

旋轉活塞式發動機

(文集)



人民交通出版社

旋轉活塞式发动机

(文集)

人民交通出版社

內 容 簡 介

旋轉活塞式发动机是新型的活塞式发动机，科学家們經過了长期的研究和試制，始于最近几年获得成功，它的产生与发展可能引起活塞式发动机范围内的重大变革。本书特搜集了若干国外資料，介紹旋轉活塞式发动机的原理、結構、密封和冷却方法以及制造試驗的結果等，供动力机械的工程师和技术人員参考之用。

旋轉活塞式发动机

(文集)

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业營業許可証出字第〇〇六号

新华书店科技发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1961年6月北京第一版 1961年6月北京第一次印刷

开本：787×1092 1/32 印張：3 1/2 張

全書：73,000 字 印數：1—4,025 册

統一書号：15044·4357

定價(10)：0.48元

目 录

- 一、旋轉 活塞式发动机的发展 2
- 二、旋轉 活塞式发动机的評述 9
- 三、旋轉 活塞式发动机的构造 31
- 四、旋轉 活塞式发动机的热工試驗 68

一、旋轉活塞式发动机的發展

用“轉子”发动机来代替往復活塞式发动机，就是說，使內燃机的工作循环在圓周运动中連續进行，多年来曾有不少人嘗試过，但都由于轉子密封問題得不到解决而失敗：或者完全咬住，或者間隙太寬而热效率奇低。德国工程师王克尔（F·Wankel）在三角形轉子的頂尖上用背后有压力的刮片解决了这个問題。轉子的两端面也有密封裝置。可以預言，这种发动机的能否成功，几乎完全决定于密封問題的能否圓滿解决。

往復活塞式发动机目前已經是一种效率高而可靠的机器。但是很有意义的是在某些需要最高出力和最高速度的場合下，例如在飞机和造船工业中，它受到燃气輪机和汽輪机的挑战，或者已被超过。这些机器的特点是只有轉动机件。

活塞曲柄发动机还可以合理地增进气量而在高速度下得到更高的功率，但是往復机件是进一步增高速度和功率的一个限制因素。

往復質量的慣性力同速度的平方成正比，工程师們一直在想法找别的出路，特别是对于要用彈簧来控制的进气門和排气門。在內燃机的发展道路上，出現了許多无气門的二冲程发动机，但大多因为难于在換气瞬时得到足够大的气口开度而不成功。

燃气輪机，在目前的发展阶段上，不适宜于作小发动机用，因为它不經濟，并且不易在部分負荷情况下控制。

寻求一种成功的旋轉活塞式发动机的設計，多年来一直在进行着，出現过各式各样的专利型式。

王克尔的旋轉活塞式发动机应用长短輻旋輪綫的原理。早期試驗的用两个轉子，图1表示它的基本元件，內轉子3对外轉子1是偏心地裝置着的，它們向同一个方向而以不同的轉速旋轉。外轉子的內表面做成

长短幅圆外旋曲线形状，可以有多种型式，实际用的是图1甲的型式，即二弧式的。内转子和外转子经常接触着，但它们之间形成的容积却在迴转时不断地变化；这样，内燃机的四个过程，即进气、压缩、燃烧膨胀和排气，就能够在里面相继进行。

这里必须指出，这种机构不仅可作为发动机，也可作为压气机。

图2表示压气机状态，内转

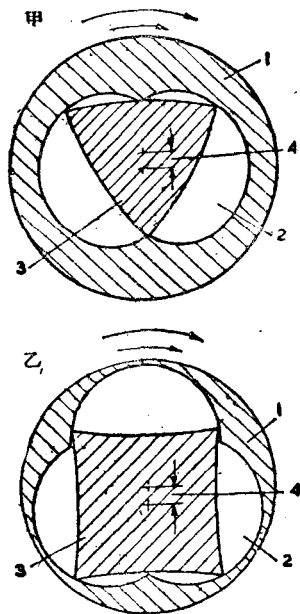


图1 转子型式

甲-二弧式，内转子和外转子的速比2:3

乙-三弧式，内转子和外转子的速比3:4

1-外转子；2-工作室；3-内转子；4-偏心距

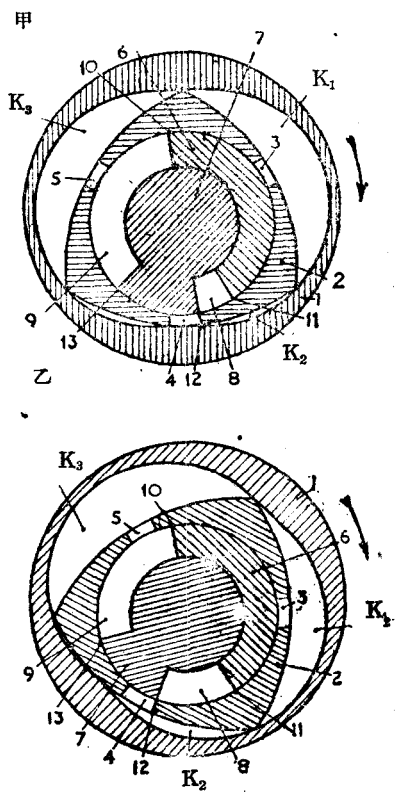


图2 旋轉式压气机

甲-进气全开，出气口刚关闭

乙-控制圆柱轉至半开位置

1-外转子；2-内转子；3、4、5-气口；6-調整控制壳体；7-固定控制圆柱；8-出气通道；9-进气通道；10-进气关闭边；11-排气开启边；12-排气关闭边；13-进气开启边；K₁、K₂、K₃-工作室

子与外轉子間的速比为2:3。图中所示位置表示排气刚要停止。从图中可看出，这里有三个工作室， K_1 、 K_2 和 K_3 ，其中 K_2 正在最小容积时。3、4和5是控制气口。

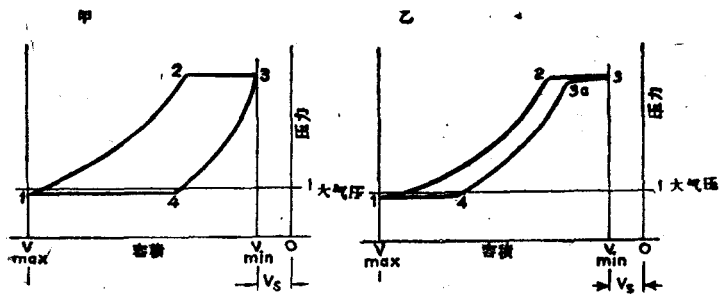


图3 旋轉式压气机的压容图

甲-全开状态，乙-半开状态，由点3至3a成为膨胀过程

1-进气关；2-排气开；3-排气关；4-进气开

V_{max} -最大容积 V_{min} -最小容积

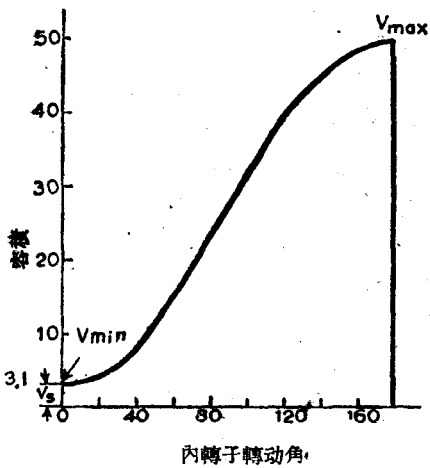


图4 工作室容积与內轉子轉動角度的关系

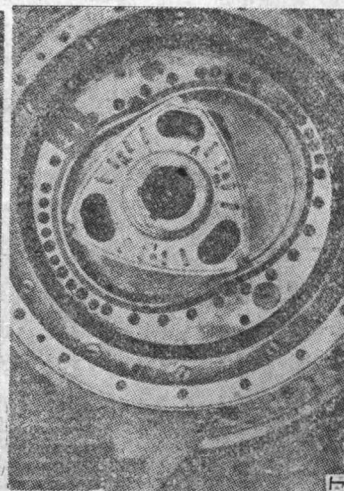
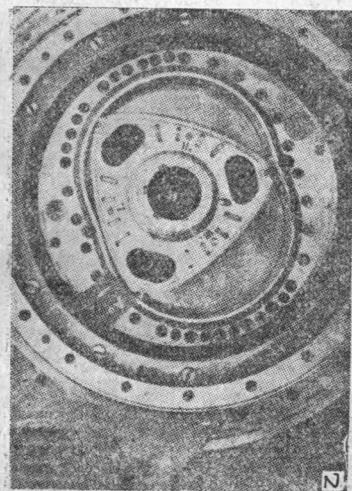
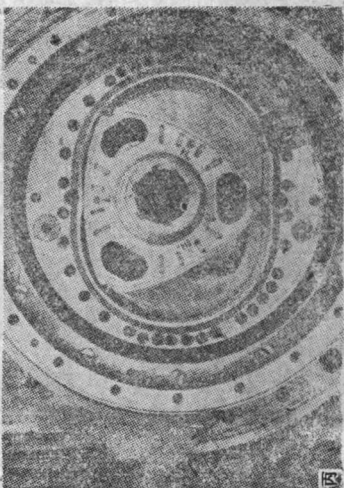
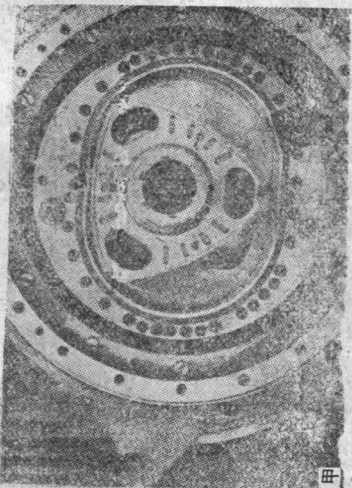


图5 1957年NSU初期试制的机器，一端的盖子打开，内转子向同一方向旋转，但转速不同。气流经过空心轴进入，穿过内转子进入工作室，工作室的容积会变化。排气口在记号AV处。图甲中，盖，边工在排气。图乙中，边工在膨胀。图丙中，边工在进气，边工在压缩

內外轉子都向順時針方向旋轉，邊緣10控制着进气关闭点，邊緣11控制排气开启点，邊緣12控制排气关闭点，邊緣13控制进气开启点。图中表示高压通道8 剛跟气口4 切斷。进气通道9 由气口5 跟工作室 K_2 接通； K_2 的容积正在增大， K_1 則封閉而在压缩过程中。沿控制壳体6 和圆柱芯体7 的全长必須严密不漏气，气体通道接在两端。

一台这样的增压器装在 NSU 机器脚踏車的50立方厘米二冲程发动机上，使它发出13制动馬力，就是說每升发出260制动馬力，机器脚踏車的时速达122哩。这种压气机的效率可想而知。图3 示其压容图，图4 示容积与內轉子轉动角度的关系。

这种机器作为发动机用时，外轉子与輸出軸相联。气体从內轉子的空心軸中引入，經過相应的气口而进入工作室中。在內轉子的每一个边板上装一个火花塞，接綫也通过空心軸。废气通过外轉子周緣上的一个气口排出。图5 示轉子的构造。

为磨削外轉子的长短幅圓外旋輪綫形状，制出了專門的机器，第一台发动机在1957年2月1日开始試驗（见图6）。据說这台試制品一开始就运转得很成功。

在1957年又造了几台发动机，改善了冷却和密封。这些早期的发动机最后在每分鐘17,000轉下发出29制动馬力，运转100小时，工作室容积为125立方厘米，发动机重24磅，燃料消耗量为每馬力小时0.45磅，可与正规的往复式发动机相比。

在早期的試制品成功地运转之后，进行了一个大的重新設計。那个8 字形的外轉子不再轉动，它成为外壳的一部分。內轉子（图7）除了繞它自己的軸心自轉之外，还偏心地繞着外壳的几何中心旋轉，这样就同长短幅旋輪綫不断接触着，形成三个分隔的工作室，彼此間有效地密封着。在这种情形下，汽化器和火花塞就能装在固定的外壳上，內轉子通过偏心輪驱动輸出軸。

进气和排气通道装在固定的外壳上，火花塞只需要一个，而以前却需要三个。因为轉子同外壳是以齿比为3:2的齿輪联系着的（轉子上装有內齿輪，外壳上的齿輪固定），轉子按偏心軌道环行一周时，轉子自轉 120° ，火花塞发火一次。轉子自轉 360° 时，它的三个边相繼各完成

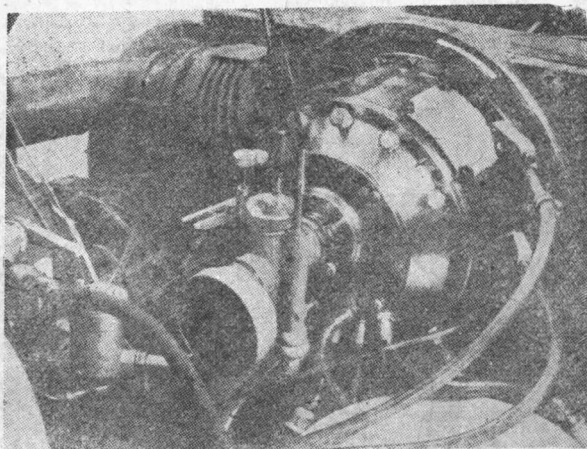


图6 王克尔发动机装在试验台上，进气从汽化器（口向后）通过空心的主轴进入气缸

一个四程循环，共发火三次，此时输出轴被偏心驱动迴轉三轉。

因为发动机不需用气門和弹簧，轉速就沒有机械上的限制。轉子的偏心必須設法平衡，但只需在軸上放簡單的平衡重就行。

轉子的冷却用潤滑油，外壳則用水冷。发动机可用汽油，也可用别的燃料-机油混合物。一台这样的新机器已装在NSU普灵茲（Prinz）汽車上試驗，最大轉速限为每分鐘6,000轉，以适应传动机构。据说不論发动机在輕輕地轉或以全負荷運轉，振动是一点也感觉不到的。

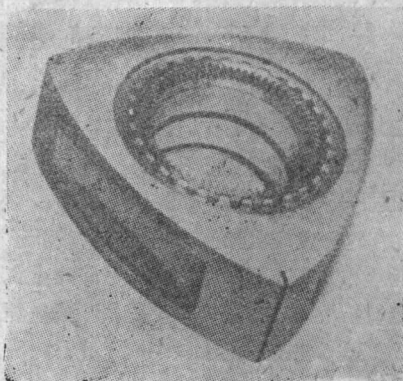


图7 考弟斯萊特（Curtiss-Wright）旋轉活塞式发动机所用的內轉子；边上的凹入部分是为了当它轉到同外壳的长短幅圓外旋輪綫的狭处相对时得到压力的平衡

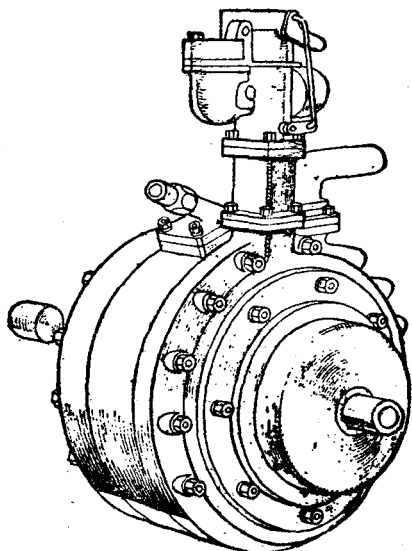


图8 考弟斯莱特发动机全图，表示汽化器和火花塞的位置，直角管道是排气出口

1958年考弟斯莱特(Curtiss-Wright)公司同NSU公司和王克尔商定共同进行发展工作。据报道，这个美国的大公司停止了活塞式发动机的发展工作而把它的研究机构和力量投入到这个新方案中去。该公司展出过一台100马力的机器(见图8)，材料基本上用的是灰铸铁。

这种发动机如何影响将来的设计还很难估计。据说在出力、燃料消耗量和效率方面，它已能与最好的往复式活塞式发动机相较。而且它对于燃料不敏感，能用低辛烷值汽油或柴油运转。

燃料经济的说法似乎难于置信，因为至少一个原来理想内燃机所需的两个基本原则不见了。第一，燃烧室空间不象活塞发动机能得到的那样紧凑；其次，膨胀不象用普通曲柄连杆机构时那样快。王克尔发动机是在很短时期内发展起来的，要看密封问题是否能成功地解决，然后才能说实现了内燃机的革命。

(宋摘译自“*The Autocar*” 1959年12月4日及11日两期中的两篇文章)

二、旋轉活塞式发动机的評述

(英) 哈利·門旦

自从 NSU-王克尔发动机問世以来，人們对它的反应是各式各样的：从厂方的高度乐观到保守派的怀疑，后者認為旋轉发动机的原則以往早就有人試过，但都由于密封問題以及轉子和壳体因不均匀受热而变形的問題得不到很好的解决而失敗。对它的看法本文作者起初也是有些保留的，但在詳細地研究了这台机器和它的发展过程之后，至少認為設計者是有足够遠見的。他們对一些基本問題用了新技术去解决，而使一个老的理想得以实现。

由此不能得出結論說，王克尔发动机将在一夜之間立即代替正規的活塞式发动机；要把这种机器作为汽車的动力机，还有一些問題要待解答。例如在部分負荷时的燃料經濟性問題，这是燃汽輪机作为汽車原动机的主要缺点之一。还有一个問題是，需要发展一个合适的传动系統来适应王克尔发动机固有的高速性；若是用現有的传动方式，将大大限制它的优点的發揮。

这些問題要是解决了，那么它的前途似乎确是很远大的。它在重量方面有明显的优点，而成本跟重量直接有关。比起燃汽輪机来，它不需要貴重材料的优点。此外，由于它的尺寸比較小，在底盘上占据的地位小，布置时就可有較大的自由度而不致影响重量分配太多。

不談密封問題的話，王克尔发动机基本上是一个很简单的机器（图 1、2 和 3），它有两个主要的运动件——輸出軸和一个三边的轉子。轉子和壳（轉子在壳內轉）的形状必須加工得很精确，但在这方面对生产工程师提出的問題比起在别的工业里所已解决的加工問題來說（例如燃汽輪叶片的制造）是不大的。

发动机的主軸由两个同軸綫的滚动軸承支承。在这两者之間是軸上

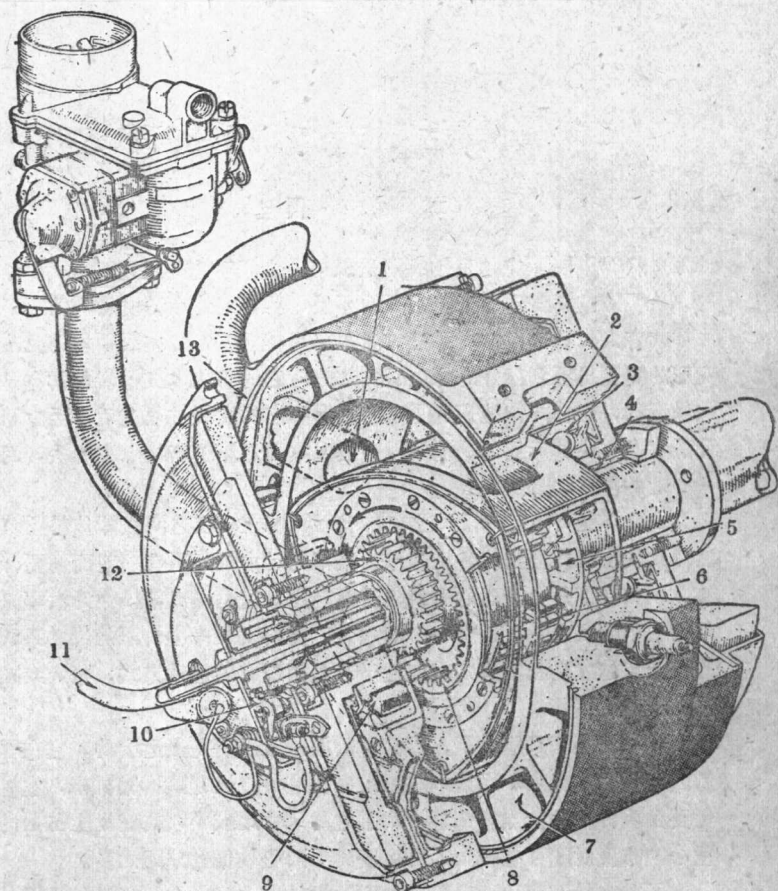


图1 工作室容积为250立方厘米的水冷式机，外径约9.5吋，宽7吋；轴承润滑与转子冷却用的机油由主轴的前端引入；固定的导叶帮助把油从转子的内部抽出
 1-排气口；2-转子的边和凹槽；3-输出轴球轴承；4-锥形膜环；5-抽油导叶；6-偏心的四列滚柱轴承；7-冷却水道；8-内齿轮（45齿）；9-输出轴滚柱轴承；10-断电器；11-机油入口；12-固定齿轮（30齿）；13-硅化水封

的一个偏心块,它也就是一个四列式的有間隔圈的滾柱軸承的內跑道,轉子就在这个四列滾柱軸承上轉。这样,轉子上受到动力冲击也就轉动主軸。轉子在里面轉的那个工作室的形状是一个双弧长短幅圓外旋輪綫,它象一个8字,而腰部很寬。



图 2 工作容积为125立方厘米的发动机;其大小可由图中手的比例來估計,安装重量小于30磅

当轉子在工作室里轉动时,轉子的三个頂点經常跟室壁保持接触,形成三个容积在不断变化的工作室,在每个室内,进气、压缩、膨胀和排气四个过程相繼进行。轉子的特殊运动由两个齿輪控制;在轉子腔孔的一端,在軸承跑道的旁边,有一个內齿环,它跟一个作为反作用件用的正齿輪嚙合,因此后者是固定在壳体的边板上的。固定齿輪有30个齿,內齿环有45个齿——成2与3之比。这样,主軸每轉一周,轉子就在它自己的偏心軸上向前轉过一个边。

主軸轉三轉,把轉子帶回到原来的位置,在这时期內,轉子的每个边輪流受到一次动力的冲击。进气口跟工作室的一个弧相通,排气口跟

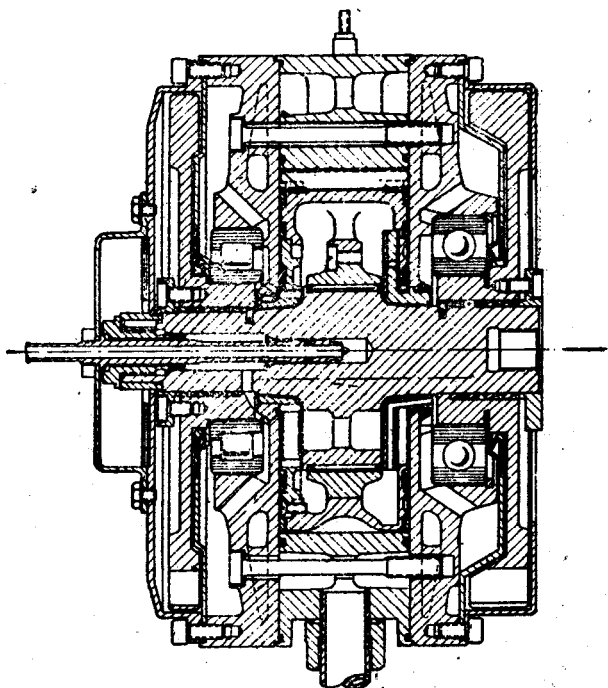


图 3 初期制造的一种发动机的剖面图；在以后的型式中，转子的滚针轴承改为滚柱轴承；齿轮用冷箍法压入端盖，因为它的作用只是使转子按轨道运行，反作用影响不大；飞轮在主轴上固定，全靠锥形环组的摩擦力

另一个弧相通；这两个口位置在工作室腰部的两边，但靠得相当近，因此转子的边能够跨过这两个口而得到一定的重叠度，象在一个四冲程气阀发动机里当活塞在上止点时两个气阀同时半开着一样。在气口对方的工作室腰部又得到一个最小的容积。火花塞就位于这一点，因为这显然也就是最大压缩点。

初看时，在这个最大压缩点的燃烧室显得很瘦长，在一个正规的活塞曲柄发动机里这将被认为是一个坏的形式。但是，这并不是一个

个“静止”的燃烧室，在旋轉的作用下会产生相当大的扰流，这样就不会有任何静止的“末端”气体引起爆震。換句話說，这种形式的燃烧室，它的容积从最小起，很快地变化，也許要求人們对于燃烧問題有新的看法。一个显著的优点是：由于刮刷的作用，除了在轉子每一边上的連接凹槽有积炭之外，就沒有积炭所造成的困难。

轉子和它的外壳的几何形状可以有許多变化式样（图4），要研究所有这些式样也許就延迟了这种机器在商业上的采用。

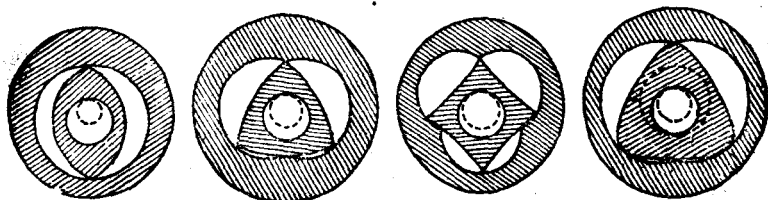


图4 几种长短幅旋輪綫的形状；从左到右为二边式、三边式和四边式轉子，以及相應的一弧、二弧和三弧长短幅圓外旋輪綫形；用正确的齒輪比可使轉子作行星运动而其尖端永远同室壁保持接触。王克尔發动机采用二弧式。第四图为一三边的长短幅圓內旋輪綫和它的外包跡綫；它不宜于作机器用，因为接触点会在尖端处前后移动，使密封成为不可能

长短幅旋輪綫的发动机并不是新东西，但过去由于密封問題无法克服而告失敗。事实上，NSU王克尔发动机是从王克尔早年原来与旋轉发动机无关的密封問題的研究工作发展而来的。在1951年，NSU公司先造了一台旋轉气門式的发动机来試驗密封裝置，結果是成功的。但并没有付諸生产，因为后来就集中精力于搞旋轉活塞式的机器了。

第一个試制品是一个双弧（外轉子）、三边（內轉子）式的压气机，排量为100立方厘米；在內轉子之內用一个空心軸来調节出量。这一个用两个轉子的压气机已于前文叙述过。它的出气压力达8个大气压，总絕热效率超过70%。用了这样一台压气机在三个大气压下工作，使一台50立方厘米的二冲程发动机（NSU机器脚踏車用）的出力从1.6增至13个制動馬力。

长短幅旋輪綫（旋輪綫的近系）是一个圓繞另一个固定圓滚动时在滾圓上的一个点画出的軌跡（图5）；当滾圓在固定圓的外部滚动时就形



图5 画长短幅旋輪綫的仪器；画出的形状见图7，通过台上和台下适当的齒輪組合，画臂每轉二圈，图画紙轉三圈

成长短幅圓外旋輪綫，在固定圓的内部滚动时就形成长短幅圓內旋輪綫。这两个圓的直径之比（也就是王克尔发动机中轉子的齒輪比）决定圓外旋輪綫的弧数或者圓內旋輪綫的边数。对于一个給定的几何形式，它的准确形状决定于軌跡点到滾圓中心的距离（創成半径）与偏心距之比（图6）。一个双弧的长短幅圓外旋輪綫，象NSU公司所用的那样，半径对偏心距之比愈小，腰部就愈細（图7）。

一个旋轉式机可以用长短幅旋輪綫作为內件（轉子）而以其外包綫作为外件来工作，或者象王克尔机那样，用长短幅旋輪綫作为外件而以其內包綫作为轉子。

NSU公司研究过許多可能的組合，其中一种是三弧、四边式机，按六冲程循环工作。膨胀在两个室内进行，排气压力很低。它也可以用来使燃料和空气預先混合，象在多种燃料发动机所需要的那样；也可以在一个室中进行增压。NSU公司集中于研究双弧长短幅圓外旋輪綫，半径对偏心距之比在一个比較狹的范围内变化。为了設計磨削正确的工