

古河道区域综合管廊结构设计要点

何承珩,郝峻峰,谢海林,吴祥云

(中铁城市规划设计研究院有限公司,安徽 芜湖 241000)

摘 要:岭西八路综合管廊工程为吉林省公主岭市为适应城市快速发展需求、提升市政建设设计标准而新建的七条管廊之一,调研分析了该管廊的地理位置、场地地质条件及水文地质情况。设计入廊管线包括热力管道、给水管道、再生水管道、电力电缆和通信线缆。根据技术标准,对该综合管廊的平面、纵断面、横断面等总体进行设计;针对管廊处于古河道区域所遇具体问题,详述了基坑支护、管廊配筋、地基、抗浮、防水等结构设计要点。

关键词:古河道;综合管廊;总体;基坑;结构设计

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0252-04

1 工程概况

1.1 项目背景

公主岭市是吉林省省直管市,地处长春与四平两大城市之间,素有中国“玉米黄金带”之美誉。为了使市政基础设施的建设能够适应城市快速发展的需求,提升市政建设标准,结合公主岭市道路新建及改扩建工程、西南净水厂及配套供水管网新建工程、热电联厂及配套管网新建工程、66 kV 高压线入地工程等,在公主岭市新建岭西八路、岭南大街、岭东路、工业大街、新生东路、向前路、河南大街共七条管廊和一座监控中心。公主岭市管廊总体规划如图1所示。



图1 公主岭市管廊总体规划示意图

1.2 建设条件

(1)西南净水厂

收稿日期: 2022-05-23

作者简介: 何承珩(1977—),男,本科,高级工程师,从事桥梁及结构设计工作。

根据公主岭市给水工程专项规划(2014—2030年),拟在城市西南角(岭西八路与102国道交叉口西北侧)新建西南净水厂;近期供水规模为7.0万 m^3/d ,远期供水规模17.0万 m^3/d ;供水主管沿岭西八路、岭南大街由西向东敷设,向岭西新城、老城区以及岭东工业集中区供水。

(2)岭西八路

岭西八路的规划道路红线宽度为42 m,道路断面为1块板,机动车道宽度30 m,两侧人行道宽度各6 m,两侧另预留宽度15 m绿化带、具有良好的地下综合管廊实施条件。除公主大街以北尚未建成外,其余大部分均已建成。

(3)工程地质

拟建场区为农田,地势较平坦,属于东辽河河谷平原地貌单元。拟建场地自上而下可划分为六个岩土层,分别为①层耕填土,②层粉质黏土,③层淤泥质粉土,④层中粗砂,⑤层强风化泥质砂岩,⑥层中风化泥质砂岩。对管廊建设影响较大的岩土层主要为:

③层淤泥质粉土:该层在场内广泛分布,流塑~软塑,承载力较低,压缩性较高,工程性质较差,属透水层,开挖易出现渗水和流动;

④层中粗砂:该层在场内广泛分布,中密,承载力较高,压缩性较低;该层属于透水层,开挖易出现渗水坍塌现象,在动水作用下会产生涌水流砂;

⑤层强风化泥质砂岩和⑥层中风化泥质砂岩:该层在场内广泛分布,承载力较高,压缩性较低,工程性质较好。

(4)水文地质

地下水可分为上层滞水、第四系孔隙式潜水和基

岩裂隙水。上层滞水赋存于①层耕填土内,主要接受大气降水和生产生活渗透水补给,排泄以蒸发为主,水量有限。孔隙潜水主要赋存于③层淤泥质粉土和④层中粗砂中,由于②层粉质黏土为相对隔水层,故具微承压性,以邻近水系侧向补给为主,透水性较好、水量较大,该工程管廊主要受其影响。基岩裂隙水主要赋存于⑤层强风化泥质砂岩和⑥层中风化泥质砂岩,该类型含水层因构造和岩性的差异,具有条带性和分布不均匀的特点,主要接受上部第四系孔隙水下渗补给,具微承压性,富水程度取决于裂隙发育程度及开张度。

1.3 入廊管线

岭西八路为新建支线综合管廊,总长度约 1 580 m,入廊管线包括:热力管道(供水和回水, DN600 mm)、给水管道(DN1400 mm 和 DN1000 mm)、再生水管道(预留, DN400 mm)、电力电缆(66 kV 和 10 kV)、通信线缆(9 孔)。

2 总体设计

2.1 主要技术标准

- (1)管廊等级:支线综合管廊;
- (2)设计荷载:覆土荷载按实取用,活荷载按超载 20 kPa 选取;
- (3)裂缝控制等级:三级,最大裂缝宽度限制 $\leq 0.2\text{ mm}$ 且不得贯通;
- (4)抗浮安全系数: ≥ 1.05 ;
- (5)结构防水等级:二级。

2.2 平面设计

(1)平面设计要点
综合管廊平面设计要点如下:管廊位置应与道路规划及现状横断面相匹配,尽量布置在规划管廊位置或绿化带范围内;管廊位置应布置在道路两侧地块对公用管线需求量较大、接出管线长度较短、对两侧建筑物影响较小等的一侧位置;管廊位置应满足与道路规划及现状管线的衔接、交叉等要求;管廊位置应满足露出地面的各型节点段与道路功能、景观等相结合。

(2)管廊平面设计
岭西八路规划红线宽度 42 m,两侧另预留宽度 15 m 绿化带,管廊结构外轮廓尺寸约 7.9 ~ 9.4 m。目前城市开发主要位于岭西八路东侧,将管廊布置在道路东侧绿化带内。岭西八路管廊定位如图 2 所示。

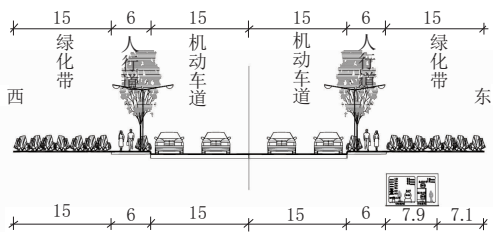


图 2 岭西八路管廊定位图(单位:m)

2.3 纵断面设计

(1)纵断面设计要点
综合管廊纵断面设计要点如下:管廊纵断面总体走势与道路纵断面基本保持一致;管廊埋深(即管顶覆土厚度)应满足道路绿化带的种植覆土厚度要求、管廊结构抗浮要求、管廊与主要横穿管线的立体交叉、管廊各型节点段的人员操作及设备安装所需要空间。

(2)管廊纵断面设计
管廊最小纵坡 0.3%;管廊标准段的覆土厚度约 3 m,管廊各型节点段的覆土厚度 $\geq 0.5\text{ m}$;交叉口倒虹段在道路交叉口范围内,为避让管径较大、埋深较深的管线,道路路面至管廊顶面的覆土厚度约 4 ~ 4.5 m;过河倒虹段在规划河床底至管廊顶面的覆土厚度约 1.5 m。

2.4 横断面设计

(1)横断面设计要点
综合管廊横断面设计要点如下:管廊横断面应根据入廊管线的种类、规模、预留空间等确定;管廊横断面应满足管线安装、检修、维护作业所需要的空间要求;内部净高不宜小于 2.4 m;检修通道净宽,双侧设置支架或管道时 $\geq 1.0\text{ m}$,单侧设置支架或管道时 $\geq 0.9\text{ m}$,设置检修车道时 $\geq 2.2\text{ m}$ 。

(2)横断面平面设计
岭南大街以北段:两舱断面;综合舱净尺寸宽 $\times$ 高为 4 000 mm $\times$ 4 000 mm,热力专用舱净尺寸宽 $\times$ 高为 2 800 mm $\times$ 4 000 mm;北段管廊标准横断面如图 3 所示。

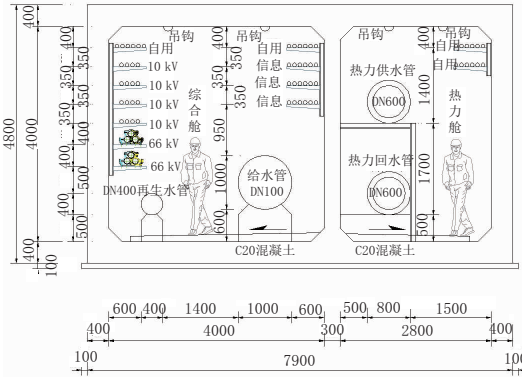


图 3 岭西八路管廊(岭南大街以北)标准横断面图(单位:cm)

岭南大街以南段:两舱断面,综合舱净尺寸宽 $\times$ 高为 $4\,000\text{ mm}\times 4\,000\text{ mm}$,供水专用舱净尺寸宽 $\times$ 高为 $4\,300\text{ mm}\times 4\,000\text{ mm}$;南段管廊标准横断面如图4所示。

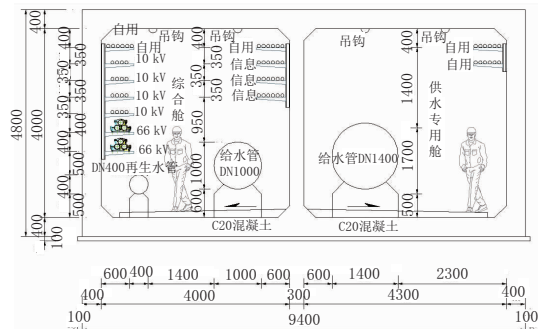


图4 岭西八路管廊(岭南大街以南)标准横断面图(单位:cm)

3 基坑支护设计

管廊平面位置紧邻岭西八路已建道路,管廊基坑开挖深度较大(平均约 8 m),基坑开挖深度范围内主要为古河道沉积的③层淤泥质粉土和④层中粗砂,两者总层厚较大且工程性质较差(属透水层,开挖易出现渗水、流动、坍塌等现象),施工现场不具备放坡开挖条件、需采用支护型式。

3.1 支护设计

管廊基坑采用明挖顺做法施工,基坑支护型式可在钢板桩和钻孔灌注桩之间进行选取。

(1)钢板桩支护:属于柔性支护。地质情况存在较为不利困难:首先,基坑开挖深度较大,且开挖范围内大部分为工程性质较差的③层淤泥质粉土和④层中粗砂,由其产生的水土压力较大,柔性钢板桩即使增加水平支撑也很难控制变形;其次,下方⑤强风化泥质砂岩厚度薄、⑥中风化泥质砂岩埋深浅且硬度较大,钢板桩无法打入岩层足够深度,支护底部难以形成足够嵌固长度;根据基坑验算结果,基坑的整体稳定性、抗倾覆稳定性、嵌固深度构造等验算均无法通过。

(2)钻孔灌注桩支护:为克服上述两点困难,采用刚度较大且可钻入岩层足够深度的钻孔灌注桩支护,单排桩设计,桩径 $D\,1000\text{ mm}$,标准桩距 $1\,200\text{ mm}$,平均桩长约 20 m 。桩顶设置截面尺寸 $1\,000\text{ mm}\times 800\text{ mm}$ 钢筋混凝土冠梁。根据基坑深度和宽度,冠梁位置设置一排钢管支撑或混凝土支撑;钢管规格 $609\text{ mm}\times 16\text{ mm}$;混凝土支撑截面尺寸 $800\text{ mm}\times 800\text{ mm}$ 。基坑支护如图5所示。

3.2 止降水设计

管廊主体结构混凝土施工需保证在无水状态下

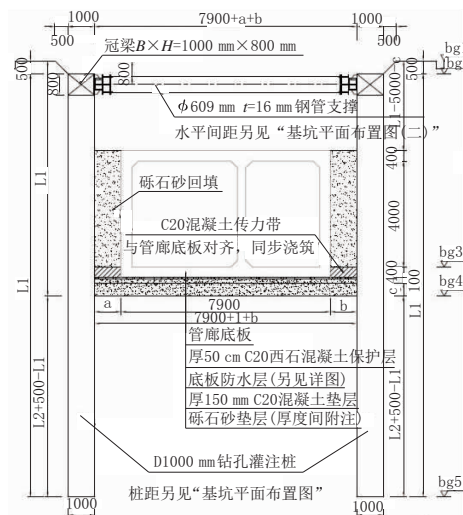


图5 基坑支护示意图(单位:cm)

进行;受古河道及附近区域汇水等影响,并叠加2016年夏季的东北地区大范围持续降雨及洪峰影响,本工程基坑开挖时的出水量大,需采取止水或降水措施,施工现场采用试验段分别进行效果比较:

(1)止水方案(高压旋喷桩):在相邻两根钻孔灌注桩之间 200 mm 空档后侧设置高压旋喷桩进行止水,桩身穿过透水层、桩底进入⑥中风化泥质砂岩顶面。根据现场试验情况,基坑侧面勉强能够止水,但水流仍通过基坑底部大量冒出,且出水量和水压均很大,约 1 h 即灌满基坑,无法达到预想效果。

(2)降水方案(井点降水):结合止水方案暴露现场问题,轻型井点降水已无法满足要求,故采用降水效果更强的无砂管井降水(俗称“大头井”)。先采用钻机成孔、再逐节沉入侧壁带滤孔的直径 550 mm 预制管节,采用大泵抽水。基坑平均宽度约 $10\sim 12\text{ m}$,在基坑两侧对称设置降水井,纵向间距约 10 m ,井底进入不透水层并持续抽水,且保持降水期间的水线位于基坑底面以下 $\geq 0.5\text{ m}$ 。经试验降水效果良好、达到预期效果。管井降水如图6所示。



图6 管井降水图

4 主体结构设计

4.1 结构配筋设计

管廊标准段构造尺寸为:顶底板厚度 400 mm ,

边腹板厚度 400 mm,中腹板厚度 300 mm,倒角尺寸 250 mm×250 mm。取纵向单位长度 1 m 进行计算分析;计算荷载和荷载组合按规范取用;边界条件的土弹簧支承作用按基床系数进行计算并采用单向受压弹簧单元进行模拟。管廊标准段截面计算简图如图 7 所示。

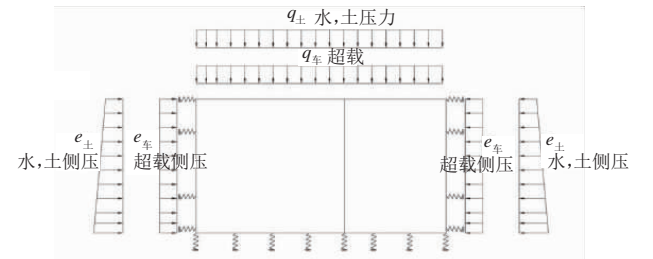


图 7 管廊标准段截面计算简图

框架结构计算结果表明:除个别截面由强度控制外,其余均为裂缝宽度控制;主要控制截面为顶底板的跨中截面和支点截面,裂缝宽度均 ≤ 0.2 mm。主要计算内力的基本组合弯矩包络图如图 8 所示。

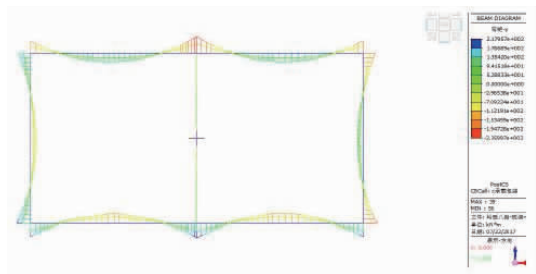


图 8 基本组合弯矩包络图(单位:kN·m)

4.2 结构地基设计

选取管廊标准段、基底受力较大的倒虹段进行地基承载力验算。

管廊地基承载力计算结果见表 1,由上表可见:地基承载力特征值>基底应力,即在未计入地基承载力特征值的深度修正提高值情况下、也能满足规范要求;故未对地基进行大范围的特别处理,现场实际施工时,仅对个别地层起伏位置,将基底范围内的③层淤泥质粉土、④层中粗砂表层性能较差者全部清除,换填为砾石砂垫层。

表 1 管廊地基承载力计算结果表

名称	填土高度 /m	地面超载 /kPa	基底应力 /kPa	基底持力层	地基承载力特征值 /kPa
标准段	3.5	20	130	④层中粗砂	180
倒虹段	5.5	20	161	④层中粗砂	180

4.3 结构抗浮设计

管廊结构抗浮分为施工阶段和运营阶段。

(1)施工阶段:降水后基坑内水位应低于基坑底

面以下 ≥ 0.5 m,且特别注意降水过程应连续不间断进行,管廊施工完毕、基坑回填和管廊顶面覆土回填完成后方可停止降水,以防止施工期间管廊结构上浮。

(2)运营阶段:最不利地下水位标高取原地面以下约 1.5 m;抗浮计算时计入管廊结构自重、管廊顶面细石混凝土保护层、管廊顶面覆土等荷载,但不计管廊内部管线和设备自重。

管廊抗浮计算结果见表 2,由上表可见:抗浮安全系数均 >1.05 满足规范要求;对抗浮计算影响较大的有利因素为管廊顶面覆土厚度,不利因素为管廊结构挖空率;当管廊顶面覆土厚度较小、且管廊结构挖空率较大时,管廊抗浮计算最不利应特别注意。

表 2 管廊抗浮计算结果表

名称	排水体积 /m ³	上浮力 /kN	管廊结构 /kN	混凝土保护层 /kN	覆土 /m	抗浮安全系数
标准段(延米)	37.9	379	284	13	427	1.91
通风口	1 230.6	12 306	10 478	462	2 228	1.07
吊装口	643.8	6 438	5 298	175	1 334	1.06
分变电所	543.4	5 434	4 717	196	1 272	1.14

4.4 结构防水设计

综合管廊应满足防水二级标准,该工程位于古河道区域,防水要求较高,故对主体结构和重点部位进行多重防水设计。管廊横断面防水设计如图 9 所示。

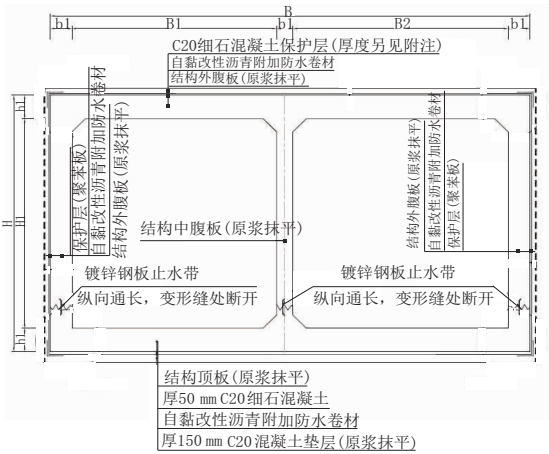


图 9 管廊横断面防水设计图(单位:mm)

(1)主体结构防水

混凝土自防水为主:管廊结构采用抗渗等级 P8 的自防水混凝土。

外表面附加防水层:外表面采用粘结剥离强度高、延伸性好的自粘性橡胶沥青防水卷材,双层铺设、每层厚度 3 mm。其作用类似于给管廊结构“穿件雨衣”,与防水混凝土主体组合为刚柔材质的两道防

(下转第 264 页)

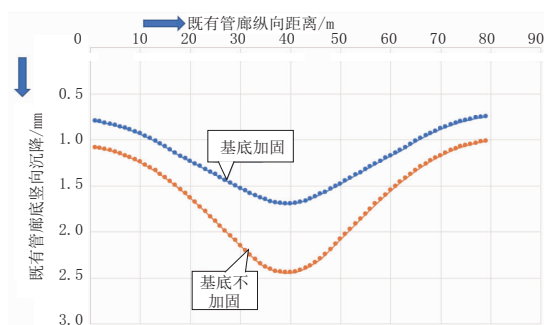


图 13 既有管廊底竖向位移图

4 结 语

(1)城市超小净距浅埋暗挖法隧道在开挖前宜采用地层预加固技术,一方面在于控制地下水,另一方面在于增加掌子面土体的自稳和成拱能力。尤其应重视邻近既有结构下地基土的加固,在条件允许的情况下,先期建设管廊可在交叉段两端加固地基土或设置桩基,形成门式框架保护系统,以尽量减少后期近接施工的影响。

(2)应重视超前管棚的施做,短管棚方案在临近

管棚末端时,其力学机理更贴近于悬臂梁模式,而长管棚方案由于地基土的约束,更贴近于简支梁,因此在位移控制严格的近接施工中,建议采用长管棚方案。

(3)城市松软土地区采用浅埋暗挖施工时,宜采用正台阶环形开挖预留核心土法,尽量减少分块大小和进尺尺寸,并缩短台阶,尽早使初支封闭成环。

参考文献:

- [1] 刘招伟,杨世武. 杭州某市政隧道过既有铁路暗挖施工技术[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(3): 353-357.
- [2] 伍振志,傅志锋,王静,等. 浅埋松软地层开挖中管棚注浆法的加固机理及效果分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(6): 1026-1029.
- [3] 王梦恕. 隧道工程浅埋暗挖法施工要点[J]. 隧道建设, 2006, 26(5): 1-4.
- [4] 齐震明,李鹏飞. 地铁区间浅埋暗挖隧道地表沉降的控制标准[J]. 北京交通大学学报, 2010, 34(3): 118-121.
- [5] 王剑晨,张顶立,张成平,等. 浅埋暗挖隧道近距施工引起的上覆地铁结构变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(1): 91-97.

(上接第 255 页)

水防线。卷材防水层在阴阳角处作成 45° 折角,并在转角、阴阳角等特殊部位增贴一层卷材。顶板保护层采用 C20 细石混凝土,外腹板保护层采用聚苯板,底板保护层采用 C20 混凝土。

内表面附加防水层:采用水泥基渗透结晶型防水涂料,用量不得少于 1.5 kg/m^2 ,且厚度不应小于 1.2 mm 。

(2)重点部位防水

纵向变形缝:各现浇节段之间变形缝宽度 30 mm ,采用多级防水措施;中间设置兜绕成封闭环的中埋式钢边橡胶止水带;外侧设置铺设于底板垫层上并沿外腹板上翻至顶板的外贴式橡胶止水带,并与顶板外侧设置的双组份聚硫密封胶嵌缝相衔接;内侧设置双组份聚硫密封胶嵌缝;缝隙采用丁腈软木橡

胶板进行填充。

水平施工缝:采用钢板止水带设置于缝中的方法发挥其止水的作用。

5 结 语

岭西八路综合管廊处于古河道区域,建设期间遇到诸多挑战,积累了基坑支护、管廊配筋、地基、抗浮、防水等结构设计经验,可供今后类似工程参考。

参考文献:

- [1] 曹彦龙. 城市综合管廊工程设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018.
- [2] 王恒栋. 综合管廊工程理论与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2013.
- [3] 王海涛. 理正岩土工程计算分析软件应用- 支挡结构设计 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2017.