

目 录

前 言

第一章 后勤学导言..... (1)

1—1 后勤学的范围..... (1)

1—2 系统寿命周期中的后勤学..... (3)

1—3 后勤学的语言..... (6)

1—3.1 系统工程..... (6)

1—3.2 后勤保障..... (6)

1—3.3 综合后勤保障..... (7)

1—3.4 后勤工程..... (8)

1—3.5 后勤保障分析..... (8)

1—3.6 可靠性..... (8)

1—3.7 可维修性..... (10)

1—3.8 人员因素..... (11)

1—3.9 维修..... (11)

1—3.10 维修等级..... (11)

1—3.11 维修概念..... (12)

1—3.12 维修计划..... (12)

1—3.13 系统的效能..... (12)

1—3.14 寿命周期费用..... (12)

1—3.15 费用效果..... (13)

问题与习题..... (14)

第二章 后勤学的评价指标..... (15)

2—1 可靠性指标..... (15)

2—1.1 可靠性函数..... (15)

2—1.2 故障率..... (17)

2—1.3 可靠性组元的关系..... (19)

2—2 维修性指标..... (21)

2—2.1 维修延续时间指标..... (21)

2—2.2 维修工时指标..... (28)

2—2.3 维修频率指标..... (29)

2—2.4 维修费用指标..... (30)

2—3 供应保障指标..... (30)

2—3.1 有备件可用的成功概率..... (31)

2—3.2 完成任务的概率..... (32)

2—3.3 备件数量的确定方法..... (33)

2—3.4 库存方面的考虑..... (36)

2—4 试验和保障设备指标..... (39)

2—5 组织方面的指标..... (40)

2—6	设施的指标	(41)
2—7	运输和装卸指标	(41)
2—8	有效度指标	(41)
2—8.1	固有有效率 (A_i)	(42)
2—8.2	可达到的有效率 (A_s)	(42)
2—8.3	运行有效率 (A_o)	(42)
2—9	经济指标	(42)
2—10	效果指标	(50)
2—10	总结	(52)
	问题与习题	(54)
第三章	系统或设备的运行要求	(58)
3—1	实例一——通讯系统	(58)
3—2	实例二——开辟民用航线	(62)
3—3	其他	(64)
	问题与习题	(65)
第四章	维修原则的制定	(66)
4—1	维修等级	(67)
4—1.1	使用部门的维修	(67)
4—1.2	中间维修	(67)
4—1.3	基地维修	(68)
4—2	修理方针	(69)
4—2.1	不修理的设备	(69)
4—2.2	部分可修理的系统	(69)
4—2.3	全部可修理的系统	(71)
4—3	维修原则(概念)的制定	(72)
	问题与习题	(73)
第五章	功能分析与配置	(74)
5—1	系统功能分析	(74)
5—1.1	功能流程图	(74)
5—1.2	运行功能	(75)
5—1.3	维修功能	(77)
5—2	各项要求的分配	(78)
5—2.1	可靠性分配	(78)
5—2.2	维修性分配	(82)
5—2.3	后勤指标的分配	(84)
5—2.4	经济指标分配	(85)
5—3	设计准则	(85)
	问题和习题	(86)

第六章 后勤保障分析	(88)
6—1 分析的途径	(91)
6—1.1 问题的定义	(91)
6—1.2 各种可行待选方案的鉴定	(91)
6—1.3 评价准则的选择	(91)
6—1.4 分析技术的运用	(92)
6—1.5 数据的形成和运用	(94)
6—1.6 分析结果	(95)
6—1.7 敏感度分析	(96)
6—1.8 偶然(意外)性分析	(97)
6—1.9 风险和不确定性	(97)
6—1.10 分析的有效性	(100)
6—2 典型的分析使用过程(概要说明)	(101)
6—2.1 费用效果分析(例1)	(101)
6—2.2 修理等级的分析(例2)	(105)
6—2.3 最优的系统/设备组合设计(例3)	(112)
6—2.4 测试和保障设备构型方案的选择(例4)	(113)
6—2.5 可靠性-维修性评价(例5)	(113)
6—3 分析结果的总结	(116)
问题与习题	(117)

第七章 系统设计中的后勤保障 (120)

7—1 概念设计	(120)
7—2 初步的系统设计	(121)
7—3 详细设计和研制	(121)
7—3.1 设计准则的运用	(122)
7—3.2 分析与权衡研究	(125)
7—3.3 可靠性设计	(126)
7—3.4 维修性设计	(128)
7—3.5 人员因素的设计	(131)
7—3.6 供应厂商的设计活动	(135)
7—3.7 设计辅助手段的利用	(136)
7—4 设计评审	(136)
7—4.1 设计评审的进度计划安排	(138)
7—4.2 设计评审的要求	(140)
7—4.3 设计评审的管理	(140)
7—5 总结	(141)
问题和习题	(141)

第八章 试验与评价 (142)

8—1 试验与验证的类别	(142)
8—1.1 第一类试验	(142)

8—1.2	第二类试验	(142)
8—1.3	第三类试验	(143)
8—1.4	第四类试验	(144)
8—2	试验计划	(145)
8—3	试验准备阶段	(145)
8—3.1	选择试验模式	(145)
8—3.2	后勤保障分析	(146)
8—3.3	试验环境	(146)
8—3.4	试验设施和资源	(146)
8—3.5	人员和培训	(146)
8—3.6	试验程序	(147)
8—3.7	保障设备	(147)
8—3.8	供应保障	(147)
8—4	正式试验和验证	(148)
8—4.1	可靠性试验	(148)
8—4.2	维修性验证	(152)
8—4.3	环境检验	(156)
8—4.4	系统试验与评价	(157)
8—5	数据分析和改善措施	(160)
8—6	试验报告	(161)
	问题与习题	(161)

第九章 生产与构筑 (163)

9—1	生产与构筑要求	(163)
9—2	工业工程和运行分析	(164)
9—2.1	工厂工程	(165)
9—2.2	制造工程	(165)
9—2.3	方法工程	(165)
9—2.4	产品管理要求	(166)
9—3	质量管理	(169)
9—4	生产运行	(171)
9—5	构型变更的控制	(173)
9—6	从生产到用户的过渡	(175)
9—6.1	大规模系统和装备的分配	(175)
9—6.2	商业市场消耗品的分配	(176)
9—7	总结	(178)
	问题与习题	(178)

第十章 系统运行与保障 (180)

10—1	系统/产品保障	(180)
10—2	资料收集、分析和系统评价	(181)
10—2.1	要求	(181)
10—2.2	资料子系统能力的设计、研制和提供	(183)

10—2.3 系统评价和改正措施.....	(185)
10—3 后勤保障要素的评价.....	(186)
10—3.1 试验和保障设备.....	(186)
10—3.2 供应保障.....	(187)
10—3.3 人员与培训.....	(191)
10—3.4 技术资料.....	(191)
10—3.5 小结.....	(192)
10—4 系统的修改.....	(192)
10—5 系统的退役与物质的处理.....	(192)
问题与习题.....	(193)
第十一章 后勤保障管理.....	(195)
11—1 后勤计划.....	(196)
11—2 后勤保障组织.....	(206)
11—3 后勤保障工作的指挥和控制.....	(214)
11—4 承包者的管理.....	(216)
11—5 总结.....	(217)
问题与习题.....	(218)
附 录 费用分析资料.....	(219)

第一章 后勤学导言

所谓一个系统,可以看成是由许多要素组成的一个有机联系的整体,它们处于特定结构状态,用来完成一定的功能以满足某种明确的需要^①。系统的要素,包括计划寿命周期内的所有设备、有关的设施、材料、软件、技术资料、维修保养和运行及后勤保障所需的人员等,达到该系统在计划运行环境内可以成为一个自足的统一体那样完备的程度。后勤学所述的是系统的后勤保障,包括为完成材料的流通和功能的分配,以及在整个使用阶段维持系统寿命周期的维修保养所必需的试验和保障设备、供应、人员和培训、运输和材料的装卸、专门设施、技术资料等等要素。

系统的开发,过去的做法几乎全都是首先设计出主要设备,而后勤保障要求则作为“固定不变”的内容在设计定型之后提出。这种做法,其后果多数是代价很高,即主要设备在设计上缺乏保障性,后勤保障的各要素与主要设备不协调,或各要素彼此不相适应。此外,许多后勤保障必需的项目的供应不符合按时的原则,也就是供应得过早或过迟。实质上,不重视后勤学的现象在过去占了统治地位,在开发过程,系统的要素被分割,没有很好地结合在一起。

随着新技术的出现和现代系统复杂性的不断增加,加上有限的资源和预算的缩减,对一个系统的所有方面进行总体的研究就成为必不可少的了。后勤保障必须在总体系统研制过程的一开始就计划结合进去,以保证基本设备和有关的保障之间达到最优的平衡。这种平衡考虑了系统的性能特点、所需资源的输入、系统的效能和最终的寿命周期费用。

后勤学的面正在不断扩大,在近几年里已经发生了相当大的变化。这一章的目的是使读者对后勤学的需要、后勤学的范围、后勤学在系统寿命周期的地位以及后勤学语言中最常用的一些名词有个基本的了解。

1—1 后勤学的范围

追溯历史,后勤学这个概念起源于军事上和工业管理的特定方面。在军事上,后勤学威氏字典是这样定义的:

军用材料、设施和人员的获得、维修和运输。

在一个美国空军技术报告中,后勤学是这样定义的:

计划和执行军事力量移动和维修的科学。最全面地讲,后勤学指的是军事活动中下述各个方面:(a)材料的设计和开发、获得、贮存、移动、分配、维修、疏散和处理;(b)人员的移动、疏散和送入医院;(c)设施的获得或构筑、维修、运行和处理;(d)获得或提供维修服务。

实质上,从军事观点来看,后勤学主要指的是系统或产品的保障,并且包括维修计划、

^① 系统在形式、配合和功能上可以有所不同。我们讨论的对象可以是一个全球范围的通信网络,一组在指定地区执行任务的飞机,或者是一艘将货物从一地运往他地的小船。在本书内,系统定位到功能上时,是按不同等级来加以讨论的。

试验和后勤保障设备、物资供应、运输和装卸、设施、人员和培训以及技术资料等在内。

在工业和商业部门，后勤学常常被称作“商业后勤学”或“工业后勤学”，它的定义包括下列活动，如：材料的流通、产品的分配、运输、采购和库存管理、货栈业务、为用户服务等。更为突出的是马纪（Magee）所下的定义：

材料和产品从来源到用户流通的管理艺术。后勤系统包括材料总的流通，从原材料的获得到把完成的产品交付到最终的用户手上……。

鲍沃索克斯（Bowersox）给了个类似的定义：

将原材料、零件和成品从卖主到顾客以及在企业单位设备之间进行有策略地移动所需要的全部活动的管理过程。

商业（或工业）后勤活动，过去主要指生产工序和商品的分配及生产者对用户的服务项目。另一方面，军事或防御环境的重点则放在维持系统或产品在使用中寿命周期的保障上。两种情况都把后勤学看成是一种“顺流而下”的工作，后勤学的总要求没有很好地限定或一体化。

最近，后勤学已引起较大的重视，由于主要受当今世界工艺学、社会学和经济学动向的刺激，后勤学的步伐也大了。随着工艺学的进展，系统和产品变得更加复杂，后勤学要求的内容普遍扩大。过去十年里，不仅系统或产品的直接费用有很大的增长，后勤保障的费用增长得也很惊人。同时，由于流行的缩减预算带来的经济困境，加上直线上升的通货膨胀，结果是购置和维修保障新的系统的钱或者维修和保障旧项目的钱都少了。

鉴于这种趋势，今天工业、商业、政府机构以及一般用户所遇到的最大挑战内容之一是对我们的资源更有效和富有成果地管理的增长要求。由于要求在资源紧张的情况下提高总生产率，因此，要强调系统或产品寿命周期的所有的方面。后勤学在研究、设计、生产和系统在运行中的性能等方面起着主要作用。显然需要对系统寿命周期的总费用（不仅是购置费）进行讨论。经验指出，后勤保障对寿命周期费用——至少对有形的费用起着重要的作用。此外，经验还指出，对某个系统计划寿命周期费用产生影响的根源，很大一部分来自初步设计阶段的决策。这个阶段的决定对寿命周期随后各个阶段的活动和运行均产生影响。已知因果关系和后勤费用可能占主要比重这样的事实后，那么，在系统或产品规划和设计的早期阶段对后勤保障进行考虑（作为决策过程的一部分）就成为必要的了。

实质上，后勤学——它包括许多活动和要素的结合——在寿命周期的每个阶段都很重要。后勤要求必须一开始就要规划，随后结合到系统的设计过程中去。最终的目的是开发和生产一个系统，具有必要的后勤保障能力，处于有效的和高效率状态。

考虑到当前后勤学的范围不断扩大的趋势，如果我们从系统总的寿命周期来看待后勤学时，就会发现商业后勤学和军事后勤学（如前定义的）他们活动的范围比需要的小。换句话说，后勤学的领域远比当初定义的宽广。为试图对这种情况作出反应，后勤工程学会把后勤学的定义延伸为：

有关要求、设计、供应和维持资源以保障目的、计划和运行诸方面的管理、工程和技术活动的艺术和科学。

这个定义本质上是概念性的，是对后勤学寿命周期研究方法的一个支持。它既包括了商业后勤学含义，又包括了军事后勤学的含义在内。此外，它还涉及到在寿命周期早期阶段确立要求的问题和在生产工艺、产品分配之前相继的设计活动以及用户在使用该系统过程中维持系

统运行的保障的各个方面。

归结起来,后勤学的领域是从几个不同类型的活动演变到贯穿系统寿命周期的一大系列的功能。后勤学现在比过去那些“商业后勤学”或“军事后勤学”的含义要大。实质上,今天涉及后勤学的问题时,必须采用寿命周期的方法对它进行研究。

1—2 系统寿命周期中的后勤学

从系统寿命周期的来龙去脉来看,后勤学牵涉到规划、分析和设计、试验、生产、分配和在整个使用时期内维持系统(或产品)运行的保障等方面。从材料流通和生产工艺的角度来看,后勤学包括为用户研制的比较长时期地用于现场的大型系统的经济保障和各种产品的保障两方面的内容。换句话说,我们所论述的是后勤学大范围里的两个不同的区域:商业后勤活动区域和支持用户的保障区域,后者与我们前面提过的军事后勤相关。这两个区域虽然各有各自的重点,但都是寿命周期固有的一部分,都必须在寿命周期的每个阶段进行论述,都必须在整体的基础上进行处理,都属于这里对后勤学所下的广泛的定义范围。

后勤的主要方面,按照规划的不同阶段展现在表 1-1 中。

本书的意图是论述表中所列所有与后勤关联的活动,重点放在工程开发过程的后勤学上。这个重点内容示于图 1-1,过程的步骤叙述如下^②。对图 1-1 所描绘的系统开发过程的逐步分析如下:

1. 已知某特定需要,系统运行特性、任务概况、部署、使用、效能品质因数、维修条件和环境要求也就确定了。有效性品质因数可包括费用效果指标、有效度、综合可靠性、可靠性、维修性等在内。利用上面这个解释,系统维修的概念也就限定了。运行要求和维修概念是后勤保障资源基本的决定因素(图 1-1 中的方框 1 和 2)。

2. 对运行、试验、生产和后勤保障等主要功能进行辨识。系统定性和定量的要求作为设计的准则(约束条件)分配到主要设备主要等级和适用的后勤保障因素(如试验和后勤保障设备、设施等)上去。这些要求,也包括后勤因素在内,组成设计的边界(图 1-1 的方框 3 和 4)。

3. 在由设计准则组成的边界内,通过权衡研究,对可选择的主要任务设备和后勤保障构形进行评价,选出一个满意的途径。对每一个选择方案要作初步后勤保障分析以便决定期望需要的有关资源。经过多次的反复权衡研究,最后,一个选好了的主要任务设备构形和后勤保障政策就限定了(图 1-1 中的方框 5 和 6)。

4. 选定的主要设备构形通过一番后勤保障分析得到评价,这就需要后勤资源作大体的辨识。系统构形(主要设备和保障因素)要按照预期的总效率和最初规定的定性和定量要求(即经济有效地满足需要条件的能力)进行检查。最后形成系统的技术条件作为详细设计的基础(图 1-1 中方框 7 至 9)。

5. 在设计过程,对设计人员提供诸如在可靠性、维修性、可保障性和人员因素等方面的直接援助,其内容包括准则的解释、专题研究的成果、设备和供应厂商的选择、预测成果(可靠度和维修度)、对设计进行渐进的正式和非正式的核查和对工程模型和原型设备的试

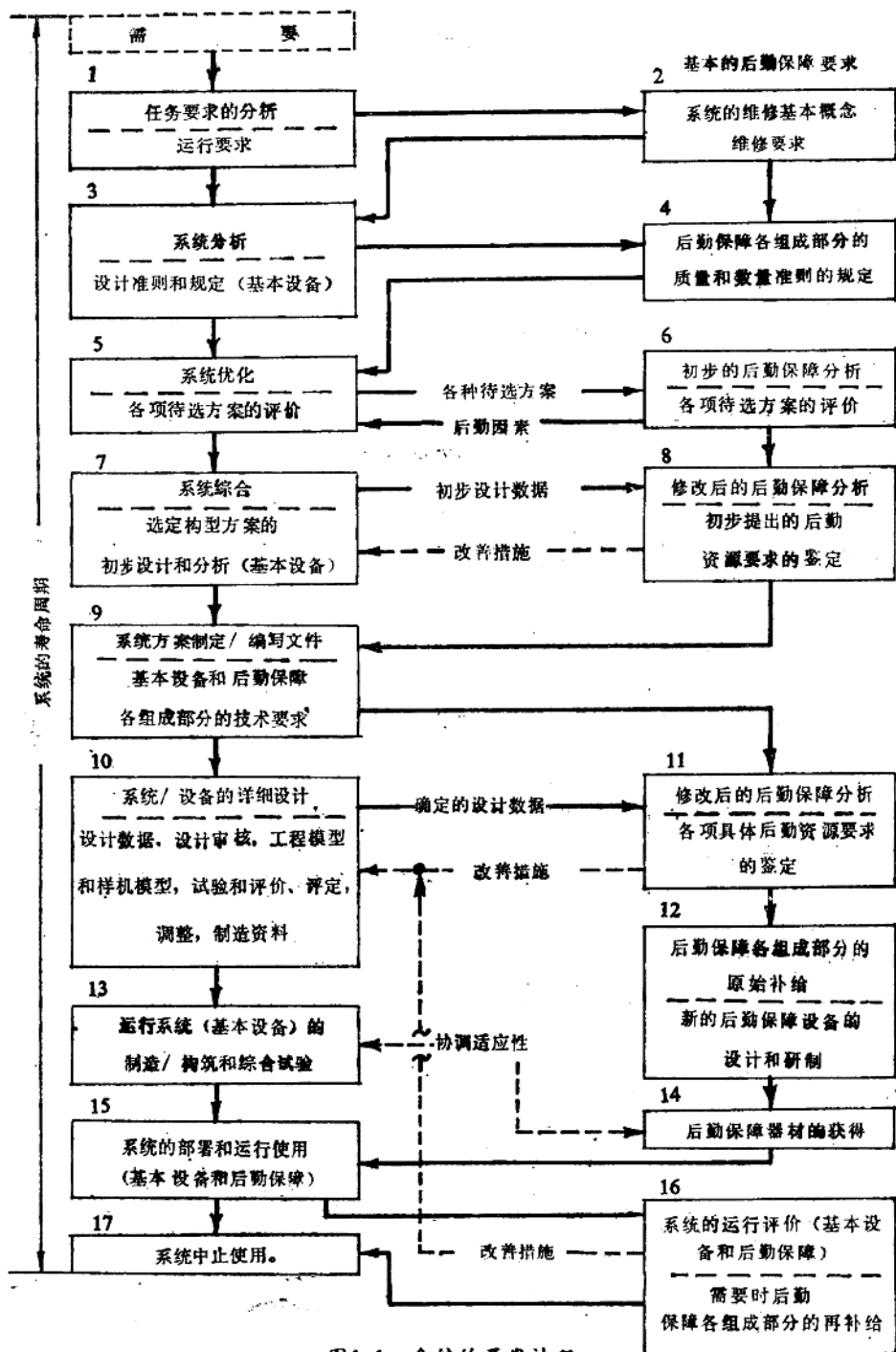
^② 还应当注意到本书讨论的内容大部分属于使用中系统和产品的寿命周期后勤保障。过去的文章,商业后勤学的内容很广泛,而对后勤学的这一部分则讨论得不多。

验和评价等。对后勤保障所作的深入分析——根据发表的设计技术资料，导致对特定的后勤保障要求的辨识，如工具、试验和后勤保障设备、零备件、人员数量和技术等级、培训要求、技术资料、设施、运输、包装和装卸要求等。这个阶段的后勤保障分析提供：（1）基本任务设备的设计在可保障性和未来的费用/系统效能的评估；（2）补给和获得特定后勤保障项目的依据（图 1-1 中方框10至12）。

表 1-1 各阶段的主要后勤功能*

规划的不同阶段	主 要 功 能
确定需要（用户方面的）	由于不足或某些问题用户明确提出对系统或产品的需要或期望。
规划和概念(初步)设计阶段	市场分析、可行性研究、任务要求分析、运行要求、维修的概念、定性和定量的后勤效率因素、设计准则和后勤规划（参加对比的方案的辨识和定级）。
开发的前期和系统初步设计（验证）	后勤要求的分配。系统分析、最优化、综合、权衡和进行定义。后勤保障、预告和对初步后勤保障方案的分析（中意方案的选定）。
详细设计和研制（全面研制）	详细的系统/产品设计（主要设备、后勤保障因素、软件等等）。设计方案保障的分析、预告和设计审查。后勤保障分析。补给和获得生产工艺和寿命周期用户阶段保障所需的后勤保障要素。系统试验和评价。技术资料的搜集、分析和为了校正活动进行的反馈（根据需要）。
生产和(或)构筑	生产和(或)构筑系统。采办和库存要求、包装、货栈、实物的分配、运输和交通管理、通信、数据处理、为顾客服务和后勤管理（例如商业后勤活动）。为用户和为系统寿命周期保障补给和获得后勤保障要素。对后勤保障能力的评价。数据搜集、分析和为了校正所进行的反馈活动（根据需要）。
系统的使用和寿命周期保障	系统现场运行。执行维修和后勤保障——物资供应、试验和保障设备、人员和培训、设施、运输和装卸、数据处理、为用户服务和后勤管理。后勤保障能力的评价。数据搜集、分析和为了校正所进行的反馈（根据需要）。
系统退役	系统退役、材料停止使用、再循环和(或)处理之、后勤保障要求。

*表1-1所列的阶段是典型的例子，实际上，有许多规划，根据设备的类型和所需设计和研制范围的不同，它们的阶段可以是各不相同的。本表的目的是要说明后勤保障在每个阶段的重要性。



6. 基本任务设备项目被生产或构筑(或两者兼有)、试验和部署或全盘投入运行使用。后勤保障因素在按需执行的原则进行获取、试验和投入运行。在系统的整个运行寿命周期内要收集后勤的技术资料以便提供:(1)对系统的费用效果指标进行评价和早期辨识运行和维修中的问题;(2)作为在寿命周期内定时补给保障项目的依据。

图 1-1 所列的基本步骤对研制任何系统都是必要的。但是每个方框所含活动的范围和等级则是根据特定需要(例如系统的类型、研制的范围、有关风险、任务和运行需求等等)而“剪裁”的。这个图所表示的是,包括系统工程设计过程和把后勤保障作为过程的一部分来考虑在内的一种思维过程。

1—3 后勤学的语言

为了进一步澄清后勤学的领域,把注意力引向它的语言看来是合适的。为了使读者更好地理解本书的内容,少数名词和定义在这里进行了讨论作为必须的基础。剩下的一些名词在以后章节中介绍。

1-3.1 系统工程

它将科学上和工程上的成果应用在以下几方面:(1)通过反复运用功能分析、综合、优化、定义、设计、试验和评价的方法把一项运行的要求转变为一套系统性能参数和较优的系统构形的描述;(2)将有关各项技术参数综合起来并保证所有的物质、功能和程序等方面协调一致,使整个系统的定义和设计处于优化;(3)将可靠性、维修性、后勤保障、人身安全、可制造性、稳固、耐久性、结构完整性、人员因素和其他有关特性结合到总的工程成果之中。

在功能细节和设计要求演化中系统工程研制过程是把运行、经济和后勤因素达到适当的平衡作为奋斗的目标的。工程过程采用循序和反复进行的方法来解决费用效率的问题。通过这个方法引出的信息用于规划和把工程成果与系统结合为一体。

1-3.2 后勤保障

后勤保障可以看成是,为了保证系统在计划寿命周期内具有有效的和经济的保障所需考虑的全部内容的综合。它是系统规划、设计和研制、试验和评价、生产和(或)构筑、用户使用以及系统退役各个方面的一个组成部分。保障要素必须在和系统所有其他部分一体化的基础上进行研制。后勤保障的主要要素介绍如下:

1. 维修规划 它包括与拟定系统计划寿命周期内总体保障要求有关的全部规划和分析在内。如果要求系统/产品具有不停地工作的能力,以维持运行,维修规划就成为完成这样功能的一种持久的活动。它从维修概念的开发开始,到设计研制过程中完成后勤保障分析、获取保障器件以及到用户使用阶段,贯穿始终。维修规划的完成,使后勤保障的各个方面结合在一起。

2. 供应保障 供应包括全部备件(单元、部件、模件等等)、零件、消耗品、特殊备品和保障主要的任务定向设备所需有关的物品、软件、试验和保障设备、运输和装卸设备、培训用设备以及设施等。供应保障还包括提供技术文件、功能的获得、仓库业务、材料分配以

及各后勤点上所需有关零备件进付货、维修管理等方面的人员在内。需要考虑的内容有：分配有零备件和贮备零备件的各级维修单位和地点、备件需求率和库存量、贮存零备件地点之间的距离、定货提前期和材料分配方法。

3. 试验和保障设备 试验和保障设备包括全部工具、特殊工作条件监测设备、诊断和检验设备、计量和校准设备、维修工作台、进行计划内的和非计划内的维修所需维修和输送设备，既要讨论试验可探查性达到某种形式的二级或一级标准总要求，也必须讨论各级维修试验设备的要求。试验和保障设备可以分为“特殊的”（专为研制中的系统新设计和（或）现成的设备和“普通的”（登记在帐的原有设备）。

4. 运输和装卸 这项后勤要素包括全部专门的设备、容器（可重复使用的和可废弃的）、用于包装、保藏、贮存、输送方面必需的物品和（或）基本任务设备、试验和保障设备、零备件、人员、技术资料和活动设施等方面的运输。实质上，这一项基本上包括产品最初的分配和维修人员和维修材料的运输。

5. 人员和培训 安装、检查、运行、装卸和维修系统（或产品）所需要的人员和与之相关的试验和保障设备均包括在此项之内。各级维修人员均在考虑之内。每一种作业的人员要定量和定技术等级，维修功能要定级别和定点。

正规的培训既包括熟悉新系统/产品的最初的培训，也包括减员和更替人员的补充培训。培训是为了提高指定的人员达到系统所需要的技术等级。培训所需资料和设备（例如：模拟装置、模型、特殊设备）根据培训工作需进行编写和研制。

6. 设施 这一项指的是系统运行和完成各级维修功能所需的专门设施。工厂、房地产、活动建筑、房屋、中间维修车间、校准试验室和特殊的基地修理和大修设施都必须考虑。基建设备和公用设施（热、电、能供应、环境管理、通信等等）一般作为设施的一部分包括在内。

7. 技术资料 系统安装和检验步骤、运行和维修说明书、检查和校准步骤、大修步骤、改装说明、设施介绍、图纸和完成系统运行和维修所必需的规格均包括在内。资料不仅包括基本任务设备方面的，也包括试验和保障设备、运输和装卸设备、培训用设备和设施方面的。

8. 软件 这方面指的是完成系统维修所需的全部计算机程序、监测和诊断磁带等等。

对于大型系统来说，后勤保障在整个寿命周期内可能都是重要的，系统基本任务定向阶段的设计必须把后勤保障设计在内，而后勤保障的各种要素也必须设计得和基本任务设备相适应。此外，这些不同的后勤保障要素互相影响，对这些影响必须不断地进行检查和评价。这些要素中任何一个，如果有什么大的决定或变化，就会对其他要素和整个系统产生重大的影响。

另一方面，对于较小的系统（或产品）来说，后勤保障要素变化只给产品分配和最初安装、检验的功能方面发生作用，而整个寿命周期的维修保障则是最小的。在这种情况下，后勤保障（和设计上的可保障性）强调得就不如大系统那样的重，具体的保障要求根据具体情况要作相应的改变。

1-3.3 综合后勤保障

综合后勤保障基本上是一种管理职能，它提供初步规划、资金和控制手段以帮助保证用

户所得到的系统不仅能满足性能方面的要求，而且在预定的整个寿命周期内均能高效而经济的获得后勤保障。综合后勤保障的主要目标是保证后勤保障各要素（即试验和后勤保障设备、零备件等等）结合为一体。

1-3.4 后勤工程

后勤工程包括主要涉及系统设计和研制的那些后勤保障活动。这些活动的内容有：后勤保障要求的初步确定（即准则和约束条件）、维修概念的开发、保障要求的分配、后勤保障分析、系统可保障性设计、后勤保障要素（例如试验设备、设施等等）的设计和研制、系统后勤保障能力的试验和评价。概括起来，后勤工程包括：（1）基本任务设备可保障性设计；（2）系统总体的后勤保障能力的设计。

1-3.5 后勤保障分析

这是一种反复进行的分析过程，新系统必需的后顾之忧必须通过这样的分析才得以辨识。后勤保障分析应用选定的定量方法达到：（1）帮助初步决定和建立后勤保障的准则作为系统设计的一项输入；（2）帮助评价各种待选设计方案；（3）帮助辨识和补给后勤保障要素；（4）帮助最后评定系统在用户使用过程它的后勤保障力。后勤保障分析是系统研制早期阶段所采用的一种设计分析工具，而且常常包括维修分析、寿命周期费用分析和后勤模型。后勤保障分析的一项成果是后勤保障资源的辨识和合理化，如：零备件的类型和数量、试验和后勤保障设备、人员的数目和技术等级要求等等。

1-3.6 可靠性

可靠性可以简单地定义为：系统或产品在规定的条件使用时在一定时期内能圆满地工作的概率。这个定义强调概率、良好的性能、时间和特定的运行条件等要素。这四个要素极为重要，因为在决定系统/产品的可靠性上，每一个都起着重要的作用。

概率，可靠性定义中第一个要素，通常以定量的式子来表达，呈现为分数或百分数，表示一个事件发生的次数除以总的试验次数。例如一个项目工作80小时的幸存率为0.75(75%)，说明这个项目100次试验中有75次可以正常运行至少80小时。如果有许多设想完全相同的项目在同样条件下工作，料想故障的出现不会在同一时刻，因此故障是用概率来表示。总之，可靠性这个带根本性的定义在很大程度上是建立在概率理论的概念基础上的。

良好的性能，可靠性定义中第二个要素，表示必须建立评定系统运行良好的准则，需要有关于系统或产品功能的定性定量综合性指标，这种指标通常在系统说明书中都有。

第三个要素，时间是最重要的，因为它是与系统性能好坏程度直接有关的一个量度。必须知道“时间”这个参数，以便对对比的任务或给定的功能的概率作出评价。特别有意义的是，时间这个参数能够预测一个项目在指定的时间范围内保持完好的概率。此外，可靠性还常常用平均故障间隔时间(MTBF)、平均寿命(MTTF)、或平均维修间隔时间(MTBM)来表示，因此时间在可靠性的量度上是个关键性的因素。

特定的运行条件即预期系统或产品工作的条件是可靠性基本定义的第四个重要要素。这些条件包括环境因素，如系统计划运行的地点、运行概况、温度变化、湿度、振动、冲击等等。不仅要考虑到系统运行时期的这些条件因素，还要考虑到系统处于储存或从一处移至另

参考: 图 1-1

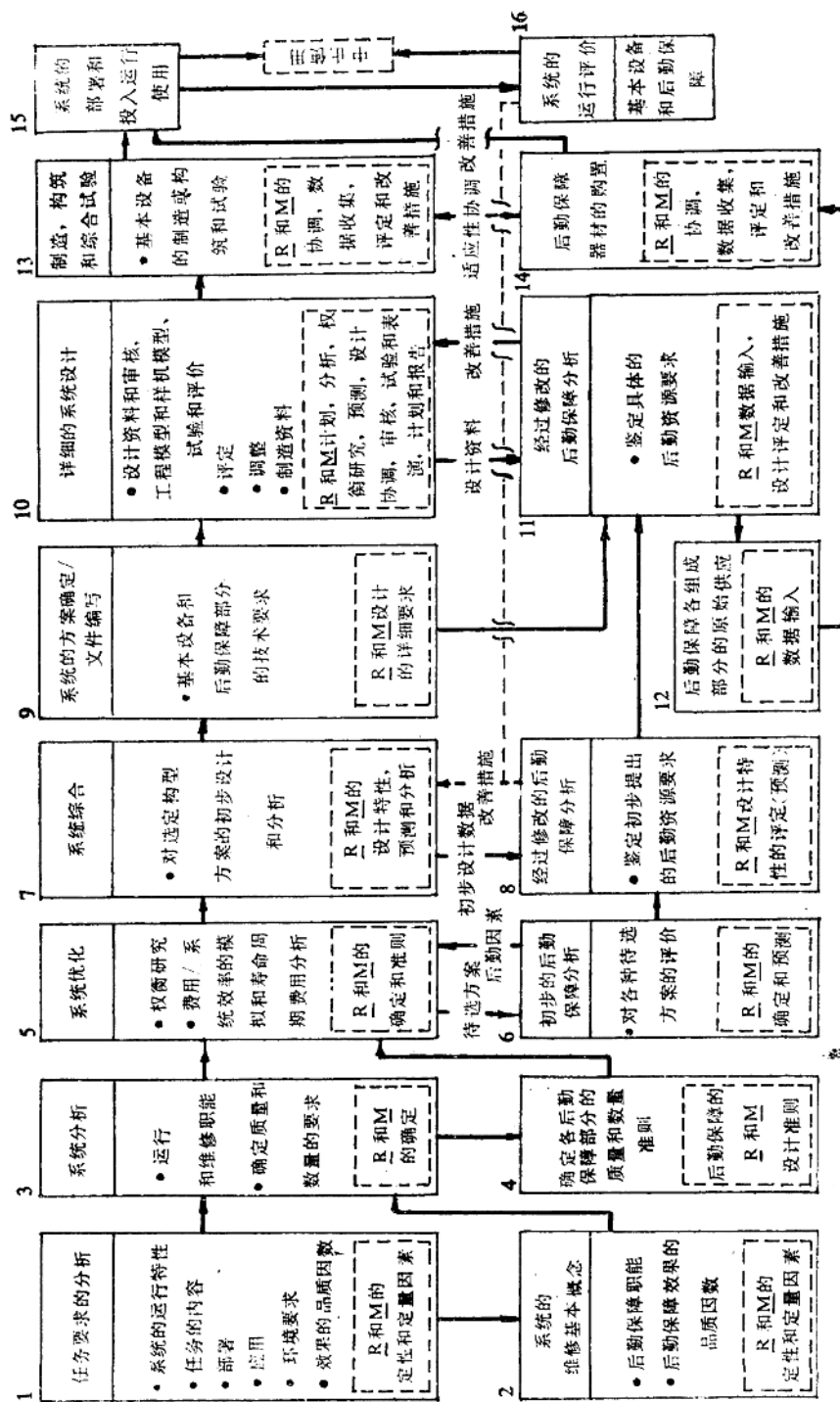


图 1-2 可靠性和维修性的相互关系

一处运输状态时的条件因素。经验指出,从可靠性的角度出发,运输、装卸和储存的条件,有时比系统实际运行时的条件更为重要。

上述四项要素对决定一个系统或产品的可靠性来说是紧要的。系统的可靠性(或不可靠性)是维修频率的一项关键因素,而维修频率对后勤保障的需要显然有着重大的影响,后勤保障分析需要有可靠性预测和分析作为它的一项输入。

可靠性是设计上一项固有的特性。因此,可靠性在规划的开始就给以充分的考虑,并且在系统的整个寿命周期要注意就成为必要的。图1—2描绘出可靠性(用R字代表)和维修性(用M字代表)在寿命周期内的活动。这些活动在随后的章节中将进行深入的讨论。

1—3.7 可维修性

可维修性,象可靠性一样,也是系统或产品设计的一项固有特性。可维修性涉及到实施各项维修措施时方便、精确、安全和经济等性能。一个系统应当设计成这样,即用于维修上的时间、费用或其他资源投资(例如人员、材料、设施、试验设备)不大,而且维修之后也不会对系统的任务产生不利的影响。可维修性是一个项目具有能够被维修的能力,维修包括为恢复或维持一个项目处于有效的运行状态所采取的一系列措施。可维修性是设计的一个参数,维修是设计的结果。

可维修性也可以定义为设计的一个特性,可以用维修频率因数、维修时间(即消耗的时间和工时)和维修费用来表示。这些词所表示的是不同的质量因数,因此,可维修性在综合因数的基础上可以定义如下:

1. 设计和安装的一种特性,用维修时间概率来表示时,即一个项目,当按照规定的程序和资源进行维修时,它能保持或恢复到规定的状态一定的时间的概率。

2. 设计和安装的一种特性,用维修次数概率来表示时,即一个系统按照规定的程序运行时,在一定时期内维修的需要不超过 x 次的概率,这个定义可能和可靠性是同意语,如果后者论述的是总的维修频率的话。

3. 设计和安装的一种特性,用维修费用概率来表示时,即一个系统如果按照规定的程序进行运行和维修时,每一标定长短的时间内的维修费用不超过 y 元的概率。

可维修性需要考虑到系统各个方面的许多不同因素。可维修性的量度常常是下列量度的综合:

1. MTBM——平均维修间隔时间,它包括预防维修(计划的)和改善维修(非计划的)两个方面的需要。它包括了对可靠度MTBF和MTBR的考虑。MTBM也可看作一项可靠性参数。

2. MTBR——平均更换间隔时间,它与维修措施(通常需要用到备件)有关。

3. $\bar{M}$ ——平均有效维修时间(它是 $\bar{M}_{ct}$ 和 $\bar{M}_{pt}$ 的函数)。

4. $\bar{M}_{ct}$ ——平均改善维修时间,相当于平均修理时间(MTTR)。

5. $\bar{M}_{pt}$ ——平均预防维修时间。

6. $\tilde{M}_{ct}$ ——有效改善维修时间中值,相当于设备的修理时间(ERT)。

7. $\tilde{M}_{pt}$ ——有效预防维修时间中值。

8. $MTTR_e$ ——修理时间几何平均值。

9. M_{max} ——最大有效改善维修时间(通常为信度的90—95%)。

10. MDT——维修停歇时间（系统/设备处于不能完成其预定功能状态的总时间）。MDT包括有效维修时间（ $\bar{M}$ ）、后勤供应占用的时间和行政管理占用的时间。

11. MMH/OH——设备每运行一小时的维修工时。

12. Cost/OH——设备每运行一小时的维修费用。

13. Cost/MA——每项维修措施的费用。

14. TAT——检修周期时间，指的是为了使一台设备能够重新使用而进行维护、修理和（或）检查所需的维修时间。它包括一台设备从运行系统中撤出、经维修车间修理到最后送入库存待用这一整个周期所占的时间。

15. 自行测试的充分性——表示自测的范围、深入程度和准确性。

16. 故障检测的准确度——设备故障诊断程序的准确程度，以百分数表示。

可维修性，作为设计的固有特性，必须在系统研制的早期阶段正确地考虑，而维修活动则贯穿于整个寿命周期。图1—2说明了这一点。

1—3.8 人员因素^③

人员因素研究系统中人员的要素和人、机器与有关软件之间的关系。目的是保证系统实体上和功能设计上的构形与系统运行、维修和保障方面的人员要素达到完全协调一致。设计时必须对人体测量上的因素（例如人员身体的尺寸）、感觉上的因素（例如看和听的能力）生理上的因素（例如来自环境条件方面的冲击）、心理上的因素（例如人的需要、期望、姿态、动机）和它们彼此之间的关系进行考虑。人员因素，如可靠性和可维修性一样，必须在系统研制的早期就要考虑，并且贯彻在功能分析、操作者和维修作业分析、错误分析、安全分析以及设计保障等活动中。对操作者和维修人员的要求（即人员数和技术等级）和培训计划要求来自作业分析维修人员的需要也从后勤保障分析得到辨识。

1—3.9 维修

维修包括为了维持系统或产品处于或者恢复到能使用的状态所需的所有活动。维修可以分为改善维修和预防维修两类。

1. 改善维修——包括使系统恢复到规定的状态所采取的所有非计划维修措施（由于系统/产品发生故障）改善维修内容包括找出故障所在、器件的拆除、更换或修理、重新装配、检查和鉴定。另外，由于“疑有”故障也会进行非计划维修，当作了进一步检查后发现实际并没有故障。

2. 预防维修——包括为维持系统或产品处于规定的状态所采取的所有计划维修措施。计划维修包括定期检查、状况监测、关键器件的更换和校准。此外，维护保养（例如进行润滑、添加燃料等等）也可包括在计划维修总的范畴之内。

1—3.10 维修等级

改善维修和预防维修可以就机在用户使用现场、在距用户较近的中间车间和/或在基地、制造厂里进行。维修等级是按功能和各个维修点进行的作业来划分，作业的复杂程度、对人

^③ 这部分活动也可概括在“环境工程学”、“人类工程学”、“工程心理学”和“系统心理学”等总题目之内。

员技术水平的要求、专门设施需要等等在很大程度上对确定每级所要完成规定的功能起着支配作用。为了便于以后的讨论,维修可以分为使用单位的、中间的和基地的三级。

1—3.11 维修概念

维修概念(如本书所定义的)是用一套说明和/或图解对维修等级(即两级维修、三级维修等)、每一级维修完成的功能、后勤保障基本方针、效能因素(例如 MTBM、Mct、MMH/OH、单项维修措施的费用等)和初步的后勤保障要求定出准则。维修概念在规划的一开始就须确定,它是系统/产品设计和研制的前提。维修概念也是后勤保障分析必须的一项输入。

1—3.12 维修计划

维修计划(和维修概念对比时)是一个详细的计划,规定出在用户使用阶段系统整个寿命周期对系统保障的方法、资源和应遵循的程序步骤。维修计划来自后勤保障分析资料。

1—3.13 系统的效能

系统的效能常常用一个或几个质量因数来表示,说明系统能够完成预期功能的程度。根据系统的类型和任务要求采用的质量因数可以有很大的差别。选定质量因数时应考虑:

1. 系统性能参数,如一个电厂的发电量、一个飞机的航程和重量、一种武器的破坏能力、一个邮递系统处理信件的数量、一个运输系统运送货物的量以及一台雷达性能的准确度等。

2. 有效度,或者说在任一时刻当任务到来需要系统起作用时,系统处于可操作和可运行程度的量度。这种情况常常叫做“运行待机状态”。有效度是运行时间(可靠度)和停机时间(维修度/保障度)的函数。

3. 综合可靠度,或者说在运行中(已知系统运行开始时的状况——有效度)某一处或多处系统运行状况的量度。综合可靠度是运行时间(可靠度)和停机(维修度/保障度)的函数。

综合上述考虑(量度),它们表示了总费用效果中有效性的一面。通过观察可以看到后勤学对系统效能的各种要素有着很大的影响,特别是对有效度和综合可靠度,系统的运行在很大程度上取决于保障设备(输送设备)操作人员、技术资料 and 设施。维修和停机是建立在试验和保障设备的有效度、零备件、维修人员、技术资料 and 设施的基础上。后勤保障的类型和数量的影响是通过系统效能参数进行衡量的。

1—3.14 寿命周期费用

寿命周期费用涉及系统寿命周期有关的一切费用,包括:

1. 研究和开发(略作R和D)费用——可行性研究、系统分析、详细设计和研制、制作、装配和工程模型的试验、对最初系统的试验和评价以及有关文件等费用。

2. 生产和构筑费用——运行系统(生产模型)的制造、装配和试验、生产能力的运行和维修以及最初的后方保障要求(例如试验和保障设备的研制、零备件的补给、技术资料的编制、培训、设计项目编入资产目录、构筑设施等等)等费用。

3. 运行和维修费用——维持系统运行、人员和维修保障、零备件和有关库存物资、试