

「开关设备」

一种363 kV气体绝缘金属封闭开关设备的研制与开发

文/西安西电开关电气有限公司 郝学东

介绍了一种363 kV气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）产品的主要技术参数，详细介绍了断路器、隔离开关、电流互感器、母线、接地开关和套管等主要组成元件在设计结构上的独特特点；对该产品的隔离开关及电流互感器内导进行了3D电场仿真计算分析。363 kV GIS在意大利CESI试验站进行了整套型式试验验证。363 kV GIS采用模块化设计，布置灵活，可以满足多种接线方式。

近年来，随着我国西电东送750 kV主电网的快速发展，363 kV 开关设备将成为西北电网主干电网。同时国内、外变电站对363 kV 开关设备提出了更高的要求，要求具有占地面积小，集成度，可靠性高，现场安装，调试工作量小，能够进一步提升变电站的建设。

为满足我国西北及国外电力市场的需求，西安西电开关电气有限公司研制了具有自主知识产权、紧凑型的363 kV GIS。

产品简介

主要技术参数如表1所示。

总体结构及研发思路

1. 总体结构

363 kV GIS除主母线采用共箱结构外，其余采用分箱式结构（如图1所示），主要由断路器（CB）、隔离开关（DS）、接地开关（ES/FES）、电流互感器（CT）、母线（BUS）和进

表1 主要技术参数

名称		参数值
额定电压/kV		363
额定频率/Hz		50, 60
额定电流/A		4 000
额定短路开断、耐受电流/kA		63 (3s)
额定峰值耐受电流/kA		164
额定短时工频耐受电压 (1 min) /kV	对地	520
	断口	520 (+210)
额定雷电冲击耐受电压/kV	对地	1 175
	断口	1 175 (+205)
额定操作冲击耐受电压/kV	对地、对地湿试	950
	断口	950 (+295)
整间隔局部放电量/pC		≤5
辅助和控制回路额定短时工频耐受电压 (1 min) /kV		2
辅助和控制回路冲击耐受电压/kV		5
无线电干扰/μV		≤500
SF ₆ 气体年泄漏率 (%)		0.1
机械寿命/次		10 000
SF ₆ 气体压力/MPa	CB气室	0.6
	其他气室	0.5

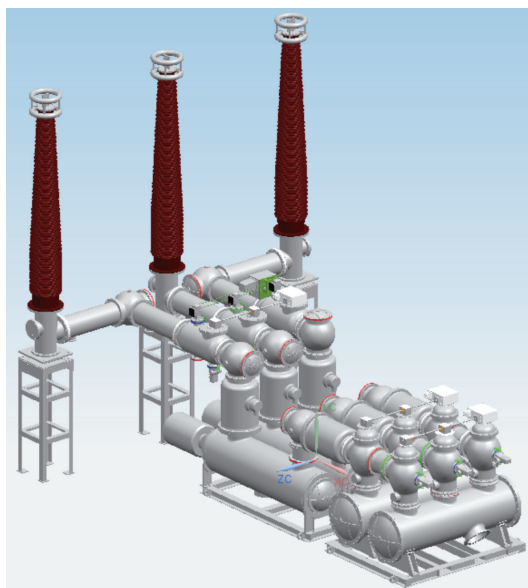


图1 363 kV GIS产品简图

出线套管等元件组成，总体结构简单紧凑，布置合理，性能可靠，操作便捷，可用于户内或户外，适应性广，能满足363 kV GIS各种主接线布置方式的要求。

2. 总体研发思路

1) 西安西电开关电气有限公司在现有产品技术的基础上，结合长期产品研发的经验，自主研发。

2) 通过研究开关设备的核心技术，提高开关设备的关键技术指标，如额定短路开断能力、通流能力、绝缘水平和高可靠性等，使研发的产品具有国际一流技术水平。

3) 通过对产品绝缘结构、导体载流能力研究，研发出具有绝缘水平高、载流能力大的产品。

4) 该产品除主母线采用共箱式结构外，其余均采用分箱式结构。断路器配置液压弹簧操动机构，隔离开关、接地开关配置电动机构，快速接地开关配置电动弹簧机构，开关元件的传动除断路器为单极操动，其余均为三相机械联动，整体结构简洁、紧凑。

5) 该产品隔离开关分为进出线侧隔离开关(DS-L)和母线侧隔离开关(DS-R)。进出线侧隔离开关(DS-L)采用直线型齿轮齿条传动，可与接地开关及快速接地开关实现复合化装配；母线侧隔离开关(DS-R)采用丝杠螺母传动结构，可实现直角传输电流，操作功小，安装简便，性能可靠。

363 kV GIS主要组成元件的结构特点

1. 断路器(CB)

GIS中断路器主要功能是用来切断和关合高压电路中的各种空载电流、负荷及严重的短路故障电流。

363 kV GIS用断路器设计结构具有以下特点。

1) 断路器采用单断口结构，配置液压弹簧操动机构。灭弧室采用压气式灭弧原理。可开断63 kA额定短路电流。

2) 满足50/60 Hz频率要求。

3) 可配置合闸电阻。

4) 绝缘水平高，断路器雷电冲击压可以达到1 300 kV，工频耐压可达到555 kV。

5) 铝合金外壳设计，涡流损耗小。

6) 机械寿命10 000次，年漏气率小于0.1%。

2. 隔离开关(DS)

隔离开关具备可靠切合容性、感性充电电流和转换母线电流的能力。根据实际使用需要，隔离开关分为进出线侧隔离开关(DS-L)、母线侧隔离开关(DS-R)两种，DS-L型载流回路为直线型设计，DS-R型为直角型设计。

DS-L型隔离开关布置在进出线侧，采用复合化设计，可以配置快速接地开关及接地开关。DS-R型隔离开关布置在母线侧，可以连接双母线或单母线，同时可以设置接地开关。

363 kV GIS用隔离开关设计结构具有以下特点。

1) 隔离开关根据使用工况，可实现进出线侧隔离开关与快速接地开关、接地开关的复合化设计。

2) 直线型隔离开关采用齿轮齿条传动，直角型隔离开关采用丝杠螺母传动。两种传动方式，操作功小，传动简洁、可靠。

3) 配置电动操动机构，三相机械联动。

4) 具有切环流能力，可以切合容性和感性小电流，机械寿命10 000次。

隔离开关的断口绝缘性能是其重要的性能。363 kV GIS用隔离开关断口一端承受雷电冲击耐受电压1 175 kV，另一端承受工频电压峰值205 kV(总的断口绝缘水平为1 380 kV)。

3. 接地开关(ES、FES)

接地开关从使用功能上可分为检修用接地开关(ES)和快速接地开关(FES)两种。检修用接地开关主要用于GIS检修时将主回路接地，快速

接地开关具有关合短路电流和开合感应电流的能力，是一种重要的保护装置。

363 kV GIS用ES设计结构具有以下特点。

- 1) 采用齿轮齿条传动，传动简洁，操作功小。
- 2) 配置电动操动机构，三相机械联动。
- 3) 机械寿命10 000次。

363 kV GIS用FES设计结构具有以下特点。

- 1) 采用拐臂传动，传动简洁。
- 2) 配置电动弹簧操动机构，三相机械联动。
- 3) 具有开合感应电流和关合短路电流的能力。
- 4) 机械寿命10 000次。

4. 电流互感器 (CT)

GIS中电流互感器是对电力设备的运行状况进行监测和测量的重要设备。

363 kV GIS用电流互感器设计结构具有以下特点。

- 1) 可采用包扎式线圈或环氧浇注式线圈。
- 2) 内置式CT性能可靠，使用范围广。

电流互感器的绝缘性能是其重要的性能。

363 kV GIS用电流互感器随整间隔GIS进行了全套绝缘试验。

5. 母线 (BUSBAR)

在GIS中，母线承担传输电流和转化线路的作用，是GIS中必不可少且用量较大的元件。

363 kV GIS用母线设计结构具有以下特点。

- 1) 母线采用三相共箱，悬挂导体结构。
- 2) 母线壳体选用优质铝合金外壳，无磁滞损耗，温升低。

3) 母线经过压力及密封试验，可安装于户内或户外。

4) 母线绝缘水平高，母线对地雷电冲击压可以达到1 175 kV；母线对地操作冲击可以达到950 kV，相间操作冲击可以达到950+475 kV；母线工频耐压可达到520 kV。

6. 套管 (BSG)

套管是GIS的重要元件，主要将高电压、大电流引入或引出，具备一定的绝缘耐受和载流能力。

型式试验

型式试验在意大利CESI试验站进行，按照国际标准IEC 62271-203、IEC 62271-102及IEEE Std C37.122及IEEE Std C37.100.1标准进行。

1. 断路器型式试验

在CESI试验站，顺利完成了断路器的全套试

验，包括开断、绝缘、温升、短时峰值耐受电流和机械寿命等试验。图2为产品开断试验照片，断路器主要试验项目及参数如表2所示。

表2 断路器主要试验项目及参数

试验项目	参数
额定电压/kV	363
额定频率/Hz	50/60
整机绝缘试验/kV	工频520 (+210)
	雷电冲击1 175 (+205)
	操作冲击950 (+295)
额定短时耐受电流试验/kA	63
额定短路持续时间/s	3
额定峰值耐受电流/kA	164
首开极系数	1.3
额定短路开断电流试验/kA	63
额定短路关合电流 (峰值) /kA	164
近区故障试验/kA	L75 $I_k \times 75\%$
	L90 $I_k \times 90\%$
额定失步开断电流试验/kA	$I_k \times 25\%$
C2级线路充电电流开合试验 /A	400
额定操作顺序	0-0.3 s-CO-180 s-CO
温升试验/A	5 000
机械寿命试验/次	10 000



图2 GIS用断路器开断试验照片

2. 隔离开关试验验证

在CESI试验站，顺利完成了隔离开关的温升、峰值短时耐受电流、开合母线转换电流和机械寿命等试验。图3为隔离开关动热稳定试验照

片，主要参数试验项目及参数如表3所示。

表3 隔离开关主要试验项目及参数

试验项目	参数
短时耐受电流试验/kA	63
额定短路持续时间/s	3
峰值耐受电流试验/kA	164
开合母线转换电流试验	1 600 A/20 V，100次
母线隔离开关充电电流试验方式	电源侧为210 kV，负载侧为-326 kV（DC），试验次数为50 CO
温升试验/A	4 000
机械寿命试验/次	10 000



图3 隔离开关型式试验照片

3. 接地开关、快速接地开关试验验证

在CESI试验站，顺利完成了快速接地开关的短路关合、感应电流开合、短时耐受电流和机械寿命等试验。图4为快速开关短路关合试验照片，主要试验项目及参数如表4所示。

表4 接地开关、快速接地开关主要试验项目及参数

试验项目	参数
短时耐受电流试验/kA	63
额定短路持续时间/s	3
峰值耐受电流试验/kA	164
短路关合试验/kA	63（2次）
感应电流开合试验	静电感应 18 A，17 V，10次
	电磁感应 160 A，10 V，10次
温升试验/A	4 000
机械寿命试验/次	10 000

4. 主母线试验验证

在CESI试验站，顺利完成了主母线的绝缘及短时耐受电流、温升等试验。图5为主母线动热稳定试验照片，主要试验项目及参数如表5所示。



图4 快速接地开关型式试验照片

表5 主母线主要试验项目及参数

试验项目	参数
整机绝缘试验/kV	工频520（+210）
	雷电冲击1 175（+205）
	操作冲击950（+475）
短时耐受电流试验/kA	63
额定短路持续时间/s	3
峰值耐受电流试验/kA	164
温升试验/A	4 000

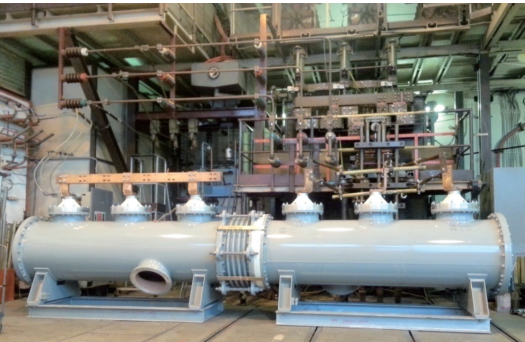


图5 主母线动热稳定试验照片

结束语

西安西电开关电气有限公司自主研发的363 kV GIS在意大利CESI试验站进行了全套型式试验，满足了北美及我国对363 kV GIS的需求，提高了市场竞争力，为我国高压开关设备的研制提供了引领作用，其技术指标达到同类产品国内领先、国际先进水平。EA

（收稿日期：2017.11.15）

（编辑：刘群焱）