

[GIS]

浅谈GIS组合电器的安装调试及注意事项

文/华电江苏能源有限公司句容发电厂 钱 斌

介绍了GIS组合电器的安装步骤及注意事项，对安装前的准备工作、作业基本步骤及工艺要求进行了介绍，并简要介绍了GIS组合电器抽真空和气体填充及处理的相关事项。针对GIS组合电器的现场检查和调试工作进行了详细介绍，从外观检查、接线检查、绝缘电阻测定、机械操作试验和开关机械特性试验等方面进行解读。

GIS组合电器由于具有占地面积小、噪声小、无火灾危险、运行安全和可靠等特点，故在110 kV及以上电压等级的电力系统中，得到了广泛应用。以句容发电厂500 kV升压站为例，简要阐述了GIS组合电器现场安装要点、检测项目和试验方法及判定标准、工艺要求及注意事项。

句容发电厂一期工程2×1 000 MW的超超临界燃煤机组在2013年实现了双投。其500 kV升压站母线连接方式采用了3/2接线方式，每一串上的主设备是西安西电开关电气股份有限公司生产的GIS组合电器，型号为LW13A-550/Y6300-63 (G) 高压SF₆断路器。由于其元件布置紧凑、电压等级高、开断容量大，故在现场安装时要求严格、程序复杂，对周围环境的温度、湿度及粉尘都有严格的要求。

GIS组合电器安装

GIS组合电器从出厂到运行，要经过出厂运输，现场吊装、安装调试等程序，其中现场安装调试是一道非常重要的环节，直接关系到其以后安全、稳定、可靠的运行。

1. 一般安装注意事项

安装前，切勿将罐体和管路上的盖板取下，不要施加额外的力或重击套管、管路箱体等部

位，户外安装时，避免在雨天作业。安装过程中要特别小心，防止灰尘、脏东西和潮气进入GIS内部。为防止杂质进入，未安装完以前一定要用塑料薄膜套盖住法兰孔，小心保护好充气孔，不要损坏或沾污。

安放O形圈时，一定要注意不要损伤O形圈，严格按照OKA.412.332《252/363/550 kV GIS维护检修说明安装使用说明书》中的《气体密封》的规定操作施工。在抽真空前，迅速放置干燥剂，以尽量缩短其在大气中暴露的时间。严格按照OKA.412.332《252/363/550 kV GIS维护检修说明安装使用说明书》中的《吸附剂的使用与更换》的规定施工。另外使用适当的紧固螺栓。紧固力矩参照OKA.412.332《252/363/550 kV GIS维护检修说明安装使用说明书》中的《紧固螺纹》。

2. 安装前的准备

根据GIS组合电器安装作业指导书及每天的工作计划安排，准备好零部件、工具和辅助材料，以免误装、漏装和丢失。进入现场要提前半小时打扫现场卫生，以免扬尘进入气室。

3. 安装作业概述

1) 基础划线。采用经纬仪和钢卷尺等测量工具进行，按照GIS平面布置图和安装基础图中注明的尺寸要求，将断路器中心线，主母线中心线和各个间隔中心线及每一个置于地面上的元件和

控制柜的中心线单独绘制出来。测量时应始终采用同一把钢卷尺。基础检查：测量每一个基础上四点（四个角点位置）的地面水平，用插入垫片调整水平。若每一间隔基础预埋件由于沉降严重变形厉害，则必须对预埋件进行处理，把变形控制在误差范围内。水平测量：用经纬仪测量基座的水平，每间隔内部最高点和最低点在垂直方向上的偏差应小于5 mm。水平配置确定：按安装基础图用卷尺测量基座的位置。接地线检查：按图样要求确认接地线的位置及其长度。基准间隔就位：将基准间隔按照预先划线位置就位。

2) 母线连接。取下包装保护盖板，如图1所示。清理法兰、罐体内侧及导电杆和绝缘子表面，如图2所示。

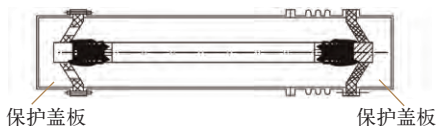


图 1

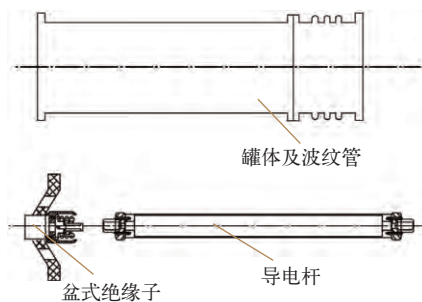


图 2

将导电杆插入，使用装运工具，如图3所示。

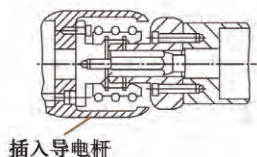


图 3

将O形圈暂时放在母线罐体法兰上，使导电杆从中穿过。用千斤顶或链轮小心地移动母线单元，使其靠拢。当波纹管法兰与其连接表面间距离在300~400 mm时，在母线罐体法兰面上涂密

密封胶并安装O形圈，若导电杆较长，可使用专用工具，如图4所示。再移动母线单元，并连接母线罐体法兰，如法兰间不能很好配合，则可松开波纹管法兰上的装运螺栓，调整波纹管。调整范围在±5 mm以内，如图4所示。

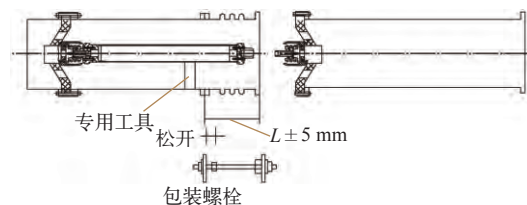


图 4

清洁并检查罐体内部、绝缘子及其他部位。确认没有留下杂物、工具及其他物件在罐体内部。拧紧母线罐体上连接法兰的螺栓和螺母，达到所规定的力矩值。将GIS组合电器机座与安装基础焊接起来。

3) 隔离开关与断路器连接。取下隔离开关和与之相连的断路器的包装盖板，确认导电杆已插入隔离开关的适当位置。用起重机吊起隔离开关，使隔离开关保持水平，然后移近断路器，如图5所示。

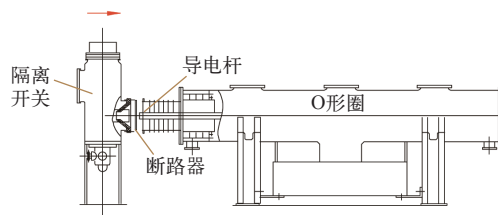


图 5

检查确认O形圈已安装完毕。使导电杆插入隔离开关触头内，将隔离开关外壳连到断路器上并用螺栓螺母紧固。

4) 套管连接。取下保护盖板，取出运输时用的吸附剂，如图6所示。清理法兰，导电杆和罐

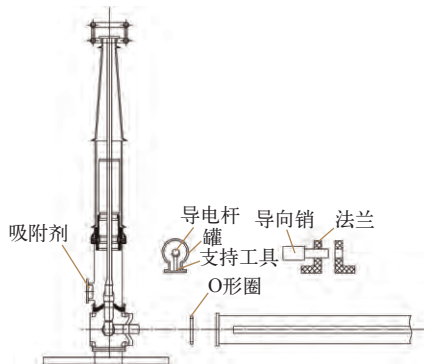


图 6

体内部。调整导电杆的支持工具。用螺栓连接法兰。O形圈安放完毕,连接时一定要用导向销。拧紧螺母和螺栓前一定要确认导电杆插入正确。取下导电杆支持工具。

4. GIS安装工艺要求

所有间隔的母线筒连接后要使全部母线筒呈现一条直线;所有筒体要保持水平或垂直,三相应该平行;同一组隔离开关或接地开关连接后应该操作灵活。当组装某一部分遇到支撑件时,应当随时按照要求将支撑件安装好。在筒体的组装中,装配前首先检查密封面不应有划伤痕迹,再检查密封圈质量是否符合要求,并按工艺要求对密封面和密封圈进行清洗,密封面的螺钉要用力矩扳手按照产品图样和技术文件中规定的力矩拧紧。标准紧固力矩值如表1所示。

表1 标准紧固力矩值

螺纹规格	紧固力矩/(kg·cm)		紧固力矩/(N·m)		紧固力矩/(lbf·ft)	
	标准值	特殊值	标准值	特殊值	标准值	特殊值
M6	60	40	5.9	3.9	4.3	2.9
M8	140	80	13.7	7.8	10.1	5.8
M10	280	200	27.5	19.6	20.3	14.5
M12	480	350	47.1	34.3	34.7	25.3
M16	1 200	870	118	85.3	86.8	62.9
M20	2 200	1 700	215	167	159	123
M22	3 000	2 200	294	216	217	159
M24	3 900	2 900	382	284	282	210
M30	7 700	5 300	755	520	557	383

注:特殊值适用于对浇注绝缘件的紧固。

对各个筒体组装时,特别注意不要把任何物品掉到筒体内部。尤其是装配垂直方向的筒体,更要牢记这一条,否则将造成严重后果。在安装过程中,对于密封面中间环节的装配,应按要求将该密封面的螺钉全部拧上。在筒体、套管的吊装时凡是吊绳与筒体、套管接触处都要加保护垫,防止吊绳将筒体、套管划伤。

绝缘浇注件的表面必须保持很高的清洁度,所有金属零部件也必须进行彻底清洗,不得附着灰尘及其他微粒。清洗绝缘浇注件表面允许采用乙醇、丙酮;清洗金属零部件表面只能用乙醇或香蕉水。设备接线端子的接触面要平整、清洁、无氧化膜,并涂以薄层电力复合脂,镀银部分不得挫磨,载流部分其表面应无凹陷及毛刺,连接螺栓要齐全、紧固。

GIS密封面工艺质量控制措施:根据GIS组

合电器厂家规定,各独立气室年漏气量不得大于1%。为保证GIS组合电器年漏气量指标和密封持久稳定的施工质量,在组装时应严格控制密封面的精度,严格控制设备密封装配的安装工艺。拆下密封面保护罩后,应检查密封表面粗糙度,检查是否有磕碰损伤。如果是轻微损伤,用细砂纸或磨石仔细打磨,如果情况严重,则必须更换新件。检查密封圈有无制造质量问题,如有变形、开裂、损伤等现象,必须更换。用无毛纸蘸酒精仔细擦洗密封面、密封槽和密封圈。在密封槽内,要可靠地放置具有规定尺寸和材料的O形圈,如图7所示。对装法兰时,要确保O形圈不被挤出。一般来说,气体密封胶不用于SF₆气体侧。但可用于直径小于φ40 mm的O形圈的整个圆周。气体密封胶用法如图8所示。在外部空气侧的整个法兰面上应当薄薄地涂敷一层气体密封胶,用以阻止雨水的侵入和防锈。在应用气体密封胶前,确认法兰面无任何清洗溶剂的沉淀物(特别是分隔表面上的酒精)。在气体密封胶变硬之前,应当完成装配(装配应在涂敷后30 min完成)。不要将其其他润滑脂与气体密封胶混合,装配后要除去多余的气体密封胶。

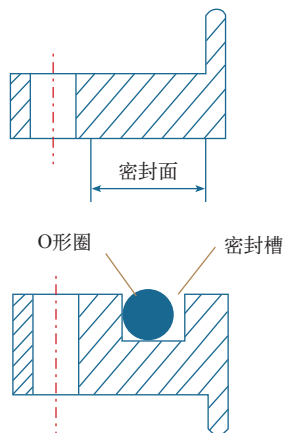


图 7

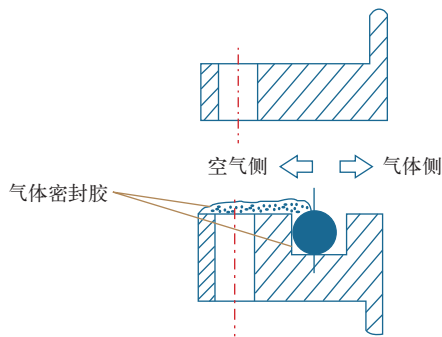


图 8

GIS组合电器所有电气试验合格,无漏气的情况下,还要对各法兰结合面缝隙涂抹防水胶。

5. GIS组合电器抽真空和SF₆气体处理及充填

GIS组合电器抽真空和SF₆气体处理及充填直接影响GIS的电气绝缘性能与机械灭弧性能,是保证GIS组合电器施工质量的又一个关键环节。

GIS组合电器抽真空前必须更换吸附剂,吸附剂不能在雨中或湿度大于90%时更换。安装在GIS气室内的吸附剂一定要经过烘干处理才可装入,烘干的吸附剂在空气中暴露时间不得超过60 min。吸附剂装入GIS气室后,应尽可能快地抽真空,如若超过4 h后还未抽真空,则需对吸附剂重新进行烘干处理。GIS组合电器抽真空时必须设专人监护,以防止真空泵突然停止或因误操作而引起真空泵油倒罐事故,并做好每间隔的抽真空记录。另外连接从真空泵到设备气体入口的高压气管且

所用的气管和真空泵应当与被抽空设备的容积相适应。检查确认真空泵旋转方向正确,然后开动真空泵。抽真空到133 Pa后,继续抽30 min,然后关闭气体入口阀门进行真空泄漏试验,要求在4 h内起始和最终的压力差不超过133 Pa。如果压力升高大于133 Pa,则需再抽真空到133 Pa,然后继续抽真空30 min,重复进行真空泄漏试验,以确定是否存在泄漏或是否有潮气吸入。

抽真空合格后,连接SF₆气瓶到GIS组合电器的充气管路向气室充注SF₆气体。充气或补气前用SF₆气体清除气管中的空气,并充入额定压力的SF₆气体,但一般不要超过额定值0.02 MPa。充气之后,拆除气管,并盖上气体入口处的盖子。充气或补气时要考虑温度对气压的影响,充入的SF₆气体压力可参照“SF₆压力-温度”曲线,如图9所示。

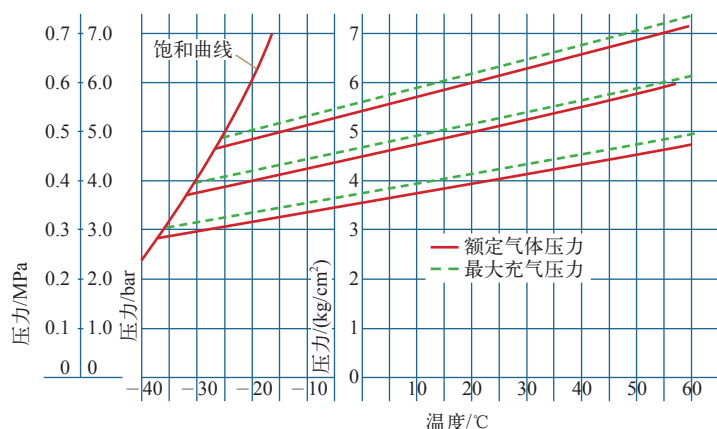


图 9

对于装箱前和运输期间需充0.03~0.05 MPa SF₆气体的气室,不需要抽真空和真空检漏,即可直接补气到额定气压值。充压后静置7~8 h后,用SF₆气体检漏仪检测各密封部位是否漏气。放置48 h后,检测SF₆气体中水分含量,其数值应不大于150 μL/L。

6. 二次系统布线

二次系统布线与一般电器布线相同,应按厂家提供的原理图管表进行布线、接线和校线,确保GIS组合电器各元件的实际状态与所指示的状态相符。

GIS组合电器现场检查与调试

GIS组合电器安装后,必须经过严格的检查与试验,确认安装正确、可靠后,才能投运。

1. 主要检测试验项目

主要检测试验项目有:外观检查,接线检查,绝缘电阻测定,机械操作试验和开关机械特性试验,主回路电阻测定,SF₆气体泄漏试验,压力开关试验,SF₆气体含水量测量,联锁试验,CT试验,主回路绝缘试验,控制回路和辅助回路工频耐压试验,最终检查。

2. 试验方法及判定标准

(1) 外观检查

外观检查的主要内容有装配状态、零件松动情况、接地端子配置、气体管路和电缆桥架有无损坏。

(2) 接线检查

检查从就地控制屏到断路器、隔离开关和接地开关等元件操动机构的接线,检查从控制屏到

电流互感器 (CT) 和电压互感器 (VT) 等元件端子箱的接线。可用电铃检查。同时要检查接线端子的松紧及端子标记。

判定标准：必须符合厂家确认图。

(3) 绝缘电阻测定

使用一只 1 000 V 或 2 500 V 兆欧表测量主回路 (母线、断路器、隔离开关及接地开关等) 对地, 以及控制回路对地的绝缘电阻值。可通过油漆套管测量主回路的绝缘电阻值。测量中, 可利用接地系统来进行。

判定标准：主回路 1 000 MΩ 以上; 控制回路 2 MΩ 以上。

(4) 机械操作试验和开关机械特性试验

对气动操动机构进行分合闸操作试验：在额定操作压力和额定控制电压下, 按下控制屏上按钮, 并检查状况如何。

判定标准：必须正常动作。

连续分合闸操作试验：要在额定操作压力及额定控制电压下连续进行 5 ~ 10 次分合闸操作。在此过程中, 目视检查操作机构, 转换开关等部位。

判定标准：必须操动正常。

断路器 (CB) 储能容量试验：从额定操作压力开始, 重复进行分合闸操作, 直到压力开关动作, 闭锁断路器操作为止。记下所进行的循环数。

判定标准：达到技术条件要求的次数 (3 次)。

对电动或弹簧操动机构分合闸操作试验：在额定电动机电压和额定控制电压下, 按下控制屏上的按钮, 检查操作机构、转换开关等部位的状况如何。

判定标准：必须正常动作。

断路器开关机械特性试验：在断路器的额定操作电压、额定操作压力下测量其分、合闸时间。

判定标准：除制造厂有特别要求的之外, 相间合闸不同期 ≤ 5 ms, 相间分闸不同期 ≤ 3 ms; 合、分闸时间满足技术文件要求, 与出厂试验数据相比无明显差异。

分、合闸线圈的动作电压测量。

判定标准：操动机构分、合闸电磁铁端子上的最低动作电压应在操作电压额定值的 30% ~ 65% 之间; 进口设备按制造厂规定。

分、合闸线圈直流电阻测量。

判定标准：应符合制造厂规定。

分、合闸线圈的绝缘电阻值测定。

使用一只 1 000 V 兆欧表测量对地的绝缘电阻值。

判定标准：≥ 10 MΩ

注意：在做机械操作试验和开关机械特性试验时, 应把防慢分装置的插销拔下, 以防损坏防慢分装置。

(5) 主回路电阻测量

为了便于与工厂测量的数值相比较, 测量回路及测量方法要和工厂内的测量回路及方法相同。下述程序仅适用于在现场连接的主回路电阻值的测量。如：合上待测回路上的断路器和接地开关; 从接地开关上移开接地板后, 接上回路电阻测试仪; 通以直流 100 A, 测量接地开关间两端的电阻; 比较现场测量值与工厂测量值。

判定标准：现场测量值应不超过工厂试验测量值的 20%。

(6) SF₆ 泄漏试验

在装配现场用塑料薄膜将壳体上法兰连接部位包封起来, 如图 10 所示。

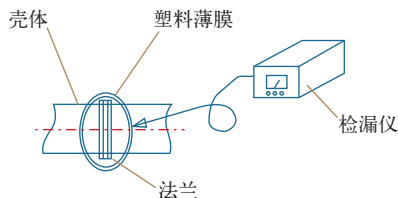


图 10

充入额定压力的 SF₆ 气体搁置 4 h 以上, 用 SF₆ 检漏仪测量包容区内 SF₆ 含量, 检漏仪测量单位为 10⁻⁴% (体积分数)。

判定标准：年漏气率小于 1%。

漏气量和年漏气率的计算方法如下。

漏气量

$$Q = (V_1 M / T) \times 10^{-6} \quad (1)$$

年漏气率

$$q = 365 \times 24 Q \times 100 / (P + 1.03) V_2 \quad (2)$$

式中, Q 为漏气量, 单位为 l/h; V_1 为被检查设备和塑料薄膜之间的体积, 单位为 L; M 为气体检漏仪读数, 单位为 10⁻⁴% (体积分数); T 为塑料薄膜包装时间, 单位为 h; q 为年漏气率; p 为额定气压, 单位为 kg/cm²; V_2 为气室体积, 单位为 L。

(7) 压力开关试验

温度补偿压力开关或指针密度继电器试验

检查，用电铃检查SF₆气体监控箱内温度补偿压力开关或指针密度继电器的动作值，如图11所示。

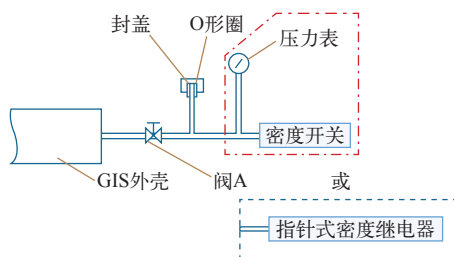


图 11

检查程序如下。

- 1) 关闭阀门A。
- 2) 打开封盖，慢慢放掉铜管中的气体，分别检查报警和闭锁压力起动作值。
- 3) 关闭封盖，慢慢的打开阀门A，分别检查报警和闭锁压力复位值。

判定标准如表2所示。

表2 温度补偿压力开关的动作特性

分类		整定压力 (20℃)	
		起动/MPa	复位/MPa
断路器	报警值	$p_A = 0.45 \pm 0.03$	$p_{A1+} (0.01 \sim 0.05)$
	闭锁值	$p_L = 0.40 \pm 0.03$	$p_{L+} (0.01 \sim 0.03)$
其他	报警值	$p_A = 0.35 \pm 0.03$	$p_{A2+} (0.01 \sim 0.03)$

(8) SF₆气体含水量测量

新鲜SF₆气体中的含水量应不大于150 μL/L。

设备内SF₆气体的含水量应在气体充入48 h后进行测量。

判定标准：断路器气室，应小于150 μL/L；其他气室，应小于250 μL/L。

(9) 联锁试验

操作各元件，检查断路器与隔离开关和接地开关之间的联锁。

判定标准：必须满足电气控制原理图所规定的联锁条件。

(10) CT试验

在端子上，用500 V摇表测量每个二次线圈对地绝缘电阻。

判定标准：大于2 MΩ。

(11) 主回路绝缘试验

为了防止安装失误，确保GIS安全运行，设备安装完毕后，应进行主回路（对地和断口间）工频耐压试验。

判定标准：耐受电压为该工程出厂试验时施加额定工频耐受电压的80%。

(12) 控制回路和辅助回路工频耐压试验

控制回路和辅助回路对地应进行工频耐压试验。

判定标准：耐受电压2 kV，1 min。

(13) 最终检查

在完成全部现场安装、调整和试验后，再全面检查一次涂漆情况、零件安装与装配情况、控制电缆与气体管路配置情况、充气压力等。发现有不合规定之处，立即处理。此外，对备品备件和辅助设备亦应进行检查。

结束语

GIS组合电器在制造厂做过各项严格的试验，在运输过程中包装严密。所以在现场安装中一定要保证安装场所的各种条件符合安装要求。注意对密封面及导电杆的处理，由于金属间的摩擦会产生金属微粒留在GIS内部，通电时这些金属微粒易破坏电场结构，使得电场不均匀，导致绝缘击穿。为了保证安装质量必须把握好每一个施工环节的工艺要求，严格执行安装标准及厂家说明书中要求的标准，另外安装人员在安装前必须认真学习相关规定和工艺标准，技术人员要深入工作现场，及时纠正违规、违章作业，精心调试，方能避免安装的返工或返修，确保安装质量。EA

(收稿日期：2017.05.30)

(编辑：刘群彦)