

福建 LNG 输气干线漳州段 ZZ034G + 2 号桩边坡治理

王济君, 耿万鹏, 邓小涛, 李继果

(中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要:福建 LNG 输气干线漳州段 ZZ034G + 2 号桩附近由于国道加宽开挖, 形成了人工高陡边坡。受雨季及不良地质条件影响, 该边坡已出现部分滑塌, 边坡顶部出现较宽的张性裂缝, 严重威胁到边坡顶部天然气管道的安全运营。根据工程地质条件及勘探成果, 该边坡被分为两段进行治理。采取了土方反压、抗滑桩、锚索、格构梁及挡土墙等多种加固措施, 设置了截排水沟及泄水孔等排水措施, 采用了信息化施工及边坡监测技术, 取得了良好的边坡治理效果。

关键词:高陡边坡; 输气管道; 边坡治理; 边坡监测

中图分类号: U417.1 文献标识码: B 文章编号: 1672 - 7428(2016)04 - 0076 - 04

High and Steep Slope Treatment for Zhangzhou Section of Fujian LNG Gas Transportation Trunk Line (ZZ034G + 2)/WANG Ji-jun, GENG Wan-peng, DENG Xiao-tao, LI Ji-guo (China Petroleum Pipeline Engineering Corporation, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Due to a national highway widening excavation was carried out near the pile ZZ034G + 2 of Zhangzhou section of Fujian LNG gas transportation trunk line, an artificial high and steep slope was formed there; and the slope was partially collapsed and a wide extensional crack appeared at the top of the slope for the impact of rainy season and poor geological conditions, which was a serious threat to the safe operation of the gas pipeline at that place. According to the engineering geological conditions and exploration results, the slope treatment was divided into two sections. A variety of reinforcement measures of earthwork backpressure, anti-slide pile, anchor, lattice beams and retaining wall were taken for the slope treatment, interception ditch and drainage hole were set and information construction and slope monitoring technology were adopted with good effects in slope treatment.

Key words: high and steep slope; gas pipeline; slope treatment; slope monitoring

1 工程概况

福建 LNG 输气干线漳州段是海西天然气管网的重要组成部分, 该天然气管道设计压力 7.5 MPa, 管径 406 mm, 管材为高频电阻焊钢管。由于国道 G324 线漳州新江东大桥及接线公路工程与该管道的线位部分重叠, 为确保输气管道安全, 管道被迁改至公路北侧山坡。

由于国道加宽, 在施工平场过程中, 靠近管道侧山坡被开挖形成了人工高陡边坡, 管道距离边坡顶部边缘约 1 ~ 2 m。边坡长约 60 m, 坡底标高为 15.00 m, 边坡顶标高 27.50 ~ 34.00 m, 边坡最大高度 19 m, 坡角 60° ~ 75° (见图 1 所示)。

在未进行支护的情况下, 受雨季及不良地质条件影响, 该边坡已出现部分滑塌, 为减缓边坡滑塌速度, 对已出现滑塌段采取了抢修挡土墙及土方反压

等临时措施。但经过一段时间的雨水冲刷, 边坡顶部又出现了较宽的东西向张性裂缝, 裂缝长约 15 m, 宽约 0.05 m, 已危及整个边坡的稳定, 边坡一旦滑塌, 将会严重威胁到管道的安全运行, 因此必须及时采取有效的治理措施。

2 工程地质条件

2.1 地层情况

场区内地层主要由第四系填土层 (Q_4^{ml})、残积层 (Q^{ei}) 及燕山期花岗岩组成, 地层自上而下为:

①人工填土 (Q_4^{ml}), 杂色, 松散状态, 稍湿, 主要由砂质粘性土组成, 层厚 1.10 ~ 3.10 m, 层底标高 17.45 ~ 26.15 m, 该层为反压回填土, 固结性较差, 呈松散至稍密状态, 岩土物理力学性质差, 具高压缩性, 抗剪能力差, 对边坡的稳定性不利。

收稿日期: 2015 - 10 - 13; 修回日期: 2016 - 01 - 28

作者简介: 王济君, 男, 汉族, 1988 年生, 地质工程专业, 硕士, 从事长输油气管道线路、穿跨越、水工保护及管道防腐等方面的设计工作, 广东省珠海市香洲区海滨南路 47 号光大国际贸易中心 33 楼 (519000), 969429336@qq.com。

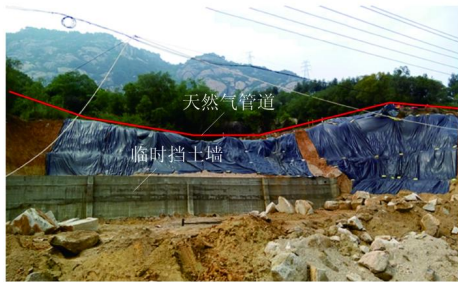


图 1 边坡全貌

②砂质粘性土(Q^4), 褐红色、褐黄色, 呈硬塑状态, 摇震不反应, 稍有光滑, 干强度中等, 韧性中等, 系花岗岩风化残积而成, 原岩结构尚可辨认, 含 30% 左右的石英、长石颗粒, 具有显著湿化特征, 遇水浸泡即崩解为砂土状, 层厚 11.00 ~ 23.00 m, 层顶标高 15.48 ~ 33.95 m, 该层呈硬塑状态, 具有中等强度和中等压缩性, 分布厚度均匀。

③全风化花岗岩(γ_5^2), 灰白色、肉红色, 中细粒似斑状结构, 块状构造, 岩石已完全风化呈致密粗砂状, 保留原岩结构构造, 可见长石, 石英, 云母片等, 冲击较困难, 岩心用手捏易碎, 具有显著湿化特征, 遇水浸泡即崩解为砂土状, 层厚 5.20 ~ 6.00 m, 层顶标高 10.95 ~ -0.22 m。该层强度较高, 为场地内的稳定基岩岩层。

2.2 水文地质情况

管线所经场地区域地下水类型为第四系松散岩类孔隙潜水、孔隙承压水及基岩裂隙水, 受大气降水补给。孔隙潜水分布于山前冲积平地中, 基岩裂隙水主要分布在剥蚀丘陵及低山地貌地区。勘察期间场区内钻孔未见地下水, 采取土试样进行易溶盐含量分析, 经土的腐蚀性检测分析, 该土质对混凝土具微腐蚀性。

2.3 区域地质构造

该边坡治理区位于闽西南拗陷带内, 未穿越各构造带, 总体来说区域上是较稳定的, 拟建场区原始地貌为低山岗丘, 第四系地层分布普遍, 其下伏基岩为燕山期花岗岩, 从钻探岩心来分析, 场区内无明显的断裂构造迹象。

2.4 稳定性分析与评价

2.4.1 边坡类型分析

该边坡中上部以土质为主, 下伏为岩质, 属岩土质边坡, 主要为人工填土堆积与自然斜坡相组合形成。按其规模属中—大型边坡, 按其岩土层的复杂

程度为极不稳定工程边坡, 按安全等级属 I 级边坡。

2.4.2 影响边坡稳定性因素分析

综合分析勘察资料和地质地貌特征, 该边坡的稳定性主要取决于边坡中各类岩土的性质(密度、湿化性、抗剪强度)、地下水活动情况、软弱夹层及软弱结构面的分布情况和基岩岩体中的软弱结构面、裂隙发育程度及风化特征等。经全面分析边坡区的地貌、地层岩性等特征, 对造成此段边坡侧向位移的原因归结为以下几点。

(1) 在雨季, 地表水直接从无植被的坡面土层中下渗, 增加了土层的水动力和上覆土层的重量, 并改变了土层的物理、力学性质, 使土体强度恶化, 产生变形蠕动, 进而使下部较软弱层面产生变形、破坏, 其潜在滑动界面因受上部土层挤压、推挤作用而发生剪切变形面。

(2) 在边坡区未进行任何支护的情况下, 就开始进行边坡下拟建建筑物开挖从而形成高陡临空面, 破坏了原有土体的结构, 在土体的自重和自然作用等共同作用下, 产生土体塌滑及裂缝。

从上述原因分析, 边坡存在较多的不稳定因素。如不及时整治防护, 在地表水下渗作用下将会导致更大范围的蠕滑体滑动, 从而对边坡造成巨大的破坏。

2.4.3 边坡稳定性评价

边坡稳定与边坡的稳定性系数关联密切, 为此特选择边坡左、中、右三条典型地质剖面作为计算稳定系数的标准段面, 经计算 3 条断面的稳定系数分别为 1.16、1.04 和 0.89。根据边坡规范判定准则要求边坡稳定性系数 $K_s \geq 1.35$, 此边坡局部已滑移, 整体稳定性基本处于临界状态。

3 边坡治理方案

3.1 设计参数

该边坡设计安全等级取 I 级, 侧壁重要性系数取 1.1, 使用年限为 50 年, 坡顶附加荷载取 10 kPa。为了保证边坡的安全, 计算断面选取最不利剖面图及钻孔参数, 设计参数详见表 1。

3.2 边坡加固方案

根据边坡特点及现有地形、地质条件, 将该边坡分为 AB 段和 BCD 段进行治理。其中 AB 段边坡坡度较平缓, 边坡上有反压回填土, 且边坡底部设有临时挡墙; BCD 段边坡坡度则较陡, 且坡顶已出现

表1 地层参数

土层	重度/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	内摩擦 角 φ / ($^{\circ}$)	粘聚 力 c / kPa	极限摩阻 力标准值 q_{sik} /kPa	水平抗力 系数 m / ($\text{MN}\cdot\text{m}^{-4}$)
人工填土	18.0	8.0	10.0	16	4
砂质粘性土	19.5	18.0	32.0	35	30
全风化花岗岩	20.0	28.0	25.0	60	55

张性裂缝,边坡右侧为与公路边坡交界处临空面,为保证该段边坡的稳定,设置 BE、DE 和 EF 三段挡土墙进行支护。边坡治理方案平面布置图如图 2 所示。

3.2.1 AB 段边坡

本段边坡坡顶标高 30.60 ~ 27.50 m,坡底标高

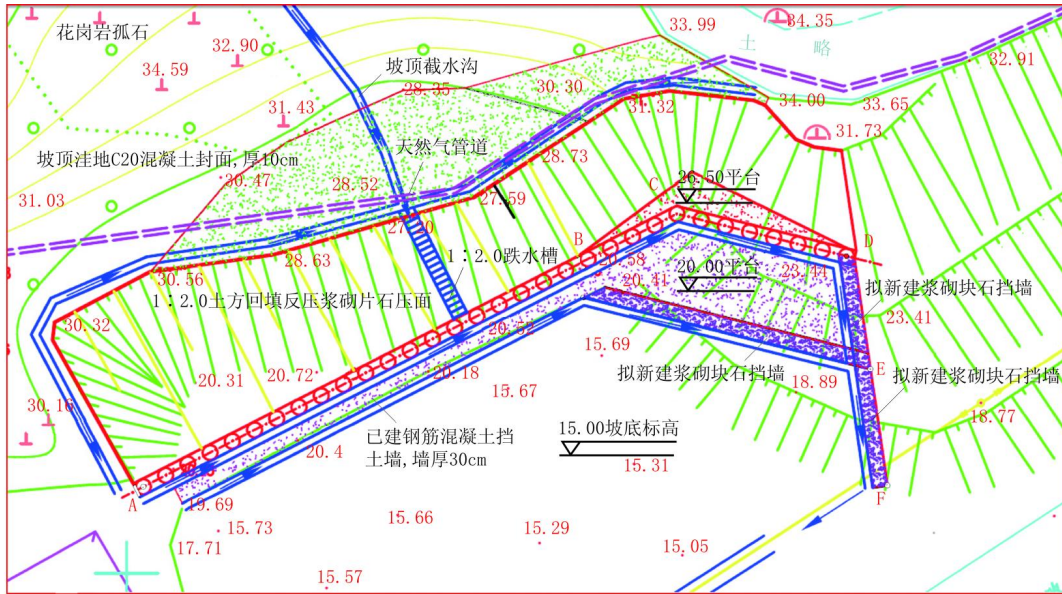


图2 边坡治理方案平面布置图

15.00 m,边坡高度 15.60 ~ 12.50 m,支护长度为 40.05 m。边坡采用坡顶土方反压加桩锚进行支护。抗滑桩径 1.20 m,单排,间距 2.00 m。桩顶标高为 23.20 m,桩底标高为 9.00 m,桩长 14.20 m。桩顶设置冠梁,截面尺寸为 1.30 m × 0.80 m,桩心及冠梁混凝土均采用 C30 混凝土浇筑。桩上布置 2 排预应力锚索,水平间距 2.00 m。预应力锚索设置在桩中心位置。桩间采用桩间板挡土,桩间板底伸入现状地形以下 50 cm。桩顶以上坡面采用土方回填反压,按 1:2.0 坡比碾压土方至坡顶,坡面采用 M7.5 浆砌片石压面,厚 30 cm。桩内侧回填土分层碾压压实。

3.2.2 BCD 段边坡

本段边坡坡顶标高 28.50 ~ 34.00 m,坡底标高 15.00 m,边坡高度 13.50 ~ 19.00 m,支护长度为 23.30 m。BCD 段边坡采用坡顶格构梁锚杆挡土墙加桩锚进行支护。抗滑桩径 1.20 m,单排,间距 2.00 m。桩顶标高为 23.20 ~ 25.70 m,桩底标高为 9.00 m,桩长 14.20 ~ 16.70 m。桩顶设置冠梁,截面尺寸为 1.30 m × 0.80 m,桩心及冠梁混凝土均采

用 C30 混凝土浇筑。桩上布置 2 ~ 3 排预应力锚索,水平间距 2.00 m。预应力锚索设置在桩中心位置。桩间采用桩间板挡土,桩间板底伸入现状地形以下 50 cm。桩内侧采用土方回填反压,碾压土方至桩顶标高。再在桩顶以上原始坡面挂网高压喷射 C20 混凝土护面,坡面上设置格构梁及预应力锚索,锚索为 1 ~ 3 排。

3.2.3 BE 段挡土墙

在桩底平台以南 6.50 m 位置设置浆砌块石挡土墙,挡土墙高 6.34 m,顶宽 1.20 m,底宽 2.70 m,面坡坡比 1:0.2,背坡垂直。M7.5 砂浆砌筑,石材标号不低于 MU30,以砂质粉质粘土为持力层。

3.2.4 DE 段挡土墙

本段挡土墙墙顶标高 26.50 ~ 20.00 m,墙底标高 20.00 m,挡土墙高度 7.90 ~ 1.00 m,挡土墙长度为 7.83 m,顶宽 1.20 m,底宽 3.00 ~ 1.70 m,面坡坡比 1:0.2,背坡垂直。M7.5 砂浆砌筑,石材标号不低于 MU30,以砂质粉质粘土为持力层。

3.2.5 EF 段挡土墙

本段挡土墙墙顶标高 20.00 ~ 15.00 m,墙底标

高 14.00 m,挡土墙高度 6.34~1.00 m,挡土墙长度为 9.39 m,挡土墙顶宽 1.20 m,底宽 2.70~1.70 m,面坡坡比 1:0.2,背坡垂直。M7.5 砂浆砌筑,石材标号不低于 MU30,以砂质粉质粘土为持力层。

3.3 截排水方案

(1)在坡顶及两级平台各布置一条钢筋混凝土截水沟,排水沟过水面积为 40 cm×40 cm,钢筋混凝土浇筑,边墙及底板厚 120 mm。

(2)AB 段中心位置设置一从坡顶截水沟到桩顶的钢筋混凝土排水槽。

(3)坡面设计泄水孔,均匀布置。在桩间及重力式挡土墙上泄水孔以网距 2000 mm×2500 mm 进行布置;在 BCD 段桩顶以上坡面泄水孔以网距 2000 mm×2000 mm 进行布置。

3.4 信息化施工及监测方案

本次支护工程是一项风险较高、支护范围较大的工程,为了确保支护安全,在施工过程中实施信息化施工。即在施工过程中,对边坡的动态变化进行监测,并把获得的信息通过修改设计反馈到施工中去,提高支护方案的科学性和合理性,使边坡经过支护后安全、可靠、稳定。为此,要求按后效监测的技术规定在边坡场地或附近地段设置位移观测点,监测边坡以及坡顶建(构)筑物的水平位移情况;对设计方案通过信息施工法加以补充完善。通过信息化施工,及时了解 and 掌握整个场地动态变化,发现异常,及时作出反应,研究相应对策,解决出现的问题,确保施工顺利进行以及边坡的稳定。

在边坡施工前设置监测点、基准点,在施工期间妥善保护,监测项目在开挖前测得初始值,且不少于 2 次,位移和沉降观测基点不少于 2 点。施工前调查周边建筑物现状裂缝等,并作好记录等。施工完成后,每 3 天监测 1 次,此后每 30 天监测 1 次,监测至竣工后 2 年。

4 治理效果

该边坡治理工程历时 60 余天,共施工抗滑桩 32

根,锚索 94 根。该边坡经过治理,历经雨季,坡体保持稳定,未出现边坡滑移隐患和其它险情。后期监测数据显示,边坡侧向位移和沉降均处于安全范围内,达到了预期的目的,取得了良好的治理效果。

5 结论与建议

(1)油气管道在建设和迁改时,应尽量避免经过高陡边坡等地质灾害地段。

(2)对于高陡边坡的治理,首先应根据边坡特征、地质情况和地形地貌,并结合地质勘探资料,分析和评价边坡的稳定性,采取合理、有效、安全的治理方案。

(3)高陡边坡治理不仅要重视边坡加固,更要重视与截水、排水等措施相结合。

(4)在油气管道边坡治理过程中,应以管道应力释放、保证管道应力在合理区间为主要目的,在保持边坡稳定的同时,确保管道不被破坏。

参考文献:

- [1] 李志江.澄(江)一阳(宗)二级公路 K5+120~280 边坡治理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):69-71.
- [2] 顾伯通,王兆福,李铁军,等.高陡边坡管道水工保护的设计新方法[J].天然气与石油,2006,24(4):27-28,39.
- [3] 俞火明.杭一甬天然气管道沿线某高边坡稳定性分析与加固方案评价[J].中国港湾建设,2011,(5):47-50.
- [4] 姜英硕,刘永健,汪东华,等.输气管道边坡挡土墙的设计与应用[J].煤气与热力,2006,26(1):14-16.
- [5] 孙书伟,朱本珍,谭冬生.黄土地区管道沿线填土边坡滑坡发生机理和防治对策[J].中国铁道科学,2008,29(4):8-14.
- [6] 谢元玉,刘文高,姚海平,等.内宜高速 K43+200~256 段边坡治理措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):72-74.
- [7] 郭书太,邵景林,孙炜锋,等.西气东输管道工程 EJ065 桩附近边坡稳定性分析[J].水文地质与工程地质,2002,29(5):33-36.
- [8] 蒋喜,王棠昱,孙茜,等.未覆土高陡边坡输气管道的应力分析[J].天然气与石油,2013,31(6):26-30.