

特区建工技术

SEZ CONSTRUCTION TECHNOLOGY

主办：深圳市特区建工集团有限公司
承办：深圳市天健（集团）股份有限公司
协办：深圳市建安（集团）股份有限公司 深圳市建设（集团）有限公司 深圳市路桥建设集团有限公司
深圳市特区建工科工集团有限公司 深圳市综合交通设计研究院有限公司



NO.02

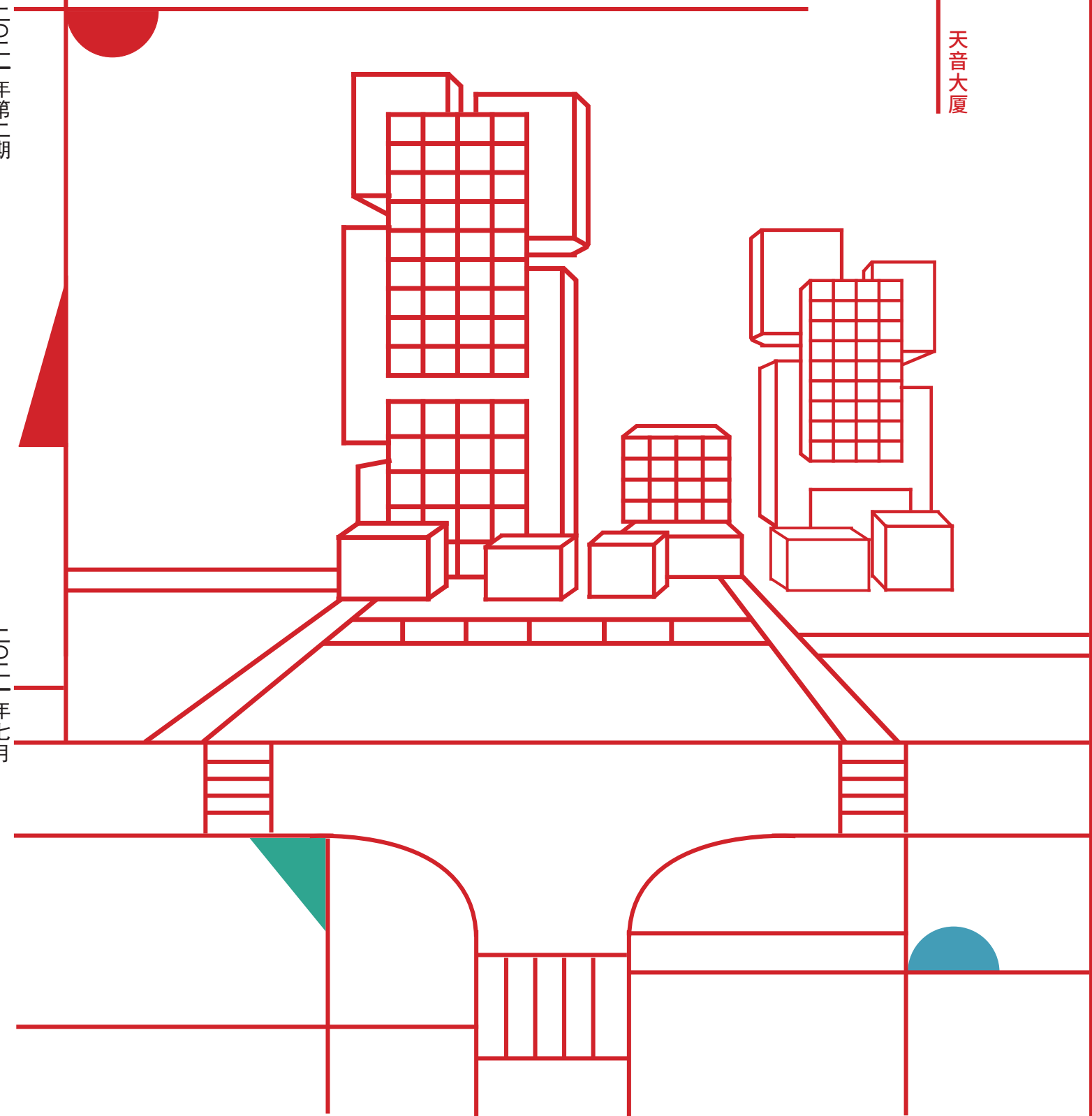
VOL.11 2021年07月号

特区建工技术

二〇二一年第二期

天音大厦

二〇二一年七月



主办：深圳市特区建工集团有限公司

承办：深圳市天健（集团）股份有限公司

协办：深圳市建安（集团）股份有限公司 深圳市建设（集团）有限公司

深圳市路桥建设集团有限公司 深圳市特区建工科工集团有限公司

深圳市综合交通设计研究院有限公司

地址：深圳市福田区红荔西路7019号天健商务大厦16楼

电话：0755-82565321 邮编：518034

莲花山公园水景恢复工程

项目主体由12朵大型钢结构马蹄莲造型水景雕塑组成，设计采用层叠错落的马蹄莲概念，突破了传统水、景、雕塑分离的隔阂感，打造了具有长久生命力的经典艺术水景。



由特区建工旗下天健集团所属市政隧道公司采购并参与研制的国产首台带气压作业保障系统硬岩顶管机——“深圳隧道”号在铁建重工长沙第一产业园区荣耀下线，该设备可广泛应用于城市管廊、水利隧道建设及下穿河流、公路、铁路等复杂工况，将进一步提升集团智能化施工水平。



由特区建工旗下路桥集团研发的《长余辉自发光路面关键技术开发与应用研究》成果获广东省市政行业技术开发类一等奖。发光石路面具有出色的夜间景观效果、优良的行走舒适感和完整的效果图案，能有效降低绿道夜间照明的要求，达到节能环保、低碳减排的效果。

目次

应用研究

再生骨料碎石桩单桩承载特性三维数值模拟研究.....	张建同	宁培淋	3
----------------------------	-----	-----	---

工程实践

复杂地质条件下富水动压砂层盾构开仓加固区施工技术研究.....	胡鹰志	李锦富	8			
超长薄壁混凝土墙体结构裂缝原因分析及控制对策.....	黄旭生	袁慧童	牛双建	陈学水	刘忠	14

建筑工业化

预制PC构件生产工厂的建设规划及工艺设计分析	韩良君	杨尚荣	万俊飞	20
可扩展组合式长线台生产模式下双T板的设计和生产工艺		杨尚荣	万俊飞	27
预制预应力双T板的设计及施工技术研究	常泽英	彭 昊	吴鼎政	33
装配式建筑铰接结构体系研究.....	常泽英	彭 昊	吴鼎政	38
深圳市罗湖“二线插花地”棚改装配式建筑项目集成管理实践.....	汪 洋	王 进	刘艾轩	42
基于全生命周期实施路径考虑的超高层装配式住宅建筑浅析.....			何 兰	50

生态景观

深圳茅洲河碧道（光明段）建设实践.....	于 晗	宋政贤	55
中式园林在住宅环境中的设计特点分析.....	许生雄		60

经验交流

基于财务视角探索研发费用归集对企业持续健康发展的思考.....	蒋群英	66
---------------------------------	-----	----

简讯

国务院办公厅印发《关于加强城市内涝治理的实施意见》.....	13
上海试行小业主预看房制度凸显惠民服务创新.....	68
新《安全生产法》将于2021年9月1日正式施行.....	69
住建部发布《房屋建筑和市政基础设施工程淘汰危及生产安全施工	
工艺、设备和材料目录（第一批）（征求意见稿）》.....	70
白鹤滩水电站登顶“水电珠峰”.....	72
防疫及安全文明施工管理“数字简语”.....	74
征稿启事.....	26



2021年7月出版 VOL.11
2021年 第2期 第11卷

（内部资料 业内交流）

《特区建工技术》杂志编辑委员会

主 任：韩德宏
副 主 任：宋 扬 何云武 王培先 林婵波 方东红 尹剑辉 张心亮 李 锋
臧 翀 江 建 陈 强 陈惠劼 袁立群 张明哨 王 超 刘铁军
刘进跃 黄 海 姜树学 韩良君 谢勇利
编 委：陈 俭 揭选松 洪绍友 彭晓钢 于 芳 杨建平 郑志刚 张 平
周保生 龙桂华 范璐璐 黄小芳 汪 洋 张建同 牛双健 徐 东
主 编：江 建
副 主 编：刘铁军 于 芳 王 佳 陈志龙 庞 聪 刘晓华 刘艾轩
主 办：深圳市特区建工集团有限公司
编辑出版：《特区建工技术》编辑部
地 址：广东省深圳市福田区红荔西路7019号天健商务大厦1609
邮政编码：518034
电 话：0755-82565321
排 版：深圳市新鸿兆文化传播有限公司
印 刷：深圳市长江印刷公司
登记证号：（粤B）L018010008

3	Three dimensional numerical simulation of bearing characteristics of recycled aggregate gravel pile	Zhang Jiantong Ning Peilini
8	Study on construction technology of shield machine opening and strengthening area in rich water dynamic pressure sand layer under complicated geological conditions	Hu Yingzhi Li Jinfui
14	Cause analysis and control countermeasures of cracks in super-long and thin-walled concrete wall structure	Huang Xusheng Yuan Huitong Niu Shuangjian Chen Xueshui
20	Mechanical performance analysis of composite node of Assembly Module Unit	Han Liangjun Yang Shangrong Wang Junfei
27	Design and production technology of Double T-Plate in extensible combined long-terrace production mode	Yang Shangrong Wan Junfei
33	Study on the Design and Construction Technology of Prefabricated Prestressed Double T Slab	Chang Zeying Peng Hao Wu Dingzheng
38	Study on pin-jointed structure system of assembled building	Chang Zeying Peng Hao Wu Dingzheng
42	Integrated management practice of prefabricated building In Shenzhen Luohu Shed Renovation Project	Wang Yang Wang Jin Liu Yi Xuan
50	Analysis of Super High-rise prefabricated residential buildings based on the implementation path of the whole life cycle	He Lan
55	Construction practice of Greenway (Guangming section) in Shenzhen Maozhou River	Yu Han Song Zhengxian
60	Discussion on Chinese garden in residential landscape environment design	Xu Shengxiong

应用研究

再生骨料碎石桩单桩承载特性 三维数值模拟研究

张建同¹, 宁培淋²

(1. 深圳市市政工程总公司, 深圳 518109; 2. 广东交通职业技术学院 土木工程学院, 广州 510520)

[摘 要] 桩体材料替换将能大量消耗建筑废弃物。再生骨料碎石桩是绿色建筑标准的新型地基处理技术。本文将建筑废弃混凝土制备的再生碎石替换碎石桩中的天然碎石, 通过三维数值分析大粒径再生碎石桩在饱和软土地基中承载力、变形性能和适应性。同时, 通过三轴试验校正模型参数, 试验与数值模拟结果显示: 再生骨料碎石桩的极限承载力约为天然骨料碎石桩的80%以上; 再生骨料碎石桩轴力衰减速度较天然骨料碎石桩慢且侧向膨胀变形相对较小。再生骨料替换天然碎石作为碎石桩填料, 满足工程应用条件。

[关键词] 数值模拟; 再生骨料; 碎石桩; 承载力

Three dimensional numerical simulation of bearing characteristics of recycled aggregate gravel pile

Zhang Jiantong¹, Ning Peilin²

(1. Shenzhen Municipal Engineering Corp., Shenzhen 518109;

2.Cilvil Engineering, GuangDong Communication Polytechnic, Guangzhou 510520)

Abstract: The replacement of pile materials will consume a lot of construction waste. Recycled aggregate gravel pile is a new foundation treatment technology of green building standard. In this paper, the natural crushed stone in the gravel pile is replaced by the recycled crushed stone from the construction waste concrete, and the bearing capacity, deformation performance and adaptability of the large particle recycled crushed stone pile in the saturated soft soil foundation are analyzed by three-dimensional numerical analysis. At the same time, the model parameters are corrected by triaxial test. The test and numerical simulation results show that the ultimate bearing capacity of recycled aggregate gravel pile is about 80% of that of natural aggregate gravel pile; The axial force attenuation speed of recycled aggregate gravel pile is slower than that of natural aggregate gravel pile, and the lateral expansion deformation is relatively small. The recycled aggregate can replace the natural gravel as the filling material of gravel pile, which can meet the engineering application conditions.

Keywords: numerical simulation; recycled aggregate; stone column pile; bearing capacity

0 引言

碎石桩单桩极限承载力除原位试验直接确定外, 多采用基于连续介质假设的弹塑性理论(侧向极限应力法、整体剪切破坏法和球穴扩张法、有限元法、有限差分法等)^[1-5]进行估算, 因碎石颗粒材料的非连续性, 势必造成误差。PFC软件基于细

观离散元理论和显式差分算法, 不需宏观结构本构方程, 由颗粒接触关系直接反映宏观材料力学行为, 适应于解决非连续介质的颗粒材料的力学问题。Potyondy^[6]、周伟^[7]、马宗源^[8]等人研究成果验证离散元法对碎石和粗粒土力学分析的可行性和适应性。



SEZ Construction
Technology
Vol.11,No.2
Jul.2021

Editorial Board of SEZ Construction Technology

Director: HAN Dehong

Vice Director: SONG Yang HE Yunwu WANG Peixian LIN Chanbo FANG Donghong
YIN Jianhui ZHANG Xinliang LI Feng ZANG Chong JIANG Jian
CHEN Qiang CHEN Huijie YUAN Liqun ZHANG Mingshao WANG Chao
LIU Tiejun LIU Jinyue HUANG Hai JIANG Shuxue HAN Liangjun XIE Yongli

Members: CHEN Jian JIE Xuansong HONG Shaoyou PENG Xiaogang YU Fang
YANG Jianping ZHENG Zhigang ZHANG Ping ZHOU Baosheng
LONG Guihua FAN Lulu HUANG Xiaofang WANG Yang ZHANG Jiantong
NIU Shuangjian XU Dong

Chief Editor: JIANG Jian

Editor: LIU Tiejun YU Fang WANG Jia CHEN Zhilong PANG Cong LIU Xiaohua
LIU Yixuan

Edited and published by: Shenzhen SEZ Construction Group Co., Ltd.

Sponsored by: SEZ Construction Technology Editorial Department

Address: Room 1609,Tianjian business building,No.7019,Hongli Road,Futian District,Shenzhen City,Guangdong Province

Postcode: 518034

Tel: 0755-82565321

Printed by: Shenzhen Xinhongzhao Culture Spreading Co. Ltd

1 概述

本文采用三维离散元计算程序PFC^{3D}建立天然骨料碎石桩分析模型，通过三轴试验校正模型参数，

计算结果与原位载荷试验进行对比分析。再生碎石来源于广州某旧城改建项目拆迁产生的废弃混凝土^[9]，基本构成信息如表1所示。

表1 再生碎石来源基本构成

基本信息	混凝土强度			使用年限（年）			原料部位		
	C20	C30	C40	10-20	20-30	30-40	梁	板、楼梯	柱
比例 (%)	21	53	26	12	78	10	37	45	18

为对再生骨料碎石桩应用于实际工程的可行性进行分析，拟在深圳市某市政工程进行应用分析。该工程地质情况，自上而下依次为：填筑土，可塑状态，层厚4.8m；粉质黏土，可塑状态，层厚3.9m；泥岩，强风化，层厚4.1m；泥岩，全风化，层厚5.9m。为提高路基承载力和稳定性，综合考虑地质情况和工期因素，选用干振碎石桩进行加固，

工程总长12.9km，道路等级为城市支路I级，桩径500mm，桩长5m，桩间距1.4m，梅花形布置。选用碎石粒径20mm~60mm，试桩检测进行了单桩竖向静载试验，采用慢速维持荷载法，分8级加载，试验结果如表2所示，测得单桩承载力特征值为300kN，极限承载力为600kN，满足设计要求。

表2 单桩静载试验结果

点号	最大试验荷载 (kN)	圆形压板直径 (m)	最大沉降量 (mm)	卸荷后残余沉降量 (mm)	卸荷后回弹率 (%)	设计要求值及对应的沉降量		试验结果	
						设计要求值 (kN)	沉降量 (mm)	承载力特征值 (kN)	极限承载力 (kN)
1#	840	0.5	44.16	32.28	26.90	240	2.10	300	600

2 数值分析

2.1 计算原理

PFC3D就是ITASCA公司推出离散元三维分析程序，计算原理如图1所示，球形颗粒接触关系如图2所示。在荷载作用下颗粒之间没有连续介质变形协调约束可以分离运动，颗粒的运动符合牛顿第二定律，以此建立运动方程；颗粒的运动不是自由的，会遇到邻近颗粒阻力，颗粒接触产生的力和位移关系可以建立物理方程。在一个计算循环中，首先颗粒接触通过物理方程算出不平衡力，在不平衡力作用下产生运动，通过运动方程计算颗粒位移，更新颗粒位置并产生新的接触，离散元程序通过循环时步迭代，可以得出不同荷载作用下颗粒集合体应力变形特性，直至结构破坏。

$$F_i=F^n_i+F^s_it_i$$
$$\text{物理方程: } F^n=K^nU^n=\frac{k_n^{(A)}k_n^{(B)}}{k_n^{(A)}+k_n^{(B)}}U^n$$
$$\Delta F^s=-K^s\Delta U^s=-\frac{k_n^{(A)}k_n^{(B)}}{k_n^{(A)}+k_n^{(B)}}\cdot V_i^s\Delta t$$

(1)

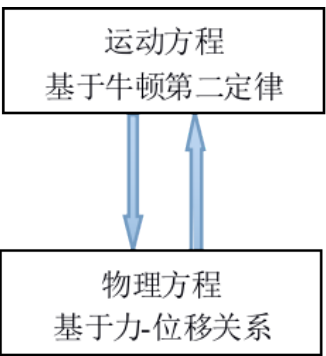


图1 PFC^{3D}计算循环

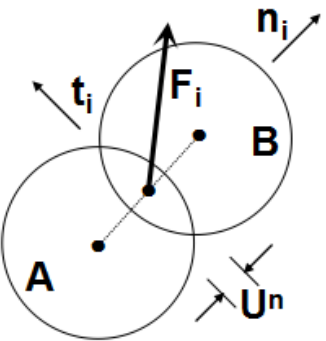


图2 颗粒接触力—位移关系

物理方程中颗粒单元作用力F_i（N）通过颗粒A和颗粒B接触点的重合量决定，包括法向力Fⁿ和切向力F^s，切向力以增量形式计算，颗粒重新接触时初始化为零，最大切向力受摩擦系数控制^[6]。式中Uⁿ为两颗粒法向接触重合量（m），ΔU^s为切向位移增量（m），n_i和t_i分别为法向和切向单位矢量，Kⁿ和K^s分别为法向和切向刚度（N/m），k_n^(A)和k_n^(B)为颗粒A和颗粒B的法向刚度（N/m），k_s^(A)和k_s^(B)为颗粒A和颗粒B的切向刚度（N/m），V_i^s为切向速度（m/s），Δt为计算时步（s）。

$$\text{平移运动 } F_i=m(\ddot{x}_i-g_i)$$

(2)

$$\text{运动方程: } M_1=I_1\dot{\omega}_1+(I_3-I_2)\omega_2\omega_3$$
$$\text{转动 } M_2=I_2\dot{\omega}_2+(I_1-I_3)\omega_1\omega_3$$
$$M_3=I_3\dot{\omega}_3+(I_2-I_1)\omega_1\omega_2$$

(3)

运动方程包括平移运动和转动，式中m为颗粒质量（g），x_i为平移加速度（m/s²），g_i为体积力加速度（m/s²），M₁、M₂、M₃是合力矩在各主轴上的分量（N·m），I₁、I₂、I₃是主轴惯性矩（kg·m²），ω₁、ω₂、ω₃为角速度（rad/s）。

颗粒间的接触状态变化影响碎石桩承载和变形特性，根据工程经验，碎石颗粒在碎石桩受荷过程中基本处于弹性阶段，本文采用线弹性接触模型对颗粒接触力和位移进行模拟计算，其接触模型表达式为：

$$\Delta F_n=k_n\Delta U^n, \Delta F_s=k_s\Delta U^s, \Delta F_s=\mu\Delta F_n$$

(4)

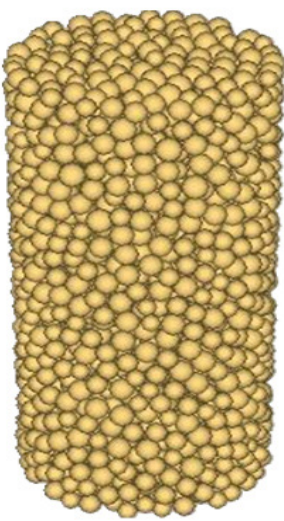
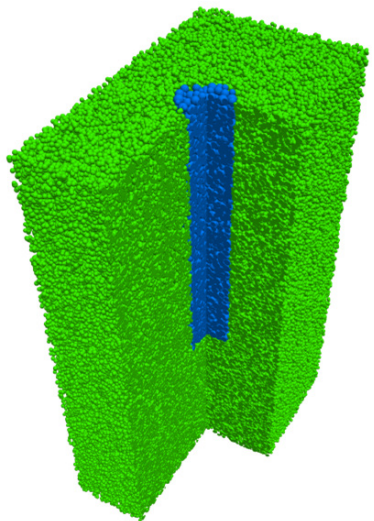
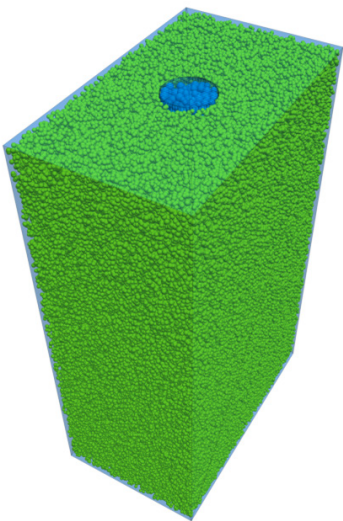


图3 离散元模型

其中ΔUⁿ为法向位移增量（m），μ为摩擦系数。

2.2 加载条件

目前受计算能力限制，仅开展碎石桩单桩受力分析，桩周土的侧向压力通过圆柱体墙单元加载模拟，竖向荷载和侧向压力通过伺服控制进行加载，利用FISH语言编写伺服控制程序，碎石桩模型生成后，首先施加围压，使桩体达到施工完成后的初始状态。然后控制直径为0.5m刚性墙单元模拟载荷板对桩体进行加载，模拟载荷试验分级加载过程，实现目标压力与载荷试验分级荷载同步。伺服控制公式如下：

$$u^{(w)}=G(\sigma_m-\sigma^r)=G\Delta\sigma$$
$$G\leqslant \frac{\alpha A}{k_n^wN_c\Delta t}$$

(5)

式中u^(w)为墙单元速度（m/s），σ_m为墙单元受到平均压力（kPa），σ^r为墙单元需要达到的目标压力（kPa），G为模型相关参数，α为松弛因子，A为围压墙侧面积（m²），N_c为土颗粒与围压墙接触数量，k_n^w为接触平均刚度（N/m）。当目标压力达到时候墙体停止移动即停止加载。

2.3 模型参数

碎石桩实际入土深度4.9m~5.0m，数值模型取5m，桩径500mm，碎石粒径在20mm~60mm，不均匀系数C_u=8.45，曲率系数C_c=1.3，采用膨胀法^[7]生成球单元颗粒并达到连续级配，半径放大系数为1.9，最终生成10960个球单元，离散元模型如图3所示。

再生碎石是拆迁产生废弃混凝土经过初级分类、破碎、筛分、磁选、风选、浮选、分拣等环节生产而成^[10]，天然碎石和再生碎石基本性能详见文献9。PFC模型参数通过碎石三轴试验调试^[7]得到，

根据工程地质和桩长情况，选取100kPa和300kPa围压三轴试验结果，调试细观参数使模拟结果与之相符，如图4所示，模型参数结果如表3所示。

表3 模型参数取值

骨料	初始弹性模量MN/m	法向刚度Mp	切向刚度Mp	摩擦系数	孔隙率	颗粒密度kg/m ³
天然碎石	120	860a	480	3.5	0.36	2280
再生骨料	106	680	368	4.2	0.32	2080

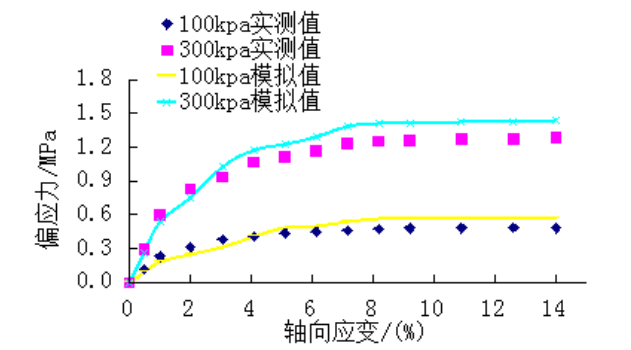


图4 三轴试验模型参数校正结果

3 离散元结果分析

离散元数值分析结果如图5—图7所示。

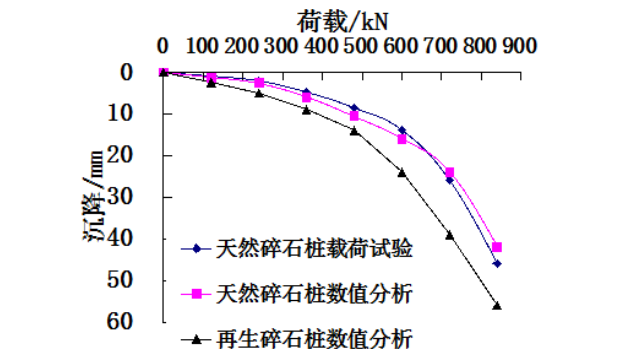


图5 荷载—沉降曲线

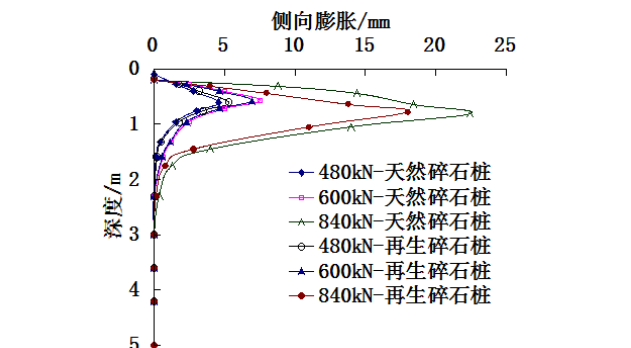


图6 桩身侧向膨胀—深度曲线

3.1 荷载—沉降关系

天然碎石桩载荷试验和离散元数值分析结果如图5所示。数值结果和载荷试验实测的极限承载力均为600kN，承载力特征值为300kN，在承载力特征值作用下数值分析计算沉降量为4.2mm，载荷试验沉降量为3.1mm，在最大荷载840kN作用下数值分析和载荷试验得到的最大沉降量分别为42mm和46mm。离散元数值模拟结果能够反映碎石桩初期的弹性阶段和中期的弹塑性阶段，而没体现碎石桩受荷后期的塑性变化，这是因为在载荷试验中，桩体内碎石模量较桩周土体大，导致桩周土体变形比碎石桩大，因此，碎石桩的塑性变形不明显。由上述分析可知，离散元计算值与载荷试验实测值接近，因此，验证了模型的建立及通过三轴试验获取模型参数，具有很好的准确性，说明离散元数值模拟可应用于碎石桩受力分析。

为验证对比在碎石桩中利用再生骨料替换天然碎石的可行性，笔者在此建立以再生骨料为桩体材料的碎石桩离散元模型，模型细观参数通过三轴试验调试获取，参数结果如表3所示，桩径、桩长和本构模型与天然碎石桩相同。数值模拟结果如图5所示，计算得到再生骨料碎石桩极限承载力为480kN，承载力特征值为240kN，对应的沉降量为

5.0mm；最大荷载840kN作用下的载荷试验沉降量为56mm。结果显示：较天然碎石桩承载力小，但沉降量增大，与两种桩体的三轴试验结果一致，这与生产再生骨料的废弃混凝土强度、破碎加工方式以及再生骨料表层包裹砂浆等因素有关^[9]，但再生骨料碎石桩的承载力仍然满足该工程设计要求。

3.2 桩体侧向膨胀变形—深度关系

碎石桩的破坏以膨胀变形破坏为主，桩周水平位移量（侧向膨胀变形）对碎石桩极限承载力确定有重要影响。图6为天然碎石桩和再生碎石桩的侧向膨胀变形—深度曲线。当天然碎石桩的极限承载力为600kN时，其在0.58m深度的最大膨胀量为7.5mm；当天然碎石桩在最大荷载840kN时，其在0.81m深度的最大膨胀量为22.4mm。当再生骨料碎石桩的极限承载力为480kN时，其在0.60m深度的最大膨胀量为5.3mm；当再生骨料碎石桩在最大荷载840kN时，其在0.78m深度的最大膨胀量为18mm。由此可见，再生骨料碎石桩比天然碎石桩更具有抵抗侧向膨胀变形破坏能力，主要因为再生骨料表面粗糙、棱角多及颗粒的互锁作用大^[9]，故再生骨料足以能够替换天然碎石形成碎石桩，并具有良好的工程应用前景。

碎石桩桩体膨胀变形，是由于桩体内碎石的剪胀作用及弹性模量较低的桩周土所提供的约束作用有限而导致的。由离散元数值模拟结果可知，在深度约2m范围内，天然碎石桩和再生骨料碎石桩存在侧向膨胀变形现象，变形深度约在4D（桩径）以内，在2D处产生最大膨胀，与前人结论相符^[11]，大于4D深度范围内的侧向膨胀变形几乎可以忽略。相同荷载时再生骨料的颗粒破碎指数比天然碎石要高，再生骨料碎石桩桩身呈现体缩现象，从而导致侧向膨胀变形减少。

3.3 桩体轴力—深度关系

图7为天然碎石桩和再生骨料碎石桩桩体轴力沿深度的数值计算结果，变化趋势与工程实践结果相符。从图7可知，由于桩侧摩阻力影响，碎石桩单桩轴力在深度上的衰减幅度较大。在4D深度范围内，由于桩体膨胀增大导致摩阻力增大，而加快轴力衰减程度。由于再生骨料碎石桩侧向膨胀变形较小，较天然碎石桩轴力衰减速度慢。

4 结论

（1）碎石桩离散元数值计算值与载荷试验实

测值接近，因此，在不具备载荷试验条件下，可以通过三轴试验方法获取模型参数，并可直接应用于碎石桩单桩承载力分析，可在一定程度上节约工程试验费用。

（2）两种碎石桩在深度为4倍（4D）桩径范围内产生侧向膨胀变形，再生碎石桩由于破碎指数高，其侧向膨胀变形相对较小；再生骨料碎石桩轴力衰减速度相对于天然碎石桩慢。

（3）虽然再生骨料碎石桩比天然碎石桩的承载力特征值小，仍可满足该工程设计要求。此外，数值分析结果表明，在杂填土地基中采用再生碎石替换天然碎石成桩是可行的，再生骨料碎石桩比天然碎石桩更具有抵抗侧向膨胀变形破坏能力，具有良好的工程应用条件，拓展了建筑垃圾骨料应用范围，具备节能减排意义。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 79-2012 建筑地基处理技术规范[S]. 北京:中国建筑业出版社, 2012.

[2] 陈昌富, 肖淑君, 龚晓楠. 基于统一强度理论考虑拉压模量不同散体材料桩承载力计算[J]. 湖南大学学报（自然科学版）, 2007, 34(7):11-16.

[3] 邓楚键, 郑颖人, 杨波. 碎石桩复合地基有限元分析[J]. 后勤工程学院学报. 2007(04):56-59.

[4] 彭海铭. 用建筑垃圾做骨料的散体桩可行性研究及其优化设计[D]. 广州:广东工业大学, 2013.

[5] 陈建峰, 韩杰. 夯扩碎石桩单桩荷载试验数值模拟[J]. 岩土工程学报, 2009.

[6] D. O. Potyondy, P. A. Cundall. A bonded-particle model for rock[J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2004(41):1329-1364.

[7] 周伟. 基于颗粒程序的真三轴应力状态下堆石体的变形和强度特性研究[J]. 岩土力学, 2012, 33(10):3006-3012, 3080.

[8] 马宗源, 徐清清, 党发宁. 碎石土地基动力夯实的颗粒流离散元数值分析[J]. 工程力学, 2013, 30(增刊):184-190.

[9] 宁培淋, 杨锐, 蒋英礼, 刘浩. 用于散体材料桩骨料的大粒径再生碎石物理试验研究[J]. 广东土木与建筑, 2015(01):32-33, 36.

[10] 彭春元, 李耀熙, 樊雯雯等. 再生粗骨料的制备试验研究. [J]. 新型建筑材料, 2014(3):20-22, 27.

[11] 刘杰, 张可能. 散体材料桩复合地基极限承载力计算[J]. 岩土力学, 2002, 21(2):204-207.

复杂地质条件下富水动压砂层盾构开仓 加固区施工技术研究

胡鷹志，李錦富

(深圳市隧道工程有限公司, 深圳 518000)

[摘 要] 本文通过深圳地铁3号线南延线3131标福保~益田区间盾构机中心回转体与刀盘脱落,导致泡沫和水等碴土改良材料不能输送到刀盘前方,需要开仓进行结构修复,在开仓部位需进行地层加固,满足安全开仓的条件,本文分析总结采用常规地基处理技术对地层加固失败的现象和原因,探求了一种新的地基加固处理技术,首次采用1.2米咬合桩素混凝土施工帷幕技术,并经过施工实践进行验证,该地基加固处理技术快速、有效、可靠,经过施工的加固体完全能满足盾构机安全开仓的要求。

[关键词] 盾构机开仓; 富水动压砂层; 地基处理; 咬合桩

Study on construction technology of shield machine opening and strengthening area in rich water dynamic pressure sand layer under complicated geological conditions

Hu Yingzhi, Li Jinfu

(Shenzhen Tunnel Engineering Co. Ltd. , Guangdong, Shenzhen 5180000)

Abstract: In this paper, the Rotary Body and cutterhead of shield machine center fall off in the 3131 section of fu bao -yi tian station Shenzhen Metro Line 3 south extension line, which causes the improved materials such as foam and water to be unable to be transported to the front of cutterhead and need to be opened man-bunkers for structural repair, this paper analyzes and summarizes the phenomena and causes of failure in ground reinforcement by using conventional ground treatment technology, and explores a new ground reinforcement technology, the 1.2 meter occluded pile plain concrete construction curtain technology is adopted for the first time, and the construction practice has verified that the foundation reinforcement technology is fast, effective and reliable, the reinforced body after construction can fit the requirements of safe opening of the shield machine.

Keywords: opening of shield machine; water-rich dynamic sand layer; foundation treatment, occlusive pile

0 引言

近年来,随着城市轨道交通、铁路隧道、综合管廊的快速发展,盾构施工技术已经成为隧道施工的主流施工方法,盾构机在复杂多变的地质条件环境中施工时也面临各种技术难题的挑战,成为盾构施工的痛点,其中复合式的土压平衡盾构机在近

海区域复杂地质条件下富水动压砂层进行盾构开仓作业就是极大的挑战,带压作业开仓在富水动压砂层条件下基本很难实现,常压开仓则需要对加固区地基土进行地基处理,安全可靠条件下才具备开仓条件,在富水动压砂层条件下常规的地基处理技术(旋喷桩、压密注浆、搅拌桩等)基本很难达到预

期效果,迫切需要寻求一种新的地基处理技术及方案,本文以深圳地铁三号线南延线3131标复合式的土压平衡盾构机因中心回转体脱落,需要对中心回转体进行开仓修复及处理为例,对开仓所需地层一部分处于全、强花岗岩地层以及一部分处于富水动压砂层,距离海边约800米左右的加固区进行地基处理技术的研究、探索和施工验证,总结形成盾构机在近海填海富水动压砂层地质条件下,可有效、快速、可靠的对地层进行地基处理,形成加固体达到可安全开仓处理问题的条件。

1 事件概况

本工程福保站~益田站盾构区间右线起讫里程YDK0+545.328--YDK1+423.763,右线全长878.435m,左线起讫里程ZDK0+559.128--ZDK1+423.763,左线全长890.519m。区间出福保站后,由东向西延伸,下穿红花路及红花路与绒花路之间,逐渐向北偏转,先后下穿红柳道、深福保单身公寓A栋、凤凰道、桂花路、广深高速、最后沿正北方向转入益田中街,再侧穿益田村小区,接已经运营的益田站,线路平面由直线段、曲线段和缓和曲线段构成,线路最小曲线半径351m。线间距14.2m~17.2m。区间隧道埋深约15.5m~24.6m。使用两台NFM复合式土压平衡盾构掘进。

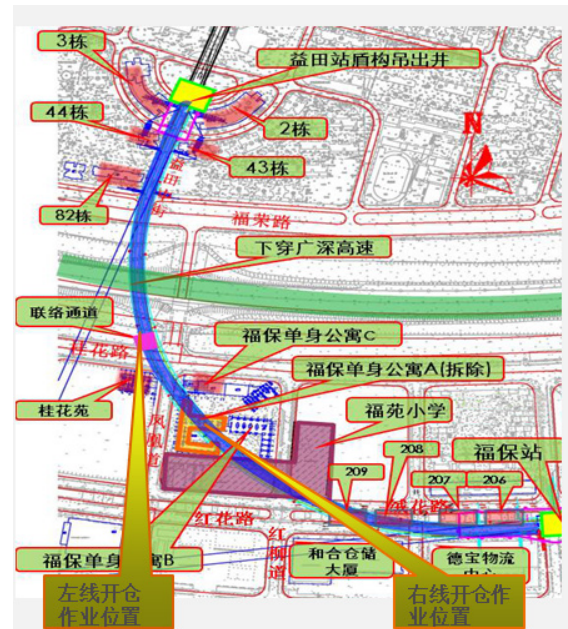


图1 项目工程平面示意图

所使用的两台盾构机均由于中心回转体与刀盘脱落,需要开仓进行机械结构的修复及改装,由于开仓所处区域是近海的填海区域,对开

仓所处地层一部分处于全、强花岗岩地层以及一部分处于富水动压砂层,带压作业掌子面不能安全保压,且需要在土仓中进行动火作业,带压作业开仓操作难度极大,故需要选择常压作业进行开仓作业,本次加固区里程范围盾构隧道左线为ZDK1114.4~ZDK1121.9,盾构隧道右线加固里程范围为YDK0+951.057--YDK0+957.958。

本次加固区采用 $\phi 600\text{mm}$ 双管旋喷咬合桩@450mm密排咬合布置，加固宽度为隧道边线外扩1米，加固竖向深度范围为隧道上方5m至下方2m，隧道埋深顶部为18米，底部为24米。加固完成后对加固区进行抽芯，实际成桩不理想，桩身完整性较差，短时间开仓查看了前方围岩情况，前方加固体有失稳情况发生，并向土仓中流泥和流水，因此，本次加固是失败的。

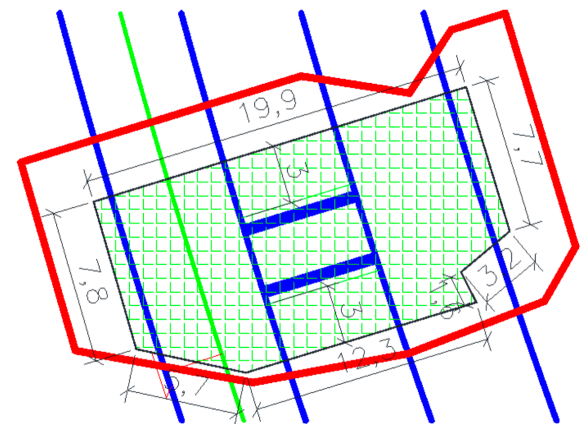


图2 加固区平面示意图

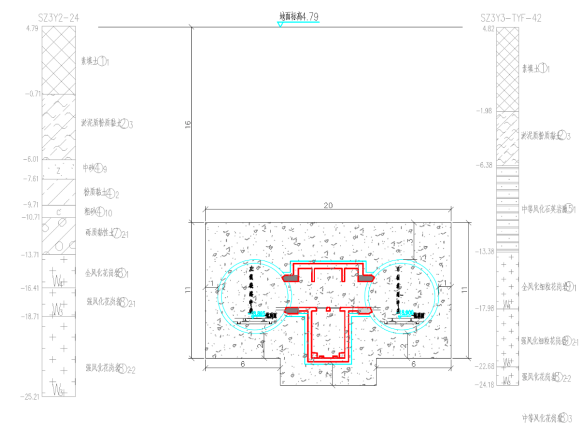


图3 加固纵断面示意图

2 加固失败原因分析

2.1 水文、地质情况分析

根据地勘资料显示，加固区自上而下主要为：



图4 旋喷桩加固后取芯示意图



图5 短时开仓围岩稳定情况

①1素填土、②3淤泥质粉质黏土、④9中砂、④2粉质黏土、④10粗砂、⑦1-2砾质黏性土、⑧1中等风化石英岩脉、⑧2全、强风化花岗岩。

加固区为近海填海区，地下水水位埋深为地下1.2~2.1m，地下水主要为潜水，带有一定承压性，且具有流动性。

从打开土仓查看前方围岩情况看，在中风化和全、强风化花岗岩地层中，旋喷桩加固的桩身完整性较好，但在砂层、砾质黏性土地层中桩身完整性较差。砂层孔隙较大，含水丰富，具有流动性和承压性，与海水有一定的连通性，受潮汐水影响严重，采用高压旋喷桩施工高压喷灌的浆液很难停留在加固半径范围内，浆液在富水区域被稀释并随着流动水流失，很难实现凝固结晶，导致加固效果很差，这是导致采用双管高压旋喷桩进行加固施工失败的主要原因。

2.2 高压旋喷桩施工工艺原因分析

（1）桩的水平位置及垂直度

钻机应按设计桩位准确定位，并必须作水平校正， 钻杆头对准桩位，精确控制桩机对中位置，允许偏差为50mm，桩机导向架倾斜度控制在小于1.5%的范围内，每钻进5m测量垂直度，孔斜率不大于0.5%。

在盾构机开仓查看前方围岩情况时，发现高压旋喷桩桩身在全、强风化花岗岩地层中存在咬合不完全的情况，说明高压旋喷桩在施工过程中没能很好地控制好垂直度，影响了加固效果。

（2）高压旋喷过程中冒浆量的控制

在高压旋喷注浆施工中冒浆（内有土粒、水及浆液）量小于注浆量的20%者为正常现象，但超过20%或完全不冒浆时，为不正常现象，本次高压旋喷注浆加固在遇上砂层施工时地表返浆量较少，采取了调慢提升速度后以及调小注浆压力，加大浆液浓度，灌注粘土浆，在浆液中掺加骨料，加泥球封闭等措施后，地表返浆量仍然较少，说明旋喷浆液窜浆以及浆液流失严重，直接影响加固效果；在遇到中风化和全强风化地层时，地表返浆量较大，采取了喷射压力，适当缩小喷嘴直径，适当加快提升速度等措施后， 返回地面的浆量仍然较多，且水泥浆含量较大，说明在该地层进行旋喷施工时，浆液强行切割土体效果差，对土体形成挤压密实加固效果不理想。

（3）高压旋喷桩钻孔时遇到障碍物

高压旋喷桩加固地层属于近海填海区域，在填海过程中不可避免地回填了抛石、漂石，由于抛石、飘石的存在严重阻碍了钻机的钻进和偏移，根据高压旋喷桩施工记录，存在桩机钻进遇到障碍，难以钻进及桩位偏移的情况，导致加固体出现断桩和畸形桩，采取了引孔措施后仍有部分桩位偏移和卡钻现象，导致该加固位置加固效果出现短板，达不到加固质量要求。

（4）注浆压力异常

根据施工记录，在高压旋喷桩施工过程中，旋喷钻头提升至砂层位置时，发现旋喷注浆压力骤减现象，查明原因是砂层中含水丰富，具有承压性和流动性，在旋喷注浆的过程中，注入浆液被水流稀释及带走，很难形成固结体，极大地影响了加固质量，使加固体达不到要求而失败。

综上所述原因分析、本工程特点及结合常规地基处理加固方法，高压旋喷桩、搅拌桩、袖阀管压密注浆、降水固结等方法很难保证加固的质量，在

埋深较深、富水动压、砂层等地质条件下采用常规加固方法失败概率较高，其关键点在于处理富水动压的问题，加固需要在良好的隔水帷幕内进行方可确保加固质量优良。

3 新加固方案的比选

3.1 盾构开仓对加固方式的要求

（1）加固效果好

地层加固体要有良好的完整性、强度及稳定性以避免盾构在开仓作业过程中围岩发生坍塌，确保仓内作业工人的安全。

（2）加固效益高，作业周期短

地铁施工工期相对都比较紧张，加固方法必须快速、高效，以减少对盾构施工进度影响。

（3）经济合理

地层加固属于临时施工措施工程，其费用的高低直接影响整个工程的造价成本，因此，所选取的加固方式要求经济合理。

（4）节地

地铁施工地段一般都在市区，在市区施工就不可避免对市民生活造成影响，加固方式要求少占用地表土地，争取做到不扰民施工。

3.2 盾构开仓加固方式比选

根据本工程加固区工程特点，富水动压、砂层要求选取的加固方式要形成良好的隔水帷幕，并在隔水帷幕内进行加固。

表1 该地址条件下施工方案比选

序号	加固方式	适用范围	优缺点	综合成本	施工占地	施工效果及安全性
1	高压旋喷	适用于砂层、淤泥、流塑、软塑、可塑黏性土等地层，但在砾砂层、黏着力大的黏土层、地下水流速过大的地层、埋深深度较大超过25m的地层加固效果差。	优点：施工工艺成熟，成桩效果好，加固后加固体整体防水性能好，工期短；缺点：在砂层中或软弱地层中水流量过大加固效果差，施工返浆量大，加固地层容易变形对周边环境影晌（特别是管线）较大，工程造价高。	一般	较大	差
2	深沉搅拌桩	主要适用于饱和软黏土、淤泥质亚黏土、新填土、沉积粉土，但在沙层中加固效果差。	优点：施工工艺成熟，加固体自稳性较好，工期短、费用低。加固施工无振动、噪音小，加固体地面无较大隆起或沉降，对相邻建筑物无有害影响；缺点：加固深度超过14米加固效果很差，对地层较硬（标贯大于18击）的地段加固较难，加固后的土体整体止水性较差。	一般	一般	差
3	素混凝土地下连续墙+压密注浆	采用素混凝土墙做止水帷幕，在帷幕范围内实施压密注浆，基本上适用于所有地层，特别是在不良地质条件下效果显著	优点：适用地层范围广，特别是适用于不良地质条件地层，对地层加固效果显著，加固后的土体整体止水性及自稳性很好，施工工期短；缺点：需要大型设备成槽机进场，施工占地要求较大，工程造价相对较高。	较高	较大	好
4	素混凝土钻孔咬合桩+压密注浆	采用素混凝土咬合桩（墙）做止水帷幕，在帷幕范围内实施压密注浆，基本上适用于所有地层，特别是在不良地质条件下效果显著	优点：适用地层范围广，特别是适用于不良地质条件地层，对地层加固效果显著，加固后的土体整体止水性及自稳性很好，施工工期短，施工场地要求低，对周边干扰较小；缺点：工程造价相对较高。	较高	一般	好
5	针对该地质条件及工程特点选择的方案	本次选择素混凝土钻孔咬合桩+压密注浆进行地层加固方案，原因是受场地所限，地表提供的场地狭小，施工工期短，并且采用的加固方案安全、可靠、有效。				

4 咬合桩墙施工

4.1 加固方式及范围

加固里程选取在范围为ZDK1114.4~ZDK1122.2，加固范围长7.8m，宽11.9m的闭合矩形素混凝土咬

合桩（墙）止水帷幕，并对盾构机拟定停机开仓位置掌子面处施工一排素混凝土桩以稳定掌子面。

咬合桩采用钻孔桩施工，桩径为1.2m，桩间咬合0.4m，桩长27.0m，止水帷幕伸入隧道底3.0m，

上浇筑至地面标高，采用C20P8水下混凝土。

完成咬合桩施工以后，为防止咬合桩搭接不到位，对桩间采用桩袖阀管注浆。袖阀管注浆深约28m米，具体需考虑现场填平后场地标高。注浆段为隧道底下3m，上注浆到接近地面，加固段长度约28m。浆液采用水泥水玻璃双液浆。

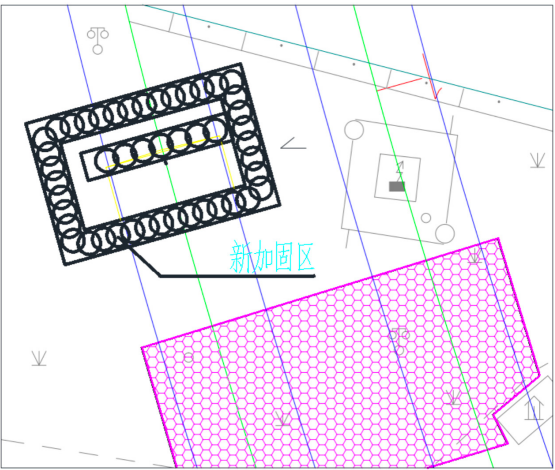


图6 新加固区域示意图

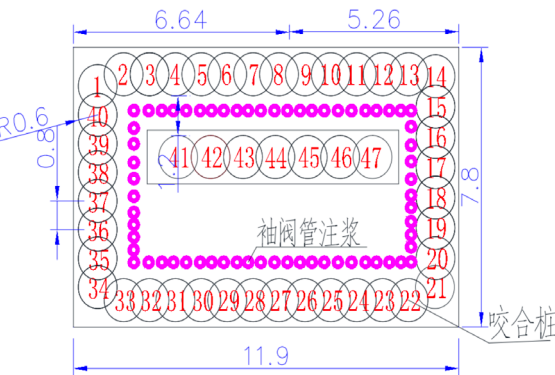


图7 钻孔咬合桩施工布置示意图

4.2 旋挖钻咬合桩施工注意要点

(1) 护筒埋设

护筒内径比桩径大30cm，埋设好的护筒顶面高出地下水位1.5m。护筒中心轴线对正桩位中心，确保轴线误差±10mm，桩垂直度5‰，护筒顶面平整度5mm。埋设的护筒质量影响着成孔质量，确保其平面位置及竖直度，保证护筒底脚密实度，是提高成孔质量的有效途径。

(2) 桩成孔过程中垂直度监测和检查

依靠旋挖机自身的仪表控制系统，靠旋挖机进行自我调整来完成，从而达到控制成孔垂直度的目的；在地面选择两个相互垂直的方向采用两个相互

垂直的方向采用经纬仪监测地面以上的垂直度，发现偏差随时纠正。

(3) 泥浆质量控制

制备泥浆是旋挖钻机能否成孔的关键，也是影响钻孔进度和桩基混凝土质量的关键，泥浆过稀时不能浮渣影响钻进，过稠时泥浆附在孔壁上，影响桩基混凝土的质量。成孔采用制备泥浆作为孔桩护壁，泥浆材料选用膨润土或黏土，制备泥浆在泥浆池内进行，每立方米泥浆需膨润土450—500kg，加入适量烧碱可提高泥浆的黏度。

施工中根据出渣情况判断土层结构及时合理地调整泥浆性能指标，遇松散地层时，适当增大

泥浆相对密度和粘度，保持孔内水头高度，尽量减轻冲液对孔壁的影响，同时降低转速和钻压以满足施工质量控制要求。

(4) 孔深质量控制

在开孔前对钻具的总长度准确计算并做好记录，根据转盘标高和设计孔深及钻具的总长度之间关系计算成孔后是否达到设计深度。成孔深度达到设计孔深时可停止钻进，将钻头提离孔底20cm左右空转，稀释孔底泥浆进行清孔，用测绳准确测量孔深，达到设计孔深停止清孔，否则将重新清孔。

(5) 桩咬合质量控制

钻孔咬合桩施工顺序为A1—A3—A2—A5—A4—A7—A6。（下图）

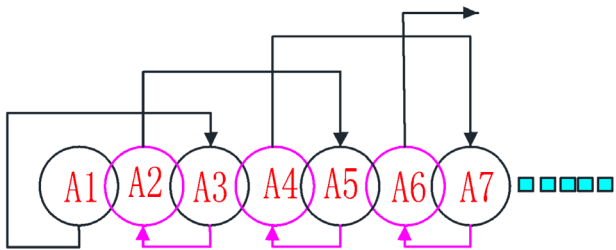


图8 咬合桩施工顺序图

在钻孔咬合桩施工过程中，若因A1桩超缓凝混凝土的质量不稳定出现早凝现象或机械设备故障等原因，在施工A2桩成孔施工时，其一侧A1桩的砼已经凝固，使旋挖机不能按正常要求切割咬合A1、A3桩，宜向A3桩方向平移A2桩桩位，使旋挖钻机单侧切割A3桩施工A2桩，并在A1桩和A2桩外侧另增加一根旋喷桩作为防水处理。

5 结语

本次地层加固查找了高压旋喷桩施工加固失败的原因，探寻了一种新的加固方式，针对富水动压

砂层等不良地质条件快速、安全、有效地完成了对所需土体的加固，并取得良好的效果，缩短了盾构机停机时间，保证了盾构机常压开仓修复中心回转体的安全性和可靠性。

参考文献

[1] 姜小站，常亚丽，陈伟；浅析钻孔桩施工质量控制要点；第二届隧道掘进机（盾构、TBM）专业委员会第一次研讨会。

[2] 张立军；浅谈回旋钻机深孔钻桩成孔[J]；科学之友（B

版），2007（07）：24-25.

[3] 黎和青；浅谈基坑支护中咬合桩和地下连续墙的优缺点；理论前沿，文章编号：1671-5810（2018）10-0266-02.

[4] 林旭佳；高压旋喷桩施工质量控制. 建筑施工，1671-5519（2018）01-0066-02.

[5] 王迎新；动压富水砂层盾构换刀区加固技术；铁道标准设计，2011年07期.

简 讯

国务院办公厅印发《关于加强城市内涝治理的实施意见》

国务院办公厅于2021年4月25日印发《关于加强城市内涝治理的实施意见》（以下简称《实施意见》），对“十四五”时期加快治理城市内涝作了顶层设计和总体部署，旨在系统建设城市排水防涝工程体系，提升城市排水防涝工作管理水平，统筹推进城市内涝治理工作，力争5年内见到明显成效。

《实施意见》提出，治理城市内涝事关人民群众生命财产安全，既是重大民生工程，又是重大发展工程。要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，认真落实习近平生态文明思想，牢固树立总体国家安全观，按照党中央、国务院决策部署，立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局，坚持以人民为中心，坚持人与自然和谐共生，坚持统筹发展和安全，将城市作为有机生命体，根据建设海绵城市、韧性城市要求，因地制宜、因城施策，提升城市防洪排涝能力，用统筹的方式、系统的方法解决城市内涝问题，维护人民群众生命财产安全，为促进经济社会持续健康发展提供有力支撑。

《实施意见》明确，到2025年，各城市因地制宜基本形成“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系，排水防涝能力显著提升，内涝治理工作取得明显成效；有效应对城市内涝防治标准内的降雨，老城区雨停后能够及时排干积水，低洼地区防洪排涝能力大幅提升，历史上严重影响生产生活秩序的易涝积水点全面消除，新城区不再出现“城市看海”现象；在超出城市内涝防治标准的降雨条件下，城市生命线工程等重要市政基础设施功能不丧失，基本保障城市安全运行；有条件的地方积极推进海绵城市建设。到2035年，各城市排水防涝工程体系进一步完善，排水防涝能力与建设海绵城市、韧性城市要求更加匹配，总体消除防治标准内降雨条件下的城市内涝现象。

《实施意见》从三个方面部署了重点工作任务。一是系统建设城市排水防涝工程体系。实施河湖水系和生态空间治理与修复、管网和泵站建设与改造、排涝通道建设、雨水源头减排工程、防洪提升工程。二是提升城市排水防涝工作管理水平。强化日常维护，汛前要全面开展隐患排查和整治，清疏养护排水设施，实行洪涝“联排联调”，提升应急管理水平，加强专业队伍建设，加强智慧平台建设。三是统筹推进城市内涝治理工作。优化城市布局加强竖向管控，强化规划管理与实施，加快开工建设一批内涝治理重大项目，强化监督执法。

《实施意见》要求，各地区各有关部门要认真贯彻落实党中央、国务院决策部署，在“十四五”时期加快治理城市内涝，落实责任、加大投入、加强保障、健全制度，力争5年内见到明显成效。

超长薄壁混凝土墙体结构裂缝原因分析及控制对策

黄旭生, 袁慧童, 牛双建, 陈学水, 刘 忠
(深圳市天健第一建设工程有限公司, 深圳 518109)

【摘 要】 随着我国综合实力的提升, 人们的生活水平也在逐渐好转, 建筑行业迎来了一个又一个发展高潮。同时因为对大型混凝土结构的建筑物需求越来越高, 从而涌现出了一批超长薄壁混凝土结构。由于其自身结构特点以及浇筑、养护措施难及时到位, 容易发生混凝土开裂的现象, 给工程的耐久性和质量带来了极大隐患。想要解决混凝土开裂的问题, 就必须从施工技术入手, 加强质量监督, 认真分析裂缝开裂的原因, 才能对症治疗, 彻底解决问题。本文依托于某污水处理厂, 对水厂中超长薄壁混凝土墙体结构产生的裂缝进行了原因分析, 提出了相应的裂缝控制对策, 经工程实践, 该控制对策是有效的, 使其施工质量得到了极大地提升。

【关键词】 超长薄壁; 混凝土; 裂缝分析; 预防措施

Cause analysis and control countermeasures of cracks in super-long and thin-walled concrete wall structure

Huang Xusheng, Yuan Huitong, Niu Shuangjian, Chen Xueshui, Liu Zhong
(Shenzhen Municipal Engineering Corporation, Shenzhen, 518109)

Abstract: With the elevation of the integrated power of China, people's living standards are gradually improving, and the construction industry has ushered in a climax of development one after another. At the same time, because of the increasing demand for large concrete structures, a number of ultra-long and thin-walled concrete structures have emerged. Due to its own structural characteristics and the difficulty of pouring and curing measures in place in time, it is prone to concrete cracking, which brings great hidden dangers to the durability and quality of the project. To solve the problem of concrete cracking, it is necessary to start with construction technology, strengthen quality supervision, and carefully analyze the causes of cracks in order to treat the symptoms and solve the problem thoroughly. Based on a sewage treatment plant, this paper analyzes the causes of cracks in the ultra-long and thin-walled concrete wall structure of the water plant, and proposes corresponding crack control measures. Through engineering practice, the control countermeasures are effective, which greatly improves the construction quality.

Keywords: super long thin wall; concrete; crack analysis; preventive measure

0 前言

混凝土在现代工程建设中占有重要地位, 而混凝土的裂缝在工程中几乎无所不在。尽管我们在施工中采取各种措施, 但裂缝仍然时有出现^[1]。裂缝的存在和发展通常会使内部的钢筋等材料产生腐

蚀, 降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性及抗渗能力, 影响建筑物的外观、使用寿命, 严重者将会威胁到人们的生命和财产安全^[2]。很多工程的失事都是由于裂缝的不稳定发展所致, 其中超长薄壁混凝土裂缝的控制一直是工程的难点, 如何有效地

控制其产生是现今工程和学术研究的热点^[3]。

所谓薄壁结构, 主要是指建筑工程中的水池、地下管道和地下室侧墙结构, 这些结构的厚度较小, 施工工艺相对简单, 在建筑工程中占据的位置却极其重要。所谓的薄壁结构裂缝是指薄壁结构施工使用中因各种各样因素影响而产生的贯穿裂缝, 属于薄壁结构质量病害, 对结构功能的发挥有着重要影响^[4]。为了有效规避超长薄壁裂缝问题的发生, 本文依据深圳市某污水处理厂来进行研究。在本工程中, 现浇混凝土超长薄壁共用墙体的施工过程中涉及水平施工缝的处理、池壁变形缝防水结构的设置等施工工艺, 工序复杂, 存在较多技术难点。因此需要积极采取有效的防治措施, 以促进绿色社会的持续发展。

1 工程概况

某污水处理厂项目总占地面积3.09公顷, 建筑面积为31665.31m², 容积率为1.02。主要构筑物包括细格栅及曝气沉砂池、生物反应池、二沉池、高效沉淀池、过滤器、紫外消毒渠、中水提升泵房等。其中生物反应池池体层和二沉池池体层的交接处采用现浇钢筋混凝土的共用池壁。共用池壁结构, 总长度为137.9m, 高度为10.5m, 厚度为800mm(下部)/500mm(上部), 具有超高、超长、超薄的特点。

大面积薄壁混凝土地下水池结构, 受不均匀沉降和地下水顶托作用, 其混凝土干缩冷缩力等影响要比一般的地下结构更大。而且墙体位于拥有不同底板标高的两水工构筑物之间, 还牵扯到大量的管件预埋, 水平施工缝、变形缝、加强带的设置等施工工艺, 结构工程量大、施工难度高, 若不采取专项防治措施, 墙面裂缝将会大面积生成, 这会导致墙体内部钢筋遭受腐蚀, 继而降低构件的承载力、耐久性及抗渗性, 最终对结构强度和防水性能造成严重损害, 并引发池体渗漏。因此, 必须高度重视共用池壁的施工质量, 如何从技术和管理上避免池壁裂缝以提高水池的抗渗漏能力是本文研究的主要课题。

2 裂缝原因分析

2.1 裂缝类型

在完成生物池和二沉池间一区超长共用池壁的浇筑、拆模和养护工作后, 墙面四个竖向施工段都出现了宽度、深度不等的裂缝, 这些裂缝主要集中在池壁底部、池壁顶部、池壁水平施工缝所

在区域、预留孔洞边缘处以及池壁中部。裂缝主要表现为竖向或斜向的浅层裂缝, 裂缝平均宽度为0.15mm, 平均深度为0.4mm, 小于钢筋保护层厚度。

造成构筑物开裂的原因较为复杂, 一般可归结为荷载引起的裂缝和变形引起的裂缝。对于贮水类构筑物, 防水抗渗要求高, 一般不存在承载力不足而引起构筑物开裂, 而主要由塑性收缩、混凝土干缩、温差收缩以及阻止收缩趋势的约束等引起变形裂缝。此水质净化厂二沉池和生物池共用池壁所产生的裂缝的类型分为以下几种:

(1) 施工缝

共用墙体在混凝土浇注时, 由于浇注高度的限制, 不能对墙壁整体连续浇筑完成, 并且间歇时间超过混凝土运输和浇筑允许的延续时间, 先后浇筑的混凝土结合面便形成了施工缝。同一次性浇筑结构相比, 施工缝会对结构的整体性带来一定的危害, 由于施工缝两侧浇筑混凝土的时间差, 导致两侧混凝土收缩变形不一致, 因而容易在施工缝处产生裂缝, 降低结构的承载能力^[5]。再加上现场对于施工缝做法存在很多问题, 在浇筑上层混凝土前有大量的混凝土残渣、木屑、铁钉覆盖在界面上, 没有冲洗干净, 浇筑上层混凝土后, 在新旧混凝土之间形成夹层; 在浇筑上层混凝土前, 没有先在施工缝处铺一层水泥砂浆, 导致上下层混凝土不能牢固粘结; 混凝土面虽经过人工凿毛, 但效果较差, 边角局部不到位, 使新旧混凝土结合不牢。这些不当的操作, 导致在墙体施工缝处形成了较长的竖向贯通裂缝, 裂缝延伸至池壁中部, 其宽度达到了0.6mm, 已然超过了《混凝土结构设计规范》(GB50010)所规定的最大裂缝宽度0.2mm。

(2) 温度裂缝

共用池壁在浇捣过程中, 由于其体积过大, 聚集在内部的水泥水化热不易散发, 使得混凝土内部温度显著升高, 在表面产生拉应力, 后期在降温过程中未及时得到水分补充, 又受到基础或其他约束, 不能自由伸展, 在混凝土内部产生拉应力。另外, 在气温降低的时候也会在混凝土表面引起很大的拉应力, 当混凝土拉应力引起板的约束力超过一定程度时, 引起了混凝土的开裂。虽然部分混凝土内部温度变化很小或变化很慢, 但表面温度产生了较大的变化, 如现场施工人员的养护不周、时干时湿、表面干缩变形受到内部混凝土的约束也会导致

裂缝的产生[6]。

(3) 收缩裂缝

在共用池壁浇筑完混凝土后的一段时间内，水泥水化反应激烈，分子链逐渐形成，出现泌水和水分急剧蒸发，混凝土失水收缩，对于这一类的薄壁结构，在施工过程中出现搅拌时间过长，振捣不够密实等不当措施，出现了塑性收缩，并由此导致严重开裂后果^[7]。

2. 2裂缝原因分析

2. 2. 1 混凝土供应不及时

在招标前就对供货商进行了实地考察，发现砼料的生产线及运输车辆均能满足项目部使用要求。但是，供货商的各搅拌站距离本项目普遍较远，混凝土出货速度慢，在混凝土配送过程中常出现堵车现象，罐车的晚点到场造成了现场混凝土浇筑中断，二次浇筑的间隔时间超过混凝土的初凝时间，最终导致墙面冷缝产生。

2. 2. 2 浇筑工艺控制不严格

在混凝土整体分层浇筑和振捣过程中存在如下问题：浇筑时没有用专用尺杆测量分层厚度，实际厚度远大于500mm；混凝土集中卸落在口模单侧，部分下料点高度大于2m，使得口模承受的单侧压力过大而产生了一定位移；二次振捣时间处理不当，混凝土振捣时间过短，且Φ50振捣棒无法深入模板边角局部位置，振捣不彻底、不到位；实际振捣间距大于振捣棒作用半径的1.5倍，造成漏振，且完成浇筑后也未进行二次振捣，影响混凝土的质量。

2. 2. 3 未按照方案养护

拆模后未覆盖塑料薄膜进行养护，墙体受到阳光直接照射；拆模1天后才开始对墙体进行养护，现场人员监管不及时；实际养护时长只有7天，远远达不到抗渗性混凝土14天的养护时长要求。

2. 2. 4 施工缝处理不到位

虽经过人工凿毛，但效果较差，边角局部不到位；在浇筑上层混凝土前还有大量的混凝土残渣、木屑、铁钉覆盖在界面上，没有被冲洗干净；施工缝表面未铺设15~30mm的水泥砂浆，便进行上层混凝土的浇筑。

3 裂缝控制对策

3. 1 混凝土浇筑工艺控制

3. 1. 1 浇筑前控制

(1) 施工质量的好坏绝大部分在于施工人员的责任心及能力。如果此两者兼而有之施工质量才

能得以保证。因此，在每次混凝土浇注施工前都要召开技术交底会议详细解说技术要求施工规范。力求将责任明确到个人，再通过施工班组、技术部门层层监督，以达到确保质量的目的^[8]。

(2) 在浇筑抗渗混凝土前，要协调好相关供电部门和混凝土供应单位，保证施工用电供应和混凝土供应，在施工现场，应该配备相应功率的发电机，通过此种方式，即便发生临时停电，也不会影响混凝土的正常浇筑，从而避免冷缝的形成。

(3) 将模板内部清扫干净，验收合格后将预留清扫窗口封闭。高墙体混凝土浇筑前，先把下部清理干净，在底部均匀浇筑不小于2cm、不大于5cm厚度的同强度水泥砂浆。

(4) 混凝土浇筑前，了解拌和设备混凝土的生产能力，根据浇筑层高度计算一次浇筑混凝土的方量，结合混凝土的初凝时间、运输距离等因素，综合考量起拌时间、运输车 and 泵车数量。对于混凝土供应不足的情况，利用供货商的混凝土生产调度管理系统，直接对接混凝土配送人员，实时跟进供料实况，对即将进场的砼运输车进行地图监控，有助于把控混凝土生产配送时间，提升供料管理效率。

(5) 浇筑混凝土时分段分层连续进行，浇筑层高度最大不超过500mm^[9]。对于分层浇筑的厚度，采用专用测杆检查，在测杆上刷红蓝标志线，以外露测杆的长度来检验分层厚度，确保分层浇筑厚度满足规范要求。



图1 控制下料点高度

3. 1. 2 浇筑过程控制

本工程的管线纵横来往错综复杂，在各预埋管线部位浇注混凝土时需注意振捣到位，在不破坏管线的情况下最大限度地保证振捣质量。



图2 控制浇筑分层厚度

采用二次振捣，排除混凝土因泌水在粗集料、水平钢筋下部生成的水分和空隙，提高混凝土与钢筋的握裹力，防止因混凝土沉落而出现的裂缝，减少内部微裂，增加混凝土密实度，使混凝土的抗压强度提高，从而提高抗裂性^[10]。针对二次浇筑时所出现的问题，应从以下几点进行改进：

(1) 在模板内分层装入混凝土后，将ZN50和ZN30的振捣棒组合使用进行二次振捣，其中ZN30振捣棒用于深入模板边角处和钢筋密集区加强局部处理；

(2) 振捣时，振捣器的振动棒应快速插入、缓慢拔出，插点应按照“梅花状”布置形式进行移动，每个振捣棒的移动间距为400mm，采用自后向前的振捣顺序，振捣器垂直插入下层混凝土，且插入深度不应小于500 mm^[11]；

(3) 混凝土振捣时应注意钢筋密集部位，为防止出现漏振，振捣棒应随浇筑点逐段移动，并在门窗洞口两侧均匀振捣；

(4) 每一振点的振捣时间不宜过长或过短，一般为20~30s，以砼面不再冒出气泡，液面不再下沉为宜，混凝土表面出浆呈水平状态，并将模板边角填满充实；

(5) 混凝土在第一次振捣完毕20分钟后进行二次振捣，二次振捣要在混凝土初凝前完成。

(6) 混凝土振捣完后，将上口甩出的钢筋加以整理，用木抹子按标高线将墙体上表面混凝土找平。

3. 2 施工温度控制

夏季施工时，粗细骨料在太阳的暴晒下温度可达到50℃以上，使用这样的骨料再加上水泥水化的放热，浇筑时混凝土温度将大大超过环境温度，在浇筑后降温温差也会非常大，这样就会引起非常



图3 两种振捣棒组合振捣



图4 墙体混凝土抹平

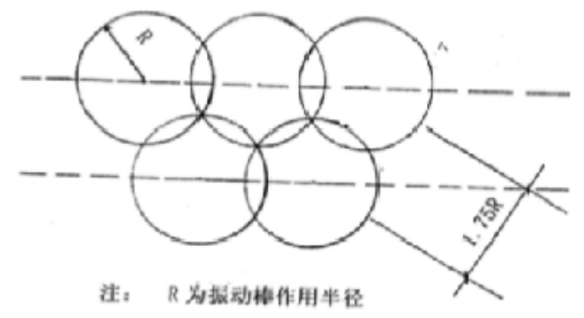


图5 按“梅花状”移动振捣

大的温差收缩应力。因此需要控制混凝土的入模温度，粗细骨料应该避免堆放在阳光直射的地方，应该置于通风处。采用冰水或者在水中加入冰块拌和混凝土。薄壁施工温度不宜大于28℃，日最高气温超过30℃时，宜选择在早晨或者傍晚施工^[12]。

保温养护阶段，混凝土浇筑体内部最高温度与表层最低温度之差不宜超过25℃，内部降温速率不宜大于1℃/d~3℃/d，且高温条件下混凝土内部平均温度小于65℃。对其进行内外温度监测，混凝土浇筑成型初期，每2h~4h测温1次，持续到降温过程中温差峰值出现，此后逐渐延长测温时间^[13]。

3.3 养护控制

温度对于共用池壁所造成的影响是非常大的，所以要想改善混凝土超长薄壁结构的裂缝现象，就得在温度方面进行一定的干预，主要的途径是进行保温或保湿的养护方法，通过干预来防止共用池壁结构的内外温度梯度的变化，改善由温度应力造成的混凝土开裂。针对施工出现的问题，提出以下改进措施：

- 1. 对砼工班组进行技术交底，安排固定责任人对某一区段墙体的整个周期的养护质量负责，不能随意更改养护人员，要求定人、定点，避免错失养护时间^[14]；
- 2. 在混凝土浇筑初凝后、终凝前在共用墙体两侧各覆盖一层土工布进行养护，通过胶布将土工布之间固定，保证布内有凝结水并免受阳光直接照射；
- 3. 在混凝土浇筑10~12h后，砼工班组应揭除土工布并在墙体上铺设内径为25mm的浇水软管，该软管通过U型螺钉固定在混凝土墙顶端，在浇筑软管的转角处则套接硬质软管，当管内被送入水体时，即可通过胶管上布设的各个小滴孔进行持续的自动洒水养护，而胶管的出水端则由工人掌握，工人站在池壁两侧对墙体中部进行人工浇水养护，确保混凝土表面始终处于湿润状态，养护时长不得少于14天^[15]。



图6 池壁两侧覆盖土工布

3.4 施工缝处理控制

针对在施工缝处出现的贯通裂缝，也采用了很多办法来处理。

- （1）增配3人及以上的砼工专门负责水平施工缝的细部处理，并进行明确分工，分别负责施工缝表面凿毛、缝面碎渣清理和涂抹水泥砂浆，确保每



图7 池壁两侧浇水养护

一工序到位；

- （2）在检查施工缝凿毛质量时，保证凿深为20~30mm，让砼中的粗骨料露出来，让砼中的粗骨料露出来，使得后次浇注的混凝土能与前次已浇注的混凝土密合；
- （3）混凝土表面的污物务必用压力水清洗干净，使得缝面充分润湿而没有积水；
- （4）水泥砂浆的厚度应仔细测量，确保控制在15~20mm。



图8 施工缝凿毛结果



图9 施工缝涂抹水泥砂浆

4 裂缝控制效果

采用上述技术措施对钢筋混凝土薄壁结构裂缝进行处理之后，在后来的混凝土工程连续施工中，水池池壁发生裂缝的概率大幅度降低。对各区墙体两侧的裂缝进行了全面观测，在共用墙体两侧的368个调查点中，可见裂缝仅出现了50次，实际裂缝发生率为13.59%，比采取措施之前降低了13个百分点。“池壁中部裂缝”和“施工缝裂缝”不再是池壁裂缝分布的主要形式，单侧墙面上裂缝宽度超过0.2mm的贯通裂缝也被彻底消除。池壁的裂缝问题得到了很好的改善，保障了结构质量，消除了生物池和二沉池在进行水处理和污泥回收时的安全隐患。同时，也有效节约了后期修补成本，取得了一定的经济效益。

5 结论

要想控制超长薄壁墙体裂缝的产生与发展，这就需要相关人员深入分析混凝土的裂缝产生原因，同时施工过程中采取有效的方式来预防混凝土裂缝的产生，从而保证工程质量。本文通过研究，得到如下结论：

- （1）超长薄壁混凝土墙体结构出现裂缝的类型主要分为：施工缝处贯通裂缝、温度裂缝以及收缩裂缝。
- （2）以某污水处理厂来分析超长薄壁的裂缝问题，发现其开裂的主要原因是混凝土供应不及时、浇捣以及养护不到位；另外，水泥水化放热以及混凝土收缩等因素也加剧了裂缝的发展。
- （3）针对施工技术要点，在施工过程中，研发、改进了四项工艺。应用砼友ERP系统对共用池壁的混凝土配送工作进行全过程管理。指派专门共用池壁水平施工缝细部处理工作的砼工，并明确分工内容（凿毛、清缝、抹砂浆）。采用ZN50型和ZN30型振捣棒，按照“梅花状”排布进行移动，做好二次振捣。在该共用池壁顶端铺设浇水软管进行

自动洒水养护。

参考文献

[1]江文,丁正华.多段多级A0工艺在某水质净化厂改造工程中的应用研究[J].技术与市场,2020,27(08):27-29.

[2]谢彪,李明,徐文,等.超长薄壁结构混凝土裂缝控制技术研究[J].江苏建筑,2019(02):38-41.

[3]傅红.超长钢筋混凝土池壁裂缝机理分析及加固方案研究[D].长安大学,2019.

[4]庞文博.现浇钢筋混凝土水池池壁裂缝原因分析及控制措施[J].中国住宅设施,2019(07):117-118.

[5]张丽华.大型现浇钢筋混凝土水池池壁抗裂缝施工措施[J].黑龙江科技信息,2012(15):247.

[6]蔺东飞.高温地区超长薄壁墙体混凝土浇筑技术应用[J].电力勘测设计,2018(12):46-50.

[7]栾冬梅.浅谈超长混凝土结构温度收缩裂缝的控制[J].黑龙江科技信息,2009(03):272.

[8]谢彪,李明,徐文,王育江.超长薄壁结构混凝土裂缝控制技术研究[J].江苏建筑,2019(02):38-41.

[9]袁远志.探析污水处理厂池壁渗水、裂纹的原因及防治措施[J].低碳世界,2016(24):164-165.

[10]范延辉.污水处理厂工程混凝土水池池壁抗裂缝施工措施[A].河南省土木建筑学会.土木建筑学术文库(第12卷)[C].河南省土木建筑学会,2009:2.

[11]陈光辉.污水处理工程综合池混凝土池壁裂缝原因分析[J].工程质量,2014,32(12):95-97.

[12]秦成龙.浅析某污水处理厂二沉池混凝土结构施工缺陷及防治[J].安装,2020(09):86-88.

[13]杨青,杨国兵.钢筋混凝土污水处理池裂缝探究[J].山西建筑,2020,46(05):89-91.

[14]孙兆男.污水再生利用工程质量管理体系优化研究[D].华北理工大学,2020.张明瀚.

[15]建筑混凝土结构裂缝主要影响因素及施工处理[J].散装水泥,2021(02):76-77

预制PC构件生产工厂的建设规划及工艺设计分析

韩良君¹, 杨尚荣², 万俊飞²
(1. 深圳市特区建工科工集团有限公司, 深圳 518000;
2. 深圳市深汕特别合作区盛腾科技有限公司, 深圳 518000)

【摘 要】 近年国家大力推动装配式建筑产业发展, 预制PC构件工厂如雨后春笋般建立起来, 为保证工厂后期投入运营过程中能起到良好的效果, 应进行严谨科学的建设规划和工艺设计。本文提出以市场政策、企业自身特色、产业布置和选型、工艺选型、产能设计以及整体布局规划为要点的建设规划和工艺设计方法, 并结合相关例证详细分析了市场政策对地区行业环境下预制构件的应用规模、类型以及产业推动的情况; 后续进行工厂的产业布置及产品选型的要素; 工厂的工艺选型; 产能设计方法和要点等几个主要流程。

【关键词】 预制PC构件工厂; 建设规划; 工艺设计; 市场分析

Mechanical performance analysis of composite node of Assembly Module Unit

Han Liangjun¹, Yang Shangrong², Wan Junfei²
(1. Shenzhen SEZ Construction Science and Industry Group Co.,Ltd.,
2.Shenzhen-Shanwei Special Cooperation Zone Shengteng Technology Co.,Ltd.)

Abstract: In recent years, the state has vigorously promoted the development of the prefabricated construction industry. Prefabricated PC component factories have sprung up. In order to ensure good results in the later stages of operation, it is necessary to carry out rigorous and scientific construction planning and process design. This paper proposes the construction planning and process design method based on market policy, enterprise's own characteristics, industrial layout and selection, process selection, capacity design and overall layout planning, and analyzes the market policy in the regional industry environment in detail with relevant examples. The application scale, type and industrial promotion of prefabricated components; follow-up industrial plant layout and product selection factors; plant process selection; capacity design methods and key points.

Keywords: Prefabricated PC component factory; construction planning; process design; market analysis

0 概述

传统建筑行业混凝土结构采用现浇作业的方式, 存在资源浪费严重、质量控制难、环境污染严重、劳动力逐渐减少等问题。因此在中央和地方政府的倡导之下, 建筑行业向工业化模式转型升级发起挑战, 装配式结构尤其是装配式混凝土结构飞速

发展, 越来越多的预制PC工厂建立起来。

自1956年我国从苏联引进学习工业化技术以来, 我国建立的诸多预制PC工厂, 如北京榆构、上海建工的预制构件工厂已成为地方乃至我国的行业龙头代表企业, 打造全产业链的发展模式, 而有的工厂却经营不善, 问题重重, 甚至倒闭关门。

这是由于预制PC的工厂的规划和工艺设计, 是一个严谨复杂、考虑诸多因素的学问, 要科学合理, 严谨可靠, 才能良性的运营发展。

1 建厂的意义及目的

1.1 国家及地区政策环境

随着经济不断的发展和在装配式技术领域的不断摸索前进, 我国近年开始大力推动装配式建筑。2013年, 发改委和住建部联合发布《绿色建筑行动方案》, 其中重点任务中指出“推广适合工业化生产的预制装配式混凝土、钢结构等建筑体系, 加快发展建设工程的预制和装配技术, 提高建筑工业化技术集成水平。”2016年, 国务院发布《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)再次强调“装配式建筑是建造方式的重大变革, 是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措。”自2016年住建部《建筑产业现代化发展纲要》规定“2020年装配式建筑占新建建筑的比例20%以上; 2025年装配式建筑占新建建筑的比例30%以上”, 我国对于装配式建筑的推动已经从鼓励支持到强制性指标要求。

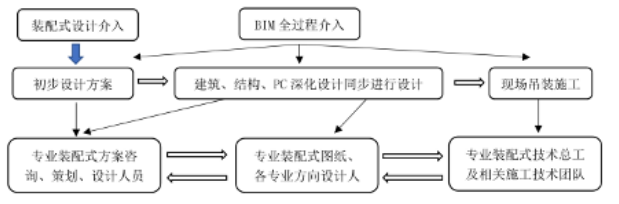
对此各个省份应对国家政策要求, 结合自身装配式产业发展状况, 纷纷出台了具体目标要求^[1]。如表1所示, 大部分地区在2020年已经对全省进行相关指标要求, 并大力推动EPC工程模式的发展, 尤其以经济发达的京津冀地区、长三角地区、珠三角地区发展最为迅速^[2]。

表1 部分省份2020年装配式占新增建筑面积占比^[1]

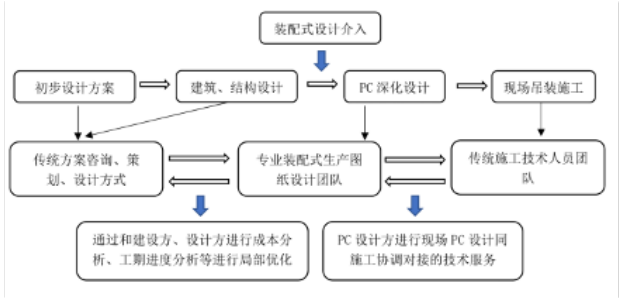
省份	比例	适用范围	省份	比例	适用范围
山西	25%	区域	湖北	35%	区域
河北	20%	全省	湖南	30%	区域
辽宁	20%	全省	广东	15%	非政府投资
吉林	20%	长春、吉林	广西	20%	试点城市
江苏	30%	全省	四川	30%	全省
浙江	30%	全省	云南	20%	昆明、曲靖等
安徽	15%	全省	陕西	20%	全省
福建	20%	全省	上海	100%	外环线内
江西	30%	全省	青海	10%	全省
山东	30%	济南、青岛	宁夏	10%	全省

1.2 企业自身特色

预制构件工厂的建立对于企业自身在地区的业务发展, 自身的目标实现, 都是具有长远意义和利益的。如图1(a)所示, 装配式工程项目理想运转模式, 设计前期进行装配式设计的介入, 项目的各个参与方紧密配合, 从设计—施工一体化模式转变成更高要求的设计—生产—施工一体化模式。即使由于行业状况, 尤其对于装配式建筑刚刚开始发展的地区和企业, 很多时候在施工图阶段才开始介入, 但这种模式要求也是必须的, 如图1(b)所示。



(a) 理想运转模式



(b) 阶段介入运转模式

图1 工程项目运转模式

预制构件工厂作为PC构件的生产供应方是装配式建筑项目的重要参与方之一, 需要同设计、施工、铝模、爬架、塔吊等各个单位进行对接, 无论对于建设开发企业、设计单位、施工单位进行预制构件工厂的建设都能产生良好的效果, 加快工程项目的前期效率和成本的把控, 从前期设计规划阶段参与到项目中, 有效减少后期的碰撞和变更, 加快工作效率。

同时, 无论对于大型央企、国企、地方国企或是私人企业, 本身出于营造利润还是完善产业链条的角度上推动EPC工程模式的发展, 都是具有必要性的。

2 工厂的建设规划

2.1 市场政策分析

对市场政策的深入分析, 是工厂建设规划的又

要分析要素，地区的装配式发展速度、推广专业领域、装配式建筑年新增面积、构件的种类和应用比例等等都直接或间接地受到影响。整个建厂规划的产业链部署、构件选型、工艺设计、产能设计等都受到市场政策的分析影响。

以专业领域来说，目前市场环境下，以住宅类建筑为核心的民用建筑市场是装配式发展推广的主流，但随着地下空间的技术研发推广，地铁隧道盾构管片、城市地下综合管廊等都已经大量采用装配式技术，如北京地铁四号线项目、首都机场线辅路项目等。



(a) 盾构管片



(b) 地下涵管

图2 市政类预制构件

对于工业、公用建筑也同样如此，从工艺技术角度上，理论上完全具备可以保证高质高效的工程建设。但实际上设计、生产、施工等各方面都严重缺少相关的技术人员，尤其是集成技术人才。因此在初期尝试应用时，设计周期过长和构件成本飙升这两个装配式工程项目常见问题频频发生，无法发挥装配式技术优势。

目前装配式技术的推动的主要难题便在于无法发挥施工效率和降低总成本的优势，导致项目参与各方尤其是建设单位以及施工单位能动性不足，在

激烈的市场竞争环境下更多的公司还是愿意使用现浇模式，因此现阶段市场政策的推动具有十分重要的作用。

目前很多地区已经将工业建筑、公用建筑纳入评分审核的范围内，如上海地区总建筑面积5000m²以上的公用建筑、2000m²以上的工业建筑要按相关装配式建筑评分审核要求执行；深圳地区建筑面积5万平方米及以上的新建厂房、研发用房、公用建筑按相关装配式建筑评分审核要求执行。

市场政策对预制构件种类、范围等推广也是息息相关的。

以深圳地区为例，按深建规[2017]3号文，执行装配式预制率计算，工程项目常采用的预制构件为预制凸窗、阳台、楼梯。一般而言，阳台、凸窗、楼梯的使用基本可以满足装配率30%的要求，为满足预制率15%的要求，在进行少量预制外墙的使用。

随着装配式的深入发展，深圳市于2018年发布了深建规[2018]13号文，规定自2018年12月1日后取得用地规划许可证的工程项目按照《深圳市装配式建筑评分规则》进行计算，其中主体结构部分评分方法和要求如表2所示。

表2 主体结构评分要求（混凝土结构）				
构件		比例	得分	
主体结构	竖向构件 （体积）	①35%≤竖向构件比例≤80%	①10～20	
		②5%≤竖向构件比例<35%，非预制构件部分应采用装配式模板工艺	②10～15	
	水平构件 （投影面积）	①70%≤水平构件比例≤80%	①10～15	
		②10%≤水平构件比例<70%，非预制构件部分应采用装配式模板工艺	②5～15	
	装配化施工		共3项，按满足项数评分	1～5
	主体结构总分：40分			最低分值要求：20分

竖向构件相当于预制率按照体积比计算，水平构件相当于装配率按照投影面积计算，但实际两者不意味着按照竖向（15-5）/30×5+10=12.5、水平构件得分b=（30-10）/60×10+5=8.33关系换算，两者之间主要有以下区别：

（1）装配式模板的使用作为计算类别的选择依据（见表2所示），不按系数比例纳入主体结构装配式的计算指标，即模板的使用面积无法对计算结果有波动性影响。

（2）标准层主体结构分为竖向和水平两部分，各自划分预制构件的种类并分别计算；

（3）内隔墙不再按系数比例纳入主体结构预制率和装配率的计算范围内，即内隔墙的使用面积和长度范围无法对计算结果有波动性影响，内隔墙和围护结构作为一项单独进行评分计算，纳入总分。

因此综合对比深圳地区装配式设计评价标准的变化，实际在实施过程中模板、内隔墙的分割计算导致装配式设计无法再仅仅依靠凸窗、阳台、楼梯以及少量的预制外墙来满足审核要求，方案设计时需要加大构预制构件应用量。

如表3所示，为笔者在深圳地区2018年接触采用深建规[2017]3号文审核装配式设计的工程项目，都没有采用叠合楼板。表4所示为随机选取的深圳地区2019年采用深建规[2018]13号文的工程项目，绝大多数水平构件应用比例为40%-50%，水平构件的选择上紧靠阳台、楼梯已经无法满足，以叠合楼板为主的预制楼板的使用得到了极大的推广，一跃成为主流产品，可以说在一定程度上通过政策合理地推动了预制构件的应用种类规模。

表3 深圳部分项目主体结构构件比例及评分	
项目	预制构件（不含内隔墙）
东立片区城市更新单元	凸窗、楼梯
华嵘海苑居	凸窗、阳台、楼梯、梯井隔墙
哈尔滨工业大学深圳校区扩建工程	预制外填充墙复合叠合梁、楼梯
天鹅湖畔花园	凸窗、阳台、楼梯、外墙
钟氏电子工业区城市更新单元	凸窗、外墙、楼梯

表4 深圳部分项目主体结构构件比例及评分				
项目	竖向比例	水平比例	竖向得分	水平得分
安居萃云阁项目	10.95	50.85	10.99	11.80
竹子林保障房工程项目	24.33	42.40	13.22	10.40
安居锦龙苑项目	10.20	38.00	10.90	9.70
远洋天著华府项目	30.90	16.50	14.30	6.10
福成街道A914-0305宗地	7.48	46.43	10.40	11.10

这是由于地方市场环境下，相比灌浆套筒工艺技术、预制梁柱节点的连接设计施工等来讲，叠合板上在设计、生产、施工等工艺技术上更为深圳地区的各个主体所接受，对主体结构其余部位的施工工艺影响和改变较少，被优先选择。此外虽然水平和竖向评分的差值比例皆为1/6（表2计算条件②），但明显从分值波动幅度和常规住宅类建筑结构布置特点来说，通过增大水平构件得分来满足要求更为容易实现。

同时，市场的定位分析还要考虑未来的市场发展趋势和需求，如发展较快的上海地区，于2016年发表的《上海住房和城乡建设管理委员会关于本市装配式建筑单体预制率和装配率计算细则（试行）的通知》沪建建材[2016]601号文中要求，除一定范围内，新建民用、公用建筑按预制率不低于40%或单体装配式不低于60%，水平构件的设计布置考虑规避管线密集部位、防水处理复杂部位及保证预制楼板的种类数量合理的情况下，难以达到60%的装配率，大部分项目通过应用预制剪力墙、预制柱、预制梁等主体受力构件以满足40%的预制率要求，推广了上海及周边地区主体受力构件设计、生产和施工技术的掌握。

对于各个地区而言，随着政策推动，对装配式应用要求的加大，包括梁、柱在内的主体受力结构合理设计运用预制构件是一种必然的发展趋势，因此对于中大型预制构件生产工厂而言，这类构件的生产工艺技术的布置掌握也是具有必要性的。

2.2 产业布置和产品选型

结合上文可以了解产业链布局是多方向供给选择的。结合市场分析和企业自身特点，即现有资源和占有资源的匹配情况确定，产业布局既可以单一市场方向也可以多个方向共同发展。对于大型预制构件工厂而言，排除建设企业特殊性质，宜全产业链的协调发展，但建立初期应选取一个产业方向为核心。

产品在选择上要集成化，这是由于在装配式产业化推动的同时，EPC工程总承包模式也是核心要素。对于单体建筑，以向面向住宅市场为例，要能具备对梁、柱、板、墙、楼梯、阳台这些基本组成部分预制构件的生产能力，即具备独立完成单体建筑各个种类预制构件的生产能力。

每一类构件又有多种细致分类，要结合地域特点细致考虑。如南北差异下，北方采用外墙构件多

为复合保温墙板，而南方地区一般将保温和预制构件完全分离去做，同时预制凸窗这种异型构件应用及其普遍。

同时地域因素不能仅仅简单考虑南北差异，厂区辐射范围内地区的气候、降雨量、温差变化以及建筑结构设计习惯等因素都要进行细致考虑。

这一点对厂区生产线的布置布局、主体结构的选型等都有一定的借鉴意义。如室外高温天气季节持续时间长，日光照时间长的地区，混凝土结构的工厂更容易保持室内温度，节约运营成本；降雨量较少的地区规划时可将很多生产线布置在室外区域，降低成本，如图3、4所示。

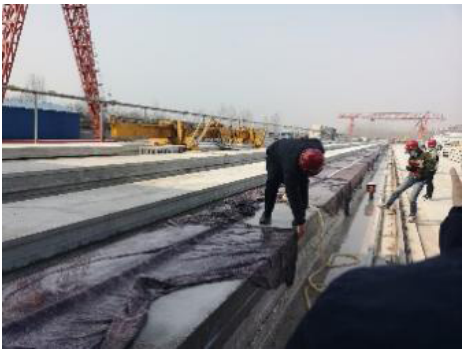


图3 室外生产线



图4 混凝土厂房

2.3 工艺选型

工艺选型是根据构件的种类比例合理布置生产线，确定生产工艺，是工厂建立的过程中的核心环节，直接影响到工厂建成后运营的成本、生产效率等多个方面。生产线对应设备的特点一般分为流水生产线、固定模台生产工艺、长线台座生产线，详细如图5所示。

各个生产线不能是完全独立的个体。一种构件可由多种设备进行生产，一条生产线又可以生产多种产品构件，在生产线的布置选择上，形成交叉覆

盖。但这种交叉覆盖不能是简单的重叠，应具有各自的生产工艺特点，可根据产量、工期需求等进行选择，增强工艺布置的灵活性。

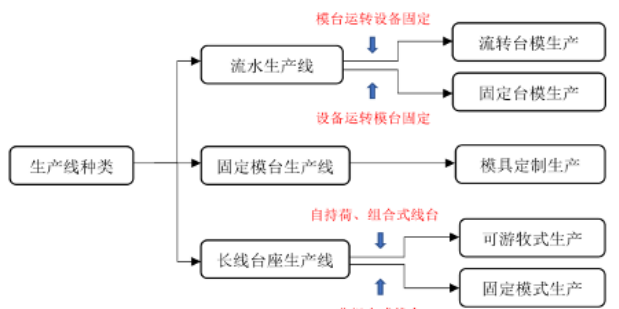


图5 生产线的主要类型

例如图6所示，为全自动循环流水生产线（流水模台）和柔性生产线（固定模台），两者都为平板类构件的生产线，两者的区别对于全自动循环流水生产线通过蒸汽加压养护，可以达到每日两个台班的生产速度，但蒸汽加压养护会提升预制构件的生产成本，因此对于大批量、施工工期紧张的项目使用具有优势，而对于一般情况而言，采用柔性生产线更有利于成本控制。



(a) 循环流水生产线



(b) 柔性生产线

图6 平板类构件生产线

同时在工艺布置上宜选取长线台生产线以及有较高承载力预应力产品。一方面可以进行大跨度构件的生产增强了生产能力，满足更多的市场需求；另一方面长线台可通过分割模进行常规构件的生产，具备扩展性和改造型。

长线台生产工艺的布置和预应力生产工艺对于应对工业、公用建筑市场是必备的，预应力技术可以有限降低成本。

最后还应考虑车间跨度、运输流转等方面的需求设计合理严谨的工艺流程，如固定模台生产线飘窗、楼梯的生产分为以下12个流程：模具清理→刷脱模剂→成型钢筋笼吊入→组合模具→预留预埋→隐蔽检查→浇筑混凝土→振捣密实→上表面收光→养护→拆模→起吊。

根据合理的工艺流程设计为生产线选择合理的工作位置，指导车间进行整体布局规划，同时严谨细致的工艺流程也方便后期运营生产过程中进行监督把控，提高生产质量。也只有做到规范工艺流程以及严谨的检验流程，才能保证生产工艺健全，能够明确生产责任，保证生产处于受控状态，从而达到工厂实现高效、安全的目的。

2.4 产能设计

工厂的产能能力以及产能能力和市场的匹配度，直接影响园区日后的运营。产能大小的设计和资本投入也是息息相关的，产能过剩资金回流慢，产能过低无法有效占据市场份额，随着市场爆发竞争力将逐渐下降。

生产线的规模确定了年产能，其计算方法主要

如下：

(1) 流水生产线设计年产能：

$$E=S\times t\times s\times D\times c\times u$$
 (1)

E—设备设计年产能；

S—模台面积，等于单个模台有效使用面积

$S_1\times$ 模台总数量a；

t—产品厚度

D—生产线年工作天数

c—每天工作台班数量

u—生产线利用率

(2) 长线台生产线设计年产能：

$$E=L\times t\times s\times D\times c\times u$$
 (2)

E—设备设计年产能；

S—生产线长度；

t—产品折合厚度（如双T板、L形梁、L形柱等）

D—生产线年工作天数

c—每天工作台班数量

u—生产线利用率

产能设计要结合市场的规律和企业自身的目标，进行科学的计算分析，同时也可以采用分期建设的方法缓解资金压力和厂区规模需求的矛盾，而新增建筑面积的占比对应的产能占比也是要根据市场政策，装配式面积增量确定的。

年产能的布置规划也是工艺选型的重要参考因素，相互影响，同时也是厂区进行生产设备的布局规划，后续流转的重要参考因素，其关系如图7所示。

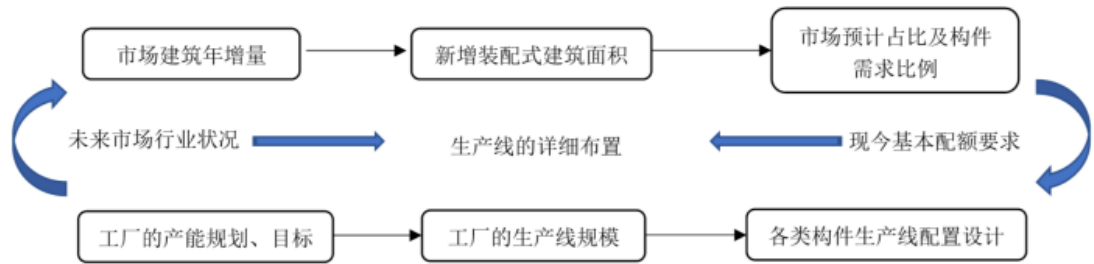


图7 产能设计同市场的关系

因此产能的计算和工艺设计布置是一个相互影响逐渐精细的过程，上述公式也是一个逆推过程，根据年产能的设计布置生产线的规模，如流水生产线的模台数量、长线台座生产线的长度、是否需要引入蒸汽养护系统提高每日台班数量等。

如某流水生产线设计采用4×9m模台，模台利用率按50%考虑，主要用于生产墙板，按平均厚度约为200mm考虑，设计年产能可为4万m³。则按照每天实际工作时间300天计算，模台数量设为a，要保证单班年产能可为

$4\times 9\times 0.2\times a\times 50\%\times 300\geq 40000\text{m}^3$ ，约40张模台可以满足要求；如果设计年产能8万 m^3 ，约80张模台，则数量过多不利于场地布局，则可以引入蒸汽养护，每日可以达到两个台班，满足设计产能。

2.4 整体部规划

工厂后续生产运营包括物料运输、产品转运、堆场等各种活动，因此工厂的整体布局要保证各种物流的高速高效运转。

对于整体布局规划而言，对应不同的生产车间都有不同的要点要素。例如一般情况下，钢筋加工车间位于车间的核心位置，保证钢筋和混凝土的运输距离最优，而含钢量较高的构件优先布置在其附近。但长线台生产线和预应力生产线一般布置在厂房两侧的车间，一是由于大跨度构件需要的运输半径较大，同时钢筋张拉期间安全区域的设置。

PC产品生产到出厂运输向施工现场需要一个周转时间，因此需要堆场场地进行预制构件的临时存放，否则PC工厂的产能再大也无法发挥，堆场场地应临近PC工厂进行建设，对地面进行硬化处理，堆场场地面积应 $\geq$ PC工厂面积，并保证覆盖设计最大

年产能。

此外要合理划分车辆运输路线，配备剪力墙等立式堆场构件的存放架、运输大型构件或批量运输构件的龙门吊车等设施。还可以合理设计规划，科学利用立体空间。

3 结语

预制PC构件工厂的建设是一个复杂的综合型学科，既涉及到市场的战略分析和资源分配，也涉及到工艺技术的应用和设计。总体而言，对预制工厂的建设规划和工艺设计来说，地方政策是关键，企业特色是基础，目标市场是方向，配备科学合理的工艺设计和产能设计，保证后期运营高效低耗，快速进入市场。

参考文献

[1] 2019-2014年中国装配式建筑行业市场前景与投资规划深度分析报告[C]北京：前瞻产业研究院2019

[2] 刘大胜, 蒋勤俭, 黄清杰, 赵大为, 刘滔. 预制混凝土构件工厂全国重点区域规划布局研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2019(09):60-65.

建筑工业化

可扩展组合式长线台
生产模式下双T板的设计和生产工艺

杨尚荣，万俊飞
(深圳市深汕特别合作区盛腾科技有限公司，深圳 518000)

[摘 要] 预制预应力钢筋混凝土双T板是一种具有高承载力、高强度、大跨度的预制构件，现今我国主要使用的预制预应力钢筋混凝土双T板为变截面板，存在生产效率低下，模板周转利用率极低的问题。因此，采用双模生产工艺，研发了可扩展组合式长线台座法。介绍了在这种生产模式下，预制预应力钢筋混凝土双T板的设计方法和生产工艺，包括其截面设计、钢筋布置、起拱控制、钢筋放张方式，配合长线台生产线进行大跨度生产的同时，可以通过模具的调节装置进行不同厚度、高度、宽度的变换，有效提高模具利用率，降低成本，利于推广应用。

[关键词] 预制预应力钢筋混凝土双T板；长线台；设计方法

Design and production technology of Double T-Plate in extensible combined long-terrace production mode

Yang Shangrong, Wan Junfei
(Shenzhen-Shanwei Special Cooperation Zone Shengteng Technology Co.,Ltd. Shenzhen, 518000)

Abstract: The prefabricated prestressed reinforced concrete double T plate is a prefabricated component with high bearing capacity, high strength and large span. The prefabricated prestressed reinforced concrete double T plate used in China today is a variable section plate, and the production efficiency is under the template. The rate is extremely low, so the scalable combined long-line pedestal method has been developed today, using a dual-mode production process. This paper introduces the design method and production process of the pre-fabricated prestressed reinforced concrete double T-plate in this production mode, including its cross section. Design, steel reinforcement, arching control, steel reinforcement. It can be combined with the long-line production line for large-span production. At the same time, it can change the thickness, height and width through the adjustment device of the mold, effectively improve the utilization rate of the mold, reduce the cost, and promote the application.

Keywords: the prefabricated prestressed reinforced concrete double T plate; long-line pedestal; design method

征稿启事

本刊为深圳市特区建工集团有限公司主办，深圳市天健（集团）股份有限公司、深圳市路桥建设集团有限公司、深圳市建安（集团）股份有限公司、深圳市综合交通设计研究院有限公司承办的内部技术类期刊。旨在促进学科理论和实践的发展、促进行业内学术交流、加速科研成果向现实生产力转化。现长期征集建筑设计、建筑施工、建筑工业化、城市综合管养、专业开发、建筑科技产业培育等方面的稿件，欢迎广大技术人员及专家踊跃投稿。

本刊各栏目均欢迎投稿，来稿优先采取电子邮件投稿，请将文稿发送至投稿邮箱。如有不明事项，请通过电话联系。

投稿邮箱：tqjgjs@163.com

联系人：刘艾轩（0799-82565321,18025402121）

1 预应力钢筋混凝土双T板

预应力钢筋混凝土双T板（以下简称双T板）是板、梁互相结合的预制钢筋混凝土承载构件，由宽大的面板和两根窄而高的肋组成。其面板既是横向承重结构，又是纵向承重肋板的受压区。因其剖面形状如同两个“T”字母拼接在一起，故称之为双T

板。

我国上世纪五六十年代向苏联等国家学习先进的建造方式，在1956年国务院发布的《关于加强和发展建筑工业的决定》首次明确建筑工业化的发展方向，之后于1958年开始引进并应用双T板，从上世纪90年代末开始，黑龙江大庆地区逐渐将双T板

推广应用到工业厂房的屋面板中使用，但因多种因素并未成功推广应用。

近年来我国大力发展建筑工业化，采用预制PC的装配式建筑也从住宅类建筑向公用建筑、工业建筑、市政建设等多方面发展，越来越多种类的预制构件进入行业的视野内，对于双T板这种可以满足大跨度需求的预制构件重新开始被应用^{[1][3]}。

2 可扩展组合式长线台发展背景

目前，国内的双T板生产采用的是都是单模生产，其具体形式和指标如表1所示。而单模生产方式下，生产的双T板为变截面双T板（如图1），这就极大地加大了大跨度双T板生产的成本和难度。更为重要的是，这种双T板采用固定的模具，生产固定高度、固定宽度的双T板，即使同一工程项目，模具的种类都要有多种样式，极大地加大了项目成本。对于预制构件工厂而言，更是增加存放成本，周转率下降，造成极大的资源浪费。

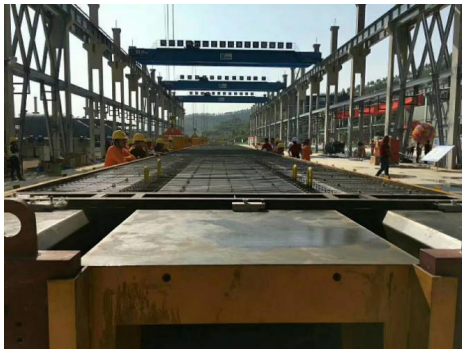
针对这种状况，参考国外的相关经验，可通过采用双模生产的工艺进行生产，双模生产工艺可采用长线台进行生产，如图2所示^[1]。长线台具有可组合、可调节、可扩展、可游牧的特点，可以实现同一生产线生产不同高度、宽度的产品。而对于长线台这种双模生产工艺，不适合采用变截面的坡板双T板和平板双T板，需要采用等截面的平板双T板，并在布筋方式、张拉方式等区别于变截面的双T板。

即双T板的主要问题为生产问题，通过设计使得双T板在长线台生产方式下的双模生产工艺具有可行性，经济合理，利于推广应用。

表1 我国双T板的形式和主要指标 ^[2]	
截面形式	坡板和平板两种形式，采用变截面悬挑翼缘，两端及跨中位置设横肋（见图1所示）
配筋	直径7mm螺旋消除应力钢丝（Φ ^{II} ）；直径12.7mm，15.2mm钢绞线（Φ ^s ）
生产方式	单模生产；大跨度采用多个单模拼接进行长线生产
用途	主要用于工业厂房屋面板，少量商用、共用建筑楼面板
建筑结构	多为现浇排架（工业厂房）、框架结构
端部连接	肋梁处连接，焊接为主，螺栓连接目前也应用较多
支座	传统为普通矩形梁，目前近年来开始有部分工程设计时开始分采用倒T形梁（中间支座）、L形梁（边支座）



图1 双T板的横肋



(a) 深汕特别合作区盛腾科技工业园有限公司研发的自持荷载长线台座可扩展式游牧生产线



(b) 中国水利水电第五工程局的长线台生产线

图2 国内预制预应力双T板长线台生产线

3 等截面双T板的设计

3.1 双T板截面设计

双T板作为一种预制构件，设计的首要目的便是能够适用于长线，因此等截面的双T板首要改进便是取消横肋，沿长度方向上剖面相同，如图3（a）、图3（b）所示。这种双T板为平板式双T板，更加简洁美观，应用于盛腾科技工业园PC厂房建设一期工程的构件实际产品效果图如图3（c）、

图3（d）所示，屋面板单根跨度27m。

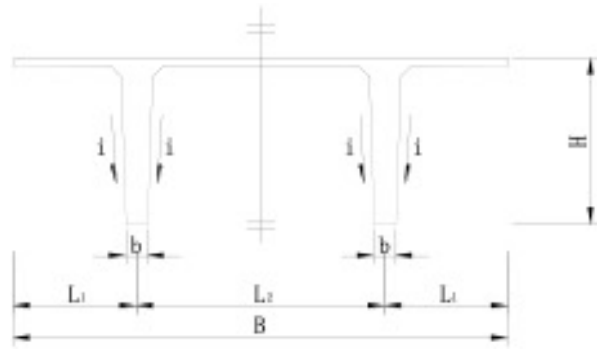
对比国内变截面的双T板，主要变化可以总结为以下四点：

（1）全部采用平板；

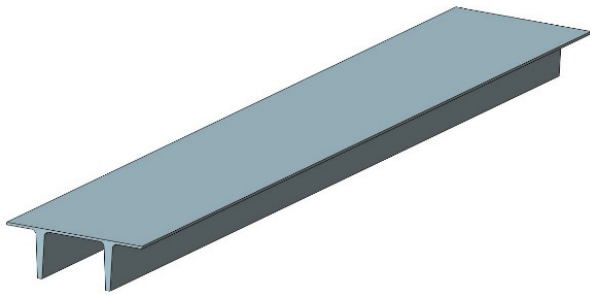
（2）取消跨中、端部横肋，采用等截面的双T板；

（3）悬挑翼缘端部齐平；

（4）悬挑翼缘根部与板肋相连采用直线过渡。



(a) 截面示意图



(b) BIM效果图



(c) 产品整体效果



(d) 产品截面效果

图3 双模生产的等截面双T板

3.2 钢筋布置设计

结合可扩展式生产模具的需要，截面设计的特点，对双T板的布筋方式进行了相关研究，最后对双T屋面板及楼层板分别给定特定的布筋方式及布筋间距，如图4所示，通过生产模具肋底高度简单的调节装置，实现同一生产线生产不同高度的产品，具体见图5所示，由此可见，不同的双T板高度会有不同的肋宽，结合工程应用需求，设计截面高度从400mm~1000mm范围内双T板共11种，其相应的

肋高对应如下表2所示。板面通过侧边宽度的限制装置，可以对板面宽度进行调整，生产不同宽度的双T板，最小宽度为1800mm，最大宽度为3000mm，这种尺寸的变换的范围可以保证在一条可扩展组合式长线生产实现生产。

3.3 双T板模具张拉力设计

研究时，根据双T板的截面特性，通过预应力混凝土双T板最不利布筋产生的张拉力进行统计计算，给出模具需要克服的张拉力要求如下表3、表

表 2 截面高度与肋宽对照表（单位：mm）										
截面高度										
1000	900	800	750	700	650	600	550	500	450	400
对应肋宽										
100	110	120	125	130	135	140	145	150	155	160

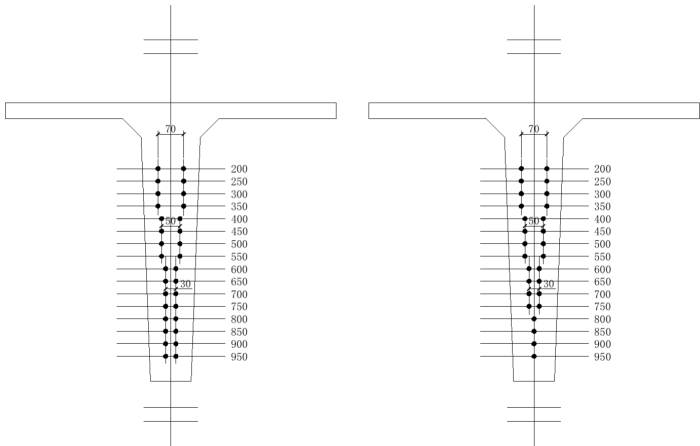


图4 新型双T板截面布筋方式
(左：屋面板，右：楼层板)

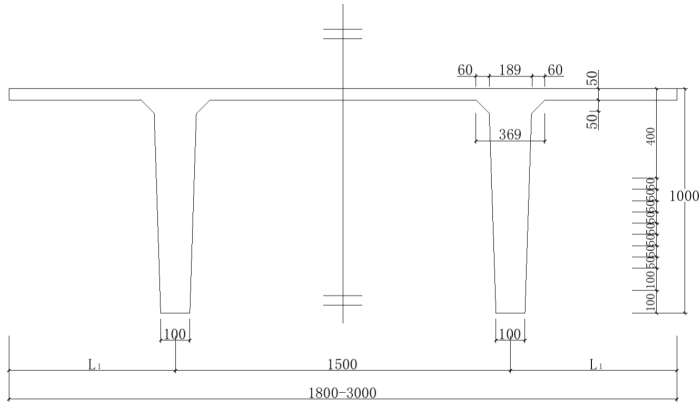


图5 新型双T板截面高度

4所示。以屋面板YTPb1000为例，YTPb1000代表高度1000mm。模具按照1000mm高设计（设计的最大高度），重心代表钢绞线合理点距离此时板高下端的

距离。如 YTPb1000，2640，250。代表1000高度的双T板，总最大张拉力合力为2640kN，合理点距离板底为250mm，示意如图6所示。

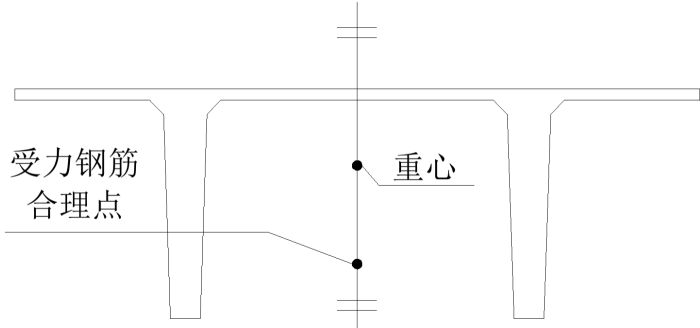


图6 预应力钢筋合理作用点与重心示意图

实际生产应用中发现，预应力筋、普通钢筋的混凝土保护层应符合设计要求，且不应小于25mm。预应力钢筋之间的净间距，对螺旋肋钢丝不应

小于15mm，最小净距区分竖向净距，对七股钢绞线不应小于25mm，且不应小于钢绞线公称直径的2.5倍。

表3 模具设计的张拉力要求

板号	总张拉力	重心	配筋	
屋面板	YTPb1000	2640kN	250mm	10Φ [*] 12.7×2
	YTPb900	1872kN	175mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb800	2112kN	175mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb750	1856kN	150mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb700	1524kN	125mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb650	1584kN	125mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb600	1072kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
	YTPb550	1072kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
	YTPb500	1056kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
	YTPb450	1056kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
	YTPb400	1056kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
	YTPb350	1056kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2
YTPb300	1056kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2	

表4 模具设计的张拉力要求

	板号	总张拉力	重心	配筋
楼层板	YTPb1000	3216kN	275mm	12Φ [*] 12.7×2
	YTPb900	2952kN	225mm	12Φ [*] 12.7×2
	YTPb800	2760kN	200mm	10Φ [*] 12.7×2
	YTPb750	2600kN	175mm	10Φ [*] 12.7×2
	YTPb700	2208kN	150mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb650	2032kN	125mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb600	1792kN	125mm	8Φ [*] 12.7×2
	YTPb550	1608kN	100mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb500	1548kN	100mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb450	1476kN	100mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb400	1392kN	100mm	6Φ [*] 12.7×2
	YTPb350	1320kN	100mm	6Φ [*] 12.7×2
YTPb300	1104kN	75mm	4Φ [*] 12.7×2	

钢绞线应存放在特制的猪嘴式存放架中，防止在抽取时弹出伤人和扭绞。散盘后的钢绞线应进行外观检查，发现劈裂、重皮、小刺、折弯、油污等需进行处理，没处理完成不得使用。

3.4 双T板的放张后起拱的控制

3.4.1 控制方法

从混凝土强度、弹性模量两个角度出发，得到对这种新式长线生产的双T板的放张后起拱的控制。

预制双T板的混凝土强度等级为C50，由于对钢绞线预先施加的应力较大，高强混凝土能较好地提高混凝土与钢绞线的握裹、粘结能力，使预压应力能有效传递到混凝土当中，同时高强混凝土的抗压承载能力大，也能避免混凝土出现局部受压破坏。

根据挠度以及起拱的计算公式，由构件自重产生的挠度：

$$f_{\text{挠度}}=5M_GL^2/(48\times0.85E_cI) \quad (1)$$

由预应力筋产生的起拱：

$$f_{\text{起拱}}=NeL^2/(8E_cI) \quad (2)$$

构件的起拱值：

$$f=f_{\text{起拱}}-f_{\text{挠度}} \quad (3)$$

理论上混凝土强度越大，弹性模量越大，则预应力筋产生的起拱和构件自重产生的挠度都越小，即构件的变形减小，起拱的值也会减小，但这种通过混凝土强度等级控制起拱的值是十分不经济的。以一块3m板宽，1m肋高，15m长的双T板为例：当混凝土强度等级由C50提高到C55时，弹性模量增加，双T板承载能力提高了0.485%，起拱值减小了2.511%；当混凝土强度不变，板肋梁区域增加一根预应力钢绞线，双T板承载能力提高了7.794%，起拱值增加了18.375%。

因此，在实际生产中，起拱的控制是通过合理的预应力钢绞线布置、合适的张拉力大小以及钢绞线的放张顺序来控制的。前两者属于设计阶段的控制，而最后者是生产阶段的控制。

在设计阶段，一旦确定了截面形式、构件长度以及混凝土的强度等级，由构件自重产生的挠度便可确定，此时需要调整预应力钢绞线的布置，板面与板肋预应力钢绞线均会使构件产生起拱，起拱大小随着预应力筋的根数以及张拉应力的增加而增加，合理设计板肋钢绞线的分布，调整板肋预应力筋合力点的位置，即改变偏心距e的值，可以有效控制构件放张后的起拱值。

3.4.2 双T外墙板起拱的控制要求

起拱的控制对于构件脱模十分重要，并且对于主要承受竖向荷载的双T楼板，适量起拱可以提高构件的承载能力还能抵消荷载产生的挠度，增加美

预制预应力双T板的设计及施工技术研究

常泽英, 彭 昊, 吴鼎政

(深圳市鑫中建建筑设计顾问有限公司, 深圳 518040)

【摘 要】 预制预应力双T板是板、梁结合的预制钢筋混凝土承载构件, 由宽大的面板和两根窄而高的肋组成。其面板既是横向承重结构, 又是纵向承重肋的受压区。受压区截面较大, 中和轴接近或进入面板, 受拉主钢筋有较大的力臂。所以双T板具有良好的结构力学性能, 明确的传力层次, 简洁的几何形状, 是一种可制成大跨度、大覆盖面积的和比较经济的承载构件。本文章对深圳市首个应用预应力双T板的项目从设计到施工进行分析与总结, 为以后的应用预应力双T板的项目提供实践经验。

【关键词】 双T板; 装配式; 设计; 施工

Study on the Design and Construction Technology of Prefabricated Prestressed Double T Slab

Chang Zeying, Peng Hao, Wu Dingzheng

(Shenzhen XinZhongJian Architectural Design Consulting Co., Ltd., Shenzhen, 518040)

Abstract: The precast prestressed double T slab is a kind of precast reinforced concrete bearing member combined with slab and beam, which is composed of wide face plate and two narrow and high ribs. The panel is both a transverse load-bearing structure and a compression area of a longitudinal load-bearing rib. The section of the compression area is large, and the neutral shaft is close to or enters the panel. The main tensile steel bar has a large moment arm. So double T plate has good structural mechanical properties, clear transfer level, simple geometry, is a kind of can be made into a large span, large coverage area and more economic bearing components. This paper analyzes and summarizes the design and construction of the first prestressed double-T plate project in Shenzhen, and provides practical experience for the future application of prestressed double-T plate projects.

Keywords: Double T Slab; fabricated; design; construction

0 引言

预制预应力双T板 (以下简称“双T板”), 是板、梁结合的预制钢筋混凝土承载构件, 由宽大的面板和两根窄而高的肋组成。其面板既是横向承重结构, 又是纵向承重肋的受压区。20世纪50年代后期, 双T板在世界各国有所发展。中国自1958年开始用于工厂的屋面和楼盖。60年代美国普遍采用, 成为建造单层多跨工业厂房和多层公共、民用建筑的常用建筑构件。

在工厂中预制预应力双T板, 常用60~150米

的长线台座和先张法生产模板可用钢模或混凝土胎模, 其肋宽、肋高、板和板的悬挑部分常做成可调节变更的。混凝土的灌注、振实、压光可采用专用行模机。构件的养护可用模腔热介质循环加热。利用同一个台座和模板, 可以生产不同跨度、不同尺寸的预应力或非预应力双T板, 也可改为生产槽板, 或将模板纵向隔开, 改为生产单T板, 可一模多用, 比较灵活。有以下有点:

具有跨度大, 承载力强, 整体性好, 底面光洁美观, 非常适合厂房、仓库、车库、冷库, 满足厂

观度。但对于预制双T墙板, 必须保持墙面平整, 控制起拱十分重要, 在设计阶段由于要满足承载力的需要, 不能通过减少钢绞线根数或者调整钢绞线排布来减少起拱值, 因此只能通过生产工艺的创新来控制起拱值。

在生产阶段, 放张之前钢绞线对混凝土的压应力为零, 首先放张板面钢绞线, 使双T板预先产生向下的挠度同时脱模, 再放张板肋钢绞线, 此时板肋对混凝土产生的压应力通过双T板自重以及板面钢绞线对混凝土产生的压应力来平衡, 可以有效减小起拱值^[1]。

2.4.3 预应力筋放张力度、放张速度、放张方式

预应力筋的放张应分阶段、对称、相互交错放张; 预应力筋宜采取缓慢放张工艺进行逐根或整体放张, 应先去同时放张预压应力较小区域的预应力筋, 再同时放张预压应力较大区域的预应力筋。

预应力筋通过氧乙炔进行切割, 两个操作工人从双T板两端的两条肋板的预应力筋开始同步放张, 或由两个操作工长线台中间开始从两条肋板位置同时切割, 再同时往两边从上到下依次进行。每根钢绞线的切割完成时间控制在10秒左右, 建议放张顺序可以采取: 第1批次的双T板从锚固端往张拉端方向同步分层逐步放张; 接下来连续3个批次双T板改为从双T模具中间往两端同步分层逐步放张; 到第5个批次将双T板调整为从锚固端往张拉端方向放张, 依此循环放张。

预应力钢绞线的切断采用砂轮锯或切断机等机械方法切断, 要确保切口平整不散, 以利于穿孔。抽拽钢绞线时宜匀速平顺, 一名人员负责在猪嘴架

旁导顺, 二或三名人员在前方拖行, 拖行时宜尽量减少钢绞线与模面的摩擦。

宜按从上到下、从左到右等固定顺序逐根穿钢绞线, 穿线时一定要确保同一条钢绞线穿过的全部端头模、分端模孔的位置是一致的, 不得穿错孔。

在端头模两侧用工具式锚具和三片式夹片将钢绞线锚固好。选用的锚具及夹片必须是与钢绞线型号相吻合的, 夹片的丝口无明显划痕或受损, 三片夹片尾部有用铁丝圈圈住, 三夹片碰口齐整, 夹片之间隙均匀, 收紧锚具后能稳固夹住钢绞线。钢绞线与夹片的锚固质量在生产自检后需专职质检员确认合格后方可进入下一工序。

4 总结

这种新式双T板突破双T板常规的单模生产方式, 采用双模方式生产, 适用于可扩展组合式长线台生产线, 能够实现一条生产线生产不同高度与不同宽度的双T板, 增强模具使用效率, 有效地降低了大跨度双T板的在工程应用中的成本, 充分发挥预应力双T板在大跨度工业建筑、公用建筑等进行应用的优势。

参考文献

- [1] 万俊飞, 梁日炜, 梁俊杰. 可扩展组合式预应力混凝土双T板生产线的应用实践[J]. 住宅与房地产, 2018(32): 60-61.
- [2] 预应力混凝土双T板 (坡板宽度2.4m、3.0m; 平板宽度2.0m、2.4m、3.0m): 18G432-1 [S]. 北京: 中国建筑标准设计研究院, 2019
- [3] 池朝光. 浅谈预应力混凝土双T板的应用[J]. 四川建材, 2017, 43(05): 189-190.

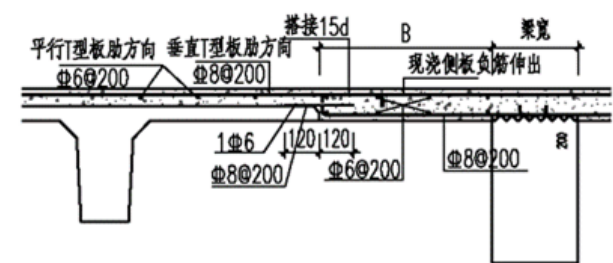


图8 双T板翼缘与现浇板节点大样

孔模及加固组件构成。钢模分阶段拼装并同步校核结构尺寸，混凝土浇筑前核查构件结构尺寸。钢模使用前应均匀涂刷脱模剂。

钢筋加工安装，钢筋加工包括调直、除锈、断料、弯曲等工序。钢筋加工前由技术部做出钢筋配料单，经核对无误后下料加工。钢筋安装应严格按照图纸进行，钢筋数量、混凝土保护层厚度、搭接及锚固长度等应符合设计规范要求。

预应力钢筋对称张拉，保持两端张拉力一致。两端拉长值相加后应符合设计规范要求。

预埋件是保证安装连接整体性的重要措施，在构件生产是特别注意其质量。

混凝土浇筑振捣及养护，利用泵送设备进行混凝土浇筑。浇筑前，检查混凝土强度等级、运输时间等指标，并现场测量混凝土坍落度。使用振捣设备在浇筑过程中进行振捣使其密实。混凝土浇筑、振捣过程安排专人检查模具的稳固性及埋件位置准确性。混凝土浇筑振捣、收面压光后，采用电加热设备根据温度、湿度等指标对构件进行养护。

3.2 构件运输

根据构件重量、结构尺寸选择专业公司进行构件运输。运输前，会同相关人员对运输路线等进行检查，做好计划安排及应急措施，保证构件运输过程顺利。由于板自重较大，吊装方案应组织论证通过后方可实施，特别应注意场地土的压实和承载力检测及场地周边排水，防止雨水浸泡。临时道路、吊装场地地面承载力计算。

3.3 现场吊装

预应力混凝土双T板的吊装是施工现场的一个重要环节，关系到项目施工质量安全工期等技术经济指标能否顺利实现。

在构件进场前，应对双T板的质量进行进场验收，认真核查构件的截面尺寸及其外形，是否有裂缝或变形等问题。如果构件不合格或有较大损伤就退场处理，禁止起吊。

该厂房工程楼面预应力混凝土双T板单块重量5.58t。使用4根钢丝绳作为吊绳，安装高度范围5.950m~50.950m。受建筑物影响，现场起重吊装设备站位受限。在项目开工前根据实际情况编制装配式专项实施方案，经专家论证通过，现场吊装严格按实施方案执行。



图9 双T板现场吊装

双T板的四个支撑面必须平整，否则用橡胶垫垫平，相邻板面平整，四角坐实，现场安装连接中施工单位应严格按照设计图纸要求预留好现浇结构上的埋件，做好安装后连接施工，焊接质量要符合要求，施工顺序按照实施方案进行，双T板横向埋件M-2是保证双T板楼面整体性的关键，必须按图集操作，接缝用PE棒封堵。

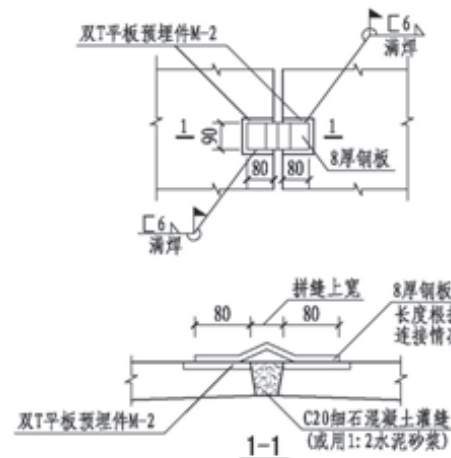


图10 双T板预埋件

4 施工过程中遇到的问题

- (1) 现浇梁第一次浇筑面高度精度不够。
- (2) 现浇梁挑耳预埋件于埋位置精度不够，当现浇梁振捣浇筑混凝土时，引起预埋件偏移。
- (3) 由于双T板起拱25mm，在保证跨中起拱点



图11 第一次浇筑面过高



图12 埋件在混凝土振捣的过程中移位



图13 双T板起拱与现浇梁缝隙过大

最小现浇层厚度60mm的情况下，其余部位厚度均大于60mm，增大了施工方的混凝土方量。

(4) 双T板与现浇梁的拼缝封堵难度大，漏浆。

(5) 现浇梁模板加固不到位，有涨模情况，导致现场双T板无法正常下落。

(6) 防护脚手架悬挑层需验算倾覆，预制双T板上预留A20圆钢压环，对预制构件的运输有影响。

5 施工建议

(1) 合理规划平面布置，包括塔吊位置、型号选择、PC构件堆场、构件运输车路线、构件卸车等，平面布置是否合理，对施工工期、安全文明施工影响非常大。

(2) 预应力双T板等PC构件吊装前，合理划分吊装分区，安排好测量放线、排架搭设、双T板吊装、现浇梁板钢筋绑扎、机电预埋、缝隙处理、面层浇筑等施工流水。

(3) 施工前应做样板引路，通过双T板样板吊装，让工人熟悉吊装流程，试验柱、梁、双T板的节点处理工艺做。

(4) 预应力双T板存在预应力反拱，在双T板与非承板梁之间存在25mm的高差，在现浇叠合层施工时应进行封堵。缝隙封堵采用单侧支模，裁制宽约100 mm的模板条在双T板底部进行封闭，模板侧边采用木方进行加固，木方抵到双T板的肋部并固定牢。另外双T板与支撑梁、双T板与双T板之间缝隙用PE棒封堵，也可以使用聚氨酯发泡胶。

(5) 建议双T板与预制梁搭配使用会达到更好的效果，避免由于现浇产生的一些不必要的因素，提高施工速度。

(6) 加强双T板拼缝的构造连接，现浇层配筋要充分考虑T板的特性针对性地设计。

6 结语

本项目对预应力双T板的成功应用，首次将预应力双T板大规模应用于工业建筑中，其意义重大，设计与施工过程得到了宝贵的经验。与其他装配式结构和普通现浇结构建筑相比，双T板有着独特的不可替代的市场空间，对加快施工进度。减少构件施工、简化构件类型等方面都有更出色的表现。随着国内建筑业的发展，大力提倡装配式建筑的环境下，吸取双T板的优点，研究其不足，相信双T板在大型商业框架架构中的应用有着更大的发展空间。

与传统的钢筋混凝土相比，预应力混凝土构件具有更加高的技术要求和复杂的生产工艺，必须要有专门的操作者、生产台座、灌浆机以及张拉设备。同时预应力混凝土结构有着很大的开工费用，整个行业今后需要做的工作还很多，尚有许多相关建筑人员未有实践，值得继续推广。装配式混凝土框架结构在全国范围内的应用越来越多，它具有安装快捷方便、绿色环保等优点，尤其与预应力双T板结合，逐步开始向大型综合商业体推广，但是在具体实施过程中，仍然存在许多难题。通过本工程的实施，总结出了施工过程中的一些关键施工技术，可为日后的装配式框架结构项目的实施提供参考。

装配式建筑铰接结构体系研究

常泽英, 彭 昊, 吴鼎政
(深圳市鑫中建建筑设计顾问有限公司, 深圳 518040)

【摘 要】 预制装配式工程结构主要包括预制和装配两部分, 这一施工方式的提出, 对建筑业改革发展有着促进作用。传统建筑工程结构设计中, 相对来讲步骤分散、工作量大, 难以保证结构完整性和可靠性, 而装配式结构的应用能有效解决上述问题, 在提高工程进度和质量方面有着实际意义。对于建筑单位来讲, 应充分考虑装配式建筑特点, 并有方向性地优化施工手段, 提高装配式结构施工应用价值。本文章对装配式建筑结构体系进行了全新的探索, 研究一种全新的结构体系, 试图解决装配式建筑目前的众多问题。

【关键词】 装配式建筑; 结构体系; 铰接设计

Study on pin-jointed structure system of assembled building

Chang Zeying, Peng Hao, Wu Dingzheng
(Shenzhen XinZhongJian Architectural Design Consulting Co., Ltd., Shenzhen, 518040)

Abstract: The prefabricated engineering structure mainly includes two parts: prefabrication and assembly. The proposal of this construction method has a promoting effect on the reform and development of the construction industry. In the structural design of traditional building engineering, the steps are relatively scattered and the workload is large, so it is difficult to guarantee the structural integrity and reliability. However, the application of assembled structure can effectively solve the above problems, which has practical significance in improving the progress and quality of the project. For construction units, the characteristics of prefabricated buildings should be fully considered, and construction methods should be optimized directionally to improve the application value of prefabricated structure construction. This article has carried on the brand-new exploration to the prefabricated building structural system, studies a kind of brand-new structural system, tries to solve the numerous problems of prefabricated building at present.

Keywords: prefabricated building; structure system; pin-jointed design

0 引言

随着基础设施建设的发展, 装配式建筑的发展成为业界关注的重点。在我国, 传统的钢筋混凝土结构体系仍然存在一些问题, 如建筑工程的质量难以保证、施工工期冗长和施工成本难以控制等。诸多的问题表明, 传统的生产模式已经难以适应建筑行业发展的需求。装配式是新兴起的建筑生产模式, 它是先将建造房屋需要的构件提前在工厂预制好, 然后在工作现场将预制好的构件进行拼接。与传统的现浇混凝土生产模式相比, 装配式建筑生产

模式减少了施工现场湿工作的工作量, 为项目节约工期和建筑材料。推广装配式建筑不仅可以改善我国建筑行业的生产模式, 而且可以减轻建筑行业发展带来环境负担。装配式建筑的施工中, 预制梁柱节点的连接是关键技术之一, 因此, 节点的连接方式成为学者们研究的重点。根据施工方法, 梁柱节点的连接方式可分为湿式连接和干式连接。目前装配式建筑工程基本按照“等同现浇”的做法, 以现浇思维进行装配式设计与施工, 导致困难重重, 节点难处理, 现场作业关键部位, 核心受力部位, 钢

筋在节点处严重打架, 效果无法保证, 结构产生薄弱环节; 与现浇结构相比, 没有优势, 成本、工期反而加大, 许多单位不愿采用。需要一种新体系满足装配式建筑的要求。

1 装配式建筑铰接结构体系介绍

该体系大多数梁柱只承受竖向力的普通单元, 普通单元不参与抗震, 仅局部设置部分抗侧力单元, 水平荷载与地震作用全部由抗侧力单元结构承受, 梁柱节点设计成简单的铰接节点, 只传递水平力不传递弯矩, 只有悬挑部分为刚节点。抗侧力单元分为斜撑和剪力墙两种形式。

剪力墙抗侧力单元与传统做法无异, 在楼梯间、电梯间、管道井等方便的位置布置一定量的剪力墙, 只是预制梁与剪力墙同样采用铰接的做法, 通过刚性楼板, 为整栋楼提供抗侧力。

斜撑抗侧力单元如(图1)梁柱节点采用钢板+高强螺栓连接, 靠钢板间摩擦力传递剪力, 并且允许一定量的梁端转角。钢管砼斜撑受压或受拉, 抵抗水平力。通过刚性楼板, 为整栋楼提供抗侧力。

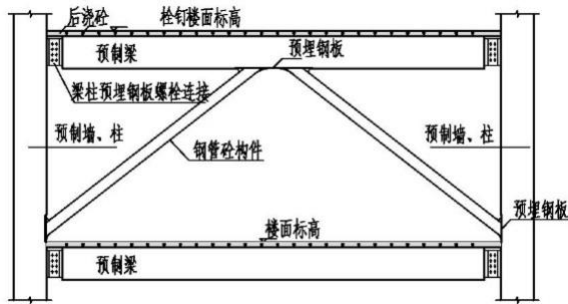


图1 结构体系示意图

这种装配式建筑结构体系有利于预制构件的制作和安装, 可以将建筑物做成全装配型式, 解决现场大量湿作业, 降低碳排放。

2 铰接体系试设计研究案例

为了研究该体系的可行性, 拟用一个项目两个不同类型的建筑进行试设计, 分析铰接体系在地震作用下建筑的最大位移及最大层间位移角。

2.1 试设计案例一

该案例项目为深圳某中学教学楼, 建筑面积3万平方米, 抗震设防烈度7度, 二类场地; 基本风压0.75kPa, C类地区, 地上五层, 总高度15.8米。

结构设计条件, 梁柱, 梁墙节点, 基本全部设计为铰接, 仅悬挑梁节点设计为刚接, 该建筑拟全部预制, 拟采用的预制构件有, 预应力双T板, 预

制梁, 预制柱, 叠合板, 剪力墙, 楼梯。用大跨度T型板取代次梁, 取消大部分次梁及部分主梁, 结构布置如(图2)。

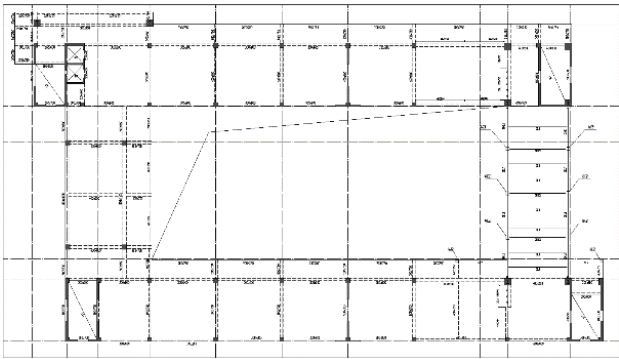


图2 教学楼结构平面图

通过使用PKPM结构计算软件对此模型进行分析, 得到模型最大位移简图如(图3), 最大层间位移角如(图4)。

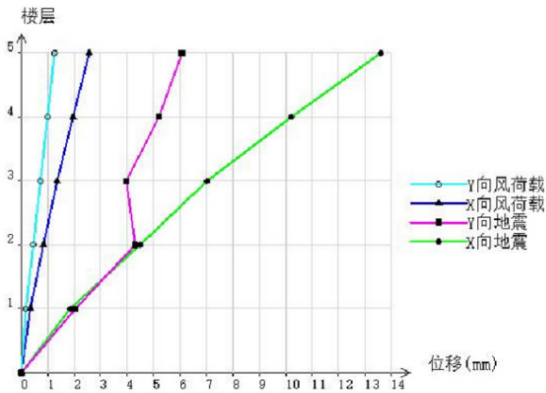


图3 最大位移简图

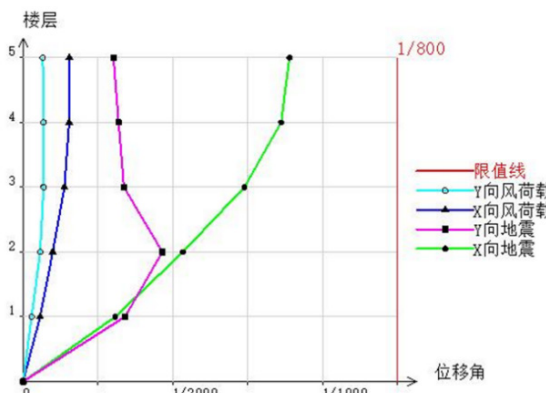


图4 最大层间位移角

计算结果分析: 教学楼共5层22.7米高, 其中裙房2层11米高。梁端基本全改为铰接, 楼层位移有所加大, 与规范限值比还是很小: 框架结构位移

深圳市罗湖“二线插花地”棚改装配式建筑项目集成管理实践

汪 洋¹,王 进¹,刘艾轩²

(1. 深圳市天健棚改投资发展有限公司, 深圳518019;2. 深圳市天健(集团)股份有限公司, 深圳 518034)

[摘 要] 随着我国经济高速发展, 工业革命不断进行, 传统建筑高能耗发展模式已严重制约我国经济可持续增长, 不再适合新时代建筑发展需要, 发展预制装配式建筑顺势应运而生^[1]。本文以深圳市罗湖“二线插花地”棚改项目为例来阐述建筑装配式技术和管理的要点, 以期为类似工程项目提供借鉴。

[关键词] 预制装配式; 技术; 管理

Integrated management practice of prefabricated building In Shenzhen Luohu Shed Renovation Project

Wang Yang¹, Wang Jin¹, Liu Yixuan²

(1.Shenzhen Tagen penggai Investment Development Co., Ltd., Shenzhen, 518019;

2.Shenzhen Tagen <group> Co.,Ltd., Shenzhen, 518034)

Abstract: With the rapid development of my country's economy and the continuous progress of the industrial revolution, the traditional building high energy consumption development model has severely restricted the sustainable growth of my country's economy and is no longer suitable for the needs of building development in the new era. The development of prefabricated prefabricated buildings has emerged^[1]. This article takes Shenzhen Luohu "second-line flower arrangement" shed renovation project as an example to illustrate the key points of architectural assembly technology and management, in order to provide a reference for similar projects.

Keywords: prefabricated assembly; technology; management

0 前言

预制装配式建筑结构问世, 并凭借施工简便、施工速度快等优势得到广泛使用。但是, 由于建筑业缺乏对预制装配式结构的了解, 无法满足该技术和管理的推广要求。要想推广预制装配式建筑结构, 必须加大对其的研究力度, 在提高业内对该结构认可度的同时, 提升设计及施工管理人员的水平^[2]。发展装配式建筑是建造方式的重大变革, 是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措, 有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳

动生产效率和质量安全水平, 有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能, 促进建筑产业转型升级^[3]。

1 市场分析

作为建筑工业化的发展重心, 在政府有关装配式建筑发展计划和激励政策的引导下, 各地纷纷开始了装配式建筑的建设热潮。装配式混凝土结构建筑是国内装配式建筑的主要形式, 具有成本相对低、适用范围广等优势, 未来将继续占据装配式建筑选型结构的主导地位, 从企业角度来看, 国有资

本建筑大企业占据了绝对市场, 如今站在“风口”下的装配式建筑, 呈现了大爆炸式增长, 我国装配式建筑开工面积复合增速达59%。

据相关研究统计, 2018年我国装配式建筑新开工面积达2.9亿平方米, 2019~2021年国内新开工房屋面积分别为20.1亿平方米、19.5亿平方米、19.1亿平方米, 对应装配式建筑新开工面积分别为3.5亿平方米、4.0亿平方米和4.4亿平方米。全国装配式建筑新开工面积测算如图1。



图1 全国装配式建筑新开工面积测算图

2 项目简概

深圳市罗湖“二线插花地”棚户区改造项目施工总承包主体I标项目地址位于深圳市罗湖区木棉岭片区, 北临东方盛世花园, 西接龙岗大道, 占地面积约5.6万平方米, 建筑面积约52.6万平方米, 主要用途为人才房和保障房, 项目共有10栋单体, 包含8栋51层, 高146米的超高层住宅, 标准层高2.8米, 结构形式为框架结构+装配式组合结构。

3 管控要点

目前深圳乃至全国很多房地产企业已经认同了装配式建筑的发展前景和理念, 在发展过程中建立了构件厂、培养了专业技术人员、有了专业的研发和生产人员, 建筑的工业化生产已初具规模。装配式建筑具有“管理前置、技术前移”的特点, 需要把技术和管理进行融合, 打破传统建筑产业链上下游相互割裂。

3.1 管理前置

3.1.1 系统性组织管理

装配式建筑工程管理工作要求产业链上的所有资源必须进行整合, 需对装配式建筑设计、构件生产以及施工和运维管理等进行统一的组织管理, 并且采取针对性手段和措施进行管理, 其核心在于精

益建造的价值取向。

3.1.2 设计管理

设计环节分为以下五个阶段: 技术策划阶段、方案设计阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段以及构件加工图设计阶段。设计需要协调构件厂商、施工总包等需求, 与建设单位共同确定技术实施方案, 实现设计协同。

3.1.3 BIM技术运用

BIM是利用数字技术表达建筑项目几何、物理和功能信息以支持项目全生命期决策、管理、建设、运营的技术和方法。建筑设计采用BIM技术, 能提高预制构件设计完成度与精确度; 建筑工程施工BIM技术的可视化让施工变成了一种能够看到的具体化的工程, 实现一种实体化的多维度模型, 能够加强各施工专业多方面的协调工作, 架起合作与交流的直通桥梁。

3.2 内控机制

将项目全程的问题提前至设计、生产阶段解决, 在前期技术策划时明确各方的职责, 将设计延续到面向工厂的构件生产加工和现场装配, 采用产业化的思维重新建立企业之间的分工与合作, 使研发、设计、生产、施工以及装修形成完整的协作机制, 运用产业化思维来实现各参建方的工作协同。本项目参建各方职责如图2:

3.3 专家咨询

项目实施过程中, 遵循标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理的理念, 多次组织设计方到装配式建筑工地现场、构件生产厂家、铝模生产厂实地考察, 与行业生产一线的专家进行充分交流, 在不同设计阶段多次邀请深圳市装配式建筑产业链条上的各类专家对项目进行评审指导, 专家团有设计类、构件生产类、施工类、经济类等, 目的是打破设计、生产、施工装修等环节各自为战的局限性, 实现了建筑产业链上下游的高度协同。有了前期专家团全方位诊断和纠偏, 本项目于2018年12月4日顺利通过了深圳市装配式建筑设计阶段技术认定。

3.4 制度保障

为了实现装配式建筑在本项目的顺利实施和开展, 本项目编制了《样板引路制度》、《成品保护制度》、《验收制度》等制度文件。

3.4.1 样板引路制度

样板引路管理步骤如下: 完成工艺、材料展

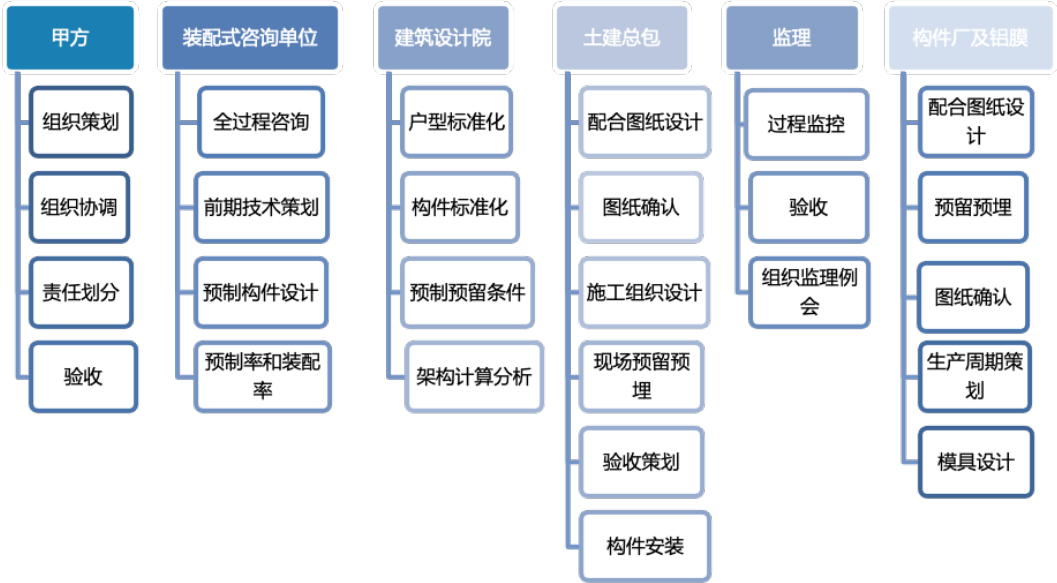


图2 参建各方职责

示→确定施工工艺→明确验收标准→验收样板房→全面施工→全面验收。本工程所有预制构件类型、构件连接节点、构件防水构造均在现场进行实体展示，主要有两大作用：一是样板引路，方案论证；二是样板展示，直观可视化交底。部分预制构件样板展示图、实体工艺样板如图3，图4。

3.4.2成品保护制度

项目建立全过程成品保护制度，从预制构件的生产、运输、到现场安装，到交付使用之前，做好全过程成品保护。生产成品保护和现场成品保护分布如图5、图6。

3.4.3验收制度

验收制度主要包含原材料和半成品验收、预制构件验收、铝模验收、预制混凝土条板验收、标准层结构验收、分部分项工程验收等内容。具体验收步骤和程序如下：

- (1) 原材料、半成品验收：施工单位预验→监理单位验收→材料送检物资标识验收→资料归档；
- (2) 预制构件验收：首批预制构件联合验收→设置表面标识驻厂验收→到场收货验收；
- (3) 铝模验收：铝模试拼装验收→首层验→收其他标准层铝模验收；
- (4) 预制混凝土条板验收：设计阶段验收→首批条板验收进场验收→施工过程验收；
- (5) 标准层结构验收：首个标准层结构验收→施工前、吊装时、拆模后其他标准层结构验收；



图3 预制构件样板展示图



图4 砌筑施工工艺样板

- (6) 分部分项工程验收：样板先行验收→分部分项工程验收。



图5 生产成品保护



图6 现场成品保护

4 设计管控

预制装配式建筑与传统现浇建造区别较大，设计工作在工作流程、平面组合、立面构成、构件设计、构造节点、专业协同等方面应按预制装配式建筑的特点调整。设计环节需要同步、协调和合作。装配式建筑建造要求标准化和精细化，超出了传统模式下的设计工作范围，这需要各个单位的相互配合，实现协同设计。

4.1 户型模块化设计

本项目人才房有4栋，由6种标准化户型模块组成，分别为35m²、65m²、80m²、100m²、120m²、150m²共计六种面积档户型。保障房4栋，由4种标准化户型模块组成，分别为35m²、50m²、65m²、80m²共计四种面积档户型，均采用标准化、规模化户型设计。人才房平面图和室内效果图分别如图7、图8，保障房平面图和室内效果图如图9、图10。

4.2 立面设计

本项目高层住宅立面采用现代简约风格，立面



图7 人才房平面图



图8 室内效果图



图9 保障房平面图



图10 保障房效果图

特点简洁明快，色彩对比强烈，注重虚实对比。运用清晰、明快的块面、带状几何构图，通过檐部、阳台、窗、入口精心处理体现城市建筑与文化的脉络，形成特色鲜明的建筑风格。

装配式高层建筑的立面设计在充分考虑工业化建造技术的因素，设计师对全现浇外墙、铝模工艺、爬架施工工艺等有充分的了解，立面工整无大的悬挑构件和装饰水平线条，饰面以外墙涂料为主，将建筑艺术与现代建筑施工技术能有效融合。

4.3 构件设计

本项目装配式设计方案采用现浇剪力墙结构+预制外挂体系。预制范围及构件种类为：预制凸窗、预制外墙、预制阳台、预制楼梯梯段；户内隔墙采用预制混凝土条板，现浇部分采用铝模板施工。各类型构件种类：预制凸窗23种、预制外墙8种、预制阳台11种、预制楼梯1种。项目没有采用叠合楼板。本项目预制率>15%、装配率>55%，均满足了深圳市装配式混凝土结构预制率和装配率的最低要求。标准层预制构件与混凝土条板分色图如图11，标准层预制构件与混凝土条板组合如图12。

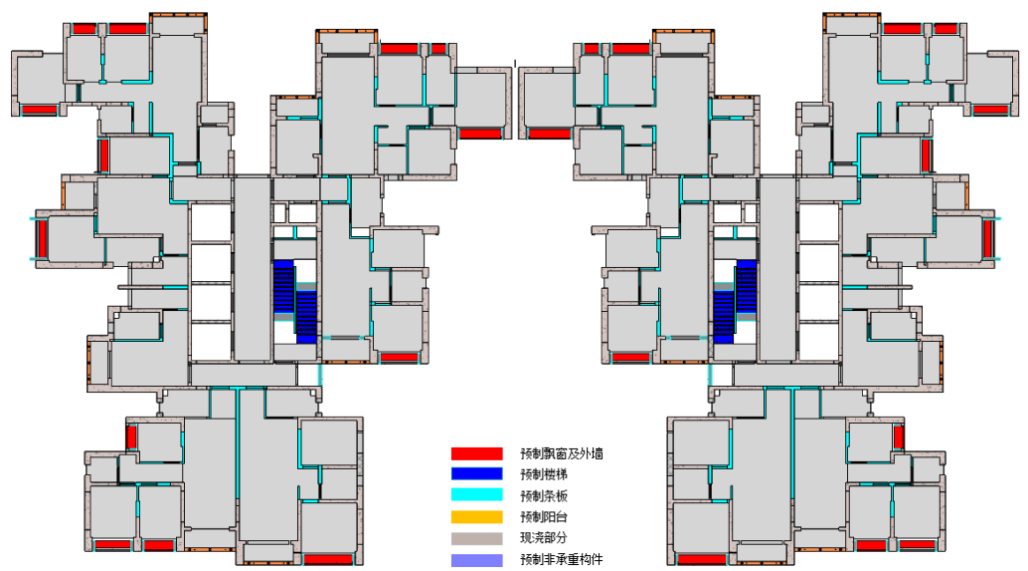


图11 标准层预制构件与混凝土条板分色图

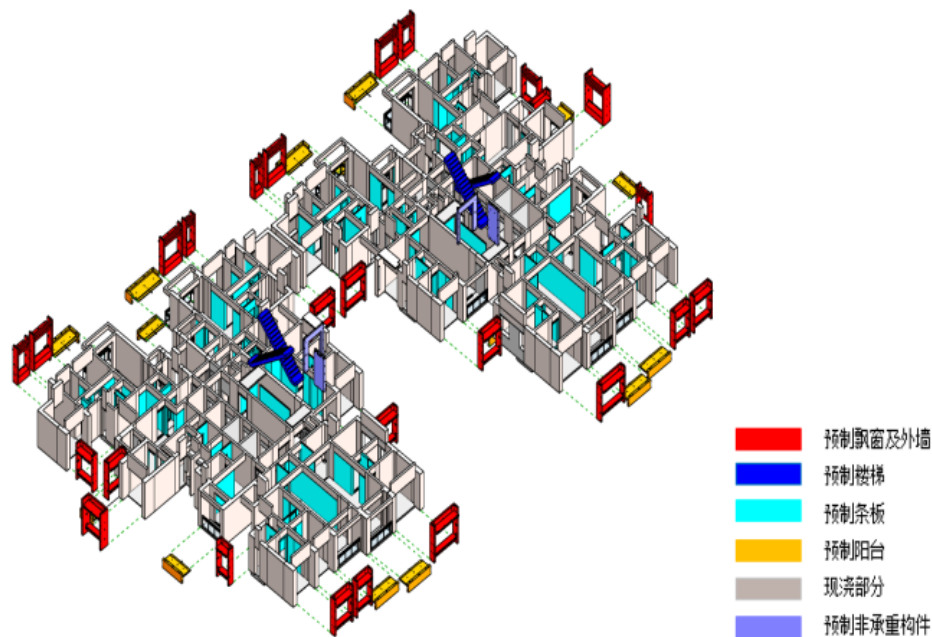


图12 标准层预制构件与混凝土条板组合图

进行构件设计时遵循强主体、弱构件的设计理念，充分考虑构件在生产、存放、运输及安装等环节要求，对一些复杂的薄弱的位置、节点进行优化，避免在脱模、存放、运输等工况下容易发生断裂、崩烂等现象，避免现场构件安装、钢筋穿插绑扎困难，甚至无法施工。同时应做到主体装修和机电一体化构件设计，即要求把建筑、结构、水电、内装等各个专业组织完成相关专业的的设计，最后将各专业要求集成到构件上去。

4.3.1 强主体、弱构件的理念

(1) 预制凸窗按顶部悬挂于主体结构的现浇外挂墙板设计。顶板与主体结构固接，钢筋深入主体钢筋伸入主体梁内与之一起现浇固定；底部与两侧板设置构造钢筋伸入主体梁或墙内与主体结构现浇。结构内力计算时同时考虑楼板与外挂墙板对梁刚度及主体刚度的影响，结合本项目预制构件的特点，在对与预制外挂墙板相连的现浇梁内力计算时，该梁刚度放大1.8倍。

(2) 预制阳台为悬挑构件，不影响结构整体刚度。

(3) 预制楼梯采用上端固定铰，下端滑动铰。在剪力墙筒体中布置，可不考虑对结构整体刚度的影响。

(4) 预制内隔墙条板与结构采取弱连接。通过周期折减系数考虑其填充作用对结构整体刚度的影响。

4.3.2重要节点

(1) 装配式建筑的防水：全现浇外墙自防水+构造防水+材料防水三道防水相结合的防水系统。

(2) 构件构造防水：挑出外墙阳台构件、凸窗等在周边板底设置滴水线、窗户企口设计。

(3) 结构构件安全性节点：预制凸窗按顶部悬挂节点、预制楼梯采用上端固定铰，下端滑动铰。

4.4 精装一体化设计

(1) 室内设计采用现代简约风格进，以简洁明快为主调，注重居室的实用性，体现现代生活的精致与个性，符合现代人的生活品位，创造一个温馨、健康、舒适、人性化的居住环境。

(2) 建筑设计的初期，室内设计提前介入，针对建筑设计中考虑不周的地方进行空间精细化设计，同时将各个设计专业再次统一，如预制外墙窗檐高度及净宽要满足室内空间要求、排水管道、空

调预留孔位、机电点位定位的要求。

(3) 建筑结构等构件加工时管线、线盒按精装施工图精确预埋、安装到位，确保建筑、机电、装修一次成活，实现土建、机电、装修一体化。

4.5 铝模设计

铝模板的使用范围：本工程裙楼及地下室采用传统木模板，塔楼标准层适用铝模施工，每栋塔楼配置一套模板，三套支撑、悬挑处四套支撑。

(1) 墙模系统：墙模系统结构主要包括主墙板、横身板、内墙板角铝、对拉螺杆、钢背楞及导墙板。

(2) 梁模系统：梁模系统主要包括梁底阴角、梁底模板、EC转角连接阳角模板、梁底早拆头及独立钢支撑。

(3) 楼面系统：楼面系统主要包括楼面板、楼面龙骨、早拆头及独立钢支撑。

(4) 传料口设计：铝模板通过传料口垂直传递（200x800），洞口边采用斜面上大小便于后续封堵。

铝合金模板相对于传统木模而言，其模板刚度大，周转率高，混凝土浇筑外观质量好，本项目采用铝合金模板作为预制构件湿接缝的模板，取得了较好的实施效果，结构外立面平整度控制在3mm以内，达到了免抹灰的质量标准。

4.6 内墙板设计

内墙板概况：本工程主要有100mm、200mm厚度的两种蒸压加气混凝土墙板；墙条板采用蒸压加气混凝土墙板，分隔、卫生间隔墙100mm厚、管井墙100mm厚、分户墙200mm厚、内墙免抹灰，减少开槽修补量，提升安装效率。

4.7 塔吊、爬架设计

塔吊设计：本工程按照每栋塔楼配备一台塔吊的原则进行塔吊布置，本工程共有8栋装配式建筑塔楼，塔楼标准层施工阶段共配备8台TC7030塔吊用于装配式高层住宅施工，其中6台TC7030塔吊为65米，其余臂长为70米。

爬架设计：本工程标准层外形沿高度方向相对统一，适合爬架防护。为保证施工安全、满足施工进度、避免发生火灾及高空坠物伤人、损物事件，根据工程具体情况，采用DM300型防火型全防护智能升降平台作为该楼标准层的外防护架，爬架提升满足结构主体施工防护。

5 BIM技术

BIM技术策划主要是从BIM管理、BIM设计、BIM

装配、BIM虚拟施工等方面展开，具体如下：

（1）BIM管理：通过信息化手段和BIM技术应用，将建设工程管理全过程数字化、标准化，探索实体建筑与数字建筑双交付，促进工程建设管理提速、提质、提效、提廉。

（2）BIM设计：设计环节需要同步设计和协调合作，建筑设计可采用BIM技术，提高预制构件设计完成度与精确度。在预制装配式建筑设计阶段，应与各专业和构配件厂家充分配合，做到主体结构、预制构件、设备管线、装修部品和施工组织的一体化协作，实现协同设计。

（3）BIM装配：装配式建筑施工分为：建筑设计、工厂生产装配式预制构件和施工现场装配成型三个阶段。BIM技术与装配式建筑技术相结合，充分发挥了BIM技术的“集成”优势，是数字化信息技术与工业化生产技术的统一。

（5）BIM虚拟施工：BIM技术通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息，构建具体施工方面的特性，形成的建筑信息模型涵盖几何、空间、地理等众多信息，且可对一个工序或一个分项工程建模以控制其施工顺序、位置、精度、质量等；我们可以用它来深化设计、多专业协调、碰撞检查、优化现场布置、图文资料管理、进度安全质量管理等。

5.1 BIM管理

本项目组建了棚改项目BIM统筹管理组，包括各参建方BIM组织和人员，覆盖了信息化、BIM全专业；专项工作组全面负责BIM体系建设和项目现场的BIM应用，并且编制了《罗湖“二线插花地”棚户区改造项目BIM实施方案》，全面指导BIM实施工作，真正实现了管理信息化。

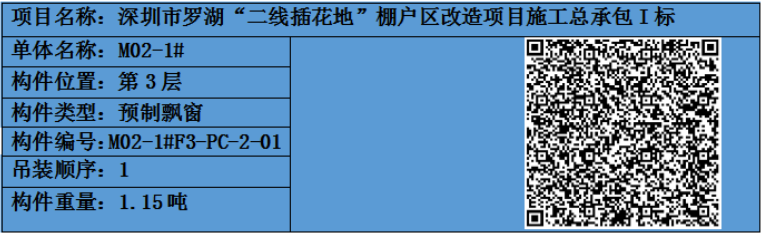


图13 预制构件二维码标识

除二维码外，本工程信息化创新管理还体现在利用手机APP进行信息化模型上的进度更新，发布现场质量、安全方面的专题内容，并联动至相关部门，协调无纸化项目管理。手机APP信息化管理使

5.2 BIM设计

项目前期技术策划对装配式建筑的实施起到十分重要的作用，地下室及裙房部分采用现浇混凝土，地上楼部分为装配式建筑，项目全程合理的BIM技术设计路线为设计品质提供了保障。

（1）全专业BIM模型：装配式建筑的全专业BIM模型建立，能有效协调各类管线相对集中设置，减少水平管线的排布交叉，准确预留穿预制构件的管线或套管。

（2）户型BIM模型：户型BIM模型建立，能有效协调各类装配式构件的种类，为精细化的室内设计提供基本空间，同时插座、灯具位置以及网络接口、电话接口、有线电视接口等位置也能同步协调到位。

（3）净高分析、管综优化：基于土建、机电综合模型，进行住宅标准层机电深化设计。利用三维模型可视化的特点对管线进行优化排布，出具净高分析报告，检查各公共区域结构、吊顶设计是否能满足要求。

5.3 BIM装配

装配式设计过程中，建立预制构件族库与标准层BIM模型。通过利用BIM软件中的统计功能，可以准确便捷地提取构件参数，科学计算预制率，大大提高了设计效率。结合BIM平台的PC构件管理功能，从生产出厂到运输到现场摆放到安装，对装配式构件进行全流程统一管理。

为了便于构件安装和装车运输时快速找到构件，利于质量追溯，明确各个环节的质量责任，便于生产现场管理，本工程预制构件均设置了完整的明显标识，如图13。

5.4 BIM虚拟施工

根据地块施工图纸，建立BIM模型，针对施工方案进行可视化展示与模拟，提前发现施工过程中

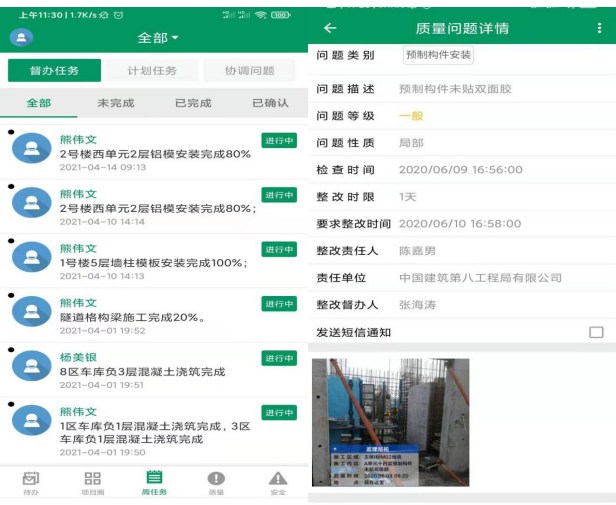


图14 手机APP信息化管理使用截图



图15 施工模拟动画展示

各类技术人才缺乏，施工人员技术水平仍需提高，施工质量安全有待改善。四是装配式建造成本相对较高，增加了市场化推广的难度。五是BIM技术推广运用还处于起步和摸索阶段，在发展数字建造过程中面临诸多问题。针对上述问题，经过分析、归纳总结，有如下几点建议：一是要加大新型建造方式的宣传和推广。二是呼吁政府要积极带头推广使用，建立和完善相关标准体系，并始终把质量安全放在首位，高质量发展装配式建造方式。三是要加大各类技术人才的培训工作。四是要加大技术攻关和研发，为推进装配式建造方式提供强有力的科学技术支撑。五是要对运用装配式企业提供更多优惠或扶持政策，强化引导力度。

罗湖“二线插花地”棚户区改造项目装配式建筑运用“产业化思维”来实现“专业化协同”，有效地将建设单位、设计单位、施工单位、监理单位

可能遇到的难点、风险点，解决了临时设施布置、施工机械、人员交叉作业组织难施工全过程，对建模成果进行合规性与图模一致性审查，确保满足表达准确性与未来交付要求。同时BIM施工的模拟性、优化性和可出图性为施工管理提供了极大的便捷和直观性，BIM施工模拟动画如图15。

6 结束语

本项目在推进装配式建筑过程中积累了一些技术和经验，也取得了不错的成绩，但是纵观整个建筑行业，装配式建造方式的发展也存在诸多不足之处：一是大部分建筑从业者思想上对装配式建造方式存在一些不正确认识，阻碍了建筑产业现代化的发展。二是政府主管、行业层面缺乏顶层设计，装配式建造方式技术标准体系不健全、不完善。三是

等项目参与方在同一平台上，共享同一建筑信息模型，重新建立起企业之间的分工与合作，使建筑工程在其整个进程中显著提高效率、大量减少风险，促进了其经济效益、生态效益和社会效益的全面实现^[4]。在本项目的设计、施工、运维等环节考虑BIM技术的综合统筹，有效监管每一个工程阶段，以成熟的建造技艺全方位打造一个标准领先、技术先进、品质优异的家园。

参考文献

[1] 林新梅. 预制装配式建筑设计实践——以某地高层住宅为例[J]. 中外建筑, 2018(1):100-103.
[2] 甘伟辉. 预制装配式建筑结构体系与设计探讨[J]. 房地产导刊, 2018, 000(005):35.
[3] 《深圳市装配式建筑发展专项规划（2018-2020）》.
[4] 佟辉. 基于装配式建筑下的项目管理——以万科翡翠公园项目为例[J]. 住宅与房地产, 2019, 531(09):152-153.

基于全生命周期实施路径考虑的超高层装配式住宅建筑浅析

何 兰

(深圳市天健地产集团有限公司, 深圳 518000)

【摘 要】 为充分落实《深圳市装配式建筑发展专项规划》，2018年起，全市新建居住建筑在全面实施装配式建筑基础上作出了全生命周期实施路径的要求，加强对项目施工图设计和装配式建筑实施方案落实情况的监督和抽查。文章通过对深圳前海天健悦桂府超高层装配式建筑规划设计、技术认定、施工图审查及施工等阶段的分析，探索出满足专项规划要求的装配式建筑实践之道，真正体现装配式建筑增质提效的作用。

【关键词】 全生命周期；装配式建筑；标准化设计；一体化设计；信息化管理

Analysis of Super High-rise prefabricated residential buildings based on the implementation path of the whole life cycle

He Lan

(Shenzhen Tianjian Real Estate Group Co., Ltd., Shenzhen 518000)

Abstract: To fully implement the «Special Plan for the Development of Shenzhen Prefabricated Buildings», Since 2018, The new residential buildings in the city have made the requirements for the entire life cycle implementation path on the basis of the full implementation of prefabricated buildings. Strengthen the supervision and spot check on the implementation of project construction drawing design and prefabricated building implementation plan, The article passes the analysis of the planning and design, technical identification, construction drawing review and construction stages of Shenzhen Qianhai Tianjian Yuegui Mansion super high-rise prefabricated building. Explore the practice of prefabricated construction that meets the requirements of special planning, Really reflect the role of prefabricated buildings in increasing quality and efficiency.

Keywords: the whole life cycle; prefabricated building; standardization design; integrated design; informatization management

0 引言

装配式建筑，是指采用预制构件在施工现场装配而成的建筑，包括装配式混凝土结构、钢结构和其他符合装配式建筑技术要求的结构体系。

1962年9月9日《人民日报》发文“从拖泥带水到干脆利索”，提出我国建筑工业化发展原则“标准化设计+工厂化生产+装配化施工”，这是建筑工业化发展的“纲领性文献”。在欧美、日本、新加

坡等地区得到广泛的实践和应用，成为各国建筑产业转型升级的必由之路。在装配式建筑较为发达的日本，80%的住宅建筑采用以通用部件为基础的标准化体系，美国的装配式建筑所用部品部件的标准化、商品化程度几乎达到100%。大力发展装配式建筑，促进建筑产业转型升级，是贯彻落实习近平总书记在中央城市工作会议上重要讲话精神的具体行动。深圳是国内最早推进装配式建筑的城市之一，

深圳市近年发布了《深圳市装配式建筑发展专项规划（2018-2020）》等14个政策文件，装配式建筑将成为深圳主要建设模式之一。

前海合作区位于深圳南山半岛西部，伶仃洋东侧，珠江口东岸，包括南头半岛西部、宝安中心区，是“珠三角湾区”穗—深—港发展主轴上的重要节点。前海合作区的建筑以办公、商业、人才住房为主，且多为超高层建筑，钢结构、钢和混凝土混合结构为常用结构体系。2019年12月11日，深圳市天健地产集团有限公司通过“双限双竞”的招拍挂方式取得的前海首宗公开拍卖宅地，土地获取的规划设计条件及土地合同均对项目住宅建筑实施装配式技术提出要求。

1 项目概况

本项目位于深圳市前海桂湾片区3单元04街坊，项目用地面积9412.25平方米，总建筑面积约9.7万平方米，地上规定计容面积67200平方米，容积率7.14，建筑密度41.95%，最大建筑高度139.9米。其中由2栋超高层装配式住宅，1栋九班幼儿园，一栋四层的商业，三层地下车库组成。

2 装配式设计

2.1 总图布置

设计师根据场地内部条件、外部资源，通过产品容量计算得出塔楼组合的三种可能性，通过比较



图1 项目效果示意图

建筑密度、使用率、空间关系、装配式实施、经济成本以及技术难度的整体权衡，最终选择两栋140米塔楼的单体组合方案，确定产品方案之后，设计师将塔楼布置在场地西南与东北角，形成错位式布局，使得立体空间中城市不同方位景观可以相互渗透。

根据深圳市相关政策，自2018年起新建住宅项目全部实施装配式建筑，采用反映装配式特点的绿色建造和智慧建造方式。根据政策要求，项目在前期策划设计阶段，充分考虑了装配式建筑的需求，两栋装配式住宅建筑互为镜像关系，分别布置于项目东南角及西北角，最大限度地满足装配式要求，又符合前海城市风貌立面公建化及规整的特征。



图2 总平面图

2.2 户型标准化模块设计

标准化设计是建筑工业化的基础，《营造法式》中提出“材分八等、以材为祖”，梁师祖1962年提出标准模数→标准构件→标准模块→标准楼栋，已经是现在“模块化建造”的思想。该项目楼型、户型设计符合标准化要求。1栋、2栋为超高层住宅，均采用装配式设计和施工。两栋楼的标准层户型采用标准化设计，既提升了建筑使用效率，又可以控制节约建设时间。户型平面规整，采用统一模数协调尺寸，基本单元采用3M模数设计，符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T50002-2013的要求，结构主要墙体保证规整对齐，使结构更加合理，同时减少PC构件转折。装配式运用部位主要为预制外墙（下挂板，凸窗）和预制叠合板，水平预制构件比例36%，竖向预制构件比例9.7%，满足深圳市装配式建筑评分规则。

预制构件的设计做到了标准化、系统化、简单及易于施工操作。预制外墙、预制楼板的拆分符合模数化、标准化设计原则，做到了尽量统一。在为户型设计和施工全生命周期服务的前提下，将模具的周转次数做到了最大。本项目1栋共使用20种预制楼板构件，2种外墙构件，7种预制凸窗。2栋和1栋为镜像关系，构件共模型。标准化预制构件项目中数量不少于50件的同一预制构件（包括外形尺寸相同的竖向构件和水平构件，不包括镜像构件）合计1057个，标准化构件应用比例约为70%，标准化户型应用比例100%。

项目匠心打造合作区城市形象地标建筑，以蓝灰玻璃幕墙为主，每层为一个标准化立面单元，凸窗及局部墙板使用预制装配式技术，横向每层贯穿富有变化的白色铝板，既节省施工时间，又保证高精度与高质量的表面处理，充分体现富有表情的新颖的滨海建筑立面效果。

2.3 装修一体化及BIM深化设计

本项目外围部分均采用现浇剪力墙+预制外墙+内保温体系，外墙饰面为涂料和铝板，实现了外围护墙、外饰面、防水、保温一体化的设计理念。门窗系统采用工厂生产、现场干法安装的施工方式。门窗设计均符合模数化要求，门窗尺寸尽可能统一，减少种类，实现外墙与门窗的完美统一。

机电设备管线系统采用集中布置，管线及点位预留、预埋到位，预制外墙预留预埋线盒、设备管线、空调留洞等。对管线相对集中、交叉、密集的

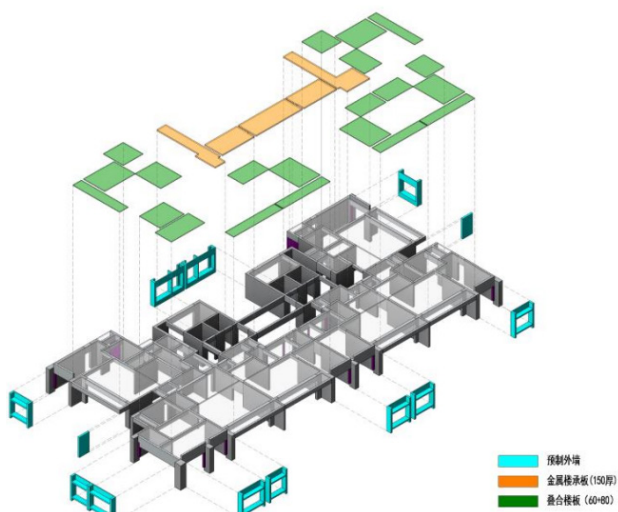


图3 标准层装配式预制构件拆分图

部位，比如强弱电井、表箱、集水器等进行管线综合，减少平面交叉。竖向管线集中布置，并满足维修更换的要求。

同时，在设计过程中，对装配式构件进行BIM模拟，通过模型对构件的尺寸、相关参数进行检查，用三维的视角检查二维图纸无法表达的内容，并考虑装配式构件预留钢筋与现浇部位钢筋的位置关系和连接，大大减少设计错误和避免现场施工过程中构件的错位和碰撞。

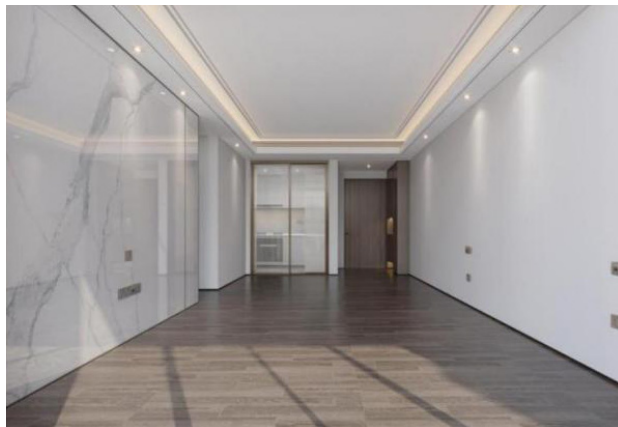


图4 户型室内效果示意图

3 装配式设计认定流程

2020年8月，由建设方组织召开了改项目装配式建筑设计阶段专家评审会，取得专家一致通过意见，施工图设计过程中，各专业落实各项装配式技术要求，施工图审查机构按照设计阶段评分审查要求进行审查，经审查合格出具施工图设计审查合格证。

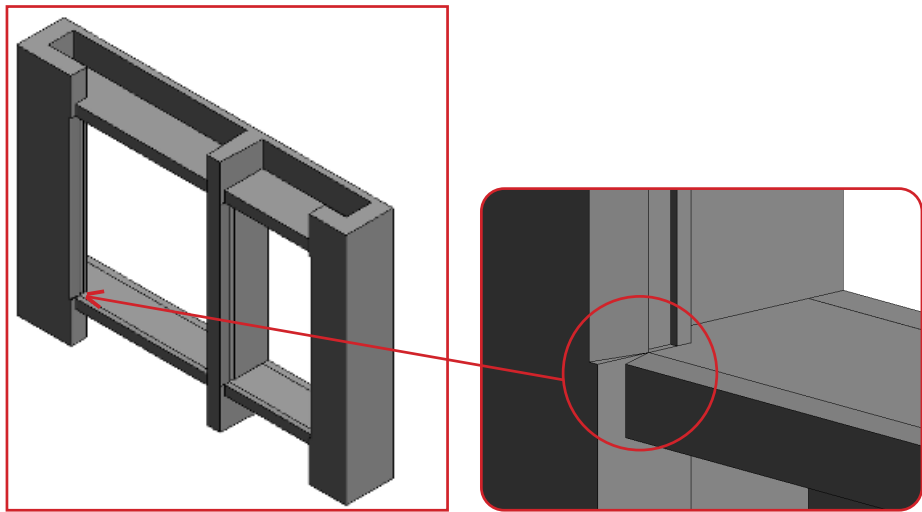


图5 节点错台

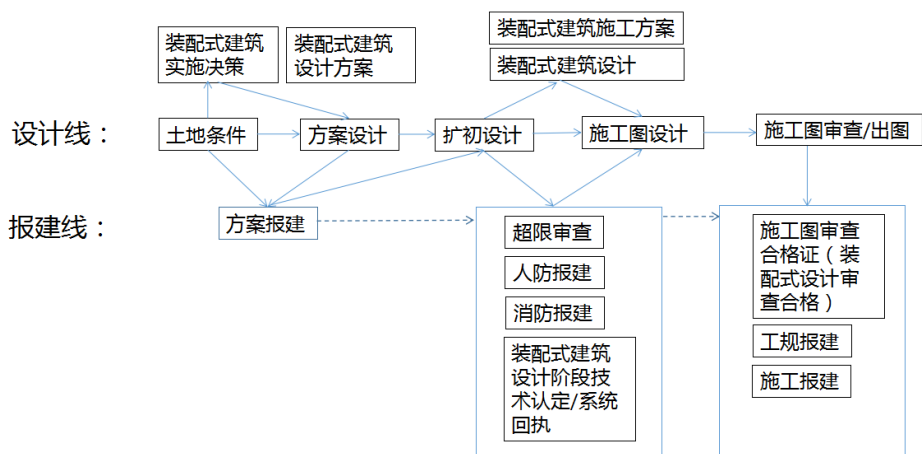


图6 装配式建筑技术认定设计阶段流程

4 装配式建筑施工管理

本项目PC构件厂家为位于深圳市深汕特别合作区盛腾科技有限公司，距离项目115公里，生产供货、运输均能满足现场施工需要，构件生产及现场施工严格按照相关要求及流程进行。

装配式建筑施工的精细化、信息化、集成化管理。首件预制构件浇筑前，建设单位组织设计、监理、施工、生产单位等参建各方到厂进行联合隐蔽验收，验收合格后方可进行浇筑。检查钢筋绑扎情况，是否和设计一致，预留、预埋是否准确，变更是否已经落实，模板拼缝是否符合要求；构件脱模后，检查预制构件尺寸，是否和设计一致，预留、预埋是否准确，外观质量是否符合要求，设计阶段应用BIM进行设计，包括各专业协同、管线综合、BIM模型制作、施工图和预制构件（钢构件）图信

息表达、预制构件连接节点设计、钢筋碰撞、施工工序模拟等。构件到现场后，由总包单位及现场监理进行外观验收，外观验收通过后方可安装。

为防止装配式建筑的一些质量通病，需特别注重施工细部做法，如装配式构件与现浇部位交界处贴止浆条，防止漏浆，采用专用斜撑埋件，即可周转使用，又稳定牢固，预制内条板墙之间压槽补浆及挂网抗裂处理。

5 装配式建筑过程检查及验收

根据装配式建筑全生命周期管理的要求，前海管理局相关部门对装配式建筑过程建设进行检查监管，不定期邀请业内专家对建设项目的资料及质量进行把关，直至项目竣工验收阶段，建设单位在工程竣工验收报告中对如何落实装配式建筑技术评分进行专篇说明，作为竣工验收备案的材料之一，住

深圳茅洲河碧道（光明段）建设实践

于 晗，宋政贤

（深圳市天健（集团）股份有限公司，深圳518000）

[摘 要] 碧道以水为中心，推动城市综合发展，是支撑生态网络格局的骨架，是聚合都市生活活力的载体，是联系城市重点片区的廊道，是塑造区域发展环境的基础。文章详细介绍了深圳茅洲河碧道光明试点段的建设成果，旨在以碧道建设为牵引，对河湖水系进行综合治理，促进区域环境优化、流域空间复合利用、产业结构转型以及城市功能提升，探索生态、经济、文化、社会协调发展的新模式。

[关键词] 碧道；茅洲河；水城共融；生态+；河道自然形态

Construction practice of Greenway (Guangming section) in Shenzhen Maozhou River

Yu Han, Song Zhengxian

(Shenzhen Tegen Group Co.,Ltd., Shenzhen, 518034)

Abstract: With water as the center, Greenway promotes the comprehensive development of the city. It is the backbone of supporting the ecological network pattern, the carrier of aggregating the vitality of urban life, the corridor connecting key urban areas, and the foundation of shaping the regional development environment. Article elaborates the construction results of Greenway(Guangming pilot section) in shenzhen Maozhou, aimed at garden road construction, for traction, comprehensive governance of hongze lake water system, promoting regional environmental optimization, the composite basin space utilization, improve industrial structure and urban function transformation, explore the ecological, economic, cultural and social coordinated development new pattern.

Keywords: Greenway; Maozhou River; water-city fused together; Ecology+; natural form of river course

0 引言

碧道是以水为主线，统筹山水林田湖草各种生态要素，兼顾生态、安全、文化、景观、经济等功能，通过系统思维共建共治。优化生态、生产、生活空间格局，打造“清水绿岸、鱼翔浅底、水草丰美、白鹭成群”的生态廊道，成为老百姓美好生活的好去处，成为“绿水青山就是金山银山”的好样板，成为践行习近平生态文明思想的好窗口。

深圳“高度建成、高密人口、高强建设”的空间底盘下，城市空间资源紧张，比国内其他城市更早进入“以存量为主，增存并举”的发展阶段^[1]。面对建设粤港澳大湾区和中国特色社会主义先行示范区的使命要求，深圳先行先试，创新地提出“碧一江春水，道两岸风华”的理念解读，以及“千里碧道”的建设目标，跨越水环境治理防洪达标的1.0时代、消除河道黑臭的2.0时代，迈向了“治水



图7 装配式构件生产流程



图8 装配式构件施工流程

房建设部门在施工许可、质量监管、竣工验收等环节，加强对项目施工图设计文件和装配式建筑项目实施方案落实情况的监督和抽查。



图9 前海局组织装配式建筑专家现场检验

6 结语

标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理的装配式建筑基本特征，关于建筑学美感问题，组合应有韵律，千篇一律中求得千变万化。基于全生命周期的考虑对装配式项目从土地获取及用地规划许可阶段、规划设计阶段、工程规划许可阶段、构件生产阶段、施工阶段、验收阶段到运维阶段进行要求与监管，确保装配式建筑的效率和质量，全面推进装配式建筑产业稳步发展。

参考文献

[1] 崔勇. 中国营造学社研究[M] 南京: 东南大学出版社, 2004
[2] 城市建设理论研究: 装配式住宅的现状与发展趋势
[3] 深圳市前海管理局. 深圳市前海管理局关于做好前海合作区装配式项目实施工作的通知. 深前海规[2021]2号

治产治城”三维共治，“生态生产生活”三生共融的3.0碧道建设时代。

1 项目背景

茅洲河是深圳市第一大河，位于深圳西北部。发源于石岩镇羊台山，自东南向西北注入伶仃洋，全河长41.61公里，其中深圳境内干流长31.29公里。在深圳发展史上茅洲河沿河流域工业企业超过5万家，支撑起了深圳乃至中国电子行业的崛起和腾飞。长期以来，作为深圳“母亲河”的茅洲河，成为了广东省污染最严重的河流之一。茅洲河未整治前，干流自起点开始整个流域内水质全面恶化，河水黑臭，干支流水质劣于地表水Ⅴ类。



图1 茅洲河整治前黑臭水体

自2016年以来，随着整治工作不断深入开展，茅洲河水质持续改善。并于2018年，提出了“全流域统筹、系统化治理”的水环境治理理念，开展了包含片区雨污分流管网工程、河道整治工程、片区排涝工程、水生态修复工程、补水工程、形象提升工程等六大类工程，实现了茅洲河全线基本消除黑臭。2019年茅洲河碧道的建设，在巩固已有治理成果的基础上，通过对排污口、溢流口及截流井的改造，进一步提升茅洲河河道水质，提高截流初期雨水的处理效率，以进一步削减暴雨时溢流污染。目前茅洲河水质已经实现历史性突破，19条支流稳定消除黑臭，2020年1-10月，茅洲河国考断面水质持续改善，氨氮及总磷平均指标均已达到地表水Ⅳ类水标准^[2]。

2 项目建设

回归清澈的茅洲河被列入广东省首批碧道建设的试点之地，全线长12.9公里，其中光明试点段长约6.8公里，位于整个茅洲河的中上游段，毗

邻光明科学城。水质情况良好，生态基底优越。茅洲河碧道（光明段）以“城水相融、人水和谐”为建设理念，以河道为主线，向河道两侧500米范围延伸，重点打造“六点六线”的空间结构，以大围沙河工业园滨水商业街、滨海明珠工业园区提升、左岸科技公园、上村生态公园、李松蓢历史文化街区、南光绿境等重要节点为核心，形成串联两岸的魅力动线。结合城市发展，勾勒出“生态+科技展示、生态+科技创新、生态+品质生活、生态+运动活力、生态+滨水休闲”的生态文明新图景。项目共完成约33公里道路提升与箱涵路改造、增加沿河生态景观绿化25万平方米，84栋共19万建筑立面改造、实现水、水岸、水城三个层级的全域环境品质提升^[3]。

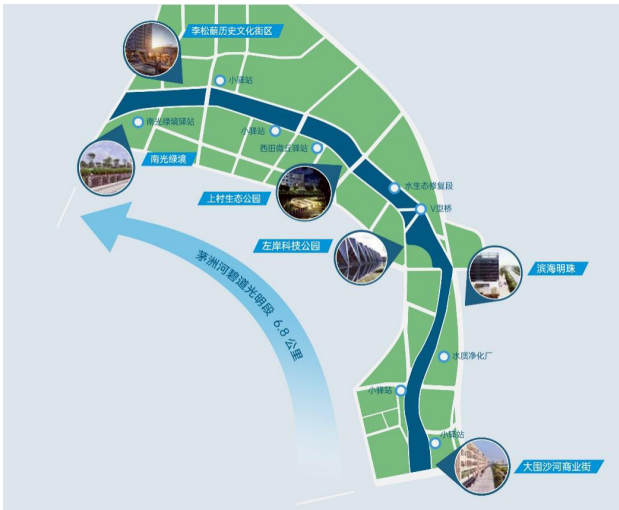


图2 茅洲河碧道（光明段）结构示意图

3 特色建设

3.1 河流生态系统的修复与构建

（1）从设计到施工，以近自然手法打造都市河流修复样板

以“微改造、低干扰、轻投入、让自然做功”的手法对“裁弯取直”、“物种单一”的茅洲河进行生态修复。通过生态水文调节、生境多样性营造、生态工法运用、生态科普体验等策略，形成水生生态体系和陆生生态体系的“过渡带”，并在“过渡带”区域营造内湾、溪流、辫状、生态岛等多样性生境，同时也是水上生物多样性恢复的小型场所，创造出多样化的亲水空间，打造人与自然是和谐共处。

工程在雨季施工，为尽可能做到施工过程中对

河道原生态环境最低程度的扰动，施工过程中不设围堰，以涉水作业的方式，通过破坏影响小的机械和生态施工工法，既保证了施工安全与可行性，又保证了河道雨季的泄洪通道。建设过程充分利用现状本底条件做局部改造，以乡土材料为主，最大程度保护原有河滩地与植被，提升生态系统的完整性。

（2）可推广的示范性做法

生态驳岸改造：在原有抛石护脚驳岸安全性

的基础上，充分分析河道水文情况，调整河床护岸线，通过填挖平衡的方式改造生态“过渡带”地形，塑造深潭和浅滩以及蜿蜒曲折的河道形态，形成流速和水文富有变化的河流，保护主河槽和现状植被，收纳表土回填覆盖。食源、蜜源、固土、净水植物的种植，整体改善功能并兼顾景观效果和滨水休闲。

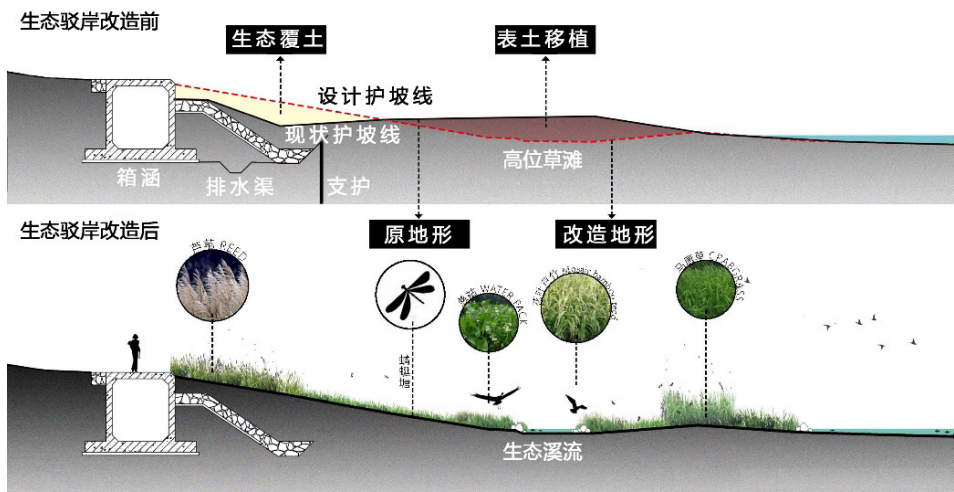


图3 茅洲河碧道（光明段）生态驳岸改造断面图

生态工法运用：基于对物种保育、生物多样性及永续发展的工程技术和施工工艺的运用。主要利用天然木材、块石、适宜植物以及其他生态工程材料相结合而在河道内局部区域构筑特殊结构，这类结构可通过调节水流及其与河床或生态驳岸的相互

作用而在河道内形成多样性地貌和水流条件，从而增强鱼和其他水生生物栖息地功能，促使生物群落多样性提高。生态工法具有“表面孔隙化、构造最小化、材质自然化、界面透水化”等特征。



图4 茅洲河碧道（光明段）生态工法运用及建成效果（雍水）

生态效果呈现：由于动植物栖息地的完善，以及河道生态边际效应的提升，多个水生态空间缓解了河道雨洪问题，具备分解吸收污水的水生植物增加了河水的自净能力，水下森林系统有效稳定了河

道水质，鱼虾螺贝的复育和密度有所增加，昆虫、鸟类的种类和数量也明显增多，物种丰富度也有显著提高。



图5 茅洲河碧道（光明段）建成后的部分底栖动物、昆虫及鸟类

3.2 以水为魂，催生碧道经济

碧道以水为魂，带动周边产业发展。茅洲河碧道（光明段）500m—1000m范围内老工业园区、旧村建筑、未利用地、历史建筑等，都因为碧道的建设而迎来了新的生机。污水直排的老旧工业园区“滨海明珠”、变身 of 中科院深圳理工大学过渡校区，真正成为茅洲河畔的一颗美丽的明珠；曾经杂



图6 老旧工业园区变身为中科院深圳理工大学过渡校区

不仅如此，光明区在6.8公里碧道示范段的带动下，将范围延伸，整个以茅洲河光明段干流两侧0.5-1公里的影响范围划定，并统筹纳入重要节点地区，总面积约19平方公里，长度约15公里，形成创新+制造的活力纽带。完善生态功能：整体构建“一河九水”干支流生态体系，打造8个滨水节点公园，增加绿地约200公顷，绿地占比由2%提升至14%。重塑产业空间：优化提升产业用地，增加新兴产业用地约50公顷，保留提升普通工业用地约360公顷。沿线产业升级后预计将对GDP形成每年新增约480亿元贡献。打造品质生活：新增居住用地150公顷，其中可出让居住用地约50公顷，预计产生土地价值约600亿元。新增配套设施用地约70公顷，可满足就业和居住人口使用需求。形成“水—产—城”和谐互

乱无序的五金、物流市场，蝶变为科学城门户的科技展示空间同时也是市民的休闲公园，映照出深圳光明科学城生机勃勃的未来。通过将滨水休闲与特色商业引入大围沙河工业园区，已成为片区慢生活的地标和网红打卡地；两百年历史旧村也因为碧道的建设打造成为文化地标、提升了社区活力，创造出有记忆的城市空间。

促、高质量发展的生态活力滨水经济带。

3.3 人与自然的和谐相处

如今碧波荡漾、白鹭群飞，鱼群遨游、百花争艳的茅洲河。河道、沙洲、花海与沿线的一个个公园与一片片绿地将茅洲河串联成为一个生态走廊。曾经的背水而居、掩鼻而走，在碧道建设后发生了翻天覆地的变化。营造多样性生境的同时，也给市民提供了亲水、戏水的场地。河边锻炼散步、沿河马拉松、亲子皮划艇训练、行走在河道上的党建以及茅洲河畔的夜话活动等等，都大大拉近了人与河的距离。据不完全统计，在2020年十一假期期间，茅洲河试运营累计接待游客70000人次。茅洲河碧道光明试点段带来民生幸福感，正深深嵌入市民百姓的心中。

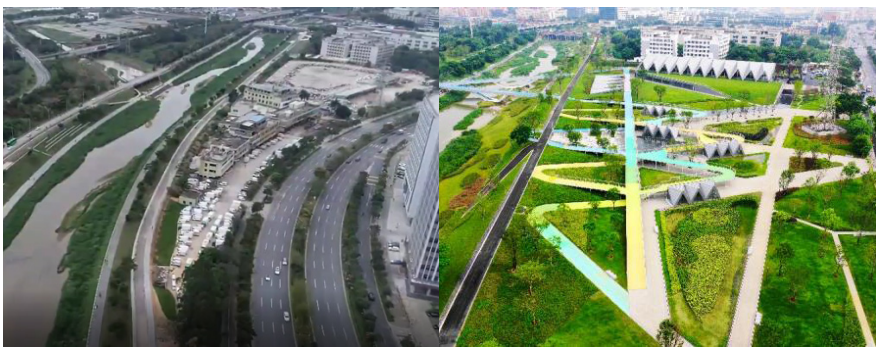


图7 杂乱的五金市场蝶变为生态与科技交相辉映的左岸科技园



图8 茅洲河碧道（光明段）改造后的生态溪流，市民亲水、嬉水



图9 市民在茅洲河碧道（光明段）晨练

五方联合办公机制，对项目推进的关键难点，联合各方成立报建等N个专项小组，协作攻坚。并以党建引领，把支部建在工地上，发挥铁军精神，全员奋战150天“啃下硬骨头”。高峰时期，投入人员5000多名、设备240余台，60天完成19万平方米立面改造，最高单日种植绿化2.5万平方米。同时特区建工集团先行示范，充分共享，率先开展河道内水生态修复试点，最终光明试点段如期完工，景观效果、工程品质等多方面较其他试点段更胜一筹，在水环境治理领域打响了特区建工品牌，在碧道建设领域交出了特区建工的优秀答卷，展示了“地方军”的攻坚能力和城建实力，并为碧道建设探索出可复制可推广的经验做法。

茅洲河碧道的实践显示了以水环境治理为触媒，通过政府与企业协同，水、产、城共治而达到社会—生态系统耦合是一条可行之路，也探索出了一条超大城市治水新路，从单纯治水到城市综合治理，还清于水、还水于民、还绿于岸，统筹山水林田湖海综合治理、系统治理、源头治理，改善流域生态环境、实现空间综合利用、带动产业转型升级、激活片区多元价值。为未来深圳、广东、乃至全国的碧道建设提供了样板。深圳将充分践行绿水青山就是金山银山的理念，成就美丽中国典范！

参考文献

[1] 深圳市城市规划设计研究院有限公司. 深圳2035城市总体规划——总体城市设计和特色风貌保护策略研究专项[J]. 城市建筑, 2018, No. 272(03):93-95.

[2] 南方日报网络版. 茅洲河、练江国考断面阶段性消除劣V类全流域水质持续改善[ER/OL]. http://www.gd.gov.cn/gdywdt/dczl/gcls/content/post_3159804.html, 2020-12-25

[3] 深圳市（天健）集团股份有限公司. 茅洲河碧道（光明段）画册[M], 2020

4 结语

推动深圳水环境质量达到国际先进水平，坚持水、产、城共治，高质量建成1000公里碧道，打造一系列高品质的滨水空间，让优美的水环境成为深圳最鲜明的城市底色，成为深圳特有的城市魅力和推动高质量发展的重要驱动力。纵观深圳治水的奋战之路，前瞻深圳治水新路，茅洲河是当之无愧的主战场、试验田。

作为我市碧道建设中唯一一家地方企业，特区建工集团，参与了项目全过程管理（代建）、与工程施工建设，并始终将国企政治责任、社会责任放在第一位。为确保项目高质高标高效推进，创新机制，科学组织，以“3+5+N”管理体系为支撑，开展“绣花式”现场管理。建立了三级指挥体系、

中式园林在住宅环境中的设计特点分析

许生雄

(深圳市天健地产集团有限公司, 深圳 518033)

【摘 要】 进入二十一世纪以来, 中国处于城市化进程, 地产开发大发展时期, 大量楼盘及商品房在中国各大小城市开建, 对于市场中不同地产项目的定位, 景观园林对住宅环境提升项目价值是显而易见的, 针对环境不同体验, 这对项目品质及价值提升显得尤为重要。以前只有王公贵族玩赏的庭院, 如今融入百姓家。故而在住宅环境景观设计中, 要根据不同人审美情趣需求, 实现园林景观不同风格及价值的体现。本文主要立足于中式风格园林, 阐述历史发展, 分析其特点, 并结合实际项目在地产住宅环境中的布局及应用, 着重探讨其结合现代设计手法, 展现在住宅环境中的效果表达。

【关键词】 中式园林; 自然山水; 环境; 景观设计; 景观园林

Discussion on Chinese garden in residential landscape environment design

Xu Shengxiong

(Shenzhen Tagen Real Estate Group Co.,Ltd.,Shenzhen, 518033)

Abstract: Since the beginning of the 21st century, China is in the process of urbanization and the period of great development of real estate development. A large number of real estate and commercial houses have been built in various cities in China. For the positioning of different real estate projects in the market, it is obvious that landscape architecture can improve the value of residential environment projects. According to different environmental experiences, it is particularly important to improve the quality and value of projects. The courtyard, which used to be enjoyed only by princes and nobles, is now integrated into the common people's home. Therefore, in the landscape design of residential environment, it is necessary to realize the embodiment of different styles and values of landscape according to the aesthetic needs of different people. This paper is mainly based on the Chinese style garden, expounds the historical development, analyzes its characteristics, and combined with the actual project layout and application in the real estate residential environment, focuses on its combination with modern design techniques, showing the effect expression in the residential environment.

Keywords: Chinese garden; natural landscape; environment; landscape design; landscape architecture

0 前言

中式园林的发展历史悠久, 从远古打猎的园囿, 逐步发展到台, 地, 池, 楼, 阁, 亭, 榭等空间元素的组织形式, 随着社会发展及各阶层的形成, 景观园林在封建时期形成明显的以皇家园林, 寺庙园林, 私家园林为主流的三大派园林体系, 并以山水画, 文学, 书法等中国文化融合, 在文化精

神体现上以写意式山水园林, 特别是秦汉以来, 在对大自然的遵从, 以天人合一的思想为总领, 在写意式山水园林得到逐步发展, 无论是皇家园林, 私家庭院, 在追求自然, 模仿自然, 虽由人作, 苑自天开^[1], 则是造园最好的体现, 在思想上融入文人的审美情趣, 如曲径通幽, 一池三山, 曲水流觞等等都是文人寄托美好生活的表现。

1 中式园林的发展

中式园林的发展主要经历先秦, 秦汉, 三国魏晋南北朝, 隋唐, 宋代, 辽夏金元, 明清时期。在历史各阶段发展简要做以下阐述:

(1) 先秦时期, 园林还仅限于王室修建的园囿, 主要供王室贵族游乐、狩猎之用。后来为了游玩的方便, 就在园囿中修建了很多离宫。这就是园林最早出现时的状态。比如周文王时期的灵囿、春秋时期楚国的章华台、战国时期魏国的梁囿。

(2) 秦汉时期, 秦国统一六国后, 修建上林苑等等。到了汉代, 随着国家的稳定统一, 国力强盛, 经济繁荣, 宫苑得以大力修建。这时候不但有新建的建章宫、未央宫, 还扩建了秦代时期的上林苑。另外, 很多藩王富商也开始修建私家园林。比如, 梁孝王刘武的梁园等等。

(3) 三国魏晋南北朝, 这时候, 国家处于动乱的时期。由于宗教的发展, “玄学”的流行, 很多文人高士都寄情于山水, 隐居于山林。因此这时候, 民间园林、寺观园林, 得到大力的发展。这一时期, 人们由注重园林的面积, 开始转向注重提升园林的文化内涵。

(4) 隋唐时期, 国家统一, 经济繁荣, 对外交流也很频繁, 文化也非常的发达。园林的发展速度, 处于前所未有的进步时期。不但帝王修建规模宏大的苑囿, 达官富豪也大量地修建私家园林。尤其是文人雅士所建的园林, 更是雅致清新, 充满诗意。比如王维的辋川别业, 白居易的庐山草堂等等, 在庭院融入文人的思想情怀。

(5) 进入宋代, 中国经济文化也进入最繁荣的时期。而且, 这时候宋代的山水文化非常繁荣, 文人画开始流行。能诗善画的文人, 也将诗情画意用于经营园林之中。比如, 苏舜卿的沧浪亭、文徵明参与设计的拙政园, 还有大家在《水浒传》中更加熟悉的花石纲。花石纲, 就是宋徽宗赵佶为了搜集天下奇石, 来充斥他的皇家园林——艮岳。

(6) 明清时期, 中央集权统治更加严格, 封建等级与礼法更为分明。著名的园林有北京的颐和园、紫禁城的御花园、圆明园、畅春园等等。这些都是皇家园林。私家园林, 主要是江南园林, 比如苏州的拙政园、留园、网师园, 无锡的寄畅园, 扬州的个园、何园等等。当然还有杭州的西湖、扬州的瘦西湖等自然景观园林。这些园林, 都是基于前朝园林的基础之上发展而来的。是与之前各个时期

的园林一脉相承的。

2 中式园林在当代环境中的特点

中式园林以再现自然山水为设计的基本原则, 追求建筑 and 自然的和谐, 达到“天人合一”的效果。但并不是简单地模仿, 而是“本于自然, 高于自然”, 把人工美和自然美巧妙地结合起来。这一思想在造园当中的具体表现就是“因地制宜”、“依山就势”, 善于利用现有的自然环境条件, 体现出人工建造对自然的尊重与利用。“虚实相间, 以虚为主”强调建筑群体之间的关系, 而不是强调建筑单体, 这使建筑物之间的院落往往成为设计的重点。在师法自然同时也融入文人的情怀, 这在私家庭院中表现尤为突出, 特别是苏州园林, 如退思园, 拙政园等, 中式园林的总体表现特征为写意式山水园林。



图1 退思园假山实景

图1为退思园实景, 退思园是苏州园林的代表之一, 在选石上, 对审美的极端理解, 那就是丑, 皱, 漏, 透为选石标准, 形成模拟自然山石空间组合的假山形式。在布局上也遵从自然优势, 正如园冶所述“凡结林园, 无分村郭, 地偏为胜”^[1]在园林营造上, 特别是古法的体、宜、因、借^[1]是设计造园的基本准则。

随着现代房地产迅速发展, 从古典园林的王府庭院到民间的居家小院, 园林景观的服务对象发生了根本的改变, 从单纯的服务王族到群居的共性, 特别是在住宅楼盘中, 形成环境与精神层面的共享空间布局组合形式, 所以在住宅环境的设计及布局, 风格化特征发展界限是很明显的。新中式园林是近几年兴起返古的一种情怀式园林, 以礼仪的空间特征, 典型而抽象的中式文化元素, 以自然山

水思路为设计总体趋向，在空间布局上力求王府礼仪格局，造就精神文化欣赏元素，并融合民间的居家等特征。发展从最初简单的道路，休闲空间及绿化，到以法式，西班牙，东南亚等为代表的现代主义热潮。随着人们审美和精神文化的变化，重新审视人与自然的关 系，回归到本国文化的深掘，结合现代设计手法及材料，提炼中国古典园林的设计要素，在 中式园林中给人展现出不同风味及文化内涵的新中式园林。以深圳龙华金茂府为例阐述其特征。

图2为龙华金茂府实景，其表现形式完全抽象了中国山水形式，以简洁式设计手法，用现代材料表现山水韵味，色彩上以水墨山水的灰为主基调。不在追求繁琐具象，在空间，色彩，形体具有写意山水韵味即可。



图2 深圳龙华金茂府实景

3 新中式园林在住宅设计中的布局特点

中国园林总体构图布局来说，其实是由建筑，山水，植物等组合成的一个综合艺术品，富有诗情画意。叠山理水形成“虽由人作，苑自天开”的境界^[4]。在园林建筑中，形成的亭，廊，阁，台以及居住的园林建筑，都在风格上形成一体，这在山水及文化精神层面神韵表现尤为突出。在进行园林布置时，则是综合了诗词的蕴意，画家的美学，书家的精神。就是所谓大胆落墨，小心收拾（画家语），更为要谛，使宽处更为走马，密处难以藏针（书家语）园林是有法无式，在于人们巧妙用其规律^[4]。故而中国园林具有强烈的诗画构架形成的现实写意山水画。

在住宅环境中，新中式园林一般采用礼序布局，特别在高端盘，都是引用王府礼制，三进庭

图3为大门入口，在 中式韵味表现简洁，植物以罗汉松，材料为浪淘沙，汉白玉，通过台阶高差变化赋予空间的转换，大门以简洁的中式图案和色彩，凸显出简略的中式氛围，铺装利用浪淘沙石材的色泽特征，形成色调为水墨山水画灰白系列。设计手法利用现代空间简洁及突出大门的开放展现，利用空间高差实现竖向变化，放弃了古法的曲隐。

现代中式园林主要以抽象化的亭廊阁榭，以水墨山水画韵味特征，不在以具体的石材模拟山，而是以当代的工艺，利用石材的纹理，质感，色泽，将中式的山水自然抽象处理，在形式上以授意体悟为主，利用金属材质可塑性，在中式风格应用中体现过去与现在的融合，形成旧与新的气息，写意是中式园林的内涵，将书画，诗词的意境融入设计也是新中式园林的特征。



图3 深圳龙华金茂府实景

院，言说山水归家礼序，如图4现代中式园林礼序布局构架，就是采用这种思路，在情感上传达传统的中国文化礼制，在功能上遵循现代生活习惯特征。

在设计过程中，一般遵从构架山水，模拟自然。图5为天健苏州山棠春晓展示区空间布局模式，从空间布局中不难体会到布局院式礼仪的讲究。在布局上讲究山水构架，突出中式神韵特点，理水叠石均为抽象形式，利用铺装纹理，引渠布塘，植物衬托。如图6平面图就是这种设计思路的体现。

空间则以空就是多，在设计立面，空间布局，均以留白形式，项目从入口到中心水体，其表现是以折线型的布局方式，体现出曲与隐的流线思路，以小见大，见少意多，点到为止。曲水流觞，镜水映廊，虚实结合折射出中式元素的应用，如实景图7。

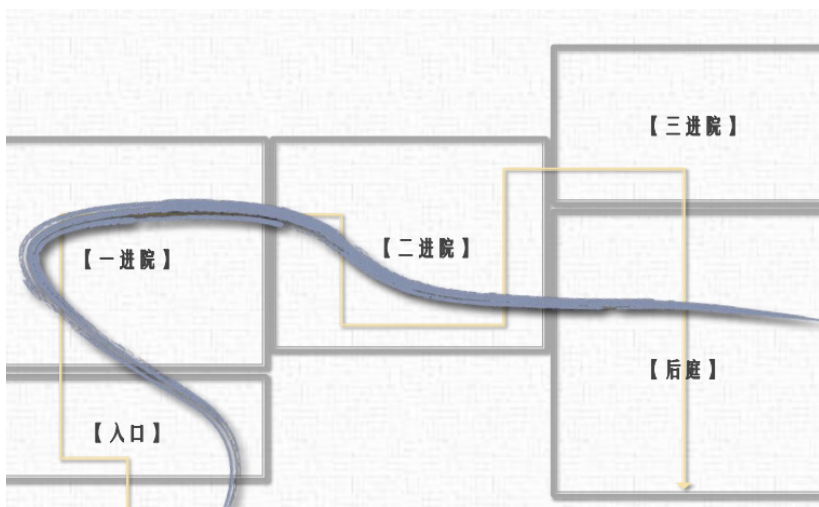


图4 中式园林礼序布置图

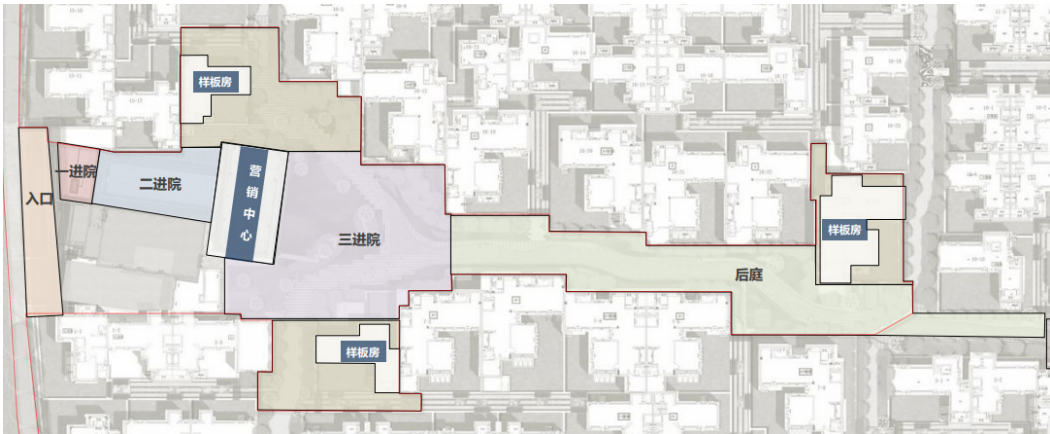


图5 天健苏州山棠春晓礼序布置图

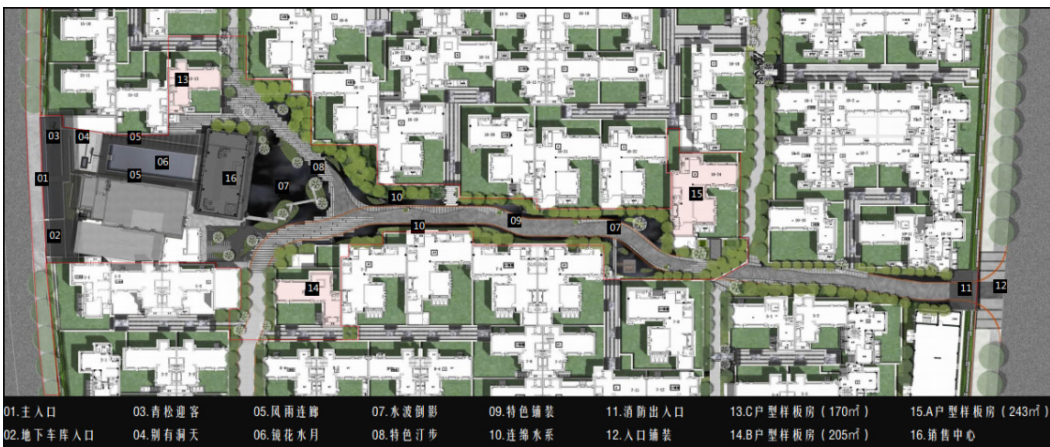


图6 天健苏州山棠春晓景观平面图

远处以借景虎丘山及塔，视觉形成对景关系，将虎丘景观引入，形成空间虚拟扩大，核心植物以黑松为主，其神韵景观效果尤为突出，如图8。

水是园林灵动的重要元素，实景与虚景结合

表现，图9主要体现为水中有景，水动而有声，置石及雾喷增添了自然及画中仙境的营造体验，正如《园冶》所说何不以理涧法，上理石泉，口如瀑布，亦可流觞，似得天然之趣^[1]。



图7 天健苏州山棠春晓中庭实景



图8 天健苏州山棠春晓中心水景实景



图9 天健苏州山棠春晓中心水景实景

图10为建发开发的永安玺院，从平面布置图中不难看出，庭落布局也遵从了传统的三进门礼仪，一进院为乾元庭，二进院为四水归堂，三进院为涵碧园^[3]，整体造园原则也符合中国传统文化的思路，其主要遵从构架山水，模拟仙境，移天缩地，写意诗画意境^[3]。总之在现代材料和设计手法上，在中式风格特征的写意式山水园林，模拟自然山水，融入其中，同时也注重形式的文化意境融入，将以小见大，天人合一的传统文化思想融入其中，形式表现上不像古典中式园林那么复杂，以典型的元素点到为止。

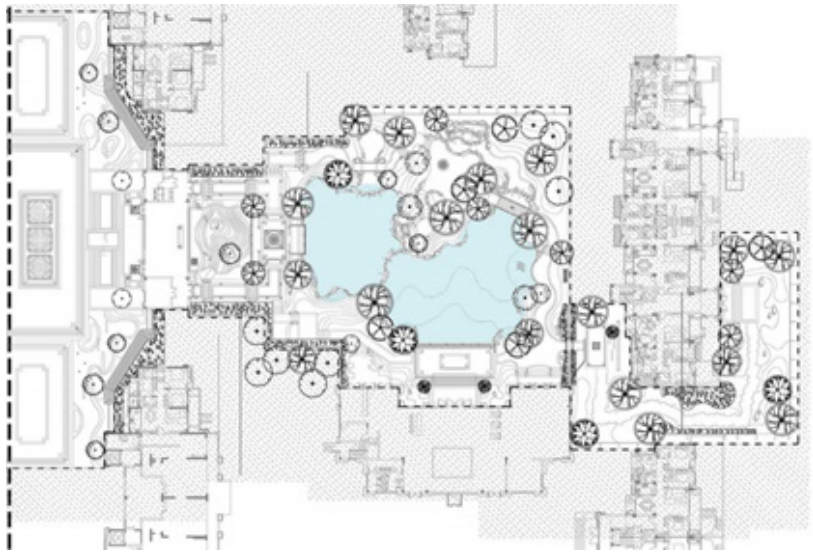


图10 建发永安展示区平面布置^[3]

图11可以看出，水景驳岸均采用自然曲线，自然叠石，以传统的江南景亭为休闲空间水景点睛之笔，配上自然式亲水植物，完全透出天人合一的

生活居住理念。

图12所表现的是环境回廊，以对景，孤景的传统设计手法，融合中国文化的精神元素，棋盘，



图11 发永安玺院实景^[3]

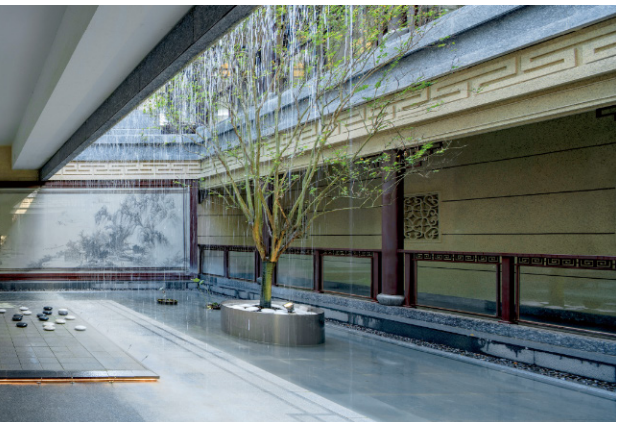


图12 建发永安玺院实景^[3]

山水画，庭院孤植树，边窗花纹图案，传统的暗红色彩，并以线瀑为静中之动，整个空间元素构成不多，布局简洁，营造出少就是多，静中有动，动中有声的中式景观园林的文化内涵。

从苏州山棠春晓和永安玺院看出，新中式园林简化了古典园林的繁琐、精雕细凿、强烈的思想文化及生活情怀表露。在总体特征写意上，对一石一木，都寄托了丰富的情感，处处有情，面面生意，含蓄曲折，余味不尽^[2]。

4 结语

中式园林的设计手法千变万化，但其宗旨是体现道法自然，写意山水。考虑的是无论风雨明晦，景色咸宜，在各种自然条件下，都能给人最大的舒适和美感^[2]。正如《园冶》所述“凉亭浮白，冰调

竹树风生”“移竹当窗，分梨为院，溶溶月色，瑟瑟风声，静抚一榻琴书，动涵半轮秋水”^[1]，蕴意为寄托自己的思想和生活情怀。在地产住宅景观环境设计中，新中式景观园林不但考虑到空间功能组合关系的实用，简化古典园林的繁琐元素，做到点到为止，同时也表达了自然与文化结合的思想情怀。

参考文献

[1] 计成，《园冶》[G]. 中华书局 23, 32, 33, 190
[2] 陈从周，《梓翁说园》[G]. 北京出版社86, 87
[3] 赛瑞景观，《新共享景观》[G]. 中国建筑工业出版社138-151
[4] 陈从周，《园林谈丛》[G]. 上海人民出版社21, 25, 31

基于财务视角探索研发费用归集 对企业持续健康发展的思考

蒋群英

(深圳市粤通建设工程有限公司, 深圳 518000)

习近平总书记指出:创新是引领发展的第一动力,科技是战胜困难的有力武器,要加强引领性、原创性科技攻关。对于企业而言,要想在激烈的市场竞争中赢得主动地位,就需要加大科技研发的投入,创新体制机制,拥有自己的核心竞争力。

为助力特区建工集团2021年固本强基“十大行动计划”方案之“发展能力提升行动”和“效益提升行动”的顺利实施,本文从财务视角进行了研发费用归集对企业健康发展的相关思考,期望加大研发投入,提升原创科技攻关,能够进一步增强企业核心竞争力,提升可持续发展能力。

企业经营者大力支持核心竞争力建设的同时,会关注两个问题:一是研发投入会不会导致企业利润大幅下滑,影响年度利润目标实现?二是研发支出是否会增加企业现金流负担?现从财务管理的视角予以剖析:

一、加大研发投入不会导致企业利润大幅下滑,仅微小影响成本费用利润率

1、研发活动的概念:《财政部国家税务总局科学技术部关于完善研究开发费用税前扣除政策的通知》(财税〔2015〕119号)规定:研发活动是指企业为获得科学与技术新知识,创造性运用科学技术新知识,或实质性改进技术、产品(服务)、工艺而持续进行的具有明确目标的系统性活动。

2、研发费用成功归集的前提条件:为了实现研发经费的有效归集,业务前端基础管理水平必须提高,所有资料必须从源头开始规划和完善,这也是实现研发费用成功归集的前提条件。在省科技厅和区科创局、税务局的帮助下,确定了研发费用加计扣除的闭环管理路径:科研立项(必须包含预算)、课题启动会、过程管控、预算执行偏离度审核、阶段性成果、科研成果(发表论文)、结题。业务端与财务端紧密配合,才能真正实现闭环管理,成功归集研发费用。

3、研发费用的构成:研发费用的具体内容是指研究开发成本支出,可以是独立的科研项目,也可以是有科研性质的施工项目成本的一部分,研究和开发活动的成本包括以下几项:薪金、工资以及其他人事费用;材料成本和已消耗的劳务;设备与设施的折旧;制造费用的合理分配;其他成本,比如:专家费、课题费、会务费和差旅费。

4、研发费用的会计核算:企业应按照国家财务会计制度要求,对研发支出进行会计处理;同时,对享受加计扣除的研发费用按研发项目设置辅助账,准确归集核算当年可加计扣除的各项研发费用实际发生额。企业在一个纳税年度内进行多项研发活动的,应按照不同研发项目分别归集可加计扣除的研发费用。

5、对于研发费用归集对公司成本费用利润率的影响:1、独立的科研项目,成本直接计入研发费用科目;2、带科研性质的项目,其成本根据科研需要分配到研发费用和主营业务成本,会增加研发间接费用:专家费、课题费、会务费和差旅费;由于项目成本放在了研发费用和主营业务成本两个不同的板块,会导致项目毛利虚增,研发费用的占比与项目的实际科研需要有关,对项目总成本的整体影响不会太大,公司总的成本费用利润率可能会略微有点儿下降。

二、研发支出不会增加企业现金流负担

1、加计扣除是针对所有企业的研发投入,在计算企业缴纳所得税的一种税基式优惠方式,一般是指按照税法规定在实际发生支出数额的基础上,再加成一定比例,作为计算应纳税所得额时的扣除数额。根据《财政部税务总局科技部关于提高研究开发费用税前加计扣除比例的通知》(财税〔2018〕99号)和《财政部、税务总局关于延长部分税收优惠政策执行期限的公告》(财政部、税务总局公告2021年第6号)的有关规定:在2018年1月1日至2023年12月31日期间,企业开展研发活动中实际发生的研发费用,未形成无形资产计入当期损益的,在按规定据实扣除的基础上,再按照实际发生额的75%在税前加计扣除;形成无形资产的,在上

述期间按照无形资产成本的175%在税前摊销。

2、国高企业享受企业所得税税率和加计扣除双重优惠,得到国高认证的企业享受企业所得税15%的优惠税率、享受研发费用加计扣除税基优惠,为实现新技术、新工艺、新产品所发生的成本都可以加计扣除。

3、有研发投入的企业可以享受到的现金流入和税负减少:

(1)科技引领企业转型,科研投入导致利润减少,但可获得政府科技奖励予以弥补,近几年来,政府对科技的奖励和补贴呈现上升趋势;

(2)不论是国高税率优惠还是研发费用税基优惠,企业均减少企业所得税支付,减少现金流出。

综上所述,国家支持企业自主研发,既设置科创奖励帮助企业进一步开展科研活动,又在企业所得税汇算清缴环节给予税基和税率两种优惠方式,减少企业所得税现金流支出,企业再将减少支付企业所得税金额反哺科研,有助于培育企业核心竞争力,是企业行稳致远的基石。

上海试行小业主预看房制度凸显惠民服务创新

在收房前还可以预看房？新房满不满意？质量有没有瑕疵？小业主可以当场提问题，建设单位、施工单位会一一整改到位。质量缺陷保险、分户验收、建设单位首要质量责任……上海在新建住宅交付前，再出惠民“实招”——小业主预看房制度。预看房制度，让很多小业主真心满意：从来没有觉得，做一个消费者可以这样扬眉吐气。

2020年年底，上海市安质监总站在对信访数据统计分析时发现，奉贤区安质监站住宅质量投诉受理量与2019年同比下降了147%，同比满意度也大幅提升。随即了解到，2019年夏天，奉贤区几处新建住宅项目竣工验收交付后，业主通过“12345”市民热线和到管理部门上访等形式，少则十几起、多则数百起。信访诉求主要集中在精装修房质量、渗漏以及梅雨季节导致的墙面潮湿结露发霉等问题，一时间，监督管理部门的公信力受到极大质疑。为了化解矛盾，妥善解决群众的合理诉求，奉贤区建管委指派专人驻点负责协调，该区安质监站积极督促落实整改，预看房制度雏形由此产生。

以往交付新建商品房，业主在收房书上签字，在完成缴纳物业费、维修基金等流程后拿到房钥匙，收房日即看房日，收到的房屋质量已成既定事实，一旦房屋存在质量瑕疵，业主容易产生不满情绪。实行预看房制度，就是打破这一传统做法，在住宅项目竣工验收前组织业主提前看房，业主在房屋建造过程中由原来的“旁观者”变为“参与者”，共同督促住宅质量问题及时发现和整改。待真正交房时，业主拿到的是已经提前看过或对问题整改好了的房屋，群众满意度大大提升。

预看房制度是否可行？数据会说话。2019年，奉贤区商品房竣工验收且交付项目17个，交付户数5624户，投诉次数1939次，平均每3户里就有1户投诉。2020年试行预看房制度后，奉贤区竣工验收且交付项目13个，交付户数4306户，投诉726次，平均每6户里有1户投诉。全年受理住宅质量投诉785件，同比下降147%，且当年度新交付的住宅项目均未发生群访群诉事件。

在2020年起施行的《奉贤区住宅工程质量验收管理细则》中明确，“建设单位应在项目分户验收工作完成后、竣工验收备案前，组织业主现场查验，并对业主提出的房屋质量问题认真核实、举一反三、落实整改，整改未完成的不得申请综合竣工验收。”

奉贤区预看房制度的实践，为上海市提供了“可复制”的样板。今年5月26日，市安质监总站发布《关于在本市试行新建住宅工程业主“预看房”制度的通知》，要求今年6月以后交付的新建住宅，试行业主预看房制度，“倒逼”建设单位和施工单位消除质量问题，提升人民群众满意度和获得感。

市安质监总站在《通知》中指出，业主预看房是由建设单位在竣工验收前，组织所有已购房业主提前查看房屋质量，并提出问题；建设单位在房屋正式交付前对业主所提问题，组织参建单位进行整改。此举将人民群众最关心的急难愁问题处置前端化，提前化解不稳定因素，同时促进建设主体在施工过程中换位思考，及时汲取经验教训，改进工作方式方法，进一步改善住宅质量和交付品质。

为了更深入地做好预看房工作，市安质监总站跨前一步，以党建联建的形式，与项目属地、奉贤区安全质量监督站党支部、项目临时党支部等单位召开座谈会，听取意见，以新建住宅预看房为切入点，破解难题，推进建设工程领域行业党建工作高质量发展。

来源：建筑新网

新《安全生产法》将于2021年9月1日正式施行

2021年6月10日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过了关于修改《中华人民共和国安全生产法的决定》，将于2021年9月1日正式施行。

这是制定于2002年的《安全生产法》，继2009年和2014年两次修改之后的第三次修改。这部法律对预防和减少生产安全事故发挥了重要作用。我国生产安全事故死亡人数最高峰的时候是2002年，那年死亡大约14万人，现在已经降到了去年的2.71万人，下降了80.6%。重特大事故的起数高峰期是2001年，这年发生的事故起数是140起，下降到去年的16起，去年16起是历史最好水平，下降幅度88.6%。但是，现实警醒我们，过去长期积累的传统风险还没有完全消除，有的还在集中暴露，新的风险又不断涌现，虽然说全国生产安全事故总体上呈一个下降趋势，但是开始进入一个瓶颈期、平台期，而且稍有不慎，重特大事故还会出现反弹。同时新发展阶段、新发展理念、新发展格局又对安全生产工作提出更高的要求，因此，我们说现在的安全生产工作仍然处于爬坡期、过坎期。在这个阶段尤其现在正在开展全国安全生产三年行动、制定实施“十四五”安全生产规划的关键时期，对《安全生产法》进行修改正当其时、十分必要。这对我们安全生产工作提供了有力的法律武器，为我们爬坡过坎提供了强大的动力。

这次修改决定一共42条，大约占原来条款的1/3，主要包括以下几个方面的内容：

一是贯彻新思想、新理念。将习近平总书记关于安全生产工作一系列重要指示批示的精神转化为法律规定，增加了安全生产工作坚持人民至上、生命至上，树牢安全发展理念，从源头上防范化解重大安全风险等规定，为统筹发展和安全两件大事提供了坚强的法治保障。

二是落实中央决策部署。这次修改深入贯彻中央文件的精神，增加规定了重大事故隐患排查治理情况的报告、高危行业领域强制实施安全生产责任保险、安全生产公益诉讼等重要制度。

三是健全安全生产责任体系。第一，强化党委和政府的领导责任。这次修改明确了安全生产工作坚持党的领导，要求各级人民政府加强安全生产基础设施建设和安全生产监管能力建设，所需经费列入本级预算。第二，明

确了各有关部门的监管职责。规定安全生产工作实行“管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全”。同时，对新兴行业、领域的安全生产监管职责，如果不太明确，法律规定了由县级以上地方人民政府按照业务相近的原则确定监管部门。第三，压实生产经营单位的主体责任，明确了生产经营单位的主要负责人是本单位的安全生产第一责任人。同时，要求各类生产经营单位落实全员的安全生产责任制、安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，加强安全生产标准化建设，切实提高安全生产水平。

四是强化新问题、新风险的防范应对。深刻汲取近年来的事故教训，对生产安全事故中暴露的新问题作了针对性规定。比如，要求餐饮行业使用燃气的生产经营单位要安装可燃气体报警装置，并且保障其正常使用；要求矿山等高危行业施工单位加强安全管理，不得非法转让施工的资质，不得违法分包、转包；还比如要求承担安全评价的一些机构实施报告公开制度，不得租借资质、挂靠、出具虚假报告。同时，对于新业态、新模式产生的新风险，也强调了应当建立健全并落实安全责任制，加强从业人员的教育和培训，履行法定的安全生产义务。

五是加大对违法行为的惩处力度。第一，罚款金额更高。现在对特别重大事故的罚款，最高可以达到1亿元的罚款。第二，处罚方式更严，违法行为一经发现，即责令整改并处罚款，拒不整改的，责令停产停业整改整顿，并且可以按日连续计罚。第三，惩戒力度更大。采取联合惩戒方式，最严重的要进行行业或者职业禁入等联合惩戒措施。通过“利剑高悬”，有效打击震慑违法企业，保障守法企业的合法权益。

修改后《安全生产法》具有很强的指导性和可操作性。下一步，应急管理部将深入开展《安全生产法》的宣传贯彻工作，确保本法顺利实施。

来源：中国应急管理报

住建部发布《房屋建筑和市政基础设施工程淘汰危及生产安全施工工艺、设备和材料目录（第一批）（征求意见稿）》

名称	简要描述	淘汰类型	限制条件和范围
现场简易制作钢筋保护层垫块工艺	在施工现场采用拌制砂浆，通过切割成型等方法制作钢筋保护层垫块。	禁止	
卷扬机钢筋调直工艺	利用卷扬机拉直钢筋。	禁止	
钢筋闪光对焊工艺	人工操作闪光对焊机进行钢筋焊接。	限制	同时具备以下条件时不得使用：1. 在非固定的专业预制厂（场）或钢筋加工厂（场）内进行钢筋连接作业；2. 直径大于或等于22mm的钢筋连接。
基桩人工挖孔工艺	采用人工开挖方式，进行基桩成孔。	限制	存在下列条件之一的区域不得使用：1. 地下水丰富、孔内空气污染物超标准、软弱土层、流沙等不良地质条件的区域；2. 机械成孔设备可以到达的区域。
饰面砖水泥砂浆粘贴工艺	使用水泥砂浆粘贴外墙饰面砖存在脱落安全隐患。	限制	不得用于外墙饰面砖黏贴高度高于15m的工程。

名称	简要描述	淘汰类型	限制条件和范围
沥青类防水卷材热熔工艺	使用明火热熔法施工的沥青类防水卷材，易发生火灾事故。	限制	不得用于地下密闭空间、通风不畅空间、易燃材料附近的防水工程。
竹（木）脚手架	采用竹（木）材料搭设的脚手架。	禁止	
门式钢管满堂搭设支撑架	采用门式钢管架搭设的满堂承重支撑架。	禁止	
碘钨灯、卤素灯、荧光灯、白炽灯	施工工地用于照明的碘钨灯、卤素灯、荧光灯、白炽灯等非节能光源	限制	不得用于建设工地的生产、办公、生活等区域的照明。
龙门架、井架物料提升机	安装龙门架、井架物料提升机进行材料的垂直运输。	限制	不得用于21米及以上的建设工程。
有碱速凝剂	氧化钠当量含量大于1.0%且小于生产厂控制值的速凝剂。	禁止	
盖梁（系梁）无漏油保险装置的液压千斤顶卸落模板工艺	盖梁或系梁施工时底模采用无保险装置液压千斤顶做支撑，通过液压千斤顶卸压脱模。	禁止	
空心板、箱型梁气囊内模工艺	用橡胶充气气囊作为空心梁板或箱型梁的内模。	禁止	
检查井砖砌(含砌块)工艺	又称窖井，可分为砖砌矩形检查井和砖砌圆形检查井，易渗漏，造成水系和土壤污染。	禁止	
顶管工作竖井钢木支架支护施工工艺	顶管工作竖井支护采用外侧竖插木质大板围护加内侧水平环向钢制围撑组合支护结构型式。	限制	在下列任一条件下不得使用：1. 基坑深度超3m；2. 地下水位超基坑底板高度。
桥梁悬浇挂篮上部与底篮精轧螺纹钢吊杆连接工艺	采用精轧螺纹钢作为吊点吊杆，将挂篮上部与底篮连接。	限制	在下列任一条件下不得使用：1. 前吊点连接；2. 其他吊点连接：（1）上下钢结构直接连接（未穿过混凝土结构）；（2）与底篮连接未采用活动铰；（3）吊杆未设外保护套。
桥梁悬浇配重式挂篮设备	挂篮后锚处设置配重块平衡前方荷载，以防止挂篮倾覆。	禁止	
非数控孔道压浆设备	采用人工手动操作进行孔道压浆的设备。	限制	在二类以上市政工程项目预制场内进行后张法预应力构件施工时不得使用。
非数控预应力张拉设备	采用人工手动操作张拉油泵，从压力表读取张拉力，伸长量靠尺量测的张拉设备。	限制	在二类以上市政工程项目预制场内进行后张法预应力构件施工时不得使用。

名称	简要描述	淘汰类型	限制条件和范围
九格砖	利用混凝土和工业废料，或一些地方材料制成的人造水泥块材，外形尺寸比砖大，外观差、强度低、不透水、使用寿命短。	限制	不得用于市政道路工程。
光面混凝土路面砖	影响行人安全、不透水。	限制	不得用于新建和维修广场、停车场、人行步道、慢行车道。
平口混凝土排水管（含钢筋混凝土管）	易渗漏污水，造成水系和土壤污染。	限制	不得用于住宅小区、企事业单位和市政管网用的埋地排水工程。

来源：住房和城乡建设部工程质量安全监管司

白鹤滩水电站登顶“水电珠峰”

2021年6月28日，在建规模全球第一、单机容量世界第一、装机规模全球第二大水电站——金沙江白鹤滩水电站首批机组正式投产发电。是我国实施“西电东送”、构建清洁低碳安全高效能源体系的国家重大工程，是新时代推进西部大开发形成新格局、全面建成小康社会的标志性工程。



为了实现白鹤滩工程“水平一流、技术创新”的技术目标，中国电建所属华东院利用世界先进的三维模型动态展示，探索世界水电工程“难题库”，攻克了一系列世界级关键技术难题：引领复杂地形地质条件下不对称超高拱坝设计；破解强震区超高拱坝、超高边坡抗震难题；首次300米高坝全坝采用低热水泥混凝土和灰岩骨料；世界最大规模地下洞室群设计；精巧的体型优选成就世界最大规模尾水调压室；完善的防渗体系确保复杂水文地

质条件下坝基和洞室群的安全；创新研究和应用百万千瓦级水轮发电机组。

为了提升拱坝对地形不对称性的适应能力，电建设计单位采用了椭圆线型双曲拱坝，可调整的参数更多，能够适应更为复杂的工况，通过左岸坝顶浇筑混凝土垫座、在河床部位利用完整性较好的角砾熔岩作为拱坝建基面、在柱状节理玄武岩出露部位浇筑混凝土扩大基础等一系列措施，改善了地形地质条件带来的不利影响。

为了应对泄洪流量大、水头高，河谷狭窄、岸坡陡峭的现实，设计团队确定了“分散泄洪、分区消能、加强防护”的布置原则，采用坝身孔口和岸边泄洪洞联合泄洪的方式，通过对坝身最大泄量的深入研究，确定坝身与岸边泄洪洞之间的泄量分配比例。



白鹤滩水电站工程规模巨大，地质条件复杂，地处金沙江干热河谷地带，综合技术难度位居世界第一，主要技术指标6项世界第一：水轮发电机单机容量为100万千瓦世界第一；地下洞室群规模世界第一；圆筒式尾水调压室规模世界第一；300米级高拱坝抗震参数世界第一；无压泄洪洞群规模世界第一。首次全坝使用低热水泥混凝土。

大坝是水电站枢纽工程的核心建筑物，承担着挡水与泄洪的重要任务。白鹤滩大坝为混凝土双曲拱坝，最大坝高289米，共计31个坝段，浇筑混凝土约803万立方米，“体积”超过3个胡夫金字塔，创下了拱坝设计多项世界纪录：300米级高拱坝抗震参数，居世界第一；在300米级高拱坝全坝使用低热水泥混凝土；大坝承受总水推力达1650万吨，居世界第二；枢纽最大泄洪功率达90000兆瓦，居世界第三。

业内都说“无坝不裂”，但在白鹤滩水电站，大坝上没有一条裂缝，“这是坝工建设的奇迹！”经验丰富的电建工程师不仅尝试了一种新型混凝土，还发明了一套智能温控系统，用来解决“无坝不裂”的世界难题。即使在外界35度以上的夏季，也可以将混凝土最高温度控制在27度以内。

在白鹤滩大坝体内，埋设了5774支温度计、75347米的测温光纤、数千支监测仪器，用于感知气温、风速、温度、应力、应变等信息，可以实现混凝土生产、运输、浇筑、运行的全生命周期监控，对施工进度、质量进行可视化分析。

混凝土拌和过程中，一先给骨料吹冷风，二要加入低温水和一定比例的冰屑；而混凝土从拌和楼出来后，就会灌入专门加装了保温材料的自卸式货车，再通过缆机在几分钟内迅速送到大坝施工现场。施工现场共布置了7

台平移式缆机，为世界最大缆机群，负责承担大坝混凝土、材料的“空中运输”工作。每台缆机额定吊重30吨，用9立方米的吊罐进行混凝土垂直运输。

中国电建所属成都院成立白鹤滩智能建造项目部，深入研究大坝混凝土智能仿真及混凝土坝智能监控内容。大坝的浇筑是复杂的大工程，协调不好会出现各种问题。仿真系统实现了大坝多要素、多维耦合仿真分析，模拟出混凝土的浇筑场景。

当所有的施工工序都有明确标准，并在施工过程中得以落实，大坝混凝土的浇筑质量就得以保证。大坝主体工程混凝土于2017年4月启动浇筑，历时1510个日夜，浇筑2251仓，年最大浇筑强度突破270万立方米、月最大浇筑强度超过27.3万立方米，均为同类坝型第一，年最大上升高度超过102米，多项指标创同类工程施工纪录。

白鹤滩水电站建设节奏非常快，高峰时期，这里的建设者人数达2万人，缆机班实行三班倒，浇筑队一直都是两班不间断。施工过程中，中国电建各参建单位通过推行混凝土浇筑“一条龙”管理办法，将混凝土生产、运输、浇筑等各环节时间精确至秒，极大地提升了生产效率。

白鹤滩水电站没有一条裂缝，这是坝工建设的奇迹！

来源：电建微信

防疫及安全文明施工管理“数字简语”

一、疫情防控工作的“四个一”机制

一把手负总责：各级各单位主要领导要靠前指挥，组织统筹推进本辖区、本单位疫情防控工作，领导班子成员要工包片、下沉一级，做到守土有责、守土尽责。

组建一套专班：各级各单位要立即成立疫情防控工作机构，健全工作机制，实行“一日一调度、一日一报告、一事一处理”，确保防控工作有序、有力推进。

制定一个方案：明确目标任务和职责分工，确保责任和措施到岗到人。要树立底线思维，制定完善预案，做到有备无患。

统一一个口径：建立健全情况报送机制，及时准确掌握情况，不得瞒报、漏报、迟报。

二、安全生产“一线三排”工作要求

一线：坚守发展决不能以牺牲人的生命为代价这条不可逾越的红线。

三排：全面排查、科学排序、有效排除各类风险隐患。

三、安全生产“四个到位”

- （1）要加强安全教育，确保教育到位。
- （2）要优化安全管理体系，确保责任落实到位。
- （3）要加强现场管理，确保监督检查到位。
- （4）加强安全培训，安全素质到位。

四、安全生产管理“五到位”

- （1）安全责任到位。
- （2）安全投入到位。
- （3）安全培训到位。

（4）安全管理到位。

（5）应急救援到位。

五、危大工程“六不施工”

- （1）未落实前期保障措施不施工。
- （2）未编制专项施工方案、未按规定审批或论证方案、未按方案落实有关措施不施工。
- （3）未进行安全技术交底不施工。
- （4）未进行现场监督不施工。
- （5）未进行第三方监测不施工。
- （6）未经验收合格不施工。

六、动火作业“三个一律”

- （1）一律不准交叉作业。
- （2）一律清除现场可燃物质。
- （3）一律检测可燃气体含量、保持良好通风，严防交叉作业动火引发爆炸、火灾事故。

七、有限空间作业“七不准”

- （1）未经风险辨识不准作业。
- （2）未经审批不准作业。
- （3）未经培训演练不准作业。
- （4）未经通风和检测合格不准作业。
- （5）未有监护不准作业。
- （6）未佩戴劳动防护用品不准作业。
- （7）电气设备不符合规定不准作业。

八、高空作业“五个必须”

- （1）必须培训持证上岗。
- （2）必须实行作业审批。
- （3）必须做好个人防护。
- （4）必须落实工程措施。
- （5）必须安排专人监护。

九、交通安全“三个有人指挥”

- （1）施工起点要有人指挥。
- （2）工地车辆出入口进出车辆要有人指挥。
- （3）施工范围内车辆和非道路移动机械设备作业时要有人指挥。

十、消防安全“一畅两会四能”

一畅：畅通安全疏散通道和安全出口；

两会：会报警和扑救初期火灾，会自救逃生；

四能：检查和整改火灾隐患的能力、扑救初期火灾的能力、组织引导人员疏散逃生的能力、消防安全知识宣传教育培训的能力。

十一、三防工作“八到位”

- （1）组织架构到位。
- （2）人员履职到位。

- (3) 信息通报到位。
- (4) 值班值守到位。
- (5) 培训演练到位。
- (6) 前期排查到位。
- (7) 应急储备到位。
- (8) 避险预案到位。

十二、起重吊装“十不吊”

- (1) 信号指挥不明不吊。
- (2) 斜牵斜挂不吊。
- (3) 吊物重量不明或超负荷不吊。
- (4) 散物捆扎不牢或物料装放过满不吊。
- (5) 吊物上有人不吊。
- (6) 埋在地下物不吊。
- (7) 安全装置失灵或带病不吊。
- (8) 现场光线阴暗看不清吊物起落点不吊。
- (9) 棱角物与钢丝绳直接接触无保护措施不吊。
- (10) 六级以上强风不吊。

十三、电气作业“十不准”

- (1) 非持证电工不准装接电气设备。
- (2) 任何人不准玩弄电气设备和开关。
- (3) 不准使用绝缘损坏的电气设备。
- (4) 不准利用电热设备和灯泡取暖。
- (5) 任何人不准启动挂有警告牌的电气设备，或合上拔去的熔断器。
- (6) 不准用水冲洗、擦拭电气设备。
- (7) 保险丝熔断时，不准用容量大的熔丝或其他金属丝代替。
- (8) 不办任何手续，不准在埋有电缆的地方进行打桩和动土。
- (9) 有人触电，应立即切断电源进行抢救，未脱离电源前不准直接拉扯触电者。
- (10) 雷雨天气，不准接近避雷器和避雷针。

十四、扬尘污染控制做到“7个100%”

- (1) 施工围挡及外架100%全封闭。
- (2) 出入口及车行道100%硬底化。
- (3) 出入口100%安装冲洗设施。
- (4) 易起尘作业面100%湿法施工。
- (5) 裸露土及易起尘物料100%覆盖。
- (6) 出入口100%安装TSP 在线监测设备。
- (7) 所有建设工程工地100%落实六个100%措施。