

ICS 29.130.10

K 43

备案号: 18557-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 603 — 2006

代替 DL/T 603 — 1996

气体绝缘金属封闭开关设备 运行及维护规程

Regulation of operation and maintenance for
gas-insulated metal-enclosed switchgear



2006-09-14 发布

2007-03-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 运行维护的基本技术要求.....	1
5 GIS 运行及维护的安全技术措施	4
6 SF ₆ 气体的质量监督	5
7 分解检修项目及技术要求.....	6
8 试验.....	11
9 备品备件及专用工器具.....	11
附录 A（资料性附录） 放电故障的定位和检测方法	13

前 言

本标准是根据《国家发展和改革委员会办公厅关于下达 2004 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2004〕872 号）的安排修订的。

制定本标准的指导思想是应尽可能避免为了检查的目的而分解设备，或使这种分解减少到最低限度。

本标准与 DL/T 603—1996 版的比较有以下一些主要变化：

——引用文件的规定依照 GB/T 1.1—2000 进行修改。

——增加与运行维护有关的名词术语。

——在相关章节里补充大修项目和技术要求。

——增加了附录章节。

——对部分条款的内容修改或补充，如 SF₆ 气体的漏气率和湿度。

本标准实施后代替 DL/T 603—1996。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准委托电力行业气体绝缘金属封闭电器标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准负责起草单位：上海市电力公司。

本标准参加起草单位：华东电网有限公司、北京电力公司、西安供电局、广州供电局、上海超高压输变电公司、中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：刘兆林、姚明、张国强、乐岷、李刚、吴钧、郭碧红。

气体绝缘金属封闭开关设备运行及维护规程

1 范围

本标准规定了 GIS 运行维护及检修的周期、项目和技术规范及运行和维护人员应遵循的基本要求。

本标准适用于额定电压 72.5kV 及以上, 频率为 50Hz 的户内和户外安装的气体绝缘金属封闭开关设备 (GIS)。

介于敞开式和 GIS 之间的成套开关设备、72.5kV 以下的同类设备可参考本规程。

本标准所指 GIS 是由若干相互直接连接在一起的单独元件构成, 并且只有在这种形式下才能运行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准。然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB 5832 SF₆ 气体中微量水分的检测方法: 1. 电解法; 2. 露点法

GB 7674 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

GB 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 12022 工业六氟化硫

DL/T 506 SF₆ 气体绝缘设备中水分含量测定方法

DL/T 555—2004 气体绝缘金属封闭开关设备现场耐压及绝缘试验导则

DL/T 593—2006 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

DL/T 617 气体绝缘金属封闭开关设备技术条件

IEC 60480 从电气设备中取出的 SF₆ 的检验导则

3 术语和定义

3.1

分解检修 disassemble examine and repair

对 GIS 各元件进行的解体检查、修理及试验。

4 运行维护的基本技术要求

4.1 GIS 室的安全防护

- a) GIS 室内空气中的氧气含量应大于 18% 或 SF₆ 气体的浓度不应超过 1000 μ L/L (或 6g/m³)。
- b) GIS 室内应安装空气含氧量或 SF₆ 气体浓度自动检测报警装置。
- c) GIS 室进出处应有防毒面具、防护服、塑料手套等防护器具。
- d) GIS 室应按消防有关规定设置专用消防设施。
- e) GIS 室内所有进出线孔洞应采用防火材料封堵。
- f) GIS 室内应装有足够的通风排气装置。
- g) 根据需要可考虑配置 GIS 内部放电故障诊断在线监测装置。

4.2 GIS 的接地

4.2.1 主回路接地。在 GIS 检修时，其主回路应具有实现可靠接地的方式。

为保证维修工作的安全，主回路应能接地。在外壳打开后仍应保持主回路可靠接地。

4.2.2 外壳接地。在 GIS 正常运行情况下，运行和维护人员容易触及到 GIS 的部位（如外壳及金属构架等）上的感应电压不应超过 36V。

外壳应可靠接地。凡不属于主回路或辅助回路的且需要接地的所有金属部分都应接地。外壳、构架等的相互电气连接应用紧固连接（如螺栓连接或焊接），以保证电气上连通。

为保证接地回路的可靠连通，应考虑到可能通过的电流所产生的热和电的效应。

4.3 温升

对运行人员易接触的外壳，其温升不应超过 30K；对运行人员易接近，在正常操作时不需接触的外壳，其温升不应超过 40K。

4.4 GIS 维护项目与周期

GIS 维护项目有：

- a) 巡视检查。
- b) 定期检查。
- c) 临时性检查。
- d) 分解检修。

4.4.1 巡视检查：每天至少 1 次，无人值班的另定。巡视检查是对运行中的 GIS 设备进行外观检查，主要检查设备有无异常情况，并做好记录，如有异常情况应按规定上报并处理。内容主要有：

- a) 断路器、隔离开关、接地开关及快速接地开关的位置指示正确，并与当时实际运行工况相符。
- b) 检查断路器和隔离开关的动作指示是否正常，记录其累积动作次数。
- c) 各种指示灯、信号灯和带电监测装置的指示是否正常，控制开关的位置是否正确，控制柜内加热器的工作状态是否按规定投入或切除。
- d) 各种压力表和油位计的指示值是否正常。
- e) 避雷器的动作计数器指示值是否正常，在线检测泄漏电流指示值是否正常。
- f) 裸露在外的接线端子有无过热情况，汇控柜内有无异常现象。
- g) 可见的绝缘件有无老化、剥落，有无裂纹。
- h) 有无异常声音、异味。
- i) 设备的操动机构和控制箱等的防护门、盖是否关严。
- j) 外壳、支架等有无锈蚀、损坏，瓷套有无开裂、破损或污秽情况。外壳漆膜是否有局部颜色加深或烧焦、起皮现象。
- k) 各类管道及阀门有无损伤、锈蚀，阀门的开闭位置是否正确，管道的绝缘法兰与绝缘支架是否良好。
- l) 设备有无漏气（SF₆ 气体、压缩空气）、漏油（液压油、电缆油）。
- m) 接地端子有无发热现象，接触应完好。金属外壳的温度是否超过规定值。
- n) 压力释放装置有无异常，其释放出口有无障碍物。
- o) GIS 室内的照明、通风和防火系统及各种监测装置是否正常、完好。
- p) 所有设备是否清洁，标志清晰、完善。
- q) 定期对压缩空气系统进行排水（或污）。

4.4.2 定期检查：GIS 处于全部或部分停电状态下，专门组织的维修检查。每 4 年进行 1 次，或按实际情况而定。内容主要有：

- a) 对操动机构进行维修检查，处理漏油、漏气或缺陷，更换损坏的零部件。
- b) 维修检查辅助开关。

- c) 校验压力表、压力开关、密度继电器或密度压力表和动作压力值。
- d) 检查传动部位及齿轮等的磨损情况，对转动部件添加润滑剂。
- e) 断路器的机械特性及动作电压试验。
- f) 检查各种外露连杆的连接情况。
- g) 检查接地装置。
- h) 必要时进行绝缘电阻、回路电阻测量。
- i) 油漆或补漆工作。
- j) 清扫 GIS 外壳，对压缩空气系统排污。

4.4.3 临时性检查：根据 GIS 设备的运行状态或操作累计动作次数值，依据制造厂的运行维护检查项目和要求，对 GIS 进行必要的临时性检查。内容主要有：

- a) 若气体湿度有明显增加时，应及时检查其原因。
- b) 当 GIS 设备发生异常情况时，应对有怀疑的元件进行检查和处理。

临时性检查的内容应根据发生的异常情况或制造厂的要求确定。

4.4.4 分解检修：GIS 在运行中发现异常或缺陷应进行有关的电气性能、SF₆ 气体湿度、气室密封性能、机构动作机械特性等试验，根据相应的试验结果，进行必要的分解检修。GIS 处于全部或部分停电状态下，对断路器或其他设备的分解检修，其内容与范围应根据运行中所发生的问题而定，这类分解检修宜由制造厂负责或在制造厂指导下协同进行。

4.4.4.1 断路器本体一般不用检修，在达到制造厂规定的操作次数或达到表 1 的操作次数应进行分解检修。断路器分解检修时，应有制造厂技术人员在场指导下进行。检修时将主回路元件解体进行检查，根据需要更换不能继续使用的零部件。

表 1 断路器动作（或累计开断电流）次数

使用条件	规定操作次数
空载操作	3000 次
开断负荷电流	2000 次
开断额定短路开断电流	15 次

4.4.4.2 检修内容与周期。每 15 年或按制造厂规定应对主回路元件进行 1 次大修，主要内容包括：

- a) 电气回路。
- b) 操动机构。
- c) 气体处理。
- d) 绝缘件检查。
- e) 相关试验。

具体分解检修的项目及技术要求见第 7 章。

4.5 检修质量保证

4.5.1 检查和检修后的验收应严格执行制造厂和国家及行业相关标准要求，使检修后的质量与性能达到原有的出厂指标要求。

4.5.2 经分解检修后的 GIS 质量应保证其在检修周期内可靠运行，不发生因检修质量造成的缺陷或事故。

4.6 GIS 中 SF₆ 气体质量监督

4.6.1 SF₆ 气体泄漏监测：根据 SF₆ 气体压力、温度曲线来监视气体压力变化，发现异常，应查明原因。

- a) 气体压力监测：检查次数和抄表依实际情况而定。
- b) 气体泄漏检查周期：必要时；当发现压力表在同一温度下，相邻两次读数的差值达 0.01MPa～0.03MPa 时。
- c) 气体泄漏标准：运行中每个气室年漏气率小于 1%。交接时每个气室年漏气率小于 0.5%。

- d) SF₆ 气体补气：根据监测各气室的 SF₆ 气体压力的结果，对低于额定值的气室，应补充 SF₆ 气体，并作好记录。

4.6.2 SF₆ 气体湿度监测：

- a) 周期：新设备投入运行及分解检修后 1 年应监测 1 次；运行 1 年后若无异常情况，可间隔 1~3 年检测 1 次。如湿度符合要求，且无补气记录，可适当延长检测周期。
- b) SF₆ 气体湿度允许标准见表 2，或按照制造厂的标准。

表 2 SF₆ 气体湿度允许标准

气 室	有电弧分解物的气室	无电弧分解物的气室
交接验收值	≤150μL/L	≤250μL/L
运行允许值	≤300μL/L	≤500 (1000) μL/L ^a
注：测量时周围空气温度为 20℃，大气压力为 101325Pa。		
a 若采用括号内数值，应得到制造厂认可。		

- c) 在周围空气温度 0℃ 以上条件下进行。

4.6.3 SF₆ 气体湿度测量方法很多，各单位可根据实际情况选用，但所使用的仪器和测量方法，必须定期经上一级 SF₆ 气体监督检测中心的检验和校准。

5 GIS 运行及维护的安全技术措施

5.1 GIS 运行时的安全技术措施

5.1.1 GIS 室必需装强力通风装置，排风口应设置在室内底部。运行人员经常出入的 GIS 室，每班至少通风 1 次（15min）；对工作人员不经常出入的室内场所，应定期检查通风设施。

5.1.2 工作人员进入 GIS 室内电缆沟或凹处工作时，应测含氧量或 SF₆ 气体浓度，确认安全后方可进入。不准一人进入从事检修工作。

5.1.3 防止接触电势的危害。在正常操作时，工作人员应尽量避免触及外壳，并保持一定距离。手动操作隔离开关或接地开关时，应戴绝缘手套。

5.1.4 气体采样操作及处理一般渗漏时，要在通风条件下进行，当 GIS 发生故障造成大量 SF₆ 气体外逸时，应立即撤离现场，并开启室内通风设备。

5.1.5 GIS 解体检查时，应将 SF₆ 气体回收加以净化处理，严禁排放到大气中。

5.1.6 宜在晴朗干燥天气进行充气，并严格按照有关规程和检修工艺要求进行操作。充气的管子应采用不易吸附水分的管材，管子内部应干燥，无油无灰尘。

5.1.7 在环境湿度超标而必须充气时，应确保充气回路干燥、清洁。可用电热吹风对接口处进行干燥处理，并立即连接充气管路进行充气。充气静止 24h 后应对该气室进行湿度测量。

5.2 SF₆ 新气储存及使用的安全技术措施

5.2.1 SF₆ 气瓶应储存在阴凉、通风良好的库房中，直立放置。气瓶严禁靠近易燃、油污地点。

5.2.2 新气使用前应进行检查，符合标准后方可使用。

5.2.3 气瓶、阀冻结时严禁用火烤。

5.2.4 SF₆ 新气应具有厂家名称、装灌日期、批号及质量检验单。SF₆ 新气到货后应按有关规定进行复核、检验，合格后方准使用。存放半年以上的新气，使用前要检验其湿度和纯度，符合标准后方准使用。充装 SF₆ 气体的气瓶应不超过五年检验一次。

5.3 GIS 分解检查时的安全技术措施

5.3.1 GIS 分解检查前，必须执行工作票制度，必须对被解体部分确定完全处于停电状态，并进行可靠的工作接地后，方可进行解体检查。

5.3.2 GIS 气室分解检查前，应对相邻气室进行减压处理，减压值一般为额定压力的 50% 或按制造厂规定。

5.3.3 GIS 分解前,如有必要及条件允许时,可取气样做生物毒性试验以及做气相色谱分析和可水解氟化物的测定。

5.3.4 GIS 分解前,气体回收并抽真空后,用高纯氮气进行冲洗。且每次排放氮气后均应抽真空,每次充氮气压力应接近 SF₆ 额定压力。排放氮气及抽真空应用专用导管,人须站在上风方位。

5.3.5 工作人员必须穿防护服,戴手套,以及戴备有氧气呼吸器的防毒面具,做好防护措施。封盖打开后,人员暂时撤离现场 30min,让残留的 SF₆ 及其气态分解物经室内通风系统排至室外,然后才准进入作业现场。

5.3.6 分解设备之前,应确认邻近气室不存在向待修气室漏气的现象。分解设备时,必须先用真空吸尘器吸除零部件上的固态分解物,然后才能用无水乙醇或丙酮清洗金属零部件及绝缘零部件。

5.3.7 工作人员工作结束后应立即清洗手、脸及人体外露部分。

5.3.8 下列物品应做有毒废物处理:真空吸尘器的过滤器及洗涤袋、防毒面具的过滤器、全部抹布及纸;断路器或故障气室的吸附剂、气体回收装置中使用过的吸附剂等;严重污染的防护服也视为有毒废物。处理方法:所有上述物品不能在现场加热或焚烧,必须用 20%浓度的氢氧化钠溶液浸泡 12h 以上,然后装入塑料袋内深埋。

5.3.9 防毒面具、塑料手套、橡皮靴及其他防护用品必须进行清洁处理,并应定期进行检查试验,使其处于备用状态。

5.4 GIS 发生故障有气体外逸时的安全技术措施

5.4.1 室内 GIS 发生故障有气体外逸时,全体人员迅速撤离现场,并立即投入全部通风设备。

5.4.2 在事故发生后 15min 之内,只准抢救人员进入室内。事故发生后 4h 内,任何人进入室内必须穿防护服,戴手套,以及戴备有氧气呼吸器的防毒面具。事故后清扫 GIS 安装室或故障气室内固态分解物时,工作人员也应采取同样的防护措施。

若故障时有人被外逸气体侵袭,应立即送医院诊治。

5.5 GIS 密度继电器、空气含氧量或 SF₆ 气体浓度检测报警装置以及 GIS 内部放电故障诊断在线监测装置(如有)和室内的防火报警装置的校验周期和项目按各自的规定执行。

6 SF₆ 气体的质量监督

6.1 新气的质量监督

6.1.1 新气到货后,应检查是否有制造厂的质量证明书,其内容包括生产厂名称、产品名称、气瓶编号、净重、生产日期和检验报告单。

6.1.2 新气到货后一个月内,以不少于每批一瓶抽样,按表 3 标准进行检验复核。

表 3 SF₆ 新气质量标准

项目名称	标准值 (GB 12022)
纯度 (SF ₆) (质量分数)	≥99.8%
空气 (N ₂ +O ₂ 或 Air) (质量分数)	≤0.05%
四氟化碳 (CF ₄) (质量分数)	≤0.05%
湿度 (H ₂ O)	≤8μg/g
酸度 (以 HF 计)	≤0.3μg/g
可水解氟化物 (以 HF 计)	≤1.0μg/g
矿物油	≤10μg/g
毒性	生物试验无毒

6.1.3 国外进口的新气亦应进行抽样检验,可按国家标准 GB 12022 验收。

6.1.4 开关设备充气前,对每瓶 SF₆ 气体都应复核湿度,且不得超过表 3 中的标准。

表 4 运行中的 SF₆ 气体检测项目、周期和要求

序号	项目	周期	要求	说明
1	湿度 (20℃) μL/L	见 4.6.2 a)	见 4.6.2 b), c)	按 GB/T 5832.1、GB/T 5832.2 DL/T 506 要求进行
2	密度 (标准状态) kg/m ³	必要时	6.16	按 GB 12022 进行
3	毒性	必要时	无毒	按 GB 12022 进行
4	酸度 μg/g	1. 分解检修后 2. 必要时	≤0.3	按 GB 12022 进行
5	空气 (质量分数)	1. 分解检修后 2. 必要时	≤0.05%	按 GB 12022 进行
6	可水解氟化物 μg/g	1. 分解检修后 2. 必要时	≤1.0	按 GB 12022 进行
7	矿物油 μg/g	1. 分解检修后 2. 必要时	≤10	按 GB 12022 进行
8	电弧分解物	必要时	待定	

6.2 运行中的 SF₆ 气体质量监督

6.2.1 SF₆ 气体检测项目、周期和要求见表 4。

6.2.2 现场取样时应在天气晴好，且环境温度接近 20℃的条件下进行，应注意避免取样条件对检测结果造成的影响。

6.2.3 运行中如需补气，充气前对每瓶 SF₆ 气体都应复核湿度，且不得超过表 2 中的标准。

6.3 设备分解检修前的气体质量监督

6.3.1 开关设备分解检修前应先进行气体检测，检测项目按表 4 执行，从设备中取气样的技术要求按 IEC 60480、GB/T 8905 执行。

6.3.2 当气体中有害杂质超过允许值时，须先进行吸附净化，经检验合格后方可使用。

7 分解检修项目及技术要求

7.1 GIS 设备在达到规定分解检修年限后，应进行分解检修。检修年限可以根据设备运行状况适当延长。

7.2 GIS 设备因内部异常或故障引起的检修可以参照本章的有关要求进行。

7.3 分解检修项目的确定。

分解检修项目应根据实际运行状况并与制造厂协商后确定。

分解检修项目可依据以下因素确定：

- a) 密封圈的使用年限、SF₆ 气体泄漏情况；
- b) 断路器的开断次数、累计开断电流、断路器的操作次数、断路器机构的实际运行状况；
- c) 隔离开关的操作次数；
- d) 其他部件的运行状况；
- e) SF₆ 气体压力表计、压力开关、二次元器件运行状况。

7.4 分解检修项目和技术要求。

根据检查结果对相关元、部件进行处理或更换。

7.4.1 断路器。

7.4.1.1 灭弧室。

- a) 检查引弧触头烧损程度；
- b) 检查喷口烧损程度；
- c) 检查触指磨损程度；

- d) 检查并清洁灭弧室;
- e) 更换吸附剂及密封圈;
- f) 检查调整相关尺寸。

7.4.1.2 操动机构。

a) 弹簧操动机构:

- 1) 检查分、合闸线圈和脱扣打开尺寸及磨损情况;
- 2) 检查辅助开关切换情况;
- 3) 检查弹簧疲劳程度;
- 4) 检查轴、销、锁扣等易损部位, 复核机构相关尺寸;
- 5) 检查缓冲器, 更换缓冲器油及密封件;
- 6) 检查转动、传动部位润滑情况。

b) 气动操动机构:

- 1) 检查分、合闸线圈;
- 2) 检查辅助开关切换情况;
- 3) 清洗并检查操作阀, 更换密封圈;
- 4) 校核各级压力接点设定值并检查压力开关;
- 5) 检查缓冲器, 更换缓冲器油及密封件;
- 6) 检查管道密封情况;
- 7) 气动弹簧操动机构应检查轴、销、锁扣等易损部位, 复核机构相关尺寸;
- 8) 检查转动、传动部位润滑情况。

c) 液压操动机构:

- 1) 检查分、合闸线圈;
- 2) 检查辅助开关切换情况;
- 3) 清洗并检查操作阀, 更换密封圈;
- 4) 检查油泵、安全阀是否正常工作;
- 5) 校核各级压力接点设定值并检查压力开关;
- 6) 检查预充氮气压力, 对活塞杆结构储压器应检查微动开关, 若有漏氮及微动开关损坏应处理或更换;
- 7) 液压弹簧机构应检查弹簧储能前后尺寸;
- 8) 清洗油箱、更换液压油后排气。

7.4.2 SF₆ 气体系统。

- a) 校验 SF₆ 密度继电器、压力表或密度表;
- b) 检测 GIS 气室及管道的泄漏, 根据密封件寿命及使用情况更换密封件;
- c) 测量 SF₆ 气体湿度。

7.4.3 隔离开关、接地开关和快速接地开关。

7.4.3.1 检查实际分合位置和触头磨损情况。

7.4.3.2 操动机构。

- a) 检查分、合闸线圈;
- b) 检查辅助开关、微动开关切换情况;
- c) 气动操动机构检查清洗电磁阀;
- d) 检查轴、销、锁扣等易损部位, 复核机构相关尺寸;
- e) 检查转动、传动部位润滑情况。

7.4.3.3 隔离开关、接地开关和快速接地开关间的连闭锁功能试验。

7.4.4 其他部件。

电流互感器、电压互感器、避雷器、出线套管和带电显示器等其他部件可根据相关规定进行检查和试验。

7.4.5 二次元器件。

应对切换开关、继电器、接触器、空气开关、限位开关、端子排和信号指示灯等二次元器件进行检查，酌情更换。

7.4.6 辅助系统（气动机构的空压机系统）。

- a) 检查空压机阀板、活塞环和曲轴箱，更换密封件及易损件，清洗进气滤网，有油压缩机应调换压缩机油；压缩机运转时间较长的建议调换整台压缩机。
- b) 检查电动机及调换传动皮带。
- c) 检查安全阀开启/关闭压力；检查减压阀、逆止阀和其他阀门，必要时应调换损坏部件。
- d) 测量打压时间；检查气体管道泄漏情况；有减压装置的应检查一/二级压力；校验各级压力开关设定值。

7.5 分解检修的环境条件。

GIS 的分解检修应在空气相对湿度不大于 80% 的环境条件下进行，施工现场应有防尘、防潮措施。户外 GIS 检修应在晴天进行，检修现场应搭建临时防护棚或设置其他防尘防潮措施。

7.6 检修前应制定详细方案。

详细核对图纸，根据 SF₆ 气室分隔情况及检修要求确定应回收气体或减压的范围及部位、停电的范围等，特别要注意 GIS 气体回收或减压的气室内不能有带电部件，工作范围内设备应可靠接地。起重作业应编制起重方案。

7.7 GIS 分解检修的一般流程如图 1 所示。

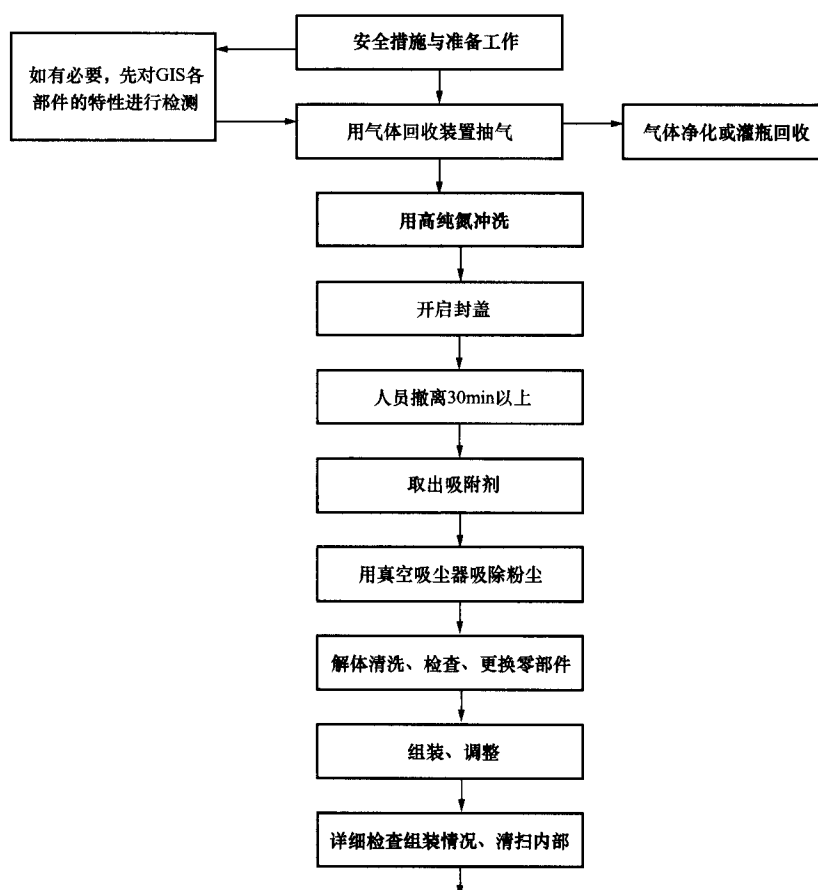


图 1 开罐分解检修的一般顺序（一）

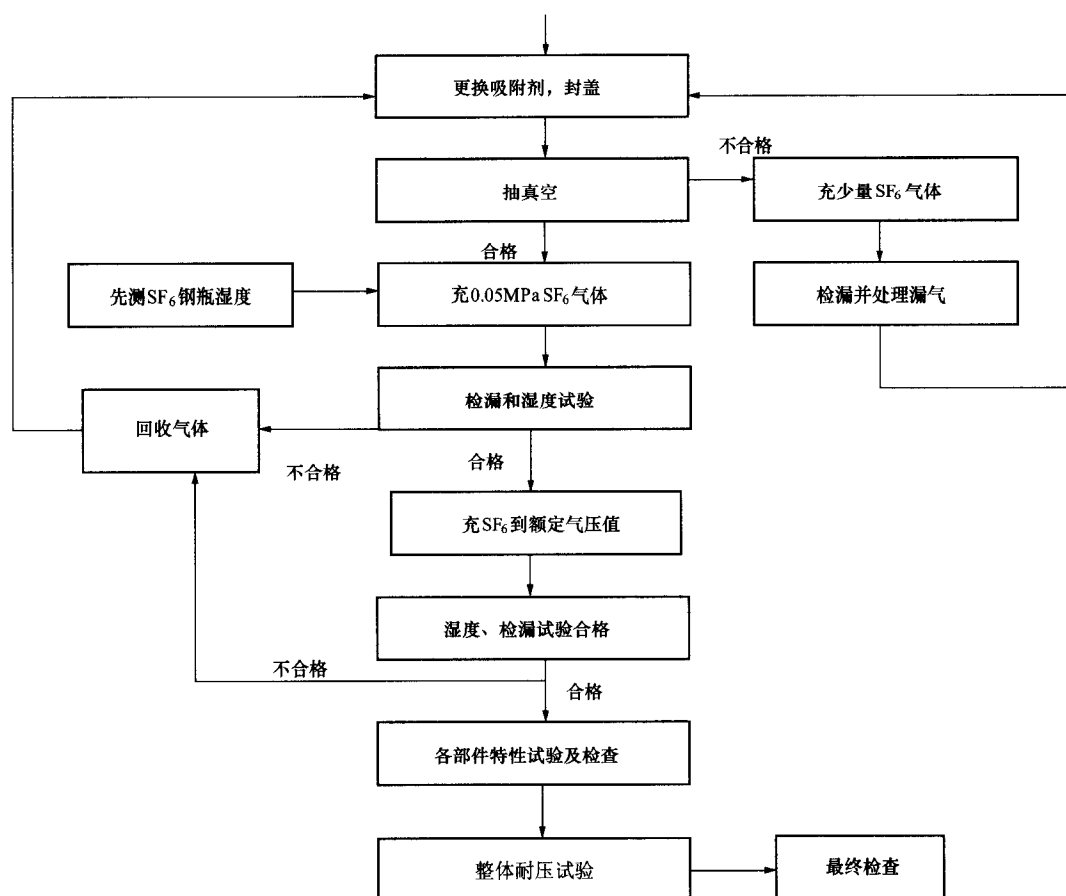


图 1 开罐分解检修的一般顺序 (二)

7.8 分解检查。

7.8.1 应设现场指挥一人, 配工作人员若干名。施工人员应按有关检修规程或现场检修方案预先熟悉施工的基本方法与技术要求。

7.8.2 检修工作应做好防尘、防潮的措施, 务必做到内部清洗不起尘。工作人员进出大修场地要换鞋, 穿防护衣, 戴防护帽, 戴口罩。不准戴纱布手套工作, 禁止非工作人员入内。

7.8.3 每日工作结束后要作临时封盖, 工作前后要清扫现场。如有条件, 工作时可用热风机向 GIS 内通风, 以保持内部干燥。零部件来不及安装时, 应用干净干燥的塑料布包好, 放在烘房内保管。

7.9 气体回收装置应由经过专门训练、熟悉操作方法的人员使用。使用前应确认回收装置各部分均处于良好状态, 若要重复使用储气罐内气体应保证罐内气体质量符合标准。使用中要绝对防止误操作, 以防造成对 SF₆ 气体的污染或外逸造成环境污染。回收装置应使用专用金属软管, 并保持清洁干燥。

7.10 气瓶应带有安全和防振胶圈, 存放时要竖放, 运输时可卧放, 搬运时轻装轻卸, 严禁抛掷溜放。SF₆ 气瓶要存放在防晒、防潮和通风良好的地方, 不得靠近热源和油污, 并且不得与其他气瓶混放。

7.11 散装或桶装吸附剂应根据各种不同牌号用不同的温度烘烤处理, 真空包装的吸附剂可直接装入气室。发生内部故障的气室和断路器气室用的吸附剂不许烘烤再生, 应按 5.3.8 规定进行专门处理。

7.12 分解检修后的组装应按制造厂有关技术条件执行, 应特别注意以下几点:

7.12.1 零部件拆卸前应对连接部分作标记, 在组装时恢复到原来位置。

7.12.2 仔细清洗。要防止灰尘、水分、纤维侵入及防止异物留在内部, 换吸附剂封盖之前一定要有专人负责最后的清洗工作。

7.12.3 每件工作要有复查。复查工作应指定专人负责, 特别要复查内部螺丝的紧固情况; 必要时应在

每个螺丝上做复查记号，再由负责人进行最终检查。

7.12.4 螺栓紧固的力矩值按制造厂要求。

7.13 润滑脂及密封脂的选择及使用。

7.13.1 GIS 内部机械可动部分的润滑脂及电接触的润滑脂应按制造厂要求选用。

7.13.2 润滑脂涂层不宜太厚。

7.13.3 所有“O”形密封圈及法兰面若使用真空硅脂，应避免涂到“O”形密封圈内侧与 SF₆ 气体接触的部位。

7.14 密封面拆装的技术要求。

7.14.1 法兰螺丝必须沿圆周方向对角松动。拆卸前相连法兰面均应做好记号，在组装时保持原来位置。

7.14.2 密封槽面不能有划伤痕迹，密封槽及法兰平面不能生锈。

7.14.3 密封槽面损伤后的修磨应符合制造厂要求。

7.14.4 密封面组装顺序。

- a) 用丙酮或无水乙醇清洗密封槽；
- b) 用无纤维纸反复擦几遍，直到确认清洁为止；
- c) 专人检查，确认密封面及槽内无任何异物；
- d) 用无纤维纸擦“O”形圈，并对“O”形密封圈检查试放，并确认良好，密封圈可用无水乙醇擦洗；
- e) 必要时，在密封面及槽内涂适量的密封脂，在“O”形圈上也涂适量的密封脂，然后放入槽内，密封脂不能进入 GIS 内与 SF₆ 气体接触的部位；
- f) 应有专人检查“O”形密封圈放置位置；
- g) 盖封板时，应按原记号组装，并注意检查密封圈是否在槽内，紧固螺栓的力矩值应符合制造厂要求。法兰螺丝必须沿圆周方向对角紧固。

7.14.5 使用过的“O”形密封圈应当更换。

7.15 抽真空的技术要求。

7.15.1 装吸附剂速度越快越好，若气室内有几处装吸附剂的地方，应分别同时进行。应选择晴天且相对湿度小的条件下装吸附剂，装入吸附剂至抽真空的时间要控制在 1h 之内；较长的母线筒时间可适当延长，但不得超过 5h，装吸附剂后应立即抽真空。

7.15.2 抽真空的顺序及技术要求。

- a) 真空度达到 133Pa 开始计算时间，维持真空泵运转至少在 30min 以上；
- b) 停泵并与泵隔离，静观 30min 后读取真空度 A；
- c) 再静观 5h 以上，读取真空度 B，当 $B-A \leq 67\text{Pa}$ （极限允许值 133Pa）时抽真空合格，否则应先检测泄漏点（流程见 7.7）；
- d) 抽真空要有专人负责，要绝对防止误操作而引起的真空泵油倒灌事故；
- e) 被抽真空气室附近有高压带电体时，应注意主回路可靠接地，以防止因感应电压引起的 GIS 内部元件损坏。

7.15.3 对抽真空设备的要求。

- a) 必须选择合适的、能达到 133Pa 以下真空度的真空泵；控制抽真空管道的长度，其口径要足够大，以免影响真空度；
- b) 真空泵应设置电磁逆止阀和相序指示灯。

7.16 充 SF₆ 气体的技术要求。

- a) 向设备充气前，每瓶 SF₆ 气体都要做湿度测量；
- b) 充气前，充气设备和管路应洁净，无水分及油污，管路连接处无漏气；
- c) 充气应使用减压阀，充气时应先关闭减压阀，打开气瓶阀门，再打开减压阀充气；

d) 充气时, 环境温度较低时可使用加热设备加快充气速度。

7.17 分解检修后试验的注意事项。

7.17.1 应在 SF₆ 气体充气完毕和机构完成储能后方能进行断路器的操作试验;

7.17.2 抽真空过程中禁止进行回路电阻试验;

7.17.3 对于部分停电的 GIS 进行耐压试验时, 试验方案应考虑被试 GIS 的部分断口可能会承受反向系统电压。

8 试验

GIS 在分解检修后应进行试验, 内容包括:

- a) 绝缘电阻测量;
- b) 主回路耐压试验;
- c) 元件试验: 元件包括断路器、隔离开关、互感器、避雷器等, 应按各自标准进行;
- d) 主回路电阻测量;
- e) 密封试验;
- f) 连锁试验;
- g) SF₆ 气体湿度测量;
- h) 局部放电试验 (必要时)。

8.1 绝缘电阻测量: 应在整体组装完毕, 耐压前后进行。主回路用 2500V 及以上电压的兆欧表测量, 其值应不低于制造厂规定值; 低压回路用 1000V 兆欧表测量, 其值不低于 1MΩ。

8.2 主回路耐压试验: 应在设备充入额定密度的 SF₆ 气体条件下, 按 DL/T 555 要求进行试验, 有条件时可用故障定位仪器监测。

8.3 元件试验: 元件包括互感器、避雷器等, 应按各自的标准进行。

8.4 主回路电阻测量。

8.4.1 主回路电阻测量一般可采用以下办法:

- a) 当接地开关导电杆与外壳绝缘时, 可临时解开接地连接线, 利用回路上的两组接地开关导电杆合到测量回路上, 用压降法测量, 测量电流不小于直流 100A。
- b) 若接地开关导电杆与外壳不能绝缘分隔时, 可先测量导体外壳的并联电阻 R_0 和外壳的直流电阻 R_1 , 然后按下式换算:

$$R = \frac{R_0 R_1}{R_1 - R_0} \quad (1)$$

8.4.2 主回路的电阻值不得大于设备出厂值的 120%。

8.5 密封试验: 除大修外, GIS 出现 SF₆ 气体漏气报警后也应进行本项检测。检测要求按 GB 11023 标准执行。

8.6 连锁试验: GIS 检修结束, 在投运之前应验证电气、机械的 (包括气动、液压传动) 和其他连锁的动作性能。

8.7 湿度测量: GIS 中的气体湿度应在投运前测定, 其值必须满足表 4 的规定。

8.8 局部放电试验: 可结合交流耐压试验同时进行, 也可采用超声局放测量技术在运行电压下进行, 试验可参考附录 A。

9 备品备件及专用工器具

9.1 备品备件

9.1.1 备品备件应能与原设备互换, 并具有与原设备相同的材料和质量。备件应按要求进行处理和包装, 并分别装箱, 箱上应有明显的标记, 备品备件应注明有效期和必要的结构图。电气线圈和其他精密的电

气元件、仪器、仪表等，必须先装在带有干燥剂的塑料袋中，或采用其他有效方法保护后装箱；专用工具和仪器应附有技术参数、使用说明书等资料。

9.1.2 备品备件种类和数量。表 5 所列的备品备件及其数量可供参考，也可以根据需要进行调整数量和品种。

表 5 备品备件及其数量

序号	规 格	数 量	备 注
1	继电器、微型开关、控制开关、辅助开关	每种各 2 套	
2	断路器分、合闸线圈	每种为供应量的 1/5	
3	隔离开关连锁线圈	2 套	
4	快速接地开关连锁线圈	2 套	
5	温度补偿压力开关	2 套	
6	SF ₆ 气体阀门	各式 2 个	
7	压力表	各式 1 个	
8	密度继电器	各式 2 个	
9	电动机	各式 1 个	

9.2 专用工器具

表 6 所列的专用工器具及其数量可供参考。也可根据需要进行调整数量和品种。

表 6 专用工器具及其数量

序号	规 格	数量	备 注
1	断路器手动操作手柄	1 套	
2	隔离开关手动操作手柄	1 套	
3	接地开关手动操作手柄	1 套	
4	真空吸尘器	1 套	
5	封闭气室用的端盖	3 套	带阀门等附件
6	SF ₆ 气体补气小车	1 台	带气瓶、真空泵、减压阀、软管、压力表等
7	SF ₆ 气体回收装置	1 台	带压缩机、真空泵、气瓶真空压力表、压力表、阀门、软管、过滤器、干燥器专用工具等。回收容量按 3h 回收最大气室气体考虑
8	SF ₆ 专用充气接口	1 套	包括管道
9	SF ₆ 气体泄漏检测仪	1 台	包括校验用的针筒、气瓶等
10	SF ₆ 气体湿度监测仪	1 台	包括专用管道、电热吹风机
11	GIS 高压试验套管和连接部件	1 套	必要时
12	慢分、慢合操作手柄	1 套	
13	含氧量报警器	1 台	
14	麦氏真空表或电子真空表	1 个	
15	分解 GIS 各部件的专用工具	1 套	
16	干燥吸附剂的烘箱	1 台	
17	测速传感器	1 套	带支架

附录 A

(资料性附录)

放电故障的定位和检测方法

A.1 放电故障的定位

GIS 在发生放电故障时, 会伴随产生各种不同的现象。利用这些现象有助于进行故障的定位。

- 光辐射的检测。
- 可听噪声和振动的测量。
- 记录和分析放电产生的电磁暂态过程。
- 检测 SF₆ 气体分解的产物。

A.2 局部放电的检测方法

A.2.1 概述

对于现场的局部放电检测, 除常规的按 IEC 270 方法外, 电的 VHF/UHF 和超声方法可以用于 GIS 的检测。与常规的方法相比, 这两种方法对干扰的灵敏度比较低, 所以它们可以用于运行中的局部放电监测。然而, 对于这些新方法而言, 灵敏度取决于故障(信号源)和传感器之间的距离。合理的应用 VHF/UHF 和超声波方法是很有好处的。用这种仪器可以检测出几个 pC 视在放电量的故障, 检测灵敏度很容易在现场进行验证。这两种辅助方法的优点是能够检测出故障的位置。这些方法和结果的解释只能由有经验的人使用。这些方法仍然在研究中而且还没有标准。

A.2.2 符合 GB/T 7354 的电气测量法

来自无线电发射和其他源的电磁干扰, 被敞开的空气套管接收, 导致局部放电测量的灵敏度降到几十 pC, 模拟和数字的滤波方法是有效的。不过, 使用这种滤波工具要求训练有素的人, 而这种程序本身有局限性。在实际的现场条件下, 很难达到把噪声水平限制在低于 5pC。所以, 用一个带屏蔽的耦合电容器直接和 GIS 连接的整个封闭的试验回路是更可取的。对采用电缆终端并且 GIS 隔室用一个敞开的隔离开关和空气套管分离的这种情况可以达到灵敏度小于 5pC。

A.2.3 VHF/UHF 方法

GIS 故障的放电电流的上升沿小于 0.1ns, 这些故障引起的电磁暂态频率超过 2GHz。信号以光的速度如横向电磁场、横向电场和横向磁场波在 GIS 中传播, 在众多的断口处发生反射。由于金属导体传导率是有限的以及介质表面的损耗, 信号传播后会衰减。在每个隔室内, 电磁波的响应波形是很复杂的。

局部放电的 VHF/UHF (范围在 100MHz~2GHz) 信号可以通过耦合器在时域或频域上检测到。由于 VHF/UHF 信号衰减, 许多耦合器必须装在 GIS 里面。两个相邻的耦合器之间最大距离接近几十米。VHF/UHF 信号最好是由内部耦合器获得, 但有时候做不到的话, 也可以从外部窗口或绝缘子上提取。

由于响应模式的复杂性, 所检测到的 PD 信号的幅值最主要是取决于故障和耦合器的位置, 其次才是它们之间的方位。所以, VHF/UHF 方法不能像 IEC 60270 的试验回路那样进行校准。可用 A.2.5 中叙述的方法替代来实现灵敏度校准。采用合适的耦合器、放大器和滤波器可以提高甚高频测量装置的信/噪比和灵敏度。VHF/UHF 方法已经表明了至少和常规方法一样具有检测缺陷的灵敏度。

A.2.4 超声波方法

GIS 中从缺陷所发出的超声信号(机械波)主要有两个机理: 运动的粒子当它们撞击外壳时激发出的机械波, 反之, 固定的缺陷放电在气体中建立的压力波传递到外壳激发出超声波。引起的信号主要取决于信号源和传播的通道。由于外壳通常是铝合金或钢制的, 信号的跳动是很小的。当信号从一个间隔传递到法兰时, 就有能量的损耗。通过放置在外壳上的传感器可以检测到超声信号。通常, 采用振动加

速度传感器或是超声传感器，放在所有法兰之间的金属外壳上进行测量。

故障的定位可以通过寻找最大幅值的超声信号或是测量两个传感器之间的时延来确定。通过分析超声信号的形状来区分不同类型的故障。

跳动的微粒引起的信号是宽带的（约 $>1\text{MHz}$ ），并且也比固定缺陷的预放电产生的信号幅值高。当微粒运动离开故障源时，其信号将是空间地衰减。通常，对缺陷而言，超声信号有两个重要参数，幅值和漂浮时间（微粒连续两次碰撞之间的时间），这些参数不仅可以基本上识别故障的类型而且还可以估计故障的危险程度。

靠近放电源由于电极凸起引起的预放电信号具有很宽的频带，但是，由于气体起到低通滤波器的作用，所以当信号从放电源向外壳方向传递时高频分量要衰减。通常，从预放电源检测的信号被限制在低于 100kHz ，信号水平在相同间隔里是完全相同的，而一旦靠近法兰，信号要衰减大约 8dB 。

采用高的信/噪比的装置可以检测到运动微粒产生的视在放电电荷在 5pC 的范围。对电晕放电，检测限制在 2pC 范围。灵敏度随距离增加而下降，这是因为超声信号在GIS中传递时被吸收和衰减的缘故。可是超声信号和视在放电水平不是一一对应的。在变电站，超声测量可以免受电磁干扰的影响，当传感器放置在靠近故障点时，对运动粒子的超声灵敏度通常比任何其他监测方法都要高得多。所以，超声方法对该种故障的检测和定位是很有效的。

A.2.5 超声和甚高频方法灵敏度的校准

对超声和甚高频方法，采用和局部放电检测的灵敏度校准相同的技术原理。首先，一个人工的超声或电脉冲发射一个类似来自真实故障的信号，按IEC 60270方法来确定视在电荷（如 5pC 或更多高些）。然后，在交接试验或运行中将人为脉冲注入GIS，以便校验GIS和测量仪器一起的检测灵敏度。如果这个激励的信号能够被邻近的传感器检测到，那么，在传感器之间的GIS间隔的灵敏度校验就算成功了。
