

西气东输二线管道在罐罐岭地震断裂带的敷设

管军¹ 王敏²

1. 中国石油天然气管道局国内事业部设计管理部 2. 西安长庆科技工程有限责任公司

管军等. 西气东输二线管道在罐罐岭地震断裂带的敷设. 天然气工业, 2010, 30(5): 92-94.

摘要 西气东输二线甘肃段输气管道与罐罐岭地震断裂带有1处相交。天然气长输管道在通过地震断裂带时, 若遭遇高于该地区基本烈度的地震将会造成管道断裂、屈曲失稳及拉断等损坏。为此, 阐述了地震断裂带处管道设计及施工需要注意的问题, 介绍了西气东输二线管道通过罐罐岭地震断裂带时的敷设技术。通过不断调整设计, 优化了线路与断裂带的交角, 并对管道壁厚等参数进行了严格的计算分析, 在国内首次采用了 X80 HD2 大变形钢管, 以便在遇到地震影响时避免或减少管道破坏并防止发生次生灾害。为确保管道安全运行, 强化了抗震、防震设计理念及技术措施, 为类似工程积累了经验。

关键词 西气东输二线 天然气管道 地震断裂带 应变设计 优化设计 大变形钢 管道壁厚参数 安全

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.05.023

1 工程概况

罐罐岭地震断裂(又名天桥沟—黄羊川断裂)带位于甘肃省白银市景泰县, 管道在 BL046+409 mm 附近与罐罐岭地震断裂带相交。西气东输二线本段管道所在区域设计基本地震加速度值为 0.20 g (g 为重力加速度), 地震动反应谱特征周期为 0.45 s。管道沿线覆盖层大部分地段以粉质黏土、碎石类土为主, 不存在饱和砂土, 可不考虑地震液化问题。该处断裂带位错方式为左旋逆断, 水平位错量为 3.5 m, 垂直位错量为 3.9 m。逆走滑断裂的影响带宽度为 30 m。

2 抗震、防震设计方法

2.1 地震对管道可能引起的破坏

地震对管道可能引起的破坏有以下几种:

- 1) 地震引起断层活动将管道错断或使管道屈曲失稳。
- 2) 地震引起土体致密造成管道沉降, 场地上传递地震剪切波引起管道压缩或拉伸应变, 使管道褶皱屈曲或拉断。
- 3) 地震时地面出现开裂或错动, 使管道断裂。
- 4) 地震引起非黏性土地区砂土液化, 造成管道上

浮或设备基础沉降灾害。

5) 地震引起塌方或深层土体滑坡, 威胁管道安全^[1]。

2.2 抗震、防震设计理念

油气长输管道的抗震、防震设计重点是管道沿线(包括站场和辅助设施)经过地震断裂带的处理方式, 同时也应考虑地震波及地震液化地带对管道的影响。

管道必须经过断层时, 考虑到管道的抗拉能力远远大于抗压能力, 应尽可能使管道在断层位移时处于受拉状态。所以, 当管道经过逆冲断层时, 设计应做相应的处理^[2-3]。

针对地震对管道的几种破坏形式, 设计管道通过地震断裂带时要做到:

- 1) 调整管道与断层的交叉角度。调整角度的原则是尽量使管道整体受拉。管道与断裂带穿越交角不大于 90°, 选定线时应尽量使管道与断裂带正交, 优化管道与断层交角(对于交角大于 90°的应调整角度到 90°)以减少通过地震断裂带及其影响区的长度。
- 2) 增加管道延性。通过采用大变形钢管来增加管道的延性, 这是国内首次通过这种方式来提高管道延性。
- 3) 避免在断裂带两侧各 200 m 范围内出现冷弯

弯管和热煨弯管及弹性敷设。

4)在地震断裂带及其影响区两侧各 200 m 范围内增加管沟宽度并减少管道埋深,回填些非黏性材料以提高管道的自由度,并保证回填物在较长时间内不因雨水浸泡而过于密实。

5)在地震断裂带及其影响区两侧各 200 m 范围内增加管道壁厚,提高抗震能力。

6)还应将该段管道所有环向焊缝进行 100% 的射线检查和超声检验,在断裂带两侧适当位置增设线路截断阀室等。

在设计过程要充分考虑以上几点,制订出优化的设计方案,力求将地震带来的不利影响减少到最低程度^[4-6]。

2.3 管材选取

西气东输二线甘肃段输气管道与罐罐岭地震断裂带 1 处相交。本段管道设计压力为 12 MPa,地区等级为一级,通过对断层位移作用下管道进行应变校核得出:壁厚为 26.4 mm 时,采用 X80 HD1 和 X80 HD2 两种钢管,但考虑到管道与断层交叉处地形复杂,埋深不好控制,为便于统一采办。因此管道通过罐罐岭地震断裂带两侧各 200 m 范围(BL046+203~BL046+603 mm)全部采用 $\varnothing 1\ 219\ \text{mm} \times 26.4\ \text{mm}$ X80 HD2 大变形钢管。

2.4 管沟设计

本段地层上部为粉土,黄色,稍密,稍湿,土质不均匀,厚度为 1.5~2.4 m,土石工程分级为 II 级;下部为细砂,黄色,中密,局部夹有薄层砾砂,主要矿物成分为石英,勘察深度范围内未揭穿该层,土石工程分级为 II 级。

西气东输二线输气管道罐罐岭地震断裂带施工段采用宽管沟敷设方式,对于地震断裂带两侧各 30 m 范围内,以断裂带为中心,逆气流方向一侧沟底宽 4.819 m,管沟挖深 4.609 m,管沟放坡为 1:0.75,管沟底部 2.0 m 深度部分用中砂垫层。顺气流方向一侧沟底宽 4.819 m,管沟挖深 2.809 m,管沟放坡为 1:0.75,管沟底部 0.2 m 深度部分用中砂垫层,如图 1、2 所示。

图 1、2 中各参数详见表 1。

3 施工技术措施

由于 26.4 mm 壁厚管材重量约 9 t/根,且设计的管沟断面型式坡比较大(1:0.75),根据现场实际情况,采取沟下焊接的施工方法。

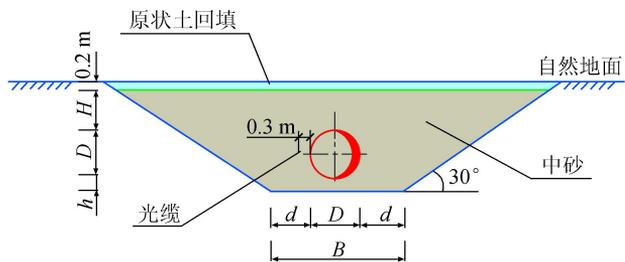


图 1 管沟横断面图(单管)

注: D 为管子外径, 1.219 m; d 为管沟底部加宽余量, m; H 为管顶最小埋深, m; h 为管底中砂垫层深度, m; B 为管沟宽度, m

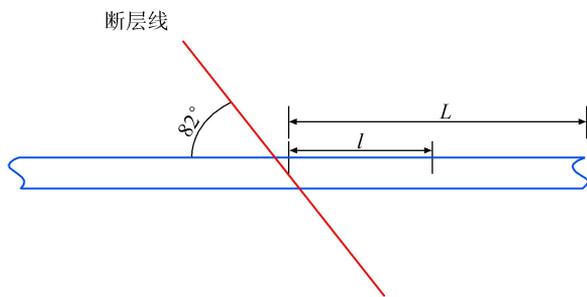


图 2 管道平面示意图

注: L 为回填中砂段采用大变形阶段长度, m; l 为过渡段长度, m

表 1 管沟参数表

d	h	H	l	L	备注
1.8	0.2	1	30	200	下盘
1.8	2	1	30	200	上盘

3.1 管沟开挖

3.1.1 地震断裂带两侧各 30 m 范围内的管沟开挖

对于地震断裂带两侧各 30 m 范围内,以断裂带为中心,逆气流方向为 I-I 断面,顺气流方向为 II-II 断面,如图 3 所示。

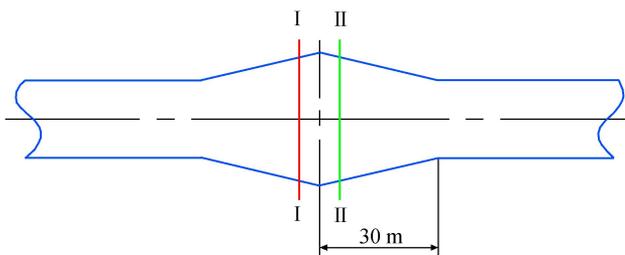


图 3 管沟平面示意图

对于图 3 中 I-I 断面的管沟,管沟挖深为 4.609 m,沟底宽度为 4.819 m,边坡比为 1:0.75,如图 4 所示。

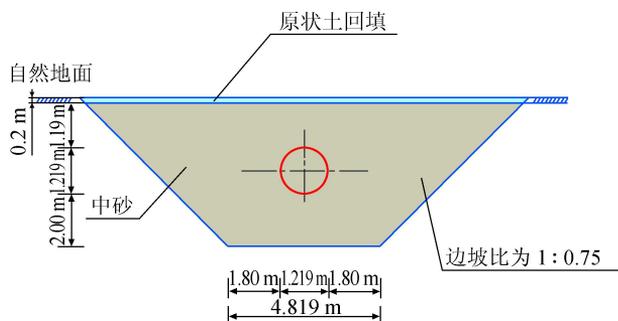


图4 管沟横断面图

对于图3中II-II断面的管沟,管沟挖深为2.809 m,沟底宽度为4.819 m,边坡比为1:0.75,如图5所示。

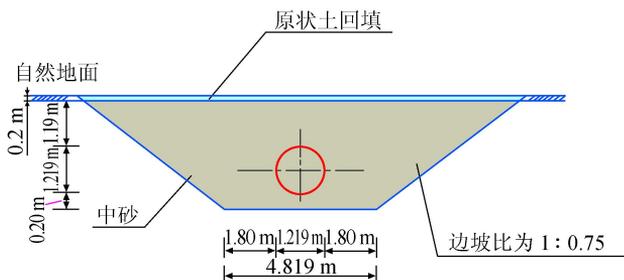


图5 管沟断面图

在开挖过程中,从断裂带中心往两侧各30 m范围内,按1:0.75的边坡比,管沟宽度平缓恢复至正常管沟宽度^[7]。

3.1.2 地震断裂带两侧各30 m范围外的管沟开挖

地震断裂带两侧各30 m范围外的管沟开挖,按正常管沟开挖的要求进行施工,即在一般地段管沟挖深不小于2.4 m(卵砾石段管沟超挖0.2 m),管沟底宽2.0 m(石方段管沟底宽为2.4 m)。

3.2 中砂垫层

在管沟开挖完成后,按设计要求,用经过报验的中砂铺设在沟底。对于I-I断面的管沟,管底中砂垫层为2 m,如图4所示;对于II-II断面的管沟,管底中砂垫层为0.2 m,如图5所示。

3.3 管道焊接

穿越活动性断裂带段所用大变形钢管道的焊接,要保证环焊缝的屈服强度及抗拉强度都要高于管体本身,而不仅仅高于管体规定最低抗拉强度,以保证地发生变形时管体本身优越的变形能力能得以充分发挥^[8]。

西气东输二线罐罐岭地震断裂带大变形钢主线路焊接采用WPS-XQ2-HD-07焊接工艺规程,即STT

根焊+半自动焊填充/盖面的方法。另外,根焊焊材选用BOEHLER SG3-P($\varnothing 1.2$ mm),填充、盖面焊材选用HOBART FABSHIELD X80($\varnothing 2.0$ mm)。

在无损检测时,按照线路施工技术要求,断裂带穿越段除100%射线照相探伤外,还需进行100%超声波探伤。射线探伤检验和超声波探伤检验,应符合Q/SY GJX 0112《西气东输二线管道无损检测规范》^[9]的规定,Ⅱ级以上焊缝为合格。

4 结论

西气东输二线管道通过罐罐岭断裂带时,不断调整设计,优化了线路与断裂带交角,并对管道壁厚等参数进行了严格的计算分析,在国内首次采用了X80 HD2大变形钢管,以保证管道安全运行,在遇到地震影响时避免或减少管道的破坏和防止发生次生灾害,从设计理念上增强了抗震、防震措施,拓宽了油气长输管道抗震、防震设计上的视野和思路,为类似工程积累了宝贵的经验。

参 考 文 献

- [1] 秦光,鲍宇.陕京输气管道复杂地段的设计[J].油气储运,1998,17(3):18-20.
- [2] 刘冰,刘学杰,张宏.基于应变的管道设计准则[J].天然气工业,2008,28(2):129-131.
- [3] 中国石油天然气股份有限公司管道建设项目经理部.Q/SY GJX0136—2008 西气东输工程二线管道工程强震区和活动断层区埋地管道基于应变设计导则[S].北京:[出版者不详],2008.
- [4] 中国石油天然气股份有限公司管道建设项目经理部.Q/SY GJX0109—2008 西气东输二线管道工程线路施工技术规范[S].北京:[出版者不详],2008.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB50251—2003 输气管道工程设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003.
- [6] 王敏,龙飞,郑强,等.西气东输二线输气管道在湿地中的敷设[J].天然气工业,2009,29(3):85-87.
- [7] 顾晓婷,张宏,王国丽,等.大口径天然气管线穿越断层的管沟设计研究[J].天然气工业,2009,29(8):106-108.
- [8] 国家发展和改革委员会.SY-T0450—2004 输油(气)埋地钢管制管道抗震设计规范[S].北京:石油工业出版社,2004.
- [9] 中国石油天然气股份有限公司管道建设项目经理部.Q/SY GJX 0112—2007 西气东输二线管道工程无损检测规范[S].北京:[出版者不详],2007.