

航空低压油泵

国防工业出版社

航空低压油泵

蒲志理 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了航空低压油泵的基本知识。全书根据齿轮泵、旋板泵、离心泵的结构特点，分章介绍了它们的工作原理、有关计算方法和油泵的结构实例。为了帮助读者了解航空低压油泵在飞机及发动机中的作用，介绍了航空低压油泵的典型安装系统。书中还介绍了有关液体力学的基本知识，作为了解航空低压油泵的基础。最后一章简要介绍了航空低压油泵的典型结构，重点讨论了航空低压油泵的转轴密封问题，提出了关于航空低压油泵转轴密封的质量标准的讨论性意见。

本书可供从事航空低压油泵生产和使用部门的工人、技术人员参考，对工业院校有关专业的师生亦有裨益。

航 空 低 压 油 泵

蒲志理 编

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168^{1/32} 印张 8 198千字

1975年10月第一版 1975年10月第一次印刷 印数：0,001—3,200册

统一书号：15034·1439 定价：1.00元

(只限国内发行)

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“**要认真总结经验**”的教导，我们编写出版了《航空低压油泵》一书，供有关部门的同志们参考。

本书是根据国内的生产实践经验、实验成果并收集了国内外有关资料编写而成。书中通过对飞机、航空发动机系统中常用的低压齿轮泵、旋板泵、离心泵的叙述，突出了齿轮泵和离心泵的优点，供实现航空低压油泵系列化工作中参考。根据生产和使用中所遇到的关于航空低压油泵的转轴密封问题，编者提出了关于航空低压油泵转轴密封质量评定标准的讨论意见。希望通过广泛的讨论之后，能够逐渐形成一个统一的航空低压油泵转轴密封泄漏的质量评定标准。

为了便于工人同志们阅读，全书尽量采用了直观的图示和避免复杂的数学式。

书中所列举的航空低压油泵实例，不一定是最好的结构，仅是常用类型的一部分。它不仅反映了目前航空低压油泵种类繁多之缺点，也反映了对其进行改造和实现系列化、标准化的实际需要。

本书初稿承张加桢同志审阅；在定稿时，又承宋文澜、李佩琼、郝兰璞、刘侯周、裘丽华等同志分章细审。这些同志在审阅本书的过程中提出了许多宝贵意见，编者在此谨致谢忱。

在本书编写过程中，得到薛菁同志的协助；在整理图稿时得到了贾文斌、崔德昆同志的热情支持。编者也向他们表示感谢。

本书是在各级领导的大力支持、具体指导和同志们的帮助下写成的。但是，由于编者水平所限，缺少经验，加之对航空低压

油泵的接触面比较狭窄，书中内容存在着一定的局限性，并且书中还可能存在不少错误，热忱欢迎读者批评指正。

编 者

一九七四年九月

目 录

绪论	10
----------	----

第一章 航空低压油泵概论

第一节 航空低压油泵的定义和分类	13
一、航空低压油泵的定义	13
二、航空低压油泵的分类	14
第二节 航空低压油泵的安装系统	14
一、起动燃油系统	14
二、燃油系统	15
三、滑油系统	17
四、防冰系统	18
五、空气系统	19

第二章 流体力学浅说

第一节 液体的性质	20
一、液体的重度和密度	20
二、液体的沸点和冰点	21
三、粘性	22
四、液体的可压缩性	25
五、液体的体积热胀性	25
六、液体的其他性质	25
第二节 液体静压力	26
一、液体静压力	27
二、液体静压力的应用	28
第三节 流体动力学	32
一、流量与流速	32
二、液体的稳定流动——连续性方程式	32
三、液体稳定流动时的能量平衡——伯努利方程式	34
四、粘性液体的流动型态和雷诺数	39
第四节 液体的阻力	41
一、阻力计算的一般公式	41
二、直管阻力的计算	41
三、局部阻力的计算	45

第三章 低压齿轮泵

第一节 齿轮泵的工作原理	48
第二节 低压齿轮泵的特性曲线	50
一、低压齿轮泵的流量-转速特性 $Q = f(n)$	50
二、低压齿轮泵的容积效率 $\eta = f(n)$	51
三、低压齿轮泵的流量-出口压力特性 $Q = f(p_c)$	51
第三节 低压齿轮泵的有关计算	52
一、流量计算	52
二、影响流量的因素	53
三、功率和力矩	59
四、齿轮泵的效率	60
五、加于轴承上的负载及轴颈的计算	62
第四节 低压齿轮泵结构尺寸的近似计算	64
一、求理论流量 Q_L	65
二、求工作齿轮的节圆直径 D_j	65
三、工作齿轮齿数 z 的选择	65
四、计算齿轮的模数 m	66
五、计算齿宽 b	66
六、齿轮齿形的修正	66
七、确定结构选择间隙	69
第五节 低压齿轮泵存在的几个问题	70
一、液压关死现象	70
二、气塞现象	71
三、流量脉动	71
第六节 低压齿轮泵实例	72
一、微型低压齿轮泵	72
二、电动低压齿轮式起动泵	78
三、电动低压齿轮式滑油泵	81
四、发动机传动的低压齿轮式滑油泵	82
第七节 航空低压齿轮泵的设计和制造	84
第八节 内啮合齿轮泵的工作原理	85
一、内啮合渐开线齿轮泵的工作原理	85
二、内啮合圆弧-泛摆线齿轮泵的工作原理	86
三、内啮合圆弧-泛摆线齿轮泵与渐开线齿轮泵的比较	86
四、内啮合圆弧-泛摆线齿轮泵的基本参数	90
五、设计泛摆线齿轮的齿廓曲线	92
六、进、出油槽和进、出油路的选择	102
七、内啮合齿轮泵受力分析与轴的设计	103

第四章 旋板泵

第一节 旋板泵的作用原理及其构造	104
第二节 旋板泵的计算	105
一、旋板泵理论流量的计算公式	105
二、其他几种理论平均流量计算公式	111
三、旋板泵实际流量的计算公式	111
四、旋板泵理论平均流量的一般近似计算公式	111
五、旋板数 $z = 4$ 的旋板泵尺寸的确定	112
六、旋板泵强度的计算	116
第三节 旋板泵真空度计算	119
第四节 旋板泵的特性	122
第五节 四块旋板的转子组件	123
一、旋板泵的套筒	125
二、旋板泵的转子	131
三、旋板	132
四、中心轴	133
五、转子部件的分组装配	133
第六节 典型旋板泵的分析	134
一、泵头效率的计算	137
二、泵头过转速运转时效率的计算	138
三、泵头超转速运转时效率的计算	138
四、泵头的功率、扭矩及功率效率的计算	139
第七节 旋板泵结构实例	140
一、燃油泵示例	140
二、电动平衡泵	142
三、酒精泵	144
四、真空泵示例	146
第八节 旋板泵的设计	149
一、旋板泵的设计步骤	149
二、根据现有的旋板泵设计新泵的实例	150

第五章 离心式油泵

第一节 离心泵的作用原理	153
第二节 操纵离心泵的注意事项	156
一、离心泵开动时的注意事项	157
二、离心泵停转时的注意事项	157
第三节 离心泵的基本参数和叶轮几何尺寸的计算	157
一、离心泵基本参数的计算	157
二、叶轮进口尺寸的计算	160

三、叶轮出口尺寸的计算	163
第四节 离心泵的理论力矩、功率和效率	165
一、离心泵的理论力矩	165
二、离心泵的功率	168
三、离心泵的效率	169
第五节 离心泵内部负载情况	169
第六节 工作叶轮	170
一、工作叶轮的种类	170
二、工作叶轮的升压原理	171
三、工作叶轮的叶片高度和厚度	172
四、叶片数目 z 对泵的影响	172
第七节 叶片的计算和设计	172
一、叶片的尺寸	172
二、叶片的形状	174
第八节 叶片进、出口的流动状态——速度三角形	176
一、进口速度三角形	176
二、出口速度三角形	177
第九节 引导装置（进油口）	178
第十节 螺旋室	179
第十一节 油液在叶片通道中的流动	181
第十二节 离心泵的特性曲线	183
一、离心泵的理论特性曲线	184
二、叶轮几何尺寸对泵特性的影响	185
三、泵的转速 n 对其理论特性的影响	187
四、叶片出口安放角 β_2 对泵的功率 N 及理论流量 Q_L 、扬程 H 的影响	187
五、离心泵的实际特性曲线	187
六、离心泵的万能曲线	188
第十三节 离心泵的汽蚀	189
一、汽蚀及其危害	189
二、汽蚀现象产生的原因	189
三、叶轮汽蚀发生区域的分类	191
四、汽蚀方程	191
五、改善油泵抗汽蚀性能的方法	194
第十四节 离心泵的实例	195
一、输油增压离心泵	195
二、增压泵	200
三、输油增压泵	201
四、燃油增压泵	205
五、离心式酒精泵	209

六、离心泵的使用和维护	211
-------------------	-----

第六章 航空低压油泵的典型结构

第一节 泵体泵盖及其连结	213
一、齿轮泵的泵体、泵盖及其连结	213
二、旋板泵的泵体、泵盖及其连结	216
三、离心泵的泵体、泵盖及其连结	217
第二节 航空低压油泵的传动连接形式	219
第三节 调压结构	220
一、调压活门	220
二、调压弹簧	222
三、橡胶薄膜	226
第四节 轴承	227
一、滑动轴承	228
二、滚动轴承	229
第五节 航空低压油泵的密封	231
一、低压油泵的密封条件	231
二、密封的基本型式	231
三、密封原理	232
四、泵的密封泄漏与寿命	233
五、关于航空低压油泵的密封标准的讨论	235
六、端面密封的设计计算	238
七、航空低压油泵的密封结构	239
附表	248
主要参考资料	253

绪 论

在现代飞机上,设有一系列附属于飞机本体及发动机的系统,例如燃油供给系统、滑油系统、防水和液压系统等。组成这些附属系统的部件一般都叫做“附件”(包括飞机附件及发动机附件),航空低压油泵就是其中的一种。

现代的飞机在不断地向高空高速发展。为了提高飞机的性能,使发动机发挥其最大的推力或拉力,并保证其安全正常地工作,必须提供一系列的附件。而其中最基本的乃是燃油系统中的附件。在燃油附件中,除了主燃油附件(燃油调节器、主燃油泵)外,为了提高燃油供应系统的高空性能和克服燃油流动中的阻力(燃油流经管路和油滤等),保证发动机的性能得到充分发挥,工作可靠,航空低压油泵是不可缺少的一个附件。在润滑系统、防水系统和空气调节系统中,低压油泵往往作为它们的心脏,其作用是使飞机及发动机高速转动的部位得到充分的润滑和冷却,防止螺旋桨或机翼前缘结冰和保证仪表的工作精度等。目前一架普通的喷气式飞机上所携带的大小航空低压油泵多达十只以上,可见航空低压油泵在飞机正常飞行中所起的重要作用。

航空低压油泵的压力都属于超低压的范围,一般在 $0.3\sim 4.5$ 公斤/厘米²之间,还有低于 0.3 公斤/厘米²者,而最大也不超过 8 公斤/厘米²。流量范围随飞机或发动机的要求而异,小者不足 0.3 升/分,大者超过 30 升/分。航空低压油泵种类繁多,它们的共同特点是结构简单,工作可靠。航空低压油泵根据其担负的任务不同,可分为短期工作的和长期工作的。这些油泵的工作环境较复杂,特别是大流量的泵,所承受的负载一般都是比较沉重的。所以,航空低压油泵性能的好坏,其寿命的长短,都直接影响到飞机和

发动机的性能与安全；由于航空低压油泵的处置不良常会造成外场的使用、维修上的困难，甚至会引起飞行事故或被迫停飞。所以，更好地研究航空低压油泵的性能及其结构，愈来愈显得重要。

目前使用的航空低压油泵种类繁多，但往往其结构千奇百怪而技术性能相差无几。这样一来，给实际生产和使用维护都造成了很多的麻烦。从工作原理上看，有齿轮式油泵（包括内啮合、外啮合）、旋板式油泵和离心式油泵，而每一种油泵又有若干型式上的不同，单就离心泵而言，流量在1500~2200升/时而压力在0.7~0.85公斤/厘米²者，在用的就有三十余种，其他两种油泵也均存在着这种型式繁多的现象。因此，在改进航空低压油泵的同时，应当注意到航空低压油泵的系列化，最好使其标准化，这样会使航空低压油泵的生产方便，给使用和维护带来更多的益处。

低压齿轮泵结构简单，精度要求低，工艺性好，流量、压力可调范围大，工作安全可靠，与旋板泵相比较容易实现系列化和标准化；但它的真空度不高。而离心泵也具备结构简单、流量大且可调性好、流通性好、工作安全可靠、不致因故造成油路的阻塞等优点，它可以形成另一个系列。

航空低压油泵在各系统中由于工作的部位不同而采取不同的传动方式。在距发动机近而需长期工作的情况下，由发动机通过减速器而带动油泵。在距离发动机较远的情况下，一般都用直流电机带动；在飞机有交流配电时也可以用交流电动机带动。近年来出现了液压马达的驱动型式，液压马达在发出相同功率的条件下，较电动机要轻小得多，但其管路结构较复杂。随着飞机液压系统的日趋完善，在结构不断完善的同时，航空低压油泵采用液压马达作为原动机是大有发展前途的。

所有的航空附件都要求重量轻，体积小，效率高。一个性能良好的航空低压油泵也应当最大限度地具备这些品质；同时还要求容易安装、拆卸，尽量少占地方，在高转速而长时间工作的条件下不出现过热现象，在-55~+55℃的温度范围内和在高度为

15000~20000米的高空条件下能正常工作，并具有一定的抗震能力。

目前使用和生产的航空低压油泵，大部分是四十年代的产品，其结构基本典型化了。随着飞机和发动机性能的不不断提高，要求航空低压油泵不断改进。最近十年来一种在齿轮泵的基础上发展起来的圆弧-泛摆线齿轮泵开始用于航空器，这种泵流量大，结构简单而紧凑，重量较轻；但制造较困难。随着流量不断的加大，在离心泵的基础上发展起来一种在进口处调压的高转速离心泵。航空低压油泵的发展趋向，看来应当是在不增大体积、重量和尽量少消耗能量的前提下，尽可能提高流量；同时还要将现有的航空低压油泵在系列化的过程中尽量改善其动力原动机，减轻重量和提高效率，使其结构更趋完善合理。

尽管航空低压油泵已经具有较长的生产和使用的历史，但至今尚未形成较完善的理论。在理论分析过程中，往往采用近似的计算方法，误差较大；或根据经验，或根据实验结果来确定其具体结构。总的说来，这方面还远不能满足设计新产品的需要。因此，研究航空低压油泵的理论还有很多工作要做。可以相信，在优越的社会主义制度下，随着我国航空技术的发展，航空低压油泵的理论工作将在生产实践的基础上逐步完善起来。

第一章 航空低压油泵概论

航空低压油泵在现代飞机和发动机中得到广泛应用。由于飞机和发动机的种类繁多，因而对航空低压油泵的要求也是多方面的。目前使用着的航空低压油泵多达百余种。种类的繁多必然要造成生产、使用和维护中的困难。根据目前生产、使用和维护的实际情况，完全必要并且有条件进行系列化，以便克服由于种类繁多所造成的各种困难。

第一节 航空低压油泵的定义和分类

一、航空低压油泵的定义

油泵：将能量（机械能，电能，液压能）传递给油液，使油液具有一定的液压能，从而能使油液按着一定的流量和压力流动的机构叫做油泵。所以，油泵是液压系统动力的源泉。在任何一个液压系统中油泵都是不可缺少的。

由液体力学和一般力学知识可知，若需要在主动工作与被动工作的部件间完成力的传递，只需在导管中具有压力即可，而在两部分间要传递功和功率时，则不仅需要压力，而且还必须使油液流动。换句话说，液体必须具有一定的压力并沿着导管流动，这样才能完成力、功和功率的传递。

油泵作为液压系统动力的源泉，用来为系统各附件输送所需要的流量和压力的油液，并保证必需的力、功和功率。

所需要的流量的大小决定了泵的尺寸和转数，而所需要油液的压力则决定了构造型式和加工精度。

用于飞机或发动机各系统中的油泵，其工作压力小于或等于 $10\sim 20$ 公斤/厘米²的油泵都称为航空低压油泵。然而本书所介绍

的油泵工作压力都不超过 5 公斤/厘米²，因此，也可以称为超低压油泵。超低压油泵的压力为：齿轮泵在 0.7~5 公斤/厘米² 之间，也有大于 5 公斤/厘米² 的；离心泵大部分在 0.3~0.85 公斤/厘米² 之间，也有在 0.7~2.85 公斤/厘米² 之间的；而旋板泵的压力可以在 0~5 公斤/厘米² 范围内调整。

二、航空低压油泵的分类

航空低压油泵的种类繁多，其习惯叫法也有很多种。

不同类型的航空低压油泵均具有自身的工作原理和结构特点，按其结构原理可以分为齿轮泵（外啮合式和内啮合式）、旋板泵（滑片泵）和离心泵。

按航空低压油泵所输送工质的不同，又可以分为：燃油泵——用于主燃油泵前级以增压输油或在发动机起动时供油；滑油泵——用于输送滑油、收回滑油、润滑及冷却发动机的转动部分；酒精泵——在螺旋桨的防冰系统中，用以输送防冰液；水泵——用于发动机燃烧室内喷水、排泄废水等；真空泵——用于提高陀螺仪的工作精度等。

由于各类航空低压油泵的结构及性能的特殊性，它们在飞机或发动机上的应用和发展前途也各有不同。使用和生产实践证明，齿轮泵和离心泵具有更多的优越性。

第二节 航空低压油泵的安装系统

根据飞机或发动机的特定要求，航空低压油泵依据自身的特性而主要分布在起动燃油系统、燃油系统（主燃油系统和加力燃油系统）、滑油系统（增压输出和收回滑油）、防冰系统和空气系统中。

一、起动燃油系统

起动燃油系统是在发动机起动过程中供油，一般从转速为零时开始供油，到接近慢车转速时停止供油。在起动燃油系统中，起动泵是主要部件（图 1-1）。由于发动机从静止开始转动是由

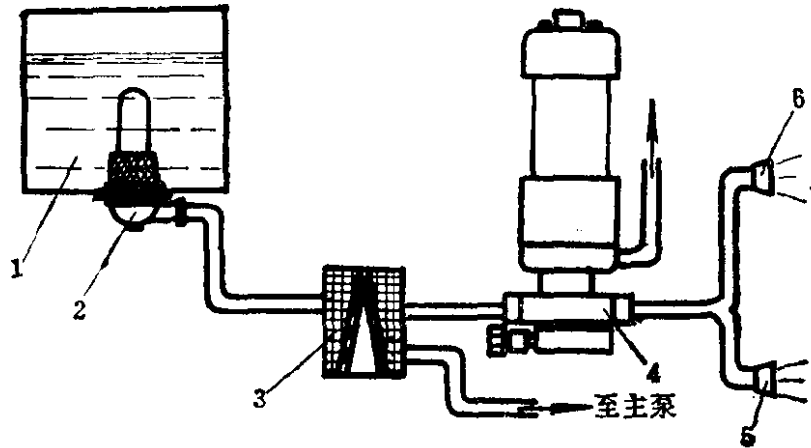


图1-1 起动燃油系统

1—油箱；2—增压泵；3—油滤；4—起动泵；5、6—起动喷嘴。

起动机带动的，无法带动起动泵。所以，起动泵都是由单独的电动机带动。

起动泵流量小，工作时间短暂（指暂冲式的），一般为30~90秒，所以大多选用结构简单而紧凑的齿轮泵或旋板泵。

二、燃油系统

飞机的燃油系统是由飞机燃油系统（油箱-输油泵-油滤-防火开关-单向活门-燃油总管-增压泵）和发动机燃油系统（高压泵-油门开关-燃油喷嘴）所组成。而发动机燃油系统又包括主燃油系统、加力燃油系统（主加力系统，加力起动系统）和起动燃油系统。

燃油系统在发动机正常工作时向发动机的燃烧室供油。如发动机从静止到慢车转速是由起动泵供油的，然后从慢车再到最大转速，航空低压油泵起着向高压油泵的进口输送燃油和增加进口处压力的作用，以保证主燃油泵正常地向燃烧室供油。一般多采用体积小、流量大的离心式油泵，这种低压油泵被安置在加力供油系统和应急供油系统中。

飞机燃油系统中所采用的低压泵，由于一般距离发动机较远，无法用发动机带动，而是由电动机或液压马达带动的。而发动机燃油系统中的低压泵，因为距离发动机近，而且是随机工作，所以

都是由发动机带动的。

典型的飞机的燃油系统中的航空低压油泵的安装位置见系统图 1-2 和图 1-3。

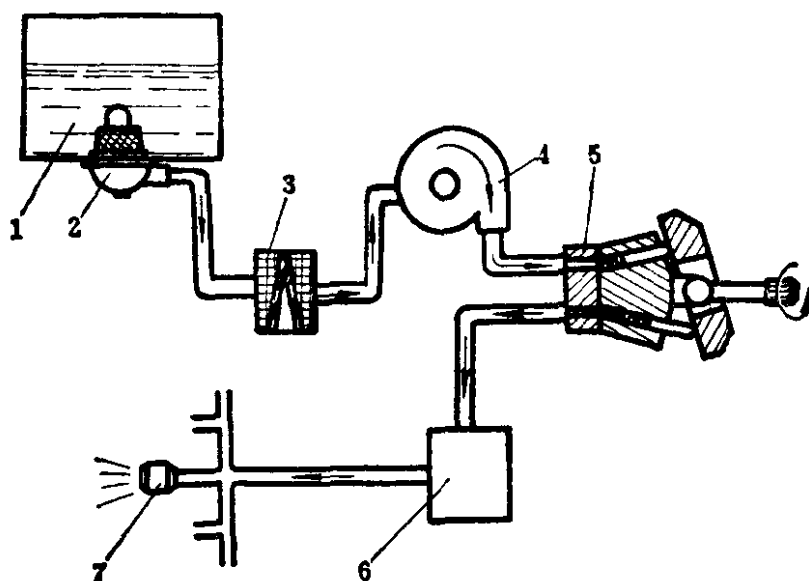


图1-2 主燃油泵为柱塞泵的燃油系统

1—油箱；2—增压泵；3—油滤；4—柱塞泵的增压泵；5—柱塞泵，
6—调节器；7—燃油喷嘴。

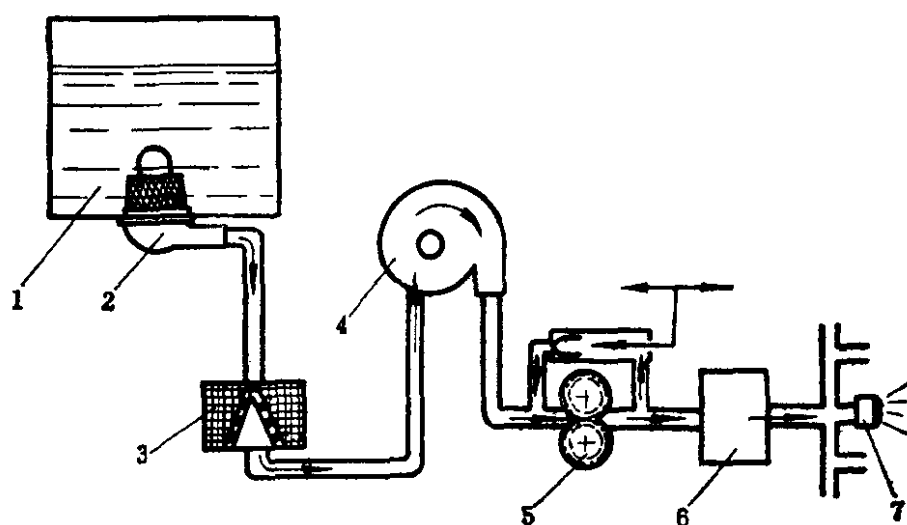


图1-3 主燃油泵为齿轮泵的燃油系统

1—油箱；2—增压泵；3—油滤；4—齿轮泵的增压泵；5—齿轮泵，
6—调节器；7—燃油喷嘴。

在上述两种系统中，增压泵 2 的型式一般是一致的。在采用柱塞泵的系统，主油泵的增压泵 4 是单独设置的；而以齿轮式