多种市政管道敷设方式初探

罗磊
湖南省交通规划勘察设计院有限公司

摘　要：随着我国城市化率的提高，城市建设用地不断增加，各种市政管道不断建设，管道长度迅速增长。由于管道敷设区域的社会、自然情况不一，由此发展出多种管道敷设工艺，如放坡明挖、撑板支护开挖、钢板桩支护开挖、定向钻（拉管）、顶管、微型顶管等敷设方式。结合现场实践，从占地、专业要求、造价、工期4个角度对市政管道的放坡明挖、撑板支护开挖、钢板桩支护开挖、定向钻（拉管）、顶管、微型顶管这6种管道敷设方式进行分析对比，供同类型项目进行参考。

关键词：管道敷设；地质条件；开挖敷设；非开挖敷设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.047

一、我国排水管网的建设情况

根据国家统计局公布的《中国统计年鉴》（2022年版）统计数据，我国城镇人口比例由1949年的10.64%，增长到2021年的64.72%。同时，城市管道长度增长迅猛，从1990年的5.8万公里，到2021年的87.2万公里，增长了14倍，侧面反映出我国近30年来的经济的高速发展和城市化率的快速提高。

管网沟槽施工

二、不同的管道敷设方式优缺点分析

（一）放坡明挖

根据《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）规定，当沟槽所处位置地质状况良好、土质均匀、地下水位位于沟槽底面以下，且开挖深度在5m以内，沟槽若不设支撑，则其边坡最陡坡度应符合下表规定。

土的类别	边坡坡度（高：宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的沙土	1：1.00	1：1.25	1：1.50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1：0.75	1：1.00	1：1.25
硬塑的粉土	1：0.67	1：0.75	1：1.00
中密的碎石类土（充填物为黏性土）	1：0.50	1：0.67	1：0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1：0.33	1：0.50	1：0.67
老黄土	1：0.10	1：0.25	1：0.33
软土（经井点降水后）	1：1.25	-	-

放坡开挖的方法较为简单，容易实施，且利于管道连接和敷设的质量把控，作业面大，管道施工质量较好，当土质较好，在条件允许时应尽量采用。

但由于排水管大部分敷设在城区等建筑密集区，放坡开挖存在占地面积大，容易对周边房屋和路灯、其余管线等建构筑物造成影响等缺陷。管槽开挖宽度一般按下式计算。

$B=D_0+2（b_1+b_2+b_3）$，单位为mm

式中B：管道沟槽底部的开挖宽度；

D_0：管外径；

B_1：管道一侧的工作面宽度，按规范要求选取，管径500mm时，取300mm；

B_2：有支撑时，支撑厚度可取150～200mm；

B_3：管基为浇筑混凝土时，管渠一侧的模板厚度。

以埋深3m，管径DN500的柔性接口管为例，管槽底部开挖宽度按上式计算为1440mm，按1：0.75放坡，管槽顶宽1440+2250*2=5940mm，再加上两侧各1m左右的围挡宽度，需占地7.94m，这还是不考虑坡顶堆土的情况下，需要开挖的管槽宽度。

显然，这在很多情况下，是较难实现的，尤其是在县城和乡镇区域，其实用性不强。

另外，由于管槽较大，回填材料较多，一般管顶500mm以下，都采用砂砾、中粗砂等材料分层回填，导致造价比原土回填高很多。

（二）撑板支护开挖

通常采用木撑板支撑开挖，适用于槽深3m以内的管道明挖敷设，可有效减小开挖面，增加施工安全性。

木撑板构件一般应满足如下规定：

（1）厚度不宜小于50mm，长度不宜小于4m；

（2）宜采用正方形截面横梁或纵梁，其截面尺寸不宜小于150mm*150mm；

（3）宜采用圆形截面的横撑，其直径不低于100mm；

在安装撑板时，必须确保横梁、纵梁和横撑的布局符合以下要求；

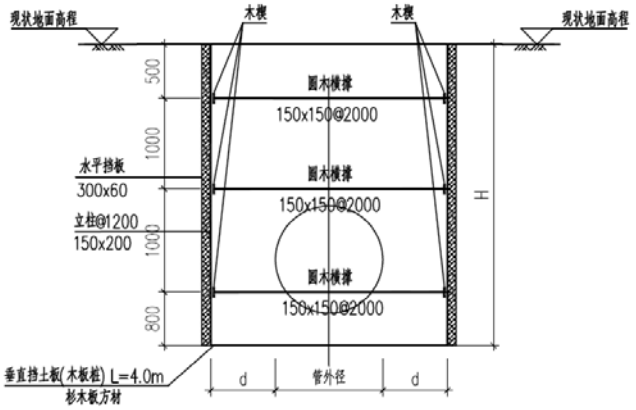
（1）纵横梁的横向支撑不得少于2根；

（2）横撑的水平间距宜为1.5～2.0m；

（3）横撑的垂直间距不宜大于1.5m；

（4）当存在横向支撑影响管道下管槽的情况时，应设置其他有效的代替措施。

由此可见，撑板所用木材较多，在林木管理严格的地区，使用受到限制。一般适用于农村等林业资源丰富的地区，用于埋深较浅的管道沟槽开挖。同时，由于横撑在一定程度上影响了管道下槽，会在一定程度上影响施工效率。



撑板支护示意

（三）钢板桩支护开挖

钢板桩由于刚度大，质地坚硬，支撑效果好且可以先打桩支护，再行开挖沟槽，因此占地较小，适用范围较广。近年来使用较多，使用效果良好。根据《钢板桩》（JG/T196-2018）的规定，钢板桩分为冷弯钢板桩和热轧钢板桩两类，前者有U型（拉森式）、Z型、帽型3种，后者有U型（拉森式）、Z型、直线型和H型4种，分别适用于不同的工况。

根据不同的地质条件，钢板桩的沉桩方式有振动沉桩、锤击沉桩、静压沉桩3种方式。

振动沉桩主要适用于硬度较大的土质，如黏性土、粉土、砂土和素填土等，当需打桩部位存在硬塑和坚硬的黏性土，或标贯击数大于30的砂土、砾石时，可采用辅助措施，如预引孔或高压射水等。振动沉桩宜选用高频率、免共振的振动锤，其适用于振动敏感场地、低噪声环境、临近重要建（构）筑物和地下管线的场地，以及其他对振动和噪声有限制的区域。

锤击沉桩适用于硬度更大的土质，如黏性土、粉土、砂土和素填土等。当需打桩部位存在硬塑和坚硬的黏性土，或标贯击数大于40的砂土或砾石、松软到中等松软的岩层，可采用辅助措施，如预引孔、高压射水等。该法在对噪声、振动影响敏感的区域，其使用受到限制。

静压沉桩相比前2种沉桩方式，其振动较小，对周边环境的噪声污染较小。当打桩位置存在硬度较低的软土、黏性土、粉土、松散砂土和素填土时，使用较为方便。对于标贯击数大于25的砂土、砾石，可采用辅助措施，如预引孔、高压射水等。如下场地宜采用静压沉桩法实施：

（1）紧邻建构筑物或地下管线；

（2）铁路、地铁周边；

（3）海上、河道内；

（4）抢险救灾场所；

（5）其他对振动和噪声影响敏感的场地。

拆除钢板桩应符合下列规定：

（1）在管槽回填达到一定高度后，才能拔除；

（2）钢板桩拔除后应及时回填桩孔；

（3）在回填桩孔时，应该采取措施确保填充密实，如使用沙子回填。在非湿陷性黄土地区，可以使用冲水来帮助回填密实；

为减小钢板桩施工对临近房屋造成影响，靠近房屋侧的钢板桩宜采用静压静拔的施工工艺。

（四）定向钻（拉管）

当管道需要在靠近房屋的区域敷设，施工作业面较小，或开挖会造成较大社会影响时，如地质条件满足，可采用定向钻施工方法。施工前需做如下准备工作：

（1）应当仔细研究管道所穿越的地层的地质特征、地下障碍物的分布状况、种类以及其在空间上的分布范围；

（2）制定切实可行的施工组织方案，加强全过程管控，确保施工安全；

（3）为了确保定向钻施工的顺利进行，应选择具有良好抗拉性能的柔性管材，并且其材质和性能必须符合国家相关标准。在实际操作中，通常会使用专门设计的管材，以抵消管道回拖过程中产生的总应力和回拖力；

（4）由于定向钻施工技术性强，一般需由专业队伍进行施工。

定向钻施工方法属于非开挖施工工艺，不可避免地在较大程度上受到地质条件的影响。有经验的队伍在实施过程中会根据地质条件，调整其施工机具、进度等，在不考虑其他因素时，一般按下表判定定向钻施工的适应性关系。在穿越不稳定的卵石层或其他地层时，应采取多种措施，如安装套管、进行地质改良、开挖等，以确保管线的安全性和可靠性。

水平定向钻和地层条件的适应性关系（摘自《水平定向钻法管道穿越工程技术规程》）

适用：拥有丰富施工经验的施工方应当选择合适的施工机具，以便更加轻松地完成穿越工程；可行但有难度：应当对传统的钻进技术和施工设备进行优化，以提高效率；困难极大：不宜采用水平定向穿越。

在进行拉管施工之前，必须保证管顶有适量的土层覆盖，以保证其质量。例如，在进入城市河道的情况下，需要考虑到水的冲击、避免漏浆、清理淤泥以及避免抛锚的需要，并且覆盖的厚度必须大于3m。在进入其他交通干线或者建设项目的情况下，需要遵守所在行业

地层条件	适用	可行但有难度	困难极大
软至极软黏土、淤泥和有机堆积物		√	
中硬-硬质黏土和淤泥	√		
硬黏土和强风化泥页岩	√		
非常松散至松散砂层（砾石含量＜30%重量比）		√	
中-致密砂层（砾石含量＜30%重量比）	√		
松散-密实砂砾石层（30%＜砾石含量＜50%重量比）		√	
松散-密实砂砾石层（50%＜砾石含量＜85%重量比）			√
松散-密实卵砾石层			√
含有大量孤石、漂石或障碍物地层			√
风化岩层或强胶结地层	√		
弱风化-未风化地层		√	

的技术指南，并且在没有其他特别要求的情况下，也必须遵守相关的技术指南。

如果没有采取有效的措施来处理覆土层，那么最低的覆土厚度应该超过管道管件的5～6倍。在受到严格控制的沉降区域，管道与孔壁之间的空隙应该使用水泥砂浆来填补。

（五）顶管

当需要敷设的管道较深，或管道所处地质条件较差时，可采用顶管施工方法，但其造价较高。顶管与定向钻（拉管）同属于管道非开挖施工工艺，与拉管的区别在于，拉管一般适用于管径小于600mm的小管径管道，顶管一般用于管径大于800mm的大管径管道施工。顶管管材一般选用钢承头钢筋混凝土管。

在不稳定的土壤条件下，管顶覆盖层的厚度应该超过管道的直径的1.5倍，并且至少要超过1.5m。当穿过江河水底时，覆盖层的最低厚度不能低于直径的1.5倍，也不能低于2.5m。当顶管穿越水域和地下水丰富的地区时，管顶的覆盖层厚度尚应考虑水的浮力因素，据此进行抗浮设计。

顶管一般有工作井和接收井，当顶管距离较长时，为避免顶力过大破坏管道，一般应增加中继间。顶管的施工方式分为人工顶管和机械顶管2种，人工顶管由于危险性较大，除了在一些经济紧张的地区使用外，现在已经不推荐使用；机械泥水平衡顶管法由于安全性较高，目前使用越来越多，已经成为主流方式。

顶管施工和拉管施工有相似之处，但是由于可能导致管顶地面沉降，因此，在顶管完成后，应当采取水泥砂浆加固技术来减少沉降。

（六）微型顶管

微型顶管是近年来新兴的一种非开挖施工方式，也叫地箭式工法。由于在微型顶管一端省掉了放置拉管管段的空间，其更适用于空间狭窄区域的非开挖施工。其工作井可以小至直径2.5m，接收井小至直径1.5m，极大地缩小了占地面积，扩大了可使用范围。

由于城市发展迅速、车流量增长很快，微型顶管市场占有率迅速增长。

三、结论

通过对放坡明挖、撑板支护开挖、钢板桩支护开挖、定向钻（拉管）、顶管、微型顶管这6种管道敷设方式的对比，总结如下。

敷设方式	占地	专业要求	适用地质范围	工期	造价
放坡明挖	最大	一般情况下最低	中密沙土、碎石土、硬塑黏土、粉土、老黄土等	一般	一般情况下最低
撑板支护开挖	大	低	可明挖土质、软土等	一般	低
钢板桩支护开挖	大	中等	可明挖土质、软土等	慢	高
定向钻（拉管）	小	高	除淤泥、岩层、卵石层等不易成孔地质外的土层	较快	高
顶管	小	高	淤泥以外的土层	慢	高
微型顶管	最小	高	淤泥以外的土层一般适用	较快	最高

参考文献

[1]王守立.非开挖拉管技术在市政排水施工中的应用[J].中国给水排水，2009，25（04）：102-104.

[2]给水排水管道工程施工及验收规范：GB 50268-2008[S].

[3]水平定向钻法管道穿越工程技术规程：CECS 382：2014[S].

[4]给水排水工程顶管技术规程：CECS 246：2008[S].

[5]钢板桩：JG/T 196-2018[S].

[6]钢板桩支护技术规程：T/CECS 720-2020[S].