

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.10.060

综合管廊下卧溶洞处理方法

李宗阳

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 随着城市的快速发展,综合管廊在城市的正常运行中充当着越来越重要的作用。现针对在溶洞地区综合管廊的安全问题需要进行研究,结合本溪市威宁大街综合管廊工程项目,提出了针对综合管廊跨越溶洞的综合处理方案。其中包括采用注浆填充处理的方案以及管廊底板加固跨越溶洞的方案,并分析提出了两种处理方案的适用条件。对于注浆处理方案,提出了采用单液注浆结合双液注浆的处理方法。对于底板加固,提出了适用于管廊的纵横底梁加固方案。

关键词: 综合管廊;溶洞;注浆加固;底板加固

中图分类号: TU990.3 文献标志码: B 文章编号: 1009-7716(2021)10-0230-03

0 引 言

城市市政公用管线是城市赖以正常运行的生命线^[1],传统的市政公用管线一般松散地敷设在道路的浅层空间内,容易导致管线事故频发,极大地影响了城市的运行安全^[2]。基于我国各类城市管线事故频繁发生的严峻态势,国家决定大力开展城市地下综合管廊项目,因地制宜地建设综合管廊工程。由于我国各地地质情况复杂多变,位于溶洞地区的城市综合管廊,在施工及运营过程中面临着溶洞坍塌的风险^[3],并且综合管廊长度较长,重要性程度较高,需要提出一项对于地下管廊工程在溶洞地区的设计处理方法,可用以解决该地质条件下的结构施工及运营阶段的安全问题。

1 工程概况

现结合本溪市威宁大街综合管廊工程项目分析溶洞处理方式,该项目综合管廊长约 6.0 km,采用平行三舱布置,囊括了燃气、给水、中水、热力、电力及电信管道,管廊断面宽度约 9.1 m,高度约 4.4 m,覆土 2.5 m,管廊结构断面见图 1 所示。

该项目综合管廊下存在卵石层及风化岩层,溶洞见于石灰岩分布区,具体地质特征见表 1 所列。该区域钻孔见洞率 83.8%,线溶洞率 72.2%,单个溶洞高度 0.9~2.5 m,溶洞空间形态复杂,呈串珠状、葫芦

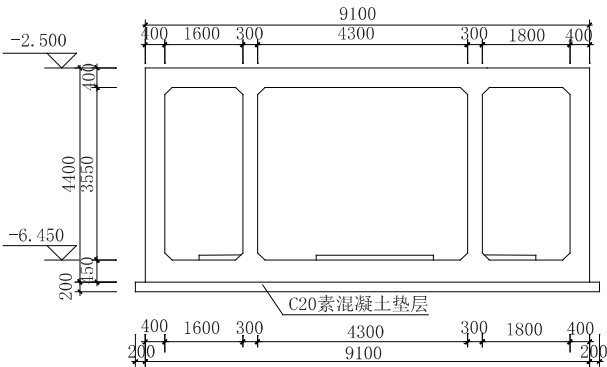


图 1 管廊结构断面图(单位:mm)

状,多为空洞或半填充,含有地下水,可能和地下暗河连通。溶洞沿管廊分布交广,截取部分溶洞示意表示,其局部溶洞平面及纵段位置见图 2 及图 3 所示。

表 1 管廊下地质特征描述一览表

地层名称	特征描述	承载能力 标准值 /kPa
卵石层	杂色,湿-饱和,中密,亚圆形,分选性一般,均匀性差,母岩成份为石英岩、花岗岩、闪长岩等,粒径 20~100 mm,含量 65%左右,充填砂砾	300
中风化石灰岩	灰色,岩芯呈碎块及短柱状,主要矿物成分为方解石,含少量黏土矿物,碎屑结构,块状构造,较硬岩,较破碎,岩石基本质量等级为Ⅳ级	2 500

2 溶洞处理方案比选

虽然规范^[4]中对于建筑荷载作用下溶洞稳定性,以及溶洞处理方法已有规定,但针对综合管廊下溶洞处理有其特殊的地方。首先综合管廊作为市政项目,一般位于城市中心或近郊,围岩条件较差,围岩等级一般为Ⅳ、Ⅴ级,溶洞顶板极限承载能力较低^[5];并且

收稿日期: 2021-01-25
作者简介: 李宗阳(1991—),男,硕士,工程师,从事结构设计工作。

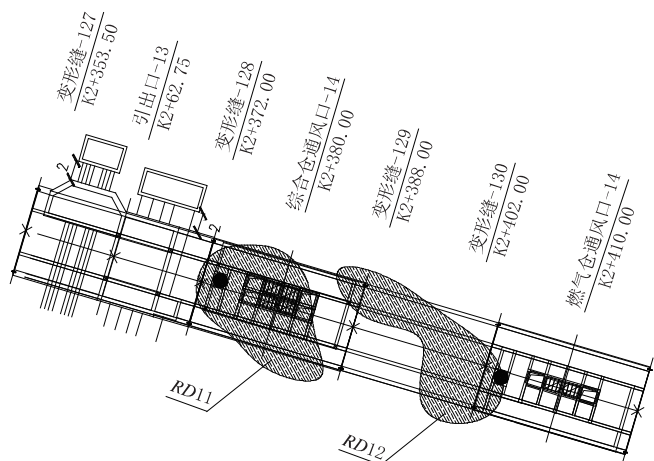


图2 管廊结构断面图

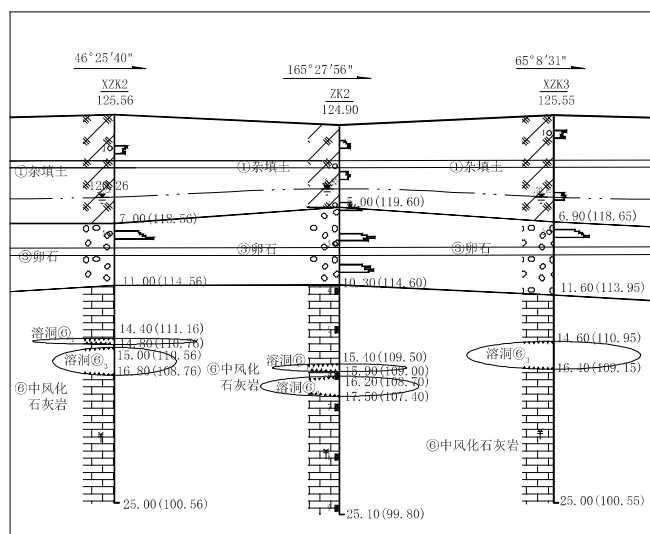


图3 溶洞纵段位置图

综合管廊作为城市生命线工程,管廊使用期间的安全性要求较高;其次综合管廊为长条形结构,内径尺寸较小,为了满足不同管线分舱要求,内部设有中隔墙,因此综合管廊刚度较大。根据以上特点,对于溶洞顶板强度不足,以及对于溶洞沿管廊纵向方向跨度较大的情况,采取溶洞内部单液配合双液的注浆方式进行处理;对于溶洞顶板强度满足且溶洞沿管廊纵向跨度不大的情况,考虑到溶洞在水流影响下会有继续发展的可能性^[3],采取综合管廊设置底梁的方式进行跨越。

溶洞处理方案中,管廊设置底梁的造价要低于溶洞内注浆加固的造价,为节约造价应尽量采用设置底梁跨越溶洞,因此需要判定溶洞顶板厚度是否满足要求,是否需要注浆处理。判定方法有两种^[6],一种为当溶洞顶板坍塌自行填塞所需要的厚度小于管廊底距溶洞的距离时,溶洞洞体可不进行处理;另一种为溶洞顶板抗弯及抗剪承载力满足上部荷载要求,溶洞洞体可不进行处理。

对于顶板为中厚层、薄层,裂隙发育,易风化的岩层,顶板有坍塌可能的溶洞,可按照溶洞顶板坍塌自行填塞判断处理方法,其能达到不影响上部管廊结构的厚度公式如下:

$$H = \frac{H_0}{K-1}$$

式中: H_0 为塌落前洞体最大高度,m; K 为岩石松散(胀余)系数,石灰岩 K 取1.2,黏土 K 取1.05。

对于顶板岩层较为完整,强度较高的溶洞,可按照顶板强度判断处理方法,溶洞顶板抗弯及抗剪强度验算公式如下:

$$\frac{6M}{bH^2} \leq \sigma \quad \frac{4f_s}{H^2} \leq S$$

式中: M 为顶板弯矩,根据顶板裂缝位置可按照固定、简支或者悬臂来计算; H 为顶板岩层厚度; σ 为岩体计算抗弯强度(石灰岩一般为允许抗压强度的1/8); f_s 为支座处剪力; S 为岩体计算抗剪强度(石灰岩一般为允许抗压强度的1/12)。

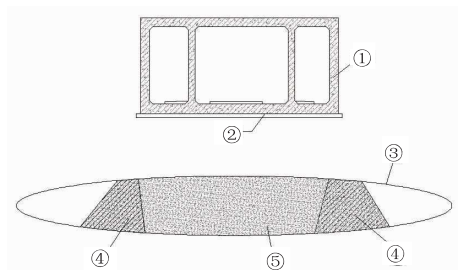
根据以上原则,考虑到石灰岩溶洞在水流的作用下仍然有可能继续发展^[3],即使岩层顶板强度达到强度要求,仍设置底梁进行跨越。该工程当岩层顶板厚度大于等于3 m,且当溶洞沿管廊方向长度小于等于10 m,采用在管廊设置底梁进行跨越,其余情况溶洞进行注浆加固。

3 溶洞洞体注浆加固

化学灌浆分为单液和双液^[7],单液法是指将浆液混合后直接进行灌注;双液法是指先将浆液配置成两部分,在灌注孔处混合再进行灌注。单液注浆通常采用水泥浆液,成本较低,但流失严重,强度也不稳定,尤其对于溶洞内存在流动水,单液法难以固结成型。双液注浆是采用水泥浆溶液及水玻璃溶液混合后生成水泥胶,相较于单液法,双液法的水泥胶凝结速度快、强度提高快,双液在溶洞加固以及基坑堵漏中应用广泛。

该工程考虑到喀斯特地貌下溶洞为成片大面积存在,溶洞内可能存在流动的水,单液法注浆可能失效或者填充量巨大。因此对于体积较小的溶洞,可直接采用双液法进行加固处理;对于体积较大的溶洞,先采用双液法沿管廊结构周边注浆加固形成止浆墙,再采用单液注浆填充止浆墙内剩余部分空间,溶洞加固横断面及平面图详见图4、图5所示。

该工程双液注浆钢管直径为75 mm、壁厚为



1-管廊;2-管廊垫层;3-需处理溶洞;4-双液注浆;
5-单液注浆

图4 溶洞注浆加固横断面图

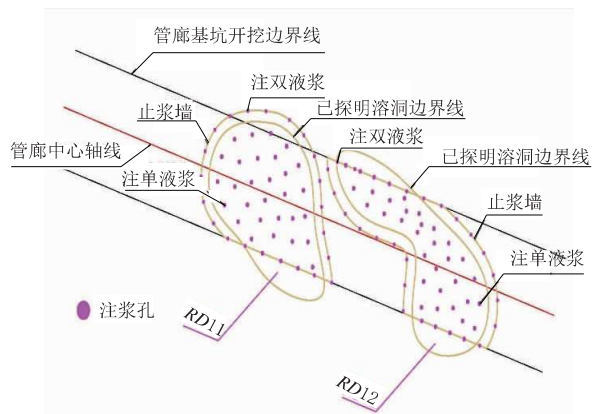


图5 溶洞注浆加固平面图

6 mm,管壁上 $\phi 4 \text{ mm}@100 \text{ mm}$ 花眼作为出浆孔。溶洞注浆水泥采用的 42.5 普通硅酸盐水泥,注浆流量为 20~50 L/min;注浆压力为 0.1~0.9 MPa。水泥净浆与水玻璃体积比为 1:0.7。

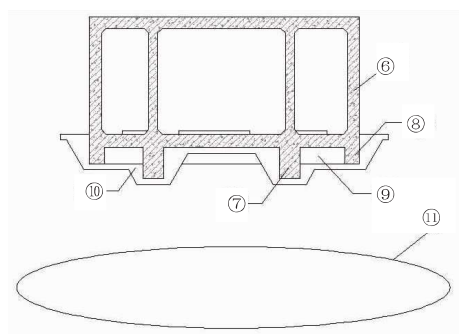
4 管廊底板加固

管廊工程相较于其他地下建筑构筑物,具有呈长条状、刚度较大的特点,对于溶洞跨度较小的情况下,采用管廊底部设置横纵向梁加固的方法跨越溶洞更为经济合理。边跨纵梁可考虑侧壁深梁作用,边跨纵梁尺寸可适当减小。管廊底板加固横断面及平面图详见图 6 及图 7 所示。

5 结语

(1)对于综合管廊下存在溶洞的处理方式有两种,一种为采用双液配合单液注浆的方式对溶洞进行填充加固,另一种为采用对管廊设置横纵向底梁的方式跨越下部溶洞。

(2)对于覆土 2.5 m 的三舱管廊,当岩层底板厚度大于等于 3 m,且溶洞沿管廊方向跨度小于 10 m



6-管廊;7-底板中纵梁;8-底板边纵梁;9-底板横梁;
10-管廊随混凝土垫层;11-需跨越溶洞

图6 管廊横纵梁布置横断面图

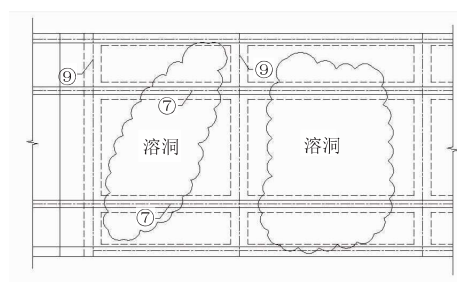


图7 管廊横纵梁布置平面图

时,可采用设置底梁跨越溶洞,其余情况下采用溶洞注浆加固处理。

(3)当采用注浆加固处理溶洞时,对于体积较小的溶洞,可直接采用双液法进行加固处理;对于体积较大的溶洞,先采用双液法沿管廊结构周边注浆加固形成止浆墙,再采用单液注浆填充止浆墙内剩余部分空间。

参考文献:

- [1] 于晨龙,张作慧.国内外城市地下综合管廊的发展历程及现状[J].建设科技,2015,17:49-51.
- [2] 詹洁霖.城市综合管廊布局规划案例研究[J].城市道桥与防洪,2013,10:67-71.
- [3] 刘之葵.岩溶区溶洞及土洞对建筑地基影响的研究[D].南京:中南大学,2004.
- [4] GB/T 51238—2018,岩溶地区建筑地基基础技术规范[S].
- [5] 李仁江,盛谦,张勇慧,等.溶洞顶板极限承载能力研究[J].岩土力学,2004,8:1621-1630.
- [6] 《工程地质手册》编委会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [7] 程鉴基.双液化学硅化法在地下溶洞加固工程中的应用[J].工程勘察,1996,1:18-21.