

输气站场危险性分析

郑存有, 郑继明

(四川四环锌锗科技有限公司, 四川 雅安 625400)

[摘要] 输气站场承担着燃气增压、分输、配气等工作,其作业活动安全与否关系着整个系统的运行。研究输气站危险因素及预防措施,可以清楚地认识输气站内危险隐患因素,指导站场的日常维护与管理,达到控制事故的发生、保证燃气管线安全的目的。本文利用预先危险性分析方法与 MLS 评价法相结合的综合分析方法对输气站的各种危险因素进行分析及总结,从而确定出潜在的危险因素、危险等级及事故严重程度,提出相应的预防控制措施。

[关键词] 输气站场; 风险评价; 预先危险性分析; MLS 分析方法

[中图分类号] TE88 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)04-0074-06

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.04.017

输气站场作为燃气的枢纽,起着调压、调峰、配气等重要作用,所以输气站的状况好坏决定了燃气是否能正常供应。随着经济的快速发展,输气站逐渐转移到城区地段,加之部分设备运行年限的增长,逐渐暴露出许多问题及隐患。输气站场主要存在设备不符合相关要求、制度及操作规程不健全、维护与维修队伍还不完善、员工应急能力差和周围环境复杂等问题。

管道风险评价技术普遍做法是把其作为管道的局部来进行分析与研究,但输气站场的设备繁杂程度和功能多样性远超过输气管道,利用管道风险评价标准来评价输气站,就不可避免的会出现偏差甚至是错误。因此,对输气站的风险评价就显得十分必要。

目前已研究出许多评价方法和相关评价软件,都有各自的使用范围及所需的条件。因此,需要根据研究的对象和评价目标等相关特点及特性,选用最佳方法评价系统进行评估,可得到最准确的评价结果^[1-4],本文利用预先危险性分析方法与 MLS 评价法相结合的综合分析方法对输气站的各种危险因素进行分析及总结,从而确定出潜在的危险因素、危

险等级及事故严重程度,提出相应的预防控制措施。

1 输气站的预先危险性作业风险分析

1.1 预先危险性分析法

预先危险性分析法(PHA)是在待评价系统设计、施工及生产之前或技术改造之后,根据原材料、操作装置及设备失控情况,宏观概略并分析危险源、危险等级、事故发生条件及后果后提出相应控制措施,从而达到预防或减少事故发生的目的。在使用预先危险性分析法时,应把工艺特点考虑在内,找出系统基本单元的危险特性及危险状态,包括原料、中间物、催化剂及最终产品等物质的危险特性及其反应活性,同时还应包括设备、设备布置、安全设备、操作环境及操作规章等各单元之间的联系。列出所有识别的危险情况后,找出产生的原因、后果和控制及防范措施^[5-6]。

危险性分析必须从人-机-环角度综合全面分析,把偶然事件、不可避免事件及不可知事件当作必然事件、可避免事件及可知事件来考虑。该方法的分析内容包括识别危险源;分析事故发生的条件;分析子系统、各元件的交接面及其相互关系与影响;分析原材料、产品、安全防护设施,特别是危险有害物质的特性;分析工艺过程、工艺参数和状态参数;人、机、环境三者之间的关系及条件。

1.2 输气站场预先危险性分析

1.2.1 输气站场结构组成

输气站承当接收、增压、分输、配气及储气等功

[收稿日期] 2020-12-02

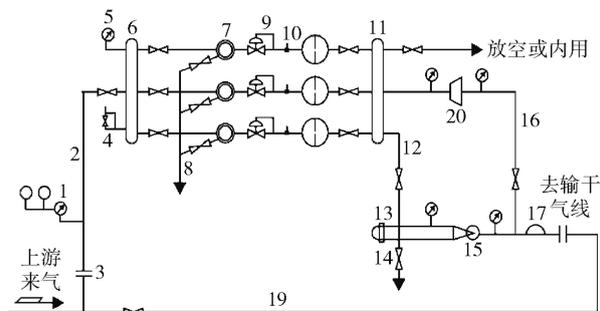
[作者简介] 郑存有(1987-),男,甘肃庄浪人,注册安全工程师,主要从事安全环保管理工作。

[引用格式] 郑存有,郑继明.输气站场危险性分析[J].有色设备,2021,35(4):74-79.

能。按处在管道的位置可分为：首站、末站、中间站及一些附属站场。按功能可分为：压气站、分输站、清管站等。输气站包括生产区和生活区两部分，生产区分为主要作业区和辅助作业区，输气站的主要作业区主要包括：压缩机车间、净化除尘区、调压计量控制室、清管器收发区、空气冷却装置。输气站主要工艺流程如图 1 所示。

1.2.2 实例分析

输气站场的主要风险类型是爆炸火灾、物体打击、中毒窒息、高温灼伤、电气伤害、噪音污染等。由于输气站内许多工艺过程均处在高压状态，机械设备及设施极易受到破坏而导致燃气泄漏。一般发生泄漏的地方多位于燃气管道的焊口、焊缝、阀门、法兰、设备腐蚀穿孔以及疲劳断裂等。泄漏的燃气与空气混合形成爆炸性混合物，遇到火源，极易发生火灾爆炸事故，因此，在进行风险评价过程中应着重分析与解决^[7-10]。利用预先危险性分析表将输气站



1,5.压力表 2.进气管 3,18.法兰 4.安全阀 6,11.汇气管
7.分离器 8.排污管 9.压力调节器 10.温度计 12.越站管
13.收发球筒 14.放空管线 15.球阀 16.外输管 17.清管球
指示器 19.旁通管线 20.压缩机

图 1 输气站场工艺流程

可能发生的爆炸火灾、物体打击、中毒窒息、高温灼伤、电气伤害、噪音污染这六种最基本的风险类型进行定性分析，分析结果如表 1 所示。

表 1 关于输气站的预先危险性分析表

危险因素	触发事件一	发生条件	触发事件二	事故后果	危险等级	防范措施
火灾爆炸	<p>A. 故障泄漏</p> <p>①储罐、管线、阀门及法兰等泄漏或破裂；②储罐等超装溢出；③压缩装置破损或转动设备的密封处发生泄漏；④储罐、管道、仪器及仪表等设备的连接处破损；⑤质量不合格或安装不符合相关标准等；⑥撞击或人为损坏导致设备装置破裂；⑦电化学腐蚀或应力疲劳导致设备及仪器等损坏；⑧自然灾害造成的破裂，如洪水、龙卷风等</p> <p>B. 运行故障</p> <p>①超过相关标准所规定的压力及温度导致破损；②安全附件失灵、损坏或操作不当；③垫片撕裂造成泄漏；④温度改变突然并且差别大极易导致设备破损；⑤高速转动装置的不洁摩擦产生的高温</p>	<p>A. 燃气与空气的混合浓度在爆炸浓度范围内；B. 遇明火；C. 存在能引燃、引爆可燃物体的能量</p>	<p>A. 明火</p> <p>①违章吸烟；②抢修、检修时违章动火，焊接时未按相关制度和规定动火；③外来人员带入火种；④物质过热引起自燃或燃烧；⑤其它火源，例如设备高速运转导致冒烟着火；⑥其它火灾引起二次火灾等</p> <p>B. 火花</p> <p>①电火花。比如线路老化或其绝缘层烧坏导致短路火花；②撞击火花。比如穿铁钉鞋产生撞击火花等；</p>	<p>易燃易爆气体泄漏、人员伤亡、工厂停产、造成严重的经济损失和环境污染</p>	<p>IV</p>	<p>A. 控制与消除火源</p> <p>①严禁吸烟、穿带金属服饰及鞋进入易燃易爆区；②动火必须按照有关规定及制度办理相关作业证，并采取有效的防范控制措施；③使用防爆型设备；④使用不产生明火的工具，严禁敲打、撞击等违规操作；⑤按照相关规定正确安装避雷防护设备，并定期进行检查与维修；⑥按相关规章制度采取防静电措施；⑦加强门卫管理，严禁非作业车辆进入火灾、爆炸危险区，运送燃气的车辆必须配备完好无损的阻火器</p> <p>B. 严格控制设备质量及安装</p> <p>①严格把好质量关和安装关；②管道、压力容器等有关设施要进行定期检验、检测、试压；③对于经常发生泄漏的场所，应提高密封性，对于高温部件要采取隔热措施</p> <p>C. 采取相应措施防止易燃易爆气体或易燃液体的跑、冒、滴、漏</p> <p>D. 加强管理、严格工艺纪律</p> <p>E. 加强、完善维修与检测技术</p>

续表 1

危险因素	触发事件一	发生条件	触发事件二	事故后果	危险等级	防范措施
物体打击	①旋转部件无防护装置或存在缺陷,如轴流风机入口无防护网;②某些快速转动部件、啮合部件强度不足或松动,引起机械破坏或甩出;③操作阀门站立位置不正确,阀杆窜出;④阀门质量有缺陷;⑤承压装置上的元件及零件固定不牢固或超负荷或超压;⑥管道、设备连接件强度不足;⑦空间交叉作业,高处坠落物击中;⑧作业空间狭小,作业条件差,如照明设施不完善	A. 违章操作 B. 防护缺陷	①不停机进行设备清洗、保养; ②穿着肥大的工作服,未盘发; ③未戴安全帽; ④安全帽的质量不合格	人员伤亡,经济损失	II	①加强安全教育,提高员工自我安全意识; ②严格落实及执行规章制度; ③完善防护装置及设备; ④加强设备制造、安装的质量验收; ⑤正确配备和使用劳动防护用品; ⑥加强设备、设施安全检查,定期进行设备维修,及时发现缺陷并消除事故隐患; ⑦生产场所应确保有足够的操作空间和良好的作业条件
中毒窒息	A. 设备、设施泄漏 B. 通风不良、通风系统故障或未启动通风系统	作业环境中存在有害气体并被人体吸收	A. 未佩戴个人防护用品 ①防护用品缺乏; ②防护用品取用不方便; ③因故未戴 B. 防护用具失效 ①破损、失效;②选型不对;③使用不当 C. 违章作业①未办理作业票;②作业监护不到位;③未按规定开展有毒有害气体检测	人员伤亡,经济损失和环境污染。	II	A. 技术措施 ①完善通风系统;②正确配备、使用防护用品;③安全阀出口方向不得朝向建筑物门窗、人行道;④正确设置安全警示标志; B. 管理措施 ①定期开展设备的维护及保养;②加强巡回检查;③定期开展职业危害检测和职业健康的体检等
电气伤害	①电气设备及电器开关损坏漏电,如开关罩盖丢失;②电缆的绝缘层老化失效或破损,电源线裸露造成漏电;③电气设备破损或零部件丢失;④未安装漏电保护装置或相关保护装置及设备失效;⑤电气设备接地不良;⑥空气湿度过大,如雨天潮湿环境作业	A. 未严格执行停电、送电和警示牌制度等,违章操作 B. 作业人员未采取防护措施	①私自拆装电气设备和电路,私拉、乱扯电线;②湿手湿脚动用电器设备开关,接触电气设备; ③雷雨天气,作业人员站立在无防雷设备的建筑物下面,遭遇雷击;④违章进行电气作业; ⑤使用有缺陷的设备;⑥无作业防护装置或未正确穿戴	人员伤亡,经济损失	II	A. 技术措施 ①加强完善电气设备接地保护装置;②正确配备及安装漏电保护装置,定期维修与检查;③设置电气操作绝缘保护装置;④使用检验合格的电气设备并正确安装;⑤正确布置电缆 B. 管理措施 ①加强电气工程施工质量的验收;②严格落实电气设备和电线的定期检查与维修,发现问题及时整改;③加强安全知识教育

续表 1

危险因素	触发事件一	发生条件	触发事件二	事故后果	危险等级	防范措施
高温灼伤	①热水管道爆裂、泄漏;②操作人员的身与热水管道接触;③生产现场照明不良;④操作空间狭小	A 违章违规操作 B. 作业人员未采取防护措施 C. 个人防护缺失	①未配备个人防护用具; ②未按相关规章及标准要求使用劳动防护用品	人员伤亡, 经济损失	Ⅲ	①加强管理, 防止管道爆裂和泄漏; ②正确并且按相关规章制度使用劳动防护用品;③配备基本的防烫伤应急药品
噪音污染	①生产作业中机械高速运转;②流体流速过快;③电磁设备产生的噪声;④隔离、降噪措施不完善	A. 违章操作; B. 防护缺陷	①未配备个人防护用具;②未正确使用劳动防护用品	职业病	Ⅲ	①采取隔离降低噪的措施;②正确并按照相关规章制度使用劳动防护用品;③定期开展职业危害检测和职业健康体检

基于表 1 中的信息,利用预先危险性分析法,从事故造成后果的角度来对输气站中存在的风险类型进行分类与分析,其中火灾爆炸的危险等级属于Ⅳ级,噪音污染、高温灼伤的危险等级属于Ⅲ级,物体打击、中毒窒息、电气伤害的危险等级属于Ⅱ级,可知火灾爆炸的危险等级最高,需要我们高度重视,并且有重点地采取具有针对性的措施,比如重点排查泄漏点、不放过任何一个可能导致泄漏的地方,加强检修及维修技术,同时严格控制火源,完善通风设施等。

2 输气站的 MLS 风险分析

2.1 MLS 评价法

MLS 评价法是相对 MES 评价法和 LEC 评价法的进一步改进。该方法综合分析和评估待评价系统的各种危险危害因素以及其所造成事故的严重度,除了考虑危险源的固有危险性,还需考虑事故是否有相应的监测与控制措施,计算事故严重度需要考虑事故所造成的人员伤亡、财产损失、职业病、环境破坏的总影响,客观地评估了风险产生的真实后果。因此,MLS 评价法对因素的变动相当敏感,特别是

在事故发生概率和事故损失项,所以评价结果动态性更好,与 MES 评价法和 LEC 评价法相比,MLS 评价法的评估结果更接近实际情况^[5,11]。

MLS 评价法的计算公式为:

$$R = \sum_{i=1}^n M_i L_i (S_{i1} + S_{i2} + S_{i3} + S_{i4}) \quad (1)$$

式中: R 为生产作业条件的危险程度计算分值; n 为危险因素的个数; M_i 为第 i 个危险因素的控制及监控措施的状态值 $M_i = M_{i1} + M_{i2}$,其具体取值见表 2; L_i 第种危险因素导致事故发生的频率,其具体取值见表 3; S_{i1} 第 i 种危险因素导致事故造成的一次性人员伤亡损失; S_{i2} 为第 i 种危险因素导致作业人员患职业病损失, S_{i3} 为第 i 种危险因素导致事故发生所造成的财产实际损失; S_{i4} 为第 i 种危险因素引起的一年内累计的环境污染治理费及一次性事故造成的环境破坏损失总和。MLS 评价法危险分级如表 4 所示。

2.2 实例分析

表 1 中利用预先危险性分析法最基本的六种风险类型进行了定性分析。但在实际评价中,大多数评价方法对危险因素的个数并没有考虑,由于不同

表 2 第 i 种危险因素的控制与监控措施状态 M_i

分值取值	检测措施 M_{i1}	控制措施 M_{i2}
5	无监测措施或监测到的概率 < 10%	无控制措施
3	有高于 50% 的事故可以被监测到	有减轻后果的应急措施,包括警报系统
1	肯定能被监测到	有行之有效的控制措施

表 3 第 *i* 种危险因素发生事故的频率 L_i

分数取值	暴露于危险环境的频率	分数取值	暴露于危险环境的频率
365	约每天发生一次	2	约半年发生 1 次
52	约每周发生一次	1	约一年发生 1 次
12	约每月发生一次	1/n	n 年发生一次

表 4 MLS 评价法危险分级

危险等级	一级危险	二级危险	三级危险
分级数值	$R > 500$	$R > 150$	$R > 50$

危险因素所造成的事故后果不同,在计算事故严重程度时常常需要我们折中考虑与分析,在某种程度上

来说,大大降低了评价方法的准确度,增加了许多模糊成分,提高了操作难度。因此综合 MLS 评价法,可使评价结果更贴近于真实情况。

利用 MLS 评价法对输气站的最基本六种风险类型进行定量分析,如下表 5。

表 5 关于输气站风险类型的 MLS 分析法

危险因素	事故频率 (L)	监测措施 (M1)	控制措施 (M2)	人员伤亡 (S1)	职业病 (S2)	财产损失 (S3)	环境破坏 (S4)	分值 R	危险等级
火灾、爆炸	约 5 年一次 0.2	火灾可见,但由其它火源引起,不易被监测 3	可及时救援,但发生剧烈爆炸,就难以控制 3	约 30 万元 3	0	设备损坏及物料损失约 150 万 15	环境治理费用约 30 万元 3	$R = 0.2 \times (3 + 3) \times (3 + 15 + 3)$ 25.2	Ⅲ级
物体打击	每年发生一次 1	可被及时发现 1	进行医治 3	医疗及其误工费约为 1 万元 0.1	0	0	0	$R = 1 \times (1 + 3) \times 0.1$ 0.4	Ⅲ级
中毒窒息	每年发生一次 1	中毒后可被及时发现 1	有应急措施但不能避免 3	约 1 万元 0.1	每年约 5 万元 0.5	0	可忽略 0	$R = 1 \times (1 + 3) \times (0.1 + 0.5)$ 2.4	Ⅲ级
高温灼热	每月都有发生 12	可立即被发现 1	进行医治 3	医疗及误工费约 5 000 元 0.05	0	0	0	$R = 12 \times (1 + 3) \times 0.05$ 2.4	Ⅲ级
电气伤害	每年发生一次 1	可被及时发现 1	进行医治 3	医疗及其误工费约为 1 万元 0.1	0	0	0	$R = 1 \times (1 + 3) \times 0.1$ 0.4	Ⅲ级
噪音污染	每天都发生 365	无监测措施 5	无控制措施 5	0	每年约 1 万元 0.1	0	可忽略 0	$R = 365 \times (5 + 5) \times 0.1$ 365	Ⅱ级

从 MLS 分析法得到的表 5 的信息中看出,在火灾爆炸,物体打击,中毒窒息,高温灼烧,电气伤害,噪音污染这六项基本风险类型中,前五项均属于Ⅲ级,而第六项属于Ⅱ级,即噪音污染所造成的严重程度最大。因此,在对输气站的作业风险管理中,需要我们高度重视对噪音污染的治理与控制,紧抓噪音源头和作业人员防护这两个方面,比如设置隔离设

备降低噪音、完善劳动防护用品和定期对作业人员进行健康体检等。

由于火灾爆炸事故发生频率极高并且所造成的损失也很大,包括人员伤亡、经济损失及环境污染等。因此,首先应把重点放在查找泄漏点,并采取相应措施避免泄漏事故发生,同时必须避免产生点火源。比如禁止在作业区吸烟,严禁用钢质工具敲打、

撞击、抛掷,采取防静电措施,运送燃气的车辆必须配置阻火器等。对于其它风险类型所造成的损失也需要我们高度重视,相应的解决对策和措施参考表1,争取把危险源扼杀在摇篮里,达到事故预防的目的。

3 结论

根据输气站的生产工艺过程,利用 PHA-MLS 定性定量相结合的综合分析法,对输气站场中存在的风险进行综合分析。利用预先危险性分析法对输气站中可能存在的风险类型,即对火灾爆炸、物体打击、中毒窒息、高温灼烧、电气伤害及噪音污染,从触发事件、发生条件、事故后果、危险等级及防范措施这六个方面进行定性分析,确定出不同风险的危险等级,并且有重点地采取具有针对性的措施。

利用 MLS 分析法对输气站的风险类型,从事事故发生频率、是否有监测和控制措施、人员伤亡、职业病、财产损失及环境破坏这六个方面进行定量分析,评估各类风险类型的严重度。从而,可使安全管理人员对输气站的风险管理有侧重点,更加明确风险控制目标和目的,着重控制严重度高的风险类型,同时对严重度稍低的风险类型,需要好好控制甚至消除。

[参考文献]

- [1] Muhlbauer WKent. Pipeline Risk Management Manual [M]. Houston, USA: Gulf Publishing Company, 1996.
- [2] 齐刚,胡晓露,张巧同,等. 天然气输气站场风险评价技术[J]. 化学工程与装备, 2015(12): 261-263.
- [3] 姚安林,黄亮亮,蒋宏业,等. 输油气站场综合风险评价技术研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015(1): 138-144.
- [4] 张浩. 天然气输配站场风险评价研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2011.
- [5] 徐志胜,姜学鹏. 安全系统工程[M]. 北京:机械工业出版社, 2012.
- [6] 张乃禄. 安全评价技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2011.
- [7] 齐秋月. 预先危险分析法在输气站场的应用[J]. 科学管理, 2015(7): 240-241.
- [8] 程霞,杜红,杨焕诚. 天然气输气分输站工艺过程危险性分析及防范[J]. 内蒙古科技与经济, 2015(19): 123-124.
- [9] 许贵贤. 液化石油气储配站预先危险性分析[J]. 广州化工, 2010, 38(12): 306-308.
- [10] 岳新江,赵敏龙,马景涛. 液化石油气罐区扩建的预先危险性分析及防控措施[J]. 长江大学学报自然科学版:理工(上旬), 2015(9): 26-29.
- [11] 刘云,王保民. MLS 评价法在安全评价中的应用[J]. 安防科技, 2011(9): 56-58.

Risk Analysis of Gas Transmission Station

ZHENG Cun-you, ZHENG Ji-ming

Abstract: Gas transmission station is responsible for gas pressurization, transmission and distribution, and its operation safety is related to the operation of the whole system. Studying the hazardous factors and preventive measures of gas transmission station can clearly identify the risk factors hidden in gas transmission station, guide the daily maintenance and management of the station, and achieve the purpose of controlling the occurrence of accidents and ensuring the safety of gas pipelines. In this paper, the comprehensive analysis method combining preliminary hazard analysis with MLS evaluation is used to analyze and summarize various risk factors of gas transmission station, so as to determine the potential risk factors, risk grades and accident severity, and put forward corresponding prevention and control measures.

Key words: gas transmission station; risk assessment; preliminary hazard analysis; MLS evaluation ▲