

飞机电气维修与故障诊断

陈 晰 穆 冬 陈则王 编

南京航空航天大学

2001 年 6 月

V242/1023



2008047666

V242
1023-1

目 录

第一章 航空维修知识	1
1.1 航空维修工程学概论	1
1.2 维修思想	7
1.3 维修的组织管理	10
第二章 维修数据统计与质量管理	16
2.1 机务统计	16
2.2 维修质量管理	19
2.3 质量控制图	29
2.4 管能检查	43
第三章 故障物理基础	52
3.1 概述	52
3.2 故障物理模型	59
3.3 故障物理的应用	64
第四章 故障树分析法	68
4.1 概述	68
4.2 选择顶事件建造故障树	72
4.3 故障树的结构函数	78
4.4 故障树定性分析	81
第五章 电设备的分类诊断法	88
5.1 判别函数法	88
5.2 故障字典法	92
5.3 概率法	101
5.4 模糊识别	104
第六章 逻辑控制电路的故障诊断	111
6.1 数字电路故障诊断的基本方法	111
6.2 继电控制电路的逻辑等效与故障诊断	125



航空维修工程

第一章 航空维修知识

现代科学技术和军事装备的迅速发展，特别是民用航空事业的发展，使航空维修工作从技术操作到组织管理都日益复杂。航空维修已经从一般的技术保障作业发展成为一门专门的技术科学——航空维修工程学，并在航空科学和航空事业中起着重要的作用。

本章在揭示航空维修的任务、特点、重要性后，研究航空维修工程学的形成和范畴，以可靠性为中心的维修思想以及维修的组织管理等。

1.1 航空维修工程学概论

一、航空维修

(一) 航空维修的任务

航空技术装备（飞机及飞机上的各种技术装备）和其他有使用价值的产品一样，制成出厂时是符合设计图纸要求和规定功能的。质量合格的航空技术装备交给使用单位后，为什么要进行维修呢？这是由于航空技术装备无论在空中使用还是在地面停放，其技术状况总会由于内部和外部各种因素的影响，由正常变为不正常，由良好变为不良好。一方面我们要求航空技术装备本身必须符合一定的技术条件，另一方面，在使用过程中受各种因素影响会偏离这个技术条件，这是一对矛盾。解决这对矛盾就是维修的主要任务。

航空维修是指对飞机及飞机上的技术装备在使用过程中进行维护和修理的总称。其基本任务是：对航空技术装备实行有效的监督、控制和管理，保持、恢复和提高装备的可靠性，使最大数量的飞机处于良好的适航状态，发挥其最大效能，保证飞行安全，确保战斗、训练任务和各项飞行任务的执行。对我军航空兵部队来说，航空维修的目的是经常保持和迅速恢复航空技术装备的良好和战斗准备状态，保证最短反应时间、最大出动强度和持续战斗能力。对于民航系统来说，就是要确保飞机始终处于安全飞行状态。为了达到这一目的，不仅要从机务技术上保证航空技术装备本身具有良好的可靠性、维修性和战术技术性能，而且要求各级工程机务部门对各项维修工作实施有效的组织管理，使整个维修工作能以最少的人力、物力和时间，取得最大的维修效果。

(二) 航空维修的特点

1. 飞机是具有空中使用特点的“准单次系统”

维修是为了保证使用。飞机的使用不同于其它地面（水面）装备，它的特点就是在高空使用。这个特点给维修工作带来一些特殊的要求，一方面因为飞机在使用（飞行）中难于采取维修措施，必须把全部维修工作在使用之前彻底做好；另一方面为保证飞行安全，对维修质量的要求十分严格。除了飞机以外，还有巡航导弹、靶机之类的装备也是空中使用的，对这类装备的维修也不可忽视。但是导弹之类装备的空中使用特点是只使用一次，在一次使用之后无论是否完成任务都不能恢复使用。这样的系统被称为单次系统。显然，飞机不是单次系统。它和其他非单次系统一样，要求从开始投入使用直到退役或报废的整个过程，保持每一次使用的可靠性，所以必须及时处理发生的问题，使之迅速恢复到可以正常使用的状态。但是，与空中使用这个特点联系起来考虑，飞机在某种情况下却又有单

次系统的特点，即在使用（飞行）或执行任务中飞机本身如果出了问题，又可能和单次系统一样成为不能恢复使用的东西。这样，飞机就同时具备了单次系统和非单次系统两方面的特点，而被称为“准单次系统”。

对于具有空中使用特点的“准单次系统”，在维修的要求上，既要象对待单次系统那样严格做好每一次使用前的准备，同时又要考虑长期的、空中与地面交替的反覆使用的要求，把每一次维修都与整个使用过程中的所有维修结合起来。这个特点，使得寻求最优化维修对策的分析和计算复杂化，不仅要求有更深入的理论研究，高水平的维修技术，而且要求维修的组织管理上要科学化、现代化。

2. 可靠性对航空维修提出更高要求

可靠性是指产品在规定的使用条件下，和一定的时间内完成规定功能的能力。产品的可靠性有固有可靠性和使用可靠性之分。前者是指产品设计制造出来以后，本身内在具有的或可能达到的可靠性，后者则是加上了使用与维修这个因素之后，在使用过程中所表现的可靠性。产品的功能越多，构造越复杂，出故障的机会也就越多。例如组成某个系统的每一个元件的可靠度都达到 99%，却不能说整个系统的可靠度也是 99%。当这个系统是由 10 个这样的元件串联组成时，系统的可靠度为 90.4%，而当元件增加到 100 个时，系统的可靠度只有 36.6%。飞机是由千万个零件、部件组成的，要求有很高的可靠性，这就对飞机的设计、制造和使用维修提出了极为严格的要求。飞机即使具有很好的技术性能，若可靠性得不到保证，再好的技术性能也无从实现。飞机及其装备，不仅构造复杂；而且往往是现代科学技术的综合应用。新飞机的设计和生产中，广泛采用了新技术，新材料，新工艺，还缺乏实际使用的考验，这也给维修带来新的课题。

3. 航空维修是技术性保障，又是综合性工程

航空维修活动，有三大要素：一是掌握一定的维修专业知识和技能的人，即维修的主导者；二是航空技术装备本身，即维修的对象；三是由人所使用的工具设备、器材以及必要的技术资料，即维修手段。航空维修工作不同于一般物质生产，除了改变航空技术装备的技术状况所必需的工作外，维修不创造新的产品。对飞机实施维修，是通过具有维修专业知识、技能的人和相应的维修手段相结合，对飞机提供技术服务，使飞机的战术技术性能获得充分的发挥。一架飞机经过维修，还是一架飞机，只不过是技术状况改变了。所以我们说航空维修是技术性的保障。

然而军用飞机的维修工作是航空兵战斗训练保障工作的一个重要组成部分。它需要许多部门密切配合，是一个多层次、多专业组成的有机整体。航空维修是一个大系统。横的方面有航空工程部门，航空维修机构（机务大队、部队修理厂、航空修理厂等），订货机构，训练机构和科研机构等业务系统，纵的方面有从上到下的各级工程机务部门以及各业务系统中的飞机、发动机、军械、仪电、无线电、雷达等不同专业，还有与这一整体密切相关的使用部门，物资保障部门和设计制造等部门。工程机务这一有机整体在运转过程中，各个部门、系统和专业之间是相互联系、相互依赖、相互制约和相互作用的。在组织和实施航空维修中还受战争条件、装备状况，物资、环境和人员技术水平等许多不确定因素的影响。维修的最终目的要求达到高质量、高效率与低消耗、圆满完成飞行和训练任务，从以上航空维修的多因素、多变动、多目标的活动特点及其复杂的互相制约的构成状况来看，航空维修，就不仅是一个具体的技术性保障，而且还具有综合性工程的特点。

(三) 航空维修的重要意义

航空维修的重要意义，主要表现在以下四个方面：

1. 由于飞机是具有空中使用特点的“准单次系统”，维修成为使用的前提和必要条件。离开了正确的维修，飞机就不能保证正常使用并发挥其最大效能；反之，错误的维修或维修不当，就会成为使用的障碍，就不能完成任务，甚至造成严重后果。

2. 飞机使用条件的复杂性，特别是现代战争条件下的使用，对维修提出了更高的要求。现代战争的突然性，战术的多变性，战斗的复杂性，兵器的破坏威力大和空中战机的转瞬即逝等特点，都要求航空兵随时作好出动准备，广泛实施机动作战，复杂环境下保证多出飞机，出好飞机，走的利索，便于机动作战。所以，维修不仅要保证飞机能正常地发挥其功能，而且直接关系到部队的反应能力、战斗出动强度、持续战斗能力、部队机动能力和战斗实力等各个方面。在民航中，维修也不仅关系到飞行的安全，而且直接影响航班正常与否、飞机的利用效率。因此，从一定的意义上讲，航空维修，是航空兵战斗力和民航生产力的一个重要组成部分。

3. 不论在航空兵还是民航，为飞行实施而消耗的全部资源（人力、物力、财力）中，用于维修的占了很大的一部分。因此，维修在很大程度上决定着国家财产、资源运用的有效性和经济性，影响着航空兵部队和民航事业的建设和发展。

4. 航空技术装备的设计和是否达到了预定的要求，归根到底是要通过使用的实践来监督、管理与检验。使用过程中维修实践所累积的经验教训和数据资料，是新型航空技术装备的设计、研制和现有航空技术装备改进的实践基础。

二、航空维修工程学的形成和范畴

长期以来，提到航空维修理论，一般只着眼于具体技术问题的解决。我们工程机务人员（包括科研人员）所学的技术知识，主要也就是各自专业有关的技术学科和所需的基础学科，再加上所维修装备的构造和原理。按照过去的认识，关于航空维修理论似乎就是这些，并不存在什么专业技术以外的航空维修工程学。

所谓航空维修工程学，是以航空技术装备为对象，研究维护和修理的理论、技术和管理的综合性工程技术科学。它是六十年代以来，航空维修实践与现代科学技术中一些先进理论相结合的产物，从理论上研究维修的目的、对象、主体、方法和过程，找出维修这一事物中矛盾运动规律，用以指导维修实践，促进维修管理的科学化和维修技术的现代化，达到优质、高效、经济地完成维修任务，并保证机动作战的目的。

(一) 航空维修工程学的形成

航空维修的发展，经历了从实践到理论、从经验到科学的阶段。

航空维修问题差不多是与飞机本身同时出现的。飞机出现初期，对维修工作的认识只是从当时已有的一般机器往往不甚可靠，总需要一定的维修工作这个初步的认识出发的。工作的内容，也没有超出一般检查保养和修修补补的范围。这时航空维修工作的一个主要特点，就是维修与设计、制造、使用紧密地联系在一起。

1908年发生的第一次由于机械故障而引起的飞行事故，是由螺旋桨折断造成的。同年，一位年青的中国人冯如在美国造出了自己设计的飞机。1910年，他驾驶研制的飞机在美国参加了国际飞行比赛，为祖国赢得了荣誉。但到1912年他回国在广州的一次飞行表演中，却因飞机缺乏维修，机件锈蚀引起故障而死于非命。象这类飞行事故的多次出现，使人们

对机械故障的危害有了进一步的认识，并且对飞机的“空中使用”这个特点有了深刻的印象。这不仅促使飞机在构造上更加坚固，而且对地面维护也重视起来，并以保证飞行安全为首要目标。维修工作内容的不断增加，以及对飞行驾驶技术的更高要求，逐步导致飞机的驾驶者与维修者的分工，航空维修成为一种专门的行业。在第一次世界大战中，飞机已经得到广泛的使用，在性能和装备上都有所发展，并开始装备了武器，维修工作任务也就繁重起来。为了保证战争的需要，使用部门必须脱离飞机制造部门而有自己的专职维修人员和维修的组织机构，并要求器材的保障，维修的人力、物力和费用不断增加。到大战后的二十年代，一些国家已拥有数以千计的军用飞机，并且有了民航事业。航空维修脱离了设计、制造而成为使用部门自己的事，但在工艺技术上，维修与制造仍有许多共同之处。

从三十年代到五十年代是飞机大发展的时期。在第二次世界大战的推动下，不仅飞行速度迅速提高，而且飞机上的技术装备也有很大发展。无线电设备和航空军械设备成为飞机的固定组成部分，这些设备又要求有电源、仪表设备等。在战争中，有的国家使用的飞机就达十几万架。飞机在质量和数量上的大幅度提高，促进了航空维修工作的发展。在组织上，不仅在横的方面有了各级不同规模的维修机构，而且在纵的方面有了维修的专业分工，即把不同用途和不同工作原理的装备，分别由经过专门训练的不同专业人员维修；经过第二次世界大战的实践考验，军用飞机的维修逐步形成了比较完整的维修体制及一整套制度和办法。在技术上要求维修人员具备更多的专业知识；同时，整个维修工作以更高的技术和许多检测仪器、设备和设施装备起来，并采用与制造和生产工艺不同的技术和方法。这一时期，由于装备的复杂，故障的增多，使维修工作量大大增加。与此同时，由于战争的需要，在飞机的设计和制造上，几乎是以全部努力集中于提高飞机的战术技术性能，忽略了对维修的考虑，进一步增加了维修的困难。从维修工作本身看，尽管维修的组织和技术都有很大提高，积累了丰富的经验，但是航空维修问题始终是个实践的问题而未能提到理论上研究；指导维修的思想一直是：使用中会有耗损，耗损能引起故障，故障必然影响飞行安全。维修的好坏主要取决于维修人员的知识、经验和技巧；指导维修的理论知识不是来自维修实践，而是装备设计、制造所依据的理论；至于维修的组织管理，则主要依靠直接经验的积累和传授。所以，直到五十年代，航空维修基本上仍是侧重技艺而未形成一门科学，维修研究的对象是飞机上发生的具体问题而不是维修工作本身。因此，虽然航空维修有了很大的发展并且具备相当的规模，但在航空科学中还没有它应有的地位。

六十年代以来，在一些科学技术和航空事业比较发达的国家中，开始对航空维修这一事物的各个方面进行了理论研究，并且在短时间内取得了明显的效果。这种情况的出现不是偶然的，而是客观的需要和事物不断发展的必然结果。

首先，五十年代以后飞机及其技术装备的发展更为迅速，日趋高级复杂。飞行速度又进一步提高，出现了超音速飞机，在民航界则有高性能大型宽体客机投入使用。航空发动机的推力（功率）和推重比不断增大，能提供较高的剩余功率，使飞机的战术技术性能得到很大改善，并给进一步采用更多的机载设备提供发展余地。飞机上的各种技术装备比飞机本身有更快的发展，不仅更为高级、精密和复杂，而且在数量和种类上成倍增长。电子技术在各种系统和设备上广泛应用，使飞机上的电子器件比三十年代的飞机复杂上千倍。飞机及其技术装备的这种发展，给维修工作提出了一系列新的课题。航空维修必须掌握适于新装备的更为复杂的科学技术知识和手段，不能单纯地依靠“头痛医头，脚痛医脚”和

“坏了就换，裂了就焊”的一般工艺技术，而要从航空技术装备长期使用的全寿命过程来安排各种不同复杂程度和不同方式的维修；不仅要求对具体故障进行微观的、定性的工程分析，而且要求从宏观上掌握故障在整个使用过程的发生和发展规律，进行定量的、系统的研究；要求维修工作针对航空技术装备研制和生产中的新技术、新工艺和新材料，发展新的维修技术和方法。

在装备日趋复杂的同时，飞机的使用范围和规模也日益扩大，要求有相应规模的维修人员、维修机构和维修手段，使得航空维修实践活动大型化和复杂化。这就要求航空维修工作不仅要保证飞机及其技术装备经常良好并能发挥其最大效能，而且要保证以最低的人力、物力和时间消耗来达到这个目的。随着装备的复杂化，维修使用的人力、物力和费用不断增长。不论在空军、在民航，维修的人数和费用都在总数中占有很大的比例。六十年代一架军用飞机的维修工作量约为十五年前同类飞机的三倍。现代装备的维修费用约为其本身价格的几倍到十几倍。这些情况，给维修工作提出了复杂的组织管理问题。例如，如何才能以最少的人力、物力和时间取得最佳的维修效果，如何确定最合理的维修制度和维修方式，怎样划分维修专业和维修等级，工厂维修和部队维修的科学管理和维修质量控制等等。这些问题，都要求运用系统工程的思想，从设计、制造、维修、直到退出现役的全过程，进行科学的研究，从全局出发合理使用局部，以最终求得全局的最佳目标。

随着维修实践活动的大型化和复杂化，人们发现维修工作量的大小、维修时间的多少，以及维修工作的各项人力、物力和费用消耗，并不单纯取决于维修工作本身，有些故障也不是通过维修就能有效地预防，维修工作的全面改善经常受到飞机本身情况的制约和影响。由于维修的各项措施和有关的活动都要从飞机本身的具体情况出发，最后落实到飞机上，因此飞机本身固有的情况是有决定意义的，它是组织实施维修的客观物质基础。要全面地改善维修工作，必须从飞机设计的最初阶段就把维修的问题作为一个基本要素来考虑。这种考虑，不仅要研究有关的工程设计问题，还要研究可靠性、维修性、经济性以及人的维修活动的一系列生理、心理特点，这就提出了新的理论问题。

对航空维修进行理论研究的必要性，还由于飞机使用要求的复杂化。现代飞机要在广阔的空间、很长的时间和各种不同的环境条件下，完成各种复杂的动作和执行复杂的任务。这也对航空维修提出了更高的要求。军用飞机在战争中的使用要求更为复杂。现代战争的突然性、机动性和激烈程度空前增长。战争中，军用飞机必须保持出动的最短反应时间和最大出动强度，要在敌对环境完成复杂的战斗任务并最大限度地发挥其机动能力，要避免和忍受战斗损伤，保持持续的战斗实力。所有这些都离不开维修保障。这就使维修成为部队战斗力的一个重要组成部分，要求把维修的组织实施从各种战略、战役和战术的角度进行研究，就需要有科学理论的指导。

总之，近二十多年来，飞机及其技术装备的复杂化，维修实践活动的大型化和复杂化，以及使用要求的复杂化，促使航空维修中的许多问题必须运用科学技术的理论和方法来研究，才能得到妥善解决。而六十年代以来现代科学的新进展，特别是可靠性、维修性等许多新兴技术科学的相继出现，为研究解决这些问题提供了理论基础；电子计算机的出现，提供了一个强有力的工具；几十年的维修实践和不断扩大的实践规模，不仅积累了经验，也提供了足以进行科学研究的实践数据和资料。这些都使得对航空维修进行理论的研究有了可能。这种客观需要与实际可能的结合，理论与实践的结合，使维修这一事物不再是一

些操作技艺的简单组合，而是建立在现代科学技术基础上的一个新的工程技术学科，航空维修从分散的、定性的、经验的阶段进入到系统的、定量的、科学的阶段，航空维修工程学就此应运而生。

（二）航空维修工程学的范畴

航空维修工程学是一门新兴的边缘学科，还处于发展之中，特别是我国近几年才开始探讨和研究这方面的问题，因而对它的定义、内容还难以给出一个统一的结论。根据近几年来讨论的情况，大致包括下述几个方面。

1. 航空维修总论

根据一些经验，以科学的方法，对航空维修的目的、对象、主体和行动等总的方面进行研究。它包括航空维修的一些基本问题，如航空技术装备的发展对维修的影响，航空维修的性质和特点，维修方针和维修思想的发展变化趋势，航空维修史，维修规章制度（条例）的分析以及世界各国在航空维修方面的技术体制（维修等级、专业划分）和组织体制，人员的训练和管理等，并据以制订维修的各项政策和措施。

2. 可靠性和维修性理论

可靠性理论是航空维修中运用得很广泛的带有基础性的理论，是一门新的技术科学，它是运用概率论和数理统计的方法定量地研究产品的可靠性，用以确定维修的时机（周期）、寿命、评定维修方式、方法和维修的效果。它包括可靠性数学、可靠性工程、可靠性物理、可靠性试验和管理等内容。

维修性本来包括在可靠性之中，但由于飞机的维修性对提高部队战斗力、适航能力，增加维修经济效益，改善航空维修工作状况具有重要意义，所以又出现了维修性工程这一专门的工程技术科学。飞机的维修性是要通过设计来实现的，维修性能的好坏又直接与使用有关，因此，研究维修性设计准则和要求——飞机维修品质规范，是使用部门研究的重要课题。维修性与可靠性有共同的数学基础，它们之间的一个重要区别是维修性必须考虑人的因素。例如人的体形度量、感知能力、心理特点、信息处理能力、工作环境对人的影响和人对环境的适应性等。因此，它还涉及人素工程和维修工效学等一些现代技术科学。

3. 故障诊断理论

过去的维修主要是靠有经验的维修人员凭借人的感官和积累的实践经验，对诊断对象工作时反映出来的各种物理现象，通过各方面的观测，即用直观方法来判断设备的技术状态。近二十年来，由于电子技术等各种新技术和仪器仪表工业的迅速发展，还由于可靠性理论、信息论、工程控制论、概率统计理论、系统工程理论、最优化理论等基础理论领域的进展和在工程技术方面的应用，出现了一门故障诊断科学。故障诊断学是根据诊断对象的从过去到现在、从现在到将来的一系列信息所进行的状态识别和鉴定的科学。

4. 维修管理理论

航空维修是一个复杂的大系统，是一个多层次、多环节、多专业的有机的维修整体，要使这个系统运转灵活，相互协调，高效能地发挥作用，必须实施科学的管理。维修工作中，维修管理占很大比重。管理的科学性直接关系到维修的有效性、经济性和维修质量。没有现代化的管理，就没有现代化的维修。现代管理有两个基本职能，一是调节处理维修过程人员、部门之间的关系，二是对维修过程中各个环节进行预测、计划、组织、调整、检验和核算，保证以最少的维修代价获取最佳的维修效果。

关于航空维修工程学的内容，当然不止上述四个方面。如航空技术装备学，它是研究技术装备本身的原理与构造。显然，这是维修工作必不可少的理论基础，不了解技术装备，无法进行维修。但由于这部分内容繁多，习惯上把它作为各自专业的理论来对待，所以这里没有列入。再说，已列入的四个方面中，其实际内容和范围也肯定要广泛得多。例如，维修工艺方面的许方技术科学，维修管理中的质量控制以及研究设备寿命周期费用的设备综合工程学等都属于应研究的内容。

总的说来，航空维修工程学是现代科学理论与航空维修工程实践相结合的产物，它涉及的科学领域，联系研究的问题都是很广泛的。它既论物理（如工程技术方面的理论），也论事理（如组织管理工作方面的理论）。它主要研究领导部门的决策性问题，也涉及部门的具体组织实施和维修技术。航空维修工程的研究，应是一项群众性的研究，各级工程机务部门和广大工程机务人员都在各自的专业技术领域联系实际研究自身的问题，使这门科学更好地为维修实践服务，指导维修工作。

1. 2 维修思想

航空维修思想来源于维修实践，又受维修实践中“质量、效率、经济和机动”四大指标的检验。我们应注意从实践经验进行总结和概括，使之上升到理论，并用以指导维修工作（同时又受到实践的检验），以推动维修工作向前发展。当前，我们迫切要求改革航空维修以适应我军现代化建设的需要，因此，对维修思想的研究，显得特别重要。

一、维修思想的形成与发展

维修思想的确立，是建立在当时维修的技术装备、维修人员的技术水平、维修手段和维修条件客观实际的基础上的。因此，研究确定一种维修思想必须根据实际情况，立足现在，着眼发展，既要保持相对的稳定性，又必须随着科学技术的发展和人们认识的提高而有所发展。

（一）“预防为主”维修思想的形成

大约在本世纪四十年代以前，地面设备的维修，一般采用“事后维修”的思想。它是在设备发生故障以后才维修保养，而在故障发生之前，把设备停下来换掉磨损机件进行预防的思想是没有的。直到五十年代初才逐渐采用“预防为主”的维修思想。这个思想要求设备上的零部件在即将磨损之前就进行更换、修理，将维修工作做在故障发生之前，因之，这是一种积极主动的维修思想。

航空维修与一般地面设备维修不同，维修对象具有空中使用的特点，航空事业发展的最初年代，就采用了“预防为主”的维修思想。这是因为早期飞机的设计、制造比较简单，发动机剩余功率有限，由于重量的限制，飞机不可能采用过多的余度技术。所以，任何一机件出了故障都有可能直接危及飞行安全。基于这种可靠性与安全性的紧密联系，人们对维修的认识是：机件要工作——工作必磨损——磨损出故障——故障危及安全。为了尽可能保证每个机件可靠安全，要求维修工作应走在故障的前面。因此，广泛地采取预防维修措施，形成了“预防为主”的维修思想。由于认为机件磨损是时间的函数，因此定时维修就成为预防维修的唯一方式；由于没有先进的检测手段，主要靠直观检查，因此拆卸分解的离位维修就成为预防维修的唯一方法。这种维修思想及其方式、方法，在航空界延续了

数十年之久，在维修发展史上占有重要的地位。工业不发达的国家如此，工业先进的国家也是如此。

（二）“以可靠性为中心”维修思想的形成

所谓“以可靠性为中心”维修思想，是以充分利用航空技术装备固有的可靠性来确定维修的思想。多年来，维修只是一种从经验中学到的技艺而很少从理论上进行研究。但是，随着航空技术装备的复杂化，维修费用也随之增长，到五十年代后期，美国空军全部费用的三分之一用于维修，全部人员的三分之一从事维修。维修费用的增长对民航企业的压力更大。与此同时，实际使用的数据资料也证实，有些类型的故障，不论做多少维修工作，仍然是不能够防范的。这些因素迫使人们不得不对预防为主维修思想重新考虑。

预防为主维修思想的基本观念是认为预防维修与使用可靠性之间存在着因果关系。这种观念是根据一种直观的认识，即认为机体会磨损，因而每个机件的可靠性都与使用时间有直接的关系，都有一个可以找到的并且在使用中不得超越的翻修时限，到时必须翻修，而且翻修得越彻底，分解得越细，防止故障的可能性就越大；预防维修工作做得越多，可靠性越高。对于飞机来说，人们原来也都认为所有的可靠性问题都是与使用安全性有直接关系。后来发现，有些类型的故障，不论做多少工作，仍然是不能够防止的。因此不能仅依靠多做工作这一种办法来预防故障，为了解决这个问题，航空技术装备的设计师们采用多冗余度技术，使用多台发动机和结构损伤容限设计这种做法，改变故障的后果，从而使可靠性与安全性的联系不那么紧密了。

不过预防维修与可靠性之间的关系仍然存在。尽管传统的观念是认为可靠性与翻修时限有直接关系，但是实际统计资料表明，不管怎样缩短翻修时限或加大翻修范围以及翻修的深度，企图控制某些机件的故障是不可能的。于是人们对传统的预防维修的作用产生怀疑。为此，1960年美国联邦航空局与航空公司共同组成委员会来研究可靠性与翻修时限之间的关系。经过研究，1961年11月7日颁布的《联邦航空局/民航可靠性大纲》^①中指出：“……，过去，人们非常强调控制翻修时限以达到满意的可靠性水平。然而，经过深入研究之后，本委员会认为，可靠性与翻修时限没有直接联系，所以这两个问题要分开来加以考虑。……”。这种认识对于传统的观念——两次翻修时限的长短是控制可靠性的重要因素——是一种直接的挑战。这种认识又经过若干年的实践检验，到六十年代中、后期逐渐形成了“以可靠性为中心”的维修思想。

以可靠性为中心的维修思想的提出不到二十年，已广泛地为世界各国民航和空军部队所采用，在提高战斗力、航运能力和工作效率，保证维修质量，降低维修费用等方面收到明显的效果。例如，目前先进战斗机的每飞行1小时的维修工时已降到10小时以下，只有五十年代同类飞机的25—30%；七十年代初，一架波音747飞机每飞行两万小时的结构大检查只需要6.6万工时，而五十年代一架小得多的而且不那么复杂的DC—8飞机，每两万小时的结构大检查则需400万工时，相差60倍。

近年来，在总结卅年来航空维修实践的基础上。吸取国外有益的维修经验，航空工程机务根据我国实际情况，参考国外有益经验，立足现在，着眼未来，提出了“一定三改”，

^① “FAA/ Industry Reliability Program” Federal Aviation Agency. Nov.7.1961.

即制定各类机务人员的技术标准，改革维修体制，改革维修手段，改革维护规程。随后，各基地普遍开展维修理论的研究和应用，在维修质量、效率、经济、机动等方面，取得了明显的成效。例如，以可靠性理论为指导，对飞机翻修时限进行了研究，通过大量试验和领先使用，近年来对几个机种飞机的翻修时限作了延长，不但保证了安全，解决了部队的急需，而且节约了大量的国防费用。

上述预防为主维修思想和以可靠性为中心的维修思想，二者都体现了积极主动的思想，都要求积极预防，掌握由量变到质变的规律，把故障消灭在萌芽状态，防患于未然。但是以可靠性为中心的维修思想，是在预防为主维修思想的基础上发展起来的，它充分考虑到技术装备的可靠性、维修性与经济性，采用科学统计分析的方法来认识维修规律，因而能更好地反映维修的客观规律，指导维修实践。

二、以可靠性为中心维修思想的要点

以可靠性为中心的维修思想，是以可靠性理论为基础，通过对影响可靠性因素的具体分析和试验，应用逻辑分析决断法，科学地制定维修内容，优选维修方式，确定合理的使用期限，以控制飞机的使用可靠性。

以可靠性为中心维修思想，包含以下几个要点：

（一）使用部门维修的目的与作用

使用部门维修的目的是以最小的经济代价来保证与恢复航空技术装备的固有可靠性与安全性。航空技术装备的固有可靠性是由设计、制造所确立的，它是航空技术装备所能达到可靠性的最高水平，要达到更高水平，只有重新设计。通过维修可以提高使用可靠性，或者防止固有可靠性水平的降低，优良的维护工作可以使航空技术装备接近或达到已经具有的固有可靠性水平，但是不能够超过它。如果维护措施对航空技术装备的可靠性难以产生效用，也就是说，经过维护工作，仍然不能保证必要的可靠性水平，那么，这种装备属于有设计缺陷的装备，应当向设计、生产部门提出建议和要求，以便重新设计与改装，以提高其固有可靠性。

（二）预防维修工作的确定

是否进行预防维修工作，要根据故障的后果来确定。故障有四种后果：

1. 安全性后果：指可能的机毁人亡；
2. 使用性后果：它包括直接的维修费用和间接的经济损失，或影响作战、训练任务的完成；
3. 非使用性后果，它只包括直接维修费用；
4. 隐患性后果：它是指由于隐蔽功能故障（飞行中空勤人员不易发现的故障）未被发现和排除，可能造成继发性多重故障而出现危险性后果。

安全性后果和隐患性后果都要进行预防维修，使用性后果和非使用性后果，根据经济原则和作战、训练任务的要求来判断是否进行预防维修。

定时翻修对复杂设备的可靠性几乎不起作用。早期和偶然故障是不可避免的，进行预防维修是没有效果的。应用逻辑分析决断法，扩大视情方式，采用监控方式。

（三）故障后果的改变

1. 预防维修能够预防和减少功能故障的次数，但是不能改变故障的后果，
2. 故障的后果，包括经济性后果，都是由装备的设计特性所决定的，只有更改设计，

才能改变故障的后果。差不多在所有的情况下，安全性后果可以通过冗余技术、破损安全设计、损伤容限设计等措施而降低为经济性后果。通常，隐蔽功能可以通过设计转变为明显功能。

(四) 不断地收集、分析使用中的数据资料

航空技术装备一旦投入使用后，就有个在实际使用中关于每个机件的状况和性能的数据资料的收集和分析问题。这不仅是进行维修工作的基础，修改和修订维修大纲的依据，而且也是改进或设计新型航空技术装备的关键。预防维修大纲（维护规程）不应当是一成不变的，任何一个使用前的维修大纲都只根据有限的资料，因而使用维修部门必须在装备的整个使用过程中收集实际数据，并及时予以补充和修订。另外，使用维修部门是航空技术装备可靠性的检验者与控制者，不断向设计制造部门反馈实际数据资料和要求，是使用维修部门的应有责任。设计制造部门与使用维修部门需要密切配合，才能把维护工作搞得更好，才能设计出固有可靠性更高的航空技术装备。

近年来，为加强航空工程机务统计和维修质量控制，空军普遍建立了质量控制室，在掌握故障规律、落实技术通报、监控机件使用期限、防止维修差错、掌握设备状况和质量信息反馈等方面，取得了明显的效果，提高了维修的针对性和有效性。

1.3 维修的组织管理

在第一节里，我们已谈到航空维修是一个大系统，对这样一个规模庞大、专业复杂、互相制约、功能综合的有机整体，如何组织管理、使其协调一致发挥其最大效能，是我们研究解决的一个重要课题。装备越复杂，技术越先进，对维修管理的要求就越高。航空工程机务人员，尤其是各级领导干部，既要掌握装备的维修技术，更要学会科学的维修管理，从总体上对航空维修系统进行统筹安排、综合平衡，使这个有机整体真正做到技术上先进，经济上合算，运行中可靠，时间上最省。

航空维修管理是一门科学，涉及的范围比较广，它不仅限于专业技术理论，而且建立在系统工程学、运筹学、可靠性、维修性和数理统计、电子计算机等现代科学技术理论和方法的基础上。它是从航空维修总体出发，应用现代科学技术对维修思想、维修制度、类型、方式、手段等重大问题进行分析研究并实施科学管理。具体可分为下面几方面。

一、维修制度

维修制度，是指从航空维修的整体出发，按照不同的维修深度划分为不同的维修等级并制订相应的工作制度。显然，不同的维修等级反映不同的维修任务范围，配置不同的组织编制，配备相应的工具设备等。等级的划分、编制和制度的确定，应当以飞机装备的数量、质量（主要指固有可靠性）为依据，以保证使用可靠性、安全性、经济性和高效率为目标，考虑平时与战时的转换等因素而研究制定。

维修等级的划分，目前各国有所不同，就其工作内容来说一般分为飞行的机务准备，定期检修，部队修理和工厂翻修等四级。维修等级不是一成不变的，应根据技术装备、维修内容和维修技术条件的变化而相应地改变。

飞行的机务准备，一般分为预先机务准备，直接机务准备和再次出动机务准备。预先机务准备是在结束一天的战斗、训练飞行之后，或在受领预先战斗命令之后，为了执行新

的任务而预先实施的准备工作。直接机务准备是在预先机务准备的基础上，根据具体的飞行任务，在开飞前的一段时间内实施的准备工作。再次出动机务准备，是为了保证飞机连续出动，在着陆后再次出动前的短暂时间内实施的准备工作。如果战斗或任务需要而准备时间紧迫，预先机务准备和直接机务准备可以结合进行。此外，为了加强对飞机的检查和保养，提高维修质量，每经三、四个飞行日，要安排一个机械日。

飞行机务准备制度，即飞行保障和日常维修的制度，美军和苏军的做法不同。美国空军的机务准备较简单，不要求较高的技术水平，而苏军的则比较复杂。美军的外场级维修的飞行保障工作只规定飞行前后检查，没有再次出动检查，只是根据具体情况进行特别检查（如着陆粗猛就检查起落架等）。苏军的机务准备则有四种，即预先、直接、再次出动和飞行后，每种准备都有规定的检查内容。飞行后检查不属于飞行后准备而属于预先准备。除了机务准备外，还有机械日制度。我们采用的是三种准备加机械日的制度。即把苏军的飞行后准备与预先准备合为一种。

定期检修是航空技术装备使用到一定的时限（次数）以后，所实施的周期性的维修保养工作。其主要内容是深入检查航空技术装备的技术状况，发现机件的、特别是机件内部的磨损和损伤，排除所发现的故障、缺陷，并进行调整、清洗、润滑等保养工作。目的是保持和恢复航空技术装备的战术技术性能和使用可靠性，保证航空技术装备在下一个周期内安全可靠地工作。

定检制度，各国也有所不同。苏军定检周期一般都是以飞行小时规定的，间隔在 200 小时以下的属于定检，更长周期的则属于中修范围。美军飞机的定检周期一般较长，短的为 100 小时，长的达 1000 小时以上。间隔时间的规定与飞机翻修时限有关。美国的周期性工作有二种制度，一种叫阶段制，就是把一个寿命循环内所有需进行的维修工作，划分为工作量大致相等的若干阶段进行，例如每 100 小时进行一次阶段检查，在整个寿命循环内没有重复性工作。另一种叫定期制，即按照固定的间隔时间进行定检，每次定检的工作量差别较大。1974 年美军对 F-4 飞机的周期性工作制度进行了改革。首先是把寿命循环时间由 450 小时延长到 600 小时，定检间隔由 75 小时延长到 100 小时。后来又将阶段制改为定期制，即把主要的定检工作集中在 300 小时和 600 小时两次大的定期检修，其余的 100，200，400，500 小时定检工作量很少，可以在外场进行，由定检队派人支援，一般只需半天或一天内就能完成。这样，只有在 300 小时和 600 小时两次定检才要送往机库进行，而根据 F-4 的年飞行时间，600 小时大体上正好到达工厂进行“计划性工厂维修”的时限，可以由工厂结合工厂维修来完成。这样，定检队实际只完成 300 小时定检。经过这样的改革，大大减少了定检队维修人员和维修费用，而且大大减少了因定检而停飞的飞机。据计算，由于减少停飞飞机，美国战术空军驻欧空军和太平洋空军的 F-4 飞机的可用数等于增加了三个半飞行中队（每个中队约 24 架飞机）。改革中，他们非常重视实际效果的检验。检验标准有两条：一是改革前后飞机可靠性、安全性的对比；二是包括飞机可用率在内的技术经济效果。

飞机修理，通常按照对装备或其系统、设备、机件所进行的修理范围和深度，分为大修、中修、小修。大修，是指进行了大分解、详细检查和涉及性能、强度的深度加工，或对主要技术性能（参数）进行了比较全面的检测、调试等工作的修理。飞机的主要承力构件的修理一般属于大修。中修，是指进行了局部分解、检查和一般加工，或对部分技术性

能（参数）进行了检测、调试等工作的修理。小修，是指排除使用过程中发现的故障、缺陷和轻度损伤，对个别部位进行了分解检查，或不涉及整机性能、强度的个别零件进行更换修理。航空技术装备的大修、中修和小修，还可以按照修理中消耗的工时或器材、经费数量划分。不同型别航空技术装备维修类别的具体划分，根据专门文件确定。

工厂翻修的制度各国不同的做法，大致有五种类型。第一类是按照规定期限送厂翻修，出厂后寿命从零开始。我国空军采用的就是这一类。第二类是根据工程判断提出的间隔时间送厂进行有限项目的检修。西方主要国家如美国、西德各国空军均采用这种方式。第三类是视情维修，即根据观察到的可靠性降低的情况送厂进行有限的定期返修，世界各国民航普遍采取这种方法。第四类是在做出飞机送厂的决断之前先对飞机进行检查，曾在英美海空军中试行，因送厂飞机失去计划性，生产安排有困难，目前采用的不多。第五类是完全不做定期送厂工作，以色列空军采用这种方式。1979年在瑞士召开的第一届国际飞机维修工程会议认为第一类方式是由于对机件不摸底，靠大量拆卸普遍检查来发现问题的一种最费钱、最耽误时间的方式。

值得注意的是在翻修的问题上，国外目前大部已经或准备取消翻修时限的规定。过去我们一直认为，把飞机、发动机按照一个规定的时限进厂全面翻修，即全面地进行分解、检查、探伤、安装、试验是全面恢复良好的彻底办法，是保持和恢复可靠性的主要手段。但是国外的多年实践和可靠性分析结果都表明，翻修时限的长短与飞机、发动机的可靠性之间几乎没有什么关系，即过多的翻修并不能提供满意的可靠性水平。美国空军在兰德公司协助下对许多机种进行了这样的分析，我军翻修厂对某发动机翻修时限的分析也得出相似结论。将该发动机翻修时限延长50%以后，外场故障率减少54%，提前返厂率减少64%，不但取得了明显的经济效果，而且可靠性提高了。分析结果还表明，在翻修出厂后投入使用的早期，故障率有明显的增大。因此，新型装备在未取得使用经验时，可以规定一个翻修时限，而在积累了一定的经验数据后，按照每型飞机的具体情况决定翻修时限和内容，是比较好的办法。所以好的维修制度，不仅关系到可靠性，而且可以大大提高飞机可用率、减少因维修而停飞的飞机，提高出动强度，节约维修人力物力。近几年来，许多国家在维修制度方面作过不少研究，不断在改进，尽量减少外场的工作量，其重点都是放在大修和翻修上。

二、维修类型

维修类型，是指从不同的角度按照维修的特点对飞机维修工作进行的分类。

（一）按照维修性质区分有预防维修和修复维修。

1. 预防维修——依据事先规定的维修内容、时机，按照预定计划进行的维修。预防维修是航空维修的主要类型。其目的主要是预防故障，防患于未然。预防维修又分为两类：一是例行维修，其维修时机与使用对象的使用时间（次数）没有直接联系，如飞行前、后检查，再次准备、停放保管、防潮去锈、改地换季工作等。二是定时维修，其维修时机与使用对象的使用时间有直接联系，如定检、翻修等。

2. 修复维修——事先不知道何时出现何种问题，无法预先安排计划，而是根据飞机使用过程中发现的问题进行的维修。通常包含故障探测、诊断，机件的修复以及恢复后的验证试飞等内容。

（二）按维修方法区分有离位维修和原位维修

- 1、高位维修——需要拆卸或分解后进行的维修。
- 2、原位维修——不需要拆卸或分解而直接在飞机上进行的维修。

高位或原位维修，其自身并无先进与落后之分。一般说来，外场的飞行保障和日常维护主要采用原位维修，而定检和修理工作主要采用高位维修。拆卸维修确实存在一些不利因素，如浪费人力物力和时间，有时甚至造成人为故障，但它是维修工作中的必不可少的方法。原位维修虽无上述缺点，但要实现原位维修必须采用先进的维修手段和改进飞机的维修性。例如，对飞机结构的裂纹、腐蚀和损伤的检查，过去通常采用拆卸、分解、去漆检查、调试、组装等繁杂工序，采用无损探伤后，基本上可以在飞机上进行原位检查。

(三) 按维修深度区分有全面翻修、部份检修、特定检查、功能测试和日常维修保养等。

(四) 按维修场所区分有外场维修、野战维修和后方维修。

通过对维修类型的分类，可以针对不同维修工作的特点、性质和相互关系进行分析研究，发现问题，提出办法，改进维修工作。特别是在制订维护规程、确定维修方式、分析预防维修和修复维修时是必不可少的。修复维修工作量的大小，是衡量预防维修效果的重要标志。同时又是确定预防维修的基本依据；预防维修的总工作量，是衡量飞机及其技术装备的可靠性和维修性的重要标志，同时也反映飞机有效度的状况。

三、维修方式

维修方式是在对机件可靠性特性认识的基础上，控制和掌握维修工作进行时机和类型。维修方式主要有定时方式、视情方式和监控方式三种。

(一) 定时方式：以工作时间确定维修周期，按照统一规定的时间，不管技术状况如何而进行的拆卸维修的控制方式。

它适用的条件：

- 1. 机件发生故障的可能性在一定使用时间后迅速增加，并危及飞行安全；
- 2. 必须有很大一部分机件可以工作到上述时间；
- 3. 通过维修，可靠性能够恢复到原始水平。

定时维修以时间为标准，维修时机的掌握比较明确，便于组织计划和掌握，但针对性差，维修工作量大，不经济。

(二) 视情方式：根据机件实际技术状况，控制机件可靠性的方式。它要求机件在发生功能故障前就采取措施，因此这是一种有效的预防性的维修方式。

它适用的条件：

- 1. 属于耗损故障的机件，而且具有较缓慢发展的特点，能估计出量变到质变所需的时间，能定出状况恶化参数标准。
- 2. 机械故障对飞行安全有直接危害，并有恶化参数可供监控。
- 3. 属隐蔽功能又能作原位检测的机件。

视情方式是随着技术装备和监控手段而发展起来的一种维修方式。优点是能够有效预防故障，较充分利用机件的工作寿命，减少维修工作量，提高飞机可用率，减少人为差错和早期故障。

(三) 监控方式：依靠收集和分析机件总体的使用维修资料和对机件在使用中的状况进行连续监控而决定维修措施的方式。由于分析和监控的内容都是已经发生的情况的事后

数据资料，而且有了这种监控，机件可以使用到不能继续使用为止，因而也称事后维修方式。事后维修方式是把机件状况的视情检查提高到连续监控，也可以说是视情方式发展到更高一级了。实现这种方式，能使机件寿命得到充分利用，维修工作量很少，最大限度地避免了人为差错。使维修工作由被动变为主动，可以说是一种理想的维修方式。

但是，监控方式是以飞机机件可靠性高和监控手段先进为前提。机件本身的固有可靠性高，不易发生故障，在功能方面采用余度技术，在飞机结构方面采用破损安全设计，做到故障自动防护，有机载和地面的监控和自动记录设备，形成了以电子计算机为主要设施的收集、储存、传递和分析的信息情报系统。

它适用的条件：

1. 无隐蔽功能而且故障对安全无直接危害的非耗损性的机件；
2. 具有对安全性无直接危害的耗损故障的机件，虽可用定时或视情方式维修，但故障后果的影响小于预防维修费用的影响；
3. 对无法预知故障情况的机件，只要对安全无直接危害，可先采用此方式，待取得经验后，再选用更合适的方式。

定时、视情、监控三种维修方式，其产生的历史是有一个前后次序的，但其本身并没有先进落后之分。近代先进飞机上，有些机件还是需要定时维修的，而一些老式飞机中，也有一些机件，可以采用视情或监控方式。在一架飞机的维修中，三种维修方式是互相配合使用的。目前我们所进行的定时检修，其中有许多内容在性质上属于视情方式，不能认为定时检修都是定时方式。因此，究竟采用何种维修方式，是对具体维修对象而言的，要对具体对象进行具体分析后分别确定。

四、维修手段

维修手段，是直接或间接用于飞机维护、修理、保养的各种工具、仪器、设备。维修手段是落实正确的维修思想，实现适用的维修方式的重要条件。先进的维修手段在减少维修工时，提高工作效率，减轻劳动强度，保证维修质量上起着重要作用。

随着航空技术的发展和飞机维修性能的提高，维修手段也发展很快。现代维修手段发展的主要动向是：实现维修操作的全部机械化、自动化，大部份机件的检测、试验实现原位无损探伤检查；对飞机上某些机件、系统、装置实现连续状态监控；采用电子计算机收集储存传递和分析数据情报，来实现维修技术和维修管理科学化。

现代维修手段中正在大力推进的主要有监控技术和无损探伤技术等。

监控技术设备，用于不断地连续监控航空技术装备的技术参数变化情况，做出趋势分析和预报。目前，用于民航的较多，用于军用飞机的较少；用于发动机的较多，用于飞机的较少。

用于监控发动机技术状况的有：振动分析器，用来探测外来物打伤，转子质量不平衡、轴承损坏，以及指示振动量是否超过规定等；与振动分析器功能相似的声音分析器；监控涡轮盘裂纹用的电涡流探测器，能及时发出警告；发动机热段监控器是感受发动机的转速和温度，能发出超转警报，记录超温温度及超温时间，自动折算和显示热段的剩余寿命；滑油监控是通过滑油状况的探测以发现所润滑的机件的早期故障。目前机载的监控方法有：磁塞和安装在滑油路上的探测器，探测过滤器，能对杂质和金属屑进行监控。机载的监控设备有座舱仪表和自动记录仪。目前比较广泛采用的机载设备只能将数据记录下来，

由地面设备来分析和处理。比较新式的一种飞机综合数据系统，不仅可以用来监控发动机的技术参数，而且还能监控飞机结构和其它系统的参数，以及飞行员的操纵情况等。

无损探伤设备 无损探伤是一门以物理学、力学、电子学和材料学等为基础的新兴科学技术。它以不损伤检测对象为前提，通过各种检测手段来及时、准确地发现构件内在或表面的缺陷；并判明各种缺陷的形状、大小、性质以及各种有关的性能和物理量，为机件可靠使用提供依据。

据国外资料报导，在飞机的损坏总数中，由于疲劳裂纹所引起的占50%左右。据美国JF-3D发动机的故障原因分析表明，高周和低周疲劳破坏占全部故障的1/3。从美国空军的64起飞机结构的重大断裂事故分析中看出，有55%的事故来源于结构材料的缺陷和工艺缺陷等所形成的疲劳裂纹。据我军航修理工厂的粗略统计，一架某型歼击机在每一次进厂翻修时，一般有64个零件的135处经常产生裂纹。另一型号的一架歼击机有70多个零件经常产生裂纹。某台发动机有80多个零件出现过裂纹。因此维修工作采用无损探伤技术找出早期疲劳裂纹并及时采取措施以防患于未然，是一个重要的问题。

在航空维修工作中，随着无损探伤技术的应用，推动了维修方式的巨大改革，定时维修逐步走向视情和监控，离位检查逐步变为原位检查，飞机大修也由定期进厂、全部大修逐步向视情送修和分阶段部分大修转变。无损探伤的广泛使用也推动维修体制和编制的相应改革，部队增建了一些无损探伤机构，修理厂也将由以修理小组为主的修理体制转为以故检为中心的修理体制。由于飞机结构设计的改进和无损检测手段的加强，今后外场能够检查的部位和更换的机件将逐渐增多，维修等级和维修分工也将有相应改革。无损探测技术与断裂力学、计算机技术的互相配合，对航空维修工作将会带来更大的变化。

国外探测技术发展很快，用于航空维修的已有数十种。我军在航空维修中也逐步由早期的着色探伤、磁力探伤、荧光探伤，发展到超声波、电涡流、X射线、激光全息摄影等探伤技术。

近几年来，从原位检测、无损探伤、状态监控、快速充填加挂、改进维修工艺等五个方面，进行了维修手段的改革。通过改革，有效地提高了维修质量，工作效率，经济效益和部队的作战能力。例如，过去对某飞机起落架进行磁力探伤，要经拆卸、分解、去漆、探伤、修理、喷漆、组合、安装等7—8道工序，2—3个人工作两天，现在采用电涡流探伤新工艺，只要1个人工作30分钟。再如，过去其轰炸飞机挂弹，要17人50分钟才能完成，现在只需4人操作10多分钟即可完成。

航空维修的组织管理要研究解决的基本问题远不只上面提到的几个方面。其它还有维修体制与组织形式，维修人员培训，维修情报的收集和处理，维修工程预算等。

上面的一些基本内容，都是从维修工作的组织管理角度提出的。国外的情况和国内的实践都说明，必须把维修的组织管理作为科学问题来对待，运用现代科学技术，把我们实践的经验提到理论的高度来总结，才能加快航空工程机务工作现代化的步伐。航空维修理论涉及科学技术中许多新的学科，从系统工程、人素工程，工效学以至计算机科学，管理学等等，都可以在航空维修工程中加以运用。为了把航空维修工作建立在现代化科学技术的基础上，科学地解决维修工作的基本问题，我们应该积极开展维修理论的研究和应用，以加速航空工程机务工作的现代化建设。