



隧道股份 市政集团

预制建筑网

浅谈PC深化设计 对装配整体式建筑成本的影响

张立
2017年10月



装配式
建筑

Part 1

PC深化
设计

Part 2

PC增量
成本

Part 3

结语

Part 4

预制建筑网



Part 1

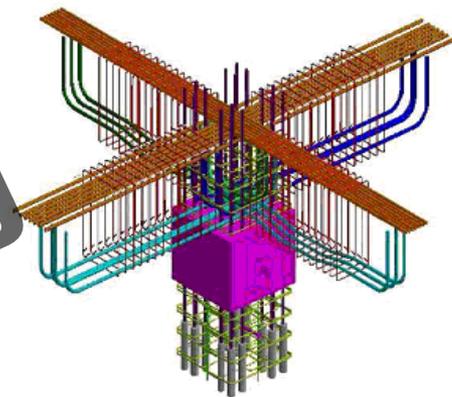
装配式建筑

预制建筑网

• 几个概念——什么是装配式建筑

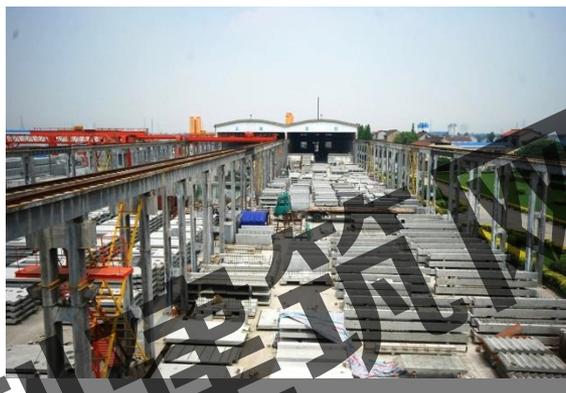
PC是Precast Concrete-预制混凝土。预制装配式建筑所采用的基本原理是将整栋建筑物的各部分分解成为个别预制构件，如柱、梁、墙、楼板、楼梯、阳台等，利用工厂工业化的生产方式，制作成各类钢筋混凝土构件，并通过运输工具将成品构件运输至施工现场，再在工地现场进行装配化施工。

——不可逆性、综合性



几个概念——什么是装配式建筑

设计先行
转为设计集成



手工作业
转为装配施工

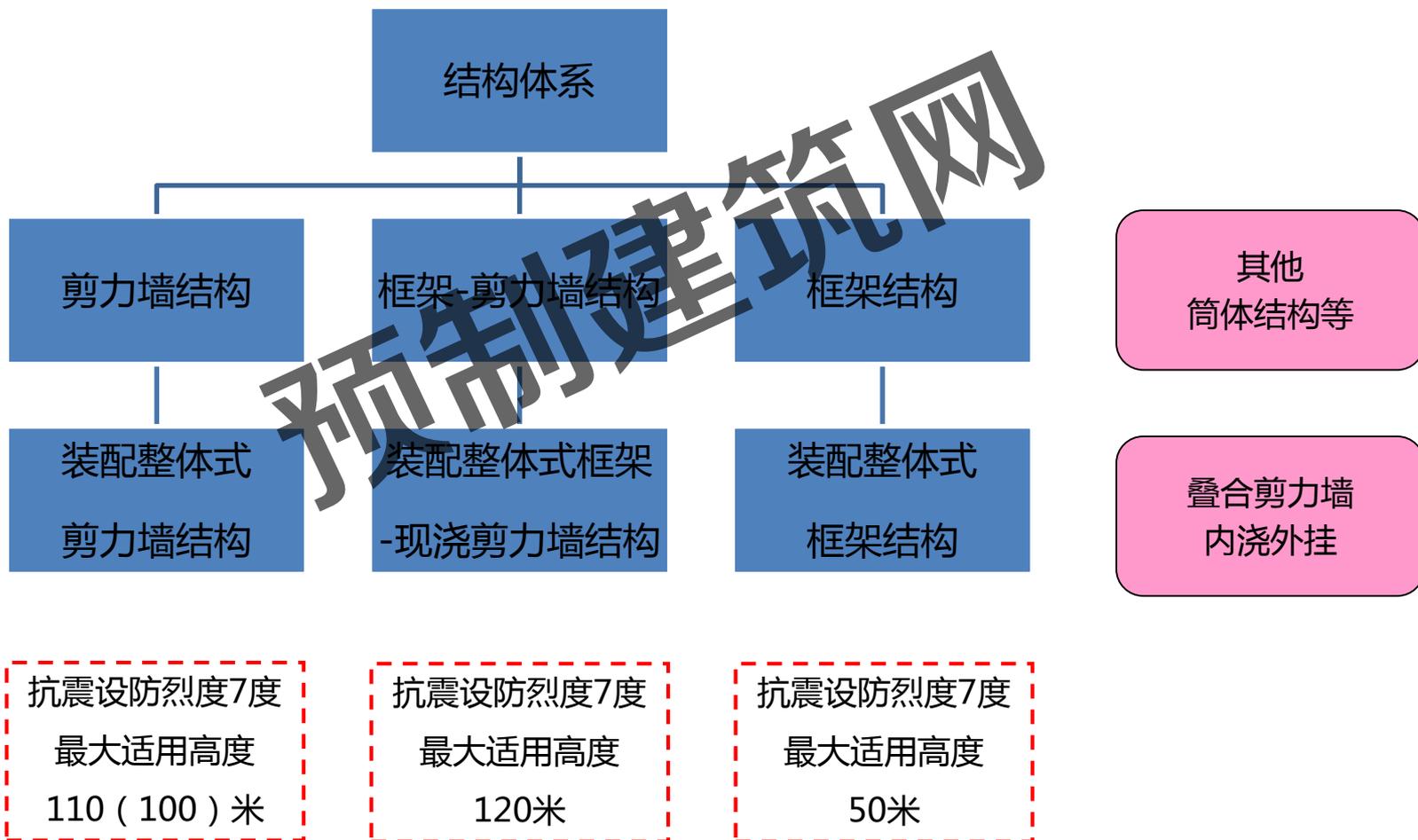
现场建造
转为工厂制作



建筑设计标准化-----以标准单元为基础
部品生产工厂化-----以工厂制作为条件
现场施工装配化-----以建造工法为核心
结构装修一体化-----以建筑设计为前提
建造过程信息化-----以信息技术为手段

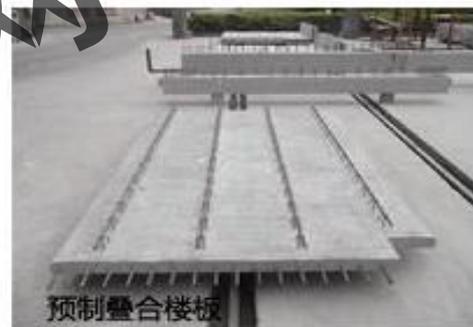


装配式建筑的结构体系



• 预制构件

框架结构主要预制构件如下



• 预制构件

剪力墙结构主要预制构件如下



• 预制构件

预制
外墙
构件



• 预制构件

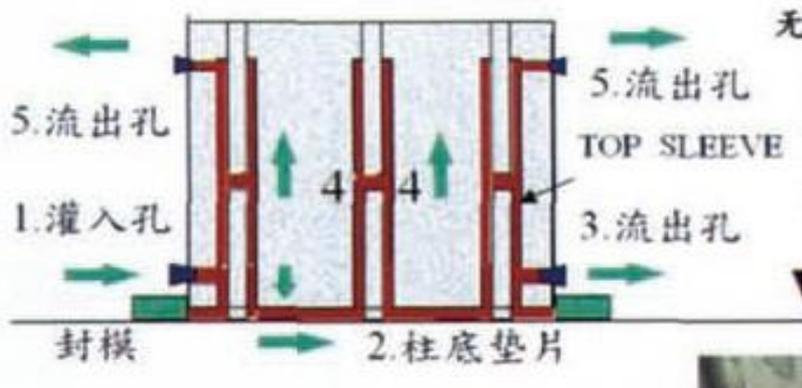
预制
外墙
构件



PC结构技术的核心——钢筋连接技术

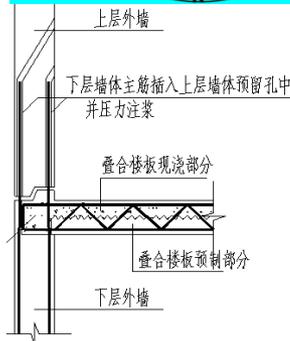
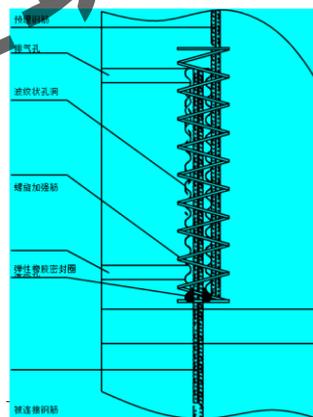
◆ 套筒灌浆连接技术：

球墨铸铁套筒或钢套筒+高强无收缩灌浆料
 施工可靠度高，价格高昂；



◆ 浆锚灌浆连接技术：

预留孔（或外包内置套箍）+高强无收缩灌浆料；
 价格低廉，施工可靠度较差，



Part 2

PC深化设计

预制建筑网

PC深化设计

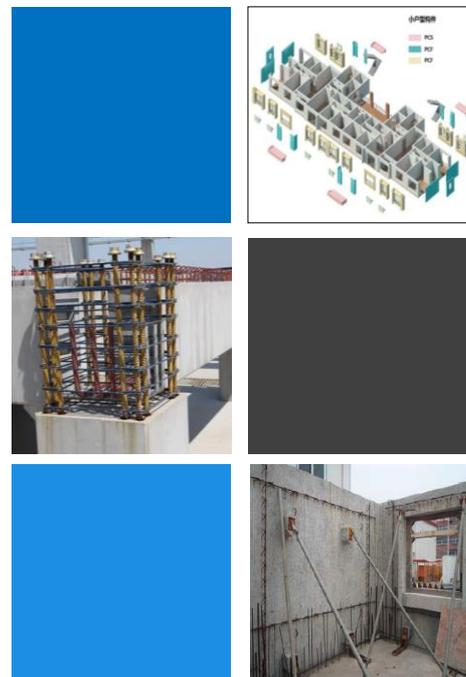
1、狭义

- ◆ PC方案设计（构件拆分设计）
- ◆ PC深化设计（构件详图设计）

2、广义

- ◆ PC深化设计（PC方案+PC深化）
- ◆ PC工程策划（设计策划、构件策划、施工策划等）

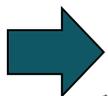
预制建筑网



设计阶段操作模式

传统建筑设计

方案设计



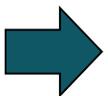
总体设计



施工图设计

装配式建筑设计

方案设计



总体设计



施工图设计

深化设计



PC方案设计



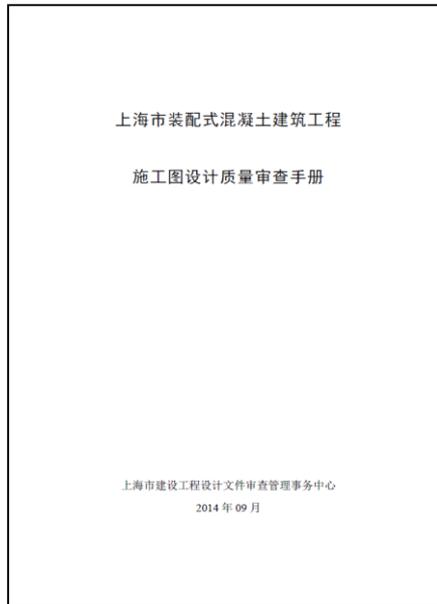
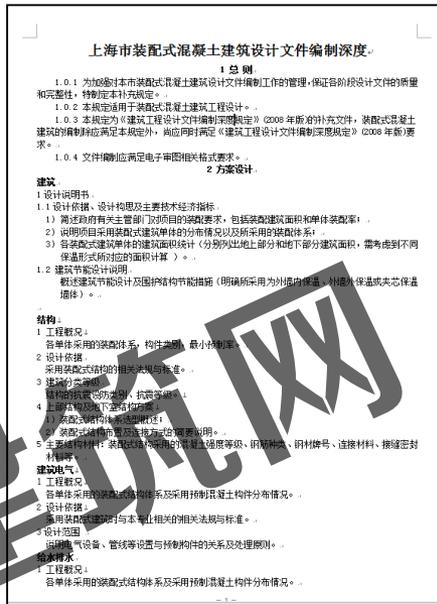
PC总体设计



PC施工图设计



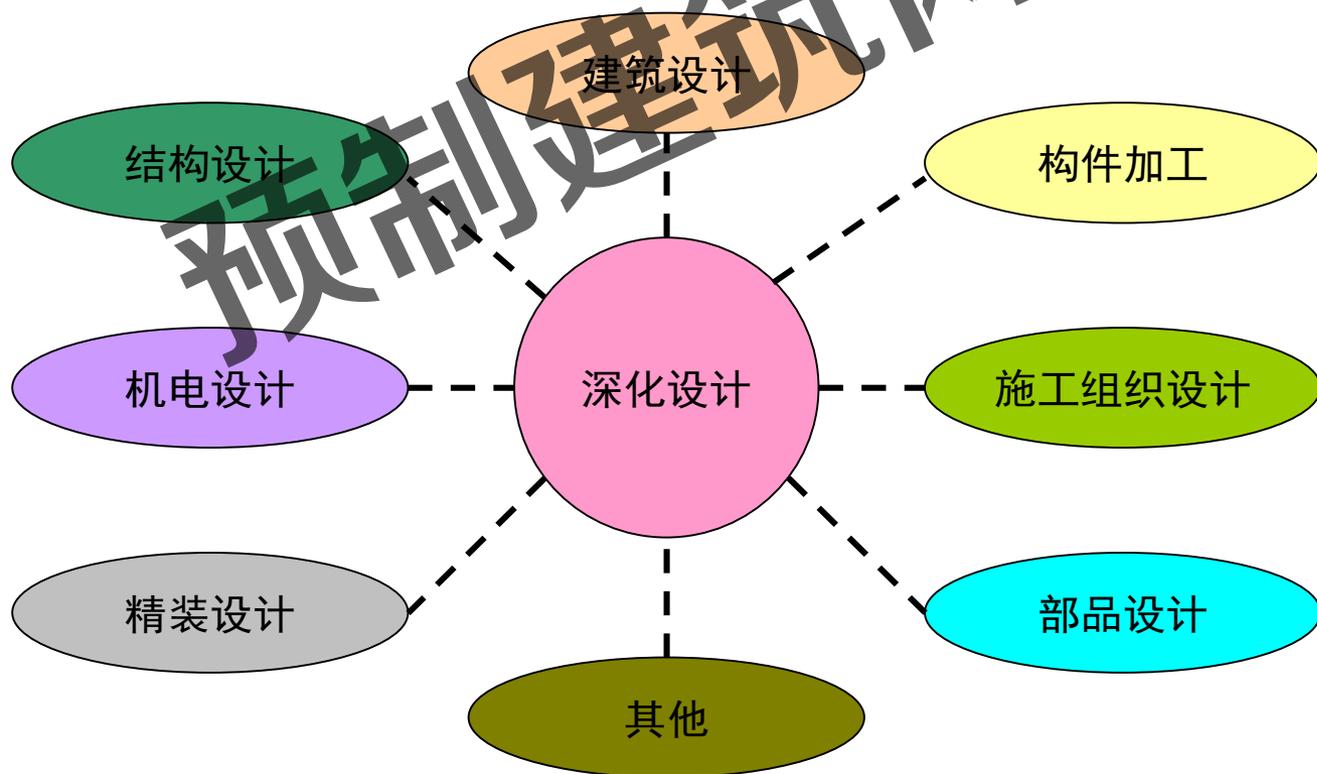
构件及施工策划



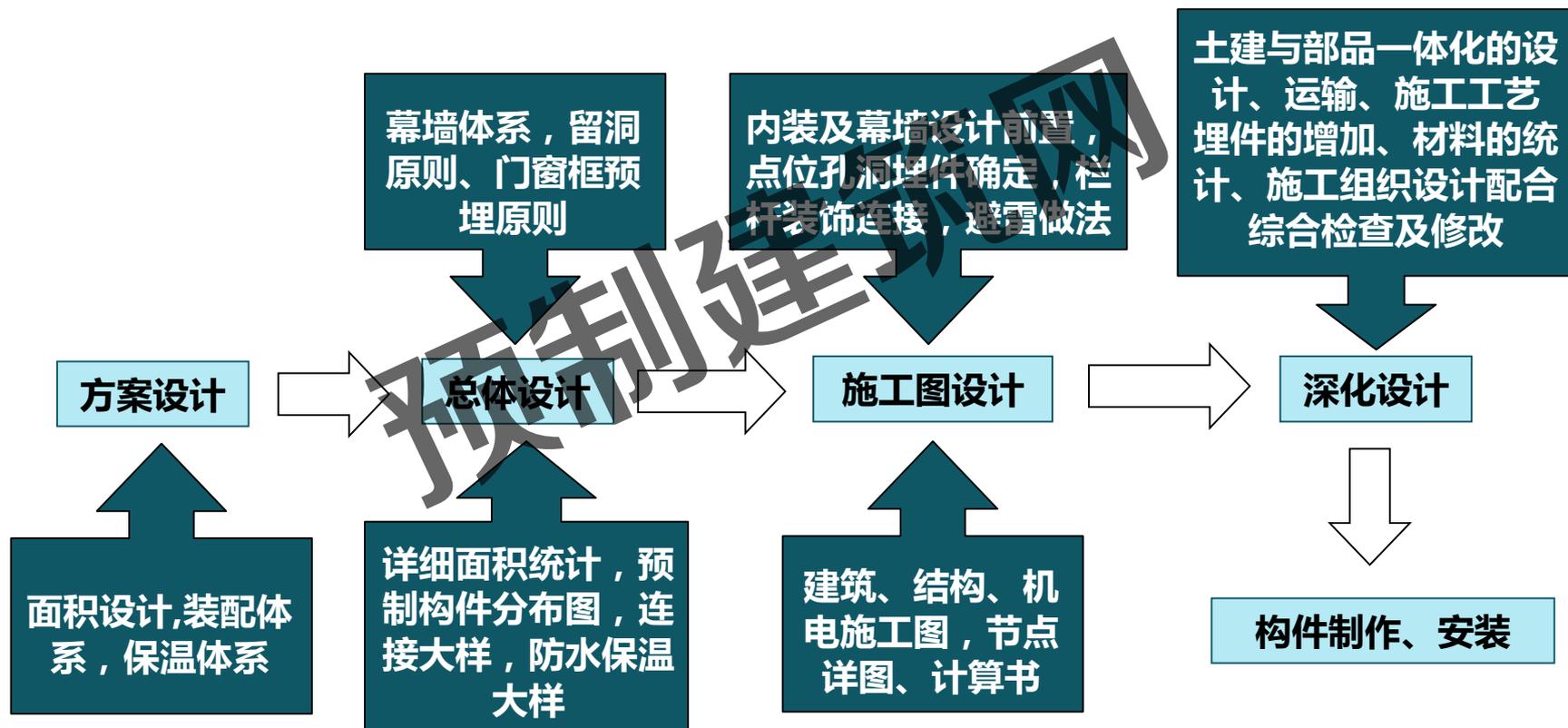
全过程一体化设计

- ◆ “集成化”设计——传统：设计专业割裂
- ◆ “施工图”设计——传统：设计施工脱离

专业性：“杂”



全过程一体化设计



PC深化设计流程

PC方案设计

——体系选择

内浇外挂体系

装配整体式剪力墙体系

预制建筑网



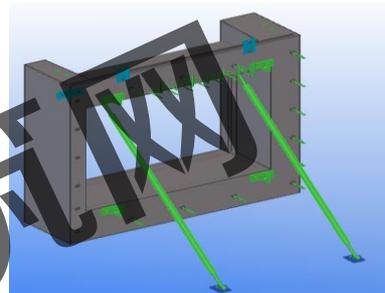
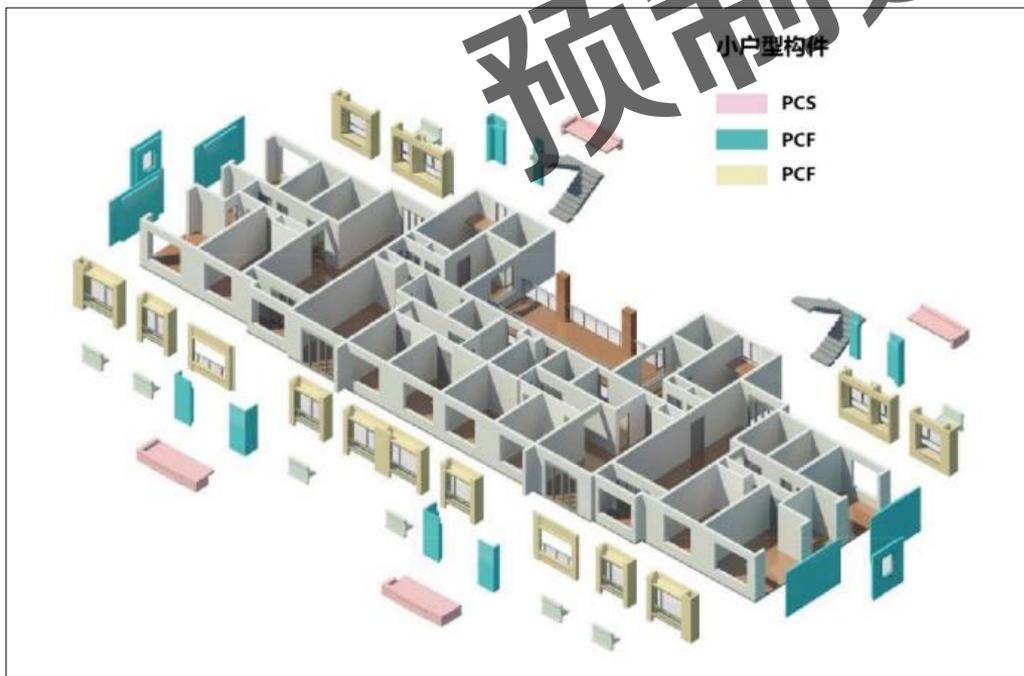
预制叠合剪力墙体系 (PCF)



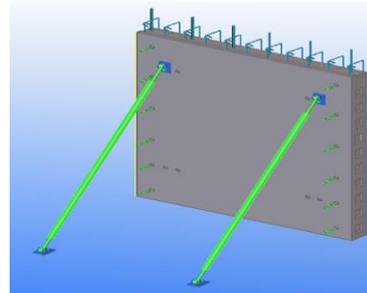
PC深化设计流程

PC方案设计

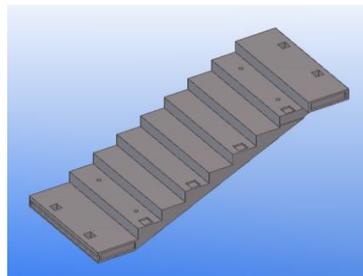
——拆分设计



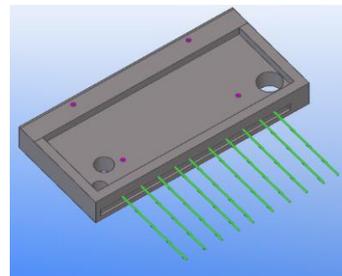
飘窗板



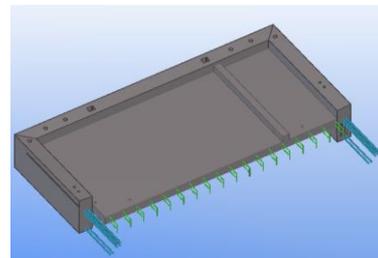
剪力墙板



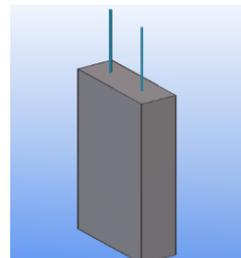
楼梯板



空调板



阳台板



装饰构件

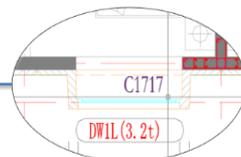
PC深化设计流程

PC深化设计

——构件设计

预制建筑网

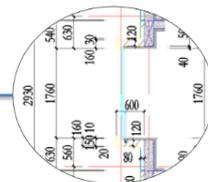
构件图



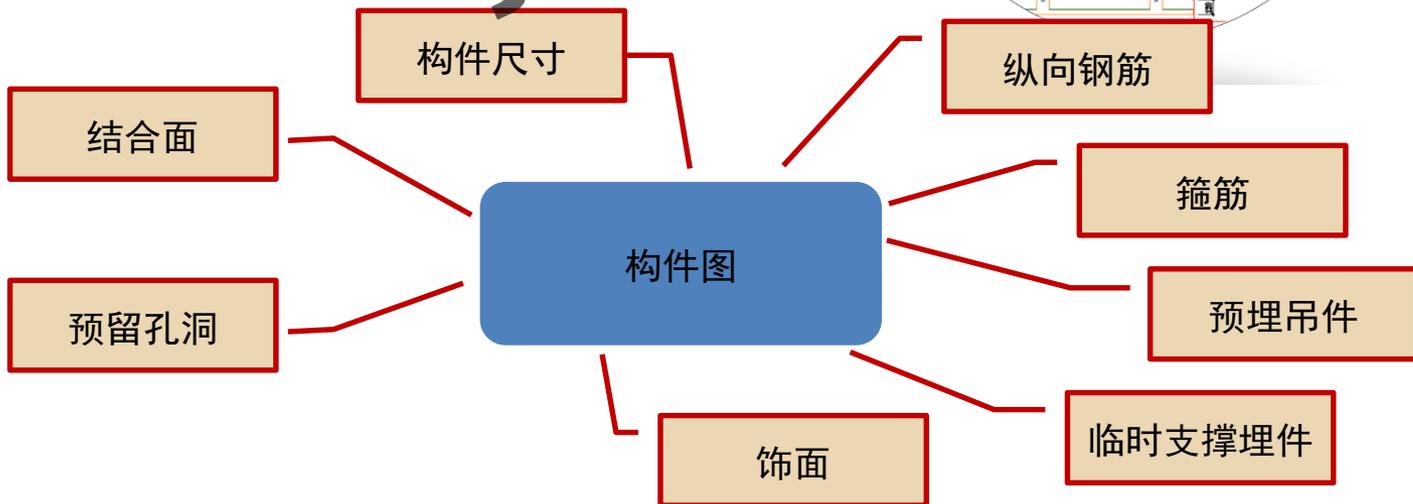
平面信息



立面信息



剖面信息

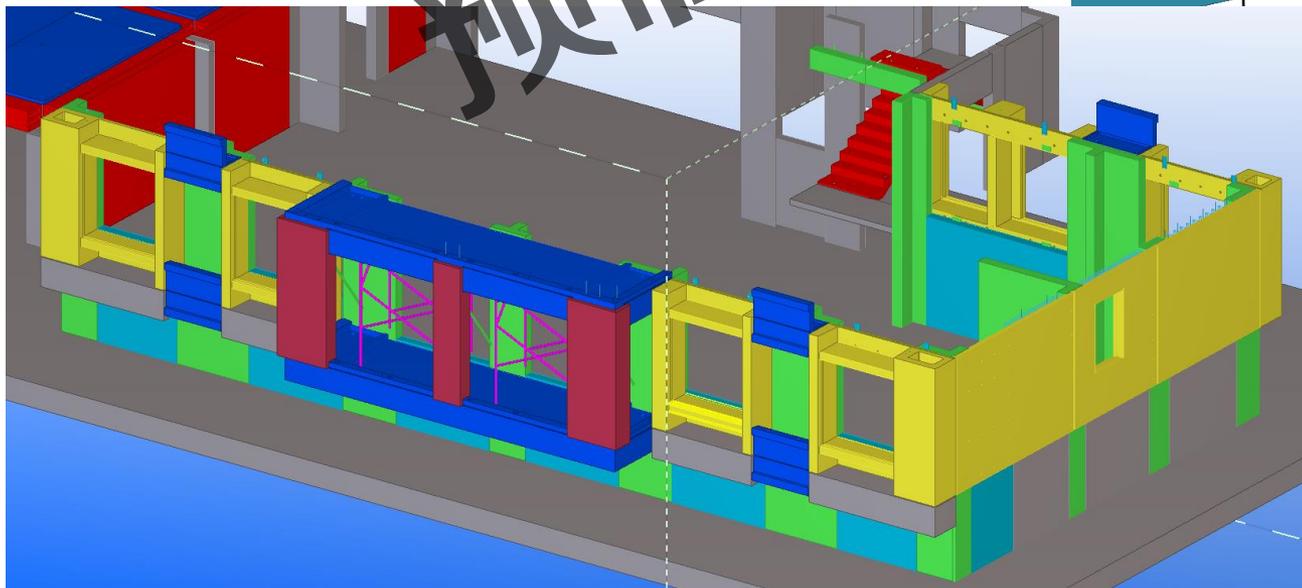
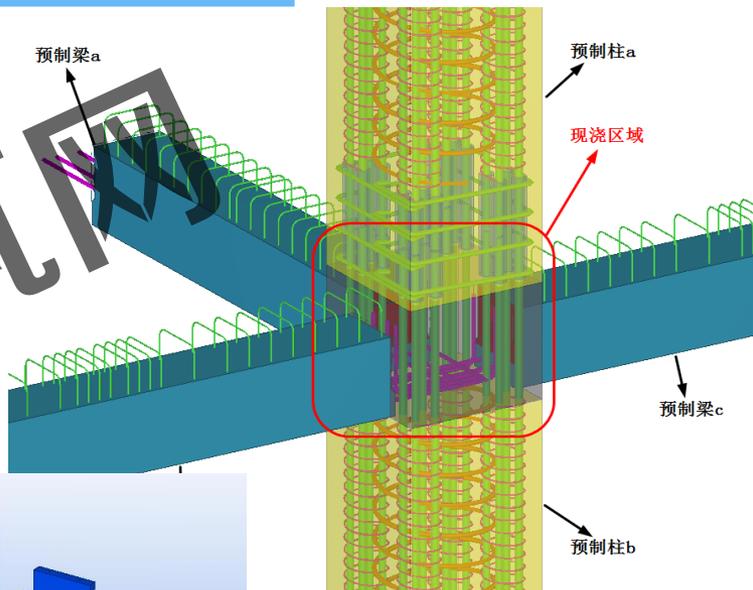


PC深化设计流程

PC深化设计

——模型校核

预制建筑网



PC深化设计——工程策划

施工总平面布置
(塔吊、便道、堆场)

施工进度计划
(总体, 标准层, 工序)

质量管理
(构件、吊装、灌浆)

人员管理
(项目团队、PC吊装)



技术管理
(专项方案、技术措施)

安全管理
(事前、事中、事后)

协调管理
(设计、构件、工序等)

材料管理
(吊具、支撑、辅材)

PC深化设计与各产业链关系

与生产的关系



机组流水线法

长线台座法

平台大小
养护密高度
翻转机等



PC深化设计与各产业链关系

与生产的关系



卧式浇注楼梯模具



立式浇注楼梯模具



一体式环绕浇注模具



组合式浇注楼梯模具

生产工艺
(正反立组)
模具设计
埋件设计

PC深化设计与各产业链关系

与生产的关系



构件堆放（平放）



构件堆放（竖放）



构件运输（平放）



构件运输（竖放）

构件堆放
构件运输

PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——场地道路

- 大板、重板采用20m长大挂车运输，每车运输9块板，包括车总重约45t，车宽3m。
- 小板采用16m长车运输，每车运输6块板，包括车总重约35t，车宽3m。



PC深化设计与各产业链关系

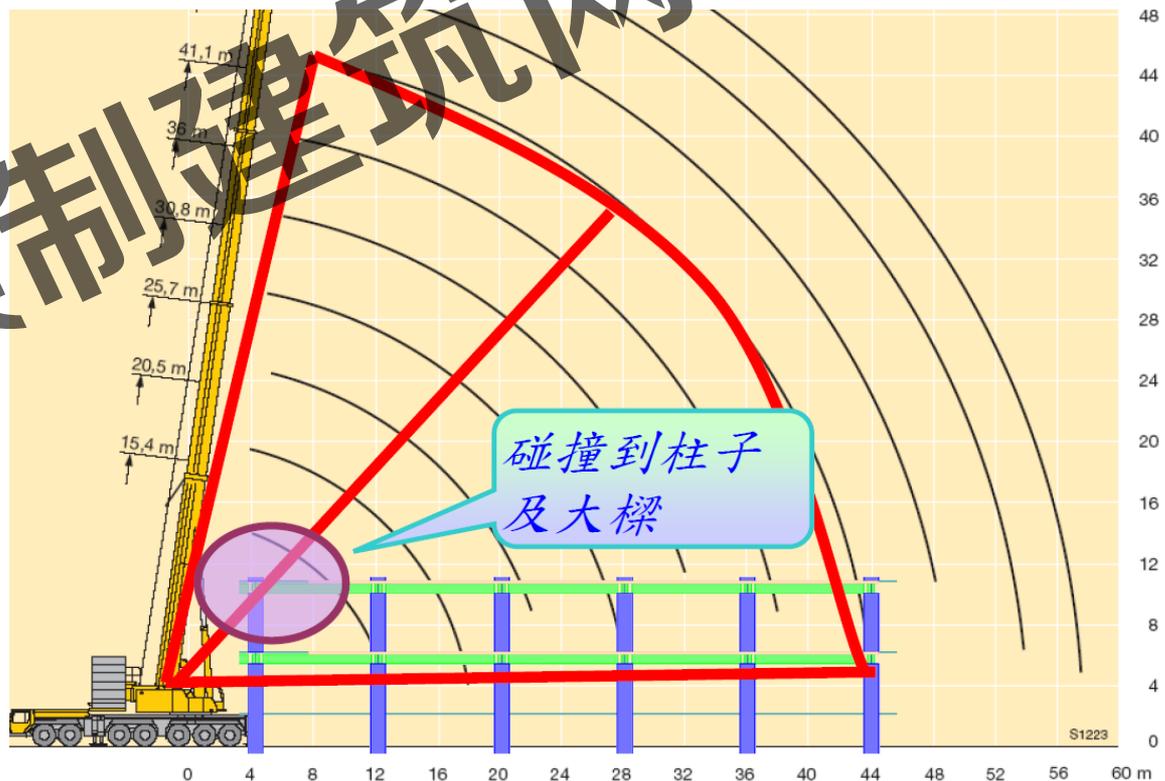
与施工的关系——堆场设置



现场构件堆场规划，是否能满足构件堆放、楼层吊装进度要求

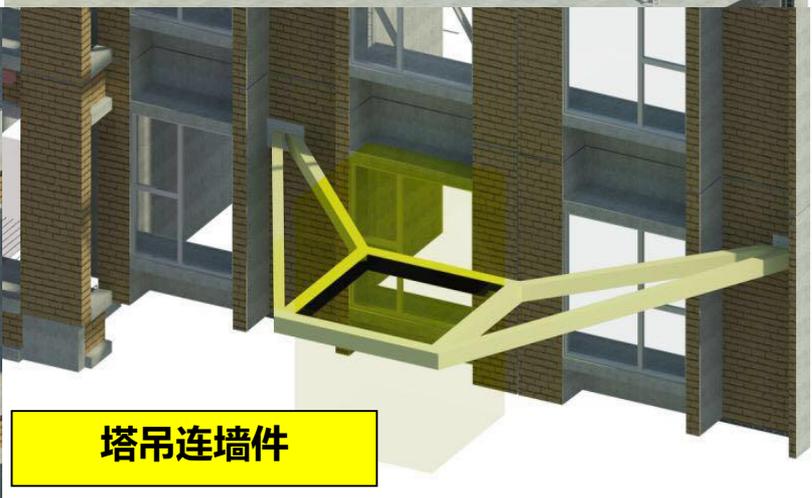
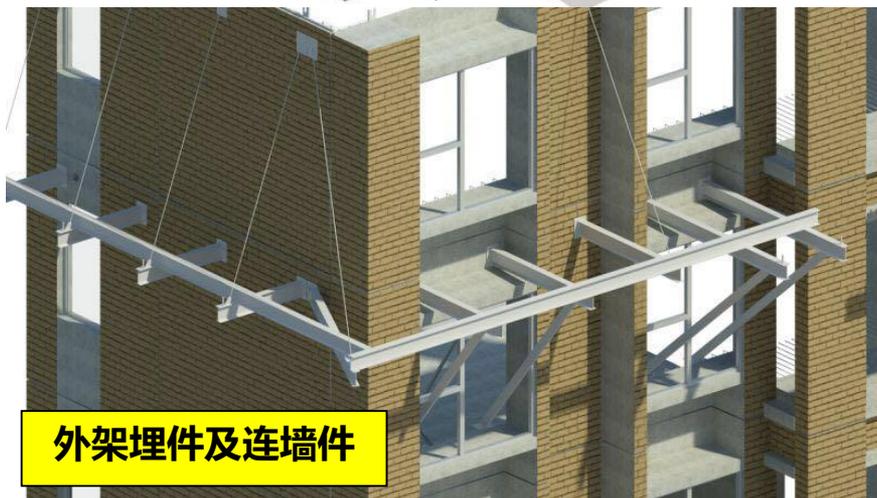
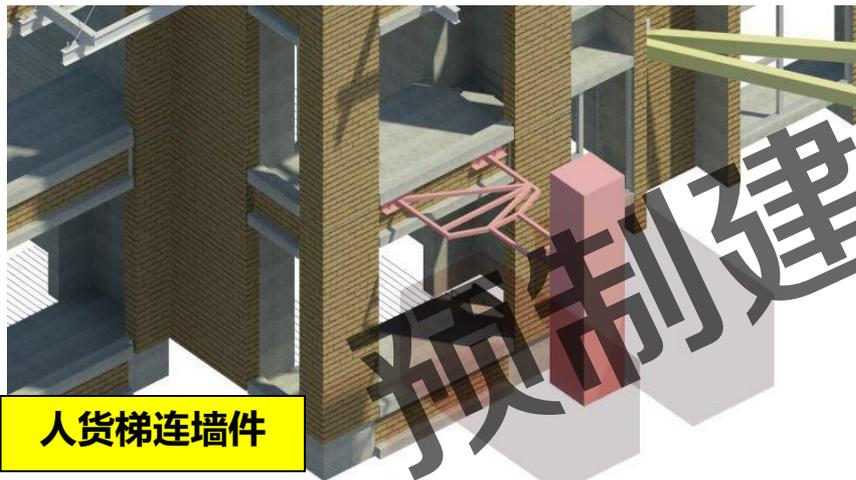
PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——起重设备



PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——连墙件及连接件



PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——专业吊具



PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——模板及支撑设计



铝模



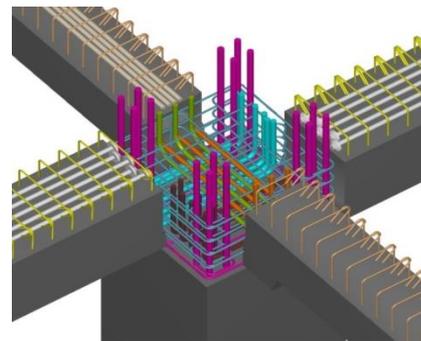
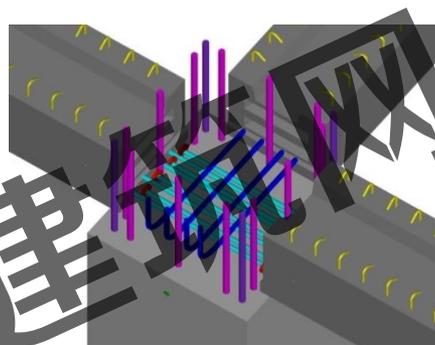
木模



PC深化设计与各产业链关系

与施工的关系——其他

- ◆ 构件吊装顺序
- ◆ 预制构件与现浇结构施工顺序
- ◆ 钢筋定位与套筒灌浆
- ◆ 操作外架等





Part 3

PC增量成本

预制建筑网

PC增量成本

增量成本（直接）



增量成本（间接）



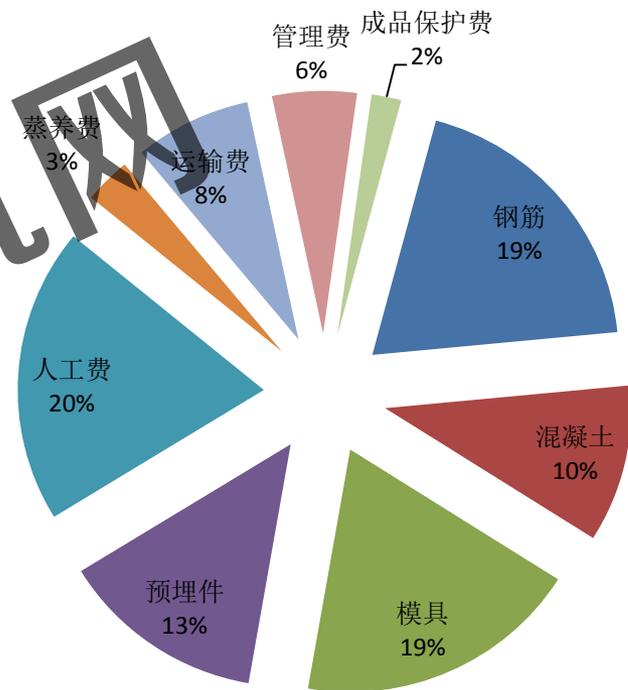
预制建筑网

PC增量成本——PC构件

2017年9月
上海市PC预制构件信息价
全网最新、最精准、最真实的定价

名称	规格	单位	含税价(元)	含钢量
PC预制外墙板	清水	m ³	4033.77	130.00kg/m ³
PCF预制外墙板	清水	m ³	4233.77	130.00kg/m ³
PC预制阳台板	清水	m ³	3857.71	160.00kg/m ³
PC预制空调板	清水	m ³	3857.71	160.00kg/m ³
PC预制主梁	清水	m ³	4612.16	260.00kg/m ³
PC预制次梁	清水	m ³	4581.27	240.00kg/m ³
PC预制柱	清水	m ³	4425.42	126.00kg/m ³
PC预制叠合板	清水 60mm板厚	m ³	3751.80	280.00kg/m ³
	清水 70mm板厚	m ³	3701.11	280.00kg/m ³
PC预制楼梯	清水	m ³	3487.64	125.00kg/m ³
PC夹心保温外墙板	清水30mm厚	m ³	4762.12	100.00kg/m ³
加瓷砖饰面		m ²	125.00	不含瓷砖费
加石材饰面		m ²	380.00	不含石材费
套筒灌浆料		t	6000.00	

以上信息来源于上海市工程建设质量管理协会预制构件专业委员会



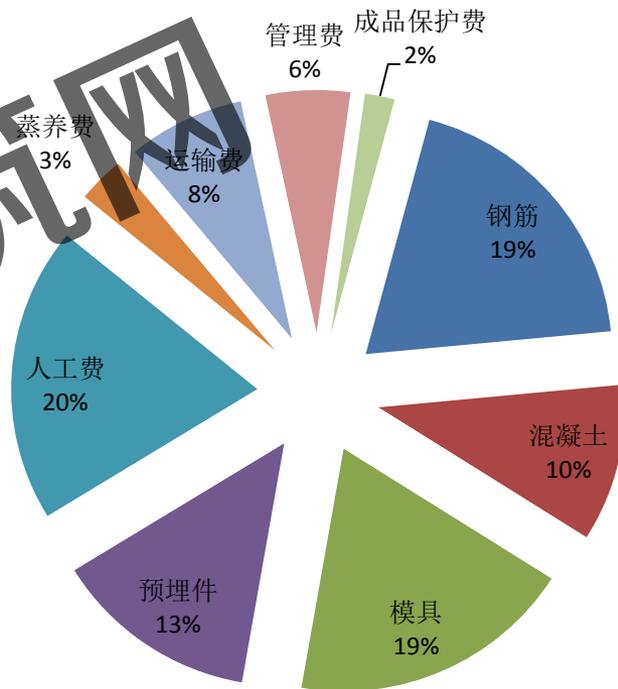
主控因素：

- ◆ 主材占比约30%
- ◆ 人工费占比约20%
- ◆ 模具费占比19%

注：1、饰面辅助材料费另行计算；
2、各类构件价格应根据含钢量的变化调整；
3、本价格为到工地价（运距80km以内），不包括卸车费。

PC增量成本——PC构件

- ◆ 主材：结构优化含钢量，减少构造配筋；
- ◆ 人工：标准化设计，优化及简化工艺，构件简易化，选择合适的部位进行预制；
- ◆ 模具：标准化设计，简易化设计，提高模具重复使用率；
预埋件：埋件多功能性；
(构件尺寸不宜过小)
- ◆ 运输费：控制运输半径，提升运输效率；
(构件尺寸不宜大于5m，凸窗平面外尺寸不应大于600mm，运输半径不宜大于100km，运输效率不宜低于65%)



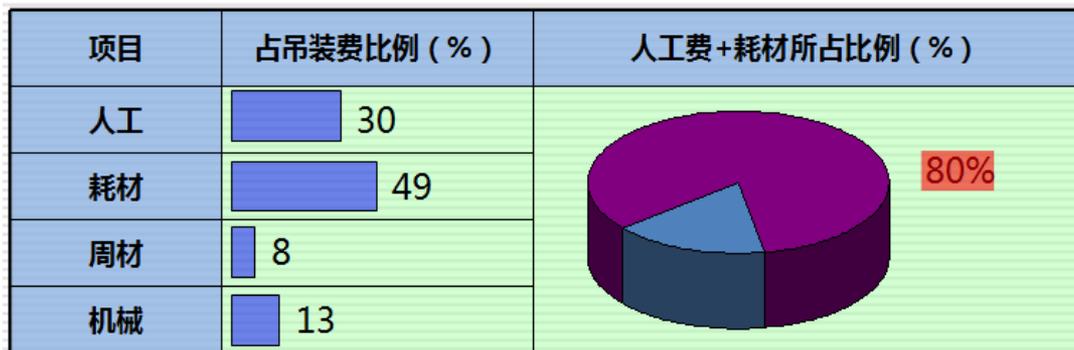
PC增量成本——PC构件

序号	指标名称	控制及建议值	说明
1	PC剪力墙板钢筋含量	160kg/m ³	单块PC墙板钢筋/该墙板砼体积
2	PC剪力墙板混凝土含量	0.1m ³ /m ²	单层PC墙板砼总量/单层建筑面积
3	总体钢筋增量	3.5kg/m ²	单层PC墙板钢筋总量/单层建筑面积
4	墙板尺寸	5m	最大PC墙板长度
5	平面外凹凸尺寸	0.6m	凸窗等部位在PC墙平面外凹凸尺寸
6	运输效率	65%	装车构件总重/车辆负荷
7	预埋件含量	60kg/m ³	单块PC墙板中预埋件重量/该墙板体积
8	运输距离	100km	
9	模具周转	120次	

PC增量成本——PC构件吊装

- ◆ 根据统计，吊装费用中人工、耗材、周材和机械其百分比分别为30%、49%、8%、13%，其中人工+耗材合计约占总费用的80%；
- ◆ 因此**人工费**和**耗材费**是吊装费的主要组成部分，控制吊装费必须控制人工费和耗材使用。

PC构件吊装费组成



项目		
人工费用		
工种	起重工	
	电焊工	
	普工	
材料费用		
耗材	灌浆料	
	2*3CM止水胶条(PE条横向)	
	快干水泥(底部用防水砂浆)	
	内径13mm橡胶塞	
	内径22mm橡胶塞	
	密封胶	
	自粘性橡胶条(白色防漏浆胶带)	
	竖缝橡胶条胶条(圆形白色PE条)	
	铁件周材	电焊条/KG
		ct4(50)
		cp3
		cp5
		cz6
cz1		
高强螺丝		
U44		
周材	斜撑	
	货架	
	平衡吊具	
机械费用(台班)		
机械	电焊机	
	电箱(380)	
	电箱(220)	
	汽车吊(50T)	
	汽车吊(25T)	
	灌浆机(200L)	
	空压机	
	其他机械费(千斤顶、手拉葫芦等)	

PC增量成本——PC构件吊装

◆ 从下表看出，无论是从单位面积下的人工费，还是从人工费占比来看，PCF体系 > 装配式整体式剪力墙+PCF体系 > 装配式整体式剪力墙体系；**影响性因素主要有构件数量和构件重量两个方面；**

PC构件吊装人工费统计表

体系及说明	预制率要求	预制构件类型	标准层数量 (个)	预制构件方量 (m ³)	标准层建筑面积 (m ²)	人工费		
						数量 (元)	人工 (元/m ²)	比例
PCF体系	不低于25%	PCF版, 飘窗板, 围护外墙, 楼板, 楼梯, 空调板	63	46.44	510	14632.8	28.69	36.40%
装配式整体式剪力墙	不低于25%	飘窗板, 剪力墙版, 楼梯, 阳台板	23	51.62	367	6773.2	18.46	25.97%
PCF体系	不低于15%	PCF版, 飘窗板, 围护外墙, 楼板, 阳台板, 空调板	38	48	432	7596	17.58	31.84%
装配式整体式剪力墙+PCF	不低于25%	PCF版, 飘窗板, 围护外墙, 剪力墙版, 楼梯, 空调板	33	47.57	376	7618.6	20.26	27.01%
装配式整体式剪力墙+PCF	不低于25%	PCF版, 围护外墙, 剪力墙版, 楼梯, 空调板	48	47.01	480	10759.3	22.42	30.67%
PCF体系	不低于15%	PCF版, 围护外墙, 楼梯	32	33	387	15283.95	39.49	40.01%

PC增量成本——PC构件吊装

- ◆ 从工效来看，尽量**避免选择女儿墙预制**；
- ◆ 竖向预制构件吊装消耗人工数大于水平构件，在预制率有一定要求的情况下，**选择水平构件预制优于竖向受力构件**；
- ◆ 从现场操作难易程度和吊装工效综合分析，构件拆分设计中**尽量选择飘窗、楼梯、阳台、装饰柱、楼板等构件进行预制**，为保证外墙的预制面积，可适当选择外墙PC版进行预制；
- ◆ 考虑构件的吊装和调整操作性，外墙PC板**构件重量宜小于5t**；
- ◆ 预制率30%以内，单层构件安装宜控制在1~2天，预制率大于40%，单层构件安装宜控制在3~4天，**拆分设计需控制构件数量**；

单块构件吊装工效分析表

序号	构件类型	参考吨数	吊装时间	调整时间	人工	总耗时
1	PC板	3.1	20	30	12	50
2	PCF板	1.76	13	15	12	28
3	飘窗	2.87	15	20	12	35
4	楼梯	1.73	30		7	30
5	阳台	4.52	30		7	30
6	装饰柱	1.8	15	15	8	30
7	楼板	1.5	15	15	6	30
8	女儿墙	0.7	30	20	12	50

PC增量成本——PC构件吊装

PC构件吊装耗材统计分析表

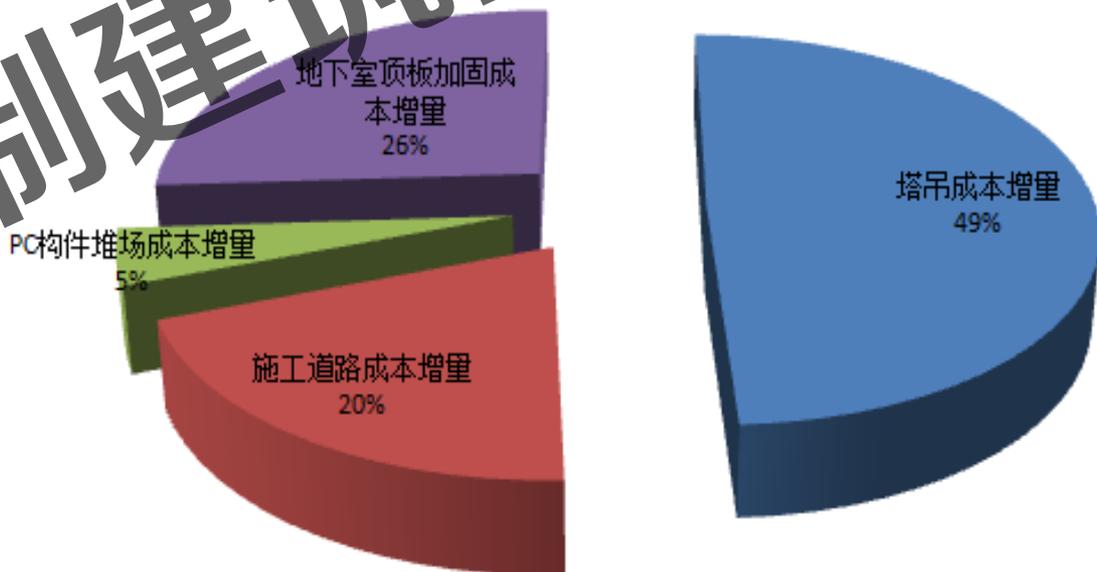
序号	PC结构体系	备注	灌浆料占比	密封胶占比	铁件占比
1	PCF体系	无灌浆料	1.21%	56.40%	42.14%
2	装配整体式剪力墙	竖向无打胶无连接件	70.72%	24.56%	4.72%
3	装配整体式剪力墙+PCF		37.02%	42.82%	20.15%
4	装配整体式剪力墙+PCF	铁件外连接	37.10%	56.59%	6.30%

- ◆ 耗材的组成主要包括套筒灌浆料、密封胶及临时铁件三部分组成。从上图可以看出，**套筒灌浆料、密封胶、铁件损耗**三个方面各有其影响。
- ◆ **影响套筒灌浆料用量的因素是装配式体系**，装配整体式剪力墙体系（带暗柱预制）> 装配整体式剪力墙体系+PCF体系 > PCF体系。暗柱部分预制比墙身预制灌浆料用量增加一倍，占整体吊装费用的 $24.75/71.06=35\%$ ，因此尽量减少暗柱部位预制可以有效控制套筒灌浆料的成本；
- ◆ **影响密封胶的用量的因素包括装配式体系和构件数量两个方面**，PCF体系用量 > 装配整体式剪力墙体系+PCF体系 > 装配整体式剪力墙体系；标准层预制构件数量越多，即接缝长度越长，密封胶材料使用量即越大；

PC增量成本——措施费

PC施工措施费成本增量共有以下四方面组成：

- ◆ 起重设备成本增量
- ◆ 施工道路成本增量
(宜利用消防通道)
- ◆ PC构件堆场成本增量
(近塔吊及便道布置)
- ◆ 地下室顶板加固成本增量
(满堂架后拆除方案)



PC增量成本——措施费

PC施工措施费成本增量共有以下四方面组成：

◆ 起重设备成本增量

1. 相比较现浇建筑，装配式建筑每个单体需配置至少一台塔吊，因此总体数量有所增加；
2. 装配式建筑最重构件重量约6t，需配置7030型塔吊，想较于常规6515塔吊，租赁费增加；

塔吊数据库

塔吊型号	类型 (平臂、动臂)	有效工作幅度 (m) 最小及最大工作幅度	额定起重力矩 (KNm)	最大额定起 重量 (t)	最大起升 高度 (m)	月租费 (万元/ 台.月)	备注
TC6010	平臂	2.5-60	800	6	220	1.8	1.8
TC6015	平臂	2.5-60	1250	10	220	2.8	2.8
TC6515	平臂	2.5-65	1600	12	200	3.2	3.2
ST7027	平臂	3.2-70	2500	16	180.2	5	5
JL7050	平臂	2.8-70	4000	20	300	11	11
QTD480	动臂	4.58-50	4800	32	409	13	13
TCR6055	动臂	5.5-60	6300	32	220	20	20

PC增量成本——措施费

PC施工措施费成本增量共有以下四方面组成：

◆ 施工道路成本增量

序号	名称	道路宽度	道路结构	备注
1	传统现浇	环形道路6m 施工道路4m	100mm垫层 200mm C30砼 Ø10@200 双层双向钢筋	结论： 在采用PC结构的情况下， 施工道路成本增量 约为 12~18元/平方米
2	装配式	环形道路 8m 施工道路 6m	200mm 垫层 300mm C30砼 Ø12 @200 双层双向钢筋	

◆ 堆场成本增量

按照每个建筑单体均配置堆场，新增的PC构件堆场成本增量约为3~5元/平方米

PC增量成本——措施费

PC施工措施费成本增量共有以下四方面组成：

◆ 地下室顶板加固成本增量

序号	名称	方案	做法	备注
1	地下室顶板加固	满堂排架搭设后 暂不拆除	Ø48.8*3.6钢管 立杆间距900*900mm 步距1500mm	结论： 在采用PC结构的情况下，顶板加固成本增量 约为15~20元/平方米

PC增量成本——间接

增量成本（间接）

施工阶段

工期延误

施工阶段

变更设计

运维阶段

维修成本

运维阶段

得房率

措施费
人工费
管理成本
财务成本等

缺乏总体策划

工序及设备使用冲突

产能不足

业主提资未前置

流程增加环节



PC增量成本——间接

增量成本（间接）

施工阶段

工期延误

施工阶段

变更设计

运维阶段

维修成本

运维阶段

得房率

构件成本

模具加工

材料备料

供货进度

预制建筑网

PC增量成本——间接

增量成本（间接）

施工阶段

工期延误

施工阶段

变更设计

运维阶段

维修成本

运维阶段

得房率

密封胶

得房率

预制建筑网

PC增量成本——设计建议

标准化建议

- ◆选择标准层预制，立面线条优先选择非混凝土材质，构件采用反打工艺，底模可利用既有平台，减少模具费用；
- ◆顶层建筑标高与结构标高差值与标准层保持一致，顶层板高度与标准层一致；
- ◆建议双跑楼梯走向一致；

其他建议

- ◆结构布置时，以大空间设计为优，减少次梁的设置；
- ◆结构尽量避免设计上翻梁或上抬楼板；
- ◆预制楼梯两端建议设计成铰支座，以利于施工；
- ◆剪力墙套筒设计时，套筒间距尽量保持一致；
- ◆构件内预埋件（斜撑、脱模、模板预埋件等）设计时需考虑模数化设计；

Part 4

结语

预制建筑网



结语：

- ◆ 装配式建筑是建筑业转型升级的必然趋势，目前仍处于发展的起步阶段；
- ◆ 装配式建筑相对于传统现浇建筑现阶段存在一定的增量成本；
- ◆ 装配式结构工程是一项系统工程，表面上改变的是施工工艺，本质上改变的是管理系统；
- ◆ 装配式结构工程的良性发展需要设计与施工的深度融合、需要依托更多的专业化队伍和配套专业产品；



隧道股份 市政集团

预制建筑网
敬请批评指正
谢谢！

张立

联系电话：18616365776

E-mail：zitaoina@163.com