

地铁车站附属结构工程中的清障施工技术

史 力 汪 杰

(无锡地铁建设有限责任公司, 214021, 无锡)

摘 要 [目的] 随着城市地铁建设施工技术的不断提高, 地铁车站附属结构距离既有建(构)筑物越来越近, 既有建(构)筑物用于边坡支护的土钉及锚杆不可避免地与附属围护结构在空间上存在冲突。因此, 需选择合理清障施工技术方案, 清除现有障碍物, 确保附属围护结构顺利施工。[方法] 根据城市地铁车站附属结构施工中清障工程经验及现状调查研究, 总结了土钉及锚杆的常用清障技术, 结合土钉及锚杆的主要清障技术提出了 4 种地铁车站附属结构施工的清障施工技术方案, 并结合工程实际从清障施工技术方案的优缺点、造价、工期、成桩质量及安全等方面对附属结构施工的清障施工技术方案进行了对比分析。[结果及结论] 经工程现场实施, 全回转清障技术的施工功效高, 其采用钢套筒护壁时的成桩质量好, 基坑开挖后 SMW(型钢水泥土搅拌)桩止水效果较好, 基坑变形均在监测可控范围。因此, 地铁附属结构工程中清障施工采用全回转清障 + SMW 桩的施工技术方案, 可取得较好的工程实施及经济效果。

关键词 地铁; 车站附属结构; 清障施工技术; 土钉及锚杆
中图分类号 TU94+3: U231.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.06.042

Barrier Clearing Technology for Metro Station Auxiliary Structure Construction

SHI Li, WANG Jie

(Wuxi Metro Construction Co., Ltd., 214021, Wuxi, China)

Abstract [Objective] With continuous improvement of urban metro construction technology, the auxiliary structures of metro stations are getting closer to the existing buildings or structures, and the soil nails and anchor rods used for slope support of the existing buildings or structures unavoidably conflict in space with the auxiliary enclosure structure. Therefore, it is necessary to choose a proper barrier clearing technology scheme to remove the existing barriers and ensure smooth construction of the auxiliary enclosure structure. [Method] Based on the experience and current situation investigation of the barrier clearing in the construction of urban metro station auxiliary structures, the commonly used barrier clearing technologies against soil nails and anchor rods are summarized. Four barrier clearing schemes for metro station auxiliary structure construction are put forward in combination with the main barrier clear-

ing technology against soil nails and anchor rods. Combined with the engineering practice, the 4 schemes are compared and analyzed from the aspects of their advantages and disadvantages, cost, construction period, pile quality and safety, etc.

[Result & Conclusion] On-site implementation in the project shows that the full rotation barrier clearing is more effective, and with the steel sleeve wall protection, the pile quality is good. With the good waterproof effect of SMW (soil mixed wall) pile in foundation pit excavation, all deformations of the foundation pit can be within the controllable monitored range. Therefore, in the construction of the metro auxiliary structure, using the construction technology scheme of the full rotation barrier clearing and SMW pile can achieve relatively good engineering and economic results.

Key words metro; station auxiliary structure; soil nail and anchor rod; barrier clearing technology

在城市轨道交通工程建设中, 新建地铁车站附属结构地下部分施工与既有建(构)筑物的支护结构常存在冲突。其中, 地铁附属围护结构施工受既有建(构)筑物的土钉与锚杆支护结构影响最为常见, 会增加地铁附属围护结构施工成本, 影响施工进度及施工质量, 须进行清障施工。本文结合工程实际, 分析地铁车站附属结构施工中清障施工技术方案的合理性选择, 期望为类似工程提供参考。

1 工程概况

某地铁车站共设有 3 个出入口(1 号、2 号及 5 号出入口)、2 个风亭(1 号及 2 号风亭)及 1 个商业配套区。

1 号出入口及 1 号风亭距某高层建筑仅 4.0 m, 且该处基坑开挖深度为 9.0 ~ 12.3 m。经调查发现, 该高层建筑用于边坡支护的土钉已侵入 1 号出入口及 1 号风亭基坑施工范围, 土钉侵入围护结构范围深度为 6.1 m。高层建筑边坡支护土钉侵入 1 号出入口及 1 号风亭围护结构示意图如图 1 所示。

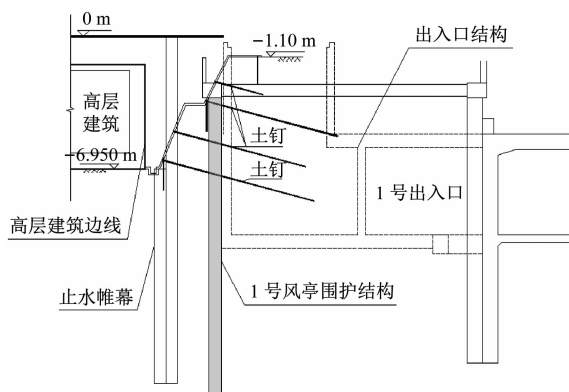


图1 高层建筑边坡支护土钉侵入1号出入口及1号风亭围护结构简图

Fig. 1 Diagram of high-rise building slope support soil nails intruding in No. 1 entrance and exit and the ventilation pavilion enclosure structure

地铁车站商业配套区及2号风亭距某商业大厦仅8.0 m,且该处基坑开挖深度为7.9~11.5 m。该商业大厦靠近商业配套区及2号风亭基坑一侧的边坡支护为长15 m的单排锚杆;锚杆顶部埋深约为6.37 m,底部埋深约为11.50 m;在深9.25 m处,锚杆侵入附属围护结构,影响围护结构施工。某商业大厦边坡支护锚杆侵入地铁附属结构基坑围护结构简图如图2所示。

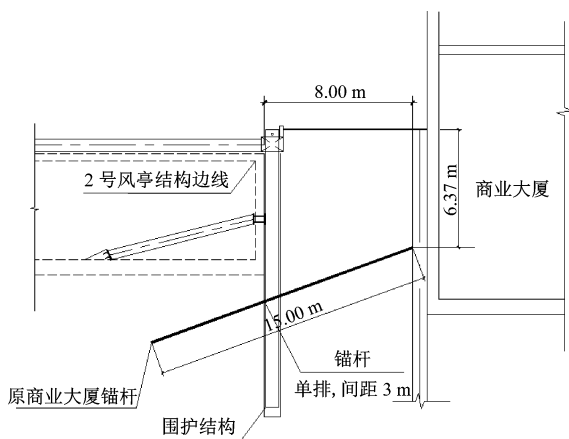


图2 某商业大厦边坡支护锚杆侵入地铁附属结构基坑围护结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the anchor rods of a commercial building slope support intruding in the foundation pit enclosure structure of metro auxiliary structure

2 清障技术

目前,对于土钉及锚杆通常采用人工开槽清障技术、钢套筒全回旋钻机清障技术、三轴深搅清障

技术、旋挖钻清障技术及冲击钻清障技术。

人工开槽清障技术须放坡开挖至障碍物处,由人工切除钢筋及钢绞线。该技术对施工场地要求较高,对周围环境的影响大,且沟槽开挖后回填土不易压实^[1-2]。

钢套筒全回旋钻机清障技术利用全回转设备作业时产生的下压力和扭矩,驱动钢套筒一起转动,利用钢套筒高强度刀头对钢筋及钢绞线进行切削作业,并利用长臂抓斗将套筒内的钢筋及钢绞线取出。该技术利用套筒护壁施工,安全性高,施工效率高,且对环境影响较小^[2-4]。

三轴深搅清障技术利用三轴深搅机深搅钻头旋转对土体内钢筋及钢绞线的缠绕作用,将土体内钢筋及钢绞线拽出拉断。该技术清障范围广、效率较高,但对土体扰动较大^[4]。

旋挖钻清障技术采用旋挖钻头的反复切削、旋转,将钢筋及钢绞线切断、绞断。该技术清障效率低,对直径较大的土钉及锚杆适用性较差,对土体扰动较大^[5]。

冲击钻清障技术利用冲击重锤将钢筋及钢绞线砸弯、砸断,从而将障碍物冲到孔底。该技术对土石的清障效果较好,但对环境影响较大^[4,6]。

3 清障施工方案比选

根据施工经验、水文地质条件、施工工艺及场地条件,并结合清障技术特点,本研究提出了4种地铁车站附属结构清障施工技术方案,即:全回转机清障+SMW(型钢搅拌水泥土)桩方案、人工开槽清障+SMW桩方案、冲击钻清障+钻孔桩+止水帷幕方案、冲击钻清障+钻孔桩+MJS(全方位高压喷射混凝土)止水帷幕方案。

3.1 全回转清障+SMW桩方案

该方案采用 $\phi 1\ 200\ \text{mm}@800\ \text{mm}$ 钢套筒全回转钻机来清除侵入围护结构的土钉及锚杆。障碍物清除后,清孔回填压实。附属围护结构采用 $\phi 850\ \text{mm}@600\ \text{mm}$ 的SMW桩施工,H型钢插二跳一。全回转机清障+SMW桩方案如图3所示。

3.2 人工开槽清障+SMW桩方案

由于附属围护结构距离既有建筑物较近,且开挖深度较深,现场不具备放坡条件,故本方案采用拉森钢板桩作为临时支护,并进行开挖,由人工切除侵入围护结构的钢筋及钢绞线后进行基坑回填。

附属围护结构采用 $\phi 850\text{ mm}@600\text{ mm}$ 的 SMW 桩施工,其 H 型钢密插。人工开槽清障 + SMW 桩方案如图 4 所示。

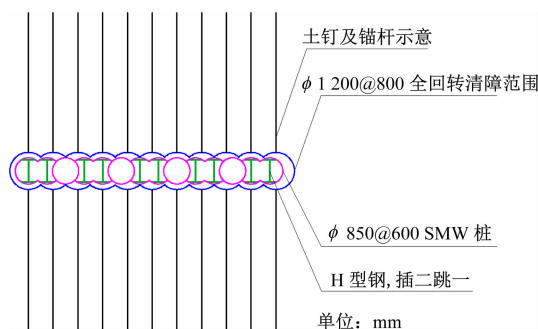


图 3 全回转机清障 + SMW 桩方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the scheme with full rotation drilling barrier clearing plus SMW pile

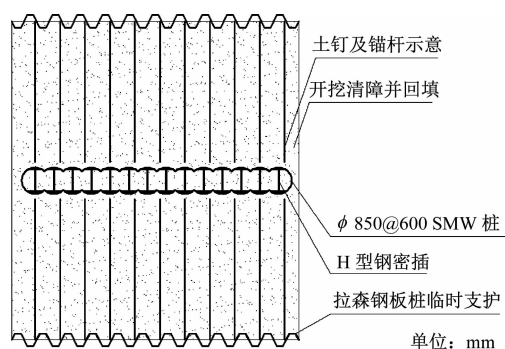


图 4 人工开槽清障 + SMW 桩方案示意图

Fig. 4 Schematic diagram of the scheme with mannual excavation barrier clearing plus SMW pile

3.3 冲击钻清障 + 钻孔桩 + 止水帷幕方案

该方案采用重锤冲击钻将侵入围护结构的土钉及锚杆砸断或冲入孔底,之后配合回旋钻机施作 $\phi 800\text{ mm}@1\,000\text{ mm}$ 钻孔灌注桩作为围护桩。在钻孔灌注桩内侧施作 $\phi 800\text{ mm}@550\text{ mm}$ 高压旋喷桩,作为围护结构的止水帷幕。冲击钻清障 + 钻孔桩 + 止水帷幕方案如图 5 所示。

3.4 冲击钻清障 + 钻孔桩 + MJS 止水帷幕方案

该方案采用重锤冲击钻将侵入围护结构的土钉及锚杆砸断或冲入孔底,配合回旋钻机进行 $\phi 800\text{ mm}@1\,000\text{ mm}$ 的钻孔灌注桩(即围护桩)施工。在钻孔灌注桩内侧施作摆角为 120° 的 $\phi 2\,200\text{ mm}@1\,000\text{ mm}$ MJS 止水帷幕。冲击钻清障 + 钻孔桩 + MJS 方案如图 6 所示。

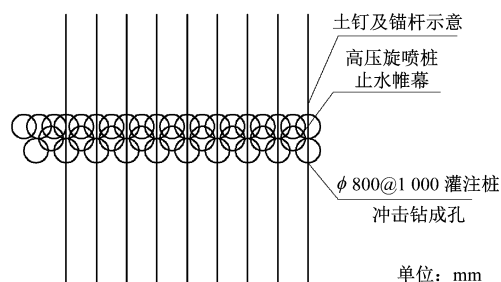


图 5 冲击钻清障 + 钻孔桩 + 止水帷幕方案示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the scheme with impact drill barrier clearing plus boring pile plus water proof curtain

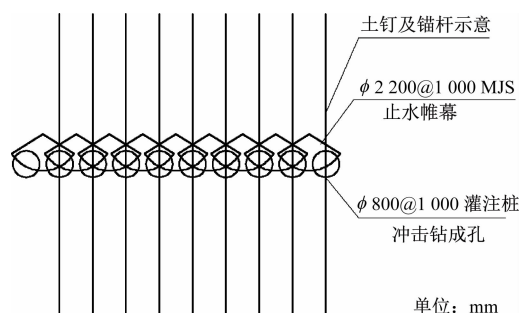


图 6 冲击钻清障 + 钻孔桩 + MJS 方案示意图

Fig. 6 Schematic diagram of the scheme with impact drill barrier clearing plus boring pile plus MJS

3.5 方案比选

针对上述 4 种清障施工技术方案,从施工优缺点、造价、安全性、施工工期及成桩质量进行对比分析,如表 1 所示。

由于风亭及出入口基坑距离高层建筑较近,而物业配套坑边上为商业大厦进出口,人流量较大,故不宜选用施工工期长的人工开挖清障,而且基坑开挖较深,安全风险较高。

由于重锤冲击对土钉及锚杆处原状土体扰动较大,不仅会影响钻孔灌注桩成桩质量,而且将钢筋及钢绞线砸入孔壁或孔底,可能存在清障不够彻底,导致施工设备被卡住或钢筋笼卡笼的风险。故冲击钻清障也不宜选用。

此外,与 SMW 桩相比,钻孔灌注桩、高压旋喷桩和 MJS 止水帷幕的造价较高。

由此可见,经综合比选,全回转清障 + SMW 桩方案优于其他 3 种施工技术方案。因此,该地铁工程附属结构清障施工技术最终采用全回转清障 + SMW 桩方案。

表1 4种清障施工技术方案对比表

Tab.1 Comparison table of four technical barrier clearing schemes

施工方案	施工优缺点	造价/(元/延米)	安全性	施工工期	成桩质量
全回转清障 + SMW 桩	优点:全回旋钻清障对环境及土体扰动影响较小,清障速度快,适用范围广;SMW 桩造价低,止水效果好。 缺点:清孔回填土不易夯实;与地下连续墙及钻孔桩相比,SMW 桩整体刚度及控制变形能力较弱	37 163	施工风险小,安全性较高	施工速度快,工期短	SMW 桩工艺成熟,整体成桩质量较好
人工开槽清障 + SMW 桩	优点:应用广泛,可有效切除钢筋及钢绞线,清障较为彻底;SMW 桩造价低,止水效果好。 缺点:开挖会暴露邻近地下室外墙,对现场影响大;开槽深度较深时,需探明地下管线,考虑管线迁改;回填土不易压实,桩外侧上层土反力减小,降低 SMW 桩控制变形能力	31 290	基坑开挖最深处超过 9 m,开挖风险大	需进行土方开挖,施工速度慢,工期长	影响 SMW 桩控制变形能力,成桩质量较好
冲击钻清障 + 钻孔桩 + 止水帷幕	优点:冲击钻对土石等清障效果较好;配合回旋钻进行钻孔桩施工,提高施工功效;钻孔桩整体刚度较好,结合支撑,可有效控制变形。 缺点:重锤冲击对周边环境及土体扰动影响较大;存在清障不彻底,导致钢筋笼卡笼现象	41 188	存在局部塌孔风险	需先清除止水帷幕范围内障碍物,冲孔回填后成桩,工期较长	对原状土扰动大,可导致局部塌孔,影响钻孔桩成桩质量
冲击钻清障 + 钻孔桩 + MJS	优点:冲击钻对土石等清障效果较好;配合回旋钻进行钻孔桩施工,提高施工功效;钻孔桩整体刚度较好,结合支撑,可有效控制变形;MJS 成桩止水效果好。 缺点:重锤冲击对周边环境及土体扰动影响较大;存在清障不彻底,导致钢筋笼卡笼现象;相对高压旋喷桩,MJS 成桩造价昂贵	47 860	存在局部塌孔风险	MJS 相对高压旋喷桩止水帷幕施工工期较短	对原状土扰动大,可导致局部塌孔,影响钻孔桩成桩质量

4 结语

本文结合地铁附属结构施工过程中遇到的土钉及锚杆障碍物的工程实例,根据工程经验及工程现状调查分析了目前土钉及锚杆的主要清障技术,即人工开槽清障、钢套筒全回旋钻机清障、三轴深搅清障、旋挖钻清障及冲击钻清障。根据施工经验、水文地质条件、工艺 SMW 及场地条件并结合土钉及锚杆的主要清障技术,提出了全回转清障 + SMW 桩、人工开槽清障 + SMW 桩、冲击钻清障 + 钻孔桩 + 止水帷幕及冲击钻清障 + 钻孔桩 + MJS 四种施工技术方案。对四种清障施工技术方案进行对比分析并综合考虑现场的可实施性及现场实施的可靠性,针对该地铁附属结构施工中遇到的土钉及锚杆障碍物,建议采用全回转清障 + SMW 桩的施工技术方案。经工程现场实施,全回转清障方法的施工功效高,其采用钢套筒护壁时的成桩质量好,基坑开挖后 SMW 桩止水效果较好,基坑变形均在监测可控范围内。因此,在本工程中采用全回转清障 + SMW 桩方案,可取得较好的工程实施及经济效果。

参考文献

- [1] 王坚,陈伟.复杂地质条件下清障方案的选择[J].浙江建筑,2013,30(12):32.
WANG Jian, CHEN Wei. Selection of obstruction clearing scheme under complex geological conditions[J]. Zhejiang Construction, 2013, 30(12): 32.
- [2] 储慧斌.基坑邻边原有建筑物中的复合土钉墙清障处理[J].建筑施工,2016,38(1):9.
CHU Huibin. Obstacle clearance of composite soil nailing wall in existing building close to foundation pit[J]. Building Construction, 2016, 38(1): 9.
- [3] 蒋峰,洪建,卢根峰.全套管回旋钻机在地下清障和工程桩施工中的应用[J].建筑施工,2014,36(1):10.
JIANG Feng, HONG Jian, LU Genfeng. Application of whole casing whirling driller to removal of underground obstacles and construction of engineering piles[J]. Building Construction, 2014, 36(1): 10.
- [4] 唐立飞,韩寿兵.地下锚杆清除施工方法探讨[J].工程质量,2019,37(10):57.
TANG Lifei, HAN Shoubing. Discussion on construction method of underground anchor removal[J]. Construction Quality, 2019, 37(10): 57.
- [5] 王晓明.富水砂层盾构机穿越锚管清障区施工技术应用[J].低温建筑技术,2020,42(12):135.

(下转第 244 页)

- [6] 尚彦军, 庞文利, 王开洋, 等. 太古代片麻状花岗岩浅埋隧道变形破坏及地面塌陷分析: 以集宁隧道为例[J]. 工程地质学报, 2018, 26(6): 1574.
- SHANG Yanjun, PANG Wenli, WANG Kaiyang, et al. Deformation damage of shallow tunnels and caveinduced ground collapse in Archeozoic gneissic granites—the Jining tunnel as case example [J]. Journal of Engineering Geology, 2018, 26(6): 1574.
- [7] 宋建学, 张瑞鑫, 孙宇赫. 机械顶管施工中超挖和地面超载引起的地表沉降规律研究[J]. 建筑科学, 2018, 34(11): 134.
- SONG Jianxue, ZHANG Ruixin, SUN Yuhe. Research on surface settlement regularity caused by over excavation and ground overloading in mechanical pipe jacking[J]. Building Science, 2018, 34(11): 134.
- [8] 王建秀, 邹宝平, 胡力绳. 隧道及地下工程光面爆破技术研究现状与展望[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(4): 800.
- WANG Jianxiu, ZOU Baoping, HU Lisheng. Advance and trend

in smooth blasting technology for tunnel and underground engineering[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2013, 9(4): 800.

- [9] 方昱, 刘开云. 山岭隧道钻爆法施工参数控制的优化[J]. 北京交通大学学报, 2015, 39(1): 14.
- FANG Yu, LIU Kaiyun. Control optimization of drilling and blasting parameters during mountain tunnel construction period [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2015, 39(1): 14.

· 收稿日期:2022-01-01 修回日期:2024-01-26 出版日期:2024-06-10
Received:2022-01-01 Revised:2024-01-26 Published:2024-06-10

· 第一作者:袁枫杰,工程师,397708055@qq.com
通信作者:徐前卫,副教授,xuqianwei@tongji.edu.cn

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 233 页)

- XIA Wuyang, DAI Cong, LI Shiqi. In-situ test on loose circle of surrounding rocks on carbonaceous phyllite tunnel[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 35(3): 72.
- [7] 朱俊福. 深部层状岩体巷道围岩松动圈形成机理及其工程应用研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2021.
- ZHU Junfu. Study on the formation mechanism and its engineering application of broken rock zone in deep bedded rock mass [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2021.
- [8] 李宁, 刘乃飞, 李国峰. 软岩及土质隧洞围岩稳定性评价新

方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(9): 1812.

LI Ning, LIU Naifei, LI Guofeng. New method for stability evaluation of soil and soft rock tunnels[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2014, 33(9): 1812.

· 收稿日期:2022-12-12 修回日期:2023-11-13 出版日期:2024-06-10
Received:2022-12-12 Revised:2023-11-13 Published:2024-06-10

· 通信作者:徐前卫,副教授,xuqianwei@tongji.edu.cn

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 237 页)

- WANG Xiaoming. Construction technology application of shield machine crossing anchor pipe clearance area in water-rich sand [J]. Low Temperature Architecture Technology, 2020, 42(12): 135.
- [6] 李小斌, 吴肖玉. 桩基及围护施工中遇地下障碍物的处理技术[J]. 科技创新导报, 2012, 9(1): 46.
- LI Xiaobin, WU Xiaoyu. Treatment technology of underground obstacles in pile foundation and enclosure construction [J]. Science

and Technology Innovation Herald, 2012, 9(1): 46.

· 收稿日期:2021-12-02 修回日期:2022-01-05 出版日期:2024-06-10
Received:2021-12-02 Revised:2022-01-05 Published:2024-06-10

· 第一作者:史力,高级工程师,103632031@qq.com
通信作者:汪杰,工程师,2432185329@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license