



电气设备及运行维护系列

高压断路器分册

张全元 编著

DIANQI SHEBEI JI YUNXING WEIHU XILIE
GAOYA DUANLUQI FENCE



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电气设备运行维护系列

高压断路器分册

张全元 编著

DIANQI SHEBEI JI YUNXING WEIHU XILIE
GAOYA DUANLUQI FENCE



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电气设备运行维护系列》主要从基础知识、原理、结构、相关标准要求及运行维护等方面对电气设备进行全面介绍。本丛书内容是编者多年现场工作的经验与总结，实用性强。

本书为《高压断路器分册》，共四章。主要包括高压断路器的基础知识、SF₆断路器、真空断路器、断路器的运行维护。

本书可作为电力系统现场运行维护人员及技术管理人员的培训、自学用书，还可作为电力工作者及大专院校相关专业师生的阅读参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设备运行维护系列. 高压断路器分册/张全元编著. —北京: 中国电力出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-5123-9354-7

I. ①电… II. ①张… III. ①电气设备—维修②高压断路器—维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 111234 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

*

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 332 千字

印数 0001—2000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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

编 委 会

编 著 张全元

参编人员 龚新桥 王永清 叶 茂 何彦平

刘光毅 刘克岐 杨爱民 张希成

付连杰 周杰茹 陶 爽 顾正江

主 审 温先卫 赵连政 陈元建

前 言

自 1981 年 1 月参加工作到本书的出版, 作者已在电力系统从事变电运行维护及培训工作有 34 年。在这 34 年中, 有 20 多年利用业余时间从事与变电运行、变电站设备技术、事故处理及仿真培训有关的专业书籍的编写工作, 并先后出版了《变电运行现场技术问答》《变电站现场事故处理及典型案例分析》等 12 本专著。在工作中不断地总结, 在总结中不断地深化, 在深化中不断地探索, 在探索中不断地提高, 随着知识面的不断深入和拓展, 作者萌发了编写电气设备系列丛书的想法, 经过与业内人士和出版社编辑的多次探讨, 决定编写《电气设备 & 运行维护系列》丛书。

本套丛书站在现场运行维护人员的角度, 从设备的基础知识、原理、结构、标准规定、运行维护等进行全面介绍。本书是《电气设备 & 运行维护系列》丛书的第三本。

全书共四章, 分别是高压断路器的基础知识、SF₆ 断路器、真空断路器和断路器的运行维护。

全书由国网湖北省电力公司检修公司张全元编著, 由国网湖北省电力公司检修公司李洪波、陈元建, 国网冀北电力有限公司培训中心赵连政审核。

在编写本书时, 参考了大量的相关书籍, 在此对原作者表示衷心的感谢。向为本书再版提供资料及提出宝贵意见的读者和工程技术人员表示衷心的感谢。

由于经验和水平所限, 书中难免出现疏漏和不妥之处, 敬请读者批评指正。

编 者

2016.8

目 录

前言

第一章 高压断路器的基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 高压断路器主要性能参数及选用	6
第三节 交流电弧	17
第四节 高压断路器短路电流的开合	21
第五节 高压断路器负荷电流的开合	33
第二章 SF₆ 断路器	48
第一节 SF ₆ 断路器的基本工作原理	48
第二节 SF ₆ 断路器的基本结构	52
第三节 SF ₆ 断路器操动机构	58
第四节 SF ₆ 断路器的附件	70
第五节 支柱式断路器典型产品	85
第六节 罐式断路器典型产品	96
第七节 组合电器 GIS、HGIS 典型产品	104
第三章 真空断路器	124
第一节 真空的基本知识	124
第二节 真空断路器的发展和应用	130
第三节 12~40.5kV 真空断路器技术参数及要求	136
第四节 真空断路器基本结构	147
第五节 真空断路器操动机构	161
第六节 真空断路器典型产品	164
第四章 断路器的运行维护	172
第一节 高压断路器的运行维护	172

第二节	气体绝缘金属封闭开关设备的运行维护	180
第三节	12~40.5kV 户外开关设备的运行维护	191
第四节	断路器的检修	200
第五节	12kV 真空断路器的检修	205
参考文献		211

高压断路器的基础知识

第一节 概 述

断路器是一个融合了机械结构和电气控制元件的组合物，它可能一年半载都不动作一次，但一有指令，则必须在很短的时间内完成相应动作。机械磨损、润滑失效、腐蚀老化等原因都可能导致断路器性能劣化，动作时间变慢或完全无法分闸将可能导致断路器保护失效或备用保护动作，甚至造成大面积停电。本书主要讨论 10kV 及以上高压断路器。

高压断路器在电网中起着控制与保护作用，能开断、关合和承载运行线路的正常电流，并能在规定时间内承载、关合和开断规定的异常电流（如短路电流）的电器设备。按照 IEC 标准的定义是指：所设计的分、合装置应能关合、导通和开断正常状态电流，并能在规定的短路等异常状态下，在一定时间内进行关合、导通和开断。其附注中又规定：通常使用的断路器分合频率应不大，但某种特殊形式的断路器也可用于频繁分合。

由于高压断路器在电力系统中具有重要作用，所以其运行状态将直接影响整个电力系统的稳定性和供电的可靠性。随着经济社会对电能的需求量、对电能质量和供电可靠性的要求越来越高，人们对电能的依赖程度越来越高，同时电力系统的规模与容量与日俱增，相应地对高压断路器安全性和可靠性提出了更高的要求。

一、断路器的分类

1. 按使用电压分类

断路器分为低压断路器和高压断路器。一般将电力系统中使用的额定电压为 3kV 及以上的断路器分为高压断路器。

2. 按输电方式分类

断路器分为交流断路器和直流断路器。

3. 按灭弧介质分类

目前我国主要使用的有以下两种：

(1) 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。

按 SF₆ 高压断路器的灭弧室结构特点，单压式 SF₆ 断路器又分为：

1) 定开距型。定开距灭弧室的构造是两个固定的金属喷嘴保持不变的开距，动触桥与绝缘材料制成的压气室一起运动，当动触桥金属离开喷嘴时，压气室内的高压气体经电弧、

喷嘴向外排出。定开距灭弧室原理示意图如图 1-1 所示。当操动杆接到分闸命令时，两个传动杆开始运动，上面传动杆（如图 1-1 所示）推动压气活塞向左运动，而下面传动杆推动压气罩和动触桥向右运动，由于压气活塞和压气罩相对运动，使压气腔内的 SF₆ 气体压力迅速上升，当动触桥与左边喷嘴分离时，电弧产生，随后电弧转移至喷口内壁，SF₆ 气体开始强烈吹弧，直至电弧熄灭。定开距灭弧室有以下特点：

- ① 定开距灭弧室开距小，电弧电压低，电弧能量低，对提高开断电流有利。
- ② 触头开距小，断口（喷口）固定不动，电场均匀性好。
- ③ 压气室离电弧区较远，不易出现绝缘材料烧损问题，触头间的绝缘强度较高。
- ④ 断口间距小，绝缘裕度小。
- ⑤ 预压缩时间长，全开断时间也长，采用活塞与压气罩相对运动有所改善。
- ⑥ 在气流吹拂电弧时，电弧形成死区的可能性大，电弧将得不到充分冷却，从而降低了弧区的热传导能力（特别是在开断小电流时），因此，在恢复电压作用下，断路器产生热击穿的可能性增加。现在一般是在灭弧室绝缘压气筒上加装湍流罩，改善吹弧性能。

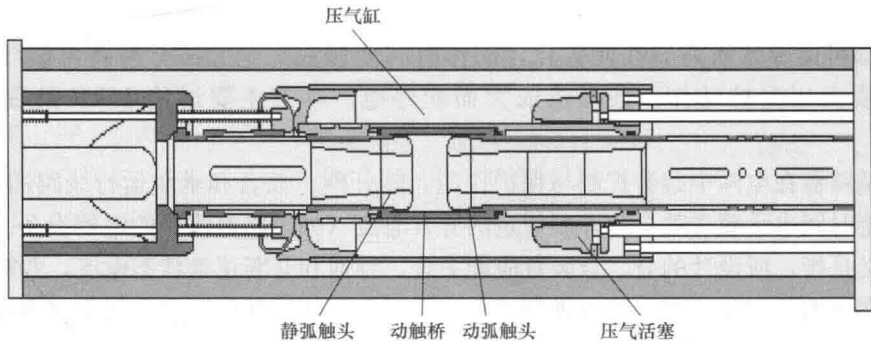


图 1-1 定开距灭弧室原理示意图

2) 变开距型。变开距就是灭弧室内的触头开距，随压气室向下运动而逐渐加长，绝缘喷嘴通常采用聚四氟乙烯材料。变开距灭弧室原理示意图如图 1-2 所示。变开距灭弧室有以下特点：

- ① 断口（触头间距）大，因此绝缘裕度也大，即使 SF₆ 气体失压的情况下也有较高裕度。
- ② 压气室内的气体利用比较充分，在开始气吹后的全部行程都能对电弧进行气吹。
- ③ 喷嘴与触头分开，可以根据气流场的要求来设计喷嘴形状，有助于提高气吹效果。

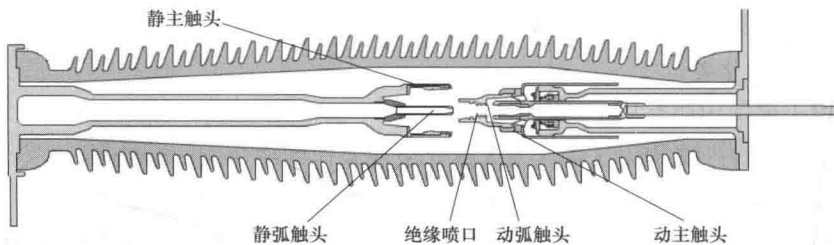


图 1-2 变开距灭弧室原理示意图

不足之处是:

① 开距长, 电弧电压高, 电弧能量随之增大, 对提高开断电流有影响。

② 绝缘喷嘴易受电弧烧损, 可能会影响弧隙介质强度。

③ 开距大, 而且是运动的, 断口间的电场不均匀, 影响断口绝缘, 不利于耐受恢复电压。

按照 SF₆ 高压断路器的灭弧特点, SF₆ 断路器可以分为:

1) 自能式。自能式 SF₆ 断路器包括旋弧式和热膨胀式, 在中压领域普遍使用, 灭弧原理都是利用电弧自身的能量来熄灭电弧。旋弧式 SF₆ 断路器利用电弧电流流过线圈产生的磁场, 电弧在磁场的驱动下高速旋转, 电弧在旋转的过程中不断接触新鲜 SF₆ 气体, 受到冷却, 熄灭电弧。热膨胀式 SF₆ 断路器利用电弧本身的能量, 加热灭弧室压气缸内 SF₆ 气体, 建立高压, 形成压力差, 从而达到灭弧的目的。自能式断路器存在临界开断电流, 大电流灭弧能力强而在小电流时难以熄弧, 因此一般需要装设辅助推装置。自能式 SF₆ 断路器操动功为压气式 SF₆ 断路器的 1/5~1/2, 第二代自能式断路器的操动功只有相应单压式的 1/9, 可以用弹簧机构取代操动功大而结构复杂的液压或气动机构。

2) 压气式。压气式 SF₆ 断路器利用预压缩行程压缩 SF₆ 气体, 在喷口打开时吹弧。压气式 SF₆ 断路器有预压缩过程, 需要较大操动功和较长的故障切除时间。该类型 SF₆ 高压断路器技术最为成熟, 性能也最为稳定, 开断时间短, 开断能力强; 可以配用液压、气动、弹簧和液压弹簧等各种操动机构, 相比自能式断路器而言, 其所需要的操动功较大。

3) 混合式。混合吹弧方式有多种形式, 如旋弧+热膨胀、压气+热膨胀、压气+旋弧、旋弧+热膨胀+助吹。混合吹弧有各种优势, 提高灭弧效能, 增大开断电流, 减少操动功, 避免出现临界电流难以开断情况, 在 SF₆ 断路器的发展应用上有重大意义; 尤其在中压领域应用非常广泛, 在高压、超高压领域也有大量应用; 而且现在的超高压断路器也大都应用了一些自能灭弧原理, 提高了开断效率, 降低了操动功。目前已很少有仅采用一种灭弧原理的 SF₆ 高压断路器。

(2) 真空断路器: 指触头在真空中开断, 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。

4. 按装设地点分类

(1) 户外式断路器: 是指能承受风、雨、雪、污秽、凝露、冰及浓霜等作用, 适于在露天使用的高压开关设备。

(2) 户内式断路器: 不具有防风、雨、雪、污秽、凝露、冰及浓霜等性能, 适于在建筑物内使用的高压开关设备。

户外式高压断路器和户内式高压断路器的制造工艺、技术要求都不同, 一般对户外式高压断路器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, 户内式高压断路器设备使用较多。

5. 按断路器的总体结构和其对地的绝缘方式分类

(1) 接地金属箱型 (又称落地罐式、罐式): 其特点是触头和灭弧室装在接地金属箱中, 导电回路由绝缘套管引入, 对地绝缘由 SF₆ 气体承担。

(2) 瓷瓶支持型 (又称瓷瓶支柱式、支柱式): 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, 靠支持瓷瓶对地绝缘, 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。

6. 按断路器在电力系统中工作位置分类

(1) 发电机断路器：控制、保护发电机用的断路器。断路器的额定电压在 40.5kV 以下，额定电流大，不需要快速自动重合闸。

(2) 输电断路器：用于 110 (63) kV 及以上的输电系统中的断路器。其中 110、220kV 电压等级使用的断路器称为高压断路器，330、500、750kV 使用的断路器称为超高压断路器，1000kV 使用的断路器称为特高压断路器。输电断路器除要求具备快速自动重合闸功能外，还常要具备开合近区故障、失步故障，以及架空线路和电缆线路充电电流的能力。由于电压高，断路器的结构也比较复杂。

(3) 配电断路器：用于 35 (63) kV 及以下的配电系统中的断路器。这类断路器除要求具备快速自动重合闸的功能，有时还要求具备开合电容器组（单个电容器组合多个并联电容器组）和电缆线路充电电流的能力。由于电压低，断路器的结构应该简单。

(4) 控制断路器：用于控制、保护经常需要启停的电力设备（如高压电动机、电弧炉等）的断路器。断路器的额定电压在 12kV 及以下。要求断路器能够频繁操作并具有高的机械和电气寿命。

二、电力系统对交流高压断路器的要求

(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及以下电流，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，且使用寿命不受影响。

(6) 断路器具备一定的自保护功能、防跳功能、防慢分功能、失灵保护功能、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。

三、高压断路器产品型号的命名方法

我国对高压断路器产品型号的命名有统一规定。产品型号分为产品全型号和产品基本型号。产品全型号由产品名称、结构特征、使用场所和灭弧介质、使用类别、设计序号、改进顺序号、额定电压、安装方式或使用功能、派生标志、操动机构类别、规格和特征参数等组成。图 1-3 为 JB/T 8754—2007《高压开关设备和控制设备型号编制办法》中关于高压断路器产品全型号的命名规定。

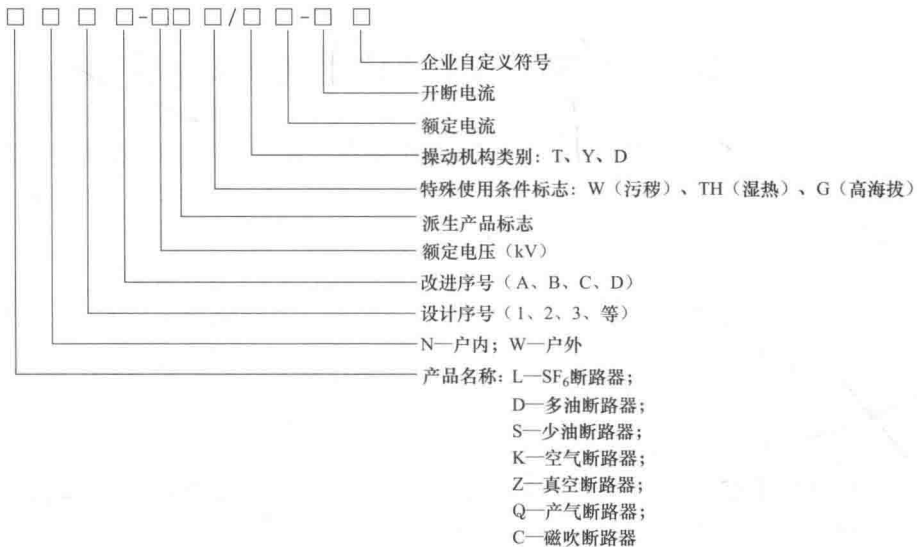


图 1-3 高压断路器产品全型号的命名规定

四、断路器的基本结构

高压断路器主要由通流及开断部件、支持绝缘件、传动部件、基座和操动机构等组成，其基本结构示意图如图 1-4 所示。

(1) 通流及开断部件：主要包括进出线接线端子、灭弧室（动触头、静触头）及其绝缘件。这是断路器的核心部分，它直接关系到断路器的高压电气性能和指标。断路器通过动触头和静触头的接触与分离实现主回路的接通与断开。动触头和静触头都安装在密闭的灭弧室内。真空灭弧室内部没有空气，呈高真空状态。SF₆灭弧室内部充有 SF₆ 气体。灭弧室的作用是使主回路分断过程中产生的电弧在数十毫秒内快速熄灭，切断电路。

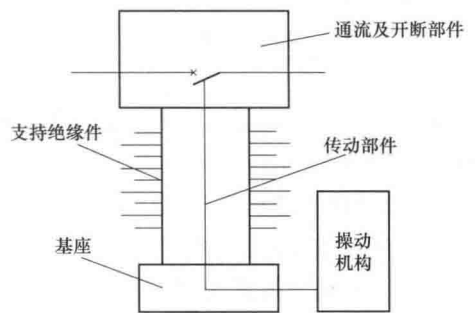


图 1-4 断路器基本结构示意图

(2) 支持绝缘件：承担通流及开断部件与基座之间的绝缘，可分为纯瓷绝缘和固体有机绝缘两种。除中压断路器外，高压、超高压断路器一般都采用瓷质绝缘的支持绝缘件。瓷质绝缘的支持绝缘件常设计成套管形式，可直接与通流及开断部件、基座固定。

(3) 传动部件：主要作用是通过合适的传动方式，将操动机构输出的能量按照规定的要求来操动灭弧室中的动触头。

(4) 基座：作为本体固定安装的平台将断路器其他各部件整体装为一体。基座一般采用钢板加工而成。

(5) 操动机构：能接受合分闸操动指令并通过能量转换或通过储存的能量，按规定要求可靠地操动断路器合分闸。操动机构根据能量转换方式的不同有很多种类。它必须与灭弧室有很好的性能匹配，这样才能实现断路器整体的机械特性指标。

第二节 高压断路器主要性能参数及选用

根据 DL/T 615—2013《高压交流断路器参数选用导则》规定，高压交流断路器主要性能参数有以下几种。

一、额定参数

额定参数如下：

- (1) 额定电压 (U_r)。
- (2) 额定绝缘水平。
- (3) 额定频率 (f_r)。
- (4) 额定电流 (I_r)。
- (5) 额定短时耐受电流 (I_k)。
- (6) 额定峰值耐受电流 (I_p)。
- (7) 额定短路持续时间 (t_k)。
- (8) 合闸和分闸装置以及辅助回路的额定电源电压。
- (9) 合闸和分闸装置以及辅助回路的额定电源频率。
- (10) 适用时，操作、开断和绝缘用的压缩气源和/或液源的额定压力。
- (11) 额定短路开断电流 (I_{sc})。
- (12) 与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压。
- (13) 额定短路关合电流。
- (14) 额定操作顺序。
- (15) 额定时间参量。可以对时间参量分闸时间（空载）、开断时间、合闸时间（空载）、分合时间（空载）、重合闸时间（空载）、合-分时间（空载）、预插入时间（空载）规定额定值。

额定时间参量基于：

- 1) 合闸和分闸机构以及辅助和控制回路的额定电源电压；
- 2) 合闸和分闸机构以及辅助和控制回路的额定电源频率；
- 3) 操作、绝缘和/或开断用压缩气源的额定压力（适用时）；
- 4) 操作用液压源的额定压力；
- 5) 周围空气温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

注意：由于燃弧和预击穿时间的分散性，提出关合时间或关合-开断时间的额定值通常是不规定的。

适用时，应给出的额定特性：

①与额定线路充电开断电流相关的近区故障特性：适用于额定电压 72.5kV 及以上，额定短路开断电流 12.5kA 及以上，设计成直接与架空线连接的三极断路器；②额定线路充电开断电流：适用于开合架空输电线路的三极断路器（对于额定电压 72.5kV 及以上的断路器是强制性的）；③额定电缆充电开断电流：适用于开合电缆线路的三极断路器（对于额定电压 40.5kV 及以下的断路器是强制性的）。

要求时，应给出的额定特性：①额定失步关合和开断电流；②额定单个电容器组开断电流；③额定背对背电容器组开断电流；④额定电容器组关合涌流；⑤额定背对背电容器组关合涌流；⑥额定小感性电流开断性，包括电动机、并联电抗器。

注意：断路器的额定特性与额定操作顺序有关。

二、主要电气性能参数

(1) 额定电压：指高压断路器所在系统的最高电压。断路器在运行中长期承受的电压不得超过其额定值。额定电压的标准值如下：

范围 I —— 额定电压 252kV 及以下：7.2、12、24、40.5、72.5、126、252kV；

范围 II —— 额定电压 252kV 及以上：252、363、550、800、1100kV。

(2) 额定频率：额定频率的标准值为 50Hz。

(3) 额定电流：断路器设备的额定电流是在规定的使用和性能条件下能持续通过的电流的有效值。

(4) 额定短路开断电流：指在规程规定的使用和性能条件下断路器所能开断的最大短路电流。

额定短路开断电流由交流分量有效值和直流分量百分数两个值表征。

如果直流分量不超过 20%，额定短路开断电流仅由交流分量的有效值表征。

直流分量百分数是额定短路开断电流的直流时间常数和短路电流起始瞬间的函数。

(5) 额定短路关合电流：指在额定电压及规定的使用和性能条件下断路器能保证正常关合的最大短路（峰值）电流。

具有极间通气性的断路器的额定短路关合电流是与额定电压和额定频率相对应的额定参数。下述值适用：

1) 对于额定频率为 50Hz 且时间常数标准值为 45ms，额定短路关合电流等于额定短路开断电流交流分量有效值的 2.5 倍。

2) 对于所有特殊工况的时间常数（60、75ms 或 120ms），额定短路关合电流等于额定短路开断电流交流分量有效值的 2.7 倍，与断路器的额定频率无关。

(6) 额定短时耐受电流（热稳定电流）：额定短时耐受电流等于额定短路开断电流。

(7) 额定短路持续时间：额定短路持续时间是断路器在合闸状态下能够承载额定短时耐受电流的时间间隔。

550~1100kV 的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 2s；

126~363kV 的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 3s；

72.5kV 及以下的开关设备和控制设备的额定短路持续时间为 4s。

如果断路器接在预期开断电流等于额定短路开断电流的回路中，过电流脱扣器整定到最大延时并按照其额定操作顺序进行操作时，断路器能够在相应的开断时间内承载产生的电流，则对于自脱扣断路器不需要规定额定短路持续时间。

(8) 额定峰值耐受电流：额定峰值耐受电流是断路器设备在合闸状态下能够承载的额定

短时耐受电流的第一个大半波的电流峰值。

额定峰值耐受电流等于额定短路关合电流。

(9) 额定绝缘水平：断路器的绝缘包括相对地绝缘、相间绝缘、断路器端口间绝缘、起联络作用的断路器端口间绝缘（即起隔离作用的隔离断口）。

(10) 额定操作顺序：操作循环具体是指合分或分合操作，如机械试验时应包括主回路不加电压和电流情况下所进行的数千次的操作循环，在操作循环总数中，约有 10% 为“合-分”操作。

断路器有两种可选择的额定操作顺序：

1) O—t—CO—t'—CO。其中， $t=3\text{min}$ ，对于不用作快速自动重合闸的断路器； $t=0.3\text{s}$ ，对于用作快速自动重合闸的断路器（无电流时间）； $t'=3\text{min}$ 。

注意：除 $t'=3\text{min}$ 外， $t'=15\text{s}$ 和 $t'=1\text{min}$ 也可用于快速自动重合闸的断路器。

2) CO—t''—CO。其中，O 代表一次分闸操作；CO 代表一次合闸操作后紧跟一次分闸操作； t 、 t' 、 t'' 为连续操作之间的时间间隔， t 、 t' 应以分钟或秒表示， t'' 应以秒表示， $t''=15\text{s}$ （不用作快速自动重合闸的断路器）。

无电流时间是指断路器在自动重合闸过程中，从断路器所有极的电弧最终熄灭到随后新合闸时任何一极首先通过电流时为止的时间间隔。在额定重合闸操作顺序中，无电流时间取为 0.3s，但实际上无电流时间可以因预击穿时间和燃弧时间的变化以及系统运行条件的不同而不尽相同。

(11) 合闸和分闸装置以及辅助回路的额定电源电压。

1) 直流电压：110、220V。

2) 交流电压：对于三相三线或四线系统，为 220/380V、230/400V；对于单相三线制系统，为 110/220V；对于单相二线制系统，为 110V、220V、230V。

(12) 合闸和分闸装置以及辅助回路的额定电源频率。额定电源频率的标准为直流或交流 50Hz。

(13) 额定电压、额定短路开断电流及额定电流的配合。断路器优先采用的额定电压、额定短路开断电流及额定电流配合，配合的优先值如表 1-1 所示。

表 1-1 额定电压、额定短路开断电流及额定电流配合的优先值

额定电压 (kV)	额定短路 开断电流 (kA)	额定电流 (A)											
		630	1250	1600	2500	3150	4000						
7.2	16												
	20												
	25												
	31.5												
	40												
12	16												
	20												
	25												
	31.5												
	40												
	50												

续表

额定电压 (kV)	额定短路 开断电流 (kA)	额定电流 (A)											
		630	1250	1600	2500	4000	6300	8000	12500	16000	25000	40000	
24	16 25 31.5 40		1250 1250 1250	1600 1600 1600		2500 2500 2500			4000				
40.5	16 25 31.5 40		1250 1250 1250	1600 1600 1600		2500 2500 2500		3150	4000				
72.5	25 31.5 40		1250 1250	1600 1600 1600	2000 2000 2000	2500 2500 2500	3150 3150	4000					
126	31.5 40			1600 1600	2000 2000	2500 2500	3150 3150	4000					
252	40 50 63					2000 2000	2500 2500	3150 3150	4000 4000	5000			
363	50 63							3150	4000	5000			
550	50 63							3150 3150	4000 4000	5000 5000			
800	50 63								4000 4000	5000 5000	6300 6300		
1100	50 63								4000 4000	5000 5000	6300 6300	8000 8000	

三、时间参数

1. 分闸时间

断路器的分闸时间是按下述脱扣方法并把构成断路器一部分的任何时延装置调整到它的最小正定值来定义的：

(1) 对于用任何形式辅助动力脱扣的断路器，分闸时间是指处于合闸位置的断路器从分闸脱扣器带电时刻到所有各极弧触头分离时刻的时间间隔。

(2) 对于自动脱扣断路器，分闸时间是指处于合闸位置的断路器从主回路电流到过电流脱扣器的动作值时刻到所有各极弧触头分离时刻的时间间隔。

制造厂家应给出分闸时间的上、下限值，在运行中的分闸时间不得超过其规定的上、下限值。

2. 开断时间

断路器的开断时间是指机械开关装置分闸时间起始时刻到燃弧时间终止时刻的时间间隔。

额定开断时间是指在额定操作电压下施加分闸命令，直到最后灭弧为止之间的时间间隔，它一般等于分闸时间与燃弧时间之和。

3. 合闸时间

合闸时间是指处于分闸位置的断路器从合闸回路带电时刻到所有极的触头都接触时刻的时间间隔。合闸时间包括断路器合闸必需的并与断路器构成一个整体的任何辅助设备的动作时间。制造厂给出合闸时间的上、下限值。

4. 分-合时间

分-合时间是指所有极弧触头分离时刻到重合闸过程中的第一极触头接触时刻的时间间隔。

12kV及以上断路器的无电流时间为0.3s及以上,并可调。

如果是单相重合闸,分-合时间应与潜供电弧的自灭特性相配合。

5. 合-分时间

合-分时间是指合分操作中,从合闸操作的第一极触头接触时刻到随后的分闸操作中所有触头都分离时刻的时间间隔。这个时间过去曾称为金属短接时间,它是断路器动、静触头在重合闸过程中的第一个“合”开始机械性地接触起,直到重合闸第二个“分”又机械性地脱离接触止之间的时间间隔,它代表重合又再分时段、静触处于接通的时间区段。

由于断路器合-分时间加长时对系统稳定性起着不利影响,而合-分时间过短又不利于断路器重合闸的第二个“分”的可靠开断能力,因此合-分时间应该有一个范围,制造厂应给出断路器合-分时间的上、下限,用户应对断路器在规定的最小合-分时间下的额定短路开断能力给予关注。

6. 预插入时间

预插入时间指合闸操作过程中,任一极合闸电阻单元中的触头接触时刻到该极主开断单元接触时刻的时间间隔。

7. 燃弧时间与燃弧时差

50Hz交流电弧每10ms又一个零点,交流电弧在电流过零瞬时灭弧,实现开断。在开断过程中每相出现电弧的时间区段叫燃弧时间。燃弧时间的长短是变动的,它受下列诸因素的影响:

- (1) 灭弧时刻是在电流过零时刻,但起弧时间可以是在半波中的任一瞬间。
- (2) 三相电路中,三相的起弧瞬间与三相电流过零瞬间的相互关系。
- (3) 三相电路中,断路器是首开极灭弧,还是第二、第三开断极灭弧,这又与系统的中性点接地方式有关(中性点接地系统还是中性点部接地系统)。
- (4) 每相中在指定开断电流下(何种方式)的最短燃弧时间。
- (5) 断路器的三极分闸不同期,及其不同期的可能组合方式。
- (6) 开断电流中的直流分量,它影响电流过零点,从而影响各级中的燃弧时间。

为了保证系统安全运行,系统要求断路器在上述燃弧时间中的最长燃弧时间下应能可靠熄灭。另外,从结构上说,断路器在开断某一短路故障时,有一个固有的能可靠熄灭的最短电弧时间,二者之差即为燃弧时差。

8. 分、合操作时的极间同期要求

(1) 如果对极间同期操作没有规定特别的要求,合闸时触头接触时刻的最大差异不应超过5ms。

(2) 如果对极间同期操作没有规定特别的要求,分闸时触头分离时刻的最大差异不应超