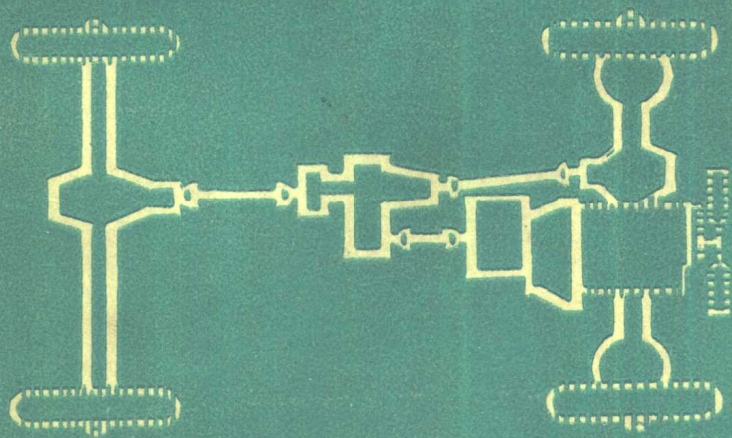


汽车的传动系

QICHEDE CHUANDONGXI



人民交通出版社

汽车的传动系

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书由刘世恺同志编写，主要内容包括：汽车传动系的任务、组成以及变速器与分动器、离合器、万向传动、驱动桥、液力传动等机构的工作原理和维修。可供汽车修理工和驾驶员工作参考。

汽 车 的 传 动 系

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 008 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印

开本：787×1092_{毫米} 印张：7.75 插页：1 字数：170千

1978年5月 第1版

1978年5月 第1版 第1次印刷

印数：0001-254,000册 定价(科三)：0.65元

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，经过无产阶级文化大革命，我国的汽车工业和汽车运输事业都得到了迅猛的发展，汽车新产品、新结构不断出现，产量大幅度增长，用途更加广泛。汽车的传动系统也有了新的改进。

传动系统是汽车的重要组成系统之一，汽车修理工和驾驶员要修好汽车、用好汽车，了解它的结构和工作原理，掌握维修技能是十分必要的。为此，我们以国产汽车为主，把汽车传动系的任务和基本组成、结构原理、参数的选择以及典型结构的维修等资料汇编成书，提供有关同志工作中参考。

目 录

第一章 传动系的任务、组成及传动比	1
第一节 汽车行驶中的主要矛盾.....	1
第二节 传动系的基本任务和组成.....	10
第三节 传动系的传动比.....	16
第四节 传动系的类型.....	24
第二章 变速器与分动器	27
第一节 齿轮传动的基本知识.....	27
第二节 有级式变速器的换档原理.....	33
第三节 有级式变速器的典型结构及工作.....	38
第四节 普通齿轮变速器的操纵机构.....	44
第五节 普通齿轮变速器换档原理与操作.....	48
第六节 便利换档的机构.....	51
第七节 机械式自动无级变速器.....	57
第八节 分动器的应用.....	61
第九节 分动器的结构及工作.....	61
第十节 取力器及绞盘.....	65
第十一节 变速器及分动器的保养.....	70
第十二节 变速器及分动器的故障与排除.....	72
第三章 离合器	75
第一节 离合器的任务.....	75
第二节 摩擦离合器的组成及工作原理.....	76
第三节 离合器的从动盘.....	79
第四节 离合器的摩擦衬面.....	83
第五节 典型单片离合器.....	85

第六节	典型双片离合器	88
第七节	膜片弹簧离合器	91
第八节	中央弹簧离合器	93
第九节	离合器的驱动装置	96
第十节	自动离合器	106
第十一节	离合器的保养	112
第十二节	离合器的故障与排除	115
第四章	万向传动装置	117
第一节	采用万向节传动的必要性	117
第二节	万向节的典型结构	119
第三节	普通万向节的特性及应用	121
第四节	等速万向节的工作原理及结构	126
第五节	挠性万向节	136
第六节	传动轴及中间支承	137
第七节	万向传动装置的保养和故障与排除	142
第五章	驱动桥	144
第一节	驱动桥的功用	144
第二节	主传动器的类型	145
第三节	主传动器的结构	152
第四节	普通差速器的结构和工作原理	157
第五节	普通差速器的特性分析	161
第六节	差速锁的应用	165
第七节	高摩擦式差速器	167
第八节	自由轮式差速器	174
第九节	变传动比的差速器	178
第十节	半轴与桥壳	180
第十一节	驱动桥的保养	189
第十二节	驱动桥的故障与排除	192
第六章	液力传动	194
第一节	液力耦合器的作用原理	194

第二节	液力耦合器的特性及应用	197
第三节	液力耦合器的典型结构	200
第四节	液力变扭器的工作原理	203
第五节	液力变扭器的特性及应用	209
第六节	上海 SH380 型汽车的液力机械变速器	213
第七节	红旗 CA770A、CA770B 型小客车液力自动变速器	219
第八节	红旗牌小客车液力自动变速器的使用和维护	229
附表 1	国产汽车变速器结构特征及传动比	232
附表 2	国产汽车变速器齿轮参数表	233
附表 3	国产汽车离合器结构参数	239
附表 4	国产汽车驱动桥结构特征及传动比	240
附表 5	国产汽车万向传动主要零件参数表	242

第一章 传动系的任务、组成及传动比

第一节 汽车行驶中的主要矛盾

汽车行驶中包含着许多的矛盾，如牵引力和行驶阻力的矛盾、高速行驶和行车安全的矛盾、动力性和经济性的矛盾等，其中牵引力和行驶阻力这对矛盾决定着汽车的行驶状态，所以是汽车行驶中的主要矛盾。

一、汽车行驶的牵引力

毛主席教导说：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部，而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”应当“从事物的内部，从一事物对它事物的关系去研究事物的发展。”汽车所以能够行驶，是依靠本身发动机的动力，经过传动系传到驱动轮上，产生牵引力克服行驶阻力而行驶的，如图 1-1 所示。发动机传到驱动轮上的扭矩为 M_K ，车轮的工作半径为 r_K ，则沿车轮外缘的切向力 P 为：

$$P = \frac{M_K}{r_K} \quad (1-1)$$

这一切向力 P 作用在路面上，由于车轮与路面的附着作用，车轮与路面间不产生滑动，路面就给车轮外缘一个大小相等，方向相反的推力 P_K ：

$$P_K = P = \frac{M_K}{r_K} \quad (1-2)$$

P_K 就是推动汽车前进的动力，称为汽车行驶的牵引力。

而实际计算牵引力时，需要先知道发动机的扭矩 M_e 、传动系的总传动比 $i_{\text{总}}$ 、传动系的机械效率 η_m 和车轮工作半径 r_K ，由上式 (1-2) 可知：

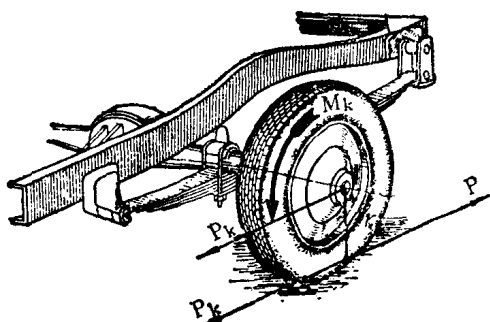


图1-1 汽车行驶的牵引力

$$P_K = \frac{M_e \cdot i_{\text{总}} \eta_m}{r_K} \quad (1-3)$$

所谓传动系的效率。是指传动系在传力的过程中，由于存在各总成内部的摩擦和搅油损失，实际传到驱动轮上的功率 N_K 对发动机输出功率 N_e 的比值，即：

$$\eta_m = \frac{N_K}{N_e} \quad (1-4)$$

η_m 的数值，决定于传动系各总成结构的完善程度和工作状况，通常是用试验方法求出的。在实际计算时， η_m 是取近似值 $\eta_m = 0.8 \sim 0.95$ 。单级主传动器的传动系，取上限；双级主传动器、蜗轮式主传动器及多轴驱动，取下限。特殊结构的越野汽车， η_m 有时低达 0.75。

车轮的工作半径，可以直接在车轮上测量得出或用下面的近似公式计算：

$$r_K = 0.0254 \left(\frac{d}{2} + 0.9H \right) \quad (1-5)$$

式中： d ——轮辋直径（英寸）；

H ——轮胎断面高（英寸）；

0.9——考虑轮胎变形的修正系数。

例如：解放 CA10B 汽车，轮胎规格为 9.00-20，由于轮胎断面高度和断面宽度近似相等，所以

$$r_K = 0.0254 \left\{ \frac{20}{2} + 0.9 \times 9 \right\} = 0.46 \text{ 米}$$

汽车的牵引力用来克服行驶阻力。产生牵引力的车轮称为驱动轮。

二、汽车行驶的阻力

汽车行驶中，通常会遇到的阻力有：滚动阻力、空气阻力、上坡阻力和加速阻力。

滚动阻力 (P_f) 主要是由于轮胎和路面的变形而产生的 (图 1-2)。汽车的总重愈大，轮胎和路面的变形愈大，滚动阻力亦愈大。滚动阻力的大小可用下式计算：

$$P_f = G_a \cdot f \quad (1-6)$$

若汽车在坡道上行駛，汽车的总重不是全部通过轮胎压到路面上。因而轮胎和路面的变形就会减轻，滚动阻力也就减小，此时

$$P_f = G_a f \cos \alpha \quad (1-7)$$

式中： G_a ——汽车总重 (公斤)，为汽车本身自重与其有效载荷之和；

α ——坡度角 (度)；

f ——滚动阻力系数。

滚动阻力系数 f 值的大小，与轮胎的结构、气压和路面的性质状况、汽车的速度等很多因素有关。一般地说来，用高压胎时 f 值小，用低压胎时 f 值大；平整坚硬而干燥的路面上有较低的 f 值，松软不平的路面有较大的 f 值；汽车速度低 f 值小，速度高 f 值大。但在实际情况

滚动阻力系数 (f)

表1-1

路面性质状况	用 低 压 胎	用 高 压 胎
状况良好的沥青混凝土路面	0.018~0.020	0.015~0.018
碎石路面	0.020~0.030	0.018~0.030
碱平的干土路	0.025~0.035	0.04 ~0.100
干砂路	0.100~0.150	0.250~0.300

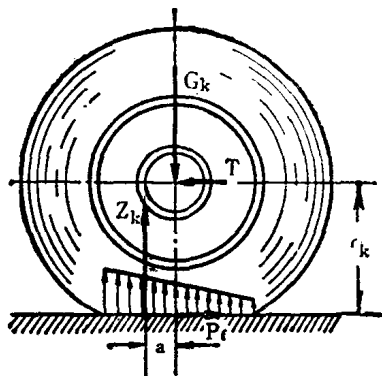


图1-2 汽车的滚动阻力

说明：根据平衡条件，推力(T)等于滚动阻力(P_f)的垂直载荷(G_k)等于垂直反力(Z_k)。使车轮滚动的力矩($P_f \cdot r_k$)等于阻力矩($Z_k \cdot a$)。

所以 $P_f = Z_k \frac{a}{r_k} = G_k \cdot f$ 。式中： r_k 为车轮工作半径； a 是因轮

胎变形使垂直反力前移的距离。 $f = \frac{a}{r_k}$ 。此图忽略路面的变形。

中，还决定于这些因素间的关系，如用高压胎在松软土路上行驶，其 f 值就比较用低压胎时大。实验中得出的滚动阻力系数平均值见表 1-1。

空气阻力 (P_w) 是因汽车行驶时，迎面受到空气流的压力，车后空气压力降低形成涡流，同时汽车周围的空气微粒对车身表面产生摩擦而引起的(图1-3)。影响空气阻力的因素很多，其中主要的是汽车与空气的相对运动速度 v_a (公里/小时)，汽车的迎风面积(正面投影面积) F (米²)，车身的流线型，外表的光滑度等。其关系可用下式表示：

$$P_w = \frac{KFv_a^2}{13} \quad (1-8)$$

- 该式中 K 的意义，表示汽车以1米/秒的速度运动时，每1米²迎风面积上所受的空气阻力公斤数，车速 v_a 单位用公里/小时，13 是车速从公里/小时换算为米/秒的系数。因此，若车速用 v 米/秒表示，则空气阻力公式为 $P_w = KFv^2$ 。

式中： K ——称为空气阻力系数，其值的大小主要与车身的流线型设计有关，可通过实验来测定。

一般汽车的迎风面积及空气阻力系数，见表1-2。

迎风面积及空气阻力系数

表1-2

汽车类型	迎风面积(米 ²)	空气阻力系数(K)
小 客 车	1.5~2.6	0.015~0.03
载 重 汽 车	3.0~6.0	0.05~0.07
大 客 车	4.0~6.5	0.025~0.05

例如，解放CA10B汽车， $K=0.065$ ， $F=4.25$ 米²，在车速60公里/小时（设无自然风）行驶时，空气阻力为：

$$P_w = \frac{0.065 \times 4.25 \times (60)^2}{13} = 77.5 \text{ (公斤)}$$

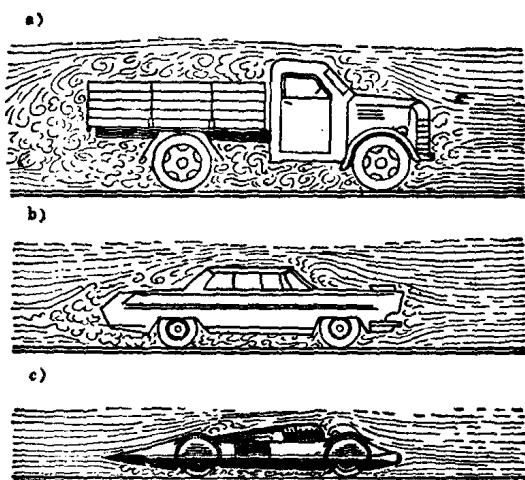


图1-3 汽车的空气阻力

a)载重汽车；b)小客车；c)竞赛汽车

若遇有风的情况，不仅考虑风速，还要考虑风向。设风向与车行方向平行，风速为10公里/小时，则顺风时 v_a 为 $(60-10)$ ，逆风时 v_a 为 $(60+10)$ ，其空气阻力相差将近一倍：

$$\text{顺风时} \quad P_w = \frac{0.065 \times 4.25 (60-10)^2}{13} = 53.8 (\text{公斤})$$

$$\text{逆风时} \quad P_w = \frac{0.065 \times 4.25 (60+10)^2}{13} = 105.5 (\text{公斤})$$

上坡阻力 (P_i) 是汽车总重沿路面方向的下滑分力 (图1-4)。汽车爬坡时，必须克服该项阻力才能上坡。汽车下坡时，这一下滑分力又变成推动汽车下行的动力。上坡阻力的计算可用公式：

$$P_i = G_a \cdot \sin \alpha \quad (1-9)$$

式中： α 为道路的纵向坡度角。通常，坡度的大小，多用水平距离100米内坡度升高的百分率 (即 $\frac{h}{L} 100\%$) 来表示，如道路在100米内坡度升高为5米，则其坡度为5%。坡度的符号用 i 表示。从图1-4看出， $i = \frac{h}{L} = \tan \alpha$ 。当坡度角 α 不大时 (10° 以内)，可以近似地取 $\sin \alpha = \tan \alpha$ ，故上坡阻力的计算公式变成：

$$P_i = G_a i \quad (1-10)$$

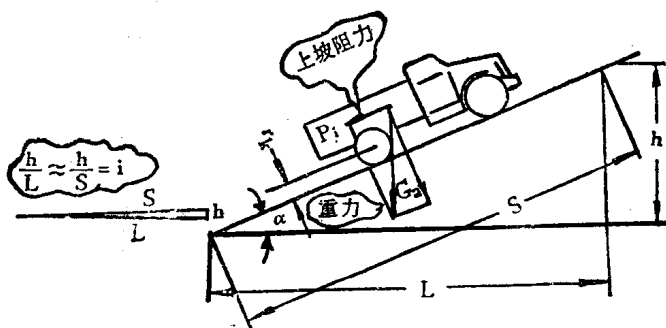


图1-4 汽车的上坡阻力

滚动阻力与上坡阻力之和，称道路阻力 P_ψ ，其计算公式为： $P_\psi = G_a(f \pm i) = G_a\psi$ 。 ψ 称道路阻力系数。

加速阻力 (P_j) 亦称惯性阻力，是阻止汽车变更速度的惯性力。加速阻力包括两部分，一部分是由于汽车的直线移动质量，在变化速度时产生的惯性阻力 $P_{j直}$ ：

$$P_{j直} = \frac{G_a}{g} j \quad (1-11)$$

式中： g ——重力加速度 (9.81 米/秒^2)；

j ——汽车的直线加速度 (米/秒^2)。

汽车的直线移动与车轮的旋转运动分不开，只有车轮旋转时，汽车才可直线运动。而车轮的旋转又与传动系和发动机的旋转部件相关联。因之汽车改变直线运动速度时，其传动系（包括车轮）和发动机的旋转部件，也要有角加速度，由此而产生的惯性阻力 $P_{j旋}$ 为加速阻力的另一部分。为了计算简便，常将旋转部件的惯性阻力并入直线移动质量的惯性阻力中，用一个旋转质量换算系数 δ 来计算。将 $P_{j旋}$ 并入 $P_{j直}$ 后，实际的加速阻力 P_j 为：

$$P_j = \delta \frac{G_a}{g} j \quad (1-12)$$

而系数 δ 的值，不考虑旋转部件的惯性阻力时为 1。当考虑旋转部件的惯性阻力时，其值就要大于 1。并且汽车在低速档时，旋转质量的影响较大， δ 值就要大；而在高速档时， δ 值就较小。对一般汽车， δ 值可按公式： $\delta = 1 + \delta_1 i_k^2 + \delta_2$ 求出。其中 δ_1 取 $0.04 \sim 0.06$ 而 δ_2 取 $0.03 \sim 0.05$ 。

各种阻力的特点：

1. 只要汽车行驶，就必然有滚动阻力和空气阻力，其大小都与车速有关，并且是车速愈高阻力愈大。但当车速低时，行驶总阻力中的滚动阻力占的比例要大，而车速高时则占的比例小些。空气阻力则相反，一般汽车车速在 30 公里/小时以内时，行驶总阻力中的空气阻力占的比例很小，常可忽略不计，而当车速较高时，空气阻力就不能不考虑。小客车行驶中，空气阻力常常占到总阻力的一半。如在车速 100 公里/小时时，其比例可达到 80% 以上。所以，小客车的车身，必须设计成流线

型，以减小空气阻力。

2. 汽车爬坡时才有上坡阻力，汽车增加速度时才有加速阻力，这两种阻力的大小都与汽车的速度无关，而且在下坡和减速时，都将变成汽车前进的推力。

3. 汽车克服滚动阻力和空气阻力所作的功，是一种不可收回的消耗。克服上坡阻力的功，增加了汽车的位能，汽车下坡时仍可利用。克服加速阻力的功，增加了汽车的动能，也可在减速时用来使汽车行驶。如一般驾驶员利用汽车高速度时的动能滑行，就可收回克服加速阻力所消耗的功。所以，在汽车行驶总阻力中，滚动阻力和空气阻力永远是正数，而上坡阻力和加速阻力则有时为正数，有时为负数。当它们为负数时，就表示不是阻力，而成为推动汽车行驶的牵引力。

三、汽车行驶的牵引附着条件

设汽车在平路上起步，车速较低，空气阻力可以忽略，这时牵引力主要是克服加速阻力 P_j 和滚动阻力 P_f 。所以，平路起步条件是：

$$P_k \geq P_f + P_j \quad (1-13)$$

若汽车在平路上以较高速度等速行驶，空气阻力 P_w 相当大，此时，牵引力的分配是：

$$P_k = P_f + P_w \quad (1-14)$$

当汽车在上坡道路上行驶时，牵引力还得克服上坡阻力 P_i ，所以，牵引条件变成：

$$P_k \geq P_f + P_w + P_i \quad (1-15)$$

实际行驶中，若 $P_k = P_f + P_w + P_i$ ，则汽车为等速上坡；若 $P_k > P_f + P_w + P_i$ ，则多余的牵引力，必然使汽车在坡道上加速。所以，一般情况下（有坡度，有速度变化），汽车行驶时牵引力的分配是：

$$P_k = P_f + P_w \pm P_i \pm P_j \quad (1-16)$$

等式右面的负号，表示下坡和减速行驶时，该项阻力变成了驱动力。这样汽车行驶所必须的牵引力就可减小。此式全面说明汽车行驶中，牵引力都用到什么地方，故称为汽车的牵引平衡方程式。由此式看出，驱动

轮产生的牵引力愈大，汽车克服各种阻力的能力就愈高。那么，是否驱动轮扭矩 M_k 越大，牵引力就越大呢？这倒不是！“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”而牵引力的本质是，道路对车轮的反作用力，其最大极限受驱动车轮与路面间的附着力 P_φ 所限制。 P_φ 的大小决定于两个条件：①驱动轮上承受的载荷，常称为附着重量（ $G_{\text{附}}$ ）；②路面与驱动车轮间的附着系数（ φ ）。

$$P_\varphi = G_{\text{附}} \cdot \varphi \quad (1-17)$$

当驱动车轮的切向反力 T 大于附着力 P_φ 时，则车轮打滑。如有时，汽车的驱动轮陷入泥坑中，而车轮虽在飞快旋转，但汽车仍不移动，这就是因为泥滑路面对车轮的附着力太小，虽然发动机传给车轮的扭矩 M_k 相当大，但能产生的路面反作用力，即牵引力只能等于 P_φ ，而 P_φ 太小，不能使汽车克服行驶阻力而运动。所以，汽车驱动轮牵引力 P_k 的最大值只能是：

$$P_k \leq P_\varphi = G_{\text{附}} \cdot \varphi \quad (1-18)$$

此不等式，称为汽车行驶的附着条件。

为了提高附着力，可增加驱动轮的附着重量（ $G_{\text{附}}$ ）。一般汽车多采用后轮为驱动轮，就是因为通常后轮的负荷大。特别是，汽车高速行驶，加速或上坡时，后轮负荷更增加，就使附着力变大，以满足需要牵引力大的要求。在困难条件下行驶的越野汽车，还将前、后轮都作为驱动轮，使汽车的总重都能利用来产生附着力，以提高由附着条件限制的牵引力的最大限额。

增加路面与车轮间的附着系数，亦可提高附着力。在普通硬路面上，附着系数实质上就是路面与车轮间的摩擦系数。对刚性车轮来说，在纯静摩擦时，其摩擦系数为最高值。但对橡胶轮胎来说，由于有轮胎变形的滑移，其最大的摩擦系数是发生在轮胎有一定的（约2%）变形滑移时。一般为了说明弹性轮胎的特性，因而不称为摩擦系数，而称为道路附着系数。影响附着系数的因素很多，如：路面材料和状况；轮胎气压花纹设计等都是主要的条件。一般道路附着系数的平均值如表1-3所示。

附着系数 φ 的数值

表1-3

路 面	状 况	用 高 压 胎 φ	用 低 压 胎 φ
沥青或混凝土	干 燥	0.5~0.7	0.7~0.8
沥青或混凝土	湿 润	0.35~0.45	0.45~0.55
碎 石 路 面	干 燥	0.5~0.6	0.6~0.7
碎 石 路 面	湿 润	0.3~0.4	0.4~0.5
冰 路	光 滑	0.15~0.2	0.2~0.25

在松软道路上的附着系数，随轮胎花纹和土壤抗剪强度的不同变化很大。

显然，汽车能够行驶的条件是：①牵引力必须大于或等于行驶阻力的总和；②牵引力必须小于或等于路面与驱动轮间的附着力。这两个条件合并起来，称为汽车行驶的牵引附着条件。

$$P_{\varphi} \geq P_k \geq P_f + P_w + P_i \quad (1-19)$$

应当指出，牵引力的最大值虽然受附着力的限制，但通常在一般道路上，附着力是足够大的。能否克服行驶总阻力的关键，还是在于传到驱动轮的扭矩 M_k 。若扭矩 M_k 小，则产生的牵引力 P_k 也就小。如解放 CA10B 汽车，发动机发出的最大扭矩为 31 公斤·米，若将其不变地全部传到驱动轮上，所产生的牵引力只有：

$$P_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{31}{0.46} = 67 \text{ (公斤)}$$

这样大的牵引力，不可能克服汽车行驶的最低阻力。因此，就要求传动系将发动机的扭矩增大，然后再传给驱动轮。

第二节 传动系的基本任务和组成

传动系的基本任务是，将发动机的扭矩传递给驱动车轮，同时还必须适应行驶条件的需要，改变扭矩的大小。

现代汽车，大多数装置活塞式内燃机。这种发动机的典型特性如图