

气动夯管锤穿越施工工法

(YJGF52—2000)

中国石油天然气管道第二工程公司

一、前言

长输管线和市政地下管线经常会遇到穿越铁路、公路、沟渠等特殊地段的施工,施工方法是多种多样的,气动夯管锤作为非开挖敷设管线的新型设备,以其工艺先进、施工程序简便、施工周期短、质量好、投资省等优点而得到越来越广泛的应用。管道二公司采用夯管锤技术先后完成天津塘沽盐场铁路、南疆公路、陕京管线大运公路、神榆公路以及银川东部天然气管道7处公路的套管穿越等工程,取得了良好的经济效益和社会效益。

二、特点

1.施工质量好。采用夯管法敷设障碍物下埋地管道,穿越精度和埋深能够满足设计要求;避免了因埋深不足而给管道安全运行留下的隐患,并且套管保护良好。

2.施工占地少。施工作业面由线缩成点,占地面积小,土方量小,操作简便;与同管径管线的其他施工方法相比,可节约施工占地。

3.施工效率高。与顶管施工方法相比,可不需要修筑大体积混凝土靠背墙,节约时间和工程投资;与横钻孔机施工方法相比,施工中不需要更换钻杆,提高了施工效率;与机械大开挖方法相比,效率提高更多。大开挖方法需要修筑旁通路,而且挖后要恢复路面,其养护及公路部门验收等工序耗时较长。

4.施工周期短等。穿越铁路、公路、沟渠、建筑物等障碍物时,可避免或减少拆迁,缩短了施工周期。因为非开挖施工不影响交通,不破坏原有建筑,因而不仅节省了工程投资,还有较好的间接效益和社会效益。

三、运用范围(指12"夯管锤)

1.适用于公路、铁路、沟渠及其他不宜进行大开挖施工地段的钢质套管穿越。

2.适宜于夯管穿越的地层。除岩石、砾石、砂层以外的各种土层。

3.穿越管道直径和长度: $\varnothing 273 \sim \varnothing 820$ 之间各种口径的钢质套管穿越,最大穿越长度为80m。

4.对于加厚管壁及特殊防腐涂层的钢管,也可以不用套管直接进行主管穿越。

四、工艺原理

在穿越障碍（如公路、铁路、小河沟渠等地面构筑物）的一侧挖出夯进操作坑，另一侧挖出接收操作坑。在夯进操作坑内按管线的走向和设计位置将夯管锤与套管连接好，夯管锤利用空压机提供动力将套管分段夯进，直到接收坑中露出管头为止；然后清理套管中的泥土，再完成主管穿越。装置原理如图 1 所示。

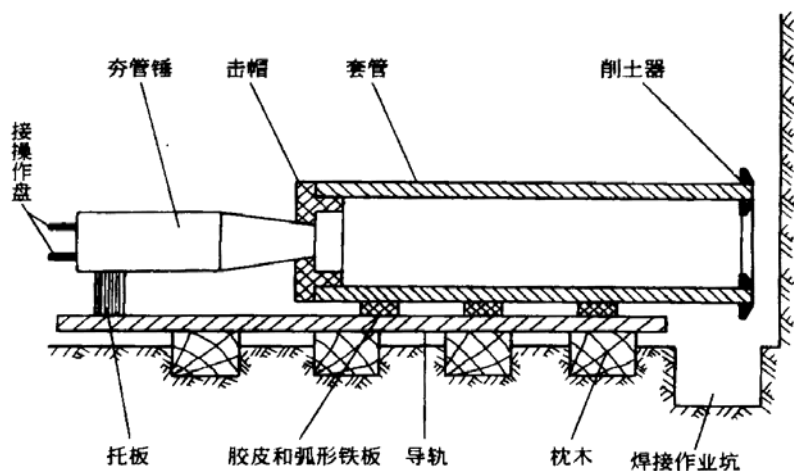


图 1 装置原理图

五、工艺流程及操作要点

1. 施工主要程序见图 2。

2. 施工准备。

（1）认真做好现场调查，尽可能详细了解穿越段的地质资料及地下构筑物情况，以确定开挖操作坑和降水应当采取的措施。

（2）详细了解穿越段施工的技术要求、所执行的规范及质量标准。

（3）配套设施要完好适用。

①空压机：要求排量不小于 18m³/min，压力不小于 0.8MPa；

②贮气罐：容积不小于 1m³，保证夯管锤工作压力稳定；

③高压胶管：20m 长的 2"胶管 2 根（也可用无缝钢管代替），20m 长的 1.5"胶管 3 根，耐压不小于 1.0MPa；

④击帽：根据穿越段的管径配套使用。

（4）通往穿越施工现场的道路应保证 10t 级施工车辆正常通行。

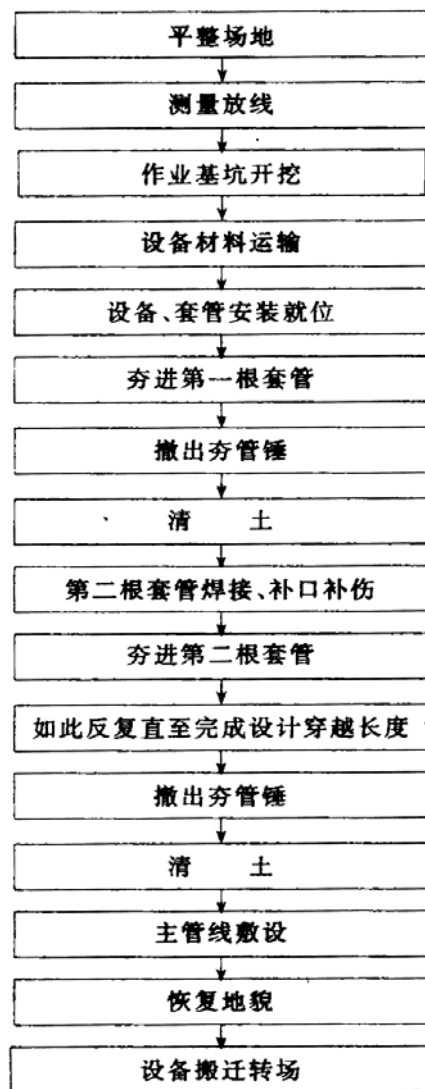


图 2 施工程序图

3. 夯管施工工艺。

(1) 场地平整：选择运输方便、平坦无障碍的一侧，修建施工便道。平整出宽 12m、长度为单根套管长加 5m 的夯管施工场地，以对侧作接收场地。

(2) 测量放线：根据设计图纸和现场交桩放出穿越管段的中心线和夯进操作坑，接收操作坑的位置，打上控制桩。穿越管段中线应避开地下电缆、光缆、管道等障碍物。

(3) 开挖夯进操作坑和接收操作坑：夯进操作坑应保证坑底长度为单根套管加长 3m，坑底宽度为 3m，上口长度及宽度根据深度及地质情况而定（不同的地质条件采用不同的坡比），深度根据设计管底埋深确定。在靠近套管入土的一侧挖出焊接作业坑，长度为 2m，宽度为 0.8m，深度为 0.5m。接收操作坑应保证坑底长度为 4m，坑底宽度为 4m，上口长度及宽度根据深度及其地质情况而定，深度与夯进操作坑相同。根据地质情况和地下水位的不同，确定坑底是否打水泥基础和应采取的降水措施。对于易塌方的地质，应采取打钢板桩或临时支撑的方法以保证操作坑内的施工安全。

夯进操作坑和接收操作坑位置平面示意图如图 3 所示。

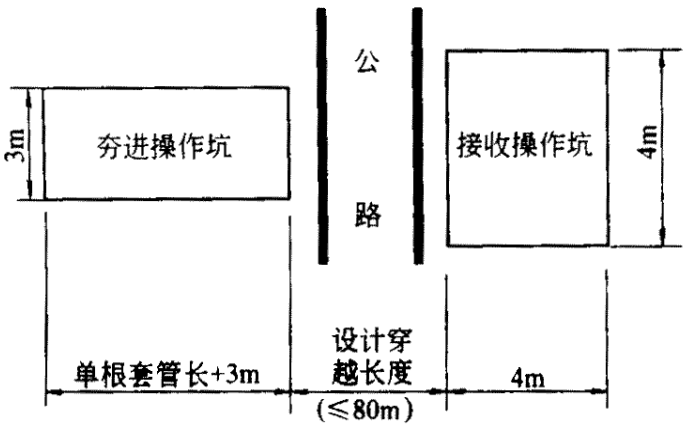


图 3 平面示意图

(4) 施工设备及套管运输进场：夯管施工的主要设备为夯管锤和空压机、发电机、电焊机等；运输进场的套管长度应比设计穿越障碍的长度加长 2~3m。

(5) 设备和套管安装就位。

① 夯进操作坑挖好后，根据单根套管长度在坑底埋好若干块枕木（枕木顶端比坑底高出约 3~5mm，间距 2~3m）并找平，将导轨放到枕木上，用经纬仪按设计中心线找正。找平（一般导轨靠近套管入土的一端比另一端略高，但不超过 0.5”，以防止夯管过程中套管低头），然后将导轨固定在枕木上。导轨应按设计要求的精度找正，因为导轨的位置决定了套管及夯管锤的摆放位置，从而影响穿越的精度误差。

② 将套管吊入夯进操作坑中放到导轨上。为防止套管的防腐层被破坏，应在套管与导轨之间每间隔 2~3m 的距离放上弧形铁板，并在铁板上垫上胶皮，另外在第一根套管入土端的管口内外侧安装削土器。

③ 安装击帽。根据管径大小选择配套的击帽安装到套管上。

④ 安装夯管锤。将夯管锤吊入操作坑中与击帽连接后找正，使夯管锤、套管的中心线与设计中心线吻合。然后将夯管锤与空压机之间的管路连接好，启动空压机，打开操作阀，将

夯管锤头部与击帽和套管固定紧后，关闭操作阀，检验夯管锤的方位与水平角度，若偏差超过 0.5 “需重新调整就位。

当套管的直径较大时（DN 500 以上），夯管锤尾部与导轨之间需垫一弧形托板，托板须随夯管锤的前进而在导轨上滑动，以保证夯进时夯管锤的水平度；托板的中心应与设计中心吻合，以保证夯管锤的左右方位。

⑤打开操作阀，进行试夯，元异常后方能进行正常夯管施工。

（6）夯进第一根套管。启动空压机，打开操作阀，夯管锤在气压的作用下开始夯进套管。由于第一根套管夯进方向的准确性是关键，所以在第一根套管夯进 500mm 后；应认真测量一下套管的方位与水平角度，角度偏差不超过 0.5”。轴线偏差不超过夯进长度的 1%时可继续夯进。若轴线偏差超过允许范围，应进行纠偏，将轴线偏差调整到允许范围后继续夯进工作，直到管头到达指定位置（管头留在操作坑外 0.6m 左右以便和第二根套管进行焊接）。

一般所采取的纠偏措施：用人工在轴线偏差的相反方向将套管周围的土清除，在轴线偏差的方向钢管外壁打楔子。例如套管右偏超过允许范围，可将套管左侧的土掏空，使套管与其左侧的土层之间有一定的空隙，并在钢管右面外壁打上楔子，形成套管向左前进的趋势。

（7）套管前进阻力较大时进行清土。在套管夯进的过程中，如发现套管前进的速度非常缓慢或停滞不前，应立即退出夯管锤，卸掉击帽，将套管内的积土清除干净后再安装击帽和夯管锤继续夯进。清土时，可用高压水枪将套管内的积土冲出（采用该方法清土时，要在夯进操作坑的适当位置挖出积水坑，并将积水及时排出）；对于 DN700 以上的大口径套管，也可用人工进入套管内进行掏土的方法将积土清除。

（8）第二根套管焊接和补口补伤。第一根套管夯到预定位置后，退出夯管锤，卸掉击帽，吊入第二根套管与第一根套管进行组对焊接和补口补伤，均按设计要求和施工规范进行操作。要保证对口的质量，以防止将套管夯偏。

（9）夯进第二根套管。补口补伤完成后，按照工序 5 和 6 的方法夯进第二根套管，然后重复操作到夯进设计要求的长度。

夯管作业开始以后，要求连续进行，尽量减少作业间歇时间，且不宜中途停止。因为间歇时间过长，会造成土层和管外壁粘在一起，增大摩擦力，从而使夯进阻力增大（可采取在管外壁涂抹润滑油脂的方式减小摩擦力，但会增加施工成本），另外若地下水位较高，停止作业后水位上升，会给施工带来不便。

（10）清除套管内的积土。套管全部敷设到位后，根据管径的大小采取不同的方式清除套管内的积土：对于 \geq DN700 的大口径套管，采取人工掏土的方式清土；对于 $<$ DN700 的套管，采取高压水枪冲土（采用该方法时，要在夯进操作坑的适当位置挖出积水坑，并将积水

及时排出)或将套管一端封堵后用空压机吹上的方式将套管内的积土清除干净。

(11) 主管线敷设。在操作坑内,应按设计要求和 SY / T 4079—95 规范第 2 章的规定预制穿越管道,每道口检验合格后用牵引设备(如卷扬机)将管线拖入套管中,然后进行下一道口的焊接、探伤、补口补伤,直到将主管线全部敷设就位。

一般主管线上每隔一定距离安装一个绝缘的柔性支架,以确保在穿入套管过程中主管线的防腐层完好无损,同时穿越施工应确保套管和主管环行空间内无水和任何杂质,并按设计要求在套管两端将套管与主管进行密封包敷。在主管未与其他管段碰死口之前主管两端做临时封堵。

(12) 恢复地貌。穿越管线与两端管线连头工作完成后,按常规进行回填、恢复地貌。特殊地段回填应执行当地有关部门的规定。

六、机县设备 (见表 1)

表 1 机县设备

序 号	名 称	规 格	单 位	数 量	备 注
1	夯管锤	12"	台	1	
2	空压机	20m³/min	台	1	
3	吊 车	8t	台	1	
4	值班车	中客	辆	1	
5	挖掘机		台	1	根据作业坑定
6	电焊机	雅玛哈一体机	台	2	
7	工具房		座	1	
8	发电机	30Kw	台	1	用于照明和降水
9	卷扬机		台	1	牵引主管
10	辅助设备				贮气罐、击帽等
11	轨 道		套	1	
12	枕 木		根	6	

七、劳动组织及安全

1.劳动组织 (见表 2)。

表 2 劳 动 组 织

序 号	岗 位	人 数	备注
1	指挥	1	

2	技术质量	1	
3	操作手	2	
4	司机	2	
5	维修兼发电	1	
6	起重工	1	
7	火、电焊工	2	
8	管工	1	
9	普工	2	
合计		13	

2.安全施工措施。

(1) 坚持班前召开安全会，强化安全意识，作到安全第一。

(2) 所有施工人员必须按安全操作规程进行操作，坚决杜绝违章操作。

(3) 因夯管施工属于地下作业，施工人员必须注意安全，按规定穿戴劳保用品，吊装设备要服从指挥。

(4) 施工地段前后 100m 范围内设置警示牌，操作坑四周设置安全围栏，禁止无关人员进入施工现场，以确保过往行人及车辆的安全。

(5) 施工所用高压胶管、管接头、贮气罐等应符合耐压要求，安全可靠。

(6) 禁止上下交叉施工，夯管锤安装好后，坑内尽量少站人，在夯进时坑内不得留人。

(7) 上下操作坑要方便可靠，设备放置在距离操作坑 5m 之外。

(8) 现场用电必须符合安全用电规定，防止触电事故。

(9) 夯管时要有专人检查夯管锤温度，必要时可停止几分钟，所有设备运转时禁止加油。

(10) 各种油品、易燃物品要妥善存放，并作好防火标志。

八、质量要求

执行中华人民共和国石油天然气行业标准《石油天然气管道穿越工程施工及验收规范》（SY/T 4079—5）第 2 章、第 7 章和《输油输气管道线路工程施工及验收规范》（SY 0401—98）第 7 章的有关规定。主要指标如下：

- 1.穿越套管的轴线偏差不超过夯进长度的 1%。
- 2.管道组焊、探伤、补口补伤符合设计要求和 SY 0401—98 规范规定。
- 3.管道埋深符合设计要求。

九、效益分析

在天津塘沽南疆油库库外输油管线工程中，我公司采用 12"夯管锤成功实施了南疆公路

的双排套管穿越，穿越套管规格为 $\varnothing 26 \times 9\text{mm}$ ，长度分别为 31.68m 和 31.29m，有效工期仅用了 4d 时间。现将采用夯管法施工与采用机械大开挖法及横钻孔机方法施工的可比内容列入表 3。

表 3 发生费用比较

序号	可比内容	发生费用		
		夯管法	机械大开挖法	横钻孔机法
1	断路、地貌恢复、赔偿费用	—	15998.82	—
2	土方开挖、回填费用（元）	4862.15	19439.94	4066.52
3	穿越机械台班费用（元）	9844.74	—	13586.58
4	人工、材料费（元）	2143.28	837.77	2075.55
5	合计费用（元）	16850.17	36276.53	19728.65
6	有效工期（d）	4	10	3.5

由以上工程实例和经济分析可见，夯管施工以其占地少、施工周期短、不破坏路面、不影响交通等优点，在短距离非开挖敷设管线施工中得到越来越广泛的应用，取得了良好的经济效益和社会效益。尤其是车辆运行较多的路段，更能突出其社会效益。

十、应用实例

例 1 1996 年，管道二公司穿越分承担的天津塘沽南疆油库库外输油管线工程，在海河入海口附近管线与盐场铁路交叉，采用夯管法穿越该公路，套管规格为 $\varnothing 26 \times 9\text{mm}$ ，两条管线并排平行穿越，间距为 2m，穿越长度分别为 25.77m 和 24.84m，穿越段地层为粘土层。

该工程于 7 月 21 日开始现场准备，开挖操作坑和设备就位连接，于 7 月 26 日开始进行夯管，7 月 27 日上午完成第一条套管穿越后，按第二条套管穿越中心线进行设备就位，27 日下午开始第二条管线的夯进，28 日下午第二条管线顺利敷设到位，29 日上午交由甲方进行主管线敷设。盐场铁路穿越自施工准备开始到将套管敷设到位，仅用 8d 半时间，施工速度较快。

盐场铁路为该地区的运输干线，不允许进行大开挖施工。而采用夯管施工，铁路运输照常进行，路面不受任何影响，与传统的大开挖穿越相比，采用夯管法施工社会效益和经济效益显著。

例 2 陕京输气管线朔城区段在桩 1307 处与大运公路相交，管线加钢套管穿越该公路，套管规格为 $\varnothing 820 \times 10$ ，要求套管埋深自路面以下 4.3m，穿越长度为 24m。由于大运公路为省级公路，来往车辆较多，不宜采用大开挖方式施工，我公司采用 12" 夯管锤穿越该公路，从施工准备到套管出上，仅用 7d 时间就得以完成，出土偏差仅 0.2m。可靠的质量、短暂的施工周期和较少的工程投资，得到了建设单位的肯定。

自管道二公司引进 12"夯管锤以来，还成功实施了表 4 所列入的代表性工程。

表 4 代表性工程

序 号	工程名称	管线规格（mm）	穿越长度（m）
1	陕京管线榆林乡间公路穿越	ø820×10	11.5
2	陕京管线榆林神榆公路穿越	ø820×10	18
3	银川东部天然气管线公路穿越	ø273×8	164（共 7 处）

（执笔人：戴忠勤 李 松）