

# 大口径顶管出洞技术措施

郑州市市政工程总公司  
罗付军 吴纪东 陈华岭

1998 年 12 月份，郑州市市政工程总公司承接了郑州市污水处理厂厂外 5100 米 D2600 大口径顶管工程。我们采用 DK 式 D2600 土压平衡顶管掘进机进行顶管施工。

经一年多的顶管实践发现，顶管出洞工作对大口径顶管施工的成败非常关键。顶管出洞措施完善，掘进机能从工作井安全出洞，就能保证顶管顺利进行，如 1# 工作井—1# 接收井等多数顶段，出洞措施采取的好，顶管很顺利的完成；反之就有可能造成顶管顶进过程中出现故障，如 9# 工作井—10# 接收井顶段，由于出洞时放线误差，造成顶管顶进时曲线顶进，顶力增大。又如：16# 工作井—17# 接收井顶段，由于后座墙附加层不稳，造成主顶油缸损坏，重新做后座墙附加层，造成费时费工。因此，顶管出洞是顶管施工的关键工序，必须采取切实可行的措施，以保出洞成功。

顶管出洞，是指在工作井安放就位的掘进机和第一节管从井中破封门进入土中的阶段。笔者认为，顶管出洞关键应做好以下几个方面的工作：管线放线、后座墙附加层制做、导轨铺设、洞口止水和穿墙等几个方面的工作。

## 一 管线放线

顶管管线放线是保证顶管轴线正确的关键。放线准确就能保证顶管机按设计要求顺利进洞，满足施工质量要求；反之，就可能造成顶管轴线偏差，影响工程进度和工程质量，同时也会造成顶进时设备损坏，使顶管停顿。

顶管管线放线，就是将工作井出洞口和接收井进洞口的坐标正确引入工作井内，指导顶管顶进的方向和距离。

从理论上讲，工作井和接收井的坐标和标高在沉井下沉时都已明确，通过计算很容易确定。然而由于沉井下沉时的误差，这样从理论上计算放出的线就不一定符合。目前，顶管管线放线常常是根据工作井和接收井的实际位置，按设计要求，通过测量实际放出管线位置。具体如下：

管线标高的测量使用水准仪测得工作井和接收井洞底标高，按照设计坡度，计算每米标高，这里不在赘述。现仅就直线顶进时的水平角度和距离做一下介绍。

### 1、直线测量

这是目前顶管管线常用的放线技术。就是根据顶管工作井出洞口的中线和接收井进洞口的中线，用经纬仪在工作井后反复瞄准这两根中线直至重合，确定顶管管线，并将其引入工作井内。详见下图：

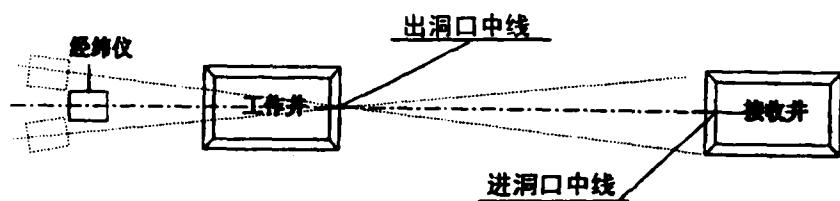


图 1

这种放线优点是视线比较直观，减少了放线过程中的计算量，方便操作。缺点是放线过程中需反复移动经纬仪，操作人员容易疲劳，放线容易产生误差。另外，在工作井和接收井之间如有障碍物，视线不能通视，放线就很困难。

## 2、三角放线

这种管线放线最适用于在工作井和接收井之间有障碍物不能透视的情况。即在工作井和接收井之间任意位置 O 点放置经纬仪，根据 OA、OB 和角度  $\angle AOB$ ，求得 C 点的位置和 AB 段的距离，在 C 点将管线放置工作井内。详见下图和公式：

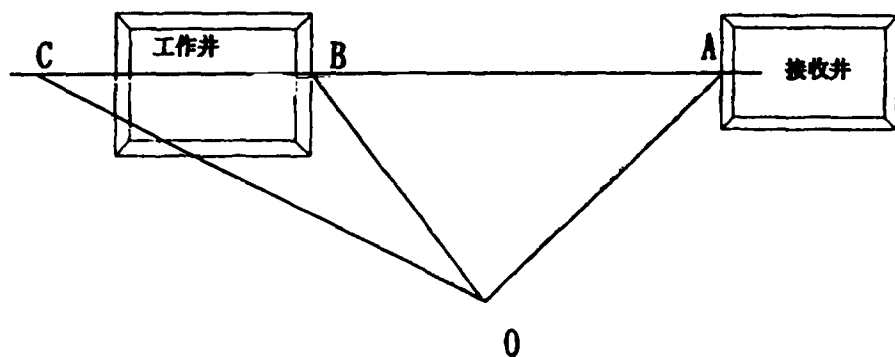


图 2

图中：

点 A——接收井进洞口中点；

点 B——工作井出洞口中点；

点 C——AB 延长线上一点（引桩），通常 C 点在工作井另一侧，距离（BC）为方便放线的假定位。

计算公式：

$$AB = (OA^2 + OB^2 - 2 \times OA \times OB \times \cos \angle AOB)^{1/2}$$

$$AC = AB + BC$$

$$\angle OAB = \arcsin (OB \times \sin \angle AOB / AB)$$

$$OC = (OA^2 + AC^2 - 2 \times OA \times AC \times \cos \angle OAB)^{1/2}$$

$$\angle AOC = \arcsin (AC \times \sin \angle OAB / OC)$$

为确保放线准确，O 点必须放置在 2 个位置进行校核，同时每次视角必须用经纬仪左右盘进行读数，消除误差。

3、当工作井和接收井的管线轴线测量完毕后，在工作井上用铅丝将管线轴线拉出来，

上吊两个线坠将管线轴线引至坑底，用以确定管线顶进轴线。

二 后座墙附加层制做

后座墙附加层制做是保证顶管正常顶进很关键的一项技术措施。对矩形工作井中直角出洞口的顶管，直接将工作井壁当后座墙可不必再做附加层，只靠井壁位置放置后靠背铁即可；而对矩形工作井中折线出洞口或圆形工作井的顶管，必须先浇注混凝土附加层与井壁共同受力作为后座墙。后座墙附加层与顶进轴线成直角，待其混凝土达到 75% 以上强度后方可进行顶管的顶进工作，否则就可能造成顶管过程中出现各种意想不到的事故，影响顶管顶进。这在 16 # 工作井—17 # 接收井顶段中就曾发生过，16 # 工作井为矩形工作井，顶进管线为带折角出洞，当时由于对后座墙附加层的重要性认识不足，采取措施不够妥当，致使在顶管过程中造成顶力过大，设备损坏，使顶管不得不中途停顿，重新浇注混凝土后座墙附加层及更换设备后，才继续顶进。

对于后座墙附加层的做法，根据我们的经验，建议采用以下方法。

- 1、后座墙附加层工作面必须与顶管管线垂直。
- 2、对有折角的管线，应尽量采用圆形工作井，后座墙附加层的宽度应满足主顶油缸发射架的要求，厚度根据工作井的直径和后靠背铁的宽度而定。
- 3、对有折角的管线，如采用方井时，后座墙附加层的厚度当工作井有加劲肋时，应保证最厚处 $\geq$ 工作井加劲肋的厚度，若无加劲肋时可根据使用要求确定；其宽度满足发射架的要求。如图 3：

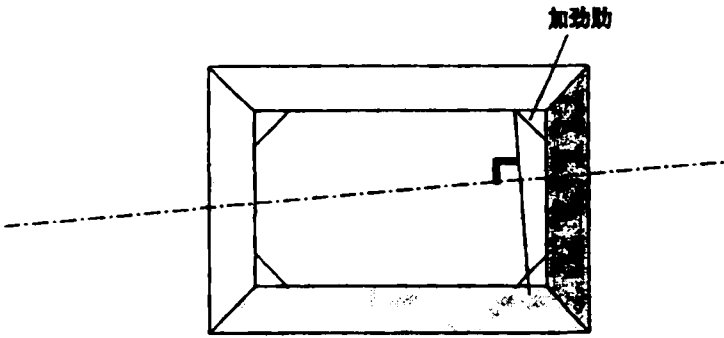


图 3

- 4、后座墙附加层做法尽量采用钢筋混凝土，标号 C20 以上，当后座墙附加层覆盖洞口时，应在洞口处用型钢加固。

后座墙附加层严禁采用方木，因木材具有弹性，顶管顶进时，主顶油缸反复作用会造成木材反复受力，形成疲劳破坏，影响顶进质量，同时也会造成顶进设备损坏。

三 导轨铺设

基坑导轨是安装在工作井内为管子出洞提供一个基准的设备。导轨要求具备坚固、挺直，管子压上去不变形等特性。由于 D2600 顶管重量重，每根管重达 13.98 吨，为此我们采用了复合型基坑导轨。

基坑导轨铺设应注意管线轴线、导轨标高和导轨支撑稳定性几个方面的问题。

1、管线轴线：根据管线轴线测量结果，铺设轨道时，将轨道中线与管线轴线重合。

2、管线标高：由于采用的是复合型轨道，因此铺设轨道时必须了解轨道的基本结构。

复合型轨道详见下图：

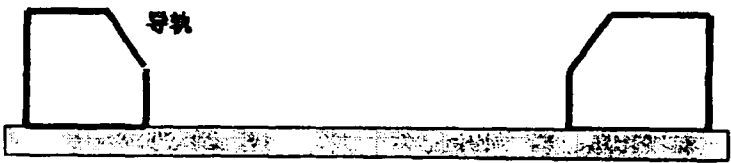


图 4

导轨倾斜面是与管子接触的。设计时，导轨上水平面与钢筋混凝土管内底标高在一个水平面，因此在铺设导轨时，根据设计测得的管内底标高以调整导轨标高即可。导轨与井底的间隙应用钢板垫牢或用混凝土浇筑，不宜用木板找平。

3、当导轨标高和轴线确定好后，即可进行导轨的支撑。由于导轨在顶管顶进时，不允许位移，因此支撑必须稳固，一般在导轨与工作井井壁间用多根型钢支撑，同时把型钢与导轨焊牢。

四 洞口止水

顶管工程中，为使管子能顺利从工作井内出洞，一般采取工作井预留洞口比管节外径略大些（一般为 100mm）的方式，顶进时此间隙需采取有效措施进行封闭，否则地下水和泥砂就会从该间隙流到工作井内，会造成洞口上部地表的塌陷，甚至会造成事故，殃及周围的建筑物和地下管线的安全。因此，顶管过程中洞口止水是一个不容忽视的环节，必须认真、仔细地做好此项工作。

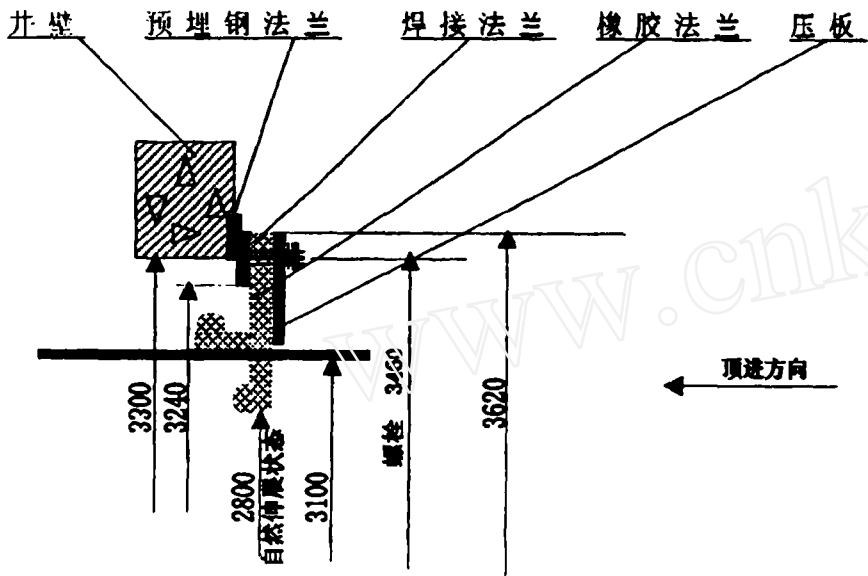


图 5

目前，我们采用的洞口止水方法是在沉井制做时，预先在洞口预埋一个 10mm 厚钢法兰，在钢法兰上焊接螺栓，安装 16mm 厚橡胶法兰，用 10mm 厚钢压板压紧，详见图 5。

在我们完成的顶管中，采用 16mm 的橡胶法兰止水，未发现地下水和泥砂流入工作井内，同时橡胶法兰和压板可以回收，效果很好。

对圆形工作井，需在出洞口处做一弓形的止水墙，以便将洞口止水装置安装在平面上。止水墙的混凝土标号同工作井混凝土标号，宽度满足法兰安装要求。

五 穿墙

从打开封门，将掘进机顶出工作井外，这一过程称为穿墙。穿墙是顶管施工中的一道重要工序，因为穿墙后掘进机方向的准确与否将会给以后管道的方向控制和井内管节的拼装工作带来影响。穿墙时，首先要防止井外的泥水大量涌入井内，严防塌方和流沙。其次要使管道不偏离轴线，顶进方向要准确。

1、防止井外泥水涌入井内的措施：为防止井外泥水涌入井内，在沉井下沉时首先应在洞口处砌挡土墙，同时在井壁外侧预埋钢板桩随同流井一起下沉（钢板桩吊钩应露出自然地面），见图 6。

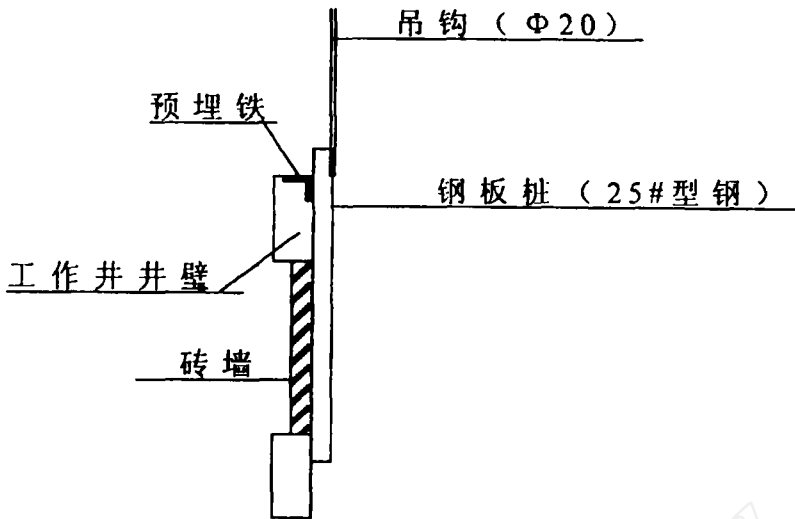


图 6

注意：当沉井下沉时，要注意防止沉井周围建筑垃圾（如：钢筋、碎砖石等）随沉井一同下沉，必须将其清理干净。否则当掘进机出洞时，钢筋等杂物将进入绞笼，损坏绞刀，致使顶管不能正常顶进。我们在 13# 工作井—12# 接收井顶段中，由于掘进机出洞碰上碎钢筋，导致绞刀损坏，修理绞刀时，顶管停顿，以后重新启动顶管顶过时，引起了一些其它的故障，处理起来时很麻烦。

2、若土质较软或有流沙，则必须在管子顶进方向距离工作井边一定范围，对整个主体进行改良或加固，视情况一般采用井点降水、注浆、旋喷桩、深层搅拌幕墙等措施，以提高这部分土体的强度，防止掘进机出洞时塌方。

3、当掘进机准备出洞时，应先破除砖封门并将杂物清理干净，将掘进机刃进工作井

井壁中，当止水橡胶法兰与掘进机充分结合后，拔除钢板桩。钢板桩拔除数量一定要与实际数量相符，否则将导致顶管掘进机的损坏，这在工程实际中也出现过这样的实例，这里不在赘述。

4、顶管出洞时，掘进机要调零。

5、要防止掘进机穿墙时下跌。下跌的原因一是穿墙初期，因入土较少，掘进机的自重仅由两点支承，其中一点是导轨，另一点是入土较浅的土体。这时作用于支撑面上的应力很可能超过允许承载力，使掘进机下跌；二是工作井下沉时扰动洞口土体且掘进机较重。为防止掘进机下跌，可采取土体加固、加延伸导轨、保留洞口下部预留缝隙的砖墙、顶力合力中心低于管中心（约  $R/5 \sim R/4$ ）或将前部管子（一般3节左右）同掘进机用连接件连接成整体，同时掘进机头亦可抬高一些。

6、防止掘进机和前几节管子后退。产生这种现象主要是因为掘进机的主顶面上主动土压力大于掘进机和管子的周边摩阻力和它们与导轨间摩阻力的总和。一般采取在主顶油缸回缩前，用螺旋出土机出部分土适当卸压，或在洞口两侧安装手拉葫芦拉住，或用木（钢）柱将管子顶住，使其不向后退。

由于顶管出洞是制约顶管顶进的关键工序，一旦顶管出洞技术措施采取不当，就有可能造成顶管在顶进过程中停顿。而顶管在顶进途中的停顿将会引起一系列不良后果（如：顶力增大、设备损坏等），严重影响顶管顶进的速度和质量，甚至造成顶管失败。为此，将我们在实际工作中的一点体会提出来，以供大家参考、斧正。

参考文献

[1] 孙连溪主编 中国建筑工业出版社《实用给水排水工程施工手册》  
[2] 夏明耀 曾进伦主编 中国建筑工业出版社《地下工程设计施工手册》  
[3] 余彬泉 陈传灿主编 人民交通出版社《顶管施工技术》