

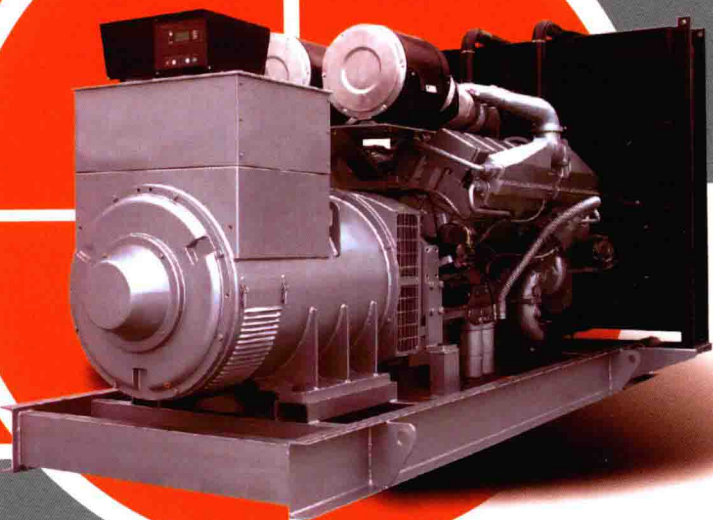
FADIAN JIZU WEIXIU JISHU

★★★★★
第二版

发电机组 维修技术



杨贵恒 龙江涛 王裕文 甘剑锋 编著



化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

发电机组维修技术/杨贵恒等编著. —2 版. —北
京: 化学工业出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-122-30878-8

I. ①发… II. ①杨… III. ①发电机组-维修
IV. ①TM310.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 263506 号

发电机组维修技术

杨贵恒 主编 文峰 王素芹 副主编



责任编辑: 刘 哲

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 高教社 (天津) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 604 千字 2018 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

随着科学技术的发展和人民生活水平的不断提高,不仅用电负荷不断增加,而且对供电质量提出了更高的要求。内燃发电机组是一种机动性很强的供电设备,因其使用基本不受场所的限制,能够连续、稳定、安全地提供电能,所以被通信、金融、建筑、医疗、商业和军事等诸多领域作为备用和应急电源。

由于各行业对供电保障和发电机组的使用与维护的要求越来越高,因此,迫切需要一支有经验、懂技术的专业化使用与维修队伍。笔者根据长期教学和修理发电机组的实际经验和心得体会,结合必备的理论知识,在参考相关文献的基础上,编写成本书,以满足广大读者的需求。读者通过本书的学习,能熟悉内燃发电机组维修的基础知识,学会典型发电机组的使用、调整与维护保养的基本方法,掌握发电机组在拆卸、清洗、检验和装配等过程中所必备的基本技能以及典型机组的大修理论和内部故障检修的基本方法。

本书第一版自2007年出版以来,重印多次,累计发行量近万册,多所高等职业院校选用此书作为相关专业教材,深受读者欢迎。这次改版,在尽量保持本书第一版原貌的基础上,更新和增加了相关内容。在第五章增加PT燃油系统及其常见故障检修,并增加第八章启动系统的检验与修理。将原书的第八章和第九章分别更改为第九章和第十章,并在第十章第三节增加发电机组的性能试验。全书各章的具体内容为:第一章发电机组维修基础;第二章发电机组的拆洗检验及零件修复;第三章曲柄连杆机构的检验与修理;第四章配气机构的检验与修理;第五章燃油供给系统的检验与修理;第六章润滑系统的检验与修理;第七章冷却系统的检验与修理;第八章启动系统的检验与修理;第九章电机的检验与修理;第十章发电机组的总装与调试。

本书由杨贵恒、龙江涛、王裕文、甘剑锋编著。金钊、龚利红、张伟、杨翱、严健、潘小兵、金丽萍、赵英、刘小丽、强生泽、向成宣、蒲红梅、张海呈、杨科目、雷绍英、余江、蒋王莉、杨贵文、徐树清、温中珍、付保良、杨芳、杨胜、邓红梅、杨蕾、汪二亮和杨楚渝做了大量的资料搜集与文字整理工作,在此表示衷心感谢!

本书图文并茂、通俗易懂、重点突出、针对性强、理论联系实际,具有较强的实用性和可操作性,可作为发电机组使用、维修与管理培训教材以及通信电源、发电与供电、电力工程与自动化等相关专业的教学用书,也适合汽车驾驶员、内燃机维修技师以及相关专业技术人员阅读参考。

由于我们水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请使用本书的师生和读者批评指正。

杨贵恒

二〇一七年十月于重庆

随着我国科学技术的发展和人民生活水平的不断提高,不仅用电负荷不断增加,而且对供电质量也提出了更高的要求。内燃发电机组是一种机动性很强的供电设备,因其使用基本不受场所的限制,能够连续、稳定、安全地提供电能,所以被通信、金融、建筑、医疗、商业和军事等诸多领域作为备用和应急电源。

由于各行业对供电保障和发电机组的使用与维护的要求越来越高,因此,迫切需要一支有经验、懂技术的专业化使用与维修队伍。我们根据长期教学和修理发电机组的实际经验和心得体会,结合必备的理论知识,在参考相关文献的基础上,编写成本书出版,以满足广大读者的需求。读者通过本书的学习,能熟悉内燃发电机组维修的基础知识,学会典型发电机组的使用、调整与维护保养的基本方法,掌握发电机组在拆卸、清洗、检验和装配等过程中所必备的基本技能以及典型机组的大修理论和内部故障检修的基本方法。

全书共分为九章,第一章发电机组维修基础;第二章发电机组的拆洗检验及零件修复;第三章曲柄连杆机构的检验与修理;第四章配气机构的检验与修理;第五章柴油机燃油供给系的检验与修理;第六章润滑系统的检验与修理;第七章冷却系统的检验与修理;第八章电机的检验与修理;第九章发电机组的总装与调试。另外,在本书的附录部分给出了在发电机组维修过程中常用的技术数据和发电机组常见外部故障检修的基本方法,供大家使用和学习时参考。

本书由重庆通信学院杨贵恒、金钊、熬卫东、严健、张传富和陈强,西南交通大学电气工程学院贺明智共同编写。第一、三、四、五章由杨贵恒编写;第二、六、七章由杨贵恒、严健、张传富和陈强共同编写;第八、九章和附录由金钊、贺明智、熬卫东和杨贵恒共同编写。全书由杨贵恒统稿,重庆通信学院袁春教授仔细审阅了全稿。在本书编写过程中,得到了重庆通信学院电力工程系和动力发电教研室全体同仁的倾情帮助,在出版过程中得到了重庆通信学院教材保障科的大力支持,在此一并致谢!

本书力求做到图文并茂、通俗易懂、重点突出、针对性强、理论联系实际、具有较强的实用性和可操作性。可作为柴油汽车驾驶员、内燃机维修技师以及相关专业的工程技术人员参考书,也适合于用作通信电源、发供电技术、电力工程及自动化等专业的教学用书以及发电机组使用、维修与管理人员的培训教材。

由于编写时间仓促和编著者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

杨贵恒

第一章 发电机组维修基础 / 001

第一节 发电机组维修的基本知识	001
第二节 发电机组维修常用工具与量具	011
第三节 钳工的基本知识	024
第四节 机组的使用与维护	034
复习思考题	056

第二章 发电机组的拆洗检验及零件修复 / 058

第一节 发电机组的拆卸	058
第二节 内燃机零部件拆卸前后的清洗	061
第三节 零件检验的原则与基本方法	064
第四节 典型零件的技术检验	068
第五节 机械零件的修复技术	073
第六节 修复工艺选择和工艺规程的制订	093
复习思考题	097

第三章 曲柄连杆机构的检验与修理 / 098

第一节 气缸体与气缸盖的检验与修理	098
第二节 气缸的检验与修理	104
第三节 活塞连杆组的检验与修理	116
第四节 曲轴的检验与修理	132
第五节 轴承的检验与修理	138
第六节 曲柄连杆机构异响的诊断与处理	144
复习思考题	148

第四章 配气机构的检验与修理 / 149

第一节 气门组零件的检验与修理	149
第二节 气门传动组零件的检验与修理	161
第三节 废气涡轮增压器的检验与修理	164

第四节 配气机构常见异响的诊断与处理	169
复习思考题	171
第五章 燃油供给系统的检验与修理 / 172	
第一节 柴油机燃油供给系统的拆装与检查	172
第二节 喷油泵试验台的使用与维护	186
第三节 喷油器测试仪的使用与维护	194
第四节 柴油机燃油供给系统的试验和调整	195
第五节 柴油机燃油供给系统常见故障检修	199
第六节 PT 燃油系统及其常见故障检修	202
复习思考题	217
第六章 润滑系统的检验与修理 / 218	
第一节 润滑系统的维护与保养	218
第二节 机油泵的检修与装配试验	224
第三节 润滑系统常见故障检修	227
复习思考题	230
第七章 冷却系统的检验与修理 / 231	
第一节 冷却系统的维护与保养	231
第二节 冷却系统主要机件的检验与修理	233
第三节 冷却系统常见故障检修	237
复习思考题	239
第八章 启动系统的检验与修理 / 240	
第一节 启动电机的检验与修理	242
第二节 硅整流发电机及其调节器的检修	251
第三节 蓄电池的检验与修理	260
复习思考题	280
第九章 电机的检验与修理 / 282	
第一节 同步发电机的拆卸与装配	282
第二节 绕组的检验与修理	284
第三节 轴承的检验与修理	299
第四节 换向器和滑环的检验与修理	306
第五节 电刷装置的检验与修理	310
第六节 转轴、铁芯和机座的修理	313
第七节 同步发电机常见故障检修	315
复习思考题	325

第十章 发电机组的总装与调试 / 326

第一节	装配的注意事项和原则	326
第二节	4135 柴油发电机组的总装	327
第三节	机组的磨合与调试	332
复习思考题		359

参考文献 / 360

第四分	湖南机械部及湖南机械部
第五分	湖南机械部及湖南机械部
第六分	B.T. 湖南机械部及湖南机械部
第七分	T.O.C. 湖南机械部及湖南机械部

第一章

发电机组维修基础

发电机组维修基础是机组维修人员必须首先了解和掌握的基本知识与基本技能。本章的主要内容包括：发电机组维修的基本知识、维修常用的工具与量具、钳工基本设备和基本操作技能、发电机组的使用与维护。

第一节 发电机组维修的基本知识

一、故障及其产生原因

（一）故障的概念

对于刚出厂的发电机组而言，它必须具有一定的工作能力和必要的耐久性。所谓工作能力是指设计制造时所给予发电机组的主要工作性能，如发电机组的输出功率、发动机的燃油消耗率和机组的噪声水平等。耐久性是指机组保持工作能力在一定范围内的使用时间。发电机组的工作能力和耐久性变坏，是其发生故障的根本标志。也就是说：发电机组各部分的技术状态，在工作一定时间后会发生变化，当这种变化超出了允许的技术范围，而影响了发电机组的工作性能时，就称发电机组产生了故障。

（二）故障产生的原因

发电机组是由发动机、交流同步发电机和控制箱（屏）三部分组成。其中，发动机是机组产生动力的部分，最易产生故障。实践证明：机组产生故障的原因是多种多样的，但归根结底不外乎内部原因和外部原因两个方面。

1. 故障产生的内部原因

（1）材料及油料的性质 在设计制造过程中，要根据发电机组零件的工作性质和特点正确选择材料。材料选用不当、材质不符合规定和选用了不适当的代用品是零件产生磨损、腐蚀、变形、疲劳损伤、破裂和老化等现象的主要原因。内燃机上所用的各种材料和油料的性质，归纳起来不外乎是物理性质、化学性质及机械性质三个方面。内燃机的许多故障正是由于外界因素的影响，通过这些性质而起作用的结果。如金属材料受力过大会产生变形和裂纹甚至折断，在高温作用下会氧化，在各种载荷下会产生疲劳损伤；非金属材料会产生老化；油料中所含的酸性物质对金属有腐蚀作用，并会使油料变质等。

（2）机件的结构特点 内燃机各系统机件在结构形式上各有特点。在工作中，外界因素往往通过这些特点起作用，使相关机件产生故障。例如：由于发动机水套的本身结构特点，在高温作用下，冷却水容易在气缸套外壁形成水垢，而影响气缸套的冷却效果。

(3) 机件的工作特点 直接接触并有相对运动的机件之间因摩擦而产生磨损,例如,内燃机的活塞环直接与气缸接触,在工作过程中,活塞环在气缸中作高速的往复直线运动,致使气缸产生磨损。工作时温度变化剧烈的机件,因热应力而产生变形和裂纹,例如,在发动机工作过程中,气缸体和气缸盖因受高温的作用,其内应力重新分配,达到新的平衡,结果造成气缸体和气缸盖平面的翘曲变形。

2. 故障产生的外部原因

(1) 使用不当 使用人员没有按照操作规程使用机器。如经常低速运转、没有暖机就迅速增加负荷、机油压力过低等都会加速机件的磨损;工作时间过长、负荷变化过大、长期超负荷运行等也会引起零件的过早损坏。

(2) 维护不良 在维护机器时,没有严格按照规定的技术要求完成各项工作,或者采取了错误的操作方法,造成人为故障等。在平时的维护保养中,要及时更换机油、定期清洁空气滤清器和水箱的水垢等。按要求进行机器的日常维护和一、二、三级保养。

(3) 修理质量不高 在修理过程中,如果加工不当,没有达到修理技术要求,如各零件的配合间隙(或公差)不当、表面粗糙度不够、装配时清洗不干净等都会使机组在使用过程中产生故障。装配过程中各零件之间的相互位置精度也很重要,若达不到要求,会引起附加应力,产生偏磨等不良后果,加速机件的失效。

建立合理的维护保养制度,严格执行发电机组的技术保养和使用操作规程,是保证机组可靠工作和提高其使用寿命的重要条件。此外,需定期对使用维修人员进行培训,提高其业务素质水平。

二、发动机零件常见的失效形式

发动机零件的常见失效形式一般包括磨损、变形、疲劳断裂和腐蚀。

(一) 磨损

磨损是指物体表面相互接触并作相对运动时,材料从一个表面逐渐损失以致表面损伤的现象。通常将磨损按其表面破坏机理和特征分为四类:磨料磨损、黏着磨损、表面疲劳磨损和腐蚀磨损。

1. 磨料磨损

物体表面与磨料相互摩擦而引起表面材料损失的现象称为磨料磨损。磨料磨损是机械磨损的一种,非常普遍,危害性很大,据有关资料统计,磨料磨损要占各种磨损总数的50%以上。当机组在野外工地供电时,因工作条件恶劣,常与泥砂、矿石和灰渣等直接接触,会产生不同形式的磨料磨损。

磨料磨损是磨料颗粒机械作用的结果,它与磨料的相对硬度、形状、大小以及载荷作用下磨料与被磨表面的力学性能有关。磨料的来源有外界沙尘、切屑侵入、流体带入、表面磨损产物、材料组织的表面硬点及夹杂物等。磨料磨损包括两种情况:第一种情况是粗糙的金属表面在相对较软的金属表面滑动时的磨损;第二种情况是硬金属对软金属摩擦时表面有游离的硬磨料而引起的磨损,如轴承与轴瓦、气缸的磨损。减少磨料磨损一般从两方面采取措施:一是防止或减少磨粒进入摩擦表面间;二是增强零件的抗磨性能。

2. 黏着磨损

摩擦表面相对运动时,由于摩擦在局部会产生大量的热,导致温度急剧升高致使表面金属熔化,随着热量不断向周围传递,零件表面的温度会逐渐下降而产生焊合作用,焊合处在随后的运动中又被撕开,导致接触表面的材料从一个表面转移到另一个表面的现象称为黏着磨损,如抱瓦、拉缸等。

3. 表面疲劳磨损

两接触面作滚动或滚动滑动复合摩擦时,在循环接触应力的作用下,使材料表面疲劳而产生微小的裂纹。随着裂纹扩展,又由于润滑油在裂纹内的高压作用,继而产生斑点状的物质损耗现象,称为表面疲劳磨损。如轴承表面磨损、齿轮表面磨损。

4. 腐蚀磨损

在摩擦过程中,金属同时与周围介质发生化学或电化学反应。由于腐蚀和磨损的共同作用而导致零件表面物质的损失,这种现象称为腐蚀磨损。腐蚀磨损是一种机械化学磨损。单纯的腐蚀现象不能定义为腐蚀磨损,只有当腐蚀现象与机械磨损过程相结合时才能形成。腐蚀磨损和上述三种磨损的机理不同,它是一种极为复杂的磨损过程,经常发生在高温或潮湿的环境中,更容易发生在有酸、碱、盐等特殊介质条件下。

由于介质的性质、介质在摩擦表面上的作用状态以及摩擦材料性能的不同,摩擦表面出现的状态也不同,故常将腐蚀磨损分为氧化磨损、特殊介质腐蚀磨损和微动腐蚀磨损。

(二) 变形

发动机在使用过程中,由于受力的作用,使零件的尺寸或形状产生改变的现象叫做零件的变形。

发动机零件,特别是气缸体、气缸盖等基础零件的变形,将严重影响相应总成的性能和发动机的使用寿命。研究零件变形的机理及其影响因素,对预防零件变形及变形件的维修具有十分重要的意义。

零件的变形包括弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是指金属在卸除外力后能完全恢复的那部分变形。弹性变形量很小,一般不超过材料原长度的 $0.1\% \sim 1.0\%$ 。塑性变形是指材料在外力除去后,不能恢复的那部分永久变形。

(三) 疲劳断裂

疲劳断裂是指零件在反复多次的应力或能量负荷循环后才发生的断裂现象。零件在使用过程中发生的断裂,约有 $60\% \sim 80\%$ 属于疲劳断裂。其特点是断裂时应力低于材料的抗拉强度或屈服极限。不论是脆性材料还是塑性材料,其疲劳断裂在宏观上均为无明显塑性变形的脆性断裂。柴油发动机中齿轮轮齿的折断、曲轴的折断等多为疲劳断裂的结果。

(四) 腐蚀

腐蚀是指金属零件受周围介质的作用而引起失效的现象。腐蚀包括化学腐蚀、汽蚀和电化学腐蚀三种。在柴油发动机中腐蚀主要表现为化学腐蚀和汽蚀。

1. 化学腐蚀

金属零件与介质直接发生化学作用而引起的失效形式叫化学腐蚀。腐蚀产物直接生成于发生腐蚀的部位,并在金属表面形成表面膜。膜的特性决定了化学腐蚀的速度,如膜完整严密,则有利于保护金属零件而减慢腐蚀。在柴油发动机中,气缸套内壁受燃气中酸性气体的作用而产生的腐蚀即属于化学腐蚀。

2. 汽蚀

汽蚀(亦称穴蚀)是当零件与液体接触并有高频冲击时,零件表面产生的一种失效形式。这种失效形式的特点是在局部区域出现麻点和针孔,严重时呈聚集的蜂窝状的孔穴群。小孔的直径可达 1mm 甚至几毫米,深度可穿透零件。湿式气缸套外壁、滑动轴承等都可能因发生穴蚀而被破坏。由于柴油发动机的强化作用,气缸套的穴蚀现象比较严重,穴蚀已成为影响气缸套寿命的重要因素之一。

3. 电化学腐蚀

金属表面与周围介质发生电化学作用并有电流产生的腐蚀称为电化学腐蚀。

三、零件磨损过程及减少磨损的措施

在发动机零件的四种常见失效形式中，以零件的磨损最为常见，据有关资料统计，发动机零件的失效有80%以上是由磨损导致的。因此，了解零件的磨损过程，熟悉防止或减少零件磨损的方法与途径就显得十分重要。

（一）典型磨损过程

机械零件正常运行的磨损过程一般分为三个阶段，如图1-1所示。表示磨损过程的曲线称为磨损曲线。不同的机件由于磨损类型和工作条件的不同，其磨损情况也不一样，但它们的磨损规律相同。

1. 磨合阶段（Ⅰ阶段）

图1-1所示中的 O_1A 段，又称跑合阶段。新的摩擦副表面具有一定的表面粗糙度。在载荷作用下，由于实际接触面积较小，故接触应力很大。因此，在运行初期，表面的塑性变形与磨损的速度较快。随着磨合的进行，摩擦表面粗糙峰逐渐磨平，实际接触面积逐渐增大，表面应力减小，磨损减缓。曲线趋于A点时，间隙增大到 s_0 。

磨合阶段的轻微磨损为正常运行、稳定运转创造条件。通过选择合理的磨合规程、采用适当的摩擦副材料及合理的加工工艺、正确地装配与调整、使用含有活性添加剂的润滑油等措施能够缩短磨合期。

2. 稳定磨损阶段（Ⅱ阶段）

如图1-1所示中的AB段。经过磨合，摩擦表面发生加工硬化，微观几何形状改变，建立了弹塑性接触条件。这一阶段磨损趋于稳定、缓慢，工作时间可以延续很长。它的特点是磨损量与时间成正比增加，间隙缓慢增大到 $s_{\max}$ 。

3. 急剧磨损阶段（Ⅲ阶段）

如图1-1所示中曲线B点以右部分。经过B点后，由于摩擦条件发生较大的变化，如温度快速增加，金属组织发生变化，使间隙 s 变得过大，增加了冲击，润滑油膜易破坏，磨损速度急剧增加，致使机械效率下降，精度降低，出现异常的噪声和振动，最后导致事故。

掌握磨损规律的意义如下。

第一，了解机件一般工作在稳定磨损阶段，一旦转入急剧磨损阶段，机件必须进行修复或更换。机件在两次修复中间的正常工作时间 t 可由下式算出（图1-1）：

$$\tan\alpha = BD/AD = (s_{\max} - s_0)/t$$

$$t = (s_{\max} - s_0)/\tan\alpha$$

式中， $\tan\alpha$ 为磨损强度。

第二，磨损过程是由自然（正常的）磨损和事故（过早的、迅速增长的或突然发生意外的）磨损组成。自然磨损是不可避免的，事故磨损可以延缓，甚至避免。我们的任务就是要采取措施减小磨损程度，尽量缩短磨合时间，增长正常工作时间，延长使用寿命。

（二）防止或减少磨损的措施

根据磨损的理论研究，结合生产实践经验，防止或减少磨损的方法与途径如下。

1. 润滑

选用合适的润滑剂和润滑方法，用理想的流体摩擦取代干摩擦，这是减少摩擦和磨损的

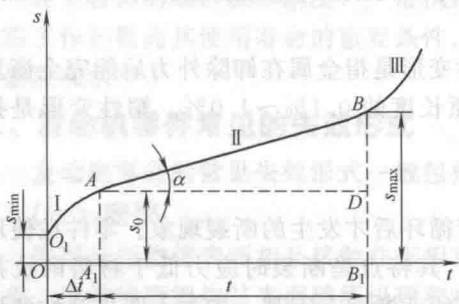


图1-1 典型磨损过程

最有效方法。对于发电机组而言,要按照不同发动机的具体要求,根据季节和使用地域的不同选择合适牌号的润滑油。

2. 正确选择材料

按照基本磨损的形式,正确选择材料是提高机械设备零部件耐磨性的关键因素之一。在设计制造时应选用疲劳强度高、防腐性能好、耐磨耐高温的材料。同时要注意配对材料的互溶性,使其有合适的组合。

3. 进行表面处理

通过使用各种表面处理方法,如表面热处理(钢的表面淬火等)、表面化学热处理(钢的表面渗碳、渗氮等)、喷涂、喷焊、镀层、沉积、滚压等,改善表面的耐磨性。这是最有效和最经济的方法之一。

4. 合理的结构设计

正确合理的结构设计是减少机械设备零件磨损和提高其耐磨性的有效途径。结构要有利于摩擦副间表面保护膜的形成和恢复、压力的均匀分布、摩擦热的散逸、磨屑的排出以及防止外界磨料、灰尘的进入等。在结构设计中,可以应用置换原理,即允许系统中一个零件磨损以保护另一个重要的零件;也可以使用转移原理,即允许摩擦副中另一个零件快速磨损而保护贵重的零件。

5. 改善工作条件

尽量避免过大的载荷、过高的运动速度和工作温度,创造良好的环境条件。

6. 提高修复质量

提高机械加工质量、修复质量、装配质量、安装质量是防止和减少磨损的有效措施。

7. 正确地使用和维护

要加强科学管理,定期进行人员培训,严格执行操作规程和其他有关规章制度。设备使用初期要正确地进行磨合。在使用过程中,要做好供油系统、进气系统和润滑系统的维护保养工作,防止磨料的产生和侵入。要尽量采用先进的监控和测试技术。

四、发电机组的修理类别

在前面研究了零件的磨损规律,它是划分机组修理类别的理论根据。由于发电机组零件、合件、组合件及总成构造、材料、负荷和工作条件的不同,工作多长时间进行修理也很难相同,因而机组有三类不同性质的修理:小修、中修和大修。

(一) 发电机组的小修

1. 内燃机的小修

内燃机的小修是不定期的维护性修理。主要是及时排除使用过程中的常见故障,使内燃机随时处于良好状态。其作业范围是经常性的保养,消除因自然磨损而产生的机件损伤(触点烧蚀等)现象,并更换、调整因使用、保养不当而造成某些有故障的零件、合件、组合件及总成等。其基本内容是:疏通油路、水道和排气道;排除漏油、漏水、漏气的故障;清除气缸盖、活塞、活塞环的积炭和油垢,更换活塞环;调整风扇皮带松紧度、气门间隙、机油压力、喷油压力和供油时间;更换机油和清洗油底槽、空气滤清器、柴油和机油滤清器;维修启动电机和充电发电机;更换一些因突发事故而损坏的零件等。

2. 发电机的小修

发电机的小修是在每季后或累计工作 500h 后进行,除完成发电机日常维护工作内容外,其主要内容如下。

① 打开窗盖板,如发现电机内积有尘土,应加以清理。用干燥清洁的压缩空气吹净电

机内部各部位的尘土,注意压力应不超过 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。各绕组表面以及风扇内部也应彻底清理,以保持有效的通风和散热。

② 清洁集电环或换向器表面以及电刷和刷握等,可用柔软干燥布块蘸少许汽油(酒精、煤油等)擦拭,然后再用其他干净的布块将表面擦干,并检查电刷的磨损情况和它与集电环(或换向器)的接触情况,必要时进行修磨或调整,还要同时检查电刷压力的大小,不合适时应加以调整。

③ 拆开电机轴承小端盖(在轴伸端的一只不必拿下来),检查润滑油的消耗和清洁情况,如发现油量不足时应适当添加,发现色泽不均、硬化或含有其他金属杂质,应当清洗和更换润滑油。拆装电机时要掌握要领,以免损坏电机。

④ 认真检查各处的电气连接和机械连接状况,必要时擦净并接牢。

(二) 发电机组的中修

1. 内燃机的中修

内燃机中修是临近大修间的一次有计划性的修理,主要是为了平衡各机件间使用期限的不同,以保证或延长大修的间隔时间。其作业范围介于小修与大修之间,一般情况下是更换或维修 1~2 个主要总成,同时检查其余总成的技术状况,并排除故障,进行必要的紧定和调整工作。

其基本内容是:更换机油和燃油滤清器的滤芯;调整喷油泵(高压油泵)和喷油器(嘴)的喷油质量,研磨出油阀组件;拆修活塞连杆组、调速器、水泵和机油泵等;更换活塞、连杆铜套、轴瓦、气门、气门弹簧及锁片等;校正发动机压缩比等。

2. 发电机的中修

发电机的中修为每半年左右或其累计工作满 1000h 进行。除完成发电机小修的内容外,还有如下内容。

(1) 检查滑环和电刷装置 检查滑环(或换向器)和电刷装置的状况,进行必要的清洁、修整和测量。

① 清洁工作 集电环或换向器、电刷和刷握各接触导电表面应无油、无垢、无炭末、光洁明亮并接触良好。擦拭时,要用柔软、干燥、清洁而无毛头的布块,可蘸少许汽油(或酒精)。尤其注意刷握内和集电环或换向器的根部(焊线头的肩部下面)和云母槽内的清洁。

② 磨光与修圆 集电环和换向器的外圆表面应十分光滑,一般呈暗棕色。若发现有烧伤痕迹、发黑或轻微的机械划伤等,应进行磨光。其方法是:用 00 号细玻璃砂纸(或金刚砂布)一条,再找一块宽度合适的硬木板,用木板把砂纸压紧在集电环或换向器外圆面上,然后低速转动电机转子,一直磨到外圆面光滑为止,最后进行认真的清洁工作。

磨光操作中,注意切断定、转子绕组的电路,以免触电或带电运转。如集电环或换向器外圆面灼伤严重或者失圆(已不是正常的圆柱形而摇摆严重时),应当取出转子,在车床上转车外圆面——修圆,注意其表面粗糙度要达到要求,修圆后的换向器还要下刻云母片,并进行清洁处理。

③ 下刻云母片 换向器片间的云母片的高度,正常时应比换向片低 0.5~1.2mm,否则应考虑下刻。其方法是:在现场条件下,可用细齿的手锯钢锯条的一段,自制一个前端带钩的小刀,沿云母片沟逐渐下刻,使之高度符合要求为止。下刻时刀子要锋利,用力要均匀、平稳,下刻完毕要进行磨光和清洁。

④ 电刷装置的调整 电刷是以石墨为主料压制成型的,导电性能好且耐磨,但质脆,不耐重压或撞击。电刷安放在刷握内,要求能上下自由平稳地移动,左右不应有明显的晃动

现象,下端面与集电环或换向器的接触面积不小于 $3/4$,且光滑、平整,工作时无跳动,磨损量不应超过电刷原来总高度的 $2/3$ 。否则应加以调整、研磨或更换电刷。

电刷和刷握等是与集电环或换向器配套的,更换时不得擅自更换牌号和规格。

一般碳刷和碳渗石墨制的电刷,其弹簧压力一般在 $0.01\sim 0.025\text{MPa}$ ($0.10\sim 0.25\text{kgf/cm}^2$) 之间;电化石墨制电刷的弹簧压力一般在 $0.01\sim 0.04\text{MPa}$ ($0.1\sim 0.4\text{kgf/cm}^2$) 之间。在使用过程中,若发现电刷磨损太快,可适当减小一点压力;若发现有较大的跳火现象,可适当加大一点压力。

刷握下端与滑环表面的距离不得小于 $2\sim 3\text{mm}$ 。电刷软连接线的连接不宜过紧,并应连接正确和牢靠。为改善换向性能,应调整电刷与磁极之间的相对位置、装置换向磁极和选择合适的电刷特性等。

⑤ 电刷的研磨 新电刷或接触面已烧蚀的电刷,必须经过研磨,使之与集电环或换向器贴合良好才能使用。研磨接触面的方法是:用 00 号砂纸一条,让有砂的一面对电刷,把无砂的一面包在(最好粘住)集电环或换向器的外圆上,并让电刷弹簧压紧电刷,依电机正常运行的方向——逆时针方向转动转子,直到电刷下端面有 80% 以上与集电环外圆密切接触为止。电刷磨好后不应调换它的安装方向或更换刷握。正式使用前,应经过 $2\sim 3\text{min}$ 的空载磨合,然后再逐渐增加电负荷。

(2) 全面检查和清洗轴承 中小型电机的转子一般采用滚动轴承,都使用润滑脂润滑。通常,普通型电机采用 ZGN-3 钙基润滑脂,湿热型电机采用 ZL-3 锂基轴承脂。一般情况下,电机连续运行 1500h 左右时,应更换润滑脂,以确保电机正常运行。

轴承的工作好坏,直接影响电机的运行可靠性,因此应当注意维护和保养。

完好的轴承,在现场条件下用厚薄规测量,轴承的内、外圆与滚珠(柱)的配合间隙适当,察觉不出有晃动现象。各零件外观良好,无破损、无腐蚀、无裂纹,滚动接触面圆度和表面粗糙度良好,手持内圈拨外圈时,应转动灵活轻快,声音均匀无杂音。

对轴承的保养要求就是定期清洗、检查和加脂。

清洗的方法是:先用竹(木)片把旧脂掏出来,用毛刷蘸汽油或煤油刷洗轴承。现场条件下,可以不从轴上取下来清洗。如果是取下来清洗时,可以在掏出旧脂后,放在温热机油或柴油中刷洗。刷洗干净后,要用适量的煤油冲洗轴承一次,然后再加入新润滑脂。

添加润滑脂时,一定要注意其数量(一般润滑脂加入量占轴承内容积的 $1/2\sim 2/3$ 左右)和质量(要添加规定的牌号,切忌将不同类的润滑脂掺杂使用)。添加的润滑脂不能太多,也不能太少。太多,轴承散热不良,温度升高;太少,润滑不能保证,磨损加剧。

此外,在轴承维护中应当注意,拆下轴承要用轴承“拔出器”,不能用锤子猛敲。电机轴承的内、外盖应保证完好无损,油封毡圈完好,螺钉齐全并拧紧。毡圈如有损坏,应当用工业毛毡制作、更换,不能用普通的质地松软的民用毡代替。脏污、发硬(变质)和有砂料或铁屑等杂质的润滑脂不能用。

(3) 检查电机及各绕组的绝缘 全面检查电机及各绕组的绝缘情况,检查各电气及机械连接情况。

保养和检修完毕后,应复查一次电机各电气连接和机械安装是否正确与牢固,并用干燥的压缩空气吹净电机内部各处。最后,按正常的启动和运行要求,对其进行空载和负载试验,以确定是否完好无误。

(三) 发电机组的大修

1. 内燃机大修

内燃机大修是一次恢复性的修理。主要是恢复内燃机的动力性能、经济性能及机件的紧

固性能,保证内燃机的完好状况,延长其使用期限。

其基本内容是:修理或更换曲轴、连杆、缸套、气门座、气门导管;修理偏心轴承;更换柱塞副、出油阀副和针阀副三大精密偶件;修焊油管及接头;更换水泵、调速器、清除水套水垢;检查、修理、调整供电系统中的线路、仪表、充电发电机和启动电机等;安装、检查、试验、调整各系统,并且载荷试车。

内燃机大修的时机,一般应根据规定的工作时数和技术状况来决定。不同型号的内燃机大修时的工作时数也不同,如4135柴油机第一次大修期为6000h。这个时间也不是一成不变的,如因使用维护不当或内燃机工作条件恶劣(多尘、经常在超载情况下工作等),可能在没达到工作的时数以前,就不能继续使用了。因此,在确定内燃机大修时,除根据工作时数外,还要根据如下大修判定条件。

- ① 内燃机工作无力(加负荷后转速下降较大,声音突变),排气冒黑烟。
- ② 内燃机在常温下启动困难,走热后曲轴轴承、连杆轴承和活塞销有敲击声。
- ③ 内燃机在温度正常时,气缸压力达不到标准压力的70%。
- ④ 内燃机的燃油和机油消耗率显著增加。
- ⑤ 气缸的失圆度和锥形度、活塞与气缸之间的间隙、曲轴轴颈和连杆轴颈的失圆度超过规定的极限。

内燃机大修时,其主要机件均应修理,将全机分解为总成、组合件、合件及零件,并进行检验与分类,根据修理技术条件,对其进行彻底检查、修理与装复试验。

2. 同步发电机的大修

同步发电机的大修期限一般为2~4年。其大修的主要内容如下。

(1) 拆开机体并取出转子

① 解体前将螺钉、销子、衬垫、电缆头等做上记号。电缆头拆开后应用清洁的布包好,转子滑环用中性凡士林涂后用青稞纸包好。

② 拆卸端盖后,仔细检查转子与定子之间的间隙,并测量上、下、左、右4点间隙。

③ 取出转子时,不允许转子与定子相撞或摩擦,转子取出后应放置在稳妥的硬木垫上。

(2) 检修定子

① 检查底座与外壳,并清洗干净,要求油漆完好。

② 检查定子铁芯、绕组、机座内部,并清扫灰尘、油垢和杂物。绕组上的污垢,只能用木质或塑料制的铲子清除,并用干净抹布擦拭,注意不能损伤绝缘。

③ 检查定子外壳与铁芯的连接是否紧固,焊接处有无裂纹。

④ 检查定子及其零部件的完整性,配齐缺件。

⑤ 用1000~2500V的兆欧表测量三相绕组的绝缘电阻,若阻值不合格,应查明原因并进行相应的处理。

⑥ 检查定子铁芯硅钢片有无锈斑、松动及损伤现象。若有锈斑,可用金属刷子刷除后涂上硅钢片漆。若有松动现象,可打入薄云母片或环氧玻璃胶板制的楔子。如发现局部过热引起的变色锈斑,应做铁芯试验。当铁损和温升不合格时,应对铁芯进行特殊处理。

⑦ 检查定子槽楔有无松动、断裂及凸出现象,检查通风沟内的线棒有无胀鼓情况。如楔子和绝缘套发黑,说明有过热现象,应消除通风不良现象或降低负荷运行。检查端部绝缘有无损坏。当绝缘垫块和绝缘夹有干缩情况时,可加垫或更换。端部绑扎如有松动,可将旧绑线拆除,用新绑线重新绑扎。

⑧ 检查定子铁芯夹紧螺钉是否松动,如发现夹紧螺母下面的绝缘垫损坏,应更换。用

500~1000V 兆欧表测量夹紧螺钉的绝缘电阻,一般应为 $10\sim 20\text{M}\Omega$ 。

⑨ 检查发电机引出线头与电缆连接的紧固情况。

⑩ 检查轴承有无向绕组端部溅油的情况。如绕组端部粘有油垢,可用干净的布浸以汽油或四氯化碳擦拭。如端部绝缘受油侵蚀比较严重,必要时可喷一层耐油防护漆。

⑪ 检查并修整端盖、窥视窗、定子外壳上的毡垫及其他接缝处的衬垫。

(3) 检修转子

① 用 500V 兆欧表测量转子绕组的绝缘电阻,若阻值不合格,应查明原因并处理。

② 检查发电机转子表面有无变色锈斑。若有,则说明铁芯、楔子或护环上有局部过热现象,应查明原因并处理。如不能消除,应限制发电机输出功率。

③ 检查转子上的平衡块,应固定牢固,不得增减或变位,平衡螺钉应锁牢。

④ 对于隐极式转子,应检查槽楔有无松动、断裂及变色情况,检查套箍、心环有无裂纹、锈斑以及是否变色,检查套箍与转子结合处有无松动、位移的痕迹。

⑤ 对于凸极式转子,应检查磁极有无锈斑,螺钉是否紧固,磁极绕组是否松动,并测量绕组的绝缘电阻,应合格。

⑥ 检查风扇,清除灰尘和油垢。扇叶片应无松动和破裂,锁定螺钉应紧固。

(4) 检修滑环、电刷和刷架

① 检查滑环的状态及对轴的绝缘情况。滑环表面应光滑,无损伤及油垢。当表面不均匀度超过 0.5mm 时,应进行磨光处理。滑环应与轴同心,其摆度应符合产品的规定,一般不大于 0.05mm 。滑环对轴的绝缘电阻应不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

② 检查发电机滑环的绝缘套有无破裂、损伤和松动现象;清除滑环表面的灰尘、电刷粉末和油垢。

③ 检查滑环引线绝缘是否完整,其金属护层不应触及带有绝缘垫的轴承;检查接头螺钉是否紧固,有无损伤。

④ 检查正、负滑环磨损情况,如两个滑环磨损程度相差较大,可调换连接滑环电缆的正、负极线,使两个滑环的正、负极性互换。

⑤ 检查刷架及横杆是否固定稳妥,绝缘套管及绝缘有无破裂,并清除灰尘和油垢,要求绝缘良好。刷握应无破裂和变形,其下部边缘与滑环之间的距离应为 $2\sim 4\text{mm}$ 。

⑥ 同一发电机上的电刷必须使用同一厂家制造的同一型号的产品。

⑦ 电刷应有足够的长度(一般在 15mm 以上),与刷握之间应有 0.15mm 左右的间隙,电刷在刷握中能上下自由移动。

⑧ 连接电刷与刷架的刷辫接头应紧固,刷辫无断股现象。

⑨ 检查弹簧及其压力。恒压弹簧应完整,无机械损伤,其型号及压力要求应符合产品规定。非恒压弹簧的压力应符合制造厂的规定。若无规定,应调整到不使电刷冒火的最低压力。同一刷架上各个电刷的压力应力求均匀,一般为 $15\sim 25\text{kPa}$ 。

⑩ 检查电刷接触面与滑环的弧度是否吻合,要求接触面积不小于单个电刷截面积的 80% 。研磨后,应将电刷粉末清扫干净。

⑪ 运行时,电刷应在滑环的整个表面内工作,不得靠近滑环的边缘。

(5) 发电机安装及接线

① 安装前先检查发电机腔内有无遗留工具及其他物品,用 0.2MPa 的干净压缩空气仔细对定子、转子进行吹扫。

② 吊装转子时,转子和定子不能相撞或相互摩擦。

③ 测量发电机转子与定子之间的间隙,在其两侧分上、下、左、右 4 点进行测量,各