

# 螺纹式RTR安装施工在沙特阿美长输管道项目上的应用

杨辉<sup>1</sup>, 凌雪<sup>2</sup>, 梁贺强<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司第四分公司(建设公司), 河北 廊坊

<sup>2</sup>新奥集团股份有限公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2023年7月26日; 录用日期: 2023年9月18日; 发布日期: 2023年9月26日

## 摘要

RTR管道安装工程(RTR管道安装“Reinforced Thermosetting Resin Pipe”中文名字是热固性树脂管道, 俗称玻璃钢管道), RTR材质的管道安装广泛应用沙特阿美油气管道项目上, 管道抗腐蚀能力强, 增加了管道的使用寿命, 而且螺纹式连续方式, 具有施工方式简单, 抗压能力强, 在油气管道施工中有极其重要的作用。本文结合沙特阿美NGCP项目施工经验, 着重探讨冷螺纹式连接特点, 现场安装以及现场检验等工序中的注意事项。

## 关键词

RTR管道安装, 螺纹式安装, 玻璃钢

# Application of Screw Thread Installation for RTR in Saudi Aramco Pipeline Project

Hui Yang<sup>1</sup>, Xue Ling<sup>2</sup>, Heqiang Liang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. No 4 Company, Langfang Hebei

<sup>2</sup>ENN Group Co., Ltd., Langfang Hebei

Received: Jul. 26<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

RTR Pipe installation project (RTR pipe installation “Reinforced Thermosetting Resin Pipe” Chi-

nese name is Glass fiber reinforced plastic pipe, commonly known as fiberglass pipe), RTR material pipe installation is widely used in Saudi Aramco oil and gas pipeline project, the pipeline has strong corrosion resistance. The service life of the pipeline is increased, and the continuous screw thread method has a simple construction method and strong pressure resistance, which plays an extremely important role in the construction of oil and gas pipelines. Based on the construction experience of Saudi Aramco NGCP project, this paper focuses on the characteristics of cold thread connection, field installation and field inspection.

## Keywords

RTR Pipe Installation, Screw Thread Method, Fiber Glass Pipe

Copyright © 2023 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

沙特是中国在中东地区推进“一带一路”建设的重要合作伙伴[1], 管道局四公司承建的沙特北部管道项目, 其中 RTR 施工管道全程 110 km, 管道寸径包含了 8 寸、10 寸、12 寸, 全线连接方式: 主线路 - 螺纹式, 连头 - 法兰连接方式。

对管道局以往项目来说, 首次采用螺纹式安装方式进行 RTR 管道铺设施工, RTR 即玻璃钢材质, 是将玻璃与塑料混合, 增强材质的强度和可塑性, 它本着自身轻质、高强(机械强度高过 CS 管道)、价格低(仅是钢管价格的 80%, 同比低了 20%)、耐腐蚀和较小口径输送同等流量的流体等性能(摩擦系数低), 各项指标领先于其他管道, 并受到业主广泛的好评。

随着石油天然气勘探开发力度、油田介质环境日益复杂苛刻, 以及国内油田逐渐进入开发中后期, 钢质管道腐蚀问题愈发严重, 给油田的安全生产带来极大风险[2], 沙特阿拉伯哈拉德地区地处热带沙漠, 常年高温少雨, 气候干燥, 土壤腐蚀性强, 该气候及地理环境下对于埋地管道的耐腐蚀性及管道的热胀性要求较高[3], 以往常规施工要求已不能满足现有特殊的施工环境。针对新的施工内容及现有环境影响因素, 沙特北部管道团队展开了一系列新的革新和探索, 有效解决了 RTR 管道施工中难点, 为工程安全顺利完工提供了强有力支持, 为以后其他项目类似施工活动的开展提供具有保障性的施工方法和程序, 并提供了使用标准和规范。

## 2. 施工方法特点

### 2.1. RTR 螺纹式连接简单易行

相比较碳钢管长输管线施工, RTR 螺纹式连接, 省略了碳钢管的无损检测、防腐、阴保等工序, 并且 RTR 管道试压完成后直接就可以投入使用。

### 2.2. RTR 管材施工成本低

RTR 管材密度小, 质量轻。RTR 管道重量只有铸铁管的 1/6, 水泥混凝土管的 1/10, 同时长度比铸铁管长 6 倍[4]; 施工时不需要吊管机, 电站等大型设备, 有一台自卸吊就可以施工, 部分连头施工人工就可以完成。施工成本低, 资源投入少, 施工效率高, 单日最高功效 0.5 km。

### 2.3. 施工噪声小, 环境污染小

比较碳钢管焊接施工, RTR 螺纹式连接机械设备较少, 不仅设备本身的噪声比较小, 而且也能避免对口和焊接的噪声, 另外 RTR 螺纹式连接不会产生焊接飞溅、铁屑以及焊接产生的施工废料, 对环境污染小, 尤其对于越来越注重环保的国家, RTR 螺纹式在长输管线的施工的首选方案。

### 2.4. 有利于新工艺的创新

RTR 螺纹式连接是较新工艺, 这与以往的对口焊接工艺完全不同, 不仅表现在管道材质上, 也表现在作业工艺流程上。突破了以往的传统单一施工工艺, 拓展了管道施工安装的环境空间和加宽了在同等条件下工艺选的种类。RTR 螺纹丝材料强度高承压能力高; 内表面光滑、输量大且长期使用能耗低; 刚度好抗变形能力强; 安装的可靠性高, 使用寿命长, 设计寿命在 20 年以上[5]。

## 3. 施工步骤

### 3.1. 工艺施工详解

#### 3.1.1. 管材存储

- RTR 管材应用遮阳材料进行覆盖, 禁止长期阳光照射。
- 丝扣禁止阳光照射(资料显示丝扣材质特殊, 紫外线照射 6 小时将对材质造成损害)管帽缺失的即发现即恢复。

#### 3.1.2. 管材装卸与运输

- RTR 管材性质决定了管材在运输途中要合理保护, 禁止与硬物直接接触, 绑扎牢固。最好运输是不要拆散原装的木架, 即方便运输又能有效防护。
- 管材装卸时禁止管体与硬质尖锐或凸起物直接接触。如石头等。

#### 3.1.3. 布管

- 设备吊管时应用牵引绳牵引, 禁止与车体等部位磕碰, 造成管材损伤。
- 每次只允许吊一根, 禁止两根及以上共用一组吊带同时吊起。
- 管材要进行三点支撑, 布管中管材严禁与硬质尖锐或凸起物直接接触。

#### 3.1.4. 安装前检查

- 安装前管沟沟底应垫至少 20 cm 的细沙垫层, 并浇水沉实, 并保证沟底平坦。
- 对管材的管体及丝扣进行检查, 如发现问题及时确认是否可以安装, 禁止强行安装, 造成管材损坏。

#### 3.1.5. 管道组对

- 管材吊装要用专用的吊篮进行吊装。
- 应对外丝扣缠绕专用密封带、涂抹专用螺纹脂, 内扣涂抹专用螺纹脂。外螺纹插入内螺纹前要对管口进行调平。旋转螺扣是要先用皮带扳手手动拧紧, 然后在用液压钳进行紧固。
- 液压钳紧固过程中要用皮带扳手及链扳手对非旋转管材进行固定, 防止转动。
- 安装完成后吊管机和自臂吊同时提起管子取出管支架放置于新安装管头处进行支撑。
- 拆除液压扳手和链扳手, 转移至下道管口进行组对。

### 3.2. 螺纹式 RTR 安装施工注意事项

#### 3.2.1. 安装前注意事项

- 管沟必须进行平稳的放坡, 且管沟小回填需要洒水夯实, 避免较大弯曲管沟和沟底硬物对管材的

损伤。

● 安装前要对这些螺纹进行特别彻底的检查确保丝扣完成没有断点，以确保管材没有任何损坏。拆除丝扣保护罩时，要由专业人员将保护罩延丝扣走向缓慢拆除。拆除后对丝扣进行全面检查(如丝线应无明显的撕裂、割伤、磨伤、肩部或任何其他缺陷)。如发现损伤，对管段禁止使用并且登记退回。

● 组对前对丝扣位置进行全面清理，确保丝扣无杂物，杂尘，颗粒物等，清理后对丝扣进行整丝测距。

● 安装前对大小口内外丝进行提前比对，按照紧锢留丝要求比对丝扣测距值是否符合要求。

● 底漆和粘结材料必须在有效期内使用，其泄露或包装开启储存的不能使用。

### 3.2.2. 组对安装注意事项

● 在组对链接时，内螺纹通常固定到位，外螺纹旋转至固定端，转动小头位置进入大头内丝扣。

● 非金属法兰的螺栓紧固加设平垫。

● 法兰额定压力要求和螺栓紧固程序以及最大扭矩要求根据 SAES-L-610。

● 垫片材料包括弹性密封圈必须适合相关流体的要求和使用环境要求。

### 3.2.3. 组对安装后注意事项

● 安装完需要移除所有管下支撑，确保管道平稳敷设在管沟中。

● 安装完必须马上进行大回填和管帽的修筑，避免重型设备对管材的伤害。

## 3.3. 螺纹式 RTR 安装与常规施工流程的差异性

### 3.3.1. RTR 螺纹式顺序施工

RTR 螺纹式安装与传统的焊接安装方向不同，RTR 螺纹式安装必须是逆气流安装，而且要最大程度避免连头施工，传统的钢管焊接则不受安装方向的限制，比较灵活。

### 3.3.2. RTR 螺纹式均为沟下安装

RTR 螺纹式安装需要再沟下安装，确保管沟一次成型的情况下才能组织施工，传统的钢管主线路一般先焊接再挖沟最后下沟，连头则在沟下焊接。

### 3.3.3. RTR 螺纹式连头采用法兰连接

RTR 螺纹式连头安装采用的是非金属法兰螺纹丝扣安装到主管之后，再使用螺栓进行加固，而且合适长度的短节需要临时加工，传统的钢管连头则采用焊接的方式。

## 4. RTR 螺纹式连接施工检验

### 4.1. 施工准备

● 施工安全、技术、质量等相关人员报验完成。

● 施工所需设备物资报验完成。

● 相应的施工程序文件审批完成，并对施工人员完成交底。

● 沿线派专人进行巡视，水压试验期间严禁管线附近 50 米范围内施工。

● 根据 RTR 管道施工规范要求，完成 RTR 管道安装，根据 RTR 管道的设计图纸、高程、埋深及走向绘制高程图。

### 4.2. 安装试压头

● 采用与 RTR 管道法兰接头材质、等级相同的试压头。

- 选择首末端较低端作为注水端,根据 RTR 管材的特殊性,采用硫化橡胶清管器作为注水球,并将注水球提前装入试压头内,用于排出管道内空气、杂质等。

- 试压头与 RTR 管道法兰连接采用螺栓连接,螺栓禁锢采用液压力矩扳手,按照 RTR 管道的试验压力,使用相应的力矩,经过初拧、终拧,完成试压头的安装。

- 安装完成后,对试压头采取相应的支护措施,试压头附近 50 米范围内设置警戒区,警示标语,严禁非操作人员进入。

#### 4.3. 注水推球

- 通过水罐车向水箱内注水,将注水泵固定在水箱内,连接注水泵、试压头。

- 为了在注水过程中隔绝空气,防止空气进入水中而影响水压试验,在硫化橡胶清管器前注入约 50 米的清洁水,然后再通过阀门注水发出清管器,持续不间断注水。

- 注水口安装高压电子流量计,管道理论注水量计算公式如下:

$$V_t = \pi \frac{(D-2t)^2}{L} \times 4 \quad (1)$$

式中:  $V_t$ ——注水量( $m^3$ );

$D$ ——管道公称直径(m);

$t$ ——管道壁厚(m);

$L$ ——管道长度(m)。

- 直到末端排水管出水,收到硫化橡胶清管器后,关闭阀门,继续注水升压至管段两端压力超过自然静水压力为止(不能超过试验压力的 30%)。

#### 4.4. 热稳定

- 管段注满水后,进行热稳定。热稳定的目的,是为了使水温与管壁以及土壤温度平衡,避免在水压试验过程中,温度变化影响压力变化。

- 国内施工标准中对热稳定没有详细规定,一般规定是在首末端埋地段 50 米处管道外壁及土壤分别放置温度仪进行监测,热稳定时间为 24 小时。

- 国外要求相对较严格,要求每间隔 2 小时测量一次水压试验段落内测温点的管道温度、土壤温度,然后求平均值,当最后两组管道温度差值小于 1 度时,热稳定合格后,然后进行升压。

#### 4.5. 阶梯性升压、稳压

RTR 管道应缓慢升压,升压、稳压程序按以下阶段进行:

- 1) 升压过程中检查管道是否有泄漏,如有泄漏,应泄压后在进行禁锢、修复,修复完成后,再次按照升压程序进行升压。

- 2) 升压过程中,派专人进行沿线巡视,检查是否存在异常情况。

- 3) 稳压过程中绘制压力/温度/时间曲线图。

#### 4.6. 稳压

- 稳压期间,如果稳压前后温度发生变化,导致压力发生变化,可通过以下公式进行计算(图 1):

$$\Delta P = \frac{(\alpha - 2.6\beta) \times E \times \Delta T}{0.91D/t + E/K} \quad [6] \quad (1)$$

式中： $\Delta P$ ：稳压前后压力变化值 psi；  
 $\Delta T$ ：稳压前后温度变化值——F；  
 $D$ ：管道公称直径——inch；  
 $t$ ：管道壁厚——inch；  
 $K$ ：液体的弹性系数——300,000 psi；  
 $E$ ：弹性系数——29,500,000 psi；  
 $\alpha$ ：液体膨胀系数——查表可得；  
 $\beta$ ：RTR 管道材料膨胀系数——0.0000061。

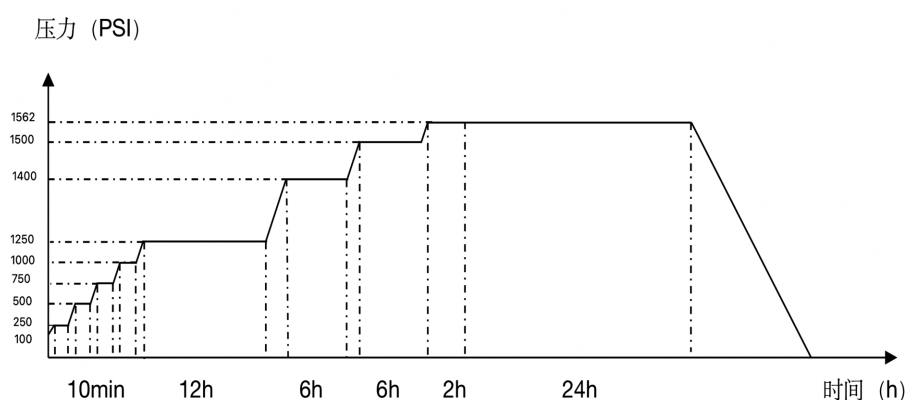


Figure 1. Pressure boosting and stabilization  
 图 1. 升压、稳压图

- 稳压期间，巡线人员 24 小时对管线沿线进行检查。

#### 4.7. 泄压

- 水压试验完成后，通过引压管进行泄压。
- 泄压口设置警示标志，采取保护措施，并有专人看守。
- 泄压时缓慢开启阀门，缓慢泄压，当泄压端压力达到该处自然静水压力时，停止泄压，防止管道内产生空气段，在排水时造成“气阻”现象。

#### 5. 结束语

RTR 螺纹式连接管道施工工法在沙特 NGCP 项目取得了成功的应用；2020 年 5 月~2023 年底，沙特 NGCP 项目 RTR 管道安装里程 110 公里，施工规格包括 8 寸、10 寸、12 寸，RTR 管道设计压力较高(设计压力 1250 psig)，全线采用 RTR 螺纹式连接管道施工工法，管道完工符合业主要求和预期；首次使用液压钳进行管道安装，以及首次使用分布注水法试压，比较以往工艺管道安装速度快，效率高、设备操作简单、资源投入少、污染小、收获效益巨大。因此，RTR 管道安装技术在中东市场基础设施建设中推广应用前景广阔[7]。而这种螺纹连接的方式也将会步入 RTR 管道安装的施工应用当中，取得更好的应用效果。

#### 参考文献

- [1] 包澄章. 中国在沙特推进“一带一路”建设的现状、风险及应对[J]. 阿拉伯世界研究, 2018(4): 74-89+119-120.
- [2] Qi, D.T., Li, H.B., Cai, X.H., Ding, N. and Zhang, S.H. (2012) Application of Non-Metallic Composite Pipes in Oil-fields in China. *International Conference on Pipelines and Trenchless Technology*, 19-22 October 2012, Wuhan,

283-291. <https://doi.org/10.1061/9780784412619.032>

- [3] 陈涛. 燃气联合循环发电机组 RTR 管道施工工艺研究[J]. 名城绘, 2019(2): 55.
- [4] 崔晓东, 梁金超, 杨辉. 螺纹式 RTR 管道安装施工[J]. 石油天然气学报, 2021, 43(3): 236-244.
- [5] 王维, 刘波, 岳媛, 李亚男. 浅谈中东地区油气管道项目中 RTR 和 RTP 管的应用及优缺点[J]. 石油天然气学报, 2021, 43(4): 123-130.
- [6] American Petroleum Institute (2016) API Specification 15HR. High-Pressure Fiberglass Line Pipe. [https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/15hr\\_e4%20pa.pdf](https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/15hr_e4%20pa.pdf)
- [7] 王宇波. 沙特沙巴项目 RTR 热塑承压管道安装施工应用[J]. 基层建设, 2018(11).