

# 变电站 GIS 设备安装密封性控制关键技术研究

刘 迪

中国能源建设集团云南火电建设有限公司 云南 昆明 650200

**摘 要:** GIS设备作为变电站核心组件,其密封性直接关乎设备安全运行。本文分析GIS设备静态与动态密封结构特点及接触、弹性、组合密封原理,从密封件、密封面、安装工艺三方面剖析影响密封性的关键因素。提出密封件选型与质量控制、密封面加工与处理、安装工艺优化及密封检测等关键技术,并给出安装前准备、安装过程控制、安装后检查维护的应用策略,为提升GIS设备安装密封性提供理论与技术支持。

**关键词:** GIS设备; 安装密封性; 密封结构; 关键技术; 应用策略

引言:在变电站中,GIS设备凭借占地面积小、可靠性高、维护方便等优势广泛应用。然而,GIS设备内部充有六氟化硫等绝缘气体,一旦密封失效,不仅会导致气体泄漏,影响设备绝缘性能,还可能对环境造成危害。因此,GIS设备安装密封性控制至关重要。深入研究其密封结构、原理,分析影响密封性的关键因素,探索有效的密封性控制技术及应用策略,对保障GIS设备安全稳定运行具有重大意义。

## 1 GIS设备密封结构与原理分析

### 1.1 GIS设备主要密封结构类型

GIS设备密封结构分为静态密封与动态密封两大类,两类结构适配设备不同部位运行需求,共同保障密封可靠性<sup>[1]</sup>。静态密封结构应用于设备固定连接部位,法兰连接密封是核心类型,通过法兰面精准对接,搭配密封元件实现气体隔离,适配设备本体各气室连接、盆式绝缘子与壳体衔接等固定部位,依靠结构贴合度与密封元件性能阻断泄漏通道。盆式绝缘子密封属于静态密封重要形式,衔接设备不同气室,兼具密封与绝缘双重功能,密封结构需与绝缘子本体精准适配,避免衔接处出现间隙。动态密封结构主要应用于设备可操作部位,隔离开关、接地开关操作部位密封最为典型,需适配部件开合动作,在运动过程中维持密封性能,防止六氟化硫气体泄漏,其结构设计需平衡运动灵活性与密封稳定性,避免动作过程中密封元件磨损或移位。

### 1.2 密封原理阐述

GIS设备密封依托不同原理实现气体隔离,接触密封原理是基础密封形式,通过密封面间的紧密贴合形成隔离屏障,依靠密封元件与密封面的物理接触,阻断气体渗透路径,贴合精度直接影响密封效果,需严控密封面平整度与清洁度。弹性密封原理借助密封材料自身弹性变形实现密封,密封元件受压后发生弹性形变,填补

密封面间微小间隙,即便密封面存在细微偏差,也能通过形变补偿保障密封性能,适配各类工况下的密封需求。组合密封原理结合接触密封与弹性密封优势,通过多种密封方式协同作用增强密封可靠性,根据设备部位运行特点,搭配不同类型密封结构与材料,兼顾密封效果与结构适配性,有效提升设备长期运行中的密封稳定性,为GIS设备密封性能提供多重保障。

## 2 影响GIS设备安装密封性的关键因素

### 2.1 密封件因素

密封件在GIS设备安装密封环节扮演着举足轻重的角色。材料性能是决定密封件密封效果的核心要素。耐老化性方面,GIS设备运行周期长,密封件长期处于内部气体压力、温度波动以及外部环境影响下,若材料耐老化性差,会逐渐出现硬化、脆化,丧失弹性,进而无法有效填补密封间隙,导致气体泄漏。耐腐蚀性也不容小觑,设备内部可能存在微量腐蚀性物质,外部环境中的各类腐蚀性气体也会对密封件造成侵蚀,良好的耐腐蚀性可确保密封件在复杂环境中维持性能稳定。弹性性能直接影响密封件与密封部位的贴合程度,弹性适中才能保证在压力作用下紧密贴合,防止气体逸出。密封件尺寸精度对密封配合至关重要。公差范围若控制不当,过大则会使密封件与密封部位间隙过大,无法形成有效密封;过小则可能导致安装困难,甚至损坏密封件或密封部位,影响密封可靠性。因此,精确把控密封件尺寸公差是保障密封效果的基础。密封件表面质量同样不可忽视<sup>[2]</sup>。表面粗糙度过大,会形成众多微小泄漏通道,降低密封性能;表面存在划痕、裂纹等缺陷,会成为气体泄漏的突破口,严重影响密封效果。所以,对密封件表面质量进行严格检测与处理十分必要。

### 2.2 密封面因素

密封面加工精度直接影响密封性能。平面度、垂直

度等几何精度指标若不达标,会导致密封面间贴合不紧密,出现间隙,造成气体泄漏。高精度的加工能保证密封面平整光滑,为良好密封提供基础。密封面表面处理方式对密封也有显著影响。镀层、涂层等处理可改善密封面性能,如提高耐腐蚀性、耐磨性,增强密封面与密封件的贴合度,从而提升密封效果。密封面清洁度对密封效果干扰较大。杂质、油污等附着在密封面上,会阻碍密封件与密封面的紧密贴合,形成泄漏通道,影响密封可靠性。因此,安装前需对密封面进行彻底清洁。密封面的损伤修复也尤为关键,若加工或搬运过程中出现轻微划痕、凹陷,需采用专业修复工艺处理,避免损伤部位成为泄漏隐患,修复后需重新检测密封面精度与表面质量,确保符合安装要求。

### 2.3 安装工艺因素

安装顺序与方法对密封结构影响深远。不同部件安装顺序不合理,可能导致密封结构受力不均,影响密封性能。正确的安装顺序与方法能确保密封结构各部件协调配合,实现可靠密封。紧固力控制是保障密封的关键。螺栓紧固力大小及均匀性直接影响密封效果。紧固力不足,密封面间贴合不紧密;紧固力过大,可能损坏密封件或密封面。均匀的紧固力可保证密封面受力均匀,提高密封可靠性。安装环境条件也不容忽视。温度、湿度、洁净度等环境因素会影响密封件性能与安装质量。适宜的环境条件能为安装密封提供良好保障,确保密封效果。安装过程中的密封脂涂覆工艺也会影响密封性,需选用适配的密封脂,控制涂覆厚度与均匀度,避免涂覆过多或过少,涂覆后需及时完成密封装配,防止密封脂污染或失效。

## 3 GIS设备安装密封性控制关键技术

### 3.1 密封件选型与质量控制技术

密封件选型需立足设备实际工况,结合运行压力、温度、介质特性等核心因素,合理选择密封件材料与类型。密封件材料需适配六氟化硫气体介质,具备良好的耐腐蚀性、弹性与耐磨性,适配不同温湿度工况,避免材料老化或性能衰减引发密封失效。选型过程需结合密封部位结构特点,匹配密封槽尺寸与法兰接口形式,确保密封件与设备结构精准适配。质量控制技术需贯穿密封件全流程,建立完善的质量检测体系,对密封件外观、尺寸精度、材料性能进行全面检测,杜绝变形、裂纹、杂质等缺陷,从源头把控密封件质量,为安装密封性提供基础保障<sup>[3]</sup>。选型过程中需结合设备运行寿命要求,优先选用长效密封材料,质量检测需采用专业检测设备,确保检测结果精准,对不合格密封件实行严格报废处理,

严禁投入安装使用。

### 3.2 密封面加工与处理技术

密封面加工精度直接影响密封效果,需采用高精度加工设备与成熟工艺,严格控制密封面平面度、粗糙度等关键参数,避免加工偏差导致密封间隙。加工过程中优化切削、打磨工艺,减少密封面划痕、凹陷等缺陷,确保密封面平整光滑。密封面表面处理工艺需进一步优化,通过抛光、钝化等处理方式,提升密封面硬度与耐磨性,增强密封面与密封件的贴合度,减少气体渗透路径。处理后的密封面需做好防护,避免污染、氧化,确保密封面性能稳定,为后续密封安装奠定基础。加工过程中需建立全程质量管控机制,实时监测加工参数,及时调整工艺参数,避免加工误差累积,表面处理后需在规定时间内完成密封装配,缩短密封面暴露在外界环境中的时间。

### 3.3 安装工艺优化技术

安装工艺优化需以密封性为核心,制定科学合理的安装流程与操作规范,明确各环节操作要求,规范密封件安装、密封脂涂覆、法兰对接等关键步骤。开发专用安装工具,适配密封件安装与法兰紧固等操作,提升安装精度,保障安装质量与效率,避免人工操作偏差引发密封隐患。安装环境条件的监测与控制不可或缺,实时把控作业区域洁净度、温湿度,采取防尘、防潮措施,避免杂质、潮气侵入密封面,同时控制作业环境温度波动,防止密封件因温度变化出现性能波动,确保安装过程处于最佳环境状态。安装流程需结合设备结构特点进行个性化优化,针对不同密封部位制定专项操作规范,专用工具需定期校准维护,确保操作精度,环境监测需实现实时预警,及时处理环境参数异常问题。

### 3.4 密封检测技术

密封检测技术是防控密封失效的关键,传统密封检测方法凭借成熟性广泛应用于安装现场,检漏仪检测通过捕捉泄漏气体信号,实现泄漏点精准定位,适配各类密封部位检测需求;肥皂水检测通过观察气泡产生判断泄漏情况,操作便捷且适配现场快速检测,两种方法均依托气体泄漏后的物理反应实现检测,满足基础密封检测需求。新型密封检测技术依托技术迭代不断发展,激光检漏技术利用激光光谱特性捕捉泄漏气体,提升检测灵敏度与精度,可实现微小泄漏的精准检测;红外成像检漏技术通过检测泄漏区域温度变化,直观呈现泄漏位置,适配复杂工况下的检测需求。新型技术正朝着高精度、高效率、智能化方向发展,逐步弥补传统检测方法的局限,为密封检测提供更全面的技术支撑。

## 4 密封性控制在GIS设备安装中的应用策略

### 4.1 安装前的准备工作策略

GIS设备安装质量与密封性紧密相连,安装前的准备工作是保障密封性的重要基石。对安装人员开展专业培训是首要任务,培训内容不仅涵盖密封性控制理论知识,更要注重实际操作技能训练。通过系统培训,让安装人员深刻认识到密封性控制对GIS设备安全稳定运行的关键意义,熟练掌握各类密封技术要点与操作规范,提升解决实际问题的能力,从而在安装过程中自觉遵守密封性控制要求。安装场地的状况对密封性控制影响不容小觑<sup>[4]</sup>。安装前需对场地进行全面清理,清除杂物、灰尘等,确保场地整洁干净。同时,根据设备安装要求,对场地的温度、湿度、洁净度等环境参数进行调控,营造符合安装标准的良好环境,避免外界环境因素干扰密封效果。设备及密封件的质量是密封性控制的基础。安装前要对设备及密封件进行细致检查,查看设备外观有无损伤、变形,各部件连接是否紧密;对密封件重点检查材料性能、尺寸精度、表面质量等指标是否符合要求。对于检查中发现的问题,及时进行预处理,如对密封件进行清洁、修整,对设备进行调试等,确保设备及密封件质量合格,为后续安装工作奠定坚实基础。

### 4.2 安装过程中的质量控制策略

安装过程是密封性控制的关键环节,必须严格按照安装工艺规范进行操作。每一个步骤都要精准到位,避免因操作不当影响密封性能。加强过程监督,安排专业人员对安装过程进行全程跟踪,及时发现并纠正不规范操作行为,确保安装质量符合标准要求。实时监测安装过程中的关键参数对密封性控制至关重要。例如,在螺栓紧固环节,要密切关注紧固力大小及均匀性;在密封件安装时,要注意密封件与密封面的贴合情况。通过实时监测,一旦发现参数偏离正常范围,立即采取调整措施,保证安装过程始终处于可控状态。做好安装记录是保障密封性控制可追溯性的重要手段。详细记录安装过程中的各项操作、关键参数、出现的问题及处理方法等信息。这些记录不仅为后续质量追溯提供依据,还能为设备维护与故障排查提供参考,有助于不断总结经验,

提升密封性控制水平。

### 4.3 安装后的检查与维护策略

安装完成后,进行全面的密封性检查是必不可少的环节。采用多种检测方法,如检漏仪检测、肥皂水检测等,对设备各个密封部位进行细致检查,确保无泄漏现象发生。只有通过严格检查,确认设备密封性能良好,才能投入运行。制定科学合理的设备维护计划,定期对密封部位进行检查与维护<sup>[5]</sup>。根据设备运行情况与密封件使用寿命,合理安排维护周期,及时更换老化、损坏的密封件,对密封面进行清洁与保养,确保密封性能始终处于良好状态。建立设备密封性档案,记录设备从安装到运行过程中的密封性能变化情况。通过对档案数据的分析,掌握密封性能变化规律,提前发现潜在问题,采取针对性措施进行预防与处理,延长设备使用寿命,保障GIS设备安全稳定运行。

### 结束语

GIS设备安装密封性控制是一个系统工程,涉及密封结构原理、关键影响因素、控制技术及应用策略等多个环节。通过合理选型与质量控制密封件、精细加工与处理密封面、优化安装工艺以及采用先进的密封检测技术,并在安装前做好充分准备、安装过程中严格质量控制、安装后加强检查维护,能够有效提升GIS设备安装密封性,保障设备长期安全稳定运行,为电力系统的可靠供电提供坚实保障。

### 参考文献

- [1] 廖佳,叶俊. 电气工程中GIS设备安装与调试技术研究[J]. 产品可靠性报告,2024,(10):111-112.
- [2] 陈湘刁. 变电站GIS设备安装和调试的质量提升研究[J]. 光源与照明,2022,(09):90-92.
- [3] 黄辉达. 变电站GIS设备安装与调试技术措施研究[J]. 中国高新科技,2022,(18):88-89.
- [4] 朱振华,戴振. 110kV GIS内部故障电弧条件下压升计算及壳体耐受能力分析[J]. 电工技术,2024,(13):154-156.
- [5] 刘靖羽. GIS设备现场安装工艺和质量控制要点[J]. 电工电气,2023,(08):55-60.