

第 3 章 内燃机的主要技术指标

3.1 第三章说明

第三章的内容主要是内燃机的主要技术指标，这一章的内容有其特殊性，一方面其内容在内燃机结构课中占有比较重要的地位，另一方面是这一章知识的主要形式就是概念加定义。在教师讲课和学生学习过程中最怕的就是遇到这种情况，授课老师叫得没有意思，学生听的就觉得老师只会对着课本念。



*图 3-1 第三章主界面图

为了较好概念课，课件开发小组进行了深入的研究和讨论，最终确定了第三章的主要制作方式和方法。因为其具有很强的代表性，所以在此对这一章的制作思路和课件本身内容的编排进行总结，将具有非常有意义的借鉴价值。

第三章首页是一艘航空母舰如图 3-1，旨在吸引学生的兴趣。而在整体的安排上则采用了弹出式菜单的形式，一方面避免版面的凌乱，在不必要的时候就出现不必要的信息干扰学生和授课老师的注意力；另一方面是可以在授课老师授课是具有一定的灵活性，避免死讲书、将死书局面的出现，给授课老师和学生一定的灵活和变通可以活跃课堂气氛，做到授课老师和学生的双向交流。弹出式菜单对课件页面紧凑、简洁做出了一次有益的探索。

为了让死的概念变成活的知识，课件开发小组运用 flash 进行了动画设计，

做到形象、生动，在轻松的心情下接收知识。如在讲授内燃机重量和外形尺寸指标时就设计了一个生动活泼的动画。“动力杯”举重大赛（见课件光盘第三章）形象生动的说明了内燃机机构紧凑性的重要性。

3.2 动力性指标

动力性指标：内燃机对外作功能力的指标。

主要有：功率，平均有效压力，转速和活塞平均速度

3.2.1 有效功率

1. 功率：内燃机单位时间内所作的功称功率。
2. 指示功率：内燃机在汽缸中单位时间内所作的功。
3. 有效功率：指示功率减去消耗于内部零件的摩擦损失、泵气损失和驱动附件等机械损失后，从发动机曲轴输出的功率称为有效功率 N_e 。设转速 n ，曲轴输出的有效功率为 W_e ，

$$W_e = (2n \div 60) \times M_e \quad N \cdot m/s$$

$$N_e = (n \div 30) \times M_e \times 10 \quad Kw$$

M_e 为有效扭矩。

有效功率可以利用测功器测定，水力测功器可先测出有效扭矩 M_e ，再用上式计算出有效功率。

3.2.2 标定功率

内燃机出厂时铭牌上写明厂方标定的有效功率。

① 15分钟功率：内燃机允许连续运转15分钟的最大有效功率。汽车爬坡功率和军用车辆及快艇的追击功率。

② 1小时功率：内燃机允许连续运转一小时的最大有效功率。船用主机，工程机械和机动车的最大使用功率。

③ 12小时功率：内燃机允许连续运转12小时的最大有效功率。可作为工程机械，机车和拖拉机正常使用功率。

④ 持续功率：内燃机允许长期运转的最大有效功率。

可作为长期连续运转的远洋船舶，发电站，和农林排灌内燃机的持续使用功率。

3.2.3 其它有效功率

1. 升功率 N_L ：每升汽缸工作容积发出的有效功率。
2. 单位活塞面积功率 N_A ：衡量燃烧室组件热负荷的尺度，表征发动机的热负荷特性。
3. 经济功率：在燃油消耗率较少的功率区运转时的有效功率。
4. 极限功率：冒黑烟时的功率。

3.2.4 平均有效压力

作用于活塞顶上的假想的大小不变的压力。它使活塞移动一个行程所作的功，等于每循环所作的有效功。

$$N_e = i \cdot V_h \cdot P_e \cdot n / (30 \tau) \text{ Kw}$$

四冲程 $\tau = 4$ ，二冲程 $\tau = 2$

i = 汽缸数

V_h = 汽缸工作容积 (L)

P_e = 平均有效压力 (Mpa)

N = 发动机转速 (r/min)

τ = 发动机冲程数

P_e 代表单位汽缸工作容积所发出的有效功率。

Re：汽油机：0.6~0.9Mpa

非增压柴油机：0.5~0.8Mpa

增压柴油机：0.8~3.2Mpa

3.2.5 转速和活塞平均速度

1. 转速：内燃机曲轴每分钟的转速，用r/min表示。转速对内燃机性能和结构影响很大，而且其范围十分广泛（86~6000r/min）。

- ① 最高转速 r_{\max} —受调速控制时，柴油机所能达到的最高转速。
- ② 最低稳定转速 r_{\min} —柴油机能稳定工作的最低转速。

在最低稳定转速和最高转速之间是柴油机的转速工作范围 ($R_{min} < n < R_{max}$)。

2. 活塞平均速度 C_m

活塞在气缸中运动速度是不断变化的，在行程中间较大，在止点附近速度较小，止点处为零。若已知内燃机转速 N 时，则活塞平均速度可由下公式计算：

$$C_m = 2Sn/60 = Sn/30 \quad \text{m/s}$$

式中 S —行程 (m)

活塞平均速度是表征内燃机高速性的一项主要指标。

更据活塞平均速度，可将柴油机分为高速、中速和低速三种类型，其具体数值大致如下：

低速机： C_m 小于等于 6.5 m/s；

中速机： $6.6 < C_m < 10$ m/s；

高速机： C_m 大于等于 10 m/s。

3.3 经济性指标

经济性指标一般指内燃机的燃油消耗率和机油消耗率。

3.3.1 燃油消耗率

燃油消耗率简称比油消耗，它是内燃机工作时每千瓦小时所消耗燃油量的克数，单位— (g/kw.h)。

指示燃油消耗率：以指示功率计；

有效燃油消耗率：以有效功率计；

注：内燃机产品说明书中所指的燃油消耗率为有效燃油消耗率若测出扭矩 M_e 和转速 n ，计算出每小时燃油消耗量 B 和有效功率 N_e ，则：

$$b = B \times 10^{-3} / N_e \quad (\text{g/Kw} \cdot \text{h})$$

现代内燃机的 b 值 (g/kw.h) 范围

汽油机： $b = 265 \sim 340$

高速柴油机： $b = 212 \sim 251$

中速柴油机： $b = 197 \sim 281$

低速柴油机：b=160~190

3.3.2 滑油消耗率

内燃机在标定工况时，每千瓦时所消耗滑油量的克数，称为滑油消耗率。

单位为g/kw·h

方式有：

①滑油经活塞环窜入燃烧室或由气阀导管流入缸内烧掉，未烧掉的则随废气排出。

②有一部分燃油在曲轴箱内雾化或蒸发，而由曲轴箱通风口排出。一般为0.5~4g/kw·h

3.4 重量和外形尺寸指标

重量指标和外形尺寸指标用于评价内燃机结构的紧凑性和金属材料的利用率。

3.4.1 重量指标

比重量，单位功率重量，内燃机净重与标定功率的比值。

$$G_w = G / N_e \quad (\text{kg/kw})$$

净重量不包括滑油，燃油，冷却水及其它未直接装在内燃机本体上的附属设备与辅助系统的重量。

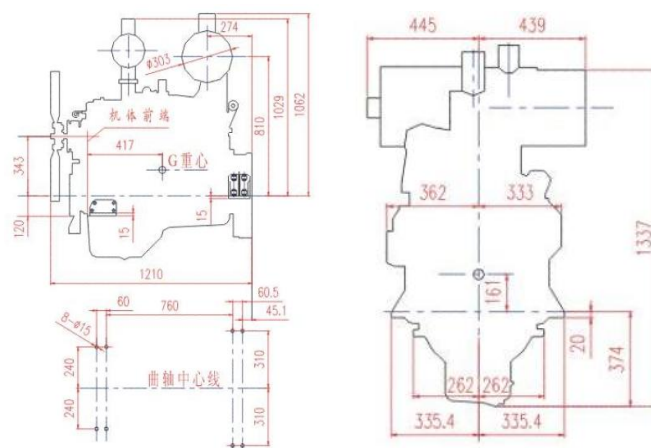
汽油机：1~3

船用高速机：1.4~3.7

船用中速机：10~19

船用低速机：20~35

3.4.2 外形尺寸指标



3*图 3—1 外形尺寸图

(图片说明：上图应用 autocad 画图画出，该图表达比较抽象，只是让同学们了解尺也是我们画图常用的)

小说明：后图图前标有“3*”为 CAD 画图图片

外形尺寸指标又称紧凑性指标。

单位体积功率

$$N_v = N_e / V \quad (\text{kw/m}^3) \quad V = L \cdot B \cdot H$$

3.4.3 排气污染指标

废气污染主要有：

一氧化碳 (CO)：一氧化碳是无色无味的气体，空气中含量超过0.1%就会中毒。

碳氢化合物 (HC)：成分复杂，对人体有麻痹、致癌作用，是造成烟雾的因素之一。

氮氧化物 (Nox)：有强烈的刺激味，对心脏和肺造成损坏，是大气形成臭氧的主要因素。

二氧化硫 (SO₂)：有强烈的刺激味，与灰尘一起危害更大。

微粒 (PT)：微粒的主要成分是碳，大多小于0.3微米，微粒碳核子吸附其他有毒物质被吸入肺叶对人体造成损害。

CO:过量空气系数： $\alpha < 1$ 汽油机达容积的6%

$\alpha > 1$ 一氧化碳 0.2~0.3%

HC: 与燃烧的缓慢甚至停止有关, 惰转和减速时生成。

NO_x: 取决于火焰温度。火焰前锋中是否富氧以及高温持续时间

Ppm: 百万分之一

附表一: 内燃机排放—欧洲指标

排放标准	执行年份	Nox (g/kw · h)	PT (g/kw · h)
欧 I	1992	9	0.4/0.61
欧 II	1996	7	0.15
欧 III	2000	5	0.1
欧 IV	2005	3.5	0.02
欧 V	2008	2	0.02

附表二:

	NO的质量分数 $\times (10^{-6})$	HO的质量分数 $\times (10^{-6})$	CO的体积分数 $\times (10^{-6})$	微量物质 (碳烟) g/m ³
汽油机	2000-4000	<1000	<10	<0.01
柴油机	1000-4000	<3000	<0.01	<0.5

