

飞机操纵机构

[前苏]

B. H. 凯斯切里曼 著
A. B. 费德洛夫



航空工业出版社

31053904

V227
01

飞机操纵机构

[前苏] B. H. 凯斯切里曼 著
A. B. 费德洛夫

孙治邦



译

航空工业出版社



C0073564

(京)新登字 161 号

内 容 简 介

全书共分三章。第一章,飞机操纵机构工作能力的一般问题;第二章,飞机操纵机构零件工作能力检查的基础;第三章,现代飞机前缘缝翼、襟翼、副翼和水平安定面的操纵机构。第三章分9节介绍了Ty-154、Ty-144、Ил-62、Ил-76、Як-40、Як-42和АН-22飞机的操纵机构,反映了苏联的现代水平,对于从事飞机设计、使用和维修的工程技术人员,是一本很好的参考书。

飞机操纵机构

〔前苏〕 B. H. 凯斯切里曼 著
A. B. 费德洛夫

孙治邦 张德权 刘占信_v 译

责任编辑 崔连信

航空工业出版社出版发行

(北京市安外小关东里14号)

邮政编码:100029

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1992年9月第1版

1992年9月第1次印刷

开本:787×1092毫米 1/32

印张:7.5印张

印数:0—1000

字数:168,48千字

ISBN 7-80046-430-X/V·102

定价:3.90元

译 者 的 话

本书叙述了苏联现代飞机操纵机构的结构，介绍了飞机螺旋驱动装置、滚珠螺旋驱动装置、齿轮驱动装置以及其他驱动装置的工作特性。

本书对于从事飞机设计、维护和使用的工程技术人员了解苏联最新式飞机所采用的操纵机构的现状和技术水平，是一本很实用的参考书。

全书由孙治邦、张德权、刘占信翻译和校对。崔连信参加了成稿的校对工作。全书由张钟林进行了终审。由周士林进行了出版审查。

由于译、校、审的水平有限，译文中的不足之处乃至错误在所难免，希望读者批评指正。

译者

1991年12月

前 言

现代飞机制造业的重要任务是保证飞机在规定的寿命期限内飞行的安全性。这既取决于整架飞机(复杂的多功能系统)的可靠性和耐久性,也取决于飞机个别部件和机构的可靠性和耐久性。

飞机操纵机构在很大程度上决定着飞机特征与高技术要求的一致性。因此,这些机构的结构改进、工作能力的提高及在不同的使用条件下服务期限的延长,具有重大意义。

有些出版物〔15、21、23〕对飞机操纵机构,如调节对象和自动调节系统部件都做了分析。可是,飞机前缘缝翼、襟翼和水平安定面的操纵机构的结构尽管获得实际应用,但在技术文献中叙述得很少。本书试图作弥补这个问题的尝试。著者从这一目的出发,提出了研究现代苏联飞机(既包括亚音速民用客机和大型运输机,也包括超音速飞机)操纵机构结构的任务。

本书涉及了飞机操纵机构和零件可靠性和耐久性保证的一般问题,引证了评估工作能力的不同准则,并列举了操纵机构诸零件的结构材料和制造工艺的参考数据。简要地叙述了飞机操纵机构个别零件——齿轮、主轴、轴承及其他零件的计算基础。因为本书是供从事航空技术设计和使用的工程技术人员使用的,所以整个飞机操纵机构及其个别组件结构的描述占了很大的篇幅。

飞机操纵系统包括机械部件、电气部件和液压部件。希望本书读者将主要注意力集中在Ty-154、Ty-144、Ил-62、Ил-76、Ил-86、Як-40、Як-42、Ан-22及变几何形状机翼飞机的操纵系

统机械部件的构造上。

著者期望书中的内容将有助于飞机操纵机构及其组件计算与设计方法的改进以及技术水平的提高。

前言、第1章、第2章、第3章的3.1和3.2节由B. H. 凯斯切里曼著、第3章的3.3~3.9由A. B. 费德洛夫著。

目 录

前言

第 1 章 飞机操纵机构工作能力的一般问题

- 1.1 操纵机构和机械传动装置的分类 (1)
- 1.2 飞机操纵机构零件工作能力评估的基本准则 ... (4)
- 1.3 操纵机构零件制造所采用的结构材料 (7)
- 1.4 飞机操纵机构的零件和组件..... (13)
- 1.5 操纵机构零件的无损检验..... (25)

第 2 章 飞机操纵机构零件工作能力检查的基础

- 2.1 摩擦与磨损的理论基础..... (31)
- 2.2 轴承组合件工作能力的检查..... (38)
- 2.3 齿轮传动装置工作能力的检查..... (49)
- 2.4 主轴工作能力的检查..... (55)
- 2.5 螺旋机构工作能力的检查..... (59)
- 2.6 操纵机构的密封装置..... (62)

第 3 章 现代飞机前缘缝翼、襟翼、副翼与水平安定面的操纵机构

- 3.1 Ty-154 飞机的操纵机构 (64)
- 3.2 Ty-144 飞机的操纵机构 (84)
- 3.3 Ил-86 飞机的操纵机构 (100)
- 3.4 Ил-62 飞机的操纵机构 (133)
- 3.5 Ил-76 飞机的操纵机构 (142)
- 3.6 Як-40 飞机的操纵机构 (156)
- 3.7 Як-42 飞机的操纵机构 (190)

3.8	变几何形状机翼的操纵机构	(212)
3.9	AH-22 飞机的襟翼操纵系统	(221)

第 1 章 飞机操纵机构工作能力的一般问题

1.1 操纵机构和机械传动装置的分类

飞机舵面的驱动由下列装置组成的联合体来保证，其中包括利用驾驶员信号使舵面偏转的装置，自动操纵系统，以及跟踪动静态稳定性、飞行规定状态安定性和其他参数的随动系统。

操纵飞机的闭合回路包括：(1) 操纵环节（驾驶员、自动操纵系统、自动操纵和安定系统及其他）；(2) 传动环节（飞机各舵面的驱动装置）；(3) 被操纵环节（飞机）。飞机舵面的驱动装置由下列部分组成：联结盒，用来将驱动装置与操纵系统联结起来；远距传动装置，以保证将联结盒的信号传送到各舵面（操纵信号综合、分配和变化的装置）；执行机构，用以将信号变为舵面的机械位移；驱动装置和部件的供电系统。

驱动装置采用机械式、液压式、电气式和组合式。机械式驱动装置目前在轻型亚音速飞机上以及所有飞机的手操纵应急系统中使用。在现代飞机上，主要采用组合式、电气机械式、电气液压式、电气液压机械式和液压机械式飞机舵面驱动装置。

因为操纵机构和机械传动装置难以做统一的分类，所以根据系统化的目的采用个别方法和原理加以分类。

根据功用的不同，操纵机构分为副翼、方向舵、升降舵、水平安定面、前缘缝翼、襟翼、扰流片、调整片等操纵机构。除这些基本操纵机构外，还有辅助机构：载荷机构、制动机构、定位机构和调节机构。

飞机操纵机构中的机械传动装置分为：

- 旋转运动传动装置；
- 变换运动种类的传动装置；
- 按规定的速度变化规律或按规定的轨迹实现各环节运动的传动装置。

飞机操纵机构中的旋转运动传动装置可以按下列内容进行分类。

按**作用原理**可分为啮合传动装置、摩擦传动装置和啮合与摩擦同时使用的传动装置（齿轮—皮带传动）。啮合传动装置可以利用直接接触法与硬环节啮合法（齿轮传动装置、蜗轮传动装置及其他），也可以与各环节呈软连接（链条传动装置）。摩擦传动装置可以靠滚动体的直接接触实现传动（摩擦传动）和靠软连接实现传动（钢索传动）。

按**角速度变化**可分为增大各环节运动速度的传动装置（增速器）和减小各环节运动速度的传动装置（减速器）。

按**传动比变化**可分为传动比恒定的传动装置，传动比级数变化的传动装置（变速盒）和传动比均匀变化的传动装置（无级变速器）。

按**旋转方向**可分为定向旋转传动装置和变向旋转传动装置。

按**工作时间**可分为限期服务的传动装置和长期服务的传动装置。

按**输出功率的通量数**可分为单通量传动装置和多通量传动装置。

按**传动比变化的级数**可分为单级传动装置和多级传动装置。

变换运动种类的传动装置可以再分为：

- 将旋转运动变为平移运动的传动装置（螺旋传动装置，滚珠螺旋传动装置及其他）；

- 将旋转运动变为摇摆运动的传动装置（杠杆传动装置及其他）；

- 将旋转运动同时变为摇摆和往复运动的传动装置（凸轮—拉杆型传动装置及其他）；

- 将往复运动变为旋转运动的传动装置。

在将旋转运动变为平移运动的传动装置中，螺杆—螺母型传动装置的应用最广。

为了按规定的速度变化规律或按复杂的轨迹实现运动，一般采用凸轮机构、杠杆机构和其他机构。

齿轮传动装置，根据角速度变化、传动比变化、级数、功率通量数、工作时间和旋转方向而有所不同。此外，齿轮传动装置可以按下列内容分类。

按**圆周速度值**可分为：慢行程传动装置，啮合点上的圆周速度不超过 3m/s ；中速传动装置，其圆周速度为 $4\sim 15\text{m/s}$ ；快行程传动装置，其圆周速度大于 15m/s 。

按**功用**可分为承力齿轮传动装置和运动齿轮传动装置。

按**主轴相互位置**可分为主轴并联齿轮传动装置，主轴相交齿轮传动装置和主轴交错齿轮传动装置。

按**齿型种类**可分为直齿传动装置、斜齿传动装置、人字齿传动装置和螺旋齿传动装置。

按**齿型工作段形成的曲线形状**可分为渐开线齿型传动装置、三角齿型传动装置和特种齿型传动装置。

按**啮合种类**可分为外啮合式传动装置、内啮合式传动装置、外齿与齿条结合式传动装置。

按齿轮相对运动性质可分为普通齿轮传动装置和游星齿轮传动装置。

游星齿轮传动装置和差动齿轮传动装置均有带混合主轴的齿轮，并可能有一级或二级自由度。

当电动机与执行机构之间有大传动比时，则采用多级齿轮传动装置。根据运动型式和结构型式不同，多级传动装置可分为：

- 同轴型式多级齿轮传动装置；
- 展开型式多级齿轮传动装置；
- 二元快行程级减速器；
- 组合式多级传动装置，包括各种齿轮传动装置，其中有螺旋传动装置或蜗轮传动装置。

1.2 飞机操纵机构零件工作能力评估的基本准则

飞机操纵机构传动装置诸零件按可靠性，特别是按工作能力和耐久性进行评估。工作能力决定于零件在技术要求和使用条件的范围内完成给定功能的能力。

决定零件耐久性并终归决定零件可靠性的工作能力，按照基本准则和辅助准则进行评估。基本准则包括强度、刚度、耐磨性、耐振性、耐热性及其他最重要的准则。完全可以看出，为了保证工作能力，最重要的是零件强度。强度分为表面强度、容积强度、接触强度，以及在动、静载荷状态下承受简单应力和复杂应力时的强度。

减小机构重量和尺寸的意图，导致零件在高应力下工作。在这种条件下，零件破坏类型可能各种各样。最常见的是疲劳破

坏，这是零件表面上和容积内受到高度载荷时产生的结果。

刚度是指零件受载时抵抗形状变化的能力。刚度不足，会使零件在机构中的相互联系和位置遭到破坏，磨损增加，精度遭到破坏，以及其他等等。为增大刚度，在制造零件时可采用高弹性模数的材料，可减小零件的尺寸及其受力强度，亦可选择阻力矩最大的零件形状和截面，等等。

硬度的增加，接触表面粗糙度的减小，以预张力进行零件的装配，以及零件对接数的减少等等，都有助于接触刚度的提高。

耐振性系指零件在工作状态下不产生非允许振动的能力。振动将导致零件加快磨损和破坏。为了提高耐振性，应改变系统的动态特性，提高个别零件的刚度，保持零件平衡，加装减振器，等等。

耐磨性系指零件在使用过程中最大限度减小其尺寸因摩擦而变化的能力。

近年来，发现了一种新的磨损类型——微振磨蚀（Фреттинг-коррозия）。它是一种由于振动载荷作用而在正常固定接头的接触面上产生的磨损。最易遭受微振磨蚀的有螺纹接头、铆接接头。花键结合处、单键结合处、挤压结合处，以及具有有限位移的许多铰链。在许多航空机械零件上可以看到微振磨蚀。这类磨损的危险性，不仅表现为接触表面的损坏和配合精度的损坏，也表现为磨损件抗疲劳性能的显著降低。

飞机操纵机构零件工作能力的评估也依据一些专用的辅助准则，其中有制造和安装精度准则，密封性准则，以及在极限条件（过载、温度差等）下使用时的零件工作能力保护准则。

可靠性系指零件在给定时间内完成其功能，且在规定范围

内保持其使用指标的能力。可靠性主要取决于无故障性、耐久性、适修性和可贮存性。

无故障性系指零件在给定时间内无强制中断的保持其工作能力的性能。

耐久性（寿命）系指零件经过必要的中断而进行修理和保养的条件下将其工作能力保持到极限状态的能力。

适修性系指利用维修来防止、发现和排除故障及缺陷的适应能力。

可贮存性系指零件经过规定的保存期和运输期以后保持其要求指标的性能。

故障乃是零件完全或部分丧失其工作能力的事件。故障同零件破坏、表面损伤、沟槽脏污、接头损坏等有关。故障分为完全的与局部的；突发的与渐变的；严重的和轻微的；可排除的和不可排除的。根据出现的时间，可将故障分为试运转中产生的；正常使用中产生的；由于磨损产生的，其中包括由于疲劳和老化而产生的故障。有关故障频率及其变化规律的信息，对工作能力的评估也是重要的。故障的特征经常采用常态分布规律进行分析，而有时采用对数常态分布规律进行分析。

机构诸零件的可靠性取决于设计、生产和使用等因素。设计因素包括：按照机构的工作状态和使用条件选择零件；接头数量和连接方法以及机构、零件的互换性程度；结构上对使用方便性的考虑，即不论在飞行中还是在地面上都要有可能对机构进行工作能力检验、修理和调节。生产因素包括所用材料的质量，以及技术装备的加工质量。使用因素包括工作状态和使用条件是否符合设计时计算和规定的要求；机务维护人员的技术熟练程度、技术知识水平、航空技术工程使用手册的完善程

度；检验方法、定期检修方法及其他。

飞机操纵机构的可靠性取决于该机构中所有零部件的可靠性。为了提高飞机操纵机构的可靠性，力求保证零件、组件及整个操纵机构具有高的技术水平，要采用具有高可靠性和高耐久性（快行程的、在流体动力摩擦下工作的、具有最小磨损的）并能自行维持工作能力（自行润滑、自行调整、自行磨合运转）的零部件。

1.3 操纵机构零件制造所采用的结构材料

在选择飞机操纵机构零件的结构材料时，要考虑到物理力学性能以满足使用要求、工艺要求和经济要求。

使用要求决定于零件工作的条件及用途。工艺要求就是在具体的生产条件下降低零件生产的劳动量和成本。工艺要求还要考虑到工艺性修改和材料更改的可能性，以便改进材料或赋予它以专门的性能。经济要求是指零件材料费用及其加工成品的成本最低。在选材时还要考虑到材料供应的充足性以及零件生产的批量性。

操纵机构的零件制造可以采取不同的工艺方法——铸造、模压和机械加工等方法。

铸件通常有复杂的构形。其金属利用系数相当高，达0.5—0.7。铸坯的尺寸精度也高，因此用其制造零件所需的机械加工量最少。

铸造能得到最小的斜度和结合半径，在零件整个截面上能获得均质的机械性能。

铸件材料的选择决定于零件的工作条件（工作温度、介质、加载方法）、制造工艺（铸造方法、机械加工性质及其他），以

及材料价格。铸造合金的应用范围和特性，如表 1-1 所列。

同其他方法制造的零件相比，铸造的零件有下列优点：

- (1) 生产成本和劳动量不高；
- (2) 有可能以最少的机械加工量得到复杂的表面；
- (3) 铸坯形状最近似于成品形状；

(4) 与各向异性的变形毛坯不同，在铸坯所有方向上的机械性能都是均一的。

表 1-1 铸造合金和钢的应用范围和特性

牌 号	特 性	应 用 范 围
BAJ10	铝合金 高强度结构铝合金 强度、疲劳强度、塑性和冲击韧性均高。切削性好。适于氩弧焊。铸造性能和耐腐蚀性不高	在 350℃下和较高载荷下使用的零件
AJ19	强度、冲击韧性和耐热强度均高。切削性好。适于氩弧焊。铸造性能、密封性和耐腐蚀性不高	可承受铆接和长时间工作于 350℃下的零件
BAJ8	密封结构铝合金 铸造性能和密封性能均高。耐腐蚀性和切削加工性能满意	在 350℃下工作的受力件和密封件
AJ34、AJ14 和 AJ4M	铸造性能和密封性高。耐腐蚀性好。切削加工满意。适于氩弧焊	在 300℃下对密封性要求较高的和在 350℃下对耐腐蚀性要求较高的复杂零件和中等载荷的零件

表 1-1 (续)

牌 号	特 性	应 用 范 围
AJ12 和 AJ19	铸造性能、密封性和耐腐蚀性均高。中等强度。适于氩弧焊	在 300℃下能承受中等载荷和较高耐腐蚀性的复杂零件
AJ19-1	机械性能和耐腐蚀性均超过 AJ19	
AJ15	耐热铝合金 耐热强度和铸造性能均高。中等强度。密封性满意。耐腐蚀性降低。塑性低。切削加工性好	在 350℃下工作的中等载荷、复杂零件
AJ22	耐腐蚀铝合金 耐海水腐蚀性好。铸造性能和密封性均可。机械性能不高。切削加工性好	耐腐蚀性较高的小载荷零件
MJ15	镁合金 高强度结构镁合金 机械性能和铸造性能均高。适于氩弧焊和气焊。耐腐蚀性满意。切削加工性特好	在 250℃下工作的零件(刹车毂、摇臂、支臂、脚踏板、框架)
MJ18-76	强度高,机械性能均一。焊接性下降。耐腐蚀性满意。铸造性能好。切削加工性特好	高载荷零件(支臂、摇臂、构架、操纵件、及其他)
MJ110-T6	耐热镁合金 在室温和较高温度下强度高。铸造性能好。稳定性和密封性均高。耐腐蚀性满意。采用基本金属添加剂进行氩弧焊较好	在对耐热性和耐腐蚀性要求提高时采用的中载荷和高载荷零件