

城区复杂条件下地下连续墙坚硬岩松动爆破技术

王小兵

中铁十四局集团第一工程发展有限公司

摘要: 本文主要是介绍在广州白云区花岗岩地质带, 基础较弱的楼房密集区内, 地下连续墙成槽过程中, 遇到坚硬的花岗岩时, 采用深层岩石松动爆破设计。成功加快了地下连续墙施工进度, 既保证了周边弱基础楼房的安全, 又节省了大量时间成本和经济成本, 为类似工程提供借鉴。

关键词: 花岗岩; 弱基础楼房; 松动爆破

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.20.031

一、前言

随着我国珠三角粤港澳大湾区的发展, 城市间联系愈加紧密。经济发展的要求, 城际铁路成为城市间互联互通的重要选择。由于城市所在区域地理条件、城市环境、发展程度的制约。地下铁道工程成为广州地区穿城区的主要选择。

广州地区周边环境和水文地质条件复杂, 素有地质博物馆之称, 对于地下工程施工具有诸多挑战。以本工程所在白云区为例, 地下车站穿越楼房密集区, 且楼房较高且基础弱, 地质条件复杂。一般的地下连续墙成槽机+冲击钻组合^[1], 已经无法满足当前安全、高效、经济的施工要求。

二、工程概况

珠三角城际轨道交通广佛环线大源车站全长541.0m, 标准宽25.2m, 基坑开挖深度约21.0m, 采用明挖法施工。设置地下连续墙186幅, 墙厚1.0m, 桩长约16.0m~27.0m, 其中有146幅穿透强风化花岗岩层和入中风化花岗岩层, 剩余40幅入强风化花岗岩层。

车站位于广州市白云区大源村, 车站周边楼房密集, 楼房高度在31m~45m, 且楼房基础普遍较弱, 以满堂红筏板基础为主, 施工风险高。



图1 大源车站平面位置图

(一) 工程地质状况

本工程的主要地质条件为 (1) 0人工填土层、(3) 4-1中砂层、(2) 3-2粉质黏土层、(3) 3-3粉质黏土层、(10) 1-1全风化花岗岩层、(10) 1-2强风化花岗岩层、(10) 1-3中风化花岗岩层。岩石界面起伏较大, 横、纵断面岩石面倾斜度高, 个别区域孤石明显较多。本工程岩石坚硬, 强风化花岗岩天然强度达74 MPa, 中风化花岗岩天然强度达112 MPa。



图2 (10) 1-2强风化花岗岩取样



图3 (10) 1-3中风化花岗岩取样

(二) 施工难点

(1) 塌孔风险大: 地下连续墙下穿有人工填土层和中砂层, 硬岩冲孔施工时间长, 震动大, 极易引发人工填土层和中砂层塌孔。

(2) 成槽难度大: 地连墙入强风化、中风化花岗岩层, 岩石天然强度达74MPa~112MPa, 成槽困难, 施工周期长、进度无法保证; 孤石强度高且埋深无规律, 无法挖出换填; 下部坚硬岩层多为起伏较大的斜坡岩, 冲锤施工易偏孔。

(3) 长期冲击钻岩层冲孔^[2]施工, 引起周边扰动较大, 震感较强, 周边居民投诉强烈, 不利于友好环境施工。

三、地下连续墙坚硬岩松动爆破

(一) 坚硬岩石松动爆破设计

结合工程地质报告和实际地质条件, 本工程强风化花岗岩、中风化花岗岩岩石坚硬, 天然强度高, 施工难度极大。首先将上部土层或全风化花岗岩以上部分直接由旋挖钻施工成槽^[3], 下部强、中风化花岗岩的槽段, 停止挖掘, 确保水头压力, 对强、中风化花岗岩层钻孔爆破, 利用“预裂爆破+挤压爆破”的作用机理, 科学合理布置爆破孔位, 达到利用爆炸产生的能量使整体强、中风化花岗岩破裂、分割成块状, 然后利用旋挖桩或冲击钻成槽, 确保施工装备可以快速有效地掘进。

(1) 钻孔设备及爆破材料选择

本工程入岩段地下连续墙成槽深度在21m~23m。根据这一条件, 选取HC420M潜孔钻进行垂直钻孔。钻孔孔径为110mm, 钻孔完成后, 跟进插入直径为90mm的PVC套管, 并及时封堵孔口, 防止杂物污染堵塞。

因地处于广州城区限制, 爆破炸药仅能选用直径为32mm的具有防水性能的2#岩石乳化炸药。



图4 潜孔钻机钻孔施工

(2) 爆破钻孔孔位布置

本工程地下连续墙厚1.0m，槽宽6.0m。每次爆破宽度控制在3.0m~6.0m。靠近附近建构物的地下连续墙每次爆破宽度控制在3.0m。

钻孔沿槽壁边缘均匀布置，装药孔和空孔间隔交叉布置，孔间距400mm。钻进深度分为：非吊脚墙槽深+0.2m；吊脚墙槽深-0.2m，以保证吊脚墙墙底岩石原状无破裂。

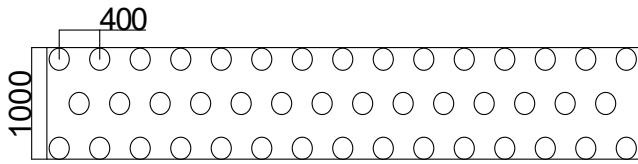


图5 地下连续墙爆破布孔平面图

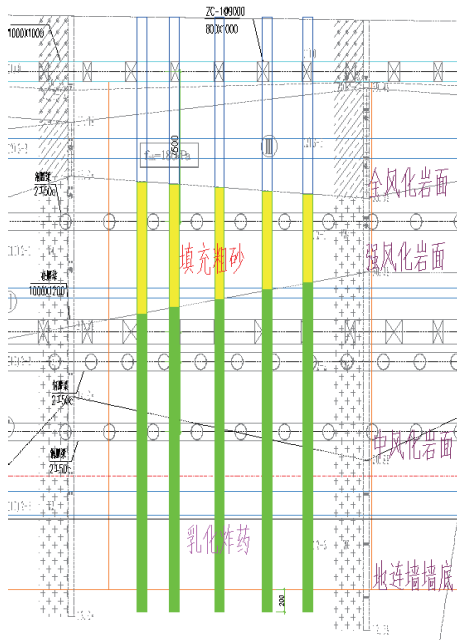


图6 地下连续墙炮孔装药纵剖面图

(3) 单位用药量计算

根据资料显示，强风化花岗岩和中风化岩石厚度3m~9m。依据瑞典爆破设计公式，单位用药量计算：

$$Q=q_1+q_2+q_3+q_4$$

公式中， q_1 —基本装药量，是一般地面爆破量的2倍（本工程爆破深度为地下15m~23m）； q_2 —爆破区域水土压力增量， $q_2=0.01h$ ； h —埋深深度，单位m； q_3 —爆破区域覆盖层增量， $q_3=0.02h_1$ ； h_1 —覆盖层厚度，单位m； q_4 —岩石膨胀增量， $q_4=0.03h_2$ ， h_2 —爆破厚度，单位m。

本工程地质条件起伏落差高。因此，每幅地下连续墙施工时，爆破均需按照公式和实际爆破效果进行调整。

(4) 装药堵塞

岩面小于3m时采取集中装药结构，毫秒雷管反向起爆。强风化岩面位置开始堵塞，堵塞长度不小于2m，堵塞材料为粗砂及石屑。岩面大于3m时采取间隔装药结构，底部药卷采用毫秒雷管反向起爆，上部药卷采用毫秒雷管正向起爆，药卷之间采用双导爆索串联，间隔空隙利用PVC管进行填充。上部堵塞段从强风化岩面位置开始堵塞，堵塞长度不小于2m，堵塞材料为粗砂及石屑。

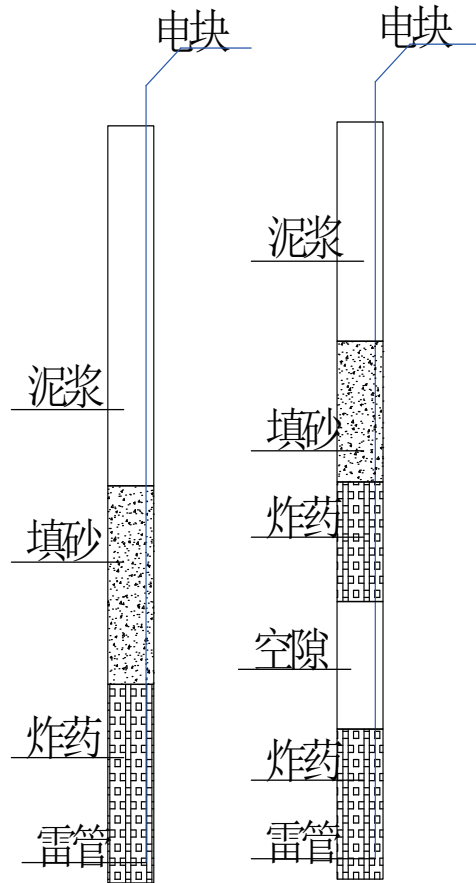


图7 装药、间隔装药示意图

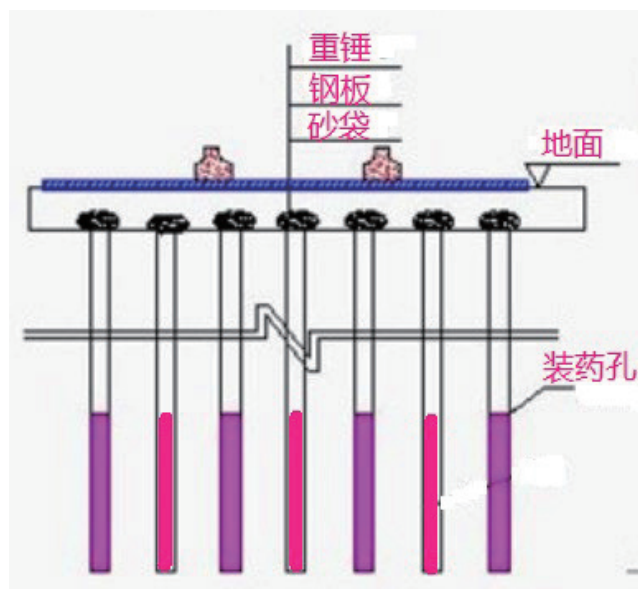


图8 安全防护示意图

(5) 爆破安全警戒

根据爆破参数设计，本工程为水下爆破，根据安全距离的计算中最大安全距离，个别飞散物安全允许距离24m，也可以根据地面爆破 $R=10 \times 3 \sqrt{Q}$ 确定。

为安全起见，警戒范围在施爆地四周100m范围内。

防护措施及周围环境确定警戒范围为距爆破地100m范围内，要求爆破前将人员、车辆疏散到安全地带，临时封锁范围内的道路，四周设警戒哨。

(二) 旋挖钻+冲击钻钻孔施工

地下岩层爆破后，主孔首先采用旋挖钻掏孔施工，旋挖钻施工至无法钻进为止，剩余主孔部分采用冲击钻进行冲孔作业。副孔采用冲击钻施工。在主副孔均施工完成后，使用冲击钻方锤修孔成槽。(1、3、5、7、9为主孔；2、4、6、8为副孔)

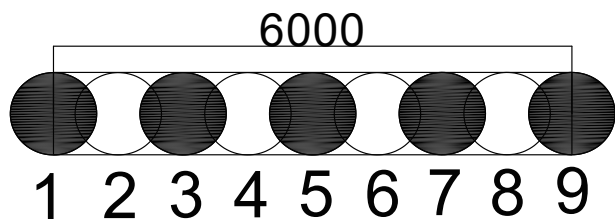


图9 地下连续墙主副孔位布置图

四、施工过程中的问题处理和效率

(一) 强中风化花岗岩硬岩施工

成槽至强风化层，施工进尺困难，冲击钻冲孔后，浆黏度、比重、含砂远远超出了设计值，其对冲锤的浮

力明显增大，冲孔效率降低，每天仅进尺0.8m，且护壁能力降低，坍孔的可能性增大。爆破施工后，旋挖钻配合冲击钻施工，每天可进尺3.5m，效率约是原来的4.3倍。

(二) 孤石处理

地下连续墙施工遇到孤石^[4]时，结合现场条件，采用与岩石处理的方式一致，即钻孔控制爆破。经现场实际验证，一块2m宽左右的孤石，可在爆破后6个小时内完全破碎，效率颇高。

(三) 斜坡岩处理

斜坡岩^[5]是地下连续墙施工的疑难杂症，极易造成偏孔，工期不可控。为解决这一问题，施工时采用：①向槽内填充大块石块至偏孔上方后，继续使用冲击钻冲击，该方法对偏孔严重的效果不佳；②钻孔爆破时，根据地质图，对斜坡岩部分增加适当炸药量，使斜面爆破变缓。而后继续冲击。

五、结论

通过前期施工总结，通过设计变更和引入潜孔钻钻孔爆破+旋挖钻+冲击钻组合的施工方式，解决了强中风化花岗岩硬岩、孤石和斜坡岩等难制约施工进度的难题。为地下工程地下连续墙深层入岩成槽施工摸索出一条可行的道路。另外，需要说明的是，在实际成槽过程中，旋挖钻较冲击钻成槽施工效率提升明显，但其成本同样增加显著，且旋挖钻对斜坡岩处理效果不佳，遇到斜坡岩时反而容易损伤设备。因此，需要根据地层情况、工期要求、成本要求、环境要求、场地布置等诸多方面进行综合考虑，在可控的情况下，灵活采用不同设备和技术措施，最大效率地发挥各类设备及技术措施的优势，平衡成本和工期的要求，保证施工质量。

参考文献

[1] 肖建洋. 浅谈如何优化及提高斜面硬岩段地连墙施工效率[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(16): 2029
 [2] 武玉山. 复杂斜面岩地质条件下地连墙成槽施工技术总结[J]. 施工方式, 2018(8): 95-96
 [3] 陈永祥. 硬岩地层水下控制爆破结合冲击钻连续墙成槽施工技术[J]. 安徽建筑, 2014, 21(1): 84-86
 [4] 李伟. 东莞地铁地下连续墙硬岩爆破施工控制技术[J]. 河南科技: 上半月, 2014(4): 163-164
 [5] 李志. 地下连续墙快速穿越不规则孤石及斜坡岩地层的施工技术[J]. 土木工程, 2019, 8(3): 539-545