



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

装配式钢结构技术应用实践介绍

余佳亮

yujialiang33@126.com

(2017年03月23日)



中建鋼構



中國建築

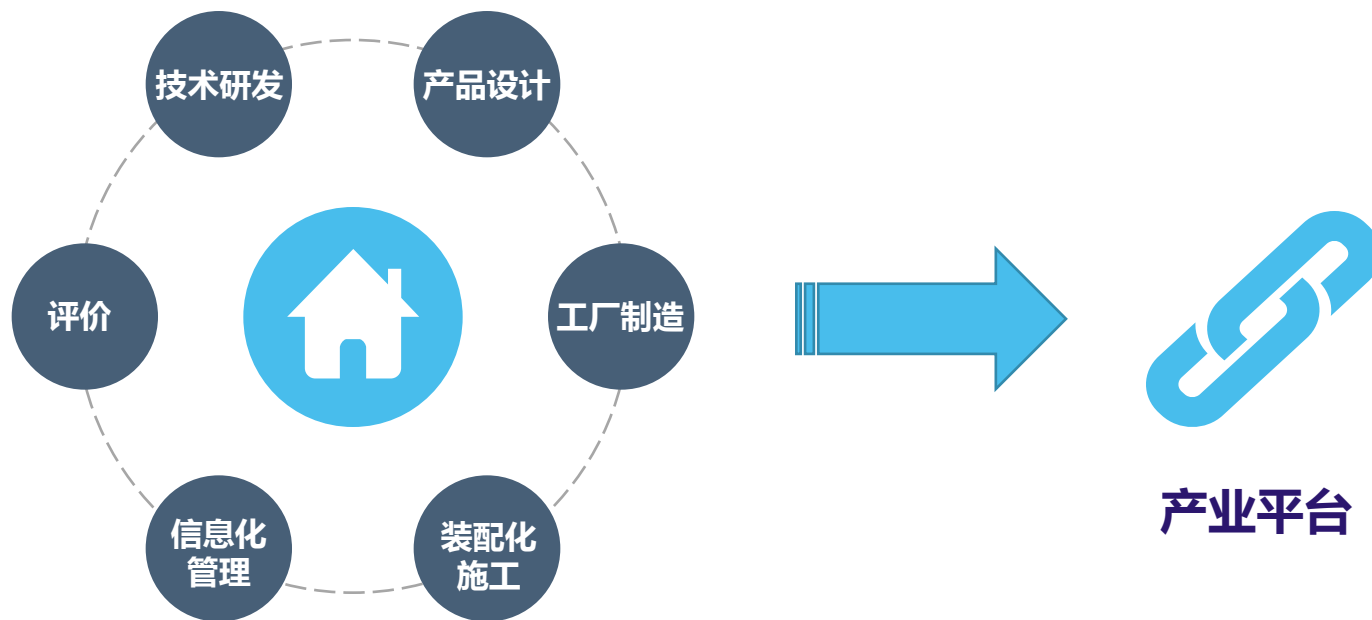
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

1. 功能定位

(1) 搭建装配式钢结构建筑的产业平台

整合资源，集成配套，建立从技术研发、产品设计、部品制造、装配施工到回收和评价全过程的、紧密型的产业平台，发挥全产业链的聚集效应。





中國建築

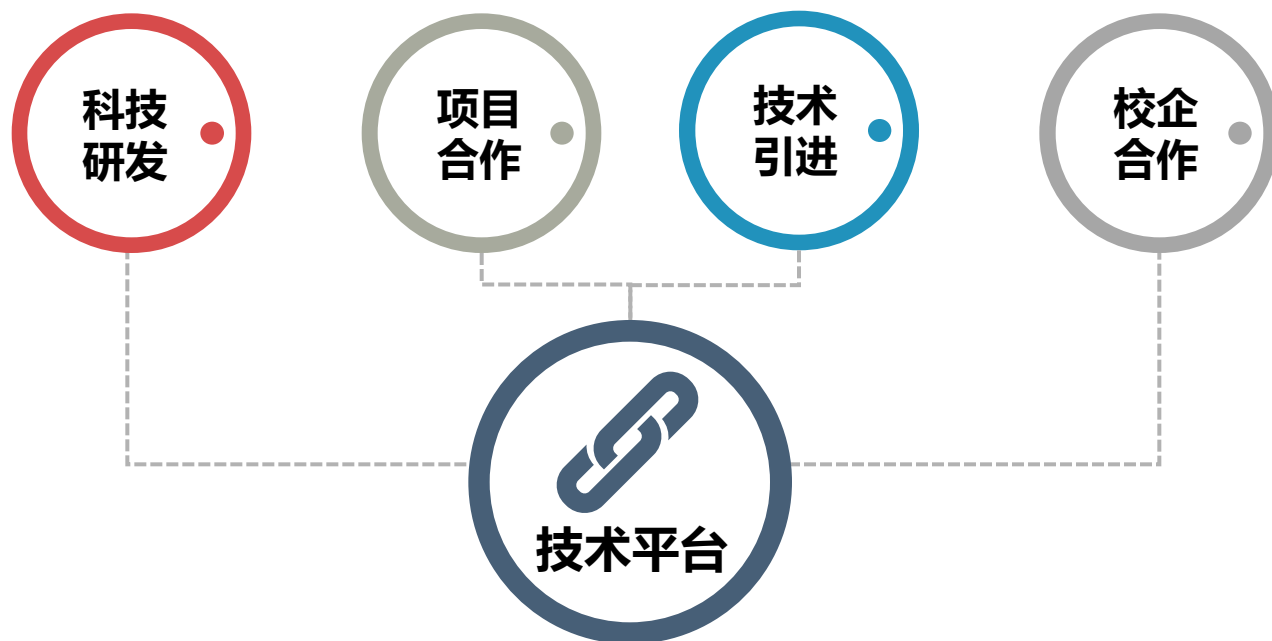
中建
鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

1. 功能定位

(2) 搭建装配式钢结构建筑的技术平台

采取科技研发、项目合作、引进技术等多种模式与科研院所、大专院校等单位合作，研发钢结构建筑工业化设计体系、工厂生产加工线和现场装配工法，建设标准化的钢结构工业化项目管理体系。





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

2. 发展策略——设计先导



组建中建建筑工业化设计研究院钢结构建筑分院
(住建部唯一授权的新型建筑工业化技术研究中心)



中國建築

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

2. 发展策略——设计先导



与**浙江大学**建筑设计研究院
签署战略合作协议

与**天津市城市规划设计研**
究院签署战略合作协议





中國建築

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

2. 发展策略——技术引领

中国 21 世纪议程管理中心文件

国科议程办字[2016]9号

关于国家重点研发计划“绿色建筑及建筑工业化” 重点专项 2016 年度项目立项的通知

各项目牵头承担单位：

国家重点研发计划“绿色建筑及建筑工业化”重点专项 2016 年度项目立项工作已经完成，具体立项情况详见附件。

请根据《关于改进加强中央财政科技项目和资金管理的若干意见》（国发〔2014〕11号）、《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发〔2014〕64号）、《科技部财政部关于改革过渡期国家重点研发计划组织管理有关事项的通知》（国科发资〔2015〕423号）、《财政部 科技部关于中央财政科技计划管理改革过渡期资金管理有关问题的通知》（国科发资〔2015〕154号）及项目实施期间出台的国家重点研发计划管

课题编号：2016YFC0702004

密 级：公开

国家重点研发计划 课题任务书

课题名称：基于 BIM 的空间钢结构预拼装理论技术和自动监控系统的研究开发

所属项目：基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术

所属专项：绿色建筑及建筑工业化

项目牵头承担单位：中国建筑科学研究院

课题承担单位：中建钢构有限公司

课题负责人：戴立先

执行期限：2016 年 07 月 至 2019 年 06 月

中华人民共和国科学技术部制

2016 年 07 月 18 日



“工业化建筑设计关键技术”及“标准化装配技术与工艺体系研究”

2个项目成功入选“十三五”国家重点研发计划



中國建築

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

2. 发展策略——技术引领

类别	名称	备注
结构体系	一种集成装配式钢结构建筑	PCT专利
	集成装配式住宅体系	实用新型
施工技术	一种模块化被动式节能建筑及其建造方法	PCT专利
	预制混凝土楼梯与钢结构连接技术	实用新型
	一种新型混凝土叠合板临时支撑系统	发明+实用新型
	一种新型蒸压加气混凝土板的安装技术	实用新型
	可拆卸钢筋桁架楼承板支撑体系	实用新型
三板部品	建筑外墙双层隔热通风表皮结构	PCT专利
	一种模块化内隔墙板	PCT专利
	一种装配式钢结构AAC板外墙结构	实用新型
	外墙围护结构	实用新型
	集成装配式楼板	实用新型
	集成装配式外墙板	实用新型
	绿色模块化内隔墙板	实用新型
	轻钢龙骨灌浆墙体	实用新型
	轻质隔声楼板	实用新型

形成了装配式钢结构建筑专利群



中國建築

中建
鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

2. 发展策略——技术引领



“钢结构二维龙骨模块化装配式建筑体系研究与应用”达国际先进水平
“低层模块化生态钢结构示范项目设计与建造关键技术”达国内领先水平



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

3. 发展策略——技术引领



与重庆大学成立钢
结构工程研究中心

与同济大学开展
技术合作





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

2. 发展策略——实践检验

以公司自主投资项目和承接的EPC、PPP及产业基金项目为载体，开展装配式钢结构产品的实践应用，并已打造了10余个钢结构工业化建筑示范项目。





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來



装配式钢结构案例一：別墅



广东增城挂绿湖別墅

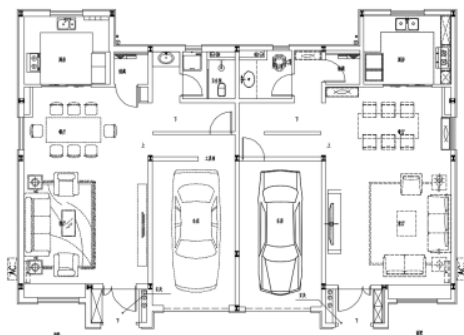
层数：3

建筑高度：10.5m

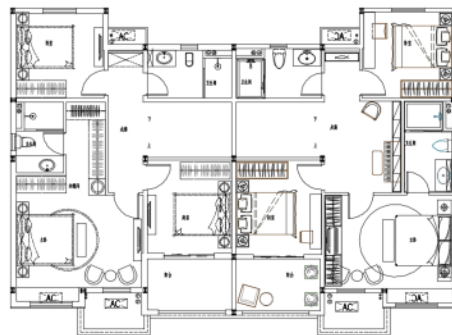
建筑面积：436 m²

用钢量：21吨

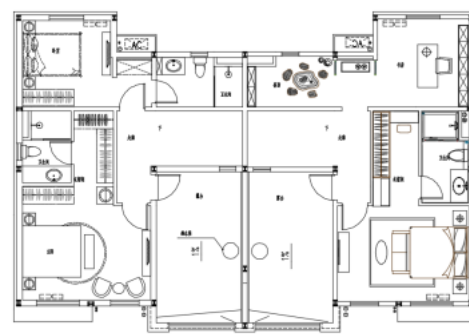
地上结构工期：23天



首层



二层



三层



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

广东增城挂绿湖別墅



结构体系：H 型钢框架



主要钢柱截面

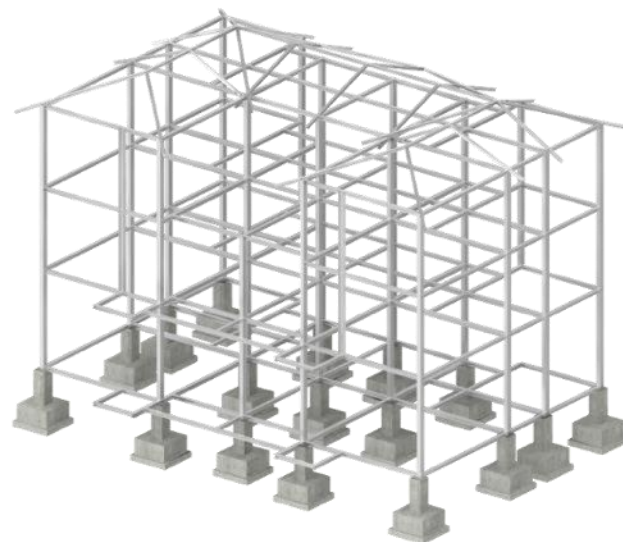
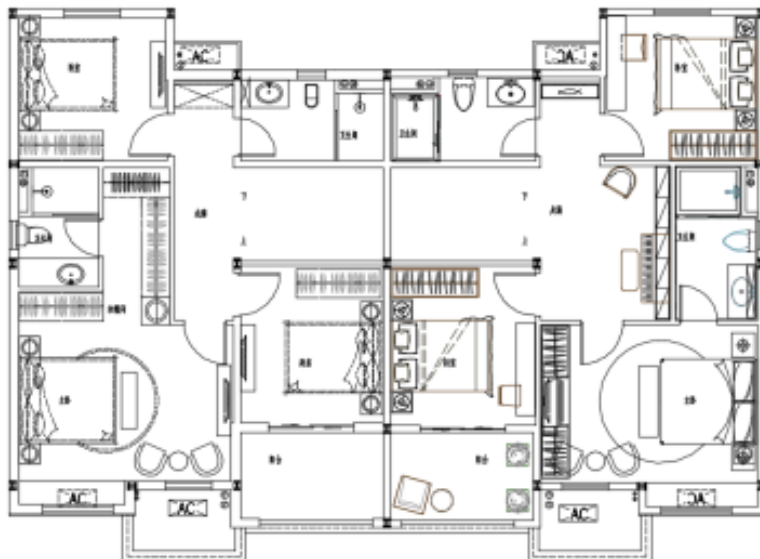
H200*150*6*10

主要钢梁截面

H250*125*6.9*9。

总用钢量

21t (48kg/m²)





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

广东增城挂绿湖別墅



楼板体系：

采用两种类型：叠合板 & 可拆卸钢筋桁架楼承板。

叠合板



底膜可拆卸钢筋桁架楼承板





中國建築

中建鋼構

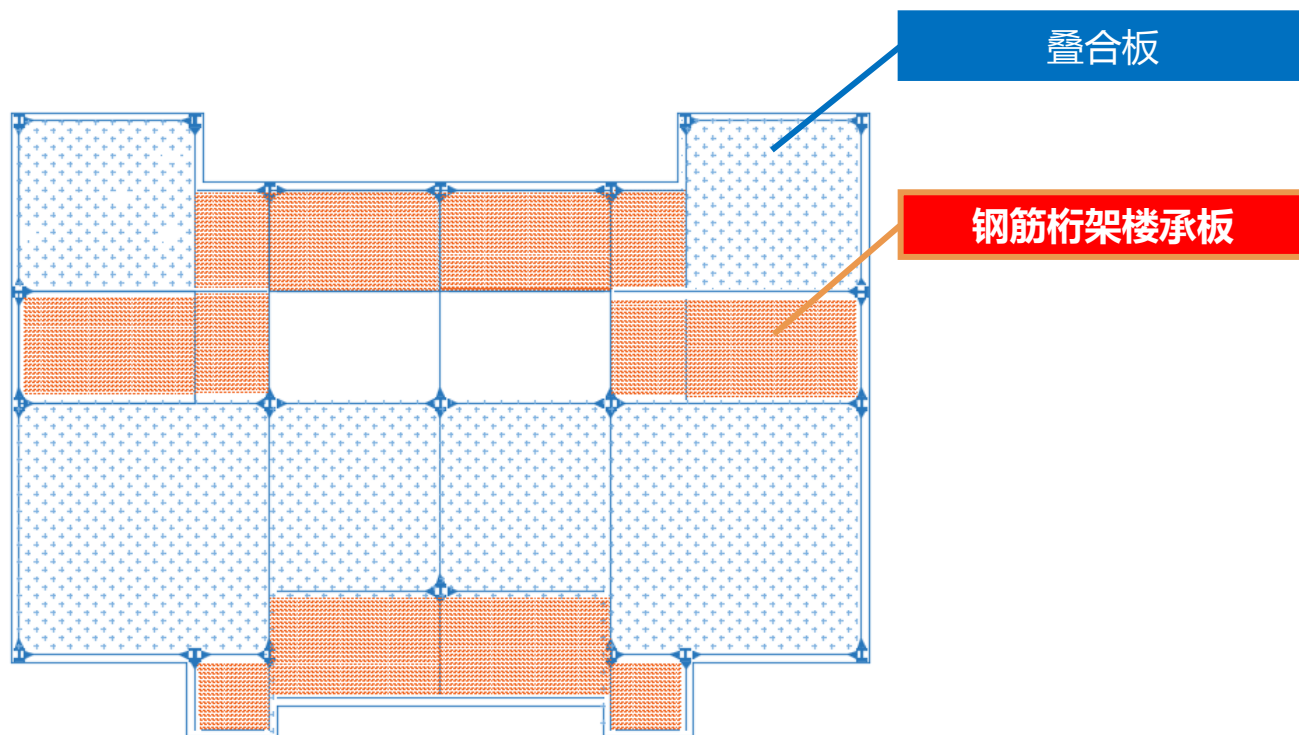
鐵骨仁心 鋼構未來

广东增城挂绿湖別墅



楼板分布示意：

厨卫阳台等降板位置采用可拆卸钢筋桁架组合楼板，其余采用叠合板+现浇楼板。





中國建築

中
建
鋼
構

鐵
骨
仁
心
鋼
構
未
來

广东增城挂绿湖別墅



墙板体系：

- 外墙(4种)：轻质砌块、ALC条板、EPS砼复合夹心条板、装配式轻钢龙骨灌浆墙体
- 内墙(6种)：ALC条板、陶粒砼空心条板、EPS砼复合夹心条板、轻质混凝土空心条板、轻钢龙骨墙体、轻质砌块





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

广东增城挂绿湖別墅

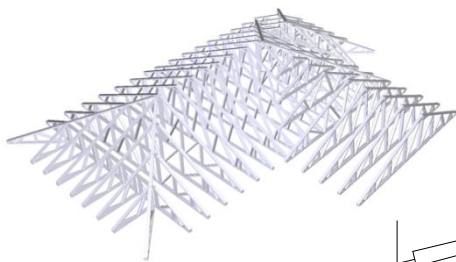


屋面系统：

冷弯薄壁型钢桁架+保温棉+OSB板+防水构造+屋面瓦

总用钢量

0.16t



屋面瓦

木挂瓦条30x25 (h) 中距按瓦规格

木顺水条25x12 (h) @500

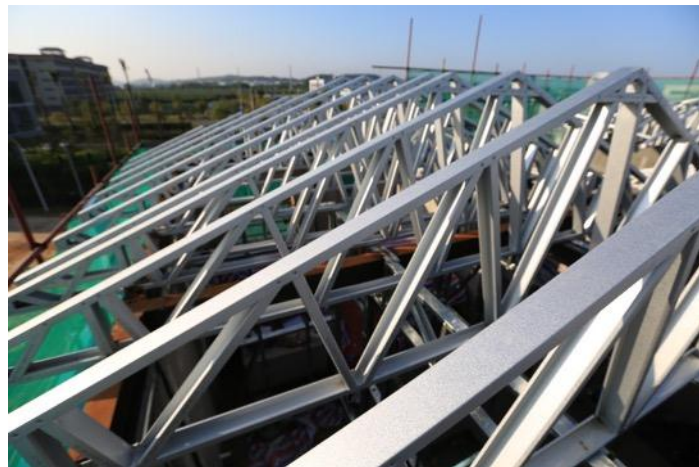
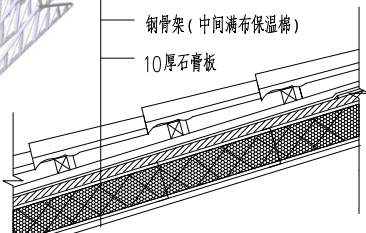
木顺水条下铺30宽自粘性防水卷材

3厚SBS防水卷材带反光涂膜

15厚OSB板

钢骨架(中间满布保温棉)

10厚石膏板





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

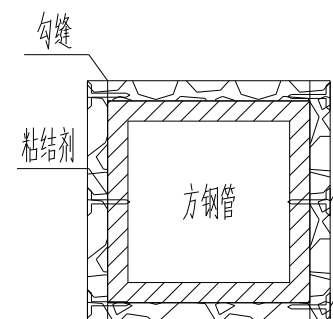
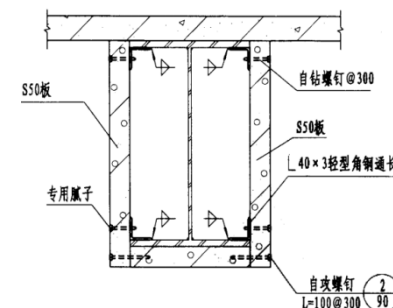
广东增城挂绿湖別墅



防腐与防火：

防腐措施：底漆+中间漆+面漆。

防火措施：防火板（50mmALC条块）外包裹





中國建築

中
建
鋼
構

鐵
骨
仁
心
鋼
構
未
來

广东增城挂绿湖別墅



工程造价

钢结构体系造价如下。

序号	分布分项	总价	平米单价	备注
1	基础	130509	299.75	预应力管桩+承台+底板
2	钢结构	146661	336.84	框架+楼梯
3	屋盖	74170	170.35	轻钢屋盖
4	楼板	71516	135.09	可拆卸钢筋桁架组合楼板
5	墙板	88708	203.74	外墙砌块+内墙ALC板
6	二次结构	8893	20.43	飘窗、烦坎、坡道等
7	外墙装饰	132744	304.88	湿贴瓷砖
8	内部装修	335976	771.65	800元装修标准
9	水电工程	80515	184.92	含可视系统
10	措施费	132952	305.36	临建+机械+脚手架+安全文明
11	小计	1263523	2733.01	/

- 联排別墅共2层半，总建筑面积435.40m²；
- 未计算管理费、利润及税金；



中國建築

中
建
鋼
構

鋼
構
未
來

广东增城挂绿湖别墅



整个工程预制率**31%**

装配率**53%**

现场湿作业减少**70%**

建筑垃圾减少**60%**

较传统现浇工期减少**35%**





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

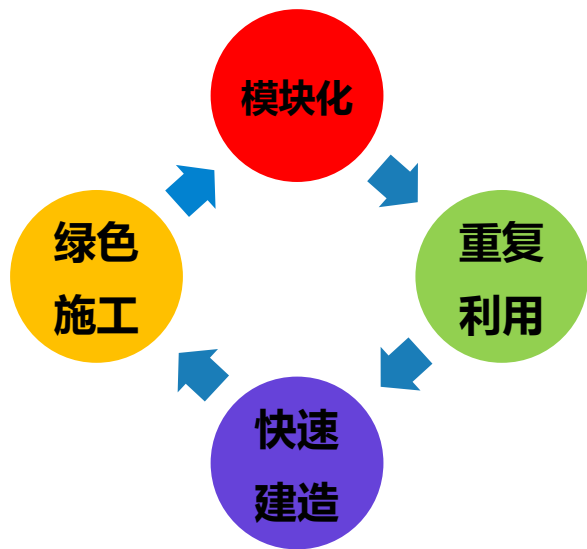


装配式钢结构案例二：保障房



武汉蔡甸区保障房

- 层数：2
- 建筑高度：7.0m
- 建筑面积：272 m²
- 用钢量：48吨
- 装配率：100%
- 主体结构安装时间：32h





中國建築

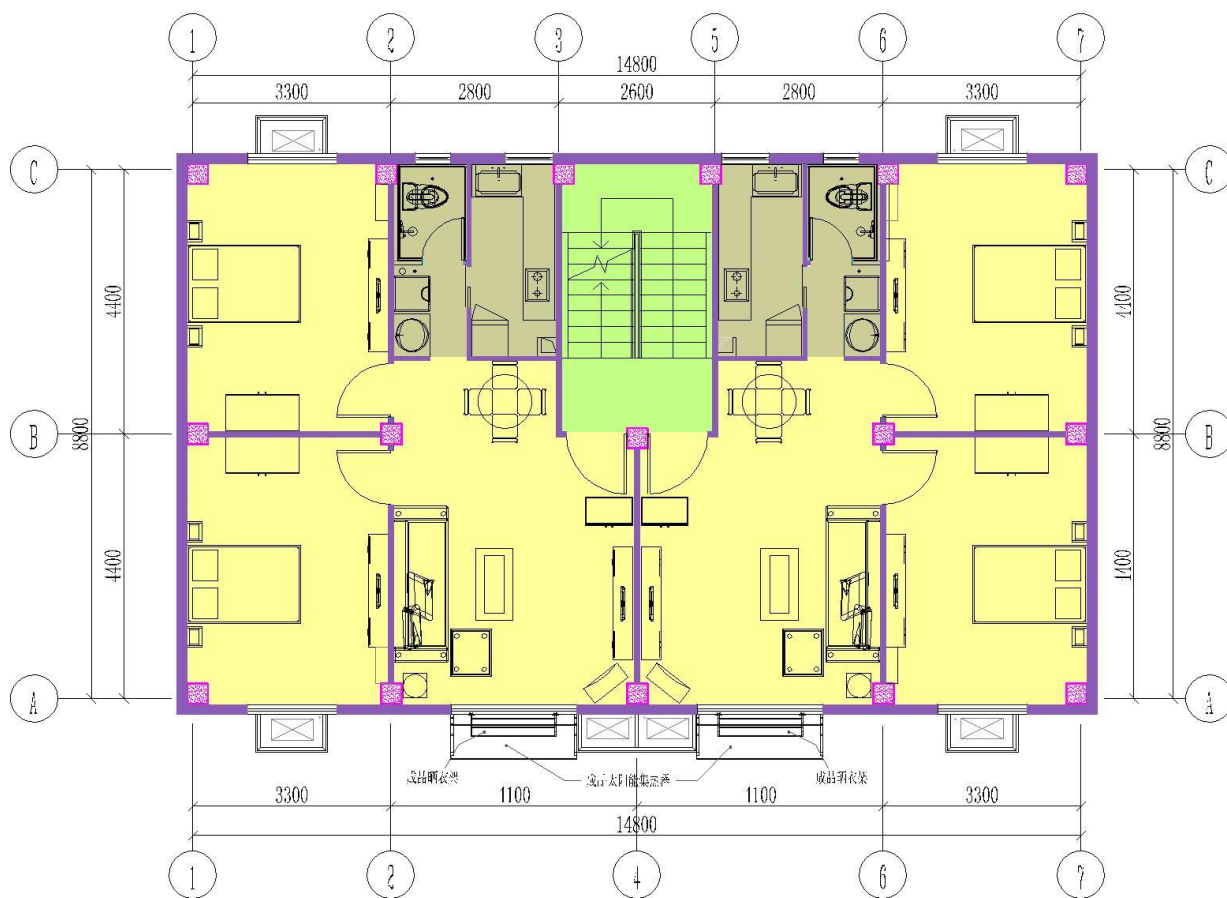
中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

武汉蔡甸区保障房



- 单元建筑面积142.8m²，每户建筑面积71.2m²
- 户型公摊率8.5%



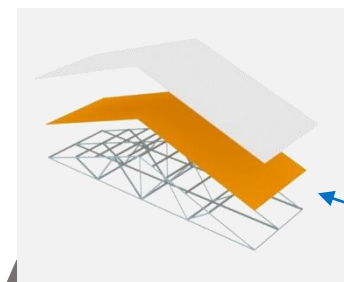


中國建築

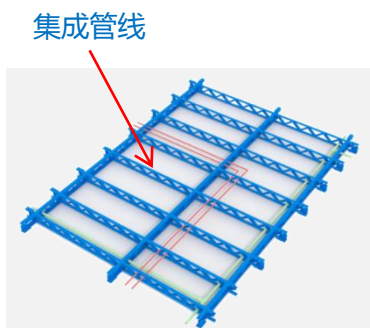
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

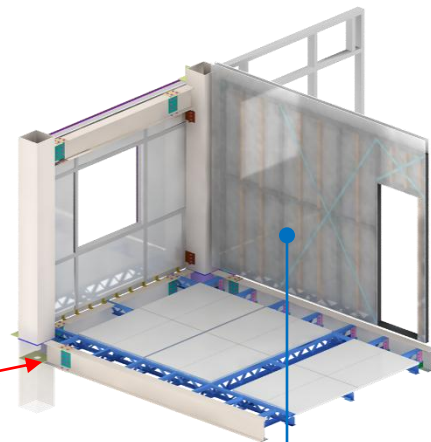
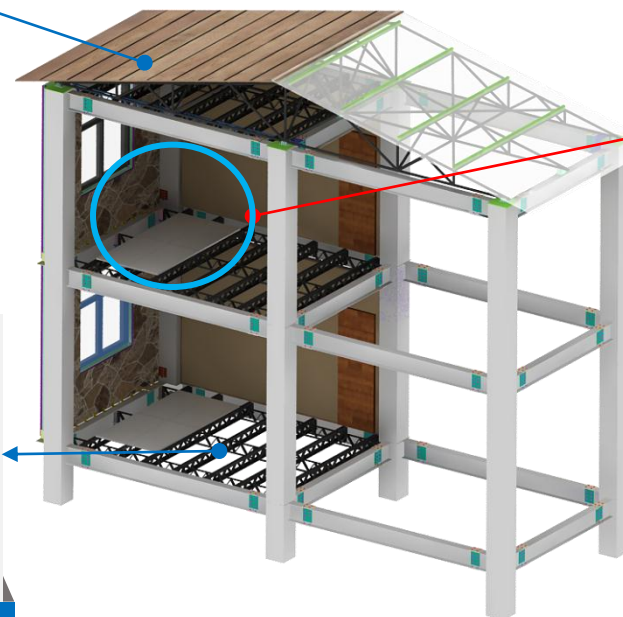
武汉蔡甸区保障房



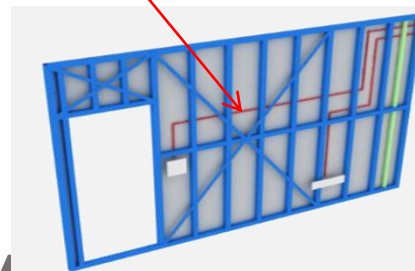
屋面桁架模块



钢筋桁架楼板模块



集成管线



水泥纤维墙板模块

采用**钢框架**结构形式。整个建筑分解为**结构模块、墙板模块、楼板模块、屋面模块、部品模块**等，各模块均在工厂加工制作，现场拼接安装，杜绝了施工现场湿作业及粉尘、噪音等污染，具有施工高效、质量可靠、可循环利用等诸多优势。



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

武汉蔡甸区保障房



工业化生产：

墙体：轻钢龙骨灌浆墙体；楼板：钢桁架楼板；屋架：三角钢桁架。





中國建築

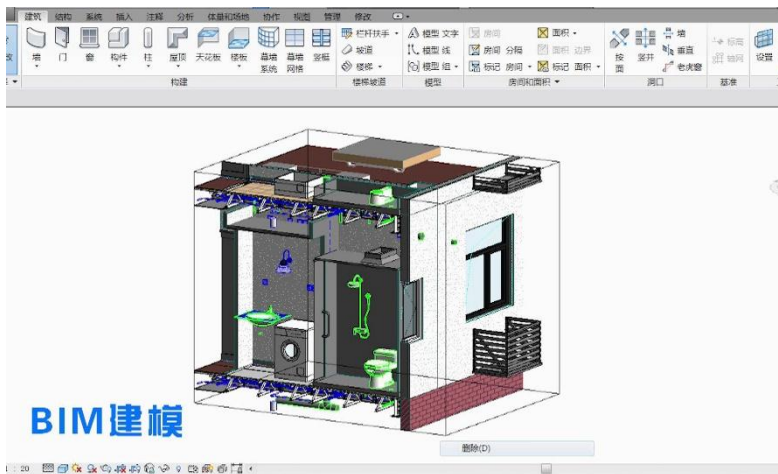
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

武汉蔡甸区保障房



装配式施工：基础上部32h安装完毕。

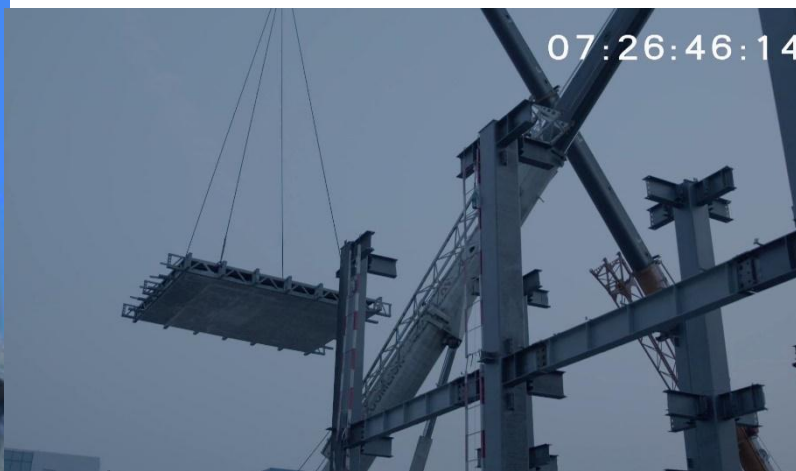


BIM建模

BIM建模



集成装配式墙板安装



集成装配式楼板吊装



装配式屋面吊装



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

武汉蔡甸区保障房



内装实景：





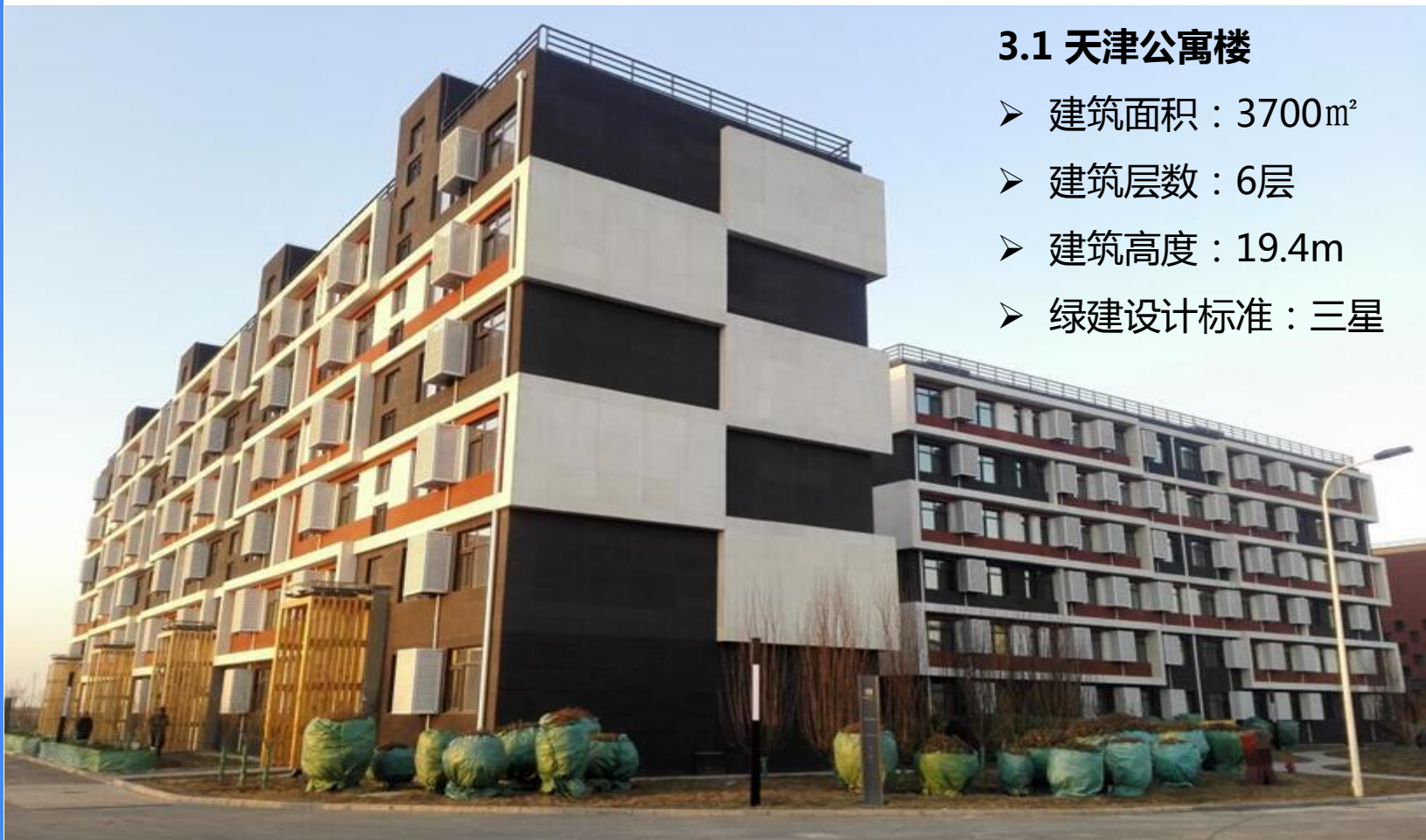
中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來



装配式钢结构案例三：多层公寓



3.1 天津公寓楼

- 建筑面积：3700m²
- 建筑层数：6层
- 建筑高度：19.4m
- 绿建设计标准：三星

42%



工时工效

6%



得房率

[持平]

综合成本

70%



建筑垃圾



中國建築

中
建
鋼
構

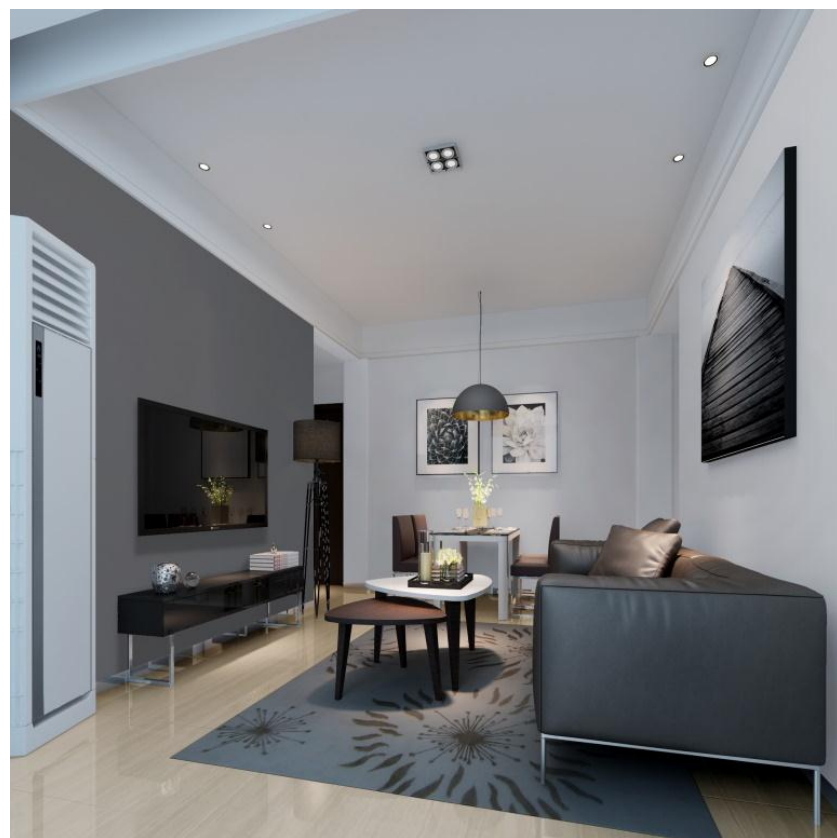
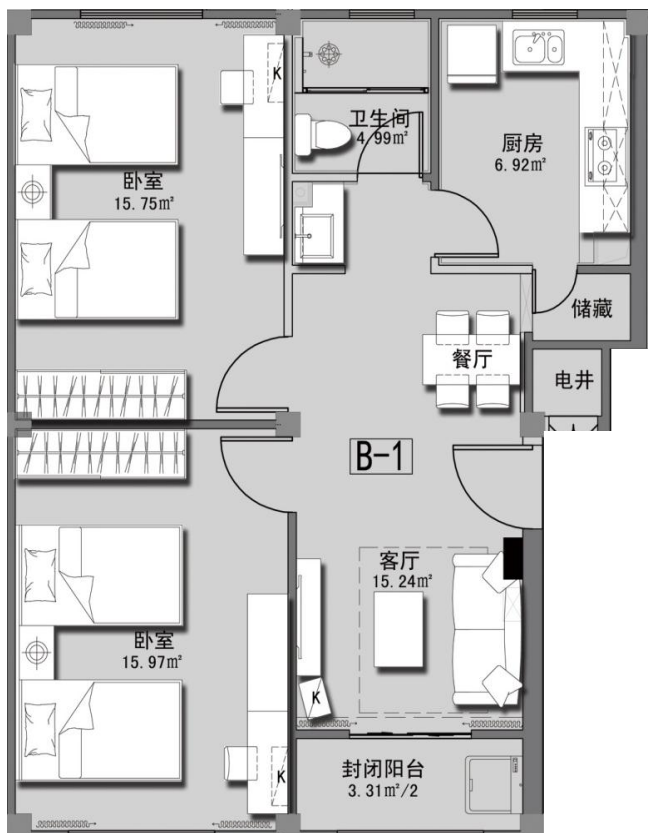
鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓樓



户型设计:

建筑户型参照天津市保障房户型设计，12套1居室（52m²），72套2居室（74~80m²）。



户型特点：卫生间全明，南北通透，厨卫集中



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓樓



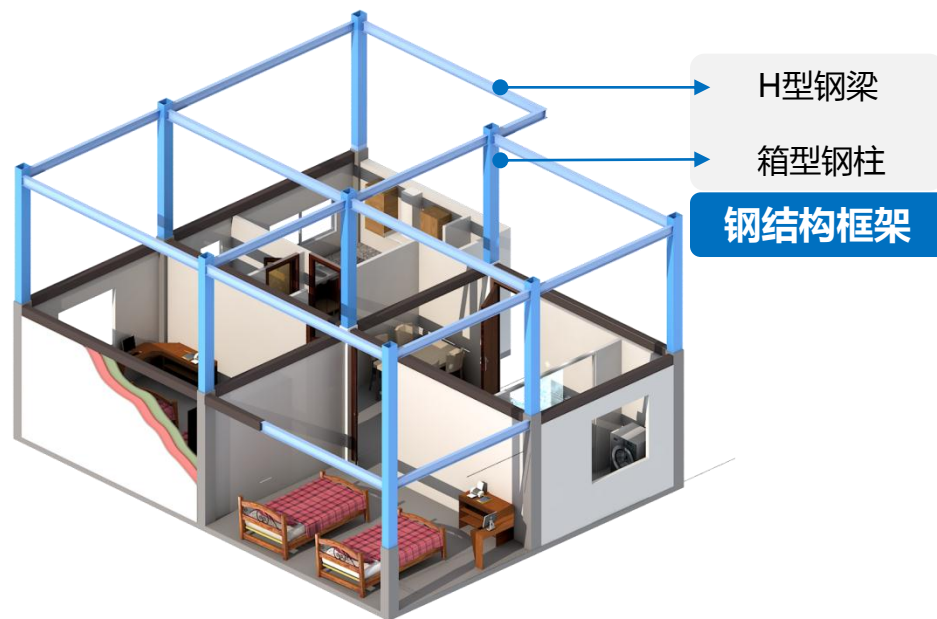
结构体系：钢框架

钢柱（冷成型矩形钢管）：

□ $300 \times 300 \times 14 \times 14$ 、

□ $300 \times 300 \times 12 \times 12$

钢梁



梁截面表

构件号	名称	截面 (mm)	材质	备注
GKL1	框架梁	H300×250×10×14	Q345B	焊接H型钢
GKL2	框架梁	HW294×200×8×12	Q345B	热轧H型钢
GKL3	框架梁	H250×150×6×8	Q345B	高频焊接H型钢
GL1	框架梁	H250×150×6×8	Q345B	高频焊接H型钢



中國建築

中建鋼構

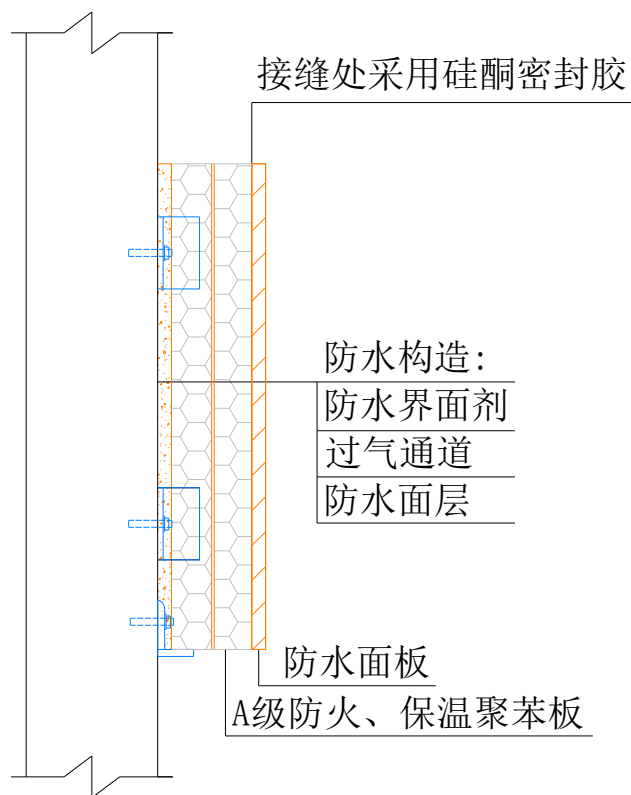
鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



外墙：保温装饰一体板

- 基墙：轻质ALC条板
- 防火、保温层：聚苯板
- 饰面层：实色漆防水面板。



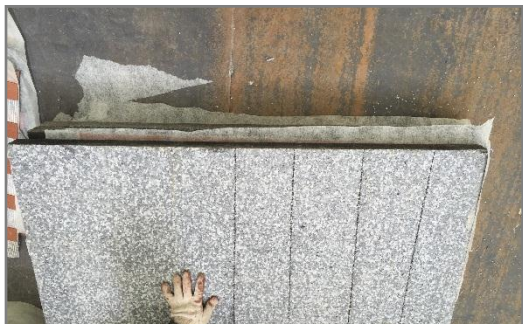


中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

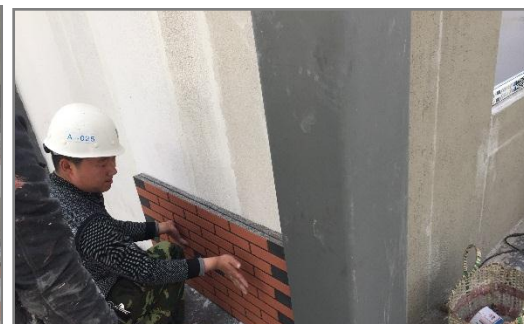
天津公寓樓



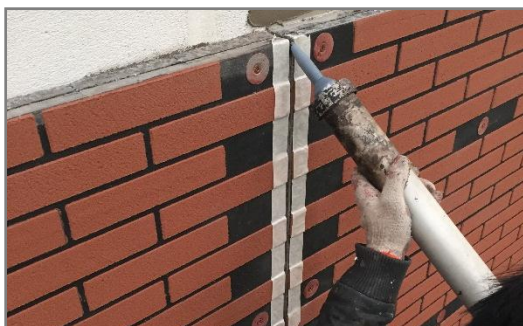
一体板开槽



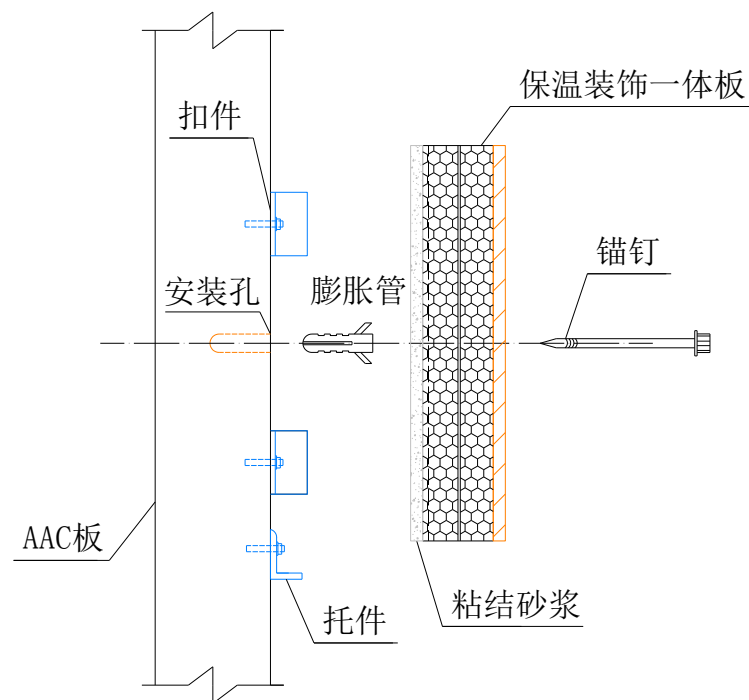
“点框法” 粘结砂浆



一体板粘挂



接缝处打胶（硅酮密封胶）



采用“粘、挂”结合方式进行安装



中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



内墙：内墙板采用蒸压砂加气混凝土板（ALC）；内配8mm的钢筋，抗冲击性能优良。



ALC板厚度100mm/150mm（其中，山墙及分户墙采用150mm厚），A级防火，保温隔声效果良好。



中國建築

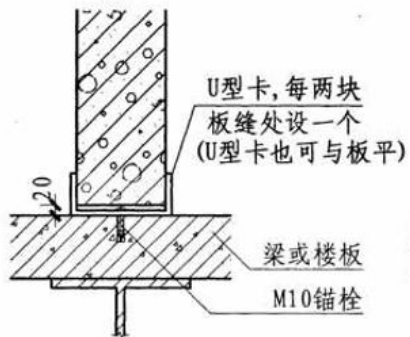
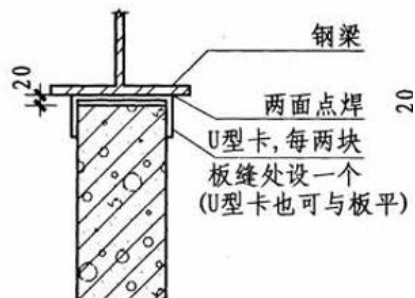
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

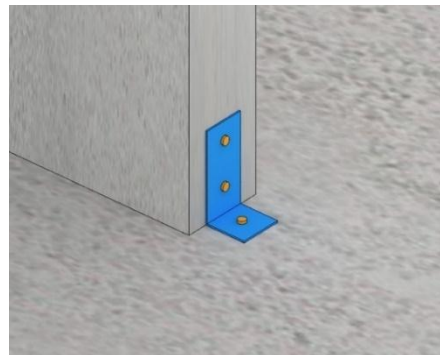
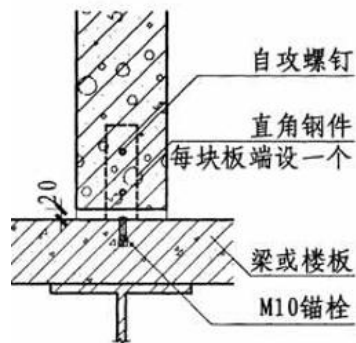
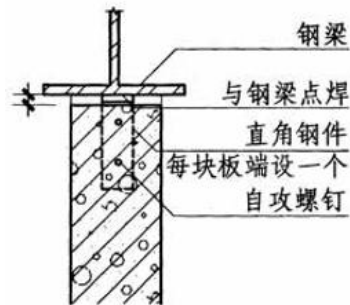
天津公寓樓



(1) U型卡法



(2) 直角鋼件法





中國建築

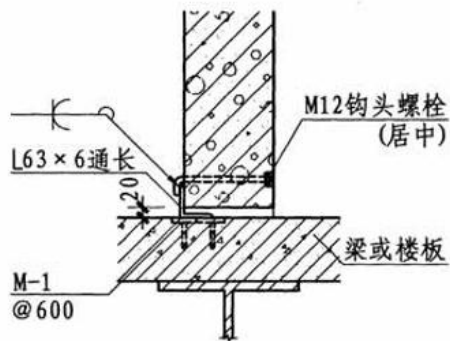
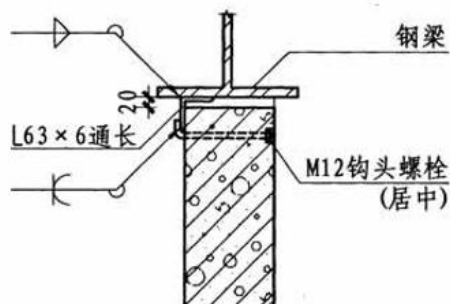
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

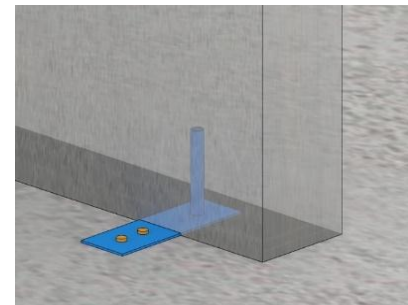
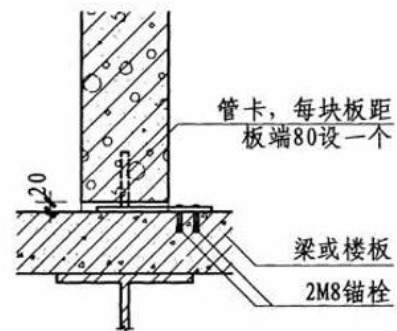
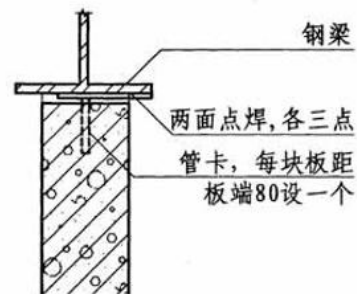
天津公寓樓



(3) 钩头螺栓法



(4) 管卡法





中國建築

中建鋼構

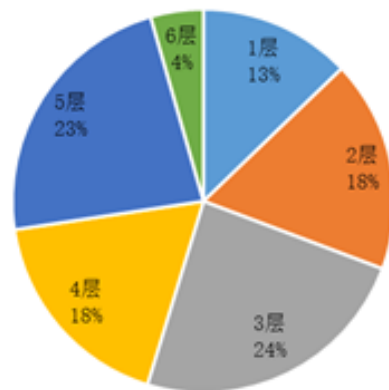
鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼

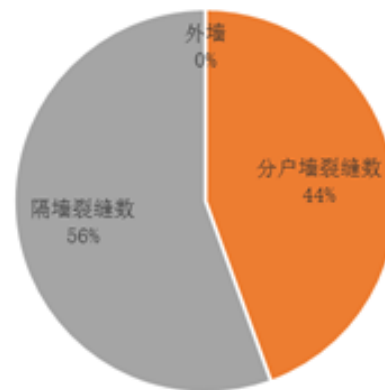


墙板问题分析：微裂纹

不同楼层墙体裂缝比例图



不同墙体类型裂缝比例图



问题说明:

- 1、条板拼缝位置局部存在微裂缝，绝大部分为竖向裂缝。
- 2、从**楼层分布**分析：裂缝主要分布在2-5层，1层相对较少，6层数量最少；主要分布在2单元、3单元，1单元、4单元相对较少。
- 3、从**墙体位置**分析：裂缝全部产生于室内分隔墙和分户墙位置，外墙没有裂缝。



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



原因分析：



(1) 冬期取暖，温度骤升，引起的板材干缩而产生的裂缝。

(2) 墙板内嵌安装的直角钢件节点，不易适应钢梁的变形，易引起裂缝。

解决措施:



选用在自然条件下静置时间较长，干缩较为完全的板材。施工过程中，将墙板安装和板缝砂浆填补两项工序时间拉大，给予板材较充分的自然干缩时间。

优化连接节点，采用管卡法等更适应变形的连接节点。

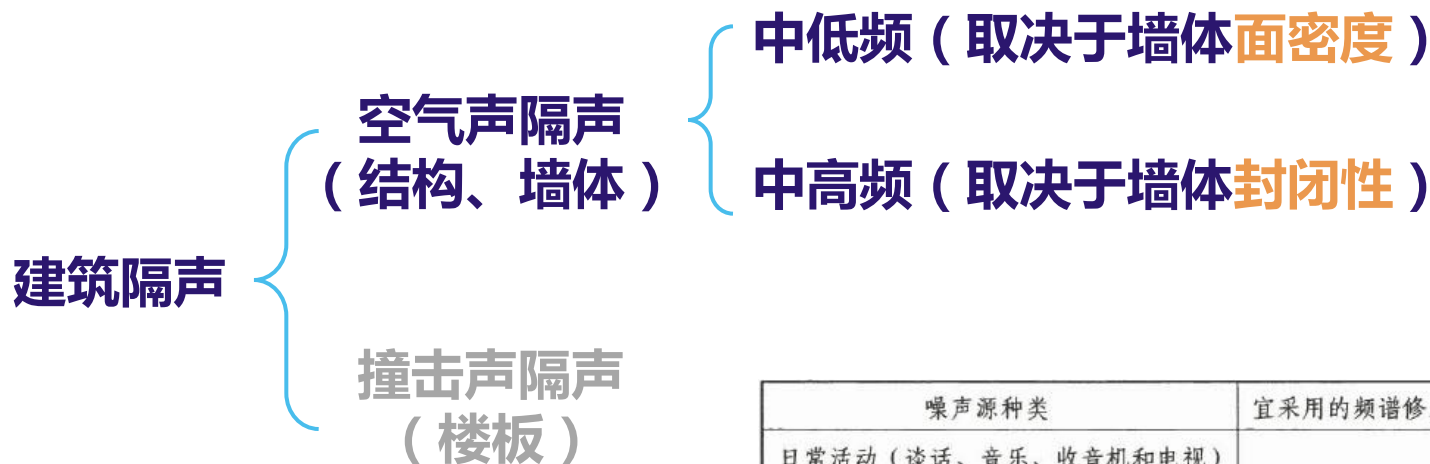


中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



构件名称	空气声隔声单值评价量+频谱修正量 (dB)		
	一般标准	高要求标准	
分户墙、分户楼板	$Rw+C$	> 45	> 50
分隔住宅和非居住用途空间的楼板	$Rw+C_{tr}$	> 51	
临交通干道的卧室、起居室(厅)的窗	$Rw+C_{tr}$	> 30	
其他窗	$Rw+C_{tr}$	≥ 25	
外墙	$Rw+C_{tr}$	≥ 45	
户(套)门	$Rw+C$	≥ 25	
户内卧室墙	$Rw+C$	≥ 35	
户内其他分室墙	$Rw+C$	≥ 30	

噪声源种类	宜采用的频谱修正量
日常活动 (谈话、音乐、收音机和电视) 儿童游戏 轨道交通, 中速和高速 高速公路交通, 速度 $>80\text{km/h}$ 喷气飞机, 近距离 主要辐射中高频噪声的设施	C (中高频)
城市交通噪声 轨道交通, 低速 螺旋桨飞机 喷气飞机, 远距离 Disco音乐 主要辐射低中频噪声的设施	C_{tr} (中低频)

人类语言的声音频率在500-2000Hz之间, 属中高频。住宅内结构和墙体应着重解决**中高频**隔声问题。



中國建築

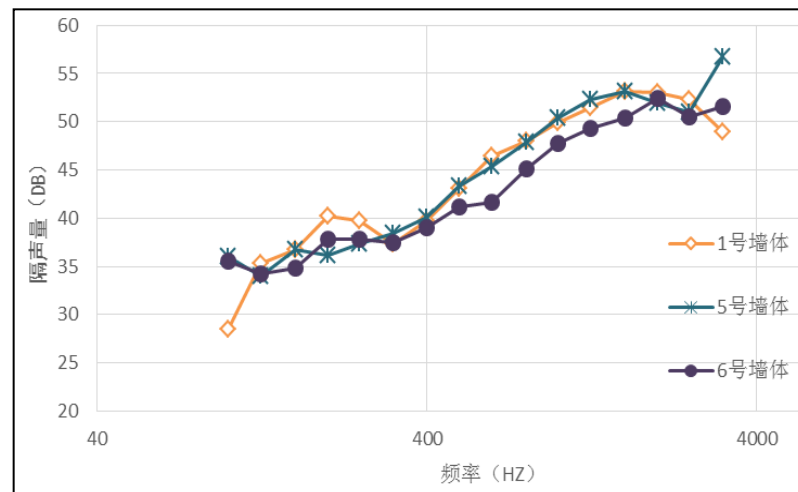
中
建
鋼
構

鐵
骨
仁
心
鋼
構
未
來

天津公寓楼



- **结构隔声**：在内墙同样是砌块的情况下，钢框架经过岩棉+石膏板/ALC板包裹后，隔声性能基本达到混凝土框架的空气声隔声效果，说明钢结构并不是影响墙体空气声隔声的主要因素。
- **墙体隔声**：同样材质、同样厚度的ALC墙板和砌块比较，砌块优于ALC墙板。分析原因可能为ALC条板拼缝处理不当削弱了墙体隔声效果，下阶段将改进拼缝位置封闭性以提高隔声性能。





中國建築

中建鋼構

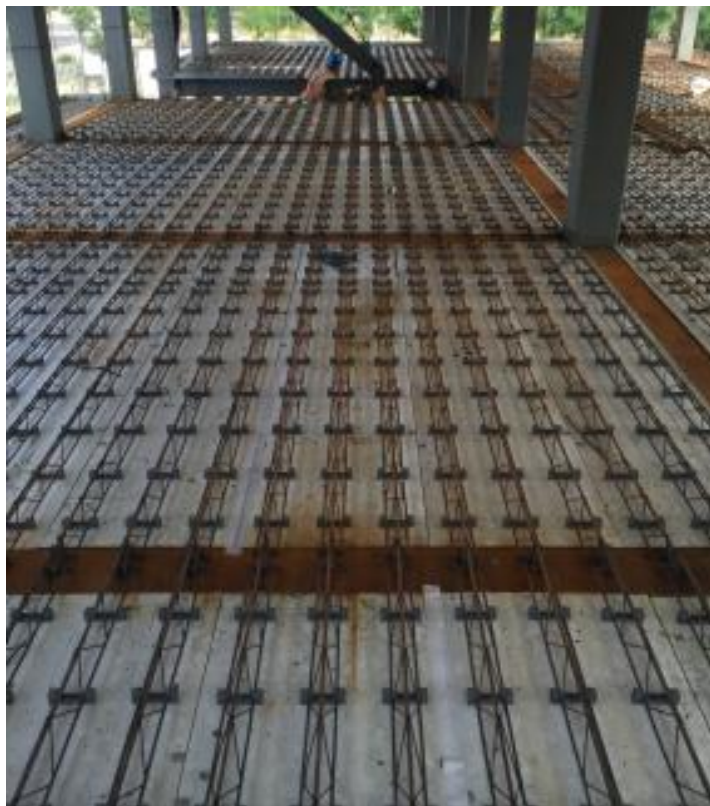
鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



楼板体系：

- 楼板采用可拆卸式钢筋桁架楼承板



- 实现立体交叉作业，一定程度上缩短了主体结构的施工周期，施工现场免支模，底模采用复塑板，避免后续吊顶施工，降低综合成本。



中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼



天津公寓楼楼板厚度为100mm，采用的楼承板桁架高度为70mm，其免支撑跨度为2.5m。部分楼板混凝土浇筑前底部设置了临时支撑，大部分采用竖向支撑，局部采用了横向小桁架支撑。



竖向支撑



横向支撑



中國建築

中建鋼構

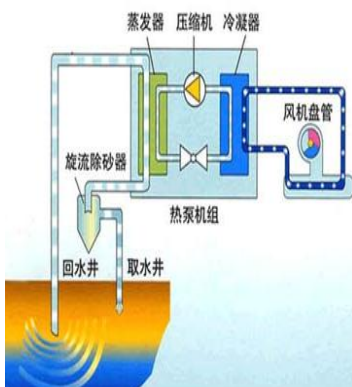
鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓楼

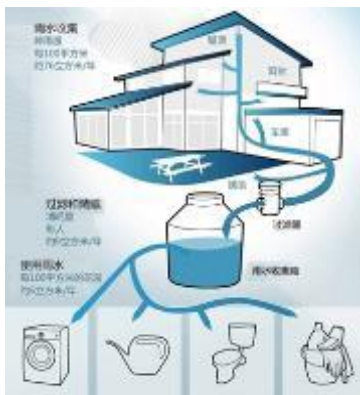


绿色元素：

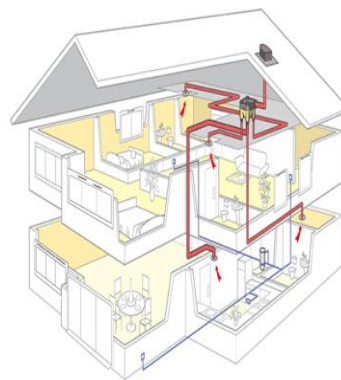
地源热泵



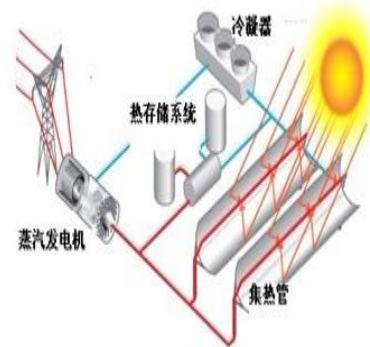
雨水回收



新风系统



太阳能光热



除以上所述绿色元素外，天津厂公寓楼还引入了LED光源、智能家居、整体卫浴等系统。

绿建筑设计标准：**三星**



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

天津公寓樓



42%

工时工效



6%

得房率



[持平]

综合成本

70%

建筑垃圾





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來



装配式建筑案例四：高层公寓



兰泰苹果园公寓楼

- 建设地点：兰州
- 建筑面积：116600m²
- 地上层数：27-32
- 最大高度：97米
- 结构体系：钢框架-支撑



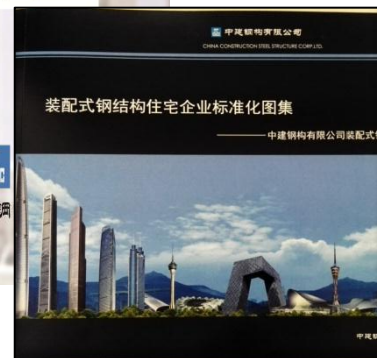
中建钢构有限公司企业标准

Q/ZJGG J06-2016

装配式钢结构住宅

集成技术体系

中建钢构





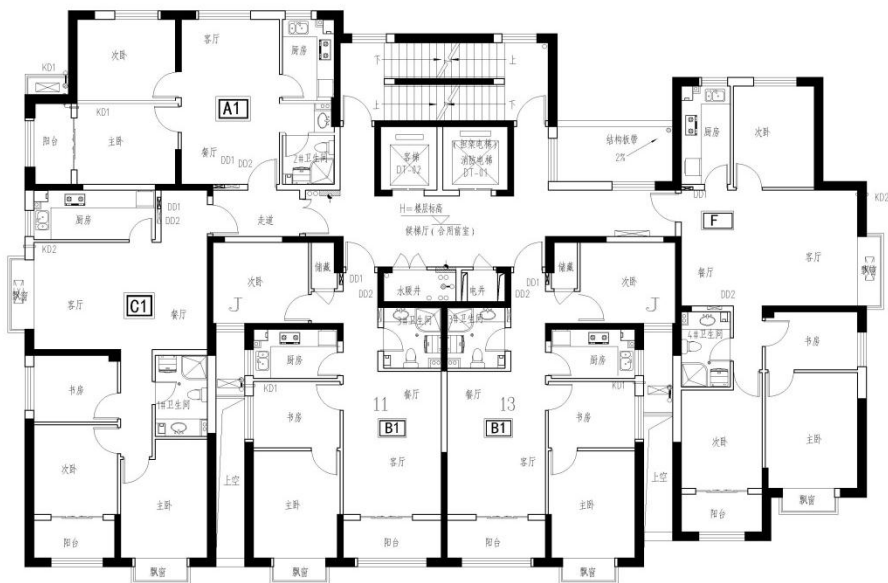
兰泰苹果园公寓楼



中國建築

中建鋼构

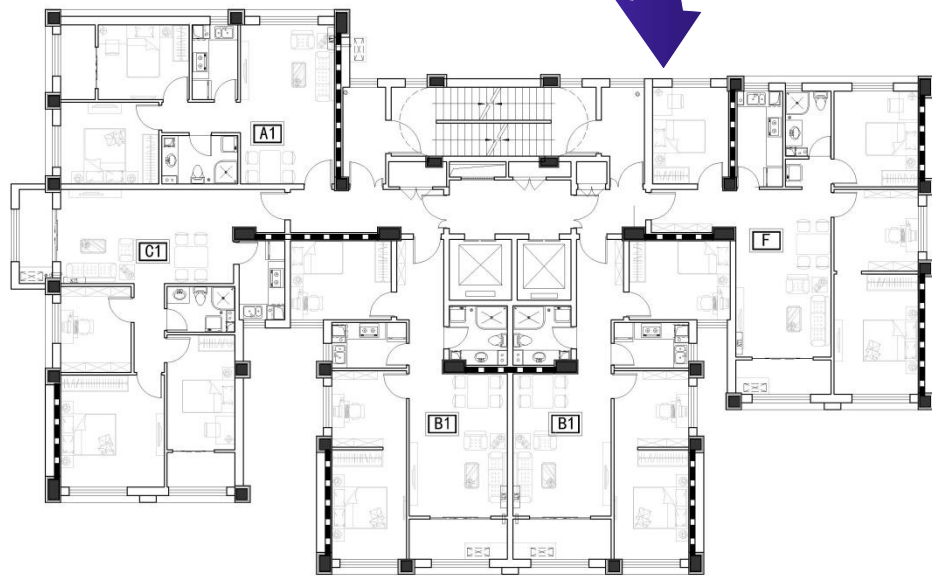
铁骨仁心 钢构未来



原钢筋混凝土剪力墙结构
平面布置图

钢框架-支撑结构平面布置图：

增加使用面积5%~8%，空间跨度大，可重新分隔空间改变使用功能，更好的满足住户的要求。





中國建築

中建鋼構

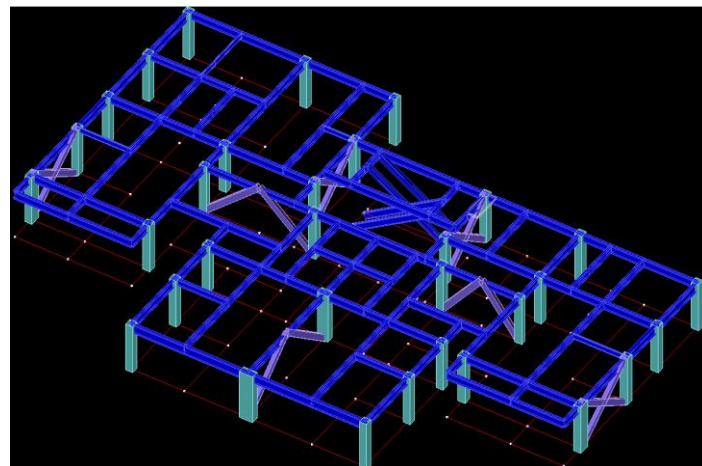
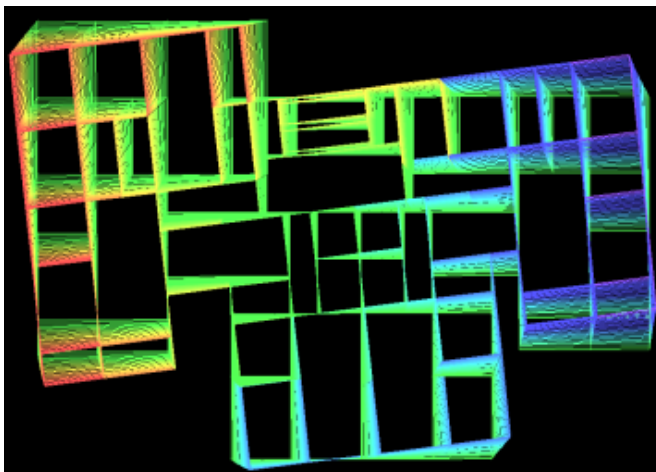
鐵骨仁心 鋼構未來

兰泰苹果园公寓楼



□ 主要构件：

- **框架柱**：矩形截面**钢管混凝土柱**，截面尺寸 $400 \times 400 \sim 750 \times 28$ ，内灌混凝土强度等级C60~C50；
- **钢 梁**：**H型截面钢梁**，材质Q345GJC，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Q345GJC，截面尺寸 $300 \times 180 \times 16$ ；
- **楼 板**：120mm厚现浇**钢筋桁架楼承板**（底模可拆卸）。





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

兰泰苹果园公寓楼



□ 三板体系：

- 外墙：300厚ALC板条
- 内墙：200厚ALC板条
- 楼板：可拆卸钢筋桁架楼承板



外 墙



内 墙



楼 板



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

兰泰苹果园公寓楼



□ 节点构造：

- 厚板上直接开槽布线；
- 大洞用专用连接件连接固定；
- 小洞直接预留或现场机械开洞。





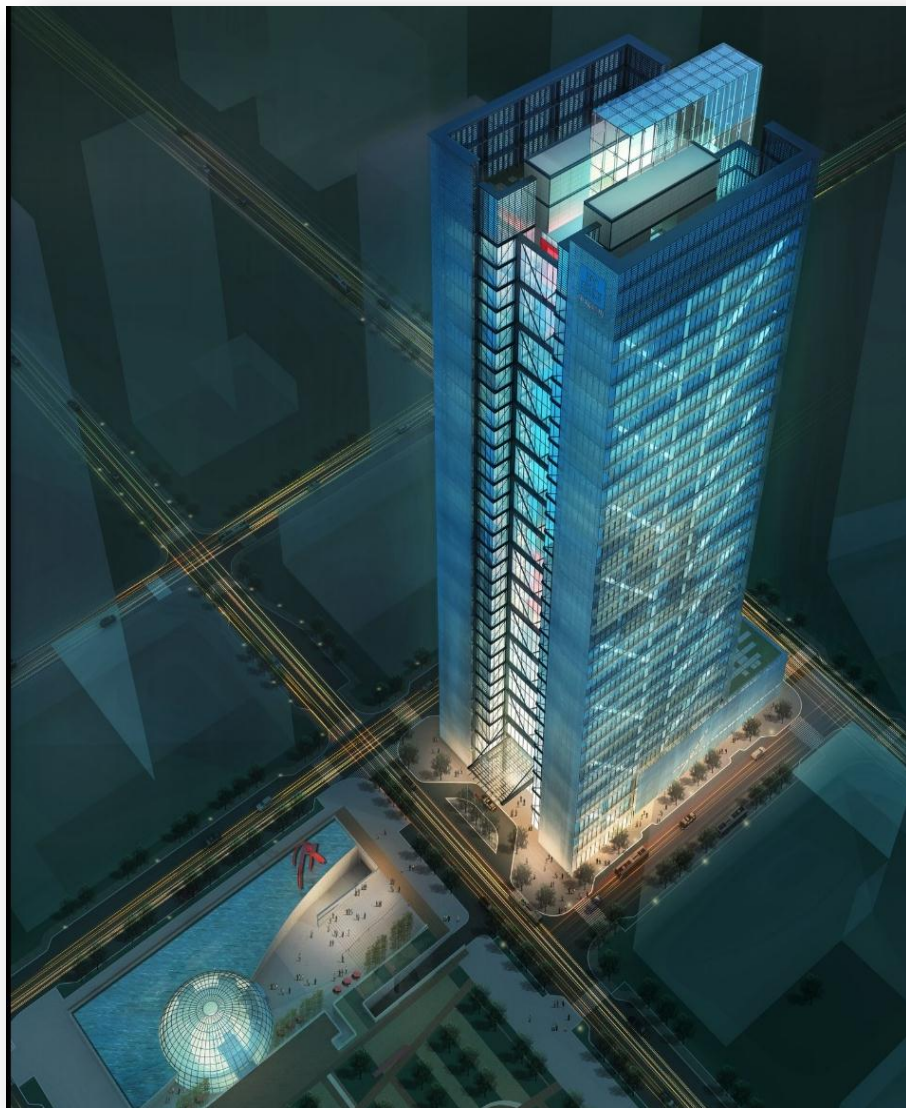
中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來



装配式建筑案例五：高层办公楼



中建钢构总部大厦

建筑面积：55717.16m²

建筑高度：165m

层 高：4.5m

建筑层数：地上32层
地下4层

国内超高层装配式全钢结构绿色商业建筑典范：

- 美国LEED-CS金级
- 国家绿色建筑三星
- 深圳市绿色建筑金级



中國建築

中建
鋼構

鐵骨仁心
鋼構未來

中建钢构总部大厦



节能



节能：光伏发电技术
外围护节能
智能空调系统
LED照明
光导管

110.5万度

节地



节地：架空层绿化
地下空间利用

412.8%

节水



节水：中水回用
节水器具

2.4万吨

节材



节材：可回收建材（钢结构、玻璃幕墙）
预拌混凝土技术

环保



环保：空气质量监测系统
新风系统
垃圾分类回收



中國建築

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

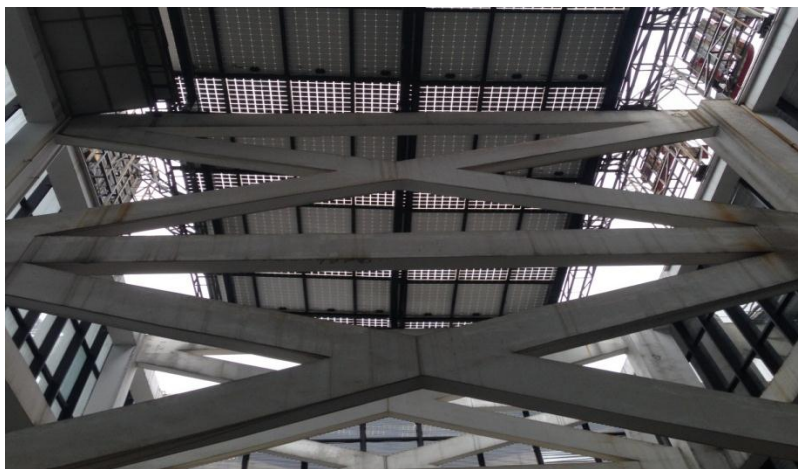
中建钢构总部大厦



结构体系：

钢框架-中心支撑钢结构体系

- 用钢量：总用钢量**1.1万吨**，每平方米用钢量**162公斤**
- 截面形式：主要为**箱型钢柱**、**H型钢梁**以及**H型钢斜撑**
- 柱间距：标准层最大柱距**9.725米**





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

中建钢构总部大厦



工业化制造、装配式施工：

可提升构件精度，提高生产效率高，可实现机械化快速拼装，大大缩短建筑工期。





中國建築

中建
鋼構

鐵骨仁心
鋼構未來

中建钢构总部大厦

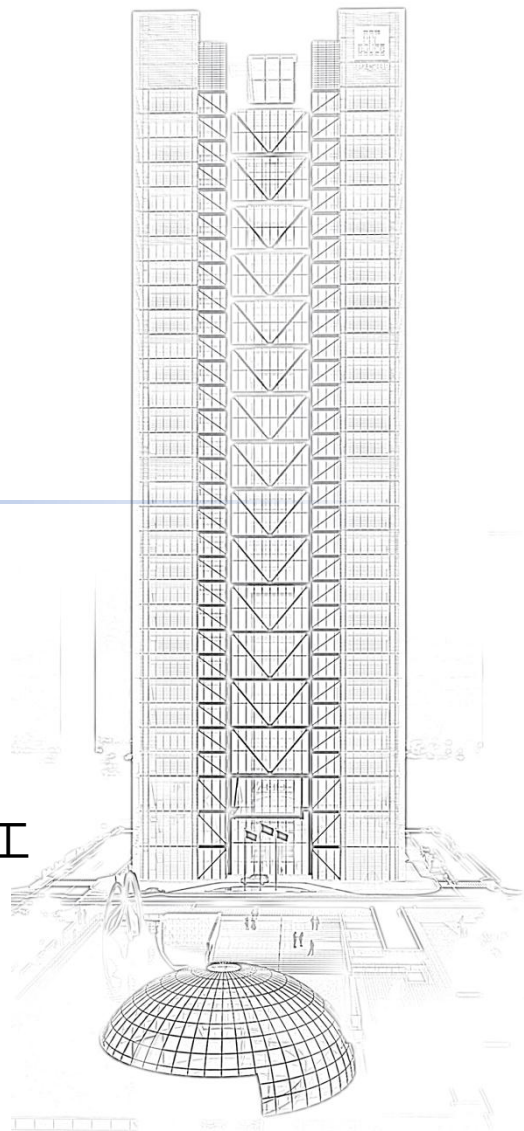


传统建筑施工

- **建筑时间**：传统150米左右高建筑需要**6-7个月**完成地上主体施工
- **投入工人**：传统建筑高峰期约为**240人**。
- **工人产量**：传统建筑约为**30平米/人·年**

工业化建筑施工

- **建筑时间**：仅需要**2-3个月**完成地上主体施工
- **投入工人**：高峰期约为**140人**
- **工人产量**：约为**130平米/人·年**





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

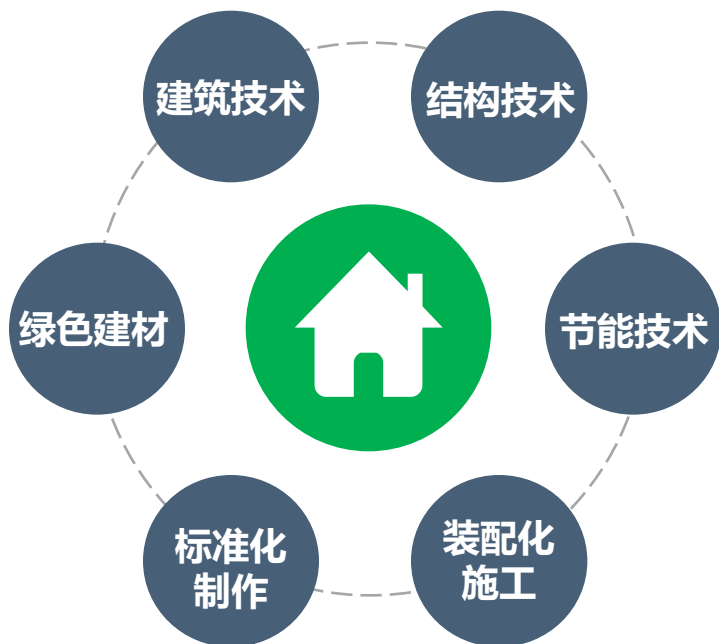


装配式建筑案例六：绿色农居



江苏泰州绿色农居示范项目

- 层数：2
- 建筑高度：6.3m
- 建筑面积：172 m²
- 平面尺寸：10.3m x 7.2m
- 用钢量：14吨
- 建安成本：1750元/平米





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆建筑布局：

①确定建筑形体；②明确平面布局及功能分区；③设置农业生产等辅助用房；④合理布置庭院；⑤生活垃圾处理。

(1) 确定建筑形体：

简约规整，利于抗震与抗风；

(2) 明确平面布局及功能分区

紧凑方正、寢居分离、食寢分离、
净污分离；

(3) 设置农业生产辅助用房

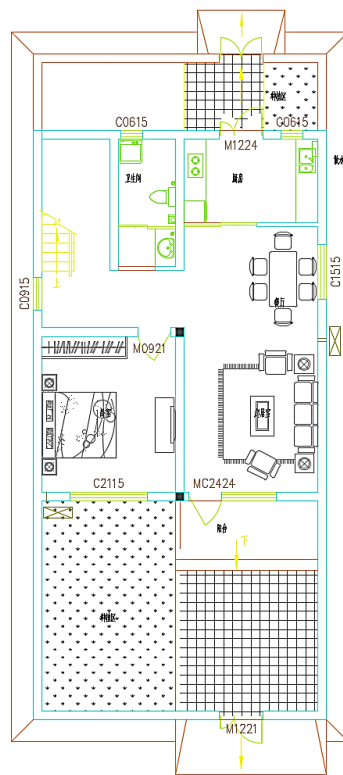
农机具房、农作物储藏间等；

(4) 合理布置庭院

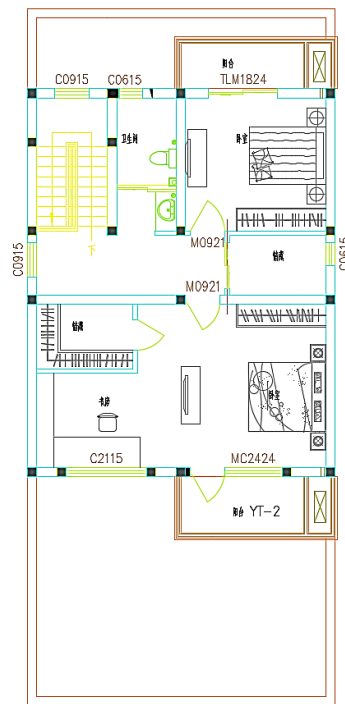
种植花草绿化，兼做晾晒场；

(5) 生活垃圾简易处理

生活垃圾简易分类，干湿分离。



1层



2层

建筑平面布置图



中國建築

中
建
鋼
構

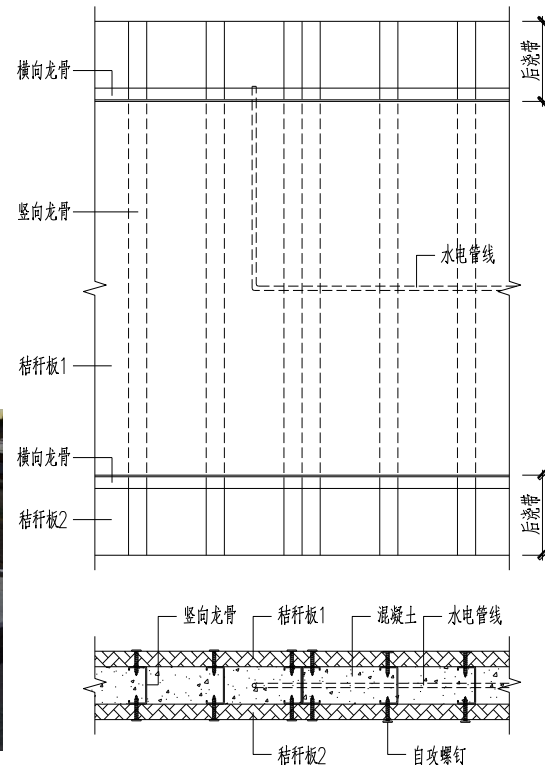
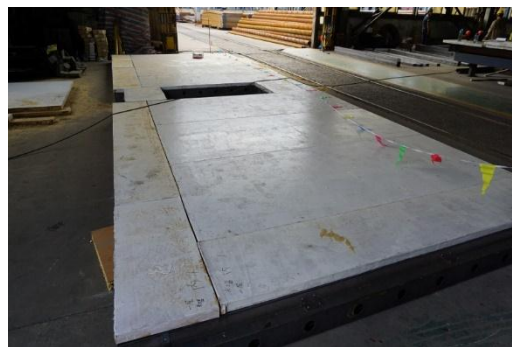
鐵
骨
仁
心
鋼
構
未
來

钢结构绿色农居集成系统



◆结构墙板：

发明了一种**冷弯薄壁型钢龙骨-秸秆板复合夹芯板墙板**，其包括轻龙骨、秸秆板和高强发泡混凝土。



夹芯板制作过程

夹芯板构造示意



中国建筑

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

波形彩钢饰面层

发泡混凝土

秸秆板

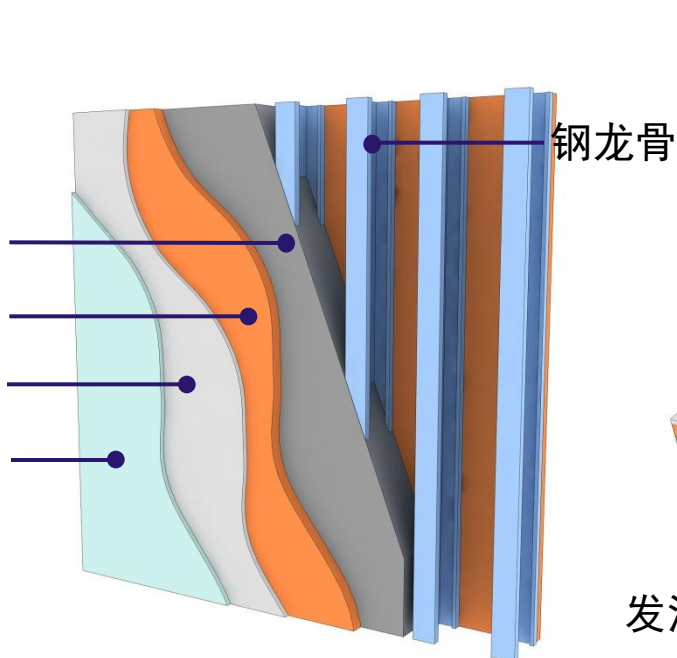
防水层

钢结构绿色农居集成系统

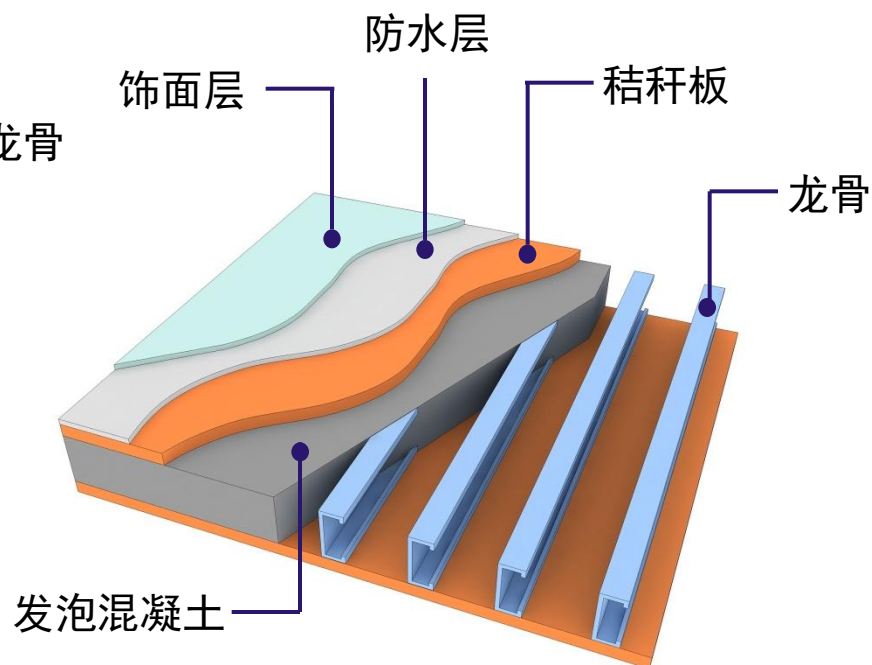


◆ 优势

与现有技术相比，本发明板将原本废弃的秸秆资源应用于建筑墙板，既能缓解焚烧秸秆引起的大气污染问题，又能通过秸秆纤维自重轻、保温隔热好的特点优化墙板性能。板内高强发泡混凝土可显著提高墙板竖向和水平向承载力，而其密度仅为普通混凝土的1/6。



墙板



楼板



中國建築

中
建
鋼

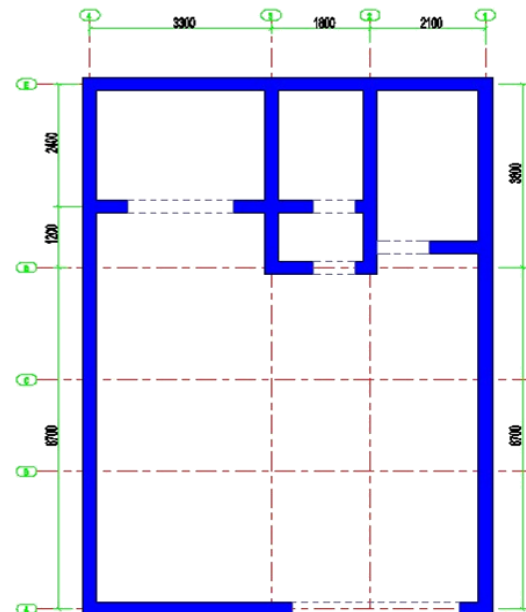
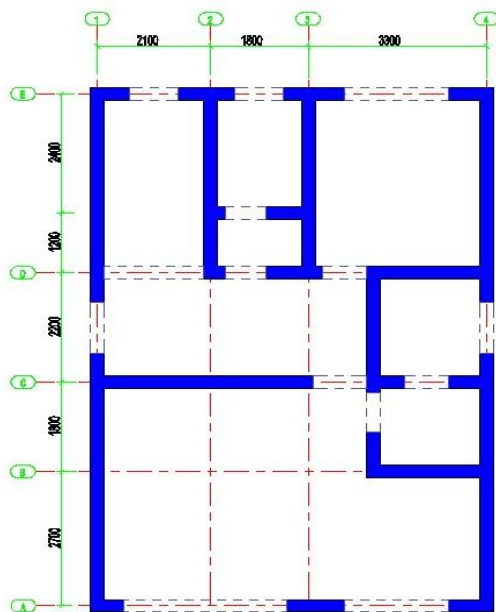
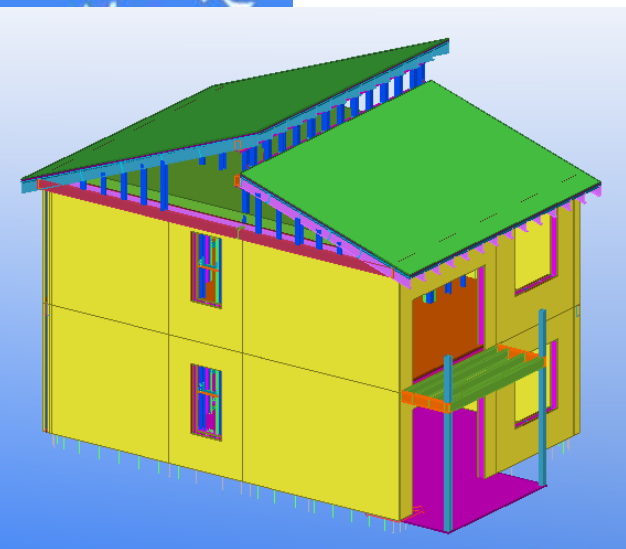
鐵
骨
仁
心

钢结构绿色农居集成系统



◆结构体系：

研发了一种冷弯薄壁型钢龙骨—秸秆板夹芯复合剪力墙板结构体系，以及与之相匹配的装配式施工技术。该体系利用创新点一中所述墙板，将其作为结构的承重构件及抗侧力构件，同时也作为建筑的维护构件，两者合二为一。





中國建築

中建鋼構

鉄骨仁心 鋼構未来

钢结构绿色农居集成系统



◆连接节点：

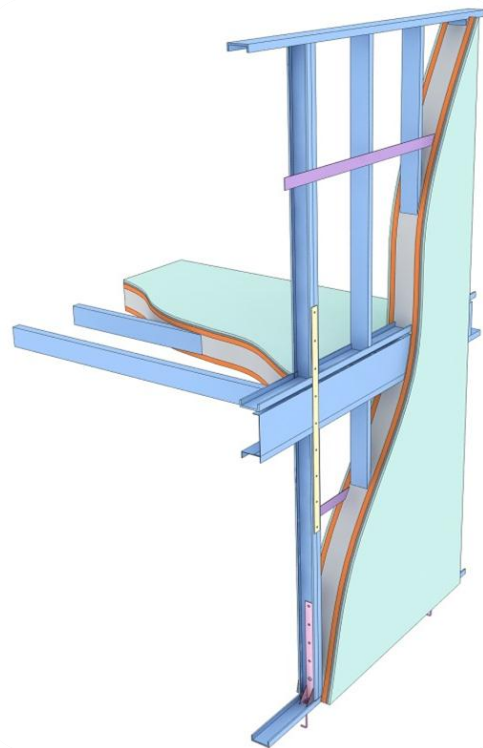
均为全装配式连接节点，即节点全部采用铆钉或螺栓连接。

节点
分类

龙骨间连接节点

三板间连接节点

龙骨与三板连间接节点





中國建築

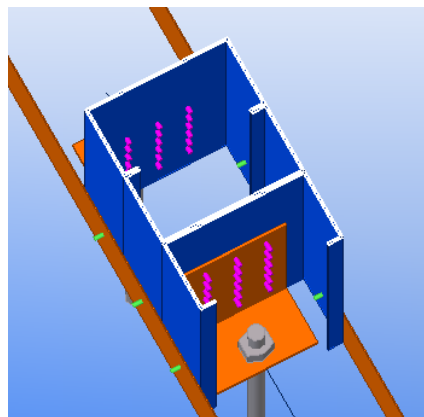
中建鋼構

鉄骨仁心 鋼構未來

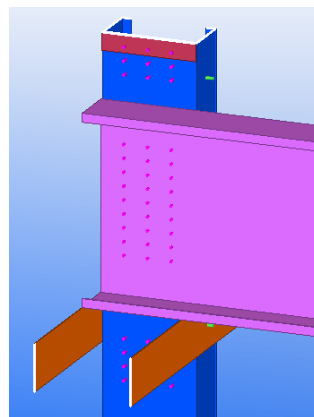
钢结构绿色农居集成系统



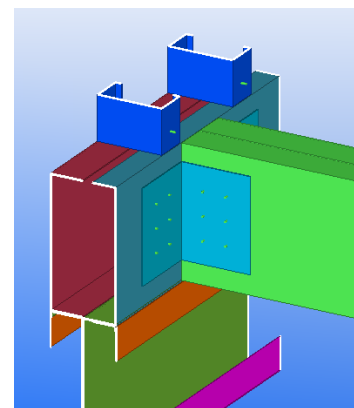
装配式节点详图：



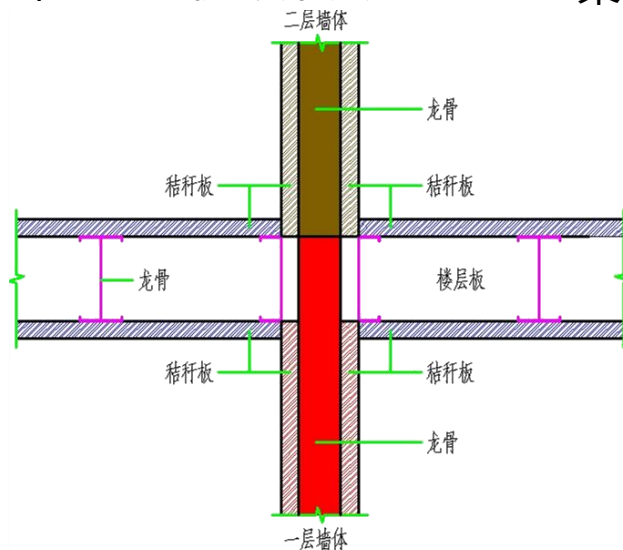
柱与基础连接节点



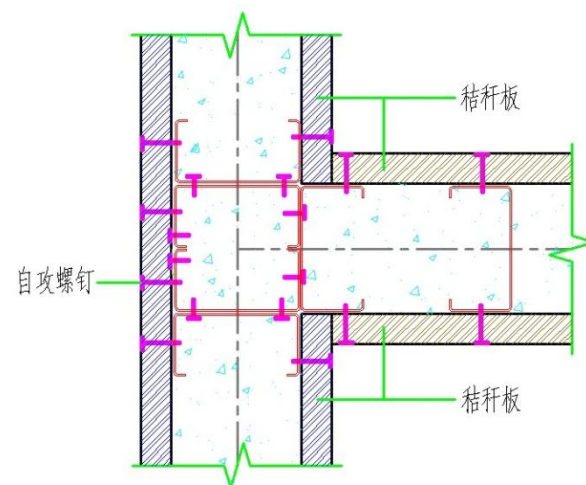
梁柱连接节点（1）



梁柱连接节点（2）



楼板与墙板连接节点



外墙与内墙连接节点
墙板与龙骨连接节点



中國建築

中
建
鋼
構

鐵
骨
仁
心

钢结构绿色农居集成系统



◆ 优势

与现有结构体系相比，该结构体系中的所有构件均可在工厂制作加工，现场装配连接。由于结构构件与维护构件合二为一，免去了结构构件与维护构件的连接节点，提高了装配效率，同时也避免了两者因需相互匹配造成的构件标准化程度低的问题。



工厂制作、现场拼装



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆结构试验-墙体竖向承载力试验研究：

(1) 通过轴压试验对冷弯薄壁型钢龙骨-秸秆板复合夹芯板墙体的竖向承载性能进行了分析，观察破坏模式；

(2) 对比了传统夹芯墙体和本墙体在竖向力作用下的承载能力。



竖向龙骨屈曲

夹芯墙体破坏模式

发泡混凝土开裂



墙板类型	龙骨高度 89mm	龙骨高度 140mm
传统覆板形式	73~94kN	150kN
双侧秸秆板	85kN	142kN
本墙体(发泡砼填充)	213kN	294kN



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

試驗反力架裝置

試驗構件參數

钢结构绿色农居集成系统

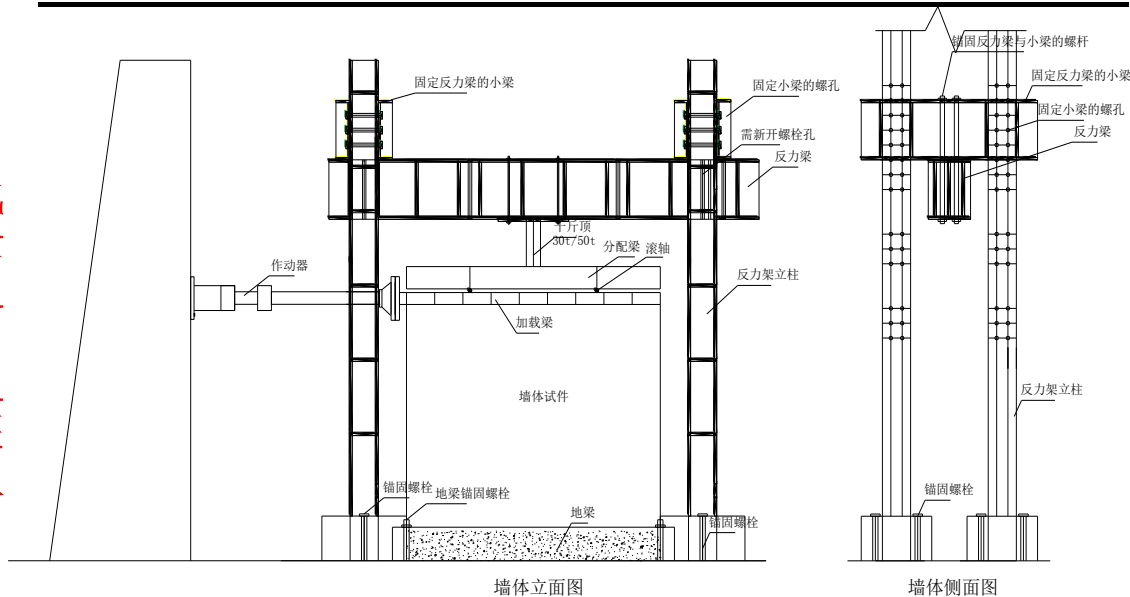


◆结构试验-墙板侧向承载力试验研究：

(1) 对冷弯薄壁型钢龙骨-秸秆板复合夹芯板墙体的抗剪性能进行了试验分析，观察破坏现象，分析破坏模式；

(2) 分析了墙体在水平荷载和竖向荷载作用下的受力机理。

试验 次序	试件编号	试件尺寸 (H×L)	立柱尺 寸(mm)	柱距 (mm)	填充泡沫 混凝土	覆板材料	加载 方式
1	W89-1	3m×2.4m	89	600	无	秸秆板+秸秆板	A
2	W89-2	3m×2.4m	89	600	有	秸秆板+秸秆板	A
3	W140-3	3m×2.4m	140	600	有	秸秆板+秸秆板	A



构件半成品



构件成品



中國建築

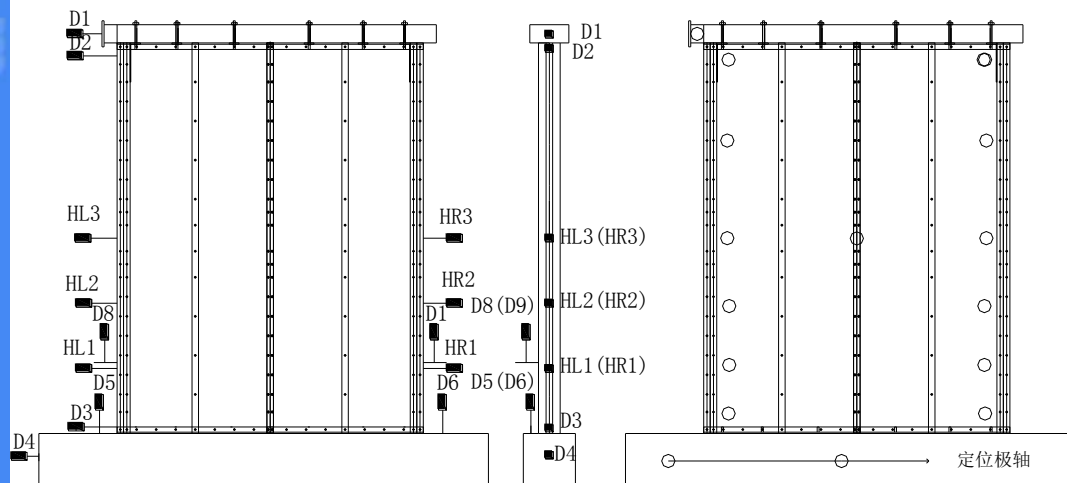
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

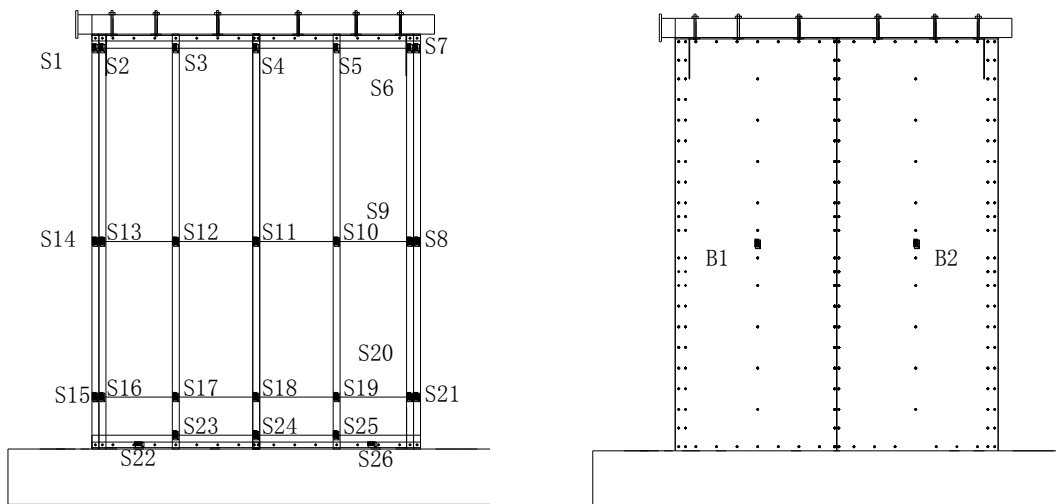
钢结构绿色农居集成系统



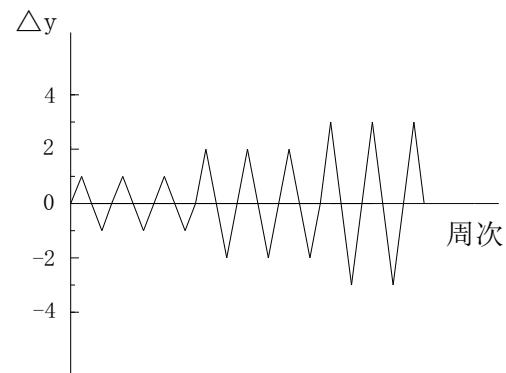
◆结构试验-墙板抗震性能试验研究：



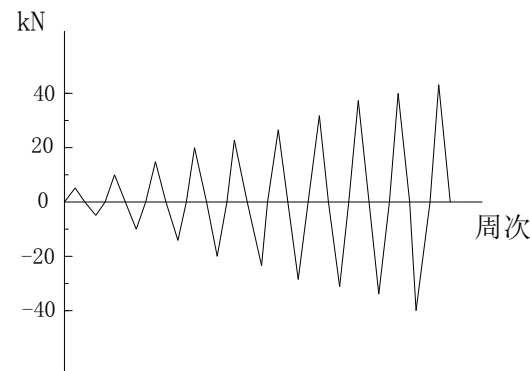
位移计布置



应变片布置



位移控制加载路径



荷载控制加载路径



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆结构试验-整体结构的抗震性能试验

- 在对冷弯薄壁型钢龙骨-秸秆板复合夹芯板墙体进行试验分析的基础上，对复合墙体结构房屋整体进行振动台试验。
- 试验结果证明其抗震性能及结构整体性，完全能够满足该型剪力墙用于建造2~3层建筑的要求，在适当增加墙体厚度、减小轻钢龙骨立柱间距的情况下，可满足建造6~10层的要求。





中國建築

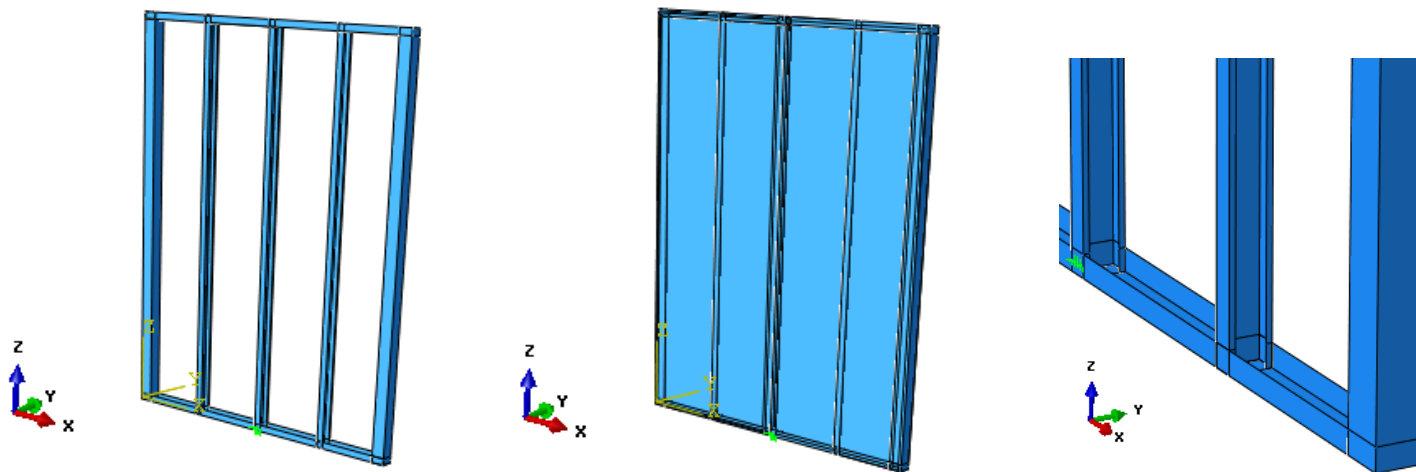
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

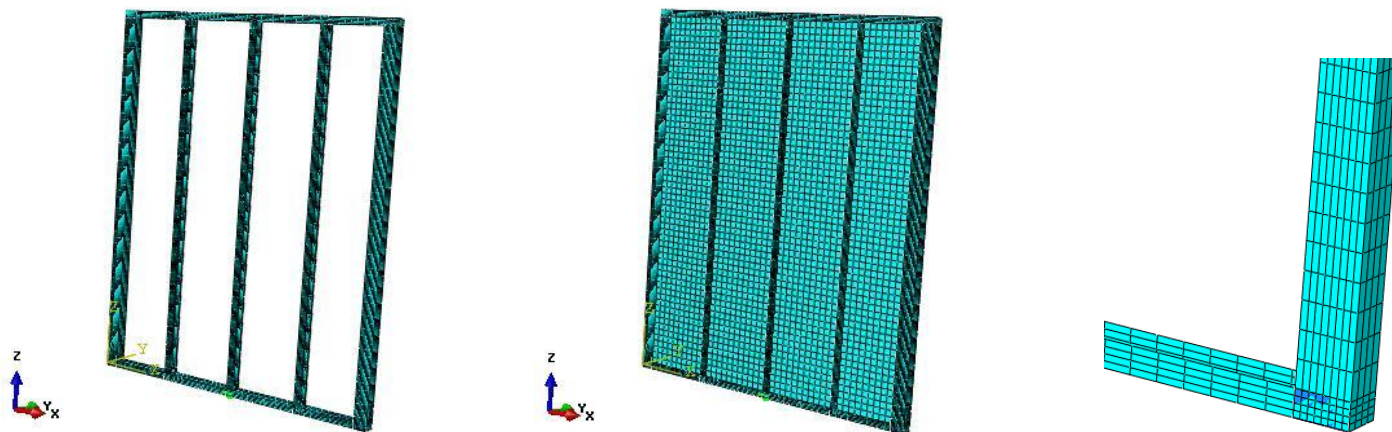
钢结构绿色农居集成系统



◆结构分析-墙体数值建模：



墙体建模及网格划分





中國建築

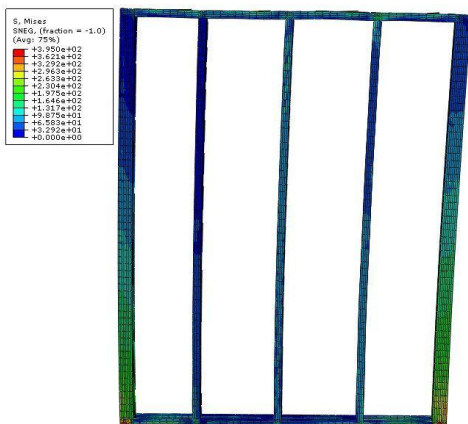
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

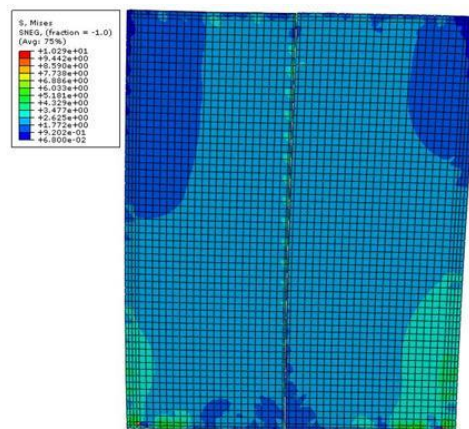
钢结构绿色农居集成系统



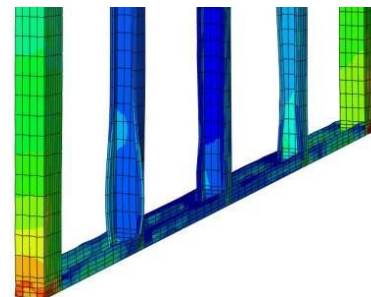
◆结构分析-墙体数值分析：



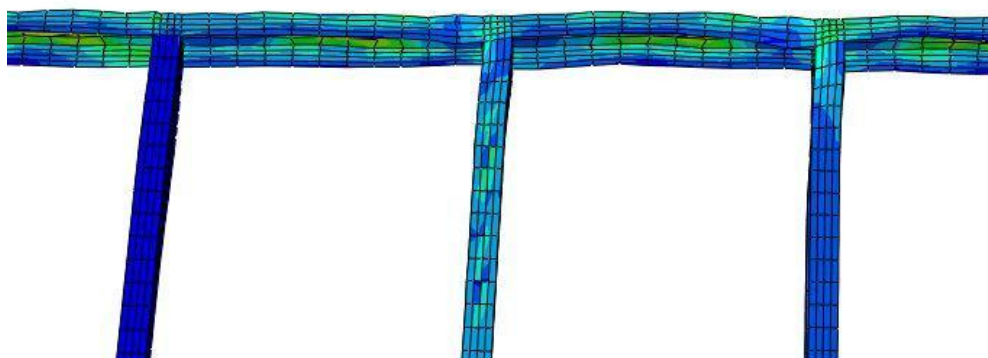
龙骨应力分布



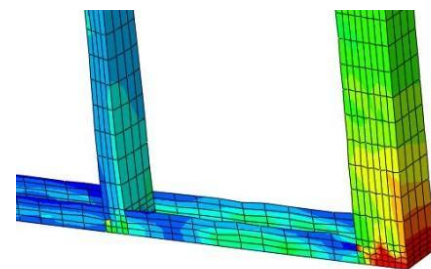
墙面应力分布



下侧龙骨应力分布



上侧龙骨应力分布



底部柱脚应力分布



中國建築

中建鋼構

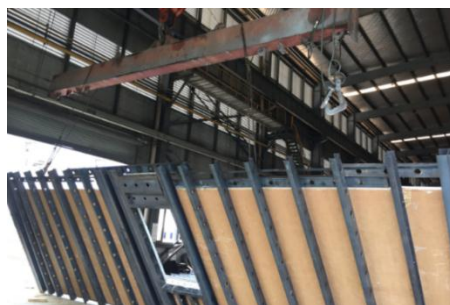
鐵骨仁心 鋼構未來

工厂标准化制作

钢结构绿色农居集成系统



◆结构施工：



物流运输



现场装配化施工



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

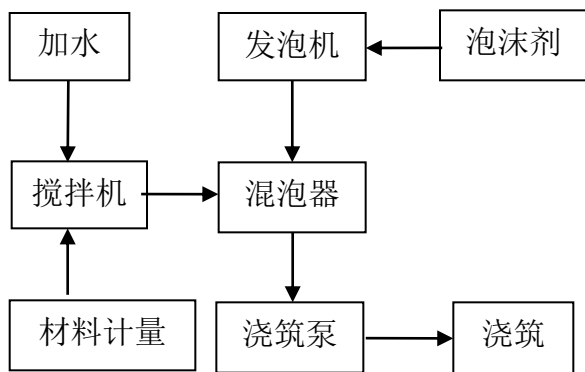
钢结构绿色农居集成系统



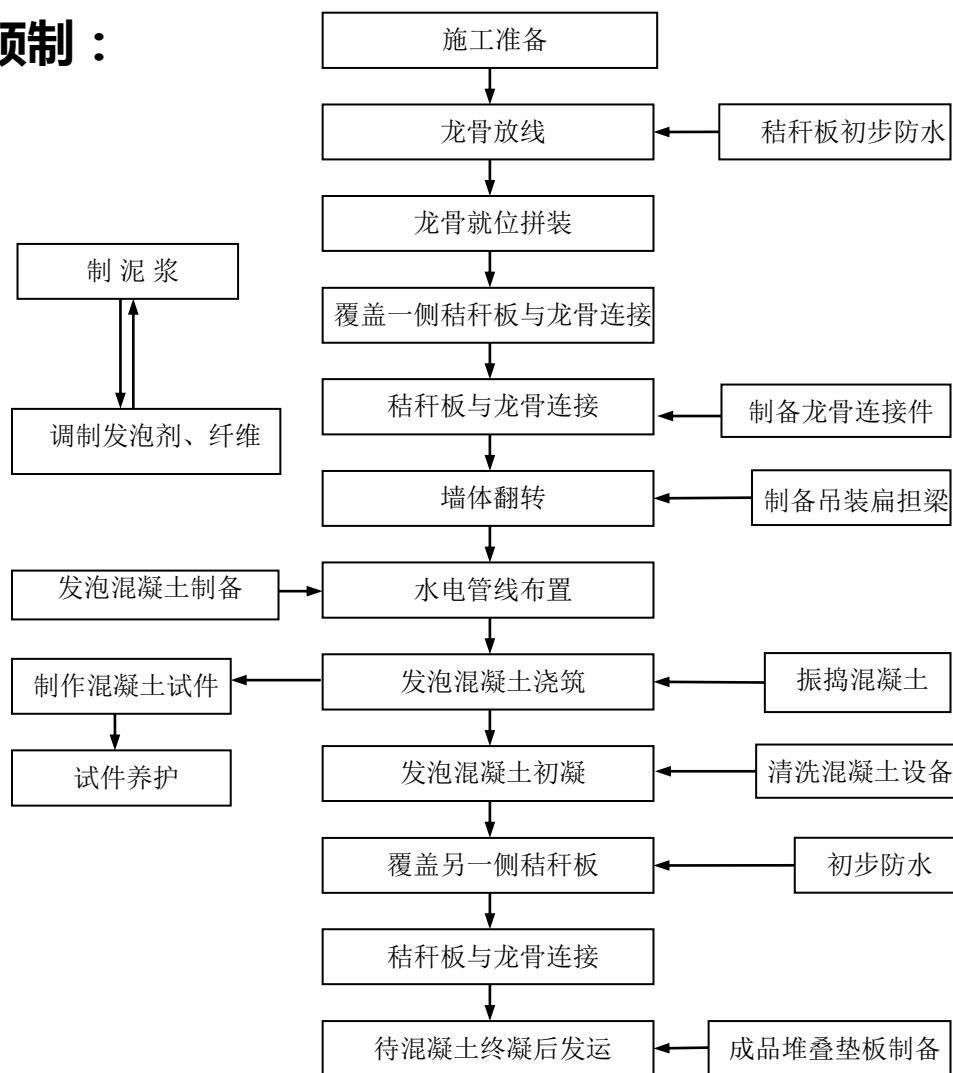
◆标准化制作-墙板厂内预制：



无污染秸秆板预制加工车间



发泡混凝土制备流程



墙板单元厂内预制施工工艺流程



中國建築

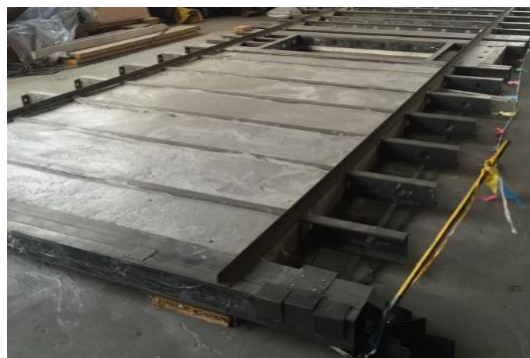
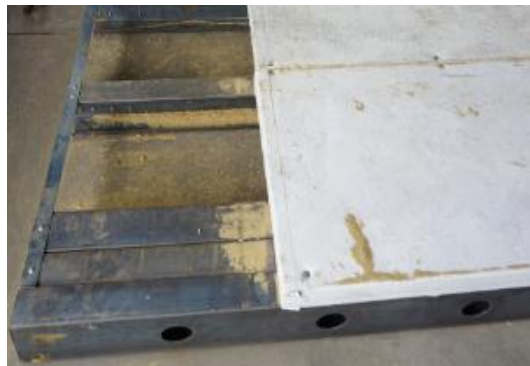
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆标准化制作-墙板厂内预制：



厂内预制构件施工劳动力资源配置：

- 管理人员4名
- 泥瓦工2名
- 技术人员5名
- 水电工2名
- 安装人员7名
- 共计10人工/日





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆ 装配化施工-现场施工总流程：

基础施工

- 基础垫层浇筑；
- 条形基础浇筑；

板单元安装

- 一层墙板放线；
- 一层墙板吊装就位并用化学锚栓/膨胀螺栓与基础相连；
- 楼板吊装定位并固定；
- 二层墙板吊装就位并固定；

屋顶安装

- 屋盖拼装并整体吊装就位；
- 屋盖与墙柱龙骨连接；
- 房屋整体防水处理；

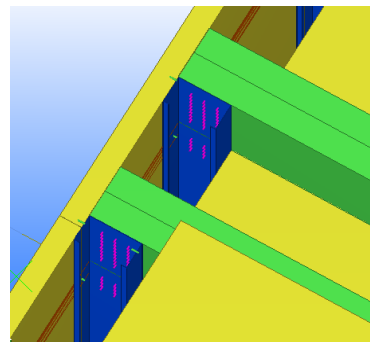
防水与装饰

- 外墙阳角防水装饰封边安装；
- 外墙门窗及屋盖檐口封边件安装；
- 门窗及预制楼梯安装；
- 内墙阳角及门洞封边安装；

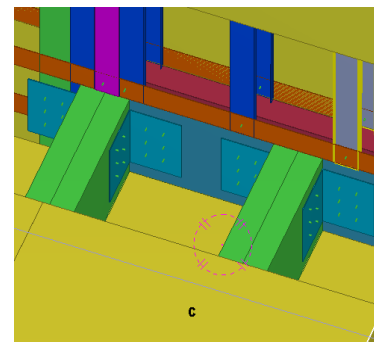
建筑节能

- 建筑外遮阳安装；
- 门窗自动开启装置安装；
- 太阳能热水设备安装。

➤ 部分施工细节处理

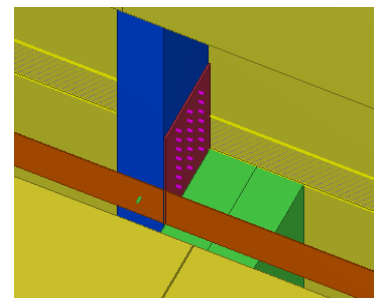
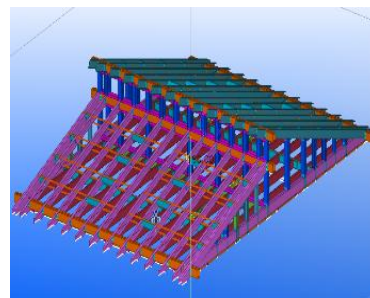


楼板与墙板



楼板与楼板

楼板与墙板标准化连接节点施工工艺



屋盖结构及上下层墙板连接节点施工工艺



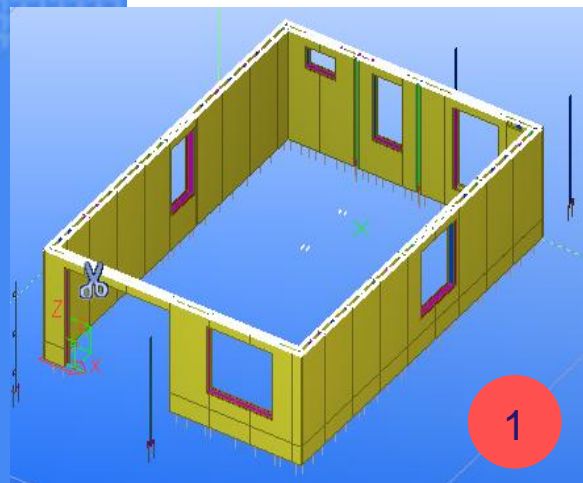
中國建築

中建鋼構

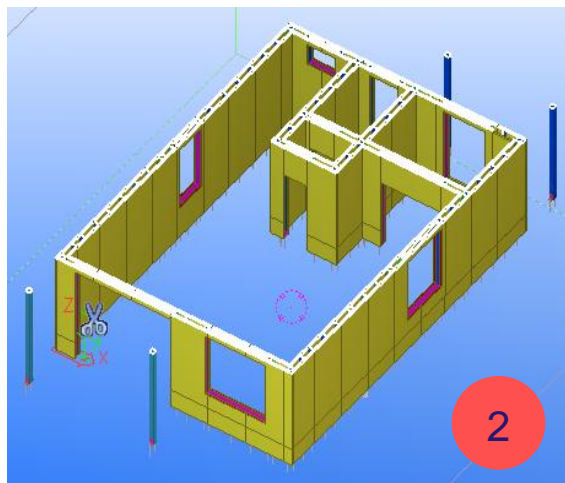
钢结构绿色农居集成系统



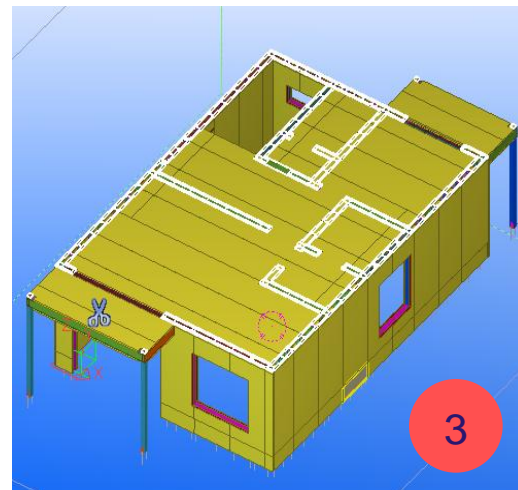
◆ 装配化施工-结构现场吊装流程：



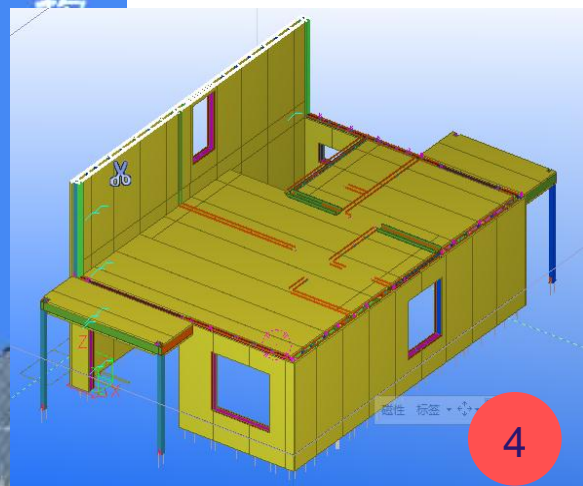
一层外墙板吊装



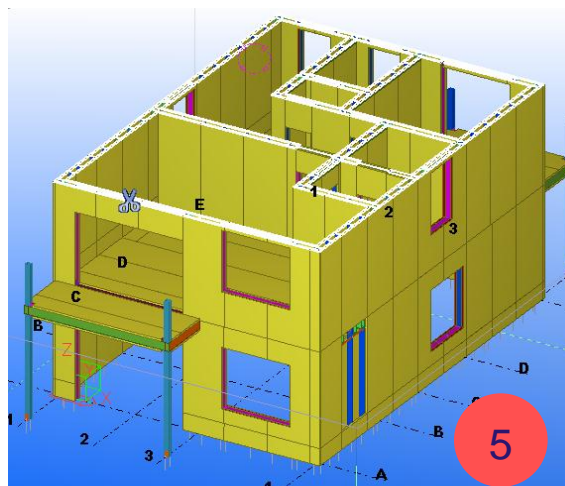
一层内墙板吊装



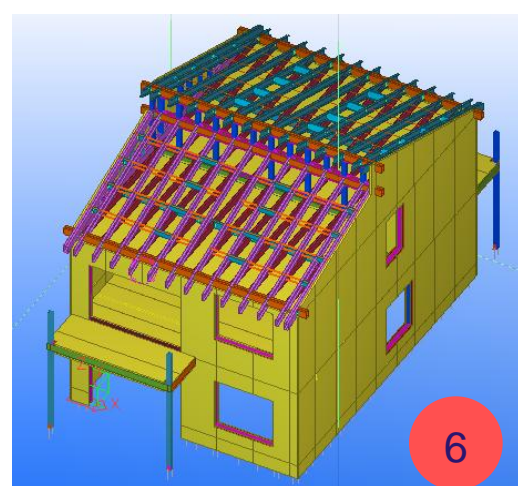
楼板吊装



二层外墙板吊装



二层内墙板吊装



屋盖吊装



中國建築

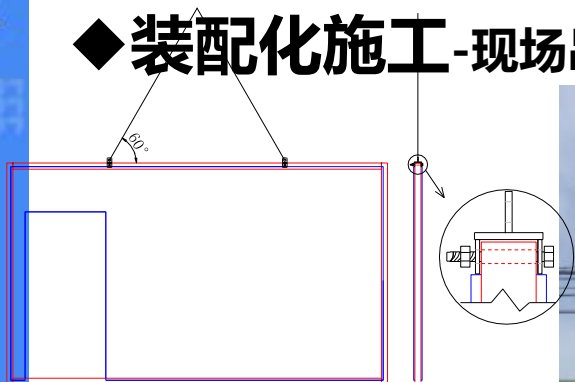
中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆ 装配化施工-现场吊装施工：



预制墙板吊装作业吊点



现场吊装施工劳动力资源配置：

- 管理人员2名
- 勤杂工1名
- 技术人员2名
- 水电工2名
- 安装人员7名





中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆ 装配化施工-施工措施：

(1) 较长预制墙板沿长边方向吊装时，为避免受弯后混凝土开裂，故设计用扁担梁进行多点吊装。



↑
平躺式吊装

站立式吊装





中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆ 装配化施工-施工措施：

(2) 板单元安装过程中结构尚未形成足够的整体刚度，故需用临时支撑对过程中的结构进行加固。



↑
**一层结构完成时
支撑角钢多点加固**

**二层结构完成时
支撑角钢多点加固**





中国建筑

中建钢构

铁骨仁心 钢构未来

钢结构绿色农居集成系统



◆建筑节能技术-被动式为主+主动式为辅：

被动

自然通风

太阳辐射

保温门窗

隔热外墙

主动

太阳能

外遮阳

自动窗

节能电器

- ✓ 采用建筑布局优化的方式，提高被动式通风效果、提高降温能力；
- ✓ 侧重于围护结构隔热、被动式通风降温 and 遮阳措施在当地的适应性；
- ✓ 在考虑夏热冬冷地区被动式通风降温措施的同时，也兼顾该地区冬季被动式采暖技术措施的应用。



中國建築

中建鋼構

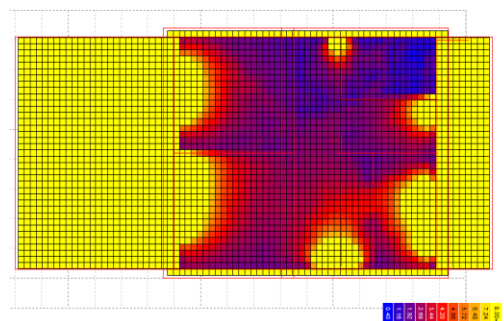
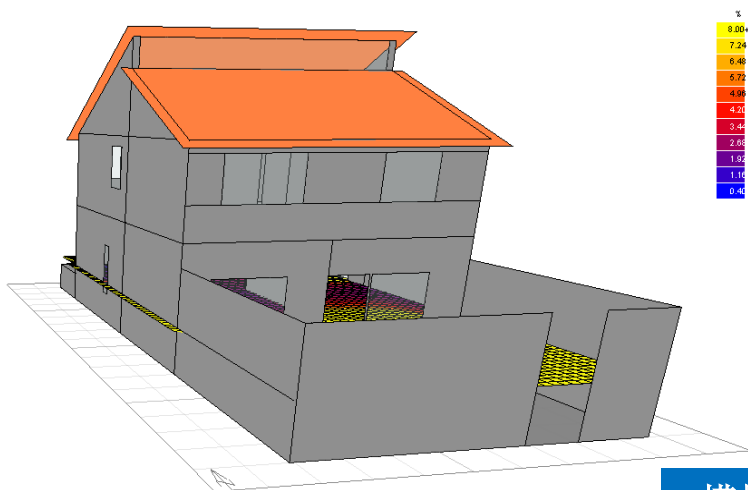
鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统

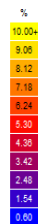
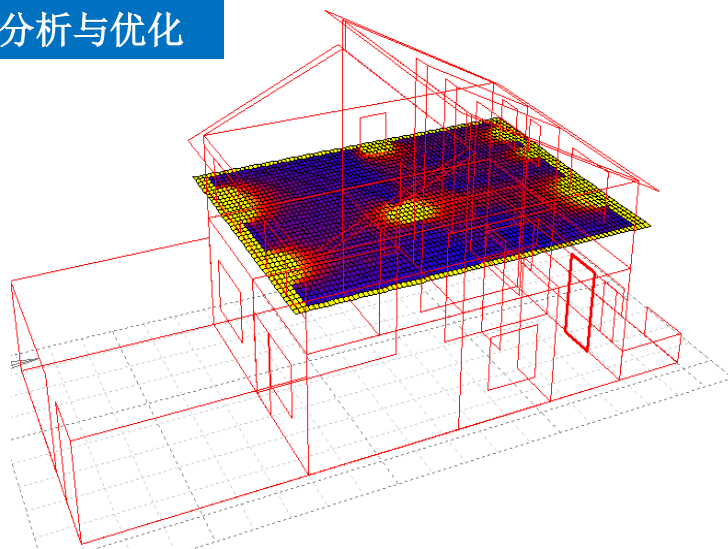
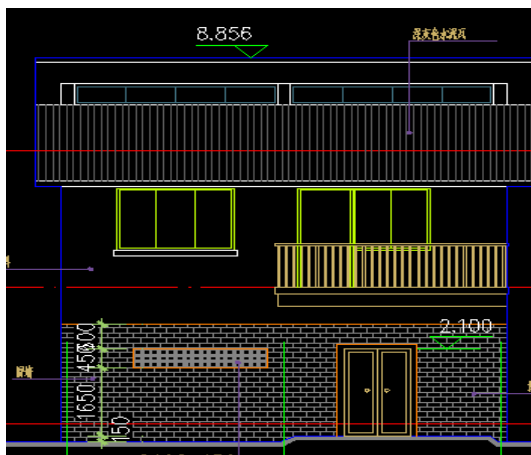


◆建筑节能技术-自然采光设计分析：

通过日照及采光分析，优化门窗布置，增强房屋采光能力。



模拟分析与优化





中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统

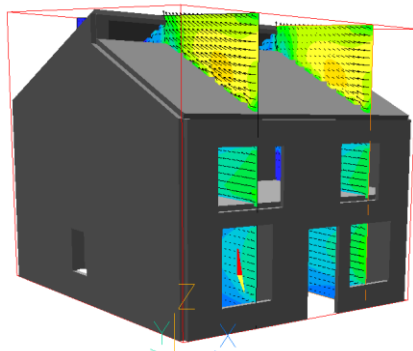


◆建筑节能技术-自然通风设计及分析：

通过风环境CFD模拟，优化建筑体型及门窗布置，增强房屋自然通风能力。

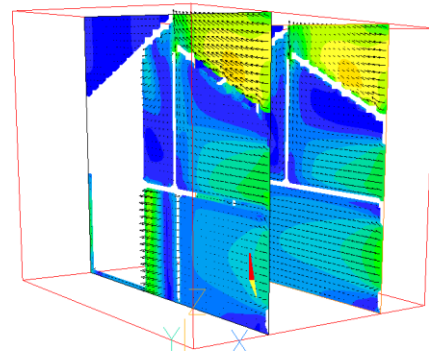
风压作用下原有建筑布局通风模拟

Velocity, m/s
2.277015
2.134702
1.992388
1.850075
1.707761
1.565448
1.423135
1.280821
1.138508
0.996194
0.853881
0.711567
0.569254
0.426940
0.284627
0.142313
3.01E-10



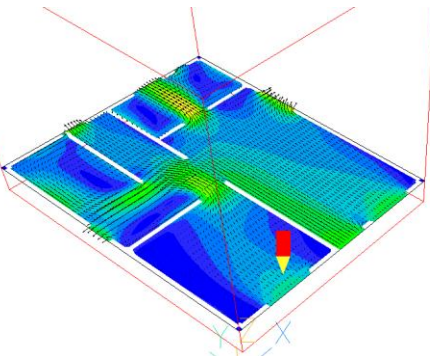
横向风速云图

Velocity, m/s
2.277015
2.134702
1.992388
1.850075
1.707761
1.565448
1.423135
1.280821
1.138508
0.996194
0.853881
0.711567
0.569254
0.426940
0.284627
0.142313
3.01E-10



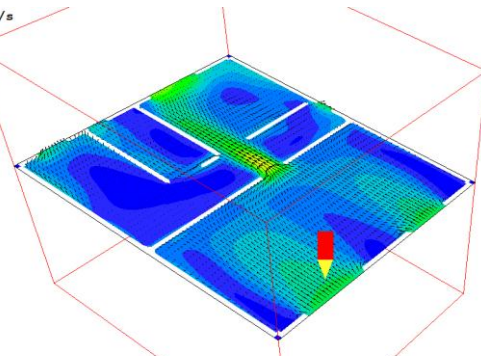
横向风速云图

Velocity, m/s
2.277015
2.134702
1.992388
1.850075
1.707761
1.565448
1.423135
1.280821
1.138508
0.996194
0.853881
0.711567
0.569254
0.426940
0.284627
0.142313
3.01E-10



一层地面处竖向风速云图

Velocity, m/s
2.277015
2.134702
1.992388
1.850075
1.707761
1.565448
1.423135
1.280821
1.138508
0.996194
0.853881
0.711567
0.569254
0.426940
0.284627
0.142313
3.01E-10



二层楼板上侧竖向风速云图



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统

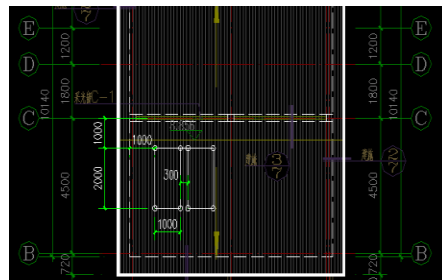


◆建筑节能技术-夏季遮阳及冬季采暖：

- ✓ 设计采用外置式门窗遮阳卷帘，通过数值分析，夏季空调制冷能耗可降低83%—88%。
- ✓ 设计太阳集热系统为局部（独立）间接供水系统，可24小时供应热水。



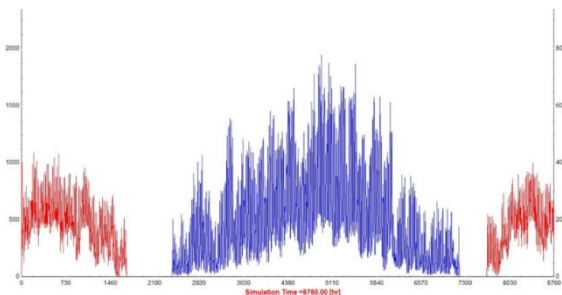
门窗外遮阳



屋面位置



上端预埋件构造



建筑负荷分析



下端预埋件构造



预埋件连接处工艺

集热器安装位置及施工工艺



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆社会效益：

本项目利用农村中大量闲置的稻杆和秸秆，制作成具有良好热阻性能的新型秸秆板，其**导热系数**仅为 $0.102\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ，对新型剪力墙满足夏热冬冷地区**建筑节能65%**的标准起到重要作用。将常被焚烧的稻草或麦秸秆合理利用，很大程度上减少了因焚烧秸秆带来的**环境问题及治理费用**，取得了良好的社会效益。



秸秆焚烧



秸秆利用



中國建築

中建鋼構

鐵骨仁心 鋼構未來

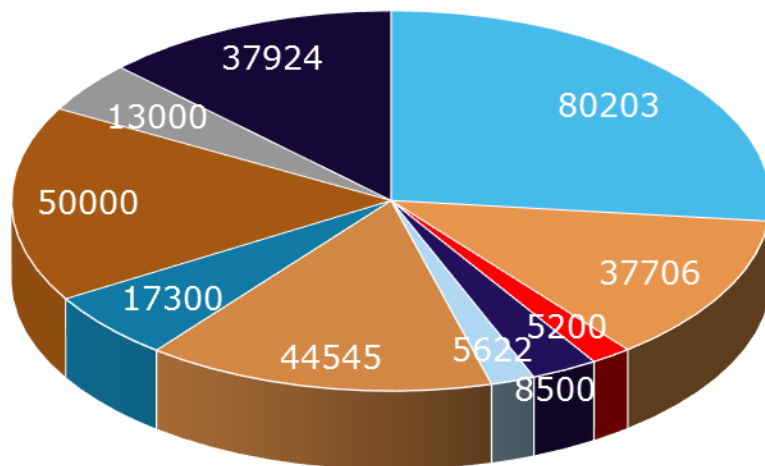
钢结构绿色农居集成系统



◆经济效益：

本项目建筑高度6.3米，建筑层数2层，建筑面积约172平方米，占地面积78.42平方米，采用冷弯薄壁型钢龙骨-秸秆板夹芯复合剪力墙板结构体系。项目投资共计30万元，每平米造价1750元。

项目总投资30万



- 轻钢龙骨80203元
- 厂内施工机具及耗材37706元
- 现场吊装施工机具租赁5200元
- 现场零星工具及材料44545元
- 工人劳务费50000元
- 门窗13000元
- 项目管理费37924元
- 防水涂料17300元
- 现场脚手架租赁安装8500元
- 屋面瓦片工程5622元



中國建築

中建
鋼構

鐵骨仁心
鋼構未來

钢结构绿色农居集成系统



◆经济效益：

由于节能设备的应用及墙板良好的保温隔热性能，经计算比较，项目每年约节省电费5160元，30年可节省费用15.48万元，为总造价成本的**51.6%**。

此外由于采用了装配式施工技术，现场工期缩短，人工、机械、工程管理费可比传统施工方式节省约10万元，占总造价成本的**33.3%**。





中國建築

中
建
鋼
構

鐵骨仁心 鋼構未來

鐵骨仁心 鋼構未來



中 建 鋼 構