

石油天然气长输管道套管内充填技术研究

高晓飞

西藏青藏石油管道有限公司，西藏 拉萨
Email: whb_cppe@cnpc.com.cn

收稿日期：2021年6月18日；录用日期：2021年8月23日；发布日期：2021年9月2日

摘 要

本文通过分析油气管道混凝土套管的处理方式，阐述了红砖、沥青麻丝封堵和封堵后套管内吹沙或者注水泥砂浆这两种方式的适用性以及缺陷。提出了新型复合泥浆充填技术及方案，从流动性、导电性、体积收缩率以及强度等方面分析了新型复合泥浆充填技术的适用性和注意事项。本文的研究为石油天然气长输管道套管内充填技术大规模应用提供参考。

关键词

注浆，管道，石油天然气，套管

Study on Casing Filling Technology of Long-Distance Oil and Gas Pipeline

Xiaofei Gao

Tibet Qingzang Petroleum Pipeline Co., Ltd., Lhasa Tibet
Email: whb_cppe@cnpc.com.cn

Received: Jun. 18th, 2021; accepted: Aug. 23rd, 2021; published: Sep. 2nd, 2021

Abstract

By analyzing the treatment methods of the concrete casing of oil and gas pipeline, this paper expounds on the applicability and defects of red brick and asphalt hemp plug and sand blowing or cement mortar injection in casing after plugging. The new composite mud filling technology and scheme are put forward. The applicability and matters needing attention of the new hybrid mud filling technology are analyzed from fluidity, conductivity, volume shrinkage and strength. The research in this paper provides a reference for the large-scale application of casing filling technology in long-distance oil and gas pipelines.

Keywords

Grouting, Pipeline, Oil and Gas, Casing

Copyright © 2021 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

石油天然气长输管道穿越铁路、公路时一般采用了套管保护,使主管不受外部动荷载或土层压力的影响。套管一般采用钢管或钢筋混凝土管,在套管与主管之间设置绝缘支撑,并将套管两端密封,防止水或泥土进入。这种内部中空的结构会影响管道的阴极保护。因为管道阴极保护的充分条件是:沿着管道有连续的导电介质,管道与其它埋地金属构筑物之间保持良好的电性隔离。而套管与主管之间的环形空隙破坏了这种连续性,使干线上的阴极保护电流对套管内的主管不起作用,故套管段主管道易发生腐蚀问题[1]。

为避免套管内管道腐蚀,一种方法是在套管内主管道上安装牺牲阳极,形成一个防腐层与阴极保护相结合的小系统,提供额外的保护电流以避免管道腐蚀。另一种方法是在套管内填充密封(或导电)性的材料,利用这些材料隔离腐蚀介质(或允许阴极保护电流通过)以缓解腐蚀[2]。本文主要介绍套管内注入填充介质的技术研究。

2. 现有充填技术与缺陷

国内穿越公路铁路普遍采用钢筋混凝土套管作为保护。按《油气主管穿越工程设计规范》(GB

50423-2013)第 7.1.11 条规定“采用套管穿越公路、铁路时,套管内径应大于主管外径 300 mm 以上。套管采用人工顶管施工方法时,套管内直径不宜小于 1 m”。这项规定要求套管与主管之间要留有较大的间隙,因此,套管内充填是非常有意义的。

按照《油气输送管道与铁路交汇工程技术与管理规定》要求:顶进套管穿越铁路应采用填充套管方式,填充物可采用砂或泥浆等材料,不需设置两侧封堵和检测管。防护涵宜采用填充方式,填充后不设检查井。涵洞内空间未填充时应在涵洞两端设检查井,检查井应有封闭设施。

按照《输油气管道穿越工程设计规范》(GB 50423-2013)要求:当套管或者涵洞内空间充填细土将穿越管段埋入时,可不设检漏管及两端的封堵。

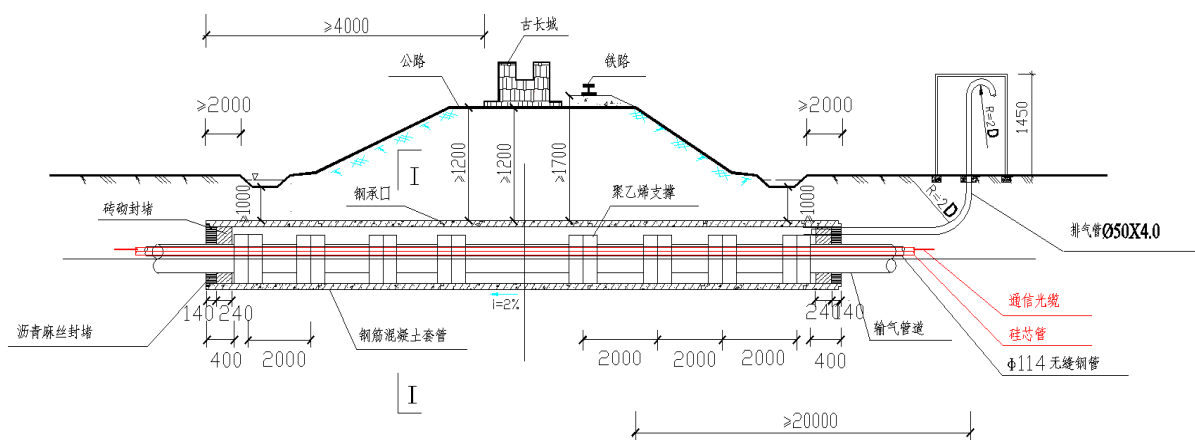


Figure 1. Detailed diagram of coagulation casing plugging

图 1. 混凝土套管封堵详图

目前现行项目对于混凝土套管的处理有两种办法:第一是采用红砖、沥青麻丝封堵,增加排气管,适用于防水密封性要求高的部位;第二是封堵后套管内吹沙或者注水泥砂浆,适用于上部承载力较大的部位,混凝土套管封堵图见图 1。

第一种采用沥青麻丝封堵,增加 $\Phi 75$ 的排气管的方法在 2013 年以前,几乎属于常规设计,该方法除了封堵存在不严密等问题以外,还需要对两端的排气管设计铁丝网围栏和大门,防止第三方对排气管进行破坏。

第二种方法顶进套管穿越公路采用封堵后填充套管方式,混凝土套管两侧封堵填充方案见图 2,填充物可采用砂或砂浆等材料,不需设置检漏管[3]。施工前在现场进行砂浆配比试验,以选择合适的配比和用料。注浆采用胶管或硬塑管,注浆前套管两端先用砖砌封堵(管端封堵采用砖 Mu10、水泥砂浆 M7.5 砌筑),注浆管放置在套管顶部(可采用管卡固定),伸入套管中部或远端;待泥浆搅拌均匀后,用注浆泵打入胶管内,输送至管中心位置,进行注浆,浆液溢出套管端的灌浆口时即停止,待砂浆固结后,观察套管内空间充填度,若达到 85%以上,注浆完成,否则需二次注浆,直到满足要求,现场套管注水泥砂浆充填见图 3。

混凝土套管适用于主干道和路面承载力承受较大压力的部位,目前混凝土套管已经有逐渐趋于成熟的充填方案,但是也存在诸多问题:

1) 规范对充填物要求,现场难以实现

《输油气管道穿越工程设计规范》(GB 50423-2013)中要求,套管或者涵洞内空间仅要求充填细土,要求太单一,也与现在常用的吹砂和注水泥砂浆相悖,下一步规范修编中进行修改。

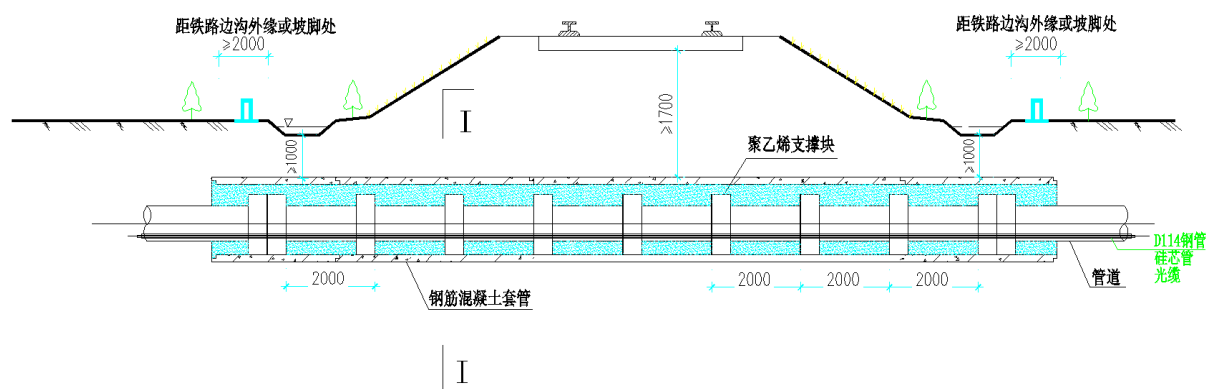


Figure 2. Plugging and filling scheme on both sides of concrete casing

图 2. 混凝土套管两侧封堵充填方案



Figure 3. Filling of cement mortar on site casing

图 3. 现场套管注水泥砂浆充填

2) 规范对充填度要求不清晰

《输油气管道穿越工程设计规范》(GB 50423-2013)中要求,当套管或者涵洞内空间充填细土将穿越管段埋入时,可不设检漏管及两端的封堵。在字面理解就是对于充填度不做严格要求只要将管道埋上就行。

3) 吹砂施工难度大,质量不好保证

吹砂工艺对于长度在 20 m 以内的短距离套管充填具有一定的可行性。距离过长后吹砂难度太大,且质量不好控制,应用的项目不多,吹砂现场图见图 4。

4) 砂浆流动性差,充填率无法保障

套管内一般都会安装支撑块以及光缆保护套管,这都会在一定程度上阻碍充填介质的流动。砂浆充填设计方案一般是将注浆管布置在套管的中部,这样无法保证顺畅的充满套管。目前,还没有现场砂浆充填的案例[4]。



Figure 4. Sand blowing site
图 4. 吹砂现场

3. 新型复合泥浆充填技术及方案

国外的公路、铁路穿越一般采用钢套管，套管与主管之间环隙较小，故防蚀填充剂注入量少，成本低。在国内，穿越中普遍采用钢筋混凝土套管，套管一般都比较大[5]。新型复合泥浆充填技术是在研究反井钻斜井充填技术的基础上提出的[2]。

对于混凝土套管内充填物需要解决几个技术问题：流动性、导电性、体积收缩率以及强度。新型复合充填料主要以水泥、膨润土和廉价粉煤灰为主要材料，通过一定的配比来实现以下技术参数和性能：

1) 流动性

对于公路铁路穿越套管几乎是水平的，充填介质必须具有非常[6] [7]。顶管穿越长度一般在 150 m 以内，应保证在管道充填过程中，充填物具有很好的流动性，可利用玛氏漏斗测量，流动时间不得大于 120 秒。

通过在充填物中添加膨润土来增强复合泥浆的流动性，可以满足在不同工况下具有良好的流动性。

2) 导电性

膨润土本身是以层状结构的蒙脱石为主的粘土类物质，具有电阻率低、保水性和稳定性好等特点。添加的膨润土主要以价格便宜的钙基膨润土为主，通过调整配比，实现充填物固结后的土壤电阻率在大于 $100\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，且小于 $200\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。

3) 体积收缩率

体积收缩率最直接的体现就是析水率，它是反映浆液稳定性的一种指标。为保证泥浆的流动，应当使水的加入量比完全水化所用的水量要多出很多。现场用水量一般达到水泥重量的 50% 左右，才能使泥浆的流动性良好。泥浆在凝固之后，多余的水就析出，向浆液顶面上升。析出的水为高矿化度自由水，可以渗入地层，对生产层造成严重污染。因此泥浆的失水量应当通过加入处理剂的方法尽量使之降低。

在泥浆中添加膨润土可以提高泥浆的分散性、水化絮凝程度，使颗粒不易沉淀，从而降低故浆液的析水率，减小干缩率。单液水泥浆的析水率通常为 15% 左右，而添加膨润土的水泥浆的析水率可降至 5% 以下。

4) 强度

一定强度的充填介质可以有效的约束埋设在其内管道，但是充填介质的强度过高也是不利的，因此，

要求充填的复合泥浆的抗压强度不得大于 0.5 MPa (28 d)。对于强度试验, 可将从新生产的新填充材料来制作试件, 测量试件的单轴压缩强度。

新型复合泥浆充填技术与以往的技术不同之处在于注浆时套管两段不再进行封堵作业, 充分利用顶管作业坑, 用土工布袋(内填砂或土)在套管两端围出注浆口。土工布袋呈台阶状堆砌至混凝土套管顶面以上, 台背后的作业坑回填土应分层夯实, 夯实度不低于 0.85。注浆时宜在高位注浆口注浆, 若距离较长时, 可预留注浆管至套管中部即可, 见图 5。

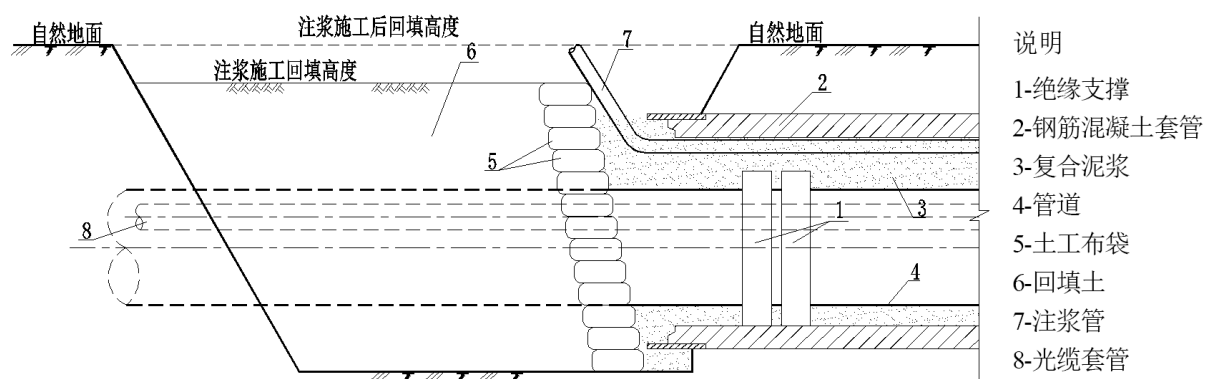


Figure 5. Schematic diagram of new casing filling technology

图 5. 新型套管充填技术示意图

注浆两侧液面至少要高出套管顶部 0.3 m, 液面距离地面间距不得小于 1 m。待 24 h 后, 若出现液位低于套管顶部的情况, 需要进行补浆处理。浆液基本凝固后, 将土工布反包覆盖住注浆面, 回填原装土即可。

在充填中, 若地下水丰富导致操作坑内存有积水的, 在两侧留有集水坑采用水泵及时的抽水, 保证注浆过程中不帶水施工[8]。

4. 结论

注浆充填现已在管道穿越铁路和公路以及山体作业中得到广泛应用, 其施工技术在套管与主管之间间隙的实施作业是首选方案。但在充填注浆作业过程中, 由于注浆材料、作业条件及凝固时间等多方面因素的影响, 均可能会发生充填不理想而对工程质量造成影响。因此, 在施工过程中应细化施工步骤、规范水灰配比、以及提高作业效率和保证施工质量。

参考文献

- [1] 张静. 粉煤灰综合利用研究进展[J]. 河南化工, 2019, 36(2): 12-17.
- [2] 胡奇凡, 张继清. 超高压旋喷注浆法在卵石地层的应用试验研究[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(12): 13-17.
- [3] 裴东波, 高振波, 等. 废弃油气管道处置的注浆技术[J]. 油气储运, 2018(5): 568-573+578.
- [4] 司小东, 李宏哲, 张建国, 何传锋. 土岩组合地区富水砂层隧道施工注浆技术研究[J]. 工程地质学报, 2017, 25(5): 1351-1356.
- [5] 黄丽娟, 高兰芳. 不同地质后注浆钻孔灌注桩承载力试验研究[J]. 公路交通科技, 2017(10): 74-82.
- [6] 李建斌, 刘汉龙, 等. 侧向辐射注浆技术处治现役高速公路沉降分析[J]. 岩土力学, 2017(S1): 479-487.
- [7] 袁辉, 邓昀, 蒲朝阳, 等. L 型地面钻孔注浆技术在矿井水害防治中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2017(4): 171-175.
- [8] 王安辉, 丁选明, 章定文. 在役高速公路软基不均匀沉降病害注浆处治技术[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2017, 47(2): 397-403.