

国家电网公司



STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

换流站单双极闭锁因素辨识 及控制手册



国家电网公司运行分公司

换流站单双极闭锁因素辨识 及控制手册

国家电网公司运行分公司

换流站单双极闭锁因素 辨识及控制手册

*

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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 3.5 印张 67 千字

印数 0001—2000 册 定价 88.00 元

*

统一书号 155083·2138

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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

《换流站单双极闭锁因素辨识及控制手册》

编审委员会

主 编	梁旭明			
副 主 编	李 东	王守东	陈秋安	王晓希
	娄殿强	罗德彬		
编 委	张国威	余克武	余振球	杨本渤
	徐玲玲	唐开平	殷俊新	李继辉
	全培理	徐海军	衣福全	冀肖彤
	习超群	郑卫红	王世民	胡开军
	刘国云	王聿升	丁子健	
编写人员	姚 兵	胡锦涛	魏华兵	李跃婷
	刘蓓蒂	余珊珊	孙 扬	廖文锋
	汪 涛	康建准	汪道勇	蒋久松
	韩情涛	李凤祁		

前 言

高压直流输电是 20 世纪 50 年代发展起来的一种输电方式，具有输送容量大、输电距离远、控制迅速灵活等特点，且 not 增加交流系统短路容量，不存在交流输电固有的系统稳定问题，适用于大型水电、火电基地向远方负荷中心送电和大系统之间的联网。

我国地域辽阔，能源集中在西部，负荷中心集中在东部沿海地区，利用直流输电符合我国国情和能源发展战略，因此，21 世纪初我国直流输电事业发展迅速，已建成了龙政、江城、宜华、天广、贵广 I 回、贵广 II 回六个大容量长距离直流输电工程和灵宝、高岭两个背靠背联网工程，输电容量达到了 2006 万千瓦，居世界第一。直流输电工程在西电东送、全国联网方面发挥着越来越重要的作用。

葛南、龙政、江城和宜华四条直流输电系统是三峡电力外送的主要通道，2008 年输送电量 515.05 亿千瓦时，占三峡电站总发电量的 2/3。葛南、龙政、宜华和江城直流线路的落点均在上海、广东等经济发达地区，如果发生闭锁，将给当地工业生产及居民生活造成重大影响。因此，直流输电工程的可靠运行对我国电网的安全稳定尤为重要。

直流输电工程结构复杂，设备众多，按照功能规范书的要求，单极强迫停运每年 5 次，双极 10 年 1 次。如果葛南、龙

政、宜华工程每年各单极停运 5 次，则华东电网每年将承受 30 次大的冲击。因此实际单双极停运次数仅仅满足功能规范书的要求是远远不能满足电网安全运行要求的。

远距离直流输电工程双极额定功率较大，龙政、江城、宜华直流额定功率都为 3000MW，将来的特高压直流输电工程额定功率高达 7200MW。一旦发生双极闭锁，3000MW 甚至 7200MW 的功率损失将严重影响两侧电网的安全稳定。

国家电网公司运行分公司在总结所辖各直流工程历年闭锁事件及整改措施的基础上，积极探索提高直流输电工程可靠性的方法和手段。通过认真总结运行维护经验，举一反三，组织开展了防止单双极闭锁隐患排查和治理工作，结合单双极闭锁隐患排查成果，编写了《换流站单双极闭锁因素辨识及控制手册》，希望能为直流输电工程安全运行提供参考，为新建直流输电工程提供借鉴。

限于编者水平，书中不足之处，敬请批评指正。

编者

2009 年 4 月

目 录

前 言

绪 论.....1

第一部分 单极闭锁因素

第一章 换流阀区域.....5

1 晶闸管监视系统.....6

2 阀厅烟雾预警系统.....9

3 阀塔漏水检测.....11

4 换流阀区域电气量保护.....12

第二章 换流变压器/平波电抗器区域.....24

1 换流变压器电气量保护.....25

2 换流变压器及平波电抗器的非电气量保护.....35

3 交流场区域引起直流闭锁因素分析.....42

附件 2-1 电流互感器二次回路故障因素及防范措施.....46

附件 2-2 电压互感器二次回路故障因素及防范措施.....48

附件 2-3 非电气量保护二次回路故障导致保护误动
防范措施.....50

第三章 直流场区域.....51

1 直流场保护.....52

2 直流控制系统.....64

附件 3-1 直流一次设备闪络防范措施.....73

附件 3-2	二次回路接地、串扰防范措施	74
附件 3-3	控制保护系统故障处理注意事项	75
附件 3-4	控制保护软件修改注意事项	76
附件 3-5	控制保护主机、板卡运行环境要求	77
第四章	阀水冷系统	78
1	阀水温保护	79
2	流量保护	82
3	泄漏保护	84
第二部分 双极闭锁因素		
第五章	双极闭锁因素及防范措施分析	93
1	站用电全停	93
2	站接地过流保护动作	95
3	双极中性母线差动保护动作	95
4	直流接地极开路保护动作	96
5	交流系统故障时直流系统控制参数不匹配	97
6	无功控制绝对最小滤波器条件不满足	97
7	运行人员工作站功能不完善（参数输入错误、运行方式设置错误、功率或者电流定值整定错误、运行主机误发定值命令等没有操作警示或错误告警功能）	98
8	网络风暴等原因导致多台控保主机死机	99
9	交流线路最后一台断路器保护	99
10	安稳装置误发停运命令	100
附录	缩写词	101

绪 论

直流换流站除了常规的交流场外，一个典型的双极直流系统的换流站还包括换流变压器、换流阀、交直流滤波器、直流场设备、阀冷却系统，以及直流控制保护系统。

换流阀是直流输电的核心设备，通过控制换流阀的导通与关断实现交直流变换；阀冷却系统通过热交换带走换流过程产生的热量，防止阀组件过热损坏；交直流滤波器过滤换流过程中产生的特征谐波，并提供足够的无功功率，直流场设备用以改变直流运行方式，满足换流站不同工况的需要；换流变压器为换流阀提供整流或逆变电源，实现交直流隔离。

直流控制系统通过控制换流阀触发脉冲、交流滤波器投切、换流变压器分接开关挡位，实现换流站的自动功率控制和运行方式调整；直流保护系统检测换流阀、换流变压器以及其他直流设备故障，防止设备损坏。直流控制保护系统采用分布式控制系统，设备数量多、结构复杂、软件庞大，其可靠性已成为影响直流换流站安全稳定运行的主要因素之一。

上述设备均为换流站实现交直流变换的关键设备，任何一个环节出现故障都可能引起换流站单双极闭锁。本手册以主要保护为主线，以保护跳闸为切入点，从换流阀、换流变压器、直流场及直流控制保护系统、阀水冷系统四个方面，阐述了直流输电关键设备故障引起换流站单双极闭锁的因素与防范措施。由于双极闭锁对电网安全运行影响较大，本手册第五章特别强调了对双极闭锁因素的辨识与防范措施。

第一部分

单极闭锁因素

第一章 换流阀区域

换流阀区域设备主要包括阀塔（晶闸管、阳极电抗器、阻尼回路，均压回路、TCU 单元/TE 板、光纤、水管）、阀避雷器、阀基电子设备（VCU）等。从 1989 年至 2008 年，国网公司所辖直流工程换流阀区域共发生单极闭锁 30 次，其中，阀塔内部水管漏水故障 6 次，一次元器件故障 7 次，阀控系统故障 9 次，消防、通信、不可抗力等其他原因 8 次，详细情况见表 1-1。

表 1-1 1989 年至 2008 年换流阀区域单双极闭锁统计表

序号	故障原因	次数	故障现象	备注
1	一次设备故障	6	晶闸管击穿 2 次 阳极电抗器烧毁 3 次 电阻故障 1 次	葛南 6 次
2	阀塔内部漏水	6	6 次均为内冷水系统（阀塔内部）水管接头漏水	灵宝 1 次 葛南 5 次
3	阀控系统故障	10	冗余设计不良单板卡故障丢失触发脉冲 1 次 PS801 板卡故障引起阀短路等快速保护误动 1 次 无冗余系统时板卡故障导致 2 次 系统切换不成功无可用的极控系统 5 次 TE 板卡烧损 1 次	葛南 6 次 三常 1 次 三广 1 次

续表

序号	故障原因	次数	故障现象	备注
4	其他原因	8	强台风、地震不可抗因素 2 次 屏柜过热控制功能紊乱 1 次 消防误报 1 次 通信通道受扰动 1 次 高空坠落导电物搭接短路 1 次 人为原因 2 次	葛南 6 次 政平消防误 动 1 次 江陵受汶川 地震影响 1 次

换流阀区域设备造成直流系统停运主要原因有四类：一是晶闸管、电容、阳极电抗器损坏；二是换流阀区域保护动作；三是阀监视系统检测多个晶闸管故障或阀控系统故障；四是冷却回路漏水。

1 晶闸管监视系统

阀控系统为冗余配置，并可进行自检，自检到故障或者保护跳闸前会自动切换系统，可靠性较高。但如果切换不成功或者切换后故障仍然存在，将导致极闭锁。

1.1 晶闸管损坏数量监视

1.1.1 保护简介

保护目的：防止多个晶闸管故障进而引起整阀雪崩击穿。

保护取量：晶闸管回报脉冲信号 IP。

保护原理：每个晶闸管在建立一定正向电压后，TCU/TE 产生一个回报脉冲（IP），通过光纤送到阀控系统。阀控系统根据回报信号判断故障晶闸管数量和位置。

动作后果：任何一个阀内故障晶闸管数量超出预先整定的报警数量时，给出报警，如果故障晶闸管数量增加至跳闸水平时，则跳交流断路器，极闭锁。

1.1.2 闭锁因素及防范措施

闭锁因素

故障晶闸管或故障 TCU/TE 板的数量超过冗余晶闸管数量。

防范措施

(1) 投运前，检查确认晶闸管监视系统运行正常。

(2) 运行期间，应记录、分析晶闸管报警信息，掌握晶闸管运行状态，利用停电机检查处理。

(3) 运行期间，当单阀内故障晶闸管数量达到冗余晶闸管数减 1 时，或者短小时内发生多个晶闸管连续损坏时，应申请停运，避免发生雪崩击穿，导致整阀损坏。

1.2 丢失触发脉冲监视

1.2.1 保护简介

保护目的：监视换流阀丢失触发脉冲。

保护取量：晶闸管触发脉冲 FP。

保护原理：阀控系统发出触发脉冲 FP 同时也回送给极控系统，极控主机在 PCIA 的 FPGA 内判断。

动作后果：系统切换，切换不成功或者切换后故障仍然存在则极闭锁。

1.2.2 闭锁因素及防范措施

闭锁因素 1

PS906 板卡故障处理时必须停运直流。

防范措施

(1) VCU 室应保证温度适宜，屏柜通风良好，防止过冷过热。空调管道屏柜上方或和出风口不得正对屏柜，防止形成冷凝水。

(2) 为了缩短停运时间，应保证阀控核心板卡 PS900 和 PS906 系列板卡备品数量充足可用、程序及时更新，特别注意更换新备品 PS900 板卡的 PROM。

闭锁因素 2

PS906 板卡的触发脉冲 FP 和回报脉冲 IP 的光纤出口处均为单元件配置，光通道故障可能会导致极闭锁。

防范措施

(1) 开关柜门应轻开轻关，防止震动，防止柜门挤压光纤。

(2) 运行和检修期间应防止误碰 PS906 板卡后方光纤束。

闭锁因素 3

PS906 板到 TCU 的多根光纤发生故障。当故障光纤数量超过阀塔冗余晶闸管数量时，系统认为多个晶闸管损坏，导致极闭锁。

防范措施

(1) 阀塔内部光纤盒内应等距离埋放阻燃包，且阻燃包位置不得靠近带电部位，防止放电烧坏光纤表皮。

(2) 光纤束和尾纤的绑扎应松紧适度，光纤弯曲度应符合厂家要求。

(3) 基建期间，应确保备用光纤敷设到阀塔，投运后第一年检查备用光纤，确保其可用。

1.3 极控系统状态监视

1.3.1 保护简介

保护目的：监视换流阀丢失触发脉冲。

保护取量：极控主机 Active/Standby 信息。

保护原理：如果无 Active 的极控主机，或从 CAN 总线获得的极控主机的运行状态与从 PS820 获得的不一致，则认为阀控接口故障。

动作后果：极控系统切换不成功或者切换后故障仍然存在则闭锁。

1.3.2 闭锁因素及防范措施

闭锁因素

(1) 阀控系统 VCU 柜内 A、B 系统的两块 PS831 共用一块 PS919 背板。在更换故障 PS831 板卡时，容易误碰、震动工作系统的 PS831 板，导致极闭锁。

(2) 故障处理期间误动工作系统的 PS831 板。

(3) 故障处理期间误断 VCU 柜内工作系统电源。

防范措施

(1) VCU 柜内 PS831 板卡应独立安装在 U2、U9 层，实现物理隔离。设计时避免冗余系统的两块板卡安装在同一块背板上的情况。

(2) 阀控系统板卡、电源等标识正确、清晰。

2 阀厅烟雾预警系统

2.1 保护简介

保护目的：防止失火引起阀塔设备大量损坏。