

海外某复杂路口地下人行通道设计概述

符超然,王雨至,裴铭海

(中交公路规划设计院有限公司,北京市 100010)

摘要: 随着“一带一路”倡议的深入推进,我国海外市政基础设施建设正由“大而广”向“小而美”转型。针对东非某国首都中心城区存在的交通拥堵与行人安全隐患现状,在CBD环岛位置规划建设一处地下人行通道,改善通行效率与安全性。结合项目建设背景、建设条件与限制因素,从总体布局、结构设计、通风与防洪、电气及无障碍设计等方面进行系统阐述,并探讨了城市限制条件下的技术挑战及实施方案。该项目在满足该国规范的同时,引入中国规范开展设计,实现了中外标准的融合,为类似项目的开展提供了参考。

关键词: 海外工程;地下人行通道;总体设计

中图分类号: TU921

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0172-05

Design Overview of Pedestrian Underpass at a Complex Intersection Overseas

FU Chaoran, WANG Yuzhi, PEI Minghai

(CCCC Highway Consultant Co., Ltd., Beijing 100010, China)

Abstract: With the further advancement of the Belt and Road Initiative, the overseas municipal infrastructure construction of China is shifting from “large and extensive” to “small and refined”. In response to the current situation of traffic congestion and pedestrian safety hazards in the central urban area of the capital of a country in East Africa, a pedestrian underpass is planned, designed and constructed at the CBD roundabout to improve the traffic efficiency and safety. Combined with the construction background, construction conditions and constraints of the project, the overall layout, structural design, ventilation and flood control, electrical systems, and accessibility design are systematically expounded, and the technical challenges and implementation schemes under urban constraints are discussed. By complying with the norms of that country, the Chinese norms are also introduced for design, achieving the integration of Chinese and foreign standards and providing a reference for the implementation of similar projects.

Keywords: overseas project; pedestrian underpass; overall design

0 引言

近年来,随着海外“一带一路”政策的调整和国家对于工程要求的变化,海外工程由原来的“大而广”向“小而美”进行转变。

项目所在城市中心城区由于历史遗留和规划问题,人车流混行,通行效率低下,加之城区内部由于通勤人员、公交场站、快速穿城通道等多方面因素叠加,导致局部区域堵车问题日益突出,车辆、行人交通事故频发。城市核心区土地资源宝贵,其高强度、高岗位密度、高职住不平衡的特点决定了其高强度的交通需求^[1]。

人行过街地道通常位于闹市区,因此周围房屋林立,很多情况下都是高层建筑,既有建筑物基础受施工影响很大^[2-4]。

本文通过以海外城区路口的人行地下通道涉及案例为例,从总体布局、制约因素、设计规范等多方面,结合有限元计算对通道结构展开结构计算、抗浮、地基承载力等研究,提出相关的工程设计方案,为同类复杂条件下的地下通道类工程建设提供参考。

1 工程概况

案例项目位于东非某国首都CBD区域的两条城市主干道交汇环岛处,现状采用无信号通行,同时有交警对现场交通进行人为控制。根据交通量测算数据显示,高峰期人行单断面流量可达8 000人次/h。

收稿日期: 2025-10-23

作者简介: 符超然(1985—),男,硕士,工程师,从事桥梁结构设计工作。

该环岛路口为无信号灯控制的平交路口,是连接公交枢纽与CBD区域的重要节点。现状交通问题突出:高峰时段,由公交枢纽涌向CBD的大量通勤行人,与环岛内既有主干道(A8道路)上的主要车流形成交叉冲突。这种频繁的人车干扰,不仅存在安全隐患,更是导致环岛通行效率低下、周边路段常态化拥堵,特别是早晚高峰交通瘫痪的主要原因。核心区需要维持道路交通的适度供给,使交通出行需求保持合理平衡^[5]。

2 建设条件

2.1 跨越形式比选

城市主干道交叉路口常用的行人、车辆交通组织方式主要有3种:交通信号灯控制、人行天桥和地下通道。

信号灯控制是常规设计方法,在通行效率方面并无明显优势,尤其是现场交通量大,高峰时段无法及时疏导交通的情况,其次,由于人行道和车行道未实现有效隔离,行人行车安全均缺乏保障。

人行天桥具备较高的通行效率和安全隔离性,但考虑现场位置,实施存在困难。若将人行天桥放置在高架桥下方,则桥下净空无法保证,若采取上跨高架桥方式,则高度过高,落地困难。

地下通道和天桥一致,具有较高的通行效率和安全隔离,且设计上可以通过调整位置与形式灵活处理,受现状条件的限制较小,综合比较下,地下通道是本项目较为合适的工程方案。

2.2 限制因素

地下通道的设置受多方面因素影响,具体位置关系如图2所示。

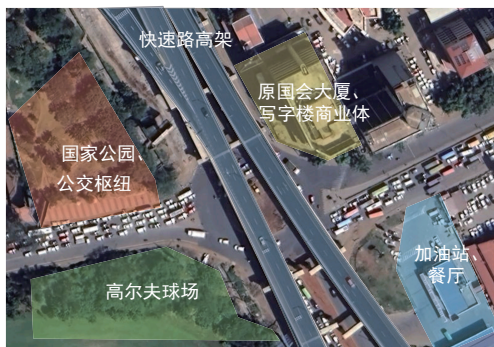


图1 项目区域位置控制因素

路口各象限分别为(由东北为一象限顺时针):一象限为十层原国会大厦,总高约30 m,其地下室与地下通道净距仅2 m,开挖存在破坏其结构的风

险;二象限为单层建筑加油站、餐厅,由于征地未涵盖该部分,施工期间需要对该处设施进行保通工程;三象限为高尔夫球场,基本侵占该象限原有人行道范围,出入口设置存在困难;四象限为公园和大型公交枢纽站,人流量较大。整个环岛交叉口交通情况复杂,地权、建筑物密集,对于设计、施工均有较大影响和限制。同时,地面道路与高架桥基础对于通道主体位置和出入口位置的设置也有较大干扰。

2.3 地质与水文

项目区域内主要由上层素填土、黏土为主,约2.5 m厚度,下层主要由角砾岩、强风化角砾岩、风化和强风化岩组成,地质条件良好。地下水位受雨季影响明显,水位常年在-2.5~5.5 m之间变化。

项目区域位置靠近赤道,位于热带高原地区,全年温度变化不大,年平均气温10~26℃。全年分为雨季和旱季两个季节,年平均降雨量为900 mm。市内由于地势起伏明显,城市低凹处容易积水形成内涝灾害,且近年来由于城市经济发展迅速,基础设施发展滞后的原因,市政排水设施不完善导致局部内涝严重。本项目位于区域地势低点,现状内涝积水在极端暴雨(百年一遇)下可达地面以上0.5 m。

2.4 管线改迁

本项目存在2条66 kV和2条11 kV高压电线跨越项目区域,同时存在2条0.6 m直径铸铁给水管、2条排水0.4 m直径和0.7 m直径管道,1条2 m宽度梯形明渠等排水构筑物均与本项目发生干扰。

2.5 环境、社会影响

项目所在城市正处于快速发展阶段,社会各个行业发展程度不一致,基础设施相对滞后。高架快速路建成后,其实际交通量迅速超越原预测交通量,交通组织的不完善和机动车驾驶习惯导致地面道路拥堵严重,特别是快速路穿越城市中心,两侧穿行交通量需求较大,人行跨越设施设置不足,导致目前行人穿行马路现象突出,严重威胁自身安全和行车安全。

3 总体设计

3.1 总体尺寸拟定

拟建通道位置位于城市CBD区域,服务于周边居民、通勤人群等,通过前期非机动车调查结果,单象限日常2 500人/h。周末或高峰时段全断面人流量高达29 000人/h,其中最大单断面人流量高达8 000人/h。

根据非机动车转向调查结果,结合《城市人行天

桥与人行地道技术规范》(CJJ 69—95)^[6]。经过计算,拟定4.4 m人行通道满足8 000人/h的断面流量。但考虑该位置位于市中心,高峰人行交通量极大,同时兼顾舒适性,拟定人行通道宽度为8 m。

为满足行人舒适性因素,结构净高按照0.3 m(铺地)+3 m(通行高度),共计3.3 m考虑。

3.2 平面布局比选

基于现场限制因素和功能需求,首先对工程方案进行了功能布局比选,通过对比图2中列举的6种不同连通形式的地下通道连通方式,以及全部贯通的方案,确定适合本项目的连通方式。

- (1)除U2-U3断开外其余主通道连通;
- (2)仅U1-U2连通方案;
- (3)仅U3-U4连通方案;
- (4)U4-U1-U2连通方案;
- (5)U3-U4-U1连通方案;
- (6)全分离方案。

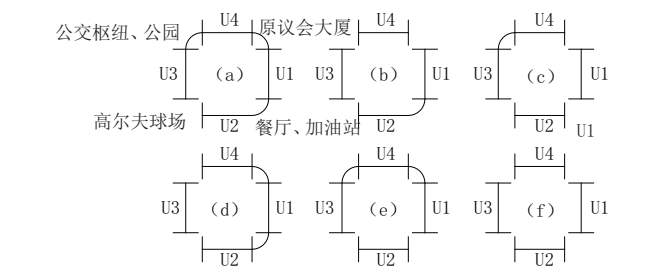


图2 地下通道连通形式对比

交叉口人行过街通道的形式,也需要结合地面交通组织情况,周边建筑情况,经济性、实用性等多方面因素进行对比。通过对全部方案进行如表1所示,B方案能保证最大人流走向贯通,且可实现最小化征地拆迁规模,采用3处独立通道,分别为U1~U2的连通通道,U3独立H形,U4改进U形,在串联各个交通方向的同时,满足地面道路的贯通。同时,U1~U2的贯通通道,避免路权范围外征拆。结合两侧道路情况,分别在不同位置设置对应的梯道和进出口。总体布置如图3所示。

表1 各比选方案对比

方案	通道长度/m	出入口数量/个	优点	劣势	推荐性
A	271.2	14	贯通连接通行效率高	占地大,工程规模大	不推荐
B	221.2	14	避免征地即既有结构对开挖影响	无明显劣势	推荐
C	245.2	16	交通枢纽人群至CBD区域通行效率高	U3~U4连通处有排水渠,有一定干扰	不推荐
D	307.2	16	部分人群方向连通,效率高	U4~U1处毗邻高层建筑基础	不推荐
E	331.2	16	主要人群方向连通,效率较高	U4~U1处毗邻高层建筑基础,U3~U4连通处有排水渠,有一定干扰	不推荐
F	195.2	16	工程规模小,施工简便	通行效率低,出入口位置有部分占地问题	不推荐
全贯通	677.2	16	贯通连接通行效率高	占地大,工程规模大	不推荐

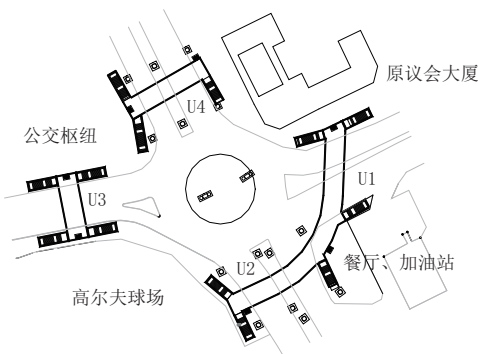


图3 项目总体布局

最终方案为U1和U2通道连通,共设置6处梯道出入口,3处电梯出入口。U3和U4为单独通道,U3设置4处梯道出入口,2处电梯出入口。U4设置3处梯道出入口,2处电梯出入口。

本项目周边建筑物对通道位置有较大影响,环岛范围内既有人行道宽窄不一,最窄处仅0.5 m宽度,需对平面位置进行针对性分析,合理布设出入口和地下通道位置。U1和U2通道贯通设置,有效规避

了施工征拆问题,通过将通道放置在路权范围内部,并且利用既有人行道位置,合理衔接既有人行道,并保证地面通行顺畅。

U3单独设置,结合既有道路红线,和地下既有66 kV高压线缆位置,远离路口布置,采用H形通道形式,保证各方向人行通行顺畅。U4通道单独布置,由于受到既有议会大厦楼宇和既有道路、高架桥墩柱影响,仅保留三处楼梯出入口。

3.3 防水防洪设计

由于当地雨季的短时降雨较大,城市内涝严重,但当地无完整的市政排水规范和地下结构排水规范,为保证地下通道人行安全,结合我国市政工程常规处理措施进行处理,并考虑采用复合防水处理措施,加强结构防水能力^[7]。地下通道采用结构子防水+外包防水卷材的防水措施^[8]。

通道主体采用一级防水等级,3道防水措施,并采用P8等级抗渗混凝土以保证主体结构防水。同

时,在各个现浇接缝处采用中埋式中孔型止水带,外贴防水卷材的形式进行设计。

在通道出入口楼梯处,设置抬高平台,高于原始地面 1 m 以上,保证 50 年一遇暴雨情况下地面积水不倒灌入通道内部,同时在出入口位置设置防洪挡板卡槽,防洪挡板基于安全原因,在临近设备间储存,内涝或极端天气由管养部门安装,并劝导疏散人群。

3.4 通风、电气、配套设施设计

地下通道应尽量优先采用自然通风方式,为了加强自然通风效果,有效地利用热压和风压,则应针对不同的情况采取相应的技术措施^[9]。

对于较短的 U3 通道,经过计算分析,采用自然通风即可。其他两处长度较长的通道,由于长度较长,需采用主动通风方式进行设计,考虑到地面道路存在道路中分带,故通道采用竖向通风井加排风机方式,采用通风井方式后期维护检修方便,且通道内部不用额外侵占净高空间设置排风机、风道等设施^[10]。

通道照明采用太阳能供能,由设置在地面附属设施(卫生间、设备间)屋面的太阳能板供能,促进当地环保、可持续能源发展。电路也入市政电网,保证阴雨天气的正常照明供电。同时考虑到当地市政供电不稳定性,在设备间还设置了可移动柴油发电机,保证紧急状况下,电梯和紧急照明可以正常开启,防止安全事故发生。

3.5 无障碍、人性化设计

鉴于当地缺乏相关规范和设计指南,向业主建议后采用中国规范对该部分进行设计^[11]。

根据社区和业主对于无障碍的要求,按规范采用了人性化设计,在地面项目范围内部采用地面道路铺设盲道砖约 1 000 m²和人行栏杆约 500 m/8 处,保证行人安全。

由于雨季在多发短时强降雨,旱季日照强度大的特点,出入口设雨棚等放置行人日晒雨淋^[12],可以有效提高人行舒适性,引导行人使用地下通道,进一步杜绝行人横穿马路所带来的安全隐患。

在各个象限均设置了无障碍电梯和 1:12 坡度的无障碍坡道,通道内部也贯通铺设约 400 m 盲道和扶手,满足不同人群使用需求。同时,通道内部除排水需要设置 1.5% 的纵向坡度和 1% 的双向横坡外,均无台阶等不利于通行因素。

4 结构验算

4.1 计算荷载

(1)恒载:自重按照规范规定的材料容重取值,其中包含通道顶面道路铺装、覆土等^[13]。

(2)活载:汽车荷载(不含冲击)遵循当地情况,采用公路—I级进行设计^[13],同时参考当地设计活载进行单工况对比,通道内部人行荷载按照 5 kPa 进行取值。

(3)覆土:对于地下通道的埋深为 1~2 m。故可忽略汽车活载引起的冲击作用等。

(4)土压力:土压力采用静止土压力作用在两侧侧墙。考虑上部覆土影响采用梯形加载,取值为 8.6~45.4 kPa。

(5)抗震基本设防烈度为 7 度,0.15g,场地类型为 II 类。

(6)抗浮安全系数为 1.05。结合水文调查结果,以+0.7 m 为抗浮设防水位高程为基础进行验算。

(7)地基承载力安全系数为 1.1。

4.2 结构设计

如图 4 所示,地下通道主体结构采用 C40 等级混凝土,保护层外侧按 40 mm 考虑,内侧按 25 mm,暴露在空气中的构件保护层按 35 mm 考虑。通道结构标准断面采用 8 m×3.3 m,单箱室结构,断面如图 4 所示。采用 MIDAS Civil 软件,建立标准主通道段如图 5 和楼梯出入口 U 形槽段的分析模型。模型采用板单元。模型采用顶底板 600 mm、侧墙厚度 500 mm。

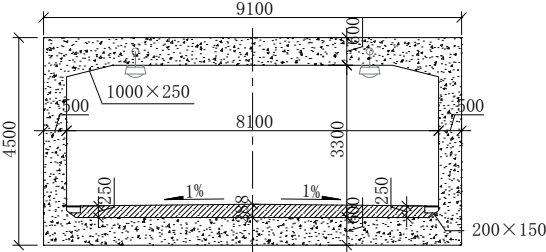


图 4 地下通道标准断面(单位:mm)

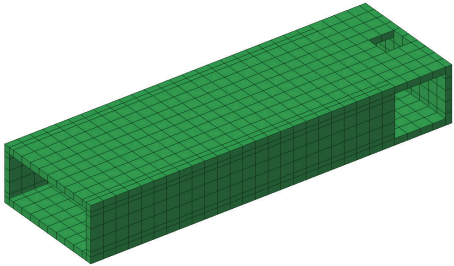


图 5 标准主通道段分析模型

由于设计采用中国规范,为消除业主疑虑和更充分推行中国规范^[14],结构设计中分别采用当地规范和中国规范对同截面承载力进行对比,如表 2 所示。

经过对比,承载力基本相当。

表2 不同规范承载力对比

承载力	中国规范	当地规范	差异
剪力承载力/kN	472	573	121%
弯矩承载力/(kN·m)	1 570	1 866	119%

5 实施方案

在周边环境较为复杂的情况下,不同基坑围护结构的支护体系对周边环境的影响不尽相同,特别是对临近地下构筑物的变形影响,必需进行探究^[15-17]。

本通道部分主体结构位置与快速路高架桥的基础桩基,高层建筑筏板基础毗邻,施工期间需考虑合适的支护形式对基础进行保护。综合现场地勘成果,以及有限元模拟分析结果,拟采用陡坡开挖和局部支护的方式施工,同时,严格重载堆积等不利因素。同时,对于雨季施工,也准备了相应的施工预案,及时排除坑内积水。

6 规范使用情况

项目推进过程中,对于标准规范,业主对于中国规范有一定顾虑,设计过程中,经过与多轮沟通,通过多方面对比,最终确定。

(1)总体布置:当地无规范指引,无类似项目可供参考,故采用中国规范。

(2)结构设计:经过对比,中国规范有更为严格的承载力计算,故采用中国规范,但同时提供当地规范设计对比。

(3)无障碍设计:当地规范仅有原则指引,无工程设计规范,故采用中国规范。

其余各专业也经过相应对比,对于当地规范缺失部分采用中国规范进行补充,可以起到中外规范融合的效果,对当地规范进行了有效补充和支撑。

7 结 语

本文提及的人行地下通道工程是涵盖了明挖通道、基坑施工、城市更新等多种设计因素和施工工法

的典型综合性海外市政项目。由于工程建设条件复杂、控制性条件较多、地理位置特殊等特点,总体设计时坚持以人为本、环境适应、技术合理、融入当地的设计理念,充分考虑周边环境因素,既有交通情况以及施工过程中的安全保证、便利条件以及当地使用习惯的各项要求,同时,结合国内的规范,在当地规范缺失的无障碍、交通安全、照明、结构安全等方面给予适当补充和完善。

该地下通道的建设不仅为有效改善了当地的交通状况,更在于过程中,形成了适应当地的复杂城市限制条件的系统性解决思路和经验。

参考文献:

[1] 王作杰.商务核心区的地下车行道路系统设计探讨[J].城市道桥与防洪,2018(7):9-12.

[2] 徐书雷,肖松涛.浅埋、破碎、涌水段围岩的隧道设计[J].西部探矿工程,2009,21(4):168-169.

[3] 詹辉,王桂玲.大跨径隧道浅埋段施工技术[J].山西建筑,2009,35(8):315-316.

[4] 廖沛源,韩斌.以套拱明洞下穿冲沟的青鼻山隧道结构设计[C]//2005年全国公路隧道学术会议论文集.北京:中国公路学会,2005:284-289.

[5] 李大绪.关于城市核心区构建地下车行系统的探讨[J].城市道桥与防洪,2025(10):5-9.

[6] CJJ 69—95 城市人行天桥与人行地道技术规范[S].

[7] GB 55030—2022 建筑与市政工程防水通用规范[S].

[8] 陆宇坤,黄权.地下通道防水施工技术研究[J].工程技术研究,2020,5(21):81-82.

[9] 谢宁汉.浅埋式地下人行通道的通风问题[J].建筑热能通风空调,2001,20(4):46-48.

[10] GB 50016—2014 建筑设计防火规范[S].

[11] GB 50763—2012 无障碍设计规范[S].

[12] 邹双招,谭炜,陈建斌,等.国内外城市人行过街无障碍设施建设状况与发展趋势[J].城市道桥与防洪,2017(5):47-51;59.

[13] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].

[14] JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[15] Boscardin M D,Cording E J. Building response to excavation-induced settlement[J]Journal of Geotechnical Engineering,1989,115(1):1-21.

[16] Son M,Cording E J. Estimation of building damage due to excavation-induced ground movements[J]Journal of Geotechnical & Geo-environmental Engineering,2005,131(2):162-177.

[17] DG/TJ08-61—2018 基坑工程技术规范[S].