

基于乌鲁木齐市某综合管廊项目的相关设计问题探讨

张海银

(上海市政工程设计有限公司, 上海市 200092)

摘要:自2012年以来,综合管廊工程建设在乌鲁木齐市得到了大力推进,规划近550 km的综合管廊,目前已建成管廊长度达数十公里。因工程特点、地质情况、边界条件的不同,新的项目在建设过程中会遇到新的问题。基于乌鲁木齐市某综合管廊工程实例,对设计过程中的相关问题进行探讨。主要提出诸如两舱管廊投料口的新做法、标准段支座处的纵筋锚固问题、下穿新建车行地道时的管廊受力问题、临近高架桥引道挡墙引起的管廊附加荷载等问题,通过分析得出相应的解决方案。

关键词:综合管廊;设计;投料口;锚固;下穿;附加荷载

中图分类号: U459.9

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)04-0213-04

0 引言

地下综合管廊因其集约化容纳各类管线,避免了由于单独敷设和维修地下管线频繁挖掘道路而对交通和居民出行造成影响和干扰。综合管廊内管线布置紧凑合理,有效利用了城市地下空间,节约城市用地,美化城市环境。综合管廊是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”,在对满足民生基本需求和提高城市综合承载力方面发挥着重要作用。作为国家“一带一路”发展战略的核心地区,乌鲁木齐市响应国家相关政策,大力投资发展综合管廊建设,积累了诸多经验。但因工程地质、项目特点、边界条件等不同,新的项目在建设过程中也会面临新的问题。诸如投料口常规设计为每个舱室上方均设置相互独立的投料口部,一定程度上增加投资及设计难度,且出地面的可开启盖板也会对城市景观产生诸多不利影响;随着城市地下空间的进一步开发,综合管廊与隧道、地铁等地下建(构)筑物临近或交叉的情况也会越来越多,在进行结构设计时受力如何考虑等。论文依托具体工程实例,对相关设计问题提出解决方案,以为类似工程项目提供参考借鉴。

1 工程概况

拟建综合管廊工程位于乌鲁木齐市经济技术开发区,是与道路、桥梁等同步建设的综合管廊工程。

管廊总长度约11.3 km,采用两舱矩形断面,舱室划分为电力舱、综合舱,入廊管线有给水、中水、电力、通信等四类管线,如图1所示。管廊标准段结构外尺寸为6.1 m×4.2 m,基底埋深约8.0 m。管廊沿线除标准段外还设置了通风口、投料口、人员出入口、引出口、交叉口、端头井、变电所、消防泵房等非标节点。管廊基本位于60 m宽度的道路红线范围内,并布置在道路北侧绿化带及机动车道下。

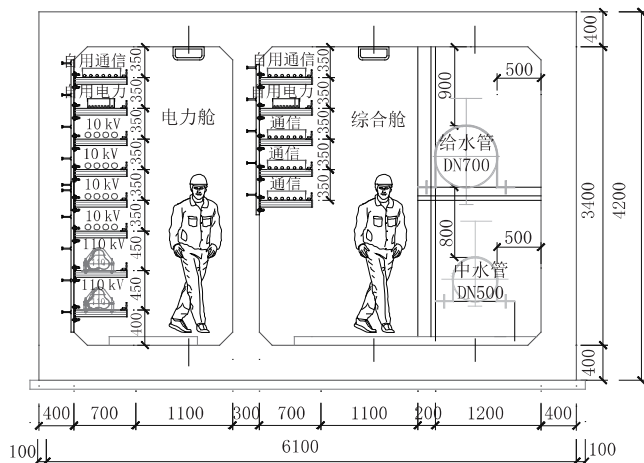


图1 综合管廊标准断面图(单位:mm)

2 管廊投料口的新做法

综合管廊投料口的常规做法为在每个舱室上方均设置一个独立的地面投料口,地面投料口需设置于绿化带或人行道范围内以便安装及检修,如图2所示。给水、中水等成品管道的管节长度为8~10 m(产权单位提供),因此需要开设上下对齐的较大洞口。按照常规做法,该类型的投料口存在如下问题:(1)较长较长的地面投料口对绿化带或人行道景观效果产生

收稿日期:2020-12-08

作者简介:张海银(1988—),男,硕士,工程师,从事地下结构工程设计工作。

更多不利影响,口部设置于人行道下会因拆除及恢复人行道铺装而增加后期检修的成本。(2)因平行的上下开长洞导致顶板、中板对侧墙的约束减弱,按照《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》(CECS138—2002)^[1]6.1.4条,经计算包括该工程在内的多数管廊均不满足当 $n_g \geq m^4(H_B/b)$ 时开洞顶板或中板可作为侧墙不动铰支承的条件,即需按照弹性支承考虑,此时计算出的侧墙受力结果偏大,纵、横向配筋均需加强。

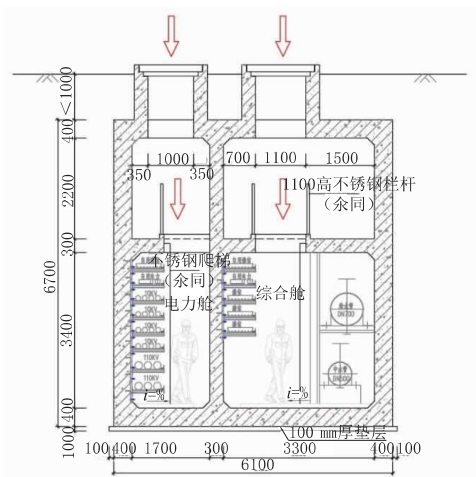


图2 投料口横断面示意图A(单位:mm)

鉴于以上问题,本文提出了投料口的新做法,地面仅在绿化带内保留一个投料口部,各类管线均通过该口部下料,非垂直下方的管材则通过在中板上进行横向运输后再行下料(如图3所示),至于防火分区的问题则可以通过在中板上方加设防火盖板来解决。该投料口做法能够有效减小地面口部对景观及后期运维的不利影响,同时顶板一侧能对侧墙起到有效支承,经计算,该投料口的配筋量及混凝土用量均有所减少,相比常规做法更经济合理。该投料口的做法目前已应用到多个工程项目中。

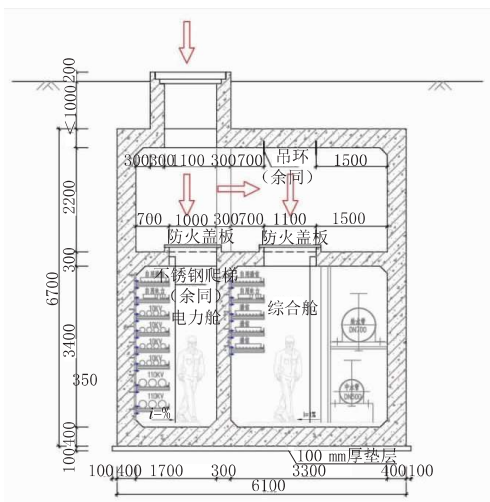


图3 投料口横断面示意图B(单位:mm)

3 标准段支座处的纵筋锚固

综合管廊的标准段支座处的纵向受力钢筋锚固问题是在设计过程中遇到并值得讨论的问题,综合管廊的结构模型类似于城市车行地道,属于矩形单孔或多孔闭合框架。不同在于其外荷载、结构高度、跨度均相对较小,因此顶底板、侧墙等结构厚度也相对较小,常规的市政综合管廊顶底板及侧墙厚度约300~500 mm。本文管廊设计壁板厚度为400 mm,受拉钢筋基本锚固长度 $l_{abE}=33d$,按照国家规范及相关图集的要求,支座处纵筋锚固采用直锚显然不能满足要求,必须通过弯锚形式,但弯锚的平直段长度是否能满足锚固的强度和抗滑移刚度值得探讨。

综合管廊属闭合框架结构,顶、底板与侧墙之间的连接类似于90°折梁的节点连接,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015版)^[2]中9.3.7条顶层端节点梁柱连接与之原理相同。梁、柱端均主要承受负弯矩,该节点外侧钢筋不是锚固受力,而属于搭接力问题(图4和图5中为规范给出的两种搭接方式,图4为搭接接头沿顶层端节点外侧及梁端顶部布置,图5为搭接接头沿节点外侧直线布置)。若采用常规的梁锚柱做法,将无法保证节点区的搭接力从而无法发挥所需的正截面受弯承载力。因此在管廊顶、底板与侧墙支座处的外侧纵筋连接可以理解为通过搭接的方式进行互锚,类似于《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》(CECS138—2002)^[1]7.1.11条指出的水池池壁拐角处的钢筋应有足够长度锚入相邻池壁内。

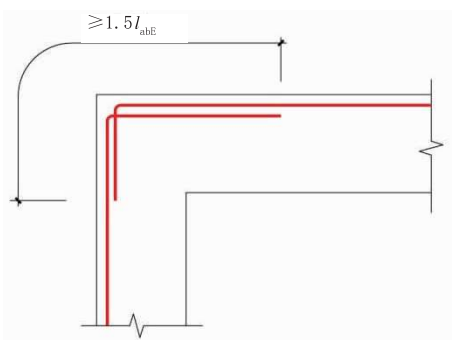


图4 搭接接头方式a

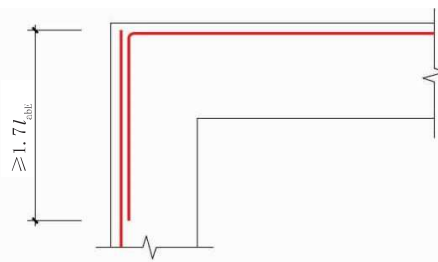


图5 搭接接头方式b

针对以上问题,本文针对综合管廊的设计特点提出一种解决方案。考虑到多数市政综合管廊的结构高度及跨度均不大,单个舱室的净高及净宽均在2.0~5.0 m 范围内。在进行管廊外侧受力钢筋配筋设计时,并不需要进行分段配筋,可采用通长配筋,然后将顶、底板及侧墙的外侧纵筋焊接成环,既解决了支座节点处的连接问题,也方便现场施工。同时,为了让水平段黏结锚固和弯弧-垂直段挤压锚固双管齐下以达到锚固强度及抗滑移刚度的要求,需控制平直段最小长度 $\geq 0.4 l_{abE}$ 。若平直段长度不够,则可通过增加壁板厚度或在保证配筋面积的前提下调小钢筋直径减少钢筋间距的方式来解决。

4 管廊下穿新建车行地道时的受力

拟建综合管廊需下穿新建双向八车道的车行地道,位置关系如图 6 所示,综合管廊与上部车行地道竖向净距为 1.0 m。该工程地道为常规单箱双室断面,在进行地道结构设计时需要验算承载力是否满足,利用 Midas Civil 有限元软件进行计算(地基基床基数采用地勘建议值取 $K=$ 值 60 000 kN/m³)得出如图 7 所示基底压力图。

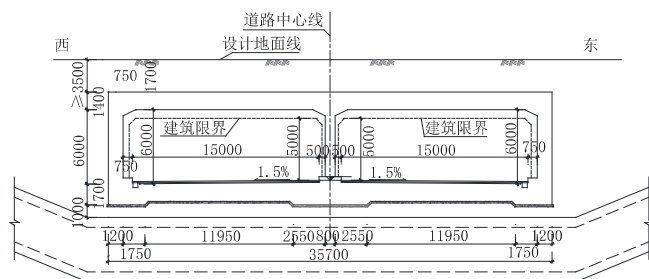


图 6 综合管廊下穿新建车行地道示意图(单位:mm)

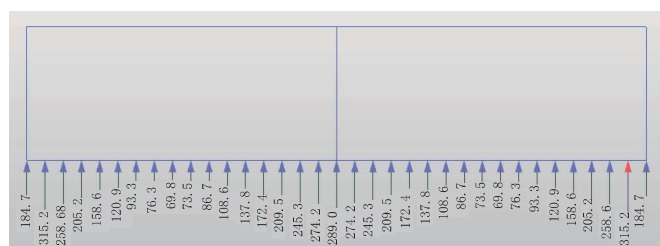


图 7 车行地道基底压力计算结果(单位:kPa)

从图 7 中可以看出,基底压力在地道侧墙及中隔墙处存在应力集中,中隔墙处基底压力为 289.0 kPa,而基底深度处等厚土体的压力约为 252.0 kPa。对比两个数据可知,若在进行下穿管廊的

受力计算确定恒载时直接采用上覆土厚度对应荷载来考虑,则计算结果偏不安全。在以上计算结果基础上延伸考虑,相同条件下采用不同的基床系数计算地道基底压力,得出如表 1 的结果,对比中隔墙处的基底压力,可知基床系数越小,基底压力越趋近于平均压力,基床系数越大越容易产生中隔墙和侧墙底的应力集中。对于乌鲁木齐市乃至大多新疆地区的地质情况,地基土承载力较高,基床系数较大,基底压力的应力集中现象相对亦更加明显,故遇到类似工程情况,在进行管廊结构受力计算时,建议考虑地道基底局部压力的不利影响,并与上覆土重按照最不利情况进行设计。

5 临近高架桥引道挡墙引起的管廊附加荷载

该工程设计了一条跨越现状公路及铁路的高架桥,因道路红线宽度有限等边界条件的限制,在进行桥梁和管廊平面布置时,不可避免的产生了如图 8 所示的二者临近的情况。常规高架桥桥台前会设置一段引道挡墙,高度约 2.0~4.0 m。若管廊与挡墙足够近,则在管廊结构设计时需考虑挡墙和墙后填土及路面车载引起的附加恒、活载作用。

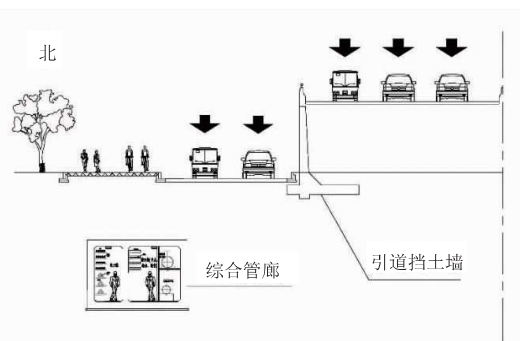


图 8 综合管廊临近引道挡墙示意图

关于局部附加荷载的规范取值,《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013)^[3]附录 B.0.2 条及《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—2012)^[4]3.4.7 条的计算方法较为相似,区别在于附加荷载的扩散角取值有所不同。前者与土力学^[5]保持一致,即扩散角 $\theta+45^\circ\frac{\rho}{2}$,后者取值角 $\theta=45^\circ$ 。对于该工程中的扩散角取值做如下分析,场地地层情况自上而下依次为素填土①、圆砾层②、卵石层③,素填土层厚 1.5~8.2 m,主要由粉土、圆砾组成,混少量建筑垃圾

表 1 不同基床系数对应的地道中隔墙基底压力

基床系数 $K/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	1 000	20 000	40 000	60 000	8 0000	100 000
中隔墙处基底压力 /kPa	174.9	219.7	258.4	289.0	313.8	334.6

和生活垃圾,部分地段植物根系发育,因为其成分相对复杂,通常地勘报告中对首层素填土或杂填土等的力学性能指标不予描述。因此表层土综合内摩擦角只能依据经验来取值,取值是否合适较难判定;同时考虑到土压力计算是个比较复杂的问题,土压力计算方法的假定均要满足相应的边界条件,例如围护桩侧土压力,若桩顶位置较低时,将桩顶以上土层的自重折算成荷载后计算的土压力会明显小于这部分土实际产生的土压力。因此,本文考虑对附加荷载的扩散角取值进行适当放宽,即按照 45° 来计算,总体偏安全。

通过以上分析,结合该次工程案例确定临近高架桥引道挡墙对管廊产生的侧向附加荷载,可按式(1)进行计算:

$$\Delta\sigma_k = K_a \cdot q_L \quad (1)$$

式中: $\Delta\sigma_k$ 为侧向附加荷载标准值, kN/m^2 ; K_a 为主动土压力系数; q_L 为局部均布荷载标准值, kN/m^2 。

该项目桥梁宽度为13.5 m,引道挡墙范围荷载可按照平均均布荷载考虑,不考虑挡墙基底的局部压应力;挡墙最大高度4.0 m,墙后填土容重约 21 kN/m^3 ;管廊与挡墙的净距 $a=5.0 \text{ m}$; $h=3.5 \text{ m}$; $H=4.2 \text{ m}$; K_a 取值0.4;可计算得出引道挡墙恒载对管廊引起的附加荷载如下,活载引起的附加荷载计算方法类似。

$$q_L = 21 \times 4 = 84 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_k = K_a \cdot q_L = 0.4 \times 84 = 33.6 \text{ kN/m}^2 \quad (2)$$

$$\Delta h = H - (a - h) = 4.2 - (5.0 - 3.5) = 2.7 \text{ m}$$

侧向附加荷载在管廊侧墙上的作用范围,如图9所示,通过几何知识可得出作用范围 Δh 会随 a 值的变化而变化。

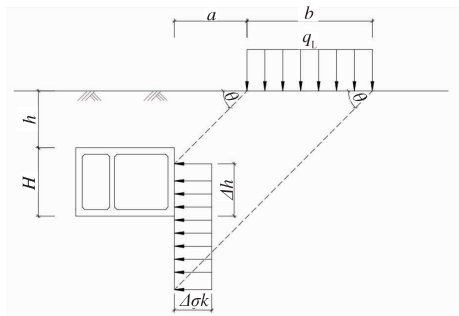


图9 附加荷载示意图

$$\begin{aligned} \Delta h &= H & (0 \leq a \leq \frac{H}{\tan \theta}) \\ H > \Delta h \geq 0 & & (\frac{H}{\tan \theta} > a \leq \frac{H+h}{\tan \theta}) \\ \Delta h &= 0 & (a > \frac{H}{\tan \theta}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中: Δh 为管廊上侧向附加荷载的作用高度范围,m; H 为管廊标准段结构外尺寸高度,m; a 为引道挡墙与管廊结构的净距,m; h 为管廊顶板覆土厚度,m; θ 为附加荷载的扩散角, $^\circ$,取 $\theta=45^\circ$ 。

6 结 语

本文基于乌鲁木齐市某综合管廊工程实例,对设计过程中的相关问题进行探讨,提出相应的解决方案,为后续类似工程提供参考借鉴,主要结论如下:

(1)对两舱及以上综合管廊,提出一种新的投料口做法,出地面口部仅保留一个开洞,通过中板上横向运输的方式实现全部管线的投料,该做法可有效减小地面口部对道路景观及管廊后期运维的影响,同时相比常规设计更加经济。

(2)对于综合管廊顶底板与侧墙连接处节点钢筋弯锚平直段不足问题,建议将外侧受力钢筋焊接成环,同时控制平直段最小长度 $\geq 0.4 l_{aE}$,让水平段黏结锚固和弯弧-垂直段挤压锚固双管齐下以达到锚固强度及抗滑移刚度的要求。

(3)综合管廊下穿新建车行地道时,需考虑上方地道在中隔墙或侧墙底基底局部压力对管廊结构受力的不利影响,地基基床系数越大,影响越大。

(4)综合管廊临近高架桥引道挡墙时,需考虑挡墙及墙后土对管廊结构产生的侧向附加荷载,文中提出了相应的计算方法供参考。

参考文献:

- [1] CECS138—2002,给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程[S].
- [2] GB 50010—2010,混凝土结构设计规范(2015版)[S].
- [3] GB 50330—2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- [4] JGJ 120—2012,建筑基坑支护技术规程[S].
- [5] 李广信,张丙印,于玉贞.土力学(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2015.