

人防工程设计与地下防护空间

孙 斐

中国冶金科工股份有限公司 北京 100028

摘 要：人防工程的有效建设使用能够保障民众的安全，而合理运用地下防护空间，不仅可高效利用土地资源，还能改善人们的生活质量。基于此，本文先阐述了人防工程设计与地下防护空间规划的重要意义，分析了人防工程设计要点，后针对人防工程设计与地下防护空间利用制定提出了多样策略，旨在切实提高人防工程设计水平，发挥地下防护空间的价值，促进人防工程与地下空间有机整合，为城市可持续发展提供推力保障。

关键词：人防工程；工程设计；地下防护空间

人防工程主要目的是防御外部的攻击，而随着时代的进步和国际关系的日益和谐，人防工程的定位也随之转变，逐渐从军事防护转变为一个更加综合的建筑体系，不仅可应对战争威胁，也可成为保护民众免受自然灾害的重要建筑^[1]。所以现阶段应加强重视人防工程，能够基于工程定位，结合地区特点、城市发展需求等，优化设计人防工程，并采取多样有效的措施切实提高地下防护空间的利用水平，充分发挥人防工程的作用价值，进一步推动城市可持续发展。

一、人防工程与地下防护空间规划的重要意义

（一）高效利用土地资源

通过人防工程的有效设计，能够开发建设多层次的建筑结构，相比于单层次的建筑结构来说可在有效的土地上实现高效的空间布局^[2]。这种情况下不仅可满足城市扩张需求，还能解决土地资源紧缺的问题。同时，地下防护空间也可用于建设地铁、建设停车场、建设污水处理设施等，将一些城市功能由地面建设转至地下发展，提高土地资源利用率的同时促进城市高质量建设发展。

（二）增强城市防护能力

人防工程首要任务是确保防御性，同时坚持绿色节能的理念，结构安全性是基石，以科学设计为其导向，以综合技术提供支持，以建筑美学作为亮点，以严谨的管理制度作为支撑，以满足人类需求为宗旨^[3]。地下防护空间的有效规划利用也能进一步增强城市防护能力，如地下管线的合理布局可保证城市基础设施的正常运行，满足燃气、电力等输送需求。另外，人防工程的有效设计与地下防护空间的合理运用，还能更好地发挥防灾减灾功能，一是抵御战时灾难，可有效应对爆炸冲击波等伤害；二是抵御自然灾害，如当洪水灾害来临时，地下防护空间具有较强的密封性，保证洪水不会渗入，以保护人们安全。

（三）提高人防工程的功能性

地下人防工程的建设能够与地铁站、商场、停车场、住宅等建筑设施有效连接，有效改善人们的生活质量，满足人们的多样性需求。同时，在突发事件或紧急情况下，其也可迅速转化为应急救援中心、物资储备库或医疗救助站，为城市的稳定和人民的安全提供保障^[4]。

二、人防工程设计要点

（一）人防口部设计

人防工程在设计中应重视出入口的设计，根据规范要求每个防护单元在设计时都应保证具有两个及以上的紧急疏散途径，其中至少一个非通风井式出入口和与其他单元的连接口需独立设置^[5]。这样才能更好地将风险隐患进行分散，提高人防工程的防护能力，更好地保护人们的生命和财产。在出入口设计时，应尽可能保证每个出入口之间的距离合理，避免灾害或意外事件发生后造成多个出入口被毁，确保工程的使用功能正常。根据工程内部地下室的楼梯位置、坡道位置等条件，合理设计直通地面孔口的具体位置，同时为保证该出入口安全，应采取搭建雨棚等方式加以防护。甲类防空地下室的核心出入口，需设计在建筑物坍塌可能性较低的区域位置，若无法避免，则需要额外配备防倒塌支撑结构^[6]。另外，在设计时也要考虑配套设施设备的防爆性能，保证能够充分发挥人防工程的保护功能。

（二）抗爆单元设计

人防工程设计时需按规范标准明确防护单元及抗爆单元，若该人防工程地下室面积相对较小，则可不区分防护单元与抗爆单元，若面积达到要求，则需单独进行抗爆单元的设计。首先，每个抗爆单元之间都需设置连通出入口，至少一个，且需根据抗爆单元的具体用途和规范要求，合理设计该抗爆单元出入口的宽度，并在出入口处抗爆隔墙的另一端加装抗爆挡墙，增强该抗爆单元的安全性。通常情况下，抗爆隔墙的设计厚度 $> 120\text{mm}$ ，主要

材质为钢筋混凝土；抗爆隔墙的设计厚度 $> 250\text{mm}$ ，主要材质为现浇混凝土墙体。根据要求，抗爆隔墙一般需砌筑固定。在战时，抗爆挡墙、隔墙可临时增加，主要使用沙袋堆砌成墙，高度 $\geq 1.8\text{m}$ ，且顶部厚度 $> 0.5\text{m}$ ^[7]。

（三）单元连通设计

综合战时防御、自然灾害防御、日常生活出行等方面需求，人防工程设计时应重视单元的连通性，以及与周边建筑物的连通。结合多方需求和相关要求，应保证两个相邻的单元应设置至少一个连接通道，且每个人防工程单元在设计应保证独立性和防护性，可设计具备良好密封性能的连通门，门厚度 $> 50\text{cm}$ ，这样保证防控地下室既具备完善的防护功能，又可独立进行使用。

（四）主体结构设计

人防工程主体结构包括底板、顶板、外墙、临空墙等，由于不同结构的强度抗性存在区别，其所对应的防护设备性能需求也不同^[8]。想要有效抵御爆炸冲击波等伤害，在主体结构设计时其最薄弱环节的厚度应控制在 250mm 。顶板结构设计时在无必要的情况下应避免将管道设施穿过顶板，充分保证顶板结构的稳固性和完整性。同时，为防止化学物质、微生物等渗入顶板结构，设计时应采取防水混凝土进行顶部施工，提高顶部的密封性能，更好地保护地下空间的安全。人防工程的顶板与墙体、柱体对结构支撑作用存在差别，这也使得人防工程出现多个级别，其中像6级人防工程来说，设计时需要选用立柱支撑的框架结构；像5级人防工程来说，设计时需要选用剪力墙地下室结构。

（五）管道线路设计

随着城市快速发展，管道线路数量也日益增多，所以为满足生活需求、推动城市发展的同时确保人防工程建设使用的安全有效性，还需要加强重视人防工程管道线路设计部分。根据人防工程建设标准和功能使用需求，合理规划穿入人防防护结构的管道线路数量，尽可能将数量控制在最小值，且穿过人防结构的管道线路应做好密封和防护措施，并形成独立的管道系统，避免对人防结构造成破坏。特殊情况下，如单建式人防工程和附建式人防地下室在同一层包含非防护区，要满足非防护区的使用需求，也只允许少量干管通过防护结构，禁止频繁使用支管^[9]。提高人防工程的防渗透能力、防污染能力、防毒能力，设计时对于所有穿过人防结构的管道线路都需严格按照规范要求进行密封处理。同时，对于伸缩量较小等情况的管道，可使用主管埋入混凝土的方式进行密封，预留凹槽，用密封材料填充。

三、人防工程与地下防护空间利用的实施策略

（一）增加综合管廊

随社会经济的快速发展，当前部分城市已开展地下综合管廊改建项目，通过对人防工程的优化设计，将综合管廊合理融入其中，其能够发挥人防工程的作用价值，又可有效利用地下空间，更好地满足人们生活的多样化需求，推动城市高质量建设发展。具体来说，主要措施为在综合管廊设计中添加人防功能，针对一些未被基础设施、管道线路等占用的地下空间，采用分层布置管线和附属设施的方式，在保留一定人防区域的基础上高效利用地下空间。或者将地下综合管廊与人防工程中的设备设施进行连接，这样在战时或自然灾害发生时，地下防护空间可作为疏散路径和避难场所，而在无灾害发生的时间段则可作为维修通道，为维修人员的工作开展提供便利，更好地保护城市基础设施的运行安全。

（二）优化集水坑

提高人防工程的功能水平，提升地下防护空间的利用率，还需对集水坑进行优化设计。平面布局优先布置于防护单元低洼区、口部等区域，而清洁区等特殊位置应采取分坑设置，防止污染问题。结合柱网与地面找坡对集水坑的布置点位进行优化，尽可能避免占用明坑，这样可进一步增加地下防护空间的有效使用面积。根据平战实际需求，精准计算确定集水坑的使用容积，实现平战有效转换。为提高集水坑的防污染能力，有效防止毒剂等渗入，还应选择合适的配套设施加以防护。

（三）完善配套设施

为满足战时、自然灾害时的运行需求，以及提高地下防护空间日常的使用功能，应设计完善的配套设施。一是通风设计，根据气流行为和人防地下室特点等，合理设计通风方案。空气通常由高压区流向低压区，在地下室通风设计时应采取超压方式，这样可有效防止外部空气进入人防区域。在选择通风设备时，应重点考虑设备在净化、过滤、隔离等方面的性能，确保进入人防区域的空气干净无毒。二是给排水设计，应采取给水系统和排水系统一体化设计方案，保证战时和自然灾害时的供水需求。在选择给排水管道时，应优先选择耐久性强、密封性强、抗震性强的管道材料。三是电力系统设计，在考虑地下防护空间日常用电需求的同时也要合理预测分析战时、自然灾害时的负荷需求和级别，进而合理设计选择电源设备。四是防火设计，根据防火要求精准划分防火分区和防烟分区，合理设计安全通道、应急照明装备等，既要满足火灾应急处置需求，也要考虑人防工程自身的密闭性要求。在选择设施设备时，应优先选择不易燃的材料，配备可自动监测报警、自动灭火

的消防系统。

（四）动态多功能集成

当前地下人防工程日益展现出巨大的多功能潜力，因此在实际设计时还应重视空间的灵活性、多功能性，提高空间的利用率和便捷性^[10]。比如根据城市发展水平、人们日常生活所需，将地下空间打造成展览馆、咖啡厅、图书馆、游戏厅等娱乐休闲场所。或者将地下空间作为交通枢纽与地铁、公交车等交通设施进行连接，为人们的出行提供更多便利。而当战时、自然灾害发生时或遇紧急事件，地下空间又可快速转变为较为安全的避难所。

（五）运用先进技术

提高人防工程的设计水平，最大化发挥人防工程的作用价值，以及有效推进人防工程与地下空间的结合运用，还应充分利用更多先进技术手段，朝着智能化、数字化方向发展。比如在关键区域位置布置智能传感器、安装摄像装备，并依托物联网、大数据分析等技术，搭建运行地下空间环境监测平台，能够对地下空间的温度、湿度、氧气浓度、地下水位等参数进行实时监测和动态分析，一旦超出设定的安全值则会自动预警，通知相关部门人员，且还可引进控制系统，实现对地下空间设备设施的智能控制与自动化运行。除此，还可使用先进的空间规划技术等，在设计阶段实现对地下空间的高效布局规划，进一步提高地下空间的开发利用水平。

结语：综上所述，人防工程在城市建设中发挥了重要作用，地下防护空间的有效规划利用也可进一步推动城市可持续发展。所以现阶段应加强重视和全面把握人防工程中口部、抗爆单元、主体结构等设计要点，并结合城市发

展需求等条件制定优化策略，通过增加综合管廊、优化集水坑、完善配套设施、动态多功能集成、运用先进技术等方式实现人防工程与地下空间的有效整合，更好地发挥人防工程的作用价值，最大化利用城市地下资源。

参考文献：

- [1]翟磊.人防工程建筑设计与地下空间高效利用策略研究[J].石材,2026(2):44-46.
- [2]王椿新.人防工程建筑设计与地下空间综合利用分析[J].铁道建筑技术,2025(1):105-107,143.
- [3]孙伟,张慧.人防工程防护技术在地下空间中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(6):67-69.
- [4]高守信.人防工程建筑设计与地下空间利用[J].砖瓦世界,2024(20):55-57.
- [5]刘延法.探究人防工程建筑设计与地下空间利用[J].砖瓦世界,2024(19):40-42.
- [6]王卓.人防工程建筑设计与地下空间利用[J].工程技术研究,2024,6(12):65-67.
- [7]董川.浅析防空地下室防护工程与民用建筑设计冲突[J].建材与装饰,2021,17(23):73-74.
- [8]刘科学,吴兆磊,张效琰.人防工程建筑设计与地下空间综合利用研究[J].房地产导刊,2025(8):135-137.
- [9]夏源.地下空间结合人防一体化规划提升城市韧性的探讨——以成都天府总部商务区西区为例[J].四川建筑,2024,44(6):45-48.
- [10]丁永奎.在城市地下空间开发利用中加强人防工程建设研究[J].进展,2025(7):82-84.