

燃气管道定向钻穿越内河航道设计研究

潘 煜（国昇设计有限责任公司湖北分公司，湖北 武汉 430000）

摘 要：当前许多燃气管道施工处于复杂外部环境中，具有多种施工难点，再加上场地受到限制，工期颇为紧张，导致施工推进不够理想，故而要运用更多的先进工艺技术，以提高施工作业的质量水平。本文通过分析定向钻穿越施工工艺技术的特征，进一步探究了燃气管道定向钻穿越内河航道的设计要点，相关研究内容希望可以为实际工程提供一定参考。

关键词：定向钻穿越；管线埋设；燃气管道

燃气管线敷设施工工程近些年渐多，许多管线直接穿越复杂的地质环境，尤其是穿越内河航道的工程中，其地质条件极为特殊，需做好施工设计。文章主要概述了燃气管线穿越内河航道的设计技术要点。

1 定向钻穿越施工工艺技术的特征

定向钻穿越施工工艺是一种用在燃气管道施工领域的新工艺技术，其近些年间经过了多次改革和优化，现今运用体系已然十分成熟，可以适应各种燃气管线铺设施工环境。在现代化发展背景下，我国燃气管线的地形愈发复杂，对施工技术的要求逐渐提高，定向钻穿越施工技术凭借优势开始得到普遍运用，其施工的灵活性较强，能够使穿越难度下降，还能绕开铺设管线时的特殊障碍物。该项施工技术的特征包括两点：其一，施工速度较快且不会过多干扰环境，定向钻穿越技术不同于以往直接挖掘的工艺，准备的设施较少，也不会阻碍外部交通，对于自然环境也不会产生严重破坏；其二，可以适应各种困难的穿越工程，比如一些长距离、穿过河道以及穿越口径较大的情况，施工作业都能顺利进行，技术还能依据地层特性来进行调整，以保证适用范围更为广泛^[1]。

2 燃气管道定向钻穿越内河航道设计的实例分析

2.1 工程项目概况

本次研究的燃气管线工程需穿越小型河道区域，采用的工艺为水平定向钻，河道穿越管线的实际长度

达到 1035m，管道直径约为 257mm，在钻进穿越入土时的角度控制在 13° 左右，钢管焊接采用了高频直缝电阻焊工艺技术，钻进穿越出土时控制钻曲半径约为 1500D。此外，工程穿越的小型河道水深实测标准为 3.65m，穿越经过的航道底部宽度参数约为 42m，两侧护岸的坡度系数为 2.5，图 1 为该工程燃气管线定向钻穿越内河航道的原理图。

2.2 燃气管道定向钻穿越内河航道的设计要点

本次研究的工程燃气管道需要穿越河流区域，因此施工的环境较为复杂，会运用到定向穿越施工工艺，同时，为了避免燃气管道日后对内河通行的船舶安全造成负面影响，在穿越施工中也需优化设计方案，注重选址、埋深控制等工作，如此也能保证日后燃气管道的稳定运营，其实施设计时要把控下述几项要点。

2.2.1 在设计中合理选择管道埋址

燃气管道要穿越内河航线，需要遵循相关规范标准中提到的埋址要求，主要是围绕着安全问题提出了规定，像是对于内河通航提出了与管道埋设地点之间的安全距离，但定量标准还有待分析和确认，燃气管道与一般的管道不同，其日后运行时会传输危险化学物品，若不慎出现泄漏情况，造成的负面影响和损失将无法预估，因此，定向钻穿的施工设计对于距离参数的把控需格外重视、从严处理，具体遵循的要求可以概况为几点：

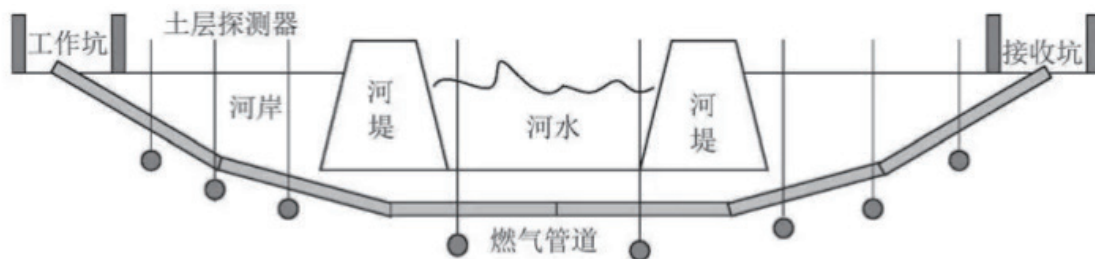


图 1 燃气管线定向钻穿越内河航道的原理图

第一, 综合考虑内河通航安全标准以及油气输送管线穿越工程设计的规范要求, 在工程所处的水域内, 控制好码头、港口以及各种水下构筑物的安全间距, 结合水平定向钻穿越的施工工艺特点, 其穿越时的隧道与其他部分间的距离需控制在 100m 以上, 保证输送燃气不会受到干扰, 提高运营的安全水平。

第二, 结合《公路路线设计规范》, 对于特殊管线在跨越河流的施工中, 也要保证与特大型、大型以及中型桥梁之间保持 100m 以上的距离, 这类管线是指输送各种易燃易爆物质或有毒害特性物质的管线, 其中就包含燃气管线, 另外, 小型的桥梁也要保证与管线之间的距离控制在 50m 以上, 如此才能防范各类安全隐患^[2]。

第三, 燃气管道在穿越内河航线的布置过程中, 也要充分考量城镇河流两岸位置各项条件, 如河流附近的规划发展、道路建设、村庄分布等, 管线需要顺利穿过规划使用的锚地, 也应跨越穿过各种桥梁。

基于上述几点要求, 工程项目最终决定燃气管线位置与内河下游桥梁外边缘之间的距离设计控制在 111m 左右, 同时与上游位置的规划使用锚地位置相距约 247m, 确保整个河段的管线趋向于稳定, 河势良好, 规避各种类型的港口, 和水下设施之间的距离也处于安全范围内, 不会对船舶通过的航线产生负面影响, 论证了选址的可靠性与合理性。

2.2.2 在设计中明确埋深最小参数的控制要求

此次研究的工程中, 内河航线及可能在日后通航的区域部分, 所有水下构筑物都处于河床当中, 且其顶部位置的深度标准都应在远期规划航线标高参数下方, 与其之间的距离保持在 2m 左右, 基于实际情况, 为保证燃气管线定向钻穿越施工的安全推进, 还要进一步明确管线埋深最小参数的控制要求, 综合考虑管线的最终位置、通航环境条件以及施工后工艺特点, 其核心要求可总结为三点。一是燃气管线的上游区域设计为规划使用锚地, 因而会存在大量通行的船舶, 停靠时分布较为密集, 在河道处于极限冲刷的状态时, 需要结合主要船型应急抛锚的贯入深度来计算管线适宜的埋深最小参数, 以保证埋深更为合理。二是本次研究的工程项目穿越河流中包含区域内行洪的主要河道, 在具有行洪需求时, 需要保障燃气管线的安全, 因此埋深参数控制时也要按河床行洪时极限冲刷的深度标准, 使设计可行性增强。三是采用水平定向钻穿越施工的工艺, 作业期间可能遇到穿透燃气管

线表面覆土不足造成厚度不达标, 从而带来冒浆的情况, 埋深不够也会造成燃气管线本身的抗浮能力较差, 在河水中容易受到浮力影响而位移, 带来各种安全隐患, 故而在设计时也应当注意河道遇到洪水时的冲刷高度, 还要考虑到疏浚操作时的深度标准, 以此来确定最为合适的管线埋深。在本次研究的工程当中, 燃气管线定向钻穿越的埋深最小参数应保证管线顶部深度在 6m 以上, 如此能够保证后续管线不宜出现浮动偏移、泄漏等问题。

2.2.3 河床冲刷作用的极限深度参数设计控制

在遇到洪水时, 给河床造成冲刷影响的河水流量会暴涨, 流速也会进一步提高, 给河床带来一定的侵蚀影响, 燃气管道的布置也要考虑到河床受到的影响, 因此需要对其极限冲刷的深度参数加以计算、分析, 参考堤防工程的相关设计要求, 结合河道冲刷时的高度、冲刷处水的深度、水流流速的分配不均匀系数、近岸垂线位置的平均水流速度以及泥沙起动时的实际流速等信息, 同时也要考虑到河床护岸本身的形状, 进一步来计算河床护岸位置的最大冲刷深度。此次研究的工程项目洪水频率设计为 50 年一遇, 依据施工规模来判断, 可以确认水域内管线穿越工程为中型工程, 水域遇到洪水时的流量参数标准为 620m/s, 在此基础上可以得到极限冲刷深度的计算结果为 1.77m^[3]。

2.2.4 应急情况船舶抛锚贯入的深度参数设计控制

通过前述得知, 燃气管道定向钻穿越内河巷道的布局设计中, 也要考虑到应急情况船舶抛锚贯入的深度参数, 但对于该项深度参数的计算确认当前没有统一的公式, 只能借助各种算法分析来判断。

首先, 可以基于经验计算, 参照此次穿越河道的规划资料可知, 其未来内河航道的通行船舶主要为货船, 最大船体可以达到 1000t 的载重, 因此, 在研究应急情况船舶抛锚贯入深度参数时, 也要以典型的最大船体为例, 其主要采用的锚型为霍尔锚, 结合以往类似工程的经验做法, 该类船舶抛锚时霍尔锚贯入的深度参数与锚爪长度有着倍数关系, 对此进行估算, 实际贯入深度和锚爪部分长度之间的比值范围为 1 : 1-1 : 5, 其根据河道地质条件的不同会产生差异, 比如一些粘土或软淤泥中的比值较大, 可以达到 1 : 5, 一般情况下也要在 1 : 3 左右, 若地质为硬粘土或砂土, 则比值在 1 : 1 左右。结合本工程调查获得资料可知, 其地质信息中显示河床位置主要为砂土, 故而该 1000t 载重的船舶在应急情况抛锚贯入深

表 1 船舶抛锚贯入数据的汇总对比

船舶吨级	锚型	锚重 (t)	贯入深度参数 (m)		
			参考算法	经验算法	公式算法
1000t	霍尔锚	0.75t	0.87	0.82	0.42

度参数接近猫爪长度，约为 0.82m 左右。

其次，可采用固定公式计算，应急情况下船舶抛锚贯入河道地层中的深度也能参考固定的理论公式来计算，其具体可结合许多研究人员使用的 Young 公式，即：

$$D = 0.0008SN(W/A)^{0.7} \ln(1 + 2.5V^2 \times 10^{-4})$$

在上述公式当中，N——抛锚部位的形状系数，
S——土层本身系数，

V 表示的是抛锚部位和土层之间接触时的速度，单位为 m/s，

W 表示抛锚部位的质量，单位为 kg，

A 表示抛锚部位的横截面积，单位为 m²。

基于该公式的计算可以得到船舶应急抛锚时的贯入深度参数结果，其约为 0.42m，用 D 来表示。

再次，可采用参考算法来进行计算，即参考类似管道工程定向穿越施工的埋深设计要求，比如电缆在海底水域中的埋深规范，其锚入水底的实际深度参数由锚结构本身的质量决定，在了解抛锚部位重量以及入水实际深度的基础上，就能得到船舶应急情况抛锚贯入的深度参数，本工程计算得到结果为 0.87m。

最后，可采用综合分析的方法来判断，即综合上述几种做法，在参考经验的基础上，结合理论公式进行计算并融合参考算法，可以得到 1000t 载重船舶霍尔锚在紧急情况时贯入河床位置的深度参数，实际贯入数据的汇总对比结果如表 1 所示。

在管线布设方面，出于对安全问题的严肃考虑，本次研究的工程项目在定向钻穿越内河航线时，决定取船舶应急情况抛锚贯入的最大深度参数，即按照 0.87m 的标准加以设计。

2.2.5 最终施工埋设方案的验证和确定

基于以上分析的结果，本工程城市燃气管线定向钻穿越内河航线的施工中，首先确定了管线埋设的深度，综合考量各种极限条件的工况，以控制应急情况船舶抛锚贯入河床深度以及极限情况下河床受到冲刷的深度为优先，再结合航道内规划的底部高程要求，最终决定燃气管线的管顶位置覆盖土层厚度参数要

在 2m 以上，这与内河通航的工程标准契合，在埋设后能够保证管线的安全运行，在定向钻施工作业时，也能避免管道受到水下浮力影响而出现冒浆或位移风险。同时，河道位置的洪水冲刷线之下管道布置，考虑到各种因素带来的影响，在可能受到通航影响的水域内，控制其管顶高程设计参数为 -12.88m、规划内航道底部的高程参数为 0.28m、管顶上方埋深的最小参数为 4.64m，能够保证燃气管道满足实际运行需求，顺利穿越内河航道。另外，为了在水域通航的情况下同时保障船舶、燃气管线的安全，相关行政单位也要设置助航的表示，警示过往的船舶远离燃气管线布设位置，同时要定期对管线实施维护，避免其出现泄漏情况。

管线埋设方案中也要明确出土点、入土点，以保证水平定向钻施工的规范推进，依据相关要求可知，要保证出入土的两个点位同隧道竖井最边缘坡角位置距离在 50m 以上，故而本工程的管道入土点布设在河道北岸距离堤角约 786m 位置，出土点则布设在河道南岸距离堤角约 145m 位置，其都控制在 50m 以上，能够，满足设计要求，实现顺利施工^[4]。

3 结论

综上所述，燃气管线在穿越河道的施工作业中，需要采用定向钻穿越工艺技术，确定好钻进处理的出入土点，明确管道布设的具体位置，以保证最终施工达到要求。由本文分析可知，燃气管道定向钻穿越内河航道的设计要点包括：合理选择管道埋址、明确埋深最小参数的控制要求、河床冲刷作用的极限深度参数控制、应急情况船舶抛锚贯入的深度参数控制等。

参考文献：

- [1] 黄福想. 水平定向钻技术在高压燃气管道施工中的应用 [J]. 安徽建筑, 2023, 30(11): 178-179.
- [2] 王加虎, 张军. 水平定向钻穿越砂层敷设燃气管道的施工技术 [J]. 上海煤气, 2023, (05): 8-9+17.
- [3] 刘沛. 不同材质管道定向钻穿越过程最大允许长度探讨 [J]. 内蒙古石油化工, 2023, 49(07): 56-59.
- [4] 闫喜彬. 水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的应用 [J]. 居业, 2023, (05): 10-12.