

关于高层建筑人防工程的结构设计原理及方法分析

陈林英

中建三局第二建设工程有限责任公司浙江建筑设计院 浙江 杭州 310004

摘要：随着时代的发展、城市化进程的不断加深，城市里聚集了大量的人口，高楼大厦涌现。在这一环境下，人防工程显得尤为重要，需要一开始就纳入设计的考量之中。人防工程不仅能够用于日常生活，在特殊时期也能承担起防御作用，因此，在城市的建设中也需要考虑到这一环节，进行合理的规划研究。

关键词：高层建筑；人防工程

引言：

高层建筑已经成为了大城市的主要地标，而人防工程则是高层建筑所必须的内容，需要扮演着维护日常生活正常运行，以及必要时期保卫人民生命财产安全的重要角色。因此，在高层建筑的施工过程中，人防工程的设计十分重要，要做到平战结合，参与到城市的运作之中。

一、人防工程的重要性与必要性

1. 人防工程的含义

人防工程即是指人民防空工程，在战时是一种提供掩蔽、指挥、医疗救护而单独修建的地下防护建筑，有利于保护人民的生命和财产安全。但这并不是单纯地指代战时的防空洞这一建筑，到了今日，人防工程的内涵也在不断地加深。在现代化进程中，人防工程建设逐渐正规、科学，有章可依。我国目前已经建成了一大批质量高、幅员大、效益好的人防工程，可供平时与战时所用，并且种类齐全，初具规模。

人防工程具有特殊防护要求，其常用的分类方式有以下几种：根据抗力等级的不同，可直接分为不同的级别，称作某级人防工程；按用途划分，战时则可分为指挥通讯、人员掩蔽、医院、仓库等；按平时用途可分为商场、游乐场、会堂等；从工程构筑方式划分，又分为掘开式工程和坑地道工程两大类型。

2. 人防工程设置的意义

建设人防工程是城市建设的重要环节，其目的是防备外敌入侵，保留战力，进行一些战时安排，保卫人民安全。在过去的战争时期，这类建设是坚持城镇战斗，为支持反侵略战争的胜利提供了可靠的工程保障。

我国法律明确提出基础深度大于一定限度的建筑工程以及高层建筑物必须建设人防工程，这为人防工程的建设提供了依据与保障。

新时期的人防工程在设计时应该制定完整方案，这种方案包战争时期保证防空安全，也包括在平时经济、社会建设中维持人民生产生活的必需。当然，作为城市建设的一部分，人防工程必

须严格按照建设程序办事，符合规范要求，注重质量与效益。

二、人防工程的设计原理

高层建筑中的人防建设要求更高，人防工程应该与建筑本身相结合，达到安全覆盖率的要求。在设计时，我们不仅要考虑到实际功能，更该确保其质量，合理设置结构。这种结构一般会承受动荷载、静荷载或二者同时作用，需要做出合理而准确的计算。

高层建筑的人防工程既有优势也有劣势。楼层的增加对其防火设施和安全出口等方面都有着更高的要求，应该结合具体情况分析。通常来讲，竖向的平面布置应规避结构的扭转和局部承受的压力问题，而竖向的抗侧力构件应该上下相接贯通，增强防震效果。

但是高层建筑往往在经济生活中还扮演着其他角色，是人民日常生活的场所，因此又需要考虑到人性化的使用。因为生活设施的面积过于集中，高层建筑的人防范围受到制约，所以需要有针对性地进行设计。

各部分的受到的力应该是均匀的，这样才能提高抵御吸收爆炸冲击力的能力，提高每个结构的利用效率。人防工程需要承受大量的爆炸荷载，这与普通的建筑的设计所运用的构件是不同的。这种结构需要承受一般的荷载情况，并且更加要求突出延展性。

高层建筑需要承载较大的动荷，对防水的标准也有所提高，抗深等级也要高于普通楼层建筑，所以对结构材料的防水性和抗渗透性的要求更高。提高了防渗透性使房屋更加坚固，增加了承载能力，减少崩塌等意外情况的发生。混凝土及双面钢筋等材料即使是在战时条件下仍旧能够良好运行，起到保护作用，当然也要考虑到防震效果，遵循国家规定标准。

防护区域应该尽量缩短及减少临空墙的设置，并且应该相邻布置。这样一方面可以降低成本，另一方面临空墙的减少也能提高战时防空地下室人员的生存率或物资的安全度。

1. 明确防御等级

各区域应该根据实际情况做出相应判断，预判今后可能出现的问题，对防护区的防护标准进行研究分析，做出正确决策。人

防工程的建设是事关全体人民福祉的大事，其设计必须符合规范的要求，且不可因偷工减料而降低抗力等级，必须在每个环节严格把控。

2. 划分单元

每个人防工程都应该划分成多个防护单元，各司其职，才能更好地造福于民。每个防护单元都应该具备相应体系，都应该设置抗爆隔离墙，使得每个区域被隔离成多个单元，起到掩护与储存物资等作用。但是在高层建筑的设计中，如果高于10层，在楼板的阻挡遮蔽之下便已经初具防御效果，因此也可以不设置单独的防护和抗爆单元。

3. 多功能的地下室

城市中的人防建设，其掩蔽工程应当设置在地面建筑投影范围内。如果设有多层地下室，那么用于人员掩蔽的应该设计在最下层。对于多层地下室，如果上相邻楼层已经设立了防护单元，那么位于下层及以下的也可以不再设置防护和抗爆单元。

当多个防护单元组合建设时，如果对其抵抗能力的要求不同，那么性高抗力防空地下室最好位于最底层地下室中，人员掩蔽工程依然配建在地下室最底层，用于物资库、装备出储藏的防空地下室应该配建在上一层地下室中。

4. 多个地块的规划

城市中防空区域的规划有各自的标准，例如：抢险抢修专业队工程服务半径不应大于1.5km，消防专业队工程服务半径不应大于2.0km，医疗救护专业队和治安专业队工程服务半径不应大于3.0km。

针对居住区、机场场站这一类较大建设用地，设计前期必须根据用地的详细情况进行规划，同时，提前安排好人防的设计。在这类型大型建筑中，既要在满足规范规定的要求下，集中建设防空地下室，从整体出发使防各护单元紧密联系，减少临空墙等人防墙体的设置；又可以统筹全局，将不同功能的防空地下室与上部建筑合理配置，降低成本造价。若人防工程的面积在核定的范围内，便可以集中在中间两个地块进行建设，使不同功能区搭配进行建设。

5. 地形环境影响

我国地形地貌复杂多样，不同的地形区应该考虑到其地理因素的影响，以正确建设人防工程。在山地或丘陵地带城市当中，可充分利用天然的地理环境，但也必须满足防空地下室的设计要求。

高层建筑设计人防工程时，更应该考虑此处的地形影响，看地下是否适宜进行人防建设以及如果规划建设，避免因测数失误导致的危险。

《人民防空地下室设计规范》规定了战时室内有人员停留的防空地下室其钢筋混凝土顶板最小防护厚度、地下室顶板底面与

室外地坪的高度关系，但在实际防空地下室项目中，由于地质与资金等因素的制约，其设计也可能产生偏差，这时就要求我们依据规范的要求进行针对性的调整。

三、人防工程的设计方法

城市建设的人防建设应该适应其社会、经济、政治等社会因素的发展。一方面要维护城市的自身形象，另一方面也要最大限度地合理利用地下可开发空间。高层建筑的人防工程设计不仅要人防结合，也要关注建筑本身。

人防工程建设本质上还是用于战争时期进行防护工作，这是修建人防工程的核心。

1. 主体设计

人防工程的主体设计需要考虑道整体的防护水平、周围的环境情况以及工程要求等因素，在设计过程中不断根据现实情况，结合设计方案与现有技术，确保设计的质量及效用，同时在一定程度上保持美观。设计前就应该确定好预期要达到的防护效果，其地下室的顶板、底板和临空墙的设计都必须满足设计标准，甚至甲类的防空工程要考虑是否符合防核辐射的标准。当然，人防建设还应该考虑到是否满足实际生活与战时需求。

2. 口部的建设

人防工程存在着一个内部和外部之间联系的通道，通常称之为口部，这也是需要重视的部分。其中最重要的部分是出入口，这部分的设计需要考虑到人员、物资等的进出，使其合理、便利，也要考虑其承载量，即是指数量的设置要合理，考虑使用类型，安排防护设施，这些都会对整个工程防护性能产生影响。

因此，在设计内部结构时，就应该以满足战时需要为前提，对人防工程出入口进行合理设计。在室外的出入口的需要设立一个防倒塌的棚架，我们优先选择独立的出入口以保证整个工程的隐蔽性。而人防工程修建完成后是一个封闭的状态，那么就需要有内部的出入口来供人、物出入，实现其功能价值。这个出入口是整个人防主体唯一衔接外部的，其开口处是敞开状态，因此口部成为了最薄弱的部分，需要受到重视以此保证整个人防工程的安全。

若出入口过于狭窄，那么就不利于人与物的进出。针对这种情况，在设计过程中，就应该结合实际需要，精确计算。如果指需要考虑人员进出，那么口部的设计则不需要太大尺寸，其通道在通常情况下净宽1.5m，净高2.2m左右。而车辆通道出入口则需设计得较大，其净宽和净高都应超过3m。同时，作为临时的生活场所，需要考虑到排水功能，战时出入口如果受到污染，那么应消毒冲洗。这主要针对的是出入口附近的通道和房间，这些部位应设计好地漏、清扫口或者是集水坑来排水，若集水坑较远，那么应设排水沟或地漏。人防工程遭受的污染程度不同，绝不能互相污染，排水流向必须从轻到重按顺序排至外部的集水坑或

者使用排出管分开单独排放。

每个防护单元至少需要两个出入口，还需设计室外出入口。出入口应该包括：主出入口、次出入口及室外出入口，要求具有良好的防护性，不容易被堵塞。设计时还需要结合室外车道和建筑内外楼梯的设置情况。次出入口作为备用，需要安排防堵塞设施，需要根据消防楼梯情况进行合理设计。

3. 顶板及底板结构设计

人防工程的主体极其重要，这一部分主要包括人防底板、人防顶板、外墙、临空墙等。由于各部位都有其自身独特性，使用不同的材料进行修缮，所以对战争的抵抗能力不同，需要各部位的使用目的进行设计。

顶板是最薄弱的部位，其最小厚度不得小 250mm，主要是用来抵抗来自上部的强大冲击波，所以顶板不允许设置无关孔洞，这类孔洞包括水暖电各种线路。同时，必须使用防水混凝土浇筑，防止生化武器与病毒渗透。由于客观原因，建筑的墙体和立柱对顶板的支撑力不同，因此，各个人防工程防护等级也不同。在普遍情况下，如果是使用剪力墙来支撑顶板的，那么符合建造 5 级人防的建设标准，如果是使用的柱子，那么可以建造 6 级的人防工程。

为了保障程的安全和稳定，应及时消除安全隐患。在具体设计过程中，通常需要将地下室顶板设计为上部结构的嵌固端，保证下部结构的刚度可以完全支撑上部结构。柱根之间需要做好稳固性设计，使其能够承受或者平衡柱根和弯矩^[1]。（李斐.当代建筑设计中的人防工程设计探讨《智慧城市》.2021年第1期 25–26, 共 2 页 Intelligent City）

4. 门的设计

门按照设计材料的不同，分为钢结构和钢筋混凝土结构，钢筋混凝土结构人防门更厚、质量更重，所以安装及维护难度较大，但胜在造价便宜。出入口的人防门如果是供车辆进出，那么其宽

度不小于 3 m，此时只能够选择钢结构。因此，设计人员应该结合需求，合理选择建材。

5. 楼层高度的设计

高层建筑的地下部分在城市建设中，常以地下车库来表现，那么就需要考虑层高，如果设置不合理，就会造成资源的浪费。

要设计出合理的层高，必须充分理解层高的构成因素。普通地下室结构层高 =2200mm (a 车库净高) +400mm~1000mm (b 结构梁高) +550mm~600mm (c 设备管道安装高度) +100mm~200mm (d 建筑填充面层)。综合以上数据可以得出地下人防结构层高为 3250mm~4000mm。合理的层高设计应该在满足功能要求的前提下达到最经济^[2]。（李健栋. 高层建筑的人防工程结构设计研究 .2021 年第 19 期 95~96, 共 2 页）

在设计的过程中我们强调人防工程设计的科学性，要做好专业技术的论证与协调，最大限度地减少设计失误，为施工阶段提供优秀的技术保障，这是工程设计工作的重点。

四、结束语

总的来说，人防的设计中应该掌握科学的方法与步骤，运用先进的科学技术提高防御能力。首先必须使人防工程符合建筑规范，达到其特定要求。其次，合理规划各个区域的范围与规模，分列多个防护单元。最后，根据建筑的使用范围，合理规划设计各个内部结构，保持每个功能区功能的实现，设计好生活、排水、供暖和消防等设施，完善相应的细节设计。高层建筑的人防工程是设计施工中必不可少的一部分，必须加以重视。

参考文献：

- [1] 李斐. 当代建筑设计中的人防工程设计探讨《智慧城市》.2021年第1期 25–26, 共 2 页 Intelligent City
- [2] 李健栋. 高层建筑的人防工程结构设计研究 .2021 年第 19 期 95~96, 共 2 页