

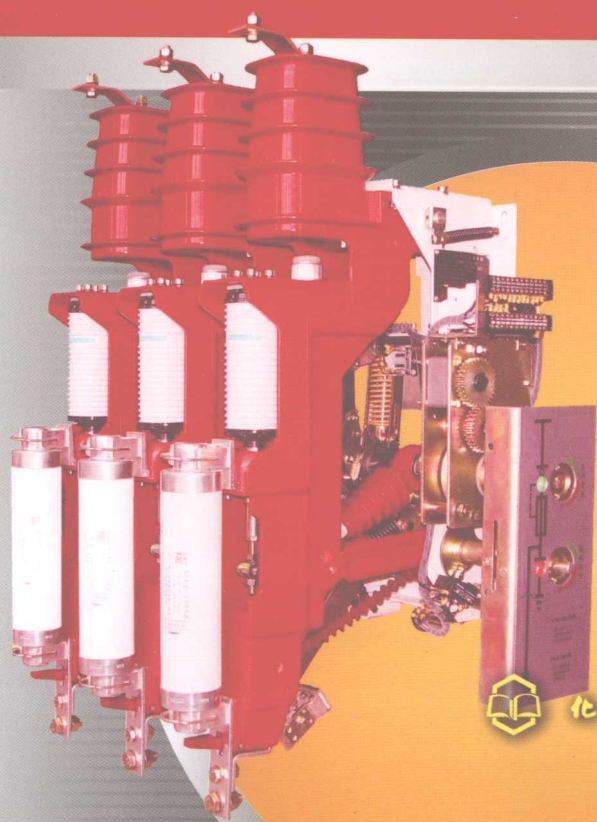
GAOYADIANQI

GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

高压电器

故障诊断 与 维修

乔长君 等编



化学工业出版社

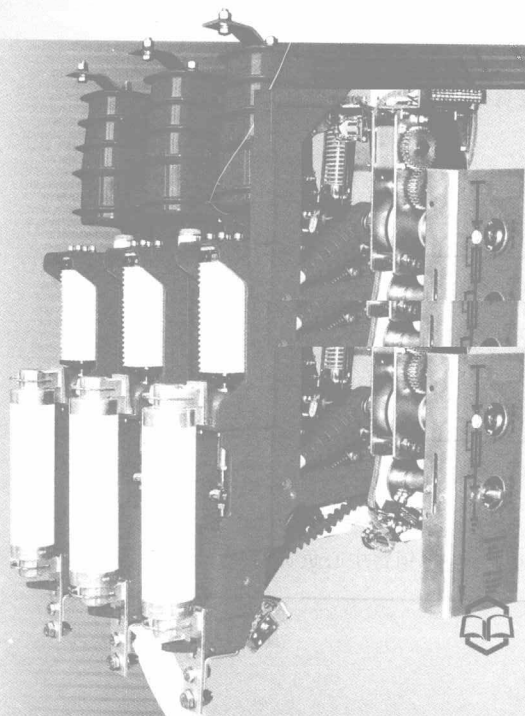
GAOYADIANQI

GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

高压电器

故障诊断与 维修

乔长君 等编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要包括高压电器的分类与基本结构、隔离开关故障诊断与检修、少油高压断路器故障诊断与检修、真空高压断路器故障诊断与检修、SF₆高压断路器故障诊断与检修、操动机构故障诊断与检修、高压电器的试验等内容。

本书所选设备均是常用高压开关设备，具有普遍性，内容浅显易懂，突出实际操作技能。

本书可作为高压电器检修人员的指导用书，也可作为工矿企业电气专业人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

高压电器故障诊断与维修/乔长君等编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-122-03277-5

I. 高… II. 乔… III. ①高压电器-故障诊断②高压电器-维修 IV. TM510.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 099717 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 张 辉

责任校对: 战河红

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 7 字数 179 千字

2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

前 言

高压电器是电力系统中必不可少的电气设备，它是电力系统中最重要、的控制电器，无论系统处于什么状态，如空载、负载或短路故障，当要求开关动作时，它都应该能可靠地动作。现代电力系统对电能质量的要求越来越高，相应地对高压电器的可靠性也提出了更高的要求，及时发现高压电器故障隐患，对于保证电力系统的正常运行，减少维修次数，提高电力系统的可靠性和自动化程度，提高设备的利用率和安全运行水平，降低和节省检修费用具有重要的意义。

随着我国电力行业的迅猛发展，高压电器产品不断增加，各种新技术、新产品在城乡电网建设和改造中的应用也越来越广泛，因此，广大电气工作者急需维护检修方面的技术书籍。为提高电气工作者的业务水平，满足电气生产中各专业、各层次员工岗位工作学习的需要，我们组织一些有实践经验的专业技术人员编写了本书，本书的出版将对电气工作者提高业务水平起到积极的推动作用。

本书共分概述、隔离开关故障诊断与检修、少油高压断路器故障诊断与检修、真空高压断路器故障诊断与检修、SF₆高压断路器故障诊断与检修、操动机构故障诊断与检修、高压电器的试验等七个部分。

本书具有以下几个特点：

(1) 较为全面系统，所选设备均是常用高压开关设备，具有一定的代表性；

(2) 内容简明扼要，通俗易懂，深入浅出，简洁直观，易于操作，图文并茂；

(3) 实用性强, 全书以实际应用为出发点, 结合技术标准和常用设备进行选材和组稿。

本书由乔长君、马天钊、李本胜、杨春林、马军等编写。

由于编者水平有限, 书中不妥之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 高压电器的型号与分类	1
1.1.1 高压电器的型号	1
1.1.2 高压隔离开关的特点和分类	2
1.1.3 断路器的分类	3
1.2 隔离开关的基本结构	5
1.2.1 II 型双柱式隔离开关的基本结构	5
1.2.2 V 型双柱式隔离开关的基本结构	6
1.2.3 三柱式(双断口)隔离开关的基本结构	6
1.3 断路器的基本结构	6
1.3.1 SN10-10 型少油断路器的基本结构	6
1.3.2 真空断路器的基本结构	8
1.3.3 ZN12-35-31.5 型真空断路器基本结构	9
1.3.4 SF ₆ 断路器的基本结构	10
第 2 章 隔离开关故障诊断与检修	12
2.1 隔离开关的维护	12
2.1.1 检修周期	12
2.1.2 检修项目	12
2.2 GW5 型隔离开关故障诊断与检修	13
2.2.1 GW5 型隔离开关常见故障及处理方法	13
2.2.2 GW5 型隔离开关的检修	15
2.3 GW7 型隔离开关故障诊断与检修	25
2.3.1 GW7 型隔离开关常见故障及处理方法	25
2.3.2 本体检修	25

第3章 少油高压断路器故障诊断与检修	34
3.1 断路器检修的分类	34
3.2 SN10-10 型少油断路器	35
3.2.1 断路器本体部分常见故障及处理方法	35
3.2.2 断路器的检修周期和项目	36
3.2.3 准备工作	38
3.2.4 断路器的检修	38
3.2.5 框架装配检修	51
3.2.6 传动连杆的检修	53
3.2.7 断路器电磁机构的调整与机械特性试验	55
3.2.8 整体组装	57
3.3 SW2-35 型少油断路器的检修	58
3.3.1 断路器本体常见故障及处理方法	58
3.3.2 检修周期	59
3.3.3 检修项目	60
3.3.4 准备工作	61
3.3.5 断路器的解体大修	62
3.4 SW2-220 型少油断路器的检修	70
3.4.1 检修周期	70
3.4.2 检修项目	71
3.4.3 准备工作	72
3.4.4 单极断路器的分解	73
3.4.5 导电系统及灭弧装置检修	75
3.4.6 中间机构的检修	80
3.4.7 支持绝缘子和绝缘拉杆（提升杆）的检修	81
3.4.8 传动主轴的分解检修	82
3.4.9 分闸缓冲器的分解检修	83
3.4.10 放油阀的分解检修	84
3.4.11 水平拉杆的检修	85
3.4.12 合闸保持弹簧及底座的检修	85

3.4.13	并联电容器的检查	86
3.4.14	断路器的单极整体组装	86
3.4.15	机械调整	87
第4章 真空高压断路器故障诊断与检修		92
4.1	断路器检修的分类	92
4.1.1	检查维修的种类	92
4.1.2	检修周期	93
4.1.3	检修项目	93
4.2	真空断路器的检修	94
4.2.1	真空断路器的常见故障、产生原因及处理方法	94
4.2.2	ZN5-10 型真空断路器灭弧室的更换	99
4.2.3	机械调整	100
4.3	ZN12-35 ¹²⁵⁰ / ₂₀₀₀ -31.5 型真空断路器的检修	101
4.3.1	灭弧室的更换	101
4.3.2	机械调整	102
第5章 SF₆ 高压断路器故障诊断与检修		104
5.1	LW-10 型 SF ₆ 断路器的检修	104
5.1.1	检修周期	104
5.1.2	检修项目	105
5.1.3	检修的准备工作	105
5.1.4	检修时的安全措施	106
5.1.5	本体检修	106
5.2	SF ₆ 高压断路器的常见故障与处理方法	112
5.3	SF ₆ 断路器的维护	115
5.3.1	检修周期	115
5.3.2	检修项目	115
5.3.3	检查的工艺流程、工艺标准及注意事项	117
5.4	SF ₆ 断路器的检修	121

5.4.1	气体回收检修工艺及质量标准	121
5.4.2	断路器本体拆卸	122
5.4.3	灭弧室的分解检修	124
5.4.4	灭弧单元的装复	128
5.5	断路器的装复	129

第6章 操动机构故障诊断与检修 130

6.1	操动机构的分类与型号	130
6.2	CT8 型弹簧操动机构的检修	131
6.2.1	CT8 型弹簧机构的常见故障及处理方法	131
6.2.2	机构检修	131
6.2.3	储能电机的检修	133
6.2.4	各电磁铁的检修	135
6.2.5	CT8 型弹簧机构装复后的自调整	135
6.3	CD10 型电磁操动机构的检修	138
6.3.1	CD10 型操动机构的常见故障及处理方法	138
6.3.2	CD10 型操动机构的检修	141
6.4	CY5 型液压操动机构的检修	145
6.4.1	CY5 型操动机构的常见故障及处理方法	145
6.4.2	CY5 型操动机构的检修	145
6.5	CY-A 型液压操动机构的检修	159
6.5.1	CY-A 型操动机构常见故障及处理方法	159
6.5.2	CY-A 型操动机构的检修	162
6.6	LW-10 SF ₆ 型操动机构的检修	172
6.6.1	I 型手力机构的检修	172
6.6.2	II 型电机储能机构的检修	174
6.7	LW6 系列断路器配液压机构的检修	176
6.7.1	控制阀的分解检修	176
6.7.2	三级阀的分解检修	179
6.7.3	信号缸的分解检修	181

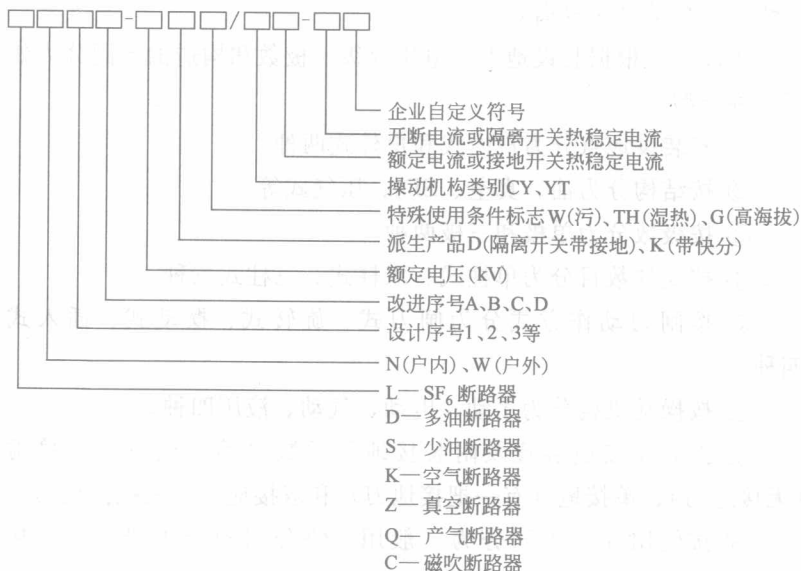
6.7.4 高压油泵的分解检修	182
第7章 高压电器的试验	185
7.1 高压电器的试验	185
7.1.1 隔离开关的试验项目、周期及要求	185
7.1.2 少油断路器的试验项目、周期及标准	186
7.1.3 空气断路器的试验项目、周期	189
7.1.4 真空断路器的试验项目、周期及标准	190
7.1.5 SF ₆ 断路器和 GIS 的试验项目、周期及标准	192
7.2 基本试验	194
7.2.1 测量绝缘电阻	194
7.2.2 泄漏电流试验	195
7.2.3 介质损耗的测量	196
7.2.4 直流电阻的测量	199
7.2.5 工频交流耐压试验	201
7.3 分、合闸时间和速度的测定	204
7.3.1 测量分、合闸时间	204
7.3.2 测量分、合闸速度	206
7.4 断路器操动机构的试验	209
7.4.1 试验接线	209
7.4.2 试验步骤	209
参考文献	211

第1章 概 述

1.1 高压电器的型号与分类

1.1.1 高压电器的型号

高压电器可分为高压熔断器、隔离开关、负荷开关、断路器四种，各种高压电器按照各种用途又可分为多种形式，根据国家技术标准，国产高压电器产品型号及意义如下：



1.1.2 高压隔离开关的特点和分类

隔离开关是一种没有专门灭弧装置的开关设备，在分闸状态时有明显可见的断口，在合闸状态时能可靠地通过正常工作电流，并能在规定时间内承载故障短路电流和承受相应电动力的冲击。关合和开断有电压无负荷的线路，主要用于在分闸后建立可靠的绝缘间隙，将被检修的线路和设备与电源分开，根据运行需要换接线路以及开断或关合一定长度线路的充电电流或一定容量的空载变压器的励磁电流。具有以下特点。

① 在分闸状态有明显断口。

② 隔离开关的断口在任何状态下都不能被击穿，因此它的断口耐压一般要比其对地绝缘的耐压高出 10%~15%。

③ 在合闸状态能可靠地通过正常工作电流和故障电流。

④ 必要时应在隔离开关上附装接地开关，供检修时接地用。

隔离开关的用途：主要用于检修分段隔离、倒换母线、分合空载线路、自动快速隔离等。

隔离开关根据装设地点、电压等级、极数和构造的不同分为如下几种类型。

① 安装设地点分为户内式和户外式两种。

② 按结构分为油、真空、SF₆、压气式等。

③ 按极数分为单极和三极两种。

④ 按支柱数目分为单柱式、双柱式、三柱式三种。

⑤ 按闸刀动作方式分为闸刀式、旋转式、摆动式、插入式四种。

⑥ 按操动机构分为手动、电动、气动、液压四种。

⑦ 按有无接地装置及附装接地开关数量的不同分为不接地（无接地刀）、单接地（有一把接地刀）和双接地（有两把接地刀）。

⑧ 按使用性质不同分为一般用、快分用和变压器中性点接地用。

1.1.3 断路器的分类

(1) 断路器的分类

断路器根据灭弧介质的不同可分为油断路器、压缩空气断路器、SF₆断路器、真空断路器、自动产气断路器、磁吹断路器等。

① 油断路器 可分为多油和少油两种。它们都是利用变压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。压缩空气有三方面作用：一是吹弧，使电弧受到冷却而熄灭；二是作为触头断开后绝缘的介质，起绝缘作用；三是分合闸的操作动力。

③ 六氟化硫(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。

⑤ 自动产气断路器 固体绝缘材料在电弧的作用下，分解出大量的气体进行气吹灭弧的断路器。

⑥ 磁吹断路器 靠磁力吹弧，利用狭缝灭弧原理将电弧吹入狭缝中冷却灭弧的断路器。

(2) 断路器的基本要求

由于断路器要在正常工作时接通和切断负载电流，短路时切断短路电流，并受环境变化的影响，故对高压断路器有以下几方面要求。

① 断路器在额定条件下，应能长期可靠地工作。

② 应具有足够的断路能力。由于电网电压较高，电流较大，当断路器在断开电路时，触头间会产生较强的电弧，只有当电弧完全熄灭后才能断开电路。因此要求断路器要有足够的断路能力，尤其在短路故障时，应能可靠地切断短路电流，并保证具有足够的热稳定度和动稳定度。

③ 具有尽可能短的开断时间。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和减轻短路电流对电气设备的危害。

④ 结构简单，价格低廉。在要求安全可靠的同时，还应考虑经济性。因此，应力求断路器结构简单，尺寸小，重量轻，价格低廉。在要求安全可靠的同时，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和减轻短路电流对电气设备的危害。

(3) 断路器的主要技术参数

① 额定电压 允许断路器连续工作的电压。断路器可以在低于额定电压下工作。额定电压是由断路器的绝缘尺寸和灭弧能力决定的，国家标准规定工厂企业断路器的额定电压等级有：10kV、35kV、110kV。

② 最高工作电压 考虑到输电线路上有电压降，变压器出口端电压应高于线路额定电压，断路器可能在高于额定电压下长期工作，因此又规定了断路器有一最高工作电压。按国家标准规定，对于额定电压在 110kV 及以下的设备，其最高工作电压为额定电压的 1.15 倍。

③ 额定电流 断路器中长期允许通过的电流，在该电流下各部分的温升不得超过允许数值。额定电流决定了断路器触头及导电部分的截面，并且在某种程度上也决定了它的结构。国家标准规定，额定电流有：200A、400A、600A、1000A 等。

④ 开断电流 在一定的电压下断路器能安全无损开断的最大电流。在额定电压下的开断电流称为额定开断电流。当电压低于额定电压时，允许开断电流可以超过额定开断电流。但不是按电压降低成比例的增加，而是有一个极限值。这是由某一种断路器的灭弧能力和承受内部气体压力的机械强度所决定的。上述这个极限值称为极限开断电流，单位为 kA。

⑤ 断流容量 在一定电压下的开断电流与该电压的乘积，再乘 $\sqrt{3}$ 以后所得的值。由额定电压 U_N 和额定开断电流 I_{NOC} 所得的

值即为额定断流容量 S_{NOC} ，即

$$S_{\text{NOC}} = \sqrt{3} U_{\text{N}} I_{\text{NOC}} \quad (\text{MV} \cdot \text{A})$$

⑥ 极限通过电流 断路器在合闸位置时允许通过的最大短路电流，此值是由导电部分所能承受的最大电动力能力所决定的，单位为 kA。

⑦ 热稳定电流 断路器合闸位置，在一定的时间内通过短路电流时，不因发热而造成触头熔焊或机械破坏的电流值称为一定时间的热稳定电流。它表明了断路器承受短路电流热效应的能力。

⑧ 动稳定电流 断路器在冲击短路电流作用下承受电动力的能力，此值大小由导电及绝缘等部分的机械强度所决定。

⑨ 合闸时间 对有操动机构的断路器，自发出合闸信号起（即将合闸线圈施加电压）到断路器接通时为止所经过的时间，称为断路器的合闸时间。

⑩ 分闸时间 从发出跳闸信号（即对跳闸线圈施加电压）起到三相中电弧完全熄灭时所经过的时间。一般合闸时间大于分闸时间。分闸时间是由固有分闸时间和电弧燃烧时间两部分组成的。一般分闸时间为 0.06~0.12s。

1.2 隔离开关的基本结构

隔离开关的种类很多，这里仅介绍几种常见的隔离开关的基本结构。

1.2.1 II 型双柱式隔离开关的基本结构

II型双柱式隔离开关的导电部分固定在绝缘子上端，由主闸刀、中间触头及出线座构成。主闸刀分成两半，接触部分在中间。中间触头一端为触子，另一端为圆锥形触头，接地刀主轴上有扇形板与紧固在绝缘子法兰上的弧形板组成联锁，确保“主分—地合”、“地合—主分”的操作顺序。操动机构根据需要选择手动、电动、气动机构。

1.2.2 V型双柱式隔离开关的基本结构

V型双柱式隔离开关由基座支柱绝缘子左、右触头，接线座及导电回路三部分组成。两支柱绝缘子成V形安装在左右两轴承支座上，两轴承支座都装有轴承和相互啮合的伞形齿轮，接线座内用紫铜编织带，分别连接固定在出线导电杆和夹紧触头的夹板上，保证绝缘子和触头转动 90° 时出线导电杆固定不动。

1.2.3 三柱式（双断口）隔离开关的基本结构

三柱式隔离开关主要由底座、磁柱和导电回路三部分组成。底座部分是由槽钢和钢板焊制而成，在槽钢上装有三个支座，两端支座是固定的，中间支座是转动的，在槽钢内腔装有主刀闸和接地开关的传动连杆及联锁板。接地开关由刀杆和静触头组成，刀杆头有一对触片与静触头接触，每极的三个磁柱由实心棒式绝缘子叠装而成，它的下端固定在底座的支座上。导电部分由动闸刀和静触头组成，在其端部各焊有一圆柱触头，借助铝罩将两根管连成一体。

1.3 断路器的基本结构

1.3.1 SN10-10型少油断路器的基本结构

(1) 基本结构

SN10-10型断路器由框架、传动系统和油箱三部分组成。

框架由角钢或钢板焊接而成。在框架上每相装有两个支持瓷瓶、分闸弹簧、分闸限位器和合闸缓冲弹簧。

传动系统包括大轴、轴承、拐臂、绝缘拉杆。大轴、轴承装于框架上，在大轴上焊有若干个拐臂，其主拐臂通过绝缘拉杆与油箱上的转轴相连，组成四连杆机构。

油箱固定在支持绝缘上。油箱下部是用球墨铸铁制成的基座，

基座内装有转轴、拐臂和连板组成的变直机构。基座下部装有油缓冲器的活动塞杆和放油螺栓。油箱中部是用高强度的环氧玻璃布管做成的绝缘筒，用压圈由螺栓经下出线座固定在基座上。绝缘筒内部装有灭弧室，绝缘筒上部是铸铝合金的上帽和上出线，上帽内装有油气分离器，上出线下部有油位指示器。在静触头靠近吹弧口处的三片触片上镶有铜钨合金，下出线内有滚动触头，通过滚动触头将导电杆与下出线连接在一起，导电杆上端装有铜钨合金动触头。

(2) 灭弧原理

SN10-10型断路器采用了纵横气吹灭弧结构，三级横吹，一级纵吹。

当断路器正常分闸时，动、静触头间的电弧油分解成高温油气，灭弧室内压力上升，当压力增高到一定程度时，迫使静触头内的逆止阀钢球上升，堵住回油孔，此时，电弧在近似于封闭的空间燃烧，使灭弧室内的压力以更快的速度增高，随着导电杆不断向下运动，相继打开第一、二、三个横吹口和纵吹囊，油气混合气猛烈地横吹和纵吹电弧，使电弧冷却拉长。与此同时，由于导电杆快速向下运动，排挤与导电杆同体积的绝缘油进入灭弧室，对电弧形成机械油吹。在纵吹、横吹、机械油吹的共同作用下，大、中、小电弧均能有效地熄灭。

在开断小电流时，由于电弧能力小，产生的气体和油蒸气相对地较少，灭弧室内的压力较低，只靠第一道横吹作用。往往不能熄灭，但由于导电杆迅速向下运动，将电弧拉长，产生的气体和油蒸气相应增多，在打开第二、三横吹口时形成新的横吹，横吹作用得到加强，这时，只有电弧被拉入灭弧室下部中央孔内，使油囊内的油变成气体，在纵吹口形成附加纵吹作用，电弧才能熄灭。

电弧熄灭后，残存的气体继续排向上冒，上部的油回流至动、静触头之间，为下次灭弧做准备。

(3) 性能

断路器应用了逆流原理防爆性能大大提高，即静触头在上，动