

本期引言：

随万安科技于4月8日过会，又一家从事汽车制动系统生产制造的公司即将登陆A股市场。截至目前，A股上市公司中汽车制动系统相关的主要公司已经达到6家以上，分别是亚太股份、东风科技、万向钱潮、华域汽车、隆基机械、特尔佳等。

在本期和下期的“车闻天下”中，我们将简单讲述汽车制动系统相关的知识，分别介绍传统制动系统的构成、工作原理和制动安全相关的（新）技术（如ABS、TCS、ESP、EHC、EMB、IBS等），希望对您理解和分析行业和相关公司有所帮助。

汽车制动系统综述

汽车制动系统用来是汽车减速、停止和防止溜车。汽车制动的原理是通过摩擦使动能转化为热能，达到汽车减速的目的。

汽车制动系统的形式

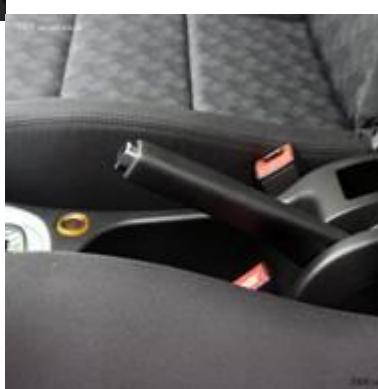
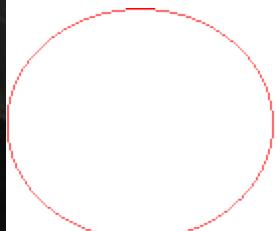
汽车制动系统主要包括行车制动系统和驻车制动系统两大类，在一些大型车上还可能有辅助制动系统（如特尔佳的缓速器）等。

图1：行车制动系统的输入端（刹车踏板）



资料来源：Google 图片

图2：驻车制动系统的输入端（传统手刹）



资料来源：Google 图片

图3：驻车制动系统的输入端（电子驻车按钮）



资料来源：Google 图片

所谓行车制动系统，就是在车辆行驶状态下进行制动的系统，包括刹车踏板（输入端）、真或电主力系统、制动主缸、制动轮缸、制动器、制动管路、ABS系统等。下面我们将重点讲述传统行车制动系统的构成和工作原理。

驻车制动系统的作用是使已停止的汽车不发生溜动，包括停止在坡路上。当然，喜欢操控的朋友也可以利用机械式驻车制动器玩漂移。一般来说，驻车制动系统为机械式结构，包括手刹（输入端）、拉线、驻车制动器等。一些新款轿车（如大众新帕萨特等）配合自动变速箱采用了电子驻车系统，省去了手刹，通过按钮即可实现驻车制动，提升了科技感。

缓速器是大型车辆（卡车、客车）的辅助制动装置，使质量较大的车辆平稳减速而不消耗制动系统，目前用的较多的是电磁缓速器，此外还有液涡轮缓速器。电磁缓速器：相当于在传动轴上装了个“发电机”，不通电时，无接触无磨损；需要减速时，司机将仪表板上的开关打开，“发电机”的两级相通，传动轴便受到电磁场的阻力，达到制动的目的，再踩油门时会自动断电。相比摩擦式制动系统，缓速器的优点是无磨损，热衰减风险小，适合于山区行驶的车辆，缺点是结构庞大。液涡轮缓速器：在变速箱箱壳后端增加一个涡轮室，当制动电路开启后，使变速箱油在涡轮中加压产生阻尼达到制动效果，无磨损但要增加散热，国内少有。

制动系统结构要求——GB12676

制动系统必须具有的功能：行车制动、驻车制动、应急制动

行车制动必须是双回路系统

行车制动必须作用在所有车轮上，具有均匀的制动效果

制动控制必须具有渐进功能

结构上必须具有声（或）光报警装置

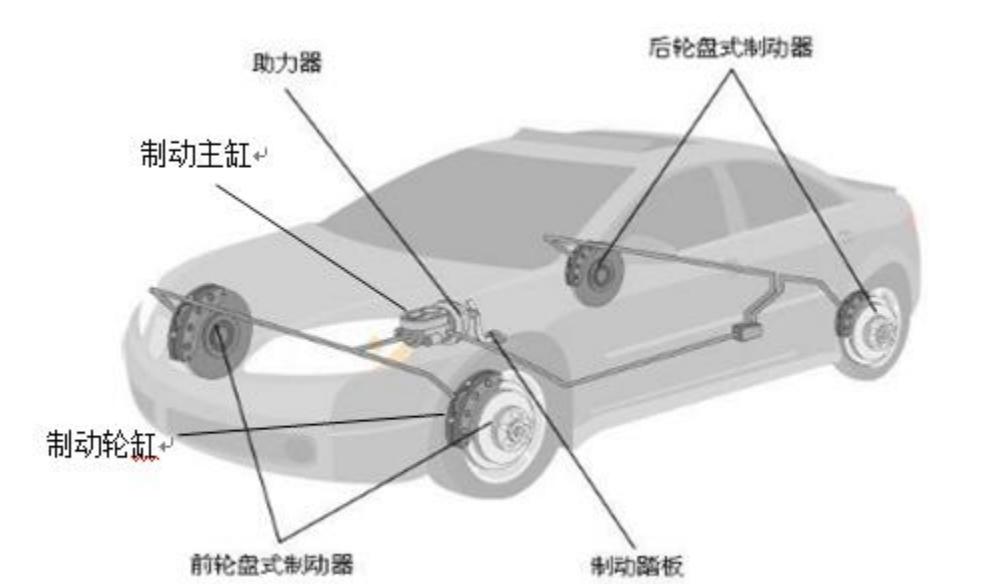
制动力分配要求

如果一回路失效，保护另一回路压力使残余制动力能使车辆有效停车

汽车行驶制动系统

液压制动系统

图 4：不带 ABS 的传统行驶制动系统构成（轿车）



制动轮缸

资料来源: Google 图片

汽车制动系统包括施加系统、制动灯系统、液压系统和车轮制动器四个部分，主要包括踏板、真空助力器、制动主缸、制动组合阀、制动管路、制动轮缸和制动器等部件。

施加系统

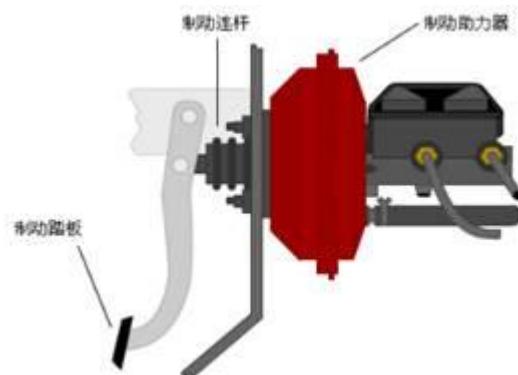
施加系统的主要部件报告制动踏板、制动连杆和制动助力器。踩下制动踏板可以作动连接到助力器的连杆，经由助力器放大后传递到制动主缸。

图 5：制动踏板



资料来源: Google 图片

图 6：施加系统组成

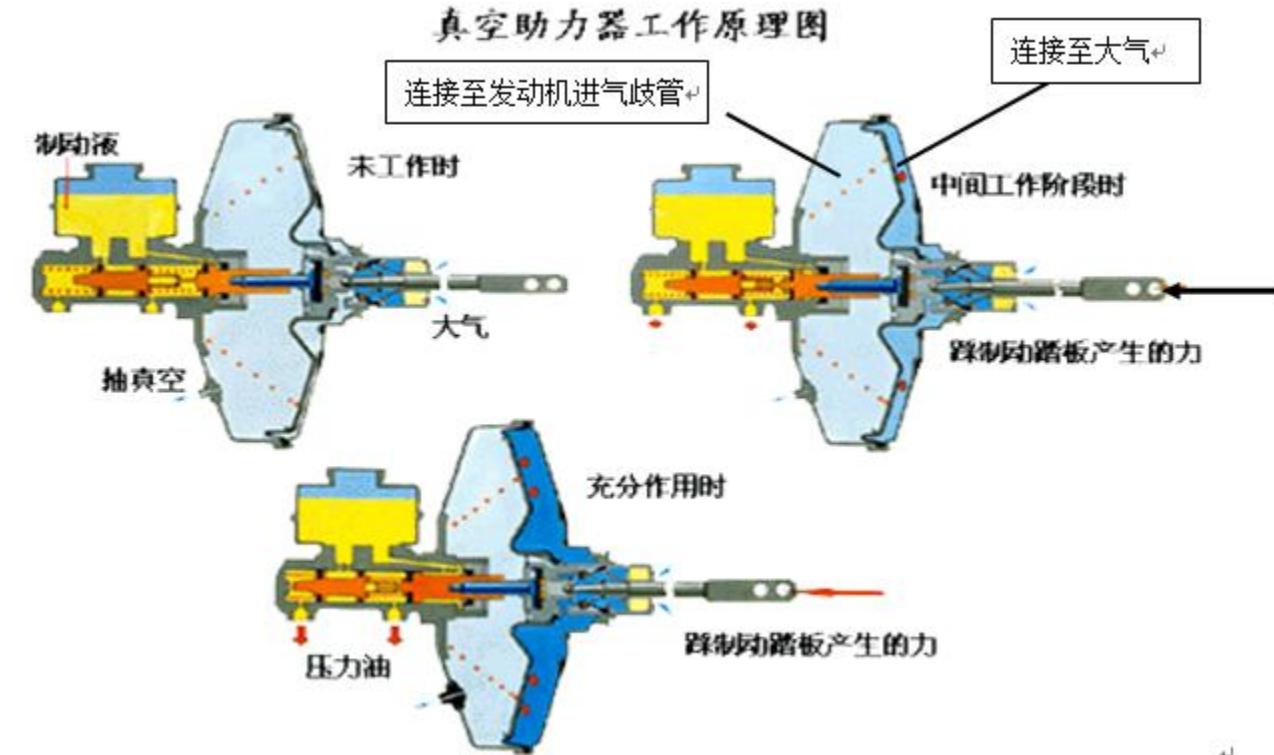


资料来源: Google 图片

真空助力器安装在制动踏板和制动主缸之间，主要作用就是通过大气压力和发动机进气歧管内气压的压力差，在脚踩下制动踏板的时候起到助力的效果，从而可以较轻易的实现制动。可以用下面的公式表示：

$$\text{传导至制动主缸的力} = \text{踏板力} + \text{助力器的帮助}$$

图 7：真空助力器的工作原理



资料来源：《现代汽车技术》

图 8：真空助力器的实物图



资料来源：Google 图片

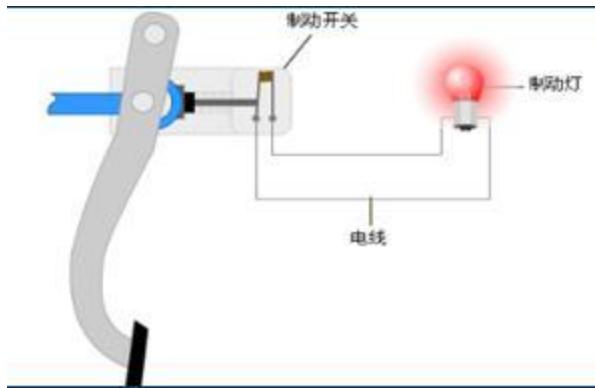
目前，轿车上广泛装用真空助力器作为制动助力器，利用发动机喉管处的真空度来帮助驾驶员操纵制动踏板。根据真空助力膜片的多少，真空助力器分为单膜片式和串联膜片式两种。国产轿车主要采用单膜片式的真空助力器。

去年丰田的“刹车门”事件，导致刹车不能起作用的一个原因就是由于在油门踏板被卡住之后，发动机处于全油门状态，节气门完全打开，从而进气歧管内的压力接近于大气压力，助力的效果显著减弱，用同样的力踩刹车后，传递至制动主缸的力显著弱于正常水平，从而导致刹车失效。

制动灯系统

制动灯系统包括制动开关、电线和制动灯。制动开关常位于制动连杆上，由它发出制动信号给汽车。踩下制动踏板后，制动开关触电闭合，形成完整回路并产生电压，从而制动灯亮。

图 9：制动灯系统示意图

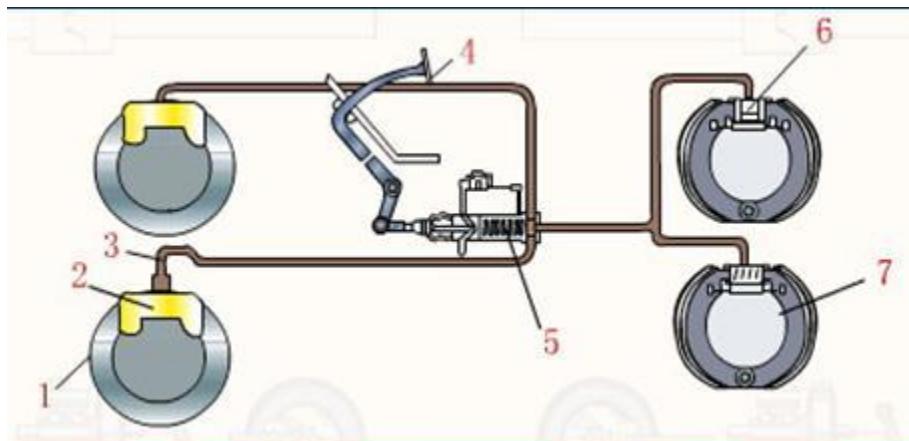


资料来源: Google 图片

液压系统

目前, 轿车的行车制动系统都采用了液压传动装置, 主要由制动主缸(制动总泵)、液压管路、后轮鼓式制动器中的制动轮缸(制动分泵)、前轮钳盘式制动器中的液压缸等组成。

图 10: 液压系统示意图 (以前盘后鼓式制动系统为例)



资料来源: 《现代汽车技术》

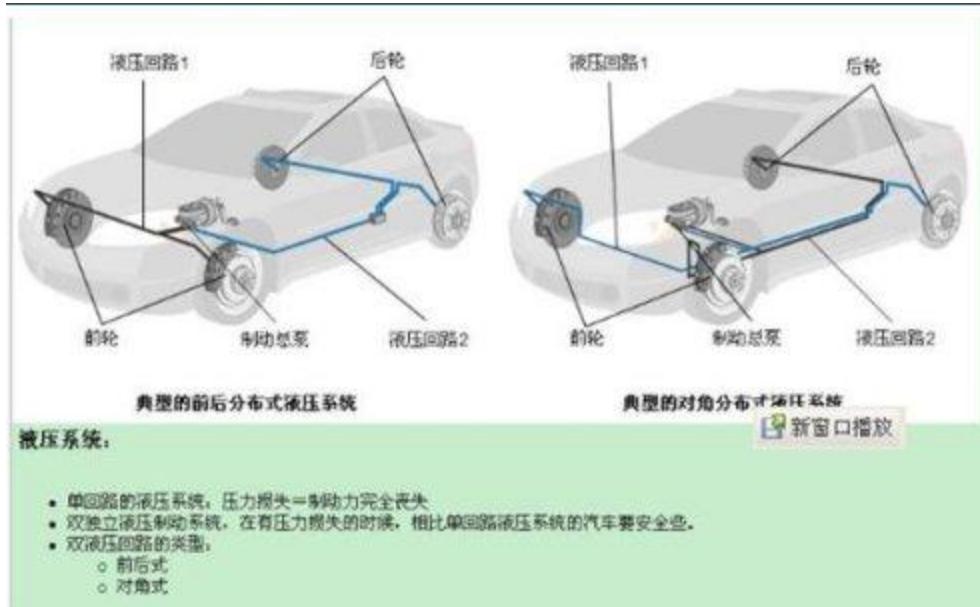
其中: 1.前轮制动器 2.制动钳 3.制动管路 4.制动踏板机构 5.制动主缸 6.制动轮缸 7.后轮制动器

主缸与轮缸间的连接油管除用金属管(铜管)外, 还采用特制的橡胶制动软管。各液压元件之间及各段油管之间还有各种管接头。制动前, 液压系统中充满专门配制的制动液。

踩下制动踏板 4, 制动主缸 5 将制动液压入制动轮缸 6 和制动钳 2, 将制动块推向制动鼓和制动盘。在制动器间隙消失并开始产生制动力矩时, 液压与踏板力方能继续增长直到完全制动。此过程中, 由于在液压作用下, 油管的弹性膨胀变形和摩擦元件的弹性压缩变形,

踏板和轮缸活塞都可以继续移动一段距离。放开踏板，制动蹄和轮缸活塞在回位弹簧作用下回位，将制动液压回主缸。

图 11：两种回路的液压系统



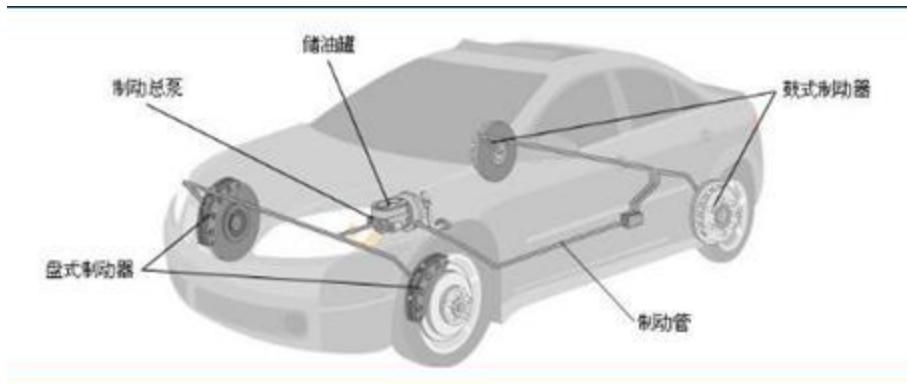
资料来源：通用汽车

单回路的液压系统中，压力损失会导致制动能力完全丧失。因此出于安全目的，从 1967 年开始，大多数汽车上都安装了两个独立的液压系统。双独立液压系统的出现，使某个液压系统有液压损失时，汽车还能继续维持部分制动操作，防止发生无法制动的情况。有两种类型的液压回路：前后式和对角式。

车轮制动器

车轮制动器安装在前后轴轮毂上，主要有两种类型：盘式和鼓式。虽然两种制动器的原理都是使用摩擦的原理将动能转化为热能实现制动的效果，但是盘式在乘用车上使用更为普遍，尤其是前轮制动器，因为盘式制动器冷却效果更好，热衰减不明显，而且使用的运动部件更少，制动更有效。

图 12：前盘后鼓的复合制动系统



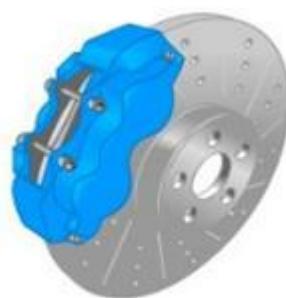
资料来源: Google 图片

图 13: 鼓式制动器

图 14: 盘式制动器



鼓式制动器



盘式制动器

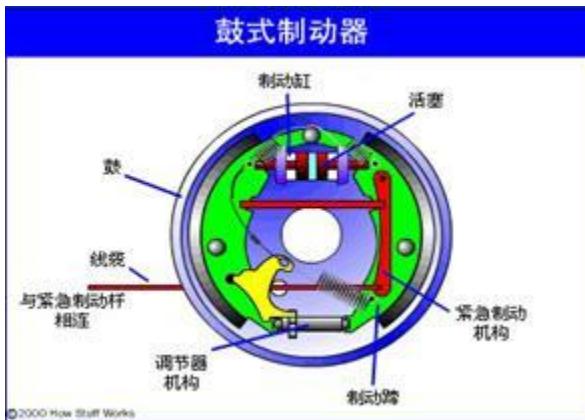
资料来源: Google 图片

资料来源: Google 图片

鼓式制动器

鼓式制动器是最早形式的汽车制动器，当盘式制动器还没有出现前，它已经广泛用于各类汽车上。但由于结构问题使它在制动过程中散热性能差和排水性能差，容易导致制动效率下降，因此在近三十年中，在轿车领域上已经逐步退出让位给盘式制动器。但由于成本比较低，仍然在一些经济类轿车中使用，主要用于制动负荷比较小的后轮和驻车制动。

图 15: 鼓式制动器的工作原理



资料来源: Google 图片

典型的鼓式制动器主要由底板、制动鼓、制动蹄、轮缸（制动分泵）、回位弹簧、定位销等零部件组成。底板安装在车轴的固定位置上，它是固定不动的，上面装有制动蹄、轮缸、回位弹簧、定位销，承受制动时的旋转扭力。每一个鼓有一对制动蹄，制动蹄上有摩擦衬片。制动鼓则是安装在轮毂上，是随车轮一起旋转的部件，它是由一定份量的铸铁做成，形状似圆鼓状。当制动时，轮缸活塞推动制动蹄压迫制动鼓，制动鼓受到摩擦减速，迫使车轮停止转动。

在轿车制动鼓上，一般只有一个轮缸，在制动时轮缸受到来自总泵液力后，轮缸两端活塞会同时顶向左右制动蹄的蹄端，作用力相等。但由于车轮是旋转的，制动鼓作用于制动蹄的压力左右不对称，造成自行增力或自行减力的作用。因此，业内将自行增力的一侧制动蹄称为领蹄，自行减力的一侧制动蹄称为从蹄，领蹄的摩擦力矩是从蹄的 2~2.5 倍，两制动蹄摩擦衬片的磨损程度也就不一样。

为了保持良好的制动效率，制动蹄与制动鼓之间要有一个最佳间隙值。随着摩擦衬片磨损，制动蹄与制动鼓之间的间隙增大，需要有一个调整间隙的机构。过去的鼓式制动器间隙需要人工调整，用塞尺调整间隙。现在轿车鼓式制动器都是采用自动调整方式，摩擦衬片磨损后会自动调整与制动鼓间隙。当间隙增大时，制动蹄推出量超过一定范围时，调整间隙机构会将调整杆（棘爪）拉到与调整齿下一个齿接合的位置，从而增加连杆的长度，使制动蹄位置位移，恢复正常间隙。

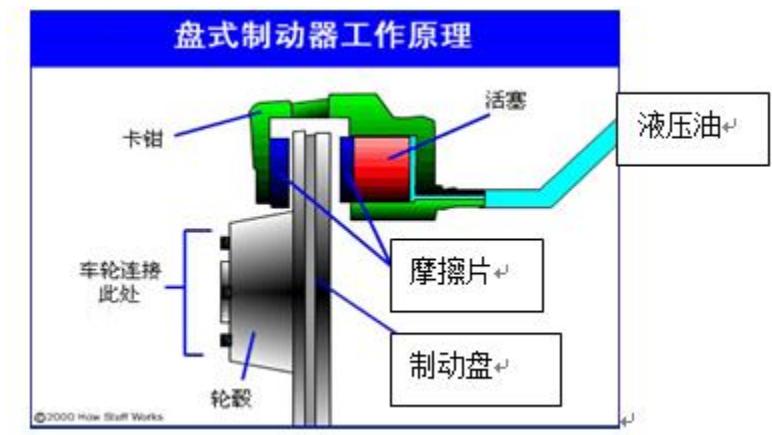
轿车鼓式制动器一般用于后轮（前轮用盘式制动器）。鼓式制动器除了成本比较低之外，还有一个好处，就是便于与驻车（停车）制动组合在一起，凡是后轮为鼓式制动器的轿车，其驻车制动器也组合在后轮制动器上。这是一个机械系统，它完全与车上制动液压系统是分离的：利用手操纵杆或驻车踏板（美式车）拉紧钢拉索，操纵鼓式制动器的杠杆扩展制动蹄，起到停车制动作用，使得汽车不会溜动；松开钢拉索，回位弹簧使制动蹄恢复原位，制动力消失。

盘式制动器

盘式制动器又称为碟式制动器，顾名思义是取其形状而得名。它由液压控制，主要零部件有制动盘、分泵、制动钳、油管等。制动盘用合金钢制造并固定在车轮上，随车轮转动。制动轮缸固定在制动器的底板上固定不动。制动钳上的两个摩擦片分别装在制动盘的两侧。制动轮缸的活塞受油管输送来的液压作用，推动摩擦片压向制动盘移动，从而发生摩擦制动，

动作起来就好象用钳子钳住旋转中的盘子，迫使它停下来一样。这种制动器散热快，重量轻，构造简单，调整方便。特别是高负载时耐高温性能好，制动效果稳定，而且不怕泥水侵袭，在冬季和恶劣路况下行车，盘式制动比鼓式制动更容易在较短的时间内令车停下。有些盘式制动器的制动盘上还开了许多小孔，加速通风散热提高制动效率。反观鼓式制动器，由于散热性能差，在制动过程中会聚集大量的热量。制动蹄片和轮鼓在高温影响下较易发生极为复杂的变形，容易产生制动衰退和振抖现象，引起制动效率下降。

图 16：盘式制动器的工作原理



资料来源：Google 图片

当然，盘式制动器也有自己的缺陷。例如对制动器和制动管路的制造要求较高，摩擦片的耗损量较大，成本贵，而且由于摩擦片的面积小，相对摩擦的工作面也较小，需要的制动液压高，必须要有助力装置的车辆才能使用。而鼓式制动器成本相对低廉，比较经济。

所以，汽车设计者从经济与实用的角度出发，一般轿车采用了混合的形式，前轮盘式制动，后轮鼓式制动。四轮轿车在制动过程中，由于惯性的作用，前轮的负荷通常占汽车全部负荷的 70%—80%，因此前轮制动力要比后轮大。轿车生产厂家为了节省成本，就采用前轮盘式制动，后轮鼓式制动的方式。

四轮盘式制动的中高级轿车，采用前轮通风盘式制动是为了更好地散热，至于后轮采用非通风盘式同样也是成本的原因。毕竟通风盘式的制造工艺要复杂得多，价格也就相对贵了。随着材料科学的发展及成本的降低，在汽车领域中，盘式制动有逐渐取代鼓式制动的趋向。

气压制动系统

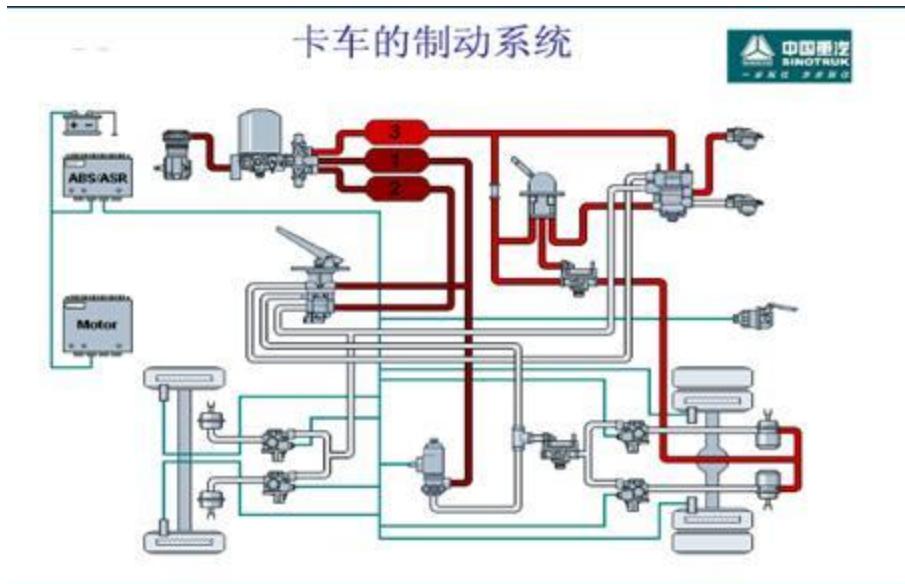
气压制动系统一般用于吨位较大的车辆，如重卡和大客等。搭配的制动器多数使用鼓式制动器。

气压制动系统的工作原理和液压制动系统类似，只是由于车上安装有空气压缩装置，因此不需要液压制动系统的助力器。当驾驶员踩下刹车踏板时，压缩气体被释放出来，通过压缩空气管作用到各个车轮上，实现制动效果。

气压制动系统的组成部件较多，管路复杂，基本组成：由空气压缩机，储气筒、制动控制阀和制动气室。

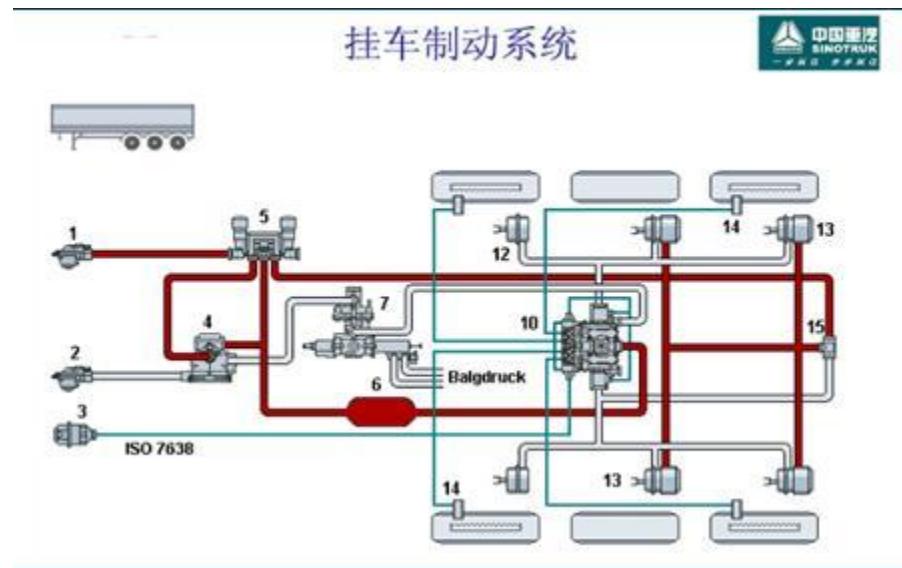
- (1) 空气压缩机：由发动机通过皮带驱动，产生压缩空气，向储气筒充气。
- (2) 储气筒：储存空气压缩机产生的气体，在制动时提供足够的压缩空气。
- (3) 制动控制阀：在气压制动中，驾驶员踩制动踏板时控制的是制动控制阀，由制动控制阀控制进入制动气室的气压。
- (4) 制动气室：制动气室安装在车轮制动器旁，当压缩空气进入制动气室时，推动制动气室的膜片移动，从而控制车轮制动器实现制动。

图 17：卡车制动系统示意图



资料来源：中国重汽

图 18：挂车的制动系统

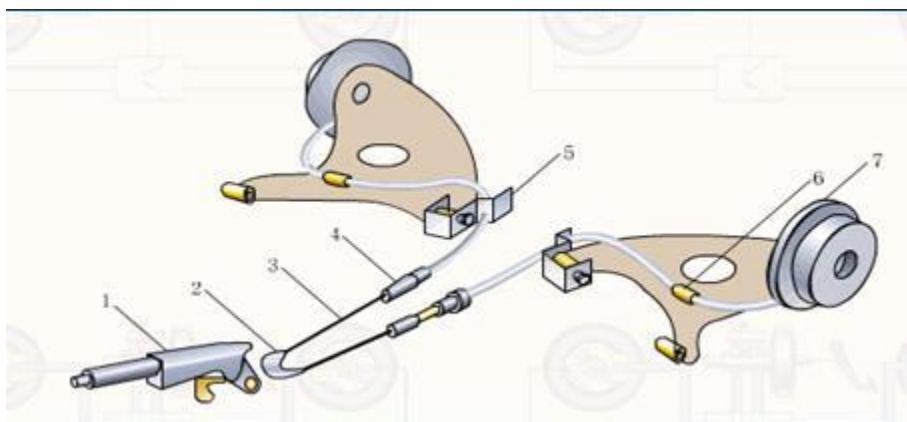


资料来源：中国重汽

驻车制动系统

一般，驻车制动系统的机械传动装置组成如下图所示。

图 19：机械式驻车制动系统的原理图



资料来源：Google 图片

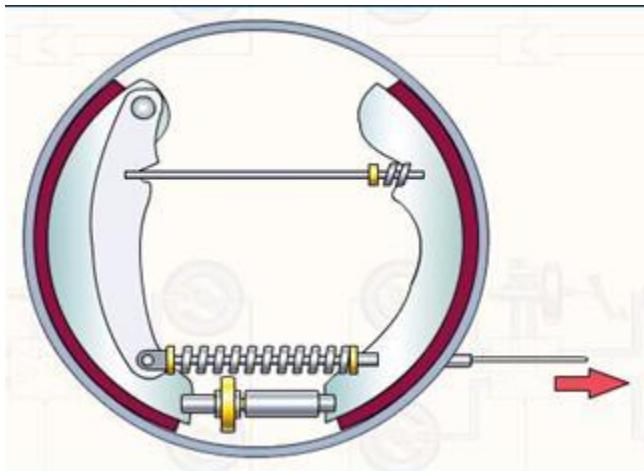
其中：1.操纵杆 2.平衡杠杆 3.拉绳 4.拉绳调整接头 5.拉绳支架 6.拉绳固定夹 7.制动器

驻车制动系统与行车制动系统共用后轮制动器 7。施行驻车制动时，驾驶员将驻车制动操纵杆 1 向上扳起，通过平衡杠杆 2 将驻车制动操纵缆绳 3 拉紧，促动两后轮制动器。由于棘爪的单向作用，棘爪与棘爪齿板啮合后，操纵杆不能反转，驻车制动杆系能可靠地被锁定在制动位置。

欲解除制动，须先将操纵杆扳起少许，再压下操纵杆端头的压杆按钮 8，通过棘爪压杆使棘爪离开棘爪齿板。然后将操纵杆向下推到解除制动位置。使棘爪得以将整个驻车机械制动杆系锁止在解除制动位置。驻车制动系统必须可靠地保证汽车在原地停驻，这一点只有用机械锁止方法才能实现，因此驻车制动系统多用机械式传动装置。

按在汽车上安装位置的不同，驻车制动装置分中央驻车制动装置和车轮驻车制动装置两类。前者的制动器安装在传动轴上，称为中央制动器；后者和行车制动装置共用一套制动器，结构简单紧凑，已在轿车上得到普遍应用。

图 20：盘鼓组合式制动器



资料来源：Google 图片

这种制动器将一个作行车制动器的盘式制动器和一个作驻车制动器的鼓式制动器组合在一起。双作用制动盘的外缘盘作盘式制动器的制动盘，中间的鼓部作鼓式制动器的制动鼓。进行驻车制动时，将驾驶室中的手动驻车制动操纵杆拉到制动位置，经一些列杠杆和拉绳传动，将驻车制动杠杆的下端向前拉，使之绕平头销转动，其中间支点推动制动推杆左移，将前制动蹄推向制动鼓。待前制动蹄压靠到制动鼓上之后，推杆停止移动，此时制动杠杆绕中间支点继续转动。于是制动杠杆的上端向右移动，使后制动蹄压靠到制动鼓上，施以驻车制动。