

城镇燃气雷电防护及防雷设计技术研究

邹荣

重庆燃气设计研究院有限责任公司

DOI:10.32629/bd.v9i10.4566

[摘要] 城镇燃气场站、管道是城市核心基础设施,雷电灾害易引发燃气泄漏、燃烧爆炸,直接威胁居民生命财产安全。本文结合燃气设计院设计实践与燃气集团输配分公司及各区燃气公司运维经验,立足相关规范标准,分析雷电对城镇燃气设施的危害类型,梳理防雷设计核心要点,提出贴合现场实际的防护技术方案,搭配实例与表格佐证,为城镇燃气雷电防护设计、施工及运维提供可落地的技术参考,保障燃气系统安全稳定运行。

[关键词] 城镇燃气; 雷电防护; 防雷设计; 燃气场站; 燃气管道; 接地装置

中图分类号: TU856 **文献标识码:** A

Research on lightning protection and lightning protection design technology for urban gas

Rong Zou

Chongqing Gas Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] Urban gas stations and pipelines constitute the core infrastructure of cities, and lightning disasters are prone to cause gas leaks, combustion explosions, posing direct threats to residents' lives and property safety. This article combines the design practices of gas design institutes with the operation and maintenance experience of gas distribution branches of gas groups and gas companies in various districts, based on relevant standards and specifications. It analyzes the types of hazards posed by lightning to urban gas facilities, outlines the core points of lightning protection design, and proposes practical protection technical solutions tailored to on-site conditions, supported by examples and tables. It provides a practical technical reference for the design, construction, and operation and maintenance of lightning protection for urban gas facilities, ensuring the safe and stable operation of the gas system.

[Key words] urban gas; lightning protection; lightning protection design; gas station; gas pipeline; grounding device

引言

雷电是常见自然放电现象,能量巨大且破坏性强。城镇燃气设施分布广泛,场站设备、输送管道多暴露室外,部分与居民建筑相连,一旦遭遇雷击,极易引发安全事故。燃气设计院在设计阶段需规避防雷隐患,燃气集团输配分公司及各区燃气公司在运维阶段需强化防护效能。当前部分燃气设施防雷设计不规范、防护措施不到位,隐患突出。

1 雷电对城镇燃气设施的危害分析

城镇燃气设施涵盖场站建(构)筑物、储罐、金属管道、电气系统等,雷电对各类设施的危害呈现不同特征,且多伴随连锁反应。

1.1 雷电热效应与电效应危害

雷电释放的电流短时间内可将电能转化为大量热能,几十至上千安电流能转化为几百至上千焦热能,足以熔化、焚毁数十

甚至数百毫米钢棒。若雷电直接击中燃气储罐、管道等易燃载体,会迅速引燃燃气,引发火灾或爆炸。雷电释放的冲击电压可达上万甚至十几万伏特,极易击穿燃气设施电气设备的绝缘层,造成短路,进而诱发二次灾害。

1.2 雷电感应与雷电波侵入危害

雷电产生时,与大地间形成强电场并积累大量电荷,电场消散后电荷无序扩散产生静电,静电遇燃气泄漏环境易引发燃烧爆炸。同时雷电会产生强交变电磁场,使场内金属导体感应电动势,形成感应电流,若回路存在高电阻部位,会出现局部发热、短路,诱发事故。雷电击中架空线路或金属管道后,冲击电压会通过线路、管道传导,侵入相连建筑物和设备,造成设备损坏、燃气泄漏。

1.3 防雷装置反击危害

防雷装置的核心作用是引流、释放雷电电压,但实际设计或

运维中,若燃气管道、设备与防雷装置间距不足,雷电击中防雷装置后产生的高电压会反向流向燃气设施,破坏设备绝缘层,烧毁金属管道,引发严重安全事故。这种反击危害易被忽视,却是燃气场站防雷的重要隐患。

2 城镇燃气防雷设计核心规范与基础要求

2.1 核心设计规范依据

城镇燃气防雷设计主要遵循《建筑物防雷设计规范》(GB50057—2010)、《城镇燃气设计规范》(GB50028—2006)、《城镇燃气雷电防护技术规范》(QX/T109—2021)等标准。其中GB50057—2010明确燃气场站建(构)筑物防雷分类,调压计量室、储罐、压缩机室按第二类防雷建筑物设计;GB50028—2006规范燃气管道防雷接地、跨接等技术要求;QX/T109—2021补充燃气金属管道防雷跨接的具体标准。

2.2 防雷设计分级与核心指标

结合燃气设施的重要性、所处雷电环境,将防雷设计分为外部防雷和内部防雷两类,核心指标聚焦接地电阻、间距控制、跨接要求等。外部防雷侧重直击雷防护,内部防雷侧重感应雷、雷电波侵入防护。不同类型燃气设施的防雷核心指标存在差异,具体如表1所示。

表1 不同类型燃气设施的防雷核心指标

| 设施类型 | 防雷类别 | 冲击接地电阻要求 | 核心控制指标 |
|----------------|----------|-----------------|---|
| 燃气储罐 (地上) | 第二类防雷建筑物 | $\leq 10\Omega$ | 接地点 ≥ 2 处,间距 $\leq 30m$,接闪器覆盖储罐全部区域 |
| 燃气金属管道 (架空) | 按需划分 | $\leq 10\Omega$ | 跨接点间距 $\leq 30m$,与长金属物净距 $< 0.1m$ 需跨接 |
| 场站电气设备 | 与场站一致 | $\leq 4\Omega$ | 需安装防爆型电涌保护器,做好屏蔽防护 |
| 地下储罐 | 第二类防雷建筑物 | $\leq 10\Omega$ | 采用阴极防腐,满足条件可免单独防雷接地 |

某城镇燃气储配站,地上立式圆筒罐按第二类防雷建筑物设计,初期设计接地点仅1处,冲击接地电阻实测为 12Ω ,不符合上表要求。燃气设计院接到燃气集团输配分公司及各区燃气公司反馈后,优化设计方案,增设1处接地点,间距控制在 $28m$,采用降阻剂处理,复测接地电阻降至 8.5Ω ,满足规范要求,消除雷击隐患。

2.3 设计基本原则

防雷设计需坚持“预防为主、防治结合”,兼顾安全性与经济性,核心遵循三项原则。一是整体性原则,将燃气场站、管道、电气系统作为一个整体,构建全方位防雷体系,避免局部防护缺失;二是实用性原则,设计方案需贴合燃气输配实际,便于燃气集团输配分公司及各区燃气公司施工、运维及检测;三是合规性原则,严格遵循相关规范,确保设计方案通过验收,同时兼顾新旧标准衔接,避免因标准引用不当导致设计隐患。

3 城镇燃气雷电防护及防雷设计技术实践

3.1 外部防雷设计技术实践

外部防雷的核心是拦截直击雷,将雷电能量安全引流至大

地,主要涵盖接闪器、引下线、接地装置三大部件设计,三者协同作用,确保直击雷防护效能^[1]。设计过程中需结合燃气场站布局、设备类型,优化部件选型与布设位置。

接闪器设计需根据设施类型选型,燃气储罐可采用自身作为接闪器,若储罐顶部有阻火器、呼吸阀且无管帽,需在管口上方半径 $5m$ 半球体内布设接闪器,确保处于防雷区内;有管帽时,将管帽上方 $1\sim 5m$ 、水平距离 $2\sim 5m$ 纳入防雷区。场站建(构)筑物采用接闪网、接闪带组合防护,女儿墙上接闪网、接闪带支起高度不低于 $15cm$,固定支架水平间距根据导体类型调整,扁形或绞线导体不超过 $50cm$,单根圆形导体不超过 $1m$ 。

引下线布设需不少于2根,沿建筑物四周、内庭均匀对称布置,第二类防雷建筑物引下线间距不超过 $18m$,第三类不超过 $25m$ 。若建筑物跨度较大,无法在跨距中间布设,可在跨距两端布设,并缩减其他引下线间距,确保平均间距符合规范。引下线优先选用建筑柱内对角钢筋,钢筋直径 $\geq 16mm$ 时,不少于2根;直径 $10\sim 16mm$ 时,4根绑扎焊接为一组。

接地装置优先采用共用接地系统,将防雷接地、电气接地、防静电接地统一连接,接地电阻按各系统最小值确定。燃气场站接地装置可利用承台钢筋形成闭合回路,单根钢筋直径不小于 $10mm$ 。土壤电阻率较高区域,采用深井接地、降阻剂等措施,确保接地电阻达标。

3.2 内部防雷设计技术实践

内部防雷重点防范感应雷、雷电波侵入,核心包括等电位连接、屏蔽与综合布线、电涌保护器安装三项技术,需结合燃气场站电气系统、电子信息系统特点,精准设计,避免雷电通过内部线路损坏设备、引发燃气泄漏^[2]。

等电位连接需处理好LPZ0A(或LPZ0B)与LPZ1区交界面,燃气金属管道从LPZ0区进入LPZ1区时,合理布设钢塑接头、绝缘法兰,按就近原则将两端管道接地。储罐顶法兰盘、浮顶罐浮顶需与罐体有效电气连接,放散塔顶金属构件也需做好连接,避免电位差产生电火花。

屏蔽与综合布线需构建“法拉第笼”,将场站大尺寸金属构件(金属门窗、钢柱、钢梁等)与防雷装置连接,减少电磁脉冲干扰。低压配电线路采用金属铠装电缆或护套电缆,穿埋地钢管敷设,防雷分区交界处的钢管、电缆金属外皮与等电位连接带连接。避免架空线路穿越场站,若必须引入,需在距离场站 $15m$ 处改为埋地引入。

电涌保护器(SPD)需按区域、设备类型合理选型安装,低压配电系统从LPZ0B区进入LPZ1区时,在配电箱安装SPD;场站电子信息系统(监控、报警、安防系统),在进入LPZ1区或设备处安装信号SPD,确保耐压等级匹配设备需求。燃气场站SPD需具备防爆功能,避免自身故障引发安全事故。

3.3 燃气金属管道防雷设计与防护实践

燃气金属管道分布广、敷设方式多样,防雷防护难度较大,需按敷设方式、所处位置分类设计,重点关注接地、跨接、绝缘保护等要点,结合燃气集团输配分公司及各区燃气公司日常运

维案例,优化设计方案,确保管道防雷安全^[3]。不同敷设方式的燃气金属管道,防雷设计要求存在差异,结合设计规范与运维实践,整理核心设计要点如表2。

表2 不同敷设方式的燃气金属管道防雷设计差异

| 敷设方式 | 防雷设计要点 | 运维实例及效果 |
|----------------|---|---|
| 非充沙管沟/ 地上管道 | 始端、末端、分支处及直线段每200~300m 接地;与建筑物<100m时,接地间距≤25m; 架空管道在固定管墩处接地 | 某城镇地上燃气管道,初期直线段接地间距 350m,运维中发现雷击后管道绝缘层破 损,优化设计后间距调整为280m,未再出 现类似隐患 |
| 进出场站 管道 | 地上引入时,穿墙前布设电绝缘装置,安装 抱箍并接入总等电位连接箱;绝缘法兰盘 两端用隔离放电间隙连接后接地 | 某燃气门站进出场管道,初期未布设电绝 缘装置,雷电波侵入导致站内设备损坏, 整改后按设计要求布设,设备运行稳定 |
| 终端用户屋 面管道 | 优先不敷设;确需敷设时,与接闪网(带)跨 接≥2处,跨接点间距≤30m,接闪带净距< 10cm时需跨接 | 某小区屋面燃气管道,初期仅跨接1处,雷 雨天出现静电放电现象,补充跨接后, 隐患彻底消除 |

管道跨接设计需重点关注阀门、法兰盘连接处,过渡电阻大于0.03Ω时,用金属线跨接;非腐蚀环境下,连接螺栓不少于5根时,可免跨接。燃气设计院设计时,需提前核算过渡电阻,避免后期运维整改。燃气集团输配分公司及各区燃气公司在运维中,需定期检测跨接质量,及时处理松动、腐蚀问题。

3.4 防雷设计的检测与运维衔接

防雷设计的效能,最终需通过规范检测与常态化运维保障。燃气设计院在设计阶段,需预留检测点位,便于燃气集团输配分公司及各区燃气公司后期检测;输配分公司需建立完善的检测、运维机制,定期开展检测,及时整改隐患,确保防雷设施长期有效^[4]。

检测工作需涵盖外观检查、电气性能测试、功能验证三大内容,外观检查重点查看接闪器、引下线、接地装置是否损坏、腐蚀、松动;电气性能测试主要测量接地电阻、等电位连接电阻,确保符合设计要求;功能验证重点测试电涌保护器、静电引流装置的有效性。检测周期每年至少1次,雷雨季节前后增加专项检查。

日常运维需做好接地装置周围土壤保湿,清理接闪器上的

杂物,检查等电位连接点紧固情况。建立检测与运维记录体系,追踪防雷设施性能变化,针对检测中发现的接地电阻增大、SPD损坏等问题,及时采取补充接地极、更换设备等措施^[5]。例如某燃气储配站,检测发现接地电阻升至11Ω,通过增设接地极、添加降阻剂,将电阻降至9Ω,恢复防护效能。

同时,需做好新旧标准衔接,《燃气工程项目规范》(GB55009—2021)实施后,部分原有设计需按新标准整改。燃气设计院与输配分公司需加强沟通,对不符合新标准的设计、设施,制定整改计划,逐步落实,确保防雷防护符合最新规范要求。

4 结束语

城镇燃气雷电防护及防雷设计,是保障燃气系统安全运行的关键环节,直接关系到居民生命财产安全和城市能源供应稳定。防雷设计需兼顾规范符合性与现场可操作性,加强设计与运维衔接,常态化开展检测维护,才能有效防范雷电灾害,推动城镇燃气行业安全健康发展。

[参考文献]

- [1]王燕平,李金国,谭茜月.浅谈城镇燃气基层管理模式的构建[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(17):85-87.
- [2]周凡,赵钊.城镇燃气门站防雷防静电技术研究与应用[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2025年燃气安全交流研讨会论文集.北京市燃气集团有限责任公司;北京市燃气集团研究院;北京市燃气集团有限责任公司高压管网分公司,2025:281-285.
- [3]任勇,胡学涛,于燕平,等.城镇燃气设施安全检查标准及相关问题浅析[J].城市管理与科技,2023,24(06):26-29.
- [4]宋捷.城镇燃气雷电防护及防雷设计技术的要点[J].大众标准化,2023,(03):40-42.
- [5]黄炳辉.城镇燃气雷电防护及防雷设计技术要点浅析[J].新型工业化,2022,12(08):109-112+117.

作者简介:

邹荣(1994—),女,汉族,重庆市沙坪坝区人,研究生,工程师,研究方向:供热、供燃气、通风及空调工程。