

管道失效原因及对策探析

古丽曼·那扎尔别克 张绍鹏 唐坤利 (中国石油新疆油田分公司准东采油厂, 新疆 昌吉 831511)

摘要: 管道运输是石油、天然气及油田注水最常用的集输方式。在对油、气、水较长周期的输送过程中, 管道失效情况时有发生, 不仅影响油气田正常生产, 同时也存在严重的安全和环保隐患。本文通过对失效管材类型、管道使用年限、输送介质性质、土壤腐蚀性质、管道失效位置进行归类统计, 分析管道失效的原因, 找出管道失效的主要影响因素, 提出管道失效的预防措施, 以确保油气田输送管道高效、平稳运行。对油气田管道完整性管理有一定的借鉴意义。

关键词: 管道失效; 管道材质; 使用年限; 输送介质; 原因分析; 预防措施

1 已建管道现状

本单位已建各类管道 3450 条, 1857.949km。其中, 金属管道 1946 条, 1175.3623km, 非金属管道 1504 条, 682.5868km。具体情况见表 1。

本单位共有 I 类管道 0 条, 0km, 占比分别为 0%、0%; II 类管道 682 条 451.0879km, 占比分别为 19.77%、24.28%; III 类管道 2768 条, 1406.8612km, 占比分别为 80.23%、75.72%。详见表 2。

2 失效管道概况

本单位 2019 年管道失效 86 次, 共有 I 类管道 0 次, II 类管道 16 次, III 类管道 70 次。其中, 单井出油管道 36 次, 金属管道 31 次, 非金属管道 5 次; 集油干支线 3 次, 金属管道 2 次, 非金属管道 1 次; 单井注水管道 28 次, 金属管道 20 次, 非金属管道 8 次; 配气管道 1 次, 供水管道 12 次, 注水干支线 2 次, 污水管道 4 次, 均为金属管材。具体情况见表 3、表 4。

3 失效原因分析

3.1 管道材质

在 86 次失效管道中, 金属管道 72 次, 非金属管道 14 次。具体情况见表 5。

失效原分析:

金属管道强度高, 耐高温, 但不耐腐蚀, 腐蚀是金属管道失效的主要因素, 全年管道失效共计 72 次, 占失效管道总数的 83.72%。其中, 外腐蚀 18 次, 内腐蚀 54 次, 失效频次更高。

非金属管道防腐性能好, 但不耐高温, 强度较低, 易损坏, 制造与施工缺陷是非金属失效的主要因素, 全年管道共计 14 次, 占失效管道总数的 16.28%, 失效频次较低。

经上述分析管道材质属性对管道失效频次有重要影响。

3.2 管道年限

按照管道建设年限统计, 在 86 次失效管道中, 建设年限超过 20 年的 42 次, 占比 48.84%; 建设年限在 10-20 年之间的 33 次, 占比 38.37%; 建设年限在 5-10 年之间的 8 次, 占比 9.30%; 建设年限在 5 年以内的 3 次, 占比 3.49%。具体情况见表 6。

失效原因分析: 服役时间长是管道失效的重要原因之一。统计结果表明, 建设年限超过 20 年失效管道占比接近 50%; 建设年限在 10-20 年失效管道占比接近 40%。

3.3 输送介质

为分析输送介质对管道失效率的影响, 分别对集油管道内腐蚀失效数据、油田产液含水率、污水处理站水质达标率、污水管道内腐蚀失效数据进行统计。具体情况见表 7、表 8、见表 9、见表 10。

失效原因分析 1: 输送介质对管道失效频次有重要影响, 其中, 污水管道输送介质成分复杂, 失效率远高于集油管道失效率。统计本单位年度金属管道因内腐蚀原因失效次数共计 43 次。其中, 集油管道共计 1388 条, 失效 17 条, 占比 1.22%; 污水管道共计 444 条, 失效 26 条, 占比 5.86%。污水管道失效率是集输管道失效率的 4.8 倍。

失效原因分析 2: 注水水质达标率对管道失效频次有较大影响, 整体趋势表现为: 污水处理站水质达标率越低, 金属管道污水管道失效次数越多。统计本单位年度金属管材污水管道因内腐蚀原因失效次数共计 26 次。其中火烧山油田污水处理站水质达标率为 88.33%, 污水管道失效 0 次; 彩南油田污水处理站水质达标率为 76%, 污水管道失效 7 次; 沙南作业区所属北三台联合站、沙南联合站污水处理站水质达标率分别为 55.54%、64.44%, 污水管道失效 19 次; 吉祥油田污水处理站水质达标率为 49.9%, 由于吉祥油田注水管线多为非金属材料, 且管线运限时间在 5 年之内, 虽然水质达标率最低, 管道失效仍为 0 次。

失效原因分析 3: 油田产出液含水率对管道失效频次有一定影响, 整体趋势表现为: 油田产出液含水率越高, 集油管道失效次数越多。统计本单位年度金属管材集油管线因内腐蚀原因失效次数共计 17 次。其中火烧山油田产出液综合含水为 81.9%, 集油管道失效 0 次; 彩南油田产出液综合含水为 91.8%, 集油管道失效 5 次; 沙南油田油田产出液综合含水为 82.2%, 集油管道失效 12 次, 吉祥油田油田产出液综合含水为 49.9%, 集油管道失效 0 次。

3.4 土壤腐蚀

为分析土壤腐蚀对管道失效率的影响程度,分别金属管道外腐蚀失效数据、各油田土壤腐蚀性鉴定结果进行统计,具体情况见表 11。

失效原因分析:土壤腐蚀性对管道失效频次有一定影响。统计结果表明,火烧山地区土壤腐蚀为重度,金属管道外腐蚀失效 7 次,彩南地区、沙南地区土壤腐蚀为中度,金属管道外腐蚀失效均为 4 次。

3.5 失效位置

根据管道失效时钟位置统计分析,在 86 次失效管道中,失效发生位置在 1 点、2 点、3 点、4 点、5 点、6 点、7 点、8 点、9 点、10 点、11 点、12 点的次数分别为:0 次、2 次、3 次、6 次、16 次、22 次、11 次、2 次、5 次、6 次、4 次、9 次。具体情况见表 12。

失效原因分析:管道底部和顶部应力变化大、易受损是管道失效的主要因素之一。统计结果表明,管道失效位置发生在 5 点、6 点、7 点、12 点的次数为 58 次,占比高达 67.44%。

3.6 典型案例

水务公司水 3 泵站至彩南油田输水干支线年度因管道内腐蚀失效 8 次。原因分析:该管道于 1990 年建成,运行时间过长,导致失效频繁发生。

沙南作业区 B3034 单井注水管线年度因内腐蚀失效 3 次。原因分析:随着吉祥油田和页岩油的采出液大量进入北三台联合站进行处理,由于吉祥和页岩油来液水型(NaHCO_3 型)与北三台油田采出液水型(CaCl_2)不配伍,北联站站内管道频繁结垢和腐蚀穿孔,污水出站水质达标率低,不合格水进入注水管网加剧了注水管道的腐蚀结垢速度。

1-4 月份,火烧山作业区单井出油管道因外腐蚀连续发生 7 次失效。原因分析:施工过程中难免存在管线外防腐层受损情况,而火烧山地区土壤腐蚀性为重度,加快了管线外腐蚀速度。

4 失效预防对策

4.1 强化非金属管材应用

①非金属管线的应用已经成熟,油田新区地面管道建设选用非金属管材;②根据现场对管材的要求,老井管道更换优先选用非金属管材。

4.2 重视管道使用年限分析

①集油管线应考虑土壤腐蚀性,并结合产液含水

率、硫化氢含量等因素,对管道使用寿命进行分析;②注水管道应考虑土壤腐蚀性质,并结合注水水质、污水结垢趋势等因素,对管道使用寿命进行分析;③认真编制管道检测计划,优先对使用年限及处于不利环境的管线开展检测,检测报告要有详细的管道维修及更换计划。

4.3 努力提高水质达标率

①对污水系统来水进行水质全分析,摸清污水特点,优选污水处理药剂,提高出站水质达标率;②优化污水处理工艺,实施密闭注水工程,推进沿程杀菌技术,降低注水管线因水质不合格导致的内腐蚀。

4.4 加强施工质量监督

①金属管线做好管线外防腐的进场、补口、下管、焊接、回填等施工过程质量监督和验收,避免防腐层损伤、局部应力过大等问题发生;②非金属管线做好管线下部异物清理,确保管线上下两层垫层的铺设高度,避免野蛮施工。同时加强管线接头的施工管理,避免外腐蚀导致的接头失效,督促厂家对能整改的制造缺陷进行完善。

4.5 加强管道检测评价

对检测结果进行系统分析,得出管线各段的腐蚀程度;结合管道开挖验证,对腐蚀程度进行校准,并对腐蚀缺陷提出维修建议。

5 结论

①通过管道失效原因分析,管道材质、服役年限、输送介质、应力变化对管道失效概率影响较大,属主要因素;在管道外防腐层完好的前提下,土壤性质对管道失效概率影响较小,属次要因素;②制定好针对性措施,对减少管道失效次数有较大潜力,值得做进一步研究;③本文的分析结果建立在现场管道失效数据基础上,对管道失效的运行管理有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 杨琳.油气管道失效控制技术探讨[J].石油技术,2019(1):263.
- [2] 李夏书等.基于综合失效分析的石油管道 RCFA 分析[J].中国特种设备安全,2019(1):54-58.

作者简介:

古丽曼·那扎尔别克(1977-),女,哈萨克族,新疆阜康人,本科,高级工程师,研究方向:地面工艺相关科研工作。

表 1 各类管道分类统计表

管材	单井出油管线	集油干支线	采气管线	集气管线	配气管线	供水管线	注水干支线	注水单井线	污水管线
金属管道	条	1272	116	24	10	49	31	102	204
	km	493.7729	114.491	30.249	89.08	39.97	190.37	99.05	91.45
非金属管道	条	543	80				7	66	510
	km	211.5921	62.466				12.58	56.355	237.797
合计	条	1815	196	24	10	49	38	168	714
	km	705.365	176.957	30.249	89.08	39.97	202.95	155.405	329.246

表 2 管道分类统计表

管道分类	I 类		II 类		III 类		合计	
单位	条	km	条	km	条	km	条	km
金属管道	0	0	131	158.445	1815	1016.9173	1946	1175.3623

非金属管道	0	0	551	292.6429	953	389.9439	1504	682.5868
合计	0	0	682	451.0879	2768	1406.8612	3450	1857.9491
占比 (%)	0		19.77		80.23			

表3 管道失效数据综合统计表

管 材		单井出 油管线	集油干 支线	采气管线	集气管线	配气管线	供水管线	注水 干支线	注水 单井线	污水管线	合计 (次)
金属管道	条	31	2	0	0	1	12	2	20	4	72
非金属管道	条	5	1	0	0	0	0	0	8	0	14
合计	条	36	3	0	0	1	12	2	28	4	86
失效率	(次 / (km · a))	0.051	0.017	0	0	0.025	0.059	0.013	0.061	0.031	0.046

表4 管道类别失效数据统计表

类 型	I 类	II 类	III 类	合计 (次)
金属	0	13	59	72
非金属	0	3	11	14
合计	0	16	70	86
失效率 (次 / (km · a))	0	0.0355	0.050	0.046

表5 管道失效原因统计表

	内腐蚀	外腐蚀	环境敏感断裂	制造与施工缺陷	第三方破坏	运行操作不当	自然灾害	合计	占比 (%)
金属	54	18	0	0	0	0	0	72	83.72
非金属	0	0	0	14	0	0	0	14	16.28
合计	54	18	0	14	0	0	0	86	100

表6 失效管道建设年限统计表

	T ≤ 5	5 < T ≤ 10	10 < T ≤ 20	T > 20	合计
金属管道失效次数	3	6	22	41	72
非金属管道失效次数	0	2	11	1	14
比例	3.49%	9.30%	38.37%	48.84%	100%

表7 集油管线内腐蚀失效数据统计表

单 位	火烧山	彩南	沙南	吉祥	小计
集油干支线	0	1	1	0	2
单井油管线	0	4	11	0	15
合计	0	5	12	0	17

表8 污水管线内腐蚀失效数据统计表

单 位	火烧山	彩南	沙南	吉祥	小计
注水干支线	0	2	0	0	2
注水单井线	0	3	17	0	20
污水管线	0	2	2	0	4
合计	0	7	19	0	26

表9 油田产液含水率数据统计表

单 位	火烧山	彩南	沙南	吉祥	小计
抽油含水比 (%)	81.84	91.97	83.35	49.71	80.2
自喷含水比 (%)	93.92	75.83	70.9	52.46	72.51
综合含水比 (%)	81.9	91.8	82.2	49.9	79.2

表10 污水处理站水质达标率统计表

取 样 点	含油	悬浮物	SRB	腐生菌	铁细菌	综合水质
	mg/L	mg/L	个/mL	个/mL	个/mL	
	达标率	达标率	达标率	达标率	达标率	达标率
北联站污水过滤器出口	100	35.63	41.67	100	0.4	55.54
彩联站污水过滤器出口	100	100	40	100	40	76
火烧山斜板罐出口	100	100	41.67	100	100	88.33
吉7中心站污水过滤器出口	100	16.67	100	100	0.4	63.41
沙联站污水过滤器出口	100	21.82	100	100	0.4	64.44

表11 土壤腐蚀失效率数据统计表

单 位	火烧山	彩南	沙南	小计
土壤腐蚀性	重度	中度	中度	
失效次数	7	4	4	15
占比 (%)	46.66	26.67	26.67	100

表12 失效管道时钟位置统计表

时钟位置	1 点	2 点	3 点	4 点	5 点	6 点	7 点	8 点	9 点	10 点	11 点	12 点
金属管道失效次数	0	2	3	5	14	16	9	2	5	5	4	7
非金属管道失效次数	0	0	0	1	2	6	2	0	0	1	0	2
合计	0	2	3	6	16	22	11	2	5	6	4	9
比例 (%)	0%	2.33	3.49	6.98	18.60	25.58	12.79	2.33	5.81	6.95	4.65	10.47