

[开关设备]

提高户外GIS可靠性的措施

文/上海思源高压开关有限公司 高卫超

GIS设备是近几十年被广泛采用的全封闭式开关设备，GIS设备具有占地面积小、维护工作量低以及使用周期长等优点，但任何零件失效或将造成系统性缺陷，给电网带来巨大安全隐患，特别是户外安装的GIS更容易受外界环境影响。文章针对提高户外GIS产品可靠性的措施进行介绍。

气体绝缘金属封闭式组合电器（Gas Insulated Switchgear, GIS）是一种利用SF₆气体绝缘，接地的金属外壳封闭，位于其中的导体由盆式绝缘子支撑的高压电器。随着老一代产品十年、几十年的运行，GIS在电网中充分体现出其优良性能，同时也暴露出来了一些不足。个别设备由于所处环境条件特殊或本身设计不合理，其中以户外站的GIS设备尤为明显，由于受到环境影响，此类设备的可靠性随着时间推移会发生不同程度的失效。东部沿海地区的户外环境有着台风多、空气盐分大和雾气多等特点；南部地区雨季多，空气湿度大，小动物频出；西北、东北地区空气干燥，但长期风力较大，且沙尘较多，紫外线强烈，昼夜温差大。因此，GIS在户外使用时会受到以上较为严酷的环境影响，引起元器件腐蚀、锈蚀、发霉、可观测性下降、凝露、受潮、褪色、老化、疲劳失效、绝缘性能下降、脆裂、增大运动阻力和磨损、增大机械负载以及气体泄漏等，从而严重威胁设备的使用性能和使用寿命。因此，在进行户外设备设计时，应充分考虑设备的使用环境条件，按照比户内更为严苛的边界条件设计产品，采取相应的措施来防止或减少自然环境因素对设备可靠性的影响，以确保设备的各项性能。

目前市场上的GIS生产厂家鱼龙混杂，仅110 kV、220 kV的GIS生产厂商就超过40个。近年

来，在国网、南网公司对设备外形及接口做出了统一要求之后，各厂家设备外形趋于一致，但细节上有较为明显的区别，尤其在户外防护设计方面都有各有其独特之处，但并非完美。如何去做最可靠的户外设计方案，并且很好地兼顾其性价比，始终是一项值得设备生产厂家研究的课题。本文将从防水措施的角度出发，并针对有明显地域性特点的户外GIS设备可靠性措施进行综述。

户外GIS防水措施

1. 户外本体部分的防水措施

SF₆气体作为GIS设备的关键组成部分之一，本体的气绝缘性能与气含水量有绝对的关系。为了保证设备应有的绝缘性能，SF₆成分水的质量分数 $\leq 0.000\ 5$ ，并且保持相对的气体湿度，其允许含量（20℃时）详如下表所示。GIS设备本体结构中的绝缘盆子、盆子对接面、机构与本体对接面、防爆膜位置以及密度继电器阀装配等与本体各气室直接相关的各密封面的密封性能和涂胶工艺决定了SF₆气体成本中水分含量。

表 GIS中SF₆气体湿度允许含量（20℃时） $\mu\text{L/L}$

隔室	有电弧分解物的隔室	无电弧分解物的隔室
交接验收值	≤ 150	≤ 500
运行值	≤ 300	$\leq 1\ 000$

鉴于此,户外GIS盆式绝缘子宜采用双道密封结构,如图1所示。盆式绝缘子金属法兰上有外道密封圈,盆式绝缘子环氧树脂上设置内道密封圈。外道密封圈能有效防止水分等进入,保护内道气密O型圈,提高气体密封可靠性。同时该密封系统配合使用防水胶涂抹在金属法兰表面的方式,可防止水分进入到环氧树脂区域。随着现场运行良好体验,法兰对接面采用双道密封圈已被国家电网通过《十八项电网重大反事故措施》进行规范性要求。

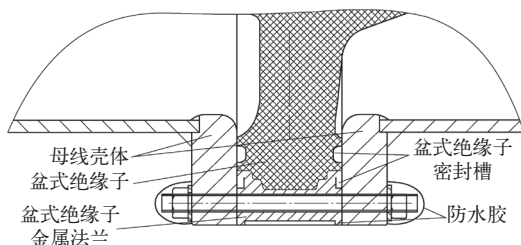


图1 绝缘盆子双道密封

此外,GIS中的盆式绝缘子及法兰连接位置大多为等径对接。整个GIS的本体模块较多,母线分若干段,因此类似对接位置非常多,保证户外型GIS对接面的可靠性显得尤为重要。如图2所示为盆式绝缘子法兰连接,在进行装配时,在法兰对接面的防密封槽以外的法兰面上(图2中虚线部分)全周均匀薄涂一层防水胶,装配后及时把挤到法兰外沿的多余防水胶抹平。

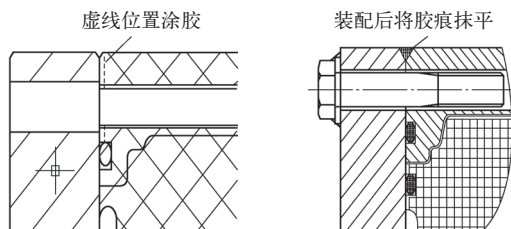


图2 等径法兰防水胶涂抹示意

2. 户外GIS控制柜、机构箱部分的防水措施

户外汇控柜采用不锈钢材质,厚度不小于2 mm,使其具有很强的防腐性能。防护等级应符合户外GIS控制柜不低于IP54的标准。顶部设置防雨檐,并具有防腐、防雨、防潮、防尘和防小动物进入的功能。开启门宜向内折边,柜体门宜向外折边。控制柜门应采用凹凸缘密封圈(垫)的结构方式防止雨水渗入,正面应设有带铰链的密封门,上有把手、锁和可外加挂锁的设施。柜体应设置可使柜内空气流通的通风口,同时内部设置温湿度控制器和加热器,有效控制环境温度对

内部元器件的影响。户外智能汇控柜采用双层结构,并安装保温材料,起到有效隔热的作用;配置智能温湿度控制器,控制加热器和风扇负载进行驱潮和温控,提供断线、温度超限、温控器异常和失电的报警,并预留上传温湿度值的接口。

断路器机构箱防护等级应至少满足IP44W,按用户要求,特殊订货需要满足IP55W。在机构箱体下部开设漏水孔,以防机构箱在进水后形成积水。机构箱体和盖的材料使用不锈钢板,表面涂装。盖的防水结构采用翻边,并加密封胶条,如图3所示。

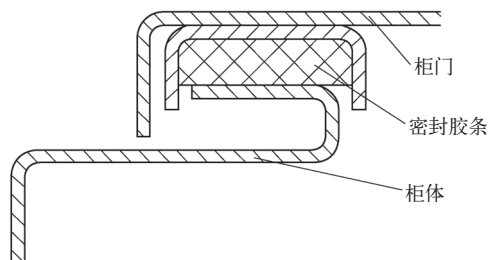


图3 密封条结构

3. 户外GIS电缆及电缆桥架的防水措施

户外设计使用的二次电缆全部采用封闭桥架,其材料为铝合金或不锈钢。电缆等入沟部位使用金属软管防护,并在连接部位使用格兰头。固定槽盒的支架螺栓、螺母头部平滑裹覆防水胶。电缆走线的设置充分考虑防止积水和雨水倒灌的相关要求,并在金属软管和金属桥梁上留有导水通道。

4. 补偿波纹管位置的防水措施

补偿波纹管位置的防水措施:对于翻边波纹管,波纹管安装后,在法兰与波纹管的全周涂防水胶,如图4所示。为了提高接地通路的可靠性,波纹管位置设置跨接排。户外GIS跨接部位若采用螺栓直连,容易引起法兰螺孔处出现缝隙,进水腐蚀导致漏气。波纹管上安装导电排后,应在导电排四周及紧固螺栓头部涂防水胶。

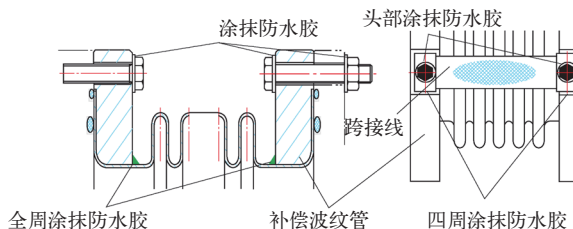


图4 波纹管涂胶示意

户外GIS防尘措施

我国北方地区常年风沙较大,沙尘天气较

多,为了避免有沙尘等异物进入机构、控制柜,导致传动系统磨损、卡滞及二次元器件拒动等失效,户外GIS应该做防尘设计。首先此类设备尽量避免传动连杆的关节轴承外漏的结构,改为机构输出轴与设备本体直插;其次,设备机构箱呼吸阀采用迷宫式结构,换气孔位置通过过滤棉隔绝外部灰尘或沙尘进入;而后,防爆膜泄流口采用塑料板配合防水胶的方式封闭,避免灰尘积聚。另外,充气阀口采用金属盖封闭。

户外GIS防老化、腐蚀措施

在紫外线较为强烈、污秽且昼夜温差较大的地区,绝缘材料暴露在户外极易发生老化、绝缘失效等问题。同时,设备外表油漆脱落,标识等非金属件变色变的不清楚,均会导致设备性能下降、操作不便。标准件、支撑等长期暴露在空气中的金属件,发生锈蚀会产生强度下降、无法检修等问题。

GIS相关元器件均应该针对以上因素进行防护。作为GIS中最关键的绝缘件盆式绝缘子首先要考虑从结构减缓这种紫外线引起的老化。盆式绝缘子外表面采用金属法兰结构,可有效防止紫外线、腐蚀性气体等引起的绝缘材料老化,延长盆式绝缘子的使用寿命。设备外露接地端子等绝缘件与大气接触的环氧树脂表面在喷砂后进行喷漆处理,防止绝缘树脂老化失效。其次,产品中的壳体、盖板类零件全部采用铝合金材料,无磁滞损耗、温升高。外表面涂装,应选用聚氨酯类面漆,并非环氧面漆,以保证其抗紫外线,防止漆层老化。所选用油漆应进行第三方检测,中性盐雾试验、耐湿热试验可达到1 000 h,耐老化1 000 h可达到1级,涂层等效使用寿命可以达到40年以上。再次,裸露在空气中的非金属材料,如机构的指示观察罩、就地控制柜的观察窗和防护罩等,可通过选用聚碳酸酯、改性聚苯乙烯等耐紫外线及防老化的材料,同时进行紫外线照射以及冷热循环试验等方式进行试验验证,保证其使用寿命满足设计寿命。最后,所有暴露在大气中的金属部件应有可靠的防锈层或采用不锈钢材料制成。易锈钢部件均应热浸镀锌,热镀锌应满足ASTM(国际材料试验协会)中A123、A134和A153的要求,镀锌层厚度、附着力等技术要求和试验方法同时应满足GB/T 13912—2015的要求。

户外GIS防风力措施

GIS设备出线套管应通过国内权威试验机构的端子拉力试验,满足风载要求。同时GIS产品本身的支架与支撑系统,包括本体结构,经过严格的风力影响计算,通过支架、拉杆等形成整体,完全可以适配34 m/s的风速。台风天气有积水危险时,须用混凝土或台架把设备抬高。

户外GIS防小动物措施

户外环境通常较为复杂,为避免受到小动物破坏。设备二次部分的控制、保护回路电缆均选用屏蔽阻燃、防鼠咬的PVC绝缘铜导体电缆,并通过不锈钢槽盒和不锈钢金属软管防护。相关电缆外皮、附件与标志等均经过耐老化试验的验证。控制柜、机构箱的换气孔应能防止昆虫等小生物进入机构箱。防爆器导流罩为了避免鸟类筑巢,使用挡板封堵。

户外GIS低温运行措施

GIS的设计使用温度为户内-25℃,户外-35℃,因此户内设备与户外设备耐受低温的能力不同。而我国北方部分区域冬季温度甚至低至-40℃及以下,目前大多数设备生产厂家通过增加伴热带的方式来维持低温情况下SF₆气体所需的密度。当温度较低时,润滑油的黏度增大,导致设备运动副的摩擦力增大,从而影响其传动性能。因此,设备在低温环境下应使用低温润滑脂,同时机构箱、汇控柜均应适当增加加热器,并加厚箱体,其余二次元件、外配件均应提出并满足低温相关的技术要求。昼夜温差大的区域,特别注意增加全包裹防雨罩,避免密度继电器表盘长时间受阳光直射引起的误报警。

结束语

GIS设备有着维护工作量低、使用寿命长和可靠性高等优点,但户外设备在经受复杂环境因素影响时,仍有小概率的安全隐患。随着产品进行不断的技术升级,GIS设备针对各种户外环境的防护措施日益完善。本文从不同角度对户外GIS设备防护提出了各种预防措施,为减少设备的故障发生率,确保其安全运行提供了有价值的参考方向。EA

(收稿日期:2019.03.26)

(编辑:朱金凤)