

工厂常用电气设备 故障诊断与排除

安顺合 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

工厂常用电气设备 故障诊断与排除

安顺合 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍工厂常用电气设备的各种故障产生的原因、诊断及排除方法。内容包括：高低压电器、交直流电机、变压器、机床电气设备、电热设备、电气线路、照明电器、电工仪表、蓄电池、起重运输设备和电子电路及晶闸管电路等电气设备的故障诊断与排除。

全书内容实用，理论联系实际，通俗易懂，具有内容全、篇幅精，主题突出的特点，是一本综合性电气设备维修袖珍手册。

本书可供广大电气工人在电气设备故障排除的实践中使用，对电气技术人员也有一定的参考价值，特别适合于从事电气设备运行和维修的青年使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工厂常用电气设备故障诊断与排除/安顺合主编.
—北京:中国电力出版社, 2001
ISBN 7-5083-0829-8

I. 工… II. 安… III. ①工厂—电气设备—故障
诊断 ②工厂—电气设备—故障修复 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 074854 号

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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 3 月第一版 2002 年 3 月北京第一次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 24.75 印张 653 千字
印数 0001—5000 册 定价 48.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言



电气设备的故障诊断与排除是工厂电工和电气技术人员必须掌握的一门实用技术，熟悉排除电气设备故障是每个电气工作人员必须具备的本领。随着我国电气化水平和人民生活水平的不断提高，各种电气设备得到广泛的应用，其维修工作也日益增多，而从事电气设备运行与维修人员，特别是青年维修人员，急需一本介绍有关各种常用电气设备故障诊断与排除的参考书。

为此，本书是作者在多年实践的基础上，加以总结、提高，编写而成的，以满足有关人员的需要。

由于工厂电气设备种类繁多，每一类设备的故障又各不相同，而我们的实践经验又极为有限，为此我们广泛参考了有关资料，编写出综合性电气设备故障诊断与排除的专门书籍。读者可根据自己所负责的设备选学其中的有关部分。

本书由教授级高级工程师安顺合主编并负责统稿工作，其中第四章由安勇编写，其余由安顺合编写。在编写过程中得到了安翔、马毓秀、朱景会、郝成华、曾庆芳、杨建顺、李寿福、闫荣新等同志的热情帮助，在此谨表示诚挚的谢意。

由于我们实践经验不足，水平有限，书中难免有错，请广大读者批评指正。

编 者

2001.5

MAF43/07

目 录



前言

第一章

电气设备故障诊断的基本方法

1

第一节 电气设备的故障诊断 (1)

一、电气设备诊断的必要性(1) 二、故障诊断的主要过程(2) 三、电气设备故障的诊断方法(3)

第二节 电气控制线路的故障诊断 (5)

一、电气控制线路故障的检查程序(5) 二、故障的诊断方法(7)

第二章

电动机故障诊断与排除

18

第一节 三相交流电动机故障诊断与排除 (18)

一、用途和分类(18) 二、结构和原理(19) 三、故障诊断与排除方法(21)

第二节 直流电动机故障诊断与排除 (67)

一、用途和分类(67) 二、结构和工作原理(67) 三、故障诊断与排除方法(68)

第三节 冶金起重用三相异步电动机故障诊断与排除 (92)

一、用途和分类(92) 二、故障诊断与排除方法(93)

第四节 三相交流换向器电动机故障诊断与排除 (96)

一、用途和分类(96) 二、结构原理(96) 三、故障诊断与排除方法(96)

第五节 电磁调速三相异步电动机故障诊断与排除 (107)

	一、应用场合和结构原理(107)	二、故障诊断与排除方法(109)
第六节	旁磁制动电动机故障诊断与排除	(115)
	一、用途和结构原理(115)	二、故障诊断与排除方法(116)
第七节	防爆电动机故障诊断与排除	(117)
	一、应用和隔爆原理(117)	二、故障诊断与排除方法(118)
第八节	锥形转子制动三相异步电动机故障 诊断与排除	(121)
	一、应用和结构原理(121)	二、故障诊断与排除方法(121)
第九节	电磁制动异步电动机故障诊断与排除	(124)
	一、结构和原理(124)	二、故障诊断与排除方法(125)
第十节	力矩三相异步电动机故障诊断与排除	(127)
	一、适用范围和结构特点(127)	二、故障诊断与排除方法(128)
第十一节	潜水三相异步电动机故障诊断与排除	(130)
	一、用途、种类和结构性能(130)	二、故障诊断与排除方法(131)
第十二节	三相变极多速电动机故障诊断与排除	(136)
	一、结构和用途(136)	二、故障诊断与排除方法(137)
第十三节	牵引电动机故障诊断与排除	(140)
	一、用途和分类(140)	二、故障诊断与排除方法(140)
第十四节	单相异步电动机故障诊断与排除	(146)
	一、工作原理(146)	二、分相异步电动机故障诊断与排除(146)
	三、单相罩极异步电动机故障诊断与排除(149)	
第十五节	小功率同步电动机故障诊断与排除	(151)
	一、用途和分类(151)	二、故障诊断与排除方法(151)
第十六节	单相交、直流两用串励电动机故障 诊断与排除	(153)
	一、用途和结构(153)	二、故障诊断与排除方法(153)
第十七节	电机扩大机故障诊断与排除	(156)
	一、结构和原理(156)	二、故障诊断与排除方法(158)
第十八节	异步电动机变频器调速故障诊断与排除	(163)
	一、构成与基本工作原理(163)	二、故障诊断与排除方法(164)

- 第一节 同步发电机故障诊断与排除 (172)
- 一、结构和原理(172) 二、故障诊断与排除方法(173)
- 第二节 柴油发电机故障诊断与排除 (178)
- 一、HF4-28-50型柴油发电机故障诊断与排除(178)
- 二、120GF1型柴油发电机故障诊断与排除(179)
- 第三节 车用发电机故障诊断与排除 (181)
- 一、直流发电机故障诊断与排除(181)
- 二、硅整流交流发电机故障诊断与排除(185)
- 三、永磁转子交流发电机故障诊断与排除(187)
- 第四节 直流发电机故障诊断与排除 (189)
- 一、用途、分类和结构(189) 二、故障诊断与排除方法(190)

- 第一节 熔断器故障诊断与排除 (193)
- 一、用途和分类(193) 二、结构(194)
- 三、故障诊断与排除方法(194)
- 第二节 刀开关故障诊断与排除 (200)
- 一、用途和分类(200) 二、结构(200)
- 三、故障诊断与排除方法(204)
- 第三节 断路器故障诊断与排除 (205)
- 一、用途和分类(205) 二、结构(205)
- 三、故障诊断与排除方法(208)
- 第四节 交流接触器故障诊断与排除 (219)
- 一、用途和种类(219) 二、结构和原理(220)
- 三、故障诊断与排除方法(221)
- 第五节 无声节能器故障诊断与拆除 (227)
- 一、工作原理(227) 二、故障诊断与排除方法(229)
- 第六节 热继电器故障诊断与排除 (231)

	一、用途和类型(231)	二、结构和原理(231)	
	三、故障诊断与排除方法(233)		
第七节	起动机故障诊断与排除	(236)	
	一、用途和分类(236)	二、结构和原理(236)	
	三、故障诊断与排除方法(242)		
第八节	时间继电器故障诊断与排除	(246)	
	一、用途和分类(246)	二、结构和原理(247)	
	三、故障诊断与排除方法(250)		
第九节	漏电继电器故障诊断与排除	(251)	
	一、用途和分类(251)	二、工作原理(252)	
	三、故障诊断与排除方法(253)		
第十节	电磁铁故障诊断与排除	(255)	
	一、用途和种类(255)	二、结构和原理(256)	
	三、故障诊断与排除方法(258)		
第十一节	直流接触器故障诊断与排除	(261)	
	一、用途和分类(261)	二、结构和原理(261)	
	三、故障诊断与排除方法(261)		
第十二节	真空接触器故障诊断与排除	(264)	
	一、用途、结构和原理(264)	二、故障诊断与排除方法(267)	
第十三节	按钮故障诊断与排除	(268)	
	一、用途、分类和结构(268)	二、故障诊断与排除方法(269)	
第十四节	行程开关故障诊断与排除	(270)	
	一、用途、分类和结构(270)	二、故障诊断与排除方法(270)	
第十五节	组合开关故障诊断与排除	(271)	
	一、用途和结构(271)	二、故障诊断与排除方法(272)	
第十六节	控制器故障诊断与排除	(273)	
	一、用途和分类(273)	二、结构和原理(274)	
	三、故障诊断与排除方法(274)		
第十七节	万能转换开关故障诊断与排除	(275)	
	一、结构和原理(275)	二、故障诊断与排除方法(276)	
第十八节	变阻器故障诊断与排除	(276)	
	一、用途和分类(276)	二、故障诊断与排除方法(277)	
第十九节	信号灯故障诊断与排除	(277)	

	一、用途、分类及结构(277)	二、故障诊断与排除方法(278)
第二十二节	并联电容器故障诊断与排除 (278)	
	一、用途和分类(278)	二、结构和原理(279)
	三、故障诊断与排除方法(279)	
第二十一节	低压配电盘故障诊断与排除 (283)	
	一、用途和分类(283)	二、故障诊断与排除方法(283)
第二十二节	安全滑接输电装置故障诊断与排除 (286)	
	一、用途和分类(286)	二、结构和原理(287)
	三、故障诊断与排除方法(288)	

第五章

高压电器故障诊断与排除

290

第一节	断路器故障诊断与排除 (290)	
	一、用途和分类(290)	二、结构(291)
	三、故障诊断与排除方法(294)	
第二节	隔离开关故障诊断与排除 (306)	
	一、用途和分类(306)	二、结构(307)
	三、故障诊断与排除方法(308)	
第三节	负荷开关故障诊断与排除 (312)	
	一、用途和分类(312)	二、结构和原理(313)
	三、故障诊断与排除方法(316)	
第四节	熔断器故障诊断与排除 (317)	
	一、用途和分类(317)	二、结构和原理(317)
	三、故障诊断与排除方法(318)	
第五节	避雷器故障诊断与排除 (320)	
	一、用途和分类(320)	二、结构和原理(320)
	三、故障诊断与排除方法(322)	
第六节	接地装置故障诊断与排除 (326)	
	一、接地的种类和作用(326)	
	二、接地装置的组成和原理(327)	
	三、故障诊断与排除方法(328)	
第七节	变配电装置故障诊断与排除 (331)	
	一、变、配电装置的用途(331)	
	二、故障诊断与排除方法(332)	

- 第一节 电力变压器故障诊断与排除 (336)
- 一、用途和分类(336) 二、结构和原理(337)
- 三、故障诊断与排除方法(339)
- 第二节 电压互感器故障诊断与排除 (358)
- 一、用途和分类(358) 二、结构和原理(359)
- 三、故障诊断与排除方法(360)
- 第三节 电流互感器故障诊断与排除 (363)
- 一、用途和分类(363) 二、结构和原理(363)
- 三、故障诊断与排除方法(364)
- 第四节 小型干式变压器故障诊断与排除 (365)
- 一、用途和分类(365) 二、故障诊断与排除方法(366)

- 第一节 机床典型电路环节故障诊断与排除 (368)
- 一、单向直接起动控制电路(368) 二、可逆起动控制电路(370)
- 三、单向起动反接制动控制电路(371) 四、星—三角($Y-\Delta$)
- 起动控制电路(373) 五、小功率直流发电机—电动机调速系统(374)
- 六、车床电气设备常见故障与排除(377)
- 第二节 车床电气故障诊断与排除 (379)
- 一、CA6140车床(379) 二、C630车床(382) 三、C1312单轴
- 六角车床(384) 四、C2132.6D、C2150.6D六轴自动车床(386)
- 五、C5263立式车床(388) 六、CB3463-1半自动转塔车床(391)
- 第三节 铣床电气故障诊断与排除 (428)
- 一、X52K立式升降台铣床(428) 二、X62W万能铣床(434)
- 三、X8126万能工具铣床(441) 四、X5030、X6130铣床(442)
- 五、XA6132万能铣床(444) 六、X2012A龙门铣床(450)
- 七、X2010C龙门铣床(459)
- 第四节 龙门刨床电气故障诊断与排除 (470)
- 一、A系列龙门刨床电气原理(470)

	二、故障诊断与排除方法(480)	
第五节	磨床电气故障诊断与排除	(491)
	一、M1432A 万能外圆磨床(491) 二、M7120 平面磨床(494)	
	三、M7130H 平面磨床(497) 四、M7475B 主轴圆台面平面磨床	
	(499) 五、M1040 无心磨床(504) 六、MGB1420A 高精度半自动	
	万能外圆磨床(508)	
第六节	钻床电气故障诊断与排除	(519)
	一、Z5163 立式钻床(519) 二、Z35 摇臂钻床(524)	
第七节	镗床电气故障诊断与排除	(529)
	一、T68 卧式镗床(529) 二、T617 卧式镗床(533)	
	三、T4163A 光学坐标镗床(537)	

第八章

电气线路故障诊断与排除

543

第一节	架空线路故障诊断与排除	(543)
	一、用途、种类和结构(543) 二、故障诊断与排除方法(543)	
第二节	电力电缆故障诊断与排除	(552)
	一、用途、种类和结构(552) 二、故障诊断与排除方法(553)	

第九章

电气照明故障诊断与排除

561

第一节	照明电路故障诊断与排除	(561)
	一、室内配线及适用场合(561) 二、故障诊断与排除方法(562)	
第二节	白炽灯故障诊断与排除	(565)
	一、结构原理(565) 二、故障诊断与排除方法(565)	
第三节	荧光灯故障诊断与排除	(567)
	一、结构原理及接线(567) 二、故障诊断与排除方法(569)	
第四节	H 形节能荧光灯故障诊断与排除	(573)
	一、结构原理(573) 二、故障诊断与排除方法(574)	
第五节	高压汞灯故障诊断与排除	(575)
	一、结构原理(575) 二、故障诊断与排除方法(575)	
第六节	氙灯故障诊断与排除	(577)

第十章

电工仪表故障诊断与排除

580

- 第一节 磁电系仪表的故障诊断与排除 (580)
一、结构原理(580) 二、故障诊断与排除方法(580)
- 第二节 电磁系仪表故障诊断与排除 (583)
一、吸引型电磁系仪表的结构和原理(583) 二、排斥型电磁系
仪表的结构和原理(583) 三、故障诊断与排除方法(584)
- 第三节 电动系仪表故障诊断与排除 (585)
一、结构原理(585) 二、故障诊断与排除方法(585)
- 第四节 钳形电流表故障诊断与排除 (588)
一、用途和分类(588) 二、结构和原理(588)
三、故障诊断与排除方法(589)
- 第五节 兆欧表故障诊断与排除 (590)
一、用途(590) 二、结构和原理(590)
三、故障诊断与排除方法(591)
- 第六节 功率表故障诊断与排除 (595)
一、用途和原理(595) 二、故障诊断与排除方法(596)
- 第七节 电能表故障诊断与排除 (596)
一、用途和分类(596) 二、结构原理(597)
三、故障诊断与排除方法(597)
- 第八节 万用表故障诊断与排除 (599)
一、用途、结构和原理(599) 二、故障诊断与排除方法(600)
- 第九节 电桥故障诊断与排除 (603)
一、用途和原理(603) 二、故障诊断与排除方法(604)
- 第十节 电位差计故障诊断与排除 (605)
一、用途和分类(605) 二、结构和原理(605)
三、故障诊断与排除方法(606)

第十一章

起重和运输设备电气故障诊断与排除

610

- 第一节 桥式起重机故障诊断与排除 (610)

	一、用途和分类(610)	二、主要部分结构(610)	
	三、故障诊断与排除方法(611)		
第二节	电梯故障诊断与排除		(619)
	一、用途和分类(619)	二、结构和基本工作原理(619)	
	三、故障诊断与排除方法(622)		
第三节	装载机故障诊断与排除		(643)
	一、用途和组成(643)	二、故障诊断与排除方法(644)	

第十二章

蓄电池故障诊断与排除

646

第一节	铅酸蓄电池故障诊断与排除	(646)
	一、用途和分类(646)	二、结构和原理(646)
	三、故障诊断与排除方法(647)	
第二节	汽车蓄电池故障诊断与排除	(656)
	一、结构(656)	二、故障诊断与排除方法(656)

第十三章

电热设备故障诊断与排除

658

第一节	电焊机故障诊断与排除	(658)
	一、交流弧焊机(658)	二、直流弧焊发电机(665)
	三、整流弧焊机(671)	四、埋弧焊机(676)
	五、电渣焊机(684)	六、逆变弧焊机(687)
	七、氩弧焊机(689)	八、CO ₂ 气体保护焊机(693)
	九、空气等离子弧切割设备(699)	
第二节	感应加热炉故障诊断与排除	(704)
	一、工频感应加热炉(704)	二、晶闸管中频装置(706)
	三、中频发电机组(716)	四、电子管高频装置(719)
第三节	电炉故障诊断与排除	(730)
	一、真空热处理炉(730)	二、等离子热处理炉(731)
第四节	电弧炉故障诊断与排除	(734)
	一、设备组成和主电路(734)	二、电极升降自动调节系统(734)
	三、故障诊断与排除方法(735)	

第一节	交流放大器故障诊断与排除	(752)
	一、工作原理(752) 二、故障诊断与排除方法(753)	
第二节	直流放大器故障诊断与排除	(756)
	一、工作原理(756) 二、故障诊断与排除方法(756)	
第三节	晶闸管故障诊断与排除	(757)
	一、结构和原理(757) 二、故障诊断与排除方法(758)	
第四节	晶闸管变换装置故障诊断与排除	(762)
	一、组成(762) 二、故障诊断与排除方法(762)	
第五节	晶闸管整流装置故障诊断与排除	(765)
	一、单相晶闸管整流装置(765) 二、三相全控桥整流装置(768)	

电气设备故障

诊断的基本方法

第一节 电气设备的故障诊断

一、电气设备诊断的必要性

电气设备运行一定时间后，由于某种原因使设备出现不正常情况或失去局部功能的现象称为故障。在故障发生之前，电气设备往往有各种预兆：如声响、温度、振动、异味及冒烟等现象。为了提高设备的运行率及保证稳定运行，减少由于电气设备故障造成的人身伤亡和直接或间接的经济损失，必须注意对设备的诊断。

1. 严格的设备诊断技术

过去设备的操作者是生产的主体，对产品的产量、质量、成本等影响很大，而现在由于自动化程度的大大提高，设备是否正常，对产量、质量、成本等的影响明显增加，这就要求具有更为严格的维修手段。设备维修技术的关键是设备诊断技术——不解、不破坏设备，定量地掌握设备的状态，即掌握影响设备状态的因素、劣化程度及强度性能，预测设备寿命及可靠性，并确定维修措施的技术。

2. 提高诊断技术的重要性

由于普遍实行了生产自动化、连续化，倘若某一工序发生故障，便有可能导致整条生产线的停产，因此掌握设备的状态，预测设备寿命及防止突然性事故，以提高其重要程度。

3. 诊断技术的科学化

为了降低生产成本，有必要降低维修成本，因此，必须科学地实施维修工作，即维修手续及管理计算机化，检查及诊断技术的科学化。

二、故障诊断的主要过程

故障诊断主要是确定故障的部位，然后经过调整或修、换进行排除。正确的诊断是预防和排除故障的基础。诊断是维修人员对通过现场观察、询问、检查及必要的测试所收集到的资料，进行综合、分析、推理和判断，从而对设备故障作出合乎实际的结论过程；也是透过故障现象去探索其本质，从感性认识提高到理性认识，又从理论认识再回到维修实际中去的反复认识的过程。诊断大致分为以下几个过程。

1. 资料收集

正确的诊断来源于周密的调查研究，这个调查过程就是通过对现场状况的询问、观察、检查及必要的测试，收集现场资料（情况）的过程（包括对历次的维修记录、设备档案资料的了解和研究）。正确的诊断基于真实资料。因此，要特别注意资料的真实性和完整性、防止主观臆断和片面性。

2. 综合分析

调查收集的资料往往比较零乱，缺乏系统性，有些由检查所得的资料，可能与询问所提供的资料无密切关系。要完全反映故障的原因及发生、发展规律，就必须将调查所得的资料进行归纳、整理，去粗取精，去伪存真，抓住主要问题加以综合、分析和推论，排除那些数据不足的表面现象，抓住一个或两个最符合实际的症状，作出初步诊断，同时也要注意潜伏性的故障。

3. 初步诊断

初步诊断要列举已确定的故障部位和进行故障分析。若同时发生多种故障，应分清主次，顺序排列，逐项解决。

4. 在维修实践中验证诊断

在初步诊断后，要肯定其是否正确，必须在维修实践中和其

他有关检查中验证，最后确定诊断。由于维修人员的主观性和片面性，或由于客观技术条件所限，或由于故障本身的内在问题，还没有充分表现出来等，初步诊断可能不够完善，甚至还有错误。因此，初步诊断之后，在修理过程中还需要注意故障的变化和其波及面的演变。若发现新的情况或与初步诊断不符，要及时作出补充或更正，使诊断更符合于客观实际。

三、电气设备故障的诊断方法

1. 用人的感官检查

(1) 口问。向操作维修人员了解电气设备故障前的工作情况和故障后的症状；故障是经常发生还是偶尔发生；有哪些征兆（如响声、火花、冒烟、焦臭等）；有无误操作；有无外界不良作用（如雨水浸入、外力撞击等）；故障前或检修时有无其他电工改动过线路；是否有人擅自调试过电气设备内的有关调节元件（如电位器、热继电器等）。

(2) 眼看。有些电器设备的故障有明显的外观征兆，如热继电器动作，熔断器熔断指示，有报警装置的会发出声响信号、闪光灯信号，接线松脱，触头熔焊，元件烧坏等。通过观察仪表指示（如电压表、电流表等），可判断设备的运行情况。

(3) 耳听。电机、变压器和某些电器正常运行的声音与发生故障后的声音有明显差异，听它们的声音是否正常，就可以判断故障性质，找到故障部位。

当用听音棒在电动机轴承端外壳试听时，如听到有阵阵的“咕噜咕噜”声，说明轴承中钢珠损坏；有“啞啞”声，说明轴承内润滑油不足；有不规律的“哗啦哗啦”声，说明轴承走内圆、走外圆；当在定子外壳上听到特别的“嘶嘶”声，可能是定子铁芯叠片过松；听到断续的“吱吱”放电声，可能是绕组出现不严重的接地短路；听到特别大的“嗡嗡”声，可能超载运行；听到闷重的“嗡嗡”声，可能是电动机单相运行。

当用听音棒在变压器油箱上试听时，若听到连续均匀轻微的“嗡嗡”声，说明变压器运行正常；若听到比正常时声响加重，