

DB31

上海市地方标准化指导性技术文件

DB31 SW/Z 048-2025

微型顶管法施工技术规程

Technical standards for construction of miniaturized pipe
jacking

2025-07-28发布

2025-09-01 实施

上海市水务局 发布

前 言

为规范全市范围内微型顶管法施工工程的技术要求，助力给水排水管道工程技术体系的发展与完善，推动行业技术水平进步，由上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司和上海市排水管理事务中心会同有关单位，在深入调研、认真总结实践经验、参考国内外先进标准和广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 工程事前调查；5 微型顶管井；6 管材和管道接口；7 钢制沉井施工；8 顶管施工；9 质量标准。

本规程由上海市排水管理事务中心负责管理，由上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司负责解释。各单位及相关人员在执行本标准过程中，如有意见和建议，请反馈至上海市排水管理事务中心（地址：厦门路 180 号，邮编：200001），上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市东方路 3447 号；邮编：200125），以供今后修订时参考。

主 编 单 位：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
上海市排水管理事务中心

参 编 单 位：

北京市市政工程设计研究总院有限公司上海分公司
微顶（上海）排水工程有限公司
上海浦东工程建设管理有限公司
同济大学
上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司
上海市隧道工程轨道交通设计研究院
上海浦东建筑设计研究院有限公司
上海上咨工程设计有限公司
河海大学设计研究院有限公司上海分公司
上海市政交通设计研究院有限公司
上海国强微顶管业有限公司
浙江华丰新材料股份有限公司
福建台明铸管科技股份有限公司
上海信立生态环境工程有限公司

主 要 起 草 人：

黄 瑾	李忠发	司金标	汪 胜	朱小飞
戴 风	王莉华	朱 明	李利娜	席旭军
闫 卿	李伟杰	吴 嫵	何文章	戴 勇
陈 忱	郁振标	胡 辉	翟之阳	徐崇玉
洪源辉	任亚丹	黄云兵	郑恢波	程晋双

主 要 审 查 人：

顾佳宏	王 祺	潘国庆	胡 龙	覃 爽
-----	-----	-----	-----	-----

目次

前 言	1
1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	4
4 工程事前调查	5
5 微型顶管井	6
5.1 一般规定	6
5.2 工作井	6
5.3 接收井	7
5.4 洞口构造与加固	8
6 管材和管道接口	9
6.1 管材的选用	9
6.2 玻璃纤维增强塑料管	9
6.3 球墨铸铁管	9
6.4 钢筋混凝土管	10
6.5 橡胶密封圈	10
6.6 木垫圈	10
7 钢制沉井施工	12
7.1 钢护筒	12
7.2 下沉施工	13
8 顶管施工	15
8.1 一般规定	15
8.2 工法选择	15
8.3 顶力估算	16
8.4 定线测量	17
8.5 设备安装	18
8.6 先导体顶进	20
8.7 诱导管顶进	21

8.8	螺旋输送杆安装	21
8.9	管节顶进	21
8.10	注浆减阻	23
8.11	排土及排泥	23
8.12	通风	24
8.13	供电	24
9	质量标准	25
9.1	一般规定	25
9.2	管节质量标准	25
9.3	顶管施工质量标准	26
	本规程用词说明	28
	引用标准名录	29
	附录 A 微型顶管井尺寸	30
	附录 B 钢护筒下沉记录表	33
	附录 C 泥水平衡式顶管施工记录表	34
	附录 D 地箭式工法顶管施工记录表	35
	条文说明	36

Contents

1	General principles.....	1
2	Definitions.....	2
3	Basic requirements.....	4
4	Engineering investigation.....	5
5	Pipe jacking shaft.....	6
5.1	General requirements.....	6
5.2	Starting shaft.....	6
5.3	Arriving shaft.....	7
5.4	Structure and reinforcement of the hole.....	8
6	Material and pipeline interface.....	9
6.1	Selection of pipe material.....	9
6.2	Glass fiber reinforced plastics pipe.....	9
6.3	Ductile iron pipe.....	9
6.4	Reinforced concrete tube.....	10
6.5	Grommet.....	10
6.6	Wooden gasket.....	10
7	Steel caisson construction.....	12
7.1	Steel casing.....	12
7.2	Oscillator construction of steel caisson.....	13
8	Pipe jacking construction.....	15
8.1	General requirements.....	15
8.2	Selection of jacking method.....	15
8.3	Jacking force estimation.....	16
8.4	Measuring.....	17
8.5	Equipment installation.....	18
8.6	Pilot group jacking construction.....	20
8.7	Tool tube jacking construction.....	21
8.8	Screw conveyor installation.....	21

8.9	Pipe jacking construction.....	21
8.10	Reduce friction grouting.....	23
8.11	Spoil disposal.....	23
8.12	Ventilation.....	23
8.13	Power supply.....	24
9	Quality standard.....	25
9.1	General requirements.....	25
9.2	Quality standard of pipe.....	25
9.3	Quality standard of pipe jacking construction.....	26
	Explanation of wording in this code.....	28
	List of quoted standards.....	29
	Appendix A Size of pipe jacking shaft.....	30
	Appendix B Steel casing sinking record sheet.....	33
	Appendix C Slurry pressure balance pipe jacking record sheet.....	34
	Appendix D Pilot guide pipe jacking record sheet.....	35
	Explanation of provisions.....	36

1 总 则

1.0.1 为了在微型顶管法施工的给水排水工程中,贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于本市城镇给水排水工程中符合下列规定的顶管工程:

1 使用微型顶管法在黏性土、粉性土和砂土等地层中敷设公称直径300mm~2400mm的管道;

2 管材采用玻璃纤维增强塑料管、球墨铸铁管、钢筋混凝土管的微型顶管法施工。

1.0.3 微型顶管工程的施工和验收除应符合本规程的规定外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 微型顶管法 miniaturized pipe jacking

采用微型顶管机和推进台,在微型顶管井内将公称直径 300mm~2400mm 的管节在地下逐节顶进的施工方法。

2.0.2 微型顶管机 miniaturized jacking machine

安装在顶进管道前端,总长短或可分节以适合微型顶管井内操作,用于掘进、防坍、出渣和导向等任务的机械设备。

2.0.3 微型顶管井 miniaturized working shaft

用于微型顶管机安装调试、管节拼装、顶进及接收施工的地下作业空间,包括工作井和接收井。

2.0.4 先导体 pilot group

沿管道设计中心轴线先行顶进贯通,用于引导后续顶进的管件,包括导向箭头、导向管。

2.0.5 诱导管 tool tube

接续导向管顶入地层,用于扩孔并引导后续顶进的管件。在标准地箭式工法中,诱导管内部安装螺旋输送杆从接收井出土。

2.0.7 一次工法 one-step construction method

管节跟随顶管机一次性顶进贯通形成管道的施工方法。

2.0.6 二次工法 two-step construction method

先导体、诱导管沿管道设计中心轴线先行顶进贯通,引导顶管机及后续管节再次顶进贯通形成管道的施工方法。

2.0.8 泥水平衡式工法 slurry pressure balanced method

通过对微型顶管机刀盘后部泥水舱内的泥浆施加压力来平衡刀盘掘进工作面的水土压力,并把刀盘挖掘出的渣土与泥浆混合后泵送至工作井外泥浆池的顶管施工方法,属于一次工法。

2.0.9 地箭式工法 pilot guide construction method

地箭式工法又叫压入式工法,属于二次工法。管节顶进过程中渣土通过诱导管内的螺旋输送杆排放到接收井中时称为标准地箭式工法,不排土顶进时称为改良地箭式工法。

2.0.10 摇管机 shaft casing oscillator

通过旋转或摇摆方式将钢护筒压入地下形成钢制沉井的液压驱动机械装置。

2.0.11 钢制沉井 steel caisson

通过下沉机械设备把钢护筒分节压入、焊接，同时挖掘坑内土体至设计标高后采用混凝土封底形成的沉井。

2.0.12 操作平台 operating platform

焊接安装在圆形钢制沉井内壁，用于安装顶管推进台及作业人员施工操作的平台。

2.0.13 推进台 propulsion machinery

由顶推装置、顶环、导轨、反力板及液压控制装置等组合而成，用于先导体、诱导管、微型顶管机、管节顶进等施工作业的组合结构体。

2.0.14 止水器 water stopper

先导体、诱导管、顶管机和管节顶进时安装于洞门处用于止水、止泥的钢垫板、橡胶板和钢法兰等组合成的构件。

3 基本规定

- 3.0.1** 微型顶管法施工前应进行工程事前调查，并应对工程沿线有关工程地质、水文地质、地上和地下建（构）筑物、埋地及架空管线、临时工程遗留物及其它障碍物等周边环境情况的详细资料进行核实确认。
- 3.0.2** 微型顶管法施工穿越铁路、高等级公路、地铁、重要水域、给排水干总管、已有建（构）筑物或其他重要设施时，应征得有关部门的同意。
- 3.0.3** 微型顶管法施工宜采用直线顶进。
- 3.0.4** 微型顶管法施工应根据设计要求、工程特点及有关规定，对顶管沿线影响范围内的地表、邻近建（构）筑物及地下管线设置观测点进行监测。监测的信息应及时反馈，发现问题应及时处理。
- 3.0.5** 微型顶管法施工属于有限空间作业，应遵循有关施工安全、劳动防护、防火、防毒的法律、法规，建立安全生产保障体系。
- 3.0.6** 施工过程的安全和环境保护，应按现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 的相关规定执行。
- 3.0.7** 微型顶管法施工前，施工单位应进行顶管工法及设备的地层适应性评估。
- 3.0.8** 微型顶管法施工前，施工单位应熟悉施工图纸，掌握设计意图与要求，并应编制专项施工方案。

4 工程事前调查

4.0.1 场地使用条件调查宜包括下列项目：

- 1 场地利用现状及土地权属；
- 2 道路等级和交通状况；
- 3 顶管工作井和接收井处工程用地；
- 4 顶管所穿越河流、湖沼等水域的状况；
- 5 施工场地供电和给水排水条件。

4.0.2 工程沿线周边环境调查应按照下列项目进行：

- 1 地上和地下建（构）筑物；
- 2 埋地及架空管线；
- 3 老建（构）筑物遗留物和临时工程遗留物；
- 4 其它障碍物。

4.0.3 工程地质调查宜包括下列内容：

- 1 工程沿线已有地质资料；
- 2 不良地质；
- 3 土壤污染和有害气体。

4.0.4 环境保护调查宜包括下列项目：

- 1 噪声、振动限制要求；
- 2 地基变形控制要求；
- 3 场地地下水和附近地表水水质；
- 4 地面变形和周围房屋损害的现状；
- 5 渣土和泥浆处置；
- 6 其它环保项目。

5 微型顶管井

5.1 一般规定

5.1.1 微型顶管井形式应根据地质、地下水、顶管埋深、周边环境等条件确定，宜采用圆形钢制沉井，也可采用钢板桩、型钢水泥土搅拌墙、灌注桩排桩围护墙等围护形式。

5.1.2 微型顶管井结构设计应符合现行上海市工程建设规范《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 或《沉井与沉箱施工技术标准》DJ/TJ 08-2084 的有关规定。

5.1.3 微型顶管井底部应设置集水坑。

5.2 工作井

5.2.1 工作井内部净长度应根据顶管机长度、顶进装置有效长度、管节长度、井内管道安装和吊装要求等因素综合确定。

1 当按顶管机长度确定时，工作井内部净长度可按下列公式计算：

$$L_0 \geq L_1 + L_2 + L_3 \quad (5.2.1-1)$$

式中 L_0 ——工作井内部净长度（m）；

L_1 ——顶管机长度（m），泥水平衡式顶管机分节始发时取其最大节长，地箭式工法中取先导体、诱导管和顶管机的最大长度；

L_2 ——顶推装置最小有效长度（m）；

L_3 ——止水器、顶环、反力板、后靠背厚度及安装富余量（m）。

2 当按管节长度确定时，工作井内部净长度可按下列公式计算：

$$L_0 \geq L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \quad (5.2.1-2)$$

式中 L_4 ——管节长度（m）；

L_5 ——顶进施工时管节留在井内的最小长度（m）。

3 工作井内部净长度应按上述两种方法的计算结果取大值。

5.2.2 工作井内部净宽度应根据推进台宽度和两侧工作面的宽度要求确定，可按下列公式计算：

$$B \geq W + 2b \quad (5.2.2-1)$$

式中 B ——工作井的最小净宽度（m）；

W ——推进台的宽度（m）；

b——推进台一侧施工操作空间，可取 0.8m~1.0m。

5.2.3 工作井深度应为管底埋深、管底操作空间、操作平台支垫厚度及集水坑深度之和。DN300~DN600 管道底部操作空间可取 0.4m，DN800~DN2400 管道底部操作空间可取 0.5m，集水坑深度不宜小于 0.5m。

5.2.4 工作井采用圆形钢制沉井时，其内净尺寸可按附录 A.0.1 选取，采用矩形井时，其内净尺寸可按附录 A.0.2 选取。

5.3 接收井

5.3.1 接收井的内部净长度和净宽度应满足顶管机在井内拆除和吊出的要求。

5.3.2 接收井的内部净长度可按下式计算：

$$L'_0 \geq L'_1 + L_6 \quad (5.3.2-1)$$

式中 L'_0 ——接收井内部净长度（m）；

L'_1 ——顶管机长度（m），分节接收时取最大节长；

L_6 ——止水器厚度、顶管机拆除和吊装富余量（m）。

5.3.3 接收井内部净宽度可按下式计算：

$$B'_0 \geq D_g + 2t \quad (5.3.2-2)$$

式中 B'_0 ——接收井内部净宽度（m）；

D_g ——顶管机外径（m）；

t ——顶管机一侧操作空间，可取 0.8m~1.0m。

5.3.4 接收井深度应为管底埋深、管底操作空间、操作平台支垫厚度及集水坑深度之和。管道底部操作空间可取 0.4m，集水坑深度不宜小于 0.5m。

5.3.5 接收井采用摇管机施工的钢制沉井时，其内净尺寸可按附录 A.0.1 选取，采用矩形井时，其内净尺寸可按附录 A.0.2 选取。

5.3.6 采用改良地箭式工法施工的公称直径 300mm~600mm 的管道，当既有井的内部净尺寸、结构安全性满足前述顶管接收要求时，可利用既有井作为顶管接收井。顶管机分割接收时，满足要求的既有井内部净尺寸可进一步缩小，不同管径顶管机接收的尺寸要求可按表 5.3.6 取值。

表 5.3.6 既有井接收最小尺寸要求

公称直径	既有井最小净尺寸	管底以下空间
------	----------	--------

	圆形（直径）	矩形（长×宽）	
300mm~400mm	1.2m	1.2m×1.2m	0.3m
500mm~600mm	1.5m	1.5m×1.5m	

5.4 洞口构造与加固

5.4.1 微型顶管井中穿墙孔直径应根据施工要求确定，工作井穿墙孔直径宜为顶管机外径加 0.1m，接收井穿墙孔直径宜为顶管机外径加 0.2m~0.3m。

5.4.2 穿墙孔外土体为软土、松散填土或地下水位以下的粉土、砂土层时，应对孔外土体进行加固处理，以止水并防止孔口土体坍塌。加固措施可采用水泥土搅拌桩、高压喷射注浆及降水等形式，孔外土体加固范围与反力墙后背土体加固范围重叠时应合并设置。改良地箭式工法施工时孔外土体加固宜采用降水法。

5.4.3 穿墙孔位于地下水位以下时，应采取止水措施。对于圆形钢制沉井，可采用圆弧型止水器；对于钢板桩、型钢水泥土搅拌墙、灌注桩排桩围护墙围护形式，其止水措施应按现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 的相关规定执行。

6 管材和管道接口

6.1 管材的选用

6.1.1 顶管管道材质应根据管道用途、输送介质及其压力、管材特性、地质条件及使用经验确定。

6.1.2 排水工程宜选用玻璃纤维增强塑料管、球墨铸铁管和钢筋混凝土管。

6.1.3 给水工程宜选用球墨铸铁管、玻璃纤维增强塑料管，内壁材料应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219的有关规定。

6.1.4 输送腐蚀性水体或管外水土有腐蚀性时，宜选用玻璃纤维增强塑料管，选用钢筋混凝土管或球墨铸铁管时应采取相应等级的防腐蚀措施。

6.1.5 公称直径 300mm~1500mm 顶管的管节长度宜为 1m，也可采用 2m。公称直径 1600mm~2400mm 顶管的管节长度宜为 2m。

6.2 玻璃纤维增强塑料管

6.2.1 微型顶管用玻璃纤维增强塑料管的性能和质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492 的规定。

6.2.2 玻璃纤维增强塑料管宜采用离心浇铸工艺、立式振动工艺或连续缠绕工艺进行制造。

6.2.3 微型顶管用管道的环刚度等级不应低于 20000Pa。

6.2.4 玻璃纤维增强塑料管接头可采用双插口接头或承插口接头方式。

6.2.5 管道内表面应光滑、无缺陷及无损伤。管道外表面平直度应小于 3mm。

6.2.6 玻璃纤维增强塑料管在顶进时，应在每根管节接口端面、顶铁接触面加设木垫圈。

6.3 球墨铸铁管

6.3.1 微型顶管用球墨铸铁管的性能和质量应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T13295、《排水工程用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T26081 和现行行业标准《非开挖铺设用球墨铸铁管》YB/T4564 的规定。

6.3.2 顶管用球墨铸铁管应由球墨铸铁管、护套、顶推法兰等部分组成。

6.3.3 顶管用球墨铸铁管的承口端面与顶推法兰间的传力面上应设置环形木垫

圈。

6.3.4 顶管用球墨铸铁管宜根据工程需要预制注浆孔并配套丝堵。

6.3.5 顶管用球墨铸铁管的预制钢筋混凝土护套的强度等级不应低于 C30。

6.3.6 顶管用球墨铸铁管宜采用滑入式柔性接口。

6.4 钢筋混凝土管

6.4.1 微型顶管用钢筋混凝土管的性能和质量应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 的相关规定。

6.4.2 钢筋混凝土顶管的混凝土强度等级不应低于 C45，抗渗等级不应低于 P8。

6.4.3 钢筋混凝土管宜采用 F 型钢承插接口形式。管道承受内水压时，应优先选用双橡胶圈形式。

6.4.4 顶进前应对钢筋混凝土管、钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料作检测和验收。

6.4.5 钢套环应按设计要求进行防腐处理，端部刃口应无疵点，焊接处应平整。

6.4.6 钢筋混凝土管传力面上均应设置环形木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上。

6.4.7 承口接头的钢套环与钢筋混凝土的接缝应采用弹性密封填料勾缝。

6.5 橡胶密封圈

6.5.1 橡胶密封圈性能和质量应符合现行国家标准《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范》GB/T21873 的规定。

6.5.2 橡胶密封圈的防腐蚀性能应和环境腐蚀性相适应，给水工程宜选用三元乙丙或丁苯橡胶密封圈，排水工程宜选用丁腈或氯丁橡胶密封圈。

6.5.3 橡胶密封圈的构造形状、尺寸，应根据管材、管径配套选用。

6.6 木垫圈

6.6.1 木垫圈应采用质地均匀、富有弹性的除疤松木、杉木或多层胶合板。

6.6.2 木垫圈的压缩模量不应大于 140MPa。

6.6.3 木垫圈厚度宜为 5mm~30mm。

6.6.4 钢筋混凝土管木垫圈外径应与橡胶密封圈槽口齐平，内径应比管道内径大 20mm。

6.6.5 玻璃纤维增强塑料管木垫圈外径应等于接头的最小外径，内径应比管道内径大 2mm。

6.6.6 球墨铸铁管的木垫圈最小外径应比顶推法兰外径小 2mm，内径应与顶推法兰内径齐平。

7 钢制沉井施工

7.1 钢护筒

7.1.1 钢护筒的材料、规格、制造工艺应符合设计、施工要求。

7.1.2 钢护筒的焊缝质量等级应符合设计要求且不应低于三级,其质量验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的相关规定。

7.1.3 钢护筒应逐节进行进场检验,检查项目应符合表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3 钢护筒检查项目

序号	检查项目	允许偏差
1	外观质量	符合要求
2	管节长度	$\pm 3\text{mm}$
3	管节外周长	$\pm 10\text{mm}$
4	管端椭圆度	20mm
5	管端面管轴线垂直度	5mm
6	对口错边	5mm
7	板材壁厚	$\pm 0.3\text{mm}$

7.2 下沉施工

7.2.1 钢制沉井宜采用摇管法下沉，施工前应开挖工作坑。

7.2.2 摇管机夹持器应按设计井位安放，其中心点位偏差不应大于 50mm。

7.2.3 钢护筒拼装焊接应符合下列规定：

1 焊工应取得国家焊工认证资格，并经专业培训合格后方可上岗作业；焊接作业的安全技术、劳动保护等应按现行有关规定执行；焊接材料熔敷金属的力学性能不应低于相应母材标准的下限值或满足设计文件要求。

2 焊缝的设置应避开应力集中区；对接焊缝时，内壁应齐平，内壁错边量不宜超过钢护筒壁厚的 10%。

3 钢护筒相邻两节间纵向焊缝间距应大于壁厚的 3 倍，且不应小于 100mm。

4 焊接前应检查接口外形尺寸和质量，待焊接的表面和两侧应均匀、光洁，且应无毛刺、裂纹和其他对焊缝质量有不利影响的缺陷。待焊接的表面及距焊缝坡口边缘位置 30mm 范围内不得有影响正常焊接和焊缝质量的氧化皮、锈蚀、油脂、水等杂质。

5 焊缝应沿环向 360°双面满焊，焊接质量等级应符合设计要求且不应低于三级，焊缝力学性能应满足施工要求。

7.2.4 钢护筒下沉应符合下列规定：

1 当钢护筒摩阻力过大不能顺利下沉时，可采用触变泥浆、增加配重等减阻助沉措施。

2 钢护筒下沉过程中应在顶部两对边设置水平尺，保持水平尺气泡位于中央，当倾斜超过一刻度应立即停止下沉，查明原因并解决后方可继续下沉。

3 钢护筒下沉应按本规程附录 B 的要求填写下沉记录。

7.2.5 钢护筒内土体开挖应符合下列规定：

1 钢护筒内土方开挖可采用滑臂或伸缩臂挖机，开挖出土方应及时外运处理。

2 挖掘土方过程中宜记录土层结构和性质，为后续顶管施工提供参考资料。

3 土方开挖至设计标高时，应沿钢护筒内壁附近测量深度，测量点位置应均匀布置且不少于 4 点。

7.2.6 封底应符合下列规定：

1 沉井下沉至设计标高后，应在封底前 8h 内每小时次沉降量，8h 的累计

自沉量不同大于 10mm 方可进行封底。沉井可根据现场实际情况和抗浮等要求选择干封底或水下封底。

2 钢制沉井封底混凝土坍落度宜控制在 $200\text{mm}\pm 20\text{mm}$ ，混凝土强度等级不宜低于 C30。封底厚度应满足抗浮要求，且不宜小于 1m。

3 封底混凝土浇筑导管的有效工作半径应互相搭接，覆盖井底全部面积，浇筑应连续均匀进行；

4 当封底混凝土与钢制沉井内壁粘结强度不满足抗浮要求时，宜在沉井下部封底厚度范围安装或焊接抗剪牛腿。

7.2.7 其他钢制沉井工法施工技术要求尚应按相关的沉井技术规范执行。

7.2.8 钢制沉井的施工质量应符合表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 钢制沉井施工质量验收标准

序号	检查项目	允许偏差
1	井壁是否渗漏	不得有线流和漏泥沙
2	沉井中心位置	50mm
3	沉井封底前井底标高	$\pm 50\text{mm}$
4	封底混凝土厚度	+50mm, -0
5	封底混凝土强度	不小于设计值
6	垂直度	1%

8 顶管施工

8.1 一般规定

- 8.1.1** 顶管施工应按照经审批通过的施工组织设计和专项施工方案实施。
- 8.1.2** 微型顶管机、辅助配套设备必须经检验合格后再进入施工现场，并应进行单机、整机联动调试，按规定进行检查、维修和保养。
- 8.1.3** 起重设备吊装前应进行试吊，试吊前应检查吊耳、索具的完好情况，经确认并试吊正常后，方可正式吊装。
- 8.1.4** 顶管工程所用的管节、构配件和施工材料等进入施工现场时应进行验收，验收合格后方可使用。
- 8.1.5** 顶管施工中的测量应建立地面与地下测量控制系统，控制点应设在不易扰动、视线清楚、方便校核和易于保护的地方。
- 8.1.6** 施工场地布置与围挡应满足施工作业、交通疏导和安全防护等要求。
- 8.1.7** 施工产生的废泥浆、渣土等废弃物应集中堆放外运，不得随意排放。
- 8.1.8** 公称直径大于 1200mm 的顶管施工，应按现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 的相关规定执行。

8.2 工法选择

- 8.2.1** 微型顶管法施工时，应根据管径、地质条件、环境条件、经济性等因素，合理选用顶管工法。
- 8.2.2** 采用改良地箭式工法时，顶管覆土厚度不应小于管道外径的 4 倍，且不宜小于 3m。
- 8.2.3** 微型顶管法施工单段顶进长度应根据顶管工法、管径、管材和地质条件等确定，宜按表 8.2.3 选用。

表 8.2.3 微型顶管单段顶进长度

顶管 工法	管径	土质	单段顶进距离（m）									
			20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
泥水 平衡式	600	粘性土										
	800~2400	粉性土										
		砂土										
地箭式	300~600	粘性土										
	300~600	粉性土										
		砂土										

注：  适用  可以

8.2.4 微型顶管井采用摇管法施工的钢制沉井时，泥水平衡式顶管机宜根据井内尺寸采用可分节始发和分节接收的形式。

8.3 顶力估算

8.3.1 地箭式工法中，诱导管总顶力标准值可按下式计算：

$$F_1 = \pi d_1 L f_{1k} + N_y \quad (8.3.1-1)$$

$$N_y = \frac{\pi}{4} d_1^2 \beta N \quad (8.3.1-2)$$

式中 F_1 ——诱导管总顶力标准值（kN）；

d_1 ——诱导管的外径（m）；

L ——管道设计顶进长度（m）；

f_{1k} ——诱导管外壁与土的平均摩阻力（kN/m²），应通过试验确定，可按表 8.3.1 取值；

N_y ——诱导管的迎面阻力标准值（kN）；

β ——诱导管的迎面阻力系数，可按表 8.3.1 取值；

N ——顶进土层的标准贯入击数；

表 8.3.1 诱导管平均摩阻力及迎面阻力系数

土质	粘性土	砂质土
平均摩阻力 f_{1k} (kN/m ²)	3.0	6.0
迎面阻力系数 β (kN/m ²)	800	900

8.3.2 管道顶进所需的总顶力标准值可按下式估算：

$$F_{dk} = N_F + k_2 \pi D_1 L f_k \quad (8.3.2-1)$$

$$N_F = \frac{\pi}{4} k_1 D_g^2 \gamma_s (H_s + D_g) \quad (8.3.2-2)$$

式中： F_{dk} ——管道顶进总顶力标准值(kN)；

k_1 ——迎面阻力随不同工法变化系数，泥水平衡式可取 1.0，标准地箭式可取 1.0~1.2，改良地箭式可取 1.2~1.5。

k_2 ——管道外壁与土的平均摩阻力随不同工法变化系数，泥水平衡式可取 1.0，标准地箭式可取 1.05~1.2，改良地箭式可取 1.4~1.6。

D_1 ——管道的外径（m）；

f_k ——泥水平衡式工法中管道外壁与土的平均摩阻力(kN/m²),宜取 2kPa~7kPa;

N_F ——顶管机的迎面阻力（kN）；

γ_s ——管顶覆土的重度（kN/m³）；

H_s ——管顶覆土厚度（m）；

D_g ——顶管机外径（m）。

8.3.3 顶进施工时的最大顶力不得超过管材的允许顶力，管道传力面允许最大顶力可按下式计算：

$$F_d = k_d f_p A_p \quad (8.3.3)$$

式中： F_d ——管道允许顶力设计值（kN）；

k_d ——管道综合系数，钢筋混凝土管取 0.391，玻璃纤维增强塑料管取 0.277，球墨铸铁管取 0.277；

f_p ——管材抗压强度设计值（N/mm²）；

A_p ——管道横截面最小有效传力面积（mm²）。

8.3.4 顶进施工时的最大顶力不得超过工作井后背土体的允许承载力。当工作井后背土体的允许承载力不足时，宜进行土体加固，可采取水泥土搅拌桩、高压喷射注浆等形式。

8.4 定线测量

8.4.1 顶管施工测量应包括地面控制点复测和地面控制网的布设、联系测量、地下平面、高程测量和贯通、竣工测量。

8.4.2 顶管首级控制点复测和地面控制网的测量应满足表 8.4.2 的精密导线测量技术要求。顶管首级控制点和复测贯通面洞门的控制点应为相同点。

表 8.4.2 精密导线测量技术要求

平均边长 (m)	导线总长度 (km)	每边测距中误差 (mm)	距离相对中误差	测角中误差	全场相对闭合差	方位角闭合差	相邻的相对点位中误差
350	3-5	±3	1/60000	±2.5"	1/35000	$5\sqrt{n}$	±8mm

注：n 为导线的角度个数。

8.4.3 联系测量应包括地面导线测量、地面水准测量、定向测量和高程传递测量。

联系测量应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定。

8.4.4 井上和井下定向的平面测量点宜采用固定观测墩的形式。

8.4.5 施工前应对建设单位所交付的有关测量基线与水准基点进行核对。顶管始发前应测定顶管机的轴线和标高，并将测量数据及时反馈进行调整。

8.4.6 顶进施工过程中，应遵循勤测量、勤纠偏、微纠偏的原则，控制顶管机前进方向和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施。

8.4.7 每节管道顶进结束，应进行复测，绘制管道顶进轨迹图，包括管道高程、方向等项目。

8.5 设备安装

8.5.1 操作平台安装在封底以上的高度应根据推进台的尺寸、管底操作空间和集水坑深度要求确定，操作平台支垫结构的刚度、强度和坡度应满足施工要求。

8.5.2 反力板应符合下列规定：

- 1 反力板应具有足够的刚度和强度，能够承受最大顶力不破坏，受力变形在卸荷后能完全恢复；
- 2 反力板的材质应均匀一致，以免受压后变形不均匀而出现倾斜；
- 3 反力板尺寸应满足顶管最大顶力扩散需要，确保工作井结构安全；
- 4 反力板表面应与顶进轴线垂直，以免产生偏心受压，并应在顶进过程中适时测量复核。

8.5.3 导轨应符合下列规定：

- 1 推进台安装前，应复核管道中心轴线位置，导轨的高度应与穿墙孔标高对应；
- 2 推进台安装应使导轨顺直、平行、等高，导轨坡度应与管道设计坡度一致；
- 3 安装完成的导轨应稳固，顶进施工时不得产生位移、沉降和变形。

8.5.4 顶推装置的配置和安装应符合下列规定：

- 1 顶推装置的规格和数量应根据设计总顶力值、管道允许最大顶力及工作井后背土体允许顶力确定。
- 2 顶推装置应在管道轴线两侧对称布置，规格应相同，其合力的作用点应

在管道中轴线上。

8.5.5 液压动力站应符合下列规定：

- 1 液压动力站应与千斤顶相匹配，油泵流量和压力应满足顶进要求，并应有备用油泵。
- 2 液压动力站宜设置在千斤顶附近，油管应顺直、转角少。
- 3 液压动力站安装完毕应进行试运转。

8.5.6 顶铁安装应符合下列规定：

- 1 顶铁可采用 U 形和环形两种形式；
- 2 顶铁应具有刚度大且稳定性好的结构性能。
- 3 顶铁与管接口端面之间的接触面应衬垫缓冲材料。

8.5.7 激光指向仪的安装应符合下列规定：

- 1 激光指向仪应与推进台分离安装。
- 2 安装后的激光指向仪应稳定可靠、不易扰动、通视良好；
- 3 激光指向仪应与推进台导轨中心线重合，误差不应超过 2mm。

8.5.8 地箭式工法顶管注浆管的布置应符合下列要求：

- 1 注浆管必须设置止回阀装置；
- 2 注浆管在管道内的连接接头必须牢靠稳定，注浆管的抗压强度必须满足注浆泵的极限压力等级。

8.5.9 微型顶管管道内部装置的布置应符合下列要求：

- 1 遵循安全可靠及方便施工的原则进行布置；
- 2 泥水平衡式工法进水排泥装置宜设置在管道底部，进水排泥两路管道宜分不同颜色标识；
- 3 供电线路及通信线路可设置在同侧，便于设备供电。

8.5.10 顶管设备系统调试应符合下列规定：

- 1 应确保液压、电气、冷却水、导向箭头、导向管、诱导管、螺旋输送杆、激光指向仪、排渣系统、润滑系统、吊装设备、机械系统均正常，控制显示各数据正常；
- 2 各刀盘正、反转动应平稳，马达转动电流无突变；
- 3 刀盘的外径应满足所应用地层的要求，刀盘系统开挖轮廓应满足设计要求；

4 顶管设备系统的连接方式应符合产品说明书的要求,并应遵循由前向后、先下后上、先机械后液压电气的原则。

8.5.11 顶管井中穿墙洞口处应采取止水措施,洞口止水采用弧形止水器止水时,应符合下列规定:

- 1 弧形止水器中心的安装位置偏差不大于 20mm;
- 2 橡胶止水板的厚度不小于 20mm;
- 3 橡胶止水板的开孔应根据先导体、诱导管、顶管机的顶进工序依次进行,开孔后立即顶进;
- 4 每次开孔应按橡胶板的预留开孔槽切割。

8.6 先导体顶进

8.6.1 对于距离短、埋深浅的微型顶管,宜采用普通经纬仪导向顶进;对于距离长、埋深大的微型顶管,宜采用数码显示全站仪导向顶进。

8.6.2 应根据地层类型、顶管长度及导向管尺寸选择合适的导向箭头组合。

8.6.3 先导体内激光靶按照设计标高就位后,应按照测设基准线确定方向,确保先导体顶进方向与设计轴线保持一致。

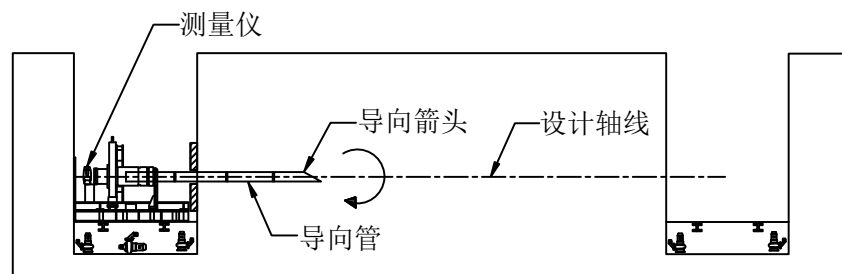


图 8.6.3 先导体顶进导向示意图

8.6.4 先导体顶进轴线应由其内孔的激光靶控制,允许偏差不应大于 20mm。

8.6.5 先导体顶进施工应符合下列规定:

- 1 施工前推进台应进行试运转,时间不应少于 15min,确定机具各部分运转正常后方可顶进;
- 2 导向箭头入土顶进时应轻压慢转、稳定入土位置,符合设计坡度后方可继续顶进;
- 3 控向员应实时将测量观察数据与设计值进行对比,及时调整顶进轨迹;
- 4 一次顶进长度宜小于 20cm,避免轴线偏差超过允许值,导向箭头纠偏应平缓;

5 先导体顶进遇到异常情况时，应立即停止顶进查明原因，问题解决后方可继续施工；

8.7 诱导管顶进

8.7.1 首节诱导管与已完成顶进的导向管尾部应通过专用接头进行刚性连接。

8.7.2 诱导管顶进前应确认注浆管畅通。

8.7.3 注浆管应与诱导管同步安装，注浆管之间、注浆管与诱导管的连接应严密、不漏浆。

8.7.4 诱导管顶进应符合下列规定：

- 1 顶进过程中，如发现顶力异常，应降低推进速度，并采取相关技术措施；
- 2 顶进过程中宜保持泥浆连续、均匀注入；
- 3 诱导管顶进贯通后，应根据推进过程记录的阻力大小确定是否进行诱导管循环顶推。

8.8 螺旋输送杆安装

8.8.1 标准地箭式工法中，螺旋输送杆安装及拆卸应符合下列规定：

- 1 螺旋输送杆节与节之间应连接牢靠，螺旋叶片应顺接，不应有错缝；
- 2 螺旋输送杆的接头应对插到位，锁紧螺栓应紧固到位；
- 3 螺旋输送杆推进过程应平缓匀速进行；
- 4 螺旋输送杆与微顶顶管机应连接牢靠。

8.8.2 螺旋出土过程应符合下列规定：

- 1 管节顶进过程中，接收井内宜先拆卸诱导管，后拆卸螺旋输送杆；
- 2 螺旋输送杆应在静止状态下进行拆卸；
- 3 拆卸的诱导管、螺旋输送杆宜采用小车收集后提升至井外。

8.9 管节顶进

8.9.1 管节顶进前，应做好下列准备工作：

1 微型顶管机吊入工作井前，应检查其液压管道密封性、水路畅通性、刀盘旋转方向、传动机构运行、油位变化等情况，如发现问题，处理完毕后方可吊入工作井安装使用；

- 2 对诱导管、顶管机及管节的连接件进行检查，确保工作可靠；

-
- 3 顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程符合设计要求;
 - 4 顶管机与注浆管连接后, 应进行泥浆试喷, 确保泥浆通道畅通。

8.9.2 管节顶进作业应符合下列规定:

- 1 顶进过程应连续进行, 特殊情况下需中断时, 中断时间不宜超过 0.5h;
- 2 管节连接前应检查缓冲垫是否完好, 密封圈应安装到位, 管道插入前应在插口端涂抹润滑剂, 润滑剂不得采用油脂等对密封圈有腐蚀性的材料;
- 3 泥水平衡式工法顶管机泥水舱内压力宜设定在地下水压力值加 0.02MPa;
- 4 顶进过程中宜保持泥浆连续、均匀注入;
- 5 泥水平衡式工法应按本规程附录 C 的要求填写顶进记录, 地箭式工法应按本规程附录 D 的要求填写顶进记录。

8.9.3 管节顶进速度应符合下列规定:

- 1 泥水平衡式工法开始顶进 5m 范围内应缓慢顶进, 速度不宜大于 10mm/min, 并宜加大施工测量和纠偏的频率; 正常顶进后, 顶进速度宜控制在 30~60mm/min, 顶进速度应均匀, 避免造成顶力剧烈波动;
- 2 标准地箭式工法开始顶进 5m 范围内应缓慢顶进, 速度不宜大于 10mm/min, 正常顶进后, 速度宜控制在 30~50mm/min。
- 3 改良地箭式工法开始顶进 5m 范围内应缓慢顶进, 速度不宜大于 100cm/min, 正常顶进后, 顶进速度宜控制在 200~400mm/min;
- 4 距离建(构)筑物、地下管线较近时, 应适当降低顶进速度;
- 5 顶管机距接收孔约 3m 时, 应降低顶进速度, 减小顶管机正面阻力对接收井洞门的不利影响, 并安置机头接收托架, 缓慢将机头推入接收井内。

8.9.4 顶进过程应连续作业, 如遇下列情况之一时, 应暂停顶进, 及时处理, 并采取防止顶管机前方塌方的措施:

- 1 顶管机前方遇到障碍物;
- 2 顶铁发生扭曲现象;
- 3 顶进力超过管材的允许顶进力;
- 4 油泵、油路发生异常现象;
- 5 管节接缝渗漏泥水、泥浆;
- 6 地层、邻近建(构)筑物、管线等周边环境的变形量超出控制允许值。

8.9.5 管节顶进贯通形成管道后, 应进行以下工作:

- 1 对管道实际轴线进行测量；
- 2 对管道两端进行临时封堵；
- 3 对管道两端穿墙洞口进行封闭处理。

8.10 注浆减阻

- 8.10.1** 顶管施工应设置专门的减阻触变泥浆压注装置。
- 8.10.2** 触变泥浆压注管宜采用一根总管、一套管路系统。
- 8.10.3** 触变泥浆配合比应根据试验确定，触变泥浆性能指标可按表 8.10.3 选用。泥浆应充分搅拌水化，泥浆搅拌完成宜放置 24h 后再行使用。

表 8.10.3 触变泥浆性能指标

黏度	滤失量	比重	稳定性
>30s	<25mL/30min	1.02~1.30	静置 24h 无离析水

8.10.4 注浆泵可选用液压注浆泵、柱塞泵或螺杆泵。泵的压力和流量应能满足顶管管径、埋深与顶进长度的要求。总管宜采用直径 50mm 的钢管或耐压橡胶管，支管宜采用直径 25mm 的耐压橡胶管。每个注浆孔处应设球阀，并应在总管上设置压力表。

8.10.5 注浆压力控制宜符合下式要求：

$$P = k\gamma h \quad (8.10.5)$$

式中 P ——注浆压力（kPa）；

k ——经验系数，取 0.8~1.2；

γ ——土的重度（kN/m³）；

h ——管道覆土厚度（m）。

8.11 排土及排泥

- 8.11.1** 泥水平衡式工法中顶管机排出的泥水应采用管道输送方式排放。
- 8.11.2** 标准地箭式工法中渣土由螺旋输送杆排至接收井后，宜采用小车收集后提升至井外，也可加水后采用排泥泵排放。
- 8.11.3** 采用泥水排放出泥时，宜设置泥浆沉淀池，对砂性土层宜配置泥水分离设备。
- 8.11.4** 废弃泥浆必须经处理后方可排放，避免污染环境。

8.12 通风

8.12.1 顶管井内的通风系统应经计算确定，并应设置通风装置及有毒有害气体检测报警装置，顶管施工全过程应采取通风措施。

8.12.2 管道内供气宜采用压缩空气送风，通风管应固定在工作井侧壁及顶管管道内壁侧边，并不应影响施工作业。

8.12.3 管道内供气量不应小于每人 $25\text{m}^3/\text{h}$ ~ $30\text{m}^3/\text{h}$ ，出口空气质量应符合环境保护要求。

8.13 供电

8.13.1 顶管施工供电系统应经计算确定。顶管施工现场临时用电应符合现行国家标准《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 和现行行业标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46 以及相关高压用电规范的规定。

8.13.2 配电系统应设置总配电箱、分配电箱和开关箱，每台用电设备应设置独立开关箱。

8.13.3 管内供电应配备防触电、漏电保护装置。

8.13.4 配电设备均应设置可靠的安全接地，同时接地电阻系数应能满足使用要求。

8.13.5 井内与管内照明应符合下列规定：

- 1 井内与管内照明应使用特低电压照明变压器，电源电压不应大于 36V。
- 2 潮湿和易碰触带电体的照明，电源电压不应大于 24V。
- 3 特别潮湿环境，电源电压不应大于 12V。

9 质量标准

9.1 一般规定

9.1.1 微型顶管法施工完成后应进行管道功能性试验和 CCTV 检测，管道功能性试验应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和现行上海市工程建设规范《城镇排水工程施工质量验收标准》DG/TJ 08-2110 的有关要求，CCTV 检测应符合现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 的有关要求。

9.1.2 无压管道应按规定进行闭水试验或闭气试验。采用闭水试验时，试验管段应按井距分隔，抽样选取，带井试验。采用闭气试验时，地下水位应低于管外底 150mm。

9.1.3 压力管道应按规定进行水压试验。试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值，按设计要求确定；设计无要求时，应根据工程实际情况，选用其中一项值或同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据。

9.2 管节质量标准

9.2.1 微型顶管法用玻璃纤维增强塑料管制作精度应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492 的规定。

9.2.2 微型顶管法用球墨铸铁管的制作应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T13295 的规定，其外径允许偏差应符合下表的规定：

表 9.2.2 球墨铸铁管外径允许偏差（单位：mm）

公称管径	管节内径	管节外径	
		公称值	允许偏差
300	326	399	±5
400	429	502	
500	532	618	
600	635	728	
800	842	959	±10
1000	1048	1173	
1200	1255	1400	
1400	1462	1604	
1500	1565	1714	
1600	1668	1825	

1800	1875	2047	
2000	2082	2266	
2200	2288	2486	±15
2400	2495	2706	

9.2.3 微型顶管法用钢筋混凝土管尺寸允许偏差应符合下表的规定：

表 9.2.3 钢筋混凝土管尺寸允许偏差（单位：mm）

公称管径	内径	管道壁厚	管节有效长度
600~800	-8, +4	-2, +8	-10, +18
1000~1500	-10, +6	-3, +10	-12, +18
1650~2400	-12, +8	-4, +12	

9.2.4 微型顶管法用钢筋混凝土管端面倾斜的允许偏差应符合下表的规定：

表 9.2.4 钢筋混凝土管端面倾斜允许偏差（单位：mm）

公称管径	允许偏差
<1200	±3
1200~2400	±4

9.2.5 钢筋混凝土管的内、外表面应平整，无裂纹、蜂窝、塌落、露筋、空鼓，钢套环尺寸应符合设计要求。

9.2.6 钢筋混凝土管插口橡胶密封圈槽口处的混凝土表面应平整、密实。当槽口处有气孔、裂纹和合缝漏浆缺陷时，应进行修补。

9.3 顶管施工质量标准

9.3.1 顶管施工中，各个工序应严格查验，检查内容及要求应符合表 9.3.1 的要求。

表 9.3.1 顶管施工各工序允许偏差

检查项目		允许偏差
反力板	垂直度	0.1%H
	水平扭转度	0.1%L
导轨	水平轴线	3mm
	顶面高程	±3mm
	轨道净距	±2mm
管道进出洞口	中心位置	20mm

	开孔内径	+20mm, -0
先导体	水平轴线	20mm
	高程	±20mm
管节	水平轴线	30mm
	内底高程	±30mm

9.3.2 顶进贯通后的管道允许偏差应符合表 9.3.2 的规定。

表 9.3.2 顶管施工贯通后管道的允许偏差

检查项目		允许偏差 (mm)
水平轴线		50
内底高程	DN<1500mm	+30, -40
	1500mm≤DN≤2400mm	+40, -50
相邻管间错口	混凝土管、球墨铸铁管	15%壁厚
	玻璃纤维增强塑料管	2

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应该这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

5) 标准中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……要求(规定)”。

引用标准名录

- 1 《混凝土和钢筋混凝土排水管》 GB/T 11836
- 2 《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》 GB/T 13295
- 3 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》 GB/T 17219
- 4 《玻璃纤维增强塑料顶管》 GB/T 21492
- 5 《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范》 GB/T21873
- 6 《排水工程用球墨铸铁管、管件和附件》 GB/T 26081
- 7 《工程测量标准》 GB 50026
- 8 《建设工程施工现场供用电安全规范》 GB 50194
- 9 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 10 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 11 《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》 JGJ/T 46
- 12 《城镇排水管道检测与评估技术规程》 CJJ 181
- 13 《非开挖铺设用球墨铸铁管》 YB/T 4564
- 14 《基坑工程技术标准》 DG/TJ 08-61
- 15 《顶管工程施工规程》 DG/TJ 08-2049
- 16 《沉井与沉箱施工技术标准》 DJ/TJ 08-2084
- 17 《城镇排水工程施工质量验收规范》 DG/TJ08-2110

附录 A 微型顶管井尺寸

A.0.1 圆形钢制沉井工作井示意图如图 A.0.1 所示，接收井示意图如图 A.0.2 所示，最小尺寸见表 A.0.1。

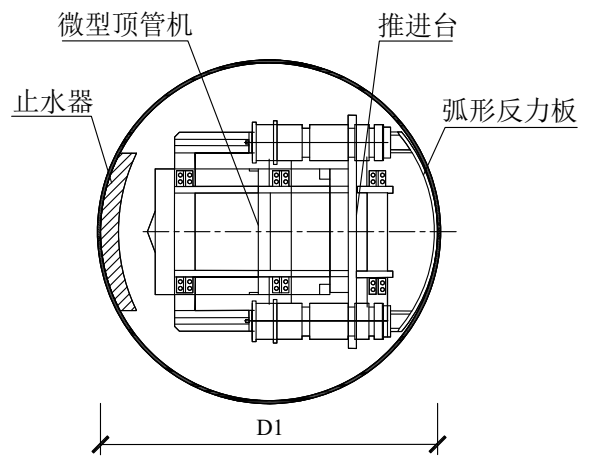


图 A. 0. 1 圆形工作井

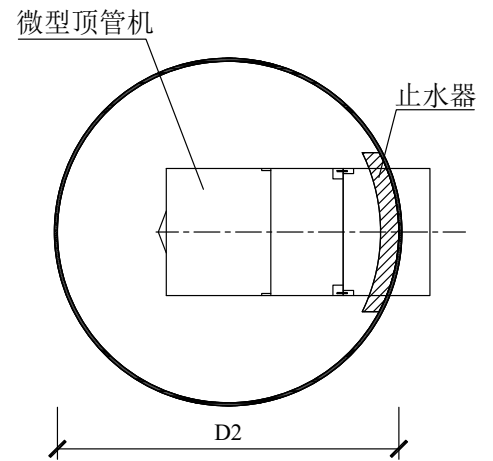


图 A. 0. 2 圆形接收井

表 A. 0. 1 圆形钢制沉井顶管井尺寸

顶管工法	管径（mm）	管节长度（m）	工作井直径 D1（mm）	接收井直径 D2（mm）
地箭式工法	300~400	1.0	2090	2090
		2.0	3090	
	500~600	1.0	2590	2590
		2.0	3590	
泥水平衡式工法	800~1000	1.0	3290	3290
		2.0	4290	
	1200~1500	1.0	3590	3590
		2.0	4590	
	1600~2000	2.0	4590	4590

	2200~2400	2.0	5090	5090
--	-----------	-----	------	------

- 注：1 直径 D1、D2 为公称直径，实际尺寸根据摇管机设备确定；
- 2 使用此类圆形顶管井时，顶管机应具备分节始发、分节接收的能力；
- 3 本表为最小尺寸，选用时应根据施工安全设施、人孔、工艺要求等实际条件做必要的修正；
- 4 本表接收井为单向接收时的尺寸，管径 $\geq 800\text{mm}$ 且双向接收时应至少加大 500mm；
- A.0.2** 矩形工作井示意图如图 A.0.3 所示，矩形接收井示意图如图 A.0.4 所示，最小尺寸见表 A.0.2。

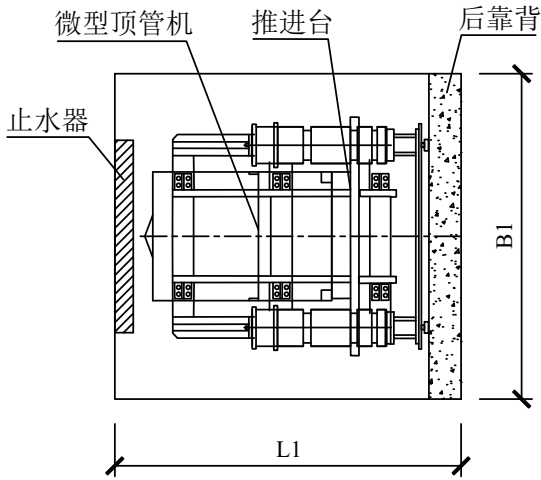


图 A. 0. 3 矩形工作井

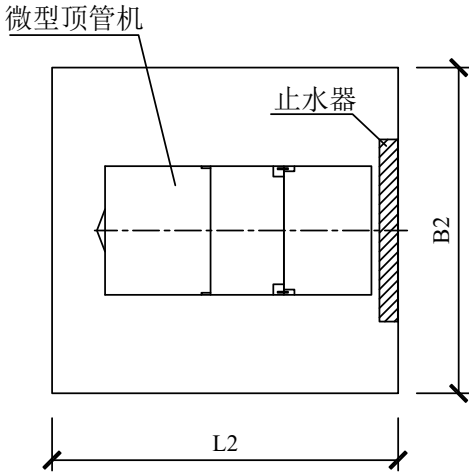


图 A. 0. 4 矩形接收井

表 A. 0. 2 矩形工作井内净尺寸

顶管工法	管径 (mm)	管节长度 (m)	工作井内净尺寸 L1×B1 (mm)	接收井内净尺寸 L2×B2 (mm)
地箭式工法	300~400	1.0	2300×2100	2300×2100
		2.0	3300×2100	

	500~600	1.0	2900×2600	2900×2600
		2.0	3900×2600	
泥水平衡式工法	800~1000	1.0	3600×3300	3600×3300
		2.0	4600×3300	
	1200~1500	1.0	3600×3600	3600×3600
		2.0	4600×3600	
	1600~2000	2.0	4600×3600	4600×3600
	2200~2400	2.0	5100×4600	5100×4600

- 注：1 使用本表尺寸的顶管井时，顶管机应具备分节始发、分节接收的能力；
- 2 本表为最小尺寸，选用时应根据施工安全设施、人孔、工艺要求等实际条件做必要的修正。
- 3 本表接收井为单向接收时的尺寸，管径 $\geq 800\text{mm}$ 且双向接收时，长度应加大 500mm。

附录 B 钢护筒下沉记录表

编号: _____

项目名称								
设备型号			开始时间		结束时间		操作者	
井编号				沉井尺寸			设计深度(m)	
深度	时间	班次	扭矩	倾斜测量				备注
				测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	
本班情况简述:								
会签	质量员:							
	技术员:							
	监 理:							

日期: 年 月 日

附录 C 泥水平衡式顶管施工记录表

编号：_____

施工单位							开顶时间								顶距 (m)						
掘进机类型							结束时间								操作者						
管节编号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
累计顶进长度 (m)																					
主油缸油压 (MPa)																					
总推力 (KN)																					
主顶速度 (mm/min)																					
刀盘切口 姿态偏差	高 (mm)																				
	平 (mm)																				
机头旋转角 (°)																					
总注浆量 (m³)																					
同步注浆量 (m³)																					
注浆压力 (MPa)																					
开挖面水土压 力 (MPa)	设定值																				
	实测值																				
刀盘电流 (A)																					
倾斜仪读数 (°)																					
本班情况简述：																					
会 签	质量员																				
	技术负责人																				
	监 理																				

日期 年 月 日

附录 D 地箭式工法顶管施工记录表

编号: _____

施工单位						开顶时间								顶距 (m)						
掘进机类型						结束时间								操作者						
管节编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
累计顶进长度 (m)																				
主油缸油压 (MPa)																				
总推力 (KN)																				
主顶速度 (mm/min)																				
同步注浆量 (m³)																				
注浆压力 (MPa)																				
刀盘扭矩 (MPa)																				
本班情况简述:																				
会签	质量员 技术负责人 监 理																			

日期 年 月 日

上海市地方标准化指导性技术文件

微型顶管法施工技术规范

DB31 SW/Z 048-2025

条文说明

2025 上海

目次

1	总 则	41
2	术 语	43
3	基本规定	44
4	工程事前调查	46
5	微型顶管井	49
5.1	一般规定	49
5.3	接收井	49
5.4	洞口构造与加固	50
6	管道和管材接口	53
6.2	玻璃纤维增强塑料管	53
6.3	球墨铸铁管	53
6.4	钢筋混凝土管	54
6.6	木垫圈	54
7	钢制沉井施工	55
7.2	下沉施工	55
8	顶管施工	60
8.1	一般规定	60
8.2	工法选择	60
8.3	顶力估算	67
8.4	定线测量	67
8.5	设备安装	68
8.6	先导体顶进	69
8.7	诱导管顶进	70
8.8	螺旋输送杆安装	70
8.9	管节顶进	71
8.10	注浆减阻	72
8.13	供电	72
9	质量标准	73

Contents

1	General principles.....	41
2	Definitions.....	43
3	Basic requirements.....	44
4	Engineering investigation.....	46
5	Pipe jacking shaft.....	49
5.1	General requirements.....	49
5.3	Arriving shaft.....	49
5.4	Structure and reinforcement of the hole.....	50
6	Material and pipeline interface.....	53
6.2	Glass fiber reinforced plastics pipe.....	53
6.3	Ductile iron pipe.....	53
6.4	Reinforced concrete tube.....	53
6.6	Wooden gasket.....	54
7	Steel caisson construction.....	55
7.2	Oscillator construction of steel caisson.....	55
8	Pipe jacking construction.....	60
8.1	General requirements.....	60
8.2	Selection of jacking method.....	60
8.3	Jacking force estimation.....	67
8.4	Construction procedure.....	67
8.5	Measuring.....	68
8.6	Equipment installation.....	69
8.7	Pilot group jacking construction.....	70
8.8	Tool tube jacking construction.....	70
8.9	Screw conveyor installation.....	71
8.10	Pipe jacking construction.....	72
8.13	Power supply.....	72
9	Quality standard.....	73

1 总 则

1.0.1 以往工程中，公称直径小于 600mm 的管道在上海中心城区大多采用开槽埋管，公称直径不小于 600mm 的可以采用顶管施工，但常规顶管井占地面积较大，因此两种工法均对周边环境有显著影响。近几年来，管道工程建设企业相继引进了多种微型顶管设备，可实施公称直径 300mm~2400mm 的管道，其施工用地小、施工速度快，显著减小了对周边环境的影响，在市政工程中逐步推广开来。微型顶管法施工技术经过消化、改进和完善，已形成了具有独立特性的技术体系，但当前尚缺少相应的技术规程用以指导和规范施工，并作为工程验收的技术依据，因此，编制适合本市的施工技术规程是十分有必要的。

1.0.2 日本、台湾地区的微型顶管技术较为成熟，尤其日本的施工工法分类繁多且细致，国内各地已使用的顶进施工工法也较多，相应的行业规程和地方标准也在编制中。本规程从适用性、成熟性、经济性出发，介绍两种目前本市使用的成熟工法，即地箭式工法和泥水平衡式工法。

根据现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 的相关规定，采用传统顶管工法可实施公称直径不小于 600mm 的顶管，但其需要的顶管井尺寸较大；公称直径 600mm~2400mm 的顶管施工若采用总长短或可分节的微型顶管机，配合使用较短管节、圆形钢制沉井和推进台，可在尺寸显著小于传统工法的顶管井及施工场地内实施。因此本规程把有别于传统工法的公称直径 600mm~2400mm 的顶管也纳入进来，由此微型顶管法可实施的管径定义为 300mm~2400mm，这和《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 所述的顶管工法并不矛盾，而是提供了另一种可选施工工艺。

1 本条规定了微型顶管法施工的适用地层，如淤泥质黏土、黏土、粉质黏土、黏质粉土、砂质粉土、及砂土等土层，不适用于风化岩等岩质地层。

2 目前玻璃纤维增强塑料管、球墨铸铁管、钢筋混凝土管在本市微型顶管法施工中应用较为成熟。在日本、台湾地区顶管工程中，硬聚氯乙烯管的使用较为成熟，国内已有管道厂家将其引进，但本市目前采用此类管材施工的项目较少，因此暂不纳入本规程。

钢管用于微型顶管法施工存在以下缺点：（1）钢管直径小于 800mm 时，其焊缝内表面处的防腐蚀实施困难；（2）微型顶管法施工要求采用尽量小的顶管

井，因此管节常用长度为 1m~2m；而采用钢管顶管时，钢管焊接、焊缝检测及焊缝防腐施工的时间周期较长，若要减少焊缝、节约时间只能采用更长管节，这与微型顶管法占地小、施工快的初衷是矛盾的。因此，本规程管材不包括钢管。当钢管作为套管使用，对钢管焊接、焊缝检测及焊缝防腐要求不高时，也可以顶进钢管。

非给水排水的其他微型顶管法施工工程可参照适用本规程。

2 术 语

2.0.1 微型顶管法 miniaturized pipe jacking

微型顶管机、推进台和微型顶管井是微型顶管法施工工艺的核心要素。本规程所述的“微”不仅仅指微型顶管适用管径范围填补了现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 在更小管径上的空缺，也涵盖了其顶管井更小、施工占地更少、施工速度更快、社会影响更微弱的特点。

2.0.2 微型顶管机 miniaturized jacking machine

微型顶管法施工中，地箭式工法使用的顶管机总长度显著小于泥水平衡式工法，泥水平衡式工法使用可分节始发、分节接收的顶管机。

2.0.4 先导体 pilot group

先导体用在地箭式工法中。导向箭头位于最前端，其后接续导向管。导向管分单壁和双壁两种，双壁导向管可以通过双壁间隙中预设的孔洞为导向箭头提供水、润滑泥浆等改良剂。

2.0.5 诱导管 tool tube

诱导管用在地箭式工法中。其中，在标准地箭式工法中，诱导管顶进贯通后，在其内部安装螺旋输送杆从接收井出土。

2.0.10 摇管机 circular shaft casing oscillator

国内部分地区称作圆形竖井摇管机、立坑摇管机等。

2.0.13 推进台 propulsion machinery

推进台顶推装置末端传递顶力的构件称为顶环，它是与先导体、诱导管、顶管机及管节后端直接接触传力的圆形或弧形钢构件，其尺寸及构造随顶进管件或管节的不同而变化且可拆卸更换。

3 基本规定

3.0.2 本条明确了确定顶管路由时需要重点关注的关键节点类型。其中高等级公路包括高速公路、一级公路和二级公路。

3.0.3 目前本市已实施的微型法施工工程中，曲线顶管的工程案例和使用经验极少，因此本规程中暂未包含采用微型顶管法施工的曲线顶管。

3.0.4 由于顶管施工是在地下进行，地下工程有诸多不可预见的状况，同时顶管施工不可避免的会产生地面的隆起、沉降，影响周围的建（构）筑物、管线，必须采取监测措施。微型顶管法施工前应了解清楚沿线周围的环境，为顶管施工引起的环境变形监测提供对比的基准。

3.0.7 微型顶管法施工时，应根据不同管径、地质条件、环境条件、经济性等因素，合理选用顶管工法，应根据工作井的构造和顶力估算选择顶管施工设备，顶力估算应按本规程 8.3 节的相关规定。施工单位应对选定的工法和设备进行评估论证，确保安全适用、质量可靠。

3.0.8 为了保证顶管施工项目的顺利进行，取得良好的经济效益和社会效益，须编写详细的微型顶管法专项施工方案。施工方案应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 工程的地质、水文条件及环境条件；
- 3 工程难特点分析与针对性措施；
- 4 施工现场总平面布置；
- 5 顶管机的选型；
- 6 顶管设备、系统的布置；
- 7 管材、接口连接与管道防水；
- 8 管节的内外防腐；
- 9 顶力验算及后靠背布置；
- 10 测量及纠偏方法；
- 11 触变泥浆的配制与管理；
- 12 顶管的通风措施、供电措施、通信及监视系统；
- 13 始发及接收措施；

-
- 14 环境监测与影响分析；
 - 15 施工进度、机械设备、材料及劳动力安排计划；
 - 16 安全、质量及文明施工措施；
 - 17 应急预案；
 - 18 验收要求。
 - 19 附图。

4 工程事前调查

4.0.1 场地使用条件调查各项目分别说明如下：

1 场地利用现状调查是通过查阅地图和实地调查，查明管线所处城市、乡镇、农田、山林、河湖等各种不同土地类别的利用现状，特别是市区中住宅、商业、工业用地的划分以及市区化的程度等，在此基础上还应查明土地权属，以充分把握顶管施工周边的地上、地下的制约条件。

2 在城市道路和公路下进行顶管施工时应先查明道路的等级和交通流量情况。道路等级决定了管道上方路面的荷载大小。由于顶管施工而发生路面变形对交通的影响需要考虑。顶管工作井和接收井的位置是对交通影响最大的因素，应重点考虑。

3 顶管工作井和接收井位置的选择，以及该处的施工作业场地的保证，从顶管路线的选定到工程完工都是最重要的环节之一。需要通过查阅地图、实地调查、勘察等手段，确保该位置的合理性和施工作业场地的可行性。选择该位置时需要考虑以下因素：所需施工场地的尺寸、对交通的影响程度、渣土车辆和设备材料运输车辆进出的便利性、弃渣场的距离及交通等。

4 顶管工程靠近河流或穿越河流时，需要调查河流的断面、河流的水力条件、堤防结构形式、地质条件、河流和桥梁的改造计划等，并应选择足够的埋深和间距，以减小对河流、堤防和桥梁的影响，湖沼与此类似。暗浜处土质有突变，需要事先查明其分布范围以便调整相关顶进施工参数。

5 需要确保施工作业场地具备充足的工程用电供应，同时还应根据需要确保有备用电源。需要调查可用于施工的自来水的位置、管径、流量，以及允许的排放途径（如下水道、河湖、海等）、允许的排放流量和排放水质标准等。

4.0.2 工程沿线周边环境调查各项目分别说明如下：

1 对于地上建（构）筑物需要查明以下内容：①结构形式，例如房屋是砌体结构、钢筋混凝土结构或钢结构，桥梁是静定结构还是超静定结构；②基础形式，例如是浅基础还是桩基础；③基础埋深，有没有地下室等。地下建（构）筑物主要包括地铁、地下停车场、防汛墙、地下通道、地下空间综合体等，同样需要查明其结构形式、基础形式、基础埋深等。另外，还需要调查建（构）筑物是否有特殊的使用限制条件，例如设置有精密机器等的建筑物对于沉降和振动的特

殊要求等。

2 对于给水排水管道、燃气热力管道、电力通信线路、工业气体输送管道等埋地管线，以及架空电线或高压线，需要事先沿着拟建路由进行实地调查。特别是在顶管工作井和接收井位置必须进行充分的调查。调查方式不仅要参考管线权属单位和管理部門提供的归档和备案资料，还需要根据现场勘测确认管线实际的位置、大小、埋深、老化损坏程度等。

3 对于老建（构）筑物拆除后遗留的地下障碍物，例如老基础等，以及因临时工程产生的施工遗留物，例如基坑支护桩、止水帷幕、加固体或锚杆等，其调查难度较大，需要向土地原有业主和土地管理部门仔细询问，作充分的准备。

4 地下障碍物情况复杂，可能还有类似于沉船、水井、古墓、老树桩等意想不到的障碍物，需要结合现场的具体情况有针对性调查，并制订相应的施工预案。

4.0.3 勘探布孔是在已经拟定的管道路由上进行的，因此选择顶管路由时往往还没有专门的勘察资料。由于 DN300~DN1200 微型顶管机破碎、清除障碍物能力很有限，且顶管时施工人员无法进入管道内处理障碍物，地质条件和地下障碍物等引起的施工故障发生频率比中大直径的顶管工程更高；所以在微型顶管法选择路由时，事先对拟建场地的地质条件进行调查，作一个初步的判断尤为重要，本条文即针对此种情况。

1 在市区进行顶管工程时，一般都有很多拟建场地的现有资料可以收集，代表性资料有：地质图和地质资料、土地利用图、原始地形图、邻近工程的设计图和施工记录等。根据这些资料，可以对拟建场地的地质条件、地下水等进行初步判断。

2 根据收集的工程沿线地质资料及现场踏勘，分析可能存在的不良地质条件，如暗浜、厚填土、软弱土等。

3 某些土层可能产生有害气体，例如腐植土层可能产生甲烷；某些受污染土壤可能含有有毒有害物质，例如搬迁后的化工厂，其土壤可能含有有毒化工物质、重金属或存在腐蚀性；为了预防灾害，需要查明这些情况，并采取防爆和人员保护措施。

4.0.4 环境保护调查各项目分别说明如下：

1 为了准确把握顶管施工时产生的噪音、振动对周围环境的影响，不但要

测量和控制施工中的噪音、振动，也需要测量和评价施工前场地的噪音和振动，尤其是对医院、学校等特别需要安静的场所进行调查。

2 顶管施工前，应通过查询相关管理规定、咨询权属单位的要求，确定邻近的管线、建（构）筑物及地基的变形控制要求。

3 作为顶进润滑材料的触变泥浆、泥水平衡工法产生的泥浆废水都会对周围的地下水、井水、河水产生污染，因此有必要在施工前对管道沿线的地下水和地表水的污染现状进行调查，并在施工期间持续监控水质变化。

4 为了准确把握顶管施工对地面变形和周围房屋的影响，有必要在施工前对地面和周围房屋进行调查，测量和评估其现状，并在施工期间持续进行测量和比较。

5 顶管施工挖掘产生的弃渣，以及泥水平衡工法产生泥浆沉淀后的泥土，都对环境具有污染性，应对渣土和泥土处置进行调查落实。

5 微型顶管井

5.1 一般规定

5.1.1 微型顶管法的特点之一就是顶管井尺寸较小，在城镇中施工对环境影响小。而顶管井采用圆形钢制沉井时，兼具尺寸小、快速、方便和对环境影响小的特点，因此，优先考虑采用圆形钢制沉井。

5.1.3 常规顶管井尺寸相对较大，可采用局部落深的方式设置集水坑，而微型顶管井尺寸小，通常把操作平台以下空间全部作为集水坑使用。集水坑前期用于设备安装、顶管机分节拼装等施工操作，顶进过程中用于收集产生的泥水，收集到一定的量时采用提升泵送至地面后处理。顶进施工完成后用于顶管机接收、拆卸等施工操作。

泥水来源主要是注浆管、泥水循环系统管道的拼接和拆卸漏出的浆液。

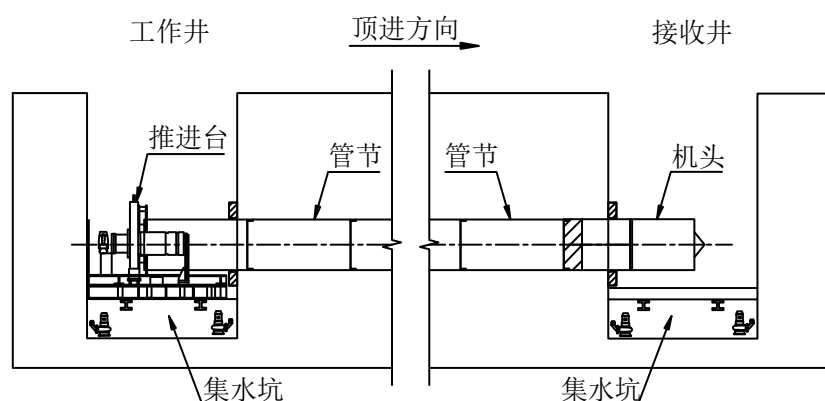


图1 集水坑示意图

5.3 接收井

5.3.6 改良地箭式工法中，顶管机头部为改良锥形扩孔接头，其构造简单、分解方便，适用于较小尺寸的既有井接收。先导体、诱导管在到达既有井后，可分节竖向吊出井口，顶管机头到达既有井后，需人工切割成较小尺寸后吊出井口，如下图所示。

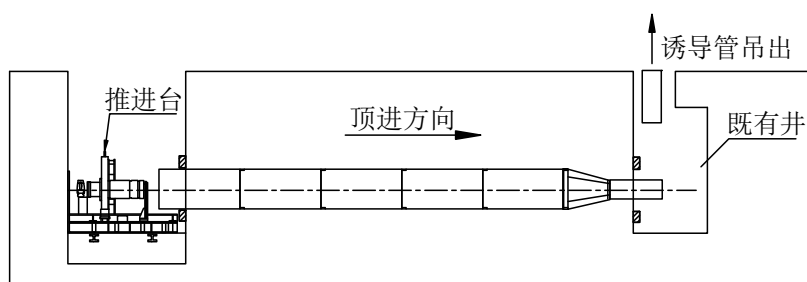


图 2 先导体、诱导管吊出示意图

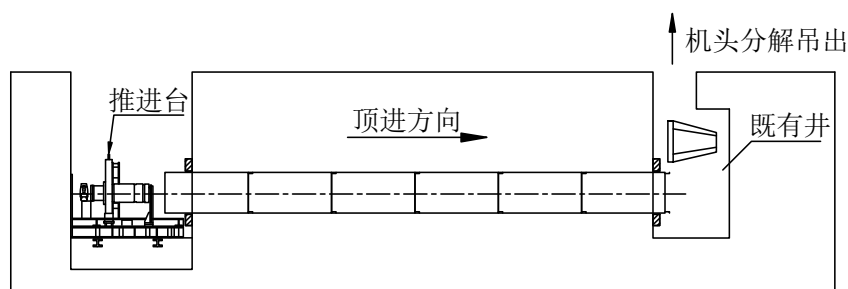


图 3 顶管机头吊出示意图

5.4 洞口构造与加固

5.4.1 与工作井相比，接收井穿墙孔预留较大的间隙，顶管进洞更容易控制，但是在水压较大、透水性较强土层中，顶管机进洞后洞口封堵的难度较大。因此在保证进洞安全的前提下，可适当减小接收孔的大小。

5.4.2 孔口土体采取加固的主要目的是：①确保开孔口时土体具有一定的强度，防止土体坍塌涌入井内；②确保开孔时土体具有一定的抗渗透性，防止地下水通过土体涌入井内。不同顶管工法适用的孔外土体加固方式如表 5.4.2-1 所示，改良地箭式工法所采用的锥形扩孔机头无切削出土功能，因此土体固化剂类的加固方式不适用。

表 2 不同工法孔外土体加固方式

序号	工法	孔外土体加固方式
1	改良地箭式工法	降水法
2	标准地箭式工法	水泥土搅拌桩、高压喷射注浆
3	泥水平衡式工法	水泥土搅拌桩、高压喷射注浆

当采用水泥土搅拌桩、高压喷射注浆加固方式时，管道穿墙孔外土体加固范围如下图所示，加固体尺寸可按表 3 取值。当采用水泥土搅拌桩加固时，加固体与顶管井外壁之间的空隙宜采用注浆填充。始发及到达前应检查加固体的均匀性和防渗漏性能，可以采用开观察孔，在孔口处打不少于 5 个(上、下、中、左、右)观测孔，样洞呈米字分布，仔细查看是否有孔洞及渗漏水，必要时可采取钻孔取样检验，确认其是否有孔洞并可检测加固体强度，加固体的强度不宜小于 0.5MPa。

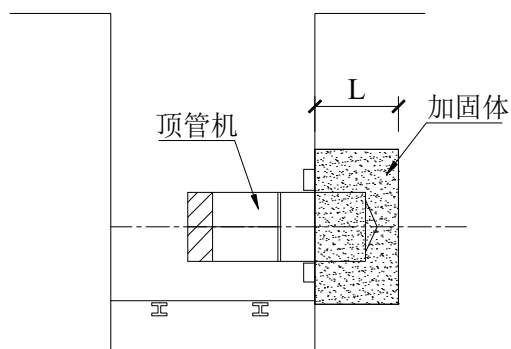


图 4 孔外土体加固长度示意图

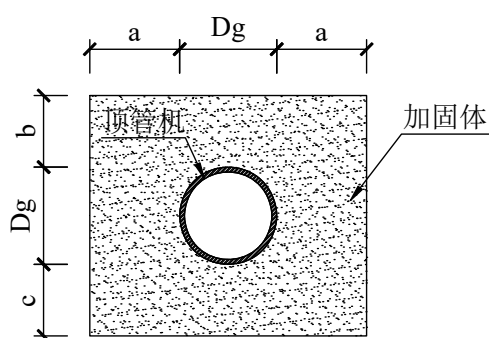


图 5 孔外土体加固范围示意图

表 3 加固体尺寸表 (单位: m)

尺寸	$D_g < 0.8$	$0.8 \leq D_g < 1.2$	$1.2 \leq D_g \leq 2.4$
L	2.5	3	4
a	1.0	1.5	2.0
b	1.5	1.5	2.0
c	1.5	2.0	2.0
注: D_g 为顶管机外径			

顶管施工前采用降水措施对孔口外土体加固时,应设置水位观测井,水位应降至设计管底标高以下 0.5m。

5.4.3 微型顶管井采用圆形钢制沉井时,可采用如图 6、图 7 所示的圆弧型止水器,其中:1-钢压板;2-钢垫板,和钢制沉井内壁焊接;3-橡胶板,厚度 10~15mm,根据止水要求,也可采用双层橡胶板;4-紧固螺旋,均匀焊接在钢压板 1 上;钢板 1、2 厚度不小于 6mm,其弧度应根据钢制沉井公称直径确定。

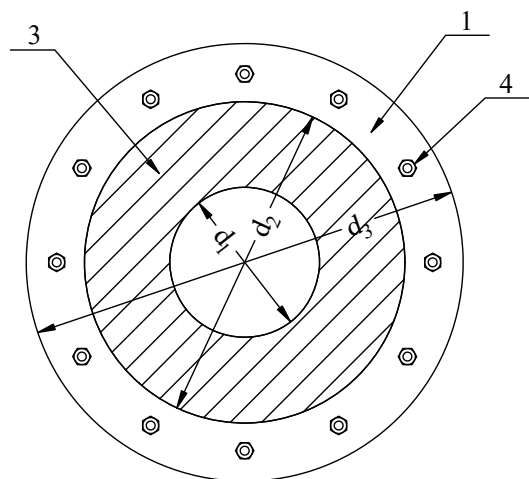


图6 圆弧形止水器平面图

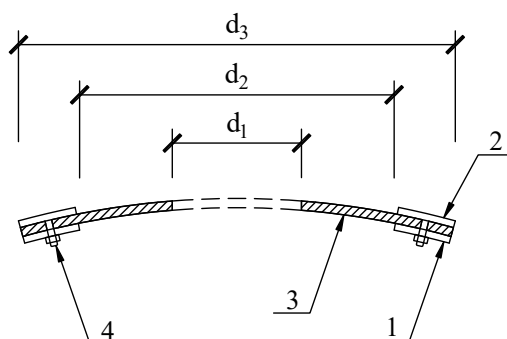


图7 圆弧形止水器横断面图

图中尺寸：泥水平衡式工法中 d_1 =顶管机外径-(100~150) mm，地箭式工法中先导体、诱导管顶进时， d_1 =先导体或诱导管的外径-(6~10) mm，管节顶进时 d_1 =顶管机外径-(100~150) mm； d_2 =顶管机外径+(100~120) mm； d_3 =顶管机外径+(300~350) mm。

6 管道和管材接口

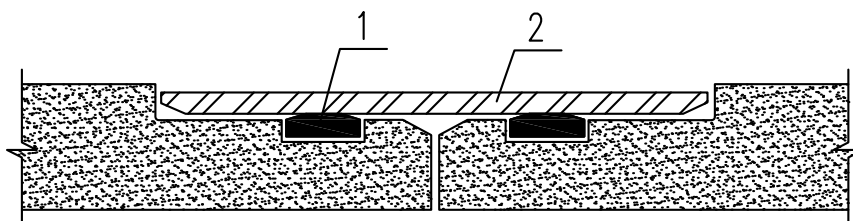
6.1 管材的选用

6.1.5 常规顶管工程中使用的管节长度在 2m~6m，其中公称直径 1600mm~2400mm 的直线顶管管节长度一般不小于 2.5m。在微型顶管法中，公称直径 300mm~1500mm 的顶管优先选用 1m 长管节，公称直径 1600mm~2400mm 的顶管选用 2m 长管节，以此适应在尺寸更小的顶管井内施工操作。

6.2 玻璃纤维增强塑料管

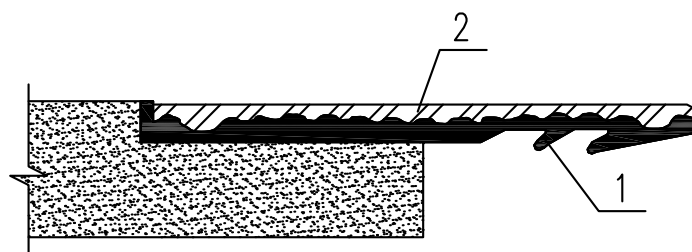
6.2.2 离心浇铸工艺、连续缠绕工艺和立式振动工艺自动化、机械化程度高，人为因素少，产品质量稳定可靠，宜采用这三种工艺进行制造。

6.2.4 双插口接头分无内水压接头（图 8）和有内水压接头（图 9）。应优先采用套管固定在一节上的接头。



1-橡胶密封圈；2-不锈钢或玻璃纤维增强塑料套筒

图 8 无内水压双插口接头



1-双唇橡胶密封圈；2-不锈钢或玻璃纤维增强塑料套筒

图 9 有内水压双插口接头

6.2.6 承插式玻璃纤维增强塑料管接头的承插口端面很难加工平整，故应在每个接头处都设木垫圈。

6.3 球墨铸铁管

6.3.2 球墨铸铁顶管外部的钢筋混凝土护套是为了满足顶管施工要求而设计的，即保证顶管管材外径通径一致，配筋的目的是防止混凝土开裂。因此，当顶管施工完成后，即使在外荷载的作用下导致钢筋混凝土保护层破坏，也不会影响到输水管道的功能性。

6.4 钢筋混凝土管

6.4.2 相较于采用常规顶管工法的中大直径顶管，微型顶管法单段顶进长度较短，顶力相对较小，因此混凝土强度等级规定为不低于 C45，并且要满足允许顶力验算的要求。

6.4.3 经过工程验证，双道橡胶圈的 F 型钢承插接头形式具有密封可靠的特点，在管道埋深较深或承受内水压时推荐使用。

6.6 木垫圈

6.6.1 木垫圈应具有一定弹性，避免管节端头应力集中。

6.6.4 木垫圈不应突出接头槽口，以免影响后续接头嵌缝施工。

7 钢制沉井施工

7.2 下沉施工

7.2.1 摇管法目前能施工的钢制沉井公称直径为 2090mm~5090mm。摇管法钢制沉井施工工艺流程可按下图进行。

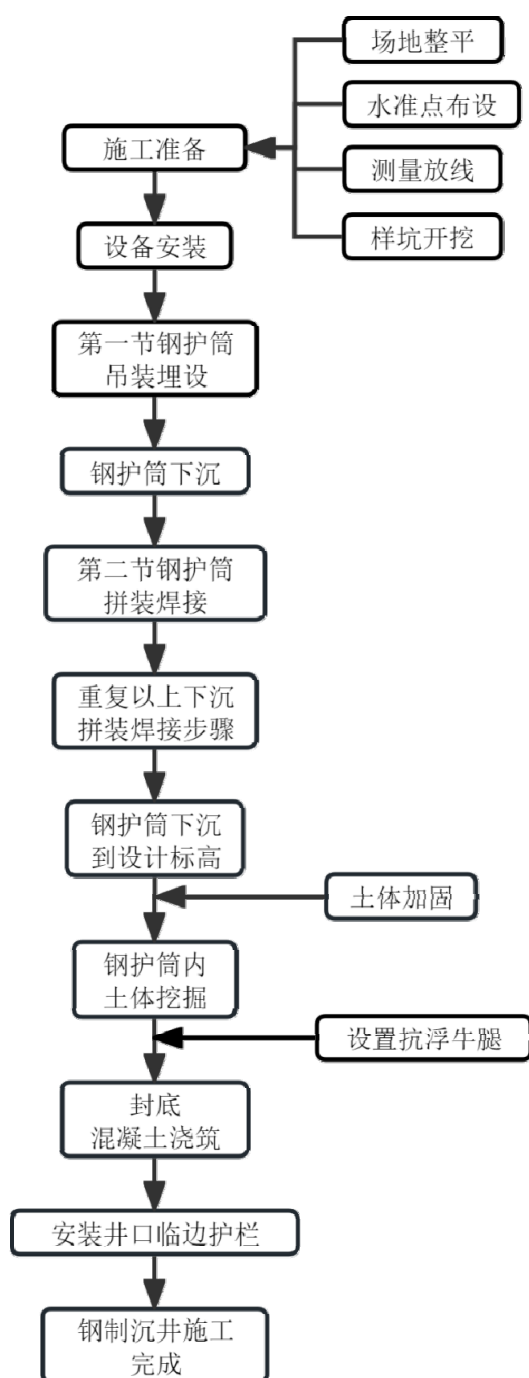
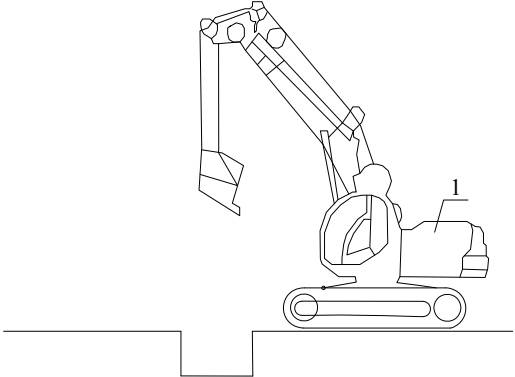
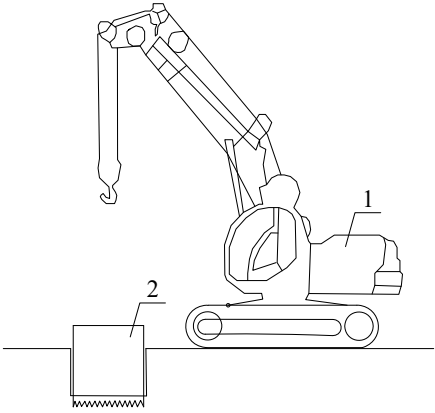
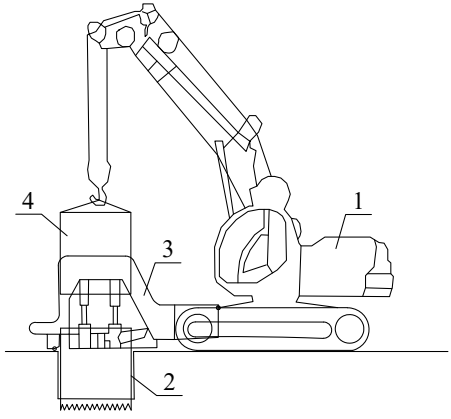


图 10 摇管法施工流程图

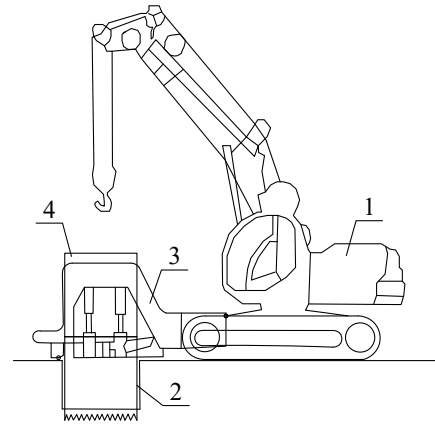
图 10 为摇管法施工建议工艺流程，可根据实际施工状况进行调整。当钢护筒较深或穿越的部分土层摩阻力较大时，钢护筒难以一次性下沉到设计标高，需边摇管下沉边开挖钢护筒内土体，但应确保开挖过程中钢护筒内留土高度不低于设计的最终开挖深度。

摇管法钢制沉井施工流程示例如表 4 所示，表中：1-挖掘机，2-首节钢护筒，3-竖井摇管机，4-后续钢护筒，5-进出洞加固，6-坑底加固，7-加固设备，8-抓斗，9-渣土车，10-混凝土料罐车，11-导管，12-封底混凝土。

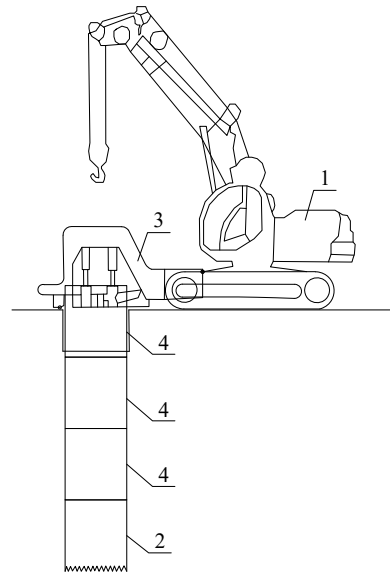
表 4 摇管法钢制沉井施工流程示例

1、施工准备：施工场地平整，水准点 布设、测量放线，样坑开挖。	
2、第一节钢护筒吊装埋设。	
3、摇管机设备就位安装，第二节钢护筒 拼装焊接。	

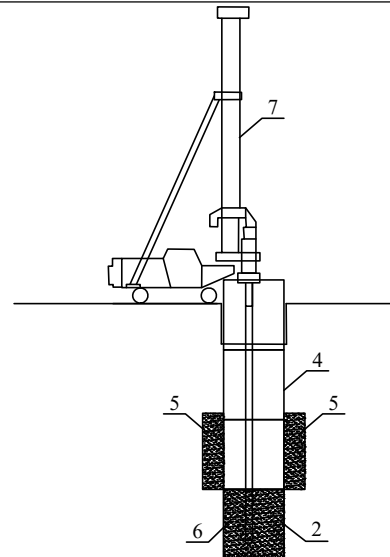
4、钢护筒摇管下沉。

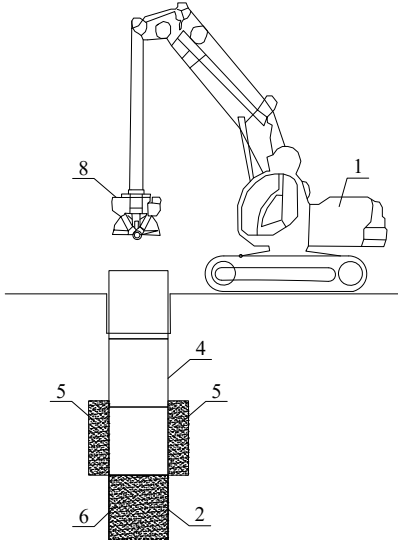
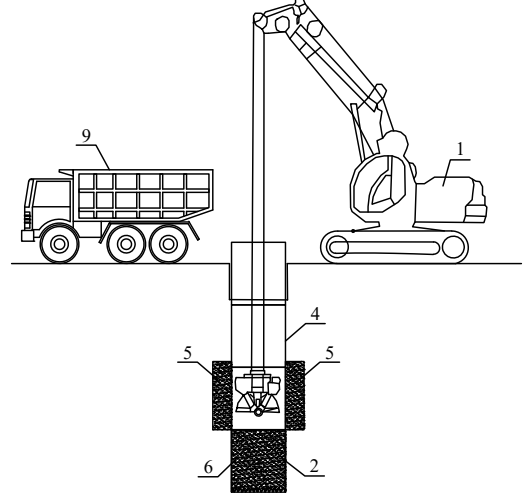
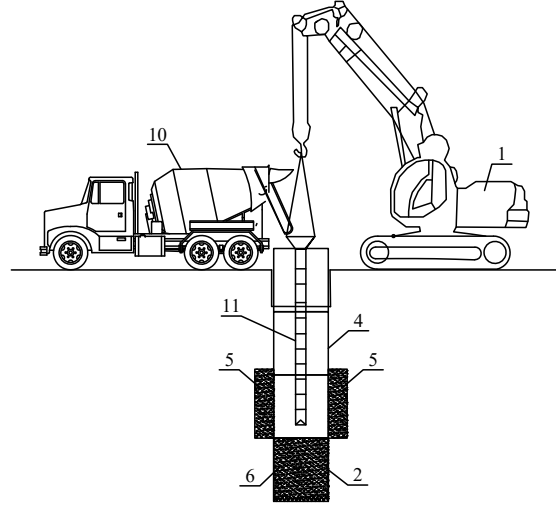


5、重复以上钢护筒拼装焊接及下沉工序，直至钢护筒下沉到设计标高。

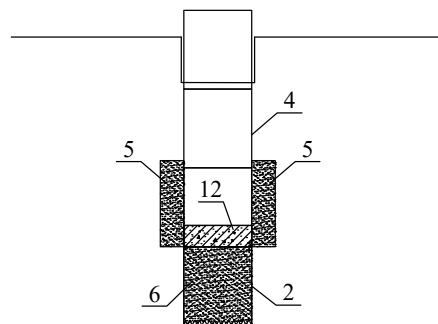


6、土体加固：穿墙孔外土体及坑底加固。



7、挖机等设备进场，准备土方开挖。	
8、钢护筒内土体开挖及运输处置。	
9、浇筑封底混凝土。	

10、钢制沉井施工完成。



7.2.6 水下封底时，水下混凝土应提高强度等级进行浇筑，强度等级提高可按现行上海市工程建设规范《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 的相关规定。

当地下水位高于封底混凝土底面，封底完成后停止降水时，地下水会逐渐恢复并形成垂直向上的压力，如图 11 所示。

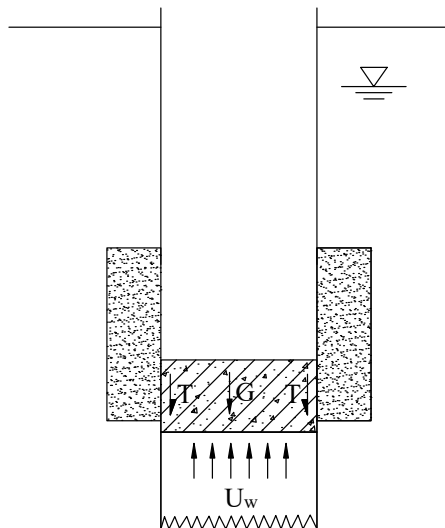


图 11 封底抗浮计算示意图

图中，G-封底混凝土自重，T-封底混凝土与钢制沉井内壁的粘结力， U_w -封底混凝土底面的水压力。当 $(G+T)/U_w \geq 1.05$ 时，封底混凝土与钢制沉井内壁的粘结强度满足抗浮稳定要求；否则，应在钢制沉井内壁与封底混凝土粘结范围安装或焊接抗剪连接件。此外，当地下水浮力作用下，钢制沉井整体抗浮不足时，可采取钢制沉井顶部压重、外周土体加固等措施。

8 顶管施工

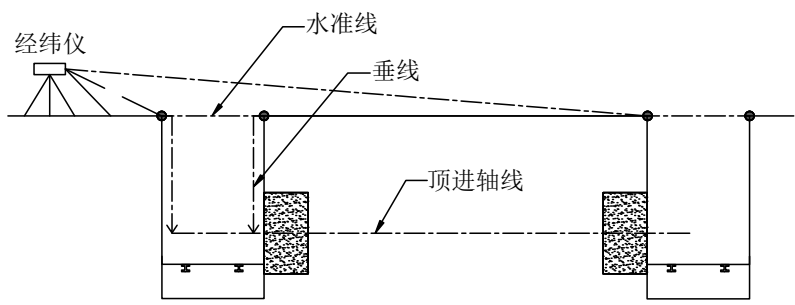
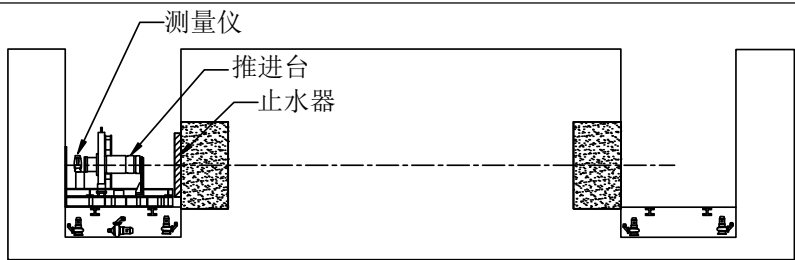
8.1 一般规定

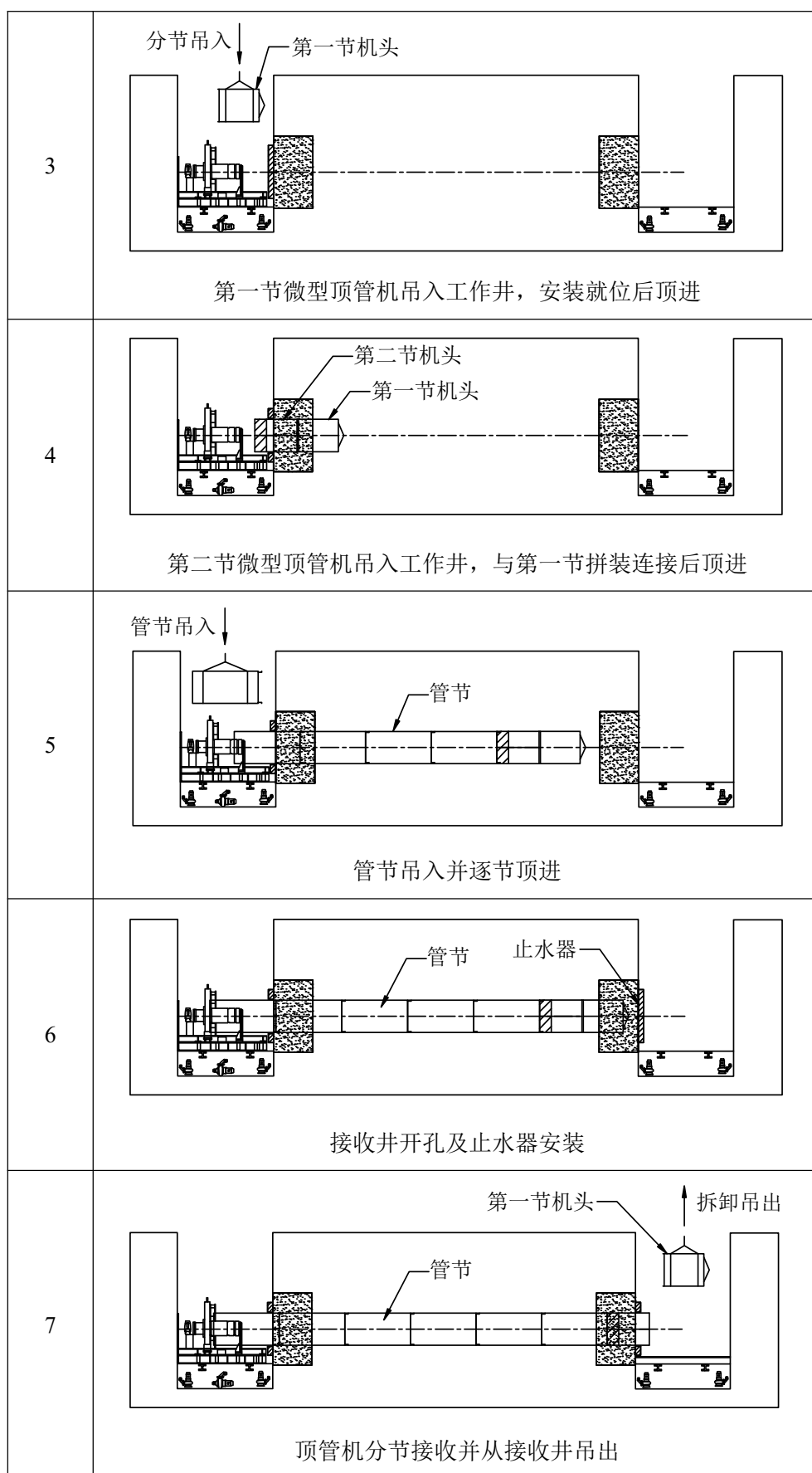
8.1.8 微型顶管法施工宜采用直线顶进，单段最大顶距不宜超过 200m。对于公称直径大于 1200mm 的管道，微型顶管法仅在顶管机构造要求、顶管井尺寸及井内布置等方面进行了新的规定，而其顶进施工工艺应按现行上海市工程建设规范《顶管工程施工规程》DG/TJ 08-2049 中常规顶距、直线顶管的相关规定执行。

8.2 工法选择

8.2.1 泥水平衡式顶管工法施工工序示例如表 5 所示，改良地箭式顶管工法施工工序示例如表 6 所示，标准地箭式顶管工法施工工序示例如表 7 所示。

表 5 泥水平衡式工法示例

工序	工法示意图及施工内容
1	 测量放线
2	 顶管推进台及测量、导向仪器安装，工作井止水器安装



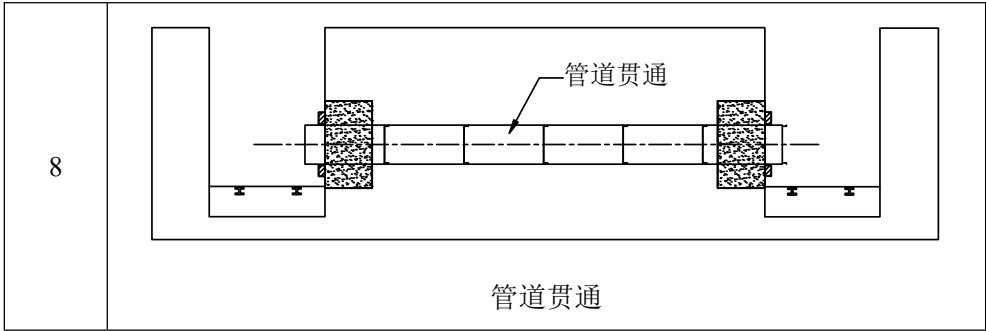
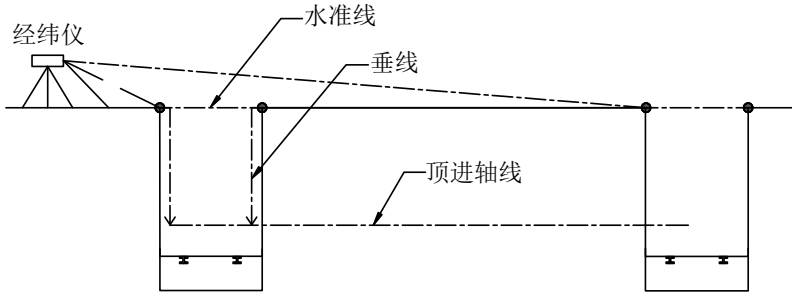
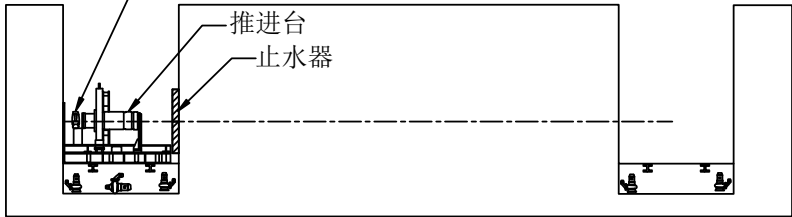
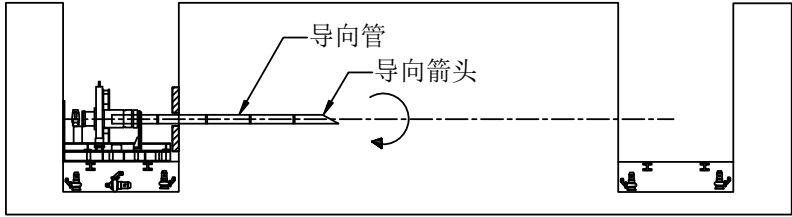
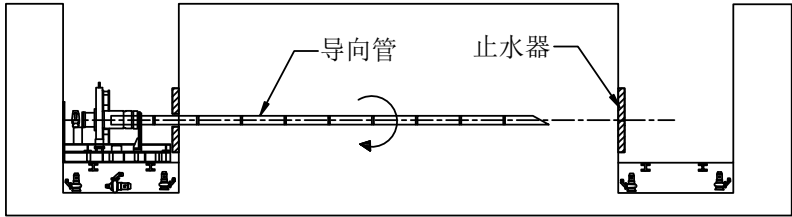
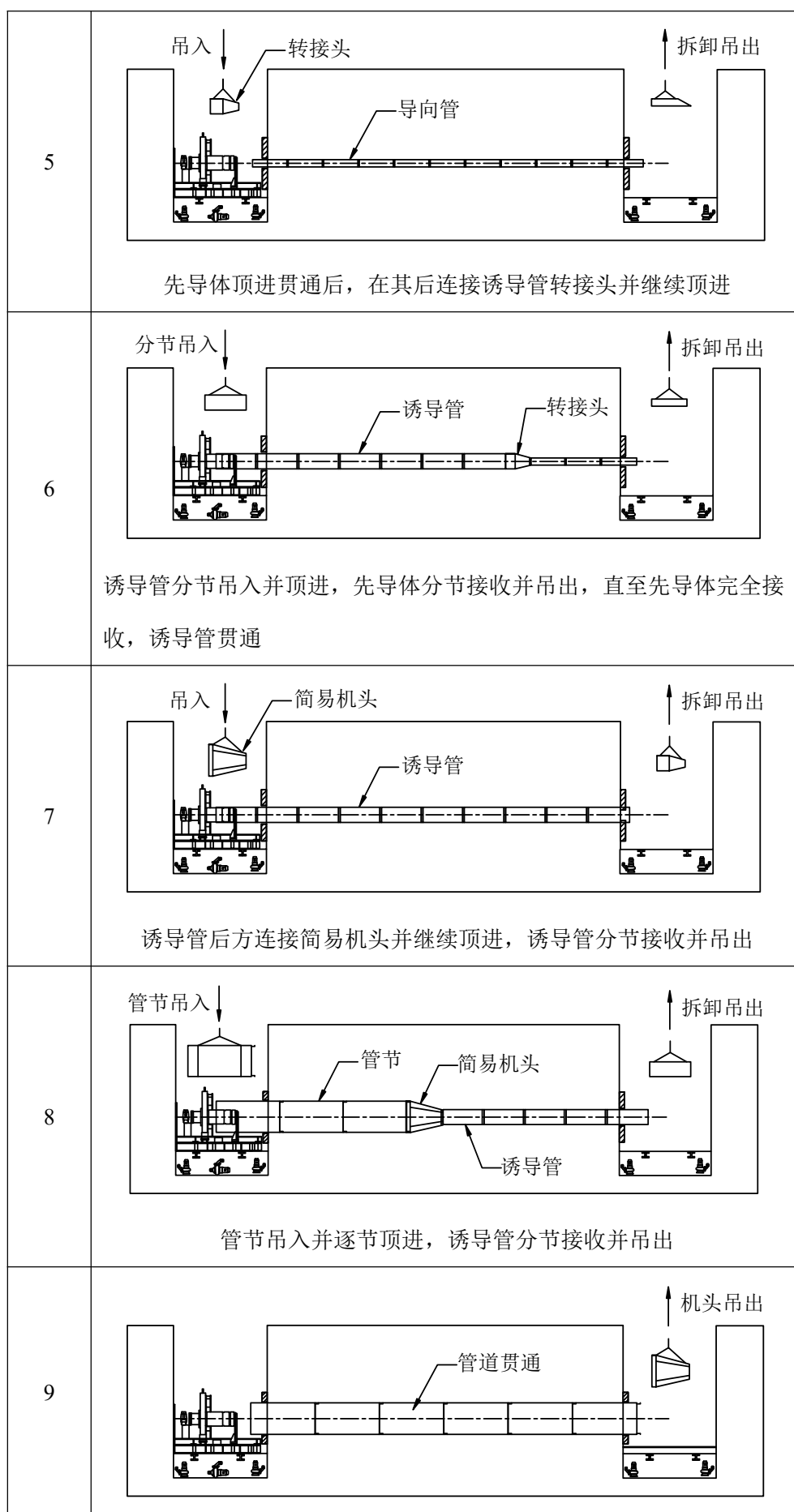


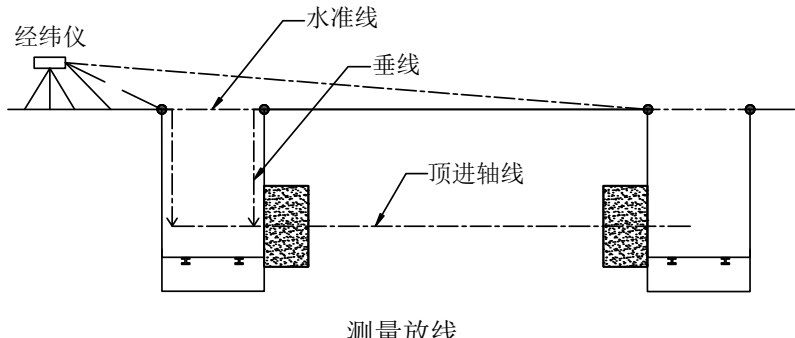
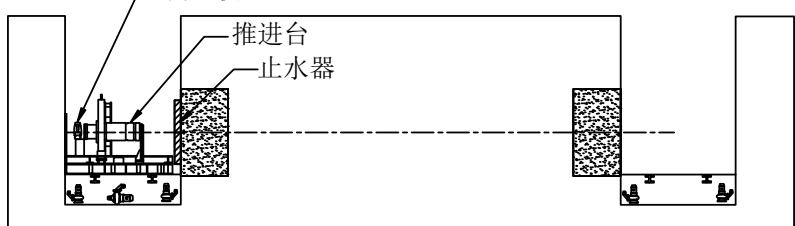
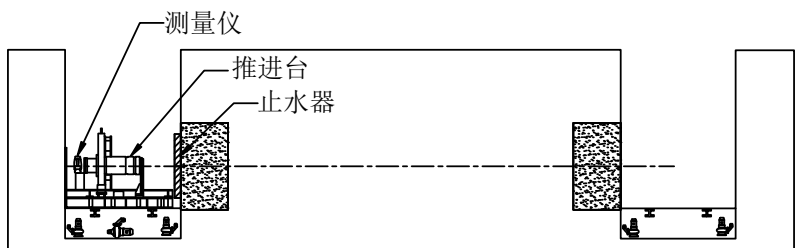
表 6 改良地箭式工法示例

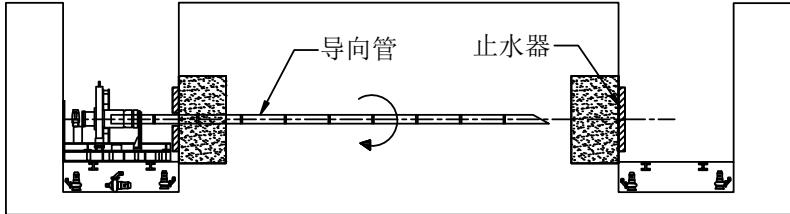
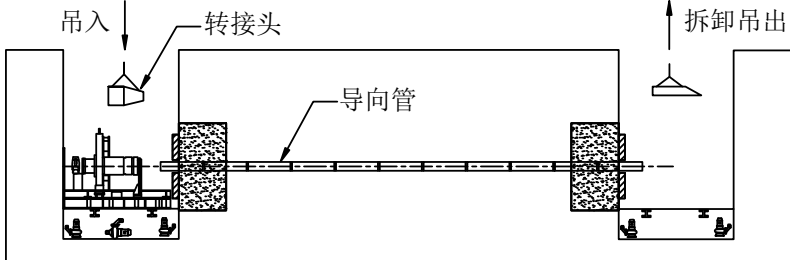
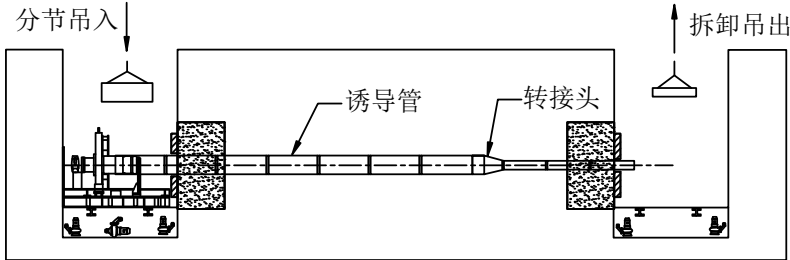
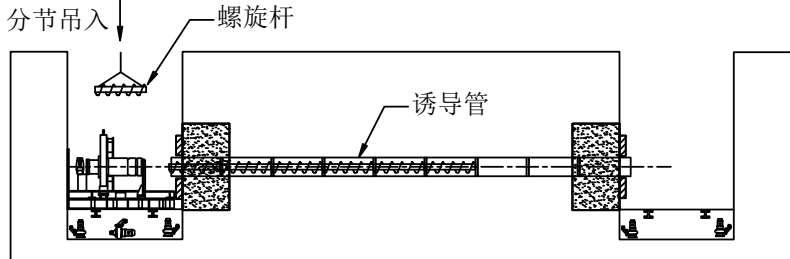
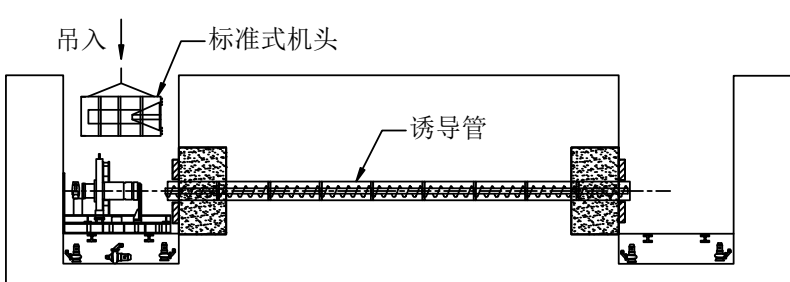
工序	工法示意图及施工内容
1	 测量放线
2	 顶管推进台及测量、导向仪器安装，工作井止水器安装
3	 先导体顶进，包括最前端的导向箭头和后续的导向管
4	 先导体顶进至接收井附近时，接收井开孔及止水器安装

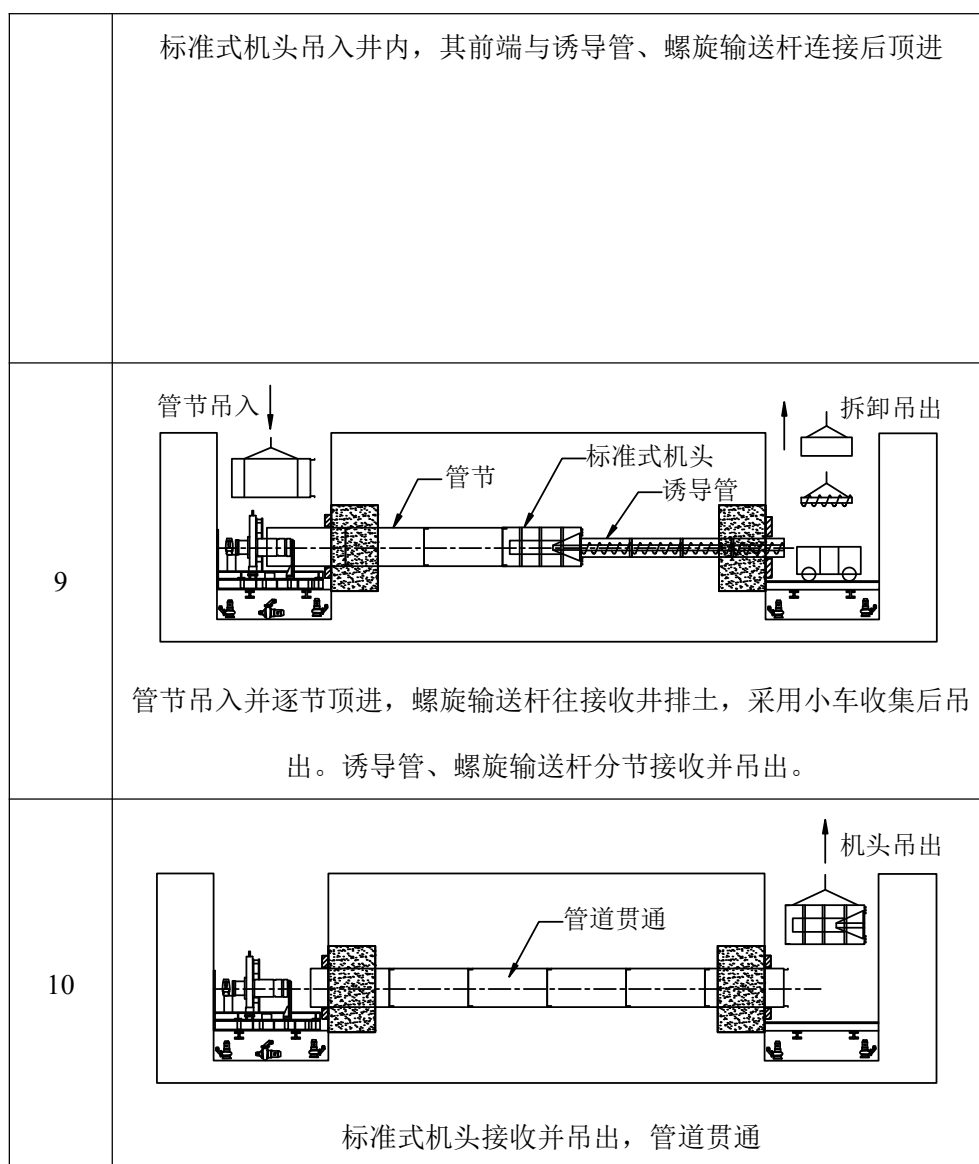


	简易机头接收并吊出，管道贯通
--	----------------

表 7 标准地箭式工法示例

工序	工法示意图及施工内容
1	 测量放线
2	 顶管推进台及测量、导向仪器安装，工作井止水器安装
3	 先导体顶进，包括最前端的导向箭头和后续的导向管

4	 先导体顶进至接收井附近时，接收井开孔及止水器安装
5	 先导体顶进贯通后，在其后连接诱导管转接头并继续顶进
6	 诱导管分节吊入并顶进，先导体分节接收并吊出，直至先导体完全接收，诱导管贯通
7	 螺旋输送杆分节吊入并在诱导管内顶进，直至贯通
8	



各项管工法的地质条件适用性可按表 8 选定。

表 8 顶管工法选用

土质 分类	地质条件		顶管工法		
	N 值	地下水	改良地箭式	标准地箭式	泥水平衡式
粘 粉 性 性 土 土	$N < 2$	—	△	×	○
	$2 \leq N < 8$	—	○	×	○
	$8 \leq N < 15$	—	○	○	○
	$15 \leq N$	—	×	○	○
砂 土	$N < 10$	—	○	○	○
	$10 \leq N < 30$	无	○	○	○
	$10 \leq N < 30$	有	△	△	○
	$30 \leq N$	—	×	×	○

注：1 ○：适用；×：不适用；△：根据顶进长度、挖掘面水压、渗透系数、土质颗粒成分，并结合工程经验综合确定能否适用。

2 N——标准贯入锤击数，根据岩土工程勘察报告取值。

8.2.2 改良地箭式工法顶管为挤土施工，当管顶覆土厚度小时，易引起管道上拱、地表变形过大。

8.2.3 当利用既有井作为顶管接收井时，单段顶进长度不宜大于 40 米。顶管管节允许顶力应能满足单段顶进距离的要求。

8.2.4 微型顶管法采用的泥水平衡式顶管机通常为两分节形式，第一节安装就位并顶进一段距离后，再安装第二节并继续顶进。也有采用三分节形式的顶管机。

8.3 顶力估算

施工实践表明，影响顶力的主要因素是土的性质、管道材质、管道静止时间间隔和施工技术水平高低。在同样的土层中顶管，施工者水平不同，顶力相差很大。因此任何公式所得的顶力，不可能适用于所有施工者，这里的计算只能称“估算”。

8.3.1 诱导管顶进施工时应采取注浆减阻措施，诱导管平均摩阻力及迎面阻力系数根据施工经验总结，同时参考日本下水道管渠推进技术协会有关资料，施工单位采用此计算式计算的结果可作为参考。

8.3.2 管道顶进所需的总顶力标准值计算中，顶管机的迎面阻力及管壁摩阻力随不同工法变化系数取值根据施工经验总结而来，施工单位采用此公式计算时，宜结合自身施工水平及经验合理选择变化系数。

8.3.3 管道传力面允许最大顶力计算式为理论计算，生产管节的厂家不同及制造工艺不同会有所差别，施工前应生产厂家联系再次确认。

8.4 定线测量

8.4.2 地面控制点的选点和测量应符合精密导线和三等水准测量的相关要求，首级精度平面控制点不应少于 3 个，高程控制点不应少于 2 个，以便相互校核，使定向具有最有利的图形，保证地面控制网的精度。

地面平面控制网应附合在首级精密导线点上，通视良好，并使定向具有最有利的地位。地面控制点的选点和测量应符合精密导线和二等水准测量的相关要求。

应用 2 个首级平面控制点作为平面贯通的依据,用 1 个高程控制点作为高程贯通的依据。

8.4.3 联系测量应包括地面导线测量、地面水准测量、定向测量和高程传递测量。

1) 定向测量宜采用下列方法:

①全站仪直接传递定向;

采用全站仪直接传递定向时,全站仪传递采用I级全站仪且传递倾角不应大于 30°;

②联系三角形定向;

采用联系三角形定向时,联系三角形的图形应符合相关要求;

③铅垂仪投点定向。

采用铅垂仪投点定向时,铅垂仪的投点精度应得到保证。

2) 高程传递宜采用下列方法:

①工作井为斜井或通道时可采用水准测量的方法传递高程;水准测量应达到四等水准测量的精度;

②工作井为竖井时可采用水准仪配合吊钢尺的方法传递高程;水准仪配合吊钢尺,每次应独立观测三测回,每测回均应变动仪器高度,三测回测得井上和井下水准点的高差应小于 3mm;

③工作井为竖井、斜井或通道均可采用三角高程测量方法传递高程;三角高程测量,应达到四等水准测量的精度。

8.4.4 固定观测墩比较稳定,易于观测,有利于提高导线的测量精度。

8.5 设备安装

8.5.2 反力板应与顶管管道轴线垂直,以免产生偏心受压,使顶力损失和发生质量、安全事故。反力板与钢制沉井内壁之间存在缝隙时,可填塞条形钢板或浇筑细石混凝土确保密贴。

8.5.3 微型顶管法采用的整体式推进台由顶推装置、顶环、导轨、反力板及液压控制装置等组合而成,如图 12 所示,顶推装置、导轨、反力板等的相对位置关系固定,复核、调整其中某个构件的位置时,需注意与其他构件的位置联动关系,使各构件的位置整体达到满足施工要求的最优状态。

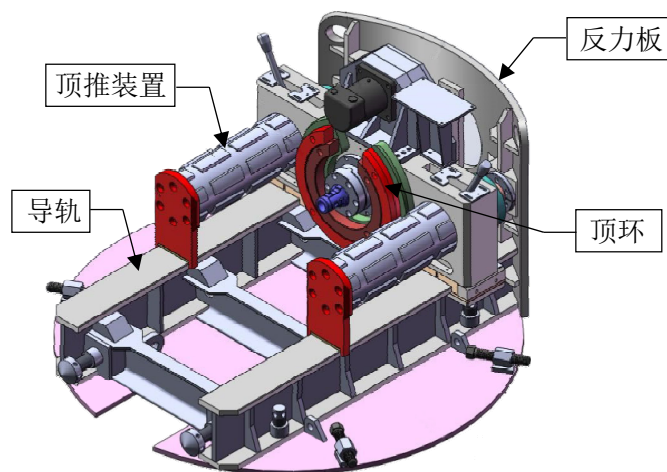


图 12 推进台示例

8.5.4 管道发生偏转或转弯，主要是源于管节之间的木垫圈的不均匀压缩变形，而木垫圈产生不均匀压缩变形来自管道轴压力合力的偏心。例如，顶力合力低于中轴线时，由顶力合力产生的管道接头处压应力分布为下部大于上部，使得管道接头木垫圈的下部压缩变形大于上部，管道会产生偏转趋势。故在直线顶进时，应尽量使顶力合力和管道中轴线重合。

8.6 先导体顶进

8.6.5 先导体与推进台连接、顶进示例如图 13 所示，导向箭头内激光靶观测示例如图 14 所示。先导体顶进遇到异常情况时，应立即停止顶进查明原因，问题解决后方可继续施工。异常情况包括：障碍物、顶力突变，扭矩突变、激光靶心模糊或丢失等。

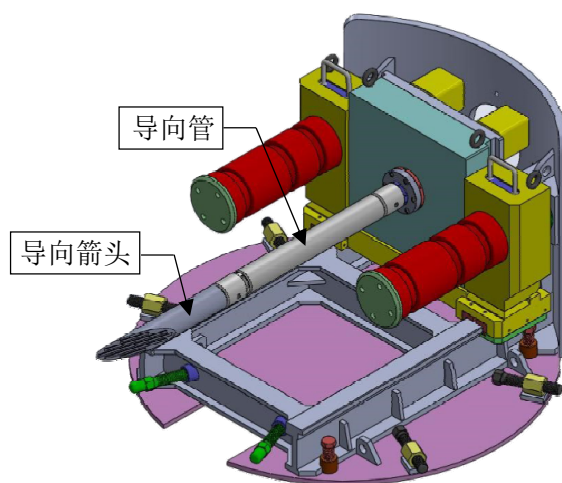


图 13 先导体与推进台连接推进示例

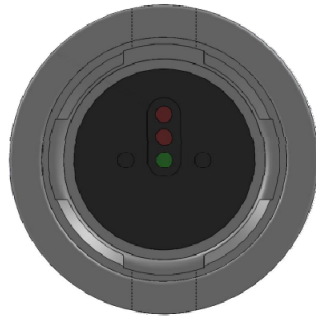


图 14 激光靶观测示例

8.7 诱导管顶进

8.7.1 导向管顶进贯通后，其尾部通过锥形扩孔转接头连接诱导管，如图 15 所示。

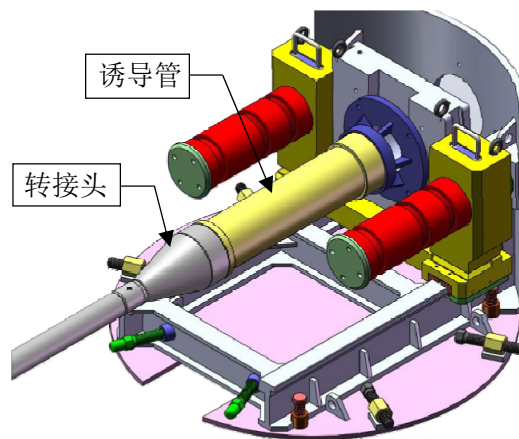


图 15 诱导管连接推进示例

8.8 螺旋输送杆安装

8.8.1 标准地箭式工法中，诱导管顶进贯通后，螺旋输送杆逐节对接并在诱导管内部顶进直至贯通，如图 16 所示。

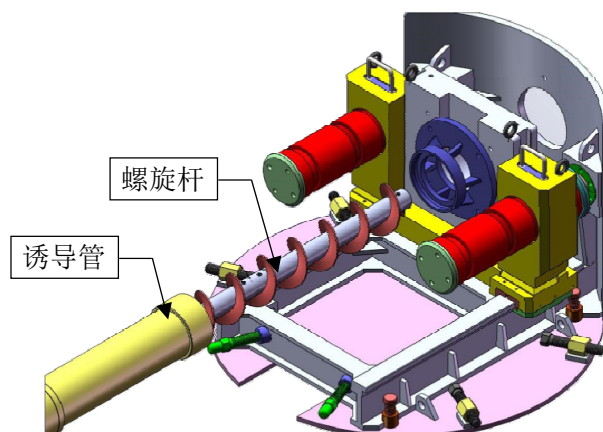


图 16 螺旋输送杆安装示例

8.8.2 螺旋输送杆、诱导管分别与顶管机头部连接，如图 17 所示，刀盘切削的渣土从开挖面进入顶管机土仓，机头旋转带动螺旋输送杆旋转，把渣土排至接收井。

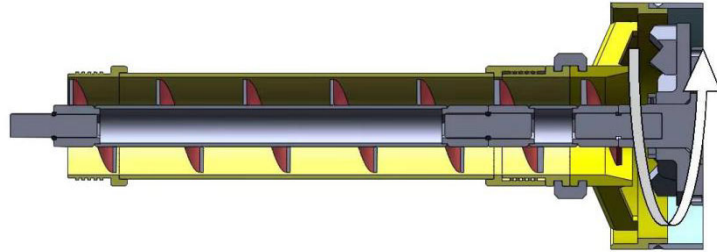


图 17 螺旋输送杆与机头连接示例

8.9 管节顶进

8.9.1 改良地箭式工法管节初始顶进如图 18 所示，标准地箭式工法管节初始顶进如图 19 所示。

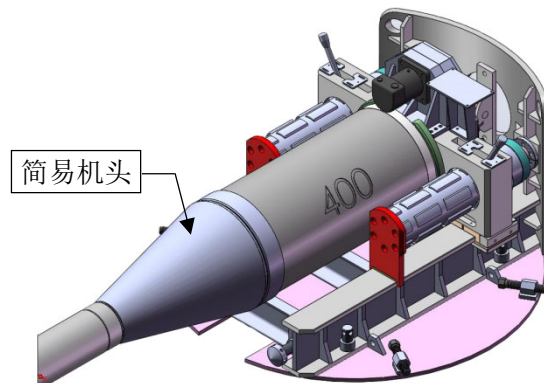


图 18 改良地箭式工法管节初始顶进示例

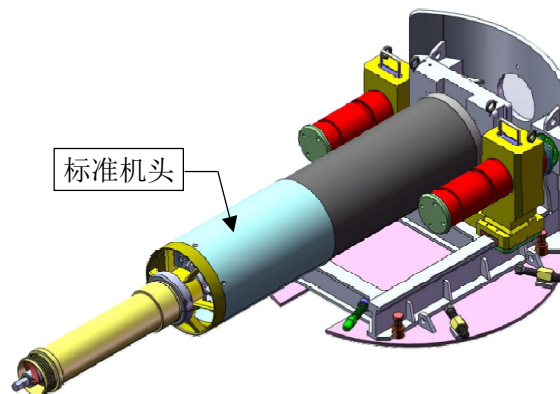


图 19 标准地箭式工法管节初始顶进示例

8.9.3 大量顶管施工经验证明：起顶质量决定了整段顶管的质量。始自起顶时的

误差，即使不是完全不能纠正，校正起来也很费力，代价也高，因此起顶对于整段顶管的质量具有决定性的作用。合理的顶进速度要根据地质条件、管材、顶管工法等综合确定。

临时封门拆除或止水器开孔后，应迅速顶进。顶管工程中发生穿墙时孔外土体坍方、涌入井内事故，主要原因之一是拆除临时封门或止水器开孔到顶管机开始顶进的间隔时间过长。从实际工程案例来看，只要穿墙迅速，顶管机尽快向土体挤压，在大多数情况下是可以避免塌方的。

出洞前应减慢顶进速度，出洞多发的事故是顶管机正面阻力太大，造成接收井孔口临时封门或止水器被顶开，产生涌土、坍方和流砂事故。解决办法是减慢顶进速度，减少顶管机的正面阻力，使顶管机平稳地进入墙洞。

8.9.4 施工经验表明，停止顶推后，管道周边土体会“抱紧”管道，停止顶推的时间越长，重新推动的困难越大，因此应尽量缩短故障处理时间。

8.10 注浆减阻

8.10.1 公称直径小于 800mm 的顶管一般不在管道上设注浆孔，减阻触变泥浆通过顶管机注入。公称直径 800mm~2400mm 的顶管，应同时在顶管机及管道上设置注浆孔，施工完成后人员进入管道进行注浆管拆除及注浆孔封堵。地箭式工法中，诱导管顶进施工时，也应采取注浆减阻的措施。

8.10.3 触变泥浆配制主要材料为：膨润土、 Na_2CO_3 、CMC 和水，配合比应按照管道周围土层的类别、膨润土的性质和触变泥浆的技术指标确定。顶进施工前做配比试验，可充分掌握所用泥浆材料的相关性能，以便找出适合于施工的最佳泥浆配合比。

8.10.5 施工过程中应根据减阻和地面变形的实际监测数据及时调整注浆压力。地箭式工法顶管不能进行二次注浆，施工过程中应根据顶力和地面变形的实际监测数据，根据需要增加同步注浆量。

8.13 供电

8.13.1 泥水平衡式工法顶管机采用电力驱动，地箭式工法顶管机采用液压驱动。除此之外，顶管施工中的用电还包括通风、照明、注浆、排水排泥等。

9 质量标准

9.2.2 球墨铸铁管节内径、外径尺寸来源于现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的规定。外径允许偏差来源于现行行业标准《非开挖铺设用球墨铸铁管》YB/T 4564 的规定。

9.2.3 钢筋混凝土管节几何尺寸的允许偏差来源于现行国家标准《混凝土与钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 的规定。

9.2.4 钢筋混凝土管端面倾斜的允许偏差来源于现行国家标准《混凝土与钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 的规定。