

HMB4/8型液压弹簧操作机构内漏故障解析

鲍 鹏, 孙 昕

(中国长江电力股份有限公司, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 对HMB4/8型弹簧储能液压操作机构的结构、工作原理进行了阐述,对HMB4/8型液压操作机构的油路系统及密封结构进行了分析研究,对不同内漏故障现象进行了深入分析,提出了故障点的判断方法和应对措施。通过一起HMB8.3型操作机构内漏故障的检查处理验证了机构内漏判断方法的正确性和有效性。

关键词: 液压操作机构; 油路系统; 内漏; 密封结构

Analysis of Internal Leakage Fault of HMB4/8 Hydraulic Spring Operating Device

BAO Peng, SUN Xin

(China Yangtze Power Co., Ltd., Hubei Yichang 443002, China)

Abstract: The structure and working principle of HMB4/8 spring stored energy hydraulic operating device are expounded. The oil circuit system and sealing structure of HMB4/8 hydraulic operating device are analyzed and studied. The phenomena of different internal leakage faults are analyzed in depth, and the judgment methods and countermeasures of fault points are put forward. The correctness and validity of the method for judging the internal leakage of HMB8.3 operating device are verified by an inspection and treatment of the internal leakage fault of the mechanism.

Key words: hydraulic operating device; oil system; internal leakage; sealing structure

0 引言

HMB4/8型液压弹簧操作机构为ABB公司在AHMA型机构的基础上发展起来的第二代产品,由于其优异的动作性能和高可靠性,该系列操作机构已成为ABB公司断路器操作机构中的主要产品,自1997年推向市场以来,广泛应用于电厂、变电站等电力系统行业中。HMB4/8型机构为集成化液压系统,模块化结构,设计小巧紧凑、无外接管路。基于此种原因,在机构发生液压油内部泄漏故障时,对于故障点的判断和查找变得较为棘手^[1-3]。

2016年9月24日,某电站500 kV GIS第4单元3号开关B相操作机构发生储能电机频繁打压现象,经现场检查确定为机构液压油内部泄漏。通过对操作机构内部油路及其密封系统的分析研究,最终找到内漏点,并消除故障。

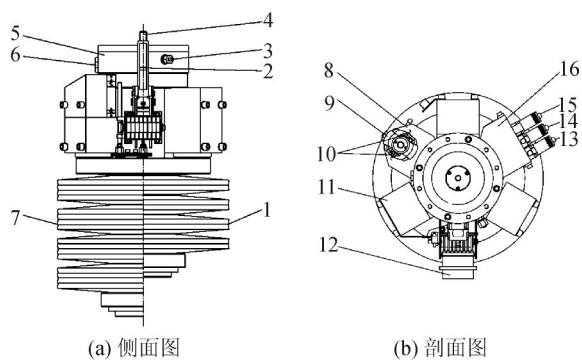
1 基本结构和工作原理

1.1 基本结构

HMB4/8型液压弹簧操作机构主要由工作模块、储能模块、控制模块、充压模块、监测模块和适配模块共6大模块组成,具体结构及外形图见图1、2^[1-5]。

1.2 工作原理

液压弹簧操作机构依靠电机带动偏心轴旋转,偏心轴的连续旋转使柱塞泵将低压的液压油打压至高压区,储能活塞缸内的高压油推动储能活塞,通过支撑环压缩碟形弹簧进行机构储能。断路器的分合闸动作是由操作机构工作缸内的工作活塞完成的,活塞运动的方向由活塞两侧液压油的压力大小和活塞两侧的受力面积大小来决定,液压油压力的变化依靠分合闸节流阀来进行调节,储能后的弹簧通过液压油对活塞的运动提供最终的动力。



1—HMB-4型机构的碟簧柱; 2—泄压阀;
3—低压油缸注油孔; 4—活塞杆; 5—低压油缸;
6—油标; 7—HMB-8型机构的碟簧柱; 8—充压模块;
9—油泵电机; 10—碳刷; 11—储能模块; 12—监测模块;
13、14—分闸电磁阀; 15—合闸电磁阀; 16—控制模块。

图1 HMB4/8型液压操作机构结构图

Fig. 1 Structure diagram of the HMB 4/8 hydraulic operating mechanism



图2 HMB4/8型液压操作机构部件图

Fig. 2 Component diagram of the HMB 4/8 hydraulic operating mechanism

当进行分/合闸操作时,通过分/合闸阀门油道的开启,造成控制模块内换向阀两侧油压的改变,使换向阀运动,动作后的换向阀造成工作活塞两侧液压油压力差的改变而进行运动,运动的工作活塞带动操作连杆,最终完成断路器本体的分合闸。各个模块的组成及原理如下。

1)工作模块。工作模块主要由工作缸和活塞杆组成,采用常充压差动式结构,高压油恒作用于活塞杆上端。工作缸内布置有通往其他模块的油道,用于油路的循环及转换。

2)储能模块。储能模块主要由储能活塞缸、储能活塞、支撑环和碟型弹簧柱组成。在液压油的作用下通过储能器活塞压缩碟形弹簧并将液压能量长期存储在储能活塞缸内,为断路器分、合闸操作做好能量储备。

3)控制模块。控制模块主要由1个合闸电磁阀、2个分闸电磁阀和主换向阀组成,通过远方或现场给出的电信号命令使相应电磁阀打开阀口,通过

阀口两侧高低压油转换使主换向阀换向。

4)充压模块。充压模块主要由油泵电机、传动装置、油泵等组成。电机启动,电机齿轮带动油泵齿轮,齿轮带动偏心轴将低压油打入高压油腔。

5)监测模块。监测模块是由碟簧行程开关、碟簧储能状态指示器、失压防慢分装置、泄压阀(内附安全阀)组成。监测模块通过监测碟簧的储能位移来监测油压及油量的变化,并发出相应的控制指令。行程开关的齿条固定于储能模块的支撑环上,储能活塞杆压缩碟簧或碟簧释能均会带动齿条,齿条带动行程开关齿轮,齿轮再带动行程开关凸轮旋转来断开或闭合微动开关触点达到报警及自动闭锁的目的。

6)适配模块。适配模块主要由断路器与操作机构之间的连接件、辅助开关及其连杆组成。断路器与操作机构之间的连接件主要是用于操作机构适配不同型号规格的断路器,连接件的外形尺寸根据断路器的不同而异。辅助开关通过连杆等传动装置与操作机构活塞杆相连,操作机构进行分合闸操作时辅助开关也相应运动关合或断开相应的辅助接点以反映断路器分合闸位置及对二次控制回路进行信号控制以及联锁保护。

2 油路结构

1)充压模块油路结构。机构储能时,储能电机启动,电机齿轮带动油泵齿轮,油泵齿轮带动偏心轴,通过柱塞油泵将低压油持续注入高压油道,见图3(图3中虚线箭头表示低压油流向,实线箭头表示高压油流向)。柱塞泵高压油道向上连通至工作缸高压腔^[6-8]。

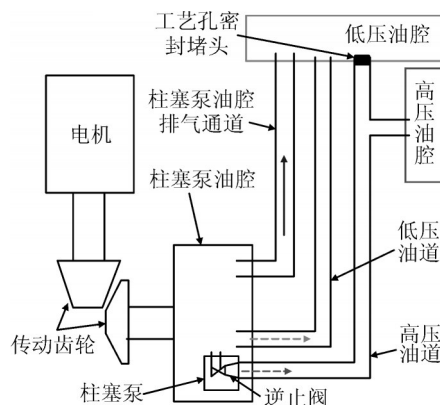


图3 柱塞泵油路结构图

Fig. 3 Structure diagram of oil system of the ram-type pump

2)储能模块油路结构。储能活塞缸一端连接至高压油腔,另一端连接至低压油腔。在储能过程中,经过柱塞泵打压后的高压油通过高压油腔进入储能活塞缸,推动储能活塞运动以进行弹簧储能,活塞缸低压侧液压油通过低压油道返回至机构的

低压油腔,见图4(图4中虚线箭头表示低压油流向,实线箭头表示高压油流向)。

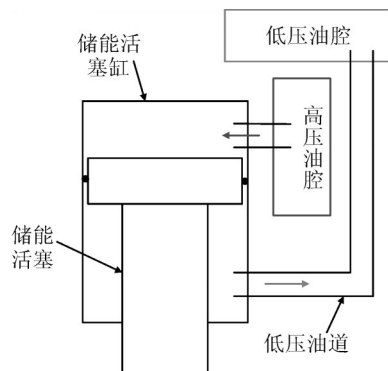


图4 储能模块油路结构图

Fig. 4 Structure diagram of oil system of the accumulator module

3)控制模块油路结构。控制模块主要包含3条油路,1条常高压油路,1条常低压油路,1条在合闸和分闸位置下可进行高低压转换的油路,该油路连通至工作活塞缸底部,见图5。

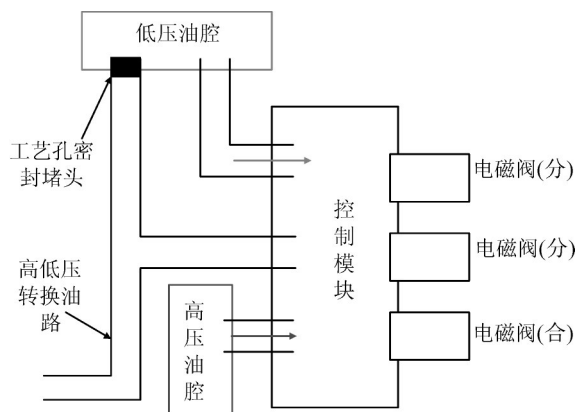


图5 控制模块油路结构图

Fig. 5 Structure diagram of oil system of the control module

4)监测模块油路结构。监测模块内的油路布置用于泄压装置,泄压装置主要用于储能状态下操作机构的压力泄除,通过弹簧压力阀对常高压区和常低压区进行连通和关闭,油路结构见图6。

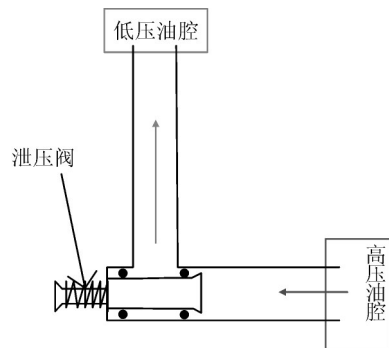


图6 泄压装置油路结构图

Fig. 6 Structure diagram of oil system of the decompression module

5)工作模块油路结构。在储能状态下,工作缸上部为常低压油腔,中部为高压油腔,低压腔和高压腔由静密封和滑动密封进行隔离,工作活塞下部油腔由主换向阀控制在高、低压间切换,工作缸油路结构见图7。工作活塞上部为高压油,工作活塞下部因分闸和合闸状态的不同而进行低压和高压间的相互转换。工作缸低压油腔和高压油腔通往各模块油路接口标识图分别见图8、9。

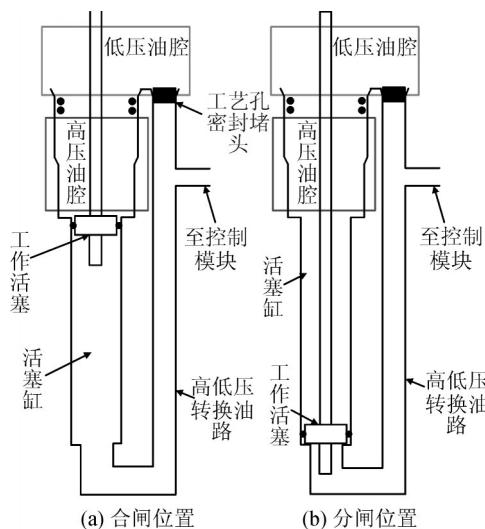


图7 工作缸油路结构图

Fig. 7 Structure diagram of oil system of the working cylinder module

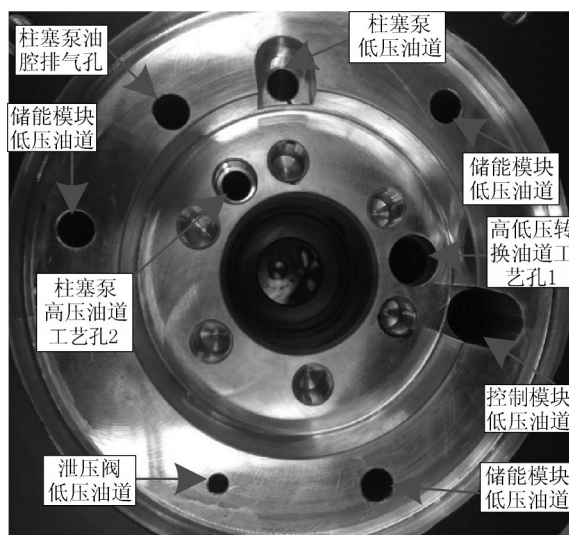


图8 低压油腔油路接口图

Fig. 8 Interface diagram of the low pressure oil cavity

3 操作机构内漏故障分析及处理方法

液压弹簧操作机构中采用的密封件和阀门具有优越的密封性能。但即便如此,金属密封面上仍会有微量的泄漏,同时,设备在长期运行过程中,密封面也会存在因磨损或逐渐老化而造成泄漏的现象,这些泄漏可导致碟簧储能的损失。这一能量损失将

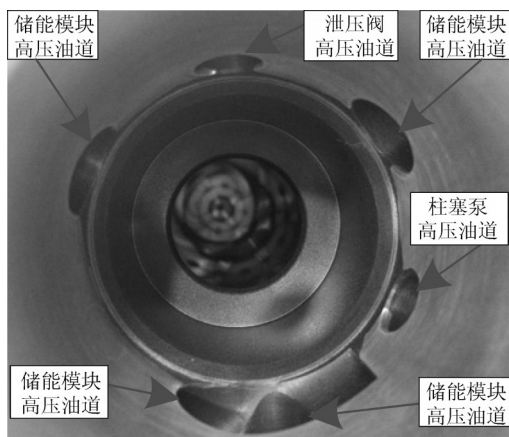


图9 高压油腔油路接口图

Fig. 9 Interface diagram of the high pressure oil cavity

通过油泵的自动启动来补偿。在断路器无操作情况下,油泵每天起动10次是允许的。如果起动次数超过10次(月平均值),则需对机构加强观察。如果起动次数超过20次(月平均值),则为打压频繁^[9-14]。

除去电机及传动故障、二次回路故障以及缸体裂纹等故障之外,操作机构液压油泄漏则为电机频繁打压的主要原因。操作机构的泄漏分为外漏和内漏两种情况,外漏情况下的故障点一般较易查找。而内漏故障情况,需要针对操作机构内部高低压油间的密封结构和不同的故障现象来分别进行判断。内漏,即为操作机构内部液压油由高压区向低压油区渗漏的现象。

通过对HMB4/8型操作机构结构及工作原理的分析,可得到操作机构内部高低压油之间。共11处密封布置点,见图10、11。“工艺孔1”与高低压转换油道相通,顶部与低压油腔采用堵头进行密封;“工艺孔2”与常高压油腔相通,顶部与低压油腔采用堵头进行密封。

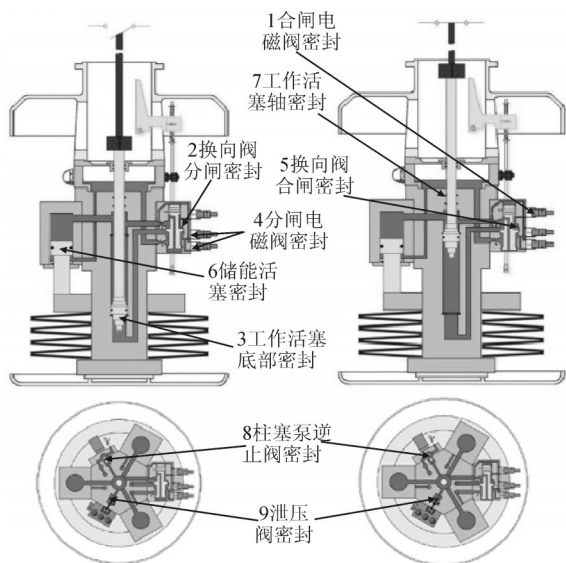


图10 操作机构储能状态下高低压油间密封布置

Fig. 10 Sealing layout between high pressure oil and low pressure oil in the state of energy storage

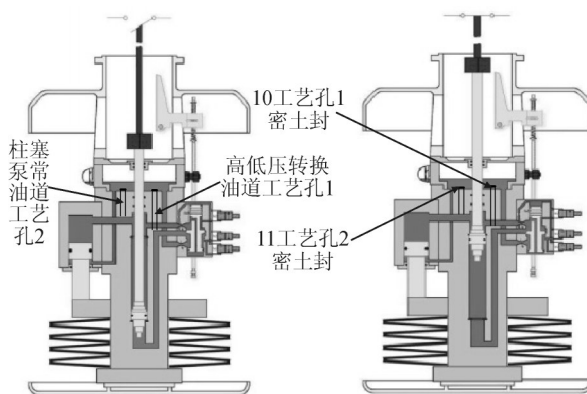


图11 操作机构储能状态下高低压油间密封布置

Fig. 11 Sealing layout between high pressure oil and low pressure oil in the state of energy storage

根据储能状态下操作机构工作活塞杆的分合闸位置,内漏故障情况可分为3类:分闸泄漏、合闸良好;合闸泄漏、分闸良好;分合闸均泄漏。

在分闸泄漏、合闸正常或合闸泄漏、分闸正常时,该情况应考虑在分闸和合闸位置下,各油道高低压状态发生变化的区域。在分合闸状态转换后,工作缸底部至控制模块的转换油道以及控制阀内部油道状态均发生了变化,密封渗漏点应重点考虑该区域;在分合闸均泄漏时,应重点考虑在分闸和合闸位置下,各油道高低压状态未发生变化的区域的密封。

针对不同内漏现象下的故障点判断及处理措施见表1。

针对各内漏故障点的处理措施,主要是更换相应部件的密封,而在作业现场,各个部件密封的更换需要许多专用工装才能完成,各个设备使用单位在一般情况下不会进行该类工装的准备。所以在作业现场的故障处理,有时为了检修工期的需要,较为便捷的方法是对发生密封故障的模块和部件进行整体更换,或是对整个操作机构进行更换。

4 现场故障处理情况

2016年9月24日,国内某电站500 kV GIS第4单元3号开关B相操作机构发生储能电机频繁打压现象,具体现象为:在合闸位置频繁打压(2.5 h内打压11次),且可现场可听到操作机构内部有明显的泄漏声音;将断路器操作至分闸位置后电机储能正常。经现场检查分析研究确定为机构液压油内部泄漏(合闸泄漏,分闸正常)^[15-20]。

通过前述章节的分析,判断故障点为控制模块或工艺孔1处的密封。对控制模块进行拆解检查,各个密封面未发现异常,更换控制模块后,故障现象仍然存在。

表1 操作机构不同内漏现象下的故障分析

Table 1 Analysis to various fault phenomenon of interior leakage of operating mechanism

内漏现象	可能故障点	处理措施
分闸泄漏、合闸良好	①合闸电磁阀密封渗漏; ②换向阀分闸密封渗漏; ③工作活塞底部密封渗漏。	更换合闸电磁阀密封(排除①)→更换控制模块换向阀*(排除②)→更换工作活塞底部密封机构(排除③)→整体更换机构(排除①-③)
合闸泄漏、分闸良好	④分闸电磁阀密封渗漏; ⑤换向阀合闸密封渗漏; ⑩工艺孔1密封渗漏。	更换分闸电磁阀密封(排除④)→更换控制模块换向阀(排除⑤)→更换工艺孔1密封堵头(排除⑩)
分合闸均泄漏	⑥储能活塞密封渗漏; ⑦工作活塞轴密封渗漏; ⑧柱塞泵逆止阀密封渗漏; ⑨泄压阀密封渗漏; ⑪工艺孔2渗漏; ①②③和④⑤⑩各有一处或以上同时存在渗漏,需逐项排除。	更换储能活塞密封和柱塞泵逆止阀密封(排除⑥⑧)→更换泄压阀密封(排除⑨)→更换工作活塞轴密封(排除⑦)→更换工艺孔1密封堵头密封(排除⑩)→更换控制模块(排除①②④⑤)→整体更换机构(排除①-⑪)

注:需要注意的是,为防止由于液压油内含杂质造成的密封损伤,在处理过程中,更换完相关部件后,还应对机构液压油进行更换。

随后,在合闸位置下,打开端部低压油密封盖板,启动电机打压,发现高低压转换油道工艺孔1部位有向外油流现象,对工作缸排油,拆除端部压环,拆除工艺孔1密封堵头,发现高低压转换油道工艺孔1内壁有一条裂纹,该工艺孔裂纹由端部往下延伸,见图12。

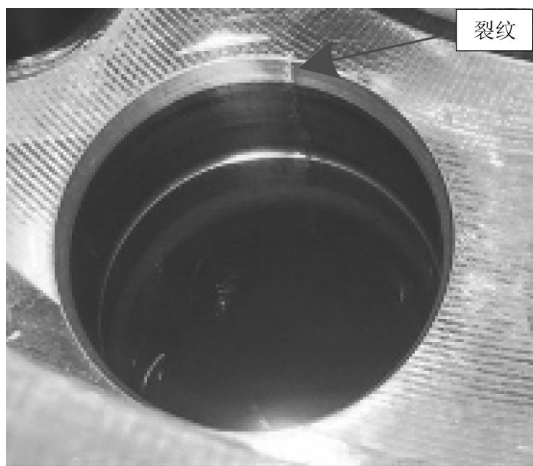


图12 工艺孔1内壁裂纹

Fig. 12 The inner wall crack of the fabrication hole 1

分析认为,在合闸位置下,高低压转换油道工艺孔1内为高压油,工艺孔上端部的裂纹,造成工艺孔1堵头密封存在缝隙而失效,见图13。堵头上部为低压油腔,液压油因压力差,由裂纹从高低压转换油道渗漏至低压油腔,形成内漏,见图14。在分闸位置下,高低压转换油道为低压油,裂纹上下两

侧油压平衡,渗漏消失。

由于缸体裂纹无法修复,该次故障处理采取更换工作缸的方式。工作缸更换后,分别在分闸和合闸位置下对机构储能进行保压试验,储能电机频繁打压及内漏现象消除,故障处理完成。



图13 工艺孔1密封堵头

Fig. 13 The sealing gland of the fabrication hole 1

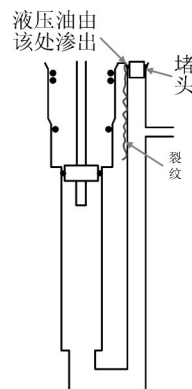


图14 液压油渗漏示意图

Fig. 14 The leakage diagram of hydraulic oil

5 结语

近年来,液压弹簧操作机构因内漏造成储能电机频繁打压的故障现象时有发生,应引起业内人士的重视。文中对HMB4/8型操作机构的原理及油路、密封系统进行了深入分析,提出了液压机构不同内漏现象的故障点判断方法和相应的处理措施。通过一起HMB8型液压操作机构的故障分析及检查,验证了该判断方法的有效性和可靠性。

参考文献:

- [1] 陈保伦. HMB_4型液压弹簧操作机构的特点、操作使用及故障处理[J]. 电气制造, 2009(5):66-69.
CHEN Baolun. The characteristics of HMB-4 type hydraulic spring mechanism, operation and fault treatment[J]. Electrical Manufacturing, 2009(5):66-69.
- [2] 许 杨. HMB_4/8型开关弹簧液压操作机构频繁打压故障原因[J]. 东北电力技术, 2010(1):50-52.
XU Yang. Causes on frequent pressure abnormality for HMB-4/8 hydraulic spring mechanism[J]. Northeast Electric Power Technology, 2010(1):50-52.
- [3] 方可行. 断路器故障与监测[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
FANG Kexing. Failure monitoring of circuit breakers[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2004.
- [4] 施文耀. 开关液压机构[M]. 北京:机械工业出版社, 1990.
SHI Wenyao. Switch hydraulic mechanism[M]. Beijing:China Machine Press, 1990.
- [5] 张宗九. 高压断路器技术问答[M]. 北京:中国电力出版社, 1997.
ZHANG Zongjiu. Questions and answers for high voltage circuit breakers[M]. Beijing:China Electric Power Press, 1997.
- [6] 郑 雷. 液压机构油泵频繁启动原因分析及对策[J]. 高压电器, 2010, 46(7):85-89.
ZHENG Lei. Analysis on frequent start of hydraulic mechanism of a circuit breaker with countermeasure[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(7):85-89.
- [7] 洪国耀, 张 猛, 陈保伦. 液压机构泄漏故障的诊断探索与实践[J]. 高压电器, 2011, 47(12):62-65.
HONG Guoyao, ZHANG Meng, CHEN Baolun. Explore the diagnoses for leakage fault of the hydraulic mechanism[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(12):62-65.
- [8] 韩筱慧. HMB_4型液压弹簧操作机构频繁打压故障的现场检修[J]. 浙江电力, 2015(5):69-72.
HAN Xiaohui. On-site maintenance of frequent pressurizing for HMB-4 hydraulic spring operating mechanism[J]. Zhejiang Electric Power, 2015(5):69-72.
- [9] 李 刚, 林其雄. 高压断路器液压机构故障诊断、分类和处理方法的探讨[J]. 高压电器, 2001, 37(4):50-51.
LI Gang, LIN Qixiong. Discussion on diagnosis, classification and handling of the malfunction for hydraulic pressure actuator in high voltage circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2001, 37(4):50-51.
- [10] 钟家喜, 李保全, 李亚红. 高压断路器机械状态诊断与监测技术的探索与实践[J]. 高压电器, 2011, 47(2):53-60.
ZHONG Jiaxi, LI Baoquan, LI Yahong. Exploration and practices of mechanical state diagnosis and monitoring techniques for high voltage circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(2):53-60.
- [11] 王向阳. SF₆断路器液压机构故障分析[J]. 高压电器, 2001, 37(5):22-24.
WANG Xiangyang. Failure analysis of SF₆ breaker hydraulic mechanism[J]. High Voltage Apparatus, 2001, 37(5):22-24.
- [12] 巫环科, 陈永佳. 500 kV HGIS液压操作机构打压频繁的分析及对策[J]. 高压电器, 2012, 48(2):119-122.
WU Huanke, CHEN Yongjia. Analysis and countermeasure to frequent pressurizing of 500 kV HGIS hydraulic operating mechanism[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(2):119-122.
- [13] 洪青云. 断路器液压机构故障原因及诊断处理方法[J]. 电气技术, 2010, 11(2):82-83.
HONG Qingyun. Fault diagnosis and analysis for oil pressure mechanism of circuit breaker[J]. Electrical Engineering, 2010, 11(2):82-83.
- [14] 韩军锋, 轩 辉, 吴昆仑, 等. 液压机构隐性渗漏故障的检修方法[J]. 高压电器, 2015, 51(9):186-189.
HAN Junfeng, XUAN Hui, WU Kunlun, et al. Inspection and repair method for hidden leakage faults of the hydraulic mechanism[J]. High Voltage Apparatus, 2015, 51(9):186-189.
- [15] 陈保伦. 液压操动机构的设计与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2011.
CHEN Baolun. Design and application of hydraulic operating mechanism[M]. Beijing:China Machine Press, 2011.
- [16] 李建基. 高中压开关设备实用技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
LI Jianji. Use of high voltage switchgear technology[M]. Beijing:China Machine Press, 2001.

- [17] 李海波, 万荣兴. 800 kV 罐式断路器液压机构渗油的分析及对策[J]. 高压电器, 2012, 48(9): 104-107.
LI Haibo, WAN Rongxing. Analysis and countermeasures to oil leakage fault of 800 kV pot breakers hydraulic mechanism[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(9): 104-107.
- [18] 彭勤建. GIS设备事故的预防[J]. 云南电力技术, 2002, 30(2): 37.
PENG Qinjian. GIS equipment accident prevention[J]. Yunnan Power Technology, 2002, 30(2): 37.
- [19] 张旭宏, 陈保伦. 断路器用大功率液压操动机构的设计[J]. 高压电器, 2010, 46(1): 1-4.
ZHANG Xuhong, CHEN Baolun. Design of the high power hydraulic operating mechanism for CB[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(1): 1-4.
- [20] 刘亚芳. 国内外高压断路器运行状况及维修策略综述[J]. 电力设备, 2003, 3(1): 26-29.
LIU Yafang. Strategy review of operating condition and maintenance of high voltage circuit breaker in the domestic and abroad[J]. Power Equipment, 2003, 3(1): 26-29.
- 鲍 鹏(1982—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事电气一次设备的检修工作。
- 孙 昕(1970—), 男, 高级工程师、本科, 主要从事电气一次设备的检修工作。

《高压电器》2019年2期广告单位

彩色广告

封一: 莱茵技术(上海)有限公司

封二: 中骏智能电气科技股份有限公司

封三: 西安高压电器研究院有限责任公司(认证中心)

封四: 上海乐研电气有限公司

前插1: 浙江雅博自动化设备有限公司

前插2: 珠海思创电气有限公司

前插3: 陕西迪吉康电气有限责任公司

前插4: 珠海经济特区恒迪科技有限公司

前插5: 前视红外光电科技(上海)有限公司

前插6: 陕西斯瑞新材料股份有限公司

前插7: 攀时(上海)高性能材料有限公司

前插8: 西安高压电器研究院有限责任公司(业务)