

Study on the Accident of Oil Pipeline Crossing Based on Software System of ANSYS and LS-DINA

Qiang Li¹, Chunyu Li¹, Qiang Yang²

¹China Petroleum Pipeline Engineering Co, Ltd. International, Langfang Hebei

²Second Branch, China Petroleum Pipeline Bureau Engineering Co. Ltd., Xuzhou Jiangsu

Email: liqiang83@cnpc.com.cn

Received: May 12th, 2019; accepted: Jun. 15th, 2019; published: Oct. 15th, 2019

Abstract

Based on ANSYS LS-DYNA software, a calculation method was developed. An accident calculation model was established, the principle of continuous medium mechanics was used for calculating the stress on the wall of pipelines and studying the conditions for their possible destruction at emergency rupture of one pipeline.

Keywords

Pipeline, ANSYS LS-DYNA Software, Continuous Medium Mechanics, Mechanical Dynamics

基于ANSYS和LS-DYNA软件系统对石油管道交叉穿越处事故的研究

李 强¹, 李春雨¹, 杨 强²

¹中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

²中国石油管道局工程有限公司第二分公司, 江苏 徐州

作者简介: 李强(1983-), 男, 工程师, 长期从事海外石油天然气管道项目管理方面的工作。

Email: liqiang83@cnpc.com.cn

收稿日期: 2019年5月12日; 录用日期: 2019年6月15日; 发布日期: 2019年10月15日

摘 要

基于ANSYS和LS-DYNA软件, 开发出一种计算方法。建立事故计算模型, 利用连续介质力学原理计算管线管壁处受到的应力情况, 研究了处于应变状态下发生爆裂事故时的力学动态过程和管道可能被破坏的条件。

关键词

管道, ANSYS和LS-DYNA软件, 连续介质力学, 力学动态

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

管道交叉穿越处是天然气管道运输系统中非常关键的部分。目前对管道穿越处下方天然气管道破裂事故发生级联效应的可能性研究较少。笔者通过 ANSYS 和 LS-DYNA 软件系统对石油管道交叉穿越处事故进行研究, 以提高石油天然气管道交叉穿越处的功能稳定性, 并降低发生事故时产生级联效应的概率。

2. 地下管道穿越处的事故数值模拟

2.1. 事故计算模型的建立

图 1 为模型对称示意图。为减少计算单元维度, 根据对称原理只计算了整个模型的 1/4 部分。针对土壤、管道内部介质(天然气或石油)和计算区域顶部的空域, 采用了多组分有限体积方法, 通过欧拉变量描述连续介质。这种状态下, 计算单元与空间紧密相关, 不会随着时间的变化产生变形[1]。

初始阶段, 在管道中通过设定压缩比来确定介质的初始压力。天然气在 7.5 MPa 压力条件下的压缩比为 75.0, 石油在 6.0 MPa 条件下的压缩比为 1.05, 土壤环境上方空气压力为 1 个标准大气压。模型设定的参数: 低合金机构钢管道(16 Mn)直径 1420 mm, 壁厚 20 mm; 管道相互以 90°直角穿越, 上部管道距地面深度为 1 m; 管道之间的距离为 0.5 m; 土壤环境为亚黏土; 裂痕长度为 24 m(根据对称原理在模

型中为 12 m)。裂痕长度确定的前提是两根焊接在一起的管道钢管长度分别为 12 m。

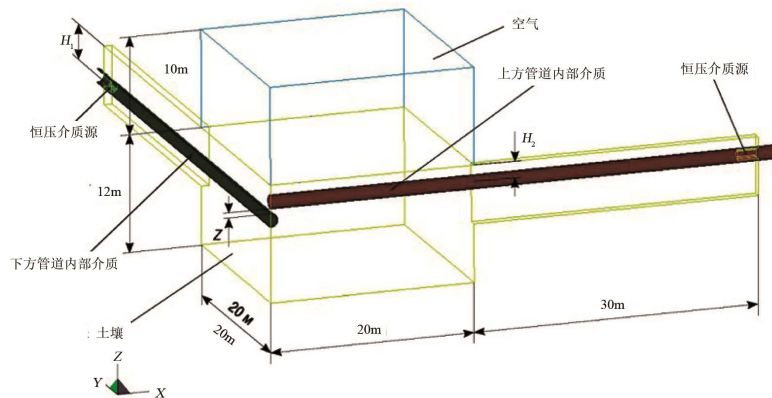


Figure 1. The schematic diagram of calculation model
图 1. 构建计算模型示意图

2.2. 相邻管道负载条件下管道破裂尺寸和特点研究

在下部管道发生爆裂时，对上部管道的负载情况进行了计算研究。对下方管道从下部、上部和侧面发生爆裂的 3 种情况利用 ANSYS 和 LS-DYNA 软件进行了数值模拟。下方管道侧面发生爆裂进行计算时，在不考虑一个对称平面的前提下建立了一个新的计算模型。图 2 为受爆裂影响上方管道和土壤环境的变形特点，可以看出下方和上方爆裂对管道产生的负载区别明显。

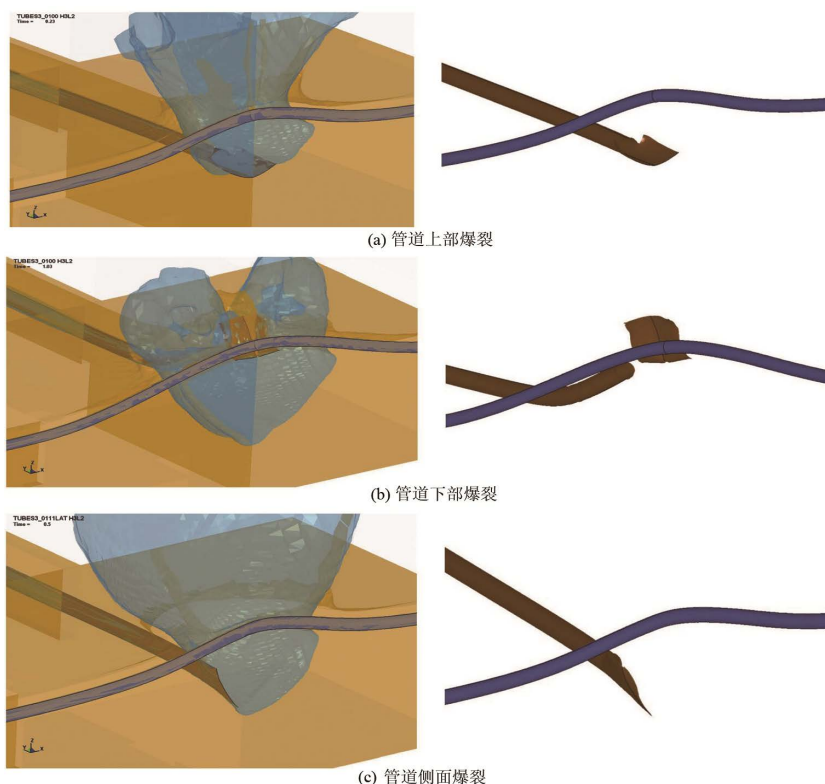


Figure 2. The deformation characteristics of pipeline and soil in different positions of the rupture
图 2. 不同位置爆裂上方管道和土壤环境的变形特点图

在管道上部或侧面发生破裂的初始阶段, 压缩的气体会剧烈的穿透土壤冲向地表。在这种情况下, 下方爆裂管道破损的部分受反作用力影响被压在土壤中, 因此不会直接对上方管道造成影响。在该模型中, 从管道开始爆裂瞬间到上方管道爆裂漏出气体流量平稳, 整个过程持续时间仅 0.3~0.5 s 左右。

下方管道从底部遭到爆裂破坏时, 管道爆裂区域在内部压力作用下被展开, 并在最初阶段阻止气体透过土壤冲出地表。在管道爆裂处会形成一个气腔, 只有当气腔达到很大的规模时, 气体才会透过土壤从侧面冲出。爆裂管道发生事故部分向上移动, 当达到临界变形时管道发生破损并脱离主管道。爆裂飞离的管道碎片通过挤压小规模土壤夹层影响上部管道。气体从下方管道脱离主管道区域通过气腔穿过土壤冲向地表。在该环境中, 没有考虑外漏气流对上方管道的直接影响。这种情况下, 从事故发生到泄漏气体流量平稳, 整个过程持续时间是管道从上部和侧面爆裂情况时间的 2~4 倍(约 1~3 s 左右)。

从破损角度看, 危险区域长度不超过 1 个管道直径的长度。管道下部区域在管道发生弯曲变形时出现褶皱现象。管道下部的破裂导致相邻管道的位移明显大于上部和侧部破裂时的位移, 塑性变形水平大致相同时, 变形区域可达 20~30 个管道直径。

3. 结语

1) 当多条地下管线互相穿越, 其中一条管线在穿越点发生爆裂事故时, 选择了相应模型来计算其运动参数和应力应变状态。

2) 当下方管道的主裂纹处于管体上部、侧面和下部时对上方管道形成的负载差异明显。当爆裂发生于管体上部(侧面)时, 天然气会剧烈地冲向地表, 而管道之间不会有直接的相互接触。当爆裂发生于管体下部时, 事故开始阶段管道爆裂处会展开并阻碍天然气直接冲向地表, 管道爆裂部分脱离管体后会通过土壤对上部管道产生巨大冲击力。

参考文献

[1] 吴洪飞, 扶名福. 带摩擦约束的塑性形变理论的广义变分不等方程[J]. 南昌大学学报(工科版), 1999, 37(2): 1-7.

[编辑] 鲁大丽