

高等学 校 交 流 讲 义

內燃机动力装置

西安交通大学动力机械系內燃机教研組編

只限学校內部使用



中国工业出版社

本书内容着重分析了用内燃机装置起来的各种动力设备(汽车、拖拉机、内燃机车、船舶及固定电站)的原理与特性,分析了如何使内燃机特性与各种动力装置的特性更好地配合起来,以提高整套动力装置的经济性与可靠性。此外还对各种动力装置的构造作了概括的介绍。

此书基本上符合1959年高等工业院校内燃机专业的指导性教学计划教学大纲的时数与内容之要求,可作为交流讲义也可供有关工程技术人员参考。

内燃机动力装置

西安交通大学动力机械系内燃机教研组编

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑(北京復興門外三里河第一机械工业部)

中国工业出版社出版(北京修明路510号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $8^{13/16}$ ·插页2·字数189,000

1961年10月北京第一版·1962年6月北京第二次印刷

印数2,044—3,283·定价(10-5) 1.10元

*

统一书号: K15165·685(一机-101)

目 次

緒 論	5
第一章 汽車	7
§ 1. 評定汽車特性的主要参数	7
§ 2. 汽車的牽引平衡方程式	12
§ 3. 汽車牽引特性的研究	25
§ 4. 汽車的經濟性	34
§ 5. 汽車構造及內燃機在汽車上的一般布置	42
§ 6. 汽車的牽引計算	58
第二章 拖拉機	63
§ 1. 評定拖拉機特性的主要参数及對發動機的要求	63
§ 2. 輪式拖拉機的动力学	69
§ 3. 履帶式拖拉機的动力学	75
§ 4. 拖拉機的牽引計算	80
第三章 內燃機車	98
§ 1. 內燃機車的發展和在國民經濟中的地位	98
§ 2. 內燃機車的分類和與其他各種類型機車的比較	100
§ 3. 內燃機車的傳動裝置	103
§ 4. 內燃機車的電力傳動	107
§ 5. 內燃機車的構造	126
§ 6. 內燃機車的牽引計算	130
第四章 船舶	135
§ 1. 船舶的航行性能	137
§ 2. 排水量及噸位	141
§ 3. 船舶的一般布置及各部分的名称	142
§ 4. 船舶的行駛阻力及其功率的確定	146

§ 5. 船舶推進器	157
第五章 內燃機的傳動裝置	167
§ 1. 摩擦式連軸節	167
§ 2. 液力傳動	176
§ 3. 電磁連軸節	191
第六章 船舶及固定式內燃機動力裝置	195
§ 1. 船舶及固定式內燃機動力裝置的特性	195
§ 2. 內燃機動力裝置的燃料系統	215
§ 3. 內燃機動力裝置中的潤滑系統	227
§ 4. 內燃機動力裝置中的冷卻系統	232
§ 5. 內燃機動力裝置中的輔助系統	238
§ 6. 內燃機動力裝置的廢熱利用	243
第七章 動力裝置的自動化	245
§ 1. 連絡與自動訊號設備	248
§ 2. 動力裝置遠距離操縱與自動化	258
第八章 內燃機的基礎設計	270
§ 1. 估計土壤的承載能力	270
§ 2. 基礎的經驗設計	278

高等学校交流讲义

内燃机动力装置

西安交通大学动力机械系内燃机教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

目 次

緒 論	5
第一章 汽車	7
§ 1. 評定汽車特性的主要参数	7
§ 2. 汽車的牽引平衡方程式	12
§ 3. 汽車牽引特性的研究	25
§ 4. 汽車的經濟性	34
§ 5. 汽車構造及內燃機在汽車上的一般布置	42
§ 6. 汽車的牽引計算	58
第二章 拖拉機	63
§ 1. 評定拖拉機特性的主要参数及對發動機的要求	63
§ 2. 輪式拖拉機的动力学	69
§ 3. 履帶式拖拉機的动力学	75
§ 4. 拖拉機的牽引計算	80
第三章 內燃機車	98
§ 1. 內燃機車的發展和在國民經濟中的地位	98
§ 2. 內燃機車的分類和與其他各種類型機車的比較	100
§ 3. 內燃機車的傳動裝置	103
§ 4. 內燃機車的電力傳動	107
§ 5. 內燃機車的構造	126
§ 6. 內燃機車的牽引計算	130
第四章 船舶	135
§ 1. 船舶的航行性能	137
§ 2. 排水量及噸位	141
§ 3. 船舶的一般布置及各部分的名称	142
§ 4. 船舶的行駛阻力及其功率的確定	146

§ 5. 船舶推進器	157
第五章 內燃機的傳動裝置	167
§ 1. 摩擦式連軸節	167
§ 2. 液力傳動	176
§ 3. 電磁連軸節	191
第六章 船舶及固定式內燃機動力裝置	195
§ 1. 船舶及固定式內燃機動力裝置的特性	195
§ 2. 內燃機動力裝置的燃料系統	215
§ 3. 內燃機動力裝置中的潤滑系統	227
§ 4. 內燃機動力裝置中的冷卻系統	232
§ 5. 內燃機動力裝置中的輔助系統	238
§ 6. 內燃機動力裝置的廢熱利用	243
第七章 動力裝置的自動化	245
§ 1. 連絡與自動訊號設備	248
§ 2. 動力裝置遠距離操縱與自動化	258
第八章 內燃機的基礎設計	270
§ 1. 估計土壤的承載能力	270
§ 2. 基礎的經驗設計	278

緒 論

內燃機動力裝置系指由內燃機所裝備起來的一整套動力設備。根據目前應用的範圍來分，可分為四大類：陸用運輸式內燃機動力裝置（如汽車、拖拉機、內燃機車用的內燃機動力裝置）、固定式內燃機動力裝置（如發電廠、水泵站農業機械、鉆採用內燃機動力裝置）、船舶內燃機動力裝置、航空用的內燃機動力裝置。由於內燃機的應用極為廣泛，故內燃機動力裝置的發展對整個國民經濟的發展起了非常重要的作用。隨著我國的社會主義建設和工農業迅速的發展，對內燃機動力裝置不論在工作性能上、運轉、及生產經濟上都提出了更高的要求。因此必須對內燃機動力裝置作全面的詳細的研究，從而設計出各種最優良的動力裝置，以滿足和解決國民經濟中提出的日新月異的要求。這是內燃機工作者的經常任務之一。

內燃機動力裝置是內燃機本身及功率消耗設備、輔助動力裝置設備、保證動力裝置正常運轉以及工作人員安全工作的設備的有機組合。

各種動力裝置對內燃機提出了各種不同的專門的要求。如經常在部分負荷下工作的動力裝置就要求發動機在部分負荷下工作要很經濟，而長期在額定負荷下工作的動力裝置如發電廠就要求內燃機有好的額定負荷的經濟性，其部分負荷的經濟性就顯得不重要了。

此外，隨著動力裝置用途的不同，對內燃機亦產生不同的影響。

內燃机設計工作者應該熟悉各种动力装置的要求以及功率消耗部分对內燃机性能的影响，从而能設計更完善的內燃机提高內燃机及动力装置的經濟性及可靠性。

在本課程中将簡單的介紹汽車、拖拉机、內燃機車、船舶、电厂等內燃机的动力装置及其特性和輔助的动力装置設備，使內燃机設計者，了解各种装置的特性及大致結構。

在本課程中，設立內燃机传动一章，因为作为內燃机設計工作者必須了解到当內燃机的性能不能符合动力装置的性能时或其它要求不能滿足时，就不能采用簡單而可靠的直接传动，必需采用其它形式的传动，来保証具有良好的工作性能及可靠而經濟的运轉。各种传动装置都具有固有的特点，需內燃机設計工作者去正确的选用，所以独立的設立一章內燃机的传动装置。

最后，內燃机动力装置的自动化及远距离操縱是发展的方向，因此亦設立了一章專門对这些問題作了簡單的說明，并介紹了我国在內燃机远距离操縱方面一些成功的例子。

本书系根据肖永宁同志所編写的講义修改补充而成。这次出版前，由周龙保同志修改了第一章和第二章，并增加了第三章“內燃機車”。由何新楷同志修改了第四、五、六、八各章，并增加了第七章“动力装置的自动化”。

第一章 汽 車

§ 1. 評定汽車特性的主要参数

汽車构造特点及工作特性一般都用基本参数和指标来評价，主要的参数和指标如下：

1. 汽車的載重量

汽車載重量系指汽車在一般行駛条件下所允許的有效裝載量，对貨車而言通常以吨为单位。但由于行駛条件不同，允許載重是在相当大范围内变化。往往有些載重汽車在說明书上指明二个載重量，其中較大的一个作为在較好道路上行駛的載重量。

有些国家的載重汽車在說明书上不用載重量，而以裝載后的总重量来表示。

小汽車及公共汽車的載重量以乘客的座数来表示。

在軍用車輛中載重量亦有以战斗員座数来表示的，但应包括全部裝甲武器等重量。

2. 汽車的重量指标

汽車重量指标系以汽車重量利用系数来表示，即为汽車有效荷重对汽車自重之比，通常以 η_G 代表：

$$\eta_G = \frac{G_a - G_o}{G_o}$$

式中 G_a ——汽車全重，

G_o ——汽車自重。

显而易见，此系数愈大，汽車构造材料的利用就愈合

理，当其他条件不变时，在使用过程中燃料，滑油及橡皮消耗量愈低。但过分地提高汽车重量利用系数，会影响到汽车的可靠性和使用寿命。

目前一般运输汽车的重量利用系数平均近于1，然而大载重汽车比中载重汽车要高些，比小载重汽车更高些。但发展趋势是在保证汽车的可靠使用条件下继续提高重量利用系数。

3. 汽车的尺寸指标

汽车尺寸指标系以汽车尺寸利用系数来表示，为汽车装载平面面积对汽车占地总面积之比，即

$$\eta_u = \frac{u}{ST}$$

式中 u ——汽车装载平面面积；

S ——汽车全长；

T ——汽车宽度。

提高此系数对载重汽车及公共汽车有较大意义。为了提高此系数可将驾驶室及发动机移向前面，而增加装载平板长度，其中最突出发展系将驾驶室移在发动机上面或将发动机安装在车架下面。提高此系数对军用车辆来说亦有特别意义。

4. 汽车的行驶性

汽车行驶性系评定其在道路外或不够坚硬道路上行驶能力的性质。这主要确定于汽车轮胎与道路接触面上的单位压力。

在变形相当大的支承面上单位压力的数值决定于车轮沉入泥土中程度，增加了单位压力会加助车轮下沉，故在特种汽车应用多轴汽车或低压轮胎。

在道路外的汽車行駛能力以行駛性的尺寸指标来評定，其中主要数值为底盘最低点与道路間的最小間距。

图 I—1 示出三点最低点位置。現代運輸汽車的最小間距在下列范围内：小汽車180~250毫米，載重汽車200~320毫米。

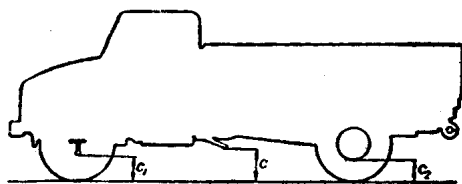


图 I—1 汽車与道路の間距

除了上述最小間距外，汽車中部最小間距与从相应点到汽車前后軸的距离为評定汽車行駛性的第二指标。（见图 I—2）并以縱向行駛半径 ρ 来表示。显而易見汽車軸距愈大，在同样的間距下其縱向行駛半径愈大，即汽車行駛于凸起路面时的行駛性愈坏。

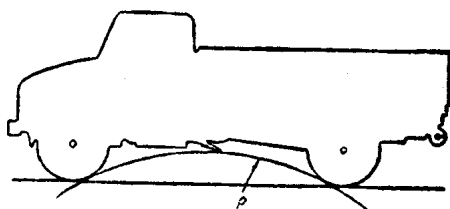


图 I—2 汽車的縱向行駛半径

現代汽車的縱向行駛半径在下列范围内：

- 小容积的小汽車(工作容积 2 升以下) 2.5~3.5 米
- 中容积的小汽車(2.0~4.0 升) 3.5~4.5 米

大容积的小汽車(4.0升以上)	4.5~5.5米
小載重車(0.75~2.5吨)	2.5~3.5米
中載重車(2.5~5.0吨)	3.5~5.0米
大載重車(5.0~10吨)	5.0~8.0米

評定汽車行駛性另一指标为汽車前伸及后伸的数值，若从前后凸出部分的邊緣引一直綫切于前后輪上（图 I—3）則此切綫与道路平面間的角度称为汽車前后行駛角，此角度愈大，則汽車駛过槽沟及其他道路障碍物时行駛性愈好。

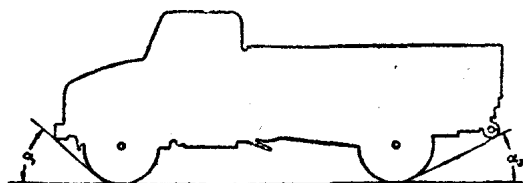


图 I—3 汽車的行駛角

現代汽車前后行駛角列于表 I—1 中。

表 I—1 現代汽車前后行駛角数值

角 度 以° 計	小 汽 車	載重汽車	特种汽車
前行駛角 α_1	25~30°	40~60°	60~70°
后行駛角 α_2	15~20°	30~40°	50~60°

5. 汽車的耐用性

汽車耐用性是評定汽車在工作时期內，不发生故障及严重磨損的参数。此特性一般在設計发动机及底盘时来保証而通过試驗来証实。

6. 汽車的牵引特性

汽車的牽引特性為評定汽車在一定道路條件下可能的最大行駛速度和加速度、爬坡能力的數值。

汽車最大行駛速度的數值決定於許多因素，特別在不同性質的道路上汽車能產生不同的最大速度，主要是決定於每段道路上的道路阻力，風阻和發動機功率以及發動機的最大轉速。

除此以外汽車制動特性是評定牽引特性的因素之一，當制動特性愈高，則汽車愈能以較高速度安全行駛。

7. 汽車的經濟特性

汽車經濟特性是評定汽車行駛時的燃料消耗量，汽車經濟特性決定於發動機的經濟性、發動機安裝在底盤上的位置及行駛時的外界條件。在評定發動機經濟性時用每小時每馬力消耗多少克燃料作為評價單位，作為汽車用的計量單位是以 100 公里行程消耗多少公斤或升燃料。

根據 100 公里行程的平均燃料消耗量與汽油箱的容量可計算出汽車的儲備路程（即汽車不重新加燃料所能行駛的里程數）。再根據儲備路程而得出汽車行動半徑的概念。一般行動半徑為儲備路程的一半。

8. 汽車的穩定性

汽車穩定性是評定汽車在變形的道路上行駛時無縱向或橫向傾斜以及車輪無側向滑移的能力。

汽車的穩定性取決於行駛條件：汽車行駛速度，道路的縱向及橫向傾斜，道路的曲率半徑，亦取決於汽車的有關尺寸：軸距、軌距、重心位置及正面風阻面積中心。

上述各種參數相互間存在着矛盾，對每一類型汽車在具体使用條件下，往往某一參數是具有主要作用，而其他參數具有次要作用。例如城市載重汽車評定其特性的主要參數為耐

久性与经济性，而行駛性及稳定性是次要的，对軍用車輛來說行駛性与牵引特性是主要参数而其他参数是次要的，对賽跑汽車來說牵引特性与稳定性是主要参数而經濟特性是次要的。故应根据汽車用途来选择发动机和其他主要参数。

§ 2. 汽車的牵引平衡方程式

I. 在行駛时作用于車輪上力的平衡及車輪滚动的条件：

在研究汽車的牵引平衡以前，我們先来討論一下作用在汽車車輪上力的平衡。汽車車輪根据它們是否接受发动机輸出的动力扭矩而分成驅動輪及从动輪二种：

一、从动輪上的力的平衡：

图 I—4 上表示了作用在从动輪上的力，其中 Q 为汽車分配在从动輪上的重量， P 为从車架上传給从动輪的推进力， T 及 R 分别为土壤对車輪的反应力在水平及垂直二个方向的分量，点“B”为 T 及 R 的作用点，B 点位于車輪中心的前方偏移的距离为 a ，这是由于輪胎材料与道路材料的弹性滞后所产生，也即道路法向反应力在接触面积的前部具有較大数值。

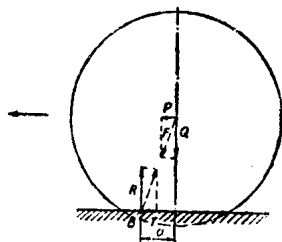


图 I—4 作用于从动輪上力的平衡

从动輪上的切向反应力 T 是摩阻力，其方向与行駛方向相反，它和推进力 P 組成力偶引起車輪向前滾轉，法向反应力 R 对“O”点产生的力矩阻止車輪向前滚动称为滚动摩阻力矩。

切向反应力 T 在 0 到 $R \cdot \phi$ 的范围内变动，其中 ϕ 为摩阻

系数或者称为輪胎和道路間的附着系数：即 $T \leq R \cdot \phi$ 。

· 当切向反应力 T 超过了土壤所能給予車輪的最大反应力 $R \cdot \phi$ 时，車輪即开始打滑。

車輪平衡条件：

$$P \cdot r = T \cdot r = R \cdot a, \text{ 或 } P = T = R \cdot \frac{a}{r}。$$

因此 P 力是这样的力：它作用于車輪軸上和摩阻力 T 形成力矩，为保持車輪的等速滚动，其大小应与滚动摩阻力矩 $M_f = R \cdot a$ 相平衡，換句話說，力 P 的絕對值应等于某假設的滚动阻力 P_f ，

$$P = P_f$$

而：
$$P_f = R \cdot \frac{a}{r} = Q \cdot \frac{a}{r} = Q \cdot f。$$

式中： $f = \frac{a}{r}$ ， f 称为滚动阻力系数

即滚动阻力 P_f 等于作用在車輪上的垂直負荷及滚动阻力系数 f 的乘积，

要滿足从动輪滚动(而不是滑动)的条件为：

$$T \leq R \phi, \text{ 或 } R \cdot \frac{a}{r} \leq R \phi;$$

$$\text{或 } f \leq \phi。$$

I. 驱动輪上的力的平衡：

图 I—5 示出了作用于驱动輪上的力， M 为作用在驱动輪上的动力扭矩， Q 为分配在驱动輪上的重量， P 为給从动輪的推进力的反力， R 及 T 分别为土壤对車輪的法向与切向反应力，

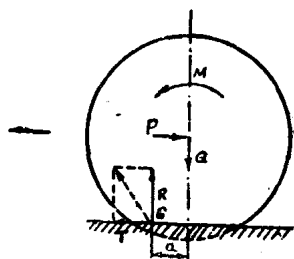


图 I—5 作用于驱动輪上力的平衡