

工作过程

一、液压调节器结构

制动液压调节器是 ABS 的执行器。制动压力调节器设在制动总泵与车轮制动分泵之间，主要功用是根据 ABS ECU 的控制指令，自动调节制动分泵的制动压力。

1. 液压调节器分类

- (1) 按动力来源分：机械式、气压式和液压式；
- (2) 按总体结构分：整体式和分离式；
- (3) 按调压方式分：流通式（或循环式、环流式）和变容式。

2. 液压调节器组成

液压式制动压力调节器主要由电磁阀、液压泵和储液器组成，通过电磁阀和液压泵产生的液压力控制制动力。

3. 电磁阀

电磁阀主要有两大类型：两位两通电磁阀和三位三通电磁阀。

(1) 两位两通（开关）电磁阀

两位是指增压位置和减压位置，两通是指进液口（通制动总泵）和出液口（通制动分泵）两个通路（如图 1 所示）。两位两通电磁阀有两种类型，即常开电磁阀和常闭电磁阀。

1) 在电磁阀的电磁线圈未通电时，球阀处于开启状态，即为两位两通常开电磁阀。

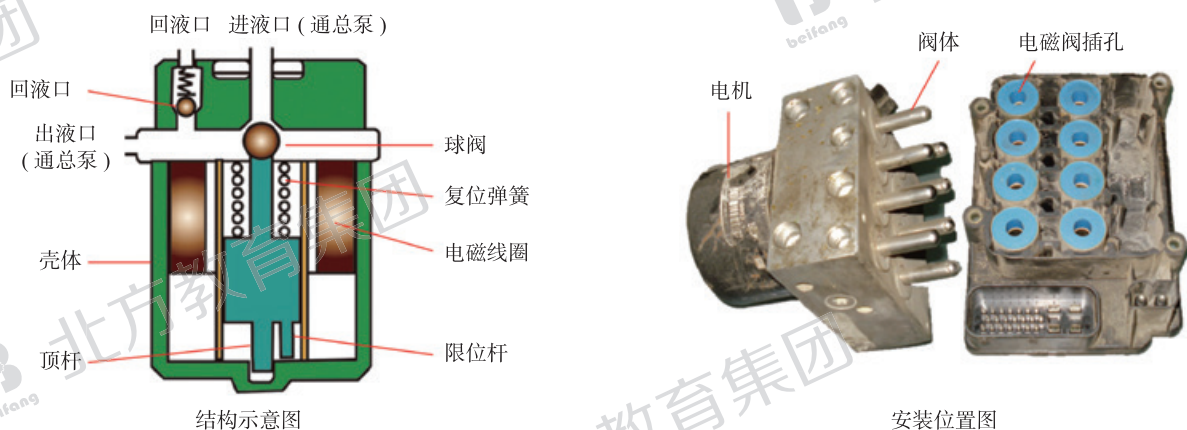


图 1 两位两通（开关）电磁阀示意图

2) 在电磁阀的电磁线圈未通电时，球阀处关闭状态，即为两位两通常闭电磁阀。

3) 结构：两位两通电磁阀主要由电磁铁机构、球阀、复位弹簧、顶杆、限压阀和阀体组成。

4) 工作过程以常开电磁阀为例

当电磁线圈未通电时，在复位弹簧弹力作用下，活动铁心带动顶杆和限位杆下移复位，直到限位杆与缓冲垫圈相抵为止。顶杆下移时，球阀随之下移，使电磁阀阀门处于开启状态，制动液从进液口

经球阀阀门和出液口流出。电磁线圈通电时，电流流过电磁线圈，活动铁心产生电磁吸力，压缩复位弹簧并带动顶杆一起上移，顶杆将球阀压在阀座上，电磁阀阀门处于关闭状态，进液口与出液口之间的制动液通道关闭。

(2) 三位三通电磁阀

三位是指常规制动增压位置、保压位置和减压位置，三通是指通进液口（通总泵）、通出液口（通制动分泵）和通回液口（通储液器）。三位三通电磁阀有3个液压孔，具有3种工作状态，实现压力升高、压力保持和压力降低（如图2所示）。

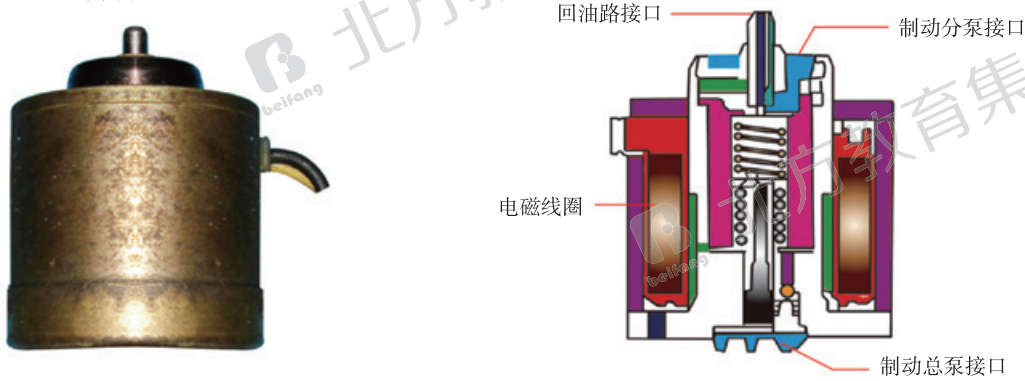


图2 三位三通电磁阀结构示意图

1) 工作原理

当电磁线圈通电后，在电磁线圈中心产生磁场，该磁场强度与线圈匝数及通电电流之积成正比，即通过改变电磁线圈通电电流的大小来改变磁场力，从而控制（改变）固定铁芯与可动铁芯（柱塞）之间的吸引力。

2) 工作过程

当电磁线圈不通电时，柱塞在弹簧力的作用下处于最低位置，接通制动总泵与轮缸之间的油路，电磁阀使制动压力调节器处于常规制动状态（如图3a所示）。给电磁线圈通入较小电流时，柱塞适度向上升起到一定位置，这时固定铁心与柱塞（可变铁芯）之间的吸引力与弹簧力平衡，所有的油路通道均被截断，电磁阀使制动压力调节器处于保压状态（如图3b所示）。

给电磁线圈通入较大电流时，电磁线圈中心产生较强的磁场强度，固定铁芯与柱塞之间的吸引力很大，足以完成克服弹簧力而使柱塞上升到最高位置，制动总泵与轮缸的油路通道被截断，而轮缸与液压储油箱之间的通道被接通，车轮轮缸内的制动油液倒流回油液储油箱，制动压力降低，电磁阀使制动压力调节器处于减压状态（如图3c所示）。

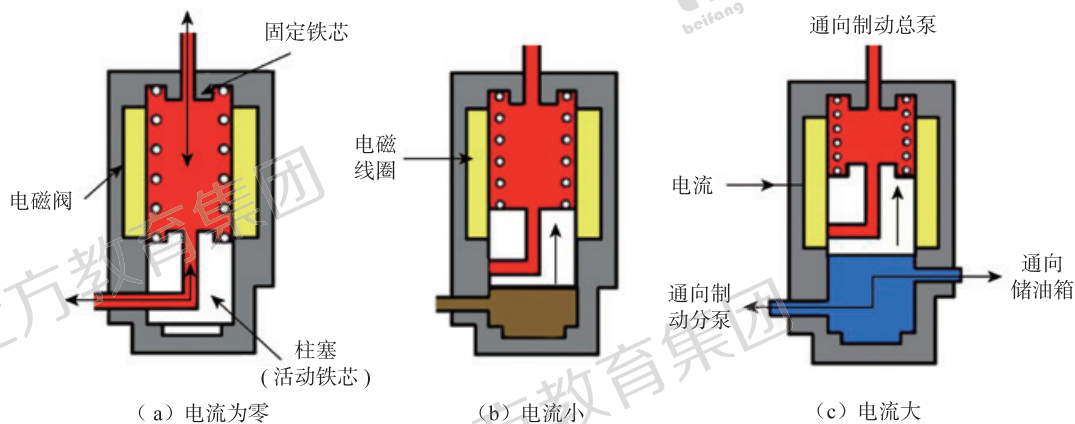


图3 三位三通电磁阀工作示意图

4. 电动泵

电动泵又称为电动回液泵（如图4a所示），电动回液泵总成包括电控电机、滤清器、导向装置、

活塞杆和缸体。导向装置布置在离开电机轴中心的地方。电机的旋转向活塞杆提供往复运动，使通往卸压阀、蓄压器和调节器的制动液压力升高（如图 4b 所示）。

电机转动，蓄压器压力超过一个预定值时，压力开关打开。压力调节器接收到这个开关信号后，中止电机继电器的工作。如果电机继续运转至少 2 分钟后，蓄压器压力没有到达预定值，则调节器中止电机操作，并点亮仪表板上的 ABS 警告灯。

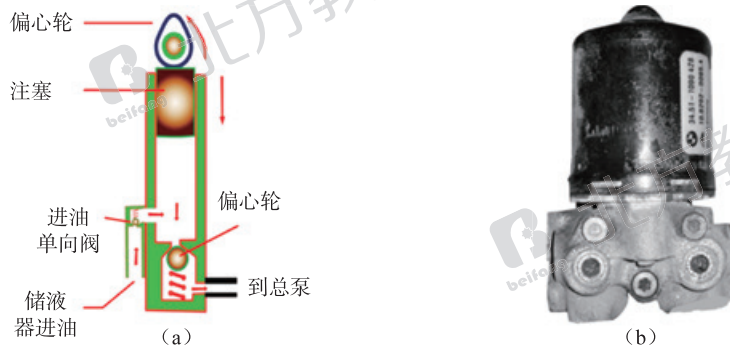


图 4 电工泵结构示意图

5. 继电器和电控单元保护二极管

防抱死制动系统中的继电器和电控单元保护二极管，不是液压系统中的部件，由于它们较为重要又与液压系统的控制有关。

在 ABS 系统中，一般有两个继电器，一个是主电源继电器，另一个是电动泵继电器。主电源继电器通过点火开关供给 ABS 电控单元电能。只要发动机起动 ABS 电控单元就会感知并起动系统自检程序，检查 ABS 系统是否良好。如果主电源继电器损坏，电控单元就会知道并让 ABS 系统停止工作（普通制动系统继续工作）直到主电源继电器修复为止。电动泵继电器主要给电动泵接通电源。当点火开关接通后，电流通过压力控制开关（接通状态）使电动泵继电器导通，控制电动泵的触点闭合，蓄电池直接给电动泵供电使其工作。如果电动泵继电器损坏或发生故障，电动泵就不能运行，必然导致整个系统压力下降而无法工作，此时车辆要停止运行，直到将电动泵继电器修复为止。

ABS 电控单元保护二极管可起到保护电控单元的作用。这个二极管装在主电源继电器和琥珀色 ABS 故障指示灯之间，防止电流由蓄电池的正极通过主电源继电器直接流向电控单元而引起电控单元损坏。

二、ABS 系统液压控制过程

液压调节器是制动主缸与轮缸间建立液压联系，它是电子制动系统的关键部件。液压调节器将电控单元的控制命令，通过电磁阀转换为车轮制动压力。液压调节器分为循环式和可变容式。循环式又分为二位二通式与三位三通式。

ABS 系统液压控制过程，如图 5 所示。

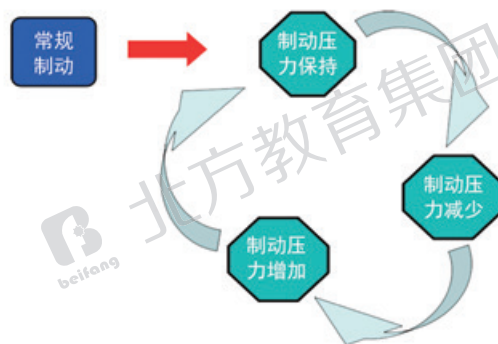


图 5 ABS 系统液压控制示意图

1. 开关式电磁阀压力调节器工作原理

这种电磁阀分为两个档（ON 和 OFF），能把柱塞控制在两个位置（开或关），改变制动液的通路。电磁控制阀体固定在制动总泵和液压助力装置的一侧。

阀体中有三对或四对电磁控制阀，其中两对分别控制两个前轮的制动，另一对或两对控制两个后轮的制动。每对电磁阀中一个是常开输入阀，一个是常闭输出阀。现代轿车基本都采用开关式电磁阀控制。

在普通制动系统的工作状态下，制动压力通过常开的输入电磁阀到制动泵。如果系统进入防抱死制动状态，ABS 电控单元发出指令，使输入、输出电磁阀适时打开和关闭，让制动分泵的压力快速变化（增压或减压），防止车轮在制动时被完全抱死。ABS 电控单元控制速度很高，它可以从防抱死制动过程中打开，关闭相应的输入、输出电磁阀，频率高达每秒 12 次。如果 ABS 系统出现故障，输入电磁阀始终常开，输出电磁阀始终常闭，使普通制动系统能正常工作而 ABS 系统不能工作，直到系统故障被排除为止。

（1）常规制动状态

在制动初期，驾驶员踩下制动踏板，轮速传感器无抱死信号传至 ABS 控制器，此时电磁阀无电流通过。主缸的制动液在压力的作用下，经过输入电磁阀（常开阀）直接作用到制动轮缸。而输出电磁阀（常闭阀）也无电流通过，处于关闭状态。制动主缸与制动轮缸直通，主缸中的制动液直接进入轮缸，轮缸的制动液压随主缸的液压而改变，主缸的液压直接由驾驶员脚踩制动踏板控制。此时 ABS 实际处于不工作状态，制动系统处在常规制动状态（如图 6 所示）。

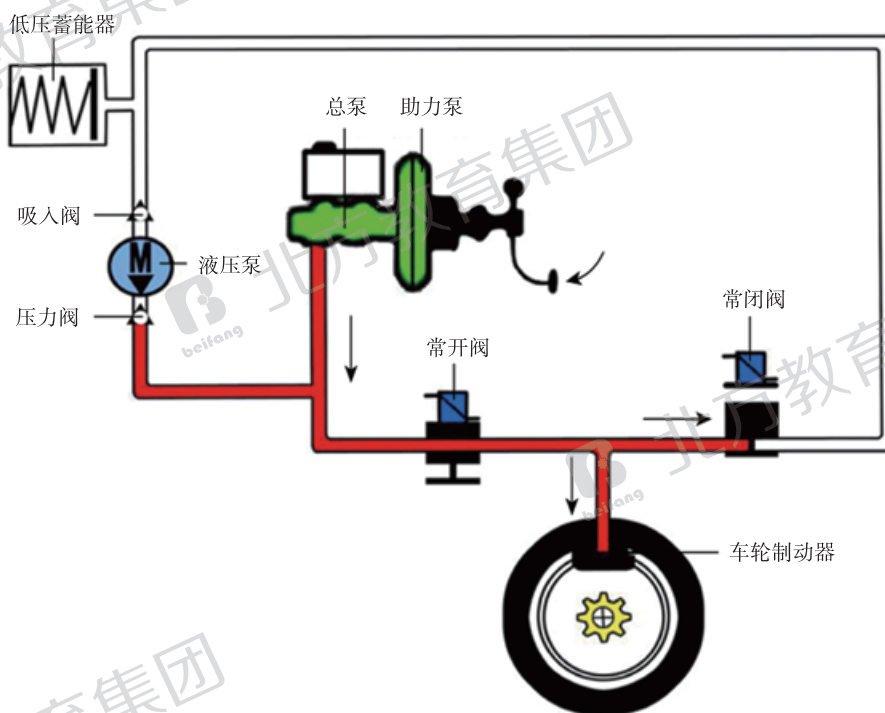


图 6 常规制动示意图

（2）保持工作状态

此时轮速传感器已经感知车速明显下降，将车速信号传送到 ABS 控制器。控制器给输入电磁阀（常开阀）一个电流使其关闭。这样制动主缸高压力的制动液将不能送入轮缸，制动液将停留在主缸与常开阀之间。轮缸的制动液由于常开阀关闭，有一定压力的制动液停留在轮缸和常开阀、常闭阀之间继续给轮缸施加压力（如图 7 所示）。

（3）减压工作状态

此时轮速传感器已经感知车轮将要抱死，将此信号传送到 ABS 控制器，控制器给输出电磁阀（常闭阀）一个电流使其打开。高压的制动液返回暂时存放在低压蓄能器（如图 8 所示）。

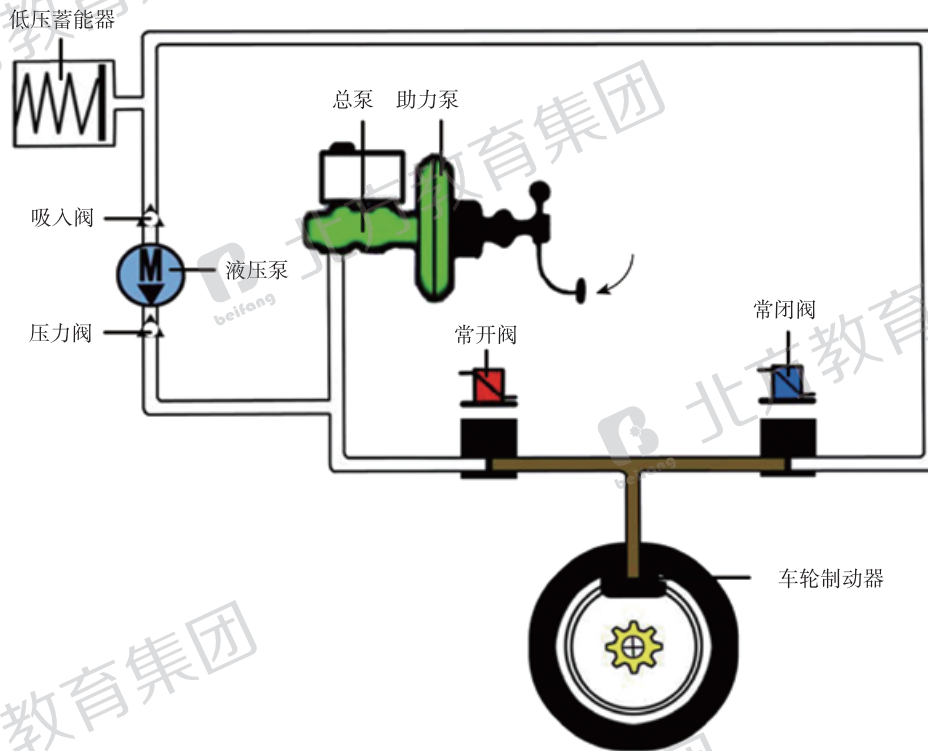


图 7 保持工作状态示意图

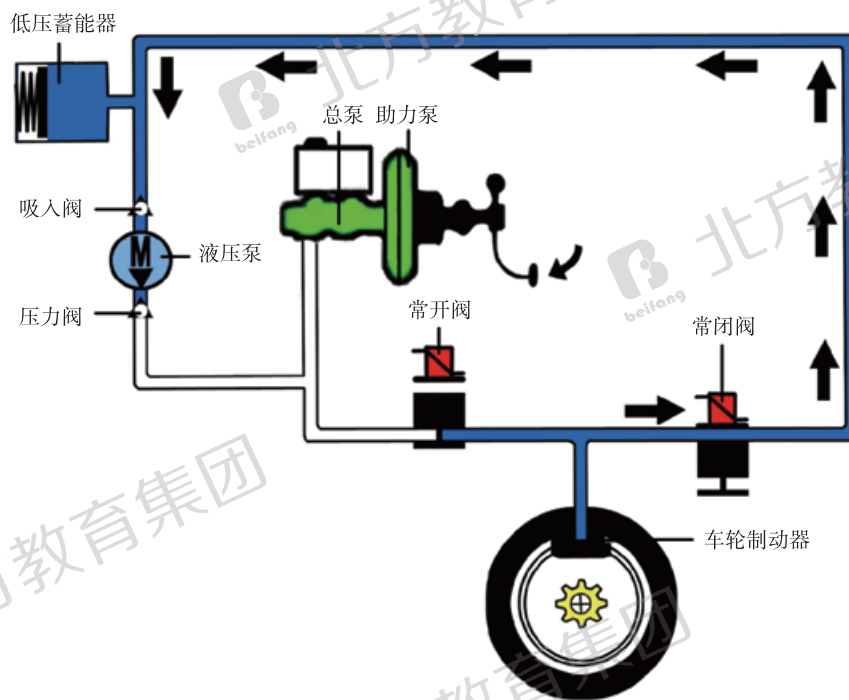


图 8 减压工作状态示意图

(4) 加压工作状态

制动轮缸的油压经常闭阀卸压，车轮制动力下降。车速开始上升。此时 ABS 控制器再次给常开阀和常闭阀断电。给 ABS 液压泵施加电流使其工作。制动踏板和 ABS 液压泵同时给制动轮缸施加制动力。这样反复循环控制，将车轮的滑移率控制在 15%-20%，达到最佳控制目的（如图 9 所示）。

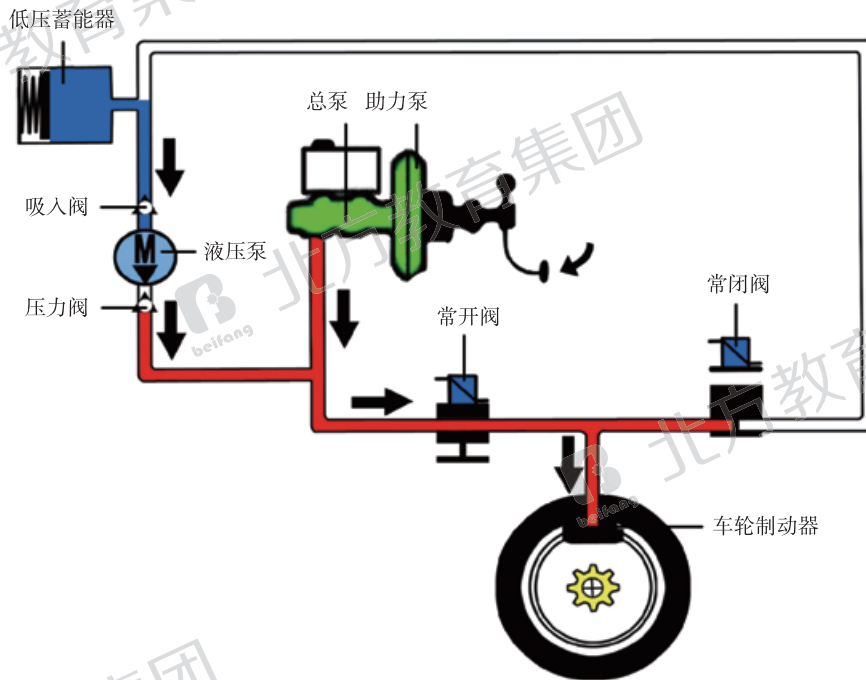


图 9 加压工作状态示意图

(5) 回油工作状态

当制动结束，驾驶员松开制动踏板，ABS 控制器将给常闭阀一个电流使其打开，此时储存在低压蓄能器的制动液通过常闭阀回到制动总泵上的蓄油器中。这样 ABS 一个工作循环结束（如图 10 所示）。

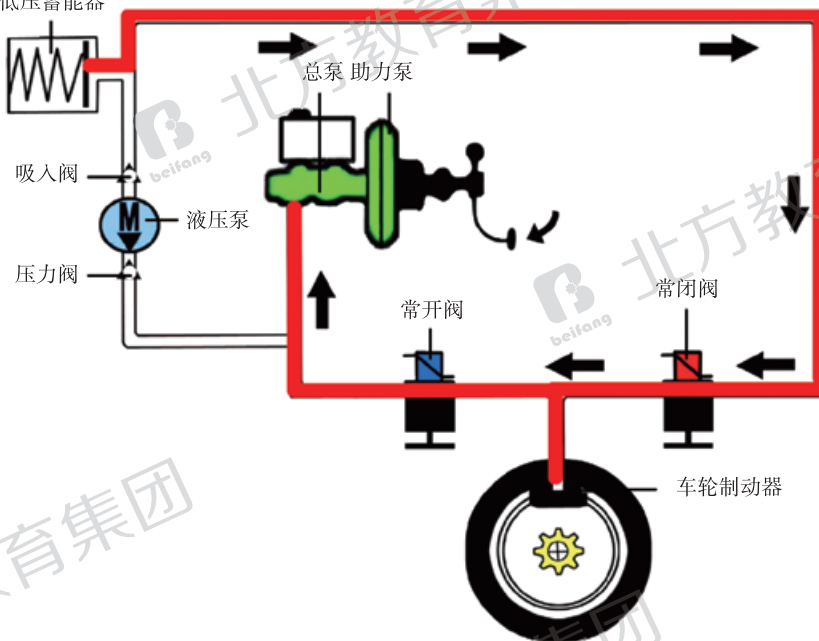


图 10 回油工作状态示意图

2. 三位三通式电磁阀压力调节器工作原理

早期应用较为广泛的循环式调节器是三位三通式电磁阀液压调节器。在 ABS 工作时车轮制动轮缸中压力的调节。4 通道制动系统中，一个车轮拥有一个三位三通电磁阀；三通道系统中，每个前轮拥有一个，两个后轮共用一个。

(1) 三位三通电磁阀液压调节器结构

如图 11 所示，三位三通电磁阀液压调节器由制动总泵、制动踏板、电磁阀线圈、电动机、油泵、单向止回阀、储油器、电磁阀柱塞、电磁阀、制动分泵、传感器、车轮脉冲齿圈、控制器 ECU 等组成。

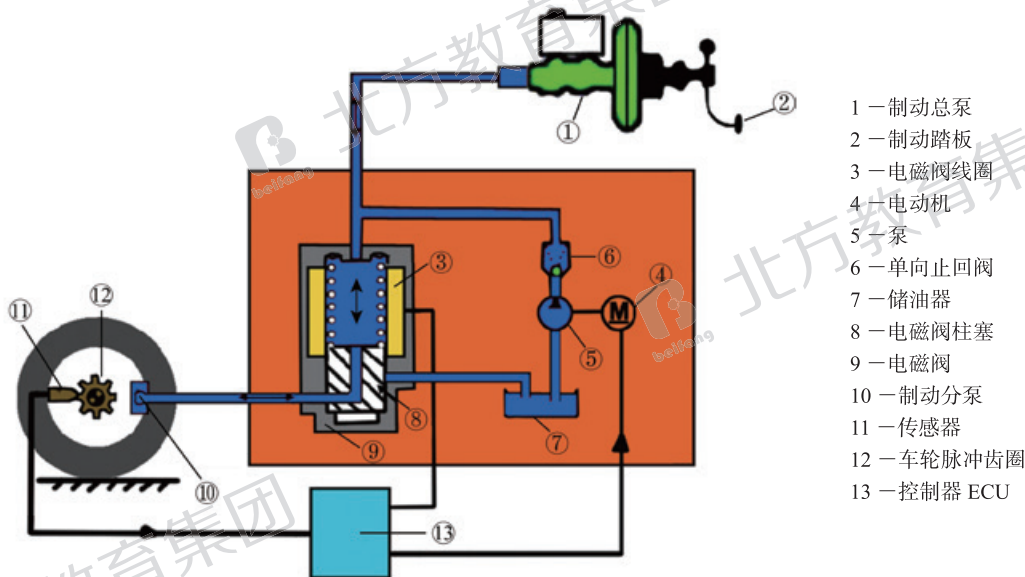


图 11 三位三通电磁阀液压调节器结构示意图

(2) 工作过程

1) 加压工作状态

在制动初期，驾驶员踩下制动踏板，中央控制器无激励信号传至电磁阀线圈，此时在主副弹簧的弹力作用下，进油阀开启，制动主缸与制动轮缸直通，主缸中的制动液直接进入轮缸，轮缸的制动液压力随主缸的液压力而改变，主缸的液压力直接由驾驶员脚踩制动踏板控制。此时 ABS 实际处于不工作状态，回油泵也不工作，制动系统处在常规制动状态（如图 12 所示）。

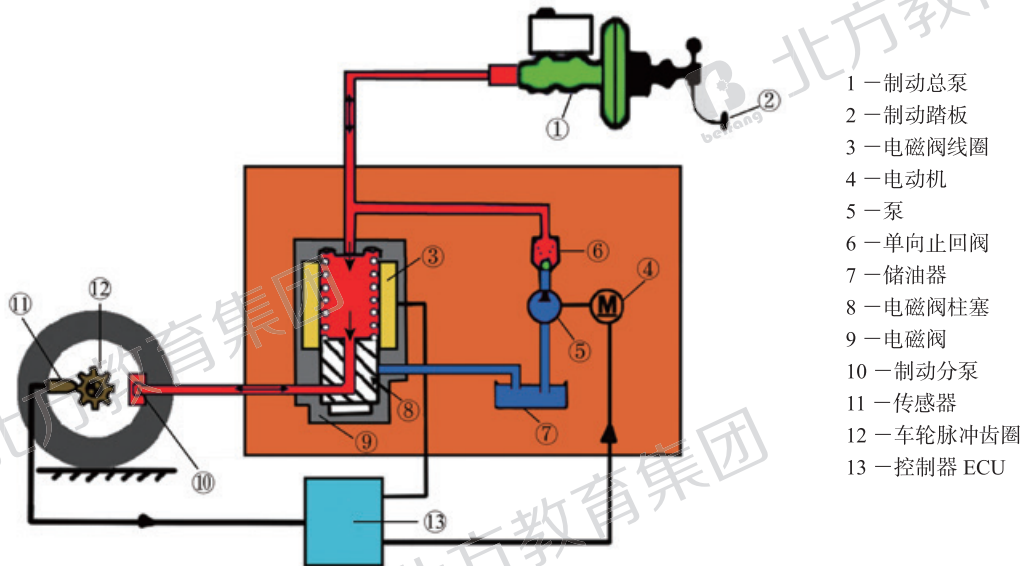
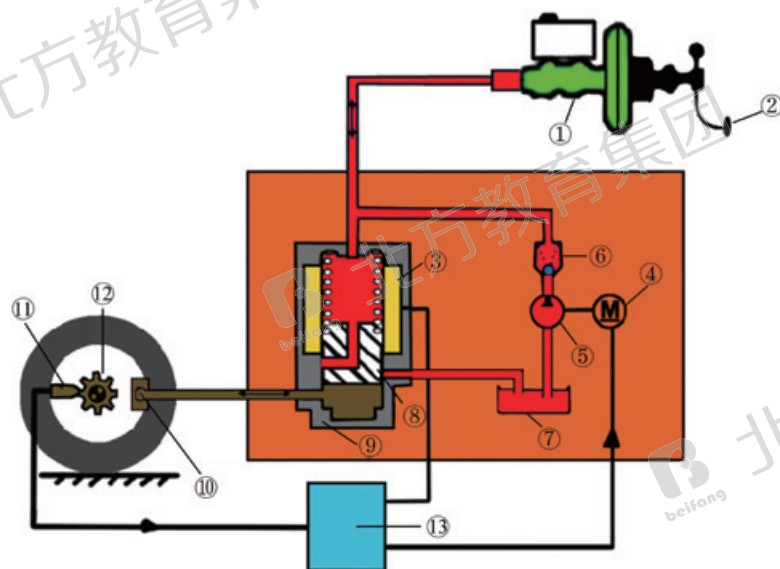


图 12 加压工作状态示意图

2) 保持工作状态

此时电磁阀线圈中有一个较小的保持电流通过，柱塞移到“保持”位置，制动主缸、轮缸及储液器彼此隔离，轮缸中保持一定的制动压力。此时驾驶员不能通过踏板控制车轮的制动，车轮的制动处于 ABS 控制状态，回油泵电路接通，将储液器中的油泵入制动主缸，以备减压时储油（如图 13 所示）。

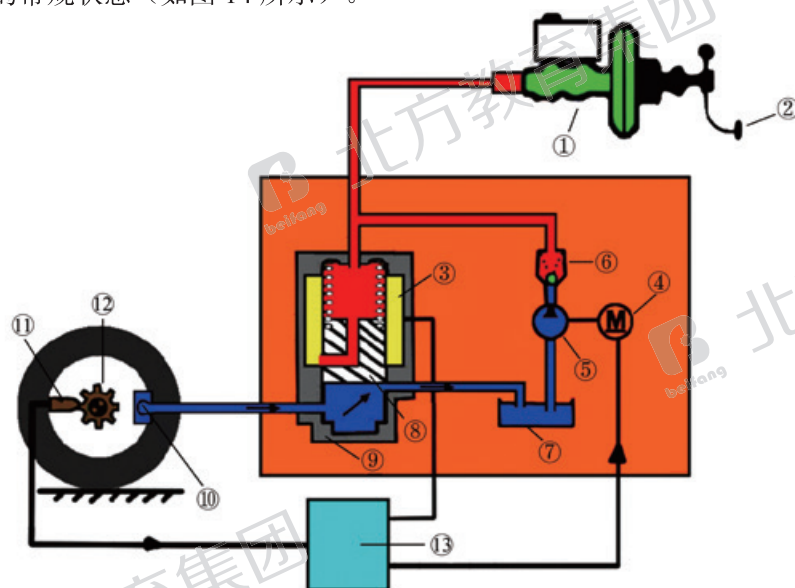


- 1—制动总泵
- 2—制动踏板
- 3—电磁阀线圈
- 4—电动机
- 5—泵
- 6—单向止回阀
- 7—储油器
- 8—电磁阀柱塞
- 9—电磁阀
- 10—制动分泵
- 11—传感器
- 12—车轮脉冲齿圈
- 13—控制器 ECU

图 13 保持工作状态示意图

3) 减压工作状态

此时电磁阀线圈中有较大的电流通过，柱塞移到“减压”位置，卸荷阀打开，制动主缸与轮缸隔离，轮缸与储液器接通，轮缸中的制动液经电磁阀流入储液器，轮缸对车轮的制动力下降。同时，回油泵保持高速旋转状态。根据实际情况，一旦轮缸压力被释放降低，电磁阀就转换到压力保持或压力上升前准备的常规状态（如图 14 所示）。



- 1—制动总泵
- 2—制动踏板
- 3—电磁阀线圈
- 4—电动机
- 5—泵
- 6—单向止回阀
- 7—储油器
- 8—电磁阀柱塞
- 9—电磁阀
- 10—制动分泵
- 11—传感器
- 12—车轮脉冲齿圈
- 13—控制器 ECU

图 14 减压工作状态示意图

3. 可变容积式压力调节器

上述这两种制动压力调节器是由 ECU 通过电磁阀直接控制轮缸制动压力的，称为直接控制制动压力调节器。

还有一种制动压力调节器，其特点是 ABS 电磁控制与轮缸制动力的液压控制是分开的，即 ABS 不是直接通过电磁阀控制轮缸制动压力的，而是在结构中增加一个动力活塞，由它控制汽车制动管路压力，称为间接控制制动压力调节器，也叫可变容积式压力调节器（早期进口车上使用使用）。

(1) 常规制动状态

在常规制动时，电磁阀线圈无电流，柱塞所处位置使活塞工作腔与储液器接通，制动液向储液器回流，活塞在弹簧复位力作用下推至最左，活塞顶杆将单向阀打开，使制动主缸与轮缸接通，轮缸制动力直接由踏板控制，ABS 停止工作（如图 15 所示）。

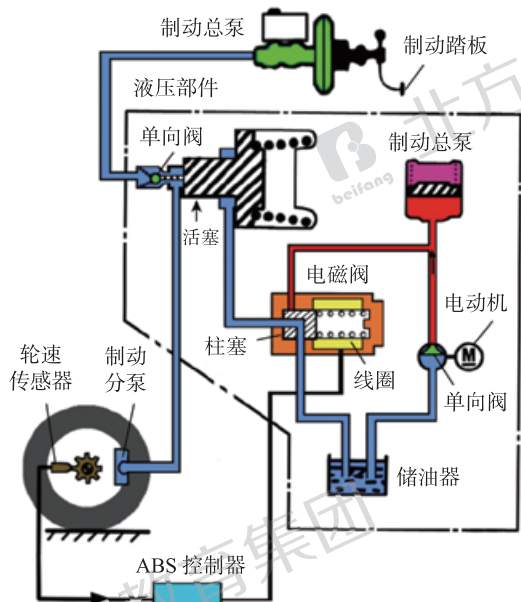


图 15 常规制动示意图

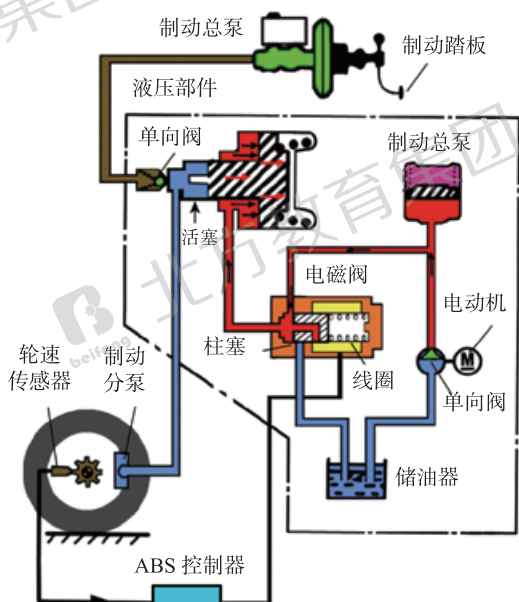


图 16 减压工作状态示意图

(2) 减压工作状态

动力活塞右移，单向阀关闭，主缸和轮缸之间的通路被切断。电磁阀通入较大的电流，电磁阀内的柱塞移到右边，储液器中储存的高压液体通过管路作用在动力活塞的左侧，产生一个与弹簧力方向相反的作用力。因动力活塞右移，轮缸一侧的管路容积增加，从而其制动压力减小，制动压力减少的幅度决定于轮缸侧管路容积的增加量（如图 16 所示）。

(3) 保压工作状态

给电磁阀通入较小的电流，电磁阀柱塞移到左边，作用在活塞左侧的液压得以保持，动力活塞两端承受的作用力相等。因此动力活塞静止不动，管路容积也不发生变化，能够保持制动压力（如图 17 所示）。

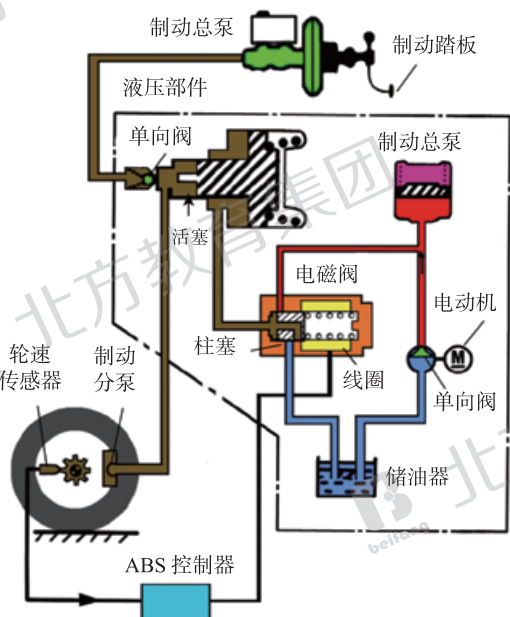


图 17 保压工作状态示意图

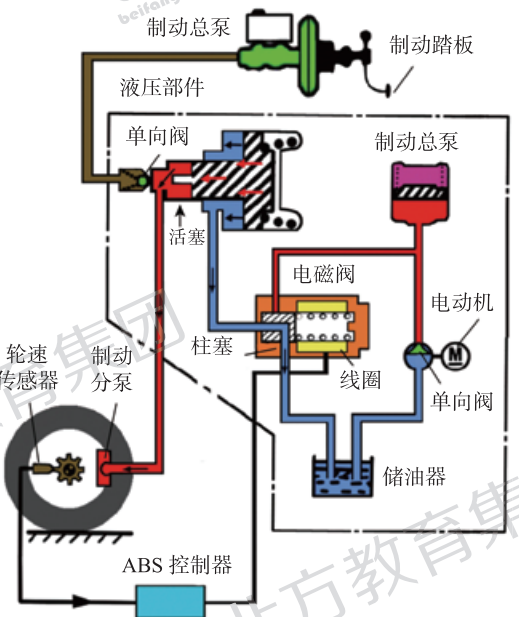


图 18 增压工作状态示意图

(4) 增压工作状态

动力活塞准备左移，将要返回常规制动位置。这时，由于电磁阀断磁，柱塞回到左端初始位置，作用在动力活塞左侧的高压被解除，动力活塞受力失去平衡，制动液泄入液压油箱。轮缸侧容积增加量在此期间减小，制动压力增加至初始值（如图 18 所示）。

这种方式的特点是通过改变电磁阀柱塞的位置来控制动力活塞的移动，改变轮缸侧管路容积，利用这种变化间接地控制制动压力的增减，其制动压力的增减速度取决于动力活塞的移动速。