

DIANWANG DIAODU DIANXING SHIGU JI YICHANG
SHIYONG CHUZHISHOUCE

电网调度**典型事故及异常** **实用处置手册**

国网浙江省电力公司温州供电公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANWANG DIAODU DIANXING SHIGU JI YICHANG
SHIYONG CHUZHI SHOUC

电网调度典型事故及异常 实用处置手册

国网浙江省电力公司温州供电公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为适应电力调度控制专业岗位转型要求,国网浙江省电力公司温州供电公司组织编写了《电网调度典型事故及异常调度实用处置手册》,涵盖了电网调控运行人员日常工作重点。

全书共 11 章,包括输电线路、母线及母线设备、主变压器、断路器和隔离开关、电流互感器、无功补偿设备、继电保护装置、安全稳定自动装置、调度自动化系统、交直流系统及电网故障处理等。

本书可供电网调控运行人员参考学习,也可供电网调控专业新入职员工培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

电网调度典型事故及异常实用处置手册 / 国网浙江省电力公司温州供电公司组编. —北京:中国电力出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-5198-0830-3

I. ①电… II. ①国… III. ①电力系统调度—事故—处理—手册 IV. ① TM73-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 118929 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: 闫姣姣 (010-63412433)

责任校对: 郝军燕

装帧设计: 张俊霞 赵姗杉

责任印制: 邹树群

印 刷: 北京九天众诚印刷有限公司

版 次: 2017 年 6 月第一版

印 次: 2017 年 6 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米 × 980 毫米 16 开本

印 张: 7.5

字 数: 120 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 35.00 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 杨建华

副主任 周宗庚 江 涌 杨 振 项中明 蔡 娜

委 员 倪秋龙 肖艳炜 吴华华 奚洪磊

编 写 组

组 长 韩 峰

副组长 施正钗 俞 凯 邱承杰 夏海滨 张剑勋

成 员 叶 超 刘 梅 臧怡宁 黄琮桦 朱启伟

朱 燕 陆千毅 徐伟敏 吴利锋 余剑锋

丁 伟 李 英 袁金腾 卢娇月 刘津源

吴昌设 张雯燕

主 审 李国辉 周 封

前 言

近年来，国家电网公司大力推进大运行体系建设工作，各级调控机构全面实施调控一体化运作。调控机构由原先单一的电网调度运行转变为综合设备监控运行，由原先的被动接收信息型转变为主动接收、分析、判断信息的新型调度，给电网调控一体化运行人的岗位能力提出新的要求。为适应新形式的要求，国网浙江省电力公司温州供电公司组织编写了《电网调度典型事故及异常实用处置手册》，进一步提升调控员技术水平和专业素质，切实保障电网安全运行。

本书结合调度控制专业的岗位转型要求，紧扣提高调控人员专业技能水平和综合能力要求，通过对设备故障分析，给出调控处置策略。全书涵盖了电网调控运行人员在日常工作中涉及的主要方面，包括输电线路、母线及母线设备、主变压器、断路器和隔离开关、电流互感器、无功补偿设备、继电保护装置、安全稳定自动装置、调度自动化系统、交直流系统及电网故障处理等。

在本书编写过程中，得到了国网浙江电力调度控制中心和国网温州供电公司等单位有关领导和人员的关心与大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免存在不妥或疏漏之处，恳请各位专家和读者批评指正。

编 者

2017年4月

目 录

前言

第 1 章 输电线路	1
1.1 概述	1
1.2 输电线路异常处置	1
1.3 输电线路故障处置	2
第 2 章 母线及母线设备	9
2.1 概述	9
2.2 母线及母线设备异常处置	9
2.3 母线及母线设备故障处置	12
第 3 章 主变压器	16
3.1 概述	16
3.2 主变压器异常处置	19
3.3 主变压器事故处置	22
第 4 章 断路器和隔离开关	28
4.1 概述	28
4.2 断路器异常处置	28
4.3 隔离开关异常处置	31
4.4 GIS 设备异常处置	33
第 5 章 电流互感器	34
5.1 概述	34
5.2 电流互感器的异常及故障处置	34

第 6 章 无功补偿设备	36
6.1 概述	36
6.2 电容器的异常及故障处置	36
6.3 并联电抗器异常及故障处置	37
第 7 章 继电保护装置	38
7.1 概述	38
7.2 线路保护	39
7.3 母线保护	42
7.4 主变压器保护	44
7.5 断路器保护装置故障	47
7.6 无功设备保护	48
第 8 章 安全稳定自动装置	50
8.1 概述	50
8.2 自动重合闸	52
8.3 备用电源自动投入装置	58
8.4 主变压器/线路过载联切负荷装置	61
8.5 自动解列装置	65
8.6 低频低压减负荷装置	69
第 9 章 调度自动化系统	72
9.1 概述	72
9.2 厂站自动化系统	74
9.3 远动通信系统	80
9.4 调度自动化主站系统	84
第 10 章 交直流系统	87
10.1 概述	87
10.2 交流系统异常处置	88
10.3 直流系统异常处置	89

第 11 章 电网故障处理	91
11.1 概述	91
11.2 事故处理原则	91
11.3 事故处理一般规定	92
11.4 电网频率异常处理	93
11.5 电网电压异常处理	96
11.6 发电厂、变电站全停处理	98
11.7 系统振荡处理	100
11.8 电网黑启动	102
11.9 发电机事故处理	104
11.10 通信及自动化异常处理	106

输 电 线 路

1.1 概 述

输电线路是电网的基本组成部分，其分布范围广、数量多，常面临各种不同地理环境和气候环境的影响，因而容易发生故障，故障大多是由于过电压污闪、绝缘损坏、树障、外力破坏等因素造成的。线路跳闸事故是发电厂、变电站运行中最常见的故障之一，线路故障一般有单相接地、两相接地短路、两相短路和三相短路等多种形态，其中以单相接地最为频繁，占全部线路故障的 95% 以上。

我国的电力系统中性点接地方式主要有两种，即中性点直接接地方式（包括中性点经小电阻接地方式）和中性点不直接接地方式（包括中性点经消弧线圈接地方式）。一般 110、220kV 及以上系统为中性点直接接地方式，其中 20kV 系统也属于中性点直接接地系统；一般 10、35kV 及以下系统为中性点不直接接地方式。这两种接地方式发生单相接地故障时处理方式略有不同，中性点不直接接地系统接地时只有较小的电容电流，一般为 1~20A，所以又叫小接地电流系统，对设备不利，可以运行 1~2h。中性点直接接地系统发生单相接地故障时，接地短路电流很大，所以又叫大接地电流系统。

1.2 输电线路异常处置

1.2.1 断股、绝缘子损坏或异物缠绕

(1) 现象。监视后台无告警信号。

(2) 影响。可能造成线路故障跳闸。

(3) 调控处置。可考虑进行带电处理；在紧急情况下可考虑远方遥控操作紧急隔离，如需停役线路处理，应将负荷转移后，停役该线路。

1.2.2 线路过负荷

(1) 现象。监视后台发出“××线路电流越限”光字，线路三相电流均升高，超过额定值。

(2) 影响。可能造成计量装置和电气设备烧毁，对人身也有很大的危险。

(3) 调控处置。监控员应马上确认信号，做好记录并立即汇报相关调度，调度员可采取增加受端系统发电机出力，增加无功出力，提高系统电压；降低送端系统发电厂有功出力；解列机组；受端系统转移负荷或切除负荷；改变系统接线方式，使潮流转移等方式进行处理。

1.2.3 线路三相电流不平衡处理

(1) 现象。监视后台系统发出“××线路电流越限”光字，线路三相电流不平衡。

(2) 影响。不平衡电流会增加线路及变压器的铜损，增加变压器的铁损，降低变压器的出力甚至影响变压器的安全运行，会造成三相电压不平衡因而降低供电质量，甚至影响电能表的精度而造成计量损失。

(3) 调控处置。监控员应马上确认信号，做好记录并立即汇报相关调度，断路器非全相运行造成电流不平衡时，应立即拉开该断路器；单相接地造成三相电流不平衡时，应尽快消除或隔离故障点；负荷不平衡造成三相电流不平衡时，应改变运行方式或通知用户调整负荷分配；线路导线断股、绝缘子破损等缺陷引起三相电流不平衡时，应通知线路运维单位带电消缺，无法进行带电作业的线路，应停电消缺。

1.3 输电线路故障处置

输电线路常见故障按故障相别分为单相接地故障、相间短路故障和三相短路故障。按照故障种类可以分为短路故障和断线故障。按照故障影响性质又可以分为瞬时故障和永久故障。

1.3.1 引起线路事故跳闸的原因

(1) 架空输电线路倒杆塔事故。一般发生在台风、暴风雨、龙卷风等恶劣气候条件下。

(2) 架空输电线路雷击跳闸事故。每年雷雨季节，线路都不同程度地被雷击，这是引起线路跳闸的主因素之一。

(3) 外力破坏事故。输电线路通道内违章建房、堆物取土采石、植树、架设附属物和电力设施偷盗等现象造成破坏事故。

(4) 导、地线覆冰事故。导线、避雷线覆冰，其荷载增加将会改变导线或避雷线的弧垂，并破坏金具、绝缘子串和引起倒杆断线，导致线路跳闸。

(5) 导线舞动事故。当水平方向的风吹到因覆冰而变为非圆断面的输电导线时，会产生一定的空气动力，在一定条件下，将诱发导线产生一种低频率、大振幅的自激振动，由于其形态上下翻飞也称为舞动。由于输电线路的舞动易造成垂直排列的线路发生相间短路故障。

(6) 鸟害闪络事故。多鸟的地区，成群的鸟停留在直线杆塔横担上，排粪堆积在绝缘子串上，降低其绝缘强度，在雨雾天气，绝缘子容易发生闪络，引起单相接地故障。

(7) 污闪事故。烟尘、废气对线路绝缘子造成一定的污染，降低线路的绝缘强度，在雨雾天气，容易引起线路跳闸。

1.3.2 输电线路事故跳闸情况分析

(1) 对于永久性故障，在正常情况下由于继电保护装置满足“四性”（可靠性、选择性、灵敏性、速动性）要求，且断路器满足遮断容量要求，同时短路冲击对系统的稳定性影响也不大，因此对故障的输电线路可以实施强送，继电保护应能正确动作，切除故障的输电线。

(2) 对于外物碰线事故，一般情况下都会引起输电线路断股。输电线路断股（少部分）后，只要适当控制负荷，一般能够继续运行一段时间。

(3) 对于雷击事故，有时由于输电线路绝缘恢复时间过长，重合闸时限无法躲过，而出现重合不成功现象。但运行经验及统计结果表明，输电线路受雷击后往往损伤不大，一般能够继续运行，因此强送成功的概率很高。

(4) 对于越级跳闸重合不成功事故，可根据输电线路保护动作情况，并通过各种技术手段的分析获知，确认后可先将拒跳断路器断开，然后对该线路进行强送。

1.3.3 线路事故处理原则

(1) 线路发生瞬时故障，断路器跳闸重合成功，监控员应记录故障时间，

检查线路保护及故障录波器动作情况并做好记录，检查设备有无异常信号，并汇报调度员。

(2) 线路发生事故，由于断路器或线路保护发生拒动，造成越级跳闸，调控人员必须在查明原因并隔离故障点后，再将越级跳闸断路器合闸送电。在未查明原因，没有隔离故障点前，禁止将越级跳闸断路器合闸送电，防止事故进一步扩大。

(3) 线路保护装置在进行检修工作时（线路不停电），当断路器跳闸但又无故障录波，且对侧断路器未跳时，则应立即终止工作人员在二次回路上的工作，查明原因，采取相应的措施后试送（此时可能是保护通道漏退或误碰造成）。

(4) 事故处理完毕后，调控人员要做好详细的事故记录，并根据断路器跳闸情况、保护及自动装置的动作情况、事件记录、故障录波以及处理情况，整理详细的现场事故报告。

(5) 线路发生永久性故障时，监控员应记录故障时间，检查线路保护及故障录波器动作情况并做好记录，检查设备有无异常信号，应对断路器跳闸次数做好统计。然后可以采取如下处理模式：

1) 对特别重要的线路或在特别时期（如重要保供电等），可根据国家电网公司《故障停运线路远方试送管理规范（暂行）》的规定进行试送。

2) 在一般情况下，应由线路维护单位对输电线路经过的主要地段（如交叉跨越、公路、铁路、桥梁、河段、居民区等）进行检查，若无异常则对输电线路进行试送。

3) 当输电线路故障时伴有明显的故障现象，如火光、爆炸声等，不应马上强送，需检查设备后再考虑强送，且强送成功后要适当控制输电线路的电流，并马上通知线路维护单位组织查线，以便在第一时间获得故障信息。

1.3.4 线路强送电的原则

1.3.4.1 线路强送电的规定

(1) 正确选择线路强送端，必要时改变接线方式后再强送电，要考虑到降低短路容量和对电网稳定的影响。

(2) 强送端母线上必须有中性点直接接地的变压器。

(3) 线路跳闸或重合不成功的同时，伴有明显系统振荡时，不应马上强送，需检查并消除振荡后再考虑是否强送电。

(4) 强送断路器及附属设备完好，保护健全、完善。

(5) 强送电时，母差保护应有选择地投入使用，并具有后备接线保护，使得一旦断路器拒绝跳闸时，不致造成双母线全停。当一条母线运行时，尽量避免强送线路。

1.3.4.2 线路跳闸后不得再进行强送电的情况

(1) 空载充电状态的备用线路。

(2) 试运行线路。

(3) 线路跳闸后，经备用电源自动投入已将负荷转移到其他线路上，不影响供电。

(4) 电缆线路。

(5) 线路有带电作业工作。

(6) 线路变压器组断路器跳闸，重合不成功。

(7) 运行人员已发现明显的故障现象时。

(8) 线路断路器有缺陷或遮断容量不足的线路。

(9) 已掌握有严重缺陷的线路（水淹、杆塔严重倾斜、导线严重断股等）。

1.3.5 线路事故处理方法

1.3.5.1 220kV 线路故障跳闸且重合闸动作成功

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路第一套保护动作”“××线路第二套保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，调度员掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息，通知线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。

1.3.5.2 220kV 线路故障跳闸且重合闸动作不成功未造成失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路第一套保护动作”“××线路第二套保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路第一套保护动作”“××线路第二套保护动作”“××线路开关分闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度员并做好记录，通知线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作，在掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息后，如监视后台无异常信号，断路器故障跳闸次数在允许范围内，符合远方试送条件，可进行远方试送。

1.3.5.3 220kV 线路故障跳闸且重合闸动作不成功造成变电站失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路第一套保护动作”“××线路第二套保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路第一套保护动作”“××线路第二套保护动作”“××线路开关分闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，通知线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。在掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息后，如监视后台无异常信号，断路器故障跳闸次数在允许范围内，符合远方试送条件，可进行远方试送。

若 220kV 终端变压器两条 220kV 线路同时跳闸导致 220kV 变电站全部失电，根据保护动作情况，从系统侧对 220kV 线路分别强送一次，如均失败，通过 110kV 系统倒送电。

1.3.5.4 110kV 线路故障跳闸且重合闸动作成功

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，调度员掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息，许可线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。

1.3.5.5 110kV 线路故障跳闸且重合闸动作未成功，下送站备自投正确动作，未造成失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路开关分闸”“××开关备自投动作”“××线路开关合闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，调度员掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息，许可线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作，并关注备自投动作后相关设备断面情况。

1.3.5.6 110kV 线路故障跳闸且重合闸动作未成功，下送站备自投未动作或未投入，造成变电站失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路保护动作”“××线路开关分闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，调度员掌握保护动作情况、故障相别、故障录波器测距等信息，许可线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。

若 110kV 线路所连变电站为双电源供电，考虑隔离故障点，用备用线路送电，送电时注意相应的主变压器、线路是否过负荷。

若 110kV 线路所连变电站为单电源供电，监控后台无异常信号，断路器故障跳闸次数在允许范围内，可以分情况考虑强送。

1) 全电缆线路和电缆与架空线路混合线路：不予强送电，考虑低压侧倒送电转供重要负荷。

2) 架空线路：可以在不查明故障情况下进行一次强送。为防止励磁涌流过大，应逐级送电。若强送失败，考虑低压侧倒送电转供重要负荷。

1.3.5.7 35kV 线路故障跳闸且重合闸成功

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，通知线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。

1.3.5.8 35kV 线路故障跳闸且重合闸动作不成功造成变电站失电，下送站备自投正确动作，未造成失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××开关备自投动作”“××线路开关合闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，许可线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作，并关注备自投动作后相关设备断面情况。

1.3.5.9 35kV 线路故障跳闸且重合闸动作未成功，下送站备自投未动作或未投入，造成变电站失电

(1) 现象。监视后台有事故音响，并伴随“××线路保护动作”“××线路开关分闸”“××线路保护重合闸动作”“××线路开关合闸”“××线路保护动作”“××线路开关分闸”等信号。

(2) 调控处置。监控员应马上确认信号，立即汇报相关调度并做好记录，通知线路运维人员对故障线路的事故带电巡线工作。

若 35kV 线路所连变电站为双电源供电，考虑隔离故障点，用备用线路送电，送电时注意相应的主变压器、线路是否过负荷。

若 35kV 线路所连变电站为单电源供电，监控后台无异常信号，断路器故障跳闸次数在允许范围内，可以分情况考虑强送。

1) 全电缆线路和电缆与架空线路混合线路：不予强送电，考虑低压侧倒送电转供重要负荷。

2) 架空线路：可以在不查明故障情况下进行一次强送。为防止励磁涌流过大，可考虑逐级送电。若强送失败，考虑低压侧倒送电转供重要负荷。



第 2 章

母线及母线设备

2.1 概 述

母线又叫汇流排，是发电厂、变电站中构成电气主接线的主要设备，具有汇集、分配和传送电能的作用。母线分为软母线和硬母线，硬母线按其形状不同又分为矩形母线、槽形母线、管形母线等，目前 220kV 及以下变电站中最常用的为矩形母线，也称母线排，500kV 变电站中常采用分裂的软导线和铝合金管形母线。

母线的接线方式有单母线、双母线、三母线、3/2 断路器接线、4/3 断路器接线、母线—变压器—发电机组单元接线、桥形接线、角形接线、环形接线、线路变压器组等多种形式，在电力系统中较为常见的接线方式主要有单母线（包括单母线分段）、双母线（包括双母线分段、双母线带旁路、双母线分段带旁路）、3/2 断路器接线、桥形接线（主要为内桥接线）以及线路—变压器组接线。其中，单母线、内桥接线、线路—变压器组这三种接线方式主要应用于 110kV 及以下电压等级的变电站中，双母线主要应用于 220kV 及以上电压等级的变电站中，3/2 断路器接线方式主要应用于 500kV 电压等级的变电站中。

电压互感器（TV）用于将不易直接测量的高电压按比例转换成可以测量的低电压，再连接到测量仪表以及继电保护装置中去，供保护、测量以及自动装置等使用。通常电压互感器是并联到电路中，其不能短路运行，且二次侧必须接地。

2.2 母线及母线设备异常处置

2.2.1 母排发热

在环境温度为 25℃ 时，母线接头允许运行温度为 70℃，在特殊情况下，