

# ZJSEE

ICS XX.XXX.XX  
CCS X XX

浙 江 省 电 力 学 会 标 准

[状态]

## 柔性低频气体绝缘金属封闭开关设备 技术规范

Technical specification for flexible low-frequency gas insulated  
metal-enclosed switchgear

单击或点击此处输入文字。

(征求意见稿)

# 目 次

前 言 .....	I
引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 工程基本要求 .....	2
4.1 概述 .....	2
4.2 正常使用条件 .....	2
4.3 特殊使用条件 .....	3
4.4 设备选用导则 .....	3
5 额定参数 .....	3
5.1 概述 .....	4
5.2 额定电压 .....	4
5.3 额定绝缘水平 .....	4
5.4 额定频率 .....	5
5.5 额定连续电流 .....	5
5.6 额定短时耐受电流 .....	5
5.7 额定峰值耐受电流 .....	5
5.8 额定短路持续时间 .....	5
5.9 操动机构和辅助设备的额定电源电压 .....	5
5.10 操动机构和辅助设备的额定电源频率 .....	6
5.11 绝缘和/或开合用的额定充入水平 .....	6
6 设计与结构 .....	6
6.1 概述 .....	6
6.2 断路器 .....	6
6.3 隔离开关 .....	8
6.4 电流互感器 .....	9
6.5 电压互感器 .....	10
6.6 避雷器 .....	10
6.7 汇控柜 .....	10
6.8 选相分闸装置 .....	11
6.9 带电检测 .....	11
6.10 两相运行 .....	11
6.11 密度继电器 .....	11
6.12 测量控制保护 .....	11
6.13 其他要求 .....	12
7 试验要求 .....	12
7.1 总则 .....	12

7.2	型式试验.....	13
7.3	出厂试验.....	14
7.4	交接试验.....	14
7.5	常规试验.....	15
8	运输与储存.....	15
9	安装与运行.....	15
9.1	安装.....	16
9.2	运行.....	16
10	备品备件及专用工器具.....	16
10.1	备品备件.....	16
10.2	专用工器具.....	17
11	查询、订货和投标资料要求.....	18
11.1	询问单和订单的资料.....	18
11.2	投标人需提供的设备图纸及资料.....	19
11.3	标书的资料.....	19

# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省电力学会标准工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：国网浙江省电力有限公司杭州供电公司、国网浙江省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院、河南平高电气股份有限公司、山东泰开高压开关有限公司。

本文件主要起草人：李以然、吴靖、汤明、沈伟、史宇超、陈民权、丁敬、许挺、施羽展、吴邦、林浩凡、陈晓刚、毛航银、朱青山、韩荣杰、来益博。

本文件为首次发布。

# 引 言

为规范柔性低频气体绝缘金属封闭开关的术语和定义、使用条件、额定参数、结构设计、试验要求、运输存储、安装运行与备品备件等内容，提高相关设备制造、安装、调试整体质量，指导柔性低频输电工程规划与建设，保障柔性低频交流输电系统安全稳定运行，特制定本文件。

# 柔性低频气体绝缘金属封闭开关设备技术规范

## 1 范围

本文件适用于额定频率为10Hz~30Hz范围内的某一固定值，额定电压为72.5kV~252kV的柔性低频气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称“低频GIS”）。

本文件规定了低频GIS的术语和定义、使用条件、额定参数、设计与结构、试验要求、运输与储存、安装与运行、备品备件及专用工器具等的内容。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.20-2016	电工术语 高压开关设备和控制设备
GB/T 762-2002	标准电流等级
GB/T 7674-2020	额定电压72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备
GB/T 11022-2020	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
GB/T 311.1-2012	绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
GB/T 311.2-2013	绝缘配合 第2部分：使用导则
GB/T 1985-2014	高压交流隔离开关和接地开关
GB/T 16927.1-2011	高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
GB/T 7354-2018	高电压试验技术 局部放电测量
GB/T 13540-2009	高压开关设备和控制设备的抗震要求
GB/T 11023-2018	高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法
GB/T 15544.1-2013	三相交流系统短路电流计算 第1部分：电流计算
GB/T 15544.2-2017	三相交流系统短路电流计算 第2部分：短路电流计算应用的系数
GB/T 7424	光缆总规范
GB/T 20840.8-2007	互感器 第8部分：电子式电流互感器
GB/T 16927.1-2011	高电压试验技术 第一部分：一般试验要求
GB/T 16927.2-2013	高电压试验技术 第二部分：测量系统
GB 50150-2016	电气装置安装工程电气设备交接试验标准
DL/T 617-2010	气体绝缘金属封闭开关设备技术条件
DL/T 603-2017	气体绝缘金属封闭开关设备运行维护规程
DL/T 596-2021	电力设备预防性试验规程
DL/T 474.4-2018	现场绝缘试验实施导则
IEC 62271-203:2022	高压开关设备和控制设备-第203部分：额定电压52kV以上气体绝缘金属封闭开关设备
IEC 62271-104:2020	高压开关设备和控制设备-第104部分：额定电压52kV以上交流刀闸

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**低频 low-frequency**

一种电力系统或电气设备稳定运行的频率，可以是10Hz~30Hz范围内的某一固定值

#### 3.2

**气体绝缘金属封闭开关设备 gas-insulated metal-enclosed switchgear**

至少部分采用高于大气压的气体作为绝缘介质的金属封闭开关设备

#### 3.3

**柔性低频气体绝缘金属封闭开关设备 flexible low-frequency gas-insulated metal-enclosed switchgear**

运行在低频条件下的气体绝缘金属封闭开关设备

#### 3.4

**低频快速断路器 low-frequency fast circuit-breaker**

实现快速、低能量开断故障电流的低频断路器

#### 3.5

**选相分闸装置 controlled opening devices**

低频快速断路器的控制装置，通过电流波形准确预测电流零点，控制断路器开断点在电流零点位置

#### 3.6

**两相运行方式 two-phase operation**

当低频输电线路中的某一相线路因故退出运行，此时故障相线路两侧开关分开，通过剩余健全相继续输送功率的运行方式

### 4 工程基本要求

#### 4.1 概述

除非另有规定，低频GIS中的开关设备、控制设备及其成为一体的操动机构和辅助设备，规定在其额定特性和 4.2 中列出的正常使用条件下使用。认为正常使用条件下的运行已被符合本标准和相关的产品标准的型式试验所涵盖。

如果实际使用条件和所列正常使用条件不同，则应该按用户提出的特殊要求来设计（见4.3）。

#### 4.2 正常使用条件

见表1。

表1 正常使用环境条件表

序号	名称	单位	参数值
1	周围空气温度	最高气温	+40/+50
		最低气温	-25
		最大日温差	25
2	海拔	m	不超过 1000 气压 70kPa ~110kPa
3	湿度	%	日平均不大于 95 月平均不大于 90
4	污秽等级	/	III
5	覆冰厚度	mm	10
6	风速	m/s	不超过 34
7	抗震水平	/	AG3
8	安装场所应无经常性的剧烈振动及易燃易爆物质和化学腐蚀的影响		

#### 4.3 特殊使用条件

GB/T 11022-2020的4.2适用，并做如下补充：

- a) 低频GIS的某些重点部位，如压力释放装置和压力及密度监测装置，可能会受到海拔的影响。如果需要，制造时应采取适当的措施；
- b) 低频GIS应用于海上电站时，需针对高温、高盐、高湿、高振和高维护成本的环境特点，宜结合防腐设计、抗震设计、防松工艺、防腐涂装工艺等措施改进耐候性。

#### 4.4 设备选用导则

##### 4.4.1 概述

设备选用的一般导则参考CIGRE-125，规定设备额定值时需要考虑的因素参照GB/T 7674-2020。

##### 4.4.2 额定值的选择

按照本文件选择额定值时，应考虑系统的特性以及潜在的未来发展。额定值清单在第5章中给出。

对于大多数额定电压，允许存在几个额定绝缘水平以便用于不同的性能判据或过电压类型。所做的选择应考虑暴露给快波前和缓波前过电压的程度、系统中性点的接地类型以及过电压限制装置的类型（见GB/T 311.2-2013）。

其他参数，例如当地的大气和气候条件以及在海拔超过1000m的使用，也应予以考虑。

宜通过计算低频GIS在系统中所处位置的故障电流来确定故障条件所产生的负荷。在此方面，可以参考GB/T 15544.1和GB/T 15544.2。

#### 5 额定参数



## 5.1 概述

额定值决定了低频GIS的共用技术要求，这些要求是在特定电网中选择和使用所必需的。低频GIS的通用额定值应从下列各项中选取（适用的）：

- a) 额定电压；
- b) 额定绝缘水平；
- c) 额定频率；
- d) 额定连续电流；
- e) 主回路和接地回路的额定短时耐受电流；
- f) 主回路和接地回路的额定峰值耐受电流；
- g) 主回路和接地回路的额定短路持续时间；
- h) 操动机构和辅助设备的额定电源电压；
- i) 操动机构和辅助设备的额定电源频率；
- j) 绝缘和/或开合用的额定充入水平。

注：其它可能需要的额定值，将在相关的产品标准中规定。

低频GIS的其他重要特性，可能包含在铭牌中而不是额定值。还有一些关于安装、运行和维护的特性，由于它们与低频GIS所使用的技术有关，不认为是额定值。

## 5.2 额定电压

本文件涉及的额定电压为72.5 kV，126 kV，252 kV。

## 5.3 额定绝缘水平

见表2，为了试验验证额定值或能力，认为它们是GB/T 311.1-2012中规定的标准参考大气温度（20℃）、压力（101.3kPa）和绝对湿度（11g/m<sup>3</sup>）下的绝缘水平。

表2 额定电压范围的优先选用额定绝缘水平

额定电压/kV (有效值)	额定短时工频耐受电压/kV (有效值)		额定雷电冲击耐受电压/kV (峰值)	
	极对地、极间和 开关装置断口间	隔离断口间	极对地、极间和 开关装置断口间	隔离断口间
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72.5	140	140 (+42)	325	325 (+60)
	160	160 (+42)	380	350 (+60)
126	230	185 (+73)	550	630
		230 (+73)		550 (+103)
252	460	570	1050	1200
		460 (+146)		1050 (+206)

注：列（2）中的值适用于：  
 ——对于型式试验，极对地和极间；  
 ——对于出厂试验，极对地、极间和开关装置断口间。  
 列（3）、列（4）和列（5）中的值仅适用于型式试验。

#### 5.4 额定频率

额定频率的标准值为10Hz~30Hz范围内的某一固定值，优选值为20Hz，16.7Hz。

#### 5.5 额定连续电流

低频GIS在其使用条件下，能够持续承载的电流的有效值。

额定连续电流的数值宜从GB/T 762-2002规定的R10系列中选取。

注：R10系列包括数字1.00，1.25，1.6，2.00，2.50，3.15，4.00，5.00，6.30，8.00及其与10<sup>n</sup>的乘积。

#### 5.6 额定短时耐受电流

低频GIS在其使用条件下，在合闸位置能够承载的短路电流的有效值。

额定短时耐受电流的数值宜从GB/T 762-2002规定的R10系列中选取。

注：R10系列包括数字1.00，1.25，1.6，2.00，2.50，3.15，4.00，5.00，6.30，8.00及其与10<sup>n</sup>的乘积。

#### 5.7 额定峰值耐受电流

低频GIS在其使用条件下，在合闸位置能够承载的额定短路耐受电流第一个大半波的电流峰值。

额定峰值耐受电流通过额定短时耐受电流乘以峰值系数得到。该峰值系数是系统特性决定的直流时间常数和额定频率的函数。

GB/T 11022-2020的5.7适用，其中45ms的直流时间常数覆盖了大多数工况，且当额定频率为50Hz以下时，它等于2.5倍额定短时耐受电流。

#### 5.8 额定短路持续时间

低频GIS在其使用条件下，在合闸位置能够承载额定短时耐受电流的时间。

额定短路持续时间的优选值为2s。如果需要，可以选取其他的值，例如1s和3s。

#### 5.9 操动机构和辅助设备的额定电源电压

低频GIS的操动机构和辅助设备，可以使用几个不同的供电电压。

额定电源电压应从表3和表4给出的标准值中选取。

表3 直流电压

电压值/V	24	48	110	220
-------	----	----	-----	-----

表4 交流电压

三相三线制或三相四线制系统	单相三线制系统	单相两线制系统
220/380 V 230/400 V	110/220 V	110 V 220 V 230 V
注：较低值是对中性点的电压，较高值是相间电压。	注：较低值是对中性点的电压，较高值是线电压。	/

## 5.10 操动机构和辅助设备的额定电源频率

如果采用交流电源，电源电压的额定频率的优选值为50Hz。

## 5.11 绝缘和/或开合用的额定充入水平

应参照周围空气温度20℃，来规定低频GIS投运前充入设备的气体或液体的力(以Pa为单位)(或密度)或者液体质量。

# 6 设计与结构

## 6.1 概述

低频GIS产品设计应能使安全地进行下述各项工作：正常运行、检查和维护性操作、引出电缆或其他设备的绝缘试验、消除危险的静电电荷、安装和(或)扩建后的相序校核和操作联锁等。

低频GIS产品的设计应能在允许的基础误差和热胀冷缩的热效应下不致影响设备所保证的性能，并满足与其他设备连接的要求。

产品所有额定值和结构相同时，可更换的元件应具有互换性，且各元件应符合各自的有关标准。

## 6.2 断路器

### 6.2.1 灭弧室

断路器开断电流的频率特性，直接影响电弧开断的燃弧时间与开断电流能量。频率越低，则燃弧时间越长，开断电流能量越大，开断环境越严苛，因此对断路器的开断性能要求越高。

- a) 低频GIS断路器应满足低频开断性能要求；
- b) 为提高低频GIS断路器的开断能力，可采用铜钨弧触头与微纳米喷口工艺；
- c) 若采用自能式断路器，可在灭弧室内设计一个热膨胀室用来吸收电弧能量，储存热膨胀状态高压气体，利用压气缸压气作用达到灭弧的效果。

### 6.2.2 操动机构

- a) 断路器应能远方和就地操作，其间应能转换；
- b) 操动机构自身应具备防止跳跃、防止非全相合闸和保证合分时间的性能；
- c) 操动机构应具备低压闭锁和高压保护装置；
- d) 操动机构箱内照明及加热回路应分开控制；
- e) 操动机构箱应满足通风散热、防止凝露的要求；
- f) 操动机构箱密封时应采用双层密封门；
- g) 操动机构箱体钢板厚度不小于2.5mm，采用304亚光不锈钢材质；
- h) 操动机构及其外壳应能防锈、防寒、防小动物、防尘、防潮、防雨，防护等级为IP54；
- i) 储气罐、液压油存储器、储能弹簧的设计应满足一次储能后完成额定操作顺序(“分-0.3s-合分-3min-合分”)的要求；
- j) 252kV断路器应设有两个相同而又各自独立的分闸脱扣装置，每一个分闸脱扣装置动作时或两个同时动作时，均应保证设备的机械特性；
- k) 宜通过缓冲器结构设计，调整低频断路器运动特性，使其运动时间加长，运动后期速度变慢，以配合低频开断；

- 1) 如采用快速开关操动机构（通过斥力机构驱动二级阀）的方案，则应确保斥力机构和二级阀封装在操动机构机构箱内；斥力机构放电电缆应通过工程可实施最短距离进行布置，以确保放电回路电阻值足够小（建议值不大于8米）。

#### 6.2.2.1 对液压操动机构的要求（如果采用）

- a) 液压操动机构应装设全套的液压设备，包括泵、储压筒、管道、阀门和必需的控制，以及过压力释放装置（安全阀）；
- b) 储压筒应有足够的容量，在最低操作压力下应能进行“分-0.3s-合分”或“合分-3min-合分”的操作；
- c) 电机和泵应满足在5min内从零压充到额定压力和1min内从最低允许压力充到额定压力的要求；
- d) 为维持正常的操作压力，液压泵应根据压力的变化实现自动控制；
- e) 应装设用于监测液压机构油泵打压次数和打压时间的装置；
- f) 应有可靠的防止重新打压而慢分的机械和电气装置；
- g) 液压操作系统的维修周期应与断路器相配合；
- h) 油泵电机电源电路及液压系统的报警和控制回路应接到控制柜端子排上，报警回路应包括两个电气上独立的接点。

#### 6.2.2.2 对弹簧操动机构的要求（如果采用）

- a) 应能满足“分-0.3s-合分-3min-合分”的操作顺序；
- b) 当分闸操作完成后，合闸弹簧应在20s内完成储能；
- c) 弹簧操动机构应能可靠防止发生空合操作。

#### 6.2.3 控制电压

- a) 合闸线圈在额定操作电压85%~110%时应可靠动作；
- b) 分闸线圈在额定操作电压65%~110%时应可靠动作；
- c) 分、合闸线圈在额定操作电压的30%及以下时均不应发生分、合闸动作。

#### 6.2.4 附件

##### 6.2.4.1 位置指示器

- a) 分相操作的断路器每相均应装设一个机械式的分合闸位置指示器，三相机械联动的断路器可每相装设一个机械式的分合闸位置指示器，也可只装设一个位置指示器；
- b) 机械式的分合闸位置指示器应动作准确、可靠，装设位置应清晰醒目；
- c) 指示器的文字标示及颜色应如下：

	文字标示	颜色
开断位置	分（OPEN）	绿色
闭合位置	合（CLOSE）	红色

##### 6.2.4.2 计数器

分相操作的断路器每相均应装设不可复归的动作计数器，其位置应便于读数。

#### 6.2.5 其它要求

- a) 断路器二次回路不应采用RC加速设计；

- b) 断路器的SF<sub>6</sub>气体系统应便于安装和维修；
- c) 断路器应装设SF<sub>6</sub>气体监测设备（包括密度继电器、压力表），以及用来连接气体净化系统和其他设备的合适连接点；
- d) 极寒地区使用的断路器应配有防止绝缘气体液化的措施，如采用伴热带，应将报警信号送控制室，增加的伴热带检测采用电流原理，不采用空开节点原理，伴热带电源应与断路器控制电源独立。

### 6.3 隔离开关

#### 6.3.1 动静弧触头

低频GIS的隔离开关，在开合过程中，燃弧时间长，电弧能量积累大，开断难度加剧。

- a) 低频隔离开关宜对动静弧触头等进行材料与结构优化，以减小触头的烧蚀；
- b) 为提高低频GIS隔离开关的熄弧能力和耐烧蚀性能，可采用旋转刀片式触头系统；
- c) 隔离接地开关可采用齿轮齿条传动结构，以满足低频工况下的使用条件。

#### 6.3.2 操动机构

- a) 配用手动操动机构的隔离开关，手柄总长度（包括横柄长度在内）应不大于1000mm，操作力不大于200N，其机构的终点位置应有足够强度的定位和限位装置，且在手动分、合闸时能可靠闭锁电动回路；
- b) 对于采配用电动操动机构的隔离开关和接地开关应能远方及就地操作，并应装设供就地操作用的手动分、合闸装置；
- c) 电动操动机构处于任何动作位置时均应能取下或打开操动机构的箱门，以便检查或修理辅助开关和接线端子；
- d) 电动操动机构中所采用的电动机和仪表应符合相应的标准；
- e) 电动操动机构箱内应装设小型断路器，用于控制分合闸操作回路；
- f) 隔离开关转动和传动部位应采取润滑措施和密封措施，在寒冷地区应采用防冻润滑剂；
- g) 操动机构内接线端子应为铜质；
- h) 操动机构箱内照明及加热回路应分开控制；
- i) 操动机构及其外壳应能防锈、防寒、防小动物、防尘、防潮、防雨，防护等级为IP54；
- j) 操动机构箱体钢板厚度不小于2.5mm，采用304亚光不锈钢材质；
- k) 操动机构箱应满足通风散热、防止凝露的要求；
- l) 操动机构箱密封时应采用双层密封门。

#### 6.3.3 控制电压

动力操动机构，当其电压在下列范围内时，应保证隔离开关可靠的分闸和合闸：

- a) 电动操动机构的电动机接线端子的电压在其额定值的85%~110%范围内时；
- b) 二次控制线圈、电磁联锁装置，当其线圈接线端子的电压在其额定值的85%~110%范围内时（线圈温度不超过80℃）。

#### 6.3.4 附件

##### 6.3.4.1 位置指示器

- a) 隔离开关应有可靠的分、合闸位置指示装置，如需要可配置便于视察触头位置的观察窗；
- b) 隔离开关位置指示标识要显著，方便观察，按三相分别设置位置指示器；

- c) 对相间连杆采用转动传动方式设计的三相机械联动隔离开关，应在远离机构输出轴相安装分合闸指示器。

### 6.3.5 其它要求

- a) 隔离开关应具备开合母线充电电流以及小电容电流和小电感电流的能力；
- b) 隔离开关不得因运行中可能出现的外力（包括短路而引起的力）而误分或误合；
- c) 隔离开关开合母线充电电流时产生的特快瞬态过电压（VFTO）不得损坏设备，由此引起的外壳瞬态电压升高不应危及人身安全；
- d) 具备两相运行功能的低频GIS，其隔离开关应采用分相操作机构，操作机构的A、B、C三相分别设置位置转换指示节点；
- e) 具备两相运行功能的低频GIS，其隔离开关及其传动设计要结构紧凑同时满足一定绝缘裕度。

## 6.4 电流互感器

### 6.4.1 电磁式电流互感器

电磁式电流互感器线圈受频率的影响较大，其精度与频率密切相关。

- a) 为满足低频电流测量的精度要求，宜采用增大铁芯截面积或减小二次绕组电阻等措施；
- b) 所有从电流互感器引出的每一分接头的引线，应引到控制柜的端子排上，使用截面为 $\geq 4\text{mm}^2$ 的软线；
- c) 各组电流互感器相序排列应确保一致，电流互感器一次设计相位应与二次端子标示相符；
- d) 每个端子均应有明确的标记，并有接线图表明其接法、极性和变比；
- e) 所有电流互感器二次负载接线和信号线路应使用屏蔽的金属铠装电缆；
- f) 电流互感器的外壳宜增加导电带，避免外壳发生局部过热；
- g) 电流互感器二次端子应为试验端子，不采用固定式端子；
- h) 电流互感器注意避免与GIS母线谐振。

### 6.4.2 光纤电流互感器

光纤电流互感器主要包括光纤传感环、传输系统、调制箱（若有）和采集单元构成。光纤传感环和光纤绝缘子为一次部件，位于高压侧。传输系统、调制箱（若有）和采集单元为二次部件，位于低压侧。

#### 6.4.2.1 一般要求

- a) 光纤电流互感器的结构可为支柱式、悬挂式或套管式；
- b) 金属件外表面应具有良好的防腐蚀性能；
- c) 光纤电流互感器应有直径不小于8mm的接地螺栓或其他供接地用的零件（如面积足够且有连接孔的接地板），接地处应有平坦的金属表面，并标有明显的接地符号。

#### 6.4.2.2 功能要求

- a) 应能对其光纤传感环、传输系统及采集单元的工作状态及状态量进行自检，当测量回路异常时，应发出报警信号，并给控制或保护装置提供防止误出口的信号；
- b) 采集单元重启或瞬时故障复归后，应预留足够时间保证电流测量值达到正常值，再输出装置工作正常信号至控制保护系统，防止重启过程中测量值错误引起保护误动。

#### 6.4.2.3 传输系统

- a) 保偏光纤长度宜不大于600m;
- b) 应具有防止啮齿类动物破坏的保护;
- c) 户外光纤接插件应有良好的防护措施;
- d) 采用光纤端子盒时, 应便于在地面进行检验;
- e) 采用的光缆应符合GB/T 7424的要求, 光缆应防水并安装在专用管道内;
- f) 光纤和电缆宜敷设在电缆沟内并采用独立穿管防护或铠装光缆, 低温地区应避免长距离穿管或直埋, 并采取防积水、冰冻措施;
- g) 若存在传输电缆, 应保证电缆屏蔽良好且接地性能优良, 在电缆连接处应配置带屏蔽接线盒;
- h) 若光纤电流互感器的输出链接采用光纤传输, 物理层和链路层应分别符合GB/T 20840.8-2007中6.2.2和6.2.3的相关规定。

#### 6.4.2.4 极性要求

光纤电流互感器应为正极性, 与标志一致。

#### 6.5 电压互感器

电压互感器的精度、工频耐压水平与频率密切相关, 尤其是电磁式电压互感器, 受频率的影响较大。

- a) 为满足低频电压测量的精度要求, 宜采取增大铁心截面积、绕组结构优化等措施;
- b) 各组电压互感器相序排列应确保一致, 一次设计相位应与二次端子标示相符;
- c) 为便于试验和检修, 电压互感器应设置具有独立气室的隔离断口;
- d) 电压互感器二次端子应为试验端子, 不采用固定式端子;
- e) 电压互感器的一次线圈接地端应与二次分开;
- f) 电磁式互感器注意避免与GIS母线谐振。

#### 6.6 避雷器

低频情况下电阻片承受的为交变电场影响, 耐受特性接近50Hz情况。

- a) 为改善低频下避雷器的非线性特性, 提高电阻片电位梯度, 可引入稀土元素和针状氧化铈填料, 采用低温烧结工艺, 细化氧化锌晶粒;
- b) 避雷器应各自独立设置专用接地线与铜块连接, 该专用接地线不得通过GIS外壳接地;
- c) 避雷器放电计数器必须有专门的接地引下端子, 不应将安装孔作为接线端子;
- d) 为便于试验和检修, 避雷器应设置具有独立气室的隔离断口。

#### 6.7 汇控柜

- a) 汇控柜采用落地安装的方式;
- b) 汇控柜门密封时应采用双层密封门;
- c) 汇控柜内应有电动机缺相保护功能;
- d) 汇控柜内安装就地三相不一致保护(继电器);
- e) 汇控柜应配置小型断路器、插座、照明等辅助设备;
- f) 汇控柜(前)门能够手动完全打开, 留有足够的检修空间;
- g) 每个断路器间隔应装设汇控柜, 汇控柜上应有一次设备的模拟接线图及断路器、隔离开关和接地开关的位置指示;
- h) 低频GIS汇控柜内断路器、隔离开关、接地开关的操作电源采用交流电源, 每个电机对应一个空开;

- i) 汇控柜采用低碳304L不锈钢材料，厚度不小于2mm，内部应有隔热和保温措施，防护等级不低于IP54；
- j) 汇控柜应满足通风散热、防止凝露的要求，配置驱湿、加温自动控制装置，维持柜内的绝缘水平；
- k) 汇控柜除了实现就地控制、测量和信号显示外，还应有足够的辅助触点和试验端子，供用户远方测量、控制和信号使用；
- l) 每面汇控柜应设置“就地/远方”控制选择开关；对断路器、隔离开关和电动操作的接地开关，应实现就地和远方控制方式的切换；在选择“远方”控制时，就地控制无效；选“就地”控制时，远方控制（包括保护装置信息）无效；选择开关位置应能通过辅助触点送往远方控制中心；
- m) 具备两相运行功能的低频GIS间隔，每相应配置单独汇控柜。

### 6.8 选相分闸装置

- a) 如断路器采用快速开关方案，应配置与继保数量一致（一般为两套）的选相分闸装置，用以实现故障电流的快速、低能量切断；
- b) 选相分闸装置应具备采集并显示主回路电流的能力，并具备对控制指令、电流波形的相关录波功能；
- c) 选相分闸装置外壳应具备接地点，工程实施应确保可靠接地；
- d) 选相分闸装置接线应采用可锁的插件形式，具备防插错功能；
- e) 选相分闸装置应具备自检功能，装置出现异常状态具备上报能力；
- f) 选相分闸装置的控制出口应加装投切压板，以确保调试、排故过程中不发生断路器动作误触发；
- g) 选相分闸装置的控制信号入口阻抗宜考虑站端阻值需求，必要时并联适当阻值的回路保护电阻，用以与后台回路配合。

### 6.9 带电检测

- a) 低频GIS应便于开展SF<sub>6</sub>气体相关参数测量、超高频和超声局放带电检测工作；
- b) 低频GIS宜在低频断路器、分相主母线、可拆卸断口处配置局放检测接口。

### 6.10 两相运行

当低频输电线路中的某一相线路因故退出运行时，剩余健全相仍能构成功率传输回路，此时将低频输电系统切换为两相运行方式，提高供电可靠性。低频GIS若满足两相运行条件：

- a) 其主母线采用分相结构，互不影响；
- b) 断路器、小机构均为每相单独配置一只。

### 6.11 密度继电器

- a) 低频GIS每个隔离气室应配置单独的密度继电器；
- b) 低频GIS管道母线位置的密度继电器应集中布置，便于观察；
- c) 密度继电器的位置必须便于拆装，并安装有逆止阀，应满足不拆卸校验的要求；
- d) 密度继电器应装设在与低频GIS本体同一运行环境温度的位置，以保证其报警、闭锁接点正确动作；
- e) 密度继电器的安装位置及表盘朝向，应充分考虑日常维护要求，做到站在地面上时可以较清晰的看到表盘显示的压力，高处气室应下引至距离地面2米处高度。

### 6.12 测量控制保护



- a) 低频GIS应采用成熟可靠的在线监测装置，其数据可上传至控制室；
- b) 低频GIS交流系统出线的带电检测装置只作为线路是否带电的检测手段，不作为构成线路接地开关的合闸联锁条件，其接点不接入线路接地开关操作回路中；
- c) 低频GIS中断路器与两侧的隔离开关构成电气联锁：断路器合闸时两侧的隔离开关在合闸位置，断路器分闸时两侧的隔离开关在合闸或分闸位置；
- d) 低频GIS隔离开关与断路器、接地开关构成电气联锁：隔离开关合闸或分闸时，断路器和接地开关都在分闸位置；
- e) 低频GIS接地开关与隔离开关构成电气联锁：接地开关合闸时，隔离开关在分闸位置；
- f) 断路器的分闸回路中应接入断路器“远方/就地”把手接点，避免当“远方/就地”把手在“就地”位置，断路器处在检修状态时远方操作断路器；
- g) 接入交流场控制系统ACC A/B两个系统的GIS隔离开关和接地开关信号不能共用一副接点，应采用不同的接点分别接入A、B两个系统；
- h) 断路器或刀闸闭锁回路不能采用重动继电器，应直接用断路器或隔离开关的辅助触点；
- i) 出线及母线接地开关应附带电闭锁装置。

### 6.13 其他要求

- a) 低频GIS断路器、隔离开关和接地开关的机电电源均应相互且独立单独配置，同时都要设置电源跳闸报警信号；
- b) 低频GIS的接地铜母线应满足GIS汇流的需要，接地铜母线应多点与主地网相连，主地网材料为钢时，应采取铜和钢连接的防腐措施；
- c) 低频GIS设备的绝缘件、可动部分（如传动连杆、转动轴、弹簧、母线滑动支撑）、仪表不得外露，应全部密封并便于运行维护；
- d) 隔室标志安装于靠近本隔室取气阀门旁醒目位置，各隔室之间通气隔板周围涂绿色，非通气隔板周围涂红色；
- e) 盆式绝缘子采用金属环和金属带防护；
- f) 设备本体接地端子与接地引线搭接面积，应满足设备接地故障（短路）时热稳定的要求；
- g) 外壳法兰片间宜采用跨接铜排连接，或采取其它措施后应保证良好通路；
- h) 低频GIS三相外壳间宜设有短接线，三相短接后一点接至接地铜母线；
- i) 三相短接排宜采用铜搪锡材质。

## 7 试验要求

### 7.1 总则

本文件的高压试验方法，应按现行国家标准《高电压试验技术 第一部分：一般试验要求》GB/T 16927.1、《高电压试验技术 第二部分：测量系统》GB/T 16927.2、《现场绝缘试验实施导则》DL/T 474.4及相关设备标准的规定进行。

- a) 进行绝缘试验时，除制造厂装配的成套设备外，宜将连接在一起的各种设备分离开来单独试验，同一试验标准的设备可以连在一起试验；
- b) 为便于现场试验工作，已有出厂试验记录的同一电压等级不同试验标准的电气设备，在单独试验有困难时，也可以连在一起进行试验，试验标准应采用连接的各种设备中的最低标准；

- c) 当低频断路器断口的绝缘水平比对地绝缘水平高一等级时，进行断口交流耐压时应采取有效措施，保证断口交流耐压试验时对地不会发生击穿方可进行，否则断口只能按对地的耐压水平进行检查性耐压试验；
- d) 进行电气绝缘的测量和试验时，当只有个别项目达不到本文件的规定时，则应根据全面的试验记录进行综合判断，经综合判断认为可以投入运行者，可以投入运行；
- e) 当电气设备的额定电压与实际使用的工作电压不同时，应按照设备的额定电压的试验标准进行；
- f) 对于充气设备在充SF<sub>6</sub>气体后静止48h后方可进行水份测量；
- g) 在进行与温度及湿度有关的各种试验时，应同时测量被试物周围的温度及湿度；绝缘试验应在良好天气且被试物及仪器周围温度不宜低于5℃，空气相对湿度不宜高于80%的条件下进行；对不满足上述温度、湿度条件情况下测得的试验数据，应进行综合分析，以判断电气设备是否可以投入运行；
- h) 交流耐压试验时加至试验标准电压后的持续时间，无特殊说明时，应为1min；
- i) 绝缘电阻测量，应使用60s的绝缘电阻值；吸收比的测量应使用60s与15s绝缘电阻值的比值；极化指数应为10min与1min的绝缘电阻值的比值；
- j) 测量绝缘电阻时，采用兆欧表的电压等级，在未作特殊规定时应按下列规定执行：低压电气设备或控制辅助回路，采用500V或1000V兆欧表；其他电压等级的电气设备采用2500V或5000V及以上兆欧表；
- k) 用于极化指数测量时，兆欧表短路电流不应低于5mA。

## 7.2 型式试验

### 7.2.1 概述

型式试验的目的在于验证低频GIS的各种性能是否符合设计的要求。型式试验的试品应与正式生产产品的图样和技术条件相符合。

型式试验中，各功能元件均应根据各自的标准在有代表性的布置间隔上进行完整的单相或三相试验。由于元件的类型、额定参数和它们的组合具有多样性，型式试验可在典型的间隔上进行。任何一种具体布置方案的可能性可用可比布置方案的试验数据来验证。

### 7.2.2 型式试验项目

- a) 额定短时工频耐受电压试验；
- b) 额定雷电冲击耐受电压试验；
- c) 短时耐受电流和峰值耐受电流试验；
- d) 局部放电试验；
- e) 主回路电阻试验；
- f) 辅助回路电阻试验；
- g) 辅助和控制回路绝缘试验；
- h) 防护等级检验；
- i) 气体密封性试验；
- j) 间隔气室水分测量；
- k) 主回路温升试验；
- l) 辅助和控制设备的温升试验；
- m) 噪声水平测试；

- n) 绝缘子试验;
- o) 隔板压力试验;
- p) 隔板的密封试验;
- q) 内部故障燃弧试验。

### 7.2.3 型式试验标准

额定短时工频耐受电压试验、局部放电试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验需在低频GIS额定频率下开展。

试验结果应满足GB/T 7674-2020《额定电压72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备》要求。

## 7.3 出厂试验

### 7.3.1 概述

出厂试验的目的是为了发现低频GIS在材料和结构中的缺陷。出厂试验应保证产品的性能与进行过型式试验的设备相符。

出厂试验应对所有元件进行,某些试验可在元件运输单元或完整的设施上进行。产品在拆前应对关键连接部位和部件做好标记。

### 7.3.2 出厂试验项目

- a) 额定短时工频耐受电压试验;
- b) 额定雷电冲击耐受电压试验(极对地);
- c) 局部放电试验;
- d) 辅助和控制回路绝缘试验;
- e) 主回路电阻试验;
- f) 气体密封性试验;
- g) 间隔气室水分测量;
- h) 控制功能连锁试验;
- i) 气体密度继电器等表计检查;
- j) 断路器操作试验;
- k) 隔离开关操作试验;
- l) 接地开关操作试验;
- m) 断路器的振动测试。

### 7.3.3 出厂试验标准

额定短时工频耐受电压试验、局部放电试验需在低频GIS额定频率下开展。

对于气体密度继电器等表计,在充气过程中应检查动作阀的动作值,应符合产品技术文件的规定;对单独运到现场的表计,应进行针对性检查。

低频断路器的振动测试,至少包含断路器本体动测、静侧,断路器动侧、静侧地基以及断路器与关联设备连接处的定点测试,目前暂无相关可靠标准,测试结果可作为初始对比。

试验结果应满足GB/T 7674-2020《额定电压72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备》及GB 1985-2014《高压交流隔离开关和接地开关》要求。

## 7.4 交接试验

#### 7.4.1 概述

低频GIS安装之后，应进行现场交接试验。交接试验的主要目的是检验低频GIS的安装质量，是开展预防性试验和绝缘监督工作的基础，对保证低频GIS安全可靠投入运行起了重要作用。

#### 7.4.2 交接试验项目

- a) 绝缘电阻测量；
- b) 每相导电回路的电阻测量；
- c) 交流耐压试验；
- d) 局部放电试验；
- e) 操动试验；
- f) SF6气体含水量；
- g) 密封性试验；
- h) 气体密度继电器等表计检查；
- i) 组合电器内各元件的试验；
- j) 断路器的振动测试。

#### 7.4.3 交接试验结果

试验结果应满足GB/T50150-2016《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中的要求。

### 7.5 常规试验

#### 7.5.1 概述

低频GIS投运之后，应进行定期进行常规试验。常规试验的主要目的是检验低频GIS运行过程中的状态，是保障低频GIS安全运行的重要措施。

#### 7.5.2 常规试验项目

- a) 局部放电带电检测；
- b) 主回路对地绝缘电阻测量；
- c) 主回路电阻测量；
- d) 气体试验。

#### 7.5.3 常规试验标准

试验结果应满足《柔性低频输电换频站检修规范》中的要求。

### 8 运输与储存

- a) 为了在运输和储存中对绝缘进行保护，以防由于雨、雪或凝露等而吸潮，应采取预防措施；
- b) 低频GIS运输过程中，应安装具有时标且有合适量程的三维冲击记录仪；
- c) 对于需要长期储存的部件，制造厂应给出用于维护的特殊包装的建议；
- d) 制造厂提供的产品维护手册中，应明确检修维护周期和内容，产品及其元部件需保证在检修维护周期内可靠运行。

### 9 安装与运行

## 9.1 安装

必须按安装作业指导书操作，并对装配、安装员工培训和事例警示教育。现场施工时，由操作者自检，带队确认并在检查卡上记录。关键工序应有专人检查，特别注意以下事项：

- a) 硅脂不能超过密封圈；
- b) 对接时使用对中导套、夹子等工装；
- c) 禁止擦过金属件的无毛纸擦绝缘件；
- d) 装配过程中检查确认密封面光洁度；
- e) 控制装好单元罐口暴露时间并做到有效封盖；
- f) 对低频GIS内部的紧固件进行按顺序紧固，清洁螺孔内的粉末及金属屑；
- g) 低频GIS出厂前检查、确认流变抱箍螺栓已紧固，现场调试前再次检查确认；
- h) 加强对抽真空、充气等安装环节加强质量控制，杜绝低频GIS气室内SF<sub>6</sub>气体湿度超标等问题；
- i) 所有开关类设备的控制箱的安装方向、高度、箱柜大小与材质应统一，注意隔离开关与接地开关的安装位置及配合；
- j) 低频GIS母线的标志牌按照实际相序位置排列，安装于母线筒端部，同时GIS母线管母每隔30m做出明显的相色标志；
- k) 气室隔室标志安装于靠近本隔室取气阀门旁醒目位置，各隔室之间通气隔板周围涂红色，非通气隔板周围涂绿色；
- l) 低频GIS厂家应结合现场设备安装条件对GIS管道布置方案进行结构、力学分析计算，避免运行时出现振动；
- m) 控制低频GIS厂房的降尘量达到净化标准；
- n) 安装时宜采取防尘棚等有效措施，确保安装环境的洁净度；
- o) 严格按有关规定对新装低频GIS进行现场耐压，耐压过程中应进行局部放电检测，有条件时可对低频GIS设备进行现场冲击耐压试验。

## 9.2 运行

运行说明应包括以下资料：

- a) 设备的一般说明，要特别注意它的特性和运行的技术说明；
- b) 对设备进行操作、隔离、接地、维修和试验所采取的行为的说明；
- c) 设备安全性能以及联锁和挂锁操作的说明；
- d) 有关的防腐蚀措施。

## 10 备品备件及专用工器具

### 10.1 备品备件

所有备品备件应为全新产品，与已经安装同型号设备的相应部件能够互换。所有备品备件单独装箱，包装应能防尘、防潮、防止损坏等，与主设备一并发运，并标注“备品备件”以区别本体。

单间隔低频GIS备品备件清单参考表5。

表5 备品备件清单

序 号	名 称	规 格	数 量
-----	-----	-----	-----

1	继电器、微型开关、控制开关	同本体	每种 2 套
2	空气开关、指示灯、接触器	同本体	总量的 20%
3	分合闸线圈	同本体	各 3 套
4	隔离开关、接地闸刀的连锁线圈	同本体	各 2 套
5	SF <sub>6</sub> 密度继电器	同本体	5 套
6	机构密封圈	同本体	1 套
7	SF <sub>6</sub> 气体	同本体	总气量的 3%
8	油泵、一级阀、二级阀	同本体	1 套
9	液压机构压力开关	同本体	0 套
10	辅助开关	同本体	各 1 个
11	断路器、隔离开关、接地闸刀用电机	同本体	各 1 个
12	阀门	同本体	2 只
13	带电显示装置	同本体	1 套

## 10.2 专用工器具

所有专用工具与仪器仪表必须是全新的,且须附详细使用说明资料。专用工具与仪器仪表单独装箱,注明“专用工具”、“仪器仪表”,并标明防潮、防尘、易碎、向上、勿倒置等字样,同主设备一并发运。

单间隔低频GIS专用工器具清单参考表6。

表6 专用工器具清单

序 号	名 称	规 格	数 量
1	断路器、隔离开关、接地闸刀行程传感器及安装卡具	/	1 套
2	断路器慢分慢合工具	/	1 套
3	SF <sub>6</sub> 充放气工具	/	1 套
4	SF <sub>6</sub> 补气小车	/	1 套
5	SF <sub>6</sub> 充气软管(含接头)	/	2 套
6	带电显示装置	/	1 套

7	SF <sub>6</sub> 纯度、分解产物综合一体化测试仪	/	1套
8	隔离开关与快速接地开关手动扳手	同本体	各2套
9	观察窗激光源内窥镜	/	2套
10	绝缘电阻测试仪	/	1套
11	便携式定性SF <sub>6</sub> 气体检漏仪	/	2套
12	六氟化硫气体泄漏成像仪	/	2个
13	六氟化硫密度校验仪	/	1台

## 11 查询、订货和投标资料要求

询问和订购低频GIS时，需提供相关资料，同GB/T 11022-2020《高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求》附录I。

### 11.1 询问单和订单的资料

下面列出的信息，如果适用，宜由询问者/用户给出。

a) 系统特征

标称电压和最高电压，频率，系统接地类型。

b) 特殊运行条件

在这种情况下，低频GIS应针对用户要求的任何特殊使用条件来设计和确认，或者进行适当的布置。

c) 设施及其元件的特征

- 1) 户内户外设施；
- 2) 极数；
- 3) 母线数量（单线图）；
- 4) 额定电压；
- 5) 额定频率；
- 6) 额定绝缘水平；
- 7) 母线和馈线的额定连续电流；
- 8) 额定短时耐受电流；
- 9) 额定短路持续时间；
- 10) 额定峰值耐受电流；
- 11) 元件的额定值；
- 12) 外壳和隔板的防护等级；
- 13) 线路图。

d) 操动机构的特征

- 1) 操动机构的型式；
- 2) 特殊的联锁要求；
- 3) 辅助触头的性能与数量

- 4) 额定供电电压（如果有）；
- 5) 供电电压额定频率（如果有）；
- 6) 额定压缩气源压力（如果有）。

作为对这些项目的补充，询问者宜指明可能影响标书或订单的所有条件，例如：特殊的安装或安装条件，外部的高压连接的位置或压力容器的任何特定规程，电缆试验要求。如果要求型式试验报告或者其他一致性评估相关的文件，宜提供资料。

## 11.2 投标人需提供的设备图纸及资料

投标文件中投标人应提供以下图纸及资料：

- a) 电气主接线图；
- b) 隔室分布图；
- c) 设备平面和断面布置图；
- d) 设备基础图；
- e) 伸缩节布置图；
- f) 局放传感器的配置图（如果采用）；
- g) 特快瞬态过电压（VFTO）计算报告及测量装置的配置图（如果采用）；
- h) 投标产品的结构特点。

## 11.3 标书的资料

如果适用，应由制造厂提供下述列出资料的说明和图：

- a) 额定值和特性，和 11.1c) 中列举的一样；
- b) 结构特征
  - 1) 最重的运输单元的质量；
  - 2) 设施的总体尺寸；
  - 3) 外部连接的布置；
  - 4) 外部扩展(如果适用)；
  - 5) 运输和安装设施；
  - 6) 安装规程；
  - 7) 可触及的侧面；
  - 8) 安装、运行、维护的说明书；
  - 9) 气体压力系统或液体压力系统的类型；
  - 10) 额定充人水平/压力和最低功能水平/压力；
  - 11) 不同隔室流体的体积或质量；
  - 12) 流体的具体说明。
- c) 操动机构的特征
  - 1) 类型和额定值，和 11.1d) 中列举的一样；
  - 2) 动作的电流和功率；
  - 3) 备件清单；
  - 4) 询问单中要求的任何其他文件或信息。