

长沙新建西路地铁车站施工风险勘测及控制技术

沈红良¹, 何浩², 彭仁军², 邬振洲¹, 张标³, 张道兵^{4*}, 张佳华⁴, 朱远嫒⁴

(1. 中铁五局集团第一工程有限责任公司, 湖南长沙 410117; 2. 中铁五局集团有限公司, 湖南长沙 410000;
3. 湖南科技大学土木工程学院, 湖南湘潭 411201; 4. 湖南科技大学南方煤矿瓦斯与顶板灾害预防控制安全生产重点实验室,
煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南湘潭 411201)

摘要:以长沙地铁1号线新建西路车站施工为工程实例,对车站周边情况进行勘测,分析明挖法施工可能产生的风险,如深基坑开挖风险、周边建筑物安全性、施工过程的偏压风险以及周边管线施工风险,并提出对围护结构进行动态监测、注浆加固地层、对承受偏压荷载较大的位置进行重点保护、将管线临时改移、永久改迁、就地保护等解决措施.为类似的明挖法施工工程提供了参考.

关键词:明挖法施工; 地铁车站; 风险源; 控制技术

中图分类号:U455 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2021)04-0035-05

Construction Risk Survey and Control Technology of Changsha Xinjian West Road Metro Station

SHEN Hongliang¹, HE Hao², PENG Renjun², WU Zhenzhou¹, ZHANG Biao³,
ZHANG Daobing⁴, ZHANG Jiahua⁴, ZHU Yuanlei⁴

(1. The First Engineering Co., Ltd., China Railway Fifth Group, Changsha 410117, China;
2. China Railway No.5 Engineering Group Co., Ltd., Changsha 410000, China;
3. School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
4. Work Safety Key Lab on Prevention and Control of Gas and Roof Disasters for Southern Coal Mines, Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Taking the construction of the new west road station of Changsha Metro Line 1 as an example, this paper investigates the surrounding situation of the station, analyzes the possible risks of open excavation construction, such as the risk of deep foundation pit excavation, the safety of surrounding buildings, the risk of bias pressure during construction and the risk of surrounding pipeline construction. It also puts forward some solutions, such as dynamic monitoring of the enclosure structure, grouting reinforcement of strata, key protection of the position with high bias load, temporary relocation of pipeline, permanent relocation and local protection. It has provided a reference for similar open excavation construction works.

Keywords: cut and cover tunneling; subway station; risk sources; control technology

地铁作为新兴的交通方式,有效地缓解了交通压力,在城市交通体系中占据着重要地位.明挖法是地铁车站施工时最常用的方法,但随着城市建设的加快,地铁车站施工现场周围的建筑物不断增多,车流量

收稿日期:2021-04-16

基金项目:国家自然科学基金面上资助项目(52074116);湖南省自然科学基金面上资助项目(2019JJ40082)

* 通信作者, E-mail: bll@mail.hnust.edu.cn

也不断增大,在施工过程中可能会因地质情况、动荷载及周边建筑等的影响产生诸多风险,若无法有效控制风险则易引发安全事故和财产损失^[1-3]。

在运用明挖法施工时应确保施工安全和周围建筑物的结构安全.因此,在施工前进行风险源调查具有重要意义^[4-5].王晓明^[6]指出了地铁施工可能存在的地质条件风险、外部风险、管理风险、技术风险等风险源,为进行风险源调查提供了指导;唐传政等^[7]列举了武汉地铁 3 号线一期工程 23 座车站基坑施工可能存在的风险并提出了相应的解决措施,提高了施工的安全性;胡众等^[8]以合肥地铁 3 号线为例,建立风险评价模型以此确定风险等级,并提出了基坑变形控制的相关建议;王峰等^[9]以成都地铁凤溪站为例,探究了富水卵石层深基坑施工风险等级,并针对该地质条件下基坑开挖提出了建议措施;杨涛^[10]以常州轨道交通 1 号线为例,分析了地铁车站施工对周围建筑物的影响,并根据分析结果对其采取了保护措施。

以上对于地铁施工风险的调查研究多是从整条地铁线路施工角度分析,少有对具体车站施工的风险源研究,且多是单一的分析某一种风险并提出建议,同时,因深基坑施工工程的特殊性,不同的地质环境及不同施工方法可能存在的风险也不一样.基于上述内容,本文以长沙地铁一号线新建西路车站施工为例,全面考虑以杂填土和卵石层为主要地层条件下明挖法施工的风险源,并通过风险分析提出富有针对性的解决措施,旨在提高地铁车站施工的安全性。

1 工程简介

1.1 车站概况

新建西路站位于芙蓉路、新建西路以及规划路交叉口,沿芙蓉路南北呈一字型布置.车站为地下二层、局部三层的 10 m 单柱岛式车站,站台宽度 12 m.车站共设置 4 个出口,2 组风亭,车站主体结构采用明挖法施工,围护结构采用 1 000 mm 地下连续墙,其中地层主要为杂填土和卵石层。

1.2 车站基坑与周边构筑物位置关系

车站位于繁华的都市主干道上,施工场区周边毗邻多个高层建筑,主要为新芙蓉之都、城市快线、省交通科学研究院等,各建筑与车站的位置关系如图 1 所示.为确保周边建筑物和施工安全,特对新建西路站周边构筑物进行了实地勘察,勘察结果整理如表 1 所示,勘察发现新建西路车站周边管线众多,其中包括燃气、电力、电信、排水、供水等管线,而且车站围护结构西侧的部分排水管道距围护结构不到 1 m,地下管线和管道的分布严重制约着车站施工。



图 1 车站与周围建筑位置关系

表 1 新建西路周边建筑物情况一览表

建筑物名称	与车站位置关系	基础类型	桩(墙)长/m	基(桩)底标高/m	备注
城市快线	距离车站东侧结构最小距离 15.08 m	人工挖孔灌注桩	18.5	48.95	2009 年竣工,设计使用寿命 50 年
新芙蓉之都	距离车站东侧结构最小距离 39.85 m	螺旋钻孔灌注桩基础	15	53.71	2010 年竣工,设计使用寿命 50 年
加油站营业厅	距离车站西侧结构最小距离 39.42 m	两层砖混结构	—	—	加层局部环向开裂
潭州瓦缸	距离车站北端结构最小距离 14.67 m	钢板桩	—	基础埋深 3	三层商铺,2003 年自建,钢结构厂房
省交通科学研究院	距离车站北端结构最小距离 27.14 m	人工挖孔灌注桩	21	44.9	2001 年竣工,设计使用寿命 50 年

2 地铁车站施工的风险源分析

2.1 深基坑施工风险

新建西站基坑深度 22.5~24.8 m, 基坑长度 175.5 m, 属深基坑, 基坑深度范围内主要以杂填土、粗砂和卵石层为主, 以上地层均易压缩且属强透土层, 地层情况较差, 连续墙成槽过程中容易引起塌孔, 土方开挖过程中容易引起过大的地表沉降. 同时考虑到连续墙接头处渗水风险的存在, 地下水可能通过接头渗入至基坑内, 长时间的渗漏容易造成连续墙背后水土流失, 造成基坑失稳, 使土体往基坑方向位移, 地面下沉.

2.2 车站主体基坑对周边建筑物的影响

新建西站周边建筑物主要为新芙蓉之都售楼部、城市快线、潭州瓦缸及省交通科学研究院, 其中省交通科学研究院和潭州瓦缸年代长, 且交通疏导道路外扩后, 地面交通量较大, 周边动载极大, 车站主体围护结构采用地下连续墙, 基坑开挖深度 22.5~24.8 m, 地下连续墙成槽及土方开挖过程中引起的地层损失及在较大的动载双重作用下容易导致建筑物下沉、倾斜, 甚至开裂, 进而使建筑物不能正常使用.

2.3 施工过程的偏压风险

新建西路位于芙蓉路上, 周边建筑物密集, 基坑两侧交通量大, 由于车流动载作用, 极易使基坑偏压, 导致支护失稳.

2.4 车站基坑开挖对周边管线的影响

管线距离基坑较近, 在基坑开挖时, 由于基坑土体卸荷, 容易造成基坑收敛, 从而引起管线开裂、燃气管道漏气、自来水爆裂浸泡基坑、排水渗入基坑等情况的发生. 渗漏水流入基坑会造成基坑失稳致使基坑塌方. 燃气管道漏气会造成爆炸等危险.

3 风险控制措施

3.1 深基坑施工风险控制措施

深基坑开挖是地铁修建过程中难度较大且事故频发的一个阶段, 为避免发生安全事故, 在进行开挖前应根据勘察结果编制专项安全施工方案, 开挖时遵循“分层开挖, 先撑后挖, 随挖随支”的原则. 同时对围护结构等的水平、竖向位移进行动态监测, 并在现场储备一些应急材料, 如钢支撑等. 针对地下连续墙接头处渗水问题, 应根据渗漏情况采取相应的解决措施. 若渗水量不多, 可以采用引流的方法, 将水利用导管排出, 然后使用防水混凝土砂浆进行封堵. 若渗流情况严重, 则需要在基坑内回填土, 将水流封堵住后在基坑外围进行双液注浆. 总而言之, 基坑围护结构是基坑施工过程中出现不可控因素最多的地方, 保障基坑围护结构的施工质量是防止发生安全事故的有效举措.

3.2 周边建筑物保护措施

新建西路地铁站周围建筑物众多, 有的建筑具有悠久历史, 为保障施工时周边建筑安全使用, 施工时制定了相关保护措施. 根据勘查结果可知, 周边建筑物与地铁站的距离在 15~40 m, 在开挖时, 为控制基坑自身变形, 减小对周边建筑物的影响力, 应控制施工进度, 同时对距建筑物较近的基坑边缘进行钢板桩加固处理, 现场施工图如图 2 所示. 钢板桩采用 10 mm 厚钢板, 钢板长度 5.2 m, 宽 75 cm, 钢板后焊接直径为 48 mm 的钢管 4 根, 每块钢板桩间距 30 cm, 能有效提高基坑稳定性. 为防止建筑物发生不均匀沉降, 对新建西路站周边建筑物采用注浆加固地层的



图2 基坑钢板桩施工

的保护方案. 注浆后的土体被浆液固结, 在与浆液中水泥共同作用下, 土体强度提高, 压缩性小, 建筑物变形量减小, 同时浆液中的水泥对土体中的孔隙进行有效填充, 使基坑与周边地层形成整体, 防止基坑变形

和沉降,进而避免基坑施工对邻近建筑物的影响。

3.3 偏压风险应对措施

李浩等^[11]运用有限元分析软件分析偏压作用变化对基坑稳定性的影响规律,探究出最大剪切应力易出现在基坑围护结构底部,本工程基于其分析结果,将第二、第三、第四道钢支撑直接施加在地下连续墙上的施工工艺优化为在钢支撑与地下连续墙之间增加钢腰梁,钢腰梁采用两根 45c 工字钢(剖面图如图 3 所示),有效降低了两侧边墙对底部的挤压力,提高了地下连续墙的抗剪能力,同时对围护结构底部进行密切监测,保证支护结构的稳定性。此外,为避免开挖时地表出现较大的沉降还应注意开挖顺序,竖向分层开挖,水平方向分成不同的施工段进行开挖,且边开挖边支护。

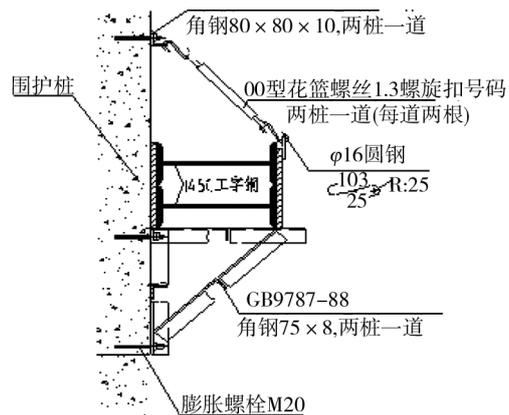


图3 钢腰梁施工剖面(单位:mm)

3.4 周边管线保护措施

为保护新建西路车站周边的管线,根据不同种类,不同地理位置的管线采取不同的保护方式。其保护方式包括临时改移、永久改迁、就地保护等。在选择保护方式时应考虑最佳的路径,减少保护成本,对侵入主体结构的管线将其临时改移至结构外,待工程完工后恢复。对抗变形能力强的柔性材质管线采取悬吊保护措施。此外,考虑未来市政规划需求,对可能需要二次改移的管线进行永久改迁。具体保护情况见表 2,管线空间位置分布如图 4 所示。

表 2 管线保护情况

管线编号	管线情况描述	与结构关系	保护方式
WS1	D800 埋深 3.4 m	南北向斜跨 3# 出入口并侵入主体结构	临时改移至结构外
WS2	D1000 埋深 3.1 m	东西向侵入结构,南北向在结构内	临时改移至结构外
WS3	D500 埋深 0.8 m	南北向斜跨 4# 出入口	悬吊保护
WS4	D100 埋深 3.4 m	结构西北侧距离地连墙边线 0.3 m	重点保护
GS1	DN1000 埋深 1.7 m	南北向横跨 1# 风井及 2# 出入口	临时改移至结构外
GS2	DN600 埋深 1.7 m	东西向横跨主体结构	钢便桥处悬吊
GS3	DN150 埋深 1.7 m	东西向横跨 4# 出入口及 2# 风井	临时改移至结构外
RQ1	DN250 埋深 1 m	南北向跨 2# 及 1# 风井	永久改迁附属结构外侧
RQ2	DN100 埋深 1 m	南北向跨 4# 出入口	永久改迁附属结构外侧
DJ1, DJ2	军用电缆	南北向跨 1# 风井	沿附属结构基坑改移
DX3	6x4 电信电缆 埋深 1.6 m	南北向跨 2# 出入口及 1# 风井	沿附属结构基坑改移
DX4~6	军用电缆	南北向跨 2# 出入口	沿附属结构基坑改移
DX7~9	2x2 军用电缆 埋深 0.7 m	东西向横跨主体结构	钢便桥处悬吊保护
DT10	城市通信埋深 3 m	横跨主体结构	改移至结构北侧
XX11	6x4 电信电缆 埋深 0.8 m	南北向斜跨主体结构	改移至基坑边保护
DL1, DL2	路灯 4x2 埋深 1 m	南北向横跨 1# 风井及 2# 出入口	沿基坑改移
DL3	1x1 电力线 埋深 1 m	东西向横跨主体结构及 3# 出入口	悬吊保护
DL4, DL5	电力线 埋深 0.5 m	南北向跨 3# 出入口	沿基坑改移
DL6	3x2 电力线 埋深 0.8 m	南北向斜跨 4# 出入口	沿基坑改移



图4 各管线空间位置分布

4 结论

1)以新建西路车站为例,分析列举了地铁车站明挖法施工中可能存在的4种风险。

2)针对施工过程中存在的深基坑施工风险、周边建筑物影响、偏压风险提出分层开挖、动态监测、注浆加固等控制措施,同时给出了周边不同管线的保护方法,为类似明挖法工程施工提供了指导。

参考文献:

- [1] 刘树亚,欧阳蓉.基坑工程对深圳地铁的结构变形影响和风险控制技术[J].岩土工程学报,2012,34(s1):638-643.
- [2] 何理,仇陪云,石杰红,等.城市轨道交通施工风险统计及事故特征分析[J].中国安全生产科学技术,2020,16(s1):130-134.
- [3] 戴亚军,王建辉.复杂工程地质条件下过江盾构隧道风险管理与对策[J].矿业工程研究,2018,33(3):45-51.
- [4] 陈绍清,熊思斯,何朝远,等.地铁深基坑坍塌事故安全风险分析[J].安全与环境学报,2020,20(1):52-58.
- [5] 薛模美,吴替,张铁军.金沙洲隧道淤泥质地层明挖深基坑施工风险评估及控制[J].铁道标准设计,2010(1):150-154.
- [6] 王晓明.地铁施工风险源分析及关键控制技术[J].绿色环保建材,2018,133(3):162-163.
- [7] 唐传政,彭晓秋,熊秋梅,等.武汉地铁3号线一期工程车站基坑施工风险控制分析[J].岩土工程学报,2012,34(s1):415-418.
- [8] 胡众,朱大勇.复杂环境下地铁基坑施工风险研究[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2020,43(4):522-529.
- [9] 王峰,高月新,周勋,等.成都市地铁深基坑施工风险评价实证研究[J].建筑结构,2019,49(s2):920-925.
- [10] 杨涛.地铁车站施工对临近建筑物保护方案的制定应用[J].安徽建筑,2018,24(3):113-114.
- [11] 李浩,刘毅,彭振,等.边坡偏压对于邻近地铁车站基坑稳定性影响分析[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2020,52(3):359-365.