

# 地铁车站工程深基坑围护结构渗漏治理技术应用

贾 智

上海隧道工程有限公司 上海 200092

**摘要:**城市轨道交通工程的建设,不仅方便了人们的生活和出行,也为城市的繁荣发展增添了力量。为了综合利用城市土地资源,城市轨道交通工程一般均为地下工程,尤其是地铁车站的建设,地下百年工程,围护结构渗漏水的治理显得尤为重要,如处理不当,轻则影响后期建设及使用安全,造成财产损失,重则可能导致基坑开挖时坍塌,造成人员伤亡等大型事故。所以在围护结构施工和基坑开挖时必须做好渗漏水的治理工作,以保障后期地铁交通安全运营<sup>[1]</sup>。本文结合郑州机场至许昌市域铁路工程土建施工05标段的围护结构渗漏水治理经验,阐述了地铁车站工程深基坑围护结构渗漏水治理技术的应用。

**关键词:**深基坑;渗漏水;渗漏水治理技术;微扰动注浆;地下连续墙

## 引言

基坑开挖时围护结构一旦发生渗漏水事故,不仅影响基坑安全,还将会影响到周围构筑物安全。为此王其升<sup>[2]</sup>以太原地铁2号线大南门站施工为来源,通过对车站基坑开挖过程中围护结构渗漏水的情况,总结渗漏水出现的形式及规律,分析渗漏水的原因,总结围护结构渗漏水预防和应对处理措施。周爱民等<sup>[3]</sup>以长沙地铁4号线汉王陵公园站施工为例,探讨了基坑围护结构设计,模筑混凝土施工和围护结构渗漏水治理工艺,以解决地铁明挖车站基坑渗漏水问题。

## 1 工程概况及地质条件

郑州机场至许昌市域铁路工程土建施工05标段结构包括:新郑机场站、区间风井,区间隧道为新郑机场站~区间风井区间。车站主体结构为地下三层外挂附属式车站,底板埋深约为30.2m。车站主体结构外包长度为157.8m,基坑宽度55m。围护结构为地下连续墙加钻孔灌注桩,主体基坑侧地下连续墙厚1.2m,深度分为46m、47.91m、49.01m三种类型,计39副;附属地下连续墙厚0.8m厚,地墙深38.9m,计34幅;共计73幅。车站采用主体、附属整体基坑开挖和结构回筑方案,采用明挖顺筑法施工。

该站在勘探揭露地层中,主要由第四系全新统人工堆积物、上更新、中更新统冲洪积物组成。从上到下,所经土层主要为:素填土、③31层黏质粉土、③31B层粉质黏土、③41层粉砂、③22层粉质黏土等,勘察期间,地下水埋深8.60~11.46m,埋深较浅,与实际水位埋深相符。主要赋存于③31层粉土和③41层粉砂中,下部硬塑状粉质黏土为相对隔水层。③31层粉土和③41层粉砂中无其它相对隔水层,场地内不存在承压水。

## 2 深基坑特点

从工程概况中不难看出,该车站基坑不仅深度大,而且基坑占地面积广。再加上施工场地地处机场要塞,北侧为迎宾大道,南侧为T1航站楼,东侧为T2航站楼。基坑边缘距T1航站楼最近处仅11.3m,地下工艺管道及地下管线较多。相比普通基坑而言,施工工艺复杂且施工难度大。由于地下水

位置较浅,为保证基坑顺利开挖和防止基坑底突涌水,需在坑内打设降水井辅助施工,主体基坑内打设降水井22口,附属基坑内打设降水井20口,坑外设置5口观测井,降水井间距为13~18m。井径均为500mm,井深34~38m。开挖期间降水至基坑底部1m。

## 3 渗漏水原因分析

在基坑开挖时,造成渗漏水有诸多因素,主要有以下几点。(1)泥浆指标不达标。地下连续墙成槽施工时泥浆指标不达标,造成局部塌孔,或者混凝土浇筑过程中因泥浆含泥量过大而夹杂泥沙,导致开挖渗漏水。(2)不良地质。成槽时遇到不良地质,如新近填土且未堆载预压;地下水位高,且10m深度范围内存在3m以上砂土、粉土及粉砂土;成槽深度范围内存在欠固结淤泥质黏土,且承载力低于60kN/m<sup>2</sup>等地质,在成槽和浇筑混凝土时存在稳定风险,容易引起塌孔而导致混凝土中夹泥夹砂。(3)成槽垂直度控制不到位。成槽施工时垂直度控制不到位,导致相邻两幅地下连续墙下部出现前后分叉,形成流水通道导致开挖渗漏水。(4)接头处理不当。本工程中地下连续墙接头采用H型钢接头,如果相邻幅地下连续墙接头处理不当,如刷壁不干净,接头夹泥夹砂;又如钢筋笼上防混凝土绕流铁皮安装不连续或有破损,H型钢后沙袋填充不实等,在混凝土浇筑时会产生绕流现象,从而导致开挖后形成流水通道而渗漏水。还有一种情况,就是本工程中主体与附属相连接地下连续墙截面厚度不同,主体侧地下连续墙厚1.2m,附属侧地下连续墙厚0.8m,如果接头处理不当也可能导致开挖渗漏水。(5)混凝土质量控制不足。浇筑混凝土时,坍落度和稠度不满足要求,或出现离析现象;浇筑过程中将导管拔出混凝土液面;开挖后暴露出地下连续墙,均会出现混凝土蜂窝麻面或者夹泥夹沙现象,从而形成流水通道而导致围护结构渗漏水。

## 4 处理措施

本文从基坑开挖前的处理措施和基坑开挖后的处理措施两个部分来阐述。

### 4.1 基坑开挖前的处理措施

#### 4.1.1 泥浆指标控制

本工程地下连续墙成槽所采用泥浆为复合钠基膨润土泥浆。泥浆系统所用管路、泵、空压机及搅拌设备应合理匹配，泥浆输送量应大于 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，确保地下连续墙施工时浆液充足，新鲜泥浆拌制应经现场试配实验确定，拌制完成后，应静置8h以上待膨润土充分水化后方可使用。新鲜泥浆、成槽泥浆、清孔后泥浆及废浆应分开存放，挂牌标识明确。且应控制新鲜泥浆、成槽泥浆和清孔后泥浆的各项指标如下表1所示，在施工过程中及时抽检，控制泥浆指标合格，保证泥浆的护壁效果。

表1 泥浆指标

实验项目	新鲜泥浆	成槽泥浆	清孔(后)泥浆
	粉砂性土地层		
漏斗粘度(s)	30~35	25~35	25~35
比重	1.03~1.10	1.1~1.2	1.03~1.10
pH值	8~9	8~10	8~10
胶体率(100%)	>99	>96	>99
失水率(cc/30min)	<10	<15	<10
泥皮厚(mm)	<1	<1.5	<1
含砂率%	/	<8	<4

#### 4.1.2 不良地质处理

如遇不良地质，可按下表2方法处理，保证成槽土体稳定，减少塌孔等风险。

表2 不良地质处理

不良地质情况	处理措施
地下水位高，且10m深度范围内存在3m以上砂土、粉土及粉砂土	做成槽实验，井点降水或槽段两侧加固
新近填土且未堆载预压	槽段两侧预加固
成槽深度范围内存在欠固结淤泥质粘土，且承载力低于 $60\text{kN/m}^2$	

#### 4.1.3 成槽垂直度控制

成槽前应复核槽段位置，本工程地下连续墙成槽采用液压抓斗机，配有强制纠偏装置。驾驶员根据仪器测试结果随挖随纠，确保成槽精度要求。成槽结束后应采用超声波测斜仪检查地下连续墙的垂直度，达到 $\leq 3\%$ 精度要求即可进入下一道工序施工，否则应进行修槽，直到合格为止。超声波检测如图1所示。

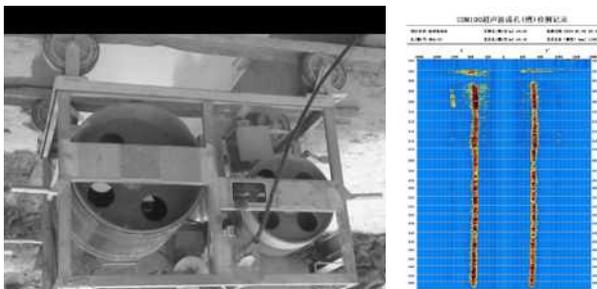


图1 超声波检测示意图

#### 4.1.4 接头处理

地下连续墙最薄弱也是最容易引起渗漏的地方就是地下连续墙的接头，所以地下连续墙的接头处理显得尤为重要。首先是加工钢筋笼时，H型钢的焊接质量要保证，应做焊缝探伤检测。其次，安装防绕流铁皮时必须整体连续，不得有断开情况。钢筋笼就位后，H型钢背部应用袋装黏土填充密实，袋装黏土应分层回填，分层高度不宜大于10m。混凝土浇筑之前，先填充20m，不宜过高，否则容易引起H型钢向内倾斜，浇筑过程中随浇随填，但应保证高于混凝土液面3~5m，防止混凝土绕流。再施工相邻幅地下连续墙时，应对前一幅地下连续墙的H型钢进行刷壁处理，刷壁采用专用刷壁器，尺寸应与H型钢相吻合。刷壁完成后用超声波检测仪对刷壁效果进行检查，直至H型钢刷壁满足要求，否则应重复上述过程，直至刷壁合格。

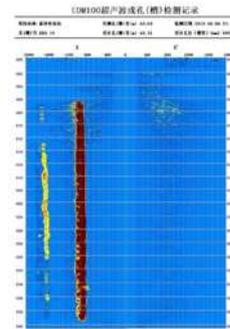


图2 超声波检测H型钢刷壁效果

对于本工程主体侧1.2m厚地下连续墙与附属侧0.8m厚地下连续墙接缝处以及的薄弱接头，采取如下处理措施。基坑开挖之前，在这些相邻幅薄弱接头部位施打桩径 $550@800$ 高压旋喷桩，采取坑外墙缝止水加固措施<sup>[4]</sup>。高压旋喷桩用水泥采用PO42.5级普通硅酸盐水泥，水泥用量不小于 $255\text{kg/m}$ ，水灰比应控制在0.8:1~1.2:1范围内浆液流量不小于 $75\text{L/min}$ ，钻杆提升速度为 $15\sim 20\text{cm/min}$ 。数量视接头情况而定，一般不少于三根。如下图示。

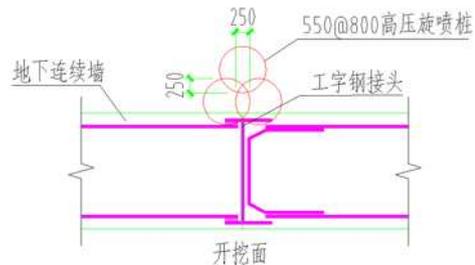


图3 高压旋喷桩平面示意图

#### 4.1.5 混凝土质量控制

混凝土全面浇筑之前，浇筑导管应进行试拼并进行水密性试验，合格后方可浇筑。混凝土应具有和良好的和易性，坍落度宜为 $200 \pm 20\text{mm}$ ，现场随机抽查，应保证混凝土连续浇

筑, 间隔时间不宜大于半小时。导管下到距离槽底30~50cm位置, 浇筑过程中应保证导管埋入混凝土2~6m, 边浇筑边用测绳量测, 严禁将导管拔出混凝土液面。

#### 4.2 开挖后的处理措施

基坑开挖过程中应严密监控地下连续墙的渗漏水情况, 围护结构的渗漏水大致分为如下几种类型: (1) 围护结构表面轻微渗水。这种情况处理简单, 只需要在渗漏位置旁边打入带有止回装置的注浆针头, 再压注聚氨酯材料进行堵漏, 完成后再用双快水泥封堵渗漏位置即可。如下图示。

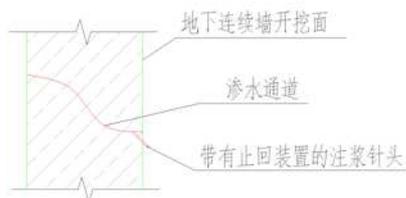


图4 针头注浆法示意图

(2) 渗水流较大, 清水或者携带少量泥沙。如果发生这种情况, 应该及时启动应急抢险预案按如下步骤进行堵漏处理, 并在堵漏过程中及堵漏结束后的48小时内严密监控基坑变形和地表沉降数据。a、在渗流通道的位置打入木桩或者塞入棉布等措施让流水通道变小; b、在流水通道位置或旁边打入带止回球阀的引流管, 引流管可采用 $\phi 28$ 无缝钢管, 球阀处于开启状态; c、用双快水泥封堵引流管周边, 同时在流水通道旁打入一根带止回球阀的注浆管, 注浆管亦可采用 $\phi 28$ 无缝钢管, 球阀处于开启状态, 注意注浆管必须打穿地下连续墙, 如下图示; d、压注油性聚氨酯堵漏剂, 直到发泡的聚氨酯从引流管中喷出, 再少量压入聚氨酯直至引流管中聚氨酯不再喷出, 关闭引流管和注浆管上的球阀; e、注浆完成后, 在渗漏位置封堵厚度为8~10mm, 面积约为400×600mm的钢板, 尺寸不可太大, 否则人工难以搬运。钢板四边与地下连续墙钢筋笼钢筋焊接牢固, 再在钢板四周用双快水泥进行封堵。

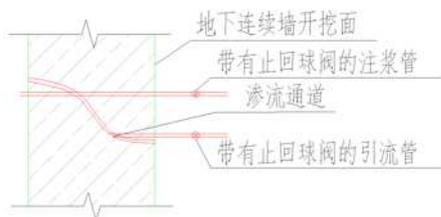


图5 引流管与注浆管施打示意图

根据渗流出的水量或渗流携带泥沙量的多少, 以及地表沉降数据, 来判断是否需在迎水面侧的地基进行注浆加固处理。如需要, 则按下述微扰动注浆工艺流程实施: a、孔位放线, 钻机就位。钻机采用工程地质钻机。b、钻取导孔。采用 $\phi 80$ mm的钻杆向地下垂直打入5~8m作为引导孔, 方便后续注浆芯管打设。c、打入注浆芯管。注浆芯管可采用

$\phi 28$ 的无缝钢管, 接头采用丝口连接, 芯管端头侧向开2排4孔、孔径6mm的注浆孔, 下放时用塑料布临时包住, 以防注浆孔堵塞。打入注浆芯管时确保管路之间连接严密并保证其垂直度。注浆芯管应打入渗漏位置标高以下3~6m为宜。d、检查注浆管路是否畅通。e、拌制浆液。从注浆芯管底部直到渗漏位置标高以上2~3m处注入水泥-水玻璃双液浆, 以快速凝固止水和加固地基, 在往其上直至地面可注入水泥单液浆, 实现地基加固作用。水泥宜采用PO42.5级普通硅酸盐水泥, 水灰比为0.8~1.2, 水玻璃浓度为30~40Be, 水泥浆与水玻璃体积比为1:0.5~1:1, 水玻璃配置需做现场实验, 初凝时间为1~2min为宜。f、注浆、拔管。在注浆过程中, 严格控制注浆压力和注浆流量, 注浆压力一般为0.3~0.5MPa, 注浆流量: 水泥浆泵流量为14~16L/min, 水玻璃浆泵流量为5~10L/min。边注浆边拔管, 一般每20~30s拔管5~10m。当注浆压力 $> 0.5$ MPa或注浆进浆量 $> 1 \sim 2$ L/min时停止注浆, 最终全部拔出注浆芯管完成注浆。3) 基坑严重涌水、涌沙。当发现基坑发生严重涌水、涌沙时, 应立即撤离现场作业人员并立即启动应急预案。往基坑中灌入沙土直至涌水涌沙位置上2~3m, 然后在基坑外采用微扰动注浆技术对地基进行加固处理, 并严密监测基坑及地表变形, 待浆液固结并基坑变形稳定后重新开挖基坑。

#### 5 施工效果

在整个基坑开挖中通过控制地下连续墙等各环节施工工艺, 对基坑开挖过程中易出现的渗漏水情况进行分析并积极采取治理措施, 开挖渗漏水得到有效控制, 整个基坑开挖和回筑过程非常顺利。

#### 6 结束语

随着施工工艺技术的不断发展, 地铁工程中不断涌现出深基坑甚至超深基坑作业, 而围护结构渗漏水治理的成败往往成了这些施工难度大而且技术复杂的基坑工程成败的关键, 准确而熟练掌握深基坑围护结构渗漏水治理措施显得尤为重要, 也为今后类似工程提供相关经验。

#### 参考文献:

- [1]杨文慧. 浅谈地铁基坑围护结构预防渗漏水施工技术[J]. 门窗, 2020(8):2.
- [2]王其升. 大南门站基坑围护结构渗漏水原因分析及防治技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2021.2.
- [3]周爱民, 田春春, 刘晓丽, 等. 明挖地铁车站围护结构防水设计及渗漏水治理[J]. 工程建设与设计, 2019(16):3.
- [4]陈辉. 地铁车站叠合墙渗漏水防治措施[J]. 上海建设科技, 2017(3):4.