

装配式钢结构住宅的工程应用

2018年9月

李华坤



中建钢构

体系分析

5 大建筑类型
50 余个项目实践
400 余万平方米

教育

上海前滩国际学校
靖江职业教育中心
东陈全宁幼儿园
赤峰玉龙幼儿园
赤峰山西营幼儿园
重庆南开两江学校
淮安清江浦区基础教育设施一期工程
中国巴新友谊学校布图卡学院
深圳大磡小学
徐州经开区六所学校
温州瓯海区十所幼儿园
.....

医疗

深圳南山区人民医院改扩建项目
仁寿县人民医院
秦皇岛市第一人民医院

园区

深广·渠江云谷创业孵化园
肇庆新区商务会展创客综合体
宜昌求索众创中心
天府新区成都片区保税物流中心

住宅

天津集达工业园白领公寓
天府新区人才公寓
深圳半岛城邦三期
增城挂绿湖别墅样板楼
四川仁寿易地扶贫安置房
廊坊新奥上善颐园·蓼汀苑
武汉蔡甸青山街还建楼

办公

中建钢构大厦
深圳汉京金融中心
深圳市公安局第三代指挥中心
雄安市民服务中心
蔡甸中法生态城会议中心

敦煌大剧院
敦煌国际酒店
世界妈祖文化论坛永久会址

打造了一批 示范项目



正在建设一批 样板工程



廊坊新奥上善
颐园·蓼汀苑

柳州雒容镇
棚户区改造

武汉蔡甸蓼山
四期还建房

深广渠江云谷



中华人民共和国国家标准

装配式建筑评价标准

Standard for assessment of prefabricated building

GB/T 51129 - 2017

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2018年2月1日

中国建筑工业出版社

2017 北京

表 4.0.1 装配式建筑评分表

评价项		评价要求	评价分值	最低分值
主体结构 (50 分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等 竖向构件	$35\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	20~30*	20
	梁、板、楼梯、阳台、空调板 等构件	$70\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	10~20*	
围护墙和 内隔墙 (20 分)	非承重围护墙非砌筑	比例 $\geq 80\%$	5	10
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
	内隔墙非砌筑	比例 $\geq 50\%$	5	
	内隔墙与管线、装修一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
装修和设 备管线 (30 分)	全装修	—	6	6
	干式工法的楼面、地面	比例 $\geq 70\%$	6	—
	集成厨房	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	集成卫生间	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	管线分离	$50\% \leq \text{比例} \leq 70\%$	4~6*	

√ 竖向结构

√ 梁

板

楼梯

装配式钢结构建筑
主体结构

常见结构类型



轻钢结构



钢框架结构
钢框架支撑（剪力墙）结构



钢框架-核心筒结构



钢管束剪力墙体系



钢框架-混凝土核心筒结构



钢框架模块结构
钢框架模块-核心筒结构

√ 竖向结构

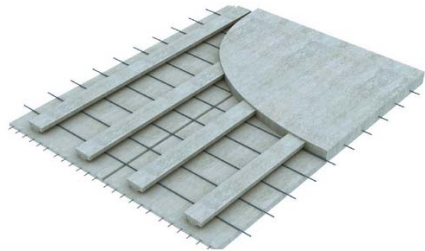
√ 梁

√ 板

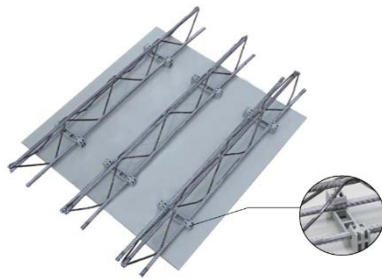
楼梯

装配式钢结构建筑
主体结构

常见楼板类型



叠合楼板



(可拆卸)钢筋桁架楼承板



其他 (e.g. Bison Floors)



√ 竖向结构

√ 梁

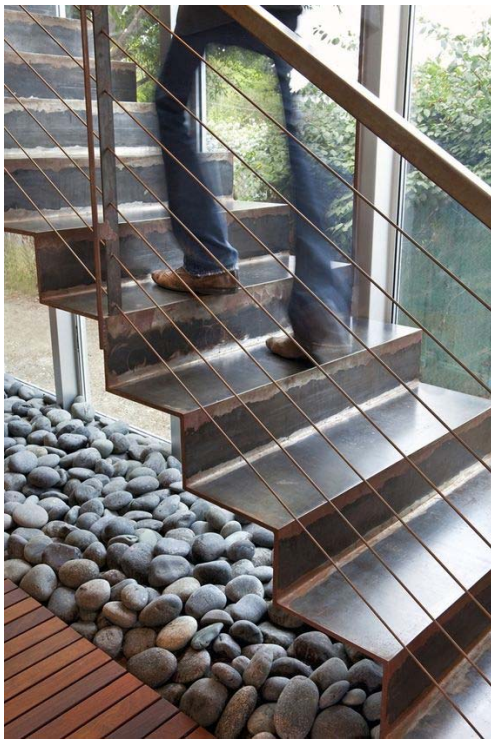
√ 板

√ 楼梯

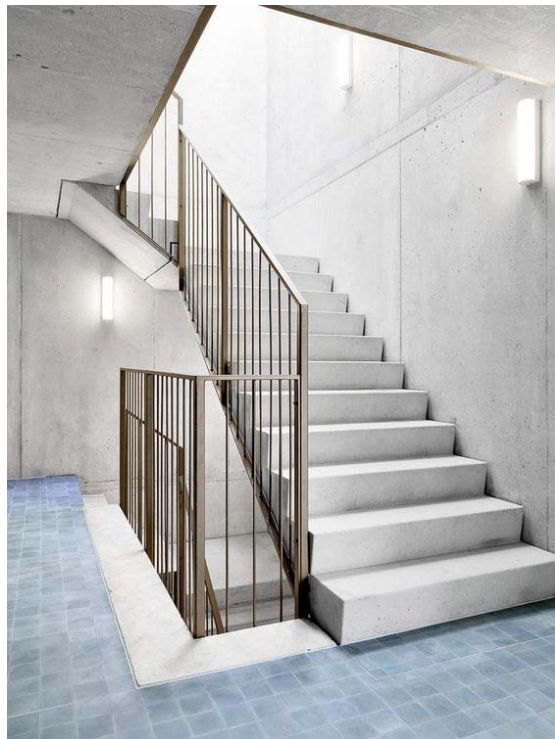
装配式钢结构建筑

主体结构

常见预制楼梯类型



钢楼梯



预制混凝土楼梯



√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

内墙一体化

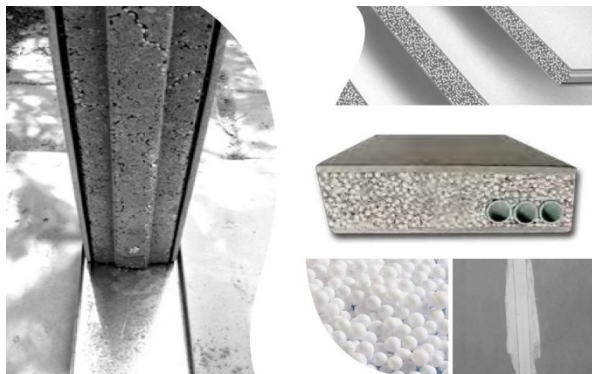
外墙一体化

装配式
钢结构建筑
墙板部品

常见基墙墙板类型



ALC条板



EPS复合墙体



空心条板

√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

内墙一体化

外墙一体化

装配式
钢结构建筑
墙板部品

ALC条板

性能优越、供应商资源较少，**生产线一次性投入较高，生产门槛高。**



flat shape

C-shape



L-shape

T-shape



√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

内墙一体化

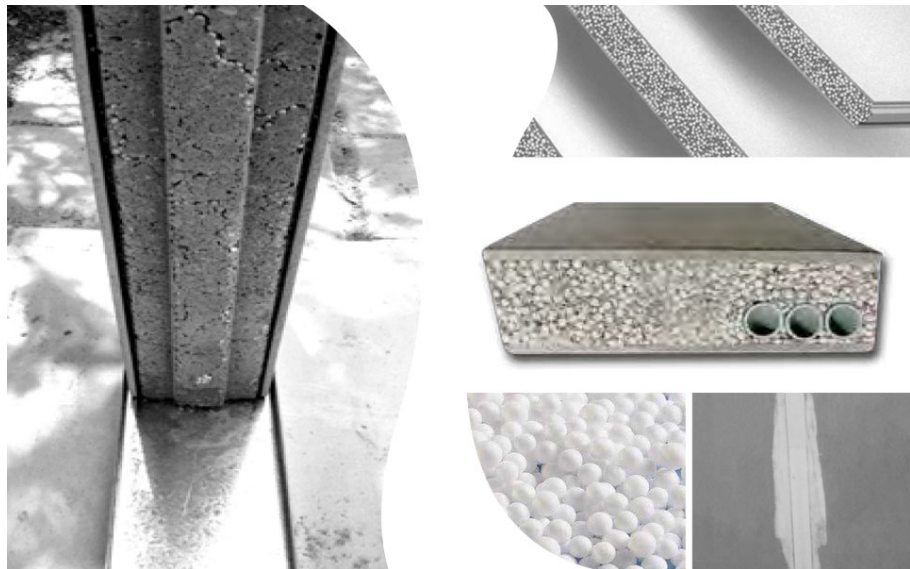
外墙一体化

装配式钢结构建筑

墙板部品

EPS复合墙体

材料物理力学性能可靠。生产门槛较低，产品质量受管理水平影响较大。



√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

内墙一体化

外墙一体化

装配式
钢结构建筑
墙板部品

空心条板 Hollow Panel

应用广、供应商资源丰富，**但技术差距较大，质量参差不齐。**



√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

√ 内墙一体化

外墙一体化

装配式钢结构建筑
墙板部品

轻钢龙骨墙

广泛应用于欧美等发达国家及国内商业用建筑中，性能可靠，施工方便，但因其敲击回声空洞，国内住宅中接受度较低。其配套材料**产业链齐全，资源丰富。**



√ 内墙非砌筑

√ 外墙非砌筑

√ 内墙一体化

√ 外墙一体化

装配式
钢结构建筑

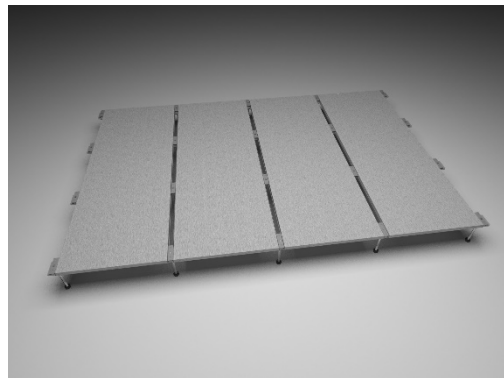
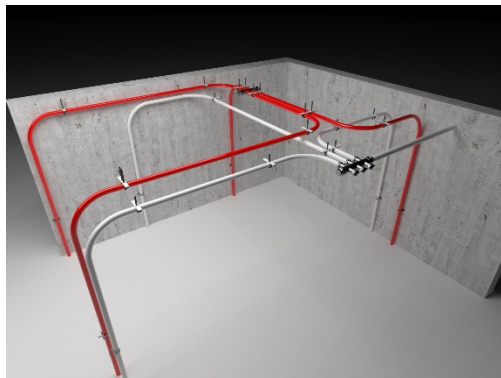
墙板部品



玻璃幕墙

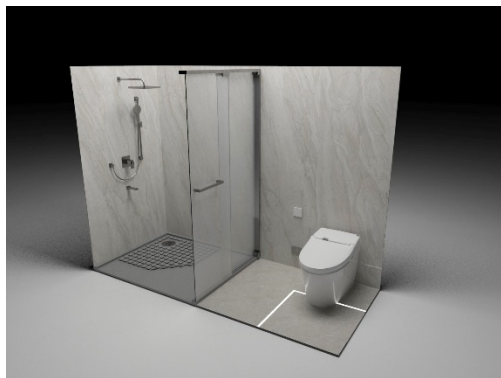


装配式装修



管线分离 干式工法

集成卫浴 集成厨房

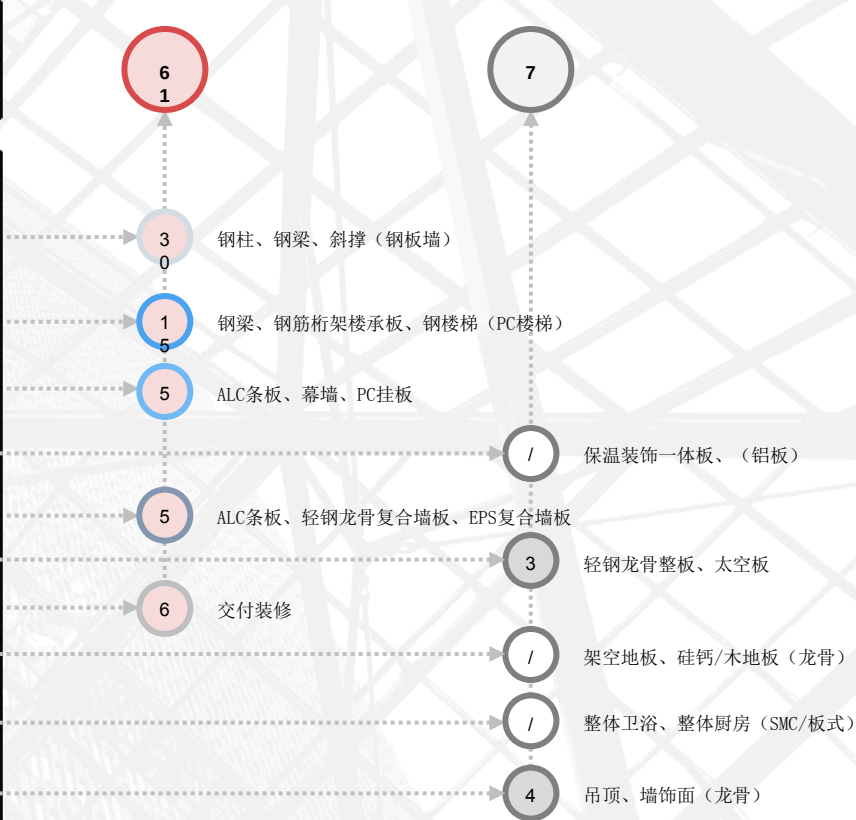


装修与设备管线
装配式钢结构建筑

装配式建筑认证 - 预评价分析

级别	认证级	A级	AA级	AAA级
装配率	50~59%	60~75%	76~90%	91%以上

评价项		评价要求	评价分值	最低分值
主体结构 (50分)	柱、支撑、承重墙、延性墙体等竖向构件	$35\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	20~30*	20
	梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件	$70\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	10~20*	
围护墙和 内隔墙 (20分)	非承重围护墙非砌筑	比例 $\geq 80\%$	5	10
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
	内隔墙非砌筑	比例 $\geq 50\%$	5	
	内隔墙与管线、装修一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5*	
装修和设备管 线 (30分)	全装修	——	6	——
	干式工法楼面、地面	比例 $\geq 70\%$	6	
	集成厨房	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	集成卫生间	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	
	管线分离	$50\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6*	





66%
装配率

天津王稳庄公寓楼

建筑面积	3650 m ²
建筑高度	19.4m
层数	地上6层
四步节能 & 国家绿色三星	



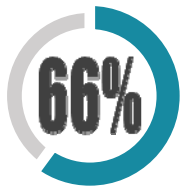
66%
装配率

增城挂绿湖安置房

建筑面积（单栋） 230 m²

建筑层数 地上3层

建筑高度 13.2 m



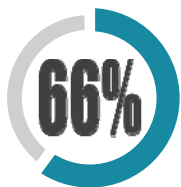
天津厂公寓楼

主体结构 钢框架+钢筋桁架楼承板+钢楼梯 50

围护墙 ALC条板+保温装饰ET板（不计算保温隔热装饰一体化） 5

内隔墙 ALC条板 5

装修与管线 全装修 6



挂绿湖安置房

主体结构 钢框架+钢筋桁架楼承板+叠合楼板+钢楼梯 50

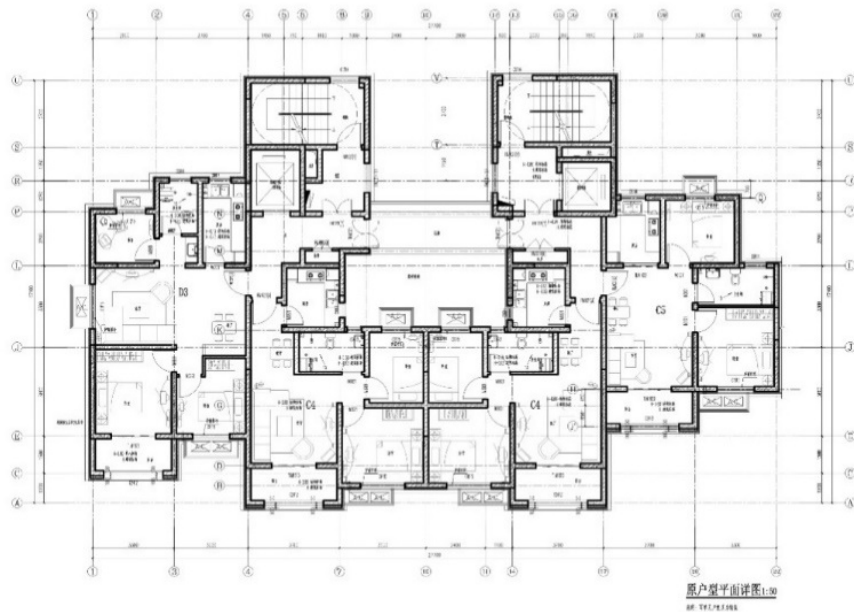
装修与管线 全装修 6

楼层	外墙（交楼标准） 左侧	外墙（精装标准） 右侧	内墙（交楼标准） 左侧	内墙（精装标准） 右侧
1F	轻质砌块	ALC板	陶粒砼空心条板	ALC板
2F	轻质砌块	EPS砼复合 夹芯条板	EPS砼复合 夹芯条板	轻质砼空心条板
3F	轻质砌块	装配式轻钢龙骨 灌浆墙板	ALC板	轻钢龙骨墙板

项目实践

[一体化设计]

结合钢结构特点的户型设计

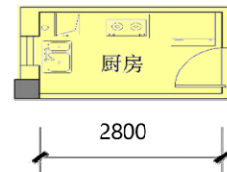
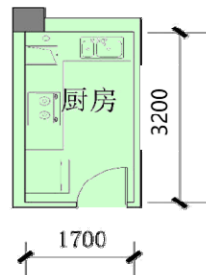
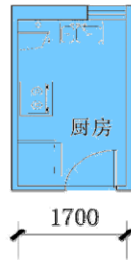
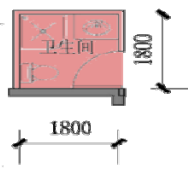
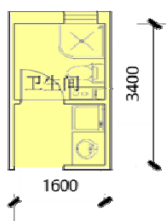
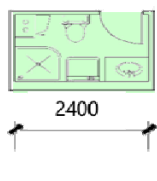
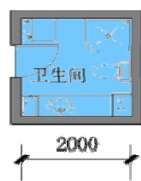
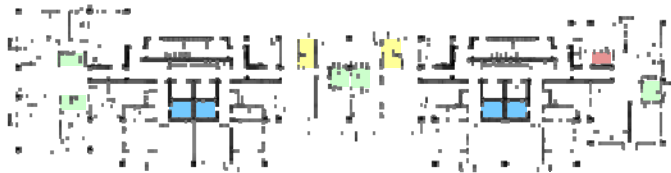
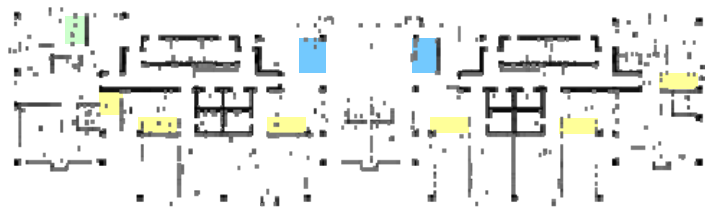
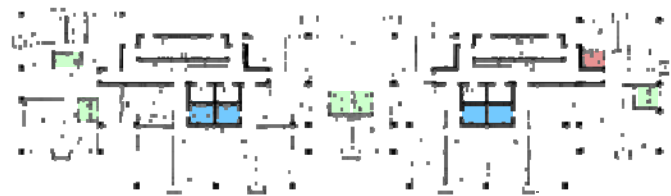


[原方案]



[调整方案]

标准化、模数化设计



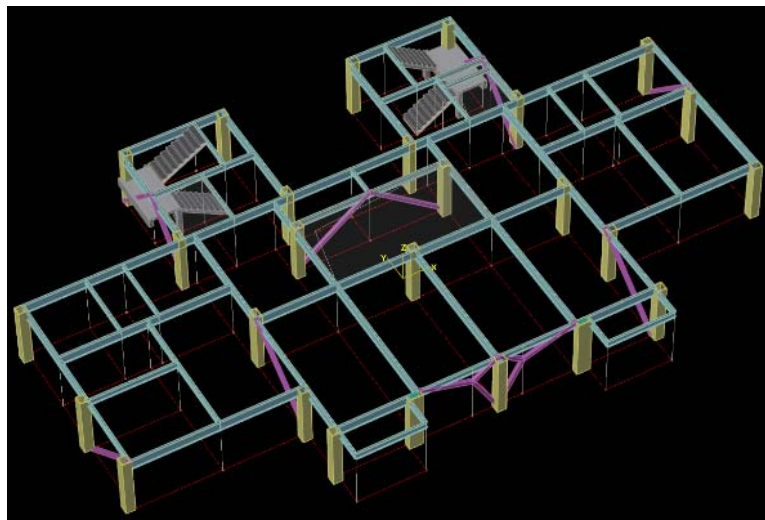
[卫生间、厨房的标准化、模块化设计]

标准化、模数化设计

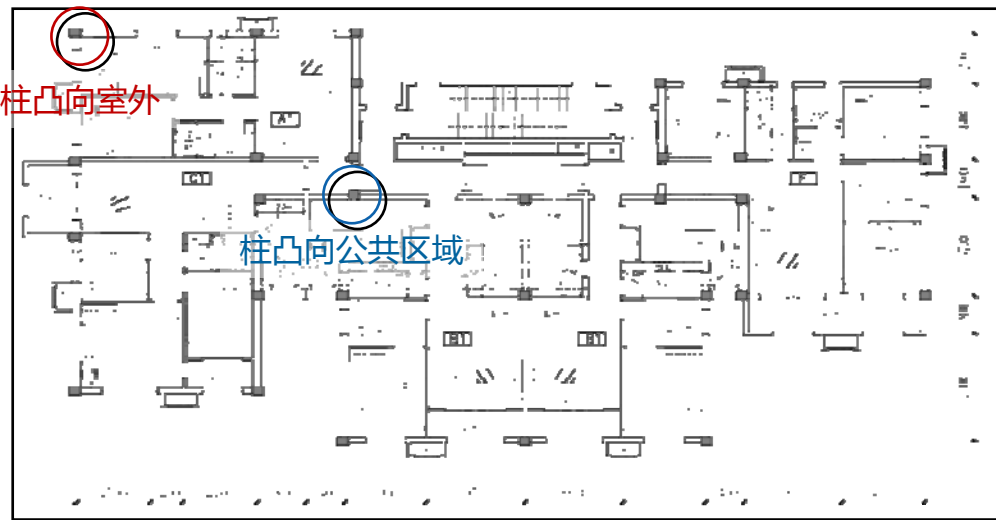
钢柱净距、门窗洞口位置与条板模数关系



建筑与结构一体化设计



[减少支撑对户型设计的影响]



[解决露梁露柱]

结构与机电一体化设计

钢梁在工厂预留管线孔洞，墙板工厂开槽。



无开槽



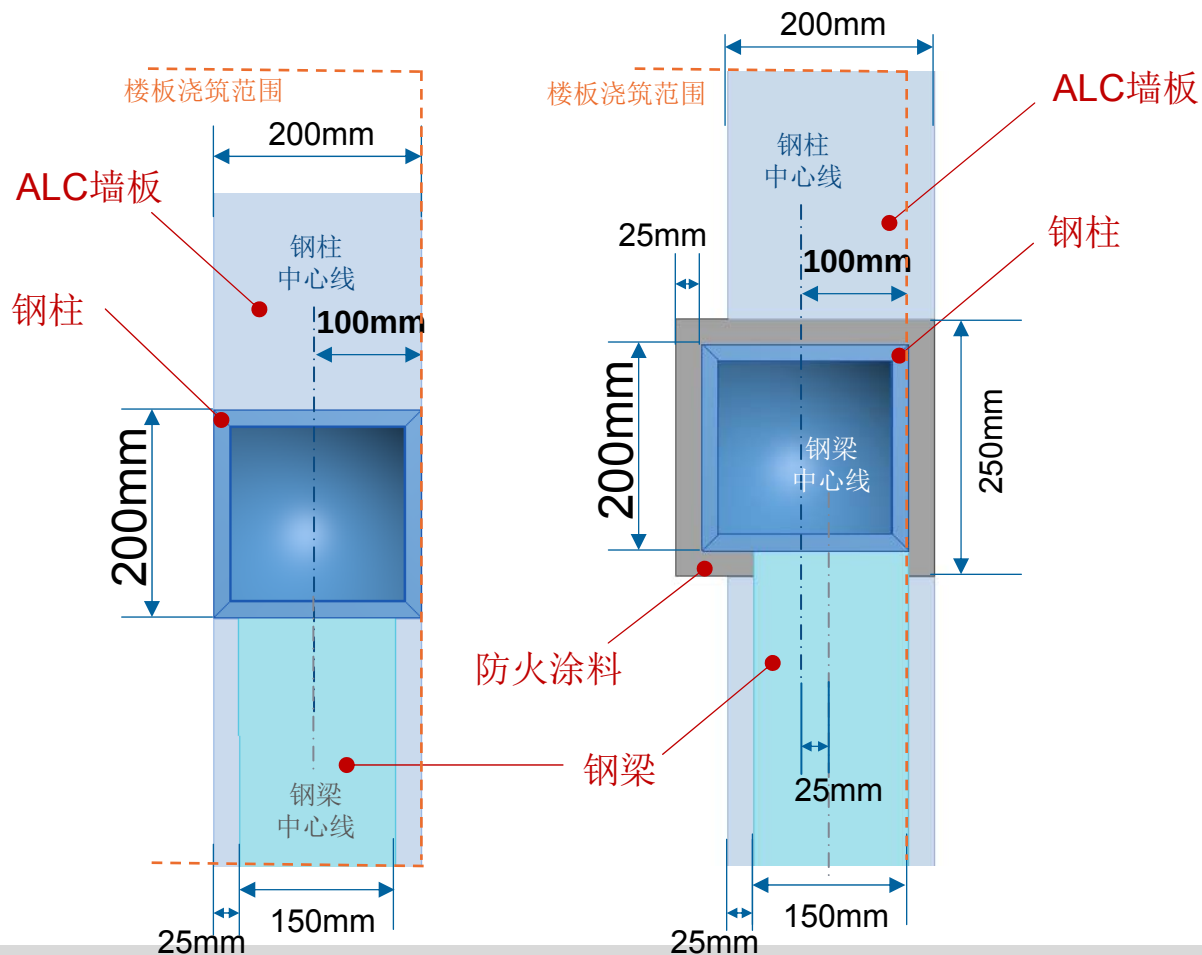
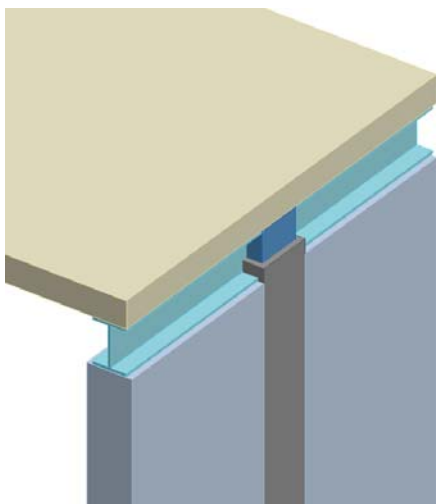
有开槽

BIM应用

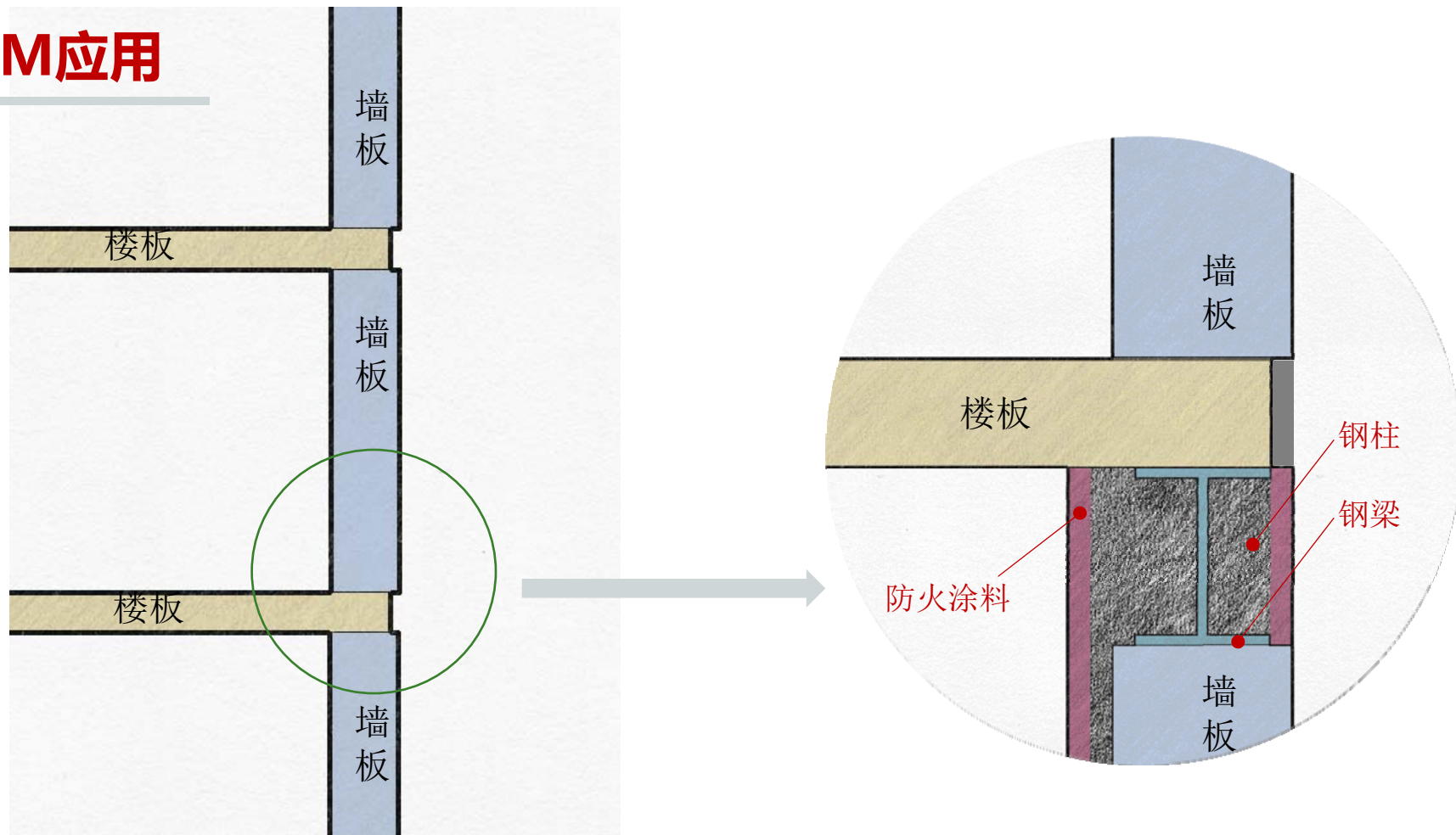
BIM

柱、梁、板空间位置关系

防火厚型改薄型

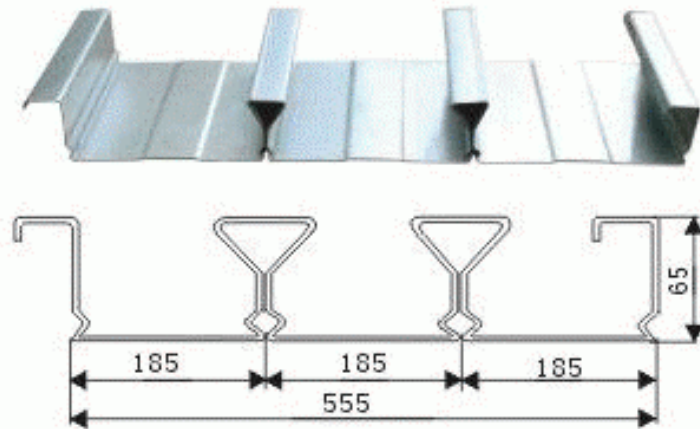
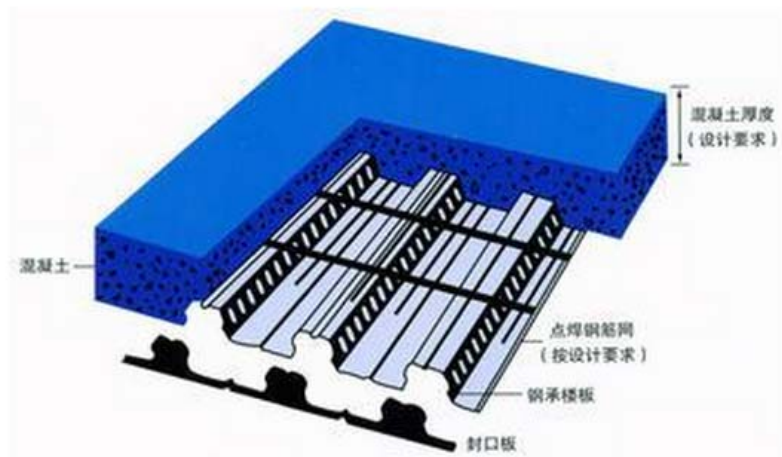


BIM应用



项目实践

[楼板系统]



优点: 施工方便，安装不需要吊装机械，工艺成熟，在公建有大量应用。

缺点: 混凝土浇筑完成后底部镀锌钢板无法拆除，需要做吊顶处理，降低了层高。

优点：免支模，底模可以拆除重复利用，可以实现多层交叉作业，楼板整体性好，避免吊顶施工。

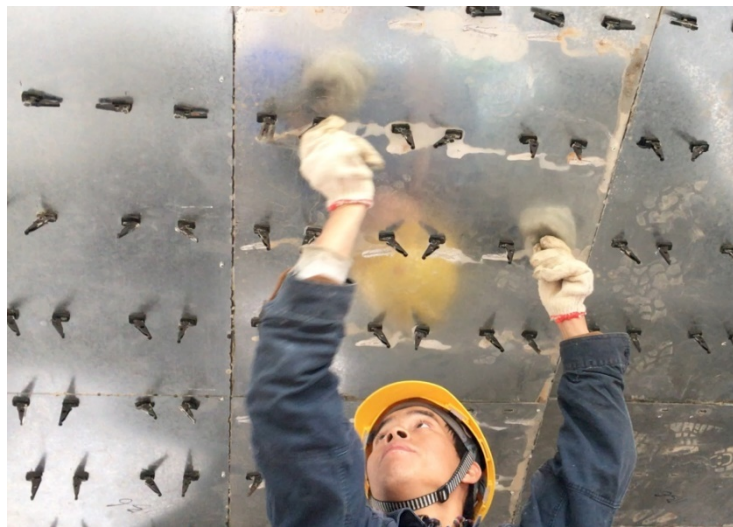
缺点：底模拆除时螺丝钉拆除量较大。



可拆卸式钢筋桁架楼承板



跨度较大时设置临时支撑



底模拆除

楼板系统

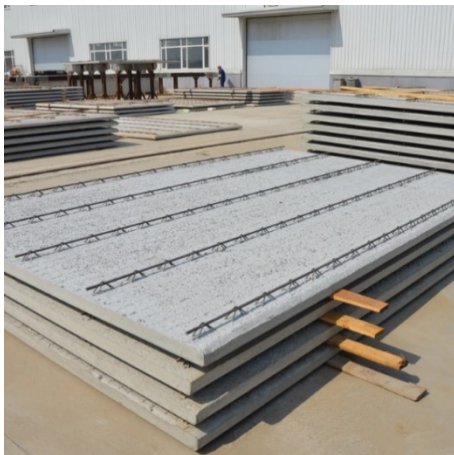
叠合楼板

优点：免支模，楼板底部直接刮腻子上涂料，施工方便。

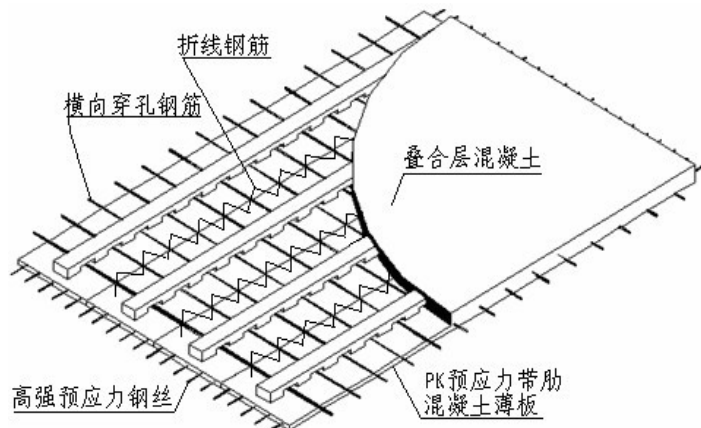
缺点：重量重，安装需要大量吊装机械，同时需要大量堆场，楼板拼缝位置现浇段平整度较难控制。



底面效果



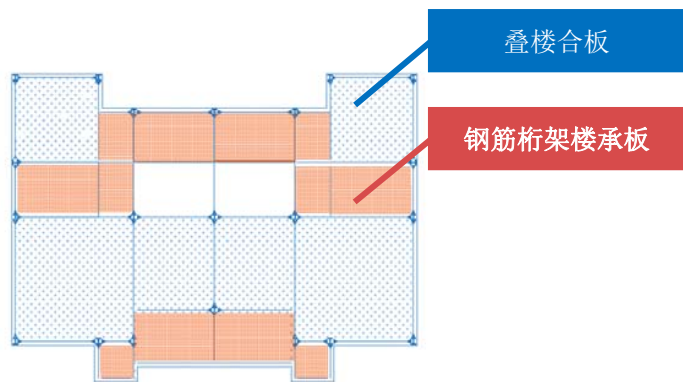
普通叠合楼板



预应力叠合楼板

楼板系统 工程实践

挂绿湖项目试验了两种楼板系统，厨卫阳台等位置采用可拆卸钢筋桁架组合楼板，其余位置采用叠合楼板。



叠合楼板

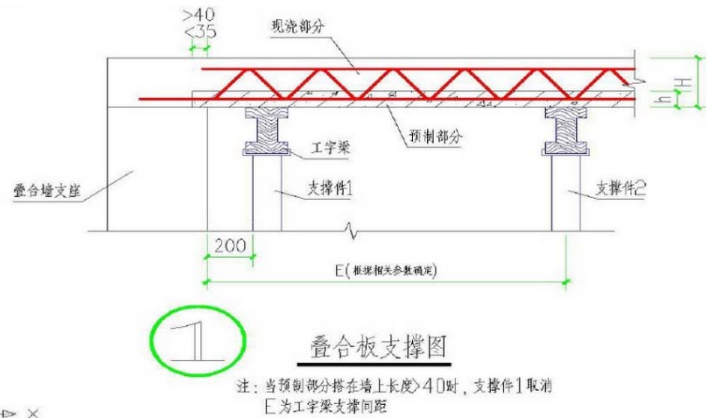


钢筋桁架楼承板（底模可拆）

叠合楼板 ——落地支撑体系

- 叠合板支撑最大间距一般不超过1.8m。
- 现浇满堂脚手架次龙骨一般间距0.2~0.5m。

相比于满堂脚手架，叠合楼板的支撑体系数量少，安拆方便，但常规支撑方案仍然为落地撑，影响流水作业，工作效率不高。



楼板系统 工程实践

叠合楼板 ——无落地支撑体系

- 可减少支撑数量。
- 施工无落地撑，不占用作业面。
- 缺点是支撑拆除较难。



楼板系统 工程实践

叠合楼板 ——现场吊装的问题

- 单板重量重，占用吊次。
- 投影面积大，吊装难度高。



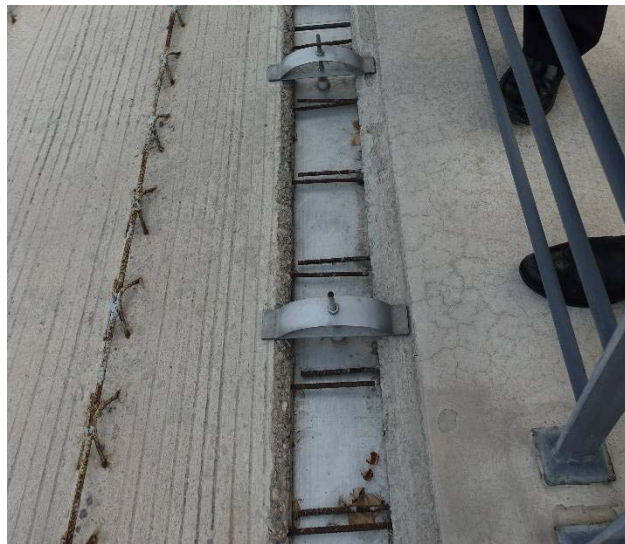
楼板系统 工程实践

叠合楼板 ——拼缝处理的问题

- 为了方便流水作业，拼缝常采用吊模方式，现浇段的底面平整度保证是重点。



传统木吊模



金属吊模

楼板系统 工程实践

钢筋桁架楼承板
——与梁面栓钉碰撞的问题



◀ [预焊栓钉与桁架筋冲突]

[梁面栓钉现场焊接] ▶



项目实践

[墙板系统]



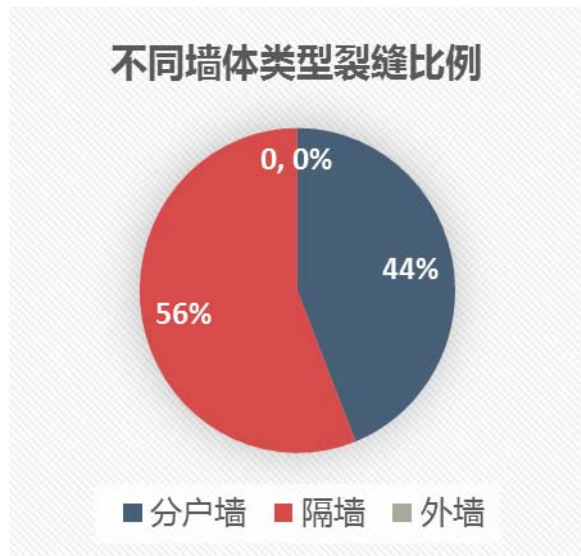
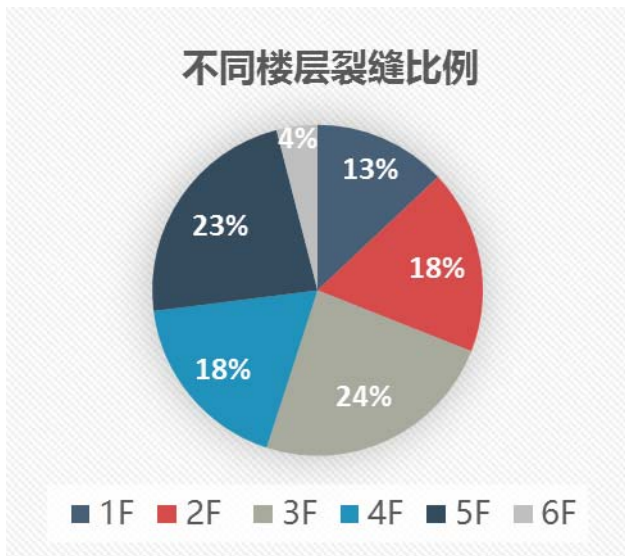
墙体开裂



建筑隔声



外墙渗漏



- 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、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。

- ALC板的收缩率是传统粘土砖的三倍以上，冬期取暖，温度骤升，其干缩变形是产生裂缝的主要原因。
- ALC制品出釜时含水率在25%~45%，安装时需要控制含水率在15%以下。

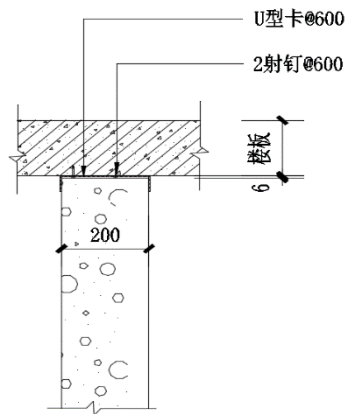


措施

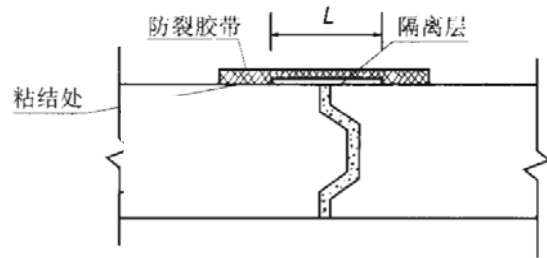
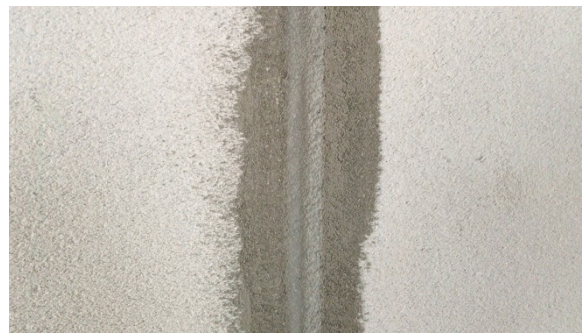
- 选用在自然条件下静置时间较长，干缩较为完全的板材。
- 施工过程中给予板材较充分的自然干缩时间。

墙体开裂

原因之二：连接构造



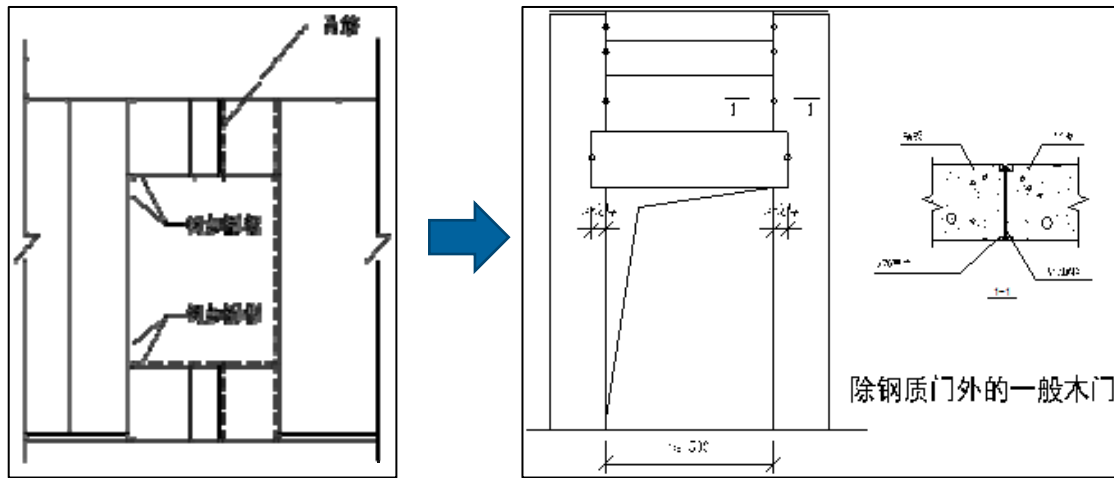
[直角刚件法→U型卡]



[板间专用粘接剂—防裂胶带—网格布—找平砂浆]

墙体开裂

原因之二：连接构造



优化门洞口连接方式（由边缘平齐改为过梁的形式）



面密度

密闭性

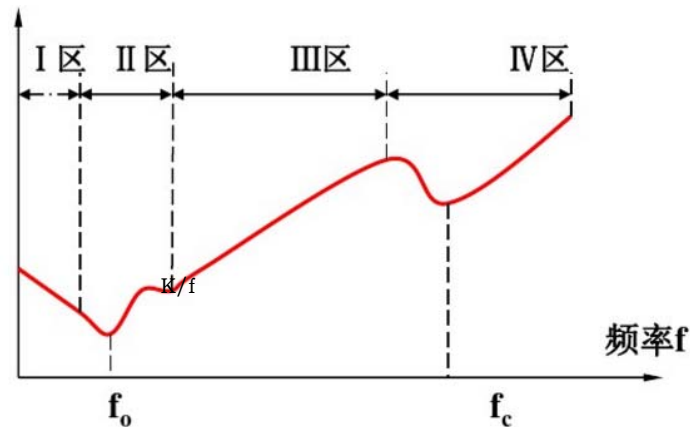
声桥

共振

吻合效应

侧向传播

隔声量TL



单层结构频率特性

I区（劲度控制区）：隔声量取决于材料刚度

II区（纵波共振区）：考虑共振效应影响

III区（质量控制区）：隔声量取决于面密度

IV区（横波共振区）：考虑吻合效应影响

建筑隔声

影响因素

密闭性

空隙是隔声结构的薄弱环节，如空隙面积占整个面积的1/100，则该结构隔声量不会超过20dB。

空气声隔声

中低频(主要受面密度影响)

中高频(主要受密闭性影响)

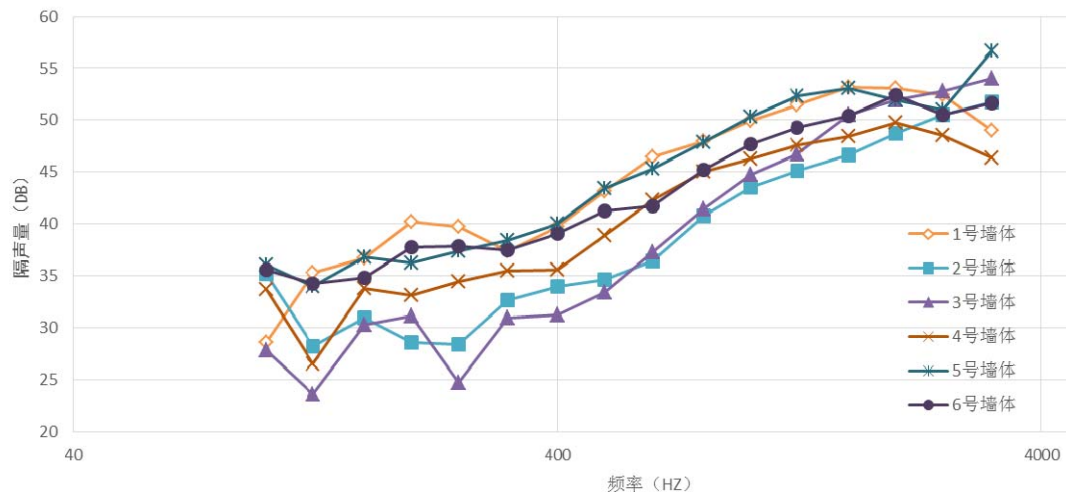
构件名称	空气声隔声单值评价量+频谱修正量 (dB)		
	一般标准		高要求标准
分户墙、分户楼板	Rw+C	> 45	> 50
分隔住宅和非居住用途空间的楼板	Rw+C _{tr}	> 51	
临交通干道的卧室、起居室（厅）的窗	Rw+C _{tr}	≥ 30	
其他窗	Rw+C _{tr}	≥ 25	
外墙	Rw+C _{tr}	≥ 45	
户（套）门	Rw+C	≥ 25	
户内卧室墙	Rw+C	≥ 35	
户内其他分室墙	Rw+C	≥ 30	

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>80km/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 主要辐射低频噪声的设施	C _{tr} （中低频）

建筑隔声 影响因素

设计实验对装配式建筑隔声进行研究，发现隔声性能主要取决于**墙体的封闭性，板缝的构造处理。**

6种墙体空气声隔声量汇总



- 3号墙体：板缝未挤浆，隔声性能最差
- 2、4、6号墙体：参照墙体，部分板缝挤浆，隔声性能有所提高
- 1号墙体与5号墙体：所有板缝挤浆密实，隔声性能最佳

通过构造设计和严格控制墙板挤浆工艺，使墙体达到良好封闭性，房间隔声性能即**优于规范要求**。

报告编号: JZGJ201604

检测报告

检测样本: 分户墙

委托单位: 中建钢构公司天津有限公司绿色建筑事业部

检测项目: 隔声量检测

检测类别: 委托检测

天津大学天津市建筑物理环境与健康生态技术重点实验室

地址: 天津市南开区卫津路 92 号 天津大学 100 室

电话: 022-27892383 传真: 022-27892383 邮政编码: 300072

二零一三年制表



分贝仪



信号枪



实验装置

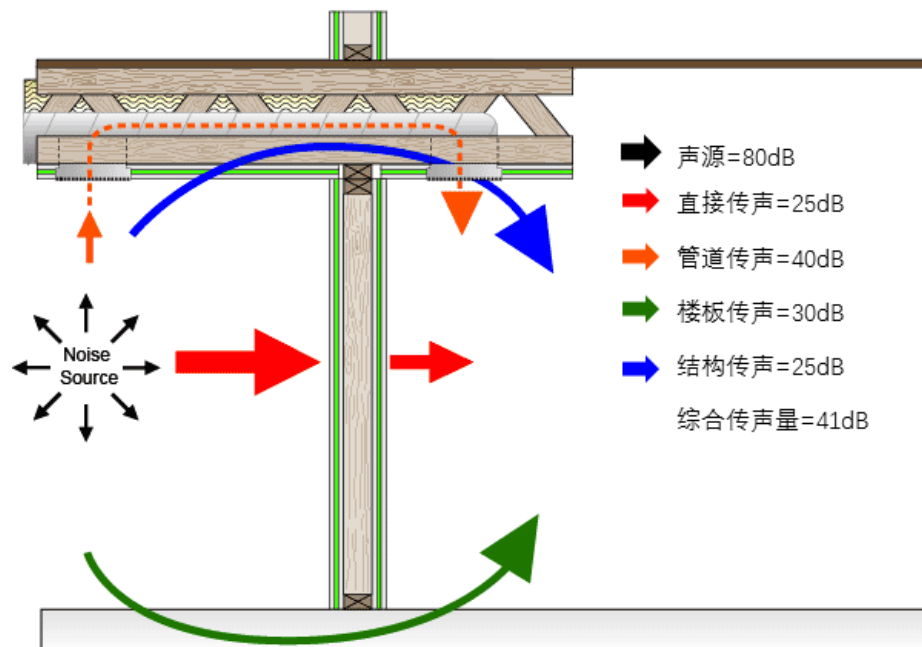
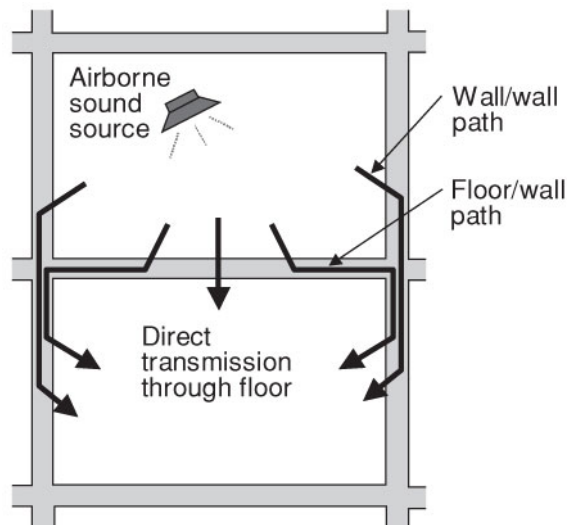


多频率发声装置

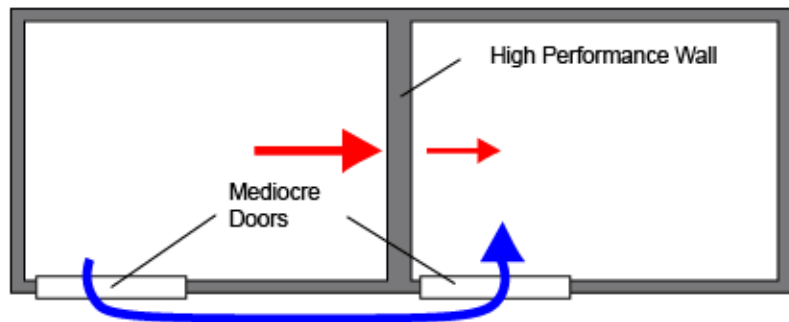
侧向传播

建筑噪声传播方式

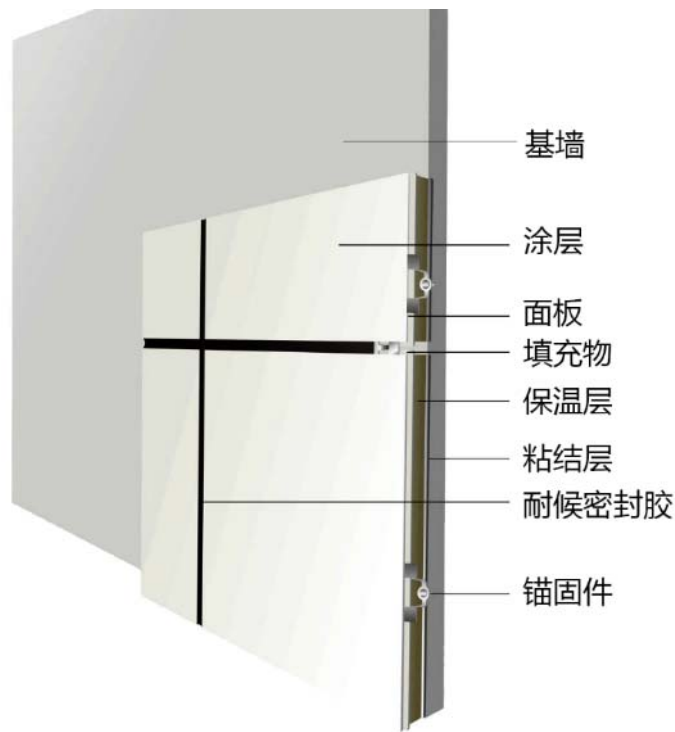
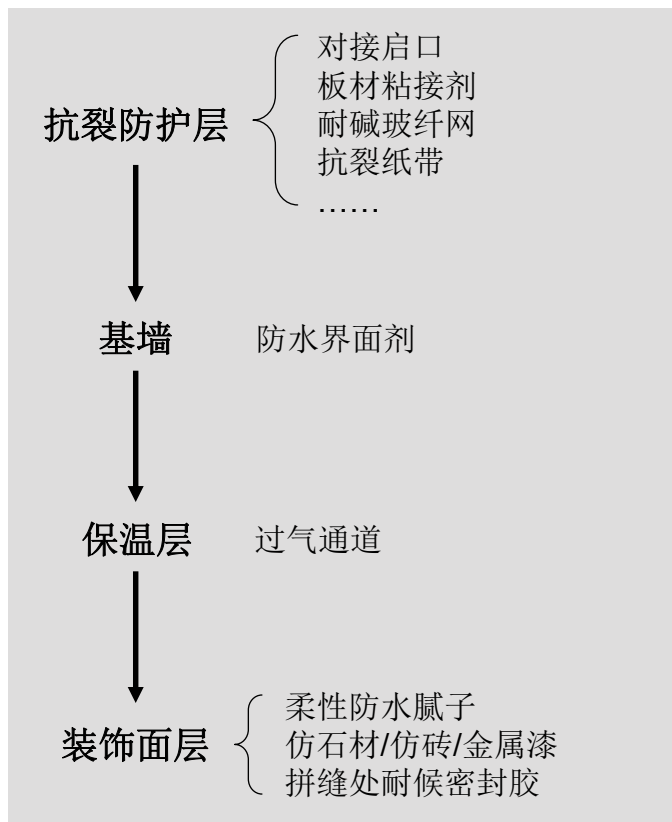
- 直接传播 (Direct)
- 侧向传播 (Flanking)



- 1、提升建筑密闭性，关注墙体缝隙、节点缝隙等处理。
- 2、结构上减少刚性接触以减少声桥。
- 3、管道、门窗是提高隔音效果的重点，双层中空窗、隔音良好的室内门能进一步提高隔音效果。



外墙渗漏



[结构防水+材料防水+构造防水]

外墙渗漏

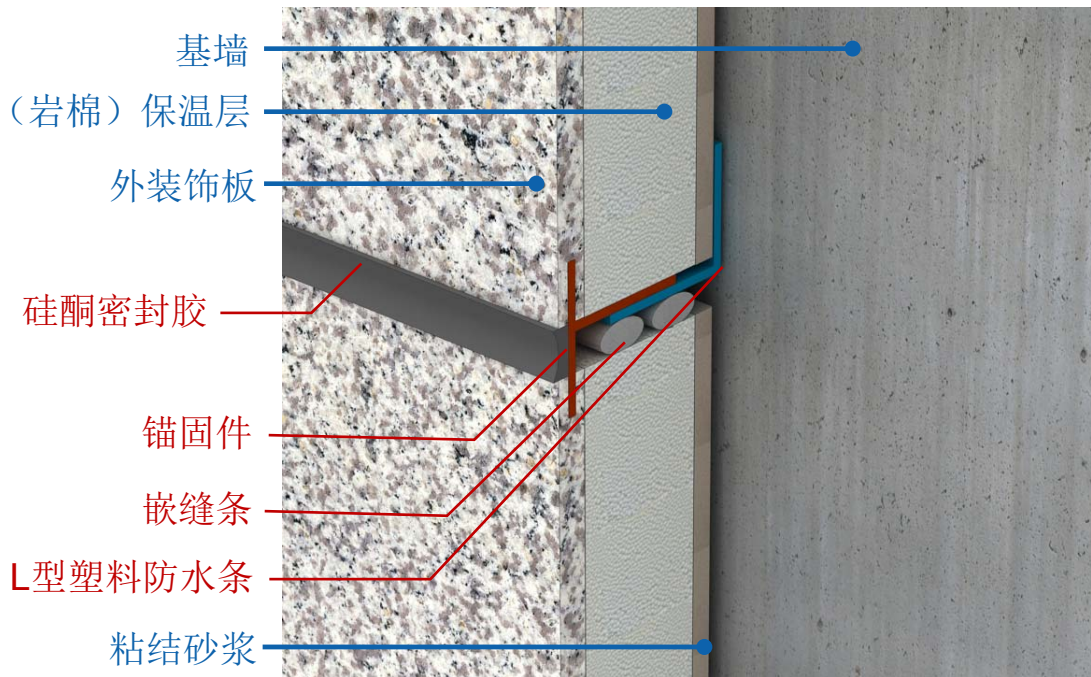
ALC墙板节点选用参考表

序号	安装方法	可承受的层间位移角					适用的结构类型及施工难易程度
		1/50	1/100	1/120	1/150	1/200	
1	外挂钩头螺栓法			○	○	○	适用于层间位移和刚度中等大小的钢和混凝土结构，干法，施工方便
2	内嵌钩头螺栓法			○	○	○	适用于层间位移和刚度中等大小的钢和混凝土结构，干法，施工方便
3	滑动螺栓法		○	○	○	⊗	适用于层间位移较大、刚度较小的钢结构，干法、施工方便
4	内置锚法	○	○	○	⊗	⊗	适用于层间位移较大、刚度较小的钢结构，干法、施工方便
5	摇摆螺栓节点	○	○	○	⊗	⊗	适用于层间位移较大、刚度较小的钢结构，干法、施工方便
6	自复位摇摆节点	○	○	⊗	⊗	⊗	适用于层间位移较大、刚度较小的钢结构
7	组装单元体节点	○	⊗	⊗	⊗	⊗	适用于层间位移较大、刚度较小的钢结构

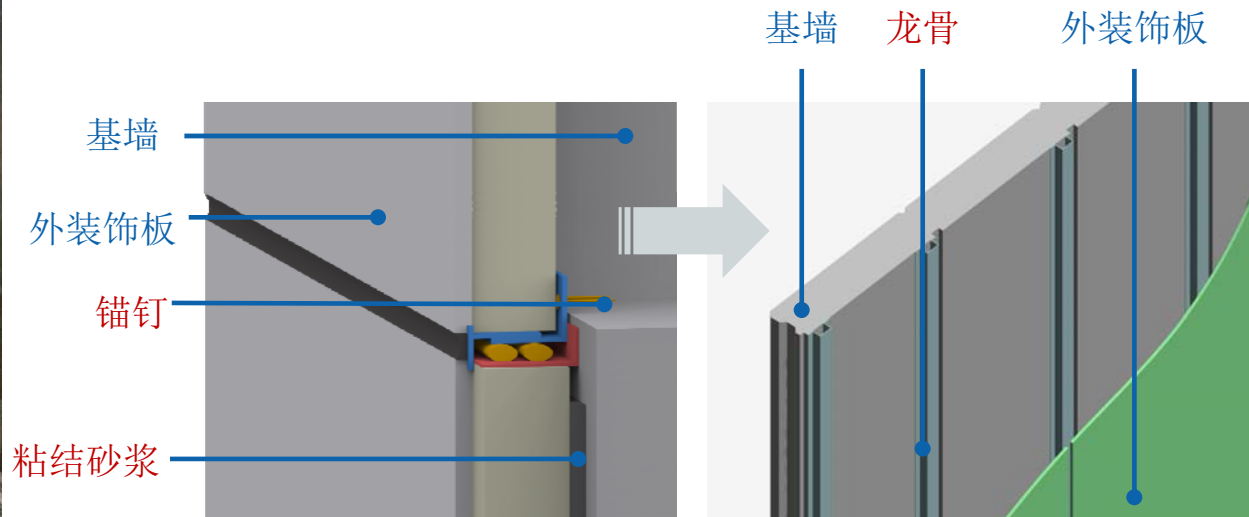
- 节点从上至下适应变形的能力越来越强，构造越来越复杂，成本越来越高；
- 要**综合考虑**项目特点、抗震和成本等多种因素，选择**最适合**的节点形式。

外墙渗漏

[节点防水构造优化]



外墙构造研究



乌鲁木齐遭遇大风 高空坠物致3人死亡21人受伤

施工机具研究

- 研究ALC板安装的**机械化、工业化**；
- 与设备厂商合作，开发**专业设备**；



- 避免多人搬运，施工快捷，安全可靠
- 节省人工及管理成本



项目实践

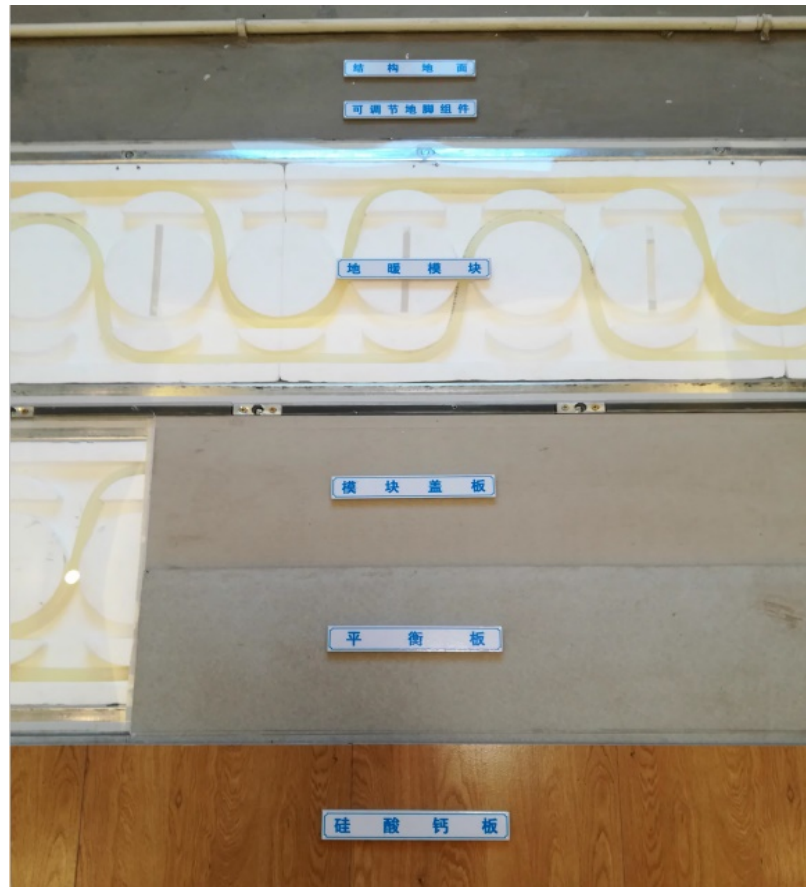
[装修及管线]

内装系统 工业化内装





[集成墙面系统]



[集成地面系统]

内装系统 工业化内装



[集成吊顶系统]



[集成厨房系统]

内装系统

工业化内装

[集成卫浴系统]



中建钢构



精心设计



精心施工

铁骨仁心 钢构未来