

煤炭技工学校通用规划教材

矿山机械故障维修

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书内容包括设备维修基础知识、机械零件失效、机械故障诊断技术、零件修复技术、通用零件维修与装配、通用机械设备安装、常用矿山机械安装与维护等。

本书是煤炭技工学校机电一体化、电气工程、矿山机械、采矿工程等专业教材，也可供中等职业院校相关专业的师生阅读，相关专业技术人员亦可参考。

机械工业出版社

北京机械工业出版社

机械工业出版社

北

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

主 任 邱 江

常务副主任 刘 富

副 主 任 刘爱菊 肖仁政 吴占鹏 武继承 魏焕成

曹允伟 仵自连 雷家鹏 丁 波 韩文东

李传涛 牛耀宏 程建业

秘 书 长 刘 富 (兼)

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁 波 王 忱 王明生 牛宪民 牛耀宏

甘志国 仵自连 任秀志 刘 富 刘爱菊

孙茂林 肖仁政 吴丁良 吴占鹏 邱 江

何富贤 邹京生 张久援 张延刚 张瑞清

陈季言 武继承 赵 杰 赵俊谦 贾 涛

夏金平 曹中林 梁茂庆 葛 侃 董 礼

韩文东 程光岭 程建业 温永康 谢宗东

雷家鹏 魏焕成

主 编 张伟杰

副 主 编 韩红利 刘志民

参 编 李菊梅 赵喜敬

前 言

“十二五”期间，煤炭职业教育必须坚持认真贯彻党的教育方针，全面实施素质教育；坚持以服务为宗旨、以就业为导向、以提高质量为重点，立足煤炭、面向社会办学，增强职业教育服务煤炭工业发展和社会主义现代化建设的能力；深化人才培养模式改革，完善教学内容，创新教学方法，突出职业技能培养，全面提升学生的综合素质和职业能力。为此，中国煤炭教育协会组织煤炭行业职业教育专家编制了《煤炭技工学校专业目录》，并在人力资源和社会保障部备案，同时完成了《煤炭职业教育“十二五”教材建设规划》编制工作，提出了教材建设工作继续坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，新的教学方法研究和教材开发工作进展顺利。为适应煤炭技工学校教学需要，创新教材模式，突出煤炭专业特色，一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校通用规划教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的创新发展提供有力的技术支撑。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学、工人在职培训和就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《矿山机械故障维修》是这套教材中的一种，是根据中国煤炭教育协会发布并经人力资源和社会保障部认可的全国煤炭技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学、工人在职培训和就业前培训的必备的统一教材。

本书由华北科技学院张伟杰任主编，华北科技学院韩红利、河北工程大学刘志民任副主编，李菊梅、赵喜敬参与了编写。其中，模块一由李菊梅编写，模块二由刘志民编写，模块三由韩红利编写，模块四由赵喜敬编写，模块五、模块六、模块七由张伟杰编写。全书由张伟杰统稿。在教材的编写过程中，得到了煤炭院校的专家、学者和煤矿企业工程技术人员的大力支持与帮助，在此一并致谢！

中国煤炭教育协会职业教育

教材编审委员会

2014年2月

目次

模块一 设备维修基础知识	1
课题一 机械设备故障	1
课题二 机械设备维修	7
课题三 可靠性维修	11
复习思考题	13
模块二 机械零件失效	14
课题一 磨损失效	14
课题二 变形失效	26
课题三 断裂失效	30
课题四 腐蚀失效	35
课题五 气蚀失效	39
复习思考题	41
模块三 机械故障诊断技术	42
课题一 简易诊断技术	42
课题二 油样分析技术	46
课题三 无损探伤技术	56
课题四 旋转零件振动诊断技术	65
课题五 液压系统故障诊断	77
复习思考题	82
模块四 零件修复技术	84
课题一 焊接修复法	84
课题二 电镀修复法	100
课题三 粘接修复法	107
课题四 喷涂修复法	110
课题五 修复层表面强化	114
复习思考题	117
模块五 通用零件维修与装配	118
课题一 维修前的准备工作	118

课题二 轴类零件的维修与装配	127
课题三 过盈配合连接的装配	134
课题四 滑动轴承的维修与装配	139
课题五 滚动轴承的拆卸与装配	155
课题六 齿轮传动装置的维修与装配	164
复习思考题	176
模块六 通用机械设备安装	178
课题一 设备安装前的准备工作	178
课题二 设备基础	186
课题三 安装基准与测量	196
课题四 联轴器的安装与调整	200
课题五 机械设备试运转	207
复习思考题	210
模块七 常用矿山机械安装与维护	211
课题一 采煤机的安装与维护	211
课题二 液压支架的安装与维护	220
课题三 刮板输送机的安装与维护	226
课题四 带式输送机的安装与维护	231
课题五 矿井提升机的安装与维护	240
课题六 矿井通风机的安装与维护	255
课题七 矿用水泵的修理与安装	260
复习思考题	270
参考文献	271

模块一 设备维修基础知识

课题一 机械设备故障

【知识要点】

1. 故障的概念。
2. 故障的类型。
3. 故障发生的规律。

【课程内容】

现代企业，设备结构复杂，自动化、智能化水平不断提高，各部门、各系统的联系日趋紧密，因而设备的故障，哪怕是局部失灵，都会造成设备停转，甚至整个流水线或自动化车间的停产。设备故障给企业带来巨大经济损失和造成严重事故危害的例子不胜枚举。正因为如此，世界各国尤其是各工业发达国家都十分重视设备故障及其管理的研究。在机械设备维修中，研究故障的目的是查明故障模式，追寻故障机理，探求减少故障发生的方法，提高机械设备的可靠程度和有效利用率。

一、故障的含义

通常我们把机械系统（零件、组件、部件或整台设备乃至一系列设备的组合）因偏离其设计状态而丧失部分或全部功能的现象称为故障。机械发生故障后，其各项技术指标会明显达不到要求。如原动机功率降低，传动系统失去平稳工作状态，机器振动和噪声增大，工作温度升高等，均属故障现象。

机械故障在结构上主要表现为零件的损坏和零件之间装配关系的破坏，如零件变形、断裂、配合松弛及紧固装置松动和失效等。

从系统的观点来看，故障包括两层含义：一是机械系统偏离正常功能，主要是因为机械系统（包括零部件）的工作条件不正常而产生的，可以通过参数调节或零部件修复重新恢复到正常功能；二是功能失效，是指系统连续偏离正常功能，且程度不断加剧，使机械设备的基本功能不能保证（称为失效）。一般零件失效可以更换，但关键零件失效往往会导致整机功能丧失。

二、故障的类型

将故障进行分类是为了估计故障事件的影响深度，分析故障原因，以便采取相应的对策。

1. 按故障发生时间划分

1) 早发性故障

早发性故障是由于机械设备在设计、制造、装配、安装、调试等方面存在缺陷引起的。例如,新购入的液压系统严重漏油和噪声很大。早发性故障可以通过重新检测、重新安装来解决。如设计不合理,则需修改设计;如元件质量差,则应更换元件。

2) 突发性故障

突发性故障是由于各种不利因素和偶然的外界影响因素共同作用的结果。其特点是故障的发生具有偶然性和突发性,事先无任何征兆,一般与使用时间无关,难以预测,但它容易排除,通常不影响使用寿命。例如,因润滑油中断而使零件产生热变形裂纹,因使用不当或出现超负荷而引起零件折断,因各参数达到极限值而引起零件变形和断裂等。

3) 渐进性故障

渐进性故障是因机械设备技术特性参数的劣化过程(包括腐蚀、磨损、疲劳、老化等)逐渐发展而形成的。其特点是故障发生的概率与使用时间有关,只是在机械设备有效寿命的后期才明显地表现出来,故障一经发生就标志着寿命的终结。通常该类故障可以进行预测,大部分机械设备的故障都属于这一类。

4) 复合型故障

复合型故障包含上述故障的特征,其故障发生时间不定。机械设备工作能力耗损过程的速度与其耗损性能有关。例如零件内部存在着应力集中,当受到外界作用的最大冲击后,继续使用就可能逐渐产生裂纹;又如摩擦副的磨损过程引起渐进性故障,而外界的磨粒会引起突发性故障。

2. 按故障表现形式划分

1) 功能故障

机械设备应有的工作能力或特性明显降低,甚至根本不能工作,即丧失了它应有的功能,称为功能故障。这类故障可通过操作者的直接感受或测定其输出参数来判断。例如,关键零件损坏、精度丧失、传动效率降低、速度达不到标准值,使整机不能工作;生产率达不到规定的指标等。

2) 潜在故障

故障逐渐发展,但尚未在功能方面表现出来,却又接近故障萌发的阶段。当这种情况能够鉴别时,即认为是一种故障现象,称为潜在故障。例如,零件在疲劳破坏过程中,其裂纹的深度接近于允许的临界值时便认为存在潜在故障。探明了潜在故障,就有可能在达到功能故障之前进行排除,有利于零件保持完好状态,避免因发生功能故障而带来的不利后果,这在机械设备使用和维修中有着重要意义。

3. 按故障产生原因划分

1) 人为故障

由于在设计、制造、维修、使用、运输、管理等方面存在问题,使机械设备过早地丧失它应有的功能,称为人为故障。例如,机械设备没有按照原设计规定的条件运转,超载、超速、超时,工作条件发生意外的恶化等原因导致的故障;设计不当、制造工艺差、材料低劣等固有薄弱环节诱发的故障。

2) 自然故障

机械设备在其使用和保存期内,因受到外部或内部各种不同的自然因素影响而引起的故障都属于自然故障。如正常情况下的磨损、断裂、腐蚀、变形、蠕变、老化等损坏形

式。这种故障虽然不可避免,但随着设计、制造、使用和维修水平的提高,可使机械设各有效工作时间大大延长,而使故障推迟发生。

4. 按故障造成的后果划分

1) 致命故障

致命故障指危及或导致人身伤亡,造成机械设各报废或造成重大经济损失的故障,如机架或机体断裂、车轮脱落、发动机总成报废等。

2) 严重故障

严重故障指严重影响机械设各正常使用,在较短的有效时间内无法排除的故障,如发动机烧瓦、曲轴断裂、箱体产生裂纹、齿轮损坏等。

3) 一般故障

一般故障指明显影响机械设各正常使用,在较短的有效时间内可以排除的故障,如传动带断裂、操纵手柄损坏、钣金件开裂或开焊、电器开关损坏等。

4) 轻度故障

轻度故障指轻度影响机械设各正常使用,能在日常保养中用普通工具轻易排除的故障,如轻微渗漏、一般紧固件松动等。

此外,还可按故障发生的间隔分为临时性故障和永久性故障,按故障发生的部位分为整体故障和局部故障,按故障发生的时间分为磨合故障、正常使用故障和耗损故障,按故障的责任分为相关故障和非相关故障,按故障外部特征分为可见故障和隐蔽故障,按故障的程度分为部分故障和完全故障,按故障发生的原因分为设计结构故障、生产工艺故障、材料故障、使用故障。

故障分类通常采取几种分类法复合并用,如突发性的局部故障、磨损性的危险故障等,由此可看出故障的复杂性、严重性和起因等情况。

三、故障基本规律

1. 故障概率

机械设各的使用寿命是有限的,其技术状况随使用时间的延长而逐渐恶化,发生故障的可能性也随时间的延长而增大(是时间的函数)。但故障的发生又具有随机性,无论哪一种故障都很难预料它的确切发生时间,因而故障可用概率表示。

由概率理论可知,故障概率的分布是其密度函数 $f(t)$ 的积累函数,即故障发生的时间比率,或单位时间内发生故障的概率(是单调增函数)。故障概率可用公式表示为

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (1-1)$$

式中 $F(t)$ ——故障概率;

$f(t)$ ——故障概率分布密度函数;

t ——时间。

当 $t = \infty$ 时, $F(\infty) = \int_0^{\infty} f(t) dt = 1$ 。

机械设各在规定的条件下和规定的时间内不发生故障的概率称为无故障概率,用 $R(t)$ 表示。显然, $F(t) + R(t) = 1$ 。

2. 故障率

故障率是指在每一个时间增量里产生故障的次数，或在时间 t 之前尚未发生故障，而在随后的 dt 时间内可能发生故障的条件概率，用 $\lambda(t)$ 表示，其数学关系式为

$$\lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} \quad (1-2)$$

式 (1-2) 说明，故障率为某一瞬时可能发生的故障相对于该瞬时无故障概率之比。根据不同的变化规律，故障率可分为常数型故障率、负指数型故障率、正指数型故障率和浴盆型故障率。

1) 常数型故障率

故障率基本保持不变，不随时间而变化，是一个常数。此时的机械设备或零部件均未达到使用寿命，不易发生故障。但因某种原因也会导致发生故障，且有随机性。在严格操作、加强维护保养的情况下可随时排除故障，因此故障率很小，如图 1-1 所示。

2) 负指数型故障率

由于使用了质量低劣的零件，或制造中工艺的疏忽，或装配质量不高，以及设计、保管、运输、操作等方面的原因，使机械设备投入运转的初期故障率很高，即有一个早期故障期。随着时间的推移，经过运转、磨合、调整，故障逐个暴露，并一个个排除后，故障率由高逐渐降低，并趋于稳定，成为负指数型（又称渐减型）故障率曲线，如图 1-2 所示。

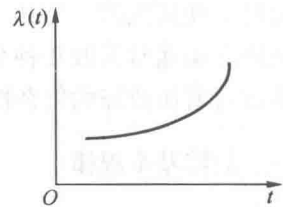
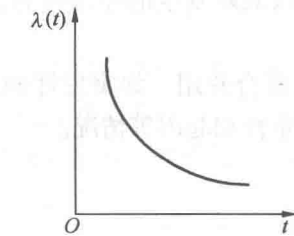
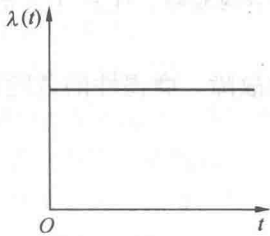


图 1-1 常数型故障率曲线

图 1-2 负指数型故障率曲线

图 1-3 正指数型故障率曲线

3) 正指数型故障率

随着时间的增长，机械设备或零部件逐渐发生磨损、腐蚀、疲劳等，故障率增多，其故障率曲线是正指数型（又称渐增型）。渐进性故障的故障率属于这种类型，如图 1-3 所示。

4) 浴盆型故障率

机械设备或零部件发生故障，包括前述的 3 种类型，由 3 条曲线叠加而成一条形似浴盆的曲线，如图 1-4 所示。

浴盆型故障率是最常见的一种故障率类型。其曲线可划分为早期故障（初始故障）期、随机故障（偶发故障）期、耗损故障（衰老故障）期 3 个阶段。

(1) 早期故障期 ($0 < t \leq t_1$)。设备故障率在开始时很高，经过调整、修理而很快下降，曲线呈递减型，多是由于设计不完善、制造工艺有缺陷、检验疏忽及包装、运输、安装不当等造成的。电子元器件中混入不合格品也是早期故障的重要原因。对早期故障采取

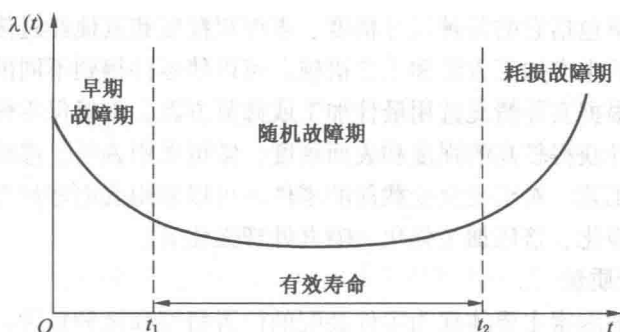


图 1-4 浴盆型故障率曲线

预防维修措施是无效的，使用单位可以通过试运转尽早发现和消除这些故障。通常把半年至一年内发生的设备故障定为早期故障，设备制造厂应采取保修方式做好这一时期的售后服务工作。

(2) 随机故障期 ($t_1 < t \leq t_2$)。设备处于最佳工作状态，故障率保持在设计规定的范围之内，曲线呈恒定型。随机故障期是设备的正常工作期，其延续时间称为设备的使用寿命（有效寿命）。随机故障是不能控制和预测的，故障率与时间无关，它总是以大致一定的比例随机发生。随机故障大多起因于没有被发现的或没有尽早处理的设计或制造隐患，以及使用和维修中的人为失误等，可以通过系统分析方法（如 FMEA 法）和设备状态监测等手段及早发现故障隐患，采用改善维修、预测维修及加强操作、维修管理等措施进行处理。

(3) 耗损故障期 ($t > t_2$)。设备使用后期由于零件的磨损、疲劳、老化等，多数零件已达到其使用寿命，使设备的技术状态迅速劣化，故障频发，故障率上升，最后导致设备丧失功能。对于可修复设备，通过预防检修和更换零件等可以降低故障率，延长设备的使用寿命。

四、故障产生的主要因素

机械故障的产生受到很多因素的影响，如设计、加工制造、装配、安装与调试、使用与操作等，而在众多的因素中，往往是其中某一种或几种因素起着重要作用。

1. 制造和修理因素对故障的影响

制造和修理通常采用相同的加工手段或相近的工艺。在制造或修理过程中，材料的品质、零件的加工精度及机器的装配质量等如果不符合要求，都会影响到机械设备技术参数和性能的变化，使机械设备产生故障。

1) 零件材料的选择

在机械设备中，许多零件必须同时具有必要的结构强度性能和不同的表面性能，为此在制造和修理中应合理选择零件材料，在满足零件结构强度性能要求的同时，应提高或改善零件的表面性能。如在表面进行堆（补）焊、喷涂、电镀等以获得表面耐磨、耐腐蚀、高硬度等性能，从而达到提高零件工作耐久性、可靠性的目的。

2) 零件的加工质量

零件的加工质量包括它的各种尺寸精度、表面粗糙度和其他经过热处理所能达到的机械性能。采用不同的生产加工方法和工艺措施,可以使零件得到不同的工作性能,因此制造和修理零件时要根据实际情况选用最佳加工或修复方案,以确保零件的加工质量。

为了使钢制零件获得较高的强度和表面硬度,常可采用调质、渗碳、氮化、氰化等热处理和化学热处理工艺。对于受交变载荷的零件,可以采用表面塑性变形强化的方法进行处理,如滚压加工强化、挤压加工强化、喷丸处理强化等。

3) 设备的装配质量

影响装配质量的因素主要体现为零件装配的位置精度和接触精度。位置精度主要通过装配间隙的大小、位置关系的准确程度来体现,如滑动轴承轴颈与轴承孔之间的间隙大小,减速器各轴之间的平行度、垂直度和同轴度等。接触精度主要通过正常工作状态下接触面积的大小和接触部位的位置来体现,如相互啮合的轮齿接触表面的面积和接触位置体现了装配关系的正确与否。

另外,机器装配质量的好坏直接与装配技术人员的操作熟练程度和装备水平有着直接的关系。提高操作人员的技术水平,及时配置或更新检查、测量工具和装配机具,是提高装配质量的又一重要措施。

2. 使用因素对故障的影响

正常使用条件下机械设备有它自身的故障规律,但当使用条件改变时,机械设备的故障规律也会随之发生改变。导致故障产生的因素既有客观方面的,也有主观方面的,综合起来主要表现为工作负荷、工作环境、设备保养和操作水平等。

1) 工作负荷

机器正常工作时,零件的磨损程度与工作负荷的大小呈线性关系。零件的疲劳损坏是在一定的交变载荷下发生的,随工作负荷的增大而加剧。若令机械在额定负荷条件下的故障率(也称基本故障率)为 β_0 ,则当负荷改变时,可将基本故障率乘以一个负荷系数 K_f 来表示在负荷改变条件下的故障率,即

$$\beta_1 = \beta_0 K_f \quad (1-3)$$

式中 β_1 ——负荷改变时的故障率。

一般情况下机械设备都是在低于额定负荷的条件下工作的,即 $K_f < 1$;当负荷超过额定载荷时, $K_f > 1$ 。因此我们使用任何机械设备时必须确保其在额定负荷以下工作,以降低故障率。

2) 工作环境

机械设备的工作环境包括工作场所、气候条件、腐蚀介质、其他有害介质的影响及工作对象的状况等。一般情况下,机械设备工作温度升高、工作副有杂质进入、空气中含有过量的腐蚀性气体等,都会导致零件的磨损和腐蚀加剧。所以考虑工作环境对机械故障的影响时可用环境系数 K_h 进行修正,故实际故障率可表示为

$$\beta_2 = \beta_1 K_h = \beta_0 K_f K_h \quad (1-4)$$

式中 β_2 ——考虑工作环境和负荷因素时的实际故障率。

由于煤矿井下工作环境比较差,一般可以认为 K_h 总大于1,所以煤矿机械设备的故障率较高,维修成本较大。尽管如此,还是可以通过采取一些必要的技术措施来加以改善,如设备中采取风冷或水冷装置、设置防护装置、设备外壳涂防锈漆、采用多功能的润

滑剂、改进空气滤清器和润滑系统滤油器等，都是基于改善工作环境所采取的手段。

3) 设备保养和操作水平

为了确保设备安全、可靠运行，控制故障率，延长设备的使用寿命，必须建立合理的维护保养和修理制度，并严格执行设备检修和使用操作规程。特别是生产环节中重要的、关键的设备（如煤矿生产中的通风机、提升机、空气压缩机等），因任何的违章行为均可能导致重大事故的发生。同时操作人员的技术熟练程度和应急能力（如启动操作程序、加载条件和方法、处理各种突发情况的能力），甚至操作人员的职业道德等，都会直接或间接地影响机械设备的使用寿命。

对于机械设备的保养和使用因素的影响，一般情况下可以用一个大于1的系数 K_b 加以修正。综合上述因素的影响后，机械总的实际故障率为

$$\beta = \beta_2 K_b = \beta_0 K_r K_h K_b \quad (1-5)$$

五、故障分析步骤

1. 确诊功能故障和状态异常

对功能故障要分析其是由于结构、材质引起的，还是由于操作或其他问题引起的；对设备状态异常，如异常温升、异常振动、异常声响等，通过检测其异常部位和异常程度以确定其是否为故障或故障征兆。

2. 分析故障原因

对应于设备的每一种功能故障或不同部位的状态异常，可能有多种故障原因，分析产生故障或状态异常的原因要全面，确定检测的项目要有重点、有顺序，这样既可找出故障原因，又可缩短诊断故障的时间。设备使用说明书中常见故障原因可作为分析的依据，但丰富的实践经验和较强的理论分析能力对于流体机械和电气设备的故障分析尤其重要。

3. 故障原因诊断

通过对故障原因有重点地逐项排查，或采用故障诊断技术找出故障原因，然后排除故障。

课题二 机械设备维修

【知识要点】

1. 机械设备的维修性。
2. 机械设备维修方式与修理类型。
3. 机械设备维修工程设计。

【课程内容】

一、机械设备的维修性

对于可维修机械设备，潜在故障存在时和发生故障之后，可以通过维护和修复方法，使产品保持或恢复其规定功能和工作性能，所以机械设备具有可以通过维修手段来预防故障、查找原因和消除后果的性质，这种性质就是机械设备的维修性。维修性是机械设备的一种固有属性，它从机械设计的角度反映了机械设备维修的难易程度。

维修是指在规定条件下和规定时间内,按规定的程序进行相应的作业,使机械设备保持和恢复到能完成规定功能的过程。对机械设备进行维修时,所需维修时间除与机械设备本身的结构有关外,还受到维修条件(如维修人员的技术水平、组织管理、备件和材料供应等)的影响。

机械设备维修性的好坏可以通过维修速度反映出来,即从发生故障到恢复到正常状态所花费的维修时间。由于故障的原因、发生的部位及机械设备所处的具体环境不同,维修所需的时间是一个随机变量,可以用一个描述维修时间的概率分布参数来表示维修性,即维修度。维修度是指在规定的条件和规定的时间内,按照规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到能完成规定功能的概率。

用规定的条件和规定的时间对影响维修工作各方面的因素作出明确规定,这样便于对机械设备的固有维修性进行比较。但对同种机械设备,即维修对象和目标一定时,维修度也常用来评定维修企业的管理和技术水平。

二、机械设备维修方式

机械设备维修是为了保持和恢复机械设备完成规定功能的能力而采取的技术活动,包括维护和修理。现代机械设备管理强调对各类机械设备采用不同的维修方式,在保证生产的前提下,合理利用维修资源,达到寿命周期费用最经济的目的。机械设备维修方式可分为预防维修和事后维修两大类。

1. 预防维修

预防维修是为了防止机械设备性能和精度劣化,或为了降低故障率,按事先制订的修理计划和技术要求进行的维修活动。预防维修分为定期维修、状态监测维修和改善维修3种方式。

1) 定期维修

定期维修指在规定时间内执行的预防维修活动,具有周期性特点。它是根据零件的失效规律事先规定修理间隔期、修理类别、工作内容和修理工作量。这种修理方式的计划性强,便于做好维修前的准备,并可做长期的工作安排,主要适用于已掌握机械设备磨损规律且生产稳定、连续生产的流程式生产设备、动力设备及其他可以统计运行时间的设备。

2) 状态监测维修

状态监测维修也称预测维修,是一种以机械设备实际技术状态为基础,按实际需要进行的预防维修方式。它是在状态监测和技术诊断的基础上,掌握机械设备故障的恶化发展情况,在高度预知的情况下适时安排预防性修理,又称预知性维修。

状态监测维修是将各种检查、维护、使用和修理,尤其是诊断和监测提供的大量信息进行统计分析,正确判断机械设备故障的恶化程度、发生(将要发生)故障的部位、技术状态的发展趋势,从而采取正确的维修类别,由此掌握维修的主动权,做好维修前的准备工作,并和生产计划协调安排维修活动,使之既能延长和充分发挥零件的最大寿命,又能提高机械设备的使用率,创造最大生产效益。

3) 改善维修

为消除设计、制造、安装等先天性缺陷和频发故障,从根本上消除引发故障的因素,对机械设备局部结构和零件设计加以改进,结合修理进行改装,以提高其可靠性和维修性

的措施称为改善维修。

改善维修与技术改造的主要区别是：前者的目的在于改善和提高局部零件的可靠性和维修性，从而降低机械设备的故障率，减少维修时间和费用；后者的目的在于局部补偿机械设备的无形磨损，从而提高机械设备的性能和精度。

2. 事后维修

事后维修又称被动修理，就是对一些生产设备不将其列入预防修理计划，待发生故障后或性能、精度降低到不能满足生产要求时再进行修理。事后维修主要适用于非重点设备，如简单低值设备、利用率低的设备、出现故障停机不影响生产大局的设备。采用事后维修策略可以发挥主要零件的最大效能，获得较好的维修经济性。值得注意的是，事后维修作为一种维修策略，是实际生产过程中行之有效的方式，并不等于对机械设备的运行置之不理，而是要在日常的检查和保养过程中安排必要的检查和保养。

三、机械设备修理类型

修理是机械设备维修工程中的核心环节，其类别是依据修理内容、要求及工作量大小进行划分的，主要有大修、中修、小修、定期检查试验和定期精度调整等类型。

1. 大修

大修是工作量最大的一种有计划的彻底性修理。大修时，对机械设备的全部或大部分结构部件进行解体检查，修复基础件，更换或修复全部不可用的零件，修复、调整电气系统，修复机械设备的附件及翻新外观等，从而全面消除修理前存在的缺陷，恢复机械设备规定的精度和性能。

2. 中修

中修也称项修，即项目修理，它是根据机械设备的结构特点及存在的问题，对技术状态劣化已达不到生产工艺要求的某些零件或部件制定相应的修理内容，并按照结构位置的不同而规定一系列修理项目，按实际需要进行有针对性的修理，恢复所修部分的性能。

煤矿生产中一般每年安排1~2次全矿井停产检修工作，实质上就是集中起来进行全面中修的一种方式。

3. 小修

小修也称日常检修，是维持性修理，不对机械设备进行较全面的检查、清洗和调整，只结合掌握的技术状态信息进行局部拆卸、更换和修复部分失效零件，以保证机械设备正常的工作能力。

以上3种修理类别的工作内容对比见表1-1。

4. 定期检查试验和精度调整

该项工作属于计划修理的范畴，目的是及时掌握设备的技术状态，发现和清除设备隐患以及较小故障，以减少突发故障的发生；有针对性地提出相邻后续计划修理的内容，做好修前准备工作或据此调整修理计划；对关键、重要设备的几何精度进行有计划的定期检查并调整，使其达到或接近规定的精度标准，满足工作要求。

煤矿机械设备的修理采用集中和分散相结合的方式，由矿区（局）机电修配厂、矿机电修配厂和专业检修点分别承担，并逐步推行专业化修理，确保机械设备修理质量和安全经济运行。实行企业内部租赁的机械设备，采取集中管理、集中检修的方法。

矿区(局)机电修配厂一般承担主副井提升机、大型水泵、矿井主要通风机、大型空气压缩机、采煤机、掘进机、钢丝绳芯强力带式输送机、防爆电动机、高压电动机、高压防爆开关和大型变压器等的大修。其余机械设备可由矿机电修配厂承担修理。

表 1-1 机械设备大修、中修、小修工作内容比较

技术要求的类别	大修	中修	小修
拆卸分解程度	全部拆卸分解	针对检修部分拆卸、分解	拆卸检查部分磨损严重的机件和污秽部位
修复范围和程度	修复基础件, 更换或修复主要件、大型件及所有不合格的零件	根据修理项目对修理部分进行修复, 或更换不可用的零件	消除污秽积屑, 调整零件间隙及相对位置, 更换或修复不能使用的零件, 修复达不到完好程度的部位
刮研程度	加工和刮研全部滑动接合面	根据修理项目决定刮研的部位	局部刮研或修补划痕, 刮研碰伤的凹痕, 改善表面状况
精度要求	按大修精度及通用技术标准检查验收	按预定技术要求验收	按设备完好标准验收
表面修饰要求	全部内外打光刮腻子、喷漆, 手柄等零件更新或电镀	补漆或不进行	不进行
试运行	全面试运行	部件试运行	不进行

四、机械设备维修工程设计

为了使机械设备具有较高的维修性, 提高整个维修过程的有效度和降低成本所进行的机械设备维修全过程的整体设计称为机械设备维修工程设计。机械设备维修工程设计应从机械设备结构、维修周期、维修类别及内容、维修技术保障等方面加以考虑。

1. 机械设备结构设计

机械设备结构设计是在设计机械设备时就要考虑的, 并在将来修理某些失效零部件或总成时能在结构上提供便利的条件, 概括起来有以下 5 个方面。

1) 检查、维护的便利性

机械设备总体布局和结构设计应使其各部分易于检查, 便于修理和维护。同时考虑维修的可达性, 即在维修时能够接近维修部位的难易程度。在考虑可达性时要从两方面入手: 一方面要设置便于检查、测试、互换等维修操作的通道, 另一方面要有合适的维修操作空间。

2) 拆装的便利性

结构设计时应为拆装操作提供便利条件, 以提高维修工作的效率, 如合理选择连接形式、采用标准件和通用件等。必要时设置定位装置和标志, 以保证装配相互位置的正确性和易操作性。

3) 修理作业的简单化

主要通过以下手段来保证: 产品结构简单化, 提高零部件的可更换性和互换性, 尽可能采用标准化、通用化的零部件; 采用可调整结构, 如轴向间隙、运动轨迹的调整装置

等。

4) 检查、监测和诊断工作的先进性

随着现代诊断技术的日益成熟,机械设备上的监测装置也越来越完善,因此应考虑设置传感器集中监测的监测点。同时除各种指示仪表外,还可以设置自动报警装置,如显示红灯或蜂鸣器等。这些对维修性结构设计提出了更高、更先进的要求。

5) 无维修设计

无维修设计有两层含义:一是设计一次性使用的零部件,其目标是在使用中不进行维修,如自润滑合金轴承、塑料轴承、自调刹车闸等不需润滑的零部件、不需调整的零部件等;二是使用中能保证其极高的可靠性和安全性,而无须中途维修的设备,如核能设备、航天器等。

2. 维修周期设计

机械零部件中有相当一部分零件的寿命相同或相近,因此可以考虑在一次维修中将寿命相近的零部件同时进行修理,以减少维修次数和重复的拆装工作,从而提高效率。这种依据部分零部件相近寿命期而制订的维修方案称为维修周期设计。

3. 维修类别及内容设计

在机械设备的维修管理中,一般由现场工程师依据机械设备工作要求和现场工作条件确定维修方式和修理类型,建立日检、旬检(或周检)、月检、季检、年检等检修制度,然后编制修理、维修保养周期检查图表,明确检查和修理的内容、时间、参加人员、技术标准等要求等。

4. 维修技术保障设计

维修技术保障设计是指制定各种维修技术文件,并将其作为保障设备按规定进行维修的法定文件。如编写设备使用说明书,编制维修技术指南和维修技术标准,制定维修备件储备指标等。

课题三 可靠性维修

【知识要点】

1. 可靠性与可靠性工程的定义。
2. 可靠性工程的工作步骤。
3. 可靠性维修的目标。

【课程内容】

一、可靠性与可靠性工程的定义

可靠性是指产品在规定的条件下、规定的时间内完成规定功能的能力。产品的可靠性与外界环境对产品功能的需求密切相关。理解产品的可靠性需要从两个角度出发:一是按照产品的层次结构理解可靠性,根据产品各层次特点开展相应的可靠性工作;二是按照产品的全寿命周期理解可靠性,在需求分析、总体设计、分项设计和生产、试验、使用、维修维护等过程都需开展相应的可靠性工作。

衡量系统可靠性的重要指标有保险期、有效性和狭义可靠性。