

[高压电器]

一种适用于环保型气体绝缘试验的小型气体放电试验装置

文/西安西电开关电气有限公司 邓建青 徐 伟 白晓萍
西安交通大学 高乃奎 丁昌浩

以环保型 C_4F_7N/CO_2 混合气体为研究对象,从结构强度、气密性、操作性、可观测性及装置灵活移动性等方面,设计并搭建了一套适用于环保型绝缘气体绝缘试验的放电试验装置。结果表明该试验装置能够充分满足环保型绝缘气体的放电试验。

SF_6 具有良好的绝缘和灭弧性能,被广泛应用于高压电气设备中,然而其温室效应问题严重且产物多有剧毒,对环境的危害极大。随着电力需求量不断增长和环境保护需求日益增高, SF_6 在环保和安全性方面存在不可避免的缺陷,气体绝缘领域迫切需要寻找一种环境友好的绝缘新介质。

环保型绝缘气体的试验研究需要在一定的试验装置内进行,针对不同的研究目的和试验方案,试验装置的设计以及试验系统的搭建都需要具体研究。本文以环保型 C_4F_7N/CO_2 混合气体为研究对象,从结构强度及气密性、气体操作性、可观测性和装置灵活移动性等试验要求,设计并搭建了一套适用于环保型气体绝缘试验的放电试验装置,该试验装置便于更换电极,可多次提取气体样本,易观察记录放电现象,且轻巧便于移动。

装置设计要求

1. 绝缘试验要求

在直流电压、工频交流电压和雷电脉冲电压等不同波形的电压作用下,保证气体放电发生在腔体内电极间,能达到研究所需要的电压等级而不在高压端(高压端暴露在空气中)发生空气放电或者沿面放电,能够满足工频耐压试验、雷电

冲击试验和局部放电试验等需求。

2. 气密性要求

能够保证气体放电试验中所研究气体的含量准确性,能够满足不同气体压力要求;需具有良好的气密性,使罐体内充入定量的气体而不发生泄漏或者安全事故。

3. 试验观察记录要求

能通过人眼以及图像记录设备对于放电过程进行确认并拍摄或者录制。需要在罐体上安装有足够承压能力、尺寸适合观察记录电极间放电现象的透明材质观察窗;另外还需要提供照明和电极安装位置校正的较小的观察窗。

4. 可移动性要求

试验装置轻巧,体积小,便于移动,能够满足工频耐压试验、雷电冲击试验和局部放电试验等不同试验场地的更换。

装置结构设计

1. 设计方案

针对环保型 C_4F_7N/CO_2 混合气体绝缘特性和分解特性的试验研究,气体放电试验装置的设计需满足:①可进行多种不同电极结构、电极间距下的放电试验;②为了能同时进行分解特性试验和介质阻挡放电试验等,需要满足试验后多次提取

气体样品和有足够的空间装载固体材料样品；③方便进行更换电极，多次提取气体样品，观察放电现象，便于移动场地等操作。因此设计上需要考虑腔体的内部空间大小和整体尺寸。

2. 试验壳体的设计

根据上述要求，设计了集便于观察、易更换电极、取样及体积轻巧于一体的试验壳体，其主体结构如图1所示。

壳体由主筒体、上下法兰、两个手孔法兰及侧面的辅助观察窗组成。主筒体为成型圆筒，首先上下法兰与筒体焊接成一体；再预割插接孔位，在插接孔位上焊接两个手孔法兰（即取气操作口法兰和主观察窗法兰）。

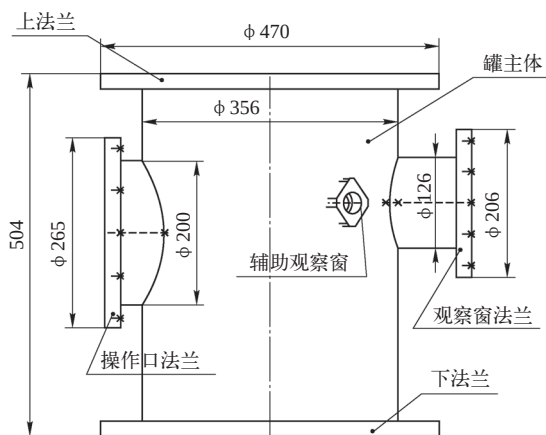


图1 主体结构示意图

壳体各法兰处设计相应厚度的盖板进行气密性保护。气体放电试验装置的壳体整体结构外形如图2所示。

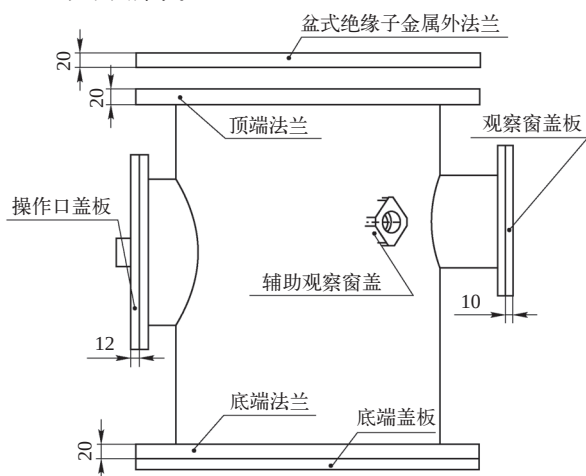


图2 壳体整体结构

3. 观察窗的设计

为了保证观察清晰方便，主观察窗采用透明材料，材质选用了强度高的聚碳酸酯。为了在较

薄壳体的基础上实现较高的机械强度，主观察窗结构设计为凸面向内、壁厚3 mm的半球壳，观察窗外沿粘接橡胶垫，保证其密封性。其安装结构如图3、图4所示。



图3 主观察窗

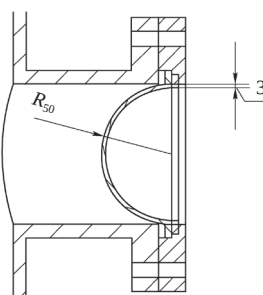


图4 主观察窗剖面图

在主观察窗模型边沿设置固定装置，朝向壳体内部的凸面上施加垂直于表面的破坏水压2.8 MPa，得到其应力分析结果如图5所示。可见主观察窗壁上最大应力为38.24 MPa，远小于聚碳酸酯玻璃的屈服强度69 MPa，满足机械强度的需要。

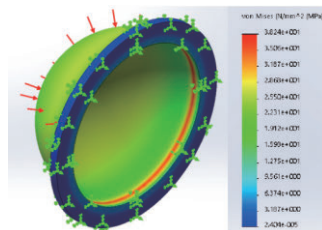


图5 主观察窗的应力分布

根据试验壳体的设计压力要求，对主观察窗的进行水压试验验证，水压值0.85 MPa，保压4 h。结果显示，试验后主观察窗表面无开裂现象，其设计结构及机械强度能够满足承压性能要求，如图6所示。



图6 主观察窗的水压验证

安装在壳体主体侧面的2个辅助观察窗主要起加装照明光源、辅助观测和电极装配的作用,尺寸较小,所以相对承受的应力也较小,因此选用常用的有机玻璃材料,如图7所示。设计壁厚为20 mm,对其进行静应力分布计算。结果如图8所示。其边缘处的最大应力都不会超过10 MPa,远小于材料的屈服极限55 MPa。因此设计壁厚为20 mm的有机玻璃作为辅助观察窗。



图7 辅助观察窗

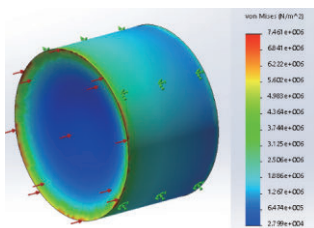


图8 辅助观察窗(20 mm厚)应力分布

4. 外部绝缘结构的设计

为了防止高压端导杆(电极)与接地外壳之间发生击穿或沿面闪络,必须设计外部绝缘结构。通常外部绝缘结构可采用电缆接头、伞裙套管、油气套管和盆式绝缘子等。为了减小试验装置的重量,保证能够灵活转移场地进行多种试验,本文选择了盆式绝缘子作为高压端的外部绝缘结构。

利用仿真软件对盆式绝缘子(加入法兰与螺栓结构建立模型)的静电场分布进行计算,确保其外绝缘性能满足需要。

在盆式绝缘子中心导体上施加雷电冲击击穿试验电压,得到的电位云电场分布如图9所示。可见在施加电压达到较高的水平时,高压端和法兰螺钉之间可能发生爬电,因此需要增加其他措施以加强绝缘水平。

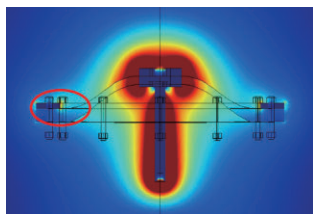


图9 盆式绝缘子电场云图

本文中辅助增强外绝缘强度的方式是在盆式绝缘子上加装辅助性质的5 mm壁厚的轻质环氧玻璃布管,以增大爬电距离,如图10所示。绝缘布管的增加既加强了绝缘水平,又未改变整体装置的可移动性和其他力学性能。



图10 环氧玻璃布管

装置校验及试验

在装配前,首先对壳体、盖板、盆式绝缘子、外法兰、密封圈和观察窗等关键零部件进行细致的质量检查。然后按照装配要求进行试验装置的装配,其装配实物如图11所示。



图11 气体放电试验装置

为确保试验装置的密封性能及连通情况,放电试验前对试验装置分别进行了保持承压性能测试、真空性能测试。

1. 承压性能测试

壳体的设计承压值最高在0.8 MPa,向壳体内充入0.83 MPa的 N_2 ,气压表显示相对气压值为0.83 MPa,承压能力良好,满足承压强度的要求。使用检漏液对整个罐体表面进行检查,未发生漏气现象,且12 h后读取气压值,与前者相比基本无下降,证明其高压气密性符合设计要求。

2. 密封性能测试

为了保证试验装置的气密性,使用真空泵将罐体内气压抽至0 MPa(数字式压力表精确至10~4 bar),24 h后再次读取压力值为0 MPa,未发生改变;氮气瓶冲至7个大气压,数显表读数为0.696 MPa,24 h后读数为0.694 2 MPa,几乎未下降;说明试验装置气密性良好。

3. 实际使用情况

采用本文设计搭建的气体放电试验装置进行

(下转第62页)

力,发现遥信信息错误并予以纠正;也具有对遥测数据中的不良数据进行检测和辨识的能力。在量测系统中存在不良数据时,自动告诉用户哪些是正常数据,哪些是不良数据。

状态估计完成后,程序可方便地统计出各种设备的安全性和经济性,包括各种设备的网损、越界信息等。

(2) 调度员潮流

调度员潮流的功能比较丰富。它不仅可以分析研究当前时间的状态,也能分析研究未来和历史的系统状态。对于每个时间断面,用户可以直接在图形界面上进行模拟操作:开关变位,分接头调整和母线故障;观察潮流和电压的变化情况,加深用户对系统的了解与掌握,提高分析决策水平。

在调度员潮流中可以模拟的调度操作有:开关(刀开关)变位、分接头调整、负荷功率调节、母线故障和发电机功率调节等,所有这些操作都是先调出系统图或厂站图,然后直接在图上操作的。

3. 最大需量功能介绍

最大需量功能是统计大庆油田电力集团与大庆电网公司的关口线路潮流,统计每天、每月的最大值,根据线路的容量参数计算出需量空间,并形成报表、图形展示。

大屏幕系统的维护

1) 大屏幕潮流图维护,只涉及南区和北区的潮流图,其他场站图和系统图不用进行操作,否则会影响系统正常运行。

2) 大屏幕潮流图上设备全部依托于OPEN3000平台中设备模型,必须保证平台模型与潮流图设备的一致性,不能进行单一修改,模型

错误可能会影响系统运行的稳定性。

3) 大屏幕进行修改时,一次只能一人进行操作,不能够多人同时进行操作。

4) 修改大屏幕潮流图的自动化人员,必须对操作内容、操作人和操作时间进行记录,以保证修改任务的责任明确化。

5) 每次修改任务进行完毕后,需要认真核对,并要求修改任务的提出方进行结果审核、确认。自己先在浏览界面上进行查看,再通知调度进行画面切换,查看修改结果。

6) 对于不明确和不理解的修改任务不进行操作,需要与任务提出方进行商讨确认。

7) 如遇到误删潮流图、潮流图打开异常等问题,请立即联系厂家。

8) 浏览大屏幕图形时候,不得进行任何操作,否则会对调度运行产生影响。

结束语

大屏幕系统为保证整个大庆油田电力系统的运行起到不可替代的作用,同时大屏幕系统目前的运行方式和运行维护的实用水平比较低。大屏幕系统的建设和发展有以下几点:

1) 大屏幕系统的功能应立足于、来源于需求的实用性功能。

2) 大屏幕系统的运行要制度化,一开始要有一定的强制性。

3) 大屏幕系统的维护要有专职化,跟得上SCADA和EMS等应用软件中网络结构的变化,用户要加强基础数据的完善和基础参数的管理。EA

(收稿日期:2019.09.29)

(编辑:朱金凤)

(上接第56页)

环保型 C_4F_7N/CO_2 混合气体的绝缘试验,利用此装置进行了工频、局部放电和雷电冲击等多种形态的气体放电试验,并对环保型 C_4F_7N/CO_2 混合气体在不同电压波形、电极结构、电极间距、气压及混合比下的绝缘特性进行了较全面的研究,试验结果达到了预期目标。因此该试验装置能够满足环保型绝缘气体的气体放电试验。

结束语

1) 本文独立设计了一套适用于环保型气体绝

缘性能研究的气体放电试验装置,该试验装置便于放电试验的观察记录,体积小且便于移动。

2) 该气体放电试验装置通过仿真计算与实际承压、气密性试验验证,结构强度和气密性能完全满足设计要求。

3) 该气体放电试验装置可以进行工频、局部放电和雷电冲击等多种形态的气体放电试验,能够满足环保型绝缘气体的气体放电试验。EA

(收稿日期:2019.08.01)

(编辑:朱金凤)