

农用机器 可靠性技术

〔苏〕 Л. С. 叶尔莫洛夫
B. M. 克利雅日科夫
B. E. 切尔昆 著

高行方 华国柱译校

农 业 出 版 社

农用机器可靠性技术

Л.С.叶尔莫洛夫
〔苏〕 В.М.克利雅日科夫 著
В.Е.切尔昆

高行方 华国柱 译校

农业出版社

П. С. Ермолов
В. М. Кряжков
В. Е. Церкун
**ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**
[ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
,ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ]
МОСКВА <КОЛОС> 1982

农用机器可靠性技术

Л. С. 叶尔莫洛夫
〔苏〕 В. М. 克利雅日科夫 著
В. Е. 切尔昆

高行方 华国柱 译校

* * *

责任编辑 施文达

农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm 32开本 8.375印张 180千字

1990年12月第1版 1990年12月北京第1次印刷

印数 1—535册 定价 5.25元

ISBN 7-109-01299-9/TH·71

内 容 提 要

本书阐述机器设备可靠性的基本概念和原理，可靠性的物理实质，可靠性理论的数学方法，机器可靠性的试验方法，提高农用机器可靠性的基本方向和各种措施的经济效益。

本书可供农用机器设计、使用、试验研究和管理部门的工程技术人员及有关专业的大学师生参考和阅读。

译 者 的 话

50年代以来,随着宇航技术、无线电技术、现代化通讯设备等的发展,对电子技术设备的元器件、整机和系统的可靠性提出了很高的要求。在各方面的努力下,可靠性技术和理论有了较大的发展,由此也带动了机电产品可靠性技术的研究和应用。机器设备可靠性有其特殊性,它已逐步形成独立的学科,它的理论和技术正在不断发展。

农用机器主要在田间工作,比一般机器的使用环境恶劣,而且使用地点分散,维护保养技术水平和条件有限,故障较易产生,且不便及时排除,对于季节性很强的农业生产作业影响颇大。因此,提高和保证农业机器的可靠性有特殊重要的意义,是农用机器设计制造和使用修理部门的重要课题。“可靠性与寿命”已列为农用机器的重要指标,在〈农业机器生产试验方法〉中,明确规定了农机具样机和机组的可靠性系数。

本书是苏联高等学校教材,初版于1974年出版,现在译出的是按新大纲编写的新版。第二版内容有较大修改和补充。全书系统阐述了农业机器可靠性的基本概念和原理,可靠性的物理实质、可靠性理论的数学方法和试验方法;在机器设计、制造,使用和修理中提高可靠性的措施及其经济效果。

由于农用机器可靠性日益为人们所重视,我们根据“洋为中用”的方针,译出本书,供农用机器设计、使用、教学、研

究和管理部门的干部、工程技术人员或大学师生参考。

本书的第一、二、四、五章由江苏工学院高行方翻译(其中第五章 § 4, § 5 由张仁敏翻译)。第三章由中国农机院华国柱翻译,并由华国柱对全书作了审校。

在翻译中,名词术语尽量采用现行通用的译法。错误不妥之处,请读者批评指正。

1987.12.

前 言

机器、设备、仪器的可靠性和质量，在很大程度上决定现代科技革命的成就。工程技术人员应解决提高可靠性和质量问题，他们需掌握机器可靠性的理论知识，以便在实践中成为科技进步的真正创造者。

各类机器的可靠性是综合性问题，反映在产品存在从设计到报废的各个阶段。随着人类认识和技能的完善及各种产品工作条件的变化，可靠性总在不断发展。

从古至今，从原始劳动工具（石刀、石斧）到当代宇宙飞船和机器人，人类创造的一切，均力求可靠。可是要创造毫无故障、无限持久的机器是不可能的，因为随着时间的流逝，不断有各种因素对它作用、改变零件性质，以致使它偏离原有可靠性指标。经济核算表明，造这样的机器也是不适宜的，因为生产工艺会不断改变，工艺设备也要更新。

在航天、无线电、自动化、遥控和现代通讯技术领域内首先产生的可靠性，已成为头号课题，并单独形成学科，其任务是评价产品的可靠性。

可靠性也成了机器制造业的首要问题。苏联已将《可靠性原理》列入高等工科院校（包括高等农业院校的机械化系）的教学计划。此课程设置的目的是保证产品（包括农用机器）工作的可靠性。

“机器可靠性原理”研究产品工作性能指标随时间的变

化规律及故障机理,从而制定措施的最小的时间和资金消耗,保证产品必要的耐久性和工作连续性。

产品可靠性是产品的一项基本质量指标。从技术上讲,质量是与产品不可分割的综合特征,它反映产品的特点及与其他产品的区别。通常这个综合特征决定产品对其用途的适应程度。

机器可靠性问题是与许多阶段相联系的综合问题。这些阶段可明确划分如下:

1.具有一定可靠性的产品的构思、研究、设计和计算。在此阶段,可靠性决定于研究和设计计算的质量。这是最关键的阶段,如在选择方案(部件和偶件的结构、选用的材料、防护措施、维修系统等)时,有一卢布的差错,在使用阶段会引起上千卢布的损失。

2.产品制造。在此阶段,产品可靠性首先决定于零件的材料质量、加工精度、装配和磨合质量及其他工艺过程。在制造阶段有一卢布差错,在使用阶段会损失几百卢布。应该指出,不少企业对产品不进行充分磨合和试运转。必须克服这种状况。为此,有必要普遍推广对新的或修复的机器的快速试运转。

3.产品使用。在设计制造时奠定的可靠性,在此阶段得到体现和保持。通常这个阶段可观察到反映使用 and 维修过程的〈人一机—环境〉系统,还有一些社会因素(生活和劳动条件、工资、操作者对集体生活的参与等),对可靠性有时可能是决定性的。

总之,计算在规定使用条件下的机器性能,质量的工艺保证和规定机器的使用条件,是最优可靠性管理系统的基础

点：计算、制造和使用耐久性机器是可靠性科学的基本内容。

有人认为，保证如生产率那样的产品质量指标不属于可靠性科学的范畴。这条原则是有争议的。例如，谷物联合收获机如果不能收获产量为5吨/公顷的小麦，那么它的其他任何可靠性指标就没有什么必要了。

显然保证特定机器的功能的可靠性是必要的，这是可靠性技术中最主要的。

可靠性的特点如下：产品从设计到使用的各个阶段都影响所需求的可靠性；产品功能参数的变化过程是随机的；决定产品特性变化的物理规律是多样的和复杂的，都有时间因素。

机器可靠性科学的理论基础是建立在各基础科学分支之上的。

1. 数学方法在可靠性理论中从开始就作为科学的基础，获得了相当广泛的研究，首先是应用概率论和数理统计，建立故障发生的规律，研究导致零件破坏特性改变的机械—物理—化学过程，以及计算（即预测）产品在使用中的性能。数学方法的发展对确定可靠性的理论基础是必要的，但还是不够的。

2. 对称理论在可靠性科学中获得了应用。根据格尔曼·维尔耳的定义：“对称是那样一种思想，人类长期以来试图用它来理解和创造秩序、美丽和完善”。Б.К.伯恩斯坦院士认为此理论的意义为：“对称概念是物理学和整个自然科学的最概括最基本的概念之一”。对称理论是解释零件材料的由来、构造与性质之间关系的基本学说。

3. 可靠性理论还建立在机器零件材料的整体强度和表面强度学说之上。如果说计算零件的整体强度并不复杂,那么从表面强度或耐磨性计算零件的耐久性是比较难的。因为研究和建立各种类型的磨损规律是急剧提高机器可靠性的“钥匙”。何时何地建立了磨损 (W) 和材料结构 (CM) 的关系 $W=f(CM)$, 那时那地就会有机器可靠性工程计算的实际可能性。磨损是个结构敏感因素。

4. 固体物理、化学、金属物理、晶体物理、晶体化学、物理化学、化学物理、结晶学等的成就,是现代材料学的理论基础,广泛应用于可靠性的理论基础之中。缺乏材料与结构及其在各种条件下(疲劳、磨损、腐蚀)破坏原因的深厚知识,缺乏控制材料性质形成的基础,则不能创造出获得零件无磨损表层的方法及全部的材料。

不建立零件材料原有性质在使用过程中的变化关系及其数学模型,则不能解决可靠性的根本任务——改变产品的耐久性、适修性、连续性和完整性,即改变可靠性的基本指标及确定制造高强度材料的方法。

在评价农用机器可靠性时,需要注意到,随着生产的发展,机器可靠性水平是不同的。

现代机器的可靠性远远超过半世纪前的。例如,XT3-15/30拖拉机经过50至70机器工作小时,就需紧固连杆轴承,而现代拖拉机经过5000至6000机器工作小时,才进行类似的保养。然而按照当今的要求,还不能认为农用机器的可靠性指标是足够的。新拖拉机至大修前的工作时间的平均水平还不超过5000—6000机器工作小时,多数复杂机器的连续工作概率不超过0.7—0.8;收获机器的完好性系数在0.7—0.8范围内。

目 录

译者的话

前言

第一章 基本概念和原理	1
§ 1 基本概念、术语和定义	1
§ 2 可靠性的研究对象	6
§ 3 机器和设备的质量概念	6
§ 4 质量与可靠性	8
第二章 可靠性的物理基础	10
§ 1 农用机器故障的分类	10
§ 2 产品可靠性降低的内外因素	12
§ 3 固体外摩擦的机械-物理-化学本质	31
§ 4 机器零件磨损的类型和规律	39
§ 5 机器零件形成耐磨结构的基本方向	53
第三章 确定可靠性指标的数学方法	61
§ 1 产品故障的随机性	61
§ 2 产品质量和可靠性的数量指标	79
§ 3 可靠性信息的收集和处理	81
§ 4 无故障指标	98
§ 5 耐久性指标	107
§ 6 维修性和贮存性指标	112
§ 7 可靠性综合指标	113
§ 8 可靠性指标的计算	119

第四章	农用机器可靠性的试验和检查方法	136
§ 1	可靠性试验和检查方法分类	136
§ 2	实验室试验和现场试验	138
§ 3	使用试验	151
§ 4	技术诊断	172
§ 5	可靠性的检查性试验	185
第五章	提高农用机器可靠性的基本方向	194
§ 1	机器设备适修性的要求	194
§ 2	提高可靠性的设计措施	197
§ 3	提高可靠性的工艺措施	200
§ 4	提高可靠性的使用措施	209
§ 5	提高可靠性的修理措施	214
§ 6	提高耐久性的措施	217
§ 7	修理质量综合管理系统	226
§ 8	农用机器修理组织的发展前景	230
§ 9	在生产中推广高可靠性零件的技术经济效益	231
§ 10	热-机械法强化金属覆盖层的技术经济效益	233
§ 11	在工厂条件下控制摩擦副磨合过程, 提高可靠性的 技术经济效益	235
附表		237
参考文献		253

第一章 基本概念和原理

§ 1 基本概念、术语和定义

苏联国家标准 (ГОСТ 13377-75),《技术可靠性、术语》有86条术语,基本可分成下列几部分:1) 一般概念;2) 故障种类;3) 可靠性指标;4) 有关贮备的术语。

苏联国家标准和可靠性技术文献中使用下面一些术语和一般概念。

1. 技术产品可能有下列基本状态:完好,不完好,有工作能力,无工作能力,极限状态。

完好(完好状态)——在此状态下,产品符合标准技术文件的全部要求。

不完好——在此状态下,产品至少有一项不符合标准技术文件中的要求。例如,拖拉机生产率和经济性的下降超过许可界限,机床失去精度,车身油漆不匀,汽车驾驶室凹陷等等。

有工作能力——在此状态下,产品能完成规定的功能,给定的参数在标准技术文件规定的数值范围以内。

“完好”概念比“有工作能力”宽些,完好的产品总是有工作能力的,而有工作能力的产品可能不完好,但此类不完好并未影响产品功能。例如,传动箱仍有工作能力,如果齿轮磨损,且它的使用指标不超出规定的技术要求范围。

无工作能力——在此状态下，产品至少有一项表征完成规定功能的指标不符合标准技术文件中的要求。

极限状态——产品在此状态下，由于安全要求被破坏，或有关参数超出界限；或使用效率低于许可值需要大修而尚未恢复，所有这些都必须停止使用。

极限状态的标志（指标）由产品的标准技术文件规定。

产品停止使用的标志是：产品不能保证正常工作、使用效率或最低限度的安全条件；过多的修理费用（经济上不合算）以及产品无形的老化。

产品由完好到不完好，由有工作能力到无工作能力状态的转变的标志为下列事件：损伤和故障。

损伤——是个事件，由于越过了产品标准技术文件规定的水平的外部因素的影响，产品或其部件的完好性受到破坏。

损伤如果不影响产品的工作能力，则是无关紧要的；但是，如果使产品失去工作能力，那就是要紧的了。不要紧的损伤如不消除，可能破坏工作能力变成要紧的，即引起故障。

故障——也是个事件，即产品工作能力的破坏，此时产品的工作能力全部或部分丧失。有故障时，由于存在技术上的缺陷或产品使用特性（参数）偏离许可界限，产品必须停止使用。

故障的出现总与缺陷的发生有关。汽车发动机功率下降超过规定界限，将有故障。此时汽车为“不完好”状态。但是，并不是出现缺陷总会产生故障的。例如，拖拉机机组润滑油渗漏说明有缺陷，然而不一定导致故障的出现。

2. 按工作能力的修复情况，产品可分为可修复的和不可

修复的，可修理的和不可修理的。

可修复产品——在发生故障后，其工作能力在一定情况下宜于修复的产品

不可修复产品——在发生故障后，其工作能力在一定情况下不宜于修复的产品。

可修理产品——有故障或损伤后，其完好状态和工作能力宜于修复的产品。

不可修理产品——有故障或损伤后，其完好状态和工作能力不宜于修复的产品。

多数农用机器产品是可修复和可修理的。例如活塞环，离合器和制动器的摩擦片、垫片、密封圈等属不可修理（不可修复）的。修理机器时，这些零件需更换。

有些磨损件根据技术状态及存在缺陷确定修理或不修理。例如，曲轴的薄壁轴瓦或曲轴有裂纹，是不可修理的，而无裂纹的上述零件是可修理的。

3. 可靠性是农用机器的主要质量评估和使用特性的主要指标之一。苏联国家标准（ГОСТ13377-75），给了“可靠性”术语的定义：

可靠性——在规定的工况和规定的使用、技术保养、修理、保管和运输条件下，产品能保持规定的使用指标范围，完成规定功能的性能。

理论上采用的物理可靠性和系统可靠性概念。

物理可靠性——简单制品或单个产品的物理可靠性，为在规定条件下在规定时间内可靠工作的能力。影响物理可靠性水平的因素有：产品材料性能稳定性及制造和修理过程的稳定性。

系统可靠性——复杂制品或系统在规定条件下，在规定

时间内，个别元件、总成或组件有故障时能完成规定的功能的能力。它决定于个别元件、总成的物理可靠性水平及复杂制品或系统在功能网络中的相互联结方案。也就是说，复杂制品的可靠性的实际水平决定于它的个别元件的物理可靠性水平及它们在组件、制品系统结构方案中的合理联结。

可靠性需在设计时奠定基础，在生产（制造）中得到保证，在使用中得到保持。使用（包括技术维护和修理）对保持或确切地说实现必要的可靠性水平起着重要的作用。

技术维护（ГОСТ118322-78）——一种或一组作业，用以在使用、待用、保管和运输中保持制品的工作能力或完好性。

修理——一组作业，用以修复制品完好性或工作能力和修复制品或部件的功能。

可靠性作为一种复杂特性，根据产品的用途和使用条件，应包括下列单一的或综合的性能：无故障，耐久性，维修性和完整性。

无故障——在一定时间或一定工作量内，产品连续保持工作能力的性能。由此定义可见，在规定时间或规定工作期间，不应有故障出现。工作量是指产品持续工作的数量或时间，它可用小时、工作小时、行程公里，收获面积的公顷或其他单位来度量。

耐久性——在规定技术维护和修理系统下，保持工作能力直到极限状态的产品性能。

无故障与耐久性的区别如下。无故障是指在一定时间或工作量内连续工作的能力，而耐久性是包括了使用中的技术维护和修理的停歇时间。

维修性——产品对故障与损伤的预防，寻找原因，和通

过技术维护和修理排除老化后果等的适应能力。

在工作时机器失去工作能力所产生的亏损与机器对技术维护和修理制度所规定作业的适应性有关。机器的维修性是最重要的使用技术性能。工作能力的修复时间决定于维修性。

如设计、制造和使用费用合理，在一定使用期之后，机器处于无工作能力状态的时间最少，这样的机器结构可认为是适于修理的。

贮存性——产品在贮存和运输期间及之后，保持完好和工作能力状态的性能。对于季节性工作的农用机器（联合收获机、播种机等），这个性能表现更为突出。

4. 除工作量的概念外，在可靠性中常用下列术语：技术寿命（寿命）、使用期限、贮存期限、保证工作量、保证期限等。

技术寿命或寿命——产品从所使用或大修后开始直到极限状态为止的工作时间。

使用期限——产品从所使用或大修后开始到极限状态的使用日期。

寿命和使用期限有许多共同点，因为它们都决定于极限状态，但两者有本质区别。寿命相同，由于产品使用强度不同，使用期限可以不同。例如，两个发动机均有12000机器工作小时的寿命，而每年的使用强度分别为3000和6000机器工作小时，那么发动机的使用期限相应地一台为4年，另一台为2年。

贮存期限——产品在规定条件下的贮存和运输的延续日期，在贮存期内及之后，规定指标的数值仍保持在预定范围内。