

医院高压氧舱防雷接地必要性及技术实施研究

冯有成, 高耀文*, 郑明

青海省气象服务中心, 青海 西宁 810001

DOI:10.61369/ERA.2026060032

摘 要 : 西宁市地处青藏高原东北部, 属高原雷电高风险区域, 年均雷暴日 41.7–55 天, 雷电 具有幅值大、正地闪占比高、感应效应强的特性, 加之高寒冻土、高土壤电阻率的地域环境, 让医疗机构高压氧舱安全防护面临严峻挑战。高压氧舱作为富氧、高压、密闭的医用特种设备, 属一类易燃易爆危险源, 雷击易引发火灾爆炸、设备失控、人员伤亡等重特大事故。本文结合西宁地区气候地理特征、氧舱安全属性、国家及行业法规标准, 系统阐述该地区各大医院高压氧舱实施防雷接地的强制性与必要性, 明确高原环境下防雷接地技术规范、检测维护要求, 为西宁地区医用高压氧舱安全运营提供技术支撑与实践指导。

关 键 词 : 高压氧舱; 防雷接地; 西宁高原; 医疗特种设备; 安全防护; 雷电灾害

Research on the Necessity and Technical Implementation of Lightning Protection Grounding for Hyperbaric Oxygen Chambers in Hospitals

Feng Youcheng, Gao Yaowen*, Zheng Ming

Qinghai Provincial Meteorological Service Center, Xining, Qinghai 810001

Abstract : Located in the northeastern part of the Qinghai–Tibet Plateau, Xining City is classified as a high-risk area for plateau lightning strikes, with an average annual number of thunderstorm days ranging from 41.7 to 55. Lightning strikes in this region are characterized by high amplitude, elevated positive ground flashover ratios, and strong induced effects. Coupled with the extreme cold permafrost environment and high soil resistivity, these factors pose significant challenges to the safety protection of hyperbaric oxygen chambers in medical institutions. As specialized medical equipment featuring oxygen enrichment, high pressure, and enclosed design, hyperbaric oxygen chambers are classified as Class I flammable and explosive hazards. Lightning strikes can easily trigger major accidents such as fires, explosions, equipment failures, and casualties. This study systematically examines the mandatory and necessity of lightning protection grounding systems for hyperbaric oxygen chambers in major hospitals across Xining based on regional climatic and geographical characteristics, oxygen chamber safety attributes, and national and industry regulatory standards. It clarifies technical specifications and maintenance requirements for lightning protection grounding in plateau environments, providing technical support and practical guidance for the safe operation of medical hyperbaric oxygen chambers in Xining.

Keywords : hyperbaric oxygen chamber; lightning protection grounding; Xining Plateau; medical special equipment; safety protection; lightning disaster

引言

高压氧治疗是一氧化碳中毒等病症的核心治疗手段, 在临床救治中至关重要。西宁市是青海医疗核心区, 各级综合性医院配备高压氧舱, 承担全省急危重症患者救治任务, 是高原医疗体系重要组成部分。但西宁海拔高, 特殊地理气候条件带来挑战: 雷暴频繁且破坏力大, 土壤砂石含量高、冬季冻融交替, 使防雷接地系统施工难度大且易老化失效。同时, 高压氧舱内部环境特殊, 是高安全风险场所, 雷电引发的微小电火花或电位差都可能触发事故。目前, 部分医疗机构对高原氧舱防雷接地工作重视不足, 存在设计不规范、施工不达标、检测维护不及时等隐患。基于此, 本文立足西宁实际, 从多维度论证了高压氧舱开展专业防雷接地工程及定期检测的必要性, 为筑牢高原医疗特种设备安全防线提供依据和参考。

作者简介:

冯有成 (1971.11–), 男, 汉族, 陕西宝鸡人, 本科, 工程师, 研究方向: 气象服务;

郑明 (1982.02–) 男, 汉族, 青海西宁人, 本科, 工程师, 研究方向: 气象服务。

通讯作者: 高耀文 (1992.08–), 女, 汉族, 山西朔州人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 气象服务。

一、西宁地区高压氧舱雷击风险特性分析

（一）高压氧舱自身高危安全属性

高压氧舱的运行环境决定了其属于最高等级安全风险设备，这主要源于三个方面的固有危险特性。首先，是其高氧助燃与爆炸性风险，舱内氧气浓度远超常压空气，作为强效助燃剂，能使可燃物的燃点显著降低，即使微小的电火花或静电放电，也极易引发剧烈爆燃；更为严峻的是，在密闭空间内，燃烧速度可达常压空气的8-10倍，且几乎不具备有效的扑救与人员疏散条件。其次，是其高压密闭的受限性风险，氧舱工作压力通常维持在1.5至2.5个绝对大气压，本质上属于压力容器范畴，一旦遭遇雷击，强大的冲击力可能导致舱体结构变形、密封系统失效或泄压装置故障，从而引发高压窒息、减压病等严重的二次伤害。最后，是其电气系统的极端敏感性，为保障安全，舱内所有电器均严格采用24V以下的弱电设计，但雷电产生的强大电磁脉冲仍极易击穿线路绝缘层，造成设备运行失控或产生火花放电，直接威胁到舱内人员的生命安全。

（二）西宁高原雷电特殊危害性

西宁位于青藏高原东缘，是典型雷电高发区，雷电灾害有四个特征：一是雷电流强度偏大。因高原大气对流旺盛，雷暴云内电荷分离剧烈，雷电流峰值比平原地区高30%以上。强大直击雷易击穿飞行器或舱体，产生高温电弧引发火灾。二是正地闪发生比例高。本地观测显示，正地闪比例常年在35%至60%之间，远超全国平均水平。正地闪能量大、持续久，对地面接地系统和电气设备破坏大，常造成永久性损伤。三是雷电感应效应显著。高原空气稀薄，电磁波衰减慢，雷电产生的强电磁脉冲会在金属舱体、管路及线缆上感应出过电压，沿管线传导至设备舱，形成放电火花威胁电子系统安全。四是地电位反击风险突出。强大雷电流泄放入地使接地网电位急剧抬升，电位差通过金属管道、线缆传导至舱体，可能使设备外壳带电，威胁舱内人员安全，造成设备损坏和人身触电双重威胁。

（三）西宁地域环境对防雷接地的不利影响

西宁地处高原，其高寒、高阻的地理条件，进一步加剧了防雷接地工程实施的难度：一是土壤电阻率极高，本地以砂质土壤为主，电阻率普遍超过 $5000\Omega\cdot\text{m}$ ，远超常规标准，使得传统接地施工方法难以达到安全规范要求；二是冻融破坏问题突出，冬季冻土深度可达1-2米，季节性的冻融循环导致接地体发生变形、断裂或连接部位松动，致使接地电阻值逐年升高，性能持续下降；三是环境干燥多风，易积聚静电，高原地区空气湿度低，加上多风气候，人员活动及设备运行中极易产生并积累静电，若此时接地系统失效，静电无法及时导走释放，将构成持续的安全隐患。

二、高压氧舱防雷接地的法规强制要求

西宁地区各大医院高压氧舱防雷接地，是受国家法律、行业标准严格约束的强制性举措，绝非可选性维护工作。在法律层面，《中华人民共和国气象法》《防雷减灾管理办法》明确规定，

易燃易爆、人员密集的特种设备，必须安装防雷装置并定期检测，不合格严禁投入使用；《特种设备安全法》将高压氧舱列为一类压力容器，防雷接地是设备年检、运营许可的必备条件；《医疗机构管理条例》将其纳入医院安全评审体系，隐患未整改将责令停业。

在技术标准层面，GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》将高压氧舱划分为第一类防雷建筑物，要求独立设防、严禁共用接地；GB/T 12130-2020《氧舱》规定，氧舱保护接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，舱体、管路、设备需全面等电位连接，纯氧舱增设静电接地；TSG 24-2015《氧舱安全技术监察规程》要求防雷、防静电、保护接地独立设置，管线金属套管两端必须接地。青海省气象、卫健、市监部门联合监管，明确西宁地区氧舱防雷检测每半年一次，检测报告作为运营备案必备材料，违规将依法处罚并追责。

三、西宁地区高压氧舱防雷接地技术实施要点

结合西宁高原环境特点，高压氧舱防雷接地需遵循“独立设防、降阻防腐、等电位均衡、分级防护”原则，构建适配高原的全流程防护体系。一是一类防雷系统建设，设置独立避雷针/避雷带，与舱体保持3米以上安全距离，引下线不少于2根，采用热镀锌钢材，接地网独立设置，与建筑接地网间距 $\geq 5\text{米}$ ，防止地电位反击；二是高原降阻防腐措施，采用深井接地、长效降阻剂、环形接地网，接地体埋深 $\geq 1.2\text{米}$ 避开冻融层，焊接处做双重防腐处理，抵御高原腐蚀；三是全面等电位连接，将舱体、金属门窗、氧气管路、床体、设备外壳全部连通接地，消除电位差，杜绝静电火花；四是浪涌分级防护，供电、信号线路加装对应浪涌保护器，阻断感应过电压侵入舱内，舱内严禁接入强电设备。

四、防雷接地检测与日常维护要求

西宁地区雷电季节分明，接地装置易受冻融影响，需建立全周期管理机制。定期检测要求每半年开展一次（雷季前5月、雷季后10月），由具备资质的专业机构实施，检测接地电阻、等电位导通性、浪涌保护器性能，核心指标接地电阻必须 $\leq 4\Omega$ ，检测报告存档备案；日常巡检要求专人每月检查接地装置、连接点、静电端子，雷雨后立即专项排查，每3年开挖抽检接地体状况；高原专项维护，春季冻土融化后紧固调试接地装置，冬季覆土加固防冻土隆起，及时更换老化部件，确保防雷系统持续有效。

五、西宁地区高压氧舱防雷接地核心必要性

结合西宁地域特点与氧舱安全属性，其防雷接地的必要性无可替代：一是生命安全底线，氧舱人员密集无法疏散，高氧高压下雷击即爆燃，防雷接地是唯一生命屏障；二是高原风险刚需，本地雷电破坏力强、接地难度大，无规范防雷将长期处于重大隐

患状态；三是法定强制责任，法律法规与地方监管双重约束，不检测、不合格属于违法行为，需承担安全责任；四是医疗运营保障，完善防雷系统可保护设备、降低故障，保障高压氧治疗持续开展，维护高原医疗服务稳定性。

六、结论

西宁市各大医院高压氧舱处于高原雷电高风险环境，自身具

备易燃易爆的高危属性，防雷接地是法定强制要求、安全核心底线、不可妥协举措。医疗机构必须严格按照一类防雷标准建设独立系统，落实降阻防腐、等电位连接、浪涌防护等技术要求，坚持每半年定期检测，及时整改隐患。同时，相关部门需加强联合监管，压实医院主体责任，推动氧舱防雷安全规范化、常态化，从根本上防范雷击事故发生，保障患者与医护人员生命安全，维护高原地区医疗安全与社会稳定。

参考文献

[1] GB 50057-2010, 建筑物防雷设计规范 [S].
[2] GB/T 12130-2020, 氧舱 [S].
[3] TSG 24-2015, 氧舱安全技术监察规程 [S].
[4] 青海省气象局. 青海省雷电灾害风险区划报告 [R].2022.
[5] 张旭. 高原医用高压氧舱防雷防静电技术研究 [J]. 高原医学杂志, 2021(02).
[6] 陈源高. 医用高压氧舱的防雷防静电措施 [J]. 价值工程, 2010, 29(32): 136-137.
[7] 国家质量技术监督局, 卫生部. 医用氧舱安全管理规定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
[8] 李刚, 陈曦, 刘芳. 医院特殊医疗设备防雷与电磁兼容技术研究 [J]. 医疗装备, 2023, 36(11): 131-133.
[9] 张义军, 周璧华, 陈绍东. 高海拔地区雷电放电特征与电网防雷关键技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
[10] 崔桂兴, 郭欣, 侯元红, 等. 高原农牧区配电网防雷研究 [J]. 农村电气化, 2021(06): 19-21+25.
[11] 周建, 李丽. 三甲医院供电系统可靠性提升及防雷改造实践 [J]. 中国医疗设备, 2024, 39(02): 142-145.