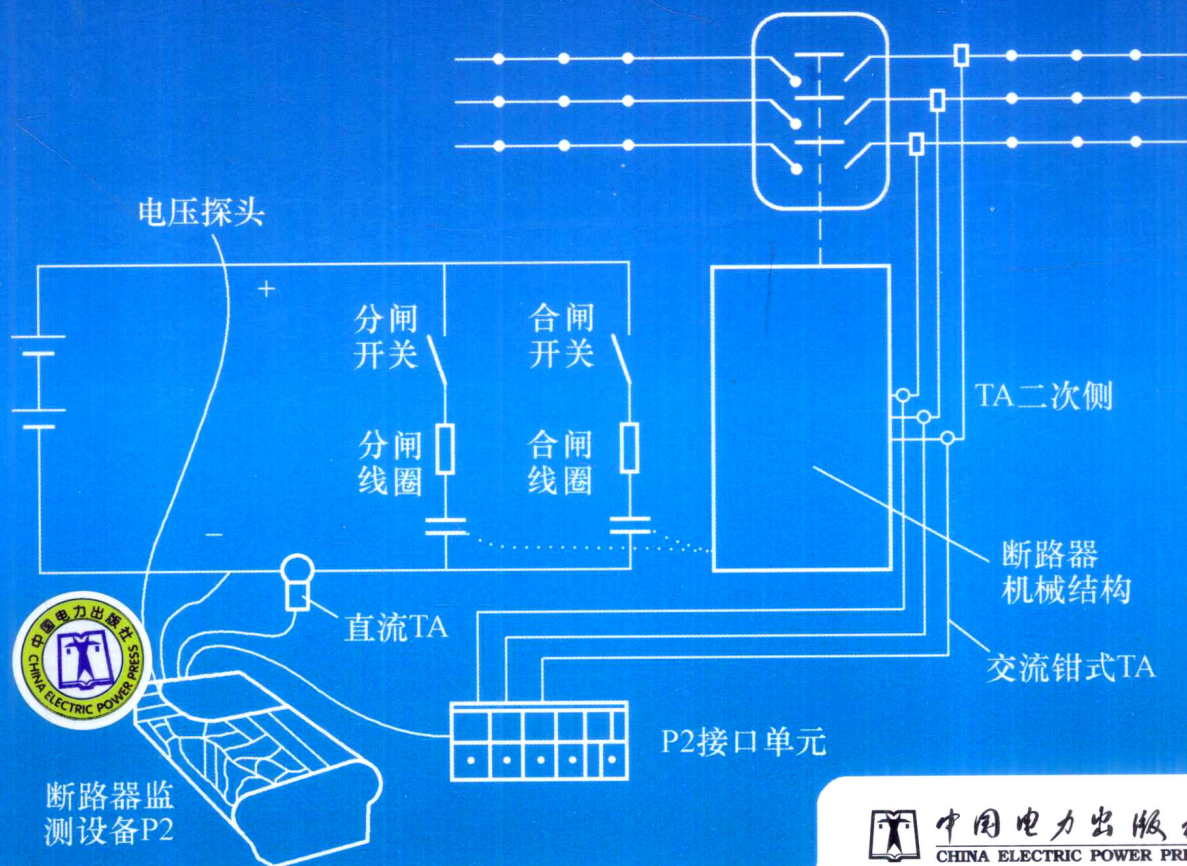


GAOYA DUANLUQI
XIANCHANG WEIHU
YU JIANXIU

高压断路器 现场维护与检修

主编 苏 涛 王兴友



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书由多年从事现场工作,经验丰富的专家,对高压断路器的运行、维护、试验、检修等工作进行了全面、细致地总结,根据高压断路器的运行情况及检修工作中的侧重,确定检修试验的主要内容和项目,把握了检修试验中的薄弱环节,突出工作重点,以确保高压断路器设备的安全、稳定运行。

本书共分为8章,内容包括高压交流断路器、瓷柱式 SF₆ 断路器、气体绝缘金属封闭开关设备、真空断路器、断路器常见故障及处理方法、断路器试验新技术、高压断路器作业指导书、高压开关设备运行分析。

本书作为高压断路器检修、试验的工具书,能够满足发电部门、供电部门、工矿企业等单位中从事生产运行、安装调试、工程验收技术人员的现场需要。

图书在版编目(CIP)数据

高压断路器现场维护与检修/苏涛,王兴友编著.

北京:中国电力出版社,2011.8

ISBN 978-7-5123-2055-0

I. ①高… II. ①苏… ②王… III. ①高压断路器—
维修 IV. ①TM561.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 172095 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 332 千字

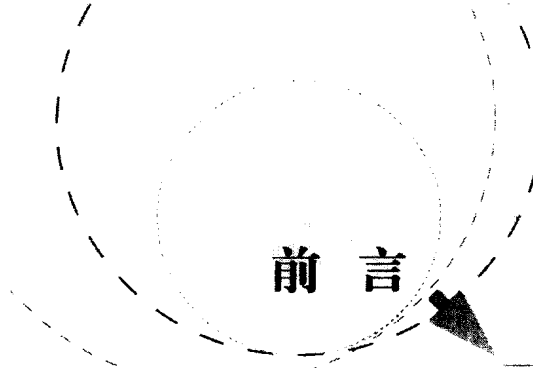
印数 0001—3000 册 定价 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

断路器是输送电能的重要电气设备，其健康水平的高低、运行状况的好坏直接影响到电力系统的安全运行和可靠供电。如何保证断路器安全可靠运行，如何安排恰当的检修试验项目，如何对断路器进行正确的验收，都是保证断路器可靠运行极为重要的问题，也是我们需要认真对待和急需解决的问题。为进一步总结经验，查找存在的问题，加强高压断路器的设备管理，我们对常用高压断路器的运行、维护、试验、检修等工作进行了总结，并根据总结情况，结合现场检修人员的工作需求，特编写本书。

本书编写的目的就是为了规范高压断路器的现场验收，减少验收过程中的人为失误、缺项漏项等，确保现场验收工作可控、在控、能控，提高现场验收质量，保证投入运行的高压断路器符合相关规程、规定、设计的要求。根据总结的高压断路器运行维护经验，进一步加强安装、运行、检修和试验技术人员的培训，全面提高高压断路器技术人员和管理人员的专业素质，建立一支过硬的人才队伍。

本书作为高压断路器检修、试验的工具书，能够满足发电部门、供电部门、工矿企业等单位从事生产运行、安装调试、工程验收技术人员的现场需要。本书共分为8章，内容包括高压交流断路器、瓷柱式SF₆断路器、气体绝缘金属封闭开关设备、真空断路器、断路器常见故障及处理方法、断路器试验新技术、高压断路器作业指导书、高压开关设备运行分析。

本书在编写过程中，针对高压断路器的专业特点，本着全面、细致的原则，同时结合笔者多年的现场工作经验，根据设备运行情况及检修工作中的侧重，确定检修试验的主要内容和项目，真正把握了检修试验中的薄弱环节，突出工作重点，以确保高压断路器设备的安全、稳定运行。

本书由苏涛、王兴友担任主编，具体各章节编写分工如下：王思印、黄国鹏编写第1、2章，王玉忠编写第3章，梁方建编写第4章，王兴友编写第5章，刘勋编写第6章，王兴友、周鑫编写第7章，王玉忠编写第8章。全书由郑新才、黄兴泉老师担任主审，对本书初稿做了仔细审阅，并提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了专家们多次审改才最终定稿，在本书即将出版之时，谨对所有参与和支持本书编写、出版的专家、同行们表示衷心的感谢！

编 者

目 录

高压断路器现场维护与检修

前言

1 高压交流断路器	1
1.1 高压断路器的发展简介	1
1.2 电力系统对交流高压断路器的要求	1
1.3 高压断路器工作原理	2
1.4 高压断路器的分类	5
1.5 操动机构的功能和分类	7
1.6 高压开关设备型号名称	9
1.7 断路器检修的一般规定	11
1.8 断路器检修前的检查和试验	12
1.9 检修项目及技术要求	12
1.10 断路器检修后的调整及试验	16
2 瓷柱式SF₆断路器	18
2.1 LW14-126/145 型断路器	18
2.2 LW25-126/145 型断路器	25
2.3 LW10B-252 型断路器	31
3 气体绝缘金属封闭开关设备	39
3.1 GIS 组合电器的安装与调试	39
3.2 GIS 组合电器的运行与维护	51
4 真空断路器	63
4.1 真空断路器发展简史	63
4.2 我国真空断路器的发展	63
4.3 真空断路器的优点	64
4.4 真空断路器应用中的问题	64
4.5 整体式真空断路器的安装调试及维护	66
4.6 有关真空断路器的研究	69
5 断路器常见故障及处理方法	72
5.1 真空断路器	72
5.2 瓷柱式SF ₆ 断路器	78
5.3 全封闭组合电器	88

6 断路器试验新技术	91
6.1 GIS 超高频局部放电检测技术	91
6.2 SF ₆ 设备气体在线泄漏检测技术	98
6.3 高压断路器动态回路电阻测试技术	102
6.4 断路器分合闸线圈电流波形分析技术	105
6.5 HGIS 智能化在线监测技术	108
7 高压断路器作业指导书	112
7.1 范本 1 (断路器新装)	112
7.2 范本 2 (断路器更换)	121
7.3 范本 3 (断路器 A 级检修)	130
7.4 范本 4 (断路器 B 级检修)	137
8 高压开关设备运行分析	143
8.1 交流高压断路器运行分析	143
8.2 GIS 和 HGIS 运行状况分析	158
8.3 高压开关设备生产运行中存在的主要问题	166
附录 A SF ₆ 开关气体应用及管理	185
附录 B SF ₆ 的检漏方法	188
附录 C SF ₆ 现场水分处理及测量	190
参考文献	192

1

高压交流断路器

1.1 高压断路器的发展简介

断路器 (circuit-breaker) 是能关合、承载、开断运行回路正常电流,也能在规定时间内关合、承载及开断规定的过载电流 (包括短路电流) 的开关设备。

断路器具有如下最基本的功能:

(1) 在关合状态时应为良好的导体,在长时间工作时各部位温度和温升低于最大允许发热温度和允许温升,能够承受短路情况下热的和机械的作用。

(2) 在开断状态时,具有良好的绝缘性能。在不同环境条件下,皆能承受对地同相以及不同相端子间的电压。

(3) 在关合状态的任意时刻,在尽可能短的时间内,能够开断额定开断电流及以下的各种故障电流。

(4) 在开断状态的任意时刻,在短时间内能关合处于短路状态下的电路。

高压断路器也应该能够开断空载长线路的充电电流 (容性电流)、空载变压器的励磁电流 (感性小电流) 等。通常使用的断路器分合频度不大,不经常承载、开断和关合短路电流,但有些特殊断路器也用于频繁分合的场合。

交流高压断路器是电力系统最重要的开关设备,它担负着控制和保护的双重任务。如果断路器不能在电力系统发生故障时迅速、准确、可靠地切除故障,就会使事故扩大,造成大面积的停电或电网事故,因此,高压断路器的好坏、性能的可靠程度是决定电力系统安全的重要因素,高压断路器的发展也直接影响到电力系统的发展。

高压断路器的技术进步以灭弧介质的发展为主线,高压断路器经历了多油—少油—压缩空气— SF_6 (真空) 的发展历程。目前,前面三种类型的断路器已经逐步淘汰。而 SF_6 断路器却在高压、超高压领域独领风骚,目前已经做到 1000kV。 SF_6 高压断路器的发展经历了双压式 (灭弧方式)—单压式—自能式的过程。采用自能式灭弧的断路器所需要的操作功大大减小,一般为压气式的 20%~50%,第二代热膨胀式 SF_6 断路器的操作功仅为压气式的 1/9。弹簧操作机构在自能式断路器上普遍采用。

我国高压开关设备的制造有几十年的历史, SF_6 高压断路器的制造经历了自主开发、技术引进、消化吸收和创新提高的过程。目前,我国已能生产 1000kV 特高压交流断路器。

1.2 电力系统对交流高压断路器的要求

交流高压断路器能在系统故障与非故障情况下实现多种操作,是电力系统最主要的控制与

保护装置，关系到输电、配电和用电的可靠性和安全性，因此，电力系统对高压开关的可靠性要求高。

电力系统对交流高压断路器有以下要求：

(1) 绝缘能力。高压断路器长期运行在高电压下，需有一定的绝缘承受能力，能够长期承受断路器额定电压及以下电压，并能短时承受允许范围的工频过电压、操作过电压和雷电过电压，而其绝缘性能不发生劣化。要求高压断路器对地及断口间具有良好的绝缘性能，在额定电压以及允许的过电压下不致发生绝缘破坏，在额定电压下长期运行时，绝缘寿命在允许范围内。

(2) 通流能力。断路器能够长期承受额定电流，其温升不超过规定允许值。并能短时承受规定范围内的短路电流，其电气和机械性能不发生劣化。要求高压断路器在合闸状态下为良好导体，不仅对正常负荷电流而且对规定的短路电流也能承受其发热和电动力的作用。

(3) 关合、开断能力。断路器能在规定时间内可靠开断其标称额定短路电流及范围内的电流，而不发生重燃和重击穿，在规定时间内能可靠关合规定范围内的故障电流而不致发生熔焊，能承受其电动力影响而不致发生机械破坏。必要时还要开断和关合空载长线路或电容器组等电容负荷，以及开断空载变压器或高压电动机等小电感负荷。

(4) 断路器的动作特性应满足电力系统稳定的要求，尽可能缩短切除故障时间，减轻短路电流对其他电力设备的冲击，提高输送能力和系统的稳定性。

(5) 断路器能够在允许的外部自然环境中长期运行，其性能应不发生劣化，且不影响其使用寿命。

(6) 断路器具备一定的自保护功能、防跳功能、失灵保护、防止非全相合闸功能、合分时间自卫功能、重合闸功能等。

(7) 断路器的监视回路、控制回路应与保护系统、监控系统可靠接口。

(8) 断路器的使用寿命能够满足电力系统要求，包括机械寿命和电气寿命，如现在一般要求断路器机械上可以连续操作 3000 次以上，开断额定短路电流 20 次以上，断路器整体寿命应在 20 年以上。

(9) 高压断路器还应保证在一般的自然环境条件下能够正常运行，并保证一定的使用寿命。

1.3 高压断路器工作原理

SF_6 气体在高压开关设备中的应用是高压开关设备发展中最具深远影响的里程碑，正是 SF_6 断路器的出现才使高压开关设备从中压、高压、超高压一直走到特高压，从而 SF_6 断路器成为高压开关设备中最具影响的开关设备。下面通过 SF_6 断路器来介绍高压断路器的工作原理。

1.3.1 SF_6 气体电气特性

(1) SF_6 是卤族元素氟的化合物，卤族元素电负性较强，易于吸附电子形成负离子同时释放出能量。

(2) 负离子平均自由行程远比电子小，又容易与正离子复合而变成中性粒子，这样就减少了间隙中的自由电荷。

(3) SF_6 的分子量是空气的 5 倍，因此 SF_6 离子与空气中氮、氧离子相比，在同样的场强作用下，速度要慢得多，这更有利于复合而使气体中的带电粒子减少。这种特性使 SF_6 成为一种高电气强度的气体介质，在均匀电场下 SF_6 的电气强度约为同一气压下空气的 2.5~3 倍，3 个大气压下 SF_6 的电气强度约与变压器油相当。

1.3.2 SF₆ 气体绝缘特性

(1) 电场均匀性对 SF₆ 气体击穿电压的影响远比空气大, 而和压缩空气的击穿特性相似, 即 SF₆ 气体在极不均匀电场下的击穿电压与在均匀电场下的相比, 降低程度比空气要大得多。在 SF₆ 气体中影响固体绝缘沿面放电电压的主要因素有: ①电场分布的均匀程度。②固体绝缘与电极接合部的气隙情况。③介质表面的光滑与清洁度。

(2) SF₆ 气体中的水分对绝缘的影响: ①SF₆ 气体中微量水分虽然对 SF₆ 气体本身的绝缘强度影响不大, 但水分凝露附着在断路器内部的盆式绝缘子、绝缘拉杆等固体绝缘件上时, 会大大降低这些绝缘件的沿面闪络电压, 从而影响断路器的运行性能。②在电弧的作用下, 水分会参与 SF₆ 气体的分解反应, 而生成剧毒的、腐蚀性很强的氟化氢、亚硫酸等分解物, 它们会对高压断路器内部零部件产生腐蚀作用, 降低绝缘件的绝缘性能, 腐蚀金属部件的表面镀层, 影响灭弧室内的电场均匀性, 从而影响到断路器的绝缘性能和灭弧性能。一般来说, SF₆ 断路器中水分含量越大, 对断路器的损害越严重, 而且有毒分解物的存在也是断路器检修人员应注意的安全问题。③气压过高时, SF₆ 容易液化, 在严寒地区使用受到限制。

1.3.3 SF₆ 气体的灭弧特性

SF₆ 气体作为灭弧介质, 有以下许多独特的优点:

- (1) SF₆ 分子中完全没有碳元素。
- (2) SF₆ 气体中没有空气, 这可以避免触头氧化, 大大延长了触头的电寿命。
- (3) SF₆ 在电弧作用下所形成的所有化学特性比较活泼的杂质在电弧熄灭后极短的时间内又能重新合成, 这样既可消除对人体的危害, 又可保证处于封闭中的 SF₆ 气体的纯度和灭弧能力。
- (4) SF₆ 是一种最好的电负性气体, 能很快地吸附自由电子而结合成带负电的离子, 又容易与正离子复合成中性粒子, 去游离能力强。
- (5) SF₆ 气体的分解温度 (2000K) 比空气 (主要是氮气) 的分解温度 (7000K 左右) 低, 而所需要的分解能量高, 因此, SF₆ 气体分子分解时吸收的能量多, 对弧柱的冷却作用强。
- (6) SF₆ 气体中电弧的熄灭原理与空气中电弧及油中电弧的熄灭原理不同, 不是依靠气流等的冷却作用, 而主要是利用 SF₆ 气体特异的热化学和强电负性等特性, 才使 SF₆ 气体具有强大的灭弧能力, 对于 SF₆ 断路器来说, 提供大量新鲜的 SF₆ 分子并使之与电弧接触是熄灭电弧最有效的方法。

1.3.4 SF₆ 高压断路器灭弧室及灭弧过程

图 1-1、图 1-2 为典型 SF₆ 断路器灭弧室结构图。

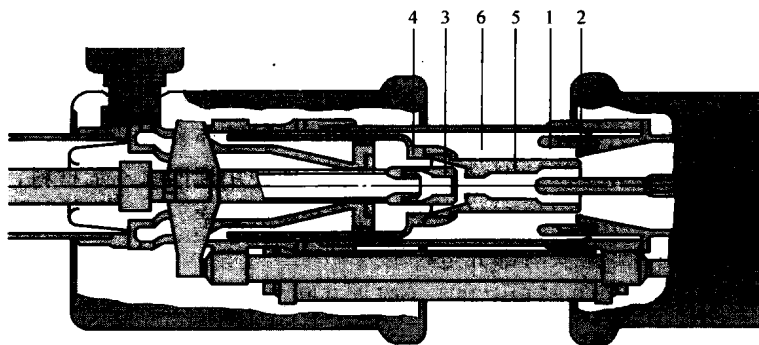


图 1-1 ABB 公司 GIS 用 SF₆ 断路器灭弧室机构图

1—静主触头; 2—静弧触头; 3—动弧触头; 4—动主触头; 5—喷嘴; 6—SF₆ 气体

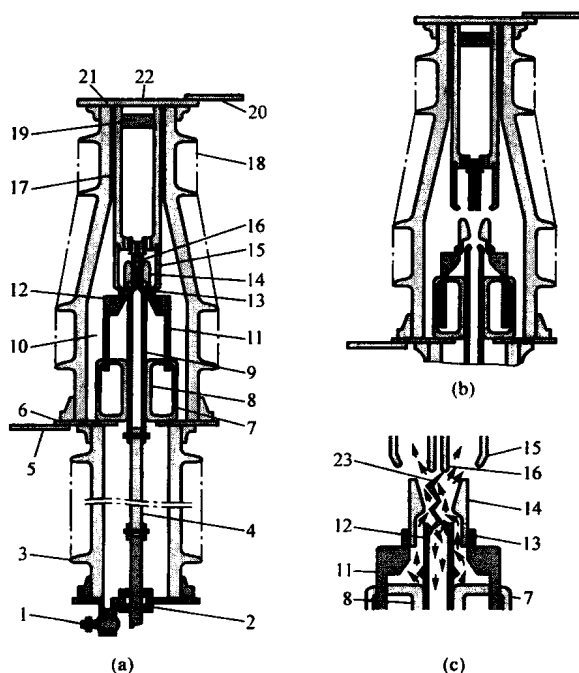


图 1-2 自能式 SF₆ 断路器灭弧室结构及灭弧原理图（变开距）

(a) 合闸位置；(b) 分闸位置；(c) 灭弧过程示意图

1—气阀；2—滑动密封；3—支持瓷套；4—绝缘拉杆；5—下接线端子；6—法兰；7—中间触指；
8—活塞；9—活塞拉杆；10—SF₆ 气体；11—压气缸；12—动弧触头；13—动触头；14—喷口；
15—静触头；16—静弧触头；17—触头支撑座；18—灭弧室瓷套；19—吸附剂；20—上接线端；
21—“O”形密封圈；22—法兰；23—电弧

SF₆ 断路器的灭弧室要求如下：

(1) 在最有利的距离（电弧熄灭后能保持绝缘的距离）和最有利的时间（电流的第一个，最多第二个过零点）熄灭电弧。

(2) 在最有利的开距和第一个零点时，保证吹弧时的压力为音速。

(3) 为了充分发挥 SF₆ 气体绝缘和灭弧能力优势，提高断路器的断口电压和短路开断能力，应该尽量提高灭弧室（包括灭弧过程中）的电场均匀性。如西门子公司的定开距灭弧室就应特别注意灭弧室的电场均匀性，但过分强调电场均匀性也会提高操作功的要求。

(4) 灭弧室的电流回路、灭弧触头既要保证正常运行长期通过足够大的负荷电流，又要保证能开断足够大的故障电流，一般 SF₆ 断路器的通流触头（主触头）和灭弧触头分开设计。

触头结构，对于一般变开距灭弧室，主触头采用独特的整体自力型触头，无触头弹簧，电接触稳定可靠。弧触头采用整体烧结的铜钨触头，喷口一般使用聚四氟乙烯材料，抗电弧烧蚀能力强，因此工作特性稳定可靠。而对于西门子公司的定开距灭弧室，为了加强触头的抗烧蚀能力和提高灭弧室内电场的均匀性，触头有部分是石墨。

图 1-3、图 1-4 分别是变开距和定开距灭弧室开断过程示意图。

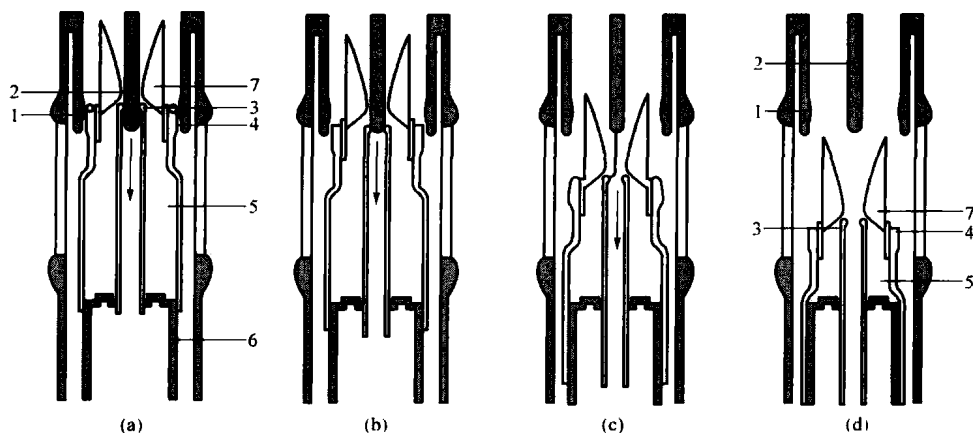


图 1-3 变开距灭弧室开断过程示意图

(a) 合闸位置; (b) 开始分闸—主触头分离—电流转移到弧触头;
(c) 继续分闸—产生电弧—压缩 SF_6 气体对电弧冷却—电弧熄灭; (d) 开断完毕—处于分闸状态
1—静主触头; 2—静弧触头; 3—动弧触头; 4—动主触头; 5—压气缸; 6—压气活塞; 7—喷嘴

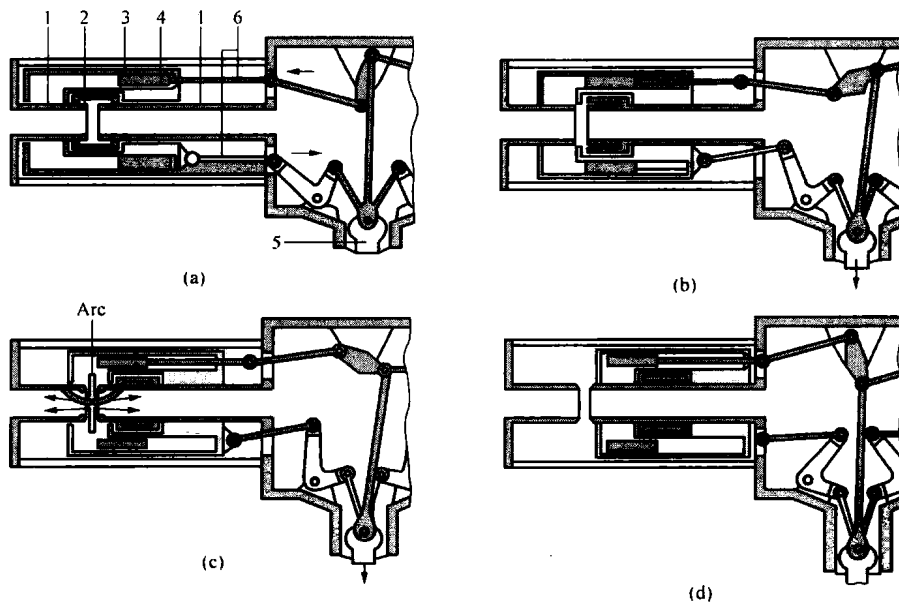


图 1-4 定开距灭弧室开断过程示意图

(a) 合闸位置; (b) 开始分闸—压气阶段; (c) 继续分闸—灭弧; (d) 开断完毕—分闸状态
1—触头; 2—滑动触头 (动触头); 3—压气活塞; 4—压气缸; 5—绝缘拉杆; 6—连杆

1.4 高压断路器的分类

按照不同的标准, 高压断路器有不同的分类方法, 通过对高压断路器的分类, 可以深入理解高压断路器的相关概念和特点。

1.4.1 按照断路器灭弧介质的不同分类

(1) 油断路器。触头在变压器油 (断路器油) 中开断, 利用变压器油 (断路器油) 作为灭弧介质的断路器。

(2) 压缩空气断路器。以压缩空气作为灭弧介质和绝缘介质的断路器。

(3) SF₆ 断路器。以 SF₆ 气体作为灭弧介质或兼作绝缘介质的断路器。

(4) 真空断路器。触头在真空中开断, 利用真空作为绝缘介质和灭弧介质的断路器, 真空断路器需求的真空度在 10^{-4} Pa 以上。

还有磁吹断路器、固体产气断路器等类型。

1.4.2 按照断路器装设地点的不同分类

(1) 户外高压开关设备。能承受风、雨、雪、污秽、凝露、冰及浓霜等作用, 适于安装在露天使用的高压开关设备。

(2) 户内高压开关设备。不具有防风、雨、雪、污秽、凝露、冰及浓霜等性能, 适于安装在建筑物内使用的高压开关设备。

对于户外和户内开关设备的制造工艺、技术要求都不同, 一般对户外高压开关设备的要求更严一些, 其价格也贵得多, 但户内设备需要专门的建筑物。一般在城市内为了安全和美化环境, 户内高压开关设备使用较多。

1.4.3 按照断路器的总体结构和其对地的绝缘方式不同分类

断路器的结构很多, 型式各异, 但基本上是由导电主回路、绝缘支撑件、灭弧室和操动结构几部分组成。

(1) 导电主回路。通过动触头、静触头的接触与分离实现电路的接通与隔离。

(2) 灭弧室。使电路分断过程中产生的电弧在密闭小室的高压力下于数十毫秒内快速熄灭, 切断电路。

(3) 操动机构。通过若干机械环节使动触头按指定的方式和速度运动, 实现电路的开断与关合。

(4) 绝缘支撑件及传动部件。通过绝缘支柱实现对地的电气隔离, 传动部件实现操作功的传递。

1.4.4 SF₆ 断路器的总体结构一般分为瓷柱式和罐式两种

(1) 瓷柱式 (又称支持瓷套式或敞开式)。这一类型断路器的结构特点是安置触头和灭弧室的容器 (可以是金属筒也可以是绝缘筒) 处于高电位, 靠支持瓷柱对地绝缘, 它可以用串联若干个开断元件和加高对地绝缘的方法组成更高电压等级的断路器, 图 1-5 是典型的瓷柱式断路器。

(2) 罐式 (又称接地金属箱型或落地罐式)。其特点是触头和灭弧室安装在接地金属箱中, 导电回路由绝缘套管引入, 对地绝缘由 SF₆ 气体承担, 图 1-6 是典型的罐式断路器。

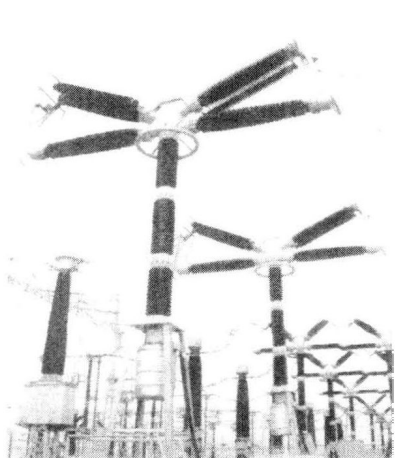


图 1-5 瓷柱式断路器 (LW10B-550)

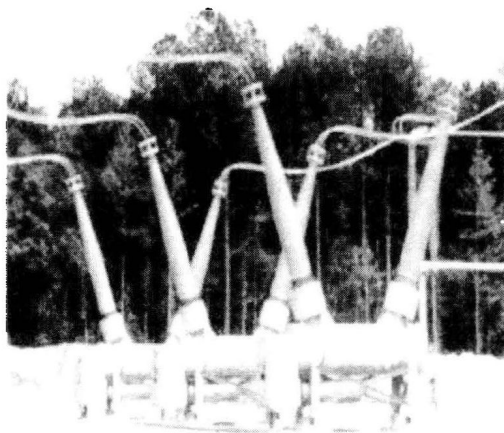


图 1-6 罐式断路器 (LW13-550)

1.5 操动机构的功能和分类

1.5.1 高压断路器对操动机构的要求

高压断路器分合闸动作是靠操动机构来完成的,因此断路器的工作性能,特别是动作特性直接由操动机构所决定,高压断路器对操动机构的主要要求如下:

(1) 动作可靠、稳定,制动迅速。断路器操动机构在接到动作命令后,动作必须准确可靠,动作时间和分合闸速度满足该断路器标称的技术指标,同时多次动作的动作参数应具备很好的重复性,分散性在规定范围内。

(2) 足够的操作能量,满足断路器开断、关合要求。特别是在关合短路故障时,存在很大的阻碍断路器合闸的电动力,如果关合不能到底,以致下次开断难以完成,将严重烧伤触头和喷口,或者导致灭弧室爆炸,因此要求操动机构必须有足够大的操作功来克服此电动力,迅速、可靠完成合闸任务,提供足够大操作功,使动作参数如分、合闸时间和速度满足规定要求。断路器在完全储能状态,并且需要再次储能时,对于具备重合闸功能的断路器,储能应能保证操动机构完成一次重合闸操作或者两次合分操作。

(3) 防“跳跃”功能。当断路器关合有故障电路时,断路器将自动分闸。若此时合闸命令还未解除,断路器分闸后将再次合闸,接着又会分闸。这样,断路器可能出现多次关合和开断短路故障,这一现象就称为“跳跃”。出现“跳跃”现象时,断路器多次反复关合和开断故障电流,会造成触头严重烧伤,甚至引起断路器爆炸事故。因此断路器必须具备防“跳跃”功能,一般有机械和电气两种方法。电气方法一般是通过在控制回路中装设防跳继电器来实现,在分合闸命令同时施加的情况下,防跳继电器使分闸优先。防跳继电器由分闸命令直接启动,并通过继电器的触点使防跳继电器保持在励磁状态,它们的触点完全切断合闸线圈励磁回路,使断路器不能合闸,直到合闸命令解除为止。装设自由脱扣装置是常用的防止“跳跃”的机械方法。如CD2-40机构,当断路器关合预伏故障,跳闸铁心顶杆打开四联杆脱扣机构,使执行五联杆中的合闸滚轮偏离合闸铁心顶杆,即使合闸铁心继续执行合闸命令,合闸滚轮沿合闸铁心顶杆外侧下滑实现自由脱扣,而不会再次合闸,达到了防止“跳跃”的目的。

(4) 防慢分功能。一般液压机构有下面几种闭锁方式:

1) 电气闭锁。当断路器和隔离开关处在合闸位置时,如果操动机构油压非常低,或降至零压时,控制回路自动切断油泵电动机电源,禁止启动打压。

2) 防慢分阀。有三种方法:①将二级阀活塞锁住或加防慢分装置。②在三级阀处设置手动阀,油压降至零压时,将手动阀拧紧,使油压系统保持在合闸位置;当油压重新建立后松开此手动阀。③设计管状差动锥阀,该阀无论开关在分、合闸位置,只要系统一旦建立压力,不管压力有多大,该管状差动锥阀都将产生一个为维持在分、合闸位置的保持力。

3) 机械闭锁装置。利用机械手段将工作缸活塞杆维持在合闸位置,待机械故障处理完毕后方可拆除机械支撑。

(5) 联锁功能。分、合闸位置闭锁,保证断路器在合闸位置时合闸控制回路断开而不能通电,在分闸位置时分闸控制回路断开而不能通电;高、低气(油)压闭锁,或弹簧到位闭锁,保证断路器只有在操动机构处在合格的气(油)压闭锁,或者在合闸弹簧拉紧后才能合闸;断路器和隔离开关之间联锁,利用断路器的辅助开关触点和隔离开关的操动机构之间设立电磁联锁,保证断路器只有在分闸位置时才能操作隔离开关。

(6) 缓冲功能。断路器的分合闸速度很快,在合闸和分闸到底的时候要使高速运动触头平稳

地停止下来，减少在制动时的巨大冲击力的破坏作用，需要在操动机构上装设缓冲装置。比较典型的有油缓冲装置和弹簧缓冲装置。

(7) 具备重合闸、三相不一致、失灵保护功能。断路器本身具备在断路器分闸后接到重合闸命令时能可靠重合闸的功能。断路器还需具备三相不一致、失灵保护功能。

(8) 与保护及监控系统的接口功能。操动机构的控制回路以及监控装置能够与保护、监控系统接口，保护能够控制断路器操作，监控信号能够完全传送到变电站监控系统。

(9) 足够的使用寿命。一般应保证与断路器本体相同的使用寿命，并且应保证断路器可靠操作 3000 次以上。

(10) 使用环境、环保要求，具备防火、防小动物、驱潮功能。

(11) 断路器的操动机构还应满足各种使用环境的要求，对于外界温度，特别是液压和气动机构应具备自保护和补偿功能，因为液压机构和气动机构的动作特性受温度影响比较大。

高压 SF₆ 断路器的操动机构有多种型式，如弹簧操动机构、气动机构、液压机构、液压弹簧机构等。

1.5.2 几种操动机构的特点

断路器的操动机构是决定断路器操作性能的重要部分，造价约占整个断路器的 1/3。断路器操动机构的发展与断路器本身灭弧技术的进步以及社会工业水平发展密切相关。断路器从油断路器到空气断路器，再到 SF₆ 断路器，其灭弧性能大大提高，SF₆ 断路器从双压式到单压式，再发展到自能式和混合式，断路器所需要的操作功逐步减小。随着电力系统对节能和环保问题的高度重视，操动机构从手力操动机构、电磁操动机构、液压操动机构、压缩空气操动机构，到弹簧机构和数字电动机操动机构，操动机构也逐步在发展和进步，大量先进技术被应用到传统的操动机构中来。

在 126~550kV 高压断路器中，配用的操动机构主要有液压、气动、弹簧机构。如 126kV 的断路器和 GIS 主要是自能式灭弧断路器，一般配弹簧机构。252kV 高压开关设备灭弧方式有单压式、自能式和混合式三种，三种机构都有使用。363~550kV 断路器、HGIS、GIS 主要灭弧方式有压气式或混合式，三种类型机构也都有使用。对于需要操作功较大的定开距灭弧室的高压开关设备，一般配用液压操动机构，对于特高压使用的 HGIS 等也需要很大操作功，需配用液压操动机构。用户根据自身的维护经验，在操动机构的选用上也有不同的要求，在我国南方地区比较倾向液压和弹簧机构，而在北方地区则更多使用气动和弹簧机构。表 1-1 是断路器各种操动机构的特点比较。

表 1-1 断路器各种操动机构的特点比较

型 式	主 要 优 点	主 要 缺 点	备 注
手动操动机构	(1) 结构简单，价廉； (2) 不需要电源作合闸能源	(1) 不能遥控和自动合闸； (2) 合闸能力小； (3) 就地操作，不安全	用于 10kV 以下小容量断路器
电磁操动机构	(1) 结构简单，加工容易； (2) 运行经验多	(1) 需要大功率的直流电源； (2) 耗费材料多	原来 110kV 以下油断路器多采用此机构，在真空断路器上开始采用永磁机构
液压操动机构	(1) 不需要大功率的直流电源； (2) 暂时失去电源也能操作； (3) 合闸操作中，机构输出特性与断路器输入特性配合较好； (4) 功率大、动作快、操作平稳	(1) 加工精度要求高； (2) 渗漏问题突出； (3) 价格较贵	使用于需要操作功比较大的高压开关设备

续表

型 式	主 要 优 点	主 要 缺 点	备 注
气动操动机构	(1) 不需要大功率的直流电源; (2) 暂时失去电源也能操作	(1) 需要空气压缩机; (2) 对大功率机构, 结构笨重	排水问题突出, 在高压断路器中使用较多
弹簧操动机构	(1) 需求电源容量小; (2) 暂时失去电源也能操作; (3) 交直流电源均可使用	(1) 对弹簧材料、工艺要求高; (2) 合闸操作中, 机构输出特性与断路器输入特性配合较差; (3) 检测难度大	适合自能式断路器及需要操作功小的断路器
电动机机构	(1) 结构简单、动作可靠; (2) 数字技术与电动机控制技术结合, 技术先进	(1) 依赖数字技术, 抗干扰要求高; (2) 输出功率较小	适合操作功小的开关设备, 在 ABB 公司的开关设备中有应用

1.6 高压开关设备型号名称

我国的高压开关设备的名称是按照国家规程命名, 且由国家相关行业管理机构来颁发的, 现在由中国机械工业联合会委托西安高压电器研究所负责办理高压开关产品型号证书工作。型号名称详细规定见 JB/T 8754—1998《高压开关设备型号编制办法》, 命名原则如图 1-7 所示。

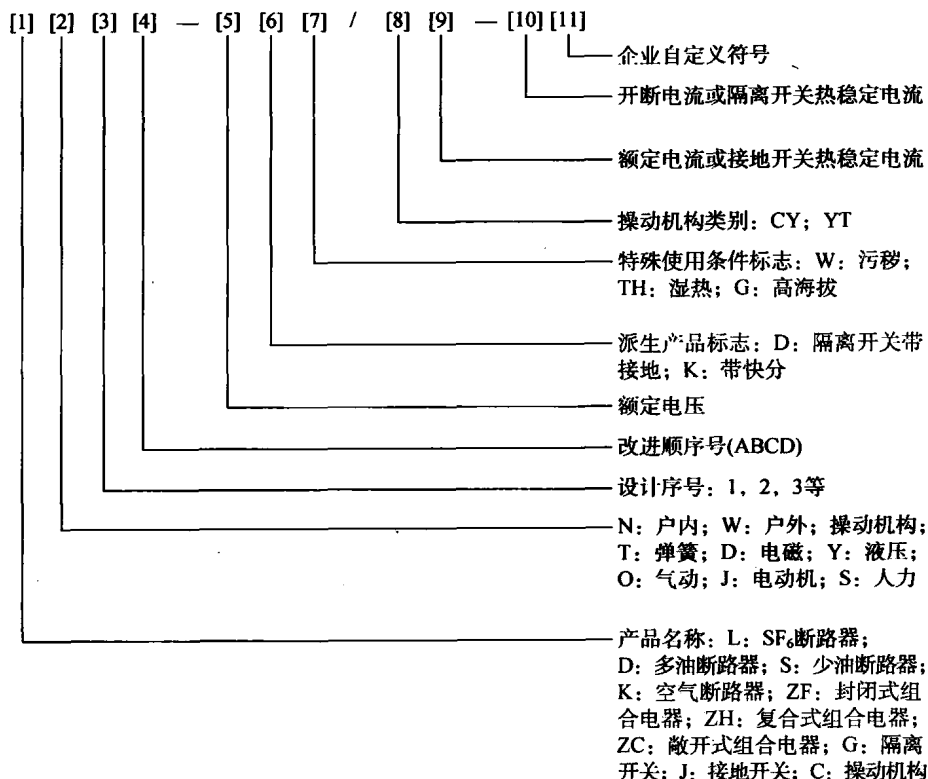


图 1-7 我国的高压开关设备的命名原则

例如: 平高集团有限公司(原平顶山开关厂, 简称平高)的 LW10B-550/YT3150-DZ 型 SF₆ 高压断路器, 以及 ZF1-220 (组合电器, GIS)。

而国外公司的高压开关设备的产品型号名称由各公司自行制定, 所以不同公司产品型号命

名差别很大，下面举例介绍。ABB 公司断路器命名原则（原 BBC）如图 1-8 所示。

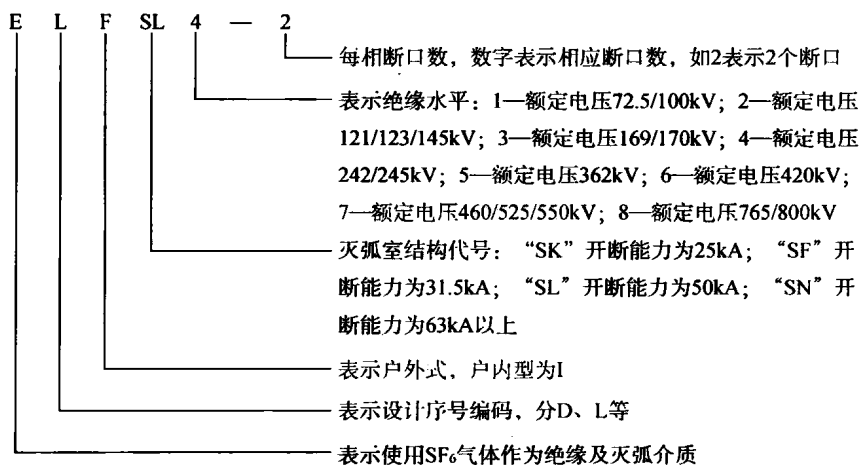


图 1-8 ABB 公司断路器命名原则

ABB 公司成立后，推出原来为 ASEA 公司的产品，一般配弹簧操动机构，有 LTB 系列采用自能式灭弧室的断路器，还有压气式灭弧室的 HPL 系列断路器，ELK-SL（SP）型为 GIS，500PM50 是罐式断路器。

西门子公司断路器命名原则，典型例子：3AT3EI-550，是带合闸电阻的双断口 550kV SF₆ 断路器（见图 1-9）。

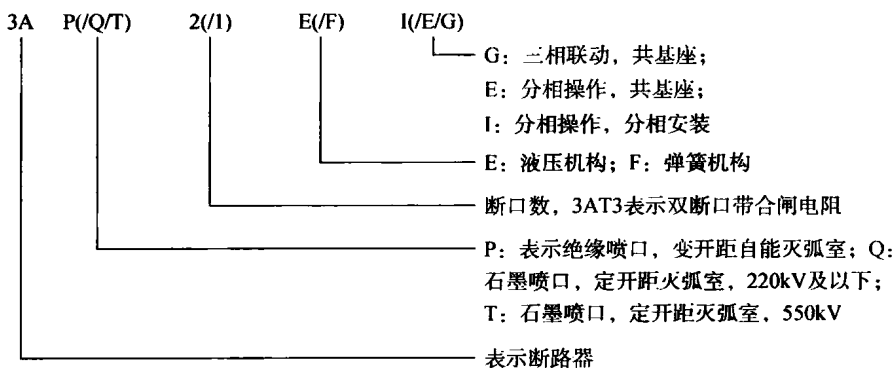


图 1-9 西门子公司高压断路器命名原则

AREVA（ALSTOM）公司断路器命名原则，FX 系列为热膨胀（自能），GL 系列为新一代灭弧室的 SF₆ 断路器（见图 1-10、表 1-2）。

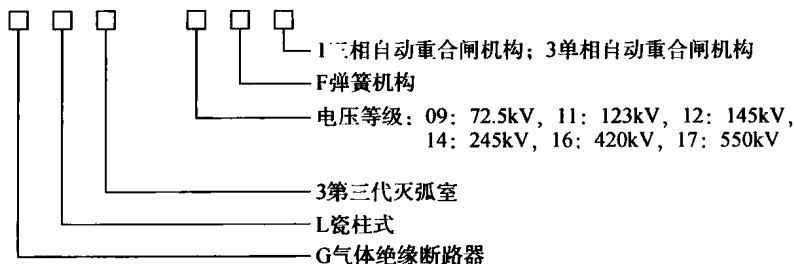


图 1-10 AREVA（ALSTOM）公司断路器命名原则

表 1-2 AREVA (ALSTOM) 公司断路器命名原则

		38kV	72.5kV	145kV	170kV	245kV	362kV	420kV	550kV	800kV							
25kA	—25	GL107	GL309	GL312	GL313	GL314	GL315	GL316	GL317 FX22 FX32	GL318 FX42							
	—30																
	—40				GL200												
31.5 kA	—25	GL309	GL313		GL314	GL315					GL316	GL317 FX22 FX32	GL318 FX42				
	—30																
	—40		GL200														
40kA	—25		GL313		GL314									GL315	GL316	GL317 FX22 FX32	GL318 FX42
	—30																
	—40		GL200														
50kA	—25	GL200					GL315	GL316	GL317 FX22 FX32	GL318 FX42							
	—30																
	—40																
60kA	—25	FX12					FX22/FX32		GL317 FX22 FX32	GL318 FX42							
	—30																
	—40																

如：800kV 产品序列号为 FX42D，其中第一个数字 4 表示每相的断口数，第二个数字 2 表示断口类型，后面的 D 表示合闸电阻（如写 Z 则表示并联有氧化锌元件）。

1.7 断路器检修的一般规定

1.7.1 检修的分类

(1) 大修：对设备的关键零部件进行全面解体的检查、修理或更换，使之重新恢复到技术标准要求的正常功能。

(2) 小修：对设备不解体进行的检查与修理。

(3) 临时性检修：针对设备在运行突发的故障或缺陷而进行的检查与修理。

1.7.2 检修的依据

应根据设备的状况、运行时间，并参照设备安装使用说明书中推荐的实施检修的条件等因素，来决定是否应该对断路器进行检修。

(1) 对于实施状态检修的设备。应根据对设备全面的状态评价结果来决定对断路器执行何类检修（A、B、C、D）。

(2) 对于未实施状态检修的设备。一般应结合设备的预防性试验进行小修，但周期不能超过 3 年（依据国家电网公司《设备状态检修规章制度和技术标准汇编》，基准周期可延长 1.5 倍）；如果满足表 1-3 中规定的条件之一，则应该对其进行大修。

表 1-3 断路器满足大修的条件

序号	断路器类型	电 寿 命	机 械 寿 命	运行时间
1	SF ₆	累计故障开断电流达到设备技术条件中的规定	机械操作次数达到设备技术条件中的规定	12~15 年
2	少油断路器	累计故障开断电流达到设备技术条件中的规定	机械操作次数达到设备技术条件中的规定	6~8 年

续表

序号	断路器类型	电 寿 命	机 械 寿 命	运行时间
3	真空断路器	累计故障开断电流达到设备技术条件中的规定	机械操作次数达到设备技术条件中的规定	8~10 年

(3) 临时性检修。针对运行中发现的危急缺陷、严重缺陷，应及时进行检修。

1.8 断路器检修前的检查和试验

为了解高压断路器检修前的状态以及对检修后试验数据进行比较，在检修前，应对被检断路器进行检查和试验。断路器检修前的检查和试验项目如下。

(1) 断路器检修前的检查项目。

- 1) 外观检查。
- 2) 渗透检查。
- 3) 瓷套检查。
- 4) 压力指示。
- 5) 动作次数。
- 6) 储能器检查等。

(2) 断路器检修前的试验项目。

- 1) 断路器开距、接触行程（超行程）测量。
- 2) 断路器主回路电阻测量。
- 3) 断路器特性试验。在额定操作压力和额定操作电压下，分别测量断路器三相的合闸时间、合闸速度、分闸时间、分闸速度、同相断口间的同期及三相间的同期以及辅助开关动作时间与主断口的配合等。
- 4) 断路器的低电压动作试验。在额定操作压力状态下，分别测量并记录断路器合闸、分闸最低动作电压。
- 5) 断路器液压（气动）机构的零压起打压时间及补压时间试验。

1.9 检修项目及技术要求

1.9.1 高压断路器本体的检修项目及技术标准

SF₆ 断路器本体的检修项目及技术要求见表 1-4。

表 1-4 SF₆ 断路器本体的检修项目及技术要求

检修部位	检 修 项 目	技 术 要 求
瓷套（柱式断路器） 或套管（罐式断路器） 检修	(1) 均压环。 (2) 检查瓷件内外表面。 (3) 检查主接线板。 (4) 检查法兰密封面。 (5) 对柱式断路器并联电容器进行检查	(1) 均压环应完好无形。 (2) 瓷套内外无可见裂纹，浇装无脱落，裙边无损坏。 (3) 接线板应无变形、无开裂，镀层应完好。 (4) 密封面沟槽平整无刮伤。 (5) 电容器应无渗漏油现象，电容量和介损值符合要求