

12.4 热机与社会发展

与教材不同之处

更详细描述汽油机的构造；更详细描述热机的四冲程；更详细描述汽油机与柴油机的不同；更详细描述热机效率的求解和提高。

什么叫热机

我们已经知道，试管中的高温高压的水蒸气能将活塞冲开，即蒸气对活塞做功，使活塞获得机械能，而蒸气的内能减小，从能量转化的角度，这是一个通过做功的方式改变内能的过程，即内能转化为机械能。

现在，在我们生活和生产中已经有一种将燃料的化学能转化为内能，再将内能转化为机械能的机器。这种机器就叫做热机，热机是人类历史上最伟大的发明之一。

像蒸汽机、汽轮机、内燃机、燃气轮机、喷气发动机都是热机。



图 12-4-1

内燃机又分汽油机和柴油机，如图 12-4-1 所示。

汽油机的构造

我们着重讲一下汽油机的构造，如图 12-4-2 所示。

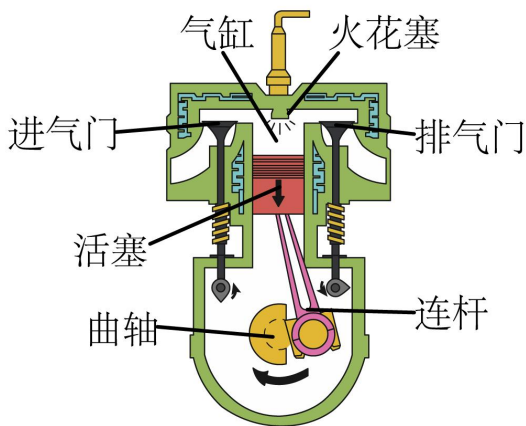


图 12-4-2

汽油机的主要部件如下：

- (1) 进气门：汽油与空气的混合物由进气门进入到气缸中。
- (2) 气缸：汽油在气缸内燃烧，然后推动活塞向下运动。
- (3) 活塞：活塞从一端运动到另一端的距离，叫做冲程。
- (4) 连杆：活塞是上下的直线运动，曲轴是圆周运动，连杆的作用就是将直线运动形式转化圆周运动。
- (5) 曲轴：曲轴再通过一系列装置带动轮胎转动，从而实现汽车在路面上行驶。需要注意的是：曲轴转动圈数与活塞运动的冲程数之比是 1;2。即 1 圈=2 个冲程。
- (6) 火花塞：由于汽油着火点较高（汽油的着火点 420℃左右，柴油的着火点 220℃左右），汽油在气缸里要燃烧起来需要由火花塞产生电火花点燃。

(7) 排气门：汽油剧烈燃烧后产生的废气由排气门排出。

汽油机的工作过程

如图 12-4-3 所示，汽油机的工作过程一共分为吸气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程。这四个冲程组成了一个完整的工作周期。

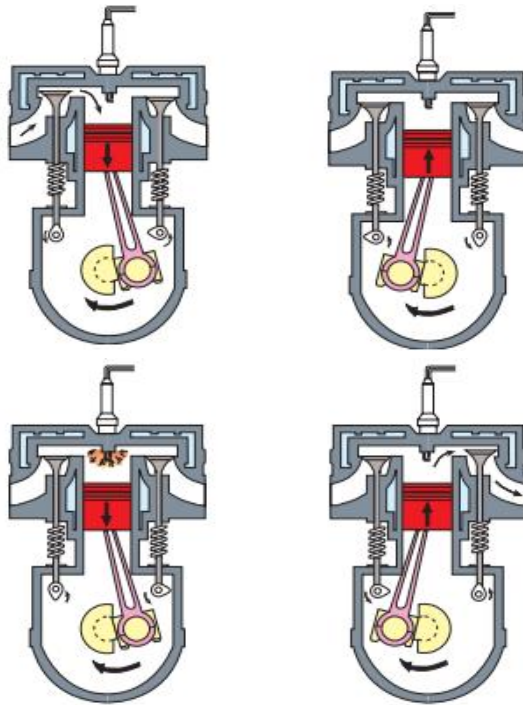


图 12-4-3

(1) 吸气冲程：活塞向下运动，缸内气压小于外界气压，在气压差的作用下，汽油和空气的混合物进入气缸。这个过程不存在缸内气体对活塞做功情形，因为活塞向下运动是曲轴主动转动而造成的。

(2) 压缩冲程：此时进气门和排气门都关闭，活塞在曲轴继续主动转动的作用下而开

始向上运动，在向上运动过程中，活塞开始压缩封闭在气缸内的汽油和空气混合物，即活塞对燃料做功，是一个机械能转化为内能的过程，因此，燃料的内能增大，温度升高。

（3）做功冲程：压缩冲程结束时，火花塞产生电火花，燃料剧烈燃烧，产生高温高压的的燃气。高温高压的燃气对活塞做功，使活塞向下运动，这是一个内能转化为机械能的过程，活塞获得机械能。

（4）排气冲程：做功冲程完成后，排气门打开，活塞又在曲轴继续主动转动的作用下开始向上运动，把燃烧后的废气排出气缸。

需要强调的是，做功冲程与压缩冲程虽都有做功过程，但压缩冲程是外界对内做功，机械能转化为内能；做功冲程是燃气对外做功，内能转化为机械能。

其中，做功冲程才是我们需要的冲程，因为汽车牵引力的产生来自于汽油机的做功冲程。其他几个冲程都是辅助冲程，都是依靠曲轴后端的具有较大质量的飞轮的惯性完成的。

图 12-4-3 中的四个冲程，我们如何找出哪张图对应哪个冲程呢？

技巧就是：进气门打开的就是吸气冲程；排气门打开的就是排气冲程；两个门都关闭且有电火花的就是做功冲程；两个门都关闭且没有电火花的就是压缩冲程。

转速与冲程数

例题：有一台四冲程内燃机，它的飞轮转速为 $1800 \text{ rad} / \text{min}$ ，它 1 s 完成多少个冲程？ 1 s 对外做了多少次功？

【分析】 rad / min 是指一分钟飞轮转动的圈数。根据汽油机的工作过程可知，一个工作周期包含四个冲程，完成一个工作周期飞轮要转两圈，一个工作周期热机对外做功一次。所以，它们有如下关系式：

1个工作周期 = 4个冲程 = 2圈飞轮转动 = 1次对外做功

它们之间的关系可以简称“1 期 4 冲 2 圈 1 功”。

解：

$$1800\text{rad}/\text{min} = 30\text{rad}/\text{s} = 120\text{个冲程}/\text{s} = 30\text{次对外做功}/\text{s}$$

答：飞轮 1 s 完成 120 个冲程，1s 对外做了 30 次功。

柴油机

如图 12-4-4 所示，这是柴油机的构造图。

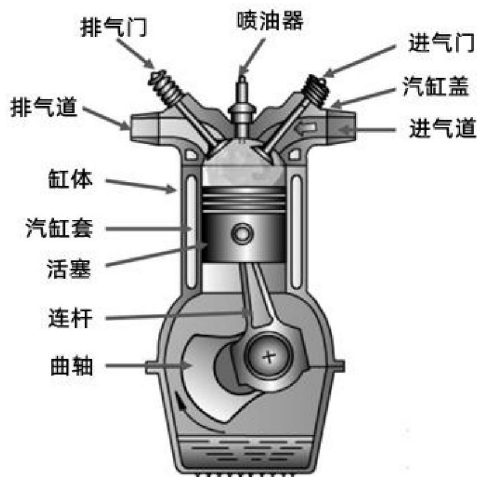


图 12-4-4

由构造图可知，柴油机的结构与汽油机非常相似，只有一处不同：在气缸的顶端，汽油机是火花塞，而柴油机是喷油嘴。

柴油机的工作过程与汽油机相同，一个工作周期也是包含四个冲程，分为吸气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程。

柴油机与汽油机不同之处有：

(1) 燃料不同：汽油是一种含碳量较少的燃料，柴油是一种含碳量较多的燃料，如图

12-4-5 所示。所以，柴油的着火点较低，更容易燃烧。

（2）点火方式不同：由于柴油的着火点低，只需要活塞压缩气体，做气体做功，气体的内能增大，气体的温度便可达到柴油的着火点。当从气缸顶端的喷油嘴把柴油喷入气缸中，便会立即爆燃起来，产生高温高压的气体。所以，汽油机的点火方式称为“点燃式”，柴油机的点火方式称为“压燃式”。

需要强调的是，柴油机的进气门只进空气，汽油机的进气门进的是汽油与空气的混合物。



图 12-4-5

（4）效率不同：柴油机的效率相比汽油机更高。因为柴油含碳量高，相同燃烧情况下，柴油燃烧时放出的热量更多，那么柴油燃烧后的燃气对活塞做的功更多。柴油机的效率可达 30-45%，汽油机的效率在 20-30%。

（5）污染情况不同：柴油的杂质更多，因此，对空气了的污染比汽油更大。由于柴油燃烧更剧烈，燃气的压强更大，这需要柴油机的气缸壁更厚，因此，柴油机更笨重，噪声更大。

（6）适用的范围不同：柴油机能产生强大牵引力，且更笨重，因此，柴油机一般装配在载重汽车、列车、轮船上。汽油机机体轻，一般装配在摩托车，小汽车上。

热机效率

我们说，柴油机的效率比汽油机高，其实是指柴油机的热机效率比汽油机高。

什么是热机效率？

热机做有用功与燃料完全燃烧放出的热量之比叫做热机的效率。

具体的公式如下：

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{Q_{\text{放}}} \times 100\%$$

看来，热机效率与机械效率类似，本质上都是指能量在转化过程中有用部分的能量与总能量的比值。

需要强调的是，热机做的有用功是指什么？

有用功是指汽车在牵引力或输出功率的作用下所做的功。也就是说，有用功既可通过输出功率与时间的乘积求出，也可以通过牵引力与通过的路程的乘积求出。

(1) 通过输出功率求有用功：

$$W_{\text{有用}} = P_{\text{输出}} \cdot t$$

其中 $W_{\text{有用}}$ 是指热机做的有用功， $P_{\text{输出}}$ 是指汽车的输出功率， t 是指工作时间。

(2) 通过牵引力求有用功：

$$W_{\text{有用}} = F \cdot s$$

其中 $W_{\text{有用}}$ 是指热机做的有用功， F 是指汽车热机产生的牵引力， s 是指汽车通过的路程。

燃料完全燃烧放出的热量一般要通过热值来计算，公式如下：

$$Q_{\text{放}} = q \cdot m$$

其中， $Q_{\text{放}}$ 是指燃料完全燃烧时放出的热量， q 是指燃料的热值， m 是指燃料的质量。

有关热机效率的计算

例题：一辆汽车匀速行驶 10km，用时 8min，发动机的输出功率是 63KW，消耗的汽油为 2.4kg，求此汽车发动机的效率是多少？（ $q_{\text{汽油}}=4.5\times 10^7\text{J/kg}$ ）

【分析】首先要将各物理量的单位统一换算成国际制单位。此题中发动机就是指热机；效率就是指热机效率。此题要求热机效率，我们需要先求出有用功，再求出放出的热量。需要注意的是，路程在此题中属于一个干扰因素，不需要使用。

已知： $t=8\text{min}=480\text{s}$ $P_{\text{输出}}=63\text{KW}=63000\text{W}$

解：

发动机做的有用功

$$W_{\text{有用}} = P_{\text{输出}} \cdot t = 63000\text{W} \cdot 480\text{s} = 3.024 \times 10^7\text{J}$$

汽油完全燃烧后放出的热量

$$Q_{\text{放}} = q_{\text{汽油}} \cdot m = 4.5 \times 10^7\text{J/kg} \times 2.4\text{kg} = 1.08 \times 10^8\text{J}$$

则，效率为

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{Q_{\text{放}}} \times 100\% = \frac{3.024 \times 10^7\text{J}}{1.08 \times 10^8\text{J}} \times 100\% = 28\%$$

答：汽车发动机的效率是 28%。

热机的发展和应用推动了社会的快速发展。但热机在能量的转化过程中会对环境造成一定程度的污染。我们评价一辆汽车性能的好坏，热机效率是衡量的标准之一。热机效率越高，意味着越节能，空气污染少。

由此题可知，热机效率并不高，原因一般有这么几点：

- （1）要克服零件之间的摩擦；
- （2）废气带走了不少的热量；
- （3）燃料的燃烧由于各种原因并没有做到充分燃烧。

为了提高热机效率，我们可采取如下措施：一是机件间保持良好的润滑以减小摩擦；二是尽量减小各种热量散失，比如有些汽车采取涡轮增压技术，这项技术就是把排出的废气再利用一次。三是尽可能使燃料充分燃烧。



本节我们学习的物理规律

1、什么是热机

热机是指将燃料的化学能转化为内能，再将内能转化为机械能的机器。

2、汽油机的工作过程包含几个冲程

汽油机的工作过程一共分为吸气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程。

3、转速与冲程数

1个工作周期 = 4个冲程 = 2圈飞轮转动 = 1次对外做功

4、汽油机与柴油机的结构不同之处

在气缸的顶端，汽油机是火花塞，而柴油机是喷油嘴。

5、什么是热机效率？

热机做有用功与燃料完全燃烧放出的热量之比叫做热机的效率。



自我检测与巩固

1、单缸四冲程内燃机工作时，依靠飞轮惯性来完成的是（ ）

- A、只有吸气和压缩两个冲程
- B、只有压缩和排气两个冲程
- C、只有排气和吸气两个冲程
- D、有吸气、压缩和排气三个冲程

2、根据汽油机和柴油机的区别，下列说法正确的是（ ）

- A、汽油机汽缸顶部有一个火花塞，柴油机汽缸顶部是一个喷油嘴
- B、汽油机吸入的是空气，柴油机吸入的是空气和柴油的混合物
- C、吸气冲程是内能转化为机械能
- D、压缩冲程是内能转化为机械能

3、汽油机在压缩冲程中，工作物质被压缩，气缸中气体的（ ）

- A. 压强增大，温度降低
- B. 压强增大，温度升高
- C. 压强减少，温度降低
- D. 压强减少，温度升高

4、甲、乙两台汽油机，甲的效率比乙高，则（ ）

- A. 甲每秒钟做的功比乙每秒钟做的功多
- B. 甲消耗的汽油比乙消耗的汽油少
- C. 消耗同样多的汽油，甲做的有用功比乙做的有用功多
- D. 做同样多的有用功，甲消耗的汽油比乙消耗的汽油多

5、一台四冲程内燃机的飞轮转速为 600 r / min ，它 1 s 完成_____个冲程，做功_____次。

6、某型号小轿车以 20 m/s 的速度匀速行驶 100 km 时消耗的燃料是 5 kg ，如果汽油的热值是 $4.6 \times 10^7 \text{ J/kg}$ ，汽车发动机的输出功率是 12 kW ，求有用功和发动机的热机效率分别是多少（保留两位有效数字）