

目 录

第一篇 内燃机车总论	1
第一章 概述	1
第二章 内燃机车基本构造	6
§ 1、内燃机车主要组成部分	6
§ 2、内燃机车总体介绍	7
第三章 内燃机车理想牵引特性曲线	12
§ 1、机车轮周牵引力和标称功率	12
§ 2、内燃机车的理想牵引特性	22
第四章 列车运行阻力	24
1、基本阻力	25
2、附加阻力	28
§ 3、起动阻力	33
§ 4、列车阻力计算	35
第五章 机车的牵引重量、特征牵引力 与主要技术参数	40
1、机车牵引重量的计算	40
2、机车的特征牵引力	45
§ 3、机车主要技术参数	49
第六章 机车用途、轴列式及型号	56
§ 1、机车按用途分类	56
2、机车轴列式	58
§ 3、我国内燃机车型号及主要参数表	60

第二篇 柴油机	
第一章 柴油机的基本知识	
§ 1、柴油机的常用术语	
§ 2、柴油机的工作原理	
§ 3、四冲程柴油机的示功图	
§ 4、柴油机的配气相位	
§ 5、柴油机的基本构造与型号	
第二章 柴油机工作过程分析与性能指标	
§ 1、柴油机工作过程分析	
§ 2、柴油机的性能指标	
§ 3、柴油机的热平衡	
第三章 柴油机的燃料供给与柴油机特性	
§ 1、柴油机的燃料供给	
§ 2、柴油机的特性	
§ 3、提高柴油机功率的措施	
第三篇 内燃机车传动装置	
第一章 内燃机车传动装置的作用及分类	
§ 1、内燃机车传动装置的作用	
§ 2、内燃机车传动装置分类	
第二章 内燃机车交一直流电力传动	
§ 1、电力传动装置概述	
§ 2、同步牵引发电机的调整特性	
§ 3、东风4内燃机车恒功率励磁调节系统	
§ 4、牵引电动机的调速	

§ 5、电传动内燃机车牵引特性	170
第三章 内燃机车液力传动	176
§ 1、内燃机车液力传动装置原理	176
§ 2、变矩器的工作原理	178
§ 3、液力传动装置	188
§ 4、液力传动内燃机车的牵引特性	199

第一篇 内燃机车总论

第一章 概 述

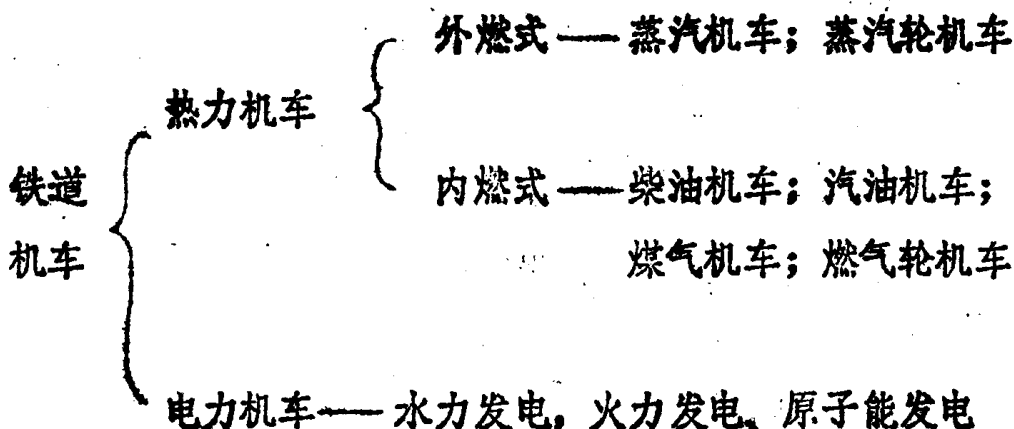
一、铁道机车分类及效率

1、机车分类：机车是一种可移动式能量转换设备，其功能是把燃料的化学能→热能→机械功，或是把电能→机械功。因此，无论是哪种机车均需消耗一定的能源。根据能源供给的方法不同，机车可分为能源自给式和能源外给式两种。

所谓能源自给式机车，其特点的是：机车自身携带一定量的燃料，以及完成将燃料化学能转换成机械功所必须的动力机组。这种机车又统称为热力机车。

能源外给式机车的特点则是：机车自身不携带燃料和发动机，能源靠体外以电能形式输入，机车再把电能转换成机械功。这种机车即称之为电力机车。

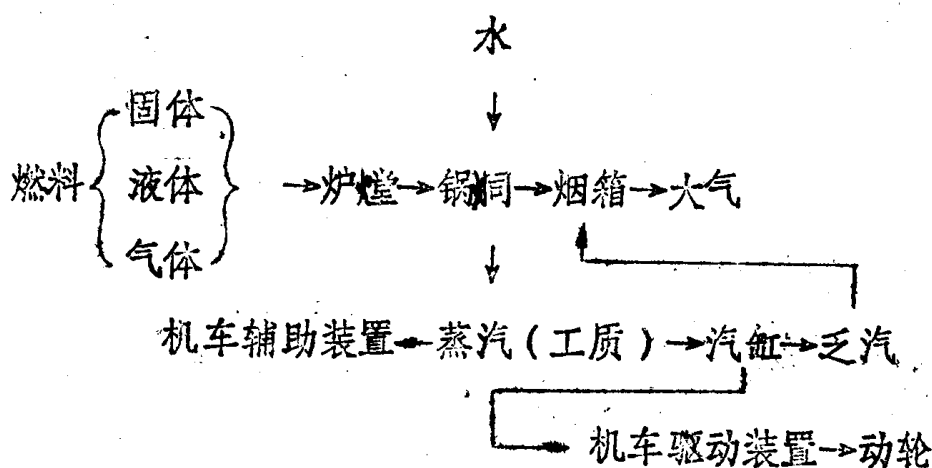
按照能源供给和转换形式的不同，铁道机车具体可分类成下列几种型式：



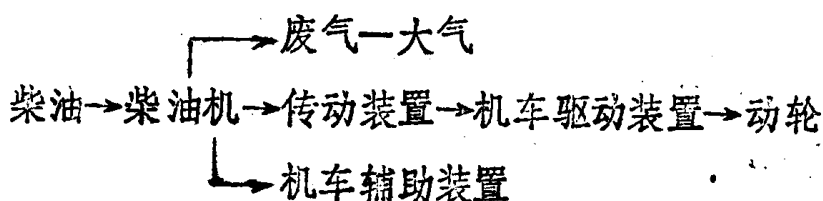
在外燃式机车中，蒸汽轮机车由于结构复杂已很少见，所以蒸汽机车（往复式汽机）为其最主要型式。在内燃式机车中，是以燃用柴油的柴油机车为主，在我国，内燃机车指的就是柴油机车。

2、三种机车能量转换流程

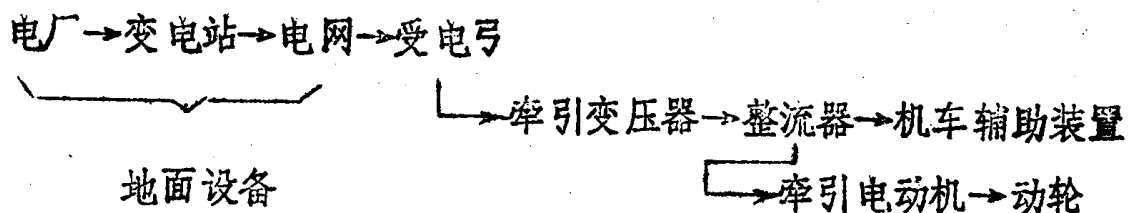
(1) 蒸汽机车



(2) 内燃机车



(3) 电力机车



3、各种机车的总效率

根据投入、产出的概念，机车总效率 η 的公式应为：

$$\eta = \frac{\text{机车的轮周功率}}{\text{燃料热量} \times \text{热功当量}}$$

试验和理论计算得出各种机车总效率 η 的范围大致为：

蒸汽机车	内燃机车	电力机车
7~9%	24~30%	20~24% (火力)、60% (水力)

蒸汽机车效率低的原因，主要是由于机车体积受限，不可能具有地面热力厂那样完善的设备，因而造成燃料不完全燃烧，汽化潜热不能回收，热损失大等因素所致。蒸汽机车在我国正日趋淘汰。

内燃机车效率高的原因，在于柴油机的效率高，现代大功率柴油机热效率可高达38~40%。但是，内燃机车的燃料要用柴油，这在一定程度上，要受到国家能源政策的限制。

电力机车计入电厂和输电损失后，机车效率低于内燃机车。但是，电力机车功率大，适合于重载和高速牵引，并且电力能源广泛，所以，具有发展上的优势。

二、机车车辆的轨距、限界及车钩高度

1、轨距：在直线上左右两条钢轨内侧面之间的距离，称之为轨距 S 。（图1-1）

这个尺寸在曲线上将有一定的加宽，以利于机车车辆通过曲线。但

标称轨距是指直线部分。我国准轨的轨距 $S=1435\text{mm}$ ；窄轨 $S=1000、762\text{mm}$ 等；在与苏联相通的接轨地段有 $S=1524\text{mm}$ 的一段。显然。

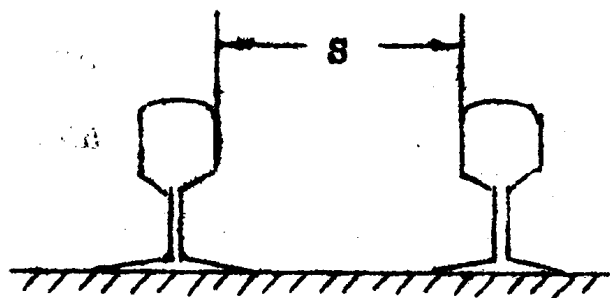


图1-1 轨距

① 不同轨距的机车车辆是不能通行的；

② 受机车车辆走行部分结构的限制，同一轨距的机车车辆，未必能通过同一半径的曲线。尤其机车是这样，所以机车车辆都需要作曲线通过的校验。

2. 限界：机车车辆行驶在有轨的路面上，因此，其对横断面上的任何障碍是无法避让的。同时，机车车辆还须和各种地面设备接近，如信号机、站台、货台等等。为此，有必要对机车车辆的最大轮廓尺寸作出规定，这就是载入“技规”的GB146—59机车车辆限界（见图1—2）。同时，“技规”还对铁路各种建筑物及其他设备在线路横断面方向侵入线路的最小尺寸也作出了规定。即所谓的建筑接近限界。

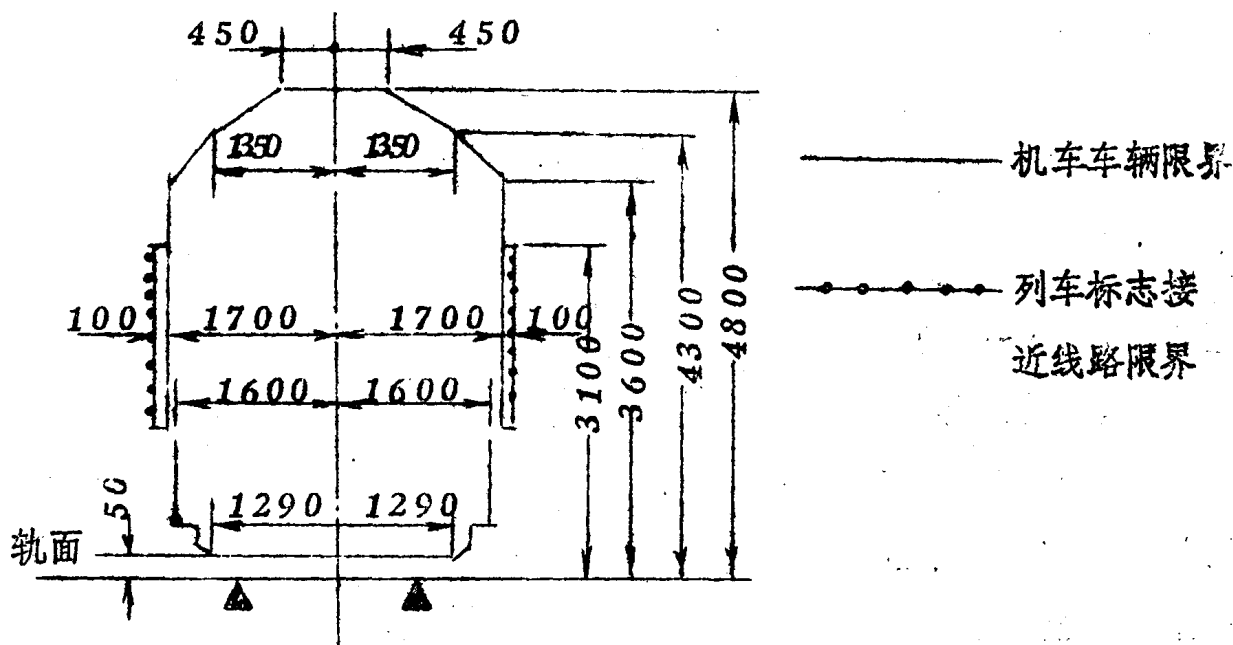


图1—2 GB146—59 机车车辆限界示意图

需要注意的是：(1) 机车车辆无论空重状态都不得超过限界，货车还必须注明装载货物的高度和宽度；(2) 机车车辆通过曲线隧道时，还应对车体的长度和宽度进行校验，这种校验一般均纳入了机车车辆设计内容。

3、车钩高度：机车车辆以车钩相连，所以其高度必须标准，否则就要引起挂车时的混乱。我国规定准轨铁路，车钩中心线距钢轨顶面高度（图1—3）

$h = 870 \pm 10 \text{ mm}$ 。这个高度同样要考虑空、重车的影响。

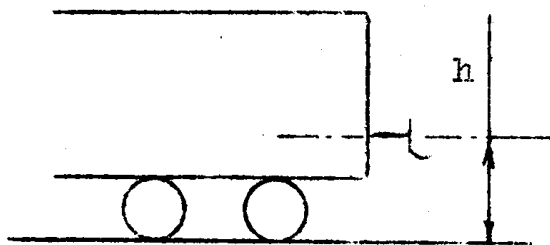


图1—3 机车车辆车钩高度

上述规定的标准，对机车车辆最大外形轮廓尺寸起着约束作用，这是每个铁路工作者必须具备的常识，并应在具体工作中予以保证。

第二章 内燃机车基本构造

§ 1. 内燃机车主要组成部分

内燃机车在构造上由发动机、传动装置、车体车架、走行部及辅助装置等五大部分组成。

1、发动机是机车的动力装置，其作用是将燃料的化学能转变为机械功。内燃机车主要采用的是柴油机，即利用柴油燃烧时所产生的高温、高压的燃气直接推动活塞做功。

2、传动装置的作用是将柴油机的机械功传给机车的走行部，并保证机车所需的牵引性能，充分发挥柴油机的功率。

功率较大的内燃机车，其传动装置有液力传动和电力传动两种类型，相应的机车则称为液力传动内燃机车和电力传动内燃机车，它们在结构原理，运用维修上均有较大区别。

3、车体、车架是机车各部件的安装基础，并保护各种设备和司机的工作不受外界条件的干扰。

4、走行部（转向架）的作用在于：承受机车上部重量；将传动装置传递来的功率实现为机车的牵引力和速度；保证机车运行的平稳性和安全。

5、辅助装置的作用是保证发动机、传动装置和走行部的正常工作和可靠运行。内燃机车的辅助装置主要包括以下几个系统：

- (1) 燃油供给系统；
- (2) 预热及冷却水系统；
- (3) 机油系统；
- (4) 空气管路、制动及撒砂系统；
- (5) 电控、照明系统等。

此外，机车上还设有信号装置、自动停车装置、通风装置、防

寒设备、灭火器及工具等。

§ 2、内燃机车总体介绍

一、东风4型内燃机车

东风4型内燃机车采用的是交一直流电力传动，柴油机持续功率为3600马力，主要用于干线客、货运。该型机车的总体布置示意图如图1—4所示。机车上部分依次为第I司机室、电器室、动力室、冷却室和第II司机室；下部由前后转向架、燃油箱、蓄电池箱和总风缸等组成。

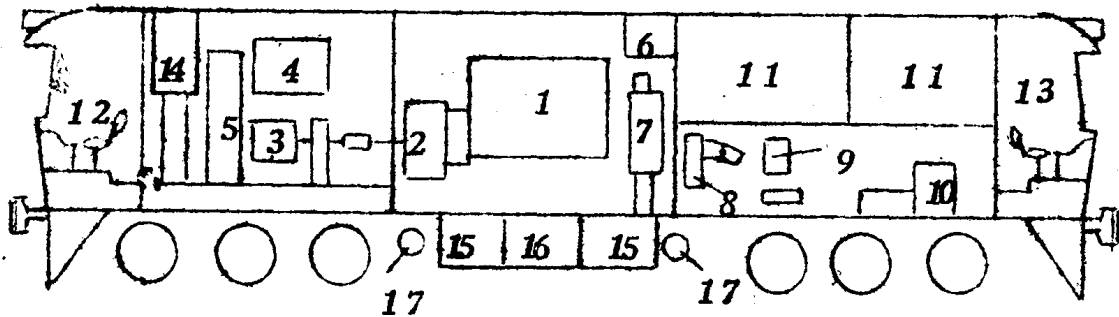


图1—4 东风4内燃机车总体示意图

- 1、—柴油机；2—牵引发电机；3—启动电机；4—整流柜；
5—电器柜；6—膨胀水箱；7—预热锅炉；8—液压泵；
9—鼓风机；10—空气压缩机；11—冷却器；
12—第一司机室；13—第二司机室。14—制动电阻；
15、—蓄电池箱；16—燃油箱；17—总风缸。

1、机车主功率传递

交流 直流

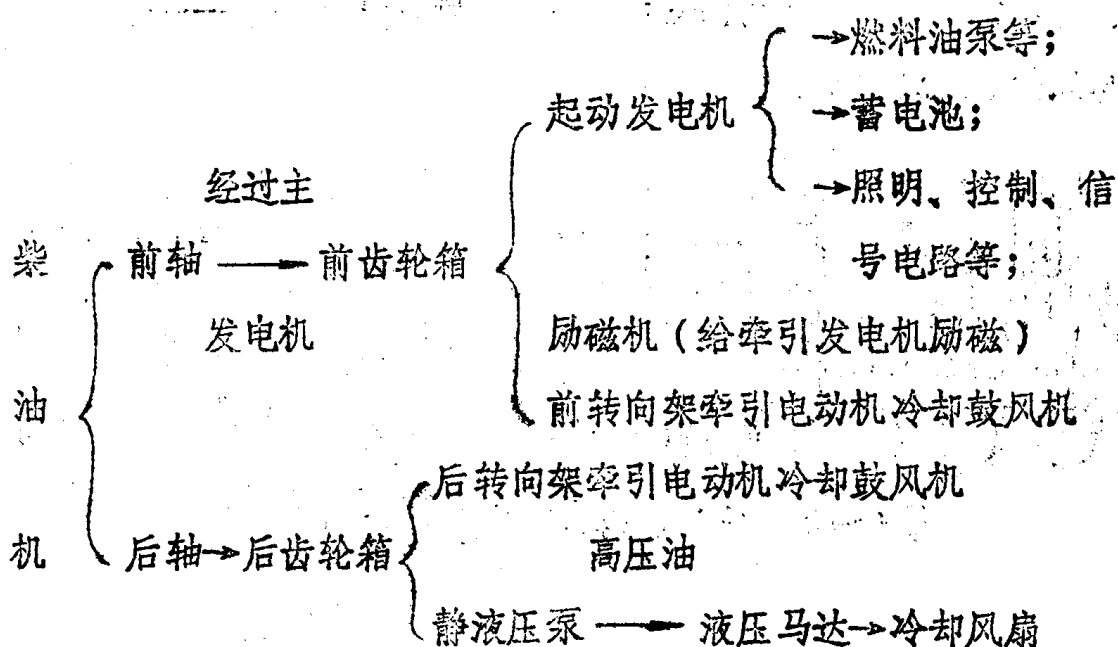
柴油机 → 同步交流牵引发电机 → 整流柜 → 直流牵引电
齿轮

动机 → 动轮对。

2、机车牵引力传递

钢轨 → 动轮对 → 转向架 → 车架 → 车钩 → 车辆。

3、机车辅助功率传递



4、各辅助部分作用

(1) 起动发电机③，为一直流电机，当需要起动柴油机时，作为电动机，由蓄电池供电，带动柴油机旋转起动；柴油机起动后，该电机自动转换成发电机，由柴油机带动发电，向机车各用电电路供电；

(2) 水—空气冷却器 (11)，由冷却风扇驱动空气，经水散热器冷却水，水再循环至柴油机，冷却气缸套、增压空气、润滑油等；

(3) 预热锅炉⑦，柴油机起动前将水加热至 40°C 以上，循环预热柴油机的各部分，以利于柴油机起动；冬季，当机车长时间停留时，开通预热锅炉，用加热的循环水，对柴油机实现保温；

(4) 膨胀水箱⑥，给机车循环水路补水，并经此排出循环水中的汽泡；

(5) 空气压缩机⑩，产生压缩空气，用于列车制动、机车控制、风笛、撒砂等用气设备；

(6) 制动电阻⑭，用于电阻制动；动力制动时，将牵引电动机转换成发电机，由列车动能，经机车动轮对驱动发电，牵引电动机发出的电流经制动电阻转换成热能，再由制动电阻的风扇驱动空气将热量散至大气；

(7) 燃料油泵，保证不间断地将柴油由燃油箱中泵出供给柴油机；

(8) 辅助润滑油泵，在柴油机起动前，由蓄电池供电，将润滑油泵向柴油机各摩擦副，以防柴油机起动时的干摩擦。柴油机起动后，由其自身的润滑油泵供给，辅助润滑油泵停止工作。

属于辅助装置的还有，各种滤清器（空气、燃油、润滑油）等。

二、东方红3型内燃机车

东方红3型内燃机车是我国干线客运内燃机车。机车上设有两套动机组，并作并称布置。柴油机总的装车功率为2700马力。机车的总体布置如图1—5所示。

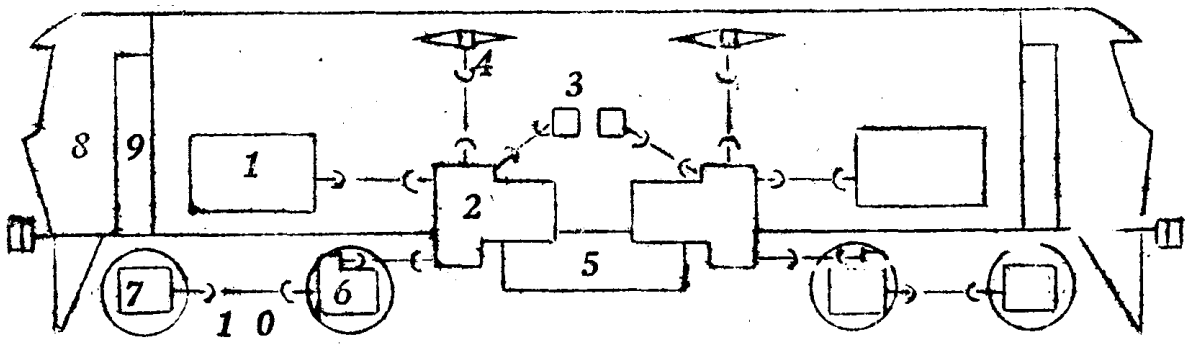


图 1—5 东方红3 型液力传动内燃机车总体示意图

- 1、柴油机；2、液力传动箱；3、起动发电机；4、冷却风扇；
5、燃油箱；6、7、车轴齿轮箱；8、司机室；9、电器柜；
10、万向轴。

1、机车主功率的传递

柴油机 → 万向轴 → 液力变速箱 → 万向轴 → 车轴齿轮箱 → 动轮对

2、机车牵引力的传递

钢轨 → 轮对 → 转向架 → 主车架 → 车钩 → 车辆

3、机车辅助功率的传递

柴油机 → (万向轴 → 液力传动箱) → 垂直万向轴 → 冷却风扇；
万向轴 → 起动发电机。

此外，机车上还设有水—空气散热器、预热锅炉、空气压缩机、燃油泵、辅助润滑油泵等设备，其作用与电传动内燃机车相同，所

不同的是，两种传动装置在结构、作用原理及性能上有着很大的区别。

第三章 内燃机车理想牵引特性曲线

§ 1. 机车轮周牵引力和标称功率

机车的牵引作用在于产生牵引力 F 和速度 V ，此两项参数的乘积，为机车在单位时间所做的功，即机车的功率 N_L 。

F 、 V 、 N_L 三个参数，除 V 的定义比较明确以外， F 和 N_L 在概念上容易产生一些错误，有必要进一步阐述清楚。

一、动轮

机车车辆的轮对由车轮和车轴组成，其作用是：① 承受重量；② 产生滚动，实现机车车辆在轨道上的运行，即实现速度。

但是对于机车来说，轮对还有动轮和非动轮之分（见图 1-6），车辆的轮对一般来说均为非动轮。

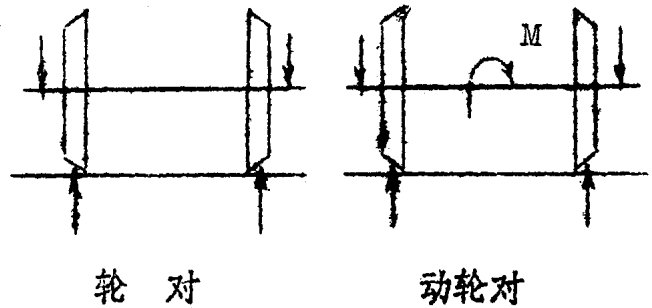
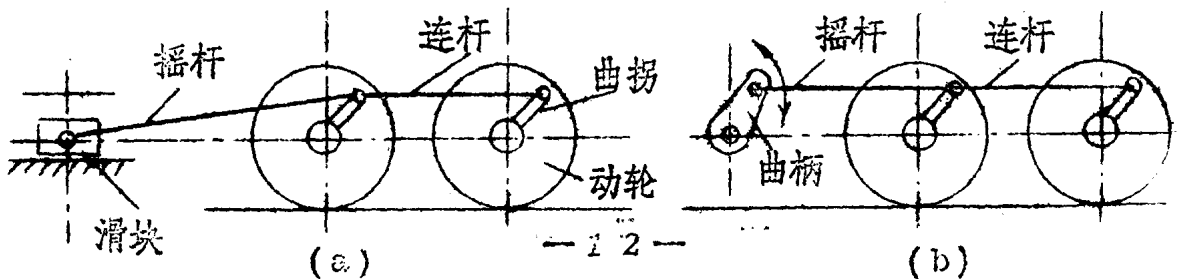


图 1-6 两种轮对

1、动轮定义：受

动力装置驱动的轮对称之为动轮对，或称为动轮、动轴。其作用是，将动力装置的功率转换成牵引力和速度。

2、动轮的驱动型式



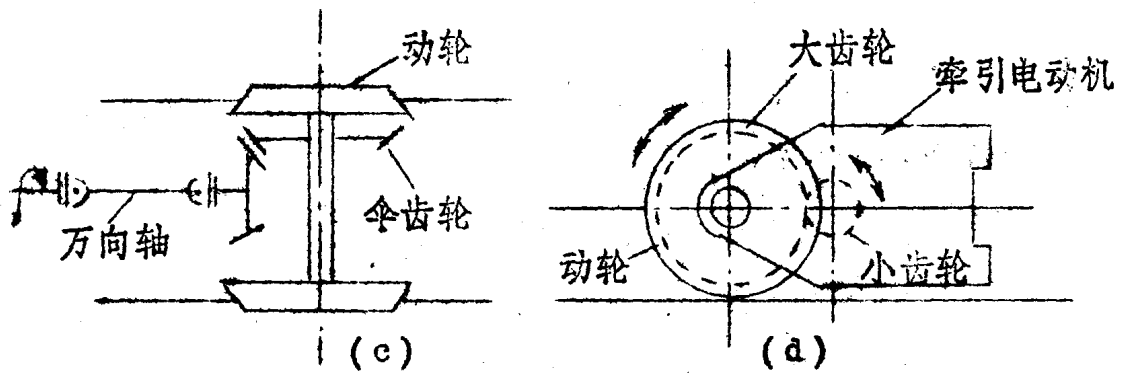


图 1-7 动轮的驱动型式

(1) 摇、连杆驱动：蒸汽机车 (图 1-7 a)

内燃机车

(图 1-7 b)

电力机车

(2) 万向轴、齿轮驱动：内燃机车 (图 1-7 c)

(3) 电机、齿轮驱动：内燃机车

(图 1-7 d)

电力机车

二、轮周牵引力的产生和限制 (粘着定律)

1、概念：物理学的动量守恒定律认为：“当系统不受外力作用或作用在系统上外力的矢量和等于零时，则系统的总动量守恒 ($\Sigma mV = \text{常数}$)。”也就是说，物体只有在外力作用下，才能改变其运动状态 (产生动量的变化)。因此，列车由静止到运动以及在运动状态下的加速和减速，也必然是外力作用的结果。其中，作用在列车上，与列车运行方向相同的牵引力，就是一种外力。

下面要研究的是这种外力——牵引力是如何产生的以及它的性质。

2、轮周牵引力的产生