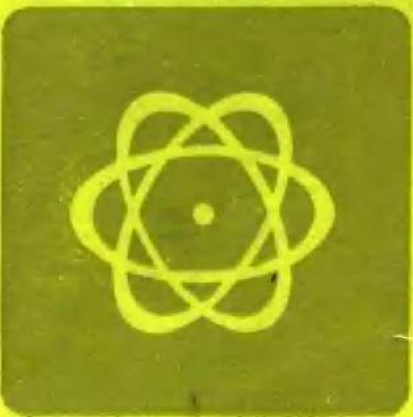
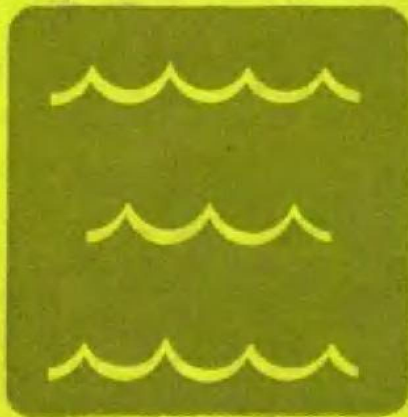


人类使用的动力

[美] 乔治·E·斯蒂芬森 著



GEORGE E
STEPHENSON



机械工业出版社

本书是一本有关动力技术的科普读物。作者从能源的利用出发，向读者介绍了小型汽油机、其他型式的内燃机、外燃发动机、电能、动力传动、再生能源、原子能、空间时代的动力和环境的保护等内容。本书内容丰富，文字深入浅出，着重于基本概念的叙述，而且图文并茂，易于掌握。

本书适用于具有高中文化程度、从事与动力技术有关工作的技术人员、管理干部、技术工人阅读；也可作为中专、职业中学和中学生的课外读物，或用作对初、高中学生进行动力和能源方面的职业教育的参考书。

POWER TECHNOLOGY
GEORGE E. STEPHENSON
DELMAR PUBLISHERS
1979

• • •
人 类 使 用 的 动 力

〔美〕乔治·E·斯蒂芬森 著
文世骥 王中铮 王颂秦 程 熙 译
程 熙 校

•
责任编辑：钱既佳 责任校对：刘绍曾
封面设计：郭景云 版式设计：霍永明

•
机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）
（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）
北京市密云县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•
开本 787×1092¹/₁₆·印张 16³/₄·字数 409 千字
1988年7月北京第一版·1988年7月北京第一次印刷
印数 0.001—1,700·定价：5.70 元

•
ISBN 7-111-00594-5/TK·22

译者序

动力在国民经济和人民生活中占有极端重要的地位，能源和交通运输也是我国实现现代化建设的战略重点之一。因此普及能源和动力技术方面的知识，对于节约和开发能源，生产和使用好各种动力机械，提高工作和生活的效率无疑是重要的。本书作为一本科普读物，讨论了广泛应用的各种动力机械如内燃机、汽轮机、燃气轮机的基本原理，同时也介绍了包括原子能、太阳能在内的各种新能源和代用能源以及空间时代动力的现代发展状况。书的作者认为：“从不同角度观察已有的概念可以得到新概念；对原有发明的重新设计和改进就是新发明。不管一个新思想是如何产生的，它总是在前人提出的概念或发明的基础上发展起来的”。因此，本书着重于基本概念的叙述，力图使读者领会学习和思维的方法，提高兴趣，从而有助于读者进入专门领域的工作。

译者认为本书对于从事能源和动力技术工作的技术人员、管理干部和技术工人丰富这个领域的知识、扩大工作视野均有所裨益。同时也可作为中学生课外科普读物、对于初、高中文化程度的学生进行职业的培训教育也是一本值得推荐的参考书。

由于原书篇幅过大、照片插图较多、有些内容未必适合我国情况，因此我们进行了删节。原书采用英制单位，翻译时全部改为我国法定计量单位。

全书由文世骥、王中铮、王颂秦和程熙翻译。其中，王颂秦译第1章、第2章、第3章3.3、3.4节和第6章，文世骥译第3章3.1、3.2、3.5、3.6节和第9章，王中铮译第4章、第5章、第7章、第8章，程熙译第10章，并校订了全书。

译者

1986.7

序 言

从不同角度观察已有的概念可以得到新概念；对原有发明的重新设计和改进就是新发明。不管一个新思想是如何产生的，它总是在前人提出的概念或发明的基础上发展起来的。因此，要使某项工作有所创新，就必须了解该项工作的现有基础。通过了解现有设计和基本结构，才可能产生完成这项工作的新方法。

《人类使用的动力》向学生们介绍主要的能源和原动机的工作原理。本书并不打算详细描述每一个概念，但力图使学生更多地了解各种原动机的工作方式。使学生的兴趣超过课本的范围，有助于进入更专门领域的研究。也许，用这本书开始学习原动机和能源的某一学生，在将来的某一天能解决该书讨论的许多问题中的一个。

本书是《人类使用的动力》的第三版，为了继续使它能跟上能源和动力时代的新发展，除了对已有章节进行补充外，还讨论了诸如改善汽车发动机的经济性和减少污染、核聚变、宇宙飞船、代用能源、再循环等新课题。

本书适宜于在实验室中讲授。在每一章后边附有实习，使学生得到第一手的实践知识。本书以小型汽油机为典型实例，向学生讲述原动机，而不需要复杂昂贵的设备。使用本书的教师也可以在其他车间里，以作者没有考虑过的其他方式进行教学。

本书作者乔治·E·斯蒂芬森曾在斯托特州立大学获得理学士学位，在科罗拉州立大学获得工程硕士学位。他也是《小型汽油机》和《产品计划图表》两书的作者。1967年他得到了伊利诺斯州授予的美国飞机工业协会杰出教师称号。多年来，作者任西伊利诺斯州立大学学生教学节目的主持教师，目前是伊利诺斯州盖尔斯特格205区学校动力机械和通用工业技术教师。

作者和戴乐莫出版社 (Delmar Publishers) 编辑部全体成员愿意继续提高这本教材的质量。敬请读者提出建设性的意见和问题。作者和编辑将认真考虑这些意见。

目 录

译著序

序 言

第 1 章 导论

——人类为利用能量所作的斗争 1

第 2 章 小型汽油机 6

2.1 小型汽油机的结构 6

2.2 燃料供给系、化油器和调速器 22

2.3 润滑 40

2.4 冷却系 47

2.5 点火系 50

2.6 日常保养、维修和冬季存放 64

2.7 故障诊断、调整和修理 70

第 3 章 其他型式的内燃机 83

3.1 汽车发动机 83

3.2 柴油机 101

3.3 喷气式发动机 111

3.4 火箭发动机 123

3.5 燃气轮机 137

3.6 转子发动机 150

第 4 章 外燃发动机 161

4.1 蒸汽机和汽轮机 161

第 5 章 电能 170

5.1 电的原理 170

第 6 章 动力传动 185

6.1 机械动力传动 185

6.2 流体传动 194

第 7 章 再生能源 211

7.1 代用能源 211

第 8 章 原子能 230

8.1 原子能 230

第 9 章 空间时代的动力 242

9.1 能量的直接转换 242

第 10 章 环境的危机 258

10.1 动力技术和环境 258

第1章 导 论

——人类为利用能量所作的斗争

学习基本要求

- 讨论太阳是如何影响其他能源的。
- 列出各种能源。
- 回顾蒸汽机的发展史及其对社会进步的影响。
- 说明蒸汽机和汽轮机的区别。
- 回顾内燃机的发展史并讨论其在社会生活中的位置。

人类早在史前文明时期就知道了能。人们从风力、太阳的热量、水的流动、火和想要吃掉他们的野生动物身上观察到能的存在。这些能量有时对人类是有用的，但在更多的情况下是一种实际的危险。炎热、寒冷、飓风、洪水和猛兽会威胁到人类的生存。

当人们开始思考如何利用能为他们做功时，就产生了动力机械。经过若干世纪，利用能做功的机械和装置就慢慢地发展起来了。

动力技术是研究各种能量转换机械和装置的一门科学，它是由于技术知识的增长而发展起来的。大自然提供了能源，人类的智慧创造了机器，它是人类高度文明的产物。

在本章中“动力”这个词仅代表普通的概念，可与“力”和“能”互换使用。以后，这些以及其他术语有其确切的定义。

太阳——主要的能源 几乎所有的能源全可以追溯到太阳。地球上沼泽区的植物死了以后，聚积起来，经过漫长岁月就形成了煤。而植物是吸收了太阳的能才生长的。当煤燃烧时，贮存了数百万年的能量被释放出来。

石油的形成也是相似的。人们相信，在大量植物和动物残骸聚积的地方会生成石油。当石油燃料燃烧时，放出贮存的能量。当然，木头也具有能，当其燃烧时将能量释放出来。没有太阳，任何植物或动物均不能生存。

风和水能也可以追溯到太阳。太阳的热引起空气流动形成风。一条流动的小河就具有可以利用的能量，小河是被雨水充满的，而雨是由于太阳蒸发地球上的水形成的。在一个短时间内，蒸发的水蒸汽冷凝成雨落下，充满小河。

除原子能外，所有的能源全可以直接追溯到太阳。

人类控制能量的早期尝试 人类控制能量最初的尝试是用火来取暖和烹调。

早期的另一进步是驯服野生动物。驯马并用它们来驮货物，从而提供了新的动力。随着轮子的产生和发展，牲口驮物的负担就减轻了。轮子可以使牲畜仅用较小的拉力就能移动较重的物体。另外，轮子也进一步提高了做功的速率。若干世纪以来，动物一直被用来作为陆



图 1.1

地的运输工具。在世界上的某些地区，至今动物仍是运输的主要工具。

对于世界上大部分地区，仅仅在上一世纪内，牲畜才解除了身上的挽具，被发动机所代替。卡车、拖拉机和汽车代替了牛、驴和马。

早期利用的另外一种动力是风力。帆船的使用可以追溯到五千年以前甚至更早。若干世纪以来，对世界的探索和征服是靠帆船的帮助进行的。古代的商船和商人们用帆船把货物运往世界各地。第一批殖民者乘帆船到达美洲。

早在公元前二百年，波斯人用竖轴的风车碾米。以后，风车装在帆船上用于地中海地区。公元十一世纪，荷兰人用风车泵水和碾谷。

蒸汽动力的发展 1765年，苏格兰的詹姆斯·瓦特(Watt)生产了一台成功的蒸汽机。虽然其他人早就在研究蒸汽机，但是，瓦特发明的蒸汽机效率高得多。瓦特的蒸汽机由三部分组成：锅炉、气缸和活塞以及冷凝器。当蒸汽进入气缸底部时，迫使活塞上行。随后蒸汽关闭，冷凝器打开。冷凝器使蒸汽重新凝结成水，此时产生真空，使活塞下行。这个循环产生有用功并重复进行。瓦特的蒸汽机首先在英国煤矿用来驱动水泵。

若干年后，瓦特的蒸汽机变成一种十分有效而精制的机器，并成为工业迅速增长的关键。蒸汽机可以在任何地方制造，工厂再也不必与河流或其他水力联在一起。蒸汽机为新兴工业的发展提供动力。工人们和手艺人从小作坊走进生产效率高的工厂。蒸汽为动力的机械增加了产量。英国曾企图垄断蒸汽机技术，但是，1789年斯雷特(Slater)带着他记住的设计图来到了美国。到1807年，用15台蒸汽机为动力的纱厂在美国成功地开工。

1807年8月18日富尔顿(Fulton)乘坐他的新船克莱门特号成功地进行了蒸汽轮船首次航行。他创立了32小时从纽

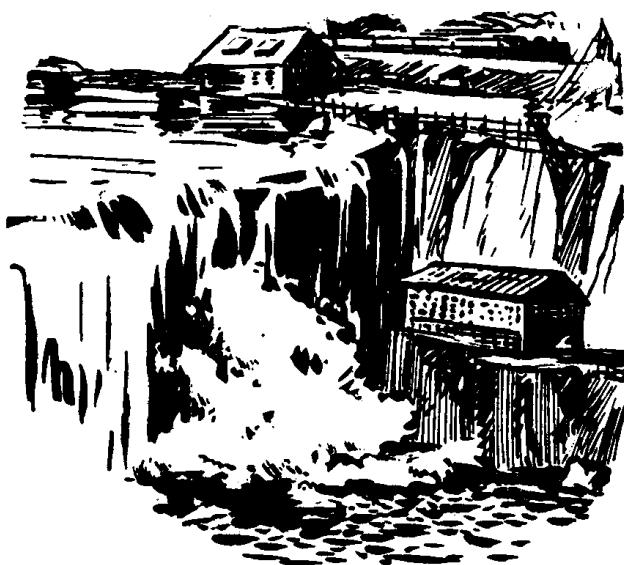


图 1.2



图 1.3

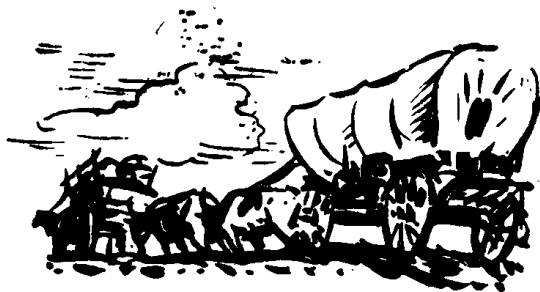


图 1.4

约航行到阿拉巴尼的纪录。

不久，蒸汽机在美国用作铁路动力。尽管在1830年的比赛中，由于机械故障，库珀 (Cooper) 的汤姆·萨姆伯号输给了马拉车，随后，蒸汽机车戴维·克林顿号成功地进行了从阿拉巴尼、纽约到附近的斯勘尼特底的运行。

另外一种类型的蒸汽机——蒸汽轮机在十九世纪末期得到发展。在这种发动机中，蒸汽喷口直接对着旋转的涡轮叶片，叶片以与风车相似的方式产生动力。蒸汽轮机主要用于大型船舶动力和发电厂。至今，蒸汽轮机仍被广泛地应用着。

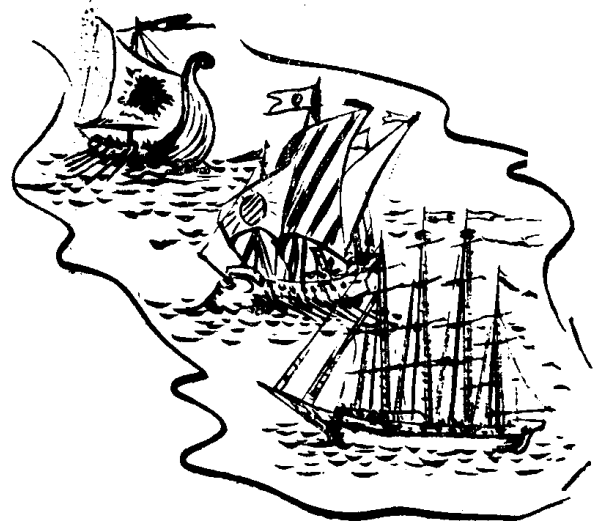


图 1.5

内燃机的发展 直到内燃机发展起来以前，蒸汽动力作为动力源一直占统治地位。今天，内燃机已取代了许多蒸汽机的工作，并开辟了许多新的工作领域。由于内燃机的体积小，是陆地车辆的理想动力，这导致了小客车、卡车和拖拉机的发展。

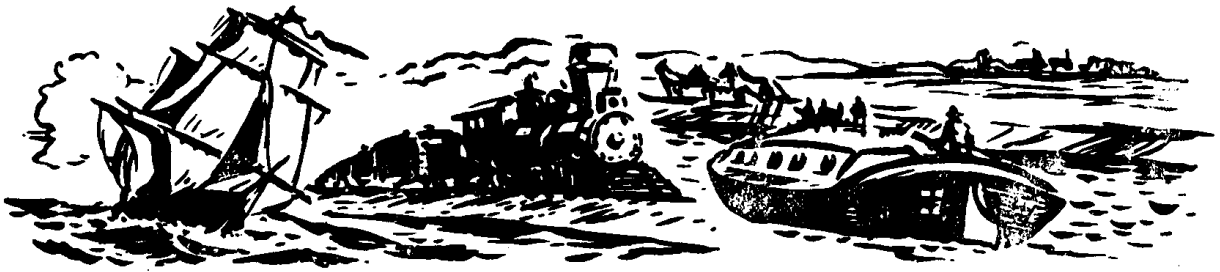


图 1.6

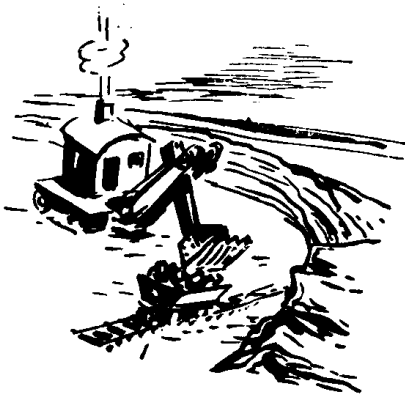


图 1.7

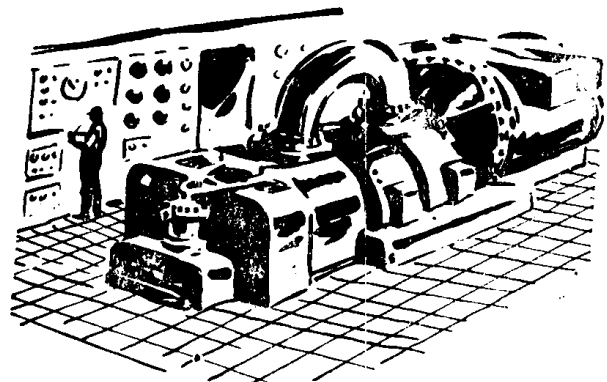


图 1.8

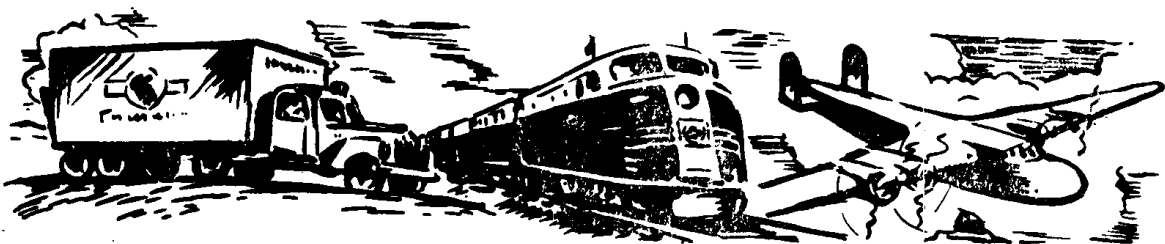


图 1.9

十七世纪末期赫伊杰思 (Huygens) 进行了制造内燃机的最早尝试。在这个发动机中, 黑色火药的爆炸迫使活塞沿气缸下行。但黑色火药不适用于内燃机。从十七世纪末到十八世纪, 其他人也进行了内燃机的改进工作, 并且取得了一些成果。然而, 当时的内燃机体积大, 难于实现商品化。

1860年, 兰诺 (Lenoir) 研制了一种烧煤气的2.2kW发动机。几年之内, 就有1400台兰诺发动机在法国和英国运转, 用于驱动水泵和印刷机械。

1877年, 奥托 (Otto) 取得了他的低噪声煤气机的专利。这项专利把奥托发明的理论和其他人的工作结合成一台精密的机器。这台成功的发动机确立了四冲程发动机的工作原理 (参见2.1节), 今天大多数的内燃机就是按四冲程循环工作的。尽管这台发动机是成功的, 但按现代的标准看, 它体积大而且笨重, 其单位功率的重量竟达670kg/kW。

1886年, 戴姆乐 (Daimler) 研制了800r/min的高速四冲程内燃机, 其单位功率的重量约为50kg/kW。十八世纪末和十九世纪初, 燃料及点火系的继续改进使内燃机成功地用于汽车上, 今天生产的内燃机单位功率重量仅为0.6kg/kW。

小功率内燃机也在社会文明进步中赢得了它们的地位。用它们作为动力的时间已超过了六十五年, 但是小型家用发动机的惊人普及还仅是近来的事。许多人至今仍记得第一次看到普通动力机械产品如油锯、割草机和摩托雪橇等的情景。几年内, 小型发动机和它们的使用已成了日常生活的一部分。据估计, 今天美国使用的小型发动机超过了七千万台, 其中包括约三千七百万台割草机, 七百万台操舟机发动机和一百万台摩托雪橇。

大部分人每天都使用动力机械。有时, 它们直接由我们操作, 如汽车、油锯或操舟机等。有时它们被间接使用。电视要用汽轮机产生的电能。电视节目可通过卫星转播, 而卫星是用火箭发动机发射到轨道上去的。日常生活的许多方面涉及到发动机、原动机和围绕着我们的多种能源。今天, 由于燃料的短缺和燃油价格的上涨, 使能源具有特殊的重要性。广泛地学习各种动力技术知识, 对每一个人都是有益的。

复习思考题

1. 试说明什么几乎是所有能量的最原始来源?
2. 蒸汽机发明以前, 用什么作能源?
3. 蒸汽机的发展对社会的进步有什么影响?
4. 谁生产了第一台成功的蒸汽机?
5. 蒸汽机和蒸汽轮机之间的主要差别是什么?
6. 内燃机对蒸汽机的使用有影响吗?
7. 汽车大约是在何时出现的?

实习

1. 最早利用能量的机械是水轮、帆船和风车。做一个可以在水龙头下运转的水轮的简单模型。
2. 做一个简单的风车模型。
3. 人们常说轮子是最伟大的发明, 你同意吗? 做一个可以支撑一块砖头的木制滑板。在滑板上放置一块砖头, 装上弹簧秤, 越过桌子拉动滑板。注意所需力的大小。再在滑板下边放几根轴杆 (它们的作用相当于轮子)。重复上述实验, 并注意所需力的大小。没有轮子文明能发展吗?

4. 发动机通常是往复式的。它们把往复运动转变成旋转运动。前后曲伸你的手臂。列出尽可能多的利用手臂或腿的往复运动产生机械旋转运动的例子。

5. 做一个模型如图1-10所示，以说明往复运动转变成旋转运动。

6. 设想如果没有发动机和其它原动机，我们的生活会变成什么样？

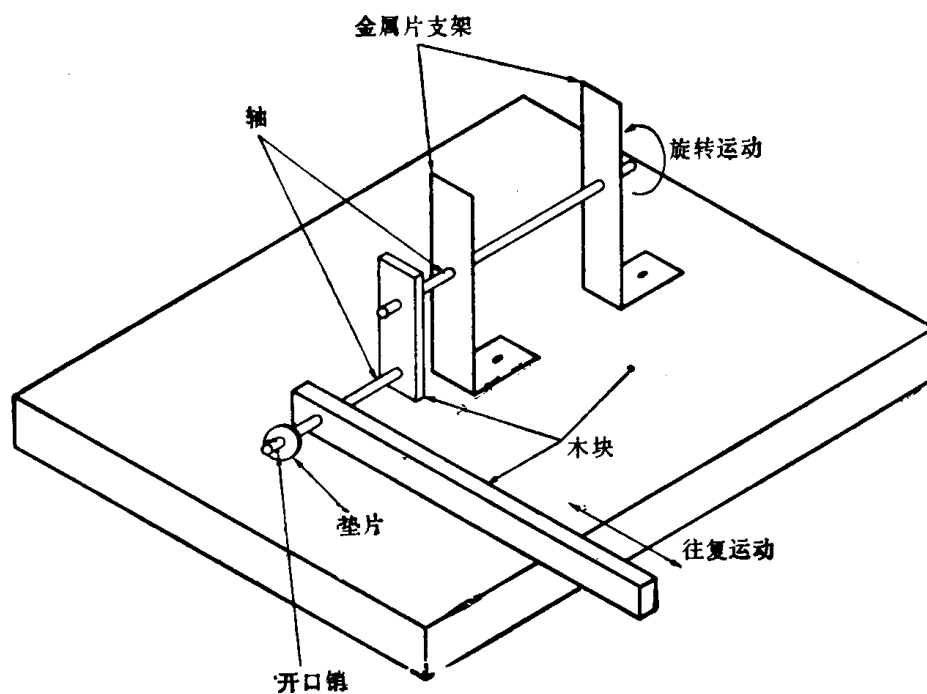


图 1.10

第2章 小型汽油机

2.1 小型汽油机的结构

学习基本要求

- 识别内燃机的基本零件，并说明它们的作用。
- 阐述二冲程内燃机和四冲程内燃机的工作原理。
- 讨论气门机构和凸轮轴是如何共同工作的，并识别其有关零件。
- 讨论为什么要加衬垫，如何加。
- 说明进气口和排气口的结构，并示出其位置。
- 识别簧片阀，并讨论其工作原理。

内燃机是一种热力机械。它通过燃烧燃料产生功率。在燃烧时，贮存在燃料内的能量被释放出来。“内燃”这个词意味着燃料是在发动机内部进行燃烧的，最常见的燃料是汽油。汽油要在发动机内部燃烧，就必须提供充足的氧气。因此，这里所说的燃料是指汽油和空气（主要是氧气）的混合气。当发动机点火时，汽油和空气的混合气迅速燃烧，近乎于爆炸。发动机就是为有效利用燃料燃烧的能量而设计制造的。

在发动机机体上有一个加工成圆柱形的空腔，这就是气缸。盖板即气缸盖安装在气缸的顶部，形成密封的空间。气缸里装有活塞，它与气缸壁精密配合，能在气缸里自由上下滑动，并把燃料压入一个叫作燃烧室的小空间。当燃料点燃和燃烧时，产生了很高的压力。这个压力迫使活塞沿气缸向下运动。这样，燃料燃烧的热能就转变成有用的机械能。在发动机中，基本运动形式是活塞沿气缸上下滑动，即往复运动。

然而，仍然存在着许多问题。例如：如何把活塞的往复运动转变成有用的旋转运动？如何把废气排出？如何把新鲜的燃料混合气吸入燃烧室？学习发动机主要零件的结构有助于解决这些问题。

1. 发动机的主要零件

这里讨论的内燃机零件是最常见的四冲程汽油机的零件。其中最重要的一些零件有：

- 气缸，是固定的圆柱形空腔。活塞在气缸里上下滑动；
- 活塞，紧密地装在气缸里，能上下移动；
- 曲轴，把往复运动转变成更有用的旋转运动；
- 连杆，用于连接活塞和曲轴；
- 气门，是吸入燃料混合气和排出废气的阀门；
- 曲轴箱，即发动机机体。其上安装有大部分发动机的运动零件。

图2.1示出了二冲程和四冲程发动机的主要零件。图2.2给出一个小型汽油机的横剖面图。

气缸 气缸是一个经过精密加工的圆柱形空腔，通常它与曲轴箱铸成一体，所以可以把它看成是曲轴箱的上部分。活塞在气缸里上下滑动，其配合是很紧密的，活塞仅比气缸内径

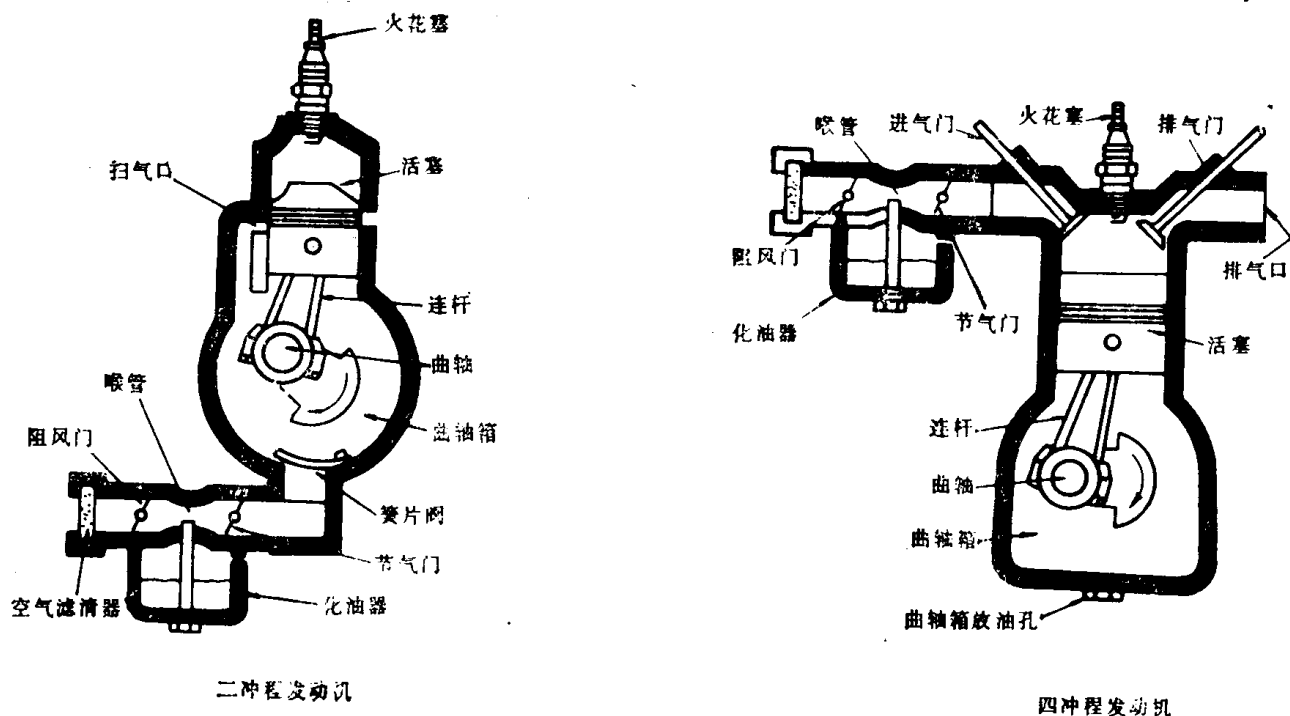


图2.1 二冲程和四冲程发动机的主要零件

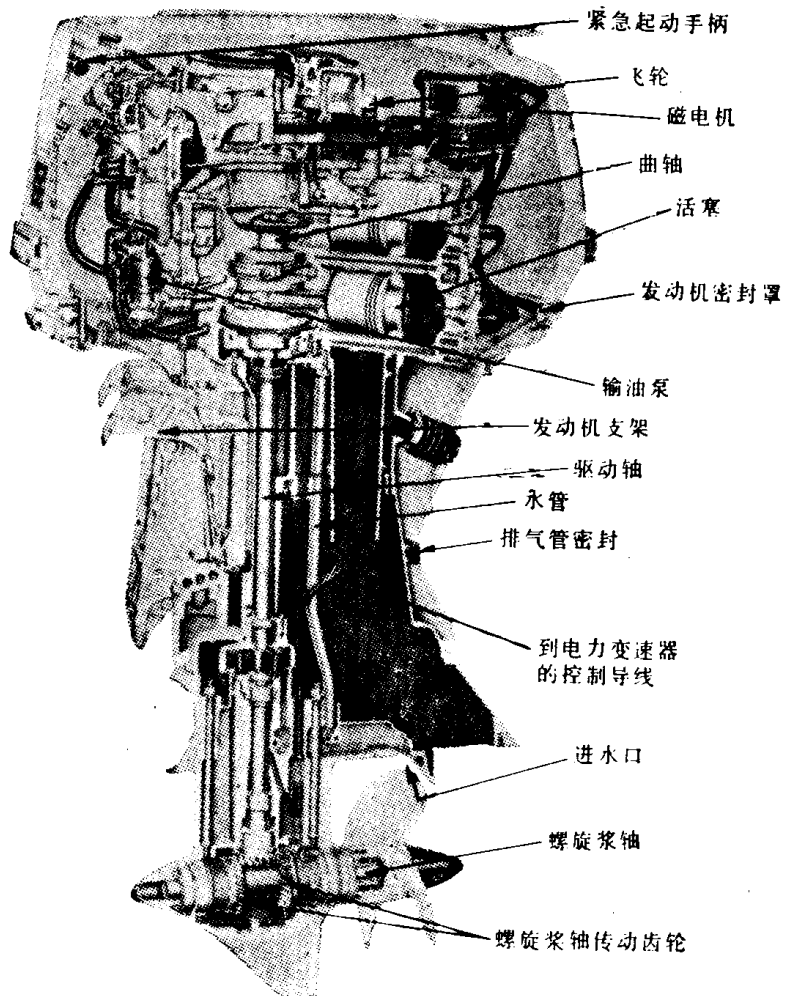


图2.2 操舟机的横剖面图

小百分之几毫米。虽然发动机机体可以用铝制造，但气缸本身大多采用铸铁。通常，发动机铝机体是围绕气缸浇铸的，且二者是不可拆卸的。只有某些较大的发动机气缸才是可拆的，我们把这种气缸叫作气缸套。轻型发动机通常采用铝缸体。在发动机结构参数中，缸径是一个重要尺寸。缸径是指发动机气缸的内径。图2.3示出四种不同的气缸排列型式。

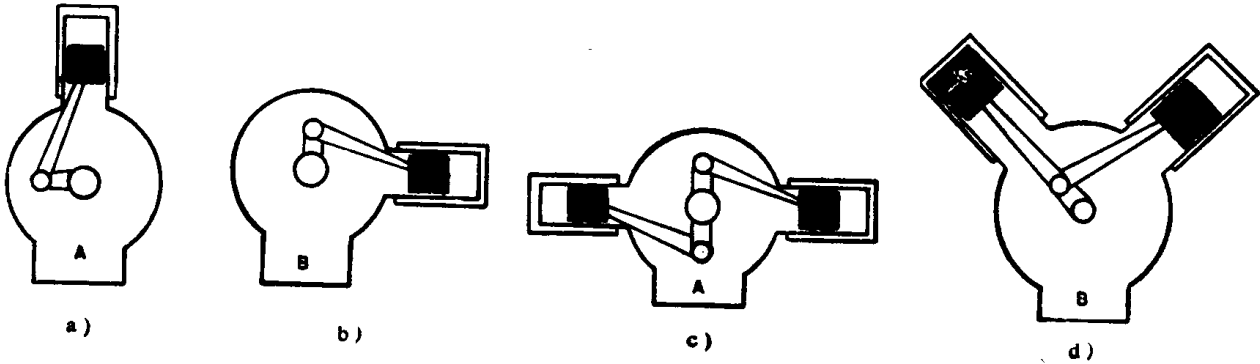


图2.3 气缸排列型式
a) 立式 b) 卧式 c) 水平对置 d) V型

气缸盖 气缸盖构成了燃烧室的顶部并承受高温高压气体的作用。这种作用仅发生在由活塞顶、气缸壁的上部和气缸盖包围的很小空间里。气缸盖必须用螺栓拧紧在气缸体上。用均匀的扭矩并按图2.4所示的次序拧紧所有气缸盖螺栓是很重要的，这样在气缸壁上就不会产生不均匀的应力。

在两个金属面之间用衬垫密封，如图2.5所示。衬垫通常用相对较软的材料制成，如玻璃纤维、软金属、软木和橡胶等。气缸垫是由石棉和软金属组成的，以防止高温、高压燃气窜出。气缸盖上设有火花塞安装螺孔。

许多发动机的气缸和气缸盖是铸成一体的。因此就没有气缸垫和气缸盖螺栓。火花塞孔

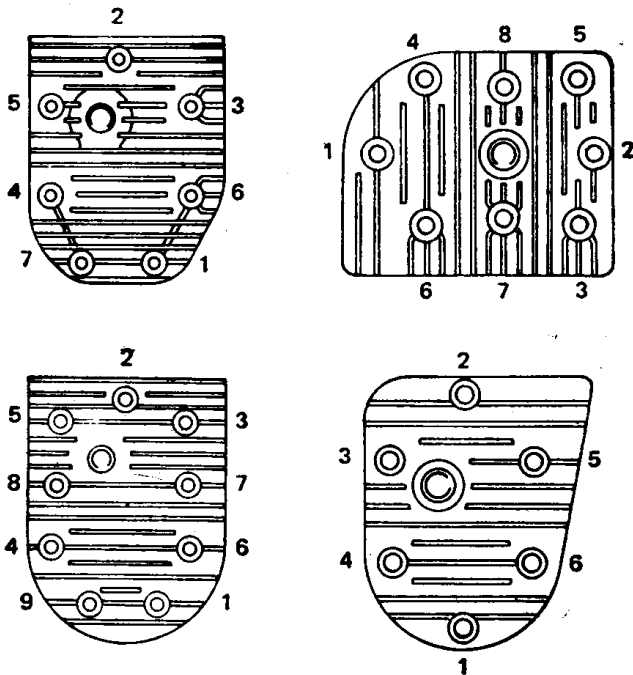


图2.4 气缸盖。注意气缸盖螺栓的拧紧次序

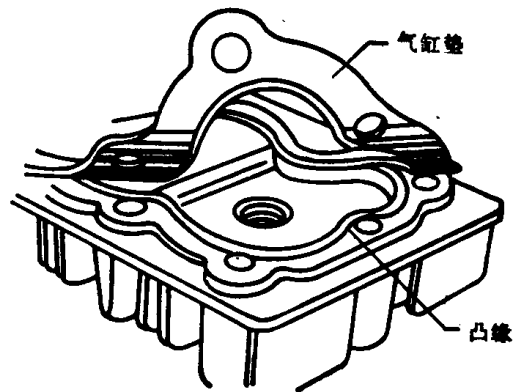


图2.5 用气缸垫保证气缸密封

仍设在气缸盖的顶部。许多小型二冲程发动机就采用这种结构。

活塞 活塞在气缸里上下滑动。当燃料燃烧产生爆发压力时，活塞是燃烧室中唯一的可移动部件。活塞可以用铸铁、钢或铝制成，铝合金活塞使用最广泛，因为它重量轻而且热量容易迅速传出。

气缸壁和活塞之间留有间隙，以防止过量磨损。活塞通常比气缸小 $0.075\sim 0.1\text{mm}$ 。该间隙用塞尺检查。

活塞顶可以是平的、凸的、凹的或其它形状。制造厂选择合理的形状是为了能在燃烧室中产生燃料混合气的扰动，并使燃料混合气燃烧平稳。靠近活塞顶部有环槽，用以安放活塞环（图2.6）。有些活塞外形是用凸轮靠模加工的，活塞并不是精确的圆形，这是考虑到活塞工作时沿销轴方向受热膨胀较大。

活塞离曲轴中心线最大距离时的位置叫作活塞的上止点（T.D.C.），而其最小距离时的位置叫作活塞的下止点（B.D.C.）。因此，活塞的行程就是活塞运行在上、下两个止点间的距离。

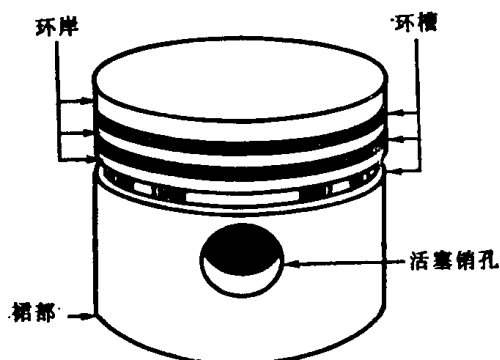


图2.6 活塞的各部分

活塞环 活塞环保证了活塞与气缸壁之间的可靠密封。没有活塞环，燃烧气体将从活塞与气缸壁之间的缝隙漏到曲轴箱。活塞环仅以较小的表面与气缸壁接触，从而有效地利用燃烧动力使活塞沿气缸壁滑动，起到动力密封的作用。这样减少了摩擦，从而减少了摩擦产生的热量和磨损。活塞环的另一个作用是控制气缸壁上的润滑油。

活塞环的工作看来似乎简单，但是活塞环有时不得不在苛刻的条件下工作。如气缸壁变形；气缸失圆；气缸壁磨损或拉伤；活塞磨损以及由于过热产生膨胀等等。如果发动机磨损或是使用不当，就会造成密封失效，功率下降。

活塞环的材料采用铸铁或钢，经精密加工制成。为了提高活塞环的性能，有时在其表面覆镀其它材料如铬、聚四氟乙烯等。

活塞环可以设计成多种形式。大多数气环制成整体式的，油环可以由 $2\sim 3$ 件组成。

如果活塞环性能不佳，活塞磨损，气缸变形或拉伤可能引起两个严重的后果：即漏气和窜油。在漏气时燃烧的压力足以破坏活塞环构成的密封，燃烧气体窜进曲轴箱，造成发动机功率下降和曲轴箱污染。

活塞环安装不当还可能引起泵油。活塞环磨损产生过大的侧向间隙，当活塞上下移动时，由于活塞环的泵油作用，将使曲轴箱里的机油窜进燃烧室内，导致火花塞污染，增大机油消耗，并使燃烧恶化。

一个活塞通常有 $3\sim 4$ 道活塞环。有些活塞只有一道环。顶部的活塞环是气环（图2.7），它压向气缸壁的力为 $36\sim 53\text{N}$ 。气环装在环槽里有一定的间隙，它可以在环槽内上下移动和径向伸缩。第二道环也是气环。这两道环构成了气体密封。

第三道和第四道环（如果有的话）是油环（图2.8）。油环的作用是控制气缸壁上的机油。一方面它可在气缸壁上铺开适量的机油；另一方面刮下过量的机油，并使其流回曲轴箱。环上开有槽，环槽底部有穿过活塞的孔。这样就能把从气缸壁上刮下的过量机油经活塞流回曲轴箱。应当指出，气环也兼有油环的第二个作用。

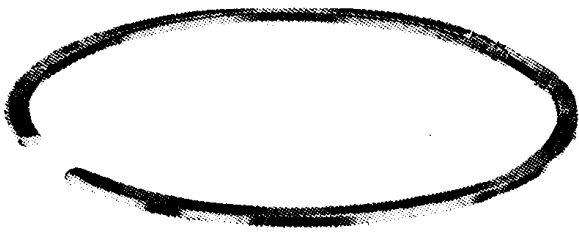


图2.7 压缩环 (气环)

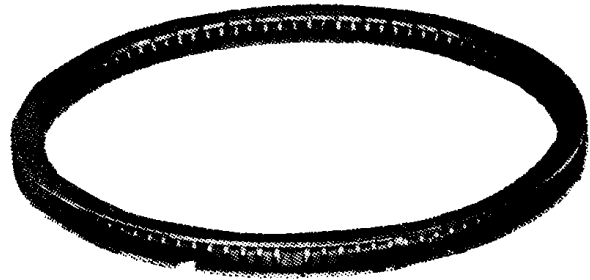


图2.8 油环

活塞环的两个间隙即切口间隙和端面间隙是很重要的。切口间隙是指活塞环装在气缸里测得的两个端部之间的距离。切口间隙必须足够大以经受热膨胀。如果该间隙过大，尽管受热能使两端靠拢，但仍会留有较大间隙使燃烧室中的压缩气体漏入曲轴箱，从而引起功率损失。如果这个间隙过小，正常运转时发动机的热量会引起环端并死，并紧压在气缸壁上。这种附加的摩擦阻碍活塞运动甚至使活塞环损坏。

通常第一道活塞环切口间隙为0.4mm/100mm活塞直径。而其余的环为0.3mm/100mm活塞直径。因为第二道环和第三道环接受的热量较少，它们的间隙就可小一些。

端面间隙 (图2.9)，或叫作环槽间隙也是考虑到热膨胀而设计的。第一道环端面间隙通常是0.06mm而第二道和第三道环为0.08mm \ominus 。

活塞销 图2.10是一个经过精磨的钢制圆柱销，它把活塞和连杆连接在一起。活塞销有实心的和空心的。空心活塞销重量较轻。因为燃烧时活塞销受到强烈的冲击，因此需用抗拉强度高的钢材制成。为减小噪声，活塞销与连杆间的装配间隙很小。活塞销不转动，它的动作与人抓住一根棒前后摆动时肘关节的运动相似。强烈的冲击，配合间隙小和摆动的特点使活塞销润滑困难。在大多数发动机中，活塞销靠喷出的或是激溅的机油润滑。

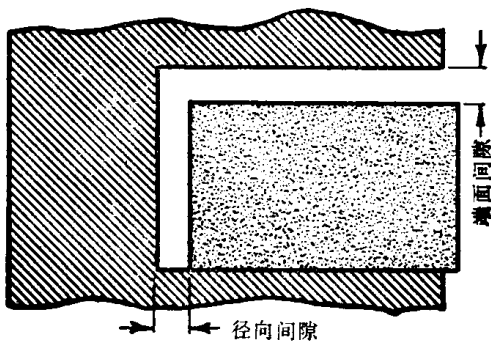


图2.9 活塞环装在活塞的环槽中。注意径向间隙和端面间隙

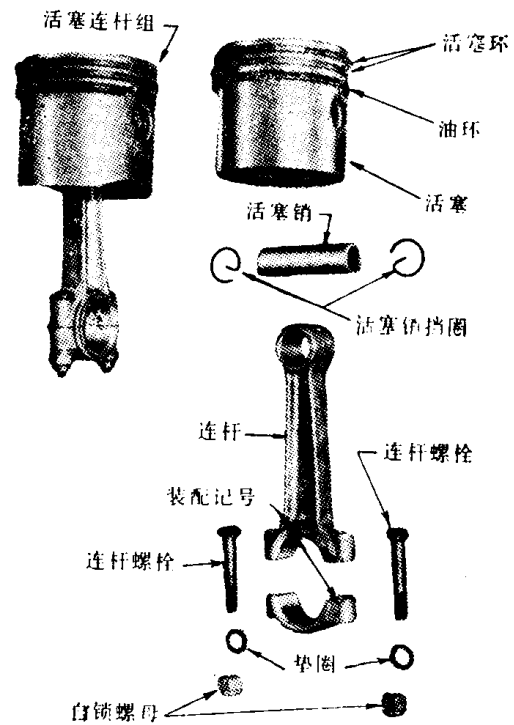


图2.10 活塞、活塞销、连杆及有关零件

\ominus 原文有错，实际上第一道环的端面间隙应当比第二、三道的值要大一些。——译者注

多云大一青

连杆 连杆通过活塞销连接曲轴和活塞（图2.11）。很多小型发动机采用铸铝连杆。稍大尺寸的发动机采用钢制连杆。为提高强度和减轻重量，连杆采用工字型截面。连杆下端（大头）装有连杆盖。连杆大头和连杆盖装配成一体精密加工，保证形成一个完整的圆型。连杆盖和连杆用螺栓连接，连杆大头轴承面包在曲轴上。许多连杆特别是重型或是昂贵的发动机的连杆装有可更换的轴承面，叫作连杆轴瓦。

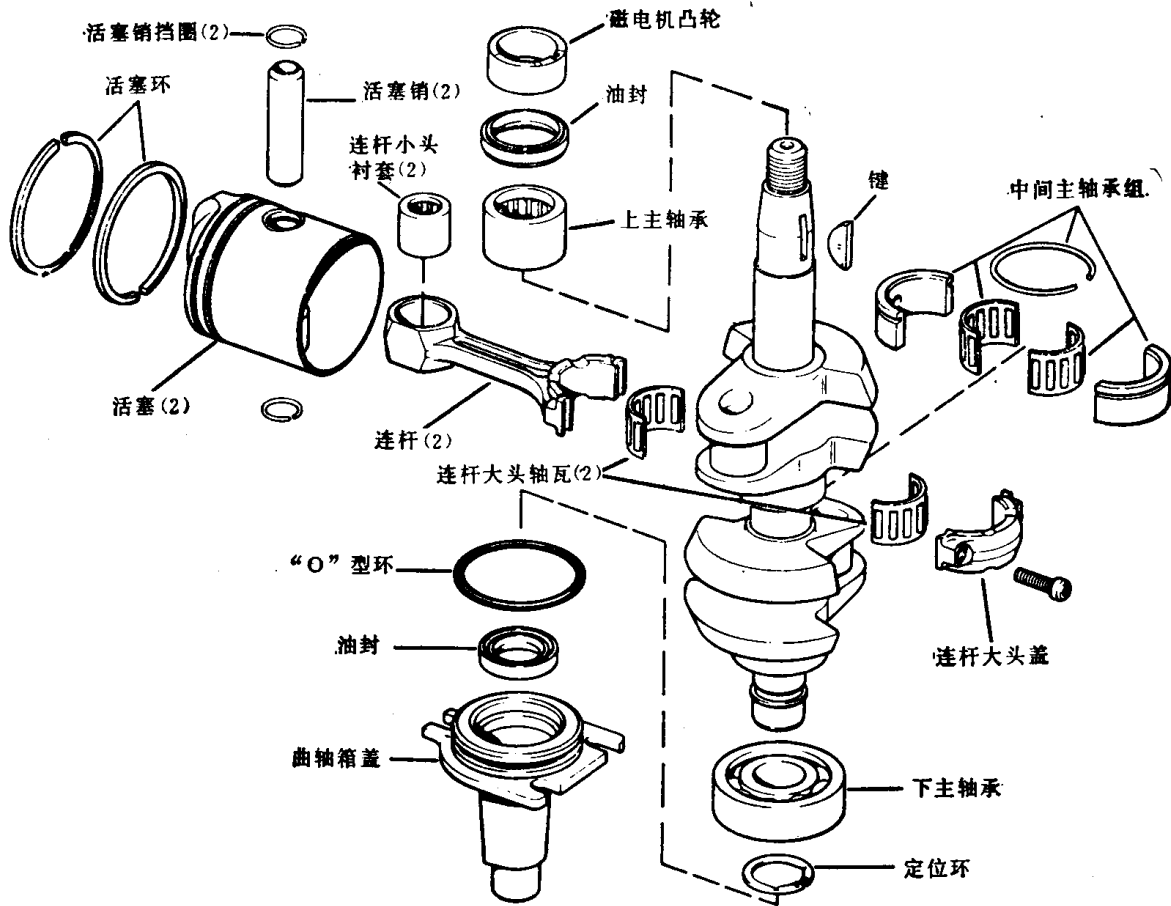


图2.11 曲轴，活塞和连杆组件——二冲程发动机（注意曲轴）

曲轴 它是把活塞的往复运动转变成旋转运动的重要零件。曲轴的一端装有飞轮，另一端是直轴，能够输出发动机功率。曲轴是精心锻造并经过机加工的钢轴。因为曲轴承受很大的力，所以其承载面大。由于它高速旋转，因此必须很好地平衡。图2.12是单拐曲轴的一个例子。

图2.13示出两种小型发动机。上面的为直立式发动机，其用途广泛，可作为割草机动力。割草的叶片用螺钉直接连在曲轴末端。而卧式发动机（水平轴）多用于移动式动力装置，如摩托车和各种车辆。此时功率可以通过皮带或是链传给驱动轴。这两种发动机可在特定的设计位置上使用。多工位发动机如油锯用发动机是另外一种变型。曲轴基本相似，但发动机设计上需要有些改变，以适应曲轴位置的要求。发动机曲轴可顺时针或逆时针旋转。这与发动机的用途和设计有关。

曲轴箱 曲轴箱就是发动机机体。其内部装有曲轴，并有支撑曲轴旋转的轴承面。许多其他零件也装在曲轴箱里。其中包括连杆、定时齿轮、凸轮和润滑机构。气缸和活塞底部与曲轴箱连通，四冲程发动机的曲轴箱里有油池，机油可以通过激溅、机油泵或是喷射的方法送

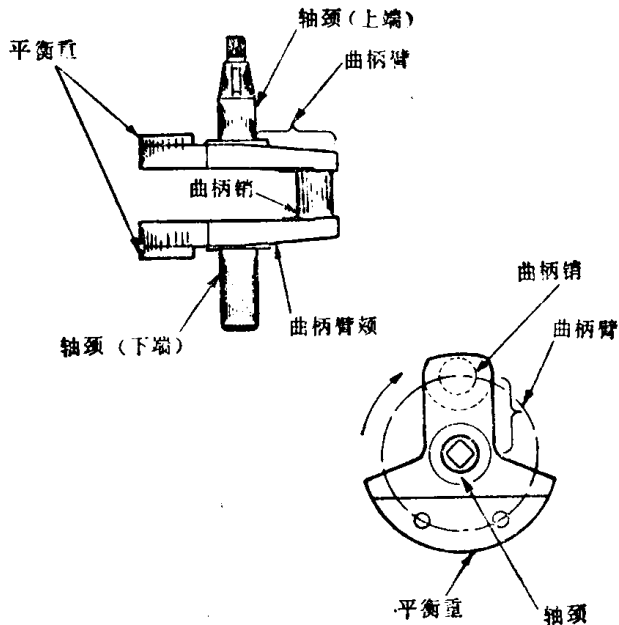
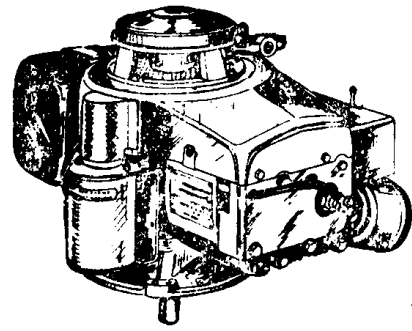
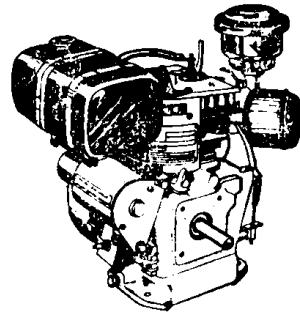


图2.12 单拐曲轴：一个曲柄销用于一个气缸



立式曲轴



卧式曲轴

图2.13 两种小型发动机

到曲轴箱里的所有运动零件上。图2.14所示为简单机体组零件。图2.15所示为一单缸发动机。

飞轮 飞轮装在曲轴有锥度的一端，用键固定，与曲轴一起旋转，如图2.16所示。小型发动机均装有飞轮。较重的飞轮可保证发动机运转平稳。也就是说，在燃烧爆发压力推动活塞下行以后，借助飞轮的惯性使活塞上行，力图减少或消除燃烧过程中的振动。发动机缸数越多，这种平稳作用的重要性越小。

飞轮也可以是冷却系统的一部分，飞轮上通常装有冷却风扇，飞轮转动时，吸入空气，空气经导风罩流过发动机，带走热量。

大部分小型汽油机的飞轮也是点火系的一部分。飞轮上装有永久磁铁，它是磁电机点火系的一个重要零件。

气门 气门的各部分如图2.17所示。最常见的气门叫作菌状气门。通过气门，废气可以从燃烧室里排出，而新鲜空气与燃料的混合气可以吸入。为了更好的进气和排气，气门应突然开启并迅速关闭。一般四冲程发动机的燃烧室中有两个气门，一个是排气门用来排气；另一个是进气门，用来吸入燃料混合气。

这两种气门看来几乎是一样的，但它们是有所区别的。排气门必须在极限负荷下仍能令人满意地工作。它不仅受到正常的燃烧高温（约2500℃），而且当其开启时，会受到高温废气的冲刷。气门落座时，仅有一个很小的密封带与气门座接触，这就使得气门的热量难以导出。如果发动机转速为3600r/min，工作条件恶劣的气门每分钟要开启和关闭1800次。排气门是用特殊耐热合金制成的。

气门可以作成每开关一次有略微的转动。这种转动有助于防止沉积物在气门座和气门边