

导体和电气设备选型指南丛书

交流高压断路器

中国工程建设标准化协会电气专委会
导体和电气设备选择分委员会
周爽 主编 杨月红 孙进 副主编

组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

导体和电气设备选型指南丛书

断路器

中国工程建设标准化协会电气专委会
导体和电气设备选择分委员会 组编
周爽 主编 杨月红 孙进 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《导体和电气设备选型指南丛书》是由中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员会组织编写的一套针对导体和电气设备选型的技术丛书,共 13 分册,本分册为《交流高压断路器》。

本书是关于交流高压断路器选择和应用的一本实用工程技术书,全书共分 6 章,分别为概述、使用条件、额定参数选择、型式选择、设计与结构、环境保护。

本书可供从事交流高压断路器设计、制造、安装、运行、试验等相关专业的技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

交流高压断路器 / 周爽主编; 中国工程建设标准化协会电气专委会, 导体和电气设备选择分委员会组编. —北京: 中国电力出版社, 2015. 9

(导体和电气设备选型指南丛书)

ISBN 978-7-5123-8173-5

I. ①交… II. ①周… ②中… ③导… III. ①高压断路器 IV. ①TM56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 197537 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

*

2015 年 9 月第一版 2015 年 9 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 12.25 印张 212 千字

印数 0001—2000 册 定价 48.00 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

导体和电气设备选型指南丛书

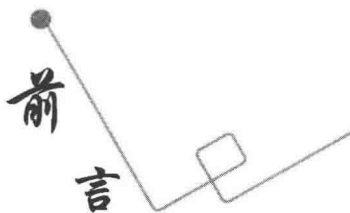
编 委 会

主 任	李淑芳		
副 主 任	吴德仁	曹永振	王雷鸣
执行主编	弋东方	朗润华	
编 委	王 鑫	郝士杰	孙 进
	杨月红	徐剑浩	

《交流高压断路器》

编 写 人 员

主 编	周 爽		
副 主 编	杨月红	孙 进	
参 编	李鸿路	卢 伟	王 鑫
	李 海	林 佳	



我国的电力行业随着经济快速增长而高速发展，截止 2014 年底，全国装机容量已逾 13.6 亿 kW，居世界第一。火、水、风、光、核等多样能源犹如百花争艳。国家电网的交流输电电压达到了 1000kV，直流输电电压达到了 800kV，智能电网的建设方兴未艾。电工装备制造业日新月异，自主创新，促进电力技术发展到了崭新的阶段。

为了顺应这样的大好形势，也为了总结、梳理、深化和推介导体和设备选型经验，提高设计水平和质量，中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员会决定邀请国内院校、科研、设计、制造等单位的业内专家，联合编撰一套导体和电气设备选型指南丛书，供读者使用。

本套丛书将包括电动机、变压器、互感器、电抗器、开关设备、成套设备、电容补偿设备、变频及启动设备、中性点设备、过电压保护设备、绝缘设备、导体、电缆等 13 个分册。祈望这套丛书能够编撰成：① 教科书的延伸；② 规程规范的诠释；③ 设计人员的工具；④ 招投标的助手；⑤ 制造厂商的参谋。

本书为《交流高压断路器》分册，全面介绍了交流高压断路器的国家标准，给出了工程设计中交流高压断路器的使用条件、额定参数选择、型式选择和设计与结构，以及环境保护，列举了典型的选择和应用实例，供电气设计人员、运行人员参考使用，以达到正确选择和使用交流高压断路器的目的。

编撰这套丛书是中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员会应尽的社会责任，在这里，要特别感谢标委会全体委员们的共同努力。本书的编制得到了 ABB 高压开关设备有限公司、ALSTOM 高压电气开关有限公司、西安西电高压开关有限责任公司、江苏如高高压电器有限公司、河南平高电气股份有限公司等交流高压断路器制造单位的大

力支持，在此一并表示感谢。由于编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，衷心希望广大读者对本套书提出宝贵意见。

中国工程建设标准化协会电气专委会
导体和电气设备选择分委员会
2014 年 9 月 陕西西安

目 录

前言

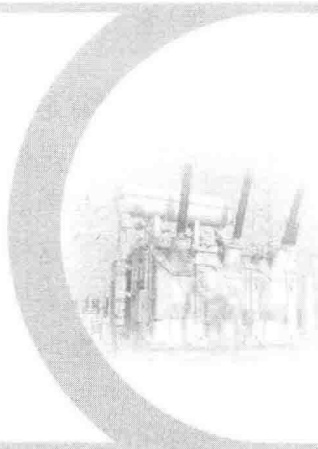
第 1 章 概述	1
第 2 章 使用条件	3
2.1 正常使用条件	3
2.2 特殊使用条件	4
第 3 章 额定参数选择	7
3.1 额定电压	7
3.2 额定绝缘水平	8
3.3 额定频率	10
3.4 额定电流和温升	11
3.5 额定短路开断电流	14
3.6 额定短时耐受电流	16
3.7 额定短路关合电流	16
3.8 额定峰值耐受电流	17
3.9 额定短路持续时间	17
3.10 合闸和分闸机构以及辅助和控制回路的额定电源电压	17
3.11 合闸和分闸机构以及辅助和控制回路的额定电源频率	19
3.12 操作和灭弧用压缩气体源的额定压力	19
3.13 出线端故障的额定瞬态恢复电压	19
3.14 额定操作顺序	28
3.15 近区故障的额定特性	28
3.16 额定失步开断电流	30
3.17 额定容性开合电流	30
3.18 额定时间参量	34

3.19 额定值的配合	34
第4章 型式选择	37
4.1 油断路器	37
4.2 真空断路器	40
4.3 SF ₆ 断路器	51
4.4 电磁操动机构	115
4.5 弹簧操动机构	117
4.6 液压操动机构	122
4.7 气动操动机构	131
4.8 手动操动机构	135
4.9 气体绝缘金属封闭开关设备	137
4.10 专用断路器	142
4.11 各类型高压断路器的主要特点及选用	144
4.12 操动机构主要特点及应用	149
第5章 设计与结构	154
5.1 对断路器中液体的要求	154
5.2 对断路器中气体的要求	155
5.3 断路器的接地	156
5.4 辅助设备	156
5.5 动力合闸	161
5.6 储能设备	162
5.7 脱扣器操作	164
5.8 低压力和高压力闭锁装置	166
5.9 联锁装置	166
5.10 位置指示	167
5.11 外壳的防护等级	167
5.12 爬电距离和污秽分级	169
5.13 气体和真空的密封	171
5.14 液体的密封	172

5.15	易燃性	173
5.16	电磁兼容性	173
5.17	单合与单分操作时的极间同期性要求	174
5.18	操作的一般要求	174
5.19	操作用流体的压力极限	174
5.20	排逸孔	175
5.21	其他要求	175
第 6 章	环境保护	176
6.1	电磁干扰	176
6.2	噪声	177
6.3	断路器绝缘介质气体对环境的影响	178
参考文献		186

第1章

概述



高压断路器也称高压开关，是电力系统中最重要最复杂的电气设备之一。它具有灭弧装置和断流能力，能承载、关合和开断运行线路的正常电流，也能在规定时间内承载、关合及开断规定范围内的异常电流（如短路电流），防止事故范围扩大。

高压断路器，按照安装场所，可分为户内型和户外型；按照使用环境，可分为普通型、防污型和湿热型；按照绝缘介质的类型，可分为油、真空、SF₆型断路器。其操动机构可分为电磁、弹簧、液压、气动、手动等型式。

高压断路器是发电厂、变电站及电力系统中最重要控制和保护设备，它的主要作用有：

（1）控制作用。根据电力系统运行的需要，将部分或全部电气设备，以及部分或全部线路投入或退出运行。

（2）保护作用。当电力系统某一部分发生故障时，它和保护装置、自动装置相配合，将该故障部分从系统中迅速切除，减少停电范围，防止事故扩大，保护系统中各类电气设备不受损坏，保证系统无故障部分安全运行。

高压断路器的基本要求：

（1）工作可靠。断路器在制造厂给定的技术条件下工作时，应能可靠地长期正常运行。

（2）断路能力足够。由于电网电压较高、电流较大，当断路器在断开电路时，触头间会出现电弧，只有将电弧熄灭，才能断开电路。因此，要

求断路器有足够的断路能力，尤其是短路故障时，能可靠地切断短路电流并保证具有足够的热稳定性和电动稳定度。

(3) 切断故障迅速。当电力网发生短路故障时，要求断路器迅速切断故障电路，这样可以缩短电力网的故障时间，减轻短路电流对电气设备的损害。在超高压电网中，迅速切断故障电路还可以提高电力系统的稳定性。因此，切断时间是高压断路器的一个重要参数。

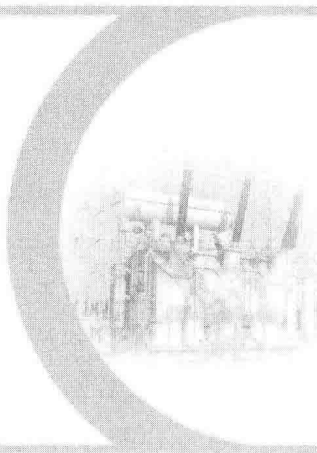
(4) 实现自动重合闸。架空输电线路的短路故障，大多是瞬时性故障。短路电流切断后，故障也随之消除。自动重合闸是断路器在故障跳闸以后，经过一定的时间间隔又自动进行再次关合。重合后，如果故障已消除，即恢复正常供电，自动重合成功。如果故障并未消除，则断路器必须再次开断故障电流，自动重合失败。

不同的条件下，高压断路器的选择通常考虑以下因素：

- (1) 按正常工作条件包括电压、电流、频率、机械荷载等选择；
- (2) 按短路条件包括短时耐受电流、峰值耐受电流、关合和开断电流等选择；
- (3) 按环境条件包括温度、湿度、海拔、地震等选择；
- (4) 按承受过电压能力包括绝缘水平等选择；
- (5) 短路稳定性及热效应校验。

第2章

使用条件



除非另有规定，交流高压断路器及其操动机构和辅助设备，均应在其额定特性和正常使用条件下使用。如果用户提出特殊使用条件，则制造厂应尽可能按用户提出的特殊要求设计产品，或者与用户达成适当的协议（见 2.2）。同时，应该采取适当措施保证其他元件，如继电器在此条件下正常工作。

2.1 正常使用条件

2.1.1 户内交流高压断路器

(1) 周围空气温度最高不超过 40°C ，且在 24h 内测得的平均温度不超过 35°C 。周围空气最低温度为 -5 、 -15 、 -25°C 。

(2) 阳光辐射的影响可以忽略。

(3) 海拔不超过 1000m。

(4) 周围空气没有明显地受到尘埃、烟、腐蚀性或可燃性气体、蒸汽或盐雾的污染，外绝缘的爬电比距应满足 5.12 中的要求。

(5) 湿度条件如下：

1) 在 24h 内测得的相对湿度的平均值不超过 95%；

2) 月相对湿度平均值不超过 90%。

在上述湿度条件下，在高湿度期间，温度发生急降时会出现凝露。为

耐受湿度和凝露所产生的效应，如绝缘击穿或金属件腐蚀，用户应采用按上述条件设计和进行过试验的高压开关设备。如不采用，也可用特殊设计的建筑物或小室，采用适当的通风和加热，或装去湿装置，以防凝露。

(6) 来自交流高压断路器外部的振动或地动可以忽略。

(7) 由于主回路中的开合操作，在辅助和控制回路上所感应的共模电压的幅值不超过 1.6kV。

2.1.2 户外交流高压断路器

(1) 周围空气温度最高不超过 40℃，且在 24h 内测得的平均温度不超过 35℃。周围空气最低温度为 -10、-25、-30、-40℃，应考虑温度的急骤变化。

(2) 应考虑阳光辐射的影响，晴天中午辐射强度为 1000W/m²。在一定的阳光辐射条件下，为使温升不超过规定值，必要时，应采取适当措施，如加盖遮阳顶、强迫通风散热等，或者降容运行。

(3) 海拔不超过 1000m。

(4) 周围空气可能存在尘埃、烟、腐蚀性气体、蒸汽或盐雾等污染，污秽等级不得超过 GB/T 26218.1—2010《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则》中的 d 级。

(5) 覆冰厚度对 1 级不超过 1mm，对 10 级不超过 10mm，对 20 级不超过 20mm。

(6) 风速不超过 34m/s（相当于圆柱表面上的 700Pa）。

(7) 应考虑凝露和降水的影响。

(8) 来自交流高压断路器外部的振动或地动可以忽略。

(9) 由于主回路中的开合操作，在辅助和控制回路上所感应的共模电压的幅值不超过 1.6kV。

2.2 特殊使用条件

交流高压断路器可以在不同于 2.1 中规定的正常使用条件下使用，用户的要求应参照下述的特殊使用条件提出。

2.2.1 海拔

对于使用在海拔高于 1000m 处的设备，其外绝缘在标准参考大气条件下的绝缘水平是将使用场所要求的绝缘耐受电压乘以海拔修正系数 K_a ，系数 K_a 按图 2-1 选取。

在任一海拔处，内绝缘的绝缘特性是相同的，不需采取特别的措施。对于低压辅助设备和控制设备，如海拔低于 2000m，可不需采取特别措施；如用于 2000m 以上，参见 GB/T 16935.1—2008《低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原理、要求和试验》。

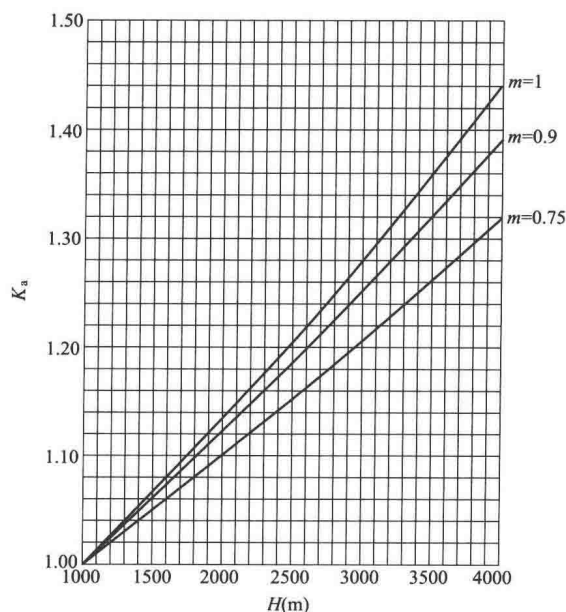


图 2-1 海拔修正系数

海拔修正计算如下：

$$K_a = e^{m(H-1000)/8150} \quad (2-1)$$

式中 H ——海拔，m；

m ——对于工频、雷电冲击和相间操作冲击电压， $m=1$ ；对于纵绝缘操作冲击电压， $m=0.9$ ；对于相对地操作冲击电压， $m=0.75$ 。

2.2.2 污秽

对于使用在严重污秽空气中的设备，污秽等级应规定为 GB/T 26218.1—2010 中的 e 级，或根据设备运行地污秽条件提出具体要求。爬电距离和污秽分级对设备选型的影响见 5.12。

2.2.3 温度和湿度

对于使用在周围空气温度超出 2.1 中规定的温度范围内的设备，应优先选用的最低和最高温度的范围：严寒气候为 $-50\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；酷热气候为 $-25\sim+55^{\circ}\text{C}$ 。

在暖湿风频繁出现的某些地区，温度的骤变会导致凝露，甚至在户内也会凝露。

在热带户内条件下，在 24h 内测得的相对湿度的平均值能达到 98%。

2.2.4 震动

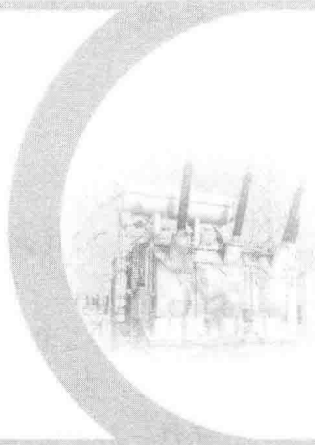
在可能发生地震的地区，用户应按 GB/T 13540—2009《高压开关设备和控制设备的抗震要求》的规定提出设备的抗震等级。

2.2.5 其他参数

交流高压断路器在其他特殊使用条件下使用时，用户应参照 GB/T 4796—2008《电工电子产品环境条件分类 第1部分：环境参数及其严酷程度》、GB/T 4797《电工电子产品自然环境条件》系列规范、GB/T 4798《电工电子产品应用环境条件》系列规范的规定提出其环境参数。

第 3 章

额定参数选择



本章主要介绍了交流高压断路器额定参数的选择原理，给出了额定电压、额定短路开断电流和额定电流的数值配合；额定短路开断电流与额定短路关合电流的倍数关系等设备参数选型指南。

3.1 额定电压

额定电压 (U_N) 是交流高压断路器所在系统的最高电压。额定电压的标准值如下：

3.1.1 范围 I (额定电压 252kV 及以下)

额定电压标准值 I 见表 3-1。

表 3-1 额定电压标准值 I

系统额定电压 (kV)	3	6	10	20	35	66	110	220
断路器额定电压 (kV)	3.6	7.2	12	24	40.5	72.5	126	252

3.1.2 范围 II (额定电压 252kV 以上)

额定电压标准值 II 见表 3-2。

表 3-2 额定电压标准值 II

系统额定电压 (kV)	330	500	750	1000
断路器额定电压 (kV)	363	550	800	1100

3.2 额定绝缘水平

交流高压断路器的额定绝缘水平应从表 3-3 和表 3-4 给定的数值中选取。

表 3-3 和表 3-4 中的耐受电压适用于 GB 311.1—2012《绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则》中规定的标准参考大气（温度、压力、湿度）条件。对于特殊使用条件，应根据特殊使用条件选定。

雷电冲击耐受电压 (U_p)、操作冲击耐受电压 (U_s)（适用时）和工频短时耐受电压 (U_d) 的额定耐受电压值应该在同一个水平标志线的行中选取。额定绝缘水平用相对地额定雷电冲击耐受电压来表示。

大多数的额定电压都有几个额定绝缘水平，以便用于性能指标或过电压特性不同的系统。选取额定绝缘水平时，应考虑开关设备受快波前和缓波前过电压作用的程度、系统中性点的接地方式和过电压限制装置的形式。

表 3-3 中的通用值适用于相对地、相间和开关断口。隔离断口的耐受电压值只对某些开关装置有效，这些开关装置的触头开距按对隔离开关规定的安全要求设计。

表 3-3 额定电压范围 I 的额定绝缘水平

额定电压 U_N (kV, 有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d (kV, 有效值)		额定雷电冲击耐受电压 U_p (kV, 峰值)	
	通用值	隔离断口	通用值	隔离断口
项 (1)	项 (2)	项 (3)	项 (4)	项 (5)
3.6	25/18	27/20	40/20	46/23
7.2	30/23	34/27	60/40	70/46
12	42/30	48/36	75/60	85/70
24	65/50	79/64	125/95	145/115
40.5	95/80	118/103	185/170	215/200
72.5	140	180	325	385
	160	200	350	410