

可再生能源发电企业 典型安全事件案例分析

常规水力发电分册

国家电网有限公司安全监察部 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

可再生能源发电企业 典型安全事件案例分析

常规水力发电分册

国家电网有限公司安全监察部 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《可再生能源发电企业典型安全事件案例分析》丛书的分册之一，为常规水力发电分册。

本书筛选辑录了国内部分水电厂共计 104 个安全事件案例，分为水力机械、电气一次、电气二次、人身安全及误操作、其他五部分。每个安全事件案例包括事件经过及处理、事件原因、暴露问题和防止对策，基本上还原事件发生当时的情况，在每个案例后面增加了编者案例点评，力求有助于读者思考。

本书可供企事业单位、政府有关部门安全生产管理人员阅读参考。

图书在版编目（CIP）数据

可再生能源发电企业典型安全事件案例分析. 常规水力发电分册 / 国家电网有限公司安全监察部编. —北京：中国电力出版社，2019.1

ISBN 978-7-5198-2651-2

I . ①可… II . ①国… III . ①再生能源—发电厂—安全事故—案例②水力发电站—安全事故—案例 IV . ①TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 263232 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：杨伟国 安小丹（010-63412367）

责任校对：黄 蓓 郝军燕

装帧设计：赵姗姗

责任印制：吴 迪

印 刷：北京博图彩色印刷有限公司

版 次：2019 年 1 月第一版

印 次：2019 年 1 月北京第一次印刷

开 本：880 毫米 × 1230 毫米 32 开本

印 张：13.5

字 数：282 千字

印 数：0001—2000 册

定 价：120.00 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

编写组

主 编：王国春

副 主 编：王传庆 刘凤学

编写人员：王理金 曹坤茂 白建伟 张 洋

冯林杨 孙 国 董振生 刘 阳

郑 甦 陆红波 乔连军 姜春宁

常 亮 赵凤承 董彦斌 丛晓兵

高国庆 曹南华 何 俊 方国成

审 核 组

组 长：曹新民

审核人员：沈利平 庄瑞玉 崔孝强 张 衡

杨伟国

前言

FOREWORD

为深入学习贯彻习近平总书记安全生产重要思想，认真落实“一厂出事故，万厂受教育”重要指示要求，提高发电企业全员安全意识，国家电网有限公司安全监察部决定组织编写《可再生能源发电企业典型安全事件案例分析》丛书，并组成了本书编写组。

在编写过程中，本书编写组对系统内可再生能源发电企业历年来发生的安全事件（包括人身伤亡事件、设备故障事件、自然灾害事件等）档案进行了筛选整理，力求真实展现事件发生当时的现象、处置过程、事后原因的探究和防范做法，为同类型发电企业吸取教训、消除隐患、防范生产安全事故、做好突发事件的处置工作提供借鉴，让事故案例“回头看”更具现实意义。为提高案例的警示效果，编写组还为每个案例加入了“案例点评”，旨在抛砖引玉，从培养优良安全文化的角度，透过现象看事件本质，言简意赅地引发读者的共鸣和思考。

本丛书按照发电类型共分为五册，分别为：《常规水力发电分册》《抽水蓄能分册》《生物质能发电分册》《风力发电分册》《光伏发电分册》。

本书为《常规水力发电分册》，选取了常规水力发电企业

104 个安全事件案例，分为水力机械、电气一次、电气二次、人身安全及误操作、其他五个部分。以安全事件发生的年份先后进行编排，其中最早的案例可追溯到 20 世纪 70 年代。早期发生的安全事件过程较为简单，原因较为直接，暴露出的问题也较为低级，而近年来发生的安全事件原因和暴露问题则具有多样性特点。纵观本书案例，不难发现，随着安全教育的深入、安全生产管理体系的不断完善，以及新技术、新设备、新工艺的广泛应用，全员安全意识不断提高，安全管理水平有效提升，设备本质安全水平也同步大幅提升。预防安全事件的发生，必须要树立以人为本的理念，严格规范地从源头抓起，强化本质安全，坚持标本兼治，夯实安全生产基础，才能有效提升企业内在的预防和抵御安全事件风险的能力。

本书在编制过程中得到系统内各常规水力发电企业的大力支持和各级领导的悉心指导，凝聚了各位参与编著人员的心血，希望本书对案例的讨论分析，能够给读者带来积极的借鉴和启示作用。当然，限于编者的水平，恐难以保证没有错漏之处，请广大读者特别是业界专家斧正。

国家电网有限公司安全监察部

2018 年 11 月

目录

CONTENTS

前言

第一章 水力机械

- 案例 1-1 某水电厂 3 号机组运行中转动减荷板损坏导致机组停机 2
- 案例 1-2 某水电厂 3 号机组运行中上导冷却器漏水导致机组停机 7
- 案例 1-3 某水电厂 1 号机组运行中真空破坏阀严重串水导致机组紧急停机 10
- 案例 1-4 某水电厂 4 号机组运行中上导瓦磨损导致机组被迫停机 13
- 案例 1-5 某水电厂 1 号机组运行中水导轴承轴瓦磨损导致机组停机 16
- 案例 1-6 某水电厂 5 号机组运行中机械转速继电器进水造成机械 $140\%N_e$ 超速保护误动停机 20
- 案例 1-7 某水电厂桥机起吊发电机转子过程中吊钩脱钩造成转子轮辐连接处开裂转子铁芯下沉 23
- 案例 1-8 某水电厂 4 号机组运行中泄水锥脱落造成机组摆度严重超标停机 27
- 案例 1-9 某水电厂 2 号机组运行中因受油器万向轴承连接扭断

	造成事故停机	30
案例 1-10	某水电厂 4 号机组检修中压油泵熔丝熔断导致压油装置跑油	34
案例 1-11	某水电厂 8 号机组在降负荷调节过程中补气阀剧烈震动造成机械超速继电器误动作停机	38
案例 1-12	某水电厂维护人员处理调速器渗油过程中安全阀喷油导致调速器失压	41
案例 1-13	某水电厂 1 号机组运行中下导轴瓦烧损造成机组停机	44
案例 1-14	某水电厂 3 号机组电制动隔离开关 FDK 操作机构传动轴脱焊造成开机失败	48
案例 1-15	某水电厂升船机在吊点安全制动器检修作业中因松闸造成承船厢失衡斜移	52
案例 1-16	某水电厂 2 号机组运行中冷却水中断导致机组停机	57
案例 1-17	某水电厂 1、2 号机组运行过程中受电网冲击触发“导叶快关”功能造成甩负荷	63

第二章 电气一次

案例 2-1	某水电厂 11kV 侧母线绝缘子因雾闪击穿造成运行中主变压器及发电机停运	68
案例 2-2	某水电厂运行中因厂用变压器高压侧断路器电缆头绝缘损坏爆炸造成机组停机	71
案例 2-3	某水电厂运行中主变压器因围屏质量不良造成绕组烧损事故	77
案例 2-4	某水电厂发电机运行中因异物掉落风洞造成定子绕组	



	短路烧损	80
案例 2-5	某水电厂主变压器运行过程中因重瓦斯保护误动作跳闸	83
案例 2-6	某水电站运行中出线穿墙套管因质量不良爆炸	86
案例 2-7	某水电厂主变压器运行中因高压套管爆炸烧损	89
案例 2-8	某水电站发电机并网过程中因非同期并列造成出口断路器损坏	94
案例 2-9	某水电厂主变压器运行中高压穿墙套管引线因泄洪量变化引起突变性强气流冲击折断造成全厂停电	97
案例 2-10	某水电厂运行中因发电机励磁回路引线断裂造成发电机及主变压器烧损	102
案例 2-11	某水电站 GIS 组合电器补气中气室防爆膜爆裂造成全站对外停电	109
案例 2-12	某水电厂发电机组开机试验过程中因主变压器高压油气套管爆炸造成事故停机	114
案例 2-13	某水电厂高压电缆运行中因绝缘老化造成电缆接地并爆炸	118
案例 2-14	某水电厂运行中联络变压器因抗短路能力弱导致中、低压绕组相匝间短路	121
案例 2-15	某水电厂运行中因运行人员事故处理不当造成系统频率越限	124
案例 2-16	某水电厂发电机组运行中因转子磁轭切向键掉落造成发电机损坏	128
案例 2-17	某水电厂运行中因外围施工电缆甩到 220kV 架空线造成主变压器近区短路跳闸	134
案例 2-18	某水电厂发电机停机过程中硅钢片滑出割破定子绝缘造成定子单相接地	138

案例 2-19	某水电厂单机运行期间发电机组出口电压互感器爆炸	142
案例 2-20	某水电厂运行中因小动物引起短路造成发电机组甩 负荷和主变压器跳闸	146
案例 2-21	某水电厂运行中发电机因励磁装置异常导致事故停机	150
案例 2-22	某水电厂 110kV 母线运行中因门形构架引线发生电 弧闪络烧断导致母线失压	154
案例 2-23	某水电厂主变压器倒闸操作过程中因操作连杆断裂 造成带电合接地隔离开关	158
案例 2-24	某水电厂厂用电运行中因电缆头制作时误碰屏内带 电部位造成厂用断路器跳闸	164
案例 2-25	某水电厂某线路运行中因出线套管绝缘气体不足造 成多次跳闸	167
案例 2-26	某水电厂运行中因开关室屋顶漏水造成主变压器 跳闸	170
案例 2-27	某水电厂检修中发现发电机定子端部绝缘盒产生裂纹	174
案例 2-28	某水电厂开关站全停处理设备缺陷过程中因断路器 容量配置不足造成厂用电全失	178

第三章 电气二次

案例 3-1	某水电厂运行中 110kV 电压互感器二次回路接地引起 10kV 母线停电	184
案例 3-2	某水电厂 1 号主变压器运行中因临时二次接线未拆除 导致三侧断路器跳闸事件	187
案例 3-3	某水电厂 2 号机组大修期间未经许可解除水泵启动控	

	制电源造成水淹集水井	190
案例 3-4	某水电厂 32 线路发生单相接地保护拒动造成 110kV 开关站全站失压	194
案例 3-5	某水电厂 3 号机组上位机程序调试过程中因复制程序未修改造成原程序机组解列甩负荷	198
案例 3-6	某水电厂因直流电源故障造成 1 号主变压器 220kV 断路器 W 相和 110kV 断路器偷跳	201
案例 3-7	某水电厂 4 号机组保护校验时误投连接片导致 2 号主变压器断路器跳闸	204
案例 3-8	某水电厂 1 号机组在运行中因水导示流器触点不能翻转被迫停机检查	207
案例 3-9	某水电厂 110kV 出线发生单相接地因保护误投引起越级跳闸	210
案例 3-10	某水电厂 2 号机组雷雨天气时励磁系统不可靠导致事故停机	215
案例 3-11	某水电厂 2 号机组运行中进水口闸门控制回路电缆绝缘下降导致机组停机	218
案例 3-12	某水电厂 220kV 出线区外线路故障时电流互感器开路造成差动保护动作	221
案例 3-13	某水电厂在处理电压互感器缺陷过程中未有效断开保护连接片造成线路保护误动	228
案例 3-14	某水电厂 2386 线路上电时因通信参数配置不当导致 2230 线路跳闸	231
案例 3-15	某水电厂处理 1 号机组调速器缺陷导致正在运行的 2、3 号机组与系统解列	235
案例 3-16	某水电厂因保护定值设置不合理导致 110kV 11 断路器、13 断路器跳闸	239
案例 3-17	某水电厂 220V 两段直流母线由分列倒并列运行过	



	程中人员操作检查不到位导致直流母线短时失压	243
案例 3-18	某水电厂 2 号主变压器保护传动试验时因走错盘柜 误投保护造成开关站 220kV II 段母线失压	248
案例 3-19	某水电厂计算机监控系统发布命令过程中公用时 钟系统装置对时模块故障造成监控系统命令失效	254
案例 3-20	某水电厂 1 号机组满负荷运行时 LCU 模板故障导致 机组停机	258
案例 3-21	某水电厂 2 号主变压器因电流互感器极性接反导致 差动保护动作跳闸	261
案例 3-22	某水电厂 4 号机组运行中因监控程序设计失误导致 失磁保护动作跳闸	268

第四章 人身安全及误操作

案例 4-1	某水电厂检修人员在大坝电梯井垂线观测点钻孔施工 过程中物体打击死亡	274
案例 4-2	某水电厂维护人员防汛抢险过程中被洪水冲击的物体 打击死亡	277
案例 4-3	某水电厂作业人员在 4 号机组水车室尾水管平台作业 时铺板断裂高处坠落死亡	281
案例 4-4	某水电厂外来作业人员在泄水闸门销钉安装作业过程 中失去保护高处坠落死亡	284
案例 4-5	某水电厂检修人员在 4 号水轮机大轴与转轮体分解时 使用起吊工具错误造成挤压死亡	288
案例 4-6	某水电厂汽船班人员进水口清渣时违章冒险作业造成 溺水身亡	292



案例 4-7	某水电厂作业人员在检查冲淤管路时落入集水井高处 坠落死亡	297
案例 4-8	某水电厂运行人员倒闸操作过程中误入带电间隔造成 人员触电伤害	301
案例 4-9	某水电厂检修人员清扫 4 号发电机母线穿墙套管时踩 断隔板失去保护高处坠落轻伤	305
案例 4-10	某水电厂检修人员在机组大修转轮回吊工作结束后 打开桥机司机室底部观察窗玻璃及防护栏拍照致高 处坠落死亡	308
案例 4-11	某水电厂运行人员在 10.5kV 配电室核对设备状态过 程中与带电设备安全距离不够触电轻伤	311
案例 4-12	某水电厂 51 号地区变压器倒闸操作过程中误操作造 成带接地线合断路器	316
案例 4-13	某水电厂 28 断路器在事故处理时误操作导致该厂 110kV 系统脱网	319
案例 4-14	某水电厂 3 号机组运行中因作业人员误操作造成断 路器跳闸	322
案例 4-15	某水电厂 1 号机组开机过程中因作业人员误操作造 成水导轴承烧损	326
案例 4-16	某水电站线路送电过程中带负荷合隔离开关造成主 变压器差动保护误动	329
案例 4-17	某水电站 220kV 线路充电操作过程中带接地隔离开 关合闸发生两相接地短路	332
案例 4-18	某水电站 1 号机组调试过程中误合发电机出口断路 器造成 1 号主变压器停运	336
案例 4-19	某水电站 1 号主变压器运行过程中运行人员带负荷 误拉隔离开关造成主变压器低压侧跳闸	339
案例 4-20	某水电厂 614 线路断路器故障处理时误碰端子致线 路跳闸	342



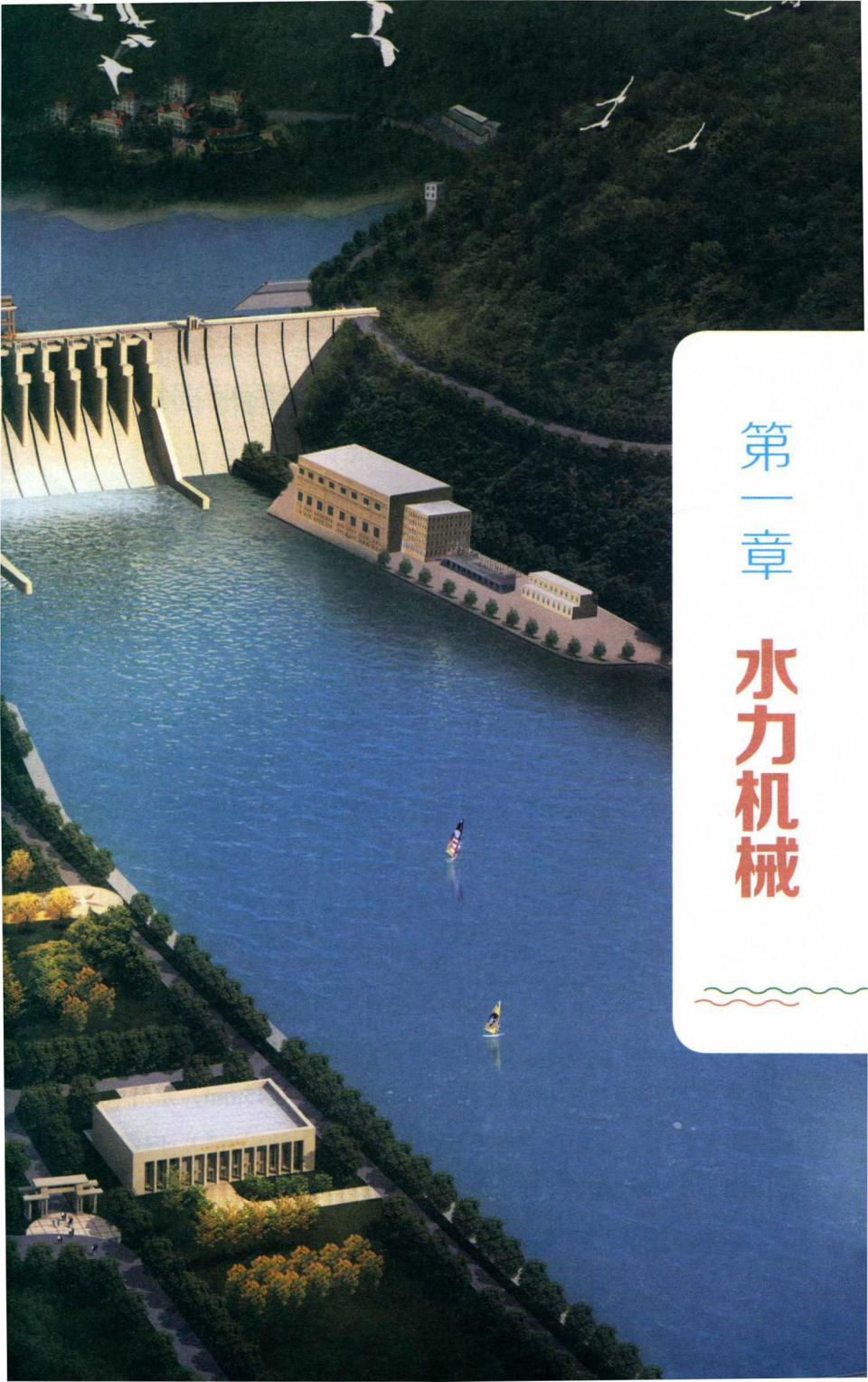
- 案例 4-21 某水电厂 220kV 线路保护作业过程中误短接运行断路器跳闸回路端子造成运行线路停电 346
- 案例 4-22 某水电厂 220kV 1 号线路运行中因作业人员误操作造成断路器 V 相跳闸 349
- 案例 4-23 某水电厂 640 线路 WXB-11 型保护装置电流端子漏接线带负荷时烧损 353
- 案例 4-24 某水电厂 2 号主变压器恢复送电操作中带接地隔离开关合主变压器高压隔离开关造成母差动作机组和线路跳闸 357
- 案例 4-25 某水电站 2 号主变压器运行过程中误操作造成主变压器跳闸 361
- 案例 4-26 某水电厂 2484 线运行中由于相邻检修设备拆除引线时安全距离不够导致跳闸 364
- 案例 4-27 某水电站 2 号主变压器运行过程中检修人员走错间隔误操作造成 2 号主变压器跳闸 369
- 案例 4-28 某水电厂 110kV 线路进行停电操作时误分断路器致 110kV I 段母线被迫停运 372
- 案例 4-29 某水电站运行人员在处理 3 号机组励磁功率柜故障时误操作致机组失磁停机 377

第五章 其 他

- 案例 5-1 某水电厂 1 号机组冲洗供水主过滤器过程中主润滑油中断导致机组事故停机 384
- 案例 5-2 某水电厂起重人员起吊水泵时违章作业造成起重机侧翻 387
- 案例 5-3 某水电厂运行中因外送线路遇冰冻灾害中断导致全厂对外停电 391



案例 5-4	某水电厂检修中因擅自拆除限位装置致使行车电动葫芦吊钩装置脱落	396
案例 5-5	某水电站机组全停检修期间因下游水位突降导致尾水从 2 号机组流道倒灌至 1 号机组尾水管	399
案例 5-6	某水电厂运行中 2 号机组突发压力钢管伸缩节盘根脱落造成水淹厂房	405
案例 5-7	某水电厂汛期混凝土贴坡沙粒土垫层局部被掏空造成塌陷	408
案例 5-8	某水电厂运行中因电缆绝缘损坏导致电缆及设备着火	412



第一章

水力机械





案例 1-1

某水电厂 3 号机组运行中转动减荷板损坏导致机组停机

一、事件经过及处理

1981 年 4 月 28 日，某水电厂 1~4 号机组运行，5 号机组检修。

7 时 25 分，该水电厂中控室发出故障信号 3 号水轮机“顶盖水位上升”，运行人员迅速到达 3 号机水车室，检查发现水轮机顶盖在 $-X$ 靠近 $+Y$ 方向（15 号导叶旁）往外大量呲水（注：是指水压力大而缝隙小的情况下漏水的状态），水压有波动，水轮机固定部件出现严重垂直振动，并伴有金属撞击声。

8 时 10 分，经过进一步仔细观察，发现水轮机固定部件垂直振动频率与转速频率相同，机组大轴摆度为 0.45mm ，水导瓦温显示正常（ $31\sim 33^{\circ}\text{C}$ ），主轴密封水压正常（ $1.8\text{kg}/\text{cm}^2$ ），内盖（顶盖内圈）压力大幅度波动，波动频率也与转速相同。

8 时 20 分，整个机组垂直振动均有所增大， $-Y$ 方向的真空