

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.04.014

某高校综合管廊设计及人防通道改造利用方案研究

张 桐, 李辰星, 钟晓琳, 张 巍, 李路路, 张 茵, 杨京生
(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘 要: 某高校的地下管线升级改造项目中,在有限的校园空间内对各类地下管线重新梳理并纳入综合管廊,局部利用早期建设而现已废弃的人防通道结构体,在完善综合管廊系统布局并实现基本功能的前提下大大降低了建设成本。采用BIM正向协同设计,在部分区域结合现场实际情况选用预制顶管的绿色施工方案,不仅提高了设计中各专业间的配合效率,还有效降低了施工对在校师生日常生活的影响。从标准断面、平面纵断、节点设计等方面介绍了综合管廊在校园基础设施改造项目中应用的设计思路,并介绍了利用现况人防通道的修缮加固方案以及与综合管廊连接的注意事项,以为同类型项目的设计施工提供参考。

关键词: 综合管廊; 人防通道; 利旧; 校园; 市政基础设施; BIM正向协同设计; 地下管线升级改造

中图分类号: TU990.3 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2025)04-0086-06

Design of a University's Utility Tunnel and Reconstruction and Utilization Scheme for Civil Air Defense Channel

ZHANG Tong, LI Chen-xing, ZHONG Xiao-lin, ZHANG Wei, LI Lu-lu,
ZHANG Yin, YANG Jing-sheng
(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: In the underground pipeline renovation project at a university, various types of existing pipelines were systematically reorganized and integrated into a utility tunnel within the confined campus area. Additionally, portions of the abandoned civil air defense channel structures which constructed at early stage were repurposed. This approach not only significantly reduced construction cost but also optimized the layout of the utility tunnel while ensuring the realization of essential functions. The project adopted a BIM forward collaborative design approach and selected a green construction scheme utilizing prefabricated pipe jacking in certain areas based on the site's specific conditions. This method enhanced inter-disciplinary cooperation efficiency during the design phase and significantly mitigated disruptions to the daily lives of teachers and students during construction. This paper presented the design philosophy of the utility tunnel application in campus infrastructure renovation projects, focusing on standard section, planimetric and longitudinal sections, and node design. Additionally, it detailed the repair and reinforcement strategies for the existing civil air defense channel and highlighted key considerations for its integration with the utility tunnel. The aim is to provide a reference for the design and construction of similar projects.

Key words: utility tunnel; civil air defense channel; old equipment utilization; campus;

municipal infrastructure; BIM forward collaborative design; underground pipeline renovation

综合管廊是指建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线并满足人员运行管理和维护需求,由构筑物及附属设施组成的地下空间体。综合管廊的建设有利于提高城市空间的利用效率,提升管线运行安全性,改善城市环境质量,但因其投资费用较传统的管线直埋方式要高,给建设方带来了投资压力,是建设和推广的制约因素之一。因此,在已建成区域的综合管廊项目中因地制宜、高效利用其既有的人防通道等地下设施,与新建综合管廊有效衔接、统筹布局,成为提升项目综合效益的手段之一^[1-6]。

某高校现况地下管线主要采用直埋敷设,在地下管线升级改造项目中,由于校方要求增加为远期预留的新管线,而道路下方已经没有足够的空间敷设所有管线,因此选择了综合管廊方案。同时在勘察过程中发现校园内留存有早期建设的人防通道,经技术和经济评估后,计划将其部分改造为综合管廊使用。

该项目综合管廊部分的建筑安装工程费约为3 465万元,综合管廊总长度为484.5 m,其中钢板桩支护施工125 m、顶管施工252.5 m、人防通道改造利用107 m。

1 综合管廊设计

该设计方案主要包括综合管廊常规的标准断面设计、平面设计、纵断设计、人员出入口、安全出口、吊装口、进风口、排风口、管线分支口等内容。

1.1 标准断面

综合管廊的断面形式应根据容纳管线的种类、数量、规模、建设方式、预留空间等确定。《城市综合管廊工程设计规范》(DB 11/1505—2022)规定,热力管道不应与电力电缆同舱敷设。学生公寓现况电力管线的规模及数量较小,而在用水、供暖方面有较大需求,且现场能利用的地下空间尺寸不适合设置双舱综合管廊,因此方案确定纳入学生公寓综合管廊的管线为热力、热水、消防、喷淋、给水、再生水、通信等。学生公寓综合管廊的分支口数量较多,在满足管线布置的基础上预留了设置套管的高度,标准断面的内尺寸为2.4 m×2.8 m,具体如图1(a)所示。

相比之下,教学区的电力管线规模、使用需求较大,且热力管道已敷设在现况热力沟内,将其纳入综合管廊的效益并不明显,因此纳入教学区综合管廊的管线为电力、通信、消防、喷淋、给水等。因区域内树木较多、伐移困难,施工场地受限,经论证后采用顶管工艺。在考虑管线的种类和数量、维护操作空间、人员通行空间等因素的基础上,结合矩形顶管设备机头的尺寸,确定标准断面的内尺寸为2.8 m×3.0 m,具体如图1(b)所示。

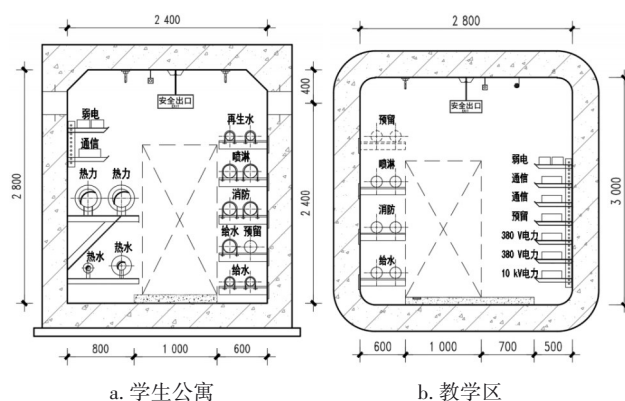


图1 综合管廊标准断面

Fig.1 Standard sections of utility tunnel

1.2 平面设计

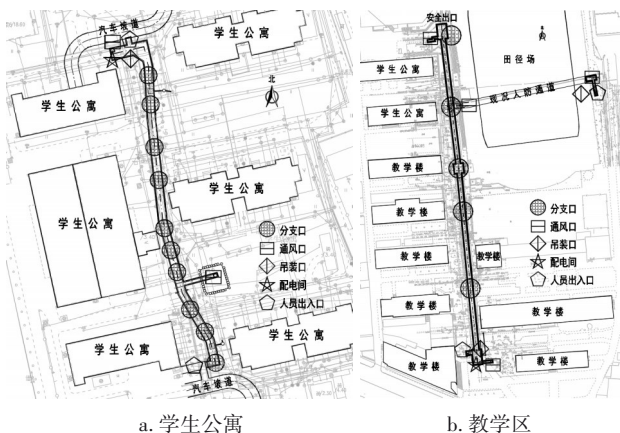
平面设计主要解决管廊平面布局、管廊各功能节点定位,并考虑管廊与周围现状或规划建(构)筑物、道路及相关设施等的空间位置关系问题。学校内的建筑密度较大,平面布局时需注意与房屋基础保持一定距离,并预留施工所需空间。在选择通风口、吊装口及人员出入口的设置位置时,为减少对道路通行及景观的影响,应尽量将综合管廊的各类口部设置在绿地、花坛等景观区域内,并对各类功能节点统筹考虑、综合设置。

学生公寓的用户和现况地下管线分布较为分散,为充分提高综合管廊内部空间的利用率,将其布置在直埋管线最密集的园区主干道下方,具体如图2(a)所示。

由于现况直埋管线分布分散,综合管廊的分支口相应沿途均匀设置,约每10 m设置1处,全长共设置11处(含北侧人员出入口)。为有效利用学生公寓南北两处汽车坡道,减少地面孔口,人员出入

口与吊装口合并设置并且与汽车坡道连接。该段管廊长度为125 m,设置进、排风口各1处并延伸至附近的花坛和绿地中。

为有效衔接区域内东西两侧的市政管线,节省项目投资、提升经济效益,教学区综合管廊布置在田径场和西侧主要用户之间,并将其与改造加固后的人防主通道连接,完善区域内的市政管线系统布局,具体如图2(b)所示。



a. 学生公寓

b. 教学区

图2 综合管廊平面布置

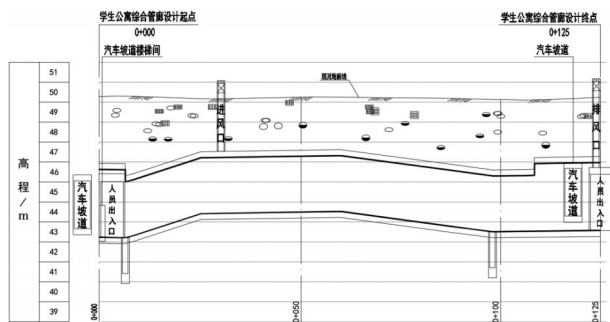
Fig.2 Layout of utility tunnel

由于用户和地下管线分布较为集中,该段综合管廊的分支口集中设置6处(含南侧人员出入口)。该段管廊长度为252.5 m,设置进、排风口各1处,结合进风口和安全出口的综合节点设置在北端绿地,结合排风口、人员出入口、配电间、吊装口的综合节点置在南端绿地。此外,田径场东侧的现况人防通道入口在改建后也作为人员出入口、吊装口和进风口使用。

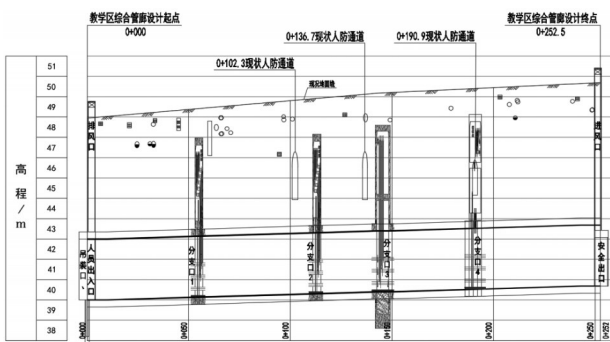
1.3 纵断设计

纵断设计主要用于确定综合管廊纵向高程的定位、管廊覆土厚度,对于地下复杂现状情况需明确空间位置关系,避免与地下规划或现状构筑物、管线等产生空间矛盾。结合现况管线的埋深情况、与汽车坡道的衔接需求,设计学生公寓综合管廊的覆土厚度为2.5~3.5 m,具体见图3(a)。

对于教学区,校园主干道两侧行道树密集且伐移困难,并且新建综合管廊沿线存在多处现况人防通道与管廊横向交叉的情况。为避免伐树且便于与主要人防通道连接,采用顶管施工,综合管廊的覆土厚度为5.5~6.7 m,具体见图3(b)。



a. 学生公寓



b. 教学区

图3 综合管廊纵断面

Fig.3 Longitudinal sections of utility tunnel

1.4 节点设计

1.4.1 人员出入口、吊装口

人员出入口主要用于管廊建成后运营维护管理人员进入管廊进行日常的巡检、维修、抢险等进出使用,吊装口则用于各种入廊管线和设备等进出综合管廊使用。学生公寓综合管廊结合现况汽车坡道设置了南、北两处人员出入口,其中北处人员出入口与汽车坡道连通处还兼具吊装口功能。通道内尺寸为 $B \times H = 1.4 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$,并设置双开甲级防火门。综合管廊内单节管道最长为6 m,2.7 m长的人员通道结合综合管廊内部空间可满足管线运输需求。综合管廊与汽车坡道的连接见图4。

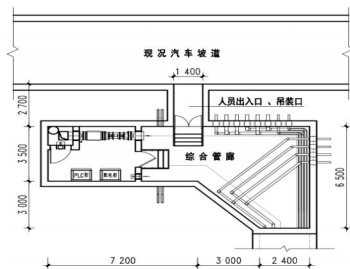


图4 综合管廊与汽车坡道连接示意

Fig.4 Schematic diagram of the connection between utility tunnel and car ramp

综合管廊内部管线种类众多且高度集中,需综合考虑各专项配套设施排布,涉及多专业在纵横空间内满足多项规范要求的整体化设计,是一项较为复杂的系统工程^[7-8]。

以人员出入口的设计为例,传统的二维设计模式在面临综合管廊的复杂空间设计时需付出大量精力反复校调,而具有交互设计特点的BIM正向设计不仅形象直观,适合管线错综复杂的节点设计,还可以在构件出现冲突时快速高亮定位,通过BIM协同设计管理平台通知相应专业的设计人员协调和修改,在提交设计成果时生成轻量化模型,便于快速查看和展示。应用BIM设计管理平台协同设计进行构件碰撞检查,具体如图5所示。

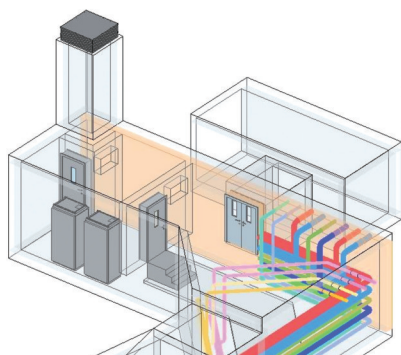


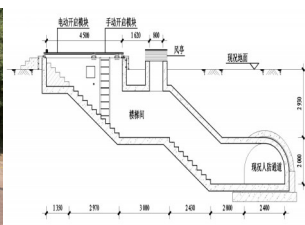
图5 应用BIM设计管理平台协同设计

Fig.5 Applying BIM design management platform for collaborative design

为有效利用现况人防通道,教学区田径场东侧的现况人防通道出入口在改建后作为综合管廊的人员出入口使用,其示意图见图6。



a. 现况人防通道出入口



b. 人防通道出入口改建示意

图6 教学区综合管廊人员出入口示意

Fig.6 Schematic diagram of personnel entrance and exit of utility tunnel in teaching area

该出入口距离新建综合管廊较远,因此在综合管廊南端设置了1处人员出入口。这两处人员出入口都设置在绿地内,并且集成了吊装口、通风口或分支口的功能,使得布置集约化,减少对人员通行

和地面景观的影响。

1.4.2 管线分支口

管线分支口用于综合管廊内部管线与外部直埋管线或沟道相衔接。为避免综合管廊的顶板在短距离内频繁起伏,增加施工难度,学生公寓综合管廊的分支口与标准断面合并设计,在标准断面的上方预留出线套管的空间。教学区综合管廊采用顶管施工,为方便与廊外管线衔接,需在分支口设置夹层,具体见图7。

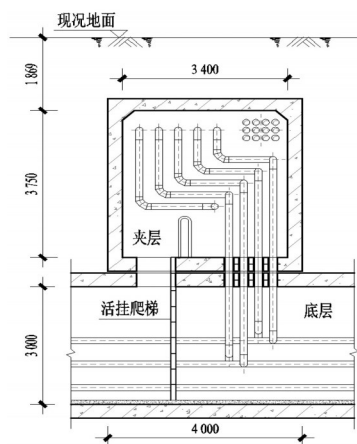


图7 教学区综合管廊管线分支口示意

Fig.7 Schematic diagram of pipeline branch outlet of utility tunnel in teaching area

2 人防通道改造利用

2.1 人防通道概况

教学区的操场下方设有20世纪70年代建设的人防通道,其结构为单孔砖墙+预制混凝土拱顶形式,断面尺寸约为2.9 m×2.4 m,结构外顶覆土约3.5 m。该人防通道位于校园中部田径场下方,而教学区的变配电间位于田径场东侧。目前,该人防通道已无法满足《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—2005)对抗力级别的要求,校方将其作为“简易管廊”使用,起到连接校园东西两侧能源运输的桥梁作用。

由于建设年代较早,人防通道部分段落的拱圈接缝处缝宽较大,透过裂缝能看到结构外层土壤,雨季存在渗水情况;墙体混凝土结构强度较低,部分钢筋裸露,锈蚀明显(见图8),将其继续作为管廊使用存在一定安全风险。为排除安全隐患,满足管线连接和正常运行的需求,同时节省项目投资,对该人防通道进行改造加固。



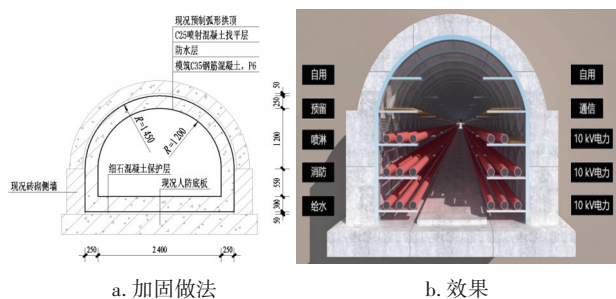
a. 结构裂缝、钢筋裸露、锈蚀 b. 管线杂乱、淤泥堆积

图8 人防通道现状

Fig.8 Current situation of civil air defense channel

2.2 人防通道的修缮、加固和连接

目前,国内人防结构的常见加固方案有内衬套加固、挂网喷射混凝土加固、掘开式梁板柱加固等^[9]。由于现况人防通道位于田径场下方,不适合开挖施工,该工程选用前两种方案,以现况结构为初支,施工二次混凝土结构,在现况结构与新建结构间的空隙注射水泥砂浆,确保改造后人防通道的结构安全、运行通畅,加固做法如图9所示。



a. 加固做法

b. 效果

图9 人防通道加固示意

Fig.9 Schematic diagram of civil air defense channel reinforcement

具体维修加固方案如下:

① 彻底清除内部地面上的垃圾及淤泥,清除内部侧墙上脱落的混凝土浮渣,重新排布或迁改现况人防通道内的管线,有序施工以确保施工过程中的结构安全。

② 完善排水功能,在新建节点处增设集水坑和潜污泵。

③ 现况人防通道的拱圈之间空隙较大,采用M10水泥砂浆勾缝处理;原砖墙与顶板拱圈间有错台,采用C25喷射混凝土找平。

④ 以现况人防通道结构作为初支,在现有结构内依次做找平层、防水层、钢筋混凝土结构,形成一个新的受力结构。

⑤ 为使新结构与原结构紧贴,在现浇结构混凝土强度达到设计强度后进行背后注浆。

出于对新建综合管廊及管线使用功能的保护,人防通道与综合管廊的人员通行、通风、吊装等功能相互独立,只连接两侧的管线。此外,为了应对两者的不均匀沉降,在连接处还需设置沉降缝,缝宽30 mm,采用挤塑聚苯板填塞,周围用聚硫密封膏嵌缝,两者连接剖面见图10。施工时先完成综合管廊的顶管部分,然后明开槽实施管线分支口。为了在连接管线的同时保证防水效果,需在综合管廊的侧墙、人防通道的端头预埋防水套管。

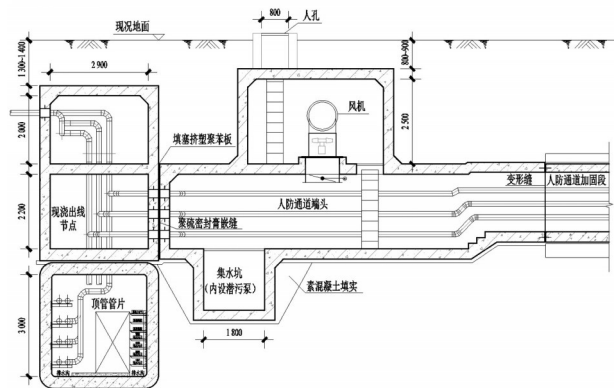


图10 人防通道与综合管廊连接剖面

Fig.10 Cross section of connection between civil air defense channel and utility tunnel

由于人防通道与新建综合管廊之间不具备人员通行功能,因此在两者连接处设置排风口、安全出口[图2(b)相交处的分支口],兼顾通风和人员逃生功能。

通过对原有人防通道结构的加固改造,其抗力级别可达《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—2005)的甲类六级。通过增设功能单体、强弱电系统、消防系统、通风系统等,接近废弃的人防通道作为综合管廊重获新生。经改造后,采用智能监测系统对管廊的入侵管理、消防报警、内部环境、管廊结构健康等进行全面监测,可保证管廊本体及廊内管线安全受控。

3 结语

① 随着高校的扩招和校园基础设施升级更新的需要,综合管廊作为一种集约化程度高、功能齐全、运行稳定的市政基础设施,布设于空间局促的校园内已逐步成为一项优选方案。

② 高校的建设年代普遍较早,其中部分高校留存有早期建设的人防通道,如果能够在校园基础设施更新改造时加以利用,则可有效提升项目

效益。

③ BIM协同设计管理平台的文档管理、模型传递、轻量化浏览以及协同设计流程保证了各专业互提设计条件的准确性和规范性,使得各专业在同一平台协同工作,专业配合度更高、模型整合更便捷,还能为施工方提供直观的施工指导。

参考文献:

- [1] 张春杰,田彦法,张帆. 聊城古城区综合管廊设计[J]. 给水排水, 2018, 44(4): 113-118.
ZHANG Chunjie, TIAN Yanfa, ZHANG Fan. Analysis of the design of utility tunnel in Liaocheng City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(4): 113-118 (in Chinese).
- [2] 孙明亮. 改废弃防空洞为综合管廊的探索[J]. 市政技术, 2017, 35(4): 138-140, 194.
SUN Mingliang. On transforming abandoned air raid shelter to utility tunnel [J]. Journal of Municipal Technology, 2017, 35(4): 138-140, 194 (in Chinese).
- [3] 杨冬虎. 高校园区人防通道与综合管廊综合利用探讨[J]. 智能建筑与智慧城市, 2016(2): 69-71.
YANG Donghu. College campus civil air defense channel and comprehensive utility tunnel comprehensive utilization discussion [J]. Intelligent Building & Smart City, 2016(2): 69-71 (in Chinese).
- [4] 徐爽,高聪聪,王晓丽,等. 雄安新区雄东片区综合管廊工程总体设计[J]. 中国给水排水, 2024, 40(10): 81-85.
XU Shuang, GAO Congcong, WANG Xiaoli, et al. Overall design of utility tunnel project in Xiongdong District of Xiong'an New Area [J]. China Water & Wastewater, 2024, 40(10): 81-85 (in Chinese).
- [5] 邓钦祖,彭洪,刘钟文,等. 小城市地下综合管廊规划研究——以蓬溪县为例[J]. 中国给水排水, 2023, 39(18): 55-60.
DENG Qinzhu, PENG Hong, LIU Zhongwen, et al. Study on underground utility tunnel planning in small city: taking Pengxi County as an example [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(18): 55-60 (in Chinese).
- [6] 于丹. 复杂环境下的综合管廊设计难点及优化方案[J]. 中国给水排水, 2023, 39(10): 90-94.
YU Dan. Design difficulties and optimization scheme of utility tunnel in complex environment [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(10): 90-94 (in Chinese).
- [7] 夏洪薇,郭路伟,龙博. 复杂地下空间结构中综合管廊优化设计探讨[J]. 中国给水排水, 2018, 34(16): 69-72.
XIA Hongwei, GUO Luwei, LONG Bo. Discussion on optimal design of utility tunnel with complex underground space construction conditions [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 69-72 (in Chinese).
- [8] 钟炜,李志勇,万振东. 基于BIM的综合管廊交互设计与协同管理应用[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 104-108.
ZHONG Wei, LI Zhiyong, WAN Zhendong. Interactive design and collaborative management application of utility tunnel based on BIM [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 104-108 (in Chinese).
- [9] 段中哲,隋杰英. 早期人防工程常见安全隐患及加固措施[J]. 低温建筑技术, 2021, 43(10): 146-149.
DUAN Zhongzhe, SUI Jieying. Common hidden dangers and reinforcement measures of early civil air defense projects [J]. Low Temperature Architecture Technology, 2021, 43(10): 146-149 (in Chinese).

作者简介:张桐(1989-),男,吉林长春人,本科,工程师,主要从事市政给排水及综合管廊工程设计工作。

E-mail:zhangtong@bmedi.cn

收稿日期:2023-12-08

修回日期:2024-03-19

(编辑:沈靖怡)