城市居住区地下车库柱网形式选型与建造成本优化研究

郭正刚

（甘肃中利瑞达工程监理有限公司，甘肃 兰州 730050）

摘 要 地下车库建设的合理性和经济性直接影响其使用便利性与项目整体经济效益。本文选取甘肃地区的多个住宅地下车库项目作为样本，对大、中、小三种典型的柱网进行功能和成本的量化比较研究。根据校验的车型适配性、停车效率、空间品质等各方面的功能指标，对梁板、墙柱、基础等进行精细化工程量计算，分析各种基础形式下全链条结构建造成本的不同。从研究结果可以看出，在独立基础条件下，小柱网主体结构单方造价最低，桩长大于15 m的桩基础场景中柱网综合成本最优；单一柱网不能兼顾效益和体验，应根据城市能级、项目定位采用混合柱网策略。

关键词 地下车库；柱网选型；建造成本；停车效率；精细化设计

中图分类号：TU926 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.29.026

0 引言

随着我国城市居住区开发强度不断增大，地下车库已经成为住宅项目的标配配套工程，其建筑安装工程成本一般占项目总成本的20%～30%，是房地产项目成本控制的重点环节。当前工程实践中，地下车库的设计大多依靠经验判断，柱网选型缺少系统使用功能和成本的协同论证。行业调查表明，大部分地库存在着不同程度的无效成本浪费。新能源汽车快速普及，中大型家用车占比越来越高，也对车库柱网的适配性提出更高的要求。本文选取甘肃地区多个居住区地下车库作为研究对象，建立功能和成本双维度的评价体系，对三种典型的柱网技术经济指标进行量化对比，提出不同的选型策略和成本优化途径，为类似项目的地下车库设计决策提供参考。

1 案例工程概况

本次研究选取天水天悦居住区地下车库为测算样本，结合兰州未来时光、县域康乐天悦等已经落地的项目进行实体验证，保证研究结论具有工程适用性。核心算例项目地下车库标准段建筑面积约1 545 m^2，标准车位72个，局部有人防区，顶板覆土厚度均为1.8 m，消防车荷载按一跨计算。项目场地地质条件分为两类典型工况，一类是天然地基承载力满足要求，用独立基础形式；另一类是浅层软弱土层分布区，用长螺旋压灌桩基础。

为了系统比较柱网形式的技术经济性，设置了大柱网方案、中柱网方案和小柱网方案三个平行的设计方案，大柱网方案采用8 000 mm～8 100 mm典型三车位柱距，中柱网方案采用7 800 mm～7 900 mm三车位柱距，小柱网方案采用5 500 mm两车位柱距。所有方案都按照现行国家规范和地方设计标准执行，统一车位尺寸计算基准，从功能适配、结构受力、全链条建造成本三个方面进行对比分析，研究范围包含主体结构、基础工程，土方开挖、基坑支护、施工工期等关联成本。

2 城市居住区地下车库柱网形式与功能适配性分析

2.1 主流柱网形式分类与参数特征

居住区地下车库柱网一般按单跨停车数量分为大、中、小三类，柱距尺寸直接决定结构构件截面、层高和空间使用感受，是决定功能和成本的主要因素[1]。大柱网为常规三车位跨布置，柱距一般为8 000 mm～8 400 mm，本次研究采用8 100 mm标准柱距，框架柱中跨截面为600 mm×600 mm，边跨为500 mm×500 mm，楼盖体系采用主梁+加腋大板形式，人防与非人防区域层高一致为4.5 m（按照机械车库考虑）。中柱网采用三车位跨，通过压缩车位宽度来实现柱距的优化，典型柱距7 800 mm～7 900 mm，本次采用7 900 mm柱距，柱截面为500 mm×600 mm，楼盖大跨区域加腋、小跨区域不加腋，人防区层高4.5 m（按照机械车库考

作者简介：郭正刚（1985-），男，本科，工程师，研究方向：建筑工程。

虑），非人防区层高 4.4 m（按照机械车库考虑）。小柱网为两车位跨布置，典型柱距 5 500 mm，柱截面统一为 400 mm×500 mm，采用主梁 + 大板体系，全跨板不加腋，人防区层高 4.4 m（按照机械车库考虑），非人防区 4.3 m（按照机械车库考虑）。三类柱网的参数差别实质上就是空间跨度同构件尺寸的平衡，柱距越小，结构构件截面越小，层高越低，但是柱子数量也会随之增多，对停车功能和空间体验造成不利影响。

2.2 车型适配与停车功能校验

柱网选型的核心前提就是满足车辆停放和正常开关门的功能要求。随着家用车尺寸不断增大，特别是中大型新能源 SUV 的普及，车位横向净距、柱边开门空间成了功能校验的重要指标。根据统计数据显示，目前主流紧凑型轿车车宽在 1 750 mm ～ 1 825 mm 之间，中型轿车车宽在 1 830 mm ～ 1 900 mm 之间，理想 L7、问界 M7 等中大型 SUV 车宽接近 2 000 mm，对柱网适配性有更高的要求 [2]。通过确定柱和车门的干涉控制标准，车头到前车门铰链水平距离不大于 1.5 m，柱内侧边缘距前车门铰链水平距离不大于 0.45 m 时，不会影响正常开关门。实际校验结果表明，8 100 mm 大柱网配合 2 500 mm 宽车位，可以同时容纳一台大型车、一台中型车和一台紧凑型车，车位停放后横向净距达到 600 mm 左右，开关门不受影响，符合高端项目大尺寸车型的需求；7 900 mm 中柱网配合 2 400 mm 宽车位，可以满足一台大型车加两台紧凑型车的停放需求，适配地级市和县域主流车型结构；小柱网由于柱体密集，会造成车辆转弯半径变小，对驾驶员的操作技术要求较高，视觉压抑、工程进度慢，不利于抢工。根据实际项目的划线验证结果可知，省会城市大柱网项目车位空置率约为 20%，县域中柱网项目车位空置率可以达到 40% 左右，说明柱网选型要和项目所在区域的车型消费结构相匹配。

2.3 停车效率与空间品质对比

停车效率是评价柱网是否合理的功能指标，一般用单车位建筑面积来表示。理论测算结果表明，大柱网和中柱网单车位建筑面积都是 21.46 m^2/ 辆（按照机械车库考虑），两者停车效率相当；小柱网理论单车位建筑面积为 22.41 m^2/ 辆（按照机械车库考虑），表面上比大柱网低很多，但是存在较大的隐性面积损失 [3]。小柱网由于柱子数量增多，平层车库车道转弯半径受到限制，必须局部放大车道宽度，单车位实际建筑面积增加约 1.9 m^2；机械车库场景下需要留出设备和柱体之间的碰撞避让空间，单车位建筑面积增加约 0.95 m^2。因此，从实际总停车效率来说，小柱网并没有优势，反而要更大的总建筑面积才能达到同样的停车数量。空间品质上三类柱网差别较大。大柱网空间开阔通透，行车视野无遮挡，转弯、倒车操作体验好，寻车辨识度高，可满足高端住宅的品质要求；中柱网空间感受比较适合，柱子密度适中，能满足一般住宅的基本使用体验；小柱网柱子密集，视野被破坏，导致视觉压抑、行车局促、倒车紧张、寻车混乱等体验差的问题，仅适用于地库边角区使用。

2.4 层高与竖向空间影响分析

层高属于地下车库成本的重要传导变量，每降低 100 mm 层高，可以同时缩减土方开挖量、基坑支护高度、地下室外墙工程量和抗浮降水费用，成本节约效果明显。柱网跨度直接决定梁高和结构总高度，是决定层高的主要因素。大柱网中跨主梁截面为 500 mm×900 mm，结构总高度约为 850 mm；中柱网车道跨梁高 800 mm，结构总高度约为 800 mm；小柱网车位跨梁高 700 mm，结构总高度约为 700 mm。三者结构高度最大相差 200 mm，对应层高可降低 200 mm，对于数万平方米的大规模地库来说，竖向成本节约体量非常大。小柱网由于板跨较小，楼板不需要设置加腋，从而压缩了结构所占的竖向空间，给设备管线排布留出了更多的净空，也能在满足管线净空要求的基础上降低层高。另外，层高降低会使得通风、给排水、电气等专业的管线长度变短，从而导致设备专业造价降低，产生全专业成本联动优化效应。

3 城市居住区地下车库柱网建造成本测算与优化路径

3.1 主体结构工程量对比

地下车库主体结构成本主要是指梁板、墙柱钢筋和混凝土用量所占的比例，是建造成本的主要部分。梁板体系上，大柱网跨度大，所有板跨都必须设置加腋，板顶附加钢筋规格为直径 25@200，中跨主梁截面达到 500 mm×900 mm，钢筋和混凝土材料用量最大；中柱网只在大跨区域的板上加腋，附加钢筋规格为直径 22@200，车道跨梁截面 500 mm×800 mm，材料用量居中；小柱网所有的板跨都不加腋，附加钢筋规格为直径 16@200，主梁最大截面只有 400 mm×800 mm，梁板材料用量最少。大柱网单柱截面最大，中柱网次之，小柱网单柱截面最小；虽然小柱网的柱子数量比大柱网和中柱网多，但是单柱混凝土和钢筋用量的减少幅度大于数量增加的幅度，因此墙柱部分总用量小于大柱网和中柱网。独立基础工况下计算出的大柱网主体结构单方造价为 1 031.63 元 /m^2、中柱网为 993.60 元 /m^2、小柱网为 909.19 元 /m^2。未来柱网选型将不再依靠传统的经验判断，而是用 BIM、数字孪生技术来创建多参数仿真比选模型，把柱距、柱截面、基础形式、车型尺寸、

充电桩布置、工期成本等要素纳入量化计算当中[4]。在方案前期就自动产生出符合功能、造价、施工要求的最优柱网组合方案，从而完成由“经验决策”向“数据决策”的转变。

3.2 基础工程成本差异分析

基础工程在地下车库总造价中所占比例很高，柱网形式通过柱底荷载大小和柱子数量两个方面，对基础工程成本产生双重影响，并且不同的基础形式下成本的规律也存在着明显的差别。在独立基础工况下，柱网跨度越小，单柱竖向荷载越小，独立基础截面尺寸和配筋就越小。测算显示，大柱网大跨独立基础截面为3 200 mm×3 200 mm×700 mm，中柱网为2 800 mm×2 800 mm×600 mm，小柱网仅为2 300 mm×2 300 mm×500 mm。虽然小柱网柱子数量多，但是单基础造价的降幅大于数量的增幅，因此独立基础场景下小柱网的基础工程成本最优。桩基础工况下成本的规律会发生很大的变化。桩长大于15 m时，桩基成本随着桩数的增多而迅速上升。大柱网用桩径800 mm、桩长17 m的桩基，单桩造价高但是桩数少；中柱网用桩径600 mm、桩长17 m的桩基，桩数适中；小柱网桩径仍为600 mm、桩长15 m，但是桩数比中柱网多30%～40%。从测算结果可知，桩基础工况下大柱网单方总造价为1 183.20元/m^2，中柱网为1 148.24元/m^2，小柱网为1 130.10元/m^2，三者造价差距明显减小，中柱网的综合性价比开始显现出来。

3.3 全链条关联成本测算

地下车库全生命周期成本除了主体结构和基础工程外，还包含土方开挖、基坑支护、防水工程、模板工程、施工工期等关联成本，这些关联成本容易被忽略，但是会对总造价产生较大的影响。在土方及支护成本上，小柱网可使层高降低约200 mm，从而造成土方开挖量、基坑支护高度、抗浮降水费用等均有所下降，这是小柱网成本优势的一个重要部分。但防水和模板工程上小柱网存在明显的不足，因为梁柱节点数量成倍增加，柱子根部防水节点处理量增大，不仅加大了防水材料及人工成本，还加大了后期渗漏风险，模板支设、加固和拆除的人工工时也大大增加，模板和方木的材料用量也比大、中柱网高[5]。

在施工工期上，小柱网由于构件节点多、施工工序繁杂，单层施工周期比大柱网长10%～15%，造成项目资金占用时间变长，财务成本和现场管理成本随之提高。综合全链条成本测算可知，在独立基础的场景下，小柱网的整体成本比大柱网低约10%，具有明显的经济性优势；在桩基础以及桩长较大的情况下，小柱网的施工及工期成本增量已经抵消了大部分的结构成本优势，综合成本与中柱网基本持平[6]。

3.4 成本优化策略与选型建议

从功能适应性和全链条成本相融合的角度出发，在不同的城市等级以及项目的定位上给出分级分类的柱网选择和成本改善方案。第一，按照城市能级、项目定位的不同来选择不同的方案。省会城市普通住宅项目使用8 000 mm大柱网，顶豪改善项目使用8 100 mm大柱网，保证停车空间品质，支持车位溢价；地级市及双层机械车库可落地项目使用7 900 mm中柱网，县域机械车库难以落地项目使用7 800 mm中柱网，兼顾成本控制和基本使用功能；8 400 mm超大柱网因为成本太高、存在车位滞销的风险，不建议使用。第二，实行混合柱网的设计方式。单一柱网不能满足所有区域的功能和成本要求，应根据车库平面布置灵活组合大户型楼栋对应区域采用大柱网设置大尺寸车位，停车效率最高的核心区域采用中柱网作为车库主体，边角异形、退线受限的区域局部采用小柱网补充，避免单一柱网造成面积浪费。

4 结束语

本文以城市居住区地下车库三种典型柱网为研究对象，对它们的功能适配性和全链条成本进行量化分析，得出不同基础条件、不同项目定位下最优柱网选择的逻辑，证明了混合柱网模式在使用体验和成本效益方面具有应用价值。研究结果表明，柱网优化并不是单纯为了使结构造价最低，而是在满足车型适配、停车体验等功能底线的基础上，根据地质条件、城市等级、项目定位等进行系统的比选，才能实现功能与成本的最优平衡。未来的研究可以将不同的地域地质特点、新能源充电桩和智慧车库的布置等加入柱网选型综合评价体系中来，从而给城市居住区地下车库的高质量、低成本建设提供更加全面的技术支持。

参考文献：

[1] 汤承.关于地下车库规划布局合理性和建设经济性的探讨[J].房地产世界,2026(01):104-106.
[2] 丁明,张中梁.地下车库工程中不同结构布置形式的经济指标分析[J].房地产世界,2024(17):16-19.
[3] 谢强.地下车库结构方案经济性对比分析[J].甘肃科技,2023,39(02):35-38.
[4] 李兵,张洋.居住区地下车库经济性设计策略研究[J].城市建筑空间,2022,29(09):77-80.
[5] 许鹏红.地下室顶板结构形式经济指标对比分析[J].中国建筑金属结构,2022(09):70-72.
[6] 崔东阳,孙璠.地下车库小柱网布置方式在某项目中的应用研究[J].房地产世界,2022(12):158-160.