

三角活塞 旋转式发动机

人 民 交 通 出 版 社

三角活塞 旋转式发动机

人 民 交 通 出 版 社

1972年·北京

内 容 提 要

三角活塞旋转式发动机，或称转子发动机，是近十多年发展起来的一种新型内燃机。本书简明扼要地阐述了它的结构和原理，供一般对这种发动机感兴趣的同志阅读。附录里列入一些公式的数学推导，供有高等数学基础的读者参考。

三角活塞旋转式发动机

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂(南)印

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $3 \frac{7}{8}$ 字数 78 千

1972年8月第1版

1972年8月第1版第1次印刷

印数 61,500 册 定价(科四): 0.40 元

毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

编者的话	1
一、三角活塞旋转式发动机的发展概况	3
二、工作原理和几何原理	11
三、基本结构	28
四、配气	39
五、气体密封	50
六、润滑	59
七、冷却	67
八、燃烧和点火	71
九、发动机性能	80
十、柴油三角活塞旋转式发动机	94
附录一、摆动角及其最大值的求法	98
附录二、内包络线的解析求法	100
附录三、工作容积和理论压缩比的推导	105
附录四、密封片的惯性力	112
附录五、转子瞬时加速度中心	115
附录六、转子顶端的线速度	117

编 者 的 话

三角活塞旋转式发动机的问世已有十几年。这种新型发动机具有结构简单、转速高、体积小、重量轻等等特点，因而引起人们极大的兴趣。国内外许多企业、单位都在积极研究和试制。近几年，某些国家的个别厂家已开始成批生产这种发动机，装用于小轿车上，和用于其他领域。

为了提高速度，为了解决排气公害问题等等，人们正在探索的新的汽车动力，除旋转式发动机外，还有多种，例如高能蓄电池等，这些新的动力离开实用还有相当大的距离。至于燃气轮机，早已用于其他领域；对于汽车来说，它经历了比三角活塞旋转式发动机更长的研究试制过程，也呈现了实用的可能性，有的国家个别厂家已将其装用于载重汽车。同时，往复式发动机的各种指标，也不能说从此再也不能提高了。作为汽车的动力，三角活塞旋转式发动机的地位将来究竟如何？人们持有不同的见解。有些人认为，至少最近二十年中，往复式发动机将仍然是汽车的主要动力。这种预言是否切合实际，有待历史的验证。无论如何，就三角活塞旋转式发动机的各项性能指标目前已经达到的水平来看，将来它至少在某些类型的汽车上得到比较广泛的应用，是很可能的。和具有将近一百年历史的往复式发动机相对而言，三角活塞旋转式发动机尚处在幼年时期，所以它的某些性能尚不符合使用上的要求，是必然的。伟大领袖毛主席教导说：“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。”三角活塞旋转式发动机这个新生事物，也必然要经过艰难曲折的过程，才能成长，变为可以付诸实用的产品。由于这种发动

机是有发展前途的一种新的动力，我们从事汽车运输工作的同志，有必要对其结构和工作原理有所了解。基于这个出发点，我们根据国内外现有的资料（主要是国外的）编写了这本小册子。

为了使一般具有初中文化程度的同志能阅读本书，在叙述原理的过程中，我们尽可能少用数学公式，有必要用的，也仅限于初等数学范围；具有初等代数、三角、几何知识的同志一般都可以看懂这些公式所表达的内容。至于这些数学公式的推导，则须运用普通的高等数学，而且有些比较长，所以我们将其附在全书之末，有兴趣的读者可以看看这些公式的来源。

由于我们的水平有限，掌握的资料不足，全书内容不免有错误和不足之处，尚请读者批评指正。

编 者

一九七二年一月

一、三角活塞旋转式发动机的发展概况

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。近二三十年来，汽车发动机的发展是很快的，其中最引人注目的是：近十多年来一种新型发动机——三角活塞旋转式发动机（下文简称转子发动机）的出现。

到目前为止，汽车上所采用的主要是往复活塞式发动机。这种发动机的工作过程，无论是汽油机或柴油机，都是由进气、压缩、点火（或喷油后燃烧）和膨胀、排气这四个过程所组成。在完成工作过程时，活塞作往复运动；一个工作循环可以在活塞往复运动二次（四行程）中完成，也可以在活塞往复运动一次（二行程）中完成。这种往复式发动机已有九十多年的历史。发展到目前的阶段，往复式发动机的各种指标，如比重量（即每马力的公斤数）、比功率（即每升工作容积的马力数；在衡量发动机的紧凑性时，也有用每立方米外廓体积的马力数，或每分米发动机长度的马力数的）、有效效率（即在所消耗燃料的热量中转变为有效功率的热量所占的百分比）以及使用寿命等等，都已提高到相当高的程度。要进一步改善这些指标，遇到较大的困难。主要原因在于往复式发动机的基本结构方案存在一定的缺陷。这种发动机是利用曲柄连杆机构，将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动，因而外廓体积的有效利用率较低。另一方面，这种发动机有许多往复运动部分，如活塞、气门机构等，进一步提高发动机的转速，会引起这些往复运动部分的惯性力增

大，因而增大曲轴轴承等机件上的负荷，同时气门机构的正常工作还会受到影响。这些因素都限制着往复式发动机紧凑性的提高。有效效率的提高，靠增大压缩比、改善工作过程、减小机械损失等等，这方面的潜力也不大。就增大压缩比来说，目前往复式发动机的压缩比已相当高，再提高压缩比，则热效率提高不多，却会使机械损失增大，因此并不见得有利。

随着城市和公路交通运输向高速方向的发展，要求汽车发动机具备更大的功率。在压缩比不能有更多提高的情况下，不是靠增大工作容积（排气量），便是靠提高转速，来加大发动机的功率。增大工作容积，会导致发动机外廓尺寸的加大。要提高转速，则须改进曲柄连杆机构和气门机构的设计、工艺和材料，同时还须解决减少振动和噪音的问题，因为往复式发动机的某些惯性力往往得不到平衡，转速提高，必然引起振动和噪音的增剧。此外，往复式发动机的排气公害问题也有待解决。总之，按照一分为二的观点来看，现代汽车上所用往复式发动机的设计已达到相当完善的程度，但是在其向前发展的进程上，问题很多。因此，在设法改进往复式发动机的设计的同时，人们在努力寻求其他型式的发动机和动力，诸如旋转式发动机、燃气轮机、斯梯林循环发动机、蒸汽机、燃用氢的发动机以及用蓄电池作为动力源等等。

由于结构方案简单，旋转式发动机对于人们具有很大的吸引力。追根溯源，二百多年以前，瓦特在设计蒸汽机时，就曾考虑过旋转式的方案。后来，许多人曾提出过各式各样的旋转式发动机方案，但都没有能够成为正式的产品。旋转式发动机的结构方案虽然简单，但是设计和制造上的困难很多。工作室的气体密封问题、转子滑动面的润滑问题、

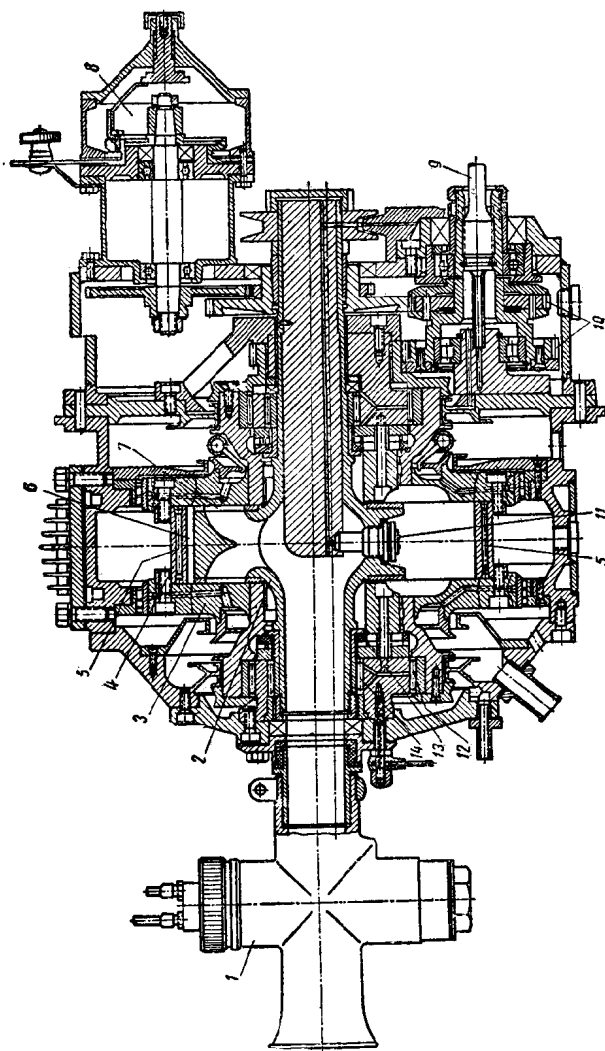


图1 DKM54型三角活塞旋转式发动机

- 1——汽化器；2——内转子；3——外转子的侧壁；4——外转子的中间部分；5——冷却水通道；
6——径向密封片；7——侧向气密封板；8——点火断电器；9——主轴；10——内外转子间的齿轮传动；
11——火花塞；12——外转子轴承；13——密封环；14——内转子轴承

转子的冷却问题，都不易解决。要设计一种进排气系统，适应发动机比较广阔的转速范围，使其具有较好的扭矩特性，也比较困难。此外，和往复式发动机不同，旋转式发动机的结构布置和工作机构的组成，都具有较大的可变通性；因此方案很多，使人们感到迷惑，无所适从。这些因素阻碍了旋转式发动机的发展，使其长时期不能成为可以使用的一种发动机。

至于在其他的机械上，例如水泵、鼓风机、压气机等，旋转式的方案则早就有所应用。包括旋转式发动机在内，各种旋转式机械的方案数以千计。西德汪克尔氏对前人所做的工作进行了耐心的调查研究和分析，他把这许多方案分门别类，归纳为几种，从而找出最可能实现的方案 and 解决一些主

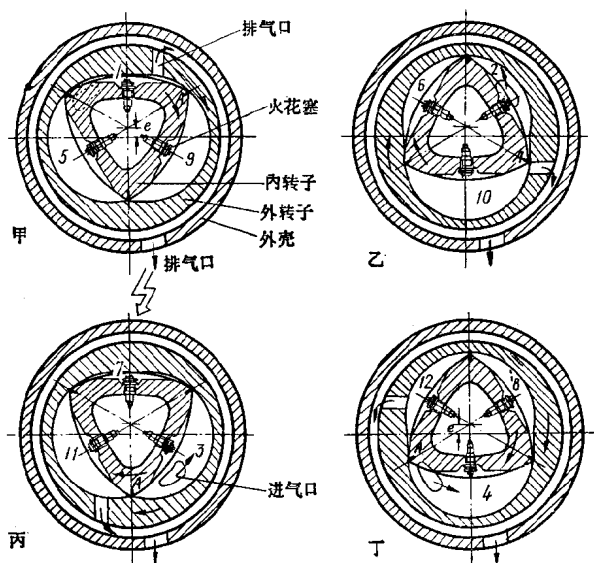


图2 自转三角活塞旋转式发动机的工作原理

2~4: 进气; 5~7: 压缩, 点火; 8~10: 膨胀; 11~1: 排气

要矛盾的途径。到一九五四年，汪克尔找到了三角活塞旋转式发动机的方案。他先将此方案用于压气机进行试验，证明这方案是可行的。随后于一九五七年，采用这方案试制成DKM54型三角活塞旋转式发动机。此型发动机是所谓自转活塞式结构的，图1示其纵剖面，图2示其工作原理。

由图2可看到，在自转活塞式发动机中，外转子的内表面是双弧长短辐圆外旋轮线形状的，内转子的三边是外旋轮线的内包络线。内外转子中心之间有偏心距 e ，两者各自绕其本身的中心旋转，速比是2:3，旋转方向相同。从该图中可以看出进气、压缩、点火和膨胀、排气各过程的进行情况。这种发动机由于内外转子只作自转运动，所以就轴系的平衡、径向密封片所受的作用力等方面来说，有其一定的优点，但是，另一方面，由于结构复杂，问题很多，所以从一九五八年开始，转而采用所谓公转活塞式的方案。一九五九年试制成KKM250型三角活塞旋转式发动机。图3示这种发动机的剖面。

公转活塞式发动机，其外壳是静止不动的，沿其内表面双弧长短辐圆外旋轮线滑动的三角活塞，一边绕其本身的轴心自转，一边绕外壳的轴心公转。由于结构简化，可靠性提高，这种方案便成为三角活塞旋转式发动机的基本型式。KKM250型发动机的单工作室容积为250毫升，功率31马力，该时转速5500转/分。

一九六〇年以后（最早是在一九五八年），许多资本主义国家的企业纷纷向西德购买专利，从事转子发动机的试制。经过设计上和工艺上的改进，到一九六四年西德NSU公司开始小批量生产KKM502型、排气量为500毫升的单缸水冷机，装在一种小轿车上使用；到一九六七年开始，该公司以KKM612型双缸水冷机，代替KKM502型装在另一种小

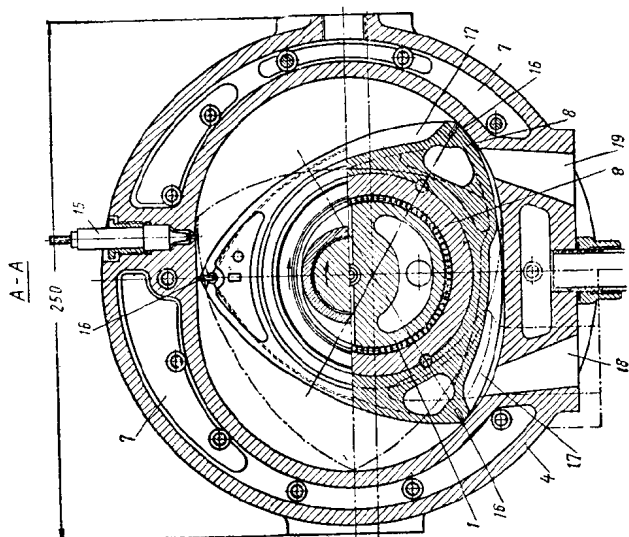
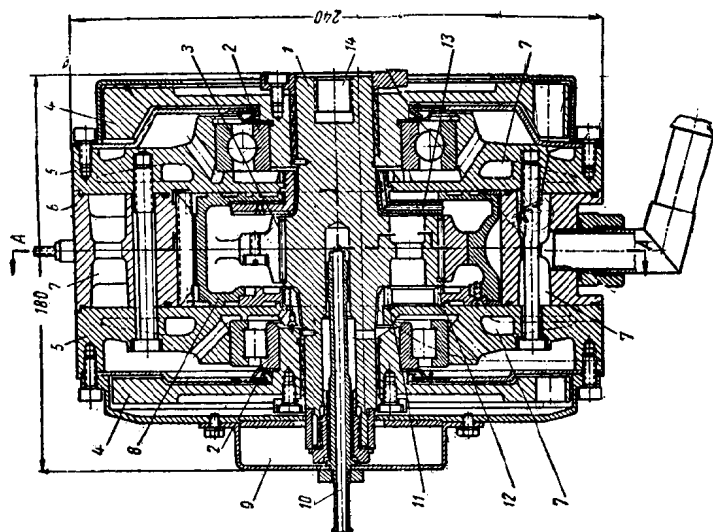


图 3 KKM250型三角活塞旋转式发动机

1——主轴；2——主轴承；3——转子轴承（滚针）；4——飞轮—平衡重；5——端盖；6——缸体；
 7——冷却水套；8——转子（三角活塞）；9——装点火断电器处；10——机油引入管；11——固定齿轮；
 12——转子齿轮；13——等油盘；14——接功率输出轴处；15——火花塞；16——径向密封片；17——燃烧室；
 18——进气道；19——排气道

轿车上，产量有所增大。该型转子发动机，排气量为 2×497.5 毫升，功率 115 马力（DIN），该时转速 5500 转/分。日本东洋工业公司于一九六七年开始正式生产双缸水冷转子发动机，计有：10A（一九六七年）、13A（一九六九年）和 12A（一九七〇年）型等几种，排气量和功率分别为： 2×491 毫升、100 马力/7000 转/分（一九七一年经过改进，提高至 105 马力）； 2×655 毫升、125 马力/6000 转/分； 2×573 毫升、120 马力/6500 转/分。目前已有五种小轿车装用了转子发动机，总数达 20 万辆左右。

转子发动机经过前后二十年左右的研究，目前国外已开始进入实用阶段，在小轿车上使用，而尚未见装用于载重汽车。这主要是由于这种发动机的高速时性能较好，比重量和比功率的指标优越。这些指标对于小轿车较为重要。对于载重汽车，尤其是中等吨位和大吨位的，则发动机的有效效率、低速时扭矩和使用寿命等指标更为重要，而在这些方面，目前转子发动机与往复式发动机尚有一定差距。

目前已成为正式产品的转子发动机，都是汽油机。对于柴油机，各国也在进行研究和试制。一九六九年，英国罗尔斯·罗埃斯公司进行了两级旋转式柴油机的样机试验。这种发动机具有低压缸和高压缸二级，从而将压缩比提高到足以使柴油压燃的程度。这种方案尚处于试验阶段，如果存在的问题获得较好的解决，

有成为正式产品的可能。

我国是在一九六〇年前后开始研究和试制转子发动机的。当时在大跃进形势的鼓舞下，广大工人和革命技术人员，遵照毛主席关于“自力更生”和“艰苦奋斗”的教导，很快就自行设计和试制了几种样机。但是由于刘少奇一类骗子的反革命修正主义路线的干扰和破坏，研制工作进展缓慢。无产阶级文化大革命以来，特别是党的“九大”以后，在团结、胜利路线的指引下，研究和试制转子发动机的工作又出现一个新的局面，取得了较大的进展。目前各地在研究和试制的三角活塞旋转式发动机，有汽油机，也有柴油机；有水冷式，也有风冷式。有的样机的升功率、平均有效压力和比油耗等指标已达到相当的水平。有不少单位已将样机装在轻型越野汽车和中型载重汽车上进行路试，行驶了数万公里。这说明有了正确的路线，任何工作就会生气勃勃，欣欣向荣。我们相信，我国转子发动机的研究和试制工作，沿着毛主席无产阶级革命路线，将会取得迅速的进展。

二、工作原理和几何原理

转子发动机所采用的工作循环和往复式发动机相同，即由进气、压缩、膨胀和排气四个过程组成。要不断地进行这种循环，发动机的工作容积必须有规则地时而扩大，时而缩小，这在往复式发动机中是靠活塞的往复运动来实现。在旋转式发动机中，要实现这种循环，可以采用许多方案；在三角活塞旋转式发动机中所用的方案是：气缸型线采用双弧长短辐圆外旋轮线，活塞（转子）的轮廓是气缸型线的内包络线。下面先简单谈谈转子发动机的工作原理，然后再谈谈有关的几何原理。

1. 工作原理

前面已经说过，目前在研制和生产的转子发动机是公转活塞式的。图4是这种转子发动机工作原理的示意图。从图中可以看到一对内啮合的齿轮。外齿轮固定在气缸端盖上，发动机主轴（图上用一个黑圆点代表）的主轴颈穿过外齿轮，与之同心。内齿轮固定在转子上。主轴上的偏心轴颈穿在转子的轴承孔内。发动机工作时，气体压力通过转子传到偏心轴颈上，从而推动主轴旋转。当转子处在⑫所示的位置时，其B端刚打开进气口；到①，发动机已经开始进气，①~④是进气过程。到④，活塞的A端开始关闭进气口；到⑤，进气口已完全关闭。⑤~⑦是压缩过程。到⑦，火花塞点火，气体爆发燃烧，开始膨胀。⑧~⑩是膨胀过程；到⑩，B端打开排气口，开始排气。⑪~⑫是排气过程，排气一直继续到③，这时A端将排气口完全关闭。从⑫到③进气和排气有一段时间是重叠的。由①到⑫到①，在这个期间

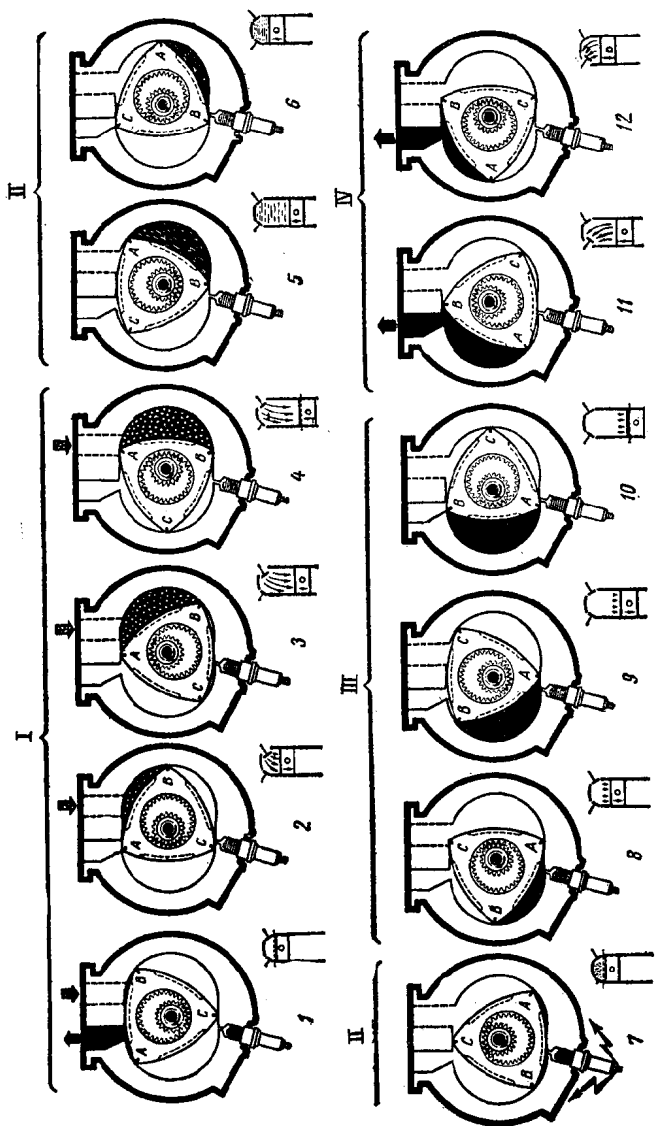


图4 转子发动机的工作原理图
I——进气, II——压缩, III——膨胀, IV——排气