

岩溶区域内地下连续墙施工中问题探讨

马洪涛

(上海远方基础工程有限公司,上海市 200436)

摘要: 地下连续墙等基坑支护施工时会遇到各种各样的复杂地层,岩溶即其中之一。岩溶地质条件对于地下连续墙施工极为不利。基于实际施工经验,对成槽施工前溶洞勘察、成槽过程中岩溶问题处理进行详细讨论。讨论内容包括:溶洞中存在漂石、斜岩情况的处理以及溶洞导致的塌方和路面下沉等问题的处理,并基于实际经验给出部分岩溶区域地下连续墙施工建议。

关键词: 岩溶地层;溶洞勘察;漂石;斜岩;施工建议

中图分类号: TU94

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0153-04

0 引言

地下连续墙是常见基坑围护结构之一,通过向下开挖,吊放钢筋笼,再浇筑混凝土或其他胶凝材料后经凝固形成整体结构。地下连续墙开挖成槽过程会遇到各种地层,岩溶为其中特殊地层之一。我国众多区域存在岩溶分布,其中,西南地区,包括贵州、云南、广西等地属于岩溶典型发育区;华南片区,包括广东、福建等地都有较大面积岩溶地区分布;中部地区,包括湖南、湖北等地,其岩溶发育状态仅次于西南地区;华东、华北、西藏、新疆地区也具有一定规模。近年来,对于岩溶地区地铁车站地下连续墙施工的研究得到了众学者的关注^[1-4],地下连续墙在岩溶地区的施工也得到了重视。刘锐^[1]通过溶洞抽排岩溶水、二次填料等多个方面对槽壁附近溶洞封闭施工技术进行了详细的介绍;常龙等^[2]基于广州市轨道交通项目对溶洞发育区域内地下连续墙的施工技术进行研究,推荐使用成槽机+冲击钻、严格控制泥浆密度、反循环清孔等技术进行岩溶区域地下连续墙施工;徐俊青^[3]针对施工区域的岩溶探测及处理进行了细致的讨论,并对溶洞勘察 CT 物探方法及充填给出了详细的介绍。邓恺坚等^[4]针对地下连续墙施工前处理方法进行了创新,提出了三维可视化地质信息模型,可以针对溶洞走向、分布、大小等地下工况进行反应,以此更为准确的进行灌浆量预估。

基于实际岩溶区域地下连续墙施工经验,对成

槽施工前溶洞勘察、成槽过程中溶洞问题处理进行详细的讨论。

1 溶洞勘察

溶洞勘察主要有三种方式,分别为钻探、物探以及水文试验。

1.1 钻探

钻探法是指采用钻机在地层中成孔,以鉴别和划分地层,并可以通过钻杆进行取样的一种勘探首端。钻探可以准确揭露垂直方向上溶洞的位置和高度,但水平方向上只能推测,且溶洞形态通常极不规则,而推测时在没有钻孔揭露位置的情况,不能随意推测为不规则形状,而通常是按照最大包含度的近圆形或近椭圆形考虑,这必然与实际的溶洞发育状态不一致。若需要在水平方向上得到较为精确的结果,则需要在水平方向上布置更加密集的钻孔点,再通过得到的相邻溶洞信息进一步推测溶洞的发育状态及准确位置信息。该方式在钻点密集布置后成本增加较大,经济性较差。

1.2 物探

物探是指通过对地球物理场变化的研究和观测来进行地层岩性、地质构造等地质条件的探测。该方法也仅能对一定范围内的岩溶发育情况进行探测。如跨孔 CT 法只能解决测线剖面上岩溶发育情况,而对平面上的分布却存在盲区,且物探对完整灰岩和灰岩破碎带区分不明;管波法仅能探测钻孔周边及孔底一定范围内溶洞发育情况,探测距离较小。

物探的探测范围受到限制,其次是探测精度和结果具有多解性。而对于岩溶区域内的水分布、连通性

收稿日期: 2023-02-18

作者简介: 马洪涛(1989—),男,学士,助理工程师,从事基础工程施工管理工作。

问题很难得到解决。

1.3 水文试验

勘察,常使用水文试验如:抽水试验、渗水试验、钻孔注水试验、弥散试验等。单独通过水文试验进行岩溶地质勘察是工效较低的,水文试验一般与其他勘察方式配合使用。

综合来看,钻探、物探、水文试验相结合是解决岩溶区勘察比较有效的手段,但由于受到工期、费用等影响,岩溶区勘察不可能无限制布置钻孔、物探剖面,因此需要我们在充分理解场地岩溶发育情况下,合理布设钻探、物探工作量,并结合实际场地条件选择合适的物探手段,在合理工作量的前提下尽量广泛、准确的查明场地岩溶发育特征。

2 岩溶地质地下连续墙施工过程中常见问题处理措施

岩溶地质地下连续墙常见问题主要为溶洞,溶洞内的充填状态有三种,分别为无充填、部分充填以及全充填。溶洞内部充填物多为黏性土、砂粒、角砾等,少部分存在漂石、斜岩等。除溶洞外,还存在溶洞导致的塌方以及路面下沉等问题。溶洞处理分为成槽前预处理以及成槽过程中处理。

2.1 溶洞预处理—注浆处理

成槽前预处理是在通过实地详细勘察过后,采用充填注浆法进行溶洞充填注浆,在每幅地连墙的设计区域内,采用单幅槽设置钻孔的方式进行钻孔勘探,钻孔均匀分布在槽段内。提前钻孔探明墙身范围、墙底持力层范围内的溶洞,钻孔深度按钻至超过地连墙墙底3 m进行考虑,且入岩深度至少为3 m。

勘测结束后,根据勘测结果,对溶洞进行充填注浆处理,采用水泥净浆(水:水泥=1:1)或双液浆(水泥浆:水玻璃=1:1)进行填充,注浆处理措施如下:

(1)充填压力需根据溶洞充填情况调整;未充填溶洞以及部分充填溶洞采用水泥砂浆进行充填;对于全填充溶洞,若填充物为软塑或流塑的,应进行硬化处理。

(2)充填注浆需在注浆时预估溶洞规模。预估方法:根据注浆量钻孔位置,初步估算溶洞的规模,再向周边布设检查孔。检查孔需对溶洞的延展状况及注浆充填状况,若发现部分注浆不饱满则进行继续注浆。

(3)针对规模较大的溶洞,若其规模已超出结构设定的安全限界,可先在安全限界内钻孔,采用速凝

浆液材料控制注浆边界,节约整体注浆用量。

(4)充填注浆需根据溶洞位置、地层情况分别采用钻孔埋管及振动沉管进行注浆。

a. 埋深较浅的土洞可采用振动沉管法进行充填注浆。

b. 溶洞需先进行成孔施工,后埋入注浆管,并注意对溶洞顶板及注浆管与孔壁间的间隙封闭后才能开始注浆。

c. 对于高度大于等于3 m的无充填溶、土洞和半填充溶洞(含特大溶洞),可先采用水泥砂浆注浆,再进行水泥浆压密注浆。水泥砂浆统一采用 $\Phi 108 \sim \Phi 130$ PVC管注浆。需根据溶洞的实际充填情况进行注浆压力调整。对于标贯击数大于10击的全充填溶洞,可不用处理。充填注浆需边注浆边摸查溶洞的规模及处理后的状态。

2.2 漂石处理

通过成槽前单槽设置两个钻孔的措施能基本探明成槽区域内的溶洞状况,但也有部分漂石无法探明的情况,往往发生在带漂石溶洞位置处于两个钻孔之间或漂石斜向插入成槽范围的情况,该情况下成槽过程中,存在造成铣槽机铣轮或抓斗卡住的可能。

当成槽过程中遇到漂石卡轮或卡斗的情况,采取以下方式进行处理:

(1)环状钢丝绳法^[5]

a. 在发生卡斗事故后,须不断向槽内注入新浆,避免老浆钝化导致槽壁坍塌,确保泥浆护壁效果;

b. 将打捞钢丝绳编织成环,一端连接锚钩,另一端与吊车吊钩相连,钩挂成功后,在吊钩环内插入方钢或圆钢,在液压顶拔器的帮助下进行缓慢强力顶拔,直至打捞出被卡斗体。

(2)直接起吊法

采用合适的履带式吊车配合成槽机实现斗体强力提拉。

(3)人工套索

采用人工套索的方法。工人装备完整保障设备后,根据铣槽机屏幕显示下潜至相应卡斗深度,将钢索通过浆下摸索后连接机械,待工人上到导墙面后利用相应履带吊吊起斗体。

提起斗体后,采用冲击锤对漂石所在位置进行锤击清除处理,处理完成后继续成槽。

2.3 斜岩处理

成槽过程中,斜岩的存在会导致成槽垂直度不足。因此,在成槽过程中发现斜岩后或在成槽垂直度

多次纠偏后无法纠正的,采用冲击锤对下部斜岩进行处理。

2.4 塌方处理

预处理无法完全探明地下溶洞情况,在成槽过程中,由于成槽机械对土层扰动较大,因此,极易出现塌方现象。塌方出现后采取以下方式进行处理;

(1)保持放浆。在浇筑前保持放浆,避免因浆液钝化导致槽壁进一步失稳;

(2)进行二次清孔。利用测绳确定沉渣厚度,采用成槽机或铣槽机进行清孔;

(3)吊放钢筋笼后,进行三次清孔,确保浇筑前沉渣清理干净;

(4)控制浇筑。混凝土浇筑过程中需控制混凝土面抬升速度以及抬升的均匀性,避免出现高差较大的波浪形混凝土面抬升,混凝土面高差控制在 0.5 m 内。

2.5 路面下沉

成槽过程中,由于成槽设备为大型设备居多,因此其重量一般较大。当溶洞埋深较浅,且溶洞未在超前钻孔时发现的情况下,在成槽机械或其他大型机械路过时,存在路面下沉的现象情况出现。对于路面下沉,采取以下措施进行处理:

(1)回填压实。对于下沉部位进行须及时回填压实,利用成槽过程挖出的土,晒干后进行回填压实;

(2)铺设钢板垫层。在成槽机或铣槽机站立位置铺设厚度为 1~2 cm 的整体钢板,增大土层受力面积,减小因成槽机械导致的应力集中问题,从而减少路面下沉的现象出现。

3 工程实践

3.1 xx 站溶洞发育情况

xx 站位于广州白云区,长 430 m,宽 36 m,基坑深 30 m。图 1 为现场实勘图,可以看到的是,地层内溶洞较为发育,沿地墙轴线 90%的探孔中都发现了溶洞,且多数探孔中溶洞不止一个,常出现两个或两个以上的溶洞在同一垂直线下,绝大多数溶洞位置处于中风化炭质灰岩。场地地表标高为 9.34 m,绝大多数溶洞标高皆在 -1.96 m 以下,即,绝大多数溶洞皆在地面之下 11.3 m 以下的风化炭质灰岩内。由于溶洞所处位置较深,因此,场地表层并未发生路面下沉现象。

3.2 xx 站溶洞处理

3.2.1 溶洞钻探

根据场地初勘资料,该场地溶洞较为发育,因

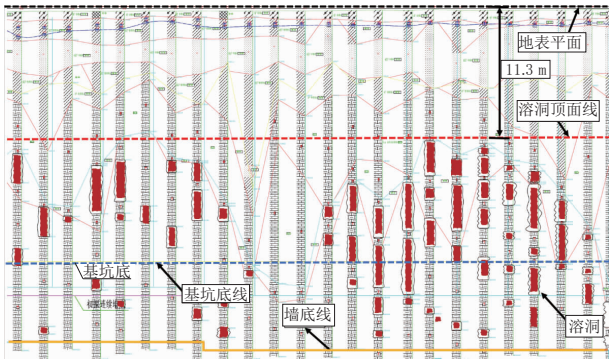


图 1 xx 站地层图

此,前期预处理中,采用加密钻探的方式对场地进行溶洞探明,实际施工中,利用工程钻机进行钻孔,钻孔梅花桩布置,间距 2 m,沿地连墙施工轴线及两侧布置钻孔。钻孔后,根据溶洞存在与否确定是否布置下一道钻孔,若轴线上探孔发现溶洞,则地连墙内外侧皆布置一道探孔;若外侧第一道探孔中探明溶洞,则向外侧第二道溶洞线上布置第二道探孔。除轴线上探孔是间隔 2 m 通长布置外,其他钻孔皆是在发现溶洞后进行的补探,仅在发现溶洞的钻孔周边布置,间距为 2 m。钻孔示意图见图 2。

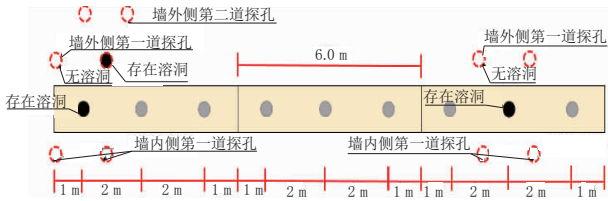


图 2 钻孔示意图

3.2.2 溶洞注浆处理

由于该项目溶洞较为发育,在探明溶洞位置后,对于规模较大的溶洞,采用双液浆进行注浆,双液浆为水玻璃和水泥浆混合液,其中水玻璃:水泥浆 = 1:1,该浆凝固速度快,有利于控制注浆边界,节约整体注浆用量;对于规模较小的溶洞,采用单液浆充填,降低注浆成本。施工过程中,在安设好注浆管后开始注浆,注浆压力控制在 0.5~0.8 MPa 之间,至浆液溢出至地表,且注浆压力达到稳定的 1.2 MPa 时方可结束注浆。

3.2.3 成槽中溶洞处理

对于部分在勘测中未探明溶洞,有三类:第一类是规模较小的独立溶洞;第二类是规模较小但与其他溶洞联通的溶洞;第三类是规模仍然较大的溶洞。对于第一类溶洞,可以直接成槽,只需在施工至溶洞时采用慢压的方式成槽,避免严重偏槽;对于第二类溶洞,可在探明溶洞位置后进行注浆处理,待溶洞内浆液凝固后继续成槽;对于第三类溶洞。

4 岩溶区域施工建议

根据实际岩溶区域施工项目经历,总结出以下施工经验:

(1)在岩溶区域地质勘探时,若前期勘探中溶洞较为发育,则后期补勘时尽量采取加密勘探的方式,间距不宜大于2 m;

(2)注浆过程中,严格控制注浆过程中注浆压力及结束时注浆压力,确保注浆过程中压力为0.5~0.8 MPa,注浆结束时压力达到1.2 MPa;

(3)各施工工序衔接需连贯,尽量减少槽段空置时间,降低槽壁坍塌的可能性;

(4)成槽至溶洞底部时,采用慢压的成槽方式,避免成槽垂直度偏差过大,后期纠偏困难;

(5)成槽过程中,需根据溶洞规模大小确定注浆材料,若溶洞规模大,则采用双液注浆,先进行边界控制,缩小注浆范围,已达到降低注浆量节约材料的目的;若溶洞规模小,则采用单液注浆,直至达到注

浆结束条件。

5 结 语

基于岩溶项目施工经验,对岩溶区域地下连续墙施工中常见问题进行总结,总结了岩溶区域地质勘探的几种方式,提出了岩溶区域常见的漂石、斜岩、塌方、路面下沉的处理措施,并结合实际工程案例给出了岩溶区域施工的施工建议。

参考文献:

- [1] 刘锐.岩溶地层地下连续墙槽壁附近溶洞封闭的施工技术[J].建筑机械化,2016,37(3):53-55.
- [2] 常龙,诸葛仲彦,袁光辉,等.溶洞发育地区地下连续墙施工技术[J].施工技术,2017,46(14):18-21.
- [3] 徐骏青.市政地铁工程地下溶洞连续墙施工技术应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2018(3):136-137.
- [4] 邓恺坚,丁昌银,叶家成.富水岩溶发育地质地下连续墙施工前处理方法[J].建筑施工,2021,43(7):1228-1231.
- [5] 唐清泰,靳银杰,王增.地下连续墙液压抓斗卡斗事故分析及打捞方案研究[J].工程机械,2013,44(10):63-65.

(上接第152页)

最好,施工速度快,应用也最为广泛。基坑支护是施工方案成败的关键,也是影响整个工程造价不可忽略的因素。

(2)本工程于2018年9月动工建设,于2019年12月建成通车。地道施工严格按照上述施工方案进行,按质按量并如期完成,取得了良好的经济效益和

社会效益。

参考文献:

- [1] 天津市政工程设计研究总院有限公司.潍县中路改造工程设计项目[Z].天津:天津市政工程设计研究总院有限公司,2018.
- [2] 孙国华,程桦,汪东林.浅埋城市隧道开挖方案比选分析与应用[J].安徽建筑工业学院学报(自然科学版),2010(18):42-46.
- [3] 邵小江.基坑支护设计[J].铁道建筑,2001(10):8-11.