

实用维修技术



SHIYONG WEIXIU JISHU

一九八二年

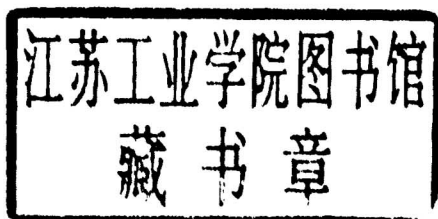
实用维修技术

B. 埃哈玛尔主编

梅思译

俞奎校

(内部资料)



一九八二年

出 版 说 明

本书是联合国工业发展组织在菲律宾马尼拉举办国际设备学习班开设的《可靠性与维修》(RELIABILITY AND MAINTENANCE)课程的第一部分,参加编写的均是瑞典埃哈玛尔咨询公司的工程师。由于作者着重于从总结经验入手,选材比较注意适用性和实用性,在编写方法上又力求简明扼要,每章还附有复习题,总的来说,是编的较好的一本基础教材。因此,我们将它翻译出来。各工业部门在培训设备技术员、工段(班、组)长和技工时,可以作为教材或辅助教材。

由于原书是复印本,有些照片不够清楚,故予略去。为了便于前后呼应,图号均保留原序号,不加更改,顺此说明,并请读者鉴谅!

目 录

第一章	维修工作概论	(1)
1—1	维修的目的和总则.....	(1)
1—2	维修费用.....	(2)
1—3	维修工作循环.....	(3)
1—4	维修部门承担的各类工作.....	(4)
	本章复习测验.....	(5)
第二章	预防维修——状态监测	(6)
2—1	定义.....	(6)
2—2	预防维修的总经济效果.....	(7)
2—3	状态监测.....	(7)
2—4	故障的种类.....	(10)
	本章复习测验.....	(11)
第三章	维修同设计、购置和安装的关系	(12)
3—1	设计.....	(12)
3—2	购置.....	(12)
3—3	安装.....	(13)
	本章复习测验.....	(13)
第四章	状态监测的实际应用	(14)
3—1	主观的和客观的状态监测.....	(14)
4—2	螺纹连接和铆接.....	(16)
4—3	焊接.....	(16)
4—4	压合、热压合和键连接.....	(16)
4—5	齿轮.....	(16)
4—6	皮带传动.....	(19)
4—7	链条和链轮.....	(20)
4—8	联轴节.....	(23)
4—9	制动器.....	(25)
4—10	轴承.....	(25)
4—11	弹簧类机件.....	(28)
4—12	钢丝绳.....	(29)
4—13	管道和阀门.....	(30)

4—14	热交换器	(32)
4—15	泵	(34)
4—16	往复式压缩机	(36)
4—17	柴油发动机	(38)
	本章复习测验	(40)
第五章	状态监测用的工具和仪器	(41)
5—1	厚度测量	(41)
5—2	覆层厚度的测量方法	(41)
5—3	裂纹探测	(41)
5—4	裂纹深度的测量	(44)
5—5	泄漏检测	(44)
5—6	温度测量	(46)
5—7	目视检查用的仪器	(49)
5—8	振动测量	(50)
5—9	滚柱轴承的振动脉冲测量	(52)
5—10	频闪观测仪	(52)
5—11	诊听器	(53)
	本章复习测验	(53)
第六章	维修工作的实施	(57)
6—1	维修工作的准备和计划	(57)
6—2	作业指导书	(57)
6—3	确定故障部位的方法	(70)
6—4	报告制度和结果分析	(70)
	本章复习测验	(74)
第七章	维修工作的各种系统	(75)
7—1	由人工编制计划和分析维修工作的系统	(75)
7—2	电子计算机化的预防维修系统	(77)
7—3	工作命令系统	(83)
7—4	设备登记系统	(85)
7—5	备件系统	(87)
	本章复习测验	(92)

第一章 维修工作概论

1—1 维修的目的和总则

只要使用技术装备，就需要这样或那样的维修工作。

维修的程度可以有所不同，但是，如果不进行任何的维修，那么，任何机器都不可能无限期地使用下去。

如果停止了维修工作，故障迟早就会发生。从经济和安全的观点来看，正确地进行维修工作是很重要的。过份的维修会造成不必要的开支，而维修不足则会导致事故及生产损失和高昂的修理费用。

目的 在任何情况下，组织维修工作时都应能以最低的费用使设备具有应达到的可靠性和安全性。维修的目的可简明地表述如下：

以最低费用保证充分的使用可靠性和人身安全。

优化 换言之，维修的目的在于达到最优的使用可靠性和安全性，也就是尽可能以最低的费用达到既可靠又安全的使用状况。

为了达到这个目的，需要采取若干相应的措施，其中某些措施将在本节内予以阐述。

计划 适当的计划有利于使每项作业的及时完成得到可靠的保证。同时，为了使备件、工具和人员得到有效的使用，也有必要作出适当的计划。

经验的利用 采取系统的方法也将保证经验得到充分的利用。为此，建议对每次故障作出记录。这些记录资料在以后将成为下一步安排计划的依据。

设计的改进 通过更改设计来减少所需的维修工作量，并使维修工作便于进行。也可以通过改善润滑材料和机器的安装等方法来达到这一目的。

维修需要的减少 合理的维修应以使维修所需的各种资源减少到最低限度为前提。

减少资金的损失 完善的维修工作能有助于减少资金损失，也就是，设备和材料的有效利用价值可以得到保证。

延长寿命 适当的维修工作还可以延长设备的寿命。其结果，公司当局就可以将本来必须用于购买新设备的资金另行安排使用。

增加收入 在一个部门内，进行维修工作所采用的方法是极为重要的。适当的维修工作有助于提高使用的可靠性，从而使生产效率得以提高。这也就意味着收入有了增加。

在多数领域内，由于更好地利用了经验，改进了计划方法，改进了设计和采用了合适的检查方法，可以使所需的维修工作量得以减少。

降低成本 如果维修工作所需的工时减少，且耗用的材料减省，公司的成本也就得以降低。

增加盈利 可以说，公司的盈利在一定程度上要取决于维修工作的实施方法。

积极的附带效益 正确的维修工作并非只在经济方面有积极的意义。它还会产生一些可贵的附带效益，诸如工作条件的改善，人身安全的保证和工作强度的降低。正确的维修工作

还将有助于节约能源，这在目前来说是至关重要的。

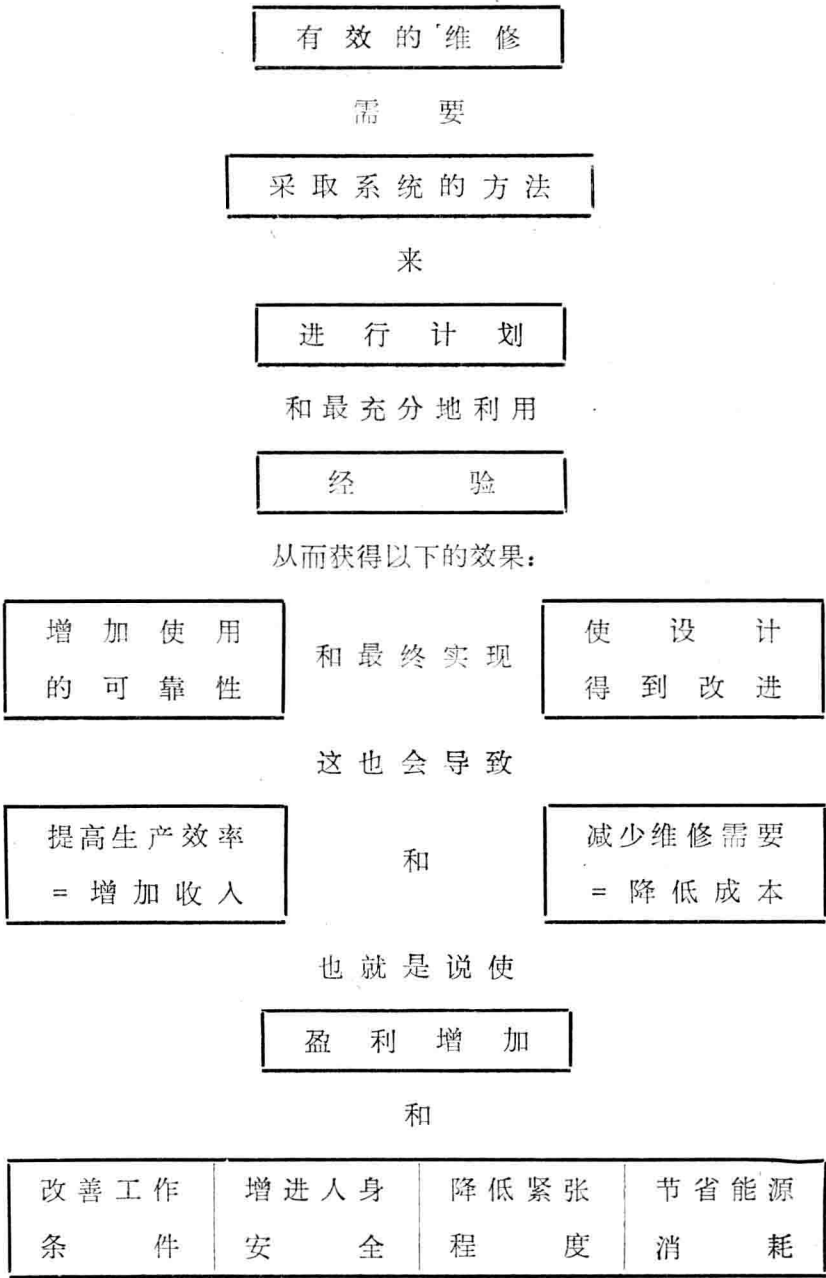


图 1—1

1—2 维修费用

在不同的部门，对哪些费用应该列为维修费用可能有不同的观点。一般说来，以下各类费用应列入维修费用项目：

工资费用 进行维修工作的职工的工资费用。

材料费用 润滑油、油漆、密封材料和与维修工作有关的其它常用材料的费用。

管理费用 为达到维修目的所需的各项管理费用，如安装和服务系统的费用、分析（调研）系统的费用等。

房屋和设备的费用 维修部门所用的房屋、设备和器械等的费用。

外委任务费用 外委任务费用，即由外部（人员和公司）进行的工作的费用。

改革费用 各项改革费用，即目的在于减少、简化或免除维修工作的各项改革的费用。

直接维修费用 以上各项便是通常所说的维修费用或直接维修费用。

间接维修费用 因维修工作引起的设备停工所造成的收入损失等常常被列为间接维修费用。在某些情况下，故障会造成巨大的损失，特别在连续生产的工业部门和航运业中尤其如此。如果一般比较大的油船停运一天，费用损失的总额会超过 10,000 英镑。如果一台造纸机因故障停机，每小时损失甚至 would 超过 1000 英镑。此外，故障常常会造成高昂的修理费用。有时为了解决一个比较简单的故障，也可能需要在较大的范围内进行拆卸。

1—3 维修工作循环

对维修工作作出规划时，应能保证组织机构、各种系统和实施方法都具有良好的效能。

图 1—2 以通俗易懂的方式表示出了在完成全部维修工作时所应遵循的工作循环。

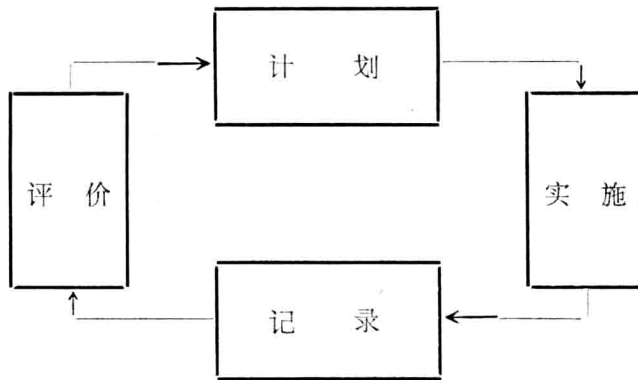


图 1—2 维修工作循环

这种工作循环适用于所有的情况，但应坚持这样一个前提，即：计划、实施、记录和评价的方法可以因情况不同而有所不同。

计划 在一个公司中，其维修工作之所以缺乏系统性，常常是因为计划不适当或者完全没有计划。维修工作是在不可避免的情况下才去进行，而且往往以紧急修理的形式出现。然而从长期的观点来看，这种维修方式的费用是很高的。这种修理工作所造成的费用比预防维修的费用要高，部分的原因是由于在这种情况下不可能确定在什么时候应该进行某项适当的作业。此外，比起预防性措施来，修理的工作量总是要大得多，而采取预防措施后，有些修理工作就可避免。还有，修理时常常需要高价聘请一些专家或由公司自己的技术人员加班赶

修。当然，不可避免地还要有生产停工造成的费用损失。减少这类费用损失的途径之一在于系统地对预防维修进行计划安排，正确的计划可以使维修工作在时间安排上最为有利，并且考虑到工闲期和其它各种因素，以保证获得最高的效率。顺便指出，孤立地编制预防维修计划的做法是不适当的。事实上，编制计划时需要同影响维修的所有各个方面结合起来进行考虑，如新设备的购置，修理，人员的补充，备件和消耗品的储备情况等。

实施 制定计划是为了保证维修工作得以实施。但是，必然会出现一些需要立即完成的紧急修理任务，然而，即使在这种情况下，开始动手修理之前先作出工作计划也是明智的做法。如果为修理工作做好了充分的准备，也就是准备好了必需的工具、修理工艺、图纸等等，就常常可以用较好的方法和较低的费用来完成修理工作。

记录 任何一个管理工作做得很好的维修部门，都应该有一个记载经验的制度(系统)。维修部门应该能提供这样一些记录：能说明通过维修完成了哪些工作、它是在什么时候完成的和由谁完成的。这些记录还应该说明在完成工作时用了多长的时间，并且应该有说明各种详情的注解，这对于今后的维修工作来说可能是很重要的。

评价 通过对以前维修工作记录的评价或分析，就可以按实际需要对工作计划加以调整。即使是对于新的工程项目，为了保证新设备便于维护保养，对这些记录资料也是值得进行研究的。

小结 每一个维修工作循环都会提供新的经验，它可以供计划阶段作参考。如果做到了这一点，那么维修工作就可以实现其总目标：“以最少的费用保证充分的使用可靠性和人身安全”。

1—4 维修部门承担的各类工作

在任何维修部门中，都要进行许多种不同的工作，而这些工作都是相互依赖的，因此必须加以协调。同维修有关的各种工作有：

管理工作

预防维修

改善维修

改装

更换(更新)

管理工作 每个维修部门都需要进行一些管理工作，这是合理的。在仅仅使用简单设备的地方，其管理工作可能也会简单一些。然而，在使用复杂设备的工厂中，由于从经济和安全观点来看，维修工作都十分重要，因此，在这种情况下，管理工作是既十分繁重而又极其复杂的。

维修管理的职能在于对维修部门的各种制度(系统)进行规划并有效地付诸实施。

下面是维修部门常用的几种制度(系统)：机械设备记录、备件、预防维修和工作程序等。

在许多情况下，维修部门发展水平较高的一些公司还设有对各项不同的作业活动进行技术和经济分析的系统。维修部门还承担购置备件、各种消耗品和外委服务的工作。

预防维修 预防维修包括所有各种计划内的维修工作，或所有各种目的在于预防故障或在可能发生任何严重损坏之前发现早期故障的全部措施。

改善维修 即使已经建立起充分发展的维修制度，但总会有采取某些改善性措施的需要。“改善维修”*这一术语指的是以消除故障为目的的任何工作。

改装 在许多情况下，为了使生产设备适应当前的需要，必须进行一些改装工作。

改装设备的目的也还在于减少对维修的需要，或者为了便于进行维修作业。改装工作常常是由公司的维修部门来进行的。

更新 为了使公司所属的工厂保持生产效能和具有竞争能力，必须不断地对设备进行更新。这是维修部门根据需要必须进行的另一个方面的正常工作。

本章复习测验

- 1、维修的目的是什么？
- 2、过份的维修有什么缺点？
- 3、维修不足的后果是什么？
- 4、举出若干例子，说明怎样可使维修工作合理化？
- 5、举出若干例子，说明维修工作是怎样影响公司盈利的？
- 6、列举出计划性良好的维修工作附带产生的一些积极效益？
- 7、举出一些例子，说明怎样才可减少维修的需要？
- 8、举出直接维修费用的一些例子？
- 9、说明什么是维修工作循环？
- 10、指出通过有计划的预防维修可以减少哪些不利因素？
- 11、指出在进行维修工作时应记录哪些详细要点，并说明为什么这样做是必要的？
- 12、指出大型公司中维修管理工作所包括的各类工作？

* 在欧美国家实施的 PM 中，“改善维修”相当于我国所说的事后修理，它同日本 TPM 中的“改善维修”的含义是不同的——译注。

第二章 预防维修—状态监测

2—1 定义

维修工作大致上可以分成两个主要的类别，即预防维修和改善维修（图 2—1）。

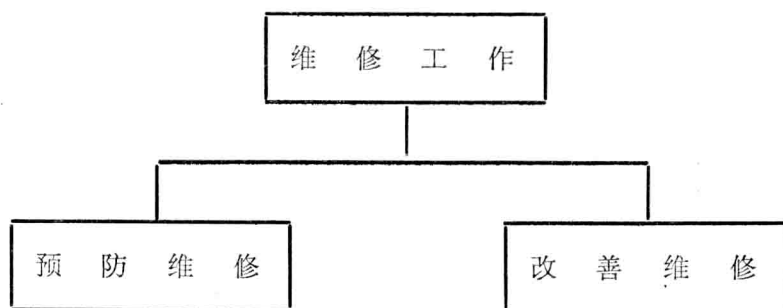


图 2—1

预防维修 预防维修的含义是指目的在于发现潜在故障或预防故障发展的各种措施。

改善维修 改善维修一词的含义是指目的在于消除故障而采取的各种措施，也就是，将损坏的设备修复到能够正常使用的状态。改善维修还常被称之为“修理作业”。

预防维修又可再分为两个主要类别，即：直接预防维修和间接预防维修（图 2—2）。

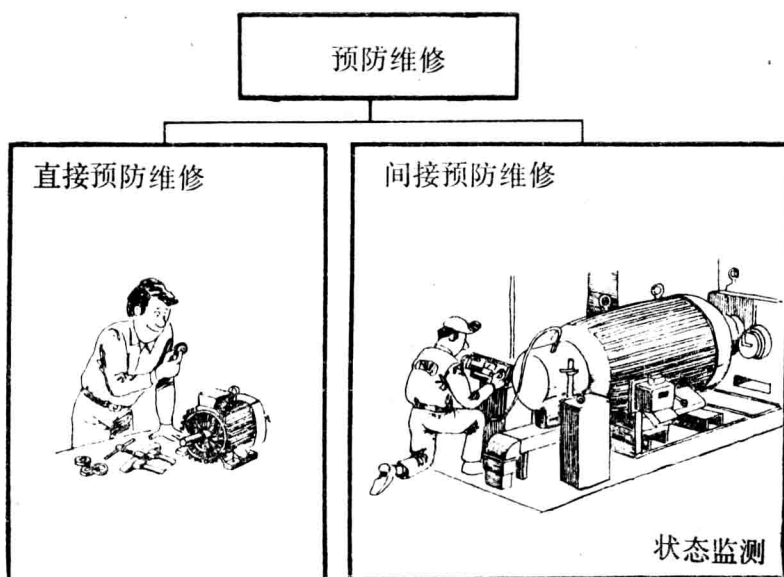


图 2—2

直接预防维修 直接预防维修指的是所有各种以防止设备故障发展为目的的措施。直接

预防维修的例子为清洗、润滑、有计划的换件和更新。直接预防维修经常是在一定的作业时数或日历月数之后进行的。

间接预防维修 间接预防维修或状态监测两名词概括了目的在于确定是否需要采取直接预防措施抑或进行修理的所有各种作业。

间 接 预 防 维 修 的 例 子	直 接 预 防 维 修 的 例 子
测定滚珠轴承的振动脉冲量	更 换 滚 珠 轴 承
测 定 滚 珠 轴 承 的 间 隙 量	调 整 轴 承 的 间 隙 量
绘制柴油发动机的工作循环图	大 修 活 塞

图 2 — 3

工作情况测试和程序测试也属于间接的预防维修。
由于常常不需要停下机器和进行花费巨大的拆卸工作就能进行检查，因此，最好使维修工作建立在状态监测的基础之上。因此，直接预防维修应该同各种不同的检查紧密地结合在一起进行。

2 — 2 预防维修的总经济效果

增加预防维修的结果应能使故障停机造成的修理费用和生产损失得以减少。虽然增加预防维修工作会使劳务、材料和设备的费用上升，但在某种程度上，这种费用的增高必然会从修理费用和生产损失的减少中得到补偿。如果预防维修的作业安排得不当或过多，以至于达到了设备必须额外停工的程度，这样，就会因产量降低而造成损失。

图 2 — 4 表明增加预防维修对总的经济效果会产生怎样的影响。
由此可见，如果实施了过多的预防维修，总的效果就会下降。因此，必须承认应该有一定数量的改善修理，以使维修工作在经济上保持合理。

但是，在某些工业部门中，例如飞机制造业，由于考虑到涉及人身的安全，所以预防维修的严格程度必须远远超出于技术和经济上的合理程度。合理的作法是：在任何类型的活动中都必须考虑到安全问题，尽管其程度会有所不同。

2 — 3 状态监测

在许多公司中，通常实行的是“定期预防维修”，也就是，维修工作主要包括各种已编入计划的直接措施。这样做的结果，常常是在确实需要之前已经采取了行动。不管设备的固有可靠性如何，换件等工作在毫无实际需要的情况下进行得过于频繁。在另外的情况下，完全没有进行基本的预防维修，因而不能充分地早期发现各种处于萌芽状态的故障以防止突发故障。在许多情况下，这些问题可以通过状态监测来解决。下面的例子将说明这一点：

对滚珠和滚柱轴承的可靠性进行检查的结果表明，它们的使用寿命有着相当大的差别。
为了进行测试，将若干滚珠轴承安排在相同的条件下使用。经过一定的时间以后，10%的轴承损坏了。但是，最后一个轴承损坏时其使用寿命却比其它的要长25倍。如果在实施预

防维修的过程中，经过一定时间以后，当10%的轴承出现损坏的趋势时将全部滚珠轴承都更换掉，那末，其余90%轴承的剩余寿命就会被浪费掉。

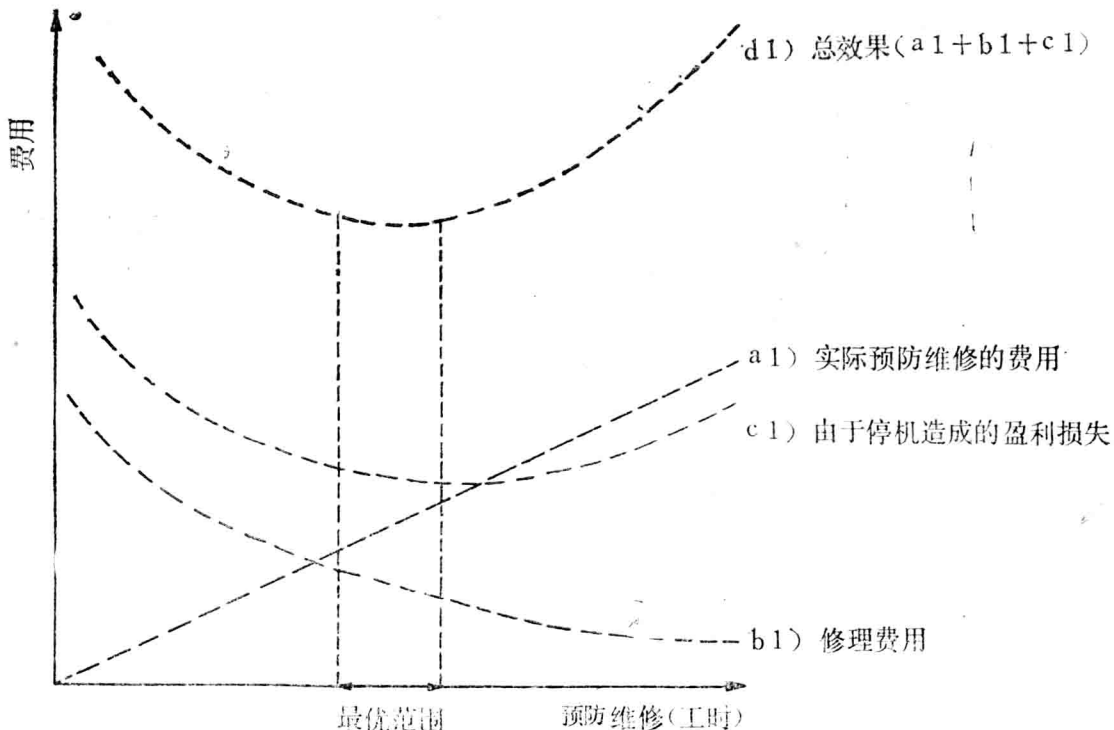
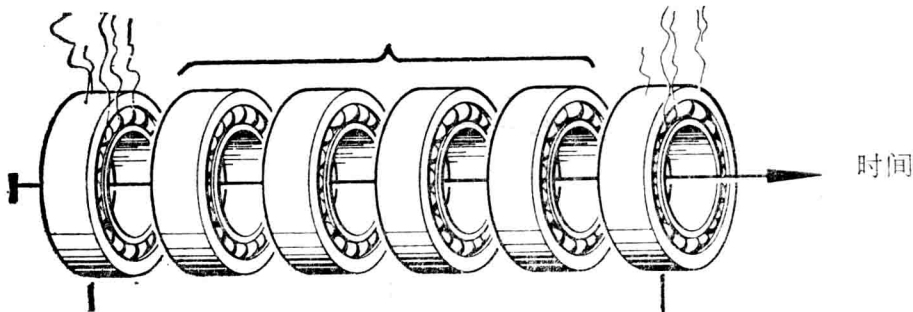


图 2—4 预防维修和改善维修的百分比应保证总的效果尽可能良好

虽然90%的轴承将被过早地更换掉，但仍然会发生意想不到的轴承故障。另一方面，如果能在运转中通过不断的检查把每个轴承的状态彻底查明，因而只在被证明为适当的时候才进行更换，那么，我们就可以取得以下的成效：

1. 更换较少的轴承。
2. 减少轴承的消耗量。
3. 提高使用的可靠性。
4. 减少为更换轴承所需的计划停机时间。

经过定额使用期以后更换下来的最后一批轴承的剩余寿命



额定使用期全部轴承中的 10% 损坏

最后几个轴承到此时才损坏，其寿命之长为
图 2—5 额定使用期的 25 倍

——= 根据状态监测的预防维修	---= 常规的定期预防维修
(d ₁) 实行预防维修而不采取状态监测时的总效果 (a ₁ + b ₁ + c ₁)	(d ₂) 实行预防维修和状态监测时的总效果 (a ₂ + b ₂ + c ₂)
(a ₁) 不采取状态监测时的实际预防维修费用	(c ₁) 设备停工造成的盈利损失, 不采取状态监测的预防维修
(a ₂) 采取状态监测的预防维修费用	(c ₂) 采取状态监测情况下由于设备停工造成的盈利损失
(b ₁) 实行预防维修、但不采取状态监测时的修理费用	(b ₂) 实行预防维修和状态监测时的修理费用
(A) 采取状态监测的预防维修所能产生的最佳总效果(工时)	(B) 不采取状态监测的预防维修所能产生出的最佳总效果(工时)

实际预防维修的费用(曲线 a_2) 如果我们假设:作检查的预防维修所用的工时数同原

来不作检查的预防维修的工时数一样，那么，作检查的预防维修的实施费用就比较低，因为由于进行拆卸作业的次数减少，材料的耗用量会因此而减少。

修理费用（曲线 b_2 ） 当采取检查法时，修理费用，即改善维修的费用会是较低的，因为各种故障可以早期充分地测出，以防止随后造成重大损坏。

由于工厂停工造成的收入损失（曲线 c_2 ） 通过检查，可以排除早期故障而避免生产损失。

同样地，和直接预防维修相比，所需的拆卸次数减少。其结果，由于工作失误而造成停工的危险性减少。

由于检查工作常常可以在运转中进行，因此，同定期预防维修相比，减少了为检查而额外停机的需要。

总效果（曲线 d_2 ） 如果从预防维修的角度着眼更多地使用检查方法，其结果可使总的经济效果得到改善，也就是使预防维修费用、修理费用和计划内停工造成的收益损失的总额减少。

2—4 故障的种类

实施检查可以带来许多重要的有利条件，但是也应该记住，许多故障会在不同的情况下发生，或者其发展情况是无法通过检查在早期能完全检测出来的。

偶发故障 故障可以分为偶发的和规律性的。偶发故障是在毫无规则的情况下发生的，因而它们是不可能预知的。例如，由于意料之外的超负荷，就可能造成偶发故障。

可观察到的偶发故障 可观察到的偶发故障的发展过程要有一定的时间，假如检查的间隔时间比这个时间短，那么，上述的这些故障常常是可以通过检查发现出来的。如果形成故障的发展时间很短，那么，对于各种重要的部件，最好采取连续性的监测。

不能观察到的偶发故障 不能观察到的偶发故障并经过一定的发展阶段，因此，它不可能通过检查测出。为了防止今后重新发生这些故障，可做的只有一件事情：必须对这些故障作出记录，并且必须对故障的原因作进一步的分析，以便改进有关机器的设计和装配情况。产生不能观察到的偶发故障的原因可能是由于材料有缺陷、控制失灵、丢失部件等等。

规律性故障 各种规律性故障是按照已知顺序和/或可记录的顺序分阶段地发展产生的。发生的原因可能是由于磨损，或者由于干燥、结晶和其它原因而造成的材料变质。

规律性的故障也可以划分为能观察到的和不能观察到的两类。

能观察到的规律性故障 能观察到的规律性故障可以通过检查测出，因为保证先后两次检查的间隔时间不致过长是可能做到的，检查的间隔期要根据故障的发展时间来定。能观察到的规律性故障的例子有：泵的叶轮和密封圈磨损，压缩机阀门和发动机汽缸磨损等。但是，按绝对规律性的方式发展的故障是比较少见的。归根到底，即使是规律性的、可观察到的故障，也还会受到各种变化因素的影响，如润滑油、燃油和杂质等的影响。

不能观察到的规律性故障 不能观察到的规律性故障只能通过有计划的更换或修理来预防。

图 2—7 以简单的方式表明各种类型的故障和相应的措施。

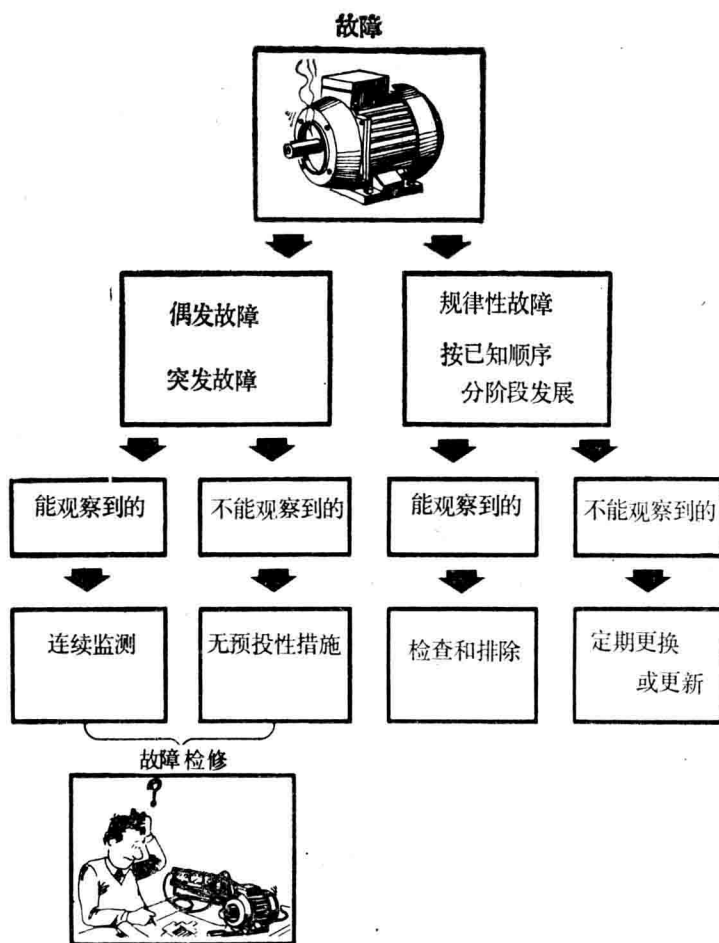


图 2—7

本章复习测验

- 1、为什么预防维修过多，以致完全不需要改善维修的做法是不适当的？
- 2、预防维修对加班工时数有什么影响？
- 3、试述检查与直接维修措施之间的差别？
- 4、为什么预防维修应该以检查为依据？
- 5、为什么以检查为依据的预防维修的总经济效果比定期预防维修要好？
- 6、为了防止重大的损坏，遇有能观察到的偶发故障时应采取哪些措施？
- 7、从长期观点来看，为了防止发生不能观察的偶发故障应采取哪些措施？

注：图 2—7 中“无预投性措施”应是“无预防性措施”，因已制版，无法改正，特此更正。

第三章 维修同设计、购置和安装的关系

3—1 设计

严格地讲，维修是在设计阶段从图板上开始的。如果设计者有机会了解同类设备的过去的维修经验，或者对正在设计中的设备的维修具有实际的经验，那么，在减少所需的维修工作量和便于实施必须进行的维修工作等方面，他是可以有所作为的。设计者可以为各种零部件选择适当的材料和尺寸，从而保证设备能够承受全部预计的应力。他还能保证设备在进行预防维修和修理工作时能够方便地进行拆卸。

维修的适宜性 设备的维修适宜性，即它的故障指示设施、设备的易于修复性和维修的方便性，这些是在设计阶段就决定了的。对于设计者来说，为了使设备的检查便于进行，了解检查的方法和这些方法的基本原理是很重要的。早在设计阶段，许多机器设备就考虑了可以使用检测手段的问题，如滚珠轴承跳动量的测量点，检查孔口，测试器械的导出口等。遗憾的是，许多设计人员往往缺乏维修的经验。如果设计者对各种有关问题能够有更好的理解，那么，大量的问题就可以避免。

反馈系统 对于一台设备的制造者来说，很少能运用某种反馈系统将使用和维修的经验加以利用。其结果，设计一台设备时就常常不能从维修的观点作出最好的设计。另一方面，从便于收集有关经验的角度来说，设备使用者处于比较有利的地位。为了充分利用这些经验，许多公司，特别是一些航运公司，现在已经运用了有效的反馈系统。

3—2 购置

在购置设备时，考虑设备的维修特点是很重要的。当使用到一定的时候，事实会证明：需要大量维修的廉价设备会比需要少量维修的高价设备花费更大。

设备整个使用期的费用 总的来说，购置费用只不过是涉及设备购置的各项费用中的一个构成部分。实际上需要支付的却是整个设备使用期的各种费用，也就是，购入价加上设备整个使用期间的各种维修费用。

图3—1上的特性曲线表明从购置到报废为止的费用动态。

易于维护的设备的购置费可能高些，但是，一俟试车的问题解决之后，长时期内维修费用将是低的。此外，设备的有效寿命在某种程度上取决于设备的维护是否方便。如果维修起来很困难，试车发生的问题解决起来就会比较麻烦，而设备整个使用期的维修费用也会比设计得较好的设备为高。

如果对类似设备的使用经验有记录可查，那么，在设备的购置阶段就较易于作出合理的决策。但是，由于技术的迅速发展，常常会发生这样的情况，即购置的设备十分新颖，还没有经验可资利用。不过，在决定购置一台新设备之前，去请教在理论和实际方面对维修问题