

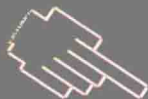


# 电力设备事故处理手册

异常运行 故障诊断 事故处理

DIANLI SHEBEI SHIGU CHULI SHOUCHE

● 陈化钢 主编



中国科学技术出版社

# 电力设备事故处理手册

陈化钢 主编

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

电力设备事故处理手册/陈化钢主编. —北京: 中国  
科学技术出版社, 2004.4

ISBN 7-5046-3738-6

I. 电... II. 陈... III. 电力系统-电气设备-  
事故-处理-技术手册 IV. TM7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013839 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

<http://www.kjbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京市卫顺印刷厂印刷

\*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 61.625 字数: 900 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 99.00 元

---

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、  
脱页者, 本社发行部负责调换)

## 内 容 提 要

本手册共 11 章，主要阐述电力变压器、互感器、避雷器、电力电缆、电力电容器、高压开关设备、高压电动机、发电机等电力设备在运行中出现的异常现象和事故原因，并指出处理方法。手册中还介绍了接地网的安全运行以及架空线路绝缘和变电所外绝缘的事故原因及防止措施，二次回路及其故障处理方法等。为了满足广大电气运行及检修等方面的技术人员的工作需要，附录中还收录了电力设备异常运行及事故处理相关规程和标准。

本手册在阐述中列举了较多的实例，异常现象和事故原因及处理方法表格化，内容丰富，突出物理概念，理论联系实际。本手册可供电力系统中的运行、检修、安装、试验及管理等方面的工程技术人员阅读，也可供制造部门、电力用户及大、中专学校有关专业师生参考。

# 前言

电力设备正常运行是发电厂、变电所和电力系统安全、稳定、优质、经济运行的保证。

当前，电力设备在运行中的异常现象时有发生，甚至引发事故，对电网安全运行造成严重威胁。因此，正确分析出现的异常现象和事故并及时处理具有重要意义。本手册就是为适应这一需要而编写的，希望能对现场进行异常现象分析和事故处理有所促进和帮助。

本手册在编写中，是以近些年来发布的国家标准、国家发展改革委员会和原电力工业部电力行业标准、国家电力公司和国家电网公司标准为依据，结合编者在现场培训和教学中的体会编写的。虽然在编写中查阅了大量的文献、资料，但由于电力设备类型繁多、结构千差万别，引起异常现象及事故的原因也比较复杂，加上编者所掌握资料的局限性，不可能对所有的异常现象和事故都进行很全面的叙述，所以在本手册中仅对电力设备在运行中发生的性质严重、影响较大的异常现象和事故原因进行分析，并根据具体情况指出相应的诊断和处理方法或防止对策。编写时，力求做到突出物理概念、理论联系实际，并能反映现场的新技术、新经验和新动向，供运行、安装、检修和制造部门的工程技术人员参考和借鉴。

本手册由陈化钢主编，参加编写的人员还有应鸿、吴跃华、陈涵林、韩素云、汪永华、彭伟、孔德胜、葛凯、吴昊、张家斌、汤世平、何耀文、陈玉胜、贾振国、赵君友、孙宝武、姚莉、刘嘉、官运刚、孙进波等。

本手册在编写中，参考和引用了有关单位和个人公布的现场异常现象和事故实例，统计分析数据和试验研究成果，谨在此向被本手册所引用的参考文献的作者（包括一些在内部刊物上发表论文的作者），表示衷心的感谢。

由于水平所限，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正，编者将不胜感激。

作者

2004年4月

## 目 录

前 言

第一章 电力变压器 .....	1
第一节 电力变压器的故障 .....	1
一、变压器故障类型 .....	1
二、变压器典型故障的演变 .....	4
第二节 大型电力变压器围屏爬电故障及处理方法 .....	5
一、围屏爬电故障的原因和特点 .....	5
二、围屏爬电的发展机理 .....	6
三、影响围屏爬电的因素 .....	7
四、围屏爬电故障的诊断 .....	9
五、预防围屏爬电故障的措施 .....	13
第三节 大型电力变压器绕组变形及处理方法 .....	14
一、绕组变形的原因 .....	14
二、绕组变形的危害 .....	16
三、绕组变形的诊断 .....	17
四、防止对策 .....	23
第四节 大型电力变压器渗漏油及处理方法 .....	26
一、变压器渗漏油的原因 .....	26
二、变压器渗漏油点的查找 .....	29
三、变压器渗漏油的处理措施 .....	30
四、制造厂应采取的措施 .....	34
第五节 电力变压器铁芯多点接地故障及处理方法 .....	34
一、铁芯正常时需要一点接地的原因 .....	34
二、铁芯只能一点接地的原因 .....	35
三、铁芯正确接地方式 .....	35
四、铁芯故障的类型和原因 .....	36
五、铁芯多点接地故障的诊断方法 .....	36
六、铁芯多点接地故障的处理方法 .....	49
七、铁芯可能发生的故障及其处理方法 .....	51
第六节 气体继电器保护动作原因及处理方法 .....	53
一、动作原因 .....	53
二、判断方法 .....	56
三、处理方法 .....	59
第七节 电力变压器进水受潮及处理方法 .....	61
一、变压器进水受潮的原因 .....	61

## 目 录

二、变压器进水受潮的危害 .....	63
三、变压器进水受潮的诊断 .....	65
四、变压器进水受潮的处理方法 .....	67
第八节 电力变压器绕组直流电阻不平衡率超标的原因及防止对策 .....	72
一、不平衡率的定义及限值 .....	73
二、不平衡率超标的原因及其防止措施 .....	73
第九节 电力变压器油介质损耗因数异常及处理方法 .....	78
一、异常现象 .....	78
二、产生异常现象的原因 .....	79
三、油介质损耗因数增大的处理方法 .....	83
第十节 电力变压器过热故障及处理方法 .....	84
一、变压器过热的原因 .....	84
二、变压器过热性故障的诊断 .....	87
三、处理对策 .....	90
第十一节 大型变压器油流带电现象及处理方法 .....	92
一、油流带电现象 .....	92
二、油流带电机理 .....	92
三、测量油流带电倾向的方法和仪器 .....	93
四、影响油流带电的主要因素 .....	96
五、油流带电的抑制方法 .....	99
第十二节 变压器固体绝缘老化 .....	102
一、绝缘纸的老化 .....	102
二、绝缘老化诊断 .....	103
三、绝缘老化诊断的新动向 .....	106
第十三节 电力变压器有载分接开关异常情况及处理方法 .....	107
一、有载分接开关的工作原理 .....	107
二、故障类型 .....	111
三、事故形态 .....	111
四、处理方法 .....	116
五、实例 .....	118
第十四节 电力变压器差动保护误动的原因及处理方法 .....	122
一、差动保护误整定 .....	122
二、差动保护电流互感器二次接线错误 .....	122
三、变压器内部接线错误 .....	126
四、差动保护电流回路断线引起误动 .....	127
五、自耦变流器升流补偿作用差引起误动 .....	130
六、差动继电器元件误动引起的差动保护误动 .....	130
七、电流互感器错误选型导致差动保护误动 .....	132
八、差动保护所用电流互感器 10% 误差曲线不满足实际回路要求引起差动保护误动 .....	132
九、保护屏配线接错引起主变压器差动保护误动 .....	132
十、主变压器铁芯松动引起差动保护误动 .....	133

## 目 录

十一、误差累计过大引起差动保护误动 .....	133
十二、谐波发生源引起差动保护误动 .....	134
第十五节 电力变压器套管电晕放电及处理方法 .....	140
一、套管表面的电压分布 .....	141
二、电晕放电现象 .....	142
三、处理方法 .....	142
第十六节 大型电力变压器突发性故障及防止措施 .....	143
一、原因 .....	143
二、防止措施 .....	144
第十七节 配电变压器雷击损坏的原因及防雷措施 .....	144
一、配电变压器防雷接线的特点 .....	144
二、雷电波侵入配电变压器的途径 .....	145
三、配电变压器中的过电压 .....	146
四、配电变压器雷击损坏的其他原因 .....	150
五、配电变压器的防雷保护措施 .....	153
第十八节 电力变压器着火及处理方法 .....	166
一、着火原因 .....	166
二、防止措施 .....	167
三、扑救方法 .....	168
第二章 互感器 .....	169
第一节 电磁式电压互感器引起的异常现象及其处理方法 .....	169
一、接线错误引起的异常现象 .....	169
二、电磁式电压互感器励磁特性不同引起的异常现象 .....	177
三、电磁式电压互感器铁芯饱和引起的铁磁谐振现象 .....	178
四、电磁式电压互感器熔丝熔断及烧毁现象 .....	207
五、虚幻接地现象及虚实接地的判别 .....	210
六、绝缘监视装置的运行及异常现象 .....	221
七、小结 .....	226
第二节 串级式电压互感器事故原因及预防措施 .....	228
一、事故原因分析 .....	228
二、诊断方法 .....	230
三、预防措施 .....	230
第三节 电流互感器事故原因及预防措施 .....	231
一、事故原因分析 .....	231
二、诊断方法 .....	233
三、预防措施 .....	235
第四节 电容式电压互感器故障原因及预防措施 .....	236
一、故障原因分析 .....	237
二、诊断方法 .....	240
三、预防措施 .....	241
第五节 互感器油中氢气浓度单项偏高现象及处理方法 .....	242

## 目 录

一、基本规律 .....	242
二、油中氢气的来源 .....	243
三、处理方法 .....	245
<b>第三章 避雷器 .....</b>	<b>247</b>
<b>第一节 FS型避雷器爆炸原因及处理方法 .....</b>	<b>247</b>
一、事故情况 .....	247
二、抽样试验 .....	247
三、避雷器爆炸原因分析 .....	247
四、处理方法 .....	248
<b>第二节 FZ型避雷器爆炸原因 .....</b>	<b>250</b>
一、爆炸事故的特点 .....	250
二、爆炸的原因分析 .....	251
三、防止避雷器爆炸的对策 .....	252
四、几种情况的处理 .....	257
<b>第三节 FCZ型磁吹避雷器爆炸原因及防止措施 .....</b>	<b>258</b>
一、事故原因 .....	258
二、防止对策 .....	258
<b>第四节 金属氧化物避雷器爆炸原因 .....</b>	<b>261</b>
一、爆炸事故特点 .....	261
二、爆炸原因分析 .....	261
三、防止损坏事故的措施 .....	264
<b>第四章 电力电缆 .....</b>	<b>269</b>
<b>第一节 纸绝缘电力电缆故障及防止措施 .....</b>	<b>270</b>
一、故障类型 .....	270
二、故障原因 .....	270
三、诊断方法 .....	272
四、防止电缆故障的措施 .....	286
<b>第二节 交联聚乙烯电缆事故及防止措施 .....</b>	<b>290</b>
一、交联聚乙烯电缆的结构特点 .....	290
二、事故原因 .....	290
三、诊断方法 .....	295
四、防止故障的对策 .....	299
<b>第三节 电缆头故障及处理方法 .....</b>	<b>301</b>
一、电缆头常见故障及处理方法 .....	301
二、电缆头的制作方法 .....	304
三、新作电缆终端头和接头后的试验项目与要求 .....	318
<b>第四节 电缆防火 .....</b>	<b>320</b>
一、电缆火灾事故原因 .....	320
二、电缆的防火措施 .....	320
<b>第五章 电力电容器 .....</b>	<b>323</b>
<b>第一节 并联电容器异常现象和故障原因及防止措施 .....</b>	<b>323</b>

## 目 录

一、电容器运行的异常现象及其预防措施 .....	324
二、电容器损坏的原因及防止措施 .....	356
第二节 耦合电容器事故原因及防止措施 .....	365
一、事故原因 .....	365
二、预防措施 .....	367
第六章 高压开关设备 .....	368
第一节 油断路器的异常现象和事故原因及处理方法 .....	368
一、油断路器事故原因及处理方法 .....	368
二、DW <sub>8</sub> -35 型多油断路器套管爆炸的原因及处理方法 .....	374
三、油断路器的异常现象及处理方法 .....	376
四、预防油断路器事故的技术措施 .....	404
第二节 SF <sub>6</sub> 断路器故障原因及处理方法 .....	413
一、SF <sub>6</sub> 气体中的含水量超标 .....	414
二、SF <sub>6</sub> 气体泄漏 .....	418
三、绝缘不良, 发生闪络 .....	419
四、断路器本体内部卡死, 某相完全不能动作 .....	419
五、并联电阻故障 .....	419
六、断路器触头烧损 .....	419
七、操动机构拒合、拒分和误动 .....	419
八、无信号自分现象 .....	419
第三节 SF <sub>6</sub> 全封闭组合电器 (GIS) 故障原因及处理方法 .....	421
一、常见特有故障 .....	422
二、产生故障的原因分析 .....	423
三、处理方法 .....	424
第四节 真空断路器故障原因及处理方法 .....	427
一、真空度不足 .....	427
二、接触电阻增大 .....	432
三、操作机构故障 .....	432
四、拒动现象 .....	433
五、分闸线圈烧毁 .....	433
六、合闸弹跳现象 .....	435
第五节 隔离开关运行中的异常现象及处理方法 .....	436
一、触头发热烧损现象 .....	436
二、瓷柱电气和机械性能不良 .....	438
三、锈蚀现象 .....	441
四、拉合困难 .....	443
第六节 6~10kV 高压开关柜事故原因及改进措施 .....	444
一、开关柜事故分类 .....	444
二、开关柜事故原因分析 .....	444
三、改进措施 .....	448
第七章 高压电动机 .....	451

## 目 录

第一节 定子故障及处理方法	452
一、故障原因分析	452
二、定子绕组故障诊断及处理方法	454
三、防止对策	462
第二节 转子故障及处理方法	465
一、故障的原因分析	465
二、防止对策	468
三、转子断条的带电测试	471
四、开展电动机在线监测	473
五、转子断条故障的诊断与处理方法	473
第三节 电动机常见故障及处理方法	475
一、常见故障及处理方法	475
二、绕组绝缘故障及处理方法	478
第四节 电动机的干燥	480
一、外部干燥法	480
二、内部干燥法	481
<b>第八章 发电机</b>	<b>483</b>
第一节 定子绕组短路故障及防止措施	485
一、定子绕组短路故障原因	485
二、防止定子绕组短路的措施	488
第二节 定子绕组和铁芯常见故障及处理方法	494
一、定子绕组	494
二、定子铁芯	497
第三节 转子绕组常见绝缘故障及处理方法	499
一、转子绕组接地故障	499
二、转子绕组匝间短路故障	503
第四节 发电机常见故障及处理方法	507
一、常见故障及处理方法	507
二、抽转子程序	510
三、装复程序	512
第五节 发电机干燥	512
一、干燥方法	512
二、注意事项	514
<b>第九章 接地网的安全运行</b>	<b>516</b>
第一节 接地网的安全判据	516
一、安全判据	516
二、网格电压的计算	517
三、均压措施	520
第二节 接地线与导体截面的选择	522
一、基本思路	522

## 目 录

二、按热稳定选择接地线及导体的截面 .....	522
第三节 接地网的腐蚀与防腐措施 .....	527
一、接地网腐蚀的主要部位 .....	527
二、接地网的腐蚀机理 .....	528
三、影响接地网腐蚀的因素 .....	529
四、防止接地网腐蚀的措施 .....	532
第四节 接地降阻剂 .....	534
一、降阻剂降阻的机理 .....	534
二、降阻剂的类型 .....	535
三、降阻剂的选择与使用 .....	536
四、需要进一步研究的问题 .....	537
第十章 架空线路绝缘和变电所外绝缘 .....	538
第一节 瓷绝缘子 .....	538
一、绝缘子劣化 .....	538
二、绝缘子污闪 .....	551
三、雷击跳闸 .....	591
第二节 合成绝缘子 .....	595
一、合成绝缘子结构 .....	596
二、合成绝缘子事故 .....	597
第十一章 二次回路及其故障处理 .....	602
第一节 二次回路运行 .....	602
一、综合检查 .....	602
二、交接班检查 .....	602
三、值班中检查 .....	603
第二节 二次回路运行异常及故障处理 .....	605
一、异常运行 .....	605
二、故障处理 .....	607
附录 电力设备异常运行及事故处理相关规程和标准 .....	617
附录 1 电力变压器运行规程 (DL/T 572—95) .....	617
附录 2 电力变压器运行规程 (DL/T 572—95) 条文说明 .....	629
附录 3 电力变压器检修导则 (DL/T 573—95) .....	640
附录 4 有载分接开关运行维修导则 (DL/T 574—95) .....	680
附录 5 互感器运行检修导则 (DL/T 727—2000) .....	763
附录 6 高压断路器运行规程 (电供 [1991] 30 号) .....	803
附录 7 气体绝缘金属封闭开关设备运行及维护规程 (DL/T 603—1996) .....	816
附录 8 六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护细则 (DL/T 639—1997) .....	825
附录 9 LW—10 型六氟化硫断路器检修工艺规程 (DL/T 739—2000) .....	829
附录 10 电力电缆运行规程 .....	845
附录 11 架空送电线路运行规程 (DL/T 741—2001) .....	866

## 目 录

---

附录 12 汽轮发电机运行规程（国电发 [1999] 579 号） .....	881
附录 13 水轮发电机运行规程（DL/T 751—2001） .....	907
附录 14 发电企业设备检修导则（DL/T 838—2003） .....	919
附录 15 高压电力设备外绝缘污秽等级（GB/T 5582—93） .....	961
参考文献 .....	964

# 第一章 电力变压器

## 第一节 电力变压器的故障

大型电力变压器是电网传输电能的枢纽，是电网运行的主设备，其安全可靠性是保障电力系统可靠运行的必备条件，随着电力系统规模和变压器单台容量的不断增大，其故障对国民经济造成的损失也愈来愈大，因此，研究其故障类型、原因及处理方法是非常必要的。

### 一、变压器故障类型

变压器故障的类型是多种多样的，可按不同的方法进行分类。

#### (一) 按变压器本体分类

按变压器本体可分为内部故障和外部故障，即把油箱内发生的各相绕组间的相间短路、绕组的匝间短路、绕组或引线与箱体接地等称为内部故障，而油箱外部发生的套管闪络、引出线间的相间短路等故障称为外部短路。

#### (二) 按故障部位分类

为便于事故分析统计，变压器故障通常按故障部位分类，它可分为绕组故障、铁芯故障、分接开关故障、引线故障、绝缘故障和密封故障等。

统计资料表明，1990~2000年，110kV及以上电压等级电力变压器的故障按部位分类统计结果如表1-1所示。

表 1-1 故障按部位分类统计表

故障部位	绕组	铁芯	分接开关	引线	套管	绝缘	密封	其他	总计
故障次数	112	65	37	25	29	15	7	9	299
百分比 (%)	37.5	21.7	12.4	8.4	9.7	5	2.3	3	100

#### (三) 按故障回路分类

为分析方便，有时也按故障回路分类，它可分为电路故障、磁路故障、油路故障。

#### (四) 按故障原因分类

对变压器故障的原因，基本上可以做如下分类：

- (1) 制造：制造工艺不良、设计不合理、材料质量不良、异物进入、杂质；
- (2) 维护：维护不当、受潮、操作失误、振动；
- (3) 环境：外部短路、雷电侵袭、自然损坏；
- (4) 其他。

对上述 299 次变压器故障按故障原因来分，其统计结果如表 1-2 所示。

表 1-2 变压器故障按原因分布

故障原因	制造	维护	环境	其他	合计
故障次数	16.2	72	50	15	229
百分比 (%)	54.2	24.1	16.7	5	100

由统计数字可以看出, 变压器产品质量不良是变压器故障的最主要原因, 因而必须加强对变压器出厂、安装及检修验收, 严格把关。其次, 运行维护不当也是变压器故障的一个重要原因, 要努力提高运行人员的专业水平, 以便有效地减小故障率。

#### (五) 按故障严酷程度分类

根据变压器故障程度不同, 对不同故障模式进行严酷程度分类如下:

- (1) I类灾难性: 变压器爆炸或完全损坏。如变压器爆炸、绕组烧毁、铁芯烧毁等;
- (2) II类致命性: 变压器性能严重下降或严重受损, 必须立即停运。如变压器绕组断路、短路、绕组相间短路、引线的相间短路、套管爆炸、分接开关筒体爆炸。
- (3) III类临界性: 变压器性能轻度下降或轻度受损。如变压器铁芯接地不良、引线接触不良、套管内部局部放电和局部过热、变压器绕组松动变形和位移、引线对地短路等, 铁芯多点接地或片间短路, 套管位移或开焊、分接开关档序错乱等。
- (4) IV类轻度性: 不甚影响变压器运行但要进行非计划检修。如介质损耗因数超标, 绝缘受伤、变压器渗漏油、铁芯动态性接地等。

上述变压器故障按不同严酷程度的分布如表 1-3 所示。

表 1-3 变压器故障按严酷程度分布

故障严酷程度	灾难性	致命性	临界性	轻度性	合计
故障次数	11	96	140	52	299
百分比/%	3.7	32.1	46.8	17.4	100

从故障严酷程度的统计可以看出, 变压器故障以临界性故障出现最多, 灾难性故障出现率最低但危害程度最大, 致命性故障出现率较高, 轻度性故障率不高; 严酷程度低的故障进一步发展可能逐级或越级成为严酷度高的故障, 因而在变压器运行维护时要坚决杜绝 I 类故障、加强防范 II 类故障, 密切注意 III 类故障, 时刻提防 IV 类故障。对于轻度性故障也不可掉以轻心, 若不及时处理, 故障将会扩大, 如变压器渗漏, 长期下去, 一旦变压器缺油, 绕组露出油面, 将会导致相间短路, 甚至变压器烧毁; 又如密封不严会使变压器绝缘性能下降, 可能诱发绕组短路、铁芯多点接地等故障。

#### (六) 按故障发生的过程分类

按变压器故障发生的过程分类如下:

##### 1. 突发性事故

- (1) 由雷电过电压和内部过电压引起的绝缘击穿。
- (2) 外部短路事故引起绕组变形、层间短路。
- (3) 地震、火灾、水灾等自然灾害引起变压器损坏。
- (4) 辅机的电源停电, 如冷却装置、油循环装置电源停电等。

##### 2. 累积效应形成的故障

- (1) 铁芯的绝缘不良, 铁芯叠片之间绝缘不良, 铁芯穿芯螺栓的绝缘不良。
- (2) 外界反复短路引起绕组变形。
- (3) 由于吸潮、游离引起局部放电导致绝缘材料老化、绝缘油老化。
- (4) 由于恶劣的环境和苛刻的运行条件, 以及长期超过技术规定所允许的范围运行导

致故障。不同运行条件导致的各种故障如表 1-4 所示。

表 1-4 运行条件引起的变压器故障

运行条件	条件特性	原因	引起的故障
负载条件	工作过程特性	经常过载 停运时间过长 操作过电压或雷电过电压 系统近区短路	绕组过热、绝缘老化、分接烧损 绝缘受潮 主绝缘、纵绝缘损伤或击穿 绕组变形、绝缘损伤、绕组及分接开关过热烧损
环境条件	工作现场特点 地理、气象特点 污染情况	高温 低温 有害气体 高湿度 海拔>1000m 污秽、粉尘	过热、绝缘老化 外绝缘及橡胶垫圈劣化 结构件、外绝缘腐蚀 绝缘受潮、击穿 允许温升降低 套管表面绝缘电阻降低,漏泄电流增加

表 1-5 列出了国家电力公司发输电运营部发布的 2000 年和 2001 年全国 330kV、500kV 变压器事故和障碍的情况分类情况。

表 1-5 2000 年和 2001 年全国 330kV、500kV 变压器事故和障碍的情况分类表

总数	事故	线圈绝缘损坏 14 台	外部短路时损坏 2 台	变压器线圈过热稳定性差造成事故 2 台	阿兰变#1 主变 (沈变厂) 330kV 江门变#1 主变 B 相 (三菱) 500kV	
			42	22	过电压下绝缘击穿 1 台	GIS 操作过电压引起击穿 1 台
台	台	在正常运行电压下绝缘击穿 11 台	结构设计不合理引发事故 3 台	乙炔超标做局部放电试验发现变压器内部有放电 5 台	张家口发电厂联变 (沈变厂) 500kV 侯村变#1 主变 A 相 (沈变厂) 500kV 天荒坪抽水蓄能电厂#1 主变 (英国 PEBBLES) 500kV	
					陈家桥变#1 主变 (日本东芝) 500kV 黄渡变#3 主变 A、B、C 相 (日本三菱) 500kV 渭南高明变#1 主变 (西变厂) 330kV	
					沙角 C 厂#2 主变 (英国 GECALSTHOM) 500kV 张家口发电厂#8 主变 (沈变厂) 500kV 大亚湾核电站#1 主变 C 相 (英国 GEC) 500kV	
			套管质量不良 7 台	在正常运行电压下套管爆炸和损坏 5 台	南关岭变 B 相主变 (意大利 ABB) 500kV 沙角 C 厂#2 主变 (沈变厂) 500kV 葛洲坝换流站极 I A 相变 (瑞士 ABB) 500kV 草铺变#1 主变 C 相 (西变厂) 500kV 商洛柞水变#1 主变 (西变厂) 330kV	
					套管结构设计不合理 1 台	鞍山王石变 C 相主变 (沈厂) 500kV
					套管端子引线烧熔 1 台	大亚湾核电站#1 主变 C 相 (英国 GEC) 500kV
					分接开关机械强度不够引起损坏 1 台	草铺变#2 主变 B 相 (意大利 ABB) 500kV

续表

总 数 42 台	障 碍	事故 跳闸 变 压 器 内 部 无 损 伤 11 台	保护误动或误整定 3 台	辽阳变#1 主变 A 相 (西变厂) 500kV
				侯村变#1 主变 C 相 (沈变厂) 500kV
				南昌变#1 主变 (保变厂) 500kV
			误操作或施工不良 3 台	廉州变#2 主变 (保变厂) 500kV
				丰镇发电厂联变 (保变厂) 500kV
				渭南桥陵变#1 主变 (西变厂) 330kV
			压力释放回路接点盒受 潮造成短路 2 台	成都龙王站#2 主变 (日本东芝) 500kV
				济南变#1 主变 (日本三菱) 500kV
			操作过电压引起 1 台	铜川桃曲变#1 主变 (西变厂) 330kV
			套管比距不足发生雨闪 1 台	董家变#1 主变 A 相 (沈变厂) 500kV
			飞鸟短路引起 1 台	漫湾发电厂 7B 联变 (沈变厂) 500kV
	台 台	运 行 中 出 现 异 常, 未 跳 闸, 但 需 停 运 检 修 恢 复 9 台	色 谱 超 标 6 台	白银景泰石城变#3 主变 (保变厂) 330kV
				辽阳变#1 主变 A 相 (西变厂) 500kV
				董家变#1 主变 C 相 (沈变厂) 500kV
				张家口发电厂#2 主变 (沈变厂) 500kV
				罗洞站#3 主变 B 相 (ABB) 500kV
				南桥站#1 主变 (日本三菱) 500kV
			冷却装置保护故障 1 台	张家口发电厂#4 主变 (保变厂) 500kV
			检修工艺不良 1 台	安康水电厂#4 主变 (西变厂) 330kV
套管下瓷套金属垫圈有裂纹 1 台	惠州站#2 主变 B 相 (ABB) 500kV			

注 凡设备由检查试验确定为有缺陷尚能运行但需安排检修消缺的,或者虽然在系统中设备本身的原因引起跳闸,但不需修理即能重新投入运行的,均统计为障碍。

## 二、变压器典型故障的演变

由上述,变压器典型故障与其设计思想、制造工艺、电压等级和运行环境密切相关,由于不同历史时期设计的变压器结构不同,导致变压器典型故障的类型也不同。主要表现如下。

### 1. 匝间短路事故

20 世纪 70 年代,变压器电压等级提高,其高压绕组结构由连续式改为纠结式,相邻匝间的工作场强由原来的  $200 \sim 300\text{V}/\text{mm}$  升高到  $2000 \sim 3000\text{V}/\text{mm}$ ,开始时的设计仍采用较薄的绝缘结构,加之铝导线制造质量不佳,导致在正常运行条件下常发生匝间短路事故。1978 年原机电部规定 220kV 电压等变压器的匝绝缘由  $0.95 \sim 1.35\text{mm}$  提高到  $1.95\text{mm}$ ,从而使匝间短路事故大幅度降低。

### 2. 引线应力锥受潮引发事故

20 世纪 80 年代初,由于变压器套管的“将军帽”密封结构不合理,沿穿缆引线进水,使引线应力锥受潮,进而波及到首端线段绝缘,常导致击穿事故。后来制造厂改进了“将军帽”的结构,基本杜绝了这类事故的发生。

### 3. 围屏放电事故