

新型CND光敏玻璃钢预浸带在定向钻穿越的应用

石 崑

河北华北石油工程建设有限公司, 河北 沧州

收稿日期: 2022年7月24日; 录用日期: 2022年9月2日; 发布日期: 2022年9月9日

摘 要

定向钻穿越工艺以其优越的穿越性能和精度, 广泛应用于公路、铁路、大中型水域等难度较高的穿越施工中。根据定向钻施工工艺, 管道外防腐层在管道回拖工序施工中容易受损, 导致管道外防腐层破损, 丧失部分防腐功能, 减少管道使用寿命。本文介绍一种新型CND光敏玻璃钢预浸带材料, 在穿越管道外防腐层外增设一层光敏玻璃钢保护层, 应用于复杂地层定向钻穿越中, 保证穿越管道外防腐层的完整性。

关键词

定向钻穿越, 外防腐层, 光敏玻璃钢保护层

Application of New CND Photosensitive Glass Fiber Reinforced Plastic Prepreg Tape in Directional Drilling through

Wei Shi

Hebei Huabei Petroleum Engineering Construction Co., Cangzhou Hebei

Received: Jul. 24th, 2022; accepted: Sep. 2nd, 2022; published: Sep. 9th, 2022

Abstract

Due to its superior traversing performance and precision, directional drilling traversing technology is widely used in difficult traversing constructions such as highways, railways, and large and medium-sized waters. According to the directional drilling construction process, the outer anti-corrosion layer of the pipeline is easily damaged during the construction of the pipeline back-to-back process, resulting in damage to the outer anti-corrosion layer of the pipeline, loss of

part of the anti-corrosion function, and shortening the service life of the pipeline. In this paper, a new type of CND photosensitive glass fiber reinforced plastic prepreg material is introduced. A layer of photosensitive glass fiber reinforced plastic protective layer is added outside the anti-corrosion layer of the crossing pipeline.

Keywords

Directional Drilling Crossing, External Anti-Corrosion Coating, Photosensitive Glass Fiber Reinforced Plastic Protective Layer

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

定向钻穿越技术[1]作为一种优越的长距离非开挖穿越技术,广泛应用于我国油气长输管道的建设工程,多次在长江、黄河、淮河等大中型水域以及各类小型河流、公路、铁路穿越中应用,具有穿越精度高、距离长、适应复杂地质等优点。现在油气长输管道常用的外防腐层[1] [2]结构是聚乙烯 3PE 防腐层以及聚乙烯定向钻穿越专用补口带(含牺牲带),根据定向钻施工工艺,管道外防腐层在管道回拖工序施工中容易受损,丧失部分防腐功能,使管道暴露在腐蚀环境中,并且破损部位极难修复,对管道产生巨大威胁,减少管道使用寿命。针对此项风险,现在有效做法是在穿越管道外防腐层外增设一层保护层,以保证穿越管道外防腐层的完整性,因此,选择合适的保护层材料,对增加保护层的强度,避免聚乙烯防腐层在回拖过程中的损伤尤为重要。

经过国内外多年的研究和实践,较常见的保护层材料有环氧玻璃钢保护层[2] [3]、石夹克保护层[2]、光固化保护层[2] [3] [4] [5]。环氧玻璃钢保护层施工工序多,施工周期长,施工容错率低;石夹克保护层施工更为复杂,并且国内尚未引进石夹克涂覆生产线,在国内的应用受到限制;光固化保护层施工简便,具有较高的抗剪切强度和抗拉强度,在实践中防护性能较好,因此,近年来国内在定向钻穿越中应用较广的为光固化保护层。巴彦油田兴华区块系统配套工程永济渠和 G242 国道定向钻穿越工程采用了新型 CND 光敏玻璃钢预浸带材料作为光固化保护层,施工较常规材料更为简单,防护强度和效果更为优越。本文结合施工特点,详细介绍 CND 光敏玻璃钢预浸带在定向钻穿越的应用。

2. CND 光敏玻璃钢预浸带材料的性能及优点

2.1. 材料简述

CND 光敏玻璃钢作为一种新型光固化材料,是我国自主研发的第一个光敏固化类产品,研发方向是作为定向钻穿越的保护材料,研发了布毡复合编织增强纤维技术、环氧-聚氨酯光敏树脂技术、表面弥散强化技术、挤压浸胶技术、嵌入式搭接无空鼓包覆技术、柔性环氧涂料底涂粘接技术等,以达到提高强度、提高硬度、提高刚性、提高韧性和减少空鼓的目的。

CND 型光敏玻璃钢采用二布二毡五油复合结构,其中采用二布二毡五油结构,适用于粘土土质定向钻穿越保护层;采用二布二毡五油、带表面硬化技术的错边结构,适用于砾石土质定向钻穿越整体包覆保护层。

2.2. 材料优点及同类产品的性能对比

2.2.1. 高强度、高刚性和高抗变形能力

CND 光敏玻璃钢采用了布毡复合编织增强纤维技术和挤压浸胶技术，固化后的抗拉强度达到 280 MPa，抗变形载荷达到 350 N/mm，是国内外其他材料的 2~5 倍，能够有效防止回拖过程中被孔内碎石撕裂。

2.2.2. 高韧性和高抗裂性

CND 光敏玻璃钢采用了环氧-聚氨酯光敏树脂，固化后可以达到弯曲 5°不开裂，是国内外其他材料的 2 倍(其他材料弯曲 2°不开裂)，能够有效防止回拖过程中承受局部较大变形时，玻璃钢保护层不会被挤碎断裂。

2.2.3. 表面硬度高

CND 光敏玻璃钢采用了表面弥散强化技术，穿越整体包覆的玻璃钢保护层巴氏硬度达到 70，是国内外其他材料的 1.5 倍(其他材料巴氏硬度 40~50)，抗划伤、抗磨损和抗刺穿性能极强，能够有效防止回拖过程中碎石的破坏。

2.2.4. 无空鼓

CND 光敏玻璃钢采用了双层错边生产技术，具有二布二毡五油的错边结构，整体包覆管道时，有效消除环向搭接处的空鼓区，实现对头搭接的四面粘接，形成安全结实的保护层。

2.2.5. 高收缩率

CND 光敏玻璃钢机械强度高，具有较高的收缩率，可以达到 1.5%~3%，高收缩率大大增加了对接管的抱箍力。根据中石油管道技术研究中心的测试结果，在有环氧底漆的情况下，CND 光敏固化玻璃钢缠包带对钢和对环氧粉末涂层的禁锢粘接力达到 13 MPa，对 PE 涂层钢管(相当于三层 PE 管道)的粘接力达到 5.9 MPa。比国外同类产品高 2 倍，是热收缩套材料的 5~10 倍。能够牢固的固定在防腐层上，保证回拖过程中对防腐层的保护。

2.2.6. 达到 2.5 mm 厚度以上成本低

厚度是管道穿越保护层最终的指标，CND 光敏玻璃钢能够以较低施工成本达到 2.5 mm 以上的厚度。材料预制 2.5 mm 后，直接一次包覆成型，不需要考虑搭接损耗，其他的同类产品都是不可能达到的。其中国外常用的 FB 光固化材料由于其全毡的结构和阻聚剂的作用，具有较强的不透光性和低活性，在厚度大于 2.0 mm 以上后性能大幅下降(内层固化不完全)。

2.2.7. 施工方便、效率高、受环境影响小

CND 光敏玻璃钢采用预浸带结构，出厂前树脂与增强材料已经浸润好，采用独特的布毡结构，透光性高于纯毡的 FB 光固化材料，一次包覆成型，阳光累计照射时间大于 2 小时就可以实现固化，施工温度和湿度无限制，零下的冬天依然可以施工和固化。

3. CND 光敏玻璃钢预浸带的施工应用

3.1. 工程概况

巴彦油田兴华区块系统配套工程永济渠和 G242 国道定向钻穿越工程穿越长度为 323.3 m，采用 L245N 无缝钢管，钢管规格 D273 mm × 8.0 mm，输油管道设计压力 6.3 MPa。管道外防腐保温结构采用环氧粉末加强级(厚度 400 μm) + 硬质聚氨酯泡沫塑料保温层(厚 50 mm) + 聚乙烯外护(厚度 2.0 mm)；补

口结构采用粘弹体胶带(厚 1.8 mm, 宽 100 mm) + 聚丙烯胶粘带(厚 1.1 mm, 宽 100 mm) + 聚氨酯泡沫塑料(厚 50 mm) + 辐射交联聚乙烯热收缩套(宽 650 mm, 厚 2.2 mm); 保护层采用 CND 光敏玻璃钢(厚 2.0 mm, 宽 1000 mm)。定向钻穿越在永济渠底以下约 14.5 m 处, 穿越主要地层为细砂层、粉质黏土层和细砂层。

3.2. CND 光敏玻璃钢保护层结构及性能指标

本工程保护层采用 RX-1 环氧底胶 + CND400 光敏玻璃钢结构(厚 2.0 mm), 采用 CND400 光敏玻璃钢预浸带, 规格为 1000 × 1330 × 2.0 mm, 材料主要性能指标见表 1:

Table 1. Main performance index of CND400 photosensitive FRP prepreg tape
表 1. CND400 光敏玻璃钢预浸带主要性能指标

序号	检测项目		性能指标	测试方法
1	厚度, mm		≥2.0	GB/T6672-2001
2	抗拉强度, MPa	纵向	≥300	GB/T1447-2005
3	弹性模量, GPa	纵向	≥10	GB/T1447-2005
		横向	≥10	
4	压边处抗拉强度, MPa	纵向	≥200	GB/T1447-2005
		横向	≥200	
5	搭接处抗拉强度, MPa	纵向	≥200	GB/T1447-2005
		横向	≥200	
6	复合层粘接强度	对 FBE	≥7	ATM D4541
		对 3PE	≥4	
7	巴柯尔硬度		≥45	GB/T3854-2017

3.3. 施工工艺及技术要求

3.3.1. 施工准备

CND 光敏玻璃钢保护层施工最重要的是遮蔽紫外线, 延缓凝胶时间, 避免过快固化影响施工质量。施工前在现场搭设施工帐篷, 帐篷采用黑色遮光尼龙布, 顶部和四周均封闭进行遮光。

CND 光敏玻璃钢比同类材料优越的是固化几乎不受温度影响, -30℃依然固化, 固化速度差别不大。施工主要影响因素是阳光照射强度, 但湿度对施工质量也有影响, 施工中的湿度应 ≤ 70RH, 现场需准备温湿度仪, 监控环境湿度。

本工程钢管规格 D273 mm × 8.0 mm, 采用 50 mm 保温和 2 mm 聚乙烯外护, 整体直径为 387 mm, 管道需悬空高度 ≥ 500 mm, 便于管道底部固化。如果现场达不到悬空高度, 可采取管底需要铺设反光膜, 利用反射光对管道底部进行固化的方法。

CND 光敏玻璃钢预浸带是独特的二布二毡五油的错边结构, 内侧是布(粘贴黑膜), 外侧是毡(粘贴透明膜), 布面朝向管道, 毡面朝外, 如果缠反, 将起不到保护作用。施工前应对操作工人进行详细的技术交底。

3.3.2. 管道表面预处理

CND 光敏玻璃钢预浸带采用 RX-1 环氧底胶, 与 pe 层粘结力较低, 本工程外防腐层采用聚乙烯外护, 需要对钢管聚乙烯外护表面进行预处理, 以求提高粘结效果。

首先将管线外表面进行清洁处理，达到无灰尘和无油污，并保持表面干燥，然后进行防腐层表面拉毛，并用火焰加热器对拉毛处进行火焰极化。

3.3.3. 涂刷 RX-1 环氧底胶

涂刷 RX-1 无溶剂柔性环氧粘接底胶，配比按重量比 A:B = 4:1 配置，搅拌均匀，需要在要在 20 分钟之内涂刷完成，用量约 0.4 kg/m^2 ，厚度 $200 \text{ }\mu\text{m}$ 。底胶不可以减少涂刷用量，其作用不仅是加强 CND 光敏固化玻璃钢预浸带与管线表面的粘接，更重要的是填充少量空鼓，增加保护层的固化深度，提高保护层的强度。

待底胶表干且处于软态情况下进行包覆光敏玻璃钢预浸带片材施工，一般表干时间需要 20~60 分钟，底胶达到软态不粘手。

3.3.4. CND 光敏玻璃钢预浸带包覆

CND 光敏玻璃钢预浸带在施工时才能打开外包装，确保无阳光及紫外光照射，否则，一旦见光，数十秒内就硬化，丧失使用功能。

为了防止操作人员皮肤直接与预浸带中的树脂接触，操作人员需佩戴橡胶手套、护袖、口罩、长衣长裤、护目镜等劳动保护用品进行包覆施工。

穿越管道由尾端向头端开始包覆(管道回拖入洞端为头端)，预浸带内侧是布面(粘贴黑膜)，外侧是毡(粘贴透明膜)，把黑膜解开，从管道底部穿过，管道两侧各两名操作工，分执一角，拉紧光敏玻璃钢预浸带，紧贴管体，然后揭去外面透明膜，由管道底部开始向对头搭接处擀平气泡、褶皱，达到完全贴实。并用刮板刮平，扣边对齐，贴实无皱，对头一层一层搭接。对头搭接在管体的 11 点~13 点的位置。每片预浸带包覆完成后，在预浸带连接处缠绕一条 200 mm (宽) \times 0.3 mm (厚) 的玻璃丝布预浸带。

预浸带包覆完毕之后，再缠绕一层上光膜，上光膜缠绕方式与胶带的相同，按照 10 mm ~ 20 mm 搭接进行缠绕，拉紧包覆，达到把胶带中的树脂挤出的程度。

3.3.5. CND 光敏玻璃钢预浸带固化

穿越管道包覆施工完毕之后，让光敏玻璃钢保护层见光固化，一般情况下，阳光直接照射 2 小时或紫外灯 1000 w 照射 5 分钟即可完全固化，在阴天或下雨条件下，12 小时也可完全固化。

3.3.6. 施工关键技术要求

- 1) 遮挡紫外线是最重要的，可极大延长有效施工时间，确保施工质量。
- 2) 包覆时，主操作手端头要超过管顶，否则副操作手拉紧就会松脱，无法达到收缩质量要求。
- 3) 包覆时，要从中间进行拉紧，这样才能保证中间凹下部分得到充分的收缩挤压，防止空鼓产生。
- 4) 包覆时，预浸带边部要贴合，无褶皱翘起。擀平均匀，使预浸带与管道完全贴实，达到整体无褶皱。
- 5) 最后缠绕的透明光膜要缠紧，确保固化收缩质量(图 1、图 2)。

3.4. 施工质量检验

由于光固化保护层为新工艺，国内现在没有相应的验收标准，本工程根据 CND 光敏玻璃钢预浸带的特性制定了验收规程，在施工 24 h 后进行检查验收，主要包括以下 5 个方面：

3.4.1. 表面预处理检验

钢管外防腐层表面清洁干燥，不留污物。



Figure 1. CND400 photosensitive curing FRP prepreg tape coating construction
图 1. CND400 光敏固化玻璃钢预浸带包覆施工



Figure 2. CND400 photosensitive curing FRP cladding completed
图 2. CND400 光敏固化玻璃钢包覆完成

3.4.2. 外观检验

目测检查，光敏玻璃钢保护层表面应平整光滑，无开裂、皱褶、空鼓、脱层、发白，压边和搭接应均匀且粘结紧密，首尾搭接长度 ≥ 80 mm。

3.4.3. 厚度检验

采用千分尺或焊缝检验尺对光敏玻璃钢保护层进行厚度检验，每班至少抽检两次，每次测量圆周方向均匀分布的任意四点的防护层厚度，厚度应不小于设计要求的 2.0 mm，环向搭接处凸起 ≤ 0.4 mm。

3.4.4. 硬度检验

采用巴氏硬度计在光敏玻璃钢固化后逐根进行玻璃钢保护层硬度检验，沿钢管轴向随机测量 3 点，检测结果应不小于 45。

3.4.5. 粘结强度检验

光敏玻璃钢实干后，采用拉拔仪进行粘结强度检验，粘结强度应不低于 5 MPa。

3.5. 定向钻回拖效果

管道回拖后，光敏玻璃钢保护层起到了优秀的保护作用，管道聚乙烯防腐层没有在管道回拖过程中受到外力损伤，仅光敏玻璃钢保护层表面存在外力导致的磨蚀，防护强度和效果极为优越。

4. 结论

CND 光敏玻璃钢预浸带材料作为一种新型光固化保护层材料, 施工简便, 抗剪切强度和抗拉强度优越, 防护强度和效果强, 可以有效的避免定向钻回拖中管道外防腐层的损伤。

结合本工程施工效果, 光敏玻璃钢保护层能在现场施工, 施工时间短, 容错率较高, 管道回拖过程中保护效果优异, 验证了材料的优良性能, 存在较好的应用前景。

参考文献

- [1] 曾强, 陈彬源, 刘海禄, 等. 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, 26(4): 24-26.
- [2] 陈广仁, 李冉. 定向钻穿越油气管道外防腐层的保护层[J]. 煤气与热力, 2013, 33(6): 26-28.
- [3] 任红英, 欧向波. 定向钻穿越防腐层保护方式的选择[J]. 煤气与热力, 2016, 36(5): 30-33.
- [4] 陈德兴. 光固化保护套在定向钻穿越防腐层保护的应用[J]. 煤气与热力, 2012, 32(6): 33-38.
- [5] 江建海, 虞邦炜, 王升, 等. 光固化套在天然气管道定向钻穿越的应用[J]. 煤气与热力, 2016, 36(7): 13-16.