



PRACTICE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF LONGYUEJU PHASE III SOCIAL SECURITY HOUSING

龙悦居三期保障性住房的工业化实践

撰文 张博为 付琼娅 周华 华阳国际设计集团建筑产业化公司

摘要 以龙悦居三期保障房项目为例，从设计理念及施工工法体系等方面进行剖析，系统介绍“内浇外挂”体系的施工技术，探讨经济节约型社会环境下工业化预制技术在保障性住房中的运用，有助于推动我国住宅产业化发展。

关键词 保障性住房 工业化技术 标准化设计 装配化施工

1 项目概述

作为深圳2011年度的重大项目之一，位于龙华扩展区的龙悦居三期是采用工业化生产方式建设的政府公共租赁住房，也是华南地区第一个工业化保障性住房项目。该项目总建筑面积约21.6万 m^2 ，整个小区由6栋26~28层的高层住宅组成，包含35，50，70 m^2 三种户型，共4 002套。设计采用“模数化”、“标准化”、“模块化”的工业化设计理念，以实用、经济、美观为基本原则，发挥工业化优势，控制造价，在让工业化的推广价值得到体现的同时，给居民特别是老年

人和小孩提供充足的活动场所，创建绿色环保社区（图1~3）。

2 标准化模块化设计理念

龙悦居三期属于保障性住房项目，应用何种方法才能实现其高耐久性、低成本的设计目标，是设计团队最关心的问题。工业化设计与传统设计方法不同，只有在设计前期对标准化进行充分的考虑，才能在建造（生产、施工）的全过程有效地控制成本。因此，本项目应用了模数化、模块化的设计方法，形成了三种标准化户型模块。通过这三种标准户型模块的复制与组合，形成两种标准组合平



图1 规划总平面



图2 实景图



图3 夜景图



图4 标准层平面图

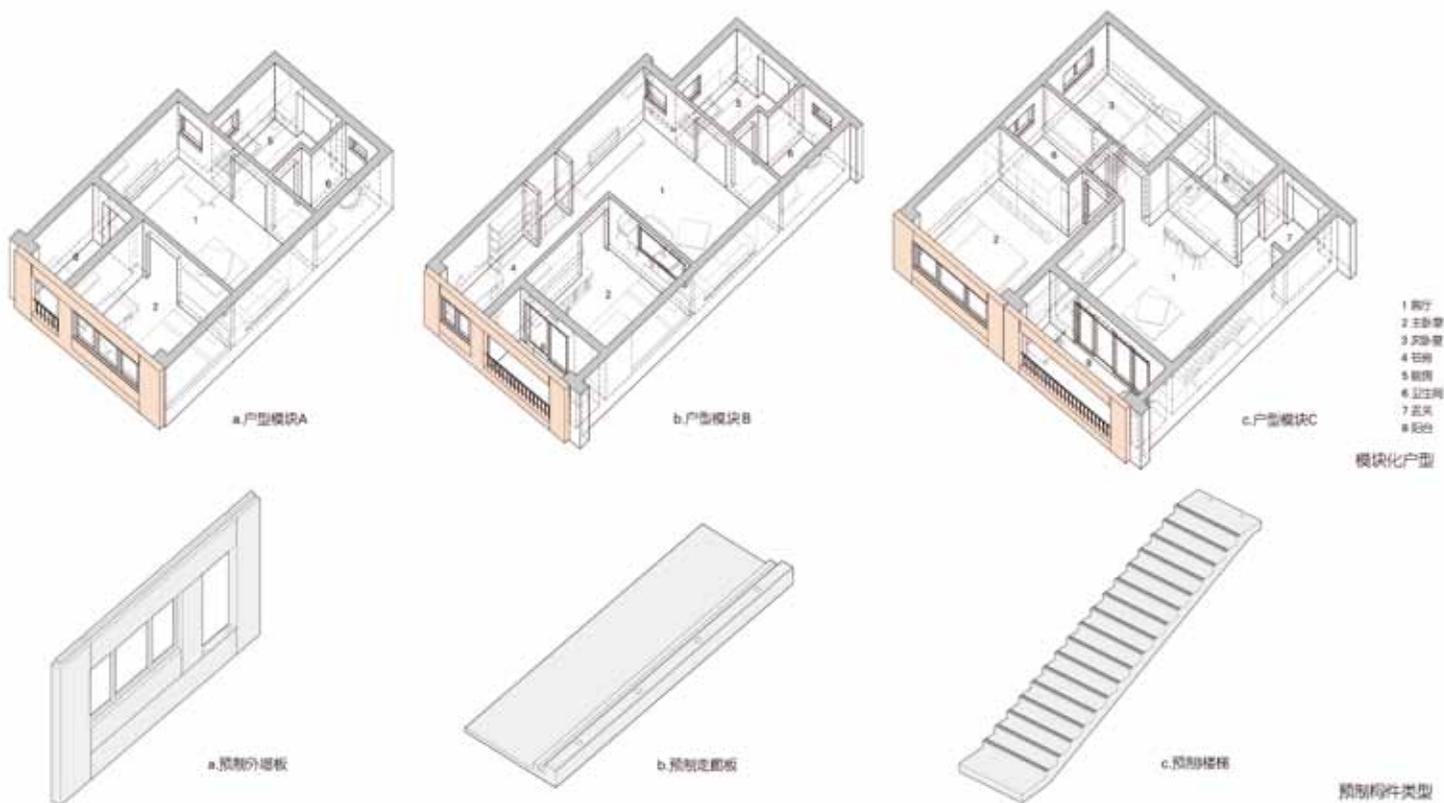


图5 标准户型与预制构件

面，实现了外墙种类最少化与标准层公共空间配置标准的一致性，为工业化技术的应用奠定了较好的设计基础（图4）。

3 工业化技术体系

3.1 体系说明

本项目是“内浇外挂”工法体系首次在较大规模的保障性住房中应用的成功案例，该体系是基于万科第五寓的技术实践和建研基地6号实验楼外墙连接技术的改进研究成果，形成了成熟的外挂预制墙技术。本项目的工业化预制率为13%，主体剪力墙结构采用现浇混凝土的方式完成，外围护体系采用不参与结构受

力的预制外墙板。在大规模建设保障性住房的前提下，“内浇外挂”体系有效地降低了现场的施工难度，提高了效率，控制了成本，提升了质量。

3.2 预制构件标准化设计

由于生产构件的模具成本在构件总成本中占有不小的比例，所以其预制构件种类越少，建造成本就越低。设计团队基于模块化的户型，对不同部位的预制构件进行了标准化设计，力图实现生产模具种类的最少化，以降低成本。项目中应用的预制构件包括：预制外墙、预制外廊和预制楼梯。本项目仅有的三

种户型模块是在同一模数协调体系下建立的，其为外墙标准化奠定了基础（图5）。经过优化后的预制外墙仅需要三种模具即可实现全部构件生产（以单体户型模块为一个基本单位，按4.2m和4.4m设计外墙标准构件宽度）。除外墙之外，预制外廊共使用了三种模具，预制楼梯只使用一种模具。这些模具可以在整栋楼的标准层上循环使用，通过这种设计手法降低了现场施工的误差值，提升了模具的使用周转率，实现了整个项目生产的经济性。

3.3 连接节点标准化设计

对于预制构件与现浇主体之间采用连接

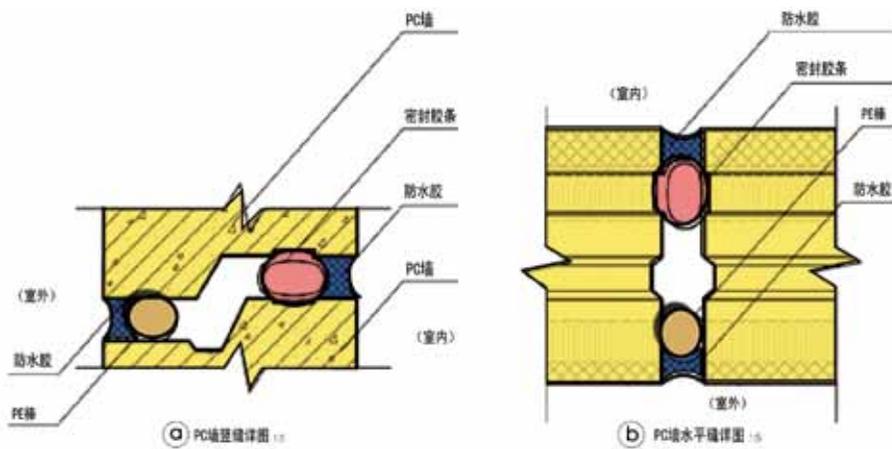


图6 预制外墙防水节点大样图

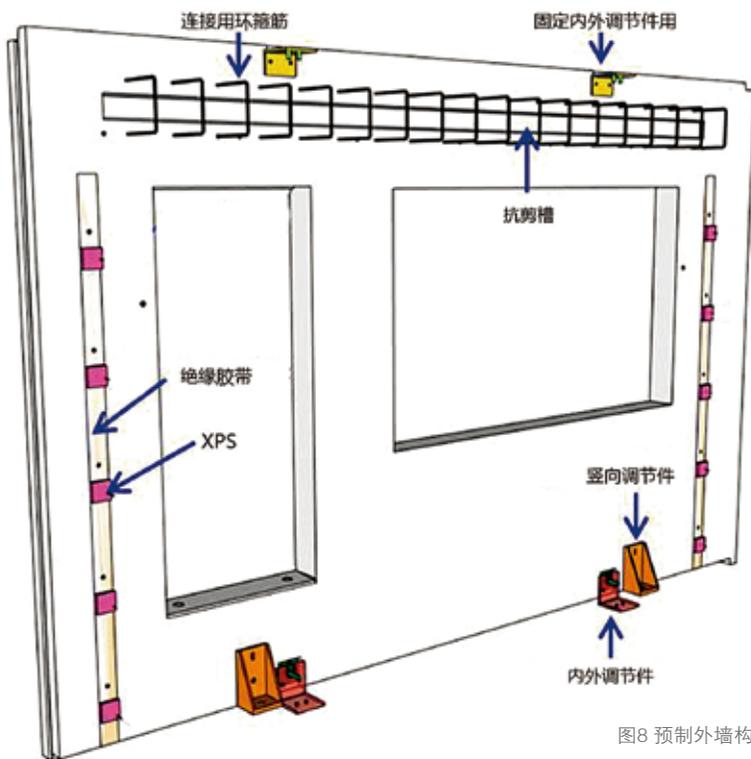


图8 预制外墙构件示意图

可靠、构造简单、防水性能好的标准化连接节点，如预制外墙与构造柱的交接处、预制外墙转角处、预制外廊与梁连接处处理等，利用同类连接采用相同的构造方式，实现了项目整体施工难度的降低，提高了建造效率。

3.4 防水设计

为避免材料因年久失效所带来的漏水隐患，项目中预制外墙采用了构造防水与材料防水相结合的技术。其通过对预制外墙拼缝处的企口、凹槽与导水槽的合理设计，实现了构造防水要求（竖直缝设置空腔构造与现浇混凝土构造排水，水平缝设置排水槽构造与反坎构造防水）；通过对墙体内、外侧防水胶条（硅酮密封胶）的设置，达到材料防水的要求，同时也起到防尘、隔热及确保外墙面整体效果的作用（图6）。

4 外挂板施工

4.1 施工顺序

预制外墙与主体连接技术是“内浇外挂”体系的核心，其采用顶部固定式连接、两侧及底部自由式悬挂的设计原则。该连接方式是在预制外墙顶部预留 $\phi 10@200$ 的封闭箍并悬挂于外周梁侧面，同时为保证墙板与梁的可靠受力，在与梁相交部位设置100mm宽、20mm深的抗剪槽；另外，为了防止预制墙板形成平面外的悬臂构件，在其底部设置了不少于2个限位连接件，使其在平面内可以自由活动，以释放在风、地震荷载作用下的层间变形且控制平面外位移（图7，8）。为节约成本，墙底部限

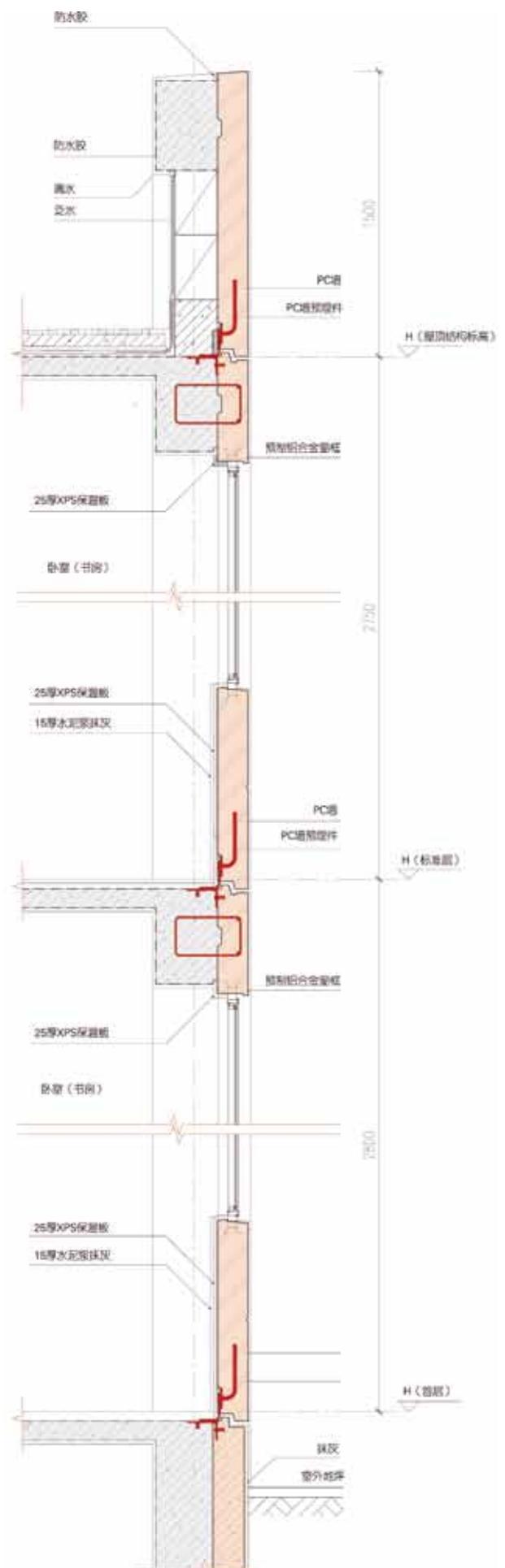


图7 外墙节点大样图



图9 预制外墙的施工过程示意图



图10 构件运输与装车

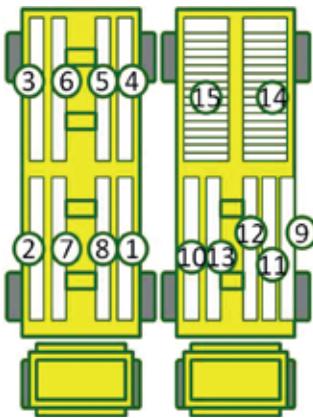


图11 构件的装车顺序与吊装计划密切相关



图12 塔吊布置示意图

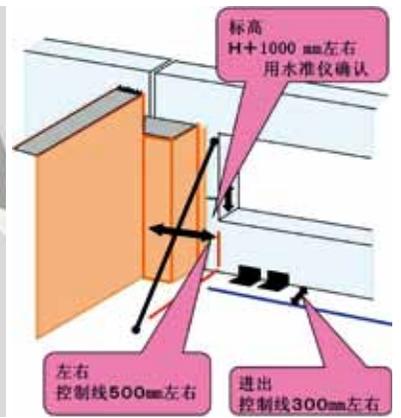


图13 预制外墙的定位控制

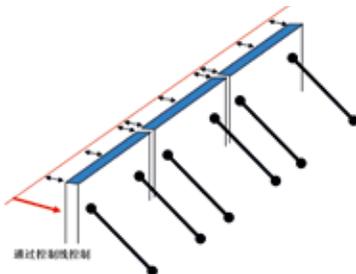


图14 通过控制线对外墙位移进行控制

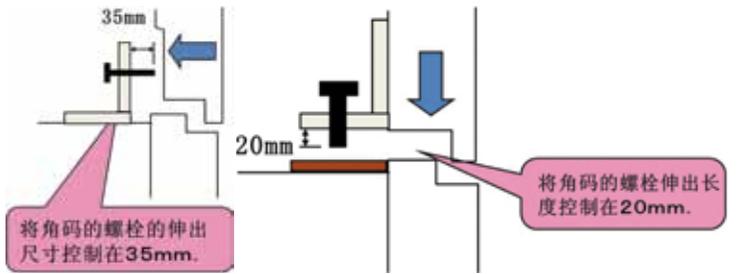


图15 预制外墙的调节

位连接件与施工时墙板的调整定位结合使用，提高重复利用率，以最大程度地节约成本。其施工顺序为：在测量放线后对墙柱与梁钢筋进行绑扎，然后将预制外墙挂板吊装到指定位置，并用支架进行固定和支撑，同时进行支模现浇剪力墙、梁、构造柱和楼板，最后对填充墙体和栏杆扶手进行安装（图9）。

4.2 生产运输

与传统全部现场施工作业不同，由于大部分预制产品都是在工厂完成生产后再运输到现场进行吊装，因此降低了现场施工受各种不确定、不利外界因素（如天气限制）影响的几率，大大提升了建设效率，改善了施工现场环境。

构件的运输成本一般占构件总成本的10%~15%，因此构件的运输效率直接影响到构件的总成本。运输计划需与构件的装车顺序、现场施工计划、吊装计划相结合，考虑施工道路的运输流线、转弯半径等因素，合理规划预制构件起吊区与堆放区的位置，确保每个构件严格按实际吊装时间进场，保证安装的连续性（图10）。如图11所示，通过构件环绕式放置，可避免在吊装过程中由于前后吊装的构件集中在某一侧而出现车辆单侧倾倒的现象。

4.3 吊装

本项目中的6栋塔楼采用周边规整、集中的规划布局方式，实现了施工塔吊服务半径满足了每栋安装一台的需求（图12），塔

吊利用率达到3万 m^2 /台，有效地降低了设备能耗，提高了设备的使用效率和节约了施工成本。规划场地内消防环路可作为施工临时通道，既满足构件等的运输车辆的荷载要求，同时减少了地下室整体结构成本的过多投入。

4.4 定位

预制外墙定位时，应以建筑轴线为基准，在楼板和PC外挂墙板上设置X、Y、Z方向定位参考线，构件在定位中均以参考线为基准（图13）。如果以外墙外表面作为定位参考，由于构件自身平整度的问题和安装误差的问题会导致误差累计，最终可能导致上层误差过大。

在预制外墙顶板与结构主体连接处浇筑



图16 建造过程和施工现场

混凝土时，由于混凝土测压可能导致PC外墙和内模板发生偏移，应采用如下应对方法：在混凝土浇筑前通过控制线将预制墙控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。控制线可以放置在PC墙外侧100mm处，在浇筑混凝土前确认预制墙的偏差值，并加以记录，如果偏差较大，要通过斜撑纠正（图14）。如果PC墙发生较大移动，要马上通过斜撑调整。

4.5 调节

构件在吊装中，通过斜撑固定构件并进行初步校正，在吊装就位后，通过底部的两组调节件进行预制外墙内外方向和垂直方向的精细调整。在构件吊装落位前，可以事先将调节件的螺栓长度控制到位，便于定位与调整（图15）。

5 结语

本项目之所以能达到提高质量、缩短工期、控制成本的技术目标，是始终坚持标准化、工业化设计理念的结果（图16）。工业化的设计方法并不等同于简单的复制，而是需要将部品部件、室内精装、构件生产、施工组织等协同在一起，形成一体化的“设计提前”。工业化的施工技术也需要系统地将生产、运输、吊装、质量控制组织在一起，形成流水式的“无缝施工”。希望通过本项目的示范，能够推动工业化技术在保障性住房中的大规模应用，促进住宅产业向集约型、节约型、生态型的方向转变，推进建筑产业现代化进程，实现可持续发展的社会意义和价值。AT

项目地点：深圳市宝安区龙华街道玉龙路与白龙路交汇处

竣工时间：2012.9

用地面积：50 134.3m²

总建筑面积：216 200m²

住宅面积：168 000m²

公共配套面积：7 000m²

地下室面积：39 000m²

容积率：3.5 建筑密度：24.9% 绿地率：38.37%

总户数：4 002户

预制率：13%

预制部位：预制外墙、预制外廊、预制楼梯

工业化技术体系：“内浇外挂”体系

获奖情况：“2011中国首届保障性住房设计竞赛”一等奖、最佳产业化实施方案奖、国家康居示范工程、全国保障房优秀设计一等奖、深圳市第一个住宅工业化示范项目