

目 录

第一部分 化工设备维修和管理

I、瑞典流程工业设备维修管理现状	(3)
一、瑞典工业设备维修发展概况和维修组织.....	(3)
二、瑞典工业设备维修与生产的关系和维修效益.....	(5)
三、维修目标制定和工作安排的原则.....	(7)
四、预防性维修系统.....	(10)
五、维修计划的制定.....	(13)
六、维修效率分析.....	(14)
II、大型联合企业的维修组织与管理	(19)
一、生产类型.....	(19)
二、维修、维护.....	(19)
三、中央控制系统.....	(20)
四、维修用计算机的基本应用领域.....	(20)
五、应用计算机系统的动机.....	(23)
六、建立有效的系统.....	(25)
七、合格人员的分派.....	(33)
八、时间安排和检修前主要任务的确定.....	(34)
九、特殊的准备工作和计划.....	(38)
十、为所做工作建立历史档案.....	(44)
III、化工设备定期保养计划的制定	(46)
一、设备的保全计划.....	(46)
二、定期保养计划的要点.....	(48)
三、塔槽类设备定期保养计划的要点.....	(51)
四、定期保养计划的课题.....	(54)
IV、化工设备的维护管理	(55)
一、泵的维护管理.....	(55)
二、压缩机的维护管理.....	(57)
三、塔槽类的维护管理.....	(65)
四、管式加热炉的维护管理.....	(68)
五、换热器的维护管理.....	(71)
六、配管的维修.....	(74)

第二部分 主要化工设备的检修

I、化工设备定期检查指南	(77)
一、塔槽类	(77)
二、换热器类	(79)
三、加热炉类	(81)
四、冷却装置	(82)
五、加热装置	(84)
六、搅拌装置	(85)
七、输送和压缩装置	(86)
八、备用动力源	(89)
九、计量和控制装置	(91)
十、安全装置	(94)
II、往复式压缩机的维修	(97)
一、压缩机气缸维修	(97)
二、填料维护	(101)
三、气阀破裂	(102)
四、污垢及液体	(104)
五、爆击(敲缸)、噪音及振动	(104)
六、基础、机身、曲轴及主轴承的维护	(105)
七、往复式压缩机零部件大修及修理	(110)
八、往复式压缩机预防性和预知性维修	(117)
III、泵的维护和修理	(119)
一、泵的预防性维修	(119)
二、泵的修理	(120)
三、在维修车间诊断泵和密封问题	(121)
四、推荐的检查规程	(123)
五、零部件检查(检验)	(123)
六、泵的拆卸和装配步骤	(124)
IV、轴承的损坏及其原因	(133)
一、轴承寿命的定义	(133)
二、轴承的运行轨迹图谱及其分析	(134)
三、轴承损伤的类型、原因及防止措施	(140)
V、旧管道的修补方法	(175)
一、运行中管道的修补	(175)
二、停产中管道修补	(178)
三、修补旧管道的注意事项	(180)
VI、采用补贴充填粘接剂的补漏方法	(181)

一、采用修补剂进行施工的优点	(181)
二、修补剂的性质与特性	(181)
三、用修补剂的补漏方法	(183)
四、补修条件与用修补剂进行补修的可行性	(185)
五、修补剂的用途举例	(187)

第三部分 化工设备检修时的安全措施

I、化工设备检修安全措施指南	(191)
一、目的及适用范围	(191)
二、检修工程的安全管理制度	(192)
三、工程准备	(204)
四、动工时和施工中的安全教育	(221)
五、工程的善后处理和试运转	(229)
II、化工设备和管道检修时事故的预防措施	(231)
一、检修时发生事故的原因	(231)
二、设备和管道检修准备和组织时的安全要求	(231)
三、塔、容器、井坑及集管内作业的安全措施	(237)
四、换热设备检修的安全措施	(239)
五、机泵设备检修的安全措施	(240)
六、贮槽和气柜的检修的安全措施	(241)
七、管道检修的安全措施	(242)

第四部分 化工设备维护、管理新技术

I、用计算机管理维修	(247)
II、计算机维修管理为化学工业提供了额外收益	(250)
一、计算机终端屏幕	(250)
二、计算机化管理	(250)
三、机型选择	(251)
III、用于维修、库存、采购的计划和管理的微型计算机系统——IDHAMMAR系统 (单用户型)	(253)
一、计算机硬件	(253)
二、软件——一般应用程序	(254)
三、软件——系统结构	(254)
四、库存清单模块	(254)
五、预防性维修	(261)
六、工作计划	(262)
七、维修管理系统	(263)

八、结束语	(264)
Ⅲ、诊断换热器的新方法	(265)
一、极值分析法诊断换热器	(265)
二、非磁性体管件的腐蚀诊断	(269)
三、管件沟状腐蚀的检查方法	(270)
Ⅳ、利用腐蚀试验法诊断设备	(272)
一、腐蚀试验方法	(272)
二、腐蚀生成物(锈皮)的分析方法	(274)
三、聚合装置的腐蚀诊断事例	(275)
Ⅴ、利用腐蚀监视诊断设备	(277)
一、腐蚀监视的内容	(277)
二、电化学腐蚀试验方法的确定	(280)
三、在装置上腐蚀监视事例	(282)
Ⅵ、氯气环境下的压缩机诊断	(284)
一、氯气精制工序概要	(284)
二、压缩机诊断方法	(286)
Ⅶ、化工设备涂层及表面处理技术	(290)
一、涂层	(290)
(一) 耐热涂料	(291)
(二) 耐化学品涂料	(297)
(三) 耐油性、耐溶剂性涂料	(300)
(四) 耐水性涂料	(305)
(五) 耐蚀涂料	(306)
(六) 化工气柜防腐用涂料	(315)
(七) 涂装技术的发展	(316)
二、衬里	(318)
(一) 橡胶衬里	(318)
(二) 有机树脂材料衬里	(321)

第 一 部 分

化工设备维修和管理

瑞典流程工业设备维修管理现状

化工部生产综合司 王治方

为了学习和借鉴工业先进国家设备管理与维修技术方面的经验,推进我国设备管理的现代化,适应四化建设的需要,中国企业管理协会与中国设备管理协会,应瑞典管理集团(The Swedish Management Group)的邀请,经国家经委批准,由中国设备管理协会具体筹备,组成了以流程工业为主体,有十五个单位十六人参加的赴瑞典工业设备管理维修学习考察团(其中化工系统一人)。代表团自1987年1月12日至3月20日在瑞典各地进行了为期十周的学习与考察,对瑞典流程工业中设备维修的现状、特点与发展趋势有了比较系统的了解。瑞典的有关经验对于改进我国设备管理有许多值得借鉴的地方。现将考察的主要情况汇报如下:

一、瑞典工业设备维修发展概况和维修组织

维修是一个最老的行业之一,自人类进行生产使用工具时,就有维修。但是为什么要进行维修,应如何经济合理地进行维修,很少有人进行研究。维修科学化大约只有50年的历史,而生产计划的科学化确有150年的历史。维修科学管理的进一步发展,即设备可靠性、维修性以及后勤工程学的提出,也只有20年的历史。因此,对维修科学化来讲,它又是一门年轻的工程科学。

维修在瑞典近几千年的发展情况:

1950年:只有机器的修理,坏了才修。没有维护保养的措施。(repair of machine)。

1960年:不仅进行设备的修理,而且还有维护保养的措施。(maintenance of equipment)。

1970年:考虑工厂设备的可靠性。(reliability of plants)。

1980年:追求某项功能的可利用率。(Availability of functions)。

现代科学技术的发展,设备自动化程度的提高,过去由生产人员所做的工作逐渐由电子计算机和自动装置来完成。这种发展趋势是生产人员虽然减少了,但是维修人员都需要增加。维修人员不仅要在数量上增加,而且在技术上能适应新设备维修的要求,维修人员要比生产人员需要更多的培训。据这次考察的流程工业厂家的统计,维修人员一般占全厂总人数的三分之一左右。

今后工业维修,由于防污染等有关法规的规定,对维修将会有更多的要求和限制;新装置的投产虽然减少了生产人员,确需要更多的新技术、新的控制方法和新的软件维修服务;更多高能设备的使用,必须出现许多专门的维修服务公司。为适应这种发展需要,对维修人员和组织提出了新的要求,一是具有应变的能力,二是知识需要不断更新,三是要建立一个高效的组织机构。

瑞典流程工业维修组织的特点是集中化,把所有的维修资源集中;其次是为了克服集中组织维修的缺点,发挥分散组织维修的优点,把机械、电气、仪表等大工种的维修按照生产

区域和工作特点分成若干工段（组），并给以一定权利，使之能够及时地与生产部门工长进行生产与维修任务的协调。维修计划是根据设备在生产中的重要程度分别由维修经理、维修工程师和维修工长制定。

Supra 化肥厂的组织机构如图 1 所示。该工厂是在总经理领导下，分成若干既是有机联系，又是相对独立的部门。各部门经理每季度向总经理交一份报告（工作进度、财政预算执行情况等）。总经理每月召开一次各部门经理参加的投资会议和月度生产会议。每年还有两次（每次两天）召集各部门经理参加的会议，讨论工厂发展等有关重大问题。

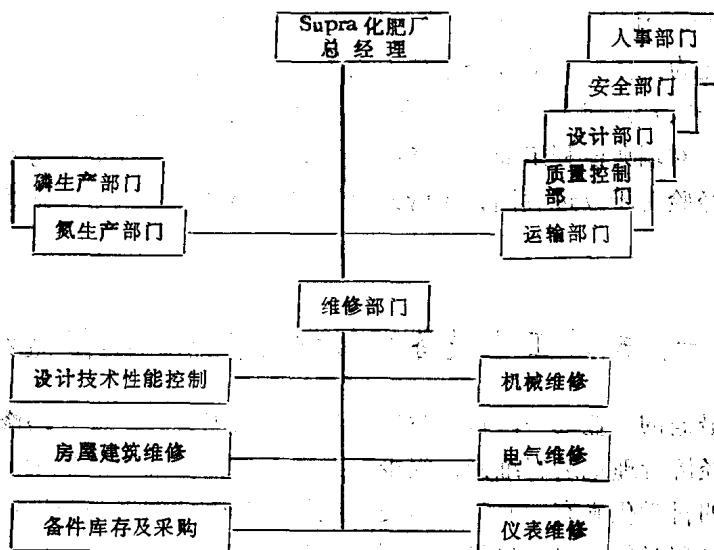


图 1 Supra 化肥厂组织机构

Supra 化肥厂维修部门是在工厂总经理领导下的一个重要部门之一。维修经理由工厂副总经理（全厂只有一名）兼任。维修系统人员为 138.5 人，约占全厂总人数的三分之一，其中工人 104.5 人，工程师 24 人，工长 11 人。

该厂维修部门人员配置情况：

机械维修有工人 72 人，5 名工长，一名工程师。人员分工和主要任务如图 2 所示。

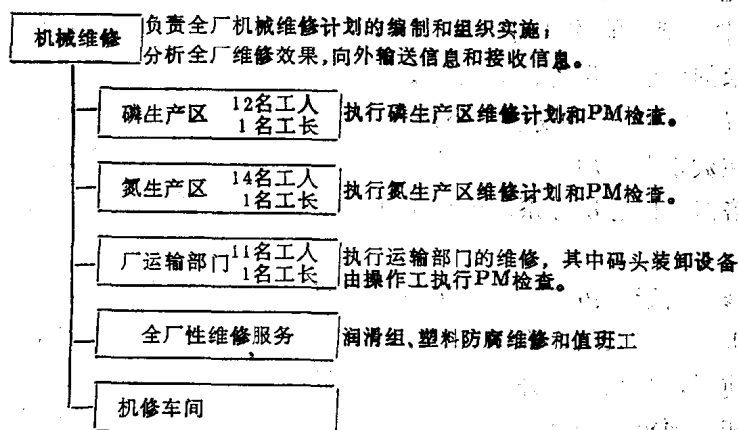


图 2 机械维修人员分工和任务

电气维修有 12 名工人，2 名工长，1 名工程师。仪表维修有 12 名工人，1 名领班，1 名工程师。电气、仪表维修的分工和任务与机械维修大致相同，只是晚上和假日不值班。

设备技术性能控制 (PM)：有工程师 1 名，助理工程师 1 名，工长 1 名，两名工人和 1 名女秘书。它们的任务：一是编制设备检查计划，路线以及检查程序。检查任务由各生产区的机械维修工轮流执行。二是分析设备性能。三是对有关当局要求进行设备检查（自检或外包检查）的情况汇总和报告。

房屋维修只有一名工程师。他负责编制近期和长远的房屋维修和投资计划。如果有重大投资计划就请外边人员帮助规划。施工外包给有关土建施工队伍。

备件库存和采购。1 名负责人（兼管全厂维修管理的计算机工作），2 名仓库保管员（1 名工程师负责技术工作，一名负责一般工作），1 名女秘书，1 名工长负责机组号，1 名工长管理仓库，仓库还有 6.5 名工人。

二、瑞典工业设备维修与生产的关系和维修效益

1. 维修与生产的关系。

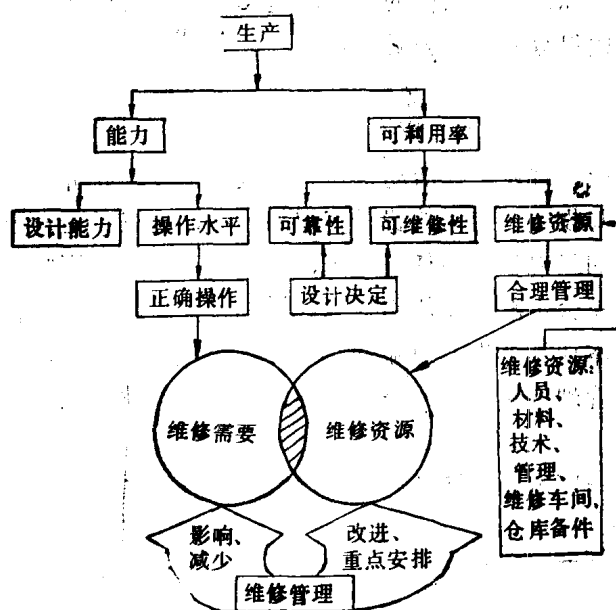


图 3 生产与维修关系 (一)

如图 3 所示，随着科学技术的发展，生产部门对维修的需要和维修部门控制的维修资源界限很难划清，需要共同努力才能取得良好的经济效果。同时，还要不断提高维修管理水平，增加对维修需要的影响度。

过去生产人员和维修人员用不同的语言进行交谈，因为生产人员的数目大大超过维修人员，所以维修得不到生产人员的充分地理解。近来，通过生产和维修关系的分析，寻求共同语言，即追求企业最佳经济效益。使之得到生产人员对维修的支持。

图 4 是从另一角度说明生产与维修的关系。维修是为生产服务的，维修的效果都要从生产中反映出来。维修的技术诀窍和专门知识的阀门打开了，会直接增加生产的效果。生产离不开维修，生产效果中包含维修的成果。

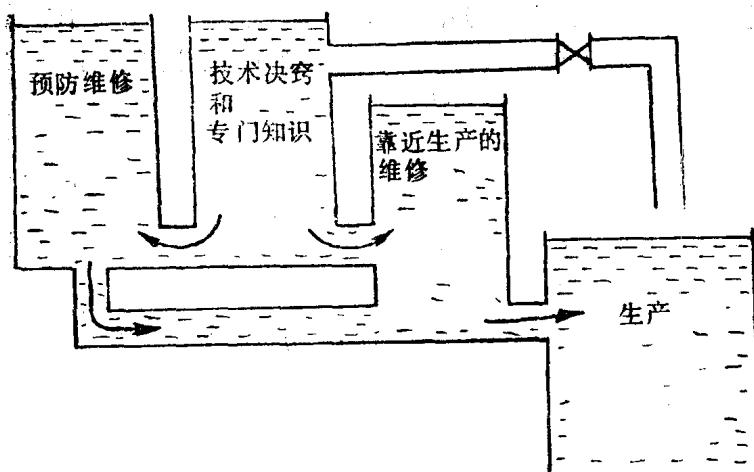


图 4 生产与维修的关系

2. 维修效益

人们在社会上不管你从事什么样的工作，是农民或是工程师，都是为了寻求一个结果，就是投入一定成本，取得盈利。其公式是：

$$\text{结果} = \frac{\text{盈利}}{\text{成本}}$$

维修工作也是如此，维修一切活动都是为了提高企业的经济效益。

维修经济效益是与投资、使用的费用密切相关的，这三者是一个不可分割的系统，不能忽视其中任何一项。如果忽视其中任何一项，生产将受到很大影响，甚至影响生产正常进行。过份压低投资，将会影响设备使用效果，增加维修费用，使设备寿命周期效益降低。买来设备不使用，就根本谈不上生产效益问题。对大多数设备来说，维修将是一个不可缺少的环节。因此，在设备管理中应追求一个良好的寿命周期效益（图 5）。这比寿命周期费用更为全面。

维修效益好像是一座冰山（图 6 所示），表面上（浮在水面上）所花费的维修费用，容

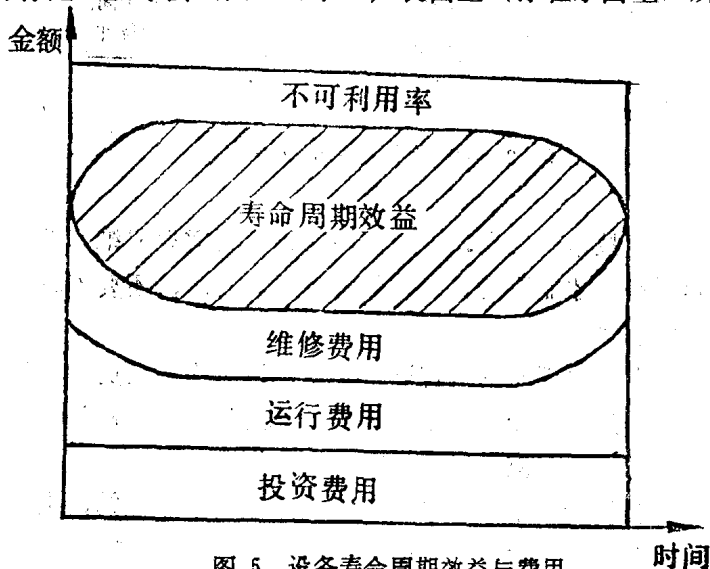


图 5 设备寿命周期效益与费用

易被人们看见。但是，如果维修管理不善造成的各种损失（淹没在水里的）往往看不见。因此，如何计算维修经济效益，需要进一步研究。

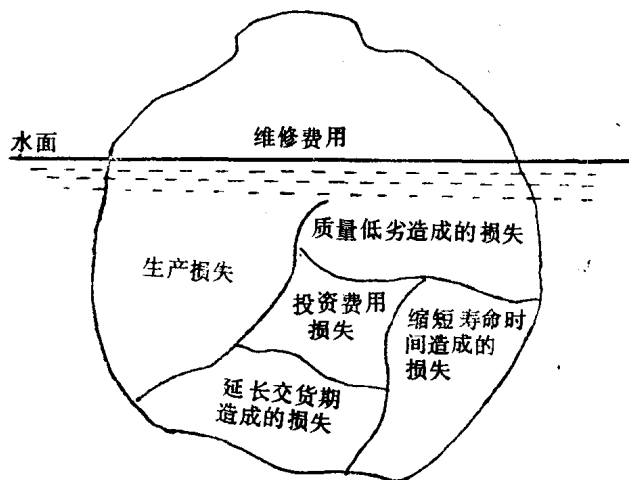


图 6 维修冰山

三、维修目标制定和工作安排的原则

1. 维修目标制定原则和 Supra 化肥厂的实践

(1) 维修工作计划的目标。在作计划时，应使工作均衡，尽最大努力，把维修工作均衡地分配在全年各段时间里。

(2) 维修准备的目标。在作计划时，要把已知的工作安排在前期完成，集中力量把该做的事提前干完，以预防突然事件的发生。

(3) 维修管理的目标。为了改善各级维修管理部门的效能，应不断扩大维修管理类型和条件。

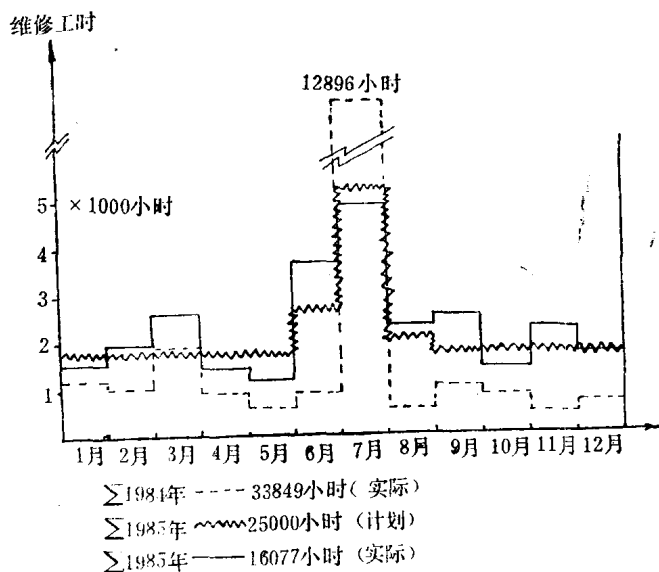


图 7 Supra化肥厂1984年实际工时,1985年计划与实际工时分布图

(4) 维修效率的目标。应设法采取措施, 扩大维修工作范围。提高他们的工作积极性和创造性。

(5) 维修反馈的目标。根据维修工作的需要, 不断改进反馈的程序和内容。

Supra 化肥厂在制定维修目标时, 基本上遵循以上的原则。他们在 1985 年为维修制定的总目标是: 在 1985~1987 年期间内, 每年提高维修工时效率 7~8%。在实施过程中采取下列措施:

(1) 在制定维修工作计划时, 尽量把维修工作均衡地安排在全年各个月。图 7 是 1984 年维修实际工时, 1985 年的计划工时和实际工时。

(2) 在组织上, 他们采用集中维修管理和分权负责的形式, 充分发挥各级组织和个人主观能动性。同时在维修工人中既要充分利用其专门技能, 又提倡兼干多种维修工作。

(3) 在手段上, 采用电子计算机管理, 把有关数据, 情报尽量采用电子计算机处理。他们用电子计算机对维修原因影响生产的重要设备进行分析, 可以打印出维修指标最佳、最差的 30 台设备名称。

通过几年实践, Supra 化肥厂实际维修工时数据如下:

1984 年为 172500 小时。

1985 年为 159500 小时, 比 1984 年少 13000 小时。

1986 年为 147500 小时, 比 1985 年少 12000 小时。

1987 年计划为 136500 小时, 比 1986 年少 11000 小时。

总共三年共节约 36000 小时, 与 1984 年相比提高工时效率 21%, 达到了预定的目标。

2. 维修工作任务安排的原则

维修工作任务的合理安排对提高维修工作效率是一项重要因素。下面简要介绍 Supra 化肥厂安排维修工作任务的原则。

(1) 根据轻、重、缓、急次序安排维修工作任务。(图 8 所示)

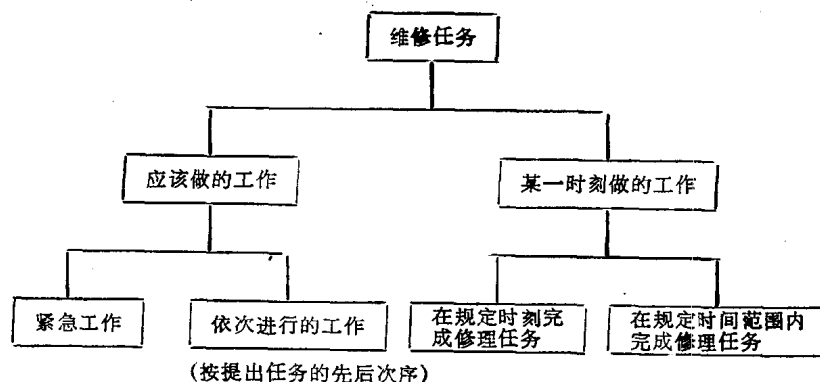


图 8 按轻重缓急次序安排维修任务

这样进行维修工作任务的安排, 可以把注意力放在一系列最重要的工作上。目前, 由于 Supra 化肥厂产品销路不好, 维修窗口很大, 所以计划在 1987 年对全厂维修工作任务, 按这种思想进行划分, 并对维修工作效率进行分析。

(2) 根据是主动利用维修时间, 还是被动利用维修时间的思想来安排维修工作任务。

在一定时间内完成某项工作任务都存在着有计划地利用时间(主动时间)和无计划地利用时间及被任务逼迫去做(被动时间)的情况。

对安排维修工作任务来说，存在着图 9 的情况。“今天完成的工作”由于维修时间紧，不好预先编制维修计划，等待时间较长。“以后完成的工作”有充分的维修时间，对维修工作能够进行计划并预先作好准备，可以有效地主动利用时间。维修过程中等待时间较短。

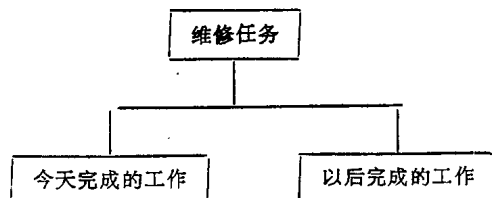


图 9 按维修任务完成的时间状态安排工作

根据Supra化肥厂维修经理介绍“今天完成的工作”和“以后完成的工作”的主动时间和被动时间的比例如图10所示。

“今天完成的工作”意味着工作心中无数，会花去一些不必要的等待时间。如果我们能够采取措施，化紧急工作为不紧急的话，即早一些知道所要做的工作，会大大地提高我们的工作效率。Supra化肥厂由于实行了预防维修（PM），选择合理的设备检查路线，较多地发

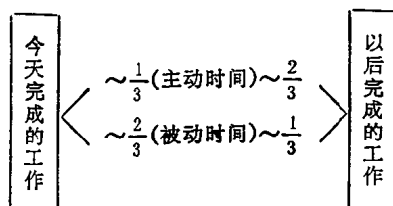


图 10 “今天完成的工作”和“以后完成的工作”中主动时间与被动时间的比例

现设备早期故障，增加维修工作计划项目。由于对维修工作早作准备，充分利用维修资源，把“今天完成的工作”的维修工作量由75%减少到现在的42%（见表 1）

表 1 Supra 化肥厂维修工时分析

172500小时(1984年维修工时)	
75% “今天完成的工作”	25% “以后完成的工作”
主动时间43125; $\sim \frac{1}{3}$	28750; $\sim \frac{2}{3}$
被动时间86250; $\sim \frac{2}{3}$	14375; $\sim \frac{1}{3}$
129375	43125
通过预防性维修,贯彻维修目标和调动各级人员的积极性,使“今天完成的工作”中的主动时间24000小时转移到“以后完成的工作”安排。情况作如下变动	
移去	
24000 →	
主动时间19125; $\sim \frac{1}{3}$	52750; $\sim \frac{2}{3}$
被动时间38250; $\sim \frac{2}{3}$	14375; $\sim \frac{1}{3}$
57375	79125
136500小时(1987年维修工时)	
42%	58%

四、预防性维修系统(preventive Maintenance, PM)

一个完整的维修系统基本上应包括以下各个子系统：

1. 预防性维修系统 (PM系统)。
2. 维修备件购置和库存管理系统。
3. 成套设备和单元的档案。
4. 文件资料保管系统。
5. 维修计划的编制和准备工作系统。
6. 工作命令系统。
7. 技术经济分析系统。

维修系统中各个组成部分之间相互关系如图11所示。

维修系统本身，可以大致分成预防性维修系统和恢复性维修系统。

预防性维修 (PM) 包括所有各种按预定计划进行的维修，实施这种维修的目的是为了预防故障的发生或在设备零部件破坏之前发现故障所进行的活动。预防性维修 (PM) 的内容如图12所示。

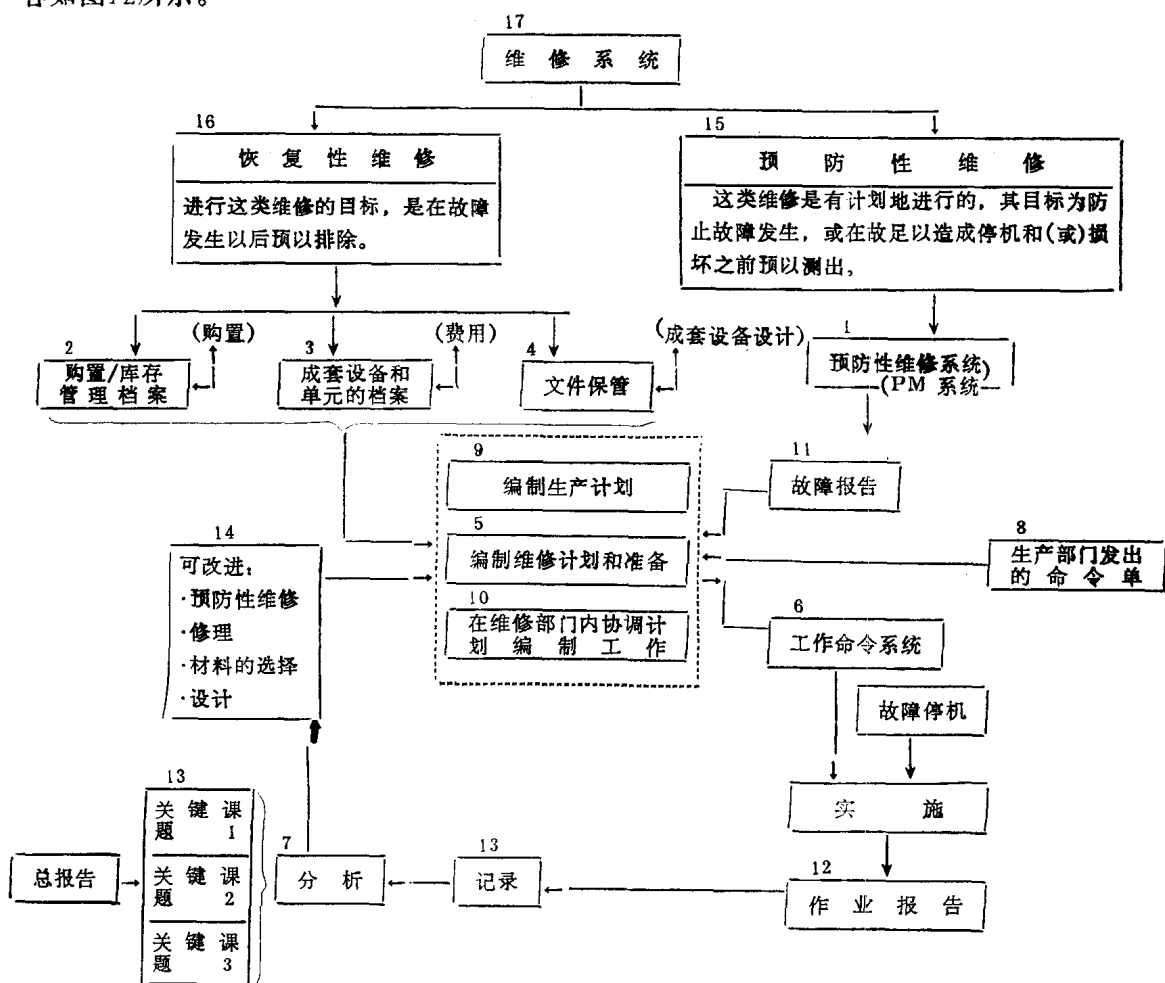


图 11 维修系统

恢复性维修 (Corrective Maintenance, CM) 包括所有为了排除设备或恢复设备性能所进行的全部维修。它可以作为一项计划外的事件, 即为了响应紧急要求而进行的工作, 或者作为一项有计划的工作, 即为了在状态监测时观察到的情况作出反应而进行的工作 (图13)。

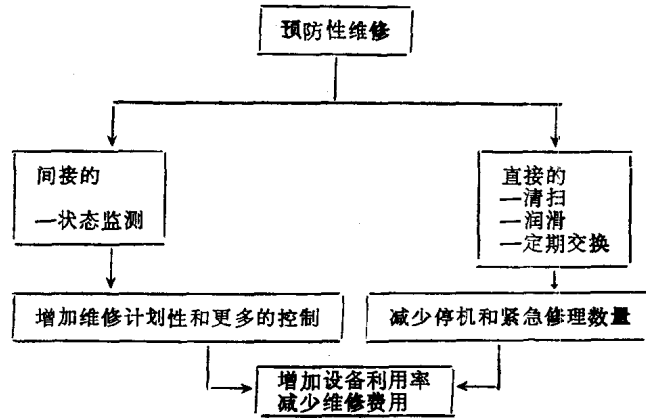


图 12 预防性维修内容及效果

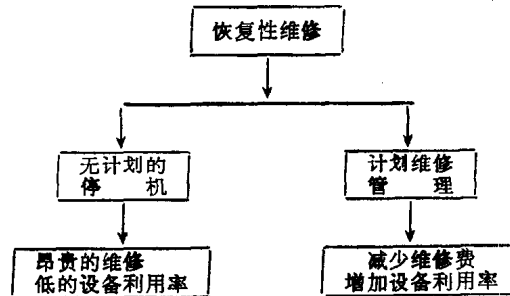


图 13 恢复性维修内容及效果

预防性维修主要是以能保证能在正确的时间、由正确选派的人员以正确的方法实施正确的作业和状态监测。实施预防性维修系统的目的是为了查明故障和故障趋势。预防性维修要提出故障报告, 这些报告应送维修计划编制和进行准备工作的部门。

Supra化肥厂预防性维修的头号问题是: 清洁、清扫; 润滑 (换油); 定期更换零件。清洁、清扫工作由操作工负责, 润滑和定期更换零件由维修工负责。同时, 该厂还逐步增加状态监测在预防性维修中的比重。目前该厂进行的连续监测是与工艺过程结合在一起进行, 主要是温度、压力、流量, 通过测量登记输入过程控制计算机。需要数据, 可以从计算机中调出。另外还对一些设备技术性能按规定项目、规定时间进行测定。如利用SPM (冲击脉冲测量) 对轴承进行测定。他们认为, 进行预防性维修可以取得下列效果:

- (1) 提高维修计划的准确度, 达到一定的可利用率。
- (2) 减少了人力和原材料的消耗。

Supra化肥厂的预防维修计划和检查程序都是由设备技术状态控制组制定。预防维修计划应包括确定设备日检、周检、月检、年检具体日期、内容和所使用的仪器。确定每日检查路线等, 并输入电子计算机。每日由各生产区工长调出并打印出工作命令单, 并由机械工、电工、仪表工轮流执行。检查发现的问题写成报告一式三份分别送交给生产现场领班、维修领班和技术控制组。这样执行结果, 厂部既能掌握主要设备技术状况, 又能激发和推动维修人员的积极性。

在制定预防维修计划时, 首先是根据机器设备在生产中的作用, 确定检查内容 (温度、

压力、流量、振动……)、检查形式(连续检查、定期检查)、定期检查间隔期、以及定期检查是在生产过程中检查,还是停机检查等。连续检查,到了超过一定允许值时,可以及时停车,间断检查只能预报一种趋势。

Supra化肥厂在预防性维修中使用的仪器并不复杂。除常规测量温度、压力、流量、裂

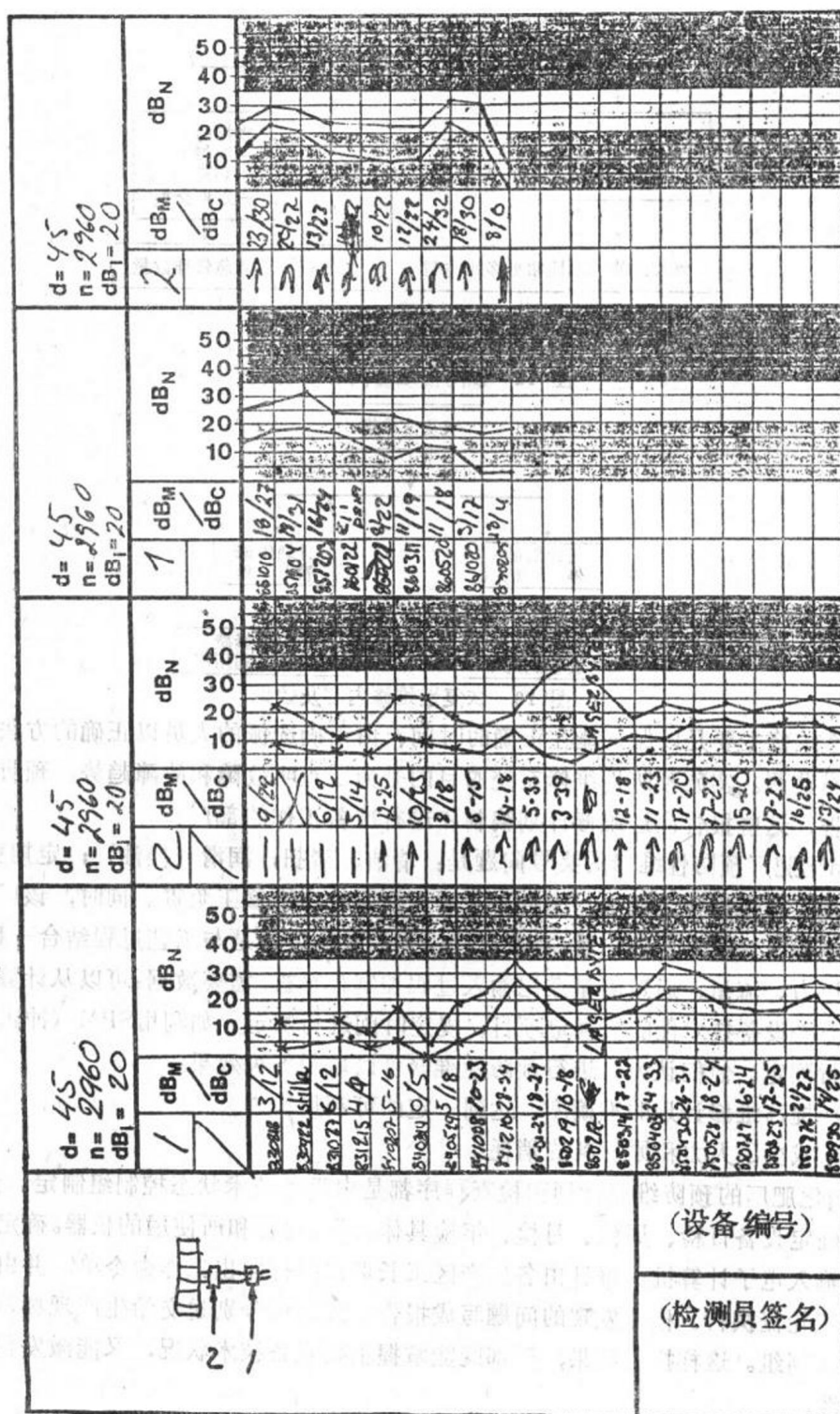


图 14