

ING KAIGUAN SHEBEI
FENXI YU YUFANG

山东电网开关设备 典型故障分析与预防

2006~2015 年

国网山东省电力公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

NG KAIGUAN SHEBEI
FENXI YU YUFANG

山东电网开关设备 典型故障分析与预防

2006~2015 年

国网山东省电力公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为进一步提高开关设备的运维管理水平,国网山东省电力公司组织收集了山东电网在运组合电器、断路器、隔离开关、高压开关柜等开关设备的运行信息,组织专家从运行年限、制造厂家、电压等级、故障部位4个方面进行统计分析,通过典型案例对开关设备机构异常、异物闪络、绝缘件损坏等故障案例进行总结提炼,并针对故障类型提出相应的改进措施。全书包括概述、组合电器、断路器、隔离开关、高压开关柜5章内容。

本书对于分析开关设备缺陷和故障,制定有效的改进措施,提高其生产制造、安装调试以及现场运行水平具有很好的指导意义。可供电力系统工程人员和管理人员使用,也可作为其他相关人员的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

山东电网开关设备典型故障分析与预防:2006~2015年/国网山东省电力公司运维检修部组编. —北京:中国电力出版社,2017.8

ISBN 978-7-5198-0629-3

I. ①山… II. ①国… III. ①电网-开关-故障诊断-山东-2006-2015②电网-开关-故障-预防-山东-2006-2015 IV. ①TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070348号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:邓慧都

责任校对:李楠

装帧设计:王英磊 张娟

责任印制:邹树群

印 刷:北京瑞禾彩色印刷有限公司

版 次:2017年8月第一版

印 次:2017年8月北京第一次印刷

开 本:710毫米×980毫米 16开本

印 张:10.25

字 数:183千字

印 数:0001—2000册

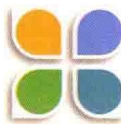
定 价:58.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

编 委 会

主	任	张方正				
副	主	任	冀肖彤	任志刚	张贺军	杨立超
			白万建			刘 凯
委	员	刘洪正	高晓东	逯怀东	贾亚军	陈 静
		林凡勤	刘 斌	王彦良	王 勇	张荣华
		吴 斌	胡晓东	范云鹏	丁 锐	李 林
		任 杰	陈应纪	武志刚	任 力	
编写组组长		任志刚				
编写组副组长		杨立超	王兴照	周大洲	雍 军	杨 波
		吴 强	韩克存			
编写组成员		吕俊涛	张 民	黄 锐	孙 杨	杜修明
		解晓东	邢海文	慈文斌	李秀卫	王 猛
		王明钦	季金豹	魏建莉	王军波	贾寅飞
		王 辉	郑 建	李 巍	任敬国	李 杰
		孙晓斌	陈玉峰	辜 超	吕守国	张 庆
		刘兆元	王 涛	马建生	孙安国	陈晓红
		黄振华	张朝辉	张召峰	渠志江	刘宏伟
		刘海泳	孙承超	张卫国	王跟鹏	亓延锋
		程云翔	赵斌财	陈 岩	郭 源	陈 钰
		刘焕聚				



前言

开关设备是变电站最重要的设备之一,肩负着开断负荷电流、故障电流和隔离或转换需检修设备的重要任务。一旦发生故障,将对电网安全造成极大的影响。开关设备在长期运行中,受本身设计制造技术、安装工艺以及运行维护水平的限制,加上发热、长期运行引起的绝缘老化,组部件质量不良、切除故障电流等都会使开关设备的运行条件恶化,产生隐患或引发事故。如何进行诊断、维护开关设备成为电力企业关注的重点问题。

为进一步提高开关设备的运维管理水平,国网山东省电力公司组织收集了山东电网在运组合电器、断路器、隔离开关、高压开关柜等开关设备的运行信息,组织专家从运行年限、制造厂家、电压等级、故障部位4个方面进行统计分析,通过典型案例对开关设备机构异常、异物闪络、绝缘件损坏等故障案例进行总结提炼,并针对故障类型提出相应的改进措施。全书共5章,内容包括概述、组合电器、断路器、隔离开关和高压开关柜的基本知识介绍、装用现状、运行情况、典型案例及改进措施。

本书凝聚了编写团队多年积累的成果,并侧重实际应用,对于分析开关设备缺陷和故障,制定有效的改进措施,提高其生产制造、安装调试以及现场运行水平具有很好的指导意义。可供电力系统工程人员和管理人员使用,也可作为其他相关人员的参考教材。

由于编者水平有限,书中内容难免有不妥之处,诚盼读者批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2017年3月



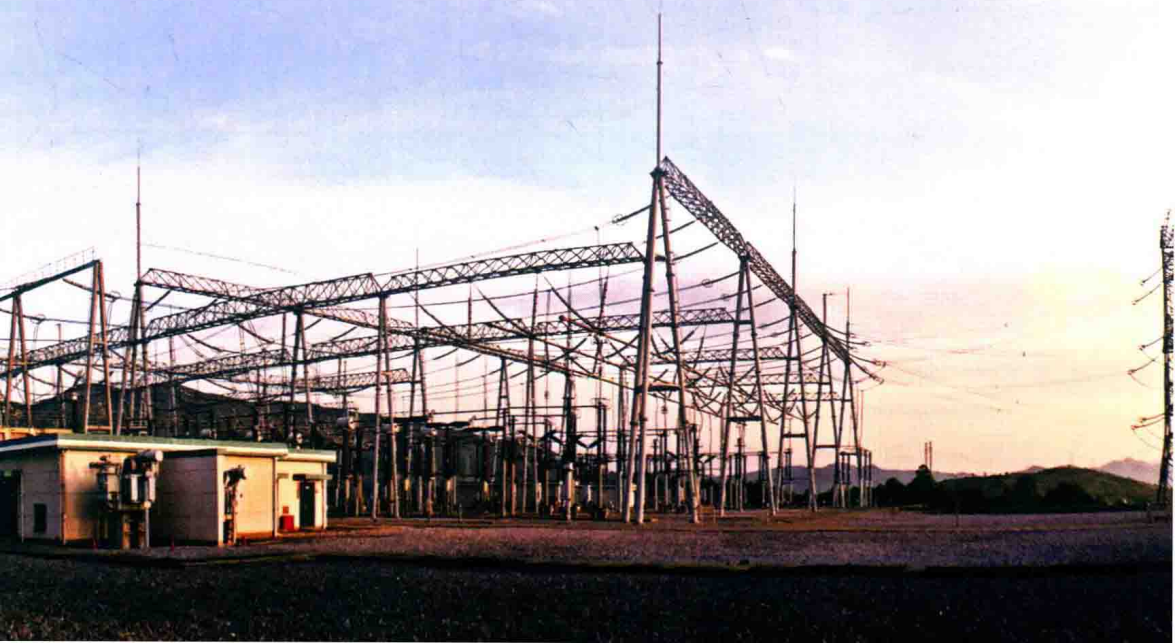
目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 开关设备装用情况	3
1.2 开关设备故障情况	3
第2章 组合电器	5
2.1 概述	7
2.2 设备装用情况	10
2.3 设备运行情况	13
2.4 典型案例及改进措施	19
第3章 断路器	51
3.1 概述	53
3.2 设备装用情况	56
3.3 运行情况统计分析	60
3.4 典型案例及改进措施	76
第4章 隔离开关	83
4.1 概述	85
4.2 设备装用情况	89
4.3 运行情况统计分析	94
4.4 典型案例及改进措施	103
第5章 高压开关柜	121
5.1 概述	123
5.2 设备装用情况	126
5.3 运行情况统计分析	128
5.4 典型案例及改进措施	134

第1章

概 述



1.1 开关设备装用情况

截至 2015 年底, 山东电网 110~500kV 断路器设备在运量总计 12 841 台, 其中组合电器断路器间隔 8294 个, 敞开式断路器 4547 台; 110kV 及以上隔离开关设备在运量为 12 209 台; 在运开关柜 70 502 面。各电压等级开关设备详细装用情况如图 1-1 所示。

表 1-1 开关设备装用统计表 (台)

设备类型	500kV	220kV	110kV	35kV	10kV	合计
组合电器	204	2148	5942	/	/	8294
断路器	178	906	3463	/	/	4547
隔离开关	501	3830	7878	/	/	12 209
开关柜	/	/	/	15 422	55 080	70 502

1.2 开关设备故障情况

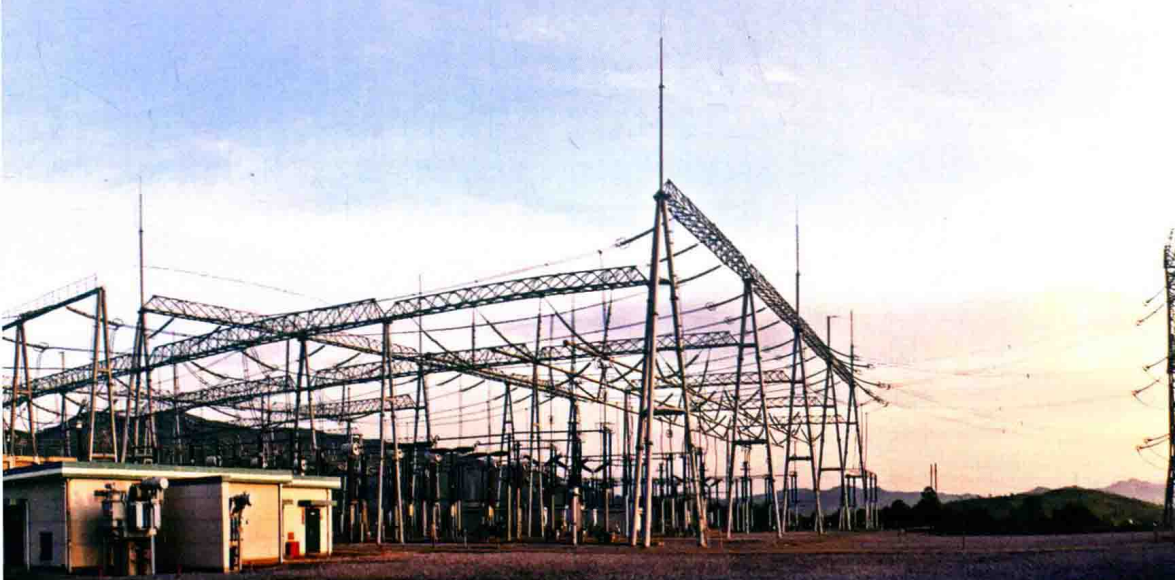
近 10 年来 (2006~2015 年), 变电设备共发生开关设备典型故障 332 次, 其中组合电器故障 68 次, 断路器 43 次, 隔离开关 51 次, 开关柜 170 次。组合电器、开关柜故障率较高, 故障率分别为 0.082 次/(百间隔·年)、0.07 次/(百面·年); 投运 5 年内的组合电器故障占其故障总数的 65.92%, 运行 20 年以上开关柜设备数量仅占 7.8%, 故障占比高达 24.71%。各电压等级开关设备故障情况统计如图 1-2 所示。

表 1-2 开关设备故障统计表 (台)

设备类型	500kV	220kV	110kV	35kV	10kV	合计
组合电器	3	32	33	/	/	68
断路器	2	22	19	/	/	43
隔离开关	2	23	26	/	/	51
开关柜	/	/	/	54	116	170

第2章

组合电器



截至 2015 年底,山东电网组合电器设备占开关设备总装用量的 64.59%。虽然有着诸多优点,但是组合电器设备在运行过程中,一旦发生绝缘故障,其维修复杂、停电时间长、影响面积大。

➡ 2.1 概述

2.1.1 开关设备配电型式分类

2.1.1.1 敞开式开关设备 (Air Insulated Switchgear, AIS)

由单一功能的独立单元组成,单元之间采用架空线连接,空气绝缘,占地面积大,带电部分外露较多,设备性能受环境影响较大,如图 2-1 所示。



图 2-1 敞开式开关设备

2.1.1.2 组合电器

(1) 气体绝缘金属封闭开关设备 (Gas Insulated Switchgear, GIS)。指全部或部分采用气体而不采用大气压下的空气作为绝缘介质的金属封闭开关设备。它利用 SF_6 气体的高绝缘性能,将断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器等多种设备以及主母线、分支母线组合在一起,减少了开关整体占地面积,除出线套管外,无外露带电体,如图 2-2 所示。

(2) 复合式气体绝缘金属封闭开关设备 (Hybrid Gas Insulated Switchgear, HGIS)。介于 AIS 与 GIS 之间,是以 SF_6 断路器为核心,集隔离开关、接地开关、电流互感器为一体的 SF_6 气体绝缘开关,是一种功能相对完整的开关回路系统,它与 GIS 最大的区别在于 HGIS 不包括电压互感器、避雷器及主母线和分支母线,设备两侧通过出线套管与敞开式主母线相连,如图 2-3 所示。



图 2-2 气体绝缘金属封闭开关设备



图 2-3 复合式气体绝缘金属封闭开关设备

(3) 插接式开关装置 (the Plug and Switch System, PASS)。进出线布置方式与 HGIS 略有不同, 但功能相同, 主要应用于 110kV 和 220kV 系统的旧站改造, 如图 2-4 所示。

2.1.2 组合电器设备的优缺点

组合电器设备的研究和开发始于 20 世纪 50 年代的欧洲和日本, 我国在 20 世纪 70 年代初开始使用组合电器设备, 20 世纪 80 年代中后期开始应用在



图 2-4 插接式开关装置

500kV 电网中。

2.1.2.1 优点

(1) 由于在 SF_6 气室内，设备相间及对地绝缘距离大为减少，且有多种方案组合，显著减少了占地面积。

(2) 接线方式灵活。GIS 采用模块化设计，布置方便灵活，可用于各种主接线。对于 3/2 接线、双母线接线和单母线接线方式均可实现。可采用电缆进出线，也可采用架空线方式。

(3) 现场安装工期短。GIS 在厂内完整装配，并进行出厂试验，整块运输或按运输单元运输，现场安装调试工作量减少。

(4) GIS 与 AIS 相比，隔离开关等触头封闭在金属壳体内，出线套管明显减少，不须维修、清扫触头表面，不须清扫套管，减少了维护工作量，降低了维护成本。

2.1.2.2 缺点

(1) 设备制造工艺要求高，涉及部件繁多，生产厂家复杂，质量控制关键环节多。

(2) 安装工艺对设备运行质量影响大，对安装环境、标准化工序、人员技能水平等要求较高。

(3) 部件集成度较高，发生故障后影响范围大、处理时间长，维修复杂。

(4) 运行情况下内部元件无法检查，内部缺陷不易发现。



2.2 设备装用情况

截至2015年底,山东电网110~500kV断路器设备在运量总计12 841台,其中组合电器断路器间隔8294个,占总在运量的64.59%。1993年8月,烟台110kV市中变电站投运山东电网第一套110kV GIS设备,为ABB公司产品;1997年9月,威海220kV涝台变电站投运山东电网第一套220kV GIS设备,为日本三菱产品;2004年6月,500kV莱阳变电站投运山东电网第一套500kV GIS设备,为平高东芝产品。

2.2.1 按电压等级统计

截至2015年底,山东电网110kV及以上组合电器设备在运量为8294间隔。其中,500kV组合电器204间隔,占比为2.46%;220kV组合电器2148间隔,占比为25.9%;110kV组合电器为5942间隔,占比为71.64%,详细装用情况见表2-1,其装用情况统计如图2-5所示。

表 2-1

110kV及以上组合电器设备装用统计表

(间隔)

电压等级 (kV)	AIS	组合电器			开关设备 总在运量
		GIS	HGIS	合计	
500	178	74	130	204	382
220	906	2148	0	2148	3054
110	3463	5662	280	5942	9405
总计	4547	7884	410	8294	12 841

注 组合电器的数量按组合电器中断路器的数量统计,下同。

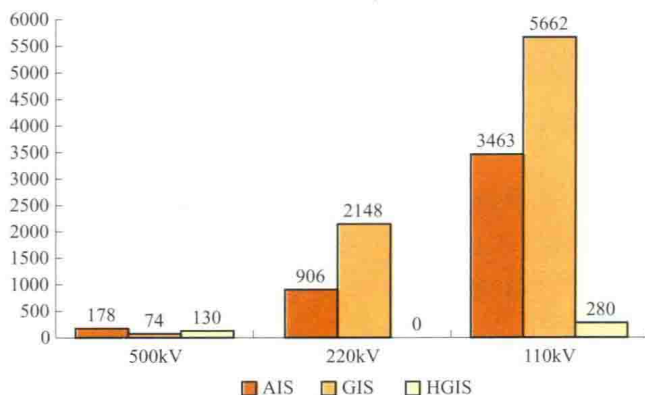


图 2-5 110kV及以上组合电器设备装用情况统计

2.2.2 按运行年限统计

近年来，山东电网组合电器装用量大幅增长，10 年内投运的组合电器设备占全部在运量的 86.47%。截至 2015 年底，运行 5 年以内的为 4241 间隔，占 51.13%；运行 6～10 年的为 2931 间隔，占 35.34%；运行 10 年以上的为 1122 间隔，占 13.53%。

110kV 及以上电压等级组合电器按照投运时间分布情况见表 2-2，其分布如图 2-6 所示。

表 2-2 110kV 及以上组合电器按投运时间分布情况 (间隔)

投运时间 (年)	2015	2014	2013	2012	2011	2006～ 2010	2005 年 及以上	合计
数量	1438	686	680	727	710	2931	1122	8294

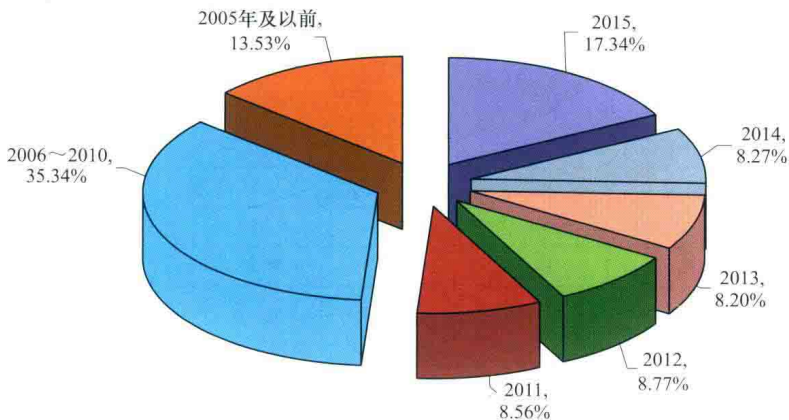


图 2-6 110kV 及以上组合电器按投运时间分布图

2.2.3 按制造厂家统计

截至 2015 年底，国产设备为 7588 间隔，占 91.49%；合资或进口设备为 706 间隔，占 8.51%。其中山东泰开 2583 间隔，占 31.14%；新东北 1330 间隔，占 16.04%；西开 1242 间隔，占 14.97%；平高电气 931 间隔，占 11.22%。分类统计情况见表 2-3 和如图 2-7 所示。