

青藏高原地区长输管道水工保护技术

李 旺 (中国石油管道局工程有限公司第四分公司, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 青藏高原地区具有海拔较高、环境恶劣、地质复杂等特点, 此地区的长输管道在经过河流及沟渠等穿越地段时, 如不根据其特有环境采取有针对性的水工保护措施, 将会导致穿越地段出现水土流失后造成的管道裸露, 管道裸露后, 受其自重、运行压力、温度、风载及振动等因素影响, 随时可能发生轴向变形, 导致管道破裂及漏油事故。本文以某成品油管道在青藏高原运行期间, 因水土流失严重导致管道裸露形成的安全隐患, 提出有效的水工保护设计方案, 为类似项目提供参考。

关键词: 青藏高原; 管道; 水土流失; 水工保护

1 概况

某成品油管道位于青藏高原, 是国家专项投资建设的第一条高海拔、长距离输油管道, 所经地区海拔较高、地质复杂、环境恶劣, 受其影响, 该管道在多处位置存在水土流失导致的管道裸露现象, 给管道的安全运行带来极大的安全隐患。

2 成因分析

2.1 岸坡侵蚀

①汛期来水会使得水流方向在某一时期、地段发生变化, 造成河流态势发生相应改变, 导致河流顶冲点位置前移或后退, 其结果体现在原来不直接遭受水流顶冲的岸坡因受到顶冲作用而急剧后退;

②存有砂卵石胶结的河岸, 其稳定性受胶结物的影响较大, 当此类河岸受到水流长期浸泡作用时, 其内部的胶结性能大大降低, 整体稳定性逐步丧失, 最终造成岸坡的失稳坍塌, 参见图 1。



图 1 河岸坍塌导致管道裸露

2.2 河床下切

①河流流速是决定河床是否冲刷下切的一个重要因素, 流速的大小直接决定着水流的裹挟能力, 流速

越大, 其携砂能力越强, 越容易造成河床物质的流失;

②物质粒径是决定河床是否冲刷下切的另一个重要因素, 不同粒径的河床物都有其特有的平均不冲刷流速, 在小于该流速的条件下, 河床不发生冲刷下切作用;

③洪水会导致水流携砂能力突然增大, 当河床物质相对较细, 而洪水的携砂力增大, 同时从上游携带的裹挟物很少时, 将使得局部地段冲刷下切严重。

3 抗漂浮计算

根据《油气输送管道穿越工程设计规范》GB50423-2013, 对于水下穿越管道埋深不符合规范要求时, 需按下列公式开展抗漂浮计算:

$$W \geq K (F_s + F_{dy}) \quad (1)$$

$$W \geq K \frac{F_{dy}}{f} + F_s + F_{dy} \quad (2)$$

$$F_{dx} = C_x \gamma_w D_0 V^2 / (2g) \quad (3)$$

$$F_{dy} = C_y \gamma_w D_0 V^2 / (2g) \quad (4)$$

$$F_s = \pi \gamma_w D_0^2 / 4 \quad (5)$$

式中:

W- 单位长度管段总重力 (包括管身结构自重、配重层重; 不含管内介质重量) N/m;

K- 稳定安全系数, 大、中型穿越工程取 1.3, 小型穿越工程取 1.2;

F_s - 单位长度管段静水浮力 (N/m);

F_{dy} - 单位长度管段动水上举力 (N/m);

F_{dx} - 单位长度管段动水推力 (N/m);

f- 管段与河床的滑动摩擦系数, 根据试验或工程经验确定; 无试验时, 采用三层 PE、环氧粉末涂层的管段与河床摩擦系数可取 0.25; 采用其他涂层或加配重层的管段, 可取 0.30;

C_y - 浮力系数, 取 0.6;

C_x —推力系数,取 1.2;

D_0 —管身结构(含防护、配重层)的外径(m);

γ_w —所穿水域水的重度(N/m^3);

v —管段处设计洪水水流速度(m/s);

g —重力加速度,取 $9.8m/s^2$;

经计算,其结果见表 1:

表 1 管道抗漂浮计算表

序号	条件	W N/m	F_s N/m	F_{dy} N/m	F_{ds} N/m	是否满足要求
1	K 取 1.2 f 取 0.3 v 取 0m/s	221.9	196.4	0	0	否
2	K 取 1.2 f 取 0.3 v 取 1m/s	221.9	196.4	47.7	95.4	否

结论:当水下穿越管道埋深不符合规范要求时,其抗漂浮计算不能满足要求。

4 防护方案

4.1 水工保护形式

长输管道建设过程中,在河流及沟渠等穿越位置的水工保护形式有多种,常见的有浆砌石挡墙(护岸)、浆砌石护坡、干砌石护坡、石笼挡墙(护岸)、石笼过水面、草袋素土护坡、生态袋挡墙(护坡)等结构形式。

4.2 影响因素分析

该成品油管道大部分敷设在青藏高原常年永冻土地带,加之区域内地质构造极为复杂等情况,在进行水工保护设计时,需综合考虑以下影响因素:

4.2.1 冻胀

即冻结过程中,水分在温度阶梯下发生位移而使土体发生膨胀,土体的体积膨胀会推动管道向上运动,引起翘曲,甚至拱出地面,使管道产生较大应变和应力集中。

4.2.2 融沉

一种为融化稳定区,即当有外界输入而引起冻土

融化后,其土质仍是稳定的;另一种为融化不稳定区,即当有外界热量输入而融化后,土壤失去了支撑力,从而引起管道变形。

4.2.3 砂卵石胶结物

即粗细分布不均的砂颗粒、卵石及各种矿物质等成分胶结在一起形成的物质,其受洪水及水流长距离、长时间的搬运冲刷作用,内部的细颗粒及各种矿物质大多将被冲走,从而导致胶结物的松散,造成岸坡在水流冲刷的影响下发生坍塌。

4.3 设计方案选择

根据水工保护形式及影响因素分析,并综合考虑高原特征及管道敷设地段的地质条件,应从维护管道运行安全、便于生态恢复等方面进行设计方案选择,如采用常规的浆砌石保护形式,过度的追求强度功效,随着时间的推移以及高原地区特殊环境的影响,浆砌石表面会风化、老化,结构会变形开裂,加之受水流的冲刷影响,最终会导致浆砌石结构破坏,失去对管道的防护功能。因此,对于河流及沟渠等位置现已裸露的管道,宜优先采用柔性结构,再由刚性结构做补充的设计方案,详见对比分析表 2:

表 2 对比分析表

水工保护形式	结构类型	优点	缺点
浆砌石挡墙或护岸	刚性结构	适用范围广,结构强度高、刚度大,抗弯拉强度大,弯沉变形小。	①特殊地质可能导致冻融引起的膨胀和收缩,使砌石结构变形甚至损毁;②受冬雨季因素影响较大,无法保证工期及质量;③施工成本及造价较高。
生态袋+石笼	柔性结构+刚性补充	①生态袋具有抗紫外线、防腐、高强度、低延展、高渗透、耐酸碱、易绿化及价格优等优点;②生态袋及石笼具有易于包装、方便运输、施工简单、环保、安全、经济等优势;③组合形式可有效保证水工保护的综合治理,提高施工效率。	生态袋为编织结构,受尖锐物影响较大,划开后易导致撕裂。

综合以上分析,采用生态袋+石笼的水工保护形式,在高原地区特有环境下更具优势,且可在降低投

资、节约成本、加快进度等方面具有显著效果。

4.4 设计效果示例

首先可在管道两侧布置生态袋挡墙对裸露管道进行保护,并对其内部进行回填土,管顶覆土厚度不小于1m为宜;其次在迎水方向,距离管道10m~20m的位置开始向河岸侧布设石笼拦水坝,其布置长度及道数结合现场情况进行确定,以防止水流再次直接冲刷管道及生态袋挡墙为考虑;对于不受冲刷影响的河岸侧,可直接进行回填土,参见图2示例。

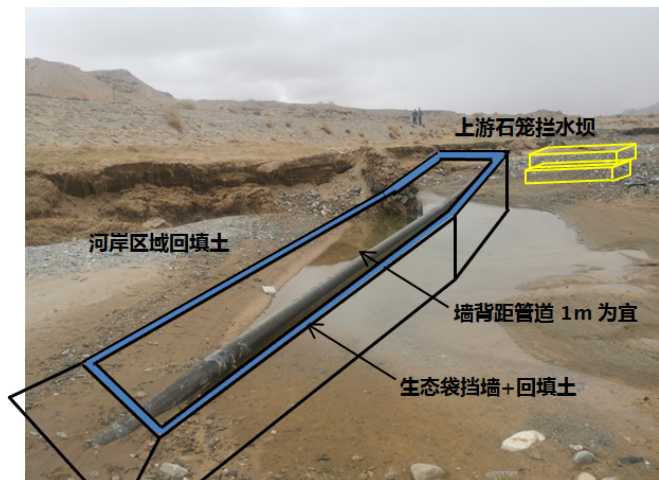


图2 效果示例

5 设计技术参数

5.1 生态袋技术要求

①推荐使用聚丙烯生态袋,禁止使用聚酯复合生态袋,其尺寸宜选用82cm×42cm;

②聚丙烯生态袋应采用聚丙烯复合基布缝制而成,聚丙烯复合基布采用聚丙烯长丝单面熨烫针刺无纺布造技术生产,生产检验执行GB/T 17369标准;

③生态袋的联结扣应由高强度聚丙烯制成,并与生态袋数量按1:1进行配比。

5.2 生态袋应用方式

①生态袋装填料可就地取材,宜采用有机土、细砂或砂料等,其粒径不应大于2cm,严禁装填大块土、淤泥土和碱性土,填料不应小于袋体容积的85%;

②在码砌前,须对基底进行夯平或平整处理;

③生态袋在码砌过程中,应交替码砌,严禁出现连贯的通缝,每层码砌完毕并经简单压实后,方可码砌上一层,并确保袋间使用联结扣连接紧密。

5.3 石笼技术要求

①石笼应采用HRB335φ10的钢筋制作骨架,采用8#镀锌铁丝制作和绑扎铁丝网,亦可采用机械加工成

型的预制网片,在现场与石笼骨架绑扎连接;

②石笼内的填料应选取强度不小于MU20块石或卵石,厚度不应小于网孔的1.5倍,并将厚度较大的石料置于外侧,厚度较小的石料置于内部,严禁使用风化石及遇水崩解的石料;

③单体石笼间的连接采用8#镀锌铁丝相邻接点绑扎。

5.4 石笼应用方式

①石笼铺设前,须对基底进行整平、压实处理;

②石笼摆放时,石笼的长边可垂直或平行于水流方向,宜可根据现场情况组合使用;

③石笼与管道的距离宜为10m~20m,端部宜嵌入原河岸0.5m,顶部不高于原河床面,摆放时交错布置。

6 结语

结合青藏高原特征及该成品油管道的现状问题,以生态袋挡墙+石笼拦水坝作为一种新的水工保护形式,具有施工便捷、环保、安全、稳定、经济的优点,且有效保证了施工质量,提高了施工效率,降低了施工成本,解决了安全隐患,其柔性材质加刚性补充的优势已逐渐在类似项目中被大量推广应用。

参考文献:

- [1] GB50423-2013. 油气输送管道穿越工程设计规范[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2013.
- [2] GB50424-2015. 油气输送管道穿越工程施工规范[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2015.
- [3] SY/T 6793-2018. 油气输送管道线路工程水工保护设计规范[S]. 国家能源局,2018.
- [4] SY/T 4126-2013. 油气输送管道线路工程水工保护施工规范[S]. 国家能源局,2013.
- [5] 林铭玉. 生态袋防护措施在山区长输管道水工保护中的应用[J]. 油气田地面工程,2018(01):92-94.
- [6] 王普游. 浅谈石油天然气管道工程中水工保护[J]. 中国化工贸易,2019,11(07):181.
- [7] 范志敏. 长输管道水工保护施工实施方法框架[J]. 中国化工贸易,2019,11(20):166.
- [8] 王智明,郑胜章. 青藏高原某公路沿线多年冻土特征分析及治理措施[J]. 勘察科学技术,2019(03):24-28.

作者简介:

李旺(1985-),男,河北人,工程师,现从事油气管输管道工程建设及管理工作。