

预防开关设备事故措施 技术解析

郭贤珊 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

预防开关设备事故措施 技术解析

郭贤珊 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为了帮助广大电力系统生产管理、运行人员深入了解和掌握电力生产、运行中实行的预防事故措施,根据《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》规定,通过最典型事故、最全面的视角、最深入的剖析,从整体上介绍电网生产、运行中主要预防措施的结构和编制来由,以及最新修改动态,并对新、旧预防事故措施进行了比较,分析了反事故措施的最新发展,组织编写了《预防开关设备事故措施技术解析》一书。

本书是用四章内容对防止开关设备事故措施的全部内容详细剖析,分别为概述、加强开关设备全过程管理技术措施、预防开关设备典型事故技术措施、预防主要典型开关设备事故技术措施。为了加深理解,还收录了作者负责编制的《华中电网有限公司预防高压开关设备事故措施》,以及国家电网公司编制的《国家电网公司预防交流高压开关事故措施》。

本书大部分内容来自编者对电力生产运行人员的培训讲稿,适合于全面电力生产管理、运行、检修人员参考,也可供电力大专院校师生和生产厂家人员了解电力系统预防高压开关设备事故措施,提高高压开关设备的制造和生产运行管理水平,增强为电网安全稳定运行服务水平。

图书在版编目(CIP)数据

预防开关设备事故措施技术解析/郭贤珊主编. 北京:中国电力出版社,2006
ISBN 7-5083-4622-X

I. 预... II. 郭... III. ①断路器-事故-预防②断路器-事故分析 IV. TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第090606号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006年11月第一版 2006年11月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 3.875印张 98千字 4插图
印数0001 3000册 定价12.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



郭贤珊，华中科技大学毕业，硕士，高级工程师，长期从事输变电专业技术研究和管理工作，发表了近40篇专业技术论文，获得3项国家专利和1项国家计算机软件著作权，出版专著《高压开关设备生产运行实用技术》，主持编著了《110（66）kV～500kV互感器管理规范》

《10kV～66kV消弧线圈管理规范》、《10kV～66kV干式电抗器管理规范》、《华中电网有限公司预防电网重大事故措施》等技术规范，参与编写了《国家电网公司输变电设备技改指导意见》。

《国家电网公司输变电设备评价标准》，多次获得华中电网科技进步奖。

《预防开关设备事故措施技术解析》

前言

2005年5月，国务院办公厅印发《国家处置电网大面积停电事件应急预案》，适用于电力生产重特大事故、电力设施大范围破坏、电力供应持续危机等大面积停电事故。2006年1月23日，全国安全生产工作会议通过电视电话会议形式召开，温家宝总理出席会议并作了重要讲话，深刻分析了当前安全生产特别是重特大事故多发的原因，阐明了做好安全生产工作的极端重要性，提出了“标本兼治，重在治本，扎实推进安全生产工作”等10个方面的要求。2006年2月13日，在北京召开的全国电力安全生产委员会第五次（扩大）会议，全面贯彻落实温家宝总理的讲话精神和全国安全生产工作会议部署，对2006年电力安全生产工作提出要求和目标：始终把安全生产工作放在一切工作的首位，切实维护电力系统安全稳定运行，建立健全电力应急机制，防止和杜绝人身伤亡、电网大面积停电、主设备严重损坏、电厂垮坝等重、特大事故以及对社会造成重大影响事故的发生。2006年伊始，电力安全生产工作被提到了一个前所未有的高度！电力企业必然要作实现“以人为本、构筑和谐社会”理念的排头兵。

“预防则立，不预防则废”，预防事故措施是保障电力安全生产的最重要、最有效武器。2005年6月，为认真贯彻落实“安全第一，预防为主”工作方针，完善各项反事故措施，进一步提高电网安全生产水平，国家电网公司通过总结分析近年来公司系统发生重大事故的特征，在原国家电力公司《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》的基础上，组织制订并颁布了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施（试行）》。为了帮助广大电力从业人员理解、掌握电网系统的预防事故措施，做到知其然、知其

所以然，实现安全生产。

高压开关设备是电力系统中装备量最大的一次设备，是电力系统一次设备中惟一的控制和保护设备，是接通和断开回路、切除和隔离故障的重要设备，其性能优劣直接决定电网的安全运行。

预防高压开关设备事故措施是高压开关设备安全运行的重要技术武器，是电力系统高压开关设备选型、安装、调试、检修和运行的技术保证，是电力系统广大高压开关设备运行、检修人员经验和智慧的结晶。

编写高压开关设备反事故措施是电网安全运行的需要，是相关技术标准和规程的补充和延伸，是部分内容和条款的强调和深化，是运行经验和事故教训的总结。国家电网公司在原国家电力公司《高压开关设备反事故技术措施》和《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》基础上，结合电网的发展情况和国家电网公司近年来高压开关的运行经验，组织网内专家编制了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》防止开关设备事故部分。

该措施出台后，各电网公司组织广大运行维护人员进行培训和学习，并出台了相应的实施细则。为与广大高压开关设备生产运行人员共同探讨高压开关设备反事故措施，及时领会和应用该反事故措施，我们编写了这本预防高压开关设备事故措施技术解析。

本书分四章，第一章介绍了高压开关设备反事故措施的编写意义及整体结构，并与原反事故措施进行了对比分析，剖析了高压开关反事故措施的发展情况。第二章至第四章分三部分介绍了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》的防止开关设备事故部分，第二章从全过程管理的角度讲述了高压开关设备反事故措施，第三章重点分析介绍了预防高压开关设备典型事故的八条技术措施，第四章讲述了隔离开关、开关柜和 SF₆ 断路器三种主要类型开关设备的预防事故措施。为了读者使用方便，本书附录了编者负责编写的《华中电网有限公司预防高压开关设备事故

措施》和《国家电网公司预防交流高压开关事故措施》。

本书力求通过运行经验和典型事故来解读预防高压开关设备事故措施，深入分析每条措施的来由和实施注意事项，具体指导生产运行人员领会和运用该反事故措施。

本书内容主要来自编者的培训讲稿，希望对广大高压开关设备的生产运行和维护人员了解预防高压开关设备事故措施有所帮助。本书由郭贤珊主编，湖南省超高压公司张国帆同志参与了第一章编写，湖南超高压公司李浙同志参与了第二章编写，河南省南阳电业局郑卫东同志参与了第四章编写，在此表示感谢！

由于编者水平有限，经验不足，书中难免有疏漏和不当之处，请大家批评指正。

编 者

2006年8月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第二章 加强开关设备全过程管理措施技术解析	4
第一节 选用高压开关设备的措施技术解析	4
第二节 预防新装和检修后开关设备事故措施技术解析 ...	11
第三节 预防开关设备运行操作故障的措施技术解析	15
第三章 预防高压开关设备典型事故措施技术解析	20
第一节 近年全国电力系统高压断路器事故统计分析	20
第二节 预防开关设备拒动误动故障措施技术解析	26
第三节 预防断路器灭弧室事故措施技术解析	36
第四节 预防开关设备绝缘闪络爆炸故障措施技术解析 ...	43
第五节 预防开关设备载流回路过热故障措施技术解析 ...	48
第六节 预防开关设备机械损伤措施技术解析	51
第七节 预防开关设备合闸电阻故障措施技术解析	53
第八节 预防断路器合分时间不当引发故障措施 技术解析	56
第九节 预防控制回路电源和二次回路引发开关设备故 障措施技术解析	61
第四章 预防主要开关设备典型事故措施技术解析	62
第一节 预防隔离开关故障措施技术解析	62
第二节 预防高压开关柜事故措施技术解析	75
第三节 预防 SF ₆ 断路器及 GIS 故障措施技术解析	81

附录一	华中电网有限公司预防高压开关设备 事故措施	87
附录二	国家电网公司预防交流高压开关事故措施及 编制说明	98
附录	开关事故彩图	115

第一章

概述

进入 21 世纪,我国形成了新的电力体制,电网企业的生产与运行工作相应出现了很多新问题,尤其是预防各类事故措施方面有明显的调整。2005 年 6 月,国家电网公司在原国家电力公司《高压开关设备反事故技术措施》和《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》基础上,结合电网的发展情况和国家电网公司近年来高压开关的运行经验,组织网内专家编制并颁布了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》,包括防止开关设备事故措施部分。

编写高压开关设备反事故措施是电网安全运行的需要;是相关技术标准和规程的补充和延伸,是部分内容和条款的强调和深化;是运行经验和事故教训的总结,能够有效地促进电网安全生产。

交流高压开关设备包括交流高压断路器、GIS、交流高压隔离开关和接地开关,以下统称高压开关设备。高压开关设备是电力系统中装备量最大的一次设备,是电力系统一次设备中惟一的控制和保护设备,是接通和断开回路、切除和隔离故障的重要设备,其性能优劣直接决定电网的安全运行。

《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》中防止开关设备事故部分(以下称本反事故措施或本措施),主要参照原国家电力公司《高压开关设备反事故技术措施》、《高压开关设备管理规定》、《高压开关设备质量监督管理办法》、《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》和原能源部电力司《高压断路器运行规程》的有关内容,同时结合近年来国家电网公司输变电设备评估分析、生产运行情况分析以及高压开关设备运行经验而制定的。

本反事故措施针对高压开关设备在运行中频繁出现的、典型

的事故（障碍）提出了具体的预防措施，内容贯穿高压开关设备的选型、安装、大修和运行操作全过程，对事故易发环节和部分重点环节提出了针对性反事故措施，主要包括预防断路器灭弧室故障的措施，预防开关设备绝缘闪络、爆炸事故的措施，预防开关设备拒动、误动故障的措施、预防开关设备机械损伤的措施、预防开关设备载流回路过热的措施、预防合闸电阻事故的措施、预防合一分时间过短事故的措施，预防直流电源和二次回路故障的措施等内容，针对目前问题突出的主要隔离开关、开关柜、SF₆断路器和GIS等高压开关设备，也提出了针对性的反事故措施，共有十四条。

与1999年原国家电力公司《高压开关设备反事故技术措施》（以下称原反事故措施或原措施）相比，本反事故措施主要修改情况如下：

（1）原反事故措施共有十六条，本反事故措施共有十四条，除掉原反事故措施包括的总则和附则两条，与本反事故措施一样，技术措施都是十四条。

（2）原反事故措施和本反事故措施总体结构都是分为三大部分：一是高压开关设备的全过程管理方面；二是预防典型事故措施；三是主要开关设备反事故措施。

（3）主要条款改动情况。

1) 第一部分全过程管理部分：原反事故措施只有两条内容，即设备选型和安装大修的反事故措施；本反事故措施增加了一条内容，即预防开关设备运行操作故障的措施，这样对于全过程管理的反事故措施就更为全面。在预防开关设备运行操作故障的措施中，对断路器和隔离开关中容易出现事故的突出问题进行了总结，对目前事故较多的高压开关设备的运行操作提出了针对性的预防事故措施，并将原反事故措施中的部分相关内容进行了整合。

2) 第二部分预防典型事故措施：原反事故措施有九条内容，本反事故措施有八条内容。本反事故措施对原反事故措施的相应

部分进行了调整和增减：①将目前已不是典型事故类型和主要事故原因的关于防止液压机构漏油、慢分等两条内容归并到预防灭弧室事故等措施中；②将预防 SF₆ 开关设备漏气等条款归并到预防 SF₆ 开关设备事故措施中；③将预防断路器进水受潮条款中与油断路器相关的内容删除，因为现在运行中的油断路器已越来越少，相关事故也较少。根据目前开关设备的典型事故情况，本反事故措施增加了两条内容：一是预防合闸电阻事故；二是预防断路器合一分时间过短事故。这两条内容都是针对近几年相关方面的事故情况提出来的，是运行经验和事故教训的总结，意义重大。

3) 第三部分主要开关设备反事故措施：原反事故措施与本反事故措施都是三条内容，但是本反事故措施将目前已很少使用的 SN4 型少油断路器相关内容删除了，而将目前大量运行的 SF₆ 开关设备的相关反事故措施纳入，并对原来的相关内容进行了整合和深化，提出了 SF₆ 开关设备的针对性预防事故措施。

本书将以《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》为蓝本，对预防开关设备事故措施进行分析、说明，按照防止开关设备事故措施的内容顺序，用三章内容进行介绍。

第二章

加强开关设备全过程管理 措施技术解析

防止开关设备事故措施第一部分主要对开关设备的选型、安装、大修及运行操作全过程中的有关问题提出了相应技术措施。本章将用三节内容来阐述。

第一节

选用高压开关设备的措施技术解析

一、选用高压开关设备措施

(1) 所选用的高压开关设备除应满足相关国家标准外,还应符合国家电网公司《交流高压断路器技术标准》、《交流高压隔离开关和接地开关技术标准》、《气体绝缘技术封闭开关设备技术标准》(国家电网生[2004]634号)及《关于高压隔离开关订货的有关规定(试行)》(生产输电[2004]4号),凡已明令停止生产、使用的各种型号的开关设备,一律不得选用。曾造成重大事故的同一生产厂家、同一种型号产品,在未采取有效改进措施前禁止选用。

(2) 断路器应选用无油化产品。真空断路器应选用本体和机构一体化设计和制造的产品。

(3) 投切电容器组的开关应选用开断时无重燃及适合于频繁操作的开关设备。

(4) 隔离开关和接地开关应选用符合国家电网公司《关于高压隔离开关订货的有关规定(试行)》(生产输电[2004]4号)

完善化技术要求的产品。

(5) 高压开关柜应选用“五防”功能完备的、加强绝缘型产品，其外绝缘应满足：

1) 空气绝缘净距离：对于 12kV， $\geq 125\text{mm}$ ；对于 40.5kV， $\geq 360\text{mm}$ ；

2) 爬电比距：对于瓷质绝缘， $\geq 18\text{mm/kV}$ ；对有机绝缘， $\geq 20\text{mm/kV}$ 。

二、措施技术分析

高压开关设备的选型是保证高压开关设备安全运行的基础，是安全运行的第一关口，凡销售到电力系统的高压开关设备，均应接受产品质量监督管理。对于从国外引进的 40.5kV 及以下电压等级高压开关设备批量整机或批量散件组装的产品，应在中国有资质的试验站进行全部型式试验；72.5kV 及以上电压等级产品应在中国进行必要的试验验证，合格后方可入网使用。由于目前高压隔离开关设备重要性日显突出，其故障和障碍占开关类设备的比例也较大，为了提高高压开关设备整体的运行可靠性，对高压隔离开关的管理要与断路器的同等对待。为保证选用合适的开关设备，应注意以下八项原则。

1. 符合国家和行业及企业的相关技术标准及产业政策原则

所选用的高压开关设备除应满足相关国家标准外，还应符合电力企业的相关标准，如国家电网公司系统还应满足国家电网公司制定的《交流高压断路器技术标准》、《交流高压隔离开关和接地开关技术标准》、《气体绝缘金属封闭开关设备技术标准》等标准要求。严禁选用国家相关部门已明令停止生产、使用的各种型号的开关设备。曾造成重大事故的同一生产厂家、同一种型号产品，在未采取有效的、经过验证的改进措施前不得选用。应选用产品型式试验报告、鉴定证书和型号使用证齐全的高压开关设备，选择符合国家制定的产业发展规划导向的高压开关设备，优先选择通过 ISO9000 和 ISO14000 系列认证的生产厂家的产品。

所选用的高压设备如属生产厂家的系列产品（即型号相同，还生产电压等级不同的类似产品，或型号及电压等级均相同，而产品参数不同的类似产品），应按所采用地点的具体情况，查核其型式试验报告，验证是否已按相关标准、技术条件进行了完整的型式试验考核。

2. 技术先进性原则

在选用高压开关设备时，应根据当时的电网发展水平和生产厂家的生产水平，依据国家、行业及企业的发展规划，在以往高压开关设备运行分析总结的基础上，考虑技术发展趋势，在保证当前电网运行需要的基础上，高压开关设备有关参数选择应考虑电网发展需要，留有适当裕度。特别是开断电流、外绝缘配置等技术指标，可以选用技术水平更高、工艺更先进、运行可靠性更高的符合节能和环保要求的产品。高压开关设备应尽量选用无油化产品，如在高压领域一般选用 SF₆ 产品，在中低压领域可以选用真空产品等。对于 126~252kV 电压等级的一般建议使用配弹簧机构的自能式 SF₆ 开关设备；对于 363~550kV 断路器，目前建议选用两断口支柱式或单断口的罐式 SF₆ 开关设备；在经费预算充足、征地压力较大的情况下可以考虑选用 GIS 或混合技术气体绝缘开关设备（如 HGIS、PASS 等）。126（72.5）~550kV 断路器的操动机构应选用模块化设计的或集成式的弹簧储能的液压机构；也可选用优质、可靠的弹簧机构，而不宜用目前气动操动机构；对于配用了气动操动机构的断路器，应通过运行中反应问题较多的加装汽水分离器、自动排污阀、改善压缩空气系统的加热装置等措施，改善断路器气动操动机构运行的可靠性。

3. 因地因网制宜原则

在高压开关设备的选型及相关技术条件的确定过程中，应充分考虑使用地点和当地电网的实际情况，结合各地的气候、环境条件以及各地电网的运行维护情况，切合实际地选择高压开关设备。

（1）在工业污秽严重地区，应适当提高高压开关设备的防污等级。考虑到变电站建成后外绝缘配置很难改变，而环境污染和

气候却可能更加恶劣。因此,建议新建和扩建变电站输变电设备的外绝缘配置应以最新发布的污区分布图为基础,并综合考虑环境污染变化因素,应采取“一次配置到位,并留有裕度”的原则。对于 I、II 级污区,可采用比污区分布图提高一级配置原则。考虑到我国大部分地区处在经济发展阶段,高污染行业发展较快,多年实际运行经验表明,我国大部分地区污秽的恶化十分迅速。因此,建议变电站高压开关设备选型时:①对于 II 级污区及以下外绝缘按 III 级配置外绝缘。②对于 III 级污区按 IV 级或加强配置外绝缘,应结合变电站址具体位置周围的污秽变化情况,对需要加强防污措施的项目,在设计和建设阶段充分考虑采用大爬距定型设备。同时,结合采取防污闪涂料或防污闪辅助伞裙等措施,从而为电网长期运行预留一定裕度,为确保电网的长期安全经济运行创造条件。③对于 IV 级污区,应在选变电站阶段尽量避让;如果不能避让,应在设计和基建阶段考虑设备型式的选择。变电站可以考虑采用 GIS 或 HGIS 等设备,或者全户内变电站(应进行技术经济比较)。同时,结合性能可靠的 PRTV 防污闪涂料等措施。

(2) 在地震带应优先考虑抗震能力强的罐式断路器。同样,在严寒地区 and 高温地区,对高压开关设备的需求也不一样。特别是对于 SF₆ 断路器,要注意低温条件下 SF₆ 气体容易液化的特点,合理选择 SF₆ 断路器的气体压力。对于超高压和特高压断路器是否安装合闸电阻,应根据过电压计算结果来确定。一方面应避免漏装带来的过电压损害事故,另一方面也应避免不必要的多装合闸电阻而导致投资成本增加和断路器设备的可靠性降低。对于切合电容器组应选用开断电容电流无重击穿及适合于频繁操作的断路器;对于频繁启停的高压感应电机回路应选用 SF₆ 断路器或真空断路器、接触器等开关设备,其过电压倍数应满足感应电机绝缘水平的要求,同时应采取过电压保护措施。

(3) 早期真空开关柜的生产,许多生产厂家采取外购真空灭弧室和操动机构再组装生产的模式,没有考虑到机构与本体的匹

配性能,带来很多问题。因此,现在要求真空断路器应选用本体和机构一体化设计制造的产品,断路器的灭弧室根据使用地点不同,应选用国内外知名厂商的真空灭弧室,并附有和所配断路器配套的符合规定的型式试验报告。真空断路器应采用经过老炼后的真空灭弧室。40.5kV及以上投切容性或感性负载的断路器宜采用SF₆断路器,并有相应的开断型式试验报告。SF₆断路器宜选取配用模块化设计的液压机构、弹簧储能的液压机构或优质弹簧机构。

(4) 对于同杆多回线路或相互耦合较强的线路,线路隔离开关所配用接地开关的开合感应电流的能力,也应根据相关的计算结果来确定。为了提高隔离开关的可靠性,针对目前运行中隔离开关问题较多的现状,应要求生产厂家提供从基座以上的所有部件,整套调试出厂,避免现场加工安装带来的问题。

(5) 在改扩建工程中,还应充分重视电网原来实际情况,避免在一个变电站使用过多型号的高压开关设备,使维护检修和备品备件管理工作复杂化,在高压开关设备的选型过程中还应充分听取运行维护单位的意见。

4. 重要技术参数指标从严把关原则

要发挥产品选型对高压开关设备技术发展的市场导向作用。根据电网的实际需要对于决定电网运行安全的重要技术指标,如额定电流、额定短路开断电流、绝缘水平、防污等级等指标要重点把关。对于以往运行中发现的突出技术质量问题,如断路器的合一分时间不匀等问题、隔离开关的绝缘子质量问题、隔离开关的防锈等问题要严格要求。

(1) 对于目前比较突出的断路器合一分时间的问题,建议126kV及以上断路器合一分时间应不大于60ms,推荐不大于50ms。生产厂家应给出断路器合一分时间的上下限值,并应在型式试验中,验证断路器在规定的最小合一分时间下的额定短路开断能力。为与快速保护装置配合,保证重合闸时第二个“分”的可靠开断能力,断路器应具有自卫能力,同时要求生产厂家提