

# 供水管道工程中顶管施工技术研究

贾雷阳

中铁七局集团广州工程有限公司 广东广州 510700

**【摘要】**在供水管道工程中，顶管施工是一种重要的施工方法，顶管施工的质量对整个工程的质量起着至关重要的作用。本文研究了供水管道工程的顶管施工工艺，即按照受力的大小来决定顶管的构造，然后进行工作井的开挖和支护，在井筒中安装顶管设备，实施顶进施工操作。实践证明，采用该方法后，各测点的地面沉降均在最大容许沉降范围内，没有出现明显的地面沉降，满足了有关规范的规定，施工效果良好。

**【关键词】**供水管道工程；顶管施工；设备安装；地表沉降

## 引言

采用顶管施工工艺，可以使管道穿越地面建筑物，公路，铁路，地下管道等。所以，这项技术的运用，可以减轻对交通的影响，保护地上建筑，缩短工期，节省资金和管理费用，还可以大大降低扬尘对周围城市的环境造成的损害，同时也可以减少施工时的噪声对周边居民的生活造成的影响。顶管施工对地质情况、所用材料、施工工艺等都有很高的要求。介绍了供水管道工程的顶管施工工艺。

## 1 工程概况

珠江三角洲水资源配置工程东莞市配套供水项目（沙溪分水口至五点梅水库群连通管工程） K4+666.882~K11+015.004 设置顶管，总长 6348.120米，中铁七局集团广州工程有限公司施工范围K4+666.882~K7+700.834（1-11#）顶管井间的顶管工程，长度3033.952米。顶管段采用Q355C 钢管，管径为3000mm，壁厚 32mm，单节长 6m；顶管井布设共布置十一个，其中一个接收井，十个工作井。顶管井采用沉井和地下连续墙+内衬墙施工方式，井身采用圆形设计。

## 2 顶管施工技术设计

供水管道顶管施工主要包括三个部分，即工作井的施工、设备的安装和管道的顶升。工作井的形式是按照受力的大小来决定的。根据设计的给水管管径，在设计管道上开凿工作井，再在工作井中安装千斤顶和顶管等设备，通过顶管的方法把管道铺设到设计地点，下面就这三个部分来详细地介绍一下具体的施工工艺。

### 2.1 工作井施工

在进行顶管施工之前，要调查工程场地的土壤物性、地

质结构，掌握其分布规律。在做好前期工作的基础上，将顶管施工区段分为两个工作井，各工作井的尺寸和尺寸大致相同，工作井的型式按土层的受力状况而定。工作井一般有矩形、圆形和正方形三种型式，在供水管道工程的施工中，圆形的工作井可以很好地满足其受力的需要。计算公式如下。

$$V = \pi r^2 h + (\pi d^2)/4t$$

其中，V表示混凝土体积， $\pi$ 表示圆周率（约为3.14），r表示井壁的半径，h表示井壁的高度，d表示井底的直径，t表示井底的厚度。

在使用这个公式进行计算时，首先需要测量井壁的直径和高度，以及井底的直径和厚度。然后，将这些参数代入公式中进行计算，就可以得到圆形井混凝土的体积。在实际的工程中，为了提高计算的准确性，还需要考虑一些其他因素。例如，由于混凝土的浇筑和固化过程中会有一些的损耗，因此在计算混凝土体积时需要考虑这一点，通常会在计算结果上增加一定的浪损率。工作井的建设是一项重要的工程，一般来说，工作井的浇筑周期在10-30天不等，具体周期还应该根据实际情况进行调整。每一口工作井的流水时间为10天。工作井采取分层开挖的方法，一般为6-8米，每2米一层，第一层由人工挖出，从二层起由机器挖出，工作井坡度为1:2。为避免浅层地下水对工作井顶管施工产生不利的影响，在施工区周围布置了一条截水沟、一条排水沟，把周围的水引至施工区域之外。在4米深的基础上，对基坑进行了支护，以避免基坑发生塌陷，采用了钢筋混凝土、钢筋为 $\Phi 14$ ，混凝土为C40，支护方式为支护桩。采用OHYF-4F7A型钻机，在深基坑中钻孔，将配制好的

水泥浆灌入钻孔中，支护桩长度为4.5-5.5米，直径为700-800mm，采用支护桩对施工井进行支护，达到加固效果。

## 2.2 设备安装

施工结束后，将提升装置、支架、千斤顶等顶进设备安装到井内。将后部安装在工作井后壁，后部的作用是为千斤顶提供较强的支撑力，因此，在进行顶管施工时，需要有较高的背部强度和刚度，并且长度、宽度要满足实际需要。若施工区的覆盖层的承载力相对较高，大于100kN时，可不设后坡；若土质较松，应设置后墙。后墙以钢筋混凝土为主，长2600-2800毫米，宽2400-2600毫米，厚500-700毫米，后墙采用Φ14钢筋固定。为满足千斤顶的顶进要求，给它提供较强的支撑力，将长2.5米、宽3.5米、高35mm的顶铁置于背部和千斤顶间，在顶铁后面装上千斤顶，按顶进施工要求，使用500t千斤顶，在千斤顶后方安装管路。在全部设备安装完成后，要检查每一台设备的性能，以保证每一台机器都能正常工作。

## 2.3 管道顶进

顶管施工工艺要求钢管防腐性能好，使用直径300-4000mm的高强度钢筋混凝土管或铸铁管。顶管施工可分为人工挖管法和机掘顶管两种，经过比较后，决定采用机械顶管。具体施工示意图如图1所示。

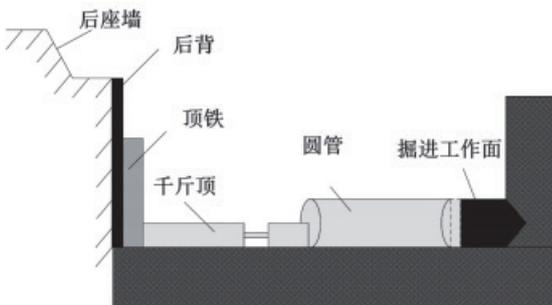


图1: 顶进施工示意图

从图1中可以看出，按照“先挖先顶，随挖随顶”的原则来进行管道顶进，为保证管道顶进作业的高效和安全，必须依据现场的具体条件来决定千斤顶的顶力。其计算公式为：

(2)

其中， $V$ 为千斤顶顶管机顶力(N)， $F$ 是以毫米为单位的顶管外直径， $q$ 是以m为单位的导管的顶入长度，代表以Pa为单位的管道外壁对土壤的平均摩擦； $C$ 是以Pa为单位的平衡控制的土壤压力。上述计算结果为理论顶向力，实际顶

向力应大于 $V$ 的1%，其偏差不得大于0.1%。为避免顶管施工中发生涌水，在顶管施工之前，应采用2:2:3的水泥、石灰和粘土配制的浆液进行注浆止水。在顶进过程中，应对管道的倾斜情况进行实时监控，若偏差超过允许范围，可采用辅助工具加以修正。本项目拟通过注浆减阻的方式实现井下顶进，通过向顶管四周灌注膨润土泥浆，并向水泥砂浆中添加35.16g/m<sup>3</sup>的膨润土添加剂，通过注浆泵向管外喷射配制好的膨润土泥浆，以达到润滑的目的。这样就可以减少管内壁的摩擦，保证了管道的快速顶管。每节顶进结束后，要检查节的质量，合格后，再按上面的程序进行下一节的顶进，直到全部的节都安装好。

## 3 管技术施工要点

### 3.1 顶管出洞

顶管出管是指顶管前端带着首节钢管，由工作井打破前壁洞口，进入土层，进入地下，正式顶管前的一道工序。

当井内外的准备工作都做完了以后，就可以把头件放在井内导轨上，然后调整好方向，进行顶管出井。在工作壁的前方墙上设置了一个预留孔，该孔是为了避免外部的水和水通过预留孔和机筒的间隙流到工作井中，而在预留孔和管路之间设置了一道密封装置。

### 3.2 破墙出洞

当机头的前部进到孔口的密封环中，就可以破墙而出，工作井的预留洞口是用砖块砌体暂时封闭的，在顶之前，用镐头先把里面的一部分堵住，再把机头向前推，利用机头前端的优势破除外层的墙壁，随后进行顶管正常推进。

当工作井周边有大量地下水时，可通过在出水点附近的土层中进行注浆加固，以阻止外界的水渗入工作井。

### 3.3 出洞操作

此外，顶管出洞还对操作人员提出了更高的要求，因为在施工过程中，工作井的施工和出洞的封闭门的拆除，都会对洞外的土产生一定的干扰，从而导致顶头出洞时的前方阻力和周边的摩阻力都比较低。而且，顶头出洞的主顶管千斤顶顶压力很大，所以，只要有一点供油不匀，各个千斤顶之间的行程不一致，就足够让顶头和第一节管偏离设计轴线。在这种情况下，受干扰的土壤很难在机头上形成很大的反作用力，而且很难对机头进行引导和限制，因此，在这种情况下，所引起的误差很难校正，甚至无法纠正。所以，在出洞顶入过程中，必须非常谨慎，对机头、首节管的位置进行实时的检测与监测，以确保首节管的位

置。在出洞及初顶过程中，首段及其后段管应采用螺纹连接，尤其是在软弱地层及有较弱约束引导条件下，顶管施工难度较大。首次顶出首段油管后，接下来的几段油管的顶入仍然需要认真进行，并加大检测和控制力度。

顶管机下面两边各有一个止退栓，当顶管机出洞时，要将其插进止退栓，以避免前面的压力把顶管机顶回去。

### 3.4 管道顶进

当顶管施工完毕后，就可以进行常规顶管施工。机头的顶进和泥浆的排泥数量是同时进行的，并且铲入的土和泥浆的体积要差不多。如果有太多的土从机头向下切入，将不可避免地增大顶压力，顶压力的增大又会对土壤产生扰动，从而造成地面上抬或下沉。由于顶管施工过程中存在着大量的土渣，容易引起开挖面塌陷，因此顶管施工中应注意“顶进”与“取土”的“同步”。顶管施工时，必须使顶管的接触面受力、顶进、顶出三者处于一种动态的平衡，这样，顶管施工对地表的冲击最小，顶管的施工质量也是最优的。而要实现这一目标，首要解决的问题就是地下水渗透对土体稳定性的损害。

顶管施工中经常会碰到地下水，若采取开放式顶进方式，地下水将从机头前端渗入，势必会导致大量的水、土流失，严重时还会导致机头前土的塌陷，从而危及顶管施工人员的安全。本项目拟采用泥水平衡法顶管施工，可有效防止地下水渗透破坏，但需关注过量的地下水将稀释泥浆的浓度，降低泥浆对开挖面的平衡压力，引起开挖面不稳定，此时需对其进行补浆，确保泥浆浓度为1.20-1.25。

泥浆池中的泥浆是否能够维持要求的压力，从而保证开挖面的稳定性，是泥浆平衡技术能否安全、顺利地进的关键。要做到这一点，就需要时刻了解仓内的泥浆压力，用膜片式压力表读出，如果压力太低，就可以测量出泥浆的密度、密度，然后加大注泥，保证泥仓内的泥浆压力不会降低。

### 3.5 出土与顶进

泥水平衡法是利用顶进机前端的刀盘，将开挖面内的泥土切割、破碎，混入泥浆仓内的泥浆，然后用泥砂泵将其排至工作井上方的泥沙沉淀池，在此过程中，泥沙沉淀、泥浆分离，将其运往指定的弃土场。

在顶进过程中，采用边开挖边顶进、压注、排泥、排泥全过程协同工作的原则。在一般条件下，用于排泥、排泥的管路阀门，应在同一时间打开，并在同一时间关闭。

在施工中，若遇上了比较厚的砂砾层或者是大型的空腔，导致了大量的泥浆损失，此时，泥舱内的压力消失了，开挖面就会发生不稳定坍塌，此时需要迅速地补充泥浆，可以暂停抽水，但要不断地压注泥浆。在此过程中，管线顶进，当槽内泥压恢复正常后，开启排泥管阀，恢复正常开挖、顶进。

将排入沉降池的泥沙进行沉降，分选后的泥浆返回压注泥浆的泥槽，然后用泥浆泵送入顶管泥浆槽，进行循环利用，若泥浆密度及密度不足，可加入粘土，必要时可加入膨润土。

### 3.6 管道纠偏

管节出膛后，其轴向方位和位姿是否正确，对后续管节顶进有重要影响。实现了管节在设计上的顶进。对此，应重视并及时调整钻具调整千斤顶，保证钻具在轴心位置。

在管线的顶进施工中，主要是靠顶管机头来进行纠偏。管线的顶升应严格按照施工规范进行，并进行顶头测量。当观测到的误差很大或者有增加的趋势时，就需要进行修正和修正。

边纠边校正，要缓慢地进行，让管道在计算的范围内逐渐恢复到设计轴线，严格禁止强行纠正。

### 结语

在供水管道建设中，顶管施工具有不可替代的重要地位。目前，该技术已在供水管道施工中得到了广泛的应用，具有环保、经济、环保等优点。通过本项目的研究，对供水管道的顶管施工工艺进行了探讨，以期能较好地解决顶管施工中的地面沉降，并对顶管施工工艺进行了优化，为市政工程的施工提供了技术支持。

### 参考文献：

- [1] 黄福想. 非开挖顶管技术在供水管道施工中的应用[J]. 石油化工建设, 2023, 45 (1): 135-137.
- [2] 杨洁标. 顶管技术在水利工程施工中的应用研究[J]. 新疆有色金属, 2023, 46 (2): 102-103.
- [3] 张自彦. 顶管技术在城市供水管网施工中的应用分析[J]. 砖瓦世界, 2021 (16): 78, 81.
- [4] 刘惠娟. 顶管法施工技术在供水工程中的应用[J]. 甘肃水利水电技术, 2019, 55 (7): 59-62.
- [5] 刘伯一. 顶管技术在城市供水管网施工中的运用[J]. 房地产导刊, 2019 (11): 49, 26.