

中等专业学校教学用书

电气設備維護与检修

武汉鋼鐵学院
吉林冶金电气化学校 合編
鞍山鋼鐵学校



中国工业出版社

Mo/16
中等专业学校教学用书



电气設備維護与检修

武汉钢铁学院
吉林冶金电气化学校 合編
鞍山钢铁学校

中国工业出版社

本书比较系统地研究电机、变压器与电器运转中的维护与监察,分析造成故障的原因,讨论故障的检查与处理方法及重新修理的工艺过程,并结合新材料新技术的应用,研究改进设备的措施与小型计算,最后扼要叙述电气设备计划预修制度的组织与进行。

本书系根据冶金工业部1959年指导性教育计划由黄明祥、饒继志、孔令甫、謝怀祖等編成,由冶金工业部教育司推荐作为中等专业学校工业企业电气化专业教学用书,也可作为电气设备的维护与修理人员的参考书。

电 气 设 备 维 护 与 检 修

武 汉 钢 铁 学 院
吉 林 冶 金 电 气 化 学 校 合 編
鞍 山 钢 铁 学 校

冶金工业部工业教育司編輯 (北京珠市大街76号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $14^{3/8}$ ·字数332,000

1961年9月北京第一版·1964年12月北京第六次印刷

印数8,353—12,432·定价(科四)1.35元

统一书号: K15165·354 (冶金-110)

目 录

緒 論.....	4
第一章 电机的维护与运转故障.....	6
1—1 概述.....	5
1—2 电机的一般维护与故障.....	6
1—3 交流电机运转故障的检查 与处理.....	27
1—4 直流电机运转故障.....	29
第二章 电机修理的机械工作.....	31
2—1 电机修理前的检查与拆卸.....	31
2—2 軸、軸承盖及軸承的修理.....	38
2—3 电机铁心的修理.....	50
2—4 集装装置与刷握的修理.....	54
2—5 轉子（电樞）的平衡.....	61
第三章 电机绕组的修理.....	67
3—1 概述.....	67
3—2 三相交流绕组之接线图.....	67
3—3 交流电机绕组的损坏 及修理.....	76
3—4 交流电机绕组的重绕.....	79
3—5 交流绕组的改接.....	91
3—6 直流电机电樞绕组的結线 图.....	102
3—7 直流电樞绕组损坏的測定 及修理.....	107
3—8 直流电樞绕组的重绕.....	111
3—9 焊接.....	114
3—10 绕组的干燥和浸漆.....	120

3—11 电机修复后的試驗.....	127
第四章 变压器的维护与检修.....	134
4—1 概述.....	134
4—2 变压器的维护.....	134
4—3 变压器的搬运与拆卸.....	137
4—4 变压器的损坏与修理.....	140
4—5 变压器的简单設計.....	146
4—6 变压器线卷的重绕.....	157
4—7 变压器的装配.....	164
4—8 变压器的干燥.....	168
4—9 变压器修复后的試驗.....	172
第五章 电器的维护与检修.....	175
5—1 概述.....	175
5—2 电器的维护試驗与調整.....	175
5—3 电器的故障.....	182
5—4 电器的修理.....	185
5—5 高压电器维护与修理.....	193
第六章 计划修理的组织与进行.....	197
6—1 概述.....	197
6—2 电气设备检查和修理的 工作内容.....	198
6—3 电气设备检查和修理的 間隔期.....	200
6—4 电气设备的验收及其内容.....	203
6—5 电气设备检修文件及表格.....	204
6—6 备品儲备与管理.....	208

緒 論

电气設備是和近代生产与生活紧密的联系着的，在社会主义工业化和电气化事业中占有极为重要的地位。保证电气設備的合理使用，是电气技術人員的重要任务之一。

电气設備合理使用的基本任务在于使一切电气設備经常处于正常工作状态，达到安全可靠而经济的運轉，从而保证合理用电、安全生产，进而不断进行技术革新，提高設備利用率，以改善劳动条件，提高劳动生产率。

欲完成电气設備合理使用的任务，除不断改善生产組織，改进生产技术和工艺过程，調整电力負荷，提高功率因数，挖掘設備潜力外，应加强以維護为主的修理工作，来不断改进設備和延长設備使用期限。

由于电气設備使用不当，維護不良，检修不及时，修理质量不高所造成的設備与人身事故，其危害程度，較其它原因所造成的往往要严重得多。有时甚至带来生产上的深重灾禍。

修理工作的进一步意义，还在于預防故障的发生，在設備的损坏未造成生产停歇以前，即进行修复并加以改进，为此应该实行計劃預修制度。計劃預修制就是按计划在規定的期限內对設備进行日常維護和定期修理，防止設備极度损坏而发生事故，使設備经常保持良好工作状态，并且不断提高設備的工作水平。

根据以上所述，有必要在“工业企业电气化”专业教育計劃中，設置并加强“电气設備的維護与检修”一課。

学习本課程的学生应具有电工材料，电机及电器的基础知识，并应对电气設備修造有所了解。在課堂运用讲授与示范相結合的教学方法，扼要讲授維護检修电气設備的知识和技能，并通过專門的电修劳动的实践加以巩固。

在本課程中，首先着重讲授电气設備運轉中的維護与監視，結合研究它的運轉故障及检查与处理故障的方法，进而分析并确定造成故障的损坏部位，交待修理要点，并結合新材料新技术的应用，讲授改制与改进設備的措施与計算，最后扼要讲授电气設備計劃預修制度的組織与进行。

至于修理工艺，規程标准，型号性能，及某些操作方法的內容，則以較小字体或附录形式編入，一般不进行讲授，但可供参考，并可在生产劳动与科学研究中使用。

第一章 电机的维护与运转故障

1—1 概 述

及时发现并迅速消除电气设备的故障，在大多数情况下能预防事故的发生，因而就能消除生产停歇，并保证生产计划的完成。而只有逐日清擦和检查电气设备，才能使电气设备完善的工作，并预防运转中发生故障。因此，对电气设备的日常维护与经常检查，以及及时发现、判断与处理电气设备的运转故障，是紧密联系，不可分割的两方面工作。

1. 电机维护工作概述

車間电气设备的维护是以电机及其控制设备的维护为主。

(1) 要特别注意电机接触部分的正常工作。这些部分包括轴与轴承，集流装置与电刷。除机件磨损与配合状态外，应注意其清擦除尘。

(2) 必须保护电机绕组以防灰尘、污垢及潮气、酸气的损害。这些东西侵入绕组就会影响以至破坏其绝缘，而使电机损坏。必须指出电机绝缘状态的首要准绳，不得不认为是它的绝缘电阻值。除此以外，对电源与接地保护状况的检查也是不容忽视的工作。

(3) 在电机运行时必须注意电机各部分的温度。这些部分包括绕组、铁心与轴承。绕组温升过高会引起绝缘过早损坏与机件过早磨损。

除了逐日检查以外，应当根据当地的条件和采用的标准，定期进行电气设备的全面检查和试验，以便进行定期修理。

2. 电机运转故障分类

- (1) 起动故障，机械震动，强烈的声响；
- (2) 电机特性的改变与不稳定，包括发电机的电压及电动机的转速与转矩之规定数值的改变，以及不应有的电压与转速的上下变动等；
- (3) 电机不应有的全部或局部的高度过热；
- (4) 集流装置与炭刷间的火花。

3. 电机运转故障的外部原因

- (1) 发电机转速或电动机电源电压过高或过低；
- (2) 馈电导线断线，包括三相中的一相断线，或全部馈电导线断线；
- (3) 起动和控制器械故障；
- (4) 周围环境温度高，有灰尘、潮气和对电机有害的蒸汽和气体等；
- (5) 电机过载。

4. 电机运转故障的内部原因

- (1) 机械部分的损坏，包括轴承与轴颈的磨损，轴的弯曲与断裂，支架与端盖的裂缝等；

- (2) 铁芯部分的损坏, 包括松散与叠片間短路;
- (3) 綑线的部分的损坏, 包括松散, 滑脫, 断开等;
- (4) 旋轉部分的不平衡;
- (5) 绕組的损坏, 包括绕組对机体, 绕組与绕組之間的絕緣击穿; 匝間或組間短路, 绕組各部分之間及与換向器之間的連接錯誤, 焊接不良, 及绕組各处之断綫等;
- (6) 集流裝置的损坏, 包括电刷裝置, 換向器与滑环的损坏, 絕緣击穿, 震摆与刷握的损坏等。

1—2 电机的一般維護与故障

电机在運轉前后及運轉中的一般維護与故障之检查与处理, 系指为各类电机所共有的問題而言, 不包括不同电机的不同運轉特点, 以及換向故障等。为了比較有系統而簡明醒目的叙述起見, 可分为三个主要方面介紹。即:

- a. 机械方面: 以軸承潤滑与監視震動为主。
- b. 絕緣绕組方面: 以絕緣監視与溫升限制为主。
- c. 集流裝置方面: 以电刷調整与刷火監視为主。

1. 机械方面維護与故障

(1) 軸承的維護与故障

a. 軸承的維護

(a) 滑动軸承的潤滑

潤滑是提高設備使用年限的主要因素之一。潤滑油的作用在于减少工作接触面的摩擦, 减少动力消耗, 降低因摩擦产生的温度, 并能防止軸承的生锈。

选择潤滑油的条件为 (i) 对軸承无腐蚀作用; (ii) 潤滑性能良好; (iii) 油质受温度的变化影响小。

良好的潤滑油不应具有腐蚀性, 不应含有杂质沉淀。选择潤滑油时, 应考虑到机械的速度、負載和压力的关系。粘度是选择潤滑油的基本指标。通常是根据温度在 50°C 时的粘度而选择用油的。下述各点, 可作为选择用油的原则:

- (i) 速度高而負載轻时, 应当选择粘度小的潤滑油, 以减少它的摩擦損失。
- (ii) 速度低而負載重时, 应选择粘度大的潤滑油。
- (iii) 温度高的设备应用粘度大的油。但温度过高时, 易使粘度大的油碳化。
- (iv) 轉动方向随时变化且开停次数多的电机, 所用油的粘度应較大。

选择用油方法, 除了用粘度計确定粘度的大小而外, 还可以用比較能量消耗和溫升方法来确定, 即在同样工作条件下选择能量消耗最少, 温度最低的潤滑油。

潤滑油为液体, 它的粘度較其他潤滑剂小, 摩擦系数也小, 广泛用于滑动軸承中。

潤滑油可分为矿物油和混合油两大类。矿物油是从石油产品中提出。因为它的价格低廉, 粘度范围大, 并且不易变质, 故占着很重要的位置。混合油是一部分矿物油和动植物油及其它物质的混合物。混合油的潤滑性能好, 在高温及高压条件下宜用混合油, 但价格較高, 动植物油容易氧化变质, 并不适用于电机的潤滑。

电机中的潤滑油, 有专门用于发电机、电动机的电机油, 以及透平油, 毛必魯油和机油軸油等 (表 1—1 及 1—2)。

表 1—1 帶油环电机所用的油类

电机容量 轉 数	100 瓩 以下		100—1,000瓩		1,000瓩以上	
	粘 度	油 类	粘 度	油 类	粘 度	油 类
一、1,000轉/分以上						
(1) 方向不变、开停次数少	3.0—3.5	3号軸油	3.0—3.5	3号 軸 油	3.0—3.5	3号 軸 油
(2) 方向变化、时常开停	3.0—3.5	3号軸油	4.5—4.5	л 字 机 油	4.0—4.5	л 字 机 油
二、250—1,000轉/分						
(1) 方向不变、开停次数少	3.0—3.5	3号軸油	4.0—4.5	л 字 机 油	4.0—4.5	л 字 机 油
(2) 方向变化、时常开停	3.0—3.5	3号軸油	4.0—4.5	л 字 机 油	5.5—6.5	C字 机 油 M字电机油
三、250轉/分以下不論轉动方向	3.0—3.5	3号軸油	5.5—6.5	C 字 机 油 M字电机油	5.5—6.5	C字 机 油 M字电机油

表 1—2 强制潤滑式电机所用的油类

电机容量 轉 数	1,000 瓩 以上	
	粘 度	油 类
(1) 1,000轉/分以上	2.9—3.3	л 字 透 平 油
(2) 250—1,000轉/分	3.5—4.5	y T 字透平油

滑动轴承用油环潤滑法的最多，少数大型高速电机使用油泵循环潤滑法。油环潤滑法是借油环随軸頸轉动后，把油杯內的油帶到軸承上部并分布到全部軸承。油泵循环潤滑法，是使用一定压力，由油泵把潤滑油輸送到軸承上，并且循环不断。

不論采用何种潤滑法，軸承在使用一安時間后，即須注油或換油。注油或換油的時間应随电机的工作情况、周围清洁程度、潤滑剂种类等等而定。所加的潤滑剂必須是原来規定的潤滑油，两种不同的潤滑油不应相混，油內不应有沉淀及泡沫。注入的油量必須超过油标，但太多容易濺出，太少則不能滿足潤滑。按照規程，一般油环式电机在7—10日內注油一次；3—6月內換油一次。在特殊情况及多尘或漏油情况下，更須經常注油或換油。滑动轴承的油温应尽量不使超过60°C，若超过此数，应更經常換油。

电机的注油和換油工作由操作工或值班电工来执行。操作工要经常察看軸承的潤滑情况，軸承油温，按照潤滑規則規定的次数注油或更換废油。操作工应熟知每台电机的潤滑工作，应该备有潤滑油种类表及性质說明书，每台电机各注油点的注油量及注油日期的規定文件等。条件好的企业，还可組織加油小組，專門負責加油。

(b) 滚动轴承的潤滑

滚动轴承用潤滑油膏进行潤滑。潤滑油膏又称潤滑油脂，是由氫氧化鈣、氫氧化鈉或氫氧化鋁等鹼化剂和牛羊动物油加热鹼化后再加入矿物油而成。常温时呈半軟质状态，为滚动轴承所广泛采用。

选择油膏时一般应根据：

(i) 滴点温度，滴点温度是加热油膏流下第一点的温度。油膏的滴点，須高于用油膏潤滑的操作部分的温度。电机軸承宜使用滴点温度为110—150°C的潤滑油膏。

(ii) 稠度，稠度表示油膏的軟硬程度，用李查遜式試驗器來測定。即用標準錐體在 5 秒鐘內沉入被試驗的油膏內的深度來表示稠度。油膏愈軟時，稠度便愈大。一般輕載電機用稠度大（即軟的）的油膏，低速重載電機用稠度小（即硬的）的油膏。

(iii) 鈣基或鈉基，由滴點溫度及使用地點而定。鈣基油類，滴點為 $85-95^{\circ}\text{C}$ ，可用於 $65-75^{\circ}\text{C}$ 的工作溫度下。它的耐水性强，適用於潮濕的環境下工作。鈉基油類，滴點為 $120-130^{\circ}\text{C}$ ，可用於 $90-100^{\circ}\text{C}$ 的工作溫度下，但耐水性差，須用於乾燥的環境下。鈣鈉基油類，介於上述兩種油類之間，工作溫度同於鈉基油類。

滾動軸承的油膏，我國現用的多為鈣基黃油。表 1—3 列出蘇聯的幾種潤滑油膏。

電機轉速愈高時，或軸承內套的線速度超過每秒 5 米時，一般應用潤滑油代替油膏。潤滑油的粘度須視負載和溫度而定。負載大或溫度高者，粘度愈大。

表 1—3 滾動軸承用的潤滑油膏

種 類	滴 點 溫 度	李查遜氏度數 (25°C)	鹽 基	蘇 聯 國 家 標 准
T 字潤滑油膏	90	150—190	鈣 基	1033—41
II 號歐斐格林油	91—100	—	鈉 基	—
I—13 號潤滑油	120	175—210	鈣 基	1631—42
II 號歐斐格林油	111—125	—	鈉 基	—
M 字機械油	130	225—275	鈉 基	1957—43
II 號歐斐格林油	125—175	—	鈉 基	—

b. 軸承故障及其檢查處理

(a) 軸承污損漏油

軸承的污損會造成軸承溫度升高及發生過量磨損。軸承污損的原因是由於：(i) 外部塵埃侵入；(ii) 各種原因所產生的漏油；(iii) 潤滑油不純或含有雜質。

為了防止軸承的污損，在多塵的地方，軸承應儘可能加以嚴密封閉，以免灰塵侵入軸承內部。遇到軸承漏油時，應用各種方法消除漏油。選擇潤滑油時，應用純淨無雜質的油類，並應嚴格遵守在規定時間內換油的要求。

軸承的漏油非但影響潤滑不良，污損軸承，而且嚴重時可以燒毀軸承。漏油的原因很多，一般可歸納如下：

(i) 沿軸面漏油，這是由於電機轉動的吸氣作用和由於油槽太長，或順軸瓦邊緣溢出等原因造成。消除的方法是使用油氈阻止吸氣，在軸上車制突緣油擋及在軸瓦邊緣上切成圓角，可防止潤滑油沿軸向漏油；

(ii) 油環濺油，油環運動偶有不規則，則常易帶出潤滑油。防止的方法是在油環頂上裝一油封，阻止帶出的油外溢；

(iii) 故障損壞漏油，由於零件部分損壞，油杯裂縫等造成漏油，消除方法除臨時使用塗料（如鉛油、磁漆堵住）外，應進行修理；

(iv) 立式電機的漏油是由於構造關係，因其嚴密程度往往不及臥式電機，故易造成漏油。立式電機可以使用較稠的潤滑油，或者採用特殊裝置以防止漏油。

(b) 軸承過熱

軸承发生故障以滑动軸承为易，故先行討論。滑动軸承的正常溫度为 $65-70^{\circ}\text{C}$ ，最高容許溫度可达 80°C ，在事实上則稍为超过亦未必立即損坏，只要潤滑油还可使用，整个軸承便无問題。构造与負載完全相同的两只軸承往往因为通风程度不同而溫升差别甚大。滑动軸承溫升过高的原因約有下列各端：潤滑油或冷却水流缺乏，潤滑油品质不合要求，軸承余隙太小，軸承与机軸間油流不暢，軸承压力太大，制造軸承的原料不合，机軸粗糙，油环运用不正常。

油环的运用状况对于軸承的溫度很有关系。潤滑油中倘若积聚了木屑、粉屑、棉花、灰尘等杂质，油环会軋住不轉，或轉动得很慢，带上来的油量便不足以供給潤滑之用。有时油环的原料不好，它就会发生跳跃現象把潤滑油濺在軸承箱上，甚至油环本身也会跳出其运行的軌道，不再轉动。倘若潤滑油系由唧筒或滴油壶供給，則油道閉塞也是一种原因。用唧筒打油，倘若儲油器內油面过低，則將有一部分空气混合进去，这一現象可从潤滑油現出乳白色表明出来。

軸承的余隙过小也是过热的一个原因。但余隙太大又容易发生震动。所以滑动軸承的余隙有个限度，其数字視軸承的构造，轉子的轉速和电机的种类而異。

軸承的用料不合，或浇鑄之时混入了砂石、水泥、灰尘等杂质，軸承的摩擦便得增加，溫升提高，并将把机軸的光滑面磨毛。机軸的光滑面倘于裝置之时不慎弄毛，則軸承也会过热。有时軸承粗糙的邊緣触及旋轉中的轉子軸，軸承的溫度便要升高，这一現象往往在軸承磨損轉子下沉之后最易发现。弯曲的机軸易于夹紧于軸承內，这也是过热的一个原因。

上述种种故障倘非早期发现，則最終的結果便是軸承毀損。巴氏合金的滑动軸承以合金熔化为結束，机軸下沉，有时竟將轉子碰击在定子上面。青銅的滑动軸承則以青銅咬住了机軸为結束，軸承盖需烘热或錘击后方能自軸上取下。

軸承和机軸有了損坏，經检查后应立即进行修理，見第二章。

电机用了滾柱或滾珠軸承，故障的种类便不会如此之多。这种軸承的初次成本虽較高，但維護手續、潤滑費用則較滑动軸承为少。所以現在中型以下的电机多用之。但滾柱与滾珠軸承偶然也会发生过热；过热的原因之一是裝置軸承之时，把外圈和內圈的平面装歪，內外圈的平面之間存在了一个角度，这角度虽是很小的，但因軸承原来制造得非常精确，这微小的偏差已足以造成鋼珠与鋼柱的刮削作用了。倘將軸承拆开，其外圈的跑道上便可发现明显的痕迹。第二个原因是所用的軸承种类不合或尺寸太小，鋼珠鋼柱上負載过重，鋼鐵都超过了弹性极限，軸承便要发生过热、磨損、震动等种种不利的結果。所以掉換軸承时應該采用与原来型号相同的軸承。除了这两种軸承的內在原因外，第三个原因便是由于潤滑脂中羶着了微粒的杂质。惟发生得更为頻繁的原因是軸承內潤滑脂太少。缺乏了潤滑脂的軸承便要过热。倘加拆开，有时还可以在剩下的油脂里面找出銅屑。反之，軸承內潤滑脂过多，軸承也要过热，不可不加关注，这一故障在使用添油筒加油脂时尤易发生。所以在添加以后应当用手拨动一下軸承，視其能否圓滑旋轉。

滑动軸承与滾珠軸承还有一个共同的故障，那便是軸承因受压太高而过热。在徑向一面，倘若传动机构如皮带、繩索、鉄鏈扣得太紧或皮带輪直径太小，或轉子和定子因偏心得太厉害而产生的磁性拉力，則軸承上面的压力就过大。在軸向一面，耦合器因裝置

不善而发生的轴向拉力，电机因倾斜地装置而产生的轴向重力，若干被动机械如唧筒，鼓风机等的冲击力，机轴因受热而产生的长度膨胀等都会使轴承肩部受到压力。这些也都是轴承过热的机械性原因，应予仔细检查、调整。

(c) 轴流

电机的磁路有时是制造得不甚对称的。整个定子可能是由几个扇形镶合起来的，定子冲片可能是由几部分拼成圆形的；在这种情形下接榫之间多少有些空间，不均匀地分配在定子周围，造成了磁路不对称。影响较小的不对称如冲片上冲着鸠尾榫缺口和穿过压紧螺栓小孔。最严重的不对称则如定子与转子偏心，使各点上的空气隙不等。磁路不对称的结果，各条磁路内的磁通多少不等，如图 1—1 所示。

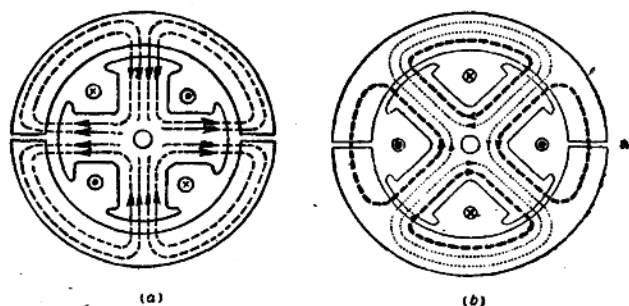


图 1—1 轴流之生成

图 1—1 示出一四极电机，其定子原分为两个半圆弧制造，事后镶合而成。由于镶合缝上的高磁阻，磁通的分布情形便不一定对称；每个磁极始终发出四根磁通如图所示。当磁极旋转至图 1—1 (a) 的位置时，四条磁路各通过二根磁通，磁路是对称的。但当磁极的位置转过了八分之一周，即电动势频率经过了四分之一周时，磁通的分布却改变了，如图 1—1 (b)。每一磁极所发出的磁通仍为四根，惟有两条磁路中间存在着空气隙，磁通较少，如图示只有一根；其余一根却改从另外两条磁路中回去，这四根磁通构成另一个磁路，包围着电机的机轴，磁极再转过八分之一周，磁通的分配又对称了，机轴便又不受磁路包围。磁极位置再转过八分之一周，包着机轴的磁通重复如图 1—1 (b)，惟磁通的流向相反。如此看来，包着机轴的磁通是个交变的磁通，其交变的频率恰与电机旋转的磁极相同。一个由导体组成的电路——由机轴经过轴承，由轴承经过机轴的底脚和金属底座，更经过第二轴承——内包着了交变的磁通，于是根据楞次定律，这电路内便感应出电动势来。又根据经验，轴承上所存在的一层油膜不足以隔绝这电动势，所以这电路内部便流着一股电流。这股电流经过了机轴穿至轴承，故名之为轴流。轴流经久流通将使轴承与机轴在互相接触的部分发生咬蚀现象。轴流现象要在 400 瓩的容量以上始行显著，尤以单相短路时为甚。

防止轴流的方法是在电机座脚与底座之间垫绝缘物，截断电流，必要时底脚螺栓也要予以绝缘。有时为了防止电流通过轴承，可于机轴上安放一枚电刷，直接通至机座以供电流流通，惟此法似不甚奏效。

除了上述的因磁路不对称而产生的轴流外，另有一种原因亦能使电流流过轴承。电

动机和发电机的外线上倘有接地的所在（或系接地故障或系故意接通的地线）而轉子内部又有了磁铁之处，于是这个系統便构成了短路的电路，短路电流经过轴承而回至线圈内部。

（2）电机振动的检查和处理

电机振动是不能绝对避免的，但其振动值（两倍振幅）不应超过一定的极限（允许值）。振动的允许值与电机的速度有关，一般在轴承上用振动計所测得的振动值不应超过下表所列各允许值。

表 1—4 电机振动允许值

电 机 轉 速 (轉/分)	振 动 允 許 值 (毫米)
3000	0.05
1500	0.085
1000	0.10
750	0.12
600	0.16
500	0.20

电机振动超过允许值的原因可分轴承过度磨损，机座振动过大，电机耦合失调，轉子机械不平衡，与电机磁性不对称。兹分述如下。

a. 轴承磨损过度

轴承与机軸間的余隙过大，机軸便会发生颤动。这一现象在高速电机尤为显著。就各种轴承而論，滑动轴承（套管式与分片式）易于磨蚀，亦易于产生颤动。滚珠与滚柱轴承不易产生机械颤动，可置勿論。在滑动轴承上，由于轴承与机軸間的油膜具有粘性，机軸便会浮起，然后又为其本身的重量或不平衡重量向下压至原来位置。这作用继续进行，周而复始，造成一种颤动现象。机軸重量愈大，颤动便愈强烈。所幸机軸的颤动频率一般不会与轉子的轉速相同，而低于后者甚多。机軸的共振频率与轴承余隙的大小、轉子的质量、不平衡的程度、潤滑油的粘性、潤滑油与轴承的温度都有关系。倘若机身的振动因改变了轴承潤滑油的温度而消失，那就可以断定振动确是由于机軸颤动所致。

消除机軸颤动的方法，是要减少径向的轴承余隙，見第二章。

b. 机座振动过大

在某些情形下，电机底座也会发生振动，例如汽輪发电机的整套机件便往往会使其底座振动起来。这是由于底座的自振频率恰好等于电机的轉速、轉子上的剩余不平衡重量周期性地撞击底座，使之发生振动。所以在电机的某一固定轉速上，底座振动的故障便非常麻烦。底座的自振频率可用試驗測定，其手续是装一直流电机于底座上，其轉子上先放一重物，造成不平衡重量，然后調变电机的轉速，使其在不同的轉速上运行。倘底座在电机的某一固定轉速上振动得非常强烈，而这轉速又約等于汽輪机的正常运行轉速，于是底座振动的起因便可确定。消除底座振动的方法是：更好地平衡电机的轉子和加强支撑底座，使其更为刚硬，尤其要增加振动方向的刚硬度。

c. 传动机构失调

（a）耦合失调。两座机械用了耦合器传动，倘非两枚机軸的准綫确切，振动是很

易产生的。除此以外，耦合器的平面也不能有侧面的摆动，转子轴由于本身重量的存在多少都有些下垂，所以装置耦合器时就要注意。

(b) 皮带链条与齿轮传动失调。电机的传动皮带倘若胶合，搭接得不好，则接合的地点周期性地敲击着皮带轮，使电机振动过大，皮带的运动方向倘与电机轴承倾斜，则电机转子便受到往返性的冲力，敲击轴承肩，亦造成振动过大。

用链条传动时，若链条与铁轮咬合不适当，也是过度振动的原因。

用齿轮传动时，若齿轮节距不准，加工不良，磨损过度，镶配失当，轮面不圆，轮轴不平行或不成所需角度，轴向间隙过大，齿轮机械不平衡，均将造成过度振动。

(c) 电机安装时之调准方法

在皮带传动的情况下，要在基础上调准电动机时，应使电动机的轴平行于机床或传动装置的轴。电动机的轴还应位于水平平面内。为使皮带工作良好，应使皮带轮的中心彼此相对。

电动机的调准应从检验它的水平状态开始。为此，电动机应固定在还没有紧固在基础上的滑轨上，并应放在大约是正常运转的位置上。在一滑轨的加工表面上，轮流放上水准器，借以调准滑轨纵向的水平状态。调准的方法是在滑轨和基础之间打入钢楔子。

必须指出：应当避免采用木楔子，因为当滑轨的螺钉拧紧时，楔子受压非常厉害，这样就会破坏调准的正确性。

在纵向调准滑轨之后，即开始在横向调准它们。为此，就像图1—2所示那样，在滑轨上放上钢尺，在尺上则放上水准器，在横向调整滑轨的水平，也是用钢楔子来进行，其法是把楔子更打进一些，或者把它拔出。因为在一个方向例如在横向打楔，可能破坏滑轨在另一方向（纵向）的水平状态，所以调准应轮流重复几次，直到水准器的气泡指出调准已经正确为止。

调准以后，滑轨应以螺钉紧固在基础上，并且重新检验其水平状态。

当滑轨装平并且紧固在基础上以后，即开始调准电动机轴和传动轴。通常，传动装置较电动机先装好，因之电动机的轴应当按传动轴或机床轴的方向来装置。如上所述，电动机轴和传动轴应互相平行，此外皮带轮的中心还应彼此相对，即应在同一直线上。

假如皮带轮的宽度相同，那么检验轴的平行可在皮带轮的侧面上进行，如果轴已平行而且皮带轮装得正确，则皮带轮侧面应当位于一个平面内。这种校验可进行如下。把测绳的一端固定在传动皮带上（图1—3），使绳触及轮缘，并把测绳贴近电动机皮带轮的边缘上。测绳要能触及每一个皮带轮直径上的两点。假如轴已平行则如图上所示那样，测绳在拉直或拉到电动机皮带轮跟前时，应同时在A、B、C和D四点上触及皮带轮。

假如皮带轮的宽度不同，那么首先用测量方法精确地找出它们的中心，标出它们的中线并用粉笔尖端把它划在皮带轮缘上或用划规盘划上一线。然后在这对皮带轮划出的线上放上测绳，如果轴已平行，则拉直的测绳应和皮带轮上的线重合。

皮带轮轴的水平状态，借移动滑轨上的电动机来调准。在完全调准以后，最后一次还应检验设备的水平状态，此后再用水泥浇灌。最后在皮带套上时用滑轨上的系紧螺钉把电动机紧固的滑轨上。

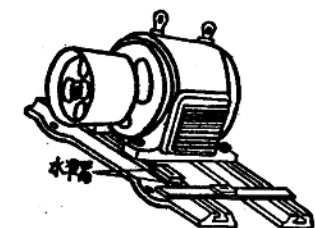


图1—2 滑轨的调准

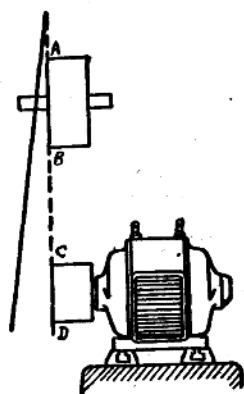


图1—3 校验有皮带传动装置的电动机设备

下面再来讨论如何调准借联轴器和电动机相連的电机设备。电机的軸在轉子重量的作用下，在垂直平面内总有一挠度。挠度的大小視軸的尺寸和轉子的重量而定。軸的挠度在运转着的电机中也有；挠度的单位采用百分毫米或十分毫米。

假如相連两机器的軸裝置得絕對水平，那么联轴器的接触平面将不会平行，并且处于图1—4 (a) 所示的位置。假如在这种情况下用螺钉连接联轴器，即硬将联轴器的接触面接合起来，那么在电机运转时联轴器的两个軸端和中间两个軸承将会受到很大的应力，这些应力可能引起电机的振动，或者甚至导致軸的折断。



图 1—4 軸的挠度

为了避免这类现象，相連两軸应当如下裝置，俾使两个联轴器的接触面互相平行。此时应使相連两軸处于图 1—4 (b) 所示的位置。其特点是两端軸承装得比中间軸承高些。此外，还要使这对軸的軸綫在连接处重合。上述条件無論在用刚性联轴器或用弹性联轴器接合軸时均須遵守。

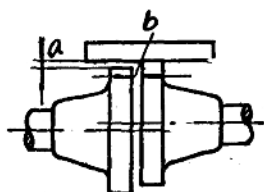


图 1—5 根据联轴器校准电动机设备

借联轴器和电动机相連的电动机，可用鋼尺和量隙規来調准 (图 1—5)。为此，应在两个联轴器的外表上，用分度綫記出它們的相互位置，并在取下連接螺釘的情况下，确定其径向和軸向尺寸 a 和 b ，这两尺寸都在垂直綫上的两端上和水平綫上的两点上測得 (共測八次)，測量后把这对軸一道轉动 180° ，再重复上述的八次測定。

假如联轴器安装和旋制得很正确，所有測得的尺寸 a 以及尺寸 b 都完全一样，并不因这对軸的传动而有所不同，那么这就表示定心是正确的。假如在不同的点上測得的 a 和 b 值不同，或某一定点上的 a 和 b 值因两軸共同轉动了一个角度而不同，那么这可能是軸的定心不正确或者联轴器的安装或加工不正确。假如径向尺寸 a 在不同的点上有所不同，但在两軸一道轉动 180° 后并不改变，那么这就表示联轴器的圆盘表面良好，而相連两軸的中心则不重合。假如軸向尺寸 b 并不相同，但是两軸一道轉动后，在垂直綫上和水平綫上的差值不变，这就表示联轴器的接触面是正确的，而軸綫则是歪扭的。

借鋼尺根据联轴器来定軸心的方法虽然簡單，但不是經常能够得到良好的結果的。因此在重要情况下，最好用两測微規法。每个測微規固定在联轴器旁边的軸端上，或者固定在联轴器上。

图 1—6 是某一种測微規的裝置情形。調准的精确性和測微規的长度有关。測微規可以用扁鋼作成；扁鋼断面的选择要能够保証足够大的硬度，并在用量隙規測量时不致弯曲。

借測微規同时測量径向間隙 a 和軸向間隙 b 时，可以从測微規任一相互位置开始。軸向間隙和径向間隙都要測四次。每次均在两軸轉动 90° 后进行，即垂直于直径和水平于直径測量。

为使轉子轉动时的游动不致影响 a 和 b 值，必須在沒有联轴器的—端上或者在軸的折角上放上挡板。

径向間隙如不相同，则表示此两軸的軸綫不重合；軸向間隙如不相同，则表示联轴器接触面不平行和軸綫歪扭。

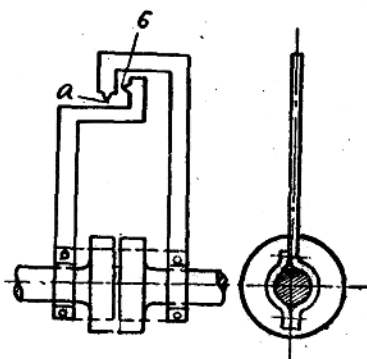


图 1—6 測微規的裝置

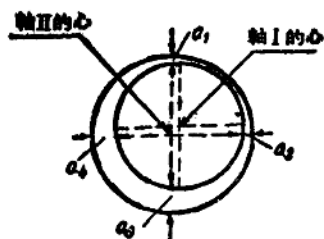


图 1—7 轴线不重合情形的解释图

假如径向间隙不相同（图 1—7），那么水平平面内轴线相差的距离等于两水平间隙（ a_4 和 a_2 ）之差的一半，而垂直平面内轴线相差的距离则等于两垂直间隙（ a_3 和 a_1 ）之差的一半。知道了轴向间隙的数值，即可确定半联轴器接触面的斜角。

利用两个测微规，还可确定这两根轴本身是否弯曲。为此可把轴相互移动 180° ，并重复测量轴向和径向间隙。假如在垂直线和水平线上的间隙发生变化，就表示轴有弯曲。

确定全部间隙以后，即开始调整轴的安装位置，轴的高度借改变轴承座和基础架间垫片的厚度来改变。轴在水平面内的移动则借移动轴承座来实现。即使偏差不大，也不得刮削轴承衬来使轴的位置一致。如果测微规上间隙相差的数值达到 0.02 到 0.05 毫米（较小的数值是对高速电机而言的），则轴的调准工作即可认为已经完成。

在所有的情形下，调准座轴承电机轴的轴线时，应当注意，轴的任何移动都会改变转子和定子间的气隙，从而必须相应地移动定子。

d. 转子机械不平衡

(a) 不平衡分类

(i) 静不平衡

转子重心偏离轴线时，由于离心力不平衡，使转子轴心在轴承中作偏心旋转，造成过度振动。如离心力超过转子重量时，对轴承顶面也有压力，则振动更甚。这样的转子，在静止时，较重的一侧恒趋于朝地面，称为静不平衡，如图 1—8 所示。

(ii) 动不平衡

有时转子重心虽在轴线上，并且在静止时表现平衡，但由于两端重量不均，而朝相反方向偏移，在旋转时亦造成过度振动，称为动不平衡，如图 1—9 所示。

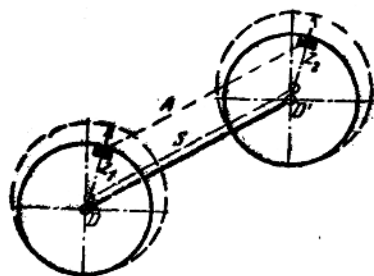


图 1—8 静不平衡

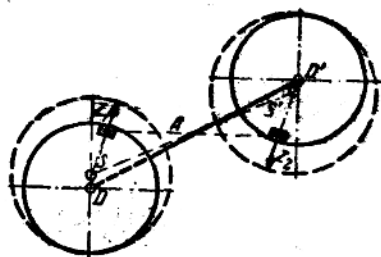


图 1—9 动不平衡

(b) 不平衡起因

(i) 平衡工作不准确

在电机制造过程中，由于转子各部分的加工程度不同，各部分所装的零件不一，或原料品质不均匀，转子的重心不可能恒与旋转轴重合，因而易于产生振动。要使转子作无振动旋转，必须消灭质量分布不均的现象。这就是说，转子上必须加上若干质量或钻

去若干质量，把整个重心重新移至旋轉軸上，电机的一切旋轉部分，如轉子、耦合器、皮帶輪之类，都要经过平衡的手续。按該部分的式样与轉速，分別决定予以靜力的或动力的平衡。高速而細长的零件特別需要动平衡工作。

这平衡的工作原是由电机制造厂实施的，平衡的准确程度則視平衡仪器与装备而定。如平衡得十分准确，电机便能作无振动的旋轉。如平衡得不十分准确，电机就不免有些振动，必要时得加以重新平衡，其法見第二章。

(ii) 机軸翹曲

旧的电机若有振动，第一步便須檢視机軸有否翹曲或失却圓形的故障，而尤其重要的是攔在軸承上的一部分。

机軸翹曲以后，整个轉子便发生偏心現象，在汽輪发电机上，机軸的偏心度可以容許有0.01—0.02毫米。翹曲了的机軸，应予矯直，其法見第二章。

(iii) 轉子零件松弛

电机轉子的若干部分，如磁极、皮帶輪、換向器座、轉子幅等，有时也会松弛，若有这样現象，則轉子即在低速旋轉之时，里面就会发出敲击或軋軋之声，只要用一铁棒，一端支在軸承上一端靠攏耳鼓，便可以清楚地听到。

若某一零件已有松弛的嫌疑，而又非普通千分尺所能量出，則可在鑲合点上放置一些火油，然后慢慢旋轉轉子，观察有无火油和气泡被压出来。有时还有一些銹屑溶解在火油里一同被压出来。两个干燥表面有了相对的运动，互相摩擦，結果一定会产生小堆銹屑，所以銹屑之存在充分地证明了松弛的故障。松弛故障一经产生，便会日益加深，苟非及早采取适当的措施，鑲合地点就要完全破坏。

e. 磁性不对称

磁性不对称多半是线卷发生故障的后果，否則便是由于轉子偏心或失却圓形。同步电机的轉子线卷倘若短了路，或則在两点以上碰了铁，振动便非常强烈。磁极的次序倘有錯誤，也能产生振动。

由于磁性不对称而产生的振动是易于判断出来的，因为激磁电流一经拉断，振动現象也立即消失，电流重新接通，振动又即刻出現。倘若极序錯誤，可用磁針測知。惟若线圈的短路必須要超过了某一速率方才发生时，則故障地点便較难确定。

由于轉子的不对称，感应电动机也会发生振动。振动的强度往往与电机的轉差率有关，并連帶地发出反常的杂声。

2. 絕緣繞組方面的维护与故障

(1) 关于絕緣的基本概念

在使用中电机的絕緣要逐漸的损坏——在热度、机械負載、电压（特别是在高压电机中）、油、化学物质、潮气、灰尘等等的作用下陈老起来。

絕緣材料陈老的外表特点是顏色变黑、变得脆弱（加热的作用）、干漆膜层內有裂縫（加热和机械力的作用）、干漆层破坏（化学物质、油、灰尘的作用）、絕緣衬套和槽內絕緣物膨胀起来（加热和电压的作用）。

应当指出，查看外表和測量絕緣电阻（用高阻計）只提供—些參考資料，并不能精确地說明絕緣的状态。

为了决定高压电机的絕緣情况，除了上面指出的以外，还要用特別的方法决定（量

出介质损失、繪出吸收曲线等)。

要保养絕緣就要经常地清洗(用蘸有汽油的布擦)、吹干淨,以及在一定时期用适当的干漆来浸漬(預防浸漬)。

如果在困难的工作条件下(过载、高温、潮湿、空气中有灰尘、酸类等),电机时常由于絕緣损坏而失去工作能力,但是工作条件又不可能改善,那么在修理时就要加强絕緣的性能;例如采用云母、玻璃、玻璃—云母絕緣材料和耐热干漆,就可以提高绕組的耐热性,同时增加电机的容量。

采用适当的干漆可以提高绕組对油、化学蒸汽和落在絕緣上灰屑的稳定性。应当注意,云母制品,特别是玻璃—云母制品比較貴,所以只有在用別的方法都不能解决问题时才用。

絕緣材料的一个主要的特性是它的电气强度或击穿强度。1毫米厚的絕緣材料所能承受而不被击穿的最大电压,就决定了它的电气强度。

如果絕緣是由几层不同的材料組成,那么作用在这个絕緣上的电压对每一层來說并不是均匀分配的,同时可以看出,哪一层受着的电压最大(对单位厚度來說),哪一层将被击穿。例如:由于各絕緣层貼得不紧而形成的空气夹层,在电压的作用下,就可能电离,于是使邻近的絕緣层逐渐损坏。空气夹层使絕緣的传热性恶化,于是增加了绕組的过热度,并且减低了絕緣的使用寿命,同时又帮助潮气钻到絕緣内部来使絕緣损坏。所以电机的絕緣应当做得使絕緣中不要存有空气夹层。为了达到这个目的,应进行浸漆干燥。

絕緣材料另一重要特点,是它的耐热性。耐热性由絕緣材料可以連續运用的最高温度来确定;超过其最高温度运用时,各级絕緣材料将过早损坏。

綜上所述,可見絕緣材料与电机绕組以防潮耐热为主要维护任务,而受潮过热也是主要故障产生的原因。

(2) 絕緣受潮的防护检查

a. 线卷潮湿的原因

絕緣料的絕緣能力視干燥程度而异,所以保持电机线卷经久干燥是有关人员的重要任务。可是线卷有时确有受潮的可能:备用电机长期搁置于潮湿的仓库里,使用的电机隔了相当长久的时期不曾运行(尤其在潮湿的季节中),电机受到了雨滴的侵袭,装置地点低下的电机被浸压水中——这种种情形都是造成线卷潮湿的原因。装置室外的电机往往由于气温的变化而机身表面竟会凝結露水,备用电机运入温暖而潮湿的厂房时也有同样现象。为了克服这些缺点,必須采取种种措施,堆存电机或备用线卷的仓库必須有充分的通风并经常保持干燥,在潮湿或寒冬的季节还需把它稍加烘暖。使用的电机倘要停用一个时期,則在潮湿多雾的季节必須把进出气口閉沒,惟若遇有干燥晴朗的天气又应加以洞开,这些都是預防线卷受潮的普通方法。可是不管預防如何严密,电机还是常有潮湿的机会。

b. 絕緣电阻之測定方法

施电压于潮湿的线卷是非常危险的。所施的电压很有击穿絕緣使电机陷入不堪使用的境地的可能,所以在未将线卷接上电压之前,必須估計一下线卷的潮湿程度。絕緣电阻可以給我們以一个大致概念。所謂絕緣电阻是指电机的相线卷与相线卷或整个线卷与铁心之間所存在的电阻。