

# 关于GXJ橡胶接头在地墙施工中的应用技术研究

宋 曦

中铁华铁集团 上海华铁工程咨询有限公司 上海 201800

**【摘 要】**本文以上海市轨道交通23号线一期工程景联路站的围护结构工程的地下连续墙采用了新型工艺——GXJ橡胶接头为背景,研究了GXJ橡胶接头在上海市地下水位高、软土地区深基坑施工中的应用技术。通过对GXJ橡胶接头性能测试和现场地墙施工运用实践,发现在地下连续墙接缝处增加橡胶止水带,能较好的增强了地墙接缝的抗渗能力,可有效满足地下水位高、土层软弱的深基坑地下连续墙接缝抗渗要求, GXJ橡胶接头具有出色的密封效果和较高的承载能力,适合于在地下连续墙施工中作为接头使用。

**【关键词】** GXJ橡胶接头; 地下连续墙; 接头工艺; 防渗; 混凝土绕流

## 前言:

地下连续墙作为地下工程等重大基础工程的重要部分,主要承受基坑外的土压力、水压力并传递结构应力,其求解和构造一直是土木工程学的热门研究领域。地下连续墙传统的接头形式,均是将接头箱或者锁口管放置在每一幅地墙槽段的端侧,然后在槽段内吊装下放钢筋笼,随后在槽段内浇注混凝土,等槽段内的混凝土构件达到了一定强度后,最后用起重设备将接头箱或者锁口管提起,使之与混凝土构件分离开来。因此需要对槽段内地墙混凝土的强度时间控制非常严格和精准,若时间控制不好,地墙混凝土强度太高,接头箱或者锁口管将与地墙混凝土构件浇筑在一起,起重设备无法将接头工具提出地墙槽段,会影响相邻槽段地墙施工;而时间过短,混凝土强度不够就取出接头箱或者锁口管则容易导致地墙端侧混凝土坍塌现象,将极大地影响地墙施工质量,而该地墙接缝也易渗水,对后期基坑土方开挖带来巨大风险。而且传统的十字型钢、H型钢接头、钢筋承插式等地墙接头型式对施工缝处的渗水无法较好的处理。

但随着新型接头形式——GXJ橡胶接头的成功试验及工程中的实际应用成功, GXJ橡胶接头不但能够保证地下连续墙的施工质量、抗渗效果,而且提高了地墙施工速度、降低了施工成本,此接头有着比十字钢板、H型钢、钢筋承插等接头更好的防水能力,又具备接头成本低、操作简单的优点。得到实际运用此工艺的参建单位的充分肯定,也正在被许多城市地铁推广运用。

## 1 工程概况

### 1.1 车站概况

上海市轨道交通23号线一期工程景联路站为地下二层岛式车站,其中地下一层为站厅层,地下二层为站台层。其

标准段内净尺寸长247.8m,宽20.34~22.0m。车站主体挖深约为16.44~18.26m。根据站址周边建设条件、与地块结合的条件,车站共设3个出入口,2组风亭,其中风亭采用顶出式。

### 1.2 地墙及地质水文情况

标准段基坑深度约16.44m,坑底位于④2灰色粉砂中,采用明挖顺作法施工。围护结构选800mm厚地下连续墙(采用GXJ橡胶止水带接头),墙长31.0m,墙趾位于⑤3-1灰色粉质粘土夹粘质粉土层中。沿基坑深度方向设置四道支撑,其中第一道为钢筋混凝土支撑,除第三道为 $\varnothing 800$  ( $t=20\text{mm}$ ) 钢管支撑外,其余均为 $\varnothing 609$  ( $t=16\text{mm}$ ) 钢管支撑。(见图1)

南端头井基坑深度约17.71m,坑底位于⑤1-2灰色粉质粘土层中,采用明挖顺作法施工。围护结构选800mm厚地下连续墙(采用GXJ橡胶止水带接头),墙长33.5m,墙趾位于⑤3-1灰色粉质粘土夹粘质粉土层中。沿基坑深度方向设置五道支撑+一道换撑,其中第一道为钢筋混凝土支撑,除第三道、第四道及换撑为 $\varnothing 800$  ( $t=20\text{mm}$ ) 钢管支撑外,其余均 $\varnothing 609$  ( $t=16\text{mm}$ ) 钢管支撑。

北端头井基坑深度约18.26m,坑底位于⑤1-2灰色粉质黏土层中,采用明挖顺作法施工。围护结构选800mm厚地下

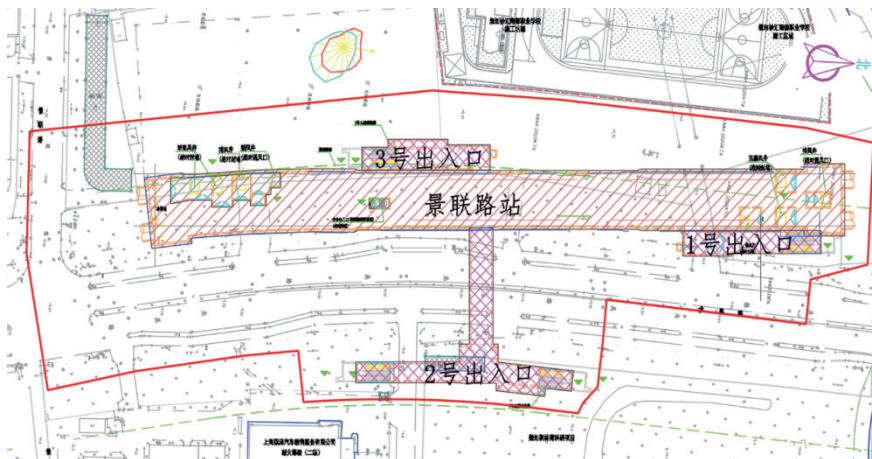


图1: 景联路站平面图

连续墙(采用GXJ橡胶止水带接头),墙长34.5m,墙趾位于⑤3-1灰色粉质黏土夹黏质粉土层中。沿基坑深度方向设置五道支撑+一道换撑,其中第一道为钢筋混凝土支撑,除第三道、第四道及换撑为 $\phi 800$ ( $t=20\text{mm}$ )钢管支撑外,其余均 $\phi 609$ ( $t=16\text{mm}$ )钢管支撑。

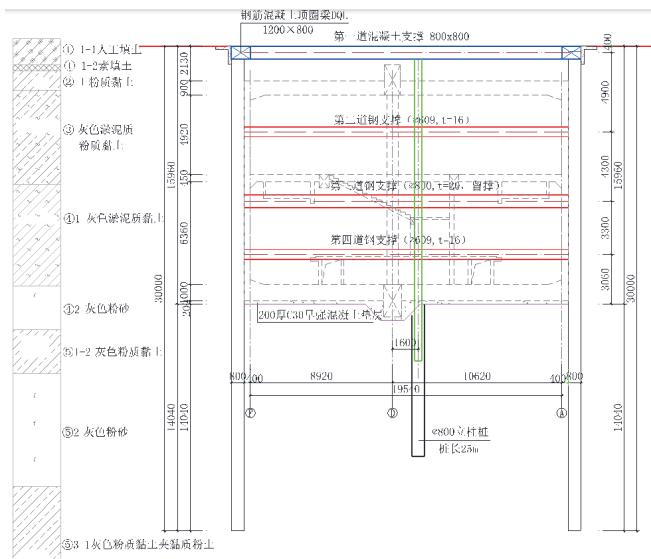


图2: 景联路站标准段地质剖面图

## 2 接头工艺的比选

地下连续墙是由一系列单元槽段经过持续浇注混凝土构件完成而形成的整体地下墙结构,它们结构的连续性通常通过工程接头相互连接。传统的地下连续墙常用的接头类型有圆形锁口管接头、波纹管接头、楔形接头、工字形接头或混凝土预制接头等柔性接头;当地下连续墙作为主体地下结构外墙,且需要形成整体墙时,宜采用刚性接头;也有采用一字形或十字形穿孔钢板接头、钢筋承插式等刚性接头。

### 2.1 锁口管接头

地墙施工最常见的就是采用锁口管接头,然后配合在地墙施工缝的坑外高压旋喷桩止水,导致施工效率低、成本高、抗渗效果不明显,且易存在如下问题:

- (1) 因为钢筋承插式或H型钢配合锁口管接头,地墙的施工接缝是锁口管的弧面型或者是H型钢的光面,在地下水位高、软土层区域的地墙结构水平位移或竖向沉降不一致较明显,在基坑土方开挖变形后地墙施工缝极易渗水;
- (2) 钢筋承插式或H型钢配合锁口管接头的混凝土浇筑完后需要进行反复凿毛或刷壁,清理不干净会导致相邻两幅新旧地墙混凝土粘结缝发生渗水;
- (3) 采用锁口管接头,在混凝土浇筑过程中容易夹泥、夹砂现象,留下质量和渗水隐患;
- (4) 地墙钢筋笼需增加H型钢和扰流板,在坑外地墙施工缝处进行旋喷桩止水帷幕施工,成槽过程需要反复刷壁清理等等,增加了施工成本和时间;
- (5) 当遇到超深基坑地下连续墙施工时,槽段内的锁口管易发生渗漏和拔不出来的情况。

### 2.2 GXJ橡胶接头

GXJ橡胶接头是采用特定的接头箱与配套的橡胶止水带

相组合的接头形式,使之改变了现有地墙接头的防水与结合形式,是一种防渗效果明显,施工效率更快、成本更低的柔性接头。此接头箱采用“高弹性聚合物止水钢槽板”(英文全称Rubber water Sealing steel Plate,简称RSP接头板)制成,接头箱有一凹槽用来放置配套的橡胶止水带。

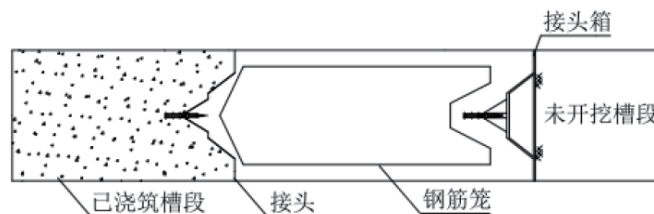


图3: GXJ橡胶接头与地墙简图

- (1) GXJ接头的特定接头箱上有台阶曲线与配套橡胶止水带上有多处凹槽,使地下水的渗透路径发生了改变,延长地下水的渗透路线,起到较好的抗渗效果;
- (2) 由于GXJ橡胶接头的良好抗渗效果,减少了坑外地墙施工缝的高压旋喷桩的施工成本和工序;
- (3) 相邻单元地墙槽段开挖时,本幅接头箱不需要立即拔出,成槽机可以顺着接头箱背面开挖相邻幅地墙槽段,可以对本幅地墙端的侧面起到保护作用,待开挖完成后再取出接头箱;
- (4) 无需进行刷壁清理混凝土面,因为接头箱不需要拔出,混凝土面较难接触砂土,基本不会出现夹砂、夹泥等现象;
- (5) 施工过程需要多次吊放或剥离接头箱,易使接头箱产生变形或拼装接口松动,但相对传统的锁口管施工效率还是大大提高。

### 2.3 接头工艺选择

锁口管接头因其造价低而被普遍应用,但其接头在施工中存在顶拔困难、止水效果差等缺点;工字钢接头与十字钢板接头都为刚性接头,适用于土质条件较差的地层,防水性能也较锁口管有很大的提高,但是工程造价较高,故在一般浅层地下连续墙施工中使用较少;GXJ接头的橡胶止水带具有良好的弹性,在连续墙接缝处当混凝土凝固收缩时,橡胶止水带会有非常好的密合性和止水效果。其次,接头箱在开挖且清孔换浆后才剥除,新鲜且完整的混凝土面绝非一般工法事后清理所能比拟的,因此GXJ橡胶接头的地下连续墙拥有绝佳的防水效果和完整性,且施工效率高、成本低,成为地墙施工中的一种理想选择。

## 3 GXJ橡胶接头施工

### 3.1 地下连续墙设计

本项目工程地下连续墙共计108幅,地墙厚800mm,端头井有效墙长为33.5m、34.5m,标准段有效墙长为31m。

- (1) 围护结构形式:采用800mm厚地下连续墙,地下连续墙之间采用GXJ橡胶止水带接头;地下连续墙与内部结构的连接采用预埋直螺纹钢筋连接器形式;标准段墙深31m,南端头井墙深33.5m,北端头井墙34.5m;
- (2) 地墙混凝土强度等级: C35水下混凝土,抗渗 $\geq \text{P8}$ ;
- (3) 钢筋:采用HPB300一级钢、HRB400三级钢;
- (4) 地连墙最外侧钢筋混凝土保护层厚度:迎土侧(外侧)70mm,背土侧

头处采用30mm厚Q345B钢板加固，接头箱对接处的孔洞采用钢板封住，严格控制连接处的质量和整体垂直度、宽度：

(2) 单元槽段成槽, 采用SG50液压抓斗成槽机进行槽段开

| 序号 | 地墙编号      | 墙厚<br>(mm) | 墙顶<br>标高<br>(m) | 墙底<br>标高<br>(m) | 有效<br>长度<br>(m) | 幅<br>数 | 接头<br>形式  | 备注 |
|----|-----------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------|----|
| 1  | WS1~WS12段 | 800        | 4.5             | -29             | 32.7            | 12     | GXJ<br>接头 |    |
| 2  | WW1~WW42段 | 800        | 4.5             | -26.5           | 25.7            | 42     |           |    |
| 3  | WE1~WE42段 | 800        | 4.5             | -26.5           | 25.7            | 42     |           |    |
| 4  | WN1~WE12段 | 800        | 4.5             | -30             | 33.7            | 12     |           |    |

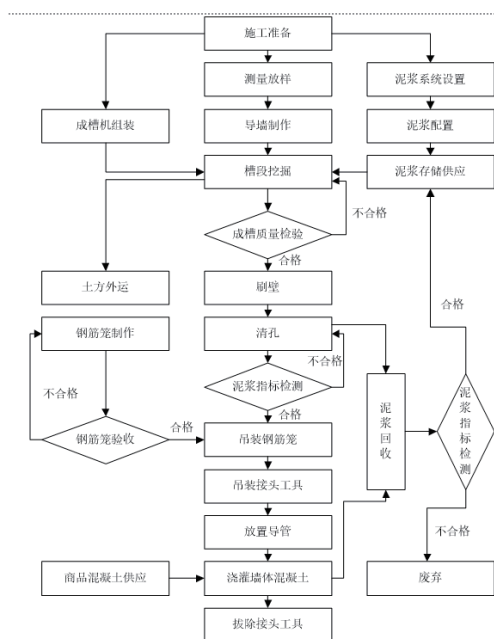


图4: 地墙施工流程

### 3.2 GXJ橡胶接头施工工艺

(1) 拼装接头箱：接头箱采取多根拼接整根吊装，接

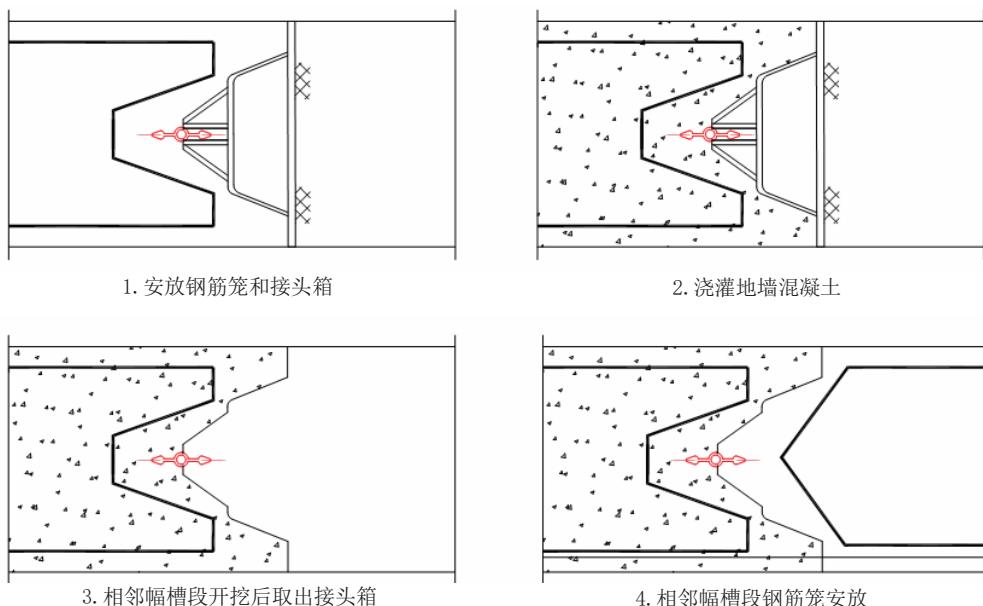


图5: GXJ橡胶接头施工流程图

(2) 单元槽段成槽：采用SG50液压抓斗成槽机进行槽段开挖，使用三抓成槽；(3) 下放钢筋笼：槽段深度及清孔换浆完成后，下放钢筋笼使地墙钢筋笼在设计位置，在两端放置用于固定和保证接头箱垂直的支架；(4) 接头箱安装：将配套的橡胶止水带（和地下连续墙深度等长）上端固定在接头箱顶部设计标高凹槽处，然后用起重机一起吊起接头箱与橡胶止水带使两者垂直平行；安排专人顺着接头箱底部凹槽向顶部凹槽内安装橡胶止水带，并在橡胶止水带两侧塞入木楔保证不脱落（保证吊装和下放过程中不脱落、移位，也不能过于牢固，防止剥离接头箱过程中破坏止水带），安装一段顺着固定支架入槽一段，下放接头箱的同时，接头箱安装橡胶止水带接触面一侧涂刷脱模剂，直至全部入槽（接头箱底部插入槽底50cm），保证橡胶止水带安装到设计高度；(5) 浇筑混凝土：混凝土浇筑过程中对接头箱背侧超挖部分回填粒径20-40mm的石子，浇筑前一次性回填高度不得大于  $H/3$  ( $H$ -地下连续墙深度)，回填石子应和混凝土浇筑同步进行，严格控制浇筑速度与回填石子速度，并始终保持回填石子高度高于正在浇筑混凝土面 3~5m，防止接头箱变形和混凝土绕流；(6) 接头箱剥离及安放：当相邻槽段开挖完成并清孔后用抓斗上的扣耳或专门用于剥离接头箱的带扣耳重锤，将接头箱采用侧向剥离取出（剥离前确保接头箱背侧土体和绕流混凝土清除干净），下放钢筋笼，将清理合格的安装好橡胶止水带的接头箱插入已开挖单元槽另一端侧，并重复以上工序。

### 3.3 施工重难点

(1) 槽段端侧的垂直度控制: 成槽机在对接头箱位置开挖时, 要控制抓斗每次下开放挖形状 (采用方斗), 尽量保证接头箱迎土侧的土面垂直度, 使开挖槽段端头形状



和接头箱形状保持一致,保证接头箱能够垂直、紧密贴实放置,接头箱和槽段端头贴得越密实,接头箱就越容易剥离,就更有利于接头质量;(2)接头箱剥离的时机掌握:对槽段内地墙混凝土的强度时间要严格控制 and 掌握,时间过短,混凝土强度不够就取出接头箱则容易导致橡胶止水带被拔出、地墙端侧混凝土坍塌现象,将极大地影响地连墙施工质量,而该地墙接缝也失去止水效果,对后期基坑土方开挖带来巨大风险;(3)接头箱剥离的方式:接头箱应采用侧向剥离后起拔的方式,并应在相邻槽段清底完毕后取出。对于不易剥离的接头箱采用侧向千斤顶或挖机侧向顶拔配合起重机械一起剥离(采用挖机顶推的方式侧向剥离接头箱时,接头箱顶部最大顶推宽度不应大于3m),在顶拔时注意力度和角度控制,防止起拔力度过大使橡胶止水带断裂或者接头箱变形断裂,时刻关注接头箱连接处情况,必要时加焊补强。当地下连续墙深度超过45m深时,接头箱应配置侧向千斤顶,并使用侧向千斤顶侧向剥离接头箱,接头箱起拔依靠自身安装的油缸千斤顶侧向顶出,顺利的情况下再用吊车起拔,严禁用挖机直接顶推;(4)脱模剂的涂刷:可以在安装橡胶止水带下放接头箱时一起施工,要保证脱模剂涂满,以防混凝土浇筑后与接头箱粘结紧密,后期剥离困难;(5)橡胶止水带的固定:在将橡胶止水带固定在接头箱凹槽内时,固定木楔不宜过少,防止固定不到位橡胶止水带中途脱落或移位;也不能过多过于牢固,防止剥离接头箱过程中损坏止水带;(6)回填碎石的控制:对接头箱背后超挖空间回填碎石时,碎石应选择合适的粒径,不能回填较大直径的碎石,选择粒径(20~40mm)能有效填补接头箱与墙壁之间的缝隙即可,且浇筑前一次性回填高度不得大于  $H/3$  ( $H$ -地下连续墙深度),回填石子应和混凝土浇筑同时进行,严格控制浇筑速度与回填石子速度,并始终保持回填石子高度高于正在浇筑混凝土面 3~5m,防止接头箱变形和混凝土绕流。

#### 4 GXJ橡胶接头应用后施工总结

GXJ橡胶接头作为地下连续墙一种新的接头工艺,在本地地铁车站的运用实施,随着施工中的深入的研究了解,其优缺点也逐渐体现出来。

##### 4.1 GXJ橡胶接头的优点

(1) GXJ接头的特定接头箱上有阶梯曲线与配套橡胶止水带上有多个凹槽,使地下水的渗透路径发生了改变,延长地下水的渗透路线,起到较好的抗渗效果;(2) GXJ接头橡胶止水带具有良好的韧性,在连续墙接缝处当混凝土凝固收缩时,橡胶止水带会有非常好的密合性和止水效果;(3) 由于GXJ橡胶接头的良好抗渗效果,减少了坑外地墙施工缝的高压旋喷桩的施工成本和工序;(4) 相邻单元地墙槽段开挖时,本幅接头箱不需要立即拔出,成槽机可以顺着接头箱背面开挖相邻幅地墙槽段,可以对本幅地墙端的侧面起到保护作用,待开挖完成后再取出接头箱;(5) 常规的锁口管接头工艺需进行刷壁清理混凝土面,而GXJ橡胶接头是在开

挖完成后才剥离接头箱,混凝土面较难接触砂土,接头混凝土面新鲜完整,基本不会出现夹砂、夹泥等现象,且开挖完成后立即开始换浆,避免泥皮附着在接缝,提高了地下连续墙的止水效果,使用GXJ 橡胶接头的地下连续墙拥有良好的防水效果和完整性;(6) 当开挖相邻单元槽段时,可以利用成槽机抓斗上安装的扣耳扣住接头箱的端板,利用接头箱作为导向板,保证开挖槽段的垂直度,使开挖的垂直偏差降至最小,可以符合最严格的垂直精度要求,也能确保接头箱背侧土体和绕流混凝土清除干净。

##### 4.2 GXJ橡胶接头的缺点

(1) 施工过程需要多次吊放或剥离接头箱,易使接头箱产生变形或拼装接口松动;(2) 接头下放时,需将多段接头箱焊接成为一个整体,重量大、长度长,对起重设备有严格要求,这也局限了地墙施工的深度范围;(3) GXJ橡胶接头为柔性接头形式,则不能传递剪力和弯矩,导致地下连续墙整体受力性能较差。

##### 4.3 现场施工出现的问题及解决办法

结合本项目多幅地墙施工后的情况,得出以下问题及解决办法,供同行参考:

(1) 个别接头箱剥离难度比较大。解决办法:接头箱安装时在浇筑面一侧均匀涂抹脱模剂,减小混凝土与接头箱的粘结力;注意接头箱剥离的时机;采用侧向千斤顶侧向顶拔配合起重机械一起剥离;(2) 个别橡胶止水带被撕裂扯出。解决办法:在相应墙缝坑外增加高压旋喷桩进行墙缝止水;注意接头箱的垂直度及起拔的角度和力度;固定橡胶止水带的木楔不易太多太紧;接头箱起拔的时间控制不宜太早;(3) 因混凝土浇筑出现绕流,导致接头箱拔出困难。解决办法:对接头箱的相邻槽段进行开挖;侧向千斤顶侧向顶拔配合起重机械一起剥离;注意接头箱背后超挖部分的碎石粒径大小,回填速度不宜过快而导致接头箱变形。

#### 5 结束语

通过上海轨道交通23号线一期工程景联路站的现场施工运用,对GXJ橡胶接头在地墙施工中的应用技术进行了深入分析和探究。结果表明,GXJ橡胶接头具有出色的抗渗效果、较高的施工效率和较低的施工成本等优点,适合于在地下连续墙施工中作为接头使用。但同时,一些缺点的局限性也限定了它的使用范围。我们相信,这些研究成果可以对地下连续墙的施工提供一定的参考依据,为该领域的研究和发展提供支持。

##### 参考文献:

- [1] 蒲连军,朱焱,张坤. 橡胶接头在深基坑现场的应用. 地下空间与工程学报2019,15(3): 768-773.
- [2] 王雪洁,刘华. 橡胶接头防水技术在地下工程中的应用,水文地质工程地质,2015, 5(1): 79-84.
- [3] 晏晖,李幸. 橡胶接头的应用研究. 建筑成型技术与设计,2017,3(3): 218-221.