

# 地下车库人防工程设计中的问题及对策

文 / 褚乐 山东省人民防空建筑设计院有限责任公司

**摘要：**随着城市化进程的加速，地下空间的综合利用日益受到重视，尤其是在居住区内结合人防功能的地下车库设计方面。地下车库不仅为居民提供了便捷的停车解决方案，还能够在紧急情况下迅速转换成防护掩体，保障人民生命财产安全。然而，在实际设计与施工过程中，地下车库人防工程面临着诸多挑战，如空间利用效率低、成本控制难、通风系统不足以及结构荷载复杂等问题。本文旨在深入探讨这些常见问题，并提出针对性的优化措施，包括人防门、口部及停车数量的设计优化；对顶板区域的结构设计优化；以及对集水坑设置、平战结合管线和平战管线综合的安装设计优化。通过这些方案的应用，不仅可以提升地下车库人防工程的安全性和实用性，还能有效降低成本，促进资源的合理利用，为未来类似项目的建设提供宝贵的实践经验。

**关键词：**地下车库；人防工程；空间利用；成本控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.086

## 引言

随着城市化进程的不断推进和土地资源的日益稀缺，地下空间的开发与利用成了现代城市建设的重要组成部分。特别是在居住区规划中，结合人防功能的地下车库设计不仅能够有效缓解地面交通压力、提供便捷的停车服务，还在紧急情况下扮演着保护居民生命财产安全的关键角色。然而，尽管其重要性不言而喻，但在实际的设计与施工过程中，地下车库人防工程仍面临着一系列亟待解决的问题。本文聚焦于这些问题，深入分析地下车库人防工程设计中存在的常见挑战，并提出了一系列优化措施。

### 一、地下车库人防工程设计中的常见问题

#### （一）人防工程建筑设计的问题

首先，空间利用效率低是一个突出的问题。为了满足人防要求，通常需要设置防毒通道、密闭通道、滤毒室、扩散室、人防电站、人防设备机房等特殊房间，这些人防房间的布局如果不合理，就会占用大量宝贵的空间，影响到停车区域的有效面积。此外，疏散通道的设计也至关重要，但在实际项目中，往往存在疏散路线复杂、标识不清晰等问题，这不仅增加了人员疏散的时间成本，还可能带来安全隐患。例如，在紧急情况下，如果居民无法迅速找到安全出口，将极大威胁生命财产安全。另一个常见的问题是人防大门与人防墙体在设计过程中如果布置不合理。人防门和人防墙体是人防工程必不可少的组成元素，但两者的设置不合理就会占用大量的车位空间，并且增加人防墙体数量，带来平时可用车位的浪费以及造价的提高。因此，如何在保证防护效果的前提下，尽量减少人防门及人防墙体的使用，是设计师们需要思考的重要课题。最后，人防工程要求有安全高效的疏散口部，特别是在恶劣的战争环境下，人民心理处于严重恐惧不安状态，无法寻找到比较隐蔽的人防疏散口部。但是，人防独立出入口的设置又会影响到居住区地面环境与品质。优化人防独立口部的设置，解决人防出地面工程的隐蔽问题，也就成了提升人防工程品质的关键所在。

#### （二）人防工程结构设计的问题

首先是荷载计算的问题。由于人防工程需要抵御外部冲击波、爆炸压力等多种不利因素的影响，其结构必须能够承受比普通建筑物更高的荷载。这就要求工程师在进行荷载分析时，不仅要考虑静态荷载（如自重），还要精确评估动态荷载（如爆炸冲击）的作用。任何估算上的偏差都可能导致结构强度不足或过度保守，进而影响整个工程的安全性和经济性。其次结构构件的选择也是一个棘手的问题。为了达到规定的防护等级，人防工程往往需要使用特殊的混凝土配比和钢筋配置，这些材料的成本较高且加工难度大。同时，某些关键部位如出入口、通风口等处的构造处理也需要特别注意，以确保它们既能够提供必要的防护功能，又不会成为结构上的薄弱环节。

#### （三）人防工程安装设计的问题

首先，战时使用的通风设施不仅要能够满足常规的空气流通需求，还需要具备过滤毒气和维持内部空气质量的的功能。然而，在实际操作中，通风系统的设计往往未能充分考虑到平战转换的需求。例如，排烟机房与送风机房在平时和战时需要灵活切换功能，但许多项目在这方面的准备不足，导致设施难以快速调整到战时状态。其次，根据规范要求，每个防护单元需设置独立的生活污水集水坑。为了实现这一目标，通常会在战时排风机房附近，单独设置一集水坑供战时使用。这样不仅增加了地下车库内集水坑的数量，设在车位下的集水坑还会带来停车的安全隐患。再者，由于人防工程可能面临的极端环境条件，如核辐射或热辐射的影响，所有电气设备都必须符合高标准的防护等级。混凝土厚度、钢筋规格及型号等方面都需要严格遵循相关规范，以确保能有效抵御潜在威胁。

### 二、地下车库人防工程设计的优化措施

#### （一）人防工程建筑设计优化

##### 1. 对人防工程人防门进行优化一节约型

为了实现成本节约与防护效果之间的平衡，对人防门的设计进行了优化。传统的人防门通常采用厚重且昂贵的材料以确保足够的防护强度，但这种做法往往导致

较高的建造成本和维护费用。通过引入新型轻质高强度合金材料或复合材料，并结合先进的制造工艺，可以在不牺牲防护性能的前提下减轻门体重量。此外，优化门框结构设计，减少不必要的钢材使用，同时保证门体的密封性和耐久性。这样的改进不仅降低了原材料消耗，也使得安装更加便捷，减少了施工时间和人力成本。人防工程建筑各部分成本如下表 1 所示。

表 1 人防工程各部分成本占比明细表

序号	主要设计内容	成本占比
1	人防工程布局和连通	1.5%
2	防火分区、防护单元和抗暴单元划分	1.2%
3	战时出入口和主要出入口设计	2.2%
4	人防门活门和临战封堵设置	8.6%
5	人防口部房间的布置	7.1%
6	人防主体设计	6.5%
7	各种人防门的选用	52.0%
8	汽车库车位及车道排布	0.8%
9	地下工程防水	20.1%

2. 对人防工程口部进行优化—改进型

针对人防工程口部的设计，提出了一种利用主楼下空间代替车库空间的优化方案。传统人防口部房间占用车库车位进行布置，牺牲了大量的价值高价值车位。然而住宅开发中地下室储藏室带来的价值远远小于车位价值，将人防口部房间做进主楼内部（如图 1），极大地提高了车库利用率，降低人防工程的建设成本。同时，人防口部避开楼座入户大堂设置（如图 2），将战时疏散与平时疏散完全分开。这样不仅提升了战时和平时安全保障水平，也为平时的归家动线提供了更佳的用户体验。

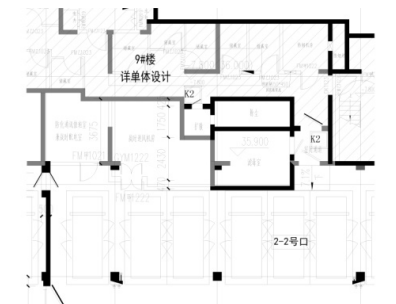


图 1

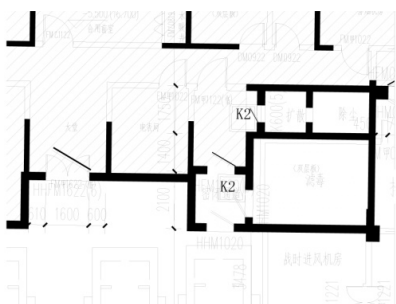


图 2

3. 对人防工程平时停车数量进行优化—改进型

为了解决地下车库人防工程在非战争时期停车效率低下的问题，对车位布局进行了重新规划。首先，利用 BIM（建筑信息模型）技术对整个地下空间进行全面分析，找出最

佳的柱网布置方案，以最大化停车位的数量而不影响结构安全。其次，合理布置车道人防大门位置，将人防分区大门设置在行车道上（如图 3），减少人防大门平时占用空间对平时车位影响。再者，考虑引入智能停车管理系统，通过实时监控车位占用情况并提供导航服务，帮助车主快速找到空闲车位，从而提高了整体停车周转率。

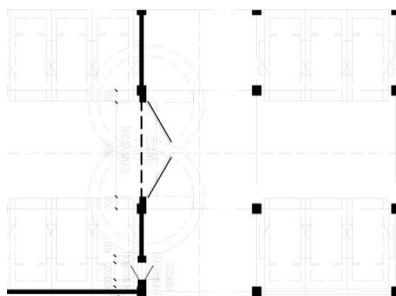


图 3

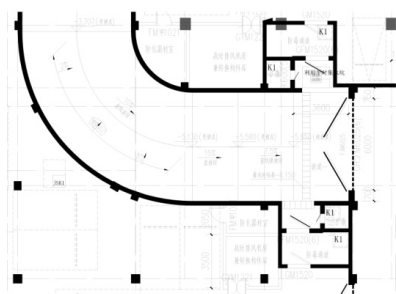


图 4

4. 对人防工程独立室外出入口位置进行优化—改进型

为了解决人防独立出入口影响居住区地面环境与品质，战时不宜被人民精确定位，进行优化设计及技术革新。首先，人防室外独立出入口尽量采用与现有汽车坡道或平时疏散楼梯相结合的方式设计（如图 4），这样即减少了人防独立出入口对地面景观以及地面消防扑救带来的负担，又节约了工程造价。其次，无法与汽车坡道结合设计的人防独立出入口尽量靠近主楼山墙设置，并能相邻两单元共用（如图 5），这样也给地面景观和工程造价带来了肉眼可见的效益。再者，考虑将各地国动办开发的智慧平台引入工程内部，让社区居民可以通过扫描二维码了解本小区人防工程所在位置，以及人防口部的具体位置，在战争来临时可通过导航精准地找到人防口部，进入人防工程内部。这样极大地提高了战时居民疏散掩蔽的效率。

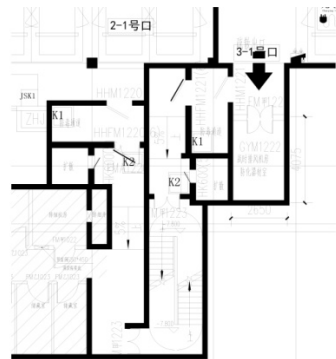


图 5

## (二) 人防工程结构设计优化

### 1. 对人防工程顶板区域部分进行优化—节约型

在地下车库人防工程的顶板设计中,优化的重点在于确保防护性能的同时实现材料和成本的节约。首先,通过采用预应力混凝土技术,可以在减少钢筋用量的情况下维持甚至提升结构强度。预应力混凝土不仅能够有效抵抗爆炸荷载和其他动态压力,还能通过预压应力抵消部分使用中的拉应力,从而延长结构寿命并减少维护需求。此外,合理选择顶板厚度,既能满足抗爆要求又能避免过度设计带来的资源浪费。例如,在确保安全性的前提下,适当降低非关键区域的顶板厚度,利用高性能混凝土或添加纤维增强材料来弥补可能的强度损失。另一个重要的优化措施是结合BIM(建筑信息模型)技术对不同工况下的受力情况进行模拟分析,精确定位需要加强的区域,从而有针对性地布置加固措施。这样可以避免不必要的全范围强化,进一步节省成本。对于一些特殊部位,如出入口上方、通风口等易受攻击的目标点,可以采取局部加厚或者增加特殊防护层的方式,以最小化材料用量而最大化防护效果。同时,优化排水系统的设计,确保雨水和可能的泄漏水源不会对顶板造成额外的压力或侵蚀风险,保障长期稳定性。人防工程结构专业设计各部分成本占比如下表2所示。

表2 结构设计各部分成本占比明细表

序号	主要设计内容	成本占比
1	人防门门框墙设计	8.1%
2	临战封堵门框墙设计	1.2%
3	出入口楼梯及防倒塌设计	2.8%
4	施工后浇带设计	3.6%
5	基础、梁、板、面	66.3%
6	荷载、覆土	6.0%
7	基坑支护	12.0%

## (三) 人防工程安装设计优化

### 1. 对人防工程集水坑设置进行优化—双向型

传统的人防工程集水坑通常仅考虑单向排水需求,但在实际应用中,特别是在紧急情况下或特殊气候条件下,单一方向的排水系统可能无法满足快速排除积水的要求。为此,提出了一种双向型集水坑设计方案,即在一个集水坑内设置两个独立的排水通道,每个通道配备各自的泵送设备。这种设计不仅提高了排水效率,还增强了系统的冗余度,确保即使其中一个通道出现故障,另一个仍能正常工作。此外,双向型集水坑的设计还可以根据实际情况灵活调整使用模式,在非紧急状态下仅启用一个通道以节约能源;而在紧急状况下则同时启动两个通道,迅速降低水位,保障安全。

### 2. 对人防工程平战结合管线进行优化—节约型

为了实现管线资源的有效利用,提出了平战结合管线的节约型优化方案。该方案的核心在于采用模块化设计思路,将平时使用的通风管线与战时特需的通风、滤毒等管线集成在一起,并通过合理的路径规划布置来减少材料消耗。具体来说,可以在不影响功能的前提下,适当缩小部分管道直径,选用高效节能的管材,以及优化支吊架设置以降低安装成本。此外,将战时通风管线与平时通风管线衔接设计,通过开启关闭阀门的形式解决风管的平战时功能转换,这样就大幅度地减少了车库内通风管线的数量,为地下空间节约了大量的竖向空间,同时也节省了大量的工程造价。

### 3. 对人防工程管线综合进行优化—改进型

针对人防工程内部复杂的管线系统,引入了BIM(建筑信息模型)技术和智能管理系统来进行管线综合优化。通过三维建模,可以在设计阶段就精确模拟出所有管线的空间位置关系,避免交叉冲突和不必要的弯折,从而节省材料并提高施工效率。同时,智能化管理系统能够实时监控各条管线的工作状态,及时发现潜在问题并提供预警,减少了后期维护的成本。另外,考虑到地下车库作为公共设施的特点,优化后的管线布局应尽量减少对地面活动的影响,比如采用隐蔽式安装或设置检修口于不易干扰的位置,以保持良好的环境品质。

## 结语

通过对地下车库人防工程设计中的常见问题进行深入分析,并提出了一系列针对性的优化措施。研究发现,在建筑设计方面,通过对人防门、口部及停车数量的优化设计,不仅提高了空间利用率和服务质量,还改善了居民在紧急情况下的疏散效率 and 安全性。结构设计上,针对顶板区域的节约型优化方案,在保证防护效果的同时显著降低了建造成本,实现了资源的有效利用。安装设计中,集水坑设置、平战结合管线以及管线综合的改进措施增强了系统的灵活性与适应性,确保了设施在不同使用场景下的稳定运行。这些策略的应用,不仅解决了当前地下车库人防工程设计中存在的诸多难题,也为未来类似项目的建设提供了宝贵的实践经验。

## 参考文献

- [1] 段超. 探究建筑设计中的人防工程设计[J]. 建筑·建材·装饰, 2024(6): 130-132.
- [2] 李海峰. 浅谈建筑人防工程设计要点[J]. 建材发展导向, 2023, 21(9): 91-93.
- [3] 包娟, 于桂东. 当代建筑设计中的人防工程设计研究[J]. 科技创新导报, 2022, 19(19): 131-133.
- [4] 康淑丽. 浅谈人防工程设计要点及常见问题[J]. 中国建筑金属结构, 2022(3): 96-98.
- [5] 陈文波. BIM技术在地下人防工程设计中的应用研究[J]. 中国建筑金属结构, 2022(9): 154-156.
- [6] 马峥. 人防工程设计中的若干问题分析——黄街人防工程设计随想[J]. 安徽建筑, 2022, 29(6): 25-27.