

常用电气设备故障 查找方法及排除典型实例

● 陈家斌 编



NLIC2970860638



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

常用电气设备故障 查找方法及排除典型实例

陈家斌 编



NLIC2970860638



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共八章,介绍了常用电气设备故障原因查找方法及变压器、高压配电设备、电力线路、低压电器、电动机、电气照明设备、金属加工设备等故障查找方法及实例。

本书适合广大电工现场岗位工作使用,并可作为大专院校电气专业师生的参考用书及电工的培训教材,也可作为读者的自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

常用电气设备故障查找方法及排除典型实例 / 陈家斌编.
北京:中国电力出版社,2012.8

ISBN 978-7-5123-3419-9

I. ①常… II. ①陈… III. ①电气设备—故障检测
②电气设备—故障修复 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第196338号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年12月第一版 2012年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20.75印张 454千字

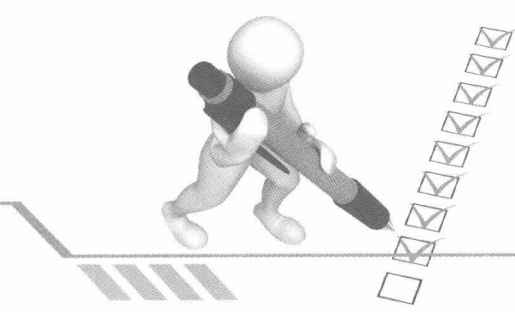
印数0001—3000册 定价56.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

An illustration of a stylized 3D figure in a white shirt and dark pants, holding a large pen and writing on a long, vertical checklist. The checklist has several boxes, some of which are marked with checkmarks. The figure is positioned on the left side of the page, and the checklist extends towards the right. The title '前言' is printed in large, bold, black characters to the right of the illustration.

前 言

随着国家对城乡电网改造投入的加大,我国电力事业正在蓬勃发展,电力应用迅速扩大。新的城乡电网不仅需要增加电力职工,对电业人员的技术要求也相应提高。不少新上岗者,在运行、检修和试验中往往对常见的异常问题缺乏分析和处理能力,以致发现不了电气故障的原因或造成误判断、错处理,使可以避免的事故没能防止或造成事故扩大,人为地造成不应有的损失;即使有一定工作经验的人员,也难以全面掌握各种设备的常见故障排除技术。为提高广大供电专业人员,编者整理收编了一些电气设备常见故障排除方法及实例,供上述人员参考。

本书内容涉及面广,通俗实用,论述详尽,所列典型事故实例是从实际工作中总结出来的,可帮助广大电力工作者正确判断事故原因,提高处理电气设备异常问题的能力,从而节省分析问题、处理事故的时间,减少和避免失误,提高电力企业效益。

电气设备事故具有多样性、复杂性,本书所述的电气事故查找方法,并不能解决所有的问题,如果读者在本书的引导下,能够从实践中学习、总结、探索和提高,增强解决实际问题的能力,编者也就感到欣慰了。

由于水平和接触面有限,编者的想法和做法也许不能满足广大读者的需求,书中不当之处敬请批评指正。

编 者

2012 年 8 月

目 录

前言

第一章 电气设备故障原因查找方法	1
第一节 电气设备故障率	1
第二节 电气设备故障原因分析	2
第三节 电气设备故障查找方法及步骤	14
第四节 利用人体感官检测设备故障	19
第五节 利用仪表仪器检测查找电气设备故障方法	24
第二章 电力变压器故障查找方法及查找实例	36
第一节 电力变压器的故障类型及原因	36
第二节 电力变压器故障查找方法	41
第三节 电力变压器故障查找检测项目及标准	44
第四节 变压器故障保护动作查找方法及程序	50
第五节 电力变压器过热的故障原因查找方法及实例	58
第六节 变压器受潮故障原因检测及实例	71
第七节 电力变压器电压输出异常原因查找方法及实例	73
第八节 变压器油的故障检测	79
第三章 高压配电设备故障查找方法及实例	88
第一节 高压配电设备的劣化和故障机理	88
第二节 SF ₆ 断路器故障查找方法及实例	91
第三节 真空断路器故障查找方法及实例	97
第四节 隔离开关故障查找方法及实例	101
第五节 开关操动机构的故障查找方法	109
第六节 互感器的故障查找方法及实例	113
第七节 并联电容器的故障查找方法及实例	125
第八节 避雷器的故障查找方法及实例	142
第九节 接地装置故障查找及故障查找实例	151
第十节 绝缘子的故障查找方法及实例	162

第四章 电力线路故障查找方法及实例	176
第一节 电力线路的故障查找及处理实例	176
第二节 电力线路故障查找方法	179
第三节 电力电缆线路故障查找方法与实例	197
第五章 低压电器故障查找方法及实例	214
第一节 低压电器故障类型及原因	214
第二节 低压开关故障查找实例	218
第三节 接触器故障查找方法及实例	222
第四节 熔断器故障查找方法及实例	226
第六章 电动机故障查找方法及实例	230
第一节 电动机故障类型及原因	230
第二节 电动机故障查找方法	237
第三节 电动机不能启动及转速偏低故障查找方法	252
第四节 电动机振动和响声异常故障查找方法及实例	258
第五节 电动机过热的故障查找方法及实例	262
第六节 单相电动机故障查找方法及实例	268
第七节 低压发电机故障查找方法及实例	276
第七章 电气照明设备故障查找方法及实例	289
第一节 照明线路、开关常见故障原因及处理方法	289
第二节 灯具故障查找方法	295
第八章 金属加工设备电气故障查找方法及实例	306
第一节 机床电气故障查找程序	306
第二节 机床电气故障查找方法	307
第三节 金加工机床常用控制电路故障查找方法	313
第四节 电焊机故障查找方法及实例	317
参考文献	321

第一章

电气设备故障原因查找方法

第一节 电气设备故障率

设备在投入服役期限内，发生故障的次数和使用时间之间是有着一定宏观规律的，对每一台电气设备来说，出现故障的次数和使用寿命各不相同，但其发展规律都是一致的。图 1-1 所示为电气设备故障率和使用寿命的关系曲线，曲线图形状是两边高，中间一段低凹较平坦，好像一个浴盆的形状，故称电气设备故障发生的“浴盆”曲线。

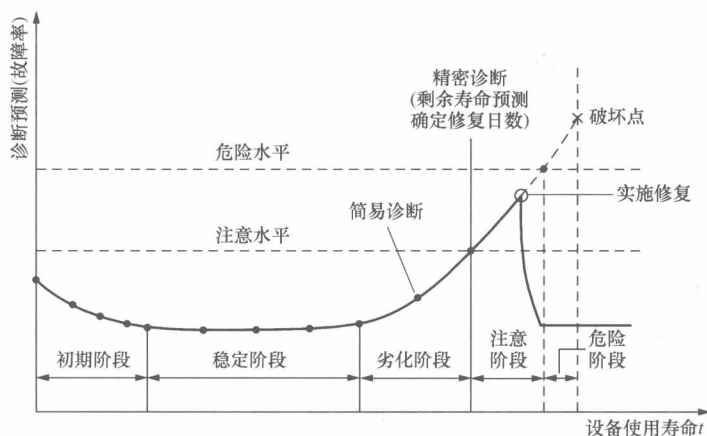


图 1-1 电气设备故障率与使用寿命的关系曲线

一、电气设备故障率的几个时段

从电气设备故障的“浴盆”曲线中可以看出，在整个投入服役期内，设备故障率通常分为三个阶段。

1. 初投入期故障率

电气设备刚投入运行时故障率较高，原因是设备刚投入运行，会暴露一些制造、安装及调试中遗留的问题，同时操作和维护都有一个适应过程。随着对设备性能的逐步熟悉和暴露问题的解决，故障率就逐渐降低。

2. 正常运行稳定期的故障率

设备在进入稳定期后故障率较低,而且很稳定,这段时间设备运行较正常,一般只有个别突发性的故障出现。

3. 劣化期的故障率

随着服役时间的推移,设备劣化期现象逐渐出现。以变压器为例,在服役 20~30 年之后,绝缘老化明显,如泄漏电流增加、绝缘电阻下降及局部放电增加等。在这一时期,由于劣化趋势发展,设备故障率又逐步升高,进入到危险水平,如在此时不进行维修,则设备最终将因故障而导致损坏。

二、设备服役期各时期的维修

在掌握了设备运行的宏观规律后,对设备采取状态维修,根据不同服役阶段采取不同的措施,及时进行维修,就可以延长设备的服役寿命。具体方法如下:

1. 初期阶段

在设备运行阶段应严格验收和认真调整,以减少设备隐患。同时在初期阶段,设备检修周期要短一些,及时发现故障并进行排除。

2. 稳定阶段

必须维持正常的检修和操作管理。

3. 劣化期阶段

设备进入劣化期后故障逐渐增加。必须适当增加检修的次数,当发现故障征兆或状态参数已经达到应引起注意的水平时,应该立即对故障部位和程度进行准确的判定,作出相应的维修方案和措施,通过维修排除故障和隐患,使设备恢复原有性能,设备重新进入低故障的稳定值,这样就延长了设备的使用寿命。

第二节 电气设备故障原因分析

一、电气故障的特点

电气故障与其他设备故障(如机械故障)相比,具有许多不同的特点。

1. 电的不可见性

一个物体是否带电,虽然可以从电转换成声、光、机械运动等宏观现象看到,但在许多情况下,物体是否带电,肉眼是分辨不清的。这样,电气装置出了故障,其故障具有很大的隐蔽性,这为查找故障带来了很大的困难。

2. 电的传播速度极快

在导线中的传播速度接近光速,即 300000km/s 。大多数电气故障往往在瞬间发生、发展,酿成灾祸。这种突然性为故障的预防带来了困难。

3. 电气故障形式集中性和原因多样性

如电动机装置出现故障,不论是什么情况,最集中的表现是电动机不能工作,但故障处不一定在电动机,也可能是电源故障或电路故障等。也就是说,同一种故障形式,故障的原因多种多样,因此,也给查找故障带来了困难。

4. 故障区域性广

一种电气设备能实现某种功能，但其元件的分布区域可能很广。如某水泵电动机安装地点在水源附近的水泵房，但水泵电动机的供电电源在配电房，而水泵电动机的控制（启动和停止）则在远离配电室和水泵房的控制室。这也就决定了水泵电动机的故障区域在一个较广的范围内，给查找电气故障带来了困难。再如电力线路，线长面广，故障不易查找。

二、电气设备故障形态与主要原因

（一）电气设备故障形态

电气设备故障形态，是以不同表现的形态来描述故障现象的一种表征。如机电设备常见故障形态见表 1-1。

表 1-1 机电设备的常见故障形态

序号	设 备	常见故障形态
1	通用机械设备	疲劳、损耗、冲击、变形、折断和破裂等
2	风机、水泵及涡轮机械	误启动、误停机、超转速、倒反转、异常振动、运转部分破损等
3	通用电力设备	电阻变化、局部放电、接地不良、短路、漏电及断路等
4	电动机和发电机	绝缘劣化、温升过大、碳刷磨损、腐蚀变形及零件磨损等
5	流量控制的各种阀门	开闭失效、错误开关、闭塞、泄漏及破损等
6	继电器开关	腐蚀变形、疲劳断裂、绝缘不良、严重损耗等
7	计量检测装置	疲劳劣化、示值不准以及信号异常等
8	设备支承结构	变形、松动、缺损和脱落等

电力设备常见的故障形态有异常振动、疲劳、腐蚀、蠕变、磨损、脆性及塑性断裂、绝缘劣化等。

电力设备故障形态的概率分布典型调查见表 1-2。

表 1-2 所示为异常振动故障形态在转动机械中所占比例达到 30%。静止设备腐蚀与裂纹比例最大，两者合计近 50%。电力设备中，绝缘劣化所占比例达到 62%。

表 1-2 电力设备故障形态的概率分布

序号	故障形态	转动设备	静止设备	电气设备	仪表设备	其他	合计
1	异常振动	72		1	1	1	75
2	磨损	47	10		3	1	61
3	腐蚀	6	44	1	3	2	56
4	裂纹	20	25		1	2	48
5	绝缘劣化	2	3	28		1	34
6	异常声音	27			2		29
7	疲劳	18	8		2	3	29
8	泄漏	6	14	3		6	26

续表

序号	故障形态	转动设备	静止设备	电气设备	仪表设备	其他	合计
9	油劣化	7	5			2	18
10	材质劣化	6	8	1	2	2	19
11	松弛	8	2			2	12
12	异常温度	5	3		1		11
13	堵塞		5			2	7
14	其他	9	6	11	1	4	31
合 计		233	133	45	16	29	453

针对概率最大的故障形态设置监测装置加以诊断，可有效地提高故障诊断的可靠性。

(二) 电气设备故障主要原因

设备零部件发生故障的过程为物理和化学过程以及电磁和机械过程。

1. 对象状态（内因）

发生故障的对象本身的内部状态与结构对故障的抑制和诱发作用为内因，如设备的功能、特性、强度、内部应力、内部缺陷、设计方法、安全系数和使用条件等。

2. 外因

外因是指能引起设备系统零部件发生故障的外部破坏因素，如动作应力（体重、电流、电压和辐射能等）、环境应力（温度、湿度、压力、放射线和日照等）、人为的失误（误操作、误装配和调整不当等）以及时间因素等。

三、异常振动原因

电力设备特别是旋转机械的异常振动，在故障中占有相当大的比例，按不同的分类方法，异常振动可分为以下五种。

1. 转子不平衡振动

引起转子不平衡原因是多方面的，如转子的材质不均匀；制造、安装过程中产生的误差；由于设计、结构等方面的原因，使得转子的几何中心线或多或少地偏离其旋转线。这样当转子旋转时，转子各微小单元质量的离心惯性力组成的力系是一个不平衡的力系，引起机器产生异常振动。

2. 转轴不对中引起振动

造成不对中的原因有：

(1) 由弯曲轴而产生轴承座安装不正确所致。

(2) 在同一轴系中的不同机器的转轴中心线偏置。不对中会造成转子的附加弯矩以及轴承中的附加负荷，致使各轴承之间负荷重新分配，从而引起机组异常振动。

3. 转子摩擦

(1) 转轴材料内摩擦会引起振动。

(2) 叶轮与轴的紧配合会造成不稳定振动。

(3) 转子动静接触时摩擦引起振动。

4. 轴承缺陷

与不平衡引起的正弦振动相反,由轴承缺陷所引起的振动信号属于脉冲性质,并且它具有很陡的边缘。这些陡的前沿会在高频处出现大量的谐波分量。

5. 电磁力引起的异常振动

从电磁力角度分析,电机异常振动的原因有定子异常产生的电磁振动、气隙不均匀引起的电磁振动和转子导体异常引起的电磁振动,其机理也不尽相同。

(1) 定子异常产生的电磁振动。当电机运行时,转子在定子内腔旋转由于定、转子磁场的相互作用,定子机座将受到一个旋转力波的作用,而发生周期性的变形或振动,这种旋转力波形成的磁拉力随转子旋转而转动,当旋转磁场回转一周,磁场力和电磁振动变化两次(2极电机),当定子三相磁场不对称(电网三相电压不平衡或缺相运行、定子绕组三相不对称等),定子铁心和定子绕组松动时,将会产生异常振动和谐波。

(2) 气隙不均匀引起电磁振动。气隙不均匀(偏心)分静态和动态两种。静态不均匀是由于加工不精确和装配不良,使定子中心与转子轴心不重合产生偏心,过大的偏心值将在电机气隙中产生很大的单边磁拉力,产生电磁振动。动态偏心是由于转轴挠曲或转子铁心不圆造成的。

(3) 转子导体异常引起电磁振动。当笼型异步电机笼条断裂,绕线型电动机转子回路电气不平衡时,转子绕组故障处电流无法流过,产生不平衡电磁力,旋转磁场在故障点追越转子时,磁场强度发生变化,其负荷电流发生节拍脉振。

四、疲劳裂纹形成原因

疲劳故障分为高频疲劳、低频疲劳、高温疲劳、热疲劳、热机械疲劳和腐蚀疲劳等。

(1) 高频疲劳是工程中最常见的疲劳故障,其特点是突发性、局部性及对缺陷的敏感性,如汽轮机叶片损伤等。

(2) 低频疲劳亦称应变疲劳或塑性疲劳,如锅炉汽包及压力容器损伤等。

(3) 高温疲劳是部件循环应力处于高温条件下产生的疲劳,由于热应力的交变作用而引起的失效。在交变热应力作用下产生叠加有交变的机械应力,称为热机械疲劳。

(4) 腐蚀疲劳是其部件在腐蚀介质和循环应力共同作用下导致的失效,如汽轮机叶片、低压转子主轴的腐蚀疲劳。疲劳裂纹发源于应力集中部位,多处于部件表面,只有当内部具有较严重的缺陷时,裂纹才发源于内部或表层之下,从金属微观来看,疲劳裂纹产生于滑移高度集中的地方。

五、腐蚀原因

腐蚀分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种,具体如下。

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是金属与介质界面之间发生的化学反应而引起的损坏。

化学腐蚀反应式为



其特点为腐蚀产物直接在参与反应的金属表面形成连续的膜,该膜能减缓腐蚀速度。

2. 电化学腐蚀

电化学腐蚀是金属表面与电解质发生电化学反应，阳极发生溶解的腐蚀现象。

六、磨损

磨损是设备故障最常见的模式，据统计全世界总能耗的 $1/3 \sim 1/2$ 消耗于摩擦，一般机器中 $75\% \sim 85\%$ 的零部件是因磨损而报废的。磨损按其表面物质损耗的不同机理分为黏着磨损、磨粒磨损、冲蚀磨损、腐蚀磨损、微动磨损和表面疲劳磨损，现分别予以叙述。

1. 黏着磨损

(1) 氧化型磨损。摩擦界面为氧化膜，无明显的黏着现象，又称轻微磨损。

(2) 金属型磨损。摩擦界面为金属，有明显的黏着现象，摩擦率高，又称严重磨损。

(3) 磨合磨损。新投入运行的滑动轴承，经磨合，接触面上的微凸体被磨去，使配合面上的微观形貌处于平衡状态。

(4) 拉伤。在摩擦之间，由于形成局部焊合，在滑动摩擦方面形成很狭窄的条带或沟槽，此为拉伤。拉伤表面的金属组织会出现一薄硬层，为超细粒组织。

2. 磨粒磨损

(1) 刨削磨损。表面金属成大颗粒状从摩擦面剥落，磨损面有严重的沟槽。

(2) 高应力磨削磨损。由于在磨粒接触点压应力集中，金属表面韧性发生塑性流动和疲劳而脆性开裂。应力超过磨料的压脆强度。

(3) 低应力擦伤磨损。摩擦面受到轻微擦伤，施于磨粒上的应力不超过磨料的抗压强度。

3. 冲蚀磨损

固体、液体和气体不断地向固体靶面进行撞击而产生的磨损现象称为冲蚀。

4. 腐蚀磨损

机械作用和环境介质的腐蚀作用同时存在所引起的磨损称为腐蚀磨损。

(1) 氧化磨损。金属表面受到空气中或润滑剂中氧的作用所形成的氧化膜，处于不断生灭或减薄与增厚的交替循环之中。

(2) 腐蚀介质磨损。指除氧以外的各种腐蚀介质，如酸、碱、盐作用下在摩擦过程中的生成物不断产生和磨损的过程。

5. 微动磨损

两接触表面之间在外载荷作用下产生切向往复振动（振幅一般不超过 0.1mm ），由此发生的磨损现象称为微动磨损。

6. 表面疲劳磨损

固体表面在循环应力周期地作用于摩擦表面，当接触区的应力超过材料的屈服点时，产生塑性变形并不断硬化，出现显微疲劳裂纹，裂纹发展造成表面颗粒脱落，形成表面麻坑。这一现象称为表面疲劳磨损。

七、绝缘老化原因

1. 绝缘老化因子及特征

绝缘应力又称影响因子，可分为热、电、机械和环境因子四种，通常称为 TEOM

因子。

(1) 热老化。热老化是由热因子引起的, 绝缘材料(树脂)由于收缩热分解等产生空隙或剥落而造成的老化。即遵循温度每升高 10°C , 则寿命减半的规则。

(2) 电老化。电老化是由绝缘层内的空隙放电, 在高压电场作用下产生局部放电, 进而产生树枝状放电而引起的老化。

(3) 机械老化。机械老化是由启动、突然短路等异常运行时电磁力、热应力和振动等高循环疲劳造成的绝缘层老化。

(4) 环境老化。环境老化是由环境的温度、灰尘、油污、盐分及酸、碱等腐蚀性物质使绝缘层遭受膨胀、润湿腐蚀等而形成的老化。

2. 绝缘老化过程

绝缘层的老化是热老化、电老化、机械老化和环境老化等诸多因素的重叠而复合的老化过程。

(1) 初期。云母带之间的树脂漆, 云母带与导体之间的接触良好, 基本上没有空隙。

(2) 老化状态。由于所浸树脂漆的收缩、热分解而造成化学键断裂, 产生分解气体而形成空隙, 导体和绝缘层的热膨胀系数不同引起剥落等, 往往使整个绝缘层产生许多小空隙和局部的大空隙。

(3) 寿命期。随着绝缘层整体的空隙量增加使云母片断裂, 局部产生大空隙, 随之局部空隙相互之间形成联系, 寿命终止。

八、温升引起原因

电气设备在运行中如果温升或温度超过允许极限值时, 则可能产生电气设备故障。

温度对电气设备的影响主要有以下几方面:

1. 对金属材料的影响

温度升高, 金属材料软化, 机械强度将明显下降。如铜金属材料工作温度长期超过 200°C 时, 机械强度明显下降; 工作温度短时超过 300°C 时, 机械强度也明显下降。铝金属材料的机械强度也与温度密切相关。通常, 铝的长期工作温度不宜超过 90°C , 短时工作温度不宜超过 120°C 。

2. 对电接触的影响

电接触不良是导致许多电气设备故障的重要原因, 而电接触部分的温度对电接触的良好性影响极大。温度过高, 电接触两导体表面会剧烈氧化, 接触电阻明显增加, 造成导体及其附件(零部件)温度升高, 甚至可能使触头发生熔焊。由弹簧压紧的触头, 在温度升高后, 弹簧压力降低, 电接触的稳定性更差, 更容易造成电气故障。

3. 对绝缘材料的影响

温度过高, 有机绝缘材料将会变脆老化, 绝缘性能下降, 甚至击穿, 材料的使用寿命也将缩短。如 A 级绝缘材料在一定温度范围内, 每增加 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$, 材料的使用寿命约缩短 50%。

温度过高, 对无机绝缘材料的绝缘性能也有明显影响。如电瓷的击穿强度在温度为 80°C 以下时约为 250kV/mm ; 当温度达到 100°C 时, 其击穿强度约为 100kV/mm 。

4. 对电子元器件的影响

高温是许多电子元器件的大敌，如高温可使半导体元件热击穿，因为温度升高，电子激活程度加剧，使本来不导电的半导体层导通；高温使电子元器件的性能变劣，如在偏高的温度下，电子元件的反向导电电流增加、放大倍数减小等。

九、电动力引起原因

电动力与电流大小密切相关。在小电流情况下，电动力对电气装置的正常工作没有什么影响，然而在大电流情况下，尤其是在短路电流作用下，所产生的电动力是很大的。因此，电气装置必须具备在短路电流作用下，有关部分不致损坏的稳定性。这种稳定性称为电动稳定性。超过了这种稳定性，电气装置将会产生故障。电动力所造成的电气故障主要表现在以下几方面：

(1) 电动力可能使导体变形。在短路电流作用下，两根或三根平行导体（如母线等）受到吸力或斥力。当这种力超过某一程度时，就会使导体变形、接头松脱或支撑固定件损坏。

(2) 电动力可能使开关误动作。当流过开关的电流很大（如短路）时，其电动力可能使刀开关自动打开。而刀开关一般没有完善的灭弧装置，不具备断开短路故障的功能，因而这种自动打开属于一种误动作。在电弧作用下，触头可能被烧毁，甚至形成火灾。

(3) 触头接触处的收缩电动力可能使触头烧损。通常，当载流导体截面沿导体长度（轴向）发生变化时，在截面变小处会产生轴向电动力。这种电动力称为收缩电动力。触头接触处的电动力有使触头受到排斥的趋势，也就是说，收缩电动力使触头接触紧密程度变劣，甚至断开，从而使触头烧损。

有时也可利用导体形状改变产生的电动力使触头压紧。

十、电接触不良引起的原因

电接触不良是造成电路和电气设备故障的重要原因。

1. 电接触不良的原因

(1) 电接触材料的改变。电接触材料，尤其是开关触头的材料，对其导电性、硬度等有着较严格的要求。如果不适当地更换了原有的电接触材料，势必影响到电接触的性能。另外，为了弥补某些电接触材料的缺陷，常常在电接触材料表面镀上一层其他的金属，如银、锡、金等。在修理过程中或经过长时间的磨损，使镀层损伤或消失，必然使电接触性能变劣。

(2) 电接触形式的改变。由于修理或其他原因，使电接触表面不平整或接触面发生位移及方向的变化，从而导致电接触形式的改变，如将面接触、线接触变成了点接触，或点接触变成了面接触、线接触，都可能使电接触不良。

(3) 电接触压力的降低。弹簧变形、传动机构不到位等，使电接触压力降低。

(4) 铜—铝导体直接连接引起的电化学腐蚀。铜—铝导体相互直接连接构成铜离子—铝离子的高电位差的电学对，必然引起电学腐蚀。在实际工作中，未经过任何处理而将铜—铝导体直接连接是比较多见的。运行时间一长，必然产生电接触故障。

(5) 电接触表面性能不良。电接触表面上，由于种种原因，覆盖着一层导电性很差

的物质,如金属的氧化物、硫化物等,其电阻率远大于原金属,也可能是覆盖在接触面上的灰尘、污物或夹在接触面间的油膜、水膜等,由此形成了表面膜电阻。它的存在使接触电阻值增大或引起接触电阻不稳定,甚至破坏电接触连接的正常导电。

(6) 环境因素的影响。潮湿,温度偏高,酸、碱、氧化硫、氯气等环境因素的影响,加速了电接触材料的化学腐蚀、电化学腐蚀及其他变化。

(7) 电接触安装工艺不符合要求。对不同的电接触类型有不同的安装工艺要求,达不到规定的工艺要求和标准,就会使电接触不良。

2. 电接触不良导致电路不通

电接触点是电路中最薄弱的环节,如刀开关触头松动、触头未接触、导线连接点未搭接好、导线与设备接线端子连接螺钉松动、锡焊点断开等,常常导致电路不通。又如,某些电接触点从外表上看似乎已接触好,而实际并没有连接好。再如,对于某些低电压回路,如果电接触电阻远大于负载电阻,则负载两端的电压远低于工作电压,负载不能工作。实际上也已构成电路不通的故障。

3. 电接触不良导致电接触处严重发热

一是由于接触电阻上的发热,二是接触不良发生电弧产生的热。电接触发热将进一步导致电接触不良的恶化,使电路不通。

4. 电接触不良导致电弧的产生

电接触处的一层绝缘薄膜(如水分、灰尘、氧化膜等),在一定电压下,在接通电路瞬间,可能被击穿,因而会产生火花和电弧,从而导致更严重故障的发生。

5. 电接触电阻的增加可能使某些电路不能正常工作

电接触电阻虽然很小(通常为 $\text{m}\Omega$ 、 $\mu\Omega$ 级),但对于某些电路则是不可忽视的因素。如电流互感器二次回路,其负载是阻抗极小的电测仪表电流线圈或继电器电流线圈等,所以电流互感器的正常运行状态是短路运行状态。如果该回路接触电阻过大,将导致正常短路运行状态被破坏,造成电测仪表误差增大、继电器误动作等故障的发生。

十一、电弧引起的原因

电弧的高温效应、强光效应和导电效应是造成电气故障的直接原因。

(1) 电弧的温度高达数千度,因此,在电弧发生的一定范围内,如果存在可燃气体或物体,就会点燃这些物质,造成电气火灾。

(2) 电弧威胁人身安全。电弧中含有大量的金属离子,因此,当电弧喷向人的皮肤时,高温的金属离子可使皮肤灼伤,留下金属化烙印。另外,电弧的光极强,这种强光如果直接照射到人的眼睛,轻则使眼睛红肿、流泪、疼痛,重则使双眼失明。

(3) 电弧的弧柱是一束可导电的离子流,且质量轻,可迅速移动和拉长。因此,在多相导体中,若其中一相因某种原因发生电弧,这一电弧可能被吹向(或拉向)另一相,造成相间短路;若导体对地放电形成电弧,这个电弧又不能迅速熄灭,则会造成相对地短路。

(4) 开关在断开电路(尤其是高电压、大电流电路)时,在开关动、静触头间必然产生电弧。若开关的灭弧装置性能不良或灭弧装置损坏,电弧持续时间长,甚至不能熄

灭，就会酿成严重的事故。如电弧可加速开关触头烧损，造成严重电接触不良；强烈高温电弧可使电弧周围的绝缘损坏及老化；电弧可能造成相间短路；电弧还可能使开关绝缘油等其他材料急剧膨胀，产生爆炸事故。

十二、电压偏移引起的原因

当电源电压比电气设备额定电压偏高或偏低时，电气设备将因此而受到影响，其影响程度取决于偏移值的大小和持续时间的长短。在严重的情况下，电气设备将因此而产生故障。

(1) 对异步电动机的影响。异步电动机的故障主要来自电压偏低。

由于电动机的启动转矩和最大转矩与电压 U 的二次方成正比，电压下降，转矩急剧下降，电动机有可能不能启动，且电动机启动电流很大。启动持续时间过长，电动机将因发热而烧毁。

(2) 对电热设备和白炽灯、碘钨灯的影响。电热设备和白炽灯等的故障主要来自电压偏高。

电热设备和白炽灯等的输出功率与电压 U 的二次方成正比，电压偏高，输出功率急剧增加，工作电流也急剧增加，电热设备的电阻器和白炽灯灯丝将因发热量超过允许值而烧毁。

(3) 对气体放电灯的影响。荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯等气体放电灯的故障，既来自于电压偏高，也来自于电压偏低。电压偏高，发光量急剧增加（与电压 U 的二次方成正比），超过其允许值，灯丝烧断，灯具损坏。

电压偏低，灯具无法启动发光或启动困难、启动时间增加，灯丝放电剧烈，也容易导致灯管或灯泡烧毁。

综上所述，电压偏移可能使电气设备出现故障的主要因素见表 1-3。

表 1-3 电压偏移造成电气设备故障的主要因素

序号	电气设备	项 目	符号	与电压的关系	电压偏高 10%	电压偏低 10%
1	异步电动机	启动转矩	T_s	U^2	21%	-19%
		最大转矩	$T_{\max}$	U^2	21%	-19%
		转差率	s	U^{-2}	-17%	+23%
		启动电流	I_s	U	10%~12%	-10%~12%
		工作电流	I		-7%	11%
		满载温升	Δt		-3%~4%	6%~7%
2	同步电动机	最大转矩	$T_{\max}$	U	10%	-10%
		启动电流	T_s	U	10%~12%	-10%~12%
3	电热设备	输出热量	Q	U^2	21%	-19%
4	白炽灯	输出功率	P	U^2	21%	-19%
		光通量	ϕ	$U^{3.6}$	39%	-32%
		使用寿命	a	U^{-14}	-70%	330%
5	气体放电灯	光通量	ϕ	U^3	20%~30%	-20%~30%
		使用寿命	a		-20%	-35%

续表

序号	电气设备	项 目	符号	与电压的关系	电压偏高 10%	电压偏低 10%
6	变压器	空载电流	I_0	U	10%~15%	10%
7	电磁铁	吸力 工作电流	F I	U^2 U	21% 10%~12%	-19% -10%
8	电容器	无功功率	Q	U^2	21%	-19%

注 所列关系均为近似关系，数值均为近似值。

十三、电源不对称引起的原因

电源不对称分为一般情况下的不对称和故障情况下的不对称，这两种情况都会对电气运行产生不利的影响。

1. 一般情况下的不对称

一般情况下的三相电源不对称是指发电机发出的三相交流电，或经过电力变压器和传输线路送到用电设备的三相交流电源，由于各种原因使三相电压大小和相位发生了一定的偏差。这种偏差虽然不大，但其影响是不可忽视的。

由于电源不对称，各相负载承受的电压不相等，电压高的相上的设备和电压低的相上的设备都不一定能正常工作。尤其是有三相不平衡电流流过中性线（零线）时，中性点电位升高，负载电压更加不平衡。

不对称三相电源可以分解成正序、负序和零序三个分量，对其中的三相电动机负荷，负序分量使电动机增加了一个反向的旋转力，因而不对称三相电源输出功率降低、负载电流增加，电动机振动、发热量增加，使其不能正常工作。

2. 故障情况下的不对称

由于某种原因使三相电源缺少一相，造成严重的不对称。如变压器高压侧一相熔断器的熔丝熔断，或低压侧电源一相熔丝熔断，或开关一相触头未接触好或断线等，都将使三相电源严重不对称。

在这种严重不对称电源作用下，三相用电设备将不能正常工作。如三相异步电动机不能启动，或单相用电设备可能由于缺一相电源而使各相电压不相等，造成电气设备故障。

十四、负载不对称引起的原因

在三相负载不对称情况下，即使三相电源对称，各相负载的电压也会不相等。由于负载不对称，使电源中性点和负载中性点之间的电压 $U'_{00} \neq 0$ ，使负载各相电压不相等。这种负载中性点和电源中性点电位不等，即不重合的现象，称为中性点偏移。

很显然，当中性点偏移很大时，必然使负载的某些相电压偏高，造成负载的故障。

十五、湿度引起的原因

表示空气中水汽含量多少的物理量，称为湿度。湿度通常有两种表示法。

(1) 绝对湿度。指单位体积湿空气中含有的水汽量，即空气中的水汽密度，单位为 g/m^3 。

(2) 相对湿度。指空气中实际的水气压与同温度下的饱和水气压之比，用百分数