

直流电源系统 典型案例分析

全国输配电技术协作网直流电源系统专业技术委员会 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

直流电源系统 典型案例分析

全国输配电技术协作网直流电源系统专业技术委员会 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为进一步加强直流电源系统的管理,认真贯彻行业、企业标准要求及国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》《国家电网公司十八项电网重大反事故措施(修订版)》《南方电网公司十八项电网重大反事故措施》的贯彻落实。全国输配电技术协作网直流电源系统专业技术委员会组织编写了《直流电源系统典型案例分析报告》。

本书汇总了国内变电站和发电厂运维过程中存在的典型异常、故障、缺陷等问题,在此基础上从技术角度进行详细的阐述和分析。本书主要内容包括直流电源系统故障引起的电网事故,直流电源系统蓄电池故障,直流电源系统充电装置故障,直流电源系统监控装置故障,直流电源系统绝缘故障及直流电源系统绝缘监测回路故障,交、直流电源系统保护电器故障,变电站交流电源故障引起直流电源系统故障。

本书可供发、供电企业运行检修和技术管理人员阅读和参考,也可供直流电源类设备制造、安装调试、设计等相关技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

直流电源系统典型案例分析报告 / 全国输配电技术协作网直流电源系统专业技术委员会组编. —北京: 中国电力出版社, 2017.11

ISBN 978-7-5198-1219-5

I. ①直… II. ①全… III. ①直流-电源-设备管理 IV. ①TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 241571 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: 罗 艳(965207745@qq.com, 010-63412315)

责任校对: 马 宁

装帧设计: 张俊霞 张 娟

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2017 年 11 月第一版

印 次: 2017 年 11 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张: 12.5

字 数: 227 千字

定 价: 66.00 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

《直流电源系统典型案例分析》

编委会名单

主 编 樊树根

副 主 编 赵燕茹 陈军一 杨忠亮 王 洪 李秉宇

成 员 吴志琪 童杭伟 沈丙申 和彦森 雷一勇 陈 曦

赵宝良 苗俊杰 贾志辉 王志华 刘颂菊 徐街明

陈晓东 赵应春 田 宇 王 硕 柯艳国 魏玉寒

敖 非 吴晨阳 王中杰 张 涛 王 强 田孝华

郭 雄 李 叶 左滨诚 张俊利

顾问专家 顾霓鸿 彭 江 刘润生 王典伟

参编技术单位

河北创科电子科技有限公司

山东鲁能智能技术有限公司

上海良信电气股份有限公司

北京人民电器厂有限公司

山东金煜电子科技有限公司

山东智洋电气股份有限公司

杭州中恒电气股份有限公司

杭州高特电子设备有限公司

河北普及达电气设备科技有限公司

深圳市锦祥自动化设备有限公司

辽宁兰陵易电工程技术有限公司

马延强

孟祥军

韩艳国

王雪楠

韩 琳

张万征

盛 捷

谢建江

袁书娟

彭岳云

黄耀阳



前言

随着科技进步和知识经济时代的到来，电网的运行和技术管理已发生了深刻的变化。特别是随着特高压、智能变电站技术的不断发展，以及变电站无人值班或少人值班的发展趋势，安全生产对电力系统运行、维护和事故预防提出了新的要求、新的课题。直流电源系统作为变电站的重要组成部分，是变电站安全运行的重要保障，故，直流电源系统的安全可靠运行尤为重要。

为落实国家能源局二十五项、国家电网公司十八项、南方电网公司十八项反事故措施，加强电力系统直流电源专业管理，提升直流电源专业的技术水平，提高电力系统发、供电企业直流电源设备的运行和维护工作。全国输配电技术协作网（EPTC）直流电源系统专业技术委员会在国家电网公司、中国南方电网公司及发、供电企业、科研院所、设备制造企业等单位的大力支持下，组织了 51 个电力系统单位、11 个技术支持单位和 198 位专家及技术研发人员对近十年来电力系统中变电站和发电厂直流电源发生的典型故障和缺陷案例进行征集，征集案例共 169 个。组织专业技术人员对案例进行了汇总、梳理和分析，对故障的发生概况、现场和解体检查情况进行了回顾和详细的叙述，对故障原因进行了深入的分析和研讨，按照故障的类型和责任原因对事故进行了归类，形成直流电源系统故障引起的电网事故、蓄电池、充电装置、监控装置、绝缘故障、保护电器及站用交流电源故障分析 7 个章节，70 个案例。最终形成了《直流电源系统典型案例分析报告》，本书特色在于：

（1）实用。本书内容丰富，立足于现场实际，编录内容涵盖了直流电源系统中的主要设备，富有很强的实用性。是一本范围涉及全面、技术含量精专、实用特点鲜明的专业性书籍。

（2）简明。本书选取内容时坚持“少而精，简而远”的准则，叙述开门见山、结构清晰、主题明确，重点突出。文词选用时克服偏、难、深、怪、繁等弊端，尽量使用规范用语，确保词句简明流畅，便于培训教学与个人学习。

（3）指导。该书对国内电力系统中，变电站和发电厂一些典型的直流电源系统故障案例，其发生的过程和造成故障的原因进行系统性的分析和研讨，并总结出经验教训及预防措施，为读者了解其直流电源典型事故案例，预防同类型的故障再次发生提供参考和帮助。

参加本书编写工作组的成员均多年从事专业运行与管理工 作，对征集填报的案例进行了归纳、提炼及再创作，编写出使读者阅读通俗易懂的经典案例。本书适用于发、供电企业运行检修和技术管理人员阅读和参考，同时也供直流电源设备制造、安装调试、设计等相关专业人员使用。

案例征集过程中得到了各网省、地市公司的大力支持（详见附录），在此，对其辛勤劳动表示深切的谢意。

由于编写人员水平有限，案例分析中存在不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正！

编 者

2017 年 10 月



目 录

前言

第一章 直流电源系统故障引起的电网事故

案例 1	330kV 变电站主变压器烧损事故	1
案例 2	330kV 变电站全停事故	5
案例 3	330kV 变电站交流串入直流引发站内全停	8
案例 4	某电厂升压站交流串入直流系统造成重大电网事故	13
案例 5	某 220kV 变电站蓄电池异常造成站内全停事故	16
案例 6	110kV 变电站直流电源设备缺陷造成保护越级跳闸	21
案例 7	500kV 变电站直流系统接地导致断路器无故障跳闸	25
案例 8	变电站直流接地导致 500kV 母线停电事故	30
案例 9	220kV 变电站直流电源系统全停	33
案例 10	110kV 变电站直流电源设备故障	37
案例 11	220kV 变电站蓄电池组开路造成 220kV 线路跳闸	41

第二章 直流电源系统蓄电池故障

案例 1	站用电误操作及蓄电池开路引起全站交、直流电源失压	45
案例 2	110kV 变电站直流电源部分电池开路事件	47
案例 3	发电厂直流电源系统蓄电池爬酸缺陷	50
案例 4	110kV 变电站蓄电池组连接螺栓生锈严重造成蓄电池运行风险	52
案例 5	220kV 变电站蓄电池极柱凸起	54
案例 6	220kV 变电站蓄电池漏液造成直流系统接地故障	55
案例 7	220kV 变电站蓄电池阀门顶盖断裂造成性能异常	57
案例 8	220kV 变电站蓄电池故障引发直流母线异常	58
案例 9	66kV 变电站蓄电池异常运行造成燃毁故障	61
案例 10	110kV 变电站蓄电池组燃烧事故	65

案例 11	单只蓄电池失效造成整组蓄电池无容量输出	68
案例 12	110kV 变电站在运蓄电池组单体电压不一致	69
案例 13	500kV 变电站蓄电池内部极板栅格断裂刺穿隔层故障	73
案例 14	110kV 变电站因雷雨造成蓄电池组失火故障	75
案例 15	110kV 变电站蓄电池室温度高造成蓄电池损坏	76

第三章 直流电源系统充电装置故障

案例 1	66kV 变电站因雷击过电压引发充电装置故障	78
案例 2	110kV 变电站充电模块过热导致自身保护无输出	81
案例 3	充电装置充电模块冲击电流保护配置不合理	82
案例 4	充电模块故障导致直流母线电压异常	85
案例 5	110kV 变电站直流充电装置特性指标超标	86
案例 6	220kV 变电站充电模块故障	90
案例 7	110kV 变电站充电模块控制回路故障	92
案例 8	220kV 变电站充电模块雷击损毁故障	93
案例 9	充电装置交流输入单元短路造成充电装置失压	94
案例 10	充电装置失压导致蓄电池组失效	97
案例 11	直流充电装置长时间均衡充电导致蓄电池接地	100

第四章 直流电源系统监控装置故障

案例 1	220kV 变电站直流电源监控装置插件故障引起直流电压异常	103
案例 2	220kV 变电站直流电源监控装置死机造成充电模块工作异常	104
案例 3	110kV 变电站降压硅链自控失灵引起直流母线异常	105
案例 4	直流监控装置长期“均充”造成直流母线电压长期偏高	107
案例 5	220kV 变电站直流蓄电池巡检装置电源异常故障	110

第五章 直流电源系统绝缘故障及直流电源系统绝缘监测回路故障

案例 1	直流一点接地导致继电保护误动原因分析	114
案例 2	直流两点接地导致变压器风冷装置全停故障	116
案例 3	某 220kV 变电站直流系统接地故障造成线路三相跳闸	119
案例 4	变电站保护测控装置引起直流环网及接地故障	122

案例 5	500kV 变电站直流电源系统因两点接地造成线路断路器 误动跳闸	124
案例 6	直流电源系统接地故障造成 220kV 线路断路器跳闸	125
案例 7	某电厂交流窜入直流系统造成机组跳闸事件	127
案例 8	110kV 某变电站小动物枯尸造成交直流窜电故障	129
案例 9	220kV 变电站直流互窜造成直流母线电压异常	131
案例 10	变电站直流互窜引起直流系统接地故障	132
案例 11	220kV 变电站直流系统绝缘监测缺陷引起直流电压波动	134
案例 12	直流母线 I、II 段直流互窜造成两套绝缘监测装置告警	137
案例 13	某电厂蓄电池监测模块引起直流接地故障	138
案例 14	500kV 变电站直流电源系统绝缘下降及电压波动故障	139
案例 15	500kV 变电站交换机绝缘下降引起直流电压偏移	142

第六章 交、直流电源系统保护电器故障

案例 1	220kV 变电站保护屏直流电源断路器越级跳闸故障	144
案例 2	某发电厂机组保护屏直流断路器越级跳闸故障	147
案例 3	直流母线进线开关损坏导致直流负荷短时失电	150
案例 4	蓄电池出口熔断器熔断造成一般性的电网事故	153
案例 5	某电厂直流电源系统断路器级差配合特性分析	155
案例 6	220kV 变电站直流电源系统倒闸操作造成直流母线失电	160
案例 7	充电装置输入侧交流断路器故障导致越级跳闸事故	164

第七章 变电站交流电源故障引起直流电源系统故障

案例 1	站用电源断路器故障导致蓄电池容量下降	168
案例 2	站用交流电源 N-2 造成全站失去交流电源	169
案例 3	站用电源交流失压造成全站失电	171
案例 4	充电装置交流电源故障引起直流母线电压异常	173
案例 5	交、直流电源异常造成直流母线异常	176
案例 6	站用交流电源故障造成直流母线失压	179

附录 案例提供人

第一章 直流电源系统故障引起的电网事故

案例 1 330kV 变电站主变压器烧损事故

一、故障简述

2016年6月18日0时25分,距某330kV变电站约700m处电缆沟道井口发生爆炸。随即,与某330kV变电站相邻的某110kV变电站的4、5号主变压器及某330kV变电站3号主变压器(见图1-1)相继起火;约2min后,某330kV变电站6回330kV出线相继跳闸。故障造成某330kV变电站及相邻某110kV变电站等8座110kV变电站失压。

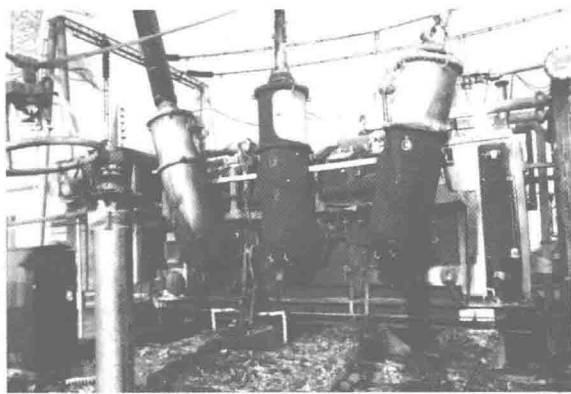


图 1-1 某 330kV 变电站 3 号主变压器

1. 故障后暴露出站内直流电源存在的问题

改造后的第2组蓄电池至两段母线之间的隔离开关在断开位置,充电装置交流电源失去后,造成直流母线失压,导致扩大了电网事故,该事故波及到该站及相邻8座110kV变电站失压。

2. 设备损失

(1) 某330kV变电站。

1) 1、2号主变压器喷油,3号变压器烧损,3号变压器某330kV避雷器损坏,见图1-1;

2) 3号变压器 35kV 断路器 C 相触头烧损, 35kV 母线烧毁;

3) 110kV I 母管型母线受故障影响断裂, 断路器与隔离开关发生两相和三相引线断裂, I 母隔离开关 B 相绝缘子断裂, 其余两相有不同程度损伤。

(2) 某 110kV 变电站。4、5 号变压器烧损; 35kV II 母线电压互感器及隔离开关、110kV 线路 II、110kV 线路 III 断路器及隔离开关受损。

(3) 10kV 配电网。10kV 县城线 1 号电缆分支箱受损。

二、故障原因分析

1. 故障前运行方式

该 330kV 变电站主接线为 3/2 接线, 共 6 回 330kV 出线, 3 台容量为 240MVA 的主变压器(1、2、3 号主变压器), 110kV 主接线为双母线带旁母接线。相邻 110kV 变电站有两台 50MVA 主变压器(4、5 号主变压器)及 1 台 31.5MVA 移动车载变压器(6 号主变压器), 其中, 4、5 号主变压器接于该 330kV 变电站 110kV 母线, 6 号主变压器接于该 330kV 变电站 110kV 旁路母线, 6 号主变压器 10kV 母线与 4、5 号主变压器 10kV 母线无电气连接。

2. 故障描述

此次事故起因是相邻 110kV 变电站 35kV 线路 III 发生故障; 27s 后, 事故发展至 110kV 系统; 132s 后, 事故继续发展, 至该 330kV 变电站 330kV 系统; 135s 后事故切除, 持续时间共计 2min15s。

因该 330kV 变电站站内继电保护等装置在故障发生的同时, 失去了为提供装置正常工作的直流电源, 造成事故的扩大。

3. 故障原因分析

(1) 故障发展时序。事故中, 该 330kV 变电站和相邻的某 110kV 变电站保护及故障录波器等二次设备均未动作。通过调阅该 330kV 变电站线路对侧相关变电站保护动作信息及故障录波数据, 判定本次事故过程中故障发展时序见“2.故障描述”。

(2) 电缆故障分析。故障电缆沟道型号为 1m×0.8m 砖混结构, 内敷 9 条电缆, 其中, 35kV 3 条, 10kV 6 条(均为用户资产)。

事故后, 排查发现相邻 110kV 变电站 35kV 线路 III 间隔烧损严重, 其敷设沟道路面沉降, 柏油层损毁, 沟道内壁断裂严重, 有明显着火痕迹。开挖后确认 35kV 线路 III 电缆中间头爆裂。

综上判定, 35kV 线路 III 电缆中间头爆炸为故障起始点, 同时沟道内存在可燃气体, 引发闪爆。该故障电缆型号为 ZRYJV22-35kV-3×240, 2009 年投运。

(3) 直流系统失压分析。

1) 直流电源系统基本情况。

a. 该 330kV 变电站与相邻 110kV 变电站共用 1 套直流电源系统。该 330kV 变电站 1、2 号站用电源分别取自相邻 110kV 变电站 10kV I 段和 II 段母线，0 号变电站用电源取自 35kV 线路。

b. 该 330kV 变电站原站用直流电源系统采用“两电两充”模式。1999 年投运，配置 2 组蓄电池，个数为 108 只/每组，容量 300Ah；改造后 2 组蓄电池容量，每组 104 只，容量 500Ah/每组。

2) 直流系统改造情况。根据上级公司批复计划，该公司组织实施该 330kV 变电站综合自动化、直流系统改造工程，2016 年 4 月 29 日完成直流 I 段母线改造，6 月 1 日开始改造直流 II 段母线，6 月 17 日完成两面充电屏和两组蓄电池安装投运。

3) 直流母线失电分析。

a. 变电站站用交流失压原因。由于该 330kV 变电站（相邻 110kV 变电站）站外 35kV 线路 III 线故障，相邻 110kV 变电站 35kV 和 10kV 母线电压降低，1、2、0 号站用变压器低压侧脱扣跳闸，直流电源系统充电装置失去交流电源。

b. 直流电源系统失电原因及隐患。改造更换后的 2 组新蓄电池未与直流母线导通，原因是该 2 组蓄电池组至两段母线之间串接隔离开关在断开位置（该隔离开关原用于均/浮充方式转换，改造过渡期用于新蓄电池连接直流母线），即直流母线处于无蓄电池运行状态。充电装置交流电源失去后，即造成直流母线失压。

另外，直流电源系统还存在寄生回路，在 2013 年的改造后，二次回路中 1、2 号双头隔离开关间的连接线未拆除，2 组蓄电池组负极间存在一个等电位联结点，同时 2 组蓄电池组负极间分别连接 I、II 段合闸母线，有些直流馈线在两段同时供电时并在改造中完全分开，未真正实现直流 I、II 段母线分段运行，给本次故障的发展埋下隐患。

c. 直流监控系统未报警原因。蓄电池和直流母线未导通，监控系统未报警，原因是直流电源系统改造后，有 4 台充电（整流）模块接至直流母线，正常运行时由站用交流通过充电模块向直流母线供电。

经现场调查分析，本次故障原因：一是 35kV 线路 III 电缆中间头爆炸，330kV 变电站 1、2、0 号站用变压器因低压脱扣全部失电，此时，充电装置失去交流输入电源；二是改造后的 2 组蓄电池至直流母线之间串接的隔离开关在断开位置，未能与两段直流母线连接。使全站保护及控制回路失去直流电源，造成故障越级。

三、故障处理过程

事故发生后，该公司立即组织故障处置和供电恢复：

2016年6月18日0时28分,省调度自动化系统相继发出6条330kV线路的故障告警信息,同时监控系统报出上述线路跳闸信息。

0时29分,省调通知省检修公司安排人员立即查找故障。

0时38分,该330kV变电站现场人员确认全站失压,站用电失去,断路器无法操作。

0时40分,地调汇报省调,该地区共8座110kV变电站均失压。

0时55分~1时58分,地调陆续将除相邻110kV变电站外的7座失压变电站倒至其他330kV变电站供电。相邻110kV变电站所供12000户用户陆续转带恢复,至12时,除700户不具备转带条件外的,其他全部恢复。

1时20分,站内明火全部扑灭,省调要求现场拉开所有失压开关,并检查站内一、二次设备情况。

2时55分,经检查确认,相邻110kV变电站4、5号主变压器烧损,该330kV变电站3号主变压器烧损,1、2号主变压器喷油,均暂时无法恢复。

5时18分,该330kV变电站1、2、3号主变压器故障隔离。

6时34分~9时26分,该330kV变电站6回出线及330kV I、II母恢复正常运行方式。

运维检修直流电源专业人员确认了现场蓄电池上口串接隔离电器问题以及运行方式后,及时恢复直流电源系统运行方式,保障直流电源能够给保护以及自动装置提供安全可靠电源。

四、故障处理与防范措施

1. 故障处理

(1) 直流屏改造更换。直流屏改造更换后未进行蓄电池连续供电试验,未及时发现蓄电池脱离直流母线的重大隐患。

(2) 隐患排查治理不彻底。该330kV变电站在2013年的改造后,直流系统就存在寄生回路,2组蓄电池组负极间存在一个等电位联结点,同时并未真正实现直流I、II段母线分段运行,给本次故障的发展埋下隐患。

2. 防范措施

(1) 新建或改造变电站的直流电源系统,在进行投运验收前,应进行直流蓄电池组连续供电测试试验,并满足相关规程要求后方可投运。

(2) 检查直流电源系统回路,防止寄生回路产生。

(3) 在蓄电池投入运行前,应检查蓄电池出口保护电器,其中,直流断路器或熔断器、隔离开关应在投入状态,确保无蓄电池失电、直流母线无压的隐患。

案例2 330kV 变电站全停事故

一、故障简述

2014年6月18日16时,某330kV变电站110kV线路I、II线路故障跳闸,该站110kV线路保护装置和控制直流电源失去,该站所供15座110kV变电站、5座铁路牵引变电站停电。

二、故障原因分析

1. 故障前运行方式

该330kV变电站全接线方式运行,330kV合环运行,110kV双母并列运行,站内无检修工作。该330kV变电站与2个110kV变电站构成三角环网运行,与另外4个110kV变电站构成四角环网运行。

2. 故障描述

2016年6月18日16时,该地区出现强对流、雷暴雨天气,局部出现龙卷风。16时19分,同杆架设的110kV线路I(53~54号)、线路II(28~29号)杆导线上搭挂彩钢板,造成三相短路。当日15时53分,该330kV变电站110kV电压等级设备的直流电源总断路器故障,导致110kV电压等级设备的保护、控制直流电源失电,从而110kV侧线路及母联断路器失去了保护、控制功能。

3. 故障原因分析

(1) 保护动作情况分析。该330kV变电站110kV线路首先发生AB相间故障,1.9s后转换为AB相间接地故障,2.1s后C相也出现接地故障;此前26min,该330kV变电站110kV电压等级设备的保护、控制直流电源失电,故障发生2.5s后,1、2、3号主变压器中压侧阻抗保护动作跳110kV母联断路器,由于母联控制电源失电未跳开;故障发生2.8s之后3台主变压器中压侧阻抗保护动作跳主变压器中压侧3台断路器,110kV双母线失压;110kV线路相间距离一段保护动作跳断路器。即在故障期间各继电保护装置动作行为均正确。

(2) 直流电源系统分析。

1) 系统组成及接线分析。该330kV变电站于1995年投入运行,期间经历8次改造,2003年将全站直流系统改造为2组蓄电池、3组充电装置供电方式;但110kV电压等级设备的直流系统供电方式始终没有进行改造,仅更换了直流总断路器,保持原有的直流母线单段运行方式,所有110kV电压等级设备的直流回路均由同一个直流总断路器供电,且未将控制和保护直流负荷分开,未按照辐射型

馈线供电，如图 1-2 所示。即直流电源系统接线不满足各项技术规范。

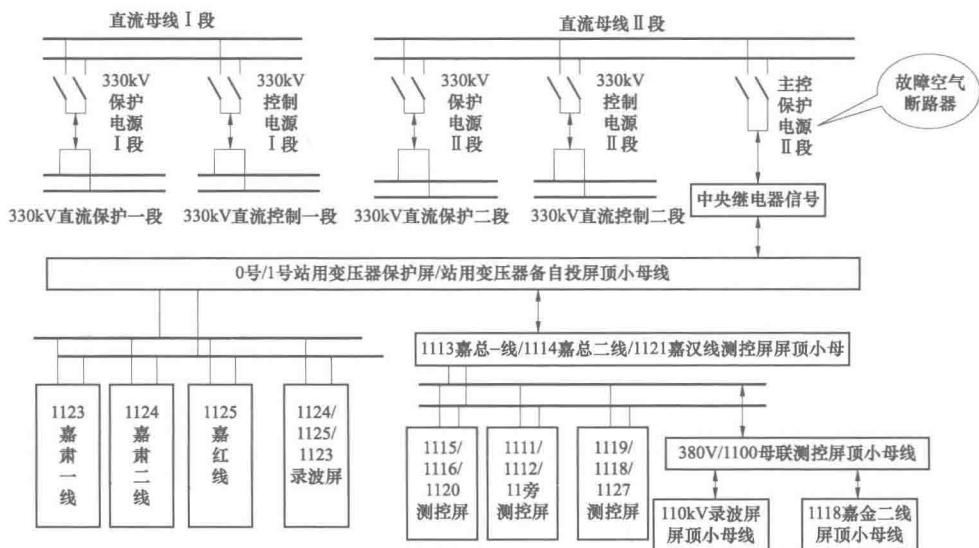


图 1-2 110kV 侧控制和保护直流馈线图

2) 直流总断路器故障分析。本次事故中，由于直流总断路器故障，造成 110kV 电压等级设备的保护、控制直流电源全部失去，是导致事件扩大的主要原因。

110kV 电压等级设备的直流总断路器为 5SX52/C25 型，自 2003 年投入运行以来直流总断路器处于长期运行。通过对故障直流总断路器通断试验和解体检查，发现直流总断路器的正极接触点烧损，负极接触点正常，初步分析直流总断路器故障原因为在长期运行情况下，因接触点接触不良，在运行过程中出现拉弧，最终导致正极接点烧损。

(3) 现场调查分析。事故调查组核对了故障前后负荷曲线、运行方式及应急转带方案；调阅了调度监控系统对事件顺序记录、事故处理过程录音，审查了当天该地区检修调度命令票、工作票；对故障线路进行了现场勘查，查看了变电站直流电源回路、设计图纸、直流极差配置及容量，对损坏的断路器进行了通断试验和解体检查；分析了保护动作情况及故障录波报告。

三、故障处理过程

事故发生后，立即组织故障处置和供电恢复：

2014 年 6 月 18 日 17 时 32 分，110kV 故障线路转检修拆除彩钢板；

18 时 2 分，恢复 110kV 保护和直流系统；

18 时 4 分开始恢复供电；

18 时 30 分，110kV I、II 母线恢复运行；

18 时 59 分，5 座铁路牵引变电站全部恢复供电；

20 时 25 分，110kV 各出线恢复运行，负荷全部送出；

22 时 50 分，110kV 故障线路完成故障抢修工作恢复送电。故障停电期间，该地区无人值守变电站全部恢复有人值守，95598 客户服务热线增设至满员值守接线，调集 2 台应急发电车对重要用户进行保电。

四、故障处理与防范措施

1. 故障处理

(1) 直流供电方式不满足相关重大反事故措施要求。采用直流小母线环网供电，其中，330kV 侧电压等级是两段直流电源分别供电；110kV 侧电压等级是单段供电和直流总断路器接线方式，110kV 侧电压等级设备的保护、控制采用同一直流小母线。

(2) 隐患排查不彻底。该变电站虽然经过 8 次改造，但均未对全站直流回路进行认真梳理和问题整改，遗留了严重隐患；且 110kV 侧直流回路中串接带熔断器的刀闸，在已退运的中央信号继电器屏内存在直流运行回路，增加了直流系统故障风险。

(3) 现场图纸与实际不符。通过对设计图纸和现场核查，该变电站 110kV 侧电压等级设备的直流电源系统实际接线与设计图纸不符，给该变电站运维及事故快速处置造成了很大的困难。

该 330kV 变电站与 2 个 110kV 变电站构成三角环网运行，与另外 4 个 110kV 变电站构成四角环网运行。110kV 网供电方式基本为串联供电结构，供电距离长。110kV 变电站之间未形成有效的互供和转带，在该 330kV 变电站主变压器、110kV 母线 N-2 故障和检修方式下情况下，极易造成多座 110kV 变电站全停，供电可靠性低。该地区 5 座牵引变电站均由同一电源供电，重要用户供电可靠性低。

本次事故中，彩钢板房距离线路超过 80m，虽然不在线路保护区内，但线路走廊附近发现多处个体企业工棚、厂房采用彩钢板房，抵御大风等灾害天气能力差，在强对流等灾害天气下，可能造成线路故障跳闸。

2. 防范措施

(1) 立即开展直流系统专项隐患排查。深刻吸取该 330kV 变电站直流电源系统故障导致事故扩大、造成多座 110kV 变电站停电教训。

严格落实相关重大反事故措施要求，将 110kV 母联的控制、保护电源接入主

变压器直流电源回路；110kV 电压等级设备的保护、控制电源分离，形成各自独立的直流回路；拆除 110kV 侧直流回路中串接带熔断器的隔离开关，将 110kV 侧电压等级设备的保护、控制电源由单段改为分段运行方式；将直流电源系统改造纳入技改项目，按照辐射状供电方式要求进行改造。

(2) 加强二次设备运行维护管理。加强蓄电池、直流电源系统等定期巡视检查，开展低压直流断路器和接线端子红外测温，提前发现处理过热缺陷。

(3) 完善变电站二次装置和回路、直流电源等辅助系统告警信息，及时消缺，保证重要信息上传到监控中心。

(4) 新建变电站禁止使用交直流两用断路器，在运变电站采用交直流两用断路器的应进行专项直流性能验证，不满足要求的应尽快更换。建议蓄电池上口与直流母线相连接的保护电器采用直流断路器。

(5) 加强变电站级差配合测试试验，验证直流断路器上、下级配合的合理性。

(6) 全面排查输电通道安全隐患。吸取近期彩钢板造成故障短路教训，开展电力设施防外破和输电通道清障行动，确保电力设施运行安全。

(7) 提高故障恢复和应急处置能力。加快落实电网规划项目，提高地区电网供电可靠性。结合区域电网及设备运行特点，完善事故应急预案和处置方案，加强电网应急处置调控运行、运维检修等各环节工作衔接，有针对性开展演练，提高应急处置、故障恢复能力，缩短故障状况下供电恢复时间。

案例 3 330kV 变电站交流串入直流引发站内全停

一、故障简述

2011 年 8 月 17~19 日，某地区出现强降雨天气，总降雨量 79.9mm。其中，19 日降雨 32.7mm；与去年同期相比偏多 20%。由于雨水通过缝隙漏入传动箱后沿密度继电器电缆流入机构箱并滴入箱内温/湿度控制器造成交流电压串入直流回路，引发某 330kV 变电站 2 台主变压器高压侧 4 台断路器相继跳闸及该 110kV 母线失压。导致馈供的 15 座 110kV 变电站失压，其中，包括 2 座 110kV 铁路牵引变电站。

二、故障原因分析

1. 事故前运行方式

故障前，该 330kV 变电站 330kV 设备全接线运行，1、2 号主变压器并列运行，110kV 母线并列运行；全站 330kV 线路 2 回；330kV 接线方式为 3/2 接线，