

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2012.08.005

西江定向钻穿越管道外防腐层保护的探讨

□ 佛山市天然气高压管网有限公司(528000)邝月芳

摘要: 随着城市燃气管网建设不断增加,水平定向钻穿越的应用越来越广泛。如能在地质条件复杂、穿越难度大的工程中保护穿越管道的防腐层不受损伤,将会延长管道的实际使用寿命,从而减少通气运营的压力及运营费用的投入。在实际应用中,通过分析保护材料及保护方式,选择了性价比高的实施方案。本文将从使用环境,价格对比、施工工艺等方面对西江定向钻穿越管道的外防腐层保护应用经验进行探讨。

关键词: 定向钻穿越 地质条件 管道 防腐层保护

Explore on The Outer Coating Protecting Experience of The Directional Drilling Crossing Pipe in West River

Foshan Natural Gas High-Pressure Pipelines Co.,Ltd Kuang Yuefang

Abstract: With the increasing construction of city gas pipeline networks, the crossing of horizontal directional drilling is used more and more widely. If the crossing pipe coating is protected from damage in the project with complex geological conditions and great crossing difficult, the life of pipeline will be prolonged, the operating pressure and operational costs will be cut down. In practical application, the best cost-effective scheme was selected through the analysis of protective material and protection. This paper was written to explore the application experience of the outer coating protects of the directional drilling crossing pipe in West River project from the factors such as the environment, price comparison, construction technology.

Keywords: Crossing by Directional Drilling Geological Conditions Pipeline Coatings Protection

西江为广东珠江的干流,是广东、广西水上交通运输的主航道。西江穿越是佛山市天然气利用工程二期西樵至西江管段的控制性工程,佛山市要实现向高明区输送管道天然气,燃气管道就不可避免的要穿过西江。

1 西江穿越的地质条件

西江穿越项目工程自2008年6月进行管线施工所

必须的常规性地质勘察以及2009年3月的补充勘察,揭示了西江穿越位置的河床宽约1100m,地质条件为穿越场地内第四系厚度在河两岸大于20m;河床中为15.50m~20m。第四系岩性主要为粉质粘土、淤质粉质粘土、砂土及圆砾和卵石。管段穿越段中部圆砾层、卵石层较长,灰岩中溶洞较发育,粉质粘土中局部发育土洞,穿越场地属抗震不利地段。该地层可采用定向钻方式穿越,但定向钻穿越圆砾和卵石有一

定难度，施工时应采取应对措施^[1]。

2 施工方案比选

鉴于西江穿越为佛山天然气管网，截止目前为止，最大型的河流管道敷设工程，且地质情况极其复杂，作为佛山市天然气利用的关键性节点工程，为谨慎起见，我司先后组织了以设计、施工、勘察等方面的专家就此项目的设计、施工的可行性进行评估研讨，并委托了项目设计。设计单位根据专家评估的意见及地质勘探报告进行了西江穿越方案设计，设计单位提交了多个方案供比选：开挖沉管穿越、架空跨越、顶管穿越、盾构穿越、水平定向钻穿越等5个施工方案。

(1) 开挖沉管施工的难度相对较易，但施工周期长，施工费用高，污染河流，且施工的河道必须进行单边或全面封航，这对西江的航运造成严重影响，且沉管经过若干年后在河水的冲刷下有可能悬空形成隐患。因此，近年来在有通航要求的河道上应用较少，专家不建议使用该方法。

(2) 架空跨越即在河岸两端架设跨越架，管道通过跨越架架空于河面上，且西江是通航河道，架设高度有较高的要求。架空跨越工程的施工周期长，施工费用高，输气管道及跨越架都需要定期维护检修，投产运营后投入的维护维修费用会越来越多，因此，近年来国内外在大型通航河道上很少采用这种架设施工方法。

(3) 顶管穿越是广泛用于城市地下给排水管道、天然气石油管道、通讯电缆等各种管道的非开挖铺设，工程造价相对较低，施工速度快。但为了避免洪水发生时可能产生的渗漏和管涌，现行国家标准《堤防工程设计规范》GB50286-98第9.2.9条规定：修建穿堤工程，不宜采用顶管法施工，因此，顶管穿越被否定^[2]。

(4) 盾构穿越是一种应用广泛的施工方法，在大直径或多管道共建的通道施工中应用的经济性较好，该施工方法对穿越区域的地质条件适应性好。但施工准备时间长，施工周期长，且对于小口径的单根燃气管来说，造价太高。专家估计采用盾构穿越西江的单位造价将达32 000元/m以上，施工周期12~18个月甚至更长。

(5) 定向钻穿越 水平定向钻技术是目前应用很广的非开挖管道施工方法，主要用于穿越道路、河流、建构筑物等障碍物，与传统大开挖埋管施工方式相比，具有施工速度快、精度高、成本低等优点。但由于西江穿越管段将经过圆砾层、卵石层以及溶洞等不良地质，一方面成孔难，另一方面是砾石及岩壁角石块对回拖管段的防腐层会造成损坏。工程的实施将对施工水平、施工机械及材料的要求较高，因此，施工中投入的措施费用、施工时间可能成倍增加。专家们估计本项工程的水平定向钻穿越造价约20 000元/m左右，施工周期可能为4~6个月，甚至更长。

最后经过专家的综合论证比较，拟采取水平定向钻穿越的施工方法，穿越段水平长度约为1 500m。设计单位根据论证结果出了施工图，施工单位编写了详细的施工方案：如穿越难度的地段须加设钢套管、做好泥浆配比、增加清洗孔洞次数，制定钻屑打捞专项方案等，并向专家组提交施工组织设计方案，经过专家组的论证认为可行后实施。

3 工程实施

3.1 定向钻穿越施工

2010年4月8日开始施工单位进场施工，钻导向孔、扩孔等工作缓慢而有序的进行，至2010年11月25日完成最后一遍扩孔。鉴于地质条件复杂且成孔情况的不可预见，经研讨决定进行管段的试回拖。第一次试拖结果失败，整段试回拖管完全被挤压变形（见图1），总结原因是因为孔道骨溶洞地质的不规则，形成了“蛇形孔”。重新进行扩孔清孔再进行第二次试回拖，但结果钢管的防腐层及补外套完全剥落，裸露钢管原材料（见图2），防腐层完全失去了应有的保护作用。分析原因为孔洞内的卵、砾石层对钢管造成机械冲击导致的损伤。从第二次试回拖的结果看出，穿越的孔洞已基本成形，但孔洞内壁的角砾及没有被泥浆带走的砂砾钻屑还是对管道防腐层造成刮剥，因此再对孔洞进行清理及对钻屑进行打捞。进行第三次试回拖，结果钢管的防腐层还是被严重刮刮，部分环氧粉末涂层被划穿，钢管划痕深达2mm~3mm（见图3）。至此，连续的扩孔清孔已对定向钻入土点的钢套管造成了严重的磨损，若再对孔道进行清洗及打捞

钻屑都无法完全防止孔壁砾岩对管道防腐层的损伤报告，再进行试回拖可能会造成套管的损毁，将可能对穿越管段的回拖造成更大的损伤。（见图4）。



图1



图2



图3



图4

3.2 钢管外防腐层保护材料的选择

西江穿越用钢管的防腐层为三层高密度聚乙烯作外涂层材料，FBE（熔结环氧粉末）作底层，共聚物作中间粘结层。由于定向钻穿越段的管道不能被检测和维修，要求其防腐层不能有严重损伤，以便管道能够长期安全运营。西江穿越用钢管的相对较柔软的“3PE”防腐层无法防止导向孔洞的弯曲部分及孔洞中凸起的岩石、卵石、砾石冲击和划伤，因此，在管道穿越回拖过程中如何有效地保护管段的防腐层是当务之急。穿越用1.5km的钢管已全部焊接完成，无法再全部切割下来重做其他方式的防腐，且孔洞扩孔成形后要尽快进行回拖，时间越拖延孔洞塌陷的机会也越大。

如何确保管道回拖后防腐层能正常发挥作用成为重中之重，寻找一种施工简便且能对管道的防腐层实施有效保护的材料是当务之急。经了解中俄原油管道黑龙江穿越工程上应用一种新的保护钢管防腐层的材料——光固化保护套（Fibercoat），这种材料成功保护了黑龙江穿越钢管的防腐层，效果良好^[3]，但该产品未在国内推广使用，无法确定是否适用于西江穿越工程。经各方讨论认为可通过对该产品进行试回拖来验证保护效果。试回拖管段长36m，受孔洞的弯曲部分及孔洞中凸起的岩石、卵石、砾石冲击大的前端12m包裹光固化保护套，余下的24m为原钢管防腐层。试拖结果为光固化保护层虽有划痕，但没有划穿保护层，钢管的防腐层完好，没有光固化保护层的原有钢管防腐层划损较严重，部分区域的环氧粉末层被划伤（见图5、6）。



图5



图6



图7

通过试回拖的验证,光固化保护套对穿越管段防腐层有良好的保护作用。光固化保护套的使用在技术上可行,但价格相对较高,因此,穿越管段光固化保护套的使用长度成为主要重点考虑的因素:

(1) 穿越管段全长包裹 这是一种最稳妥的方法,整段钢管的防腐层都能得到良好的保护,对日后燃气管道的运营管理最为有利,但投入的费用也最高。

(2) 入土点前端受冲击大的300m包裹 优点是受拖拽强度高易初划伤的管段受到保护,费用节省,不足的是无法判断其他区域的钢管是否受损。

(3) 经过卵砾石地质层的管段包裹 优点是最大程度避开了高危地质段对钢管的伤害,费用节省,缺点是无法断定除地质勘察报告的卵砾石地段外,其他地段的孔壁对钢管是否会造成损伤。

对城市燃气管网而言,防腐工程投资一般仅占管道建设总投资的3%~5%,但防腐层一旦失效,管道的运行和维修费用将显著增加,防腐层或管道大修更换的直接费用为建设时防腐工程费用的数倍,若维修更换造成停气,造成的间接损失更难以估量^[4]。综合考虑试回拖的结果、光固化费用的投入以及投产运营的安全等方面的因素,最后确定为除入土点300m有钢套管保护以外的穿越管段1.2km均包上光固化保护套。包覆施工时间为一周,整管回拖出土端显示保护材料对钢管防腐层的保护效果良好(见图7),经防腐检测、漏点检测、水压试验等对西江穿越钢管进行检测,显示钢管的3PE防腐完好,至此西江穿越工程全面完成。

4 钢管外防腐层保护材料的应用探讨

通过西江穿越工程实践得出,对于需要在大型

的有通航要求的河流、高等级公路、铁路以及地质条件复杂的山体等进行定向钻穿越的工程,由于穿越段的管道很难被检测和维修,因此,要求其防腐层不能有严重损伤,以便管道能够长期安全运营,这就要求用于定向钻穿越的防腐层应具备:耐划伤性、耐磨损性、抗冲击性,硬度高,与管道粘接力强,耐腐蚀,耐水浸泡等特性。目前,较大型定向钻穿越工程常用的钢管外防腐层有加强型聚乙烯涂层(三层PE),帕罗特涂层(Powercrete),ZF-101环氧重防腐涂料层,光固化保护套等,下面就大型穿越工程的钢管外防腐层保护材料的应用作一些探讨。

4.1 材料性能及适用范围

三层PE防腐层既发挥了熔结环氧钢管表面的高粘结力、阴极剥离半径小等优良性能,又发挥了高密度聚乙烯的抗冲击性好,渗透率低的优良性能^[5]。因此,目前国内城市燃气管道大多数都采用三层PE防腐层,但其相对柔软的聚乙烯外层抗拖拉划伤的能力稍差,且三层PE防腐层需采用聚乙烯热收缩套补口,补口的凹陷或搭接处的凸起部分,使其在穿越时容易被划伤甚至被拉脱挤落。因此,三层PE防腐层适用于地质条件较好,如沙土、粘土、粉土的地质层或基岩开挖直埋的管道工程,不适用于有卵砾碎石地质条件的定向钻穿越工程。

帕罗特涂层(Powercrete)是粉末混凝土Powercrete(帕罗特)防腐结构,即在熔结环氧粉末底层上,喷涂以环氧树脂为主要成膜物质,并添加聚合物混凝土、固化剂等无机填料组成的双组分环氧混凝土涂料,是由国外引进应用的高强涂料。该涂料坚韧、耐磨,可直接用于熔结环氧涂层管,从而保护管道在搬运、定向钻穿越等场合中免受损伤,帕罗特防腐层兼具了环氧粉末防腐层与3PE的特点,抗击碰伤

的能力稍逊于三层PE,但抗拖拉划伤的能力极强。帕罗特的突出优势,在于补口采用现场喷涂或刷涂帕罗特补口涂料,保持补口部分与管体为平滑过渡,这些特点很好满足了定向钻穿越管段防腐层的要求^[6]。

ZF-101环氧重防腐涂层是中船重工725所研制和生产的防腐材料,采用改性环氧树脂及特种活性固化剂,加入耐磨填料、防锈颜料及各种助剂,使该产品具有极优异的附着力、耐磨性、耐海水性、耐化学腐蚀性,和阴极保护有良好的配合性。适用于恶劣腐蚀环境下钢铁结构和混凝土结构的长效防腐,以及抗磨损要求高的砾岩地质条件下的定向钻管段防腐。

光固化保护套是由牢固塑料与玻璃纤维叠压成的高强度材料,用于为管道防腐提供机械性的高强度保护,通过光照固化与PE、PP、PVC等紧密贴合形成增强保护,且防化学腐蚀。通过佛山市天然气管网西江穿越工程证实可用地质条件复杂的卵砾石层定向钻穿越钢管外防腐层的保护。

4.2 材料的施工方法(以1km穿越管段为例)

三层PE防腐层直接在钢管生产的同时涂敷完成,环氧粉末涂层厚度为200 μm,胶粘剂涂层170 μm~250 μm,管体防腐层总厚度3.2mm。在现场用聚乙烯热收缩套进行补口,现场施工的工作量少,受天气影响小,施工速度快。大多数城市燃气钢管都采用该种防腐方式,使用范围广时间长。

帕罗特涂层防腐用于定向钻穿越的PBE钢管生产完成后,帕罗特供应商可在穿越施工现进行喷涂施工亦可将喷涂作业线安置于防腐厂内进行施工,施工时间约10天,在穿越的施工现场由供应商采用一种Powercrete J的双组份配套涂料喷涂或抹涂进行补口,现场施工量较多且受天气的影响。自2000年以来开始应用于我国定向钻穿越工程的钢管防腐,在北京、天

津、深圳等地均有使用。

ZF-101环氧重防腐涂层可直接在裸管或已焊接补口完成的三层PE管上刮涂或喷涂施工,目前由供应商直接在施工现场涂敷,施工时间约为10天~15天,到实干情况下时间约15天~20天,受天气影响较大。1983年首次应用于厦门一彭浪屿海底输水管道工程,多应用于船舶、码头、管道水利、水上平台、化工设备等军用民用工程的防腐,用于燃气管道穿越工程较少,在佛山天然气高压管网西江—明城松岗高速公路服务区定向钻穿越工程中使用。

光固化保护套供应商根据穿越钢管的规格裁剪相应的光固化保护材料,直接在已焊接补口完成的三层PE管上包覆施工,不能单独应用在裸管,施工时间约为7天~8天,天气不好时可用紫外灯照射促使材料固化,受天气影响较小。该材料近两年来开始进入国内市场,在中俄原油管线、西江穿越等工程上应用。

4.3 材料的经济对比

根据目前市场价格测算,各涂层的市场价格比较见表1。

综上所述,由于定向钻穿越是在不开挖地表的情况下敷设管道,特别是在较大型的河流、山体等区域,穿越的深度深、长度宽,如西江穿越工程的穿越深度在河床40m以下,钢管一旦回拖进洞就很难进行修补、检测,因此,在定向钻施工前应进行专项勘察,根据地质条件进行施工方案设计,施工方案在技术可靠、可行的前提下,充分考虑经济合理。一般情况下,当工程穿越沙土、粘土、粉土的地质条件时,钢管采用三层PE加强级防腐即可;当穿越工程的地质条件为砾石层或基岩层时,应优先考虑用ZF-101环氧重防腐涂层;在时间要求较紧的情况下,可考虑用帕罗特涂层;只有在工期要求紧迫或工程抢修抢险修补的情况下选择光固化保护套。

表1 各涂层价格比较

	主体施工费用	补口费用	12m长的管道费用(含补口)	价格比(相对于3PE)
三层PE(Φ508) ^[6]	100元/m ²	1500元	3414元	1
帕罗特涂层(Φ508) ^[6]	300元/m ²	450元	6192元	1.81
ZF-101环氧重防腐涂层(Φ508)	250元/m ²	-	4785元	1.4
光固化保护套(Φ508)	850元/m ²	-	16270元	4.77

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2012.08.006

在中国企业公民社会责任高峰论坛上的讲话

□ 中国城市燃气协会理事长 王天锡

2012年7月11日

尊敬的各位领导、各位来宾、女士们、先生们、大家上午好：

首先请允许我代表中国城市燃气协会向中国企业公民社会责任高峰论坛的主办方表示热烈的祝贺！感谢港华集团为中国城市燃气行业创造了一个很好的机会，使全国燃气界的同仁能齐聚一堂，共同探讨交流、分享企业公民履行社会责任的经验和体会，借此机会我讲几点意见。

一、在全行业开展企业履行社会责任的讨论很具现实意义

企业是社会中的独立的经济体，过去在我的概念中，企业的社会责任主要表现在救灾捐献。但经济与社会发展的实践证明，企业只有在实现自身与社会的可持续发展中遵循法律法规，遵循社会规范和商业道德，有效管理运营对所有利益相关者和自然环境的影响，才能在真正意义上去追求经济、社会和环境的综

5 结语

随着西江定向钻穿越工程建设的完成，有很多方面值得我们总结。随着城市燃气管网建设有不断延伸，工程施工中也会遇到越来越多不同地质、地貌的工程情况，我们应在工程设计、施工工艺以及工程材料等方面的进行优化比选，选择最可行、可靠的施工方法，让工程的建设质量及进度会明显提高，施工安全得到很好的保障，同时工程造价也可得到最大程度的节省。

参考文献

1 佛山市天然气高压管网工程广明高速段西江穿越岩土工程勘测报告.山东正元建设工程有限责任公司，

2008；11

2 龚明，李永威.定向钻在天然气管道穿越永定河工程的应用[J].煤气与热力，2011；31：8

3 中俄原油管道黑龙江穿越工程亮点回眸.中国石油新闻中心：

<http://news.cnpc.com.cn/system/2010/09/29/001307755.shtml> 2010:9

4 杨雯，杨印臣.城市燃气钢管防腐层的选择及设计要点[J].城市燃气，2010；7

5 曾强，陈彬源.浅谈定向钻穿越中管道外防腐层的保护[J].天然气与石油，2008；8

6 杨雯.定向钻穿越防腐层的选择.燃博网，
<http://news.gasshow.com/News/SimpleNews.aspx?newsid=268114> 2010；6