 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i7.11040

Research on Technical Points and Acceptance Management of Protective Function Construction for Underground Civil Air Defense Projects in Building Engineering

Yan'an Wang

China Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510080, China

Abstract

Underground civil air defense projects constitute the primary facilities for wartime defense in construction engineering, and the reliability of their protective functions is closely linked to the safety of people's lives and property as well as national security. This article systematically analyzes the technical key points for the construction of protective functions in civil air defense projects, including optimized design of structural self-waterproofing systems, refined control of wall and roof reinforcement processes, and rigorous implementation of gas-proof and airtight treatment techniques. It also provides a detailed discussion on construction management and acceptance procedures, proposing a scientific acceptance process and management mechanism encompassing material inspection, process handover, concealed work acceptance, and other related aspects. The research concludes that strictly implementing key technologies throughout the entire construction process and refined acceptance management can significantly enhance the comprehensive protective capabilities of civil air defense projects under extreme conditions.

Keywords

underground civil air defense project; protective function; construction technology; acceptance management; sealing measures

建筑工程地下人防工程防护功能施工技术要点与验收管理研究

王延安

中煤江南建设发展集团有限公司，中国 · 广东 广州 510080

摘　要

地下人防工程属于建筑工程战时防御的主要设施，防护功能的可靠程度同人民生命财产安全和国家安全息息相关。本文对人防工程防护功能施工的技术要点进行了系统的分析，包括结构自防水体系优化设计、墙体和顶板加固工艺精细化控制、防毒密闭处理技术严密实施等，结合施工管理和验收环节做了详细的论述，提出了包含材料检验、工序交接、隐蔽工程验收等环节的科学验收流程和管理机制。经过研究得出结论，严格实施施工全过程关键技术和精细化验收管理可以明显提高人防工程在极端条件下综合防护能力。

关键词

地下人防工程；防护功能；施工技术；验收管理；密闭措施

1 引言

地下人防工程属于建筑项目的一部分，具有战时防空、平时服务、应急支援等多种功能。城市建设规模扩大、人防要求提高，人防工程的防护功能也越来越受到重视。施工阶段是形成防护功能的关键时期，任何一项技术上的疏忽或者管理上的欠缺都会使工程不能达到设计的防护等级。因此，对人防工程防护功能的施工技术要点和验收管理进行系统的探究，对提高工程质量、保证防护效果有现实意义。

【作者简介】王延安（1981–），男，中国山东济南人，本科，工程师，从事建筑工程研究。

2 地下人防工程防护功能施工的重要性

2.1 保障战时防御与人员安全的基础条件

人防工程的主要目的就是为战争或者突发灾难时人们提供安全的避难场所。防护功能的实现依靠施工阶段的准确执行，即结构承载能力、抗冲击能力、密闭性能等各方面指标。只有规范施工才能保证工程在极端情况下保持结构稳定，防止有害物质进入，从而有效地保护掩蔽人员的安全。

2.2 提升工程整体质量与耐久性的关键环节

防护功能的施工质量同人防工程长久的使用效果存在直接联系。施工过程中对于材料的选择、节点的处理、浇筑工艺等细节的控制，既会影响瞬时防护能力，又会决定工程

的抗渗、抗裂、抗老化性能[1]。高质量的人防工程施工可使工程服役年限得以延长，减少后期维修及改造的次数，有较好的经济效益和社会效益。

2.3 落实国家人防政策与验收规范的内在要求

国家对人防工程的设计、施工有明确的规定，如《人民防空工程设计规范》《人民防空工程施工及验收规范》等。施工阶段严格按照防护功能的技术要求进行，是保证施工阶段符合法律法规和政策要求、通过政府验收的前提。忽略防护细节会导致工程不符合强制性标准，不能使用，还会存在整改或者拆除的风险。

3 地下人防工程防护功能施工技术要点

3.1 结构自防水与抗渗施工技术

人防工程处于地下水位以下或者受到地下水影响的时候，结构自防水成了防护功能的第一道防线，它直接影响到工程长久使用安全可靠。施工时应使用高抗渗等级混凝土，合理控制水胶比和骨料级配，优化配合比设计来减少收缩裂缝的产生。墙体与底板交接处、施工缝、后浇带等易渗部位应设止水钢板或遇水膨胀止水条，安装牢固、连续无断开，防止出现渗水通道。浇筑完成后应立即进行湿养护，保证混凝土表面一直保持湿润，防止产生早期干缩裂缝。

对于穿墙管线频繁出现渗漏的情况，所有穿过人防结构墙体的管线均应加装防水套管。套管和结构之间要采用密封材料分层填实，保证密实无空隙，在内侧设置挡水圈切断渗水途径。对于多根管线集中穿墙的情况，应该设置整体式穿墙防水构造，防止因为单根套管间距太小而使结构削弱。施工时对每一个套管位置逐点进行验收，保证防水构造安装到位。结构自防水和节点防水相结合，形成完整的地下工程防水体系，给人防工程的防护功能提供强有力的保障。

3.2 墙体与顶板的防爆加固技术

人防工程墙体、顶板要承受爆炸冲击波荷载，施工质量好坏直接影响工程在极端条件下生存的能力。施工过程中必须严格按照设计的配筋和厚度进行施工，钢筋绑扎时要保证间距准确、保护层厚度一致，防止由于钢筋位移而削弱截面承载力。受力钢筋搭接和锚固长度要严格按照规范要求进行控制，不能随意减少。模板支撑体系应有足够的强度和稳定性，在混凝土浇筑前做荷载验算及预压试验，防止浇筑时产生变形或跑模，保证墙体、顶板的几何尺寸符合设计要求。混凝土浇筑要连续进行，分层厚度不能太大，每层振捣密实后再浇筑，不得有蜂窝、麻面等缺陷。

对于临空墙、人防单元隔墙等受力较大的部位，应使用高标号混凝土，并设置暗柱或者暗梁来提高整体的抗爆刚度。墙体和顶板的连接节点处要加大钢筋锚固和加密箍筋布置，形成可靠的传力路径。另外，在混凝土养护期间不能过早地承受振动荷载，只有在混凝土强度达到设计要求之后才能拆除模板支撑。施工完毕后应进行外观质量检查及必要的结构检测，对存在的缺陷及时进行修补加固。防爆加固技术的每一道工序都要遵循“不留隐患”的原则，保证人防工程的墙体和顶板在爆炸荷载的作用下有足够大的承载能力以及整体稳定。

3.3 防毒密闭与气密性施工技术

防毒密闭功能是人防工程在化学或者生物武器袭击条件下的重要保证，施工质量必须达到严格的气密性要求。施工时要严格控制各种孔口、门洞、管道穿墙处的密闭工作。人防门框提前预埋并同结构钢筋焊接牢固，门框垂直度、平整度误差控制在规范允许的毫米级以内，保证门扇安装后能与门框紧密贴合[2]。所有通风、给排水、电气管线穿过人防围护结构的地方，必须设置密闭短管或者密闭盒，并用柔性密封材料填塞内外两侧，任何穿越点都不能成为有害物质渗入的通道。门扇安装完毕后需要进行启闭和密封性的调试，用灯光检测或者气压测试的方法来检验关闭后是否有缝隙。

防爆活门、排气活门等特种设备安装精度也会对整个气密性造成影响。这些设备要按照图纸进行定位，固定牢固，留有便于战时切换的操作空间。对通风管道和密闭阀门之间的连接法兰要设置密封垫圈，并均匀地拧紧螺栓，保证连接处不漏气。施工过程中要实行“密闭节点逐点验收”，对每一处门框、每一根穿墙管、每一个阀门都要编号并做好质量签认。气密性试验应在工程完工后进行，对不合格处查找原因并返工处理，直到达到设计要求为止。防毒密闭及气密性施工技术属于一项精细的系统工程，任何一处的疏忽都会破坏整个工程的防护完整性。

4 地下人防工程防护功能施工验收管理

4.1 验收标准与依据文件的建立与执行

验收依据文件是否齐全、规范，是保证人防工程防护功能达到要求的制度性基础。在实际工程管理中，一些项目存在设计图纸版本不清、变更通知不能及时传达到施工班组、施工规范引用过期标准等情况，造成现场作业和验收依据出现差异。建立完善的验收文件管理体系，首先要保证建设单位在开工前对设计交底、图纸会审进行到位，明确所用设计图纸为经过人防主管部门审批的版本，所有变更都必须以书面形式下发，并做好签收记录。施工规范上要整理出与人防防护功能直接相关的强制性条文清单，即混凝土抗渗等级、防护设备安装公差、密闭措施等具体要求，作为现场检查、验收判定的依据。

施工单位自检是验收流程的第一道关口，自检质量的好坏直接影响到后面监理验收的效率和效果。分项工程完成后，施工单位应根据事先确定的检验批划分方案，组织班组自检、项目部复检，形成自检报告。自检报告除了填写实测数据外，还应附带材料合格证、进场复验报告、隐蔽工程影像资料等技术档案，保证每一项批次施工质量都有章可循。监理单位在此基础上逐项核对防护功能相关指标，主要对人

防门框垂直度、锚固筋焊接质量、防爆墙厚度、配筋间距、密闭阀型号及安装方向等重要参数进行检查，看其是否符合《人民防空工程质量验收与评价标准》的规定。对人防门安装、防爆墙浇筑、密闭阀组调试等关键部位要进行专项验收，建设单位、监理单位、施工单位三方同时到场，采用测量、试操作、气密性简易检测等方式取得验收数据，形成书面记录并签字确认后才能进入下一道工序。

4.2 施工过程的分阶段验收控制措施

人防工程防护功能质量形成于施工全过程，任何将验收压力集中到竣工阶段的策略都很难发现隐蔽性问题。将验收节点提前到关键工序上，这是国际上通行的一种质量控制理念在人防工程上的具体运用。隐蔽工程验收阶段主要检查的对象有底板钢筋规格间距、穿墙密闭套管定位和固定、止水带连续性和搭接质量、防爆地漏预埋标高和排水坡度等。预埋件一旦被混凝土所覆盖，后期整改就会造成大面积的剔凿或者结构破坏，代价很高。验收时除了核对设计图纸外，还要用卷尺、水平仪、线锤等工具逐点复核，对套管的密闭肋宽度、焊缝质量进行目视检查并辅以卡尺抽测，所有检查数据立即记录并由各方代表现场确认。对发现的预埋偏差或者固定不牢问题，在混凝土浇筑前必须进行整改并重新验收，形成闭环。

中间验收对应结构完成，竣工验收对应系统调试。中间验收在人防墙体和顶板浇筑完毕、模板拆除之后马上进行，这是检查混凝土成型质量及结构几何尺寸的最佳时间点。检测内容为用回弹仪或钻芯法检测混凝土强度是否达到设计等级，用钢筋扫描仪检测保护层厚度及钢筋排距，观察并记录蜂窝、麻面、孔洞等表面缺陷的位置和范围，对超过规范允许的缺陷应编制专项修补方案，经设计单位确认后方可处理。竣工验收前的全面气密性试验、设备联动调试属于检验防护功能的最后一道关口[3]。气密性测试对每一个防护单元都要单独进行，用专用气密性检测仪测量单位小时漏气量，超压值和保持时间均需满足标准要求，测试中发现的门缝漏气、管道接口渗漏等问题要逐一标记并返修，直到复测合格为止。通过隐蔽、中间、竣工三个阶段逐级把关，形成环环相扣的闭环管理机制，把防护功能隐患消灭在产生之初，防止问题积累到竣工阶段集中暴露。

4.3 验收资料的归档管理与问题整改机制

验收资料的法律效力在于它可以真实、完整地反映工程质量形成的过程，是工程投入使用后进行维护管理和事故追责、责任判定的基础材料。归档管理要依照单位工程、分部工程、分项工程逐级创建资料索引目录，保证每一个检验批、每一份检测报告都拥有清晰的存放处及检索途径。核心归档内容应有四类材料，第一类为原材料及构配件复验报告，包括人防门、密闭阀、过滤吸收器、防爆波活门等专用产品的出厂合格证及第三方性能复验报告，钢筋、混凝土、防水材料等通用材料的进场复验单；第二类为隐蔽工程影像资料，要求对底板钢筋绑扎完成后整体布局、穿墙套管及预埋件的三维定位、密闭梁与门框墙钢筋骨架等关键部位进行多角度拍照和视频记录，影像文件中应包含标尺和位置标识牌；第三类为现场检测数据，包括混凝土强度回弹记录、钢筋保护层厚度扫描结果、气密性测试原始曲线、设备联动调试日志等；第四类为各级验收意见书，由各方共同签署，注明验收结论、存在问题及限期整改要求。

问题整改机制是验收工作的自然延伸，没有有效整改的验收等于空转。应建立专门的整改台账，使用信息化工具或者表格化的管理方式，每一个问题条目都要记录发现的时间、发现的环节、问题的位置和具体的描述、判定所依据的规范条款。责任主体应当明确到施工班组或者分包单位，整改措施要具体可行，如重新绑扎门框墙钢筋而不是简单地填写整改完毕，完成时限由建设单位和监理单位根据整改难度和剩余工期共同商定。整改完毕之后，原验收各方必须到场复验，复验合格之后才能予以关闭，所有的整改前后对比影像资料一并存档。归档完成并经建设单位确认的资料，在竣工验收备案时一并移交人防主管部门，作为工程投入使用后定期维护、检测评估、战时启用的基本依据，保证工程在全生命周期内始终具备设计要求的防护能力。

5 总结

地下人防工程的防护功能是由施工技术的准确实施、验收管理的规范有序来保证的。结构自防水及抗渗施工、墙体和顶板的防爆加固、防毒密闭和气密性处理，是决定防护能力的三个主要技术。从管理上来说，健全验收标准、分阶段控制、加强资料归档、整改机制等可以保证施工质量达到设计和人防规范的要求。只有把技术同管理结合起来，才能建设出真正具有可靠防护能力的人防工程，发挥出其平战结合的战略作用。

参考文献

[1] 葛祎,姜猛.公共建筑人防工程防护结构的设计难点与对策[J].房地产世界,2026,(4):37-39.

[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] 梁小麦.建筑地下室人防设计常见问题解析及解决方案[J].居舍,2022,(30):79-82.