

天然气站场防雷安全检测技术

罗小敏 (国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司, 广东 广州 510700)

摘要: 为减少雷击、静电引发燃爆事故的发生率, 天然气站场需科学应用防雷安全检测技术。为此, 本文首先介绍天然气站场的工艺环境特点, 总结其存在的安全风险, 并梳理天然气站场常用的雷电与静电安全防护措施, 然后针对性分析天然气站场的防雷检测与防静电检测的规范、内容及要求, 最后立足系统、制度、演练三个方面提出天然气站场防雷安全检测技术应用的保障措施, 以确保防雷安全检测技术得到科学、有效应用, 保障天然气站场的安全、稳定运行。

关键词: 天然气站场; 防雷防静电; 安全检测

中图分类号: TE88

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 029-0127-03

Lightning Protection Safety Inspection Technology for Natural Gas Stations

Luo Xiaomin (China Oil and Gas Pipeline Network Corporation South China Company, Guangzhou Guangdong 510700, China)

Abstract: To reduce the incidence of fire and explosion accidents caused by lightning strikes and static electricity, natural gas stations must scientifically apply lightning protection safety inspection technologies. To this end, this paper first introduces the process environmental characteristics of natural gas stations, summarizes their safety risks, and reviews the commonly used lightning and static electricity safety protection measures for natural gas stations. It then analyzes the standards, contents, and requirements for lightning protection and static electricity protection inspections in natural gas stations. Finally, based on three aspects—system, institution, and drills—the paper proposes safeguard measures for the application of lightning protection safety inspection technologies in natural gas stations to ensure their scientific and effective application, thereby guaranteeing the safe and stable operation of natural gas stations.

Keywords: Natural gas stations; Lightning and static electricity protection; Safety inspection

天然气站场是生产、存储与输送天然气的主要场所, 存在较高的燃爆风险隐患。天然气站场虽会采取禁止使用明火等一系列安全防护措施, 但雷击、静电仍会引发天然气燃爆事故, 会为天然气站场带来严重损失。雷电属于无法预见、难以控制的天气现象, 而静电的产生则与流体流动摩擦、管道材料特性、环境湿度、设备绝缘性等多项因素有关。为保障天然气站场运营安全, 应科学选用防雷防静电策略, 并严格按照规范要求开展安全检测工作。

1 天然气站场工艺环境特点及安全风险

1.1 天然气站场的工艺环境特点

按照功能的不同, 天然气站场一般划分为三种不同的类型: 一是常规天然气站场, 此种站场以天然气管作为取气来源, 需将取到的天然气采用脱硫、脱水等工艺技术进行处理之后, 再导入压缩机中进行压缩, 一般情况下, 天然气加气量控制在 $600\sim 1000\text{Nm}^3/\text{h}$; 二是天然气母站, 此种天然气站场通常修建在临时性的天然气管线经过区, 加气量远远高于常规天然气站场, 最低为 $2500\text{Nm}^3/\text{h}$, 最高不超过 $4000\text{Nm}^3/\text{h}$; 三是天然气子站, 这是一种修建在无长输管线区域的天然气站场, 其以母站作为供气来源, 以槽车作为压缩后天然气的运输工具, 子站采取的加气工艺技术有两个,

分别是液压平推式加气法与液压活塞式加气法。

1.2 天然气站场的安全风险

甲烷是天然气的主要成分, 因而天然气站场面临着较高的安全风险。第一, 易燃性强。在与明火接触或遭遇雷击产生火花时, 天然气会瞬间被点燃, 且每平方米天然气燃烧时, 会消耗掉 9.52m^3 的空气; 第二, 易爆性高。如果天然气罐体发生泄漏, 且泄漏气体的体积分数达到 5% 至 15% 之间, 一旦与火源接触, 便可能引发爆炸^[1]。第三, 极易扩散。泄漏的天然气会在短时间内快速向四周扩散, 这会进一步加剧天然气的燃爆风险。第四, 存在静电危害。天然气泄漏后, 若气流速度较快或出现喷射流动现象, 则会形成静电, 而静电产生的火花可能导致天然气发生爆炸。

2 天然气站场常用的雷电与静电安全防护措施

2.1 雷电防护策略

天然气站场防护雷击时, 需选择适宜的位置安装外部防雷装置。如将避雷针、避雷网安装在储罐区、放散塔等站场最高点处。最好选择独立型避雷针, 以免雷击造成关键设备受损, 还需遵循所有易燃易爆区均覆盖到位的原则, 设置避雷针的安装高度, 避雷针的接地电阻应按照一级防雷标准设置, 即不能超过 4Ω 。储罐外壁、设备外壳或是金属管道, 均要与接

地网相连,选用铜带、扁钢等材质制作连接件,防止遭遇雷击时因存在电位差而产生火花,造成天然气燃烧或爆炸。此外,需要安装雷电预警系统,以便全天候不间断监测雷暴活动,一旦发现雷击危害,提前发出预警提示并自动切断电源,以降低雷击引发天然气燃爆事故的发生率。

同时,天然气站场应合理运用内部防雷措施。即将多级浪涌保护器安装在信号线路、配电系统之上,其中,信号线应使用电压保护水平不超过 30V 的 III 级浪涌保护器,而电源线则要应用放电电流不小于 20KA 的 I 级浪涌保护器。管道、仪表以及柜机等金属构件,需用接地干线进行等电位联结,以避免形成雷电感应过电压^[2]。此外,天然气站场还要加强特殊区域防护,选用阻爆性能达标的阻火器,或为分布式控制系统安装屏蔽电缆或信号浪涌保护器,还需同时采用 PE 接地、防雷接地方式对控制柜金属外壳进行接地处理。

2.2 静电防护策略

天然气站场实施静电防护时,应科学设计静电接地系统,除了液化石油气设施选用单独接地方式外,计量站、油气井场以及储气罐等其他区域均实施防静电接地处理,信息系统、电气保护以及静电防护的接地可共用,但要注意防静电接地电阻不可超过 100Ω。静电接地系统连接时,分别采用螺栓、挠性线连接固定设备与振动位移部位,并采用专用夹角头连接移动设备,搭接区域需要加长焊接,至少要达到扁钢宽度的 2 倍,或为圆钢直径的 6 倍。静电防护时,需加强设备及工艺管控力度。应强化储罐及管线的防护力度,严格控制燃气输送时的流速,防止由于天然气流动速度过快而引发静电堆积现象。同时要密切关注 PE 管线是否有静电释放。

置换天然气储罐时,需将内部空气全部排净,以免产生静电导致罐体内残留的天然气燃烧。作业区内,不可使用非防爆电器,可使用导电橡胶垫,并对放散管内部可燃气体的浓度进行实时检测,还要选用电阻值符合标准的采样绳。最后,要做好人体静电防护。要求工作人员必须穿好防静电服装后再实施作业,不可在危险区内穿脱化纤类衣物,以免产生静电造成天然气燃爆。天然气站场还要针对工作人员展开定期的防静电安全培训,以强化其安全意识,提升其预防与处置静电问题的能力。

3 天然气站场的防雷防静电安全检测技术

3.1 防雷安全检测

3.1.1 防雷检测规范及内容

按照我国 2017 年颁布的《爆炸和火灾危险场所

防雷装置检测技术规范》要求,易燃易爆场所需每 6 个月实施一次防雷检测,且需由 3 名以上专业人员共同负责检测工作。

防雷检测工作应分为四个步骤进行,一是前期准备,主要是指收集防雷设计图、整理历史检测报告,并合理制定防雷检测的实施方案;二是现场检测,主要检查避雷针、避雷网等接闪器的安装高度、位置是否合乎要求,并查看安装间距是否适合,是否存在装置锈蚀问题,还要检查引下线是否连接牢固、有无破损、导通性是否良好。现场检测时共需展开三项测试,即接地电阻测试、等电位连接测试以及电涌保护器性能测试^[3];三是数据记录与分析,各项检查与测试得到的数据信息要详细、完整记录下来;四是编制报告与整改,此环节主要总结检测中发现的问题,细致编写防雷检测报告,并针对性提出问题整改建议。

3.1.2 防雷安全检测要求

接闪器装置安装时,应覆盖所有突出部位,不可出现裸露现象,避雷针或避雷网要严格按照规范要求的间距布设,可采用目测法或用量尺检测安装间距是否合乎要求。引下线的安装间距不可超过 18m,且接线要稳固连接。除了目视检测引下线外观是否破损外,可用导通测试检测引下线的导通性能。接地装置检测时,主要检测其电阻,独立电阻、综合电阻的数值应分别控制在 10Ω 与 4Ω 之内,利用三级法测量接地装置的电阻值。浪涌保护器检测时,确保其保护级别与规定要求一致,且工作性能良好,需利用专用测试仪实施检测。

除了防雷装置常规技术要求外,天然气站场还需遵循一些特殊的防雷检测要求。要严格检测罐体及防雷装置之间连接的紧密性,实时检测浮动顶罐的电气连接电阻值。还应检测工艺管道,查看管道跨接是否紧密、接地情况是否良好,并测试法兰间电阻,不超过 0.03Ω 即可。最后要检查控制系统防护情况,重点查看仪表信号线路是否被屏蔽并查看浪涌保护器安装与规定要求是否相符。

3.2 防静电安全检测

3.2.1 防静电检测规范及内容

天然气站场开展防静电安全检测时,需严格遵循《防止静电事故通用导则》、《石油化工静电接地设计规范》的要求,每年应实施两次以上的防静电接地系统检测,分别在雨季来临前与结束后各检测一次。要求将接地电阻控制在 10Ω,而法兰阀门跨接电阻每 3 个月检测一次,电阻值不能超过 0.03Ω。还需检测站场内的人体静电消除器性能,检测周期为 3 个月,其触摸体面电阻值应处于 $1.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 之内。

防静电安全检测时,以静电电位测试仪及电阻测试仪作为主要工具,另外还需使用误差不超过5%的人体静电测试仪,对接地系统、作业环境实施安全检测。

3.2.2 防静电安全检测要求

防静电检测时主要实施两方面的检测,一是接地系统检测,主要检查防静电设备,利用专用静电测试仪检测导静电地面电阻值,此数值处于 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^8 \Omega$ 之间即为合格。还要检测防静电服摩擦电位以及鞋对地电阻,前者不可超过500V,后者应控制在 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^8 \Omega$ 以内。

同时,需对作业环境进行细致检查。重点检测采样绳的电阻值,要求其不可高于 $1.0 \times 10^3 \Omega/\text{m}$,且不能低于 $1.0 \times 10^6 \Omega/\text{m}$,另需检查不同体积储罐的静置时间,体积超过 50m^3 的储罐,静置时间不得小于30min。另外,应全面检测操作平台、装卸区等处的绝缘孤立导体,其电容不可以超过 $3\text{pF}^{[4]}$ 。

4 天然气站场防雷安全检测技术应用的保障措施

4.1 引入智能化防雷监测系统

为了强化防雷安全检测效果,天然气站可开发或采购智能化防雷监测系统。分别设置雷电流在线监测、接地电阻在线监测两大模块,前者用于实时记录雷击电流幅值,并将雷电的波形、极性以及发生次数详细记录下来,后者用来动态监测接地电阻的变化,监测精度控制在2%以内。

另外,智能防雷监测系统还需安装环境传感器,实时采集天然气站场环境的温度、湿度等各个参数,并设置中央管理平台,以动态分析数据或存储数据,在发现数据异常时及时发出预警。在AI算法支持下,可实现精准预警与数据全面追溯,能保障雷击安全检测的准确性与高效性。

4.2 严格落实安全管理制度

天然气站场采用防雷安全检测技术时,需科学制定与有效落实安全检测管理制度,筛选具备防雷检测资格证的专业人员负责防雷与防静电安全检测工作,并针对所有安全检测人员展开定期的防雷防静电专业知识与技能培训,确保其能有效预测、科学处置各种雷击、静电情况。

此外,天然气站场应做好防雷防静电检测维护工作。每6个月按照规定要求实施一次严格、全面的防雷检测,且每3个月对防雷防接地线的紧固情况展开一次全面排查。

另外,每月均要开展静电防护检查,重点检查导静电地面、设备接地连接性,且每3个月实施一次防静电用品校准工作。检测期间需要详细记录与复核各项检测数据,若发现不合格内容,需在发现后48h内

整改完毕,以免因存在安全隐患引发天然气燃爆事故。

4.3 做好防雷防静电应急演练

天然气站场应用防雷安全检测技术时,需要做好突发性雷击及静电事故的应急演练,以便降低雷击静电事故发生时所产生的危害。天然气站场应以站长为引领,由安全主管、设备主管共同构建演练领导小组,根据分工设置不同组别,如雷击事故组、静电事故组、物资保障组以及人员疏散组等。演练时,需要分别设计雷击事故、静电事故场景,即模拟雷击引发的设备故障场景,由专业人员依次进行启闭设备、隔离抢修等处置操作,对避雷针、接地系统能否正常发挥作用进行验证^[5]。

还要模拟出压缩天然气充装时的静电积聚场景,并由专业人员对暂停作业、释放静电、防静电垫片更换等操作展开演练。另外,还需展开复合型事故演练,预演练习应急处置雷击导致压力容器泄漏时的放散阀、断气源或换垫片等操作,以此提升安全检测与防护的技能水平。

5 结语

天然气站场属于易燃易爆场所之一,一旦发生燃爆事故,会造成严重的人员伤亡或带来难以预计的财产损失。为此,天然气站场需要定期开展防雷防静电安全检测。

在此过程中,天然气站场的安全检测人员,要对站场特殊性、潜在安全风险有深入了解,还要明确天然气站场的常用防雷与防静电策略,掌握安全检测技术应用的规范、内容及要求,进而严格化、规范化应用安全检测技术,及时识别、预防与处置雷击、静电事故。

此外,还需要采用智能防雷监测系统、落实安全管理制度、做好防雷防静电应急演练,为天然气站场防雷安全检测工作科学开展提供保障。

参考文献:

- [1] 徐海波. 易燃易爆场所防雷安全检测技术的几点探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4):71-74.
- [2] 曹蔚, 俞红, 纽峰. 易燃易爆场所防雷安全检测技术研究[J]. 中国高科技, 2022(2):64-65.
- [3] 王海. 易燃易爆场所防雷安全生产问题及监管措施[J]. 中国减灾, 2024(23):54-55.
- [4] 陈雯. 陕西易燃易爆场所防雷设施智能在线监测系统设计[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(1):325-328.
- [5] 刘建伟. 易燃易爆场所安全生产防雷监管工作思路[J]. 农业灾害研究, 2023, 13(6):194-196.