

Risk Control of Buried Polyethylene Gas Pipeline Inspection

Lidong Yao Xiaozheng Huang

Anhui Special Equipment Inspection Institute, Hefei, Anhui, 230051, China

Abstract

This paper discusses the risk points in buried polyethylene gas pipeline inspection, and analyzes the failure mode of polyethylene gas pipeline. The inspection items can be divided into data review, pipeline position burial depth detection, macroscopic inspection, excavation direct inspection, welding joint detection, material performance inspection, and proposes the semi-quantitative risk assessment method to comprehensively evaluate the safety status of polyethylene gas pipeline.

Keywords

pipeline; gas; polyethylene; risk assessment

埋地聚乙烯燃气管道检验风险控制

姚立东 黄孝正

安徽省特种设备检测院, 中国·安徽 合肥 230051

摘要

论文探讨了埋地聚乙烯燃气管道检验中的风险点, 通过分析风险点及聚乙烯燃气管道的失效模式, 制定相应检验项目, 检验项目可分为资料审查、管道位置走向埋深检测、宏观检查、开挖直接检验、焊接接头检测、材料性能检验, 并提出聚乙烯管道半定量风险评估方法, 综合评定聚乙烯燃气管道的安全状况。

关键词

管道; 燃气; 聚乙烯; 风险评估

1 引言

近年来, 随着燃气管道敷设数量的不断增加, 越来越多的燃气运营企业将最大工作压力不超过 0.4MPa 的中压燃气管道改用聚乙烯管道代替钢质管道, 然而聚乙烯燃气管道有其自身的特殊性, 中国尚没有一个完善的规范标准来指导这方面工作, 不利于开展和完善埋地聚乙烯燃气管道检验工作, 论文通过分析风险点及聚乙烯燃气管道的失效模式, 结合管道运行工况, 精确地查找埋地聚乙烯燃气管道的安全隐患部位, 通过对资料审查、管道位置走向埋深检测、宏观检查、开挖直接检测、焊接接头检测、材料性能检验等项目实施检验, 并提出聚乙烯管道半定量风险评估方法, 综合评定聚乙烯燃气管道的安全状况。

2 聚乙烯管道失效模式分析

聚乙烯管道安全运行的影响因素很多, 涉及设计、制造、

安装、运行等各环节, 设计环节决定着聚乙烯燃气管道的使用条件, 良好的设计对后期聚乙烯管道的施工和运行起着不可替代的指导作用。设计施工阶段风险点应充分考虑聚乙烯管道的设计和施工是否参照 GB50028《城镇燃气设计规范》、CJJ63《聚乙烯燃气管道工程技术标准》、CJJ33《城镇燃气输配工程施工及验收规范》、GB/T15558.1-3《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统》等相关标准规范执行; 有无考虑现场环境因素, 根据压力-温度选用合适材料, 对于材料等级、壁厚的选择是否合乎规定; 制造过程工艺控制非常重要, 施工单位对工艺参数、物料熔体温度、熔体压力控制是否满足要求, 对于现场的监控和安装安全质量检验以及主要危险源指标, 如施工资质、聚乙烯管道原材料验收、安装质量控制、表面处理是否满足要求^[1,2]。

聚乙烯管道失效主要集中在运行阶段, 燃气聚乙烯管道与钢质管道最大区别是不会发生电化学腐蚀, 而燃气聚乙烯管道敷设过程中根据相邻建(构)筑物情况、道路情况和周

【作者简介】姚立东(1988-), 男, 中国安徽合肥人, 工程师, 从事特种设备安全研究。

围环境情况等变化而变化。

聚乙烯燃气管道主要失效模式包括：生物活动、道路施工、植物根系作用、老化开裂、占压、自然灾害、地质沉降、第三方破坏等失效模式都可能导致管道失效。主要风险点指标：第三方破坏、自然灾害、地质沉降、白蚁啃食、植物根系破坏、自然老化、占压、管道裸露造成的脆化。

3 检验项目

3.1 资料审查

依据设计和安装过程中存在的风险点，检验聚乙烯燃气管道时应当对提交和收集的以下资料进行审查、分析：

- ①设计图纸、文件与有关强度计算书；
- ②聚乙烯管道元件产品质量证明资料；
- ③安装监督检验证明文件、安装及其竣工验收资料；
- ④管道使用登记证（需要进行使用登记的）；
- ⑤管道运行记录，包括输送介质压力、管道修理或者改造的资料、管道事故或者失效资料、管道的各类保护措施的使用记录、管道周围的其他施工活动等；
- ⑥是否依据相关标注、规范进行施工；
- ⑦上一次全面检验报告。

3.2 管道走向埋深检测

结合管道设计图、竣工图、管道地理信息系统（GIS）等，选择示踪线（带）电磁波探测法、地质雷达探测法、管道声学定位探测法、静电力探测法、电子标识器定位法等方法检查管道位置、埋深及走向，对于示踪线（带）电连续性能好的，利用信号源井、阀门井或测试桩，可采用金属管线探测仪主动信号源法中的通电直连法进行检测；对于金属示踪线（带）已损坏或未敷设、金属示踪线（带）完好但没有预留出露点的管道可采用地质雷达探测法、管道声学定位探测法、静电力探测法进行检测。对于随管敷设电子标识器的管道，可采用电子标识器定位法进行管道定位和埋深检测。

3.3 宏观检查

聚乙烯燃气管道运行环境对其安全运行至关重要，运行过程中应进行泄漏检查，对管道采用相应的泄漏检测设备进行泄漏点检测，重点检查管道穿越段、阀门、阀井、聚乙烯管道熔接接口（钢塑转换接口）等位置的泄漏情况，对燃气可能泄漏扩散到的地沟、窨井、地下建（构）筑物内进行检查，

必要时采用地面钻孔检测或开挖验证，泄漏检查结束应检查管道位置、埋深与走向检查（如果管道周围地表环境无较大变动、管道无沉降等情况，可以不要求），地面标志检查，检查地面标识位置是否准确，标志桩、测试桩、里程桩和警示牌等外观完好情况、是否缺失，管道沿线地表环境调查主要检查管道与其他建（构）筑物净距、占压状况、管道裸露、土壤扰动等情况，检查阀门、法兰、钢塑转换接头等管道元件的完好情况，穿越管段检查，主要检查管道穿越处保护工程的稳固性、河道变迁、水工保护等情况，阀门井检查，主要检查定期排放积水情况，护盖、排水装置的完好情况，对于管道周围地表环境发生较大变动、沉降等情况时，应检查沿管道敷设的示踪线、可探测示踪带或电子标识器等示踪和定位系统的完整性和有效性。

3.4 开挖直接检验

聚乙烯管道检测过程中对于管道敷设环境温度超过 30℃ 的、管道运行时间达 30 年以上的、发生过泄漏或第三方破坏等风险较大的位置、沿线地面存在沉降、滑坡等不良地质条件的、穿越位置、钢塑转换接头位置、存在深根植物破坏的位置，必须进行开挖检测，开挖检测的抽查检测比例不应低于 0.3 处 /km，并且根据实际检测情况确定是否需进一步增加抽查数量，开挖后应对管道表面检查，检查有无划伤、槽痕、凿痕或者凹痕等缺陷，管道有无老化降解（如表面粉化）等迹象，并对聚乙烯管道进行壁厚测定，采用超声波测厚方法等对管体进行壁厚抽样测定，同一截面上的侧厚位置不得少于 4 处，测量值应参考 GB/T15558.1-3 对壁厚的要求。测厚时，应注意声速的校准。当测量壁厚结果有异常时，须扩大检测范围^[3]。

3.5 焊接接头检测

聚乙烯燃气管道焊接可分为热熔焊接和电容焊接，电容焊接主要应用于各个规格的管件与管材、注塑管件、管件之间的焊接，热熔焊接主要应用于管材之间的对接焊，两种焊接模式的焊接缺陷主要是由灰尘、碎屑等颗粒物进入焊缝产生，可对焊接接头进行射线检测或超声检测。射线检测可参照 JB/T12530 执行，超声检测可参照 GB/T29461、JB/T10662 执行，还可以采用相控阵等方法进行补充检测。

3.6 材料性能检验

对可能发生聚乙烯老化、材料状况不明或使用年限已经

超过 40 年的管道, 一般应进行材料性能检验, 材料性能检验项目包括氧化诱导时间、断裂伸长率、静液压强度、耐慢速裂纹增长等^[4]。

①氧化诱导试验按照 GB/T19466.6 的要求进行, 试验温度取 200℃, 氧化诱导时间 ≥ 20min;

②断裂伸长率按照 GB/T 8804.3 的要求进行, 断裂伸长率 ≥ 350%;

③静液压强度试验按照 GB/T 6111 的要求进行, 试验温度取 80℃, 环应力 4.5MPa (PE80)、5.4MPa (PE100), 试验破坏 ≥ 165h;

④当管材公称壁厚大于 5mm 时, 应进行管道耐慢速裂纹增长试验, 试验按照 GB/T18476 的要求进行, 试验温度取 80℃, 环应力 4.5MPa (PE80)、5.4MPa (PE100)。

仅做氧化诱导试验时, 可从管道外表面取样, 取样厚度不应超过管材壁厚的 10%, 以免影响管体强度。

4 风险评估

根据埋地聚乙烯检验结果并结合检验过程中发现问题, 综合考虑管道周边的人文、社会和自然环境, 对管道运行安全进行风险评估, 风险评估应以区段为单位。埋地聚乙烯管道风险评估分为失效可能性和失效后果, 埋地聚乙烯燃气埋地管道失效可能性和失效后果的半定量风险评估方法^[5]。半定量风险评估是以诱发管道事故的各种因素为依据, 以影响因素发展成危险事故的可能性为条件, 以事故后果造成的综合损失为评估指标, 对管道的各区段进行评价, 以风险值的大小来对管道各区段的安全程度作出综合评价的技术。

失效可能性评分按照表 1 埋地聚乙烯燃气管道失效可能性评分项分别确定第三方破坏得分 S_1 、设备(装置)及人员操作得分 S_2 、管道本质安全质量得分 S_3 。埋地聚乙烯燃气管道失效可能性评分 S 按照式(1)进行计算:

$$S = 100 - \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 S_i \quad (1)$$

失效后果评分按照表 2 埋地聚乙烯燃气管道失效后果评分项分别确定介质的短期危害性得分 C_1 、介质最大泄漏量得分 C_2 、介质扩散性得分 C_3 、人口密度得分 C_4 、沿线环境得分 C_5 、泄漏原因得分 C_6 、供应中断对下游用户影响得分 C_7 。埋

地聚乙烯燃气管道失效后果得分 C 按照式(2)进行计算:

$$C = \sum_{i=1}^7 C_i \quad (2)$$

按照式(3)计算风险值 R :

$$R = S \times C \quad (3)$$

表 1 失效可能性评分

项目	S_1	S_2	S_3
分值	50	25	25

表 2 失效后果评分

项目	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
分值	20	12	8	10	25	10	15

其风险值越大代表管道风险等级越高, 对于风险等级过高的管段应采取相应的安全措施。

5 结论

论文根据埋地聚乙烯管道常见的失效模式, 针对埋地聚乙烯燃气管道风险点, 结合管道运行工况, 精确地查找埋地聚乙烯燃气管道的安全隐患部位, 通过对资料审查、管道位置走向埋深检测、宏观检查、开挖直接检测、焊接接头检测、材料性能检验等项目实施检验, 根据检验结果, 结合检验过程中发现的安全隐患点, 并综合考虑管道周边的人文、社会和自然环境, 对管道运行安全进行风险评估, 风险评估结果风险值越高代表其风险等级越高, 风险值越低代表风险等级越低, 对于高风险点应采取相应的安全措施, 或降压运行来降低管道风险。

参考文献

- [1] 辛明亮, 李茂东, 张术宽, 等. 聚乙烯燃气管道失效模式研究进展[J]. 中国塑料, 2015, 29(3):16-20.
- [2] 李明阳. 埋地 PE 燃气管道失效机理的力学研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [3] 陈旭, 焦荣, 田涛. 棘轮效应及其循环本构模型研究进展[J]. 力学进展, 2003, 33(4):461-470.
- [4] 冯汝坤. 结构塑性安定性理论的若干进展及应用[J]. 河北工业科技, 2005, 22(6):365-369.
- [5] 高炳军, 陈旭. 内压弯管受对称面外弯曲时的棘轮应变有限元分析[J]. 机械强度, 2004, 26(3):287-290.