

气田集输管道的河流穿越设计分析

亢思敏（北京石油化工工程有限公司西安分公司，陕西 西安 710000）

摘 要：随着气田不断开发和利用，我国已建成大量集输管道。集输管道一般指采气管道和集气管道，集输管道工程往往会穿越大小不一的河流，为保障管道的运行可靠性与安全性，需要重点做好管道河流穿越设计和施工分析，减少管道河流穿越风险。基于此，本篇文章对集输管道的河流穿越设计进行研究分析，以供参考。

关键词：集输管道；河流穿越；设计分析

0 引言

穿跨越方式的选择应该根据地形地貌、水文、工程地质、环境、交通运输等多方面因素综合分析，以确保管道安全为第一前提，在施工工期满足整个工程要求的前提下，应尽量选择投资低、施工简单的穿跨越方式。一般情况下，管道穿越方式较跨越方式而言，由于管道埋入地下，受环境影响小，安全性好，节省投资，施工期短，施工技术难度小，有利于维护和管理等优点，在工程实践中，大多采用穿越方式通过江河湖泊水域。采用跨越方式，虽然有后期维护方便的优点，但是，由于管线裸露，容易受到外部环境的侵蚀和人为破坏，需要进行安全值守。近几年我国建设的大直径管线，除在峡谷、冲沟等地形复杂，地势险要处，采用跨越方式外，一般均采用穿越方式。本文对集输管道河流穿越方案的设计进行分析，具备较强的现实性意义。

1 集输管道河流穿越技术概述

集输管道在穿越方河流方案的选择上，要针对本工程管道穿越水域的水面宽度、流量、流速、河岸堤防等级等情况，根据河流形态、水文参数、工程地质及水文地质条件等综合考虑，确定合理的穿越方式。

依据敷设方式的不同，可以将集输管道河流穿越技术分为两种，分别是开挖穿越和非开挖穿越，非开挖穿越技术主要包括两种类型，分别是定向穿越和隧道穿越。

开挖穿越是最常见的穿越方式，适用于河流整体条件简单，投资估算较少的情况；定向钻穿越是一种先进的非开挖管线穿越施工方法，施工时完全在水域两岸陆地上进行，具有不破坏河堤或水域堤防、不扰动河床、施工周期短、管道运营安全、综合造价低等优点，对于大中型河流在地质条件适宜的条件下，应优先考虑采用；而在地质条件与定向穿越技术标准不匹配的情况下，可以利用隧道进行穿越（见表1）。

2 开挖穿越

大开挖穿越就是在河底挖出一条管沟，管沟的深度应能保证管道下沟后管顶在河流的设计冲刷线以下，然后管道下沟、回填，恢复自然河床。在八十年代定向钻技术引进以前，大部分河流多采用此方法穿越。开挖法按其施工方法可分为以下几种：

2.1 围堰法

在管道穿越轴线两侧砌筑围堰，将明水抽掉，降低地下水，进行管沟开挖，铺设管道，适用于河水较浅，流量、流速较小的季节性河流，一般应选择在枯水期施工。围堰法的优点是能够保证管道的埋深，不需要大型牵引设备牵引管道过河；缺点是需要围堰，降低地下水，工程措施投资大。

2.2 水下开挖沉管

水下开挖沉管主要是利用施工设备在河道进行一定深度管沟的挖掘，将管道在管沟内进行敷设，然后进行回填处理，并落实一系列保证管道稳定的措施。水下开挖沉管特点较为明显，包括施工周期短、工艺不杂，相较于裸露敷设具有较高的安全性。

采用开挖穿越小型河流时，应在枯水季节开展施工操作，施工方案应报水利部门批准同意后，方可实施后续工作，如测量放线、管道预制、管沟开挖、土壤回填等。对于长年流水的河流，应做好围堰、导流渠设置工作，以达到较好的排水效果，两侧堤坝上，可将土装到编织袋中进行边坡修筑，将农用薄膜作为防渗层，保证河流充水后，不会发生渗漏情况；如果有护坡要求，需要根据施工规范开展护坡工作，按照现场实际情况确定护坡长度。对于大开挖穿越管段设计埋深而言，应使其处于冲刷线之下，避免出现浮管和位移情况；选择稳管措施时，要保证管道防腐涂层不会受到稳管配重物的损伤。开挖穿越方式主要具备以下优点：第一，开挖穿越方式施工较为简单，技术较为成熟，已经被广泛应用于设计施工中。第二，成

本较低，能够在短时间内，利用较少的人力与施工机械即可完成河流穿越。第三，该穿越方式不会受到河流附近地形地貌的影响，即便在穿越难度较大的地段，也能够取得较好的应用效果。

常见的开挖做法见图 1。

3 定向钻穿越

定向钻施工目前国内也得到了广泛的运用，它具有施工人员少、占地省、工期短、效率高，不受季节、天气影响，自然环境影响小等许多优点。定向钻穿越是一种先进的非开挖施工方法，施工时完全在水域两岸陆地上进行。它具有不开挖地面、不破坏地层结构、不损坏河堤、不扰动河床、施工周期短、施工占地少、管道运营安全、综合造价低等优点，目前在国内外应用已非常普遍，是一项成熟的管道穿越施工技术。而且定向钻机采用电脑控制穿越曲线，操作灵活，精确度高，曲线平滑，完全满足管线曲率半径要求。这种

方法极适合于河流、沟壑、铁路、公路、绿化带等障碍物的地下穿越工程的施工，且在施工过程中地表物不受任何影响。

定向钻穿越施工埋深较大，并且工期较快，摆脱了水文条件的限制，在我们国家大型河流的穿越中获得了大量的应用。其流程是：先将钻机从河底确定好导向孔，在钻头出现在对岸以后，连接好扩孔器，使其转动，配合高压泥浆达到冲切的效果，钻台上的卡盘向着上端移动，牵引扩孔器往前施工，经多次扩孔以后，使钻孔比管路直径更大，然后将穿越管段与扩孔器连接，牵引扩孔器和管段，使其敷设在孔中。

定向钻的钻孔轨迹可以是直的，也可以是逐渐弯曲的。在导向绕过障碍物，或穿越高速公路、河流和铁路时，钻头的方向可以调整。钻孔过程可在预先挖好的发射坑和接受坑之间进行，也可在安装钻机的场地，以小角度直接从地表钻进。采用定向钻穿越时，

表 1 穿越方式及适用条件一览表

穿越方式		适用条件	优点	缺点
开挖穿越	水下开挖沉管	常年有水，且水深不太深的常年性河流	施工速度快、工程费用较低	施工质量难以控制、安全性较差、检修困难
	围堰导流	水深较浅或季节性河流	施工速度快、工程费用较低	检修困难，水深较深、流速较大的河流，围堰施工较困难
定向钻穿越		粘土、亚粘土、成孔条件好的沙层和软岩石	对地表干扰小，施工速度快，施工精度高，安全性较好	卵石、硬质岩石穿越困难，需要预制和托管场地
隧道穿越		宽度不大的河流	施工速度较快、机械化程度较高、安全性较好	若两岸地层软弱，竖井施工较困难，穿越长度较长时，所需推力太大，硬质岩石施工困难

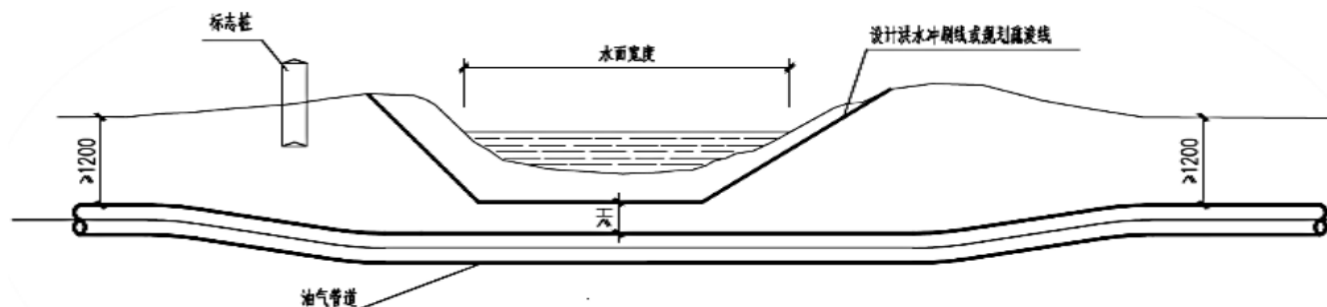


图 1 穿越河流、冲沟纵断面图

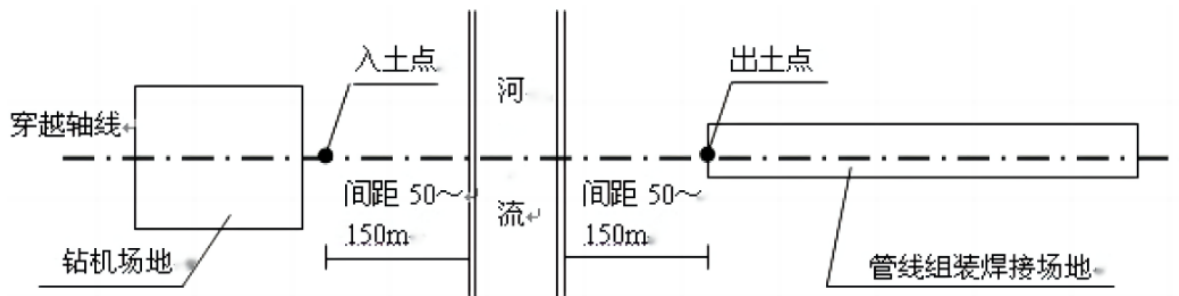


图 2 定向钻穿越示意图

宜选择在较为稳定的地层内,两侧应有足够的布设钻机、泥浆池、材料堆放和管道组焊的场地。

工作管或导管的铺设通常分两步进行。首先是沿所需的轨迹钻导向孔,然后回扩钻孔以加大孔径适应工作管的要求。在第二步即回拖过程中,工作管通过旋转接头与扩孔器连接,并随着钻杆的回拖拉入扩大了钻孔中。在复杂地层条件下、或孔径需增加很大时,可采用多级扩孔的方法将孔径逐步扩大。

定向钻适宜穿越的地质有:粉土、粉质粘土、粘土、粉砂、中砂、淤泥、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、最大粒径不大于10cm的卵石层,不适宜穿越的地质有:硬质岩石层、流沙层、砾石层和粒径大于10cm的(含量大于25%)卵石层。随着定向钻穿越技术的不断发展,已经能穿越中等硬度的泥岩、砂岩等岩质地层,在国外定向钻甚至能穿越卵石层。

定向钻穿越入土角、出土角应根据穿越地形、地质条件和穿越段管径的大小来确定,一般入土角控制在 $8^{\circ} \sim 18^{\circ}$,出土角控制在 $4^{\circ} \sim 12^{\circ}$,曲率半径为1500D(D为管道外径)为宜。

穿越段的入土点一端设钻机安装场地、泥浆池、蓄水池。泥浆池的大小根据管线长度、管径大小及地质情况确定,蓄水池大小按施工用水量确定。穿越管段的组装场地设在钻机场地的对面,即穿越段的出土点一端(见图2)。

4 隧道穿越

隧道穿越河流,主要有三种穿越方式,一是矿山法穿越(又叫钻爆法),二是盾构法穿越,三是顶管法穿越。

符合下列条件的水域穿越可采用钻爆法隧道设计方案:①地表下岩层分布较浅;②穿越岩石RQD值不宜小于50;③节理裂隙不发育、断层破碎带较少4水下段主体围岩分级为I~IV级。地质条件复杂、地下水发育的山岭长隧道,可采用盾构法隧道方式。

气田集输管道常用的为顶管法。顶管穿越适合于穿越土质较软的河床。受顶进力和钢管强度、刚度的限制,穿越长度一般不宜太长。顶管施工不需要开挖面层,并且能够穿越公路、铁路、河川、地面建筑物、地下构筑物以及各种地下管线等。整套顶管机械由顶管机头(含纠偏系统)、主千斤顶系统、进排泥系统、触变泥浆系统、承力钢构件组成。

顶管法隧道顶进工艺的选择,应根据穿越层位岩土性质、顶进管管径和材质、地下水位、周边地上与

地下建筑物、构筑物和各种设施因素,经技术经济比较后确定。在黏性土层中需要控制地面隆陷时,可采用土压平衡顶管法。在粉砂土层中需要控制地面隆陷时,可采用加泥式土压平衡法或泥水平衡顶管法。在卵石、节理裂隙及地下水发育的破碎岩石中顶进时,应采用泥水平衡顶管法。泥水平衡式顶管机在岩石中或在含有卵石、碎石的地层中顶进时,应配置能够更换刀具的密封舱,并具有大块岩石二次破碎功能。采用气压平衡法顶进时,穿越岩土渗透性系数不应大于 10^{-4}m/s 。在全断面岩层顶管中,应采用封闭式岩盘顶管机。

顶管穿越施工前,在穿越构造物两端分别建造一个工作井和一个接收井。借助工作井内主千斤顶及中继间千斤顶的推力,以机头开路将工具管一节一节压入土中,反复循环顶进至预定长度,到达河流对岸接收井内,与顶进相配合,刀盘切泥仓的土体,被搅拌成泥浆后,通过管道送出井外,顶管完成后在工具管内敷设、安装管道。

5 结束语

综上所述,管道穿越河流环节,需要结合工程实际、建设规模、河流大小等,对工程等级进行划分,同时按照水利部门有关规定,应结现有技术水平,统筹考虑施工难易程度等,科学选择穿越方案,使管道河流穿越工程具备更高的经济性与安全性。实际穿越环节,需要将重点放在基础资料、管材选择、穿越位置的选择上,同时选择管道河流穿越水工保护方式,提升管道河流穿越施工质量。

参考文献:

- [1] 于洪伟.集输管道的河流穿越设计和施工探析[J].全面腐蚀控制,2021,35(02):42-43.
- [2] 王杉.集输管道河流穿越设计要点分析[J].化学工程与装备,2020(07):41-42.
- [3] 刘洪禄,张东晨.集输管道河流穿越大开挖施工风险及控制措施[J].石化技术,2019,26(01):206.
- [4] 邢杨.大型河流集输管道穿越设计与施工技术探讨[J].石化技术,2018,25(01):276.
- [5] 高明,李迪.集输管道穿越中型河流二维工况分析[J].内蒙古水利,2018(10):34-36.
- [6] 石油和化工工程设计工作手册编委会.石油和化工工程设计工作手册第五册[J].中国石油大学出版社,2010(9):342-347.