

MJS桩内插型钢支护在复杂环境基坑中的应用

李薪丰, 王 泰

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司天津分公司, 天津市 300220]

摘 要: 在软土地区基坑工程设计中,常用的支护型式有地下连续墙、灌注桩、SMW工法、钢板桩等。上海某雨水调蓄工程中2座改迁管道的包管井基坑,针对其挖深8 m左右,地处现状道路交口施工场地受限,且周边有建(构)筑物和较为复杂的市政管线的工程特点,创造性的提出MJS桩内插型钢的支护方式,采用同济启明星软件进行设计,工程的实施取得了良好的技术经济效果,为软土地区复杂市政工程环境中基坑设计和施工提供了一种新的支护方案。

关键词: 基坑支护;MJS桩内插型钢;包管井

中图分类号: TU74

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0311-05

Application of MJS Pile Insert Section Steel Support in Foundation Pits with Complex Environments

LI Xinfeng, WANG Tai

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Tianjin Branch, Tianjin 300220, China]

Abstract: In the design of foundation pit engineering in soft soil areas, the commonly used support types include the diaphragm walls, cast-in-place piles, SMW method, steel sheet piles, etc. For the foundation pits of two pipe support wells for pipeline relocation in a rainwater storage regulation project in Shanghai, the excavation depth is about 8 m. The construction site is located at the intersection of existing roads with limited space, and the engineering features are that there are the surrounding buildings and more complex municipal pipelines. The support method of MJS pile insert section steel is creatively proposed. The design is carried out by using Tongji Qimingxing software, and the project implementation has achieved good technical and economic effects, which provides a new support scheme for the design and construction of foundation pits in complex municipal engineering environments in soft soil areas.

Keywords: foundation pit support; MJS pile insert section steel; pipe support well

0 引言

市政工程的建设环境通常较为复杂且用地紧张,尤其是位于现状市政道路上的新建管线工程。在软土地区基坑工程设计中,常采用的支护方式有:(1)地下连续墙支护,典型工程如上海世博500 kV地下变电站、上海苏州河段深层排水调蓄管道系统工程中苗圃调蓄竖井^[1-2];(2)灌注桩支护,典型工程如天津市东丽区14#雨水泵站、江阴市新澄杨线(一期)工程隧道基坑^[3-4];(3)SMW工法支护,典型工程如南昌地铁3号线六眼井站^[5];(4)钢板桩支护,如南京河西新城综合管廊工程、上海浦东国际机场二期

登机长廊基坑工程^[6-7]。

市政工程中基坑采用何种支护方式,需根据工程中基坑开挖深度、平面形状、周边环境条件、场地工程地质条件等具体分析。目前针对软土地区8 m左右深的浅基坑支护方案只有SMW工法桩、灌注桩等支护形式,对于MJS桩内插型钢的基坑支护形式的研究还鲜有报道。

本文介绍了在上海市某雨水调蓄工程中,创造性的采用MJS桩内插型钢的支护方式,使用同济启明星软件进行设计,为软土地区复杂市政工程环境中基坑设计和施工提供了一种新的支护方案。

1 工程简介

1.1 工程概况

上海市某雨水调蓄工程厂外管线部分,根据现场物探资料,在拟建6#顶管井位置发现一座现状污

收稿日期: 2025-06-12

基金项目: 上海建工集团股份有限公司重点科研项目(22YJKF-19)

作者简介: 李薪丰(1993—),男,硕士,工程师,从事结构与深基坑设计工作。

水检查井(圆形沉井),因此施工6#顶管井前,需先对现状沉井连通的现状DN800污水管进行改迁,故增加2座改迁管道的包管井,分别为6a#包管井(兼做顶管工作井)基坑和6b#包管井(兼做顶管接收井)基坑。

需进行改迁的现状DN800污水管道位于两个主干路交口,故新建顶管管道沿线同样穿越市政道路,分布见图1。两座顶管井基坑附近主要有住宅,现状污水泵站,地下管线等,场地周边环境较为复杂。考虑基坑平面大小等因素,将6a#工作井布置到道路周边的绿化带内,将6b#接收井布置到道路交口。基坑信息见表1。

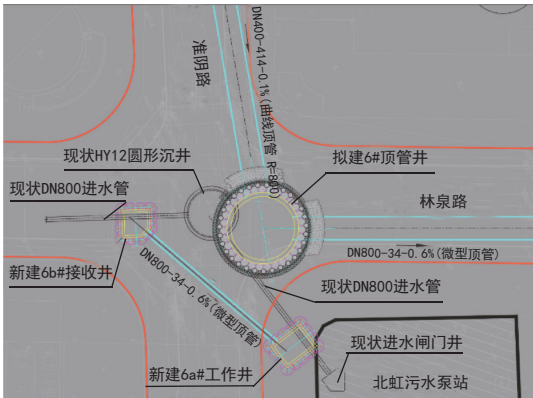


图1 包管顶管基坑井位分布图

表1 基坑信息表

基坑	挖深/m	面积/m ²	安全等级	环境等级
6a#包管井基坑	8.12	30.72	二级	二级
6b#包管井基坑	8.15	22.01	二级	二级

1.2 工程地质概况

拟建工程位于上海市长宁区,地势平坦,属于滨海平原地貌。根据现场踏勘,厂外管线敷设位置主要位于道路或临近绿化带。

在勘探深度范围内,地基土分布有一定起伏,土层自上而下可分为7大层及若干亚层,其中①₁填土、①₃浜填土层为松散的近代填土;②₁~⑤₃层为全新世Q4沉积层,包括可~软塑的②₁褐黄色黏土、松散的②₃砂质粉土、流塑的③淤泥质粉质黏土和④淤泥质黏土、软~流塑的⑤₁黏土和⑤₃粉质黏土夹粉砂、中密的⑤₂粉砂夹粉质黏土和⑤_{3-T}砂质粉土夹粉质黏土;⑦~⑧₂层为晚更新世Q3沉积层,包括中密~密实的⑦₁砂质粉土夹粉质黏土、可~软塑的⑧₂粉质黏土夹粉砂。岩土参数见表2。

拟建场地浅层潜水位埋深为地表下的0.3~1.5 m;分布的(微)承压水主要有⑤₂、⑤_{3-T}微承压水和⑦层承压水,微承压水水位埋深3.0~11.0 m,承压水水位

表2 土体物理力学参数

土层	名称	$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	$K/(\text{cm}\cdot\text{s}^{-1})$
② ₁	褐黄色黏土	18.8	20.1	14.9	4.0E-07
② ₃	砂质粉土	18.5	3.3	29.9	3.0E-04
③	淤泥质粉质黏土	17.3	10.8	13.5	2.0E-05
④	淤泥质黏土	17.0	11.2	12.6	4.0E-07
⑤ ₁	粉质黏土	17.7	14.0	15.1	5.0E-06
⑤ ₂	粉砂夹粉质黏土	18.4	3.3	31.0	3.0E-04
⑤ ₃	粉质黏土夹粉砂	17.9	15.8	19.8	5.0E-05
⑤ _{3T}	砂质粉土夹粉质黏土	17.9	4.2	29.2	3.0E-04
⑦ ₁	砂质粉土夹粉质黏土	19.1	3.7	30.7	4.0E-04
⑧ ₂	灰色粉质黏土夹粉砂	18.4	20.7	20.6	8.0E-05

埋深3.0~12.0 m。

2 基坑围护方案比选

本工程为线性工程,位于道路交口。两基坑分散,开挖施工互不影响,但所涉周边环境较为复杂。两基坑开挖深度分别为8.12、8.15 m,开挖深度较大,开挖面积均小于200 m²。基坑地处市区,2倍坑深范围内存在建(构)筑物以及较多的市政管线,需加强监测。根据上海市《基坑工程技术标准》(DG/TJ08-61-2018)^[8],基坑安全等级和环境保护等级均定义为二级。

2.1 围护结构比选

各种围护形式的优点以及针对本工程的适用性见表3。

结合本基坑的挖深、面积、现场施工条件及周围环境情况,综合考虑工期、成本等因素,2座基坑均采用MJS桩内插型钢围护形式。

2.2 坑底加固比选

深基坑工程中坑底加固通常采用高压旋喷桩、搅拌桩、压密注浆、MJS桩等形式,比选情况见表4。

规范^[8]要求坑内加固宽度不宜小于4 m,深度不宜小于3 m,结合本工程基坑面积小且吊管施工的特点,坑底加固选用3 m厚MJS桩满堂加固。若后续基坑变形及稳定性安全不满足可根据计算相应加深。

2.3 比选结果

综上,本工程6a#井、6b#井基坑设计方案如下:围护结构采用 $\phi 2400@1600$ (半幅)MJS桩内插HN700 $\times$ 300 $\times$ 13 $\times$ 24型钢@1200,坑底加固采用 $\phi 2400$ MJS桩满堂加固,加固深度3 m,搭接长度不小于500 mm。

基坑深度8 m左右,采用2道支撑。第一道支撑WL1采用1200 $\times$ 600混凝土支撑,第二道支撑WL2采

表3 围护方案对比

围护型式	优点	本工程适用性
SMW工法	工艺成熟;具止水和挡土双重效果,如施工总周期小于半年,造价较常规灌注桩经济;型钢可回收利用;施工速度较快	三轴搅拌桩施工机械大,占用场地大。基坑位于主干路交口,施工场地有限,周边环境复杂,故不适用
灌注桩	工艺成熟;桩径选择性较多,桩长可调节;对周边环境影 响小,抗侧移刚度大,对控制 基坑变形有利;施工机械小, 占用场地小	灌注桩自身无止水作用,需 增加止水帷幕。基坑周边 环境复杂,止水帷幕需用 MJS,灌注桩造价较高且泥 浆排放污染环境
地下连续墙	抗侧刚度大,可有效的保护 周边环境;本身具有止水作 用,不需另加止水帷幕可用 于“两墙合一”	地连墙造价高,通常用于深 度大的基坑。本工程挖深 8 m左右,经济上不合理且 泥浆排放污染环境
钢板桩	施工快捷;基坑施工结束后 钢板桩可拔除,循环利用,经 济性较好;小齿口拉森钢板 桩可自防水	钢板桩围护刚度较小,变形 较大,适合开挖深度小的沟 槽基坑,故本工程不采用
MJS桩内插型钢	具止水和挡土双重效果;如 施工总周期小于半年,造价 较常规灌注桩经济;型钢可 回收利用;施工速度较快;施 工机械小,占用场地小;MJS 压力容易控制,对周边环境 影响小,止水效果好	基坑挖深8 m左右,坑深不 大,同时周边环境复杂,且 施工场地小,故采用

表4 坑底加固对比

加固型式	优点	本工程适用性
高压旋喷桩	施工机械小、加固效果好	现状管吊管施工,常规旋喷桩桩径600~800,无法确保管底加固体封闭止水;压力无法控制可能对现状管造成破坏,故不适用
MJS桩	施工机械小、加固效果好,桩径选择范围大	可选用大直径桩,在现状管两侧布孔,保证坑底加固体交圈封闭;具有地内压监测系统和强制排泥系统,可严格控制压力,确保现状管安全;形成的固结体强度高,加固止水效果好,故选用
三轴搅拌桩	加固效果好	施工占用场地大,基坑场地受限,故不适用
压密注浆	施工机械小、造价低	止水效果弱;在黏性土中加固均匀性差,坑底恰为淤泥质黏土;根据规范14章要求 ^[8] ,注浆加固在该类土层中慎用,故不采用

用双拼 HN700×300×13×24 型钢,基坑的平剖设计见图 2~图 5。

3 围护结构计算分析

采用同济启明星软件计算基坑围护结构的强度及稳定性,采用 JK-3E 软件计算基坑周边土体变形。潜水及承压水水位分别取地面下 0.5 m、3 m,坑边超

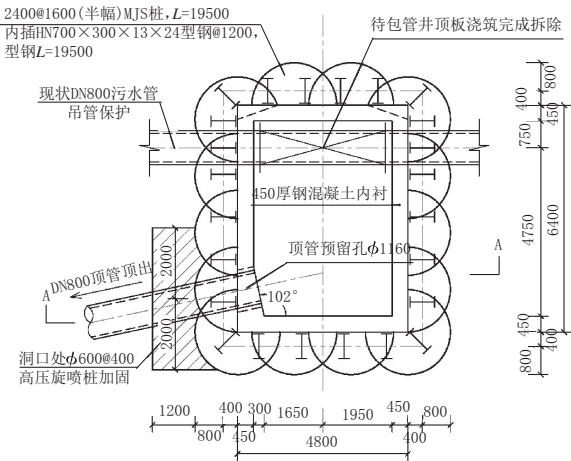


图2 6a#包管井兼顶管工作井基坑平面图(单位:mm)

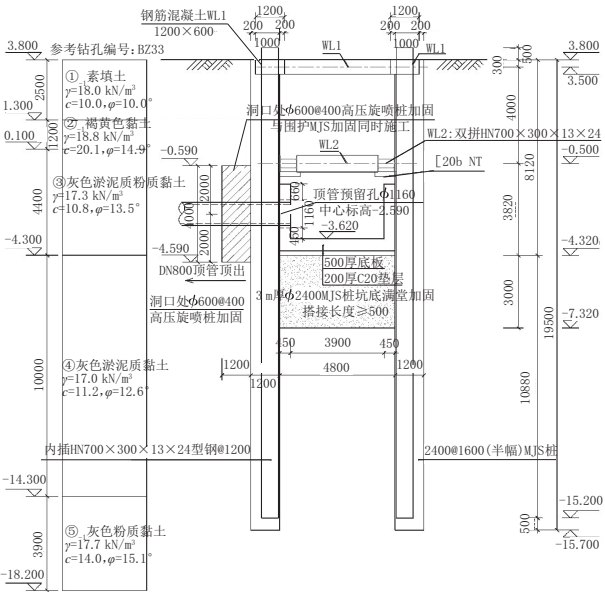


图3 6a#包管井基坑A-A剖面图(单位:mm)

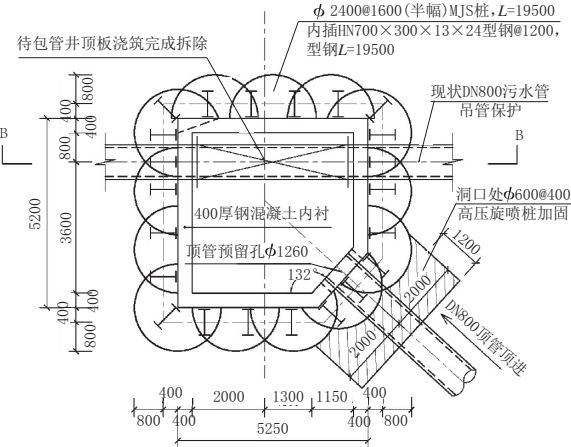


图4 6b#包管井兼顶管接收井基坑平面图(单位:mm)

载取 20 kPa,型钢露出地面 0.5 m。
3.1 基坑稳定性及支撑计算
本节采用同济启明星软件对基坑稳定性及支撑进行计算,计算断面见图 6、图 7。
计算结果见表 5,括号内数值为规范要求的稳定

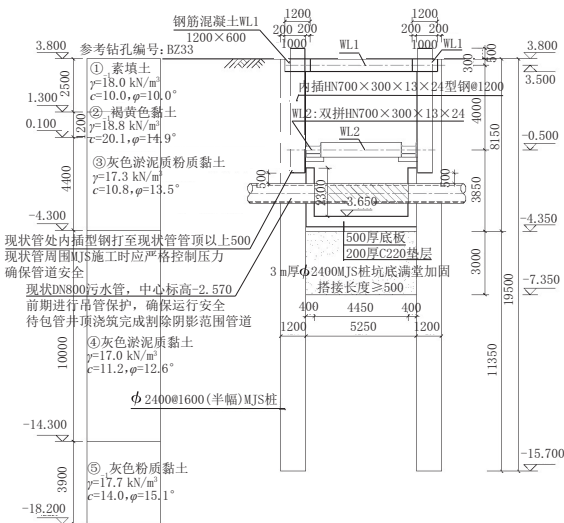


图5 6b#包管井基坑B-B剖面图(单位:mm)

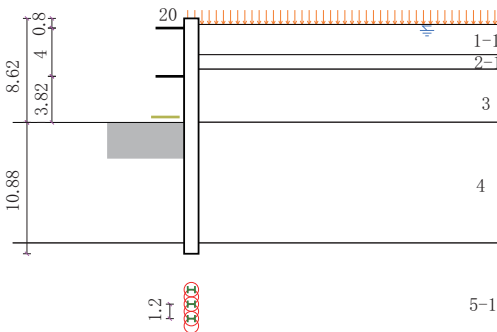


图6 6a#包管井基坑计算断面图(单位:m)

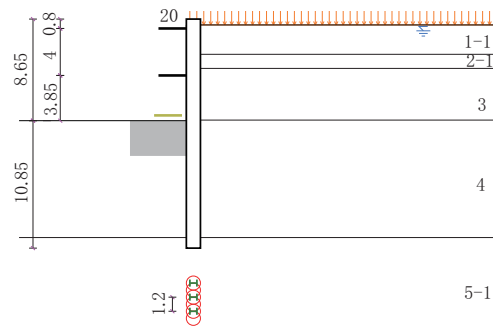


图7 6b#包管井基坑计算断面图(单位:m)

性安全系数或构件的抗力设计值。

根据计算结果,可得出以下结论:本工程中各基坑的支护桩、水平支撑结构以及基坑自身的各项稳定性,均满足相关规范的安全设计要求。

3.2 周边环境影响分析

由于基坑处于市区道路交口,周围各类管线、建(构)筑物分布密集,周边环境均较为复杂,本节采用有限元分析软件JK-3E,模拟基坑开挖对周边环境的影响。以6b#接收井为例,其模型单元划分见图8。

6a#包管井、6b#包管井基坑周边环境影

表5 基坑剖面计算结果

计算内容	6a#工作井	6b#接收井
整体稳定性	1.48(1.25)	1.48(1.25)
抗倾覆	1.12(1.1)	1.11(1.1)
墙底抗隆起	2.55(2)	2.55(2)
坑底抗隆起	1.93(1.9)	1.92(1.9)
钢材正应力强度/MPa	106.3(205)	107.0(205)
钢材剪应力强度/MPa	45.8(125)	46.3(125)
MJS桩墙截面受剪/MPa	76.4(208.3)	76.7(208.3)
抗渗流	4.44(2)	4.42(2)
抗突涌	1.41(1.05)	1.41(1.05)
水平变形/mm	19.8(24)	19.9(24)
地面沉降/mm	14.5(20)	15.9(20)
支撑强度及稳定性	满足要求	满足要求

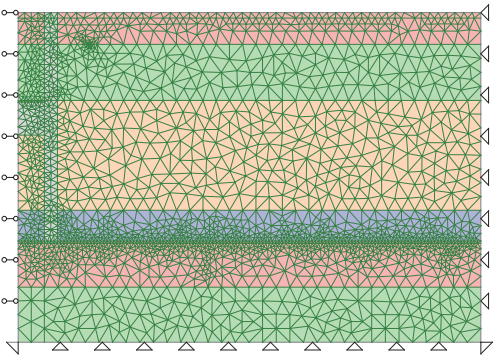


图8 6b#包管井基坑单元剖面图

表6 6a#包管井基坑周边环境影

项目	埋深/ m	坑边距/ m	计算值/ (mm)/‰	允许值/ (mm)/‰
/进水闸门井沉降/倾斜	7.19	5.39	7.2/0.7	25/1
一层建筑沉降/倾斜	3.00	17.89	4.4/0.5	25/1
给水管φ300	1.01	6.24	10.7	20
雨水管φ800	2.89	12.54	8.4	20
燃气管φ300	1.10	14.80	7.6	20
电信电缆	0.95	3.86	9.6	25
电力电缆	0.50	11.34	10.5	25
监控电缆	0.30	8.26	11.4	25

表7 6b#包管井基坑周边环境影

项目	埋深/m	坑边距/m	计算值/ (mm)/‰	允许值/ (mm)/‰
圆形沉井沉降/倾斜	7.63	6.04	7.2/0.3	25/1
3层住宅沉降/倾斜	3.00	15.31	6.0/0.3	25/1
污水管φ800	5.91	13.45	6.2	20
给水管φ300	1.01	14.04	8.3	20
雨水管φ800	3.00	4.02	8.5	20
燃气管φ300	1.10	5.67	10.6	20
电信电缆	1.20	7.66	10.9	25
电力电缆	0.70	3.90	10.1	25
监控电缆	0.30	1.98	8.4	25

由计算结果可知,两座包管井基坑开挖对周边环境的影响均满足规范要求。两倍基坑深度影响范围内,地下管线较多,且有现状进水闸门井和3层住宅等建(构)筑物,施工过程中应加强监测与保护。

4 工程经验及总结

本工程于2024年顺利实施,通过此工程的设计和施工,总结的工程经验如下。

(1)进行MJS桩桩身局部受剪承载力验算时,可将其简化为等厚度水泥土墙,厚度取水泥土最薄弱截面处的宽度,即可参照规范^[8]中9.4.9节进行验算,见图9。

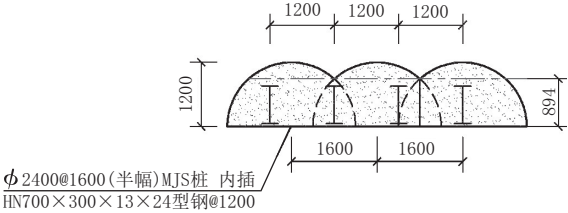


图9 MJS桩内插型钢示意图(单位:mm)

(2)基坑开挖面小作业空间有限,止水帷幕及坑底满堂加固已形成封闭,施工阶段深化降水方案,取消坑内疏干降水井,改为坑内明排水。

(3)接收井基坑开挖过程中发现坑内现状管道渗漏严重,迅速启动应急预案,一边加大坑内抽水,一边对现状管渗漏点进行封堵。由于施工准备充分且基坑已封闭止水,只需要处理渗漏水量,故问题很快处理完成。

(4)基坑设计施工顺序为:内衬底板浇筑完成形成换撑即可拆除第二道钢支撑,再进行内衬侧壁及顶管施工。施工阶段对顺序进行优化,改为顶管施工完成后拆除第二道支撑,增加了安全冗余度。

(5)顶管施工完成后,为加快施工进度,将包管井顶板设计成局部开孔2m×4m,顶部搁置混凝土预

制盖板的形式。即可一次性浇筑包管井至顶板完成,后续井内现状管的切割及吊装拆除,现状管池壁开孔处的砖砌封堵工序,均可通过预留孔的空间完成。否则需分两次浇筑及养护,第一次浇筑包管井池壁至顶板以下,在完成现状管割除等工序才能二次浇筑顶板。

5 结 语

本文使用启明星软件设计了2座包管井基坑,基坑位于上海长宁区现状道路交口,深8m左右,施工场地受限,且周边有建(构)筑物和较为复杂的市政管线。针对工程特点,综合挖深、平面形状、周边环境条件、场地工程地质情况,同时考虑造价、工期、变形、施工方便等因素,在现有常规支护方式的基础上,创造性的提出了MJS桩内插型钢基坑支护型式,为软土地区复杂市政工程环境中基坑设计和施工提供了一种新的支护方案。

参考文献:

[1] 王卫东,朱伟林,陈峥,等.上海世博500 kV 地下变电站超深基坑工程的设计,研究与实践[J].岩土工程学报,2008(增刊1):564-576.

[2] 王卫东,徐中华,宗露丹,等.软土地区56m深圆形基坑的优化设计与实践[J].建筑结构,2022,52(10):1-10.

[3] 王琪.雨水泵站基坑复合型支护体系的施工控制[J].浙江水利水电学院学报,2024,36(3):28-35.

[4] 王桢.软土地区深基坑支护结构施工技术研究及质量分析[J].建筑科技,2024,8(5):164-167.

[5] 魏晨亮,林超,姜蓉,等.SMW工法桩紧邻建筑物跳仓施工优化数值分析[J].土工基础,2024,38(4):674-680.

[6] 周秋月,余湘娟,高磊,等.南京市某综合管廊工程基坑监测分析[J].科学技术与工程,2014,14(23):277-280.

[7] 水伟厚,李广,李国章,等.上海浦东国际机场二期登机长廊基坑监测分析[J].岩土工程学报,2006(增刊1):1819-1822.

[8] DG/TJ08-61—2018 基坑工程技术标准[S].