

输气管道放空系统及扩散计算研究

杨 晨 张 蕊

中国石油工程建设有限公司华北分公司 河北任丘 062550

摘 要: 天然气作为一种清洁能源, 对于改善我国能源结构, 促进国家经济快速发展具有重要意义。作为天然气的载体, 长输管道能及时将天然气输送到用户。而放空系统是天然气长输管道的重要组成部分, 在天然气站场或线路管道检修时, 为保障检修人员安全性, 均需放空。本文以长输管道放空系统标准规范为基础, 利用 TGNET、HYSYS 和 PHAST 软件研究了长输管道线路和站场放空扩散计算。结果表明: 长输管道放空时, 瞬时放空量较大, 放空后温度大幅降低, 风速越大, 气体扩散距离越远。

关键词: 天然气; 管道; 放空计算; 气体扩散

Study on Gas pipeline blowout System and diffusion calculation

Chen Yang Rui Zhang

North China Branch, China Petroleum Engineering and Construction Company Limited, Renqiu 062550, China

Abstract: Natural gas, as a clean energy source, is of great significance for improving China's energy structure and promoting rapid economic development. As the carrier of natural gas, long-distance pipelines play a crucial role in delivering natural gas to users in a timely manner. The venting system is an important component of long-distance natural gas pipelines and is required for venting purposes during maintenance activities at natural gas stations or pipeline sections to ensure the safety of maintenance personnel. Based on the standards and specifications of the venting system for long-distance pipelines, this study utilized TGNET, HYSYS, and PHAST software to investigate venting and dispersion calculations for pipeline sections and station areas. The results indicate that during the venting of long-distance pipelines, there is a large instantaneous release rate, and the temperature significantly decreases after venting. Moreover, a higher wind speed results in a greater dispersion distance for the released gas.

Keywords: Natural gas; Pipeline; Cavitation calculation; Gas diffusion

前言

安全性和可靠性是天然气长输管道极为重要的部分。天然气长输管道在事故工况或站场维检改造时, 为保障维检人员安全, 需将管道内储存天然气通过放空系统放空^[1-2]。放空过程受放空管道容积、放空压力、放空管径以及大气环境等多方面的影响。裴斌等^[3]人采用 PHAST 研究了输气站场放空火炬热辐射安全距离及影响因素。乔正凡等^[4]人采用 TGNET 软件模拟了高压天然气管道放空过程。本文采用 TGNET、HYSYS 和 PHAST 软件模拟研究了输气管道放空时压力、温度、放空量和气体扩散的变化规律。

一、放空模型

1.1 线路放空

1) 模型

采用 TGNET 软件建立线路段放空的动态模型, 模拟输气管道线路段放空过程。

2) 放空工况

输气管道放空包括计划性放空和事故放空。事故放空发

生的频率较低。因此, 长输管道线路段放空计算以计划性放空为主。

3) 计算依据

根据《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2015) 的要求, 管道放空时应确保各段管道均能实现放空, 放空时间不超过 12h。

1.2 站场放空

1) 模拟软件

采用“HYSYS”中不同模块进行站场紧急放空动态模拟和建立放空管网模型。

2) 放空工况

站场放空主要包括计划性放空、紧急放空和承担线路管道放空。计划性放空管道放空量较小, 对放空管网计算和选型影响不大。站场紧急放空是当输气站场内出现 ESD 工况时, 全站管存天然气紧急放空, 放空瞬时流量较大。站场承担线路管道放空与上述线路放空一致。

3) 计算依据

根据输气管道工程设计规范 (GB50251-2015), 站场紧

急放空时,需在 15min 之内将站内管道设备的压力从初设压力降至设计压力的一半。

1.3 扩散计算

1) 模拟软件

采用 PHAST 软件中的 UDM 模型模拟计算放空气体的扩散过程。

2) 放空工况

用于计算输气管道线路计划性放空或站场紧急放空时气体扩散的研究。

二、放空计算及扩散研究

2.1 线路放空

1) 设计输入参数

线路段放空主要输入的参数有天然气组分、线路管道长度、管径、放空初设压力,管线粗超度、放空阀上下游管道长度、放空管线管径等。天然气组分根据实际项目参数选取,假定放空管道长度为 10km,管径 DN600,放空初设压力 3.8MPa,放空阀上游管道长度 6m,下游管道长度 25m,管道设计压力 6.3MPa。初选放空立管口径 DN200 进行试算。

2) 放空计算

以上述设计输入参数为基础,假定第 3h 线路段管道两端的截断阀关断,全开放空阀,研究线路管道压力和流量随时间的变化关系。计算结果如下:

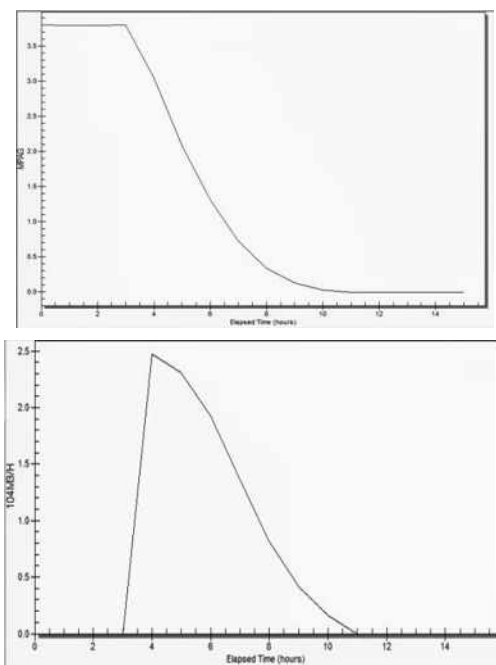


图 3-1 放空阀前压力随时间的变化

图 3-2 放空

阀前流量随时间的变化

由图 3-1 可知,放空阀全开 8 小时后管道天然气全部放空。由图 3-2 可知,线路管道放空时,放空量呈先增后降的过程,放空开始一小时后,瞬时放空量达到最大为 $2.48 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,随后放空量逐渐降低。综上所述, DN200 放空口径满足 12 小时内将管道内天然气全部放空的需求。若初选放空立管的口径无法在 12 小时内放空管内全部天然气,则需增大放空立管的口径,直至满足要求。

2.2 站场放空

1) 设计输入参数

根据线路放空计算,放空立管的口径为 DN200,假定放空管道的管容积为 40 m^3 ,放空初始压力为 5.5MPa,放空初始温度为 10°C ,计算站场 ESD 放空时放空阀及放空立管的口径。

2) ESD 放空阀口径核算

初选 ESD 放空阀的阀座孔直径为 15mm,流道面积为 176 mm^2 试算。图 3-3 中红色、蓝色和绿色曲线分别为压力、放空量和温度随时间变化的示意图。由图可知,当放空阀的流道面积为 176 mm^2 时, 15min 后站场的运行压力为 2.428MPa,满足 15min 之内站内管道设备的压力从初设压力降至设计压力的一半的要求。温度和放空量均随着放空时间的延长而减小,最大瞬时放空量由 5082.5 kg/h 。若初选的阀门口径无法达到降压速率的要求,则增大放空阀门口径。根据《放空截止阀》JB/T 13602-2018, DN20 阀门即满足紧急放空的需求,但结合输气管道工程放空计算指南,紧急放空管道的管径不应小于 DN50。因此推荐放空阀的口径为 DN50。

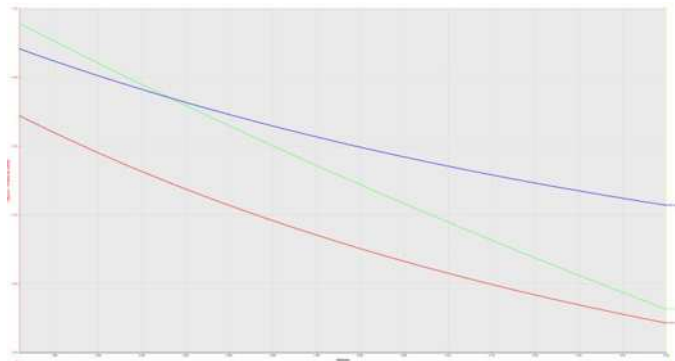


图 3-3 压力/温度/流量随时间的变化曲线示意图

3) 放空管网口径核算

利用 Flarent 软件建模,以放空源下游放空管道的马赫数不超 0.8,且 $p v^2$ 不超过 200000 kg/ms^2 为限制条件,计算放空管网口径。根据上述计算,初选放空立管、放空管线的口径为 DN200, ESD 放空阀口径为 DN50。假定放空管道长度

200m, 放空立管高度 15m, 放空初设温度 10℃, 初设压力 5.5MPa。泄放速率取自取自站场放空瞬时最大泄放速率 5082.5 kg/h。

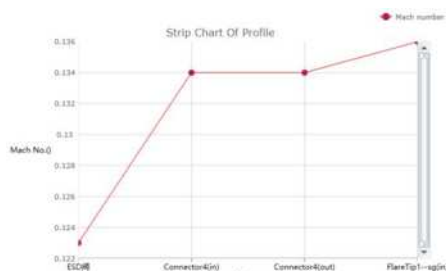


图 3-4 马赫数变化曲线示意图

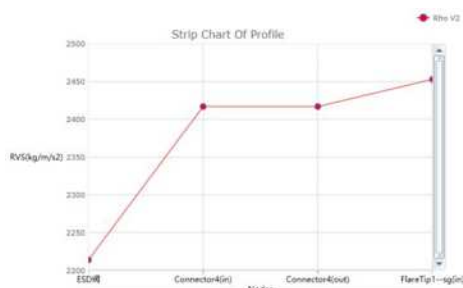


图 3-5 pv^2 变化曲线示意图

经模拟计算, 站场紧急放空时最大马赫数为 0.136, pv^2 最大为 2454 kg/ms², 满足下游放空管道的马赫数不超过 0.8, 且 pv^2 不超过 200000 kg/ms² 的要求。

2.3 扩散计算

1) 设计输入参数

扩散计算中流体参数和大气环境参数根据实际情况选取, 假定放空立管的口径为 DN200, 高度 15m, 泄放速率取自 3.1 线路段放空计算的最大值 24800 m³/h。假定大气稳定度为中性 (D 类), 研究在风速 5m/s、15m/s、25m/s 时, 线路管道放空时放空气体的扩散距离及扩散高度。

2) 扩散计算

图中红色、绿色和蓝色曲线分别代表范围内气体浓度大于可燃气体浓度的爆炸上限、爆炸下限和 50% 的爆炸下限。由图可知, 风速对可燃气体扩散影响较大。风速越大, 气体扩散云团高度越小, 水平扩散距离越远。这主要是由于, 一方面风速加速了气流平向输送的能力。另一方面, 风速越大, 放空管放空口气体垂直喷射的惯性力越小, 故扩散高度越小。

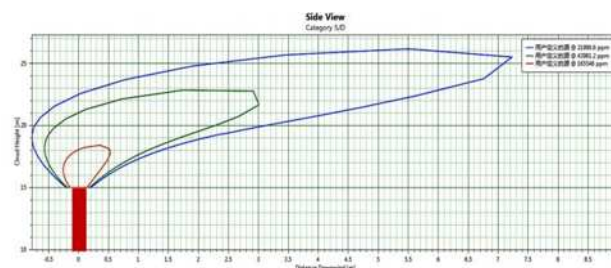


图 3-6 风速 5m/s 气放空体扩散示意图

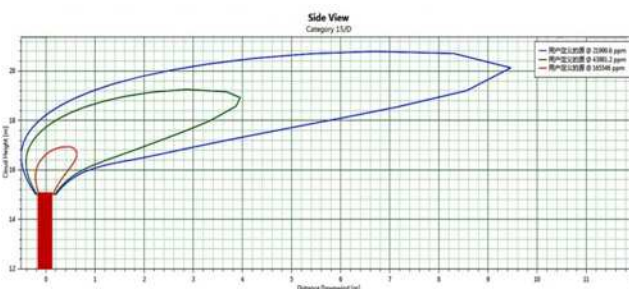


图 3-7 风速 15m/s 放空体扩散示意图

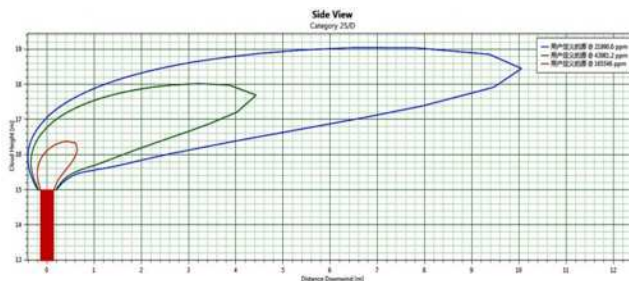


图 3-8 风速 25m/s 放空体扩散示意图

三、结论与建议

结合本文研究, 得出如下结论与建议:

- 1) 线路管道放空时, 瞬时放空量呈先增后减的过程, 短时间会达到峰值。
- 2) 输气管道放空后, 温度急剧降低, 放空立管、阀门和管线在选材上应能满足实际低温工况的需求。
- 3) 风速对气体扩散影响较大, 风速越大, 天然气水平扩散距离越远, 扩散高度越小。

参考文献:

- [1] 谢跃辉, 吴东容. 长距离输气管道放空时间计算方法研究[J]. 化学工程与装备, 2015 (2): 128-130.
- [2] 李育天, 吴长春, 雷依婷, 等. 输气管道计划放空方式对比[J]. 油气储运, 2019(4): 6.
- [3] 裴斌, 杨斯, 许娟, 等. 基于 PHAST 的输气站场放空火炬热辐射安全距离与影响因素研究[J]. 化工机械, 2016(4): 3.
- [4] 乔正凡, 郭启华, 安建锋. 高压天然气管道放空管路模拟分析[J]. 煤气与热力, 2013, 33(4): 4.