 住宅 | 框架结构 | 9# | 34 | 15635.89 | 15635.89 | 目标 | 45.80% | 是 |
| 19号楼 | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 住宅 | 框架结构 | 9# | 34 | 14824.36 | 14824.36 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 9号楼  | 天空之城南地块7#、8#、9#、12#、13#、S7#、S8#、幼儿园、小学及部分地下室 | 住宅 | 框架结构 | 8# | 29 | 12600.33 | 12600.33 | 目标 | 38.30% | 否 |
| 6号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 13972.89 | 13972.89 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 2号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 34 | 14824.46 | 14824.46 | 目标 | 28.30% | 是 |
| 11号楼 | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 14026.81 | 14026.81 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 10号楼 | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 13972.89 | 13972.89 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 9号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 32 | 13335.12 | 13335.12 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 5号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 34 | 15635.89 | 15635.89 | 目标 | 45.80% | 是 |
| 7号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 13980.33 | 13980.33 | 目标 | 38.30% | 是 |
| 1号楼  | 天空之城南地块1#-6#、10#、11#                         | 住宅 | 框架结构 | 9# | 33 | 13980.33 | 13980.33 | 目标 | 38.30% | 是 |

# 目 录

**Part 1**

发展背景

**Part 2**

技术创新

**Part 3**

小结展望



- 装配式建筑进入规模化发展阶段，如何确立市场竞争力？**规模化、差异化、高品质**！
- 科技创新，践行推动新型建筑工业化！围绕**高品质、绿色、智能、集成**四个关键词！
- 创新研发理念：**产品思维**，市场导向，像造汽车一样造房子，像卖特斯拉一样卖房子！
- 差异化的技术体系解决多样化的市场需求！装配式技术匹配合适的应用场景！
- 发展装配式建筑，政府制定的：装配式建筑落地全过程管理流程与质量监管体系是基础，继而引导建立行业可持续发展机制！
- 小米“天道”：**好看又不贵**。产品设计，工业化智慧建造，强大供应链，互联网基因。
- **科技建筑、健康人居、智慧生活**！

# 科技建筑 健康人居 智慧生活

Scientific Building

Green Living  
Life

Smart

**CSC** 中科建

CSC China Science Construction Corporation