

第六章 动力转向系统

第一节 动力转向系统结构原理

一、转向系统的组成

陕汽重卡X3000汽车采用整体式液压常流动力转向系统。其转向机采用循环球螺母式，因此又称之为“循环球螺母整体式动力转向系统”。

如图1-1，该车转向系统由两部分组成：转向机械部分和转向助力部分。转向机械部分由方向盘、转向机、转向拐臂、横拉杆、直拉杆和转向节等组成。转向助力系统由四部分组成：动力源(包括助力油泵、安全阀、流量控制阀)、操纵装置(包括安置在转向机内的方向控制阀、定心装置)、执行机构(安置在转向机内的油缸活塞以及外部辅助动力油缸)和辅助装置(包括储油罐、滤清器和管线)。

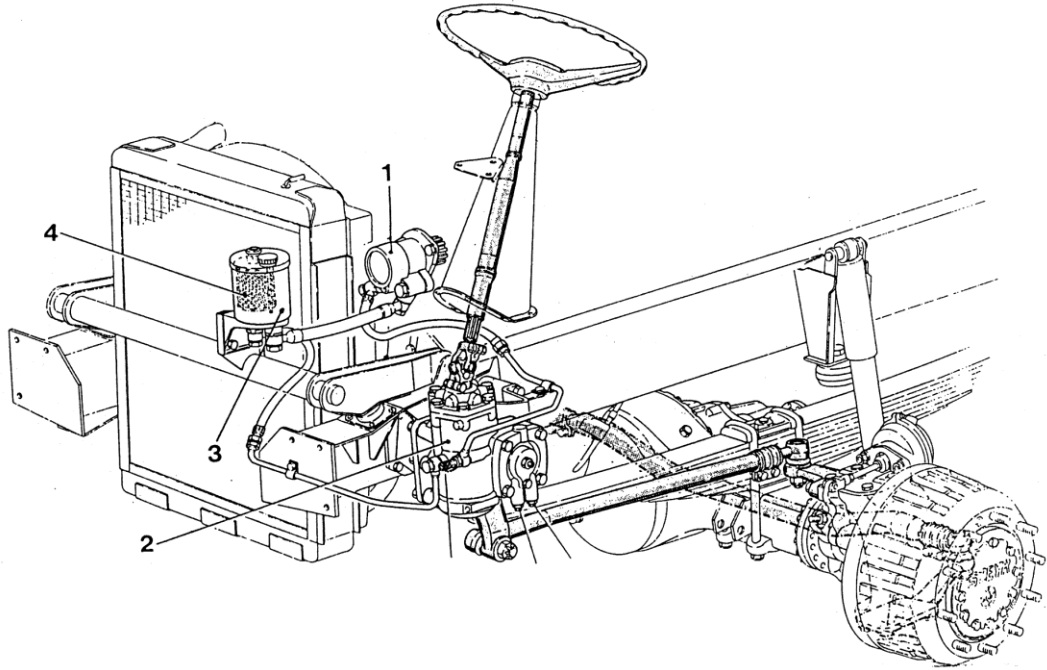


图1-1 新M3000转向系统的组成

二、转向助力泵

转向助力泵为转向助力提供动力源。

陕汽重卡汽车一般配套德国ZF7672、ZF7673和ZF7674三种型号转子叶片泵。其性能参数见表1-1。国产化后部分采用国产泵，转向助力泵安装在柴油机正时齿轮室上，由凸轮轴正时齿轮带动助力泵驱动齿轮旋转。

表1-1 转向助力泵性能

型号	转速 (转/分)	流量 (升/分)	排量 (毫升/分)	最大 压力 (巴)	流量检测			叶片 宽度 (毫米)	重量 (公斤)	生产 厂家
					转速 (转/分)	压力 (巴)	最小 流量 (升/分)			
ZF 7672	750~3900	6~16	13.5	130	500	50	5.5	16	4.7	四川汽 车制造 厂
ZF 7673	500~3500	9~20	15.5	130	500	50	6.6	19.5	4.3	
ZF 7674	500~3500	12~25	20.5	130	500	50	8.0	23.5	4.4	
VOP306 -A168/160H1	500~3900	20	19.2	150	500	50	6.6			大连液 压件厂

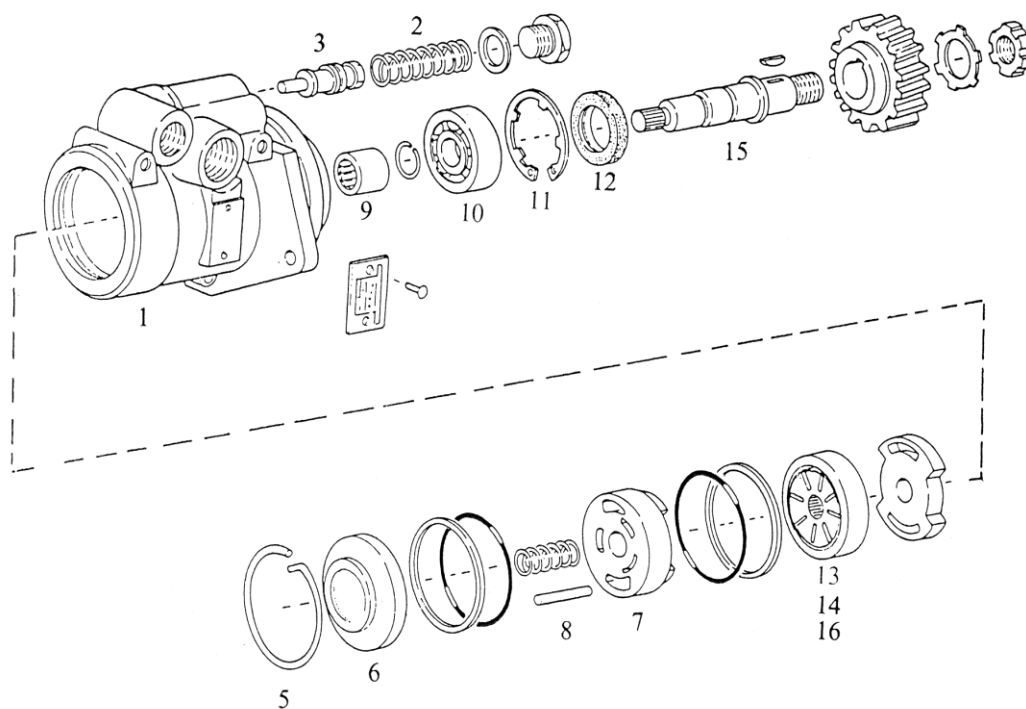
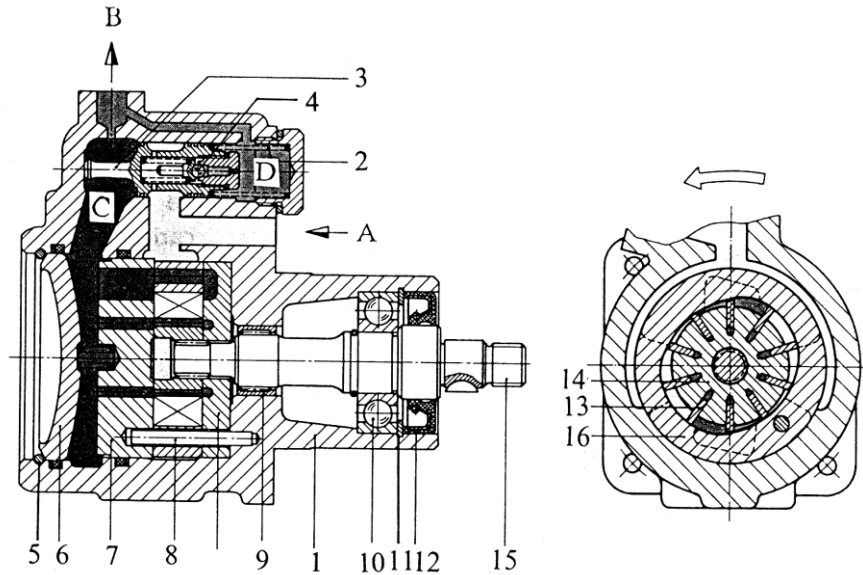


图1-2 助力泵的结构1

转子叶片泵的结构如图1-2，它主要是由泵壳1、转轴15、叶片13和转子14以及转子外圈16组成。为了确保转子油泵的输出排量基本稳定(不随转速变化而变化)，以及限定输出压力的最大值，在泵的输出端还安装有流量控制阀3和安全阀4。

转子泵安装在发动机正时齿轮壳上，由凸轮轴齿轮带动泵驱动齿轮旋转。



1. 泵壳 2. 弹簧 3. 流量控制阀 4. 安全阀 5. 端盖卡簧 6. 端盖 7. 分油盘 8. 定位销 9. 滚针轴承 10. 轴承 11. 轴承卡簧 12. 油封 13. 转子叶片 14. 转子 15. 转子轴 16. 转子外圈 A. 进油口(低压) B. 出油口(高压)

图1-2 转子叶片泵结构2

当柴油机工作时，叶片泵旋转，泵体内安装于转子槽内的叶片，在离心力和油压作用下，紧贴泵体内曲面运动。叶片与叶片之间形成密封工作腔。密封工作腔容积逐渐缩小的区域形成压油腔，密封腔容积逐渐增大的区域形成吸油腔。泵每旋转一周，完成吸油压油动作两次，由于吸油腔与压油腔是对称分布的，作用轴上的液压径向力平衡。泵的排量是由转子叶片的宽度和转速决定的。泵的输出压力是转向系统的阻力决定的。为限定最高泵压，在泵体内设置有安全阀4，当转向系统外部负荷增大到使泵压达150巴(15MPa)时，安全阀打开卸荷。为保证泵排量基本恒定，泵体内设置流量控制机构，它是由节流孔和流量控制阀3组成。泵转速较低时，阀3在回位弹簧作用下保持在图2-3所示位置，此时阀3将出油腔与进油腔封闭。随泵转速提高泵排量也增大，由于节流孔的节流作用，使阀3的前、后油腔C和D形成压力差 $\Delta P = P_C - P_D$ ，该压差随泵排量的增大而增大。当泵转速增大到设定转速、即泵排量达到一定数值时，C、D两腔形成的压差 ΔP 足以克服回位弹簧的预紧力，此时在压力差的作用下阀3将向右移动，从而打开出油腔与进油腔的通道，部分排量形成内部循环，泵排量越大，压差 ΔP 越大，阀3的开度就越大，内部卸流量就越大，从而保证输出的排量基本恒定。

三、转向机

陕汽重卡X3000汽车采用整体式动力转向机构，因此转向助力油缸、分配阀与转向机构成一体，结构较为复杂。下面我们分别介绍ZF8098型转向器的工作原理和使用维修。

图1-3 ZF8098型转向机结构。

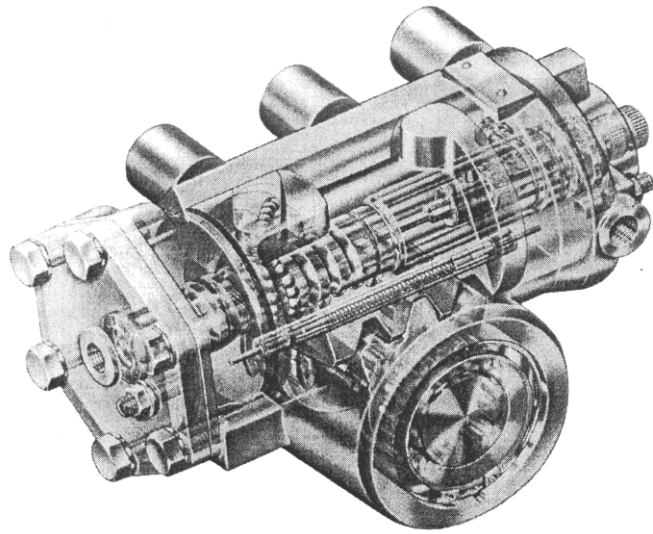
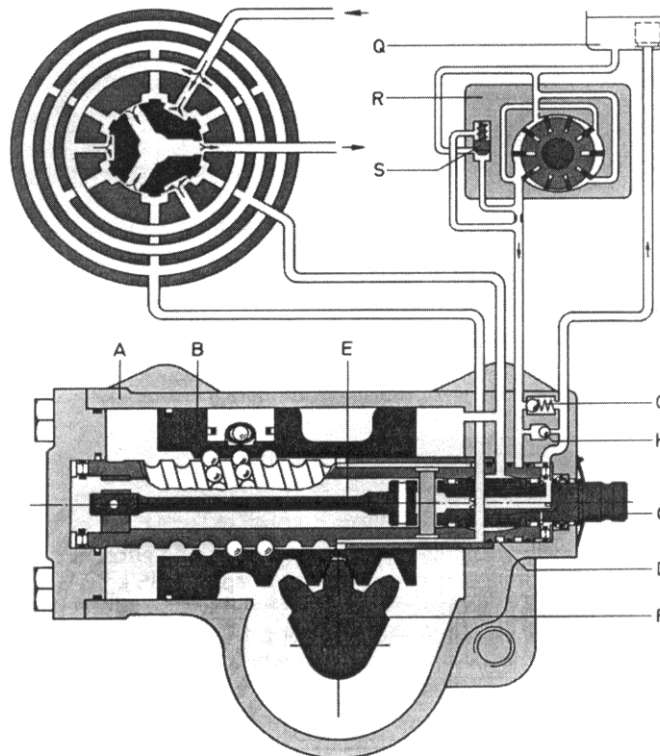


图1-3 ZF8098转向机

如图1-4，ZF8098转向机由控制阀、动力油缸和转向机械部分组成。

转向机所需的压力油由发动机驱动的转向泵供应，油罐接受由转向机流回的低压油，同时向转向泵供油。



- A. 壳体 B. 活塞 C. 转向轴转阀 D. 阀套蜗杆
- E. 扭力杆 F. 摇臂扇齿轴
- G. 安全阀 H. 充油阀 Q. 油罐
- R. 转向泵 S. 恒流阀

图1-4 ZF8098转向机

壳体 (A) 和活塞 (B) 组成一个油缸，活塞将转向轴 (C) 的旋转运动转换为直线运动，同时使拐臂扇齿轴 (F) 旋转。

通过一圈钢球，活塞（B）和蜗杆（D）相应运动，当蜗杆旋转，钢球依次进入蜗杆面，通过循环管，钢球在蜗杆上可以循环往复。

控制阀由转阀（C）和阀套（D）组成，它们在圆柱面上分别开有6条沟槽。

扭力杆（E）通过固定肖分别与转阀和阀套连接，在方向盘不动时，使控制阀处于中位。

安全阀（G）可限制转向机的异常油压。

充油阀（H）在转向机动作而转向泵不工作时，通过回油管向转向机内补油。

与固定速比的转向机相比，可变速比的转向机在中位附近的速比较小，保证此时转向的灵敏度。在停车大角度转向时，转向机的速比较大，可使摇臂扇齿轴获得更大的液压助力。

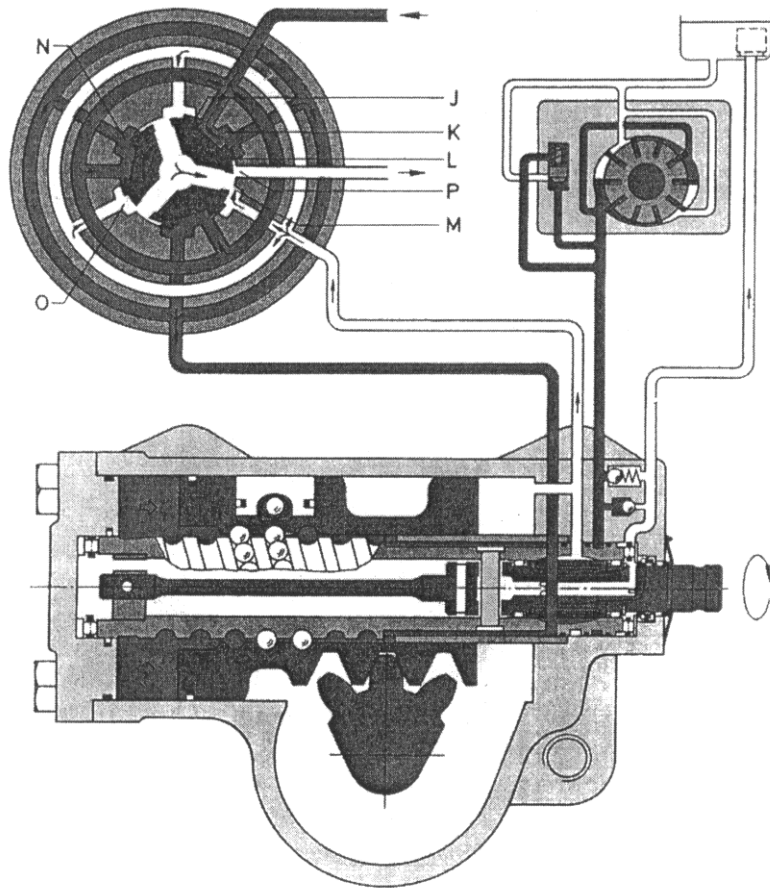
当液压助力失效时，打方向的力较固定速比的转向机要小。

当转向轴和阀套之间传递扭力时，扭力杆发生弹性扭转，在控制阀的转子和阀套间产生扭转力，使阀套偏离原来的中间位置。

当方向盘不动时，扭力杆使控制阀回到中位。通过转向机壳体上的油道，油液进入阀套的年轮状沟槽，经过3个对称的径向孔到达转轴的弧形控制槽。

转子上的控制槽和阀套上的控制槽间的位置相对，如图2-13，油液经过进油缝（J和K），到阀套上的弧形轴向槽（N和O），然后油液即可通过轴向油道到达助力活塞的一端或两端。

当控制阀处于中位，油液到达助力活塞的两端，然后经过转子上的3个回油槽（P）返回油罐。



. 进油缝 K. 进油缝 L. 回油缝 M. 回油缝 N. 转向槽 O. 转向槽 P. 回油槽

图1-5 向右打方向时的工作原理

如图1-5，向右打方向时，方向盘向右转，控制阀转子上的控制沟槽顺时针偏转，进油缝（K）打开较大，让油液通过，另一进油缝（J）关闭，阻止油液流到阀套上的轴向槽（O）。这样油液只能从进油缝（K）流到阀套上的轴向槽（N），经过钢球滚道，至活塞左端。同时关闭另一个进油缝（J）防止油液回流到油罐，从而压力升高。

此时活塞右端的油液被排出，经过打开的回油缝（M）和回油槽（P），通过转子内的油道回油罐。活塞左端油腔压力升高，右端油腔卸荷，从而液压油推动活塞向右移动。

如图1-6，当方向盘向左转时，控制阀转子上的控制沟槽逆时针偏转，油液通过打开进油缝（J）和轴向槽（O），至活塞右端。

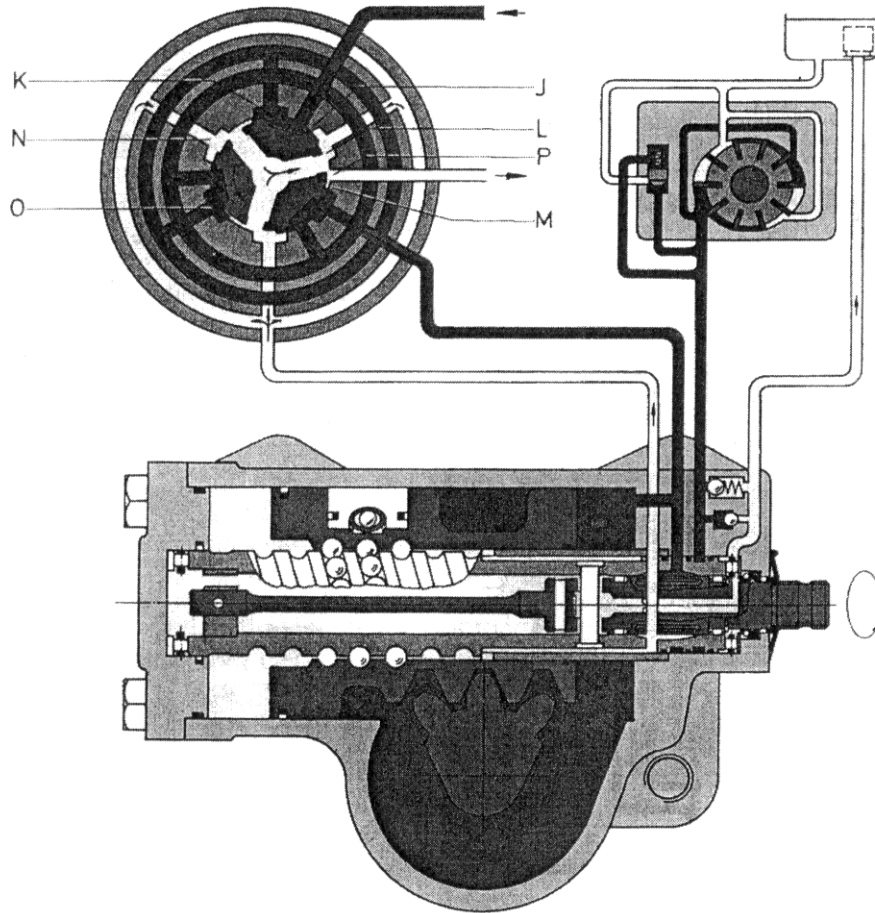


图1-6 向左打方向时的工作原理

活塞左端的油液通过回油槽（P）、钢球滚道和回油缝（L），再经过转子内的油道回油罐。

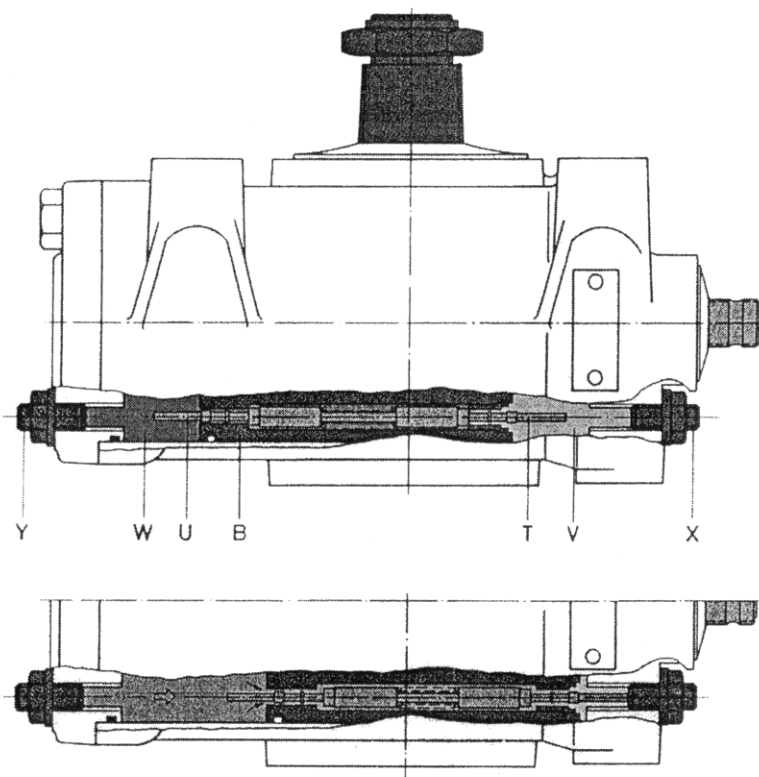
活塞右端压力大，活塞将向左移动，从而实现助力。

在打方向盘时，液压就像上述过程产生助力作用。一旦方向盘停止转动，开始时高压腔的油压仍然继续推动活塞向低压腔方向移动，由于转阀与转向轴C是一体的，在活塞继续向低压腔移动和扭力杆E（见图2-12）的回位作用下，使与蜗杆C对应的阀套回到与转阀对中的卸荷位置，从而使活塞左、右腔同时与回油相通，液压助力随即停止，从而体现了“方向打多少、助力多少。方向盘停止，助力立即消失”的随动作用。

如图1-7，在转向机内安装有左、右两个转向限位阀。转向限位阀防止以最大工作压力将转向机转到极限位置，从而保护转向机和转向泵，不致因高压而损坏机件和防止油温过高。

双作用的液压转向限位阀由2个有弹簧的阀芯（T和U）构成，安装在活塞上，

两端突出活塞。



T. 右侧阀芯 U. 左侧阀芯 V. 活塞右腔 W. 活塞左腔 X. 右侧调节螺钉 Y. 左侧调节螺钉

图1-7 转向限位阀工作原理

当活塞右移到接近极限位置，右侧阀芯（T）被右侧调节螺钉（X）顶入活塞，左侧阀芯（U）在压力作用下被推入活塞，活塞左腔的油液经过限位阀孔减压后至活塞右腔与低压油路接通，产生卸荷。当活塞左移到接近极限位置时，同样两个阀芯都被打开而卸荷。从而保证在极限位置机件的安全。

当液压转向限位阀打开时，转向机仍然可向外打，但由于液压助力作用大为下降，方向盘上所需的转向力增大，直到到达转向的机械极限位置。

第二节 动力转向系统的检查与调整

一般来讲，转向机的拆装修理必须在规定的清洁条件下，以及必须要有一定修理技能的人员还要依据于一定的工具和设备才能完成。因此一般来说不允许不具备条件的单位进行拆装和修理。但是下面的工作却是用户以及修理部门可以、而且是必须进行的工作。

一、检查油量、加油与放气

在储油罐上安装有油尺，正常情况当柴油机不工作时，要求油量加致油尺的上限刻度为准，当柴油机以中速稳定旋转时，储油罐的油位高于上限刻度1~2厘米为正常。

当动力转向系统缺油时，可直接向储油罐中补充新油致上述标准。

当系统更换油或严重缺油在系统中已存在空气的情况下，补充新油的同时要进行放气。首先用千斤顶将汽车前轴顶起，启动柴油机在低速稳定转速下运转，随着向储油罐逐渐加注新油的同时，慢慢地转动方向盘从一侧极限位置转至另一极限位置反复进行，直至储油罐回油没有空气排出为止，将油补充至上述标准。

检查助力系统是否有空气有两个方法：一个是观察在发动机运转过程中，储油罐的回油口所回的帮助油是否还有气泡或助力油有乳化现象。另一种办法是在发动机停转时，将油加至油尺上刻线位置，然后发动机以中速旋转，观察油罐液面高出上刻线如果大于2厘米，说明系统内还存有空气。助力系统存有空气时，转向阻力系统在工作时还会产生噪音。

二、转向助力油泵的检查

转向助力泵是通过测量泵压来检查泵的好坏。

如图2-1，将泵至转向机的管线接头B拆开，在其间串接一个量程150巴（15MPa）的压力表C和开关D。

首先将开关D全开，启动柴油机并稳定在低转速范围运转，逐渐关闭开关D，注意观察压力表读数，直至将开关全部关闭，如果压力表指示150巴（15MPa） \pm 10%范围，则泵是正常的。如果泵压达不到规定值，则说明泵的流量控制阀、安全阀产生故障或泵损坏。泵压的检查应注意开关D要逐渐关闭，同时关闭时间不能过长，最多5秒。检查过程中柴油机要稳定在低速状态下工作。

三、转向限位阀的检查与调整

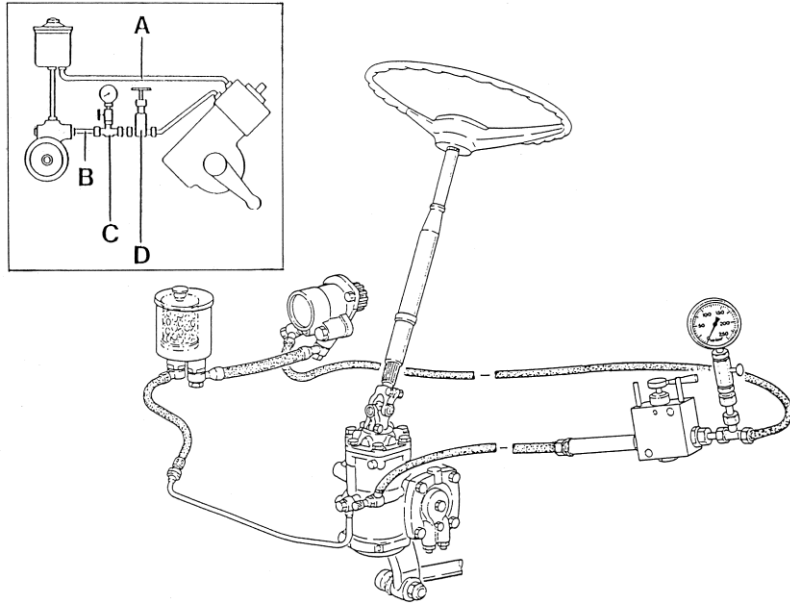


图2-1

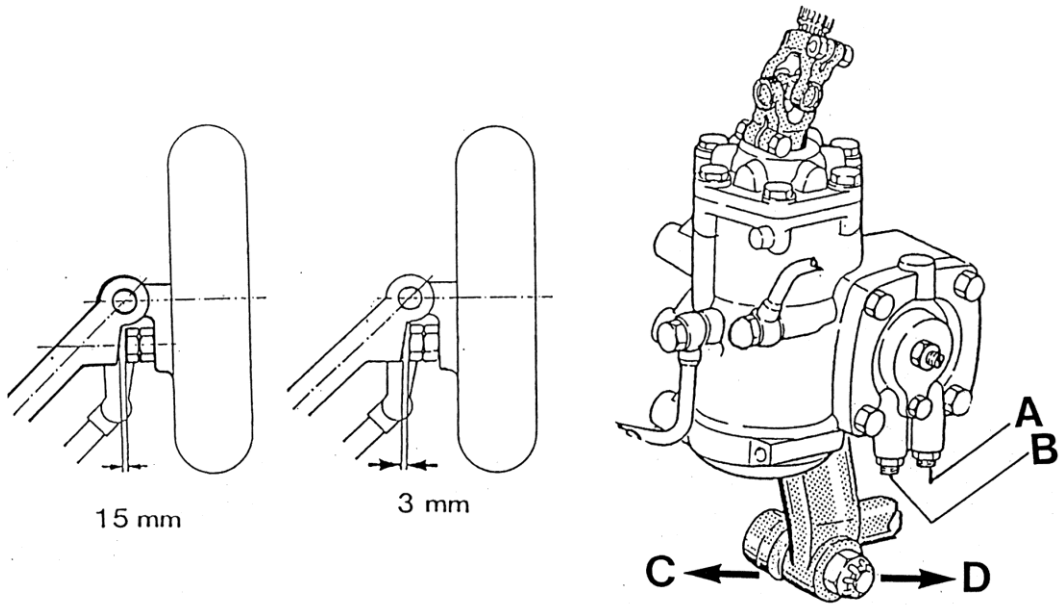


图2-2 极限位置用铁板定位

顺时针转动方向盘，当左前轮的限位螺钉与工字梁凸台夹住3毫米厚钢板时（注意不要让测试用钢板弹出，以免伤人），短时间（最多5秒）以100~200牛顿的力继续打方向，观察此时压力表读数应为40~50巴（0.4~0.5Mpa）。

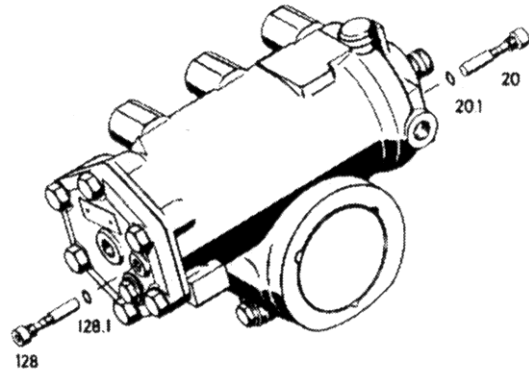


图2-3 自动调整的限位阀

如图2-4自动调节的限位螺钉是由一个滑套套在限位螺钉上，作用在滑套上的轴向推力可以将滑套在螺钉上移动位置，因此，活塞的极限位置就决定了滑套的位置。

注意：具有自动调节限位阀的转向机，从整车上拆卸下来之后，或在维修保养中将转向机摇臂与转向联杆（横、直拉杆）脱离、转向联杆与转向节拆离时，不允许将转向机打向极限位置，否则，会破坏已经自动调整好的限位阀。

限位阀的调整，只有在新转向机装车，将转向拉杆、转向节全部联接好，而且将转向节的限位螺钉（即汽车转向角）调整好之后才能进行。

调整完全是自动进行的，将前桥工字梁用千斤顶起，使轮胎脱离地面，将方向盘向一个方向直接打到极限位置，（转向节上的限位螺钉已顶到工字梁的限位凸台。注意：在这项调整中不需要在极限位置放置一块3毫米的钢板）。如图2-5，此时，活塞将滑套顶到极限位置，再向另一个方向重复上述操作，限位阀即调整完毕。

具有自动调整限位阀功能的转向机，在此项调整中无需借助转向测量器，因此操作简便可靠。

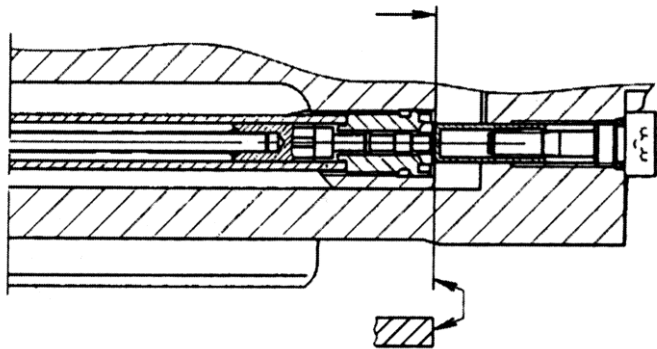


图2-4 自动调整的限位阀结构

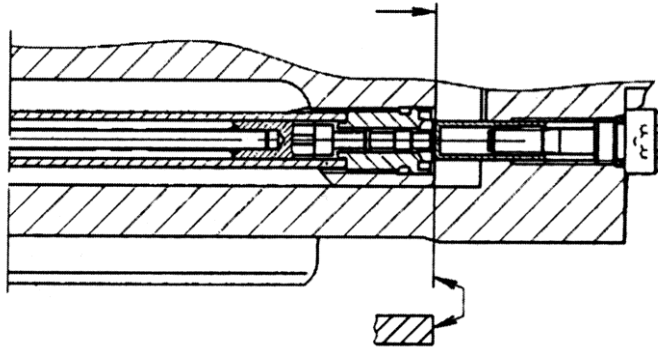


图2-5 滑套位置的确定

注意：转向机上、下端盖上的自动调整螺钉总成128和20（图3-5）是不能互换的。而且如果滑套螺钉的长度短了，不允许将滑套拔出再用，此时必须更换新的调整螺钉总成。

在实际工作中，如图2-6，当转向机将要到极限位置时，（相当于在工字梁凸台与转向节限位螺钉之间还有3毫米间隙时），限位阀的推杆已经顶到滑套，如果再向极限位置转动方向盘，限位阀就开始打开卸荷，直到完全极限位置，限位阀将全开，转向系统的压力将不再升高。

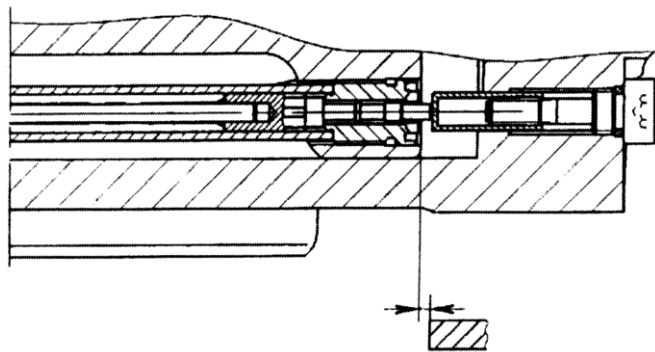


图2-6 限位阀的实际工作

四、转向机密封性的检查

在转向限位阀调整完毕之后，将前轴用千斤顶再次顶起使车轮脱离地面。如图2-2，在限位螺钉与前轴转向限位凸块之间放置一块约15毫米厚的钢板（具有自动调整限位阀的方向机，也需在限位螺钉与限位凸台之间放置一块15毫米厚的钢板），柴油机保持低速稳定运转状态，将前轮转至极限位置并继续向该转向方向拉动方向盘，观察压力表读数是否达到 $130 \pm 10\%$ 巴，如压力低于规定数值说明转向机内部泄漏，必须检查修理或更换。该项检查左、右两个方向都必须进行。

五、方向盘自由行程的检查与调整

将压力表更换成量程10巴的表头，柴油机保持低速稳定运转，将车轮转至直线

行驶位置，此刻测出的系统无负荷循环压力约5巴。然后向一侧慢慢转动方向盘直到表压上升1巴时，测量方向盘的这一侧游动量应小于20毫米。再测量另一侧方向盘游动量同样应小于20毫米，两则相加方向盘总自由行程应小于40毫米。方向盘自由行程主要取决于转向机活塞齿与转向轴扇形齿间的间隙。因扇形齿齿厚制成锥形结构，因此调整转向轴的轴向位置即可调整方向自由量。在方向机侧端盖上有一调整螺杆，向里旋进该螺杆可将自由行程调小，调整结束应将锁紧螺母锁紧。转向横直拉杆接头如果间隙过大会影响方向盘自由行程，检查时应预注意。

六、转向机的安装

在安装新的转向机到整车上时，应注意转向机中位的标记。

如图2-7，首先将前轮置直行位置，然后转动方向盘使转向机的输入轴上的标记与壳体上的中位标记对齐。将转向机固定在汽车支架上。然后将转向拐臂装到转向机拐臂轴上，并使拐臂上的中位标记与拐臂轴上的中位标记对齐。将拐臂锁紧螺母锁紧，并将锁母用冲子冲打到防松凹槽中，联接转向各连杆，调整转向限位阀，继而加油排气。

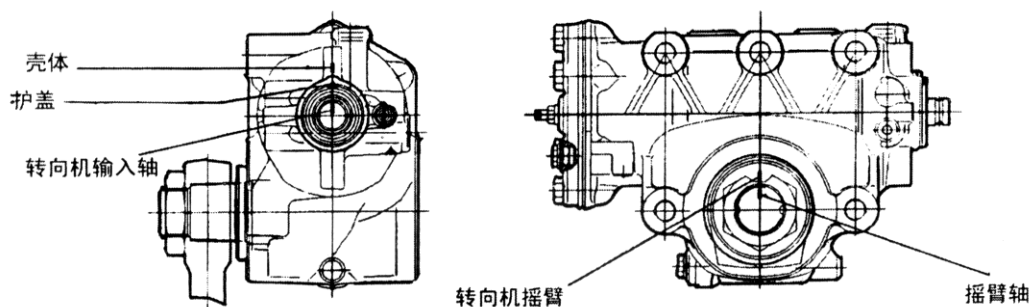


图2-7 转向安装标记

第三节 转向系统常见故障的排除

转向系统的故障不过是方向重与方向跑偏两种情况。在分析判断故障时应注意从两个方面去查找：一是转向系统的机械部分，另一方面是转向助力部分。转向系统常见故障以及排除如下：

一、两侧方向都沉重

如果遇有方向沉重的故障，特别是向两侧打方向都沉重，应当从两个方面去查找原因：一方面查找转向机械部分的原因，如果机械部分没有问题，再查找转向助力方面的原因。

引起方向沉重机械方面的原因主要在于转向节。长时间不保养，使转向立柱和衬套严重缺油、磨损甚至烧蚀，都会引起方向沉重。因此在保养时，必须向转向立柱空腔内注满润滑脂，而且每次注油时需用千斤将前桥支承起来，要注到立柱上、

下两支承面都有润滑脂挤出为止，此时说明立柱与衬套间已注入滑脂。转向立柱的平面止推轴承如果严重磨损，或是损坏，也会造成方向重的故障。

机械部分的故障可以用眼观察转向立柱、转向节的外观和用手搬动前轮来感受一下前轮左、右摆动的阻力来检查。如果通过检查转向机械部分没有问题，那么显然是转向助力部分产生故障。我们可以通过上一节介绍的方法，即迅速又准确地查出引起方向重故障的部位，然后通过拆检，查明故障的原因。

一般来讲引起方向重的原因有如下几种：

1. 助力泵故障

通过试验判断助力泵的泵压达不到标准值时，显然方向沉重与此有关。首先应检查流量控制阀与阀座的吃合面、安全阀钢球是否封闭不严。如果是流量阀或安全阀泄漏，可通过研磨的方法修复。其次再检查安全阀的弹簧是否失效。这点可通过在弹簧后面加垫片的方法予以检查，如果在弹簧后面增加一垫片后，最大泵压有明显增加，说明弹簧失效。如果这两个部位都无问题，则应拆卸解体助力泵，观察叶片泵的腔壁是否磨损和拉伤。因腔壁拉伤会使高、低压腔相通，从而造成压力建立不起来。一般拉伤的原因都是油脏所至。

如果方向突然沉重，则应检查是否泵轴断裂所致。

2. 转向机故障

通过检查如果发现是转向机助力油压较低时，说明方向重的原因在转向机。此时应请专业厂家来进行修理。一般来讲转向机故障大部分是由于活塞、缸筒拉伤、或是活塞上密封圈损坏造成活塞两腔相通，使助力压力不能有效地建立。此外，活塞圆周面上的各种密封圈、转向螺杆上的密封圈破损，也会造成高压卸荷，而使助力压力降低。

3. 缺油，系统有空气

如果助力系统缺油，造成系统内有空气，此时不仅转向沉重，而且在转向时还有噪音。此时按加油与放气的程序进行排气即可。

4. 储油罐内回油滤清器堵塞

储油罐内回油滤清器长期不保养、更换，造成堵塞，使助力油循环不畅，造成回油背压，同样会使方向沉重。

5. 两个限位阀的密封圈失效，使活塞两腔相通造成助力失效。

二、单边转向沉重

在实际中往往发生向一个方向转向轻快，而向另一个方向转向沉重的故障，这一般是由于负责密封一侧高压腔的密封件漏损所至。例如转向螺杆密封圈、活塞圆周上油道密封圈等。还有一种情况应当注意，那就是转向沉重一侧的限位阀封闭不严。封闭不严可能是调整不当，使该限位阀大部分在常开位置，或是阀与阀座封闭不严，更多的情况是限位阀上两个“O”型密封圈失效所至。

有的时候会发生向某一方面转向时从头至尾都很轻，而向另外一个方向打方向

时，开始很轻，每打到某一个位置，方向就突然沉重。这种故障一般来讲是由于该方向的限位阀调整不当，使车轮还没有到极限位置时，限位阀就打开卸荷，此后方向立刻沉重。遇有此故障只要按上节所述进行限位阀的重新调整就行了。

三、转向时有异响

转向时有异响一般是机械部分，例如主肖与衬套损伤、立柱止推轴承损坏等造成。检查时可以左、右打方向，观察响声的部位进行拆检。

四、转向有噪音

转向时有“吱、吱”的噪音，严重时转向高压油软管都抖动，这显然是缺油进空气所致。按照上节所述放空气的方法将空气排净，故障自然消除。

五、快速打方向沉重

在转向时如果慢慢打方向，方向还轻。如果在急转弯时快速打方向，方向立刻就重。这说明在快速转向时，助力泵的有效排量不够，助力油对油缸高压腔的补充还跟不上活塞的运动，助力油压得不到建立，因而反映转向沉重的故障。这类故障主要在助力泵。如果助力泵流量控制阀泄漏、弹簧失效以及泵叶片与腔室表面严重磨损都会造成这种现象。

六、方向回位较困难

一般车辆都有转向自动回位的功能。液压助力的汽车，由于液压阻尼的作用，自动回位的功能有所减弱，但还应保持一定的自动回位的能力。如果回位时，也要象转向时那样施力，就说明回位功能有故障。这种故障一般都发生在转向机械部分。例如转向节主肖与衬套缺油而烧损、转向横、直拉杆接头缺油而锈蚀、方向盘与转向机联接的操纵轴万向节缺油或别劲以及转向机的转向轴扇齿与活塞直齿啮合太紧等等，都会造成这种故障。

七、方向摆动或跑偏

方向跑偏的故障首先应检查机械部分和外界因素。

汽车行驶在拱形路面的一侧上本身就有偏跑的倾向，当拱形较大时跑偏就较为明显。这是外界的因素造成的。

前轮两边轮胎气压不同、一边是新轮胎另一边是旧轮胎或左右胎磨损差异较大、前钢板错位(例如钢板中心螺丝断)、前轮定位偏差较大等都会造成方向跑偏。如果排除上述机械和外部因素，方向仍然严重跑偏，那就可能是转向机内控制转向螺母偏摆杆初始位置调整不当，使汽车直线行驶时，转向螺母在偏置位置，偏置的滑阀总使活塞某一侧产生高压助力，造成汽车自动跑偏。

如果汽车行驶时无规律地两边摆动，方向不好掌握，说明转向系统机械传动各机构较松旷。例如前轮轮毂轴承松旷、转向轴扇齿与活塞直齿间隙过大、横直拉杆球头松旷、转向机固定螺丝松旷、前轮定位有较大的偏差等等。前轮钢圈变形当然也会引起方向的抖动，如果排除上述的机械原因，则很可能是转向机内定位转向螺母的偏摆杆折断或松旷所致。

八、转向机漏油

转向机向外漏油不外乎是几个位置：转向机上盖、侧端盖和转向轴拐臂联接处。这三个部位都有密封圈，更换新的油封和密封圈就可解决。如果其它部位漏油就很可能是转向机壳体沙眼或裂痕。细小的裂痕和沙眼可以用乐泰290高渗透性密封胶来堵漏。

九、助力泵漏油

如果从助力泵后端盖漏油，显然是后端盖密封圈破损，这是比较容易发现的。实际中还有一种难于发现的故障，这就是转向油罐里的油不断减少(总需要补充)，而发动机油底内的机油却不断增多或者表面上看起来丝毫不烧机油。放出部分油底机油观察没有什么异常现象，也嗅不出什么其它的异味，这种情况显然是助力泵驱动轴端的油封漏油所致。助力泵低压油腔的液压油由油封漏至发动机正时齿轮室，流入油底。液压油与机油混合无法分辨。

十、部分制动时方向摆动

汽车在全负荷急刹车时工作正常，就是在轻轻踩刹车时前轮发摆。这一现象在许多车上都见到过。引起这一故障的原因是多方面的。但绝大部分是因前制动鼓失圆所致。当制动鼓失圆时，轻踩刹车会使左、右车轮分别间歇制动造成车轮发摆。前轮各部位联接松旷往往也会造成这种故障。

第四节 动力转向系统的使用与保养

新M3000重卡采用整体式液压助力转向系统，它在使用与保养中应注意如下几点：

1. 因助力泵采用转子叶片泵，转子叶片泵的最大优点就是体积小、效率高。然而对比其它泵来讲，叶片泵最大的弱点就是低压腔的吸油能力较低。因此，储油罐中的助力油滤清器，并没有安装在泵的吸油端，而是安装在转向机的回油端。换句话说，转向助力系统采用的是回油滤清方式。这种滤清器仅起一个系统净化的作用，即系统的机械磨料经滤清器过滤使助力油总保持纯净。如果储油罐里掉进脏物或机械杂质，那么很快就会直接被吸入助力泵，造成助力泵的早期磨损或拉伤。因此保持储油罐内的清洁是至关重要的。这就要求在更换或补充助力油时，应特别注意首先将储油罐擦干净，而且应在无尘埃的场地进行作业，特别是注意不要将脏污掉进储油罐。事实证明，助力泵以及转向机磨损、拉伤损坏的主要原因就是油脏。

2. 转向助力系统是高度精密的液压系统，因此在使用中应注意经常进行检查和调整。发生故障应及时处理，否则造成机件的磨损与损坏后，有时将会是不能修复的。往往因为一个很小的精密配合零件的损坏而造成整个部件的报废。

3. 转向助力系统使用专用的AFT自动传动油。国产N32号自动传动油可常年加注在助力系统。但这种油价格较高而且往往买不到。我们通常使用国产30D(30号低凝点)工程液压油来代用。这种油冬、夏通用。如果这种油也买不到时，夏季可使用30号工程液压油、冬季使用20号工程液压油代用。

切记不可以将不同品牌的油长期混装。

4. 在维修需要拆卸横、直拉杆，也就是当转向器和转向机械系统脱开时，应首先将前轮打正，临时采取措施，将转向器拐臂固定在垂直位置不动，待维修结束，把转向器与转向机械部分重新联接牢固后，再转动转向器。如果在转向器与转向机械部分脱开后，随意转动转向器，特别还将转向器转向极限位置，很可能将转向器极限调整阀改变极限位置而造成在极限位置时超负荷而损坏机件。

表4-1 转向系统故障排查表

故障现象	故障原因	故障排除
转向泵异响	油罐内油位过低	补油
	吸入空气	检修泄露 转向系统排气
	转向泵内的传动件损坏	分解大修转向泵更换损坏的零件 更换转向泵
转向系统无压力	转向泵内的控制阀芯卡阻	拆下阀芯 研磨 清洁 使其滑动自如 更换阀芯 更换转向泵
转向系统压力偏低	传动皮带松动	张紧传动皮带
	转向泵内的控制阀芯卡阻	拆下阀芯 研磨 清洁 使其滑动自如
转向泵流量不足	传动皮带松动	张紧传动皮带
	转向泵内的控制阀芯卡阻 弹簧失效	清洁阀芯 使其滑动自如 更换弹簧
转向泵漏油	转向泵油封密封件损坏	更换转向泵油封密封件
	转向泵壳体损坏	更换转向泵
左右打方向均偏重	油罐内油位过低	补油
	吸入空气	检修泄露 补油 转向系统排气
	转向柱或转向连杆卡阻	检修或更换卡阻的转向传动件
	油罐内滤芯堵塞	更换滤芯和油液
	转向泵损坏	分解大修转向泵, 更换损坏的零件 更换转向泵
单方面打方向重	转向限制器调节不当	重新调节转向限制器
	转向机不良	分解大修转向机 更换转向机
怠速快打方向重	吸入空气	检修泄露 补油 转向系统排气
	转向泵匹配过小或转向泵内部磨损	更换合适的转向泵
	油罐内油位过低	补油 检修泄露 转向系统排气
转向机异响	油罐内油位过低	补油 检修泄露 转向系统排气
	吸入空气	检修泄露 补油 转向系统排气
	转向泵损坏	分解大修转向泵 更换损坏的零件 更换转向泵
	转向机损坏	分解大修转向机 更换转向机
转向机漏油	外围件密封失效	更换外围件密封
	内部密封件失效	分解大修转向机 更换转向机
转向自动回位不良	转向柱或转向连杆卡阻	检修或更换卡阻的转向传动件
	转向机损坏	分解大修转向机 更换转向机
转向跑偏	转向连杆或悬挂定位不良	检修或更换相关零部件
	油罐内油位过低	补油 检修泄露
	转向机内转向间隙偏小	分解大修转向机 更换转向机

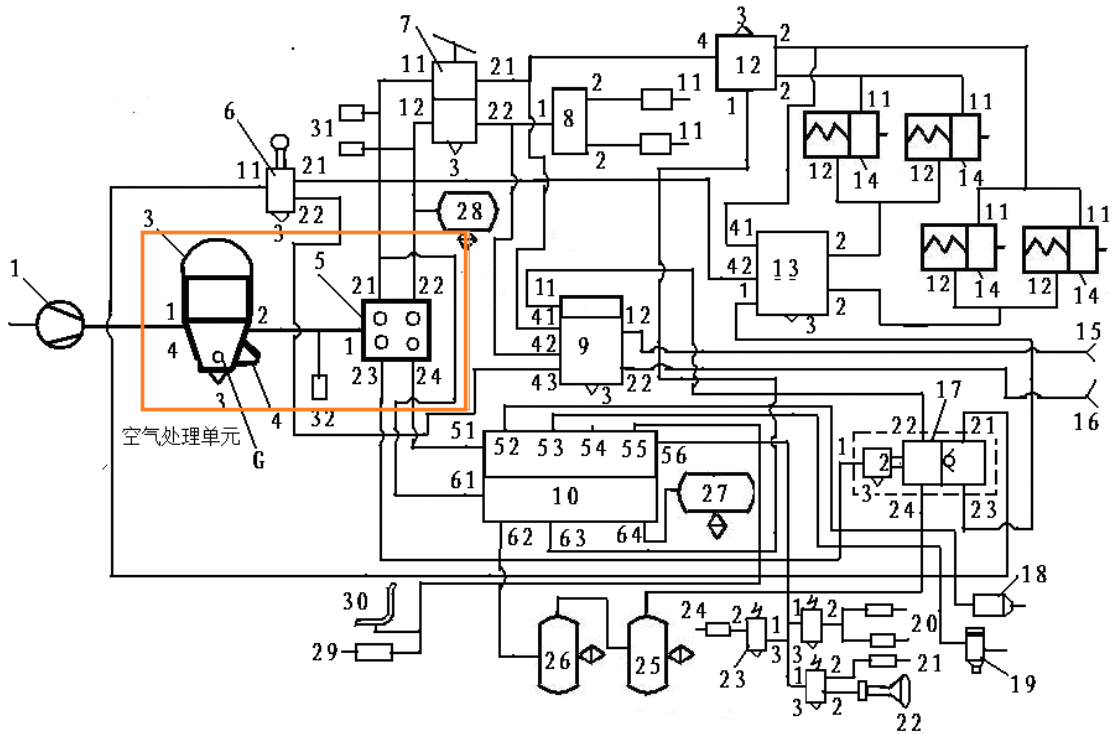
第七章 德龙新 M3000 制动系统

陕汽德龙 M3000 系列载货汽车制动系统采用双回路气制动系统，是目前重型汽车较先进的典型结构系统。

第一节 气路组成

德龙新 M3000 汽车的全车气路由气源部分、前桥制动回路、(中)后桥制动回路、驻车制动回路以及辅助用气回路五部分组成。其中驻车制动回路又分为主车和挂车两个驻车制动回路，全车气路组成如图 7-1 所示。图 7-2 为整车气路原理图。

德龙新 M30006X4 牵引车气路原理图见图 7-17。



- 1-空压机 3-干燥器 4-调压阀 5-四回路保护阀 6-手制动阀 7-制动总阀
- 8-匹配阀 9-挂车制动控制阀 10-多回路分气接头 11-前轴制动气室 12-继动阀
- 13-驻车继动阀 14-中/后桥制动气室 15-充气接头(红) 16-制动接头(黄)
- 17-带单向阀的五通分气接头 18-离合器助力分泵 19-变速器减压阀 20-轮间差速锁气缸
- 21-排气制动气缸 22-电/气喇叭 23-电磁阀 24-桥间差速器气缸 25/26/27/28-储气罐
- 29-驾驶室悬置气缸 30-座椅气缸 31-气压报警传感器 32-测试接头

图 7-1 德龙新 M3000 全车气路原理图

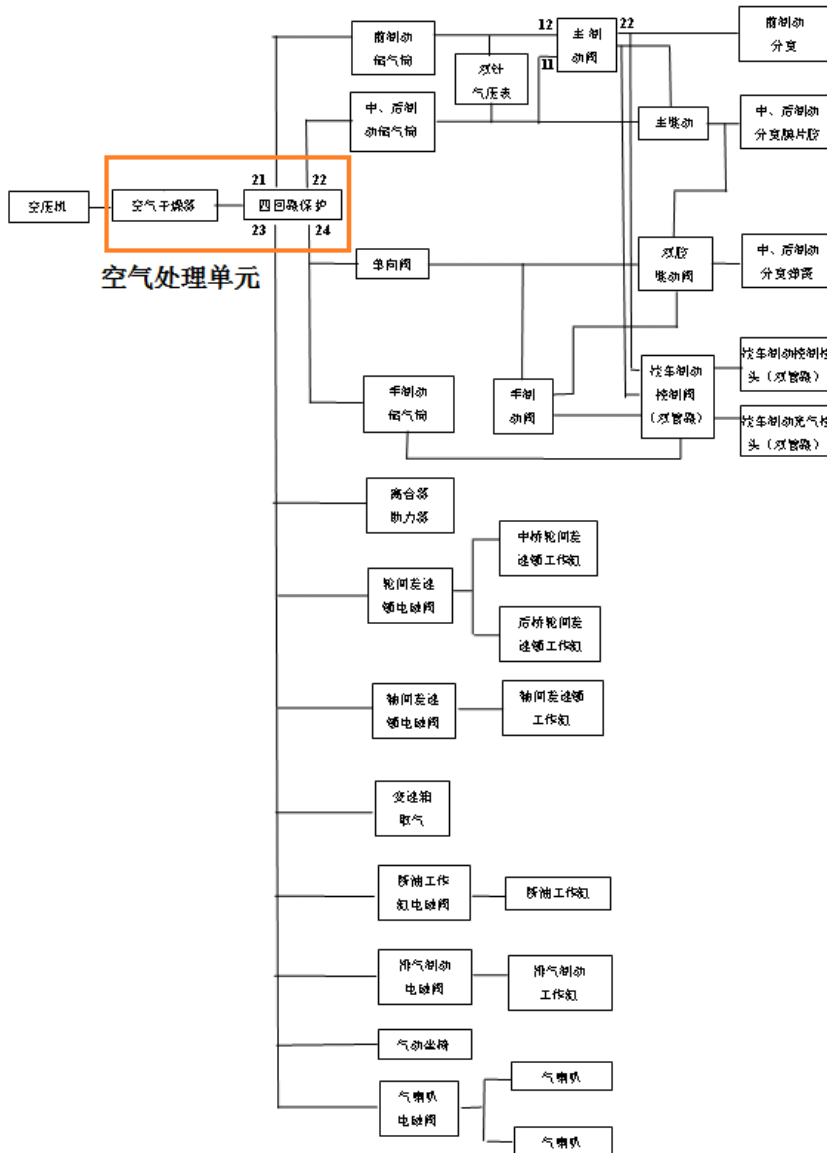


图 7-2 整车气路原理图

制动系统气路元件的各个气路接口都用数字表明了它的用途，其标号含义：

- “1”——该阀件的进气口；
- “2”——该阀件的出气口；
- “3”——该阀件的排气口；
- “4”——该阀件的控制口。

凡标有两位数字的表示某一接口的顺序。例如“11”表示该阀件的第一进气口、“12”表示第二进气口、“21”表示该阀的第一出气口、“22”表示第二出气口等等。

第二节 工作原理

(一) 气源部分

空压机 1 在发动机的驱动下将空气进行压缩, 高压气体沿着气路管线由空气干燥器 3 的 1 口进入 (空气处理单元), 经干燥和调压阀 4 调压后, 高压气体由 2 口输出到四回路保护阀 5 的 1 口, 四回路保护阀将整车气路分为既相互独立, 又相互联系的四个回路并分别由 21 口、22 口、23 口和 24 口输出。

当整车气压达到额定气压后, 调压阀将通往四回路保护阀气路关闭, 此时干燥器的排气口 3 打开。由于干燥器排气口 3 的打开, 来自空压机的压缩空气直接排入大气; 同时, 干燥器总成 (空气处理单元中的一部分) 中的反冲气腔, 将一部分干燥过的气体反向通过干燥剂, 将干燥剂中的水分带走, 经排气口 3 排入大气, 从而使空气处理单元中的干燥剂干燥, 起到再生作用, 使得干燥剂可重复利用。

当整车气压低于额定气压时, 调压阀将通往四回路保护阀气路打开, 此时干燥器的排气口 3 关闭, 空压机在发动机的驱动下, 给全车进行充气。

干燥器上的 G 为电子加热装置, 在寒冷季节为防止干燥器排气口因水分的存在而结冻, 影响干燥器排气口的正常开启与关闭。

(二) 前桥制动回路

由四回路保护阀 22 口输出的高压气体, 沿管线传输到制动总阀 7 下腔 12 口的同时, 也将高压气体的气压力储存于储气罐 28 中。当踩下制动总阀制动时, 制动总阀下腔打开, 高压气体由制动总阀的 22 口输出并进入匹配阀 8, 经匹配阀的特定条件下的调压后, 高压气进入前制动气室 11 从而产生制动。

图 7-3 是匹配阀的外形图, 匹配阀的作用是, 在轻踩制动时 (制动气压小于 4.1bar), 匹配阀的输出气压比匹配阀的输入气压低, 防止, 在轻踩制动时, 车辆点头。当制动气压大于 4.1bar 时, 匹配阀的输出气压同输入气压一致。

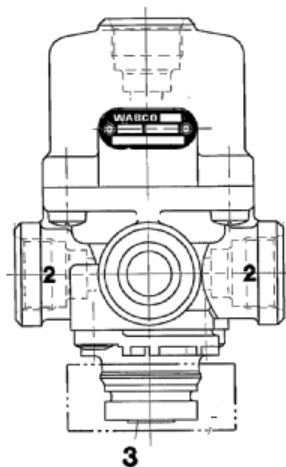


图 7-3 匹配阀

当制动解除、制动总阀关闭时，前轴制动气室在回位弹簧的作用下回位，残余气体分别由匹配阀和制动总阀的 3 口排出。

(三) (中) 后桥制动回路

由四回路保护阀 21 口输出的高压气体，沿管线流向制动总阀 7 下腔 11 口，当踩下制动总阀制动时制动总阀上腔打开，高压气体由制动总阀的 21 口输出到达继动阀 12 的 4 口并将继动阀打开，由多回路分气接头 10 的 63 口所提供给继动阀 1 口的高压气体，迅速由继动阀的 2 口输出并分别进入中桥和后桥的制动气室 11 口，在气压力的作用下中、后桥的制动器产生制动并使汽车减速或停车。当制动解除时制动总阀和继动阀关闭，中、后桥制动气室在回位弹簧的作用下回位，残余气体分别由继动阀和制动总阀的 3 口排出。

(四) 驻车制动回路

1. 主车驻车制动回路

来自手刹阀 6 进气口 11 的高压气体，由带有单向阀的五通分气接头 17 的 21 口提供。

在五通分气接头 17 的前面装有一个限压阀，此限压阀将通过的气压限制到最大不超过 8.5bar。

当手刹阀放置于行车位置时，手刹阀打开、其 21 口的高压气体迅速传输到驻车继动阀 13 的 42 口并使驻车继动阀打开，其 1 口来自带有单向阀的五通分气接头 23 口的高压气体由驻车继动阀的两个 2 口输出，分别将高压气体的气压力传输到中、后驱动桥的制动气室 14 的 12 口，在气压力的作用下中、后桥复合制动气室的弹簧被压缩，此时驻车制动解除。

当手刹阀放置于驻车位置时，手刹阀和驻车继动阀关闭，中、后桥复合制动气室被压缩的弹簧在弹簧张力的作用下复位实现驻车，即断气刹车。断气刹车时，残余气体分别由手刹阀和驻车继动阀的 3 口排出。

2. 挂车制动回路

挂车制动控制阀 9 的 11 口，其高压气体来自于带有单向阀的五通分气接头的 22 口。挂车制动控制阀 11 口的高压气体分为两路，一路直接由 12 口输出，并将气压力传输至挂车充气接头 15；另一路则分别由挂车制动控制阀的 41、42 和 43 口控制其 22 口的输出，而挂车制动控制阀的 22 口与挂车制动接头 16 联结。

当手刹阀置于行驶位置、踩下制动总阀制动时，挂车制动控制阀打开，制动控制阀的 22 口将气压力传输至挂车制动接头 16；当解除行车制动时，挂车制动控制阀的 41、42 口没有气压力输出而关闭，其 22 口也无气压力输出，管路内的残余气体分别由制动控制阀和挂车制动控制阀的 3 口排出。

若将手刹阀放置于驻车位置时，手刹阀的 22 口和挂车制动控制阀的 43 口没有气压力，为保证挂车驻车安全，挂车制动接头 16 常有气压力输出，以实现挂车驻车制动。

为了保证车辆制动效能安全，行车继动阀 12 的后桥出气口 2 与驻车继动阀

13 的 41 口连接，以使车辆具有可靠的行车制动和驻车制动。

(五) 辅助用气回路

为了保证车辆用气，气路中设置了多回路分气接头 10 和带有单向阀的五通分气接头 17。带有单向阀的五通分气接头除了保证车辆用气之外，还具有缩短空压机 1 为车辆充气时间的作用，具体辅助用气回路如下：

多回路分气接头有上、下两个腔，在气压低于 6.5bra 时，两腔不通是为了保证制动气路用气安全，在气压高于 6.5bra 时，两腔互通。

多回路分气接头上、下两个腔的进气口 51 和 61，分别与四回路保护阀的 24、21 口相连接。

上腔的 52、53、55 和 56 口依次向离合器助力分泵、变速器减压阀、空气座椅/驾驶室悬置气囊、轮间/桥间差速锁气缸电磁阀；辅助排气制动电磁阀和电/气喇叭电磁阀提供高压气体。

下腔的 62 口向储气罐 26、25 提供高压气体、63 口向继动阀 12 的 1 口提供高压气体、64 口向储气罐 27 提供高压气体。

四回路保护阀的 23 口与带有单向阀的五通分气接头的 1 口相连接以提供高压气体。其出气口 21 口向手刹阀 1 口提供高压气体、22 口向挂车制动控制阀 11 口提供高压气体、23 口向驻车继动阀的 1 口提供高压气体、24 口与储气罐 26、25 相连以缩短车辆的充气时间。

第三节 制动系统主要部件结构

1、空气处理单元

空气中含有水分，这些水汽进入到制动系统，会引起系统内的一些元器件锈蚀等，造成气路故障，为了防止空气中的水分进入到制动系统，在高压气体进入到制动气路之前，利用空气处理单元对高压气进行干燥处理，消除高压气中的水分。

空气处理单元是由带回流阀的干燥器和四回路保护阀组合而成。其功能完全可以代替原来的“干燥器总成、反冲气罐、四回路保护阀”。

空气处理单元中的主要组成元件是干燥器总成和四回路保护阀。

1.1 干燥器总成的结构及工作原理

干燥器总成主要由上部空气干燥系统和下部的调压、反冲系统组成。如图 7-4 所示。

如图 7-4，来自空压机的压缩空气经 1 口进入 A 腔，因温度降低产生的冷凝水在排气口 B 聚集，空气经过滤网 C、环道 D 到达干燥器的上部，在这个过程中，空气将进一步冷却，水蒸气进一步凝结，当通过颗粒状的干燥剂（分子筛）E 时，水分被吸附于干燥剂表面及颗粒缝隙间。从而使流经的空气得到干燥。

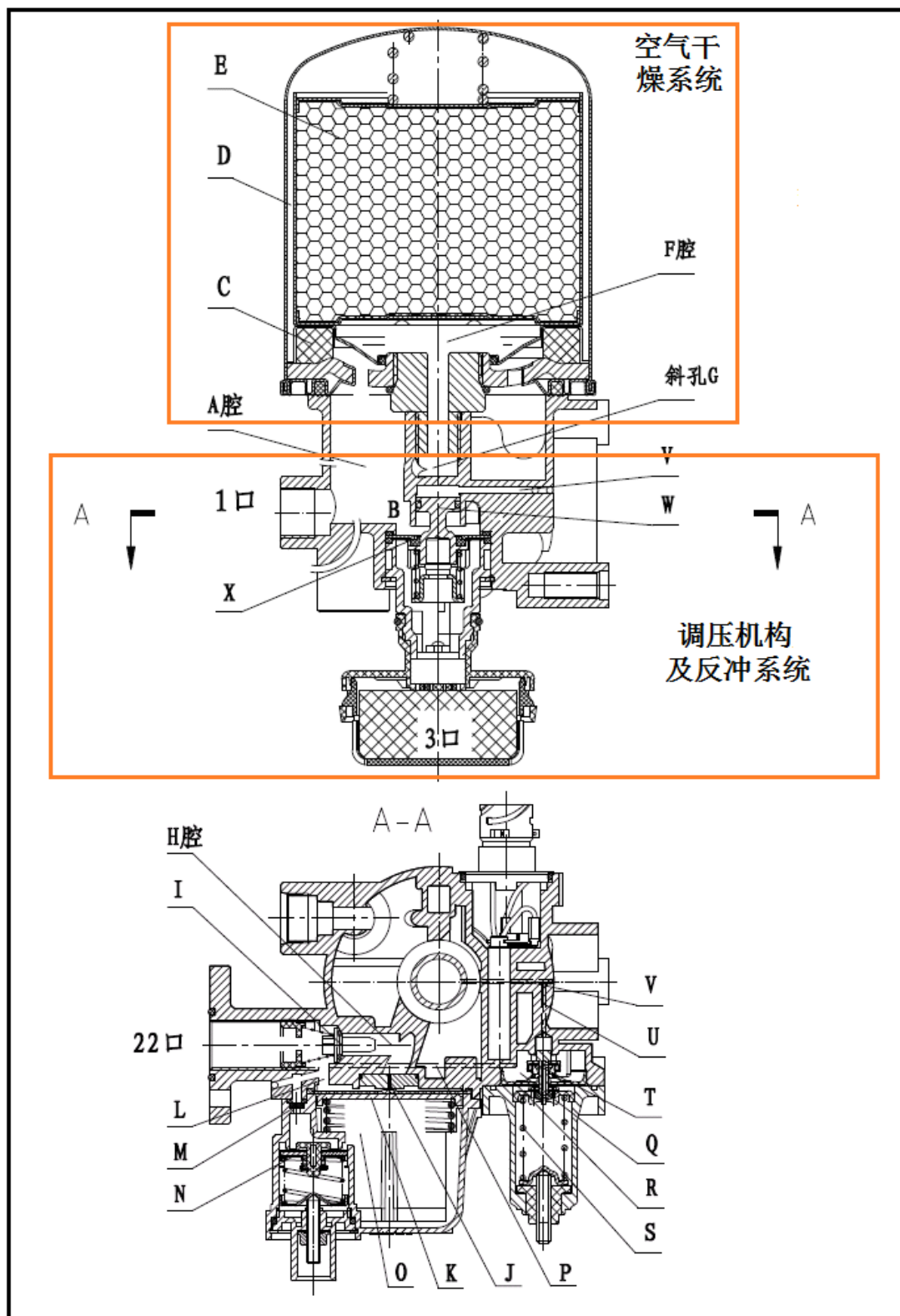


图 7-4 干燥器总成结构示意图

干燥后的空气经 F 腔、斜孔 G 到达 A-A 视图中的 H 腔，此时一部分气体经单向阀 I 后由 22 口输出到四回路保护阀；另一部分气体经节流孔 J 作用于膜片 K 上，使膜片 K 向下供起，气体经回流孔 L 到达 22 口，同时一部分气体通过滤

网 M，打开阀门 N，进入 O 腔。

在进气过程中，22 口有一部分气体经过小孔 P（虚线表示）到达调压阀膜片腔 Q，作用于膜片 R 上，当出气口 22 的气压达到干燥器的开启压力时，气压克服弹簧 S 的力，打开阀门 T，气体经小孔 U，小孔 V 进入排气活塞 W 的上方，推动排气活塞 W 打开排气门 X。A 腔的气体和 B 处冷凝水经排气口 3 排出。

在排气的瞬间，由于 H 腔的气压降低，单向阀 I 关闭，22 口的气压就会反回来，通过回流孔 L，节流孔 J 来回冲干燥筒，附在干燥剂表面的水分和杂质就会随同压缩空气从 3 口排出。当膜片 K 上面的压力降到它的关闭压力时，回流结束。在此过程中，干燥剂得到再生。

排气活塞 W 有压力释放阀的作用，在任何压力过高的情况下，排气活塞 W 将自动打开阀门 X。当输出口 22 的压力降到它的关闭压力时，阀门 T 关闭，排气阀门 X 关闭。干燥器将再次开始向四回路保护阀供气。

为保证在寒冷地区排气阀门 X 和阀门 T 的正常工作，在干燥器壳体上安装了一个电加热器，在温度低于 7℃ 时，加热器电路接通，开始加热，当温度到达 29℃ 时，加热气断电，加热结束。

干燥器总成主要技术参数：

工作压力：最大 1.5MPa； 工作介质：空气

工作温度：-40℃ — +80℃

加热器： 工作电压：24V

自动开启温度：+7℃ ± 6℃

自动关闭温度：+29℃ ± 3℃

回流阀： ΔP 30-50KPa

调压阀： 开启压力：1000 ± 20KPa； 压力降：100 (0, +50) KPa

1.2 四回路保护阀的结构及工作原理

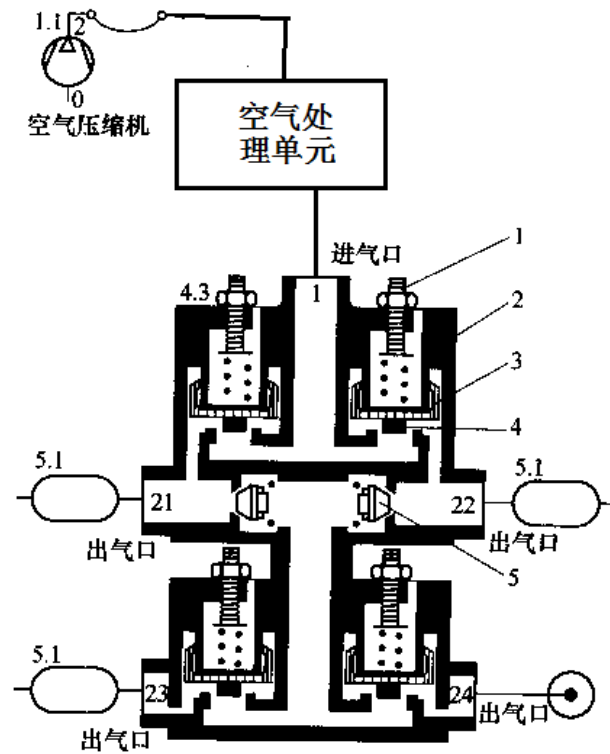
四回路保护阀的作用是将全车气路分成四个既相联系又相独立的回路，当任何一个回路发生故障(如断、漏)时，不影响其他回路的正常工作。

如图 7-5，在全车气路没有高压空气的情况下，四个保护阀全部关闭，空气压缩机来的压缩空气由“1”口进入保护阀，当输入端气压达 1000kPa 时，四个阀分别开始向各自回路充气，当回路气压上升到 450kPa 时阀全部打开，直至全车气压达到调压阀所设定的 1000kPa 气压值。需要说明的是实际工作中四个阀并不是同时打开的，因为四个阀弹簧设定的压力不会完全一致，同时四个回路充气压力上升的速度也不尽相同，开启的顺序要视弹簧预紧力和回路气压上升的差异而定，这在使用中是无关紧要的，这也正是在充气过程中双针气压表两指针往往指示不同步的原因。

当某一回路发生断、漏气故障时，例如前制动回路断裂，该回路气压急剧下降，全车气路仍然保留有 450kPa 气压，而漏气回路继续漏气直至气压下降为零。此刻随着气泵继续供气，供气压力一旦回升到 450kPa，除故障回位阀继续关闭外，其余回路阀又重新打开充气，直到回路气压上升到故障回路阀所设定的开启

压力 1000kPa 时，该阀打开放空，从而将其余三个回路的最高气压限定在 1000kPa，确保了无故障回路的正常工作。

在全车气压较低的情况下，为了首先向前、(中)后制动储气筒充气，以确保制动可靠，德龙新 M3000 重卡采用带单向阀的四回路保护阀。该阀的驻车制动和辅助用气回路的供气口是分别接在前制动和(中)后制动回路上的,且用两个单向阀加以隔离。这样只有当前、(中)后制动回路气压达到 650kPa 才开始向驻车制动和辅助用气回路充气。



1. 调整螺钉 2. 调整弹簧 3. 膜片
4. 进气阀门 5. 单向阀

图 7-5 带单向阀的四回路保护阀

在正常情况下，四回路保护阀实际上就是一个五通接头，在某一回路发生断、漏故障时才起保护作用。四回路保护阀的基本特性，见表 7-1。

表 7-1 四回路保护阀基本特性

回路(单位KPa)	21 口	22 口	23 口	24 口
开启压力	690 ⁰ ₋₃₀	690 ⁰ ₋₃₀	700 ⁰ ₋₃₀	690 ⁰ ₋₃₀
动态关闭压力	> 550			
静态关闭压力	0	> 550	> 550	> 550
	> 550	0	> 550	> 550
	> 550	> 550	0	> 550
	> 550	> 550	> 550	0

2、主制动阀

主制动阀用来控制主制动系统工作，陕汽新 M3000 重卡采用双回路双腔主制动阀。

如图 7-6，主制动阀分上、下两腔室。由 (中)制动储气筒来气接 11 接口，由前制动储气筒来气接 12 接口。上腔出气口 21 向主制动继动阀提供制动信号气压，22 通向前制动气室。

制动时，制动踏板通过一套连接杠杆使主制动阀顶杆 a 向下移动，通过橡胶弹簧 b 迫使活塞 c 克服回位弹簧力向下移动，当活塞 c 与阀杆 e 接触时关闭排气口 d。继续下移将迫使阀杆 e 随之下移打开进气口 i，由储气筒来的气通过 21 接口输出到继动阀，从而实现(中)后桥制动。在进气口打开向制动回路充气时，回路气压同时作用在活塞 c 上，当气压向上顶活塞的力与橡胶弹簧预压力相等时活塞开始向上回升到进气口 i 关闭的平衡状态。制动踏板行程越大，弹簧预压紧力越大，从而输出到制动回路的气压越大，这种制动气压随着踏板行程成一定比例关系变化的特性也称为随动性。

当上腔动作的同时，回路气压小孔 D 通向 D 腔作用在活塞 f 上，迫使活塞下移首先关闭排气口 h，进而打开进气口 8，来自前制动储气筒的气经 12 和进气口 8 通过出气口 22 向前制动回路充气产生前制动。这样，回路气压又作用在活塞 f 下面，当前制动回路气压上升到与 B 腔气压相等时，活塞 f 回升，关闭进气口使制动回路气压不再升高，产生一个与 (中)后桥制动同步的气压。下腔输出气压与上腔输出气压有一定的比例关系，同步增减。只是在同一时刻上腔输出气压总比下腔输出气压高出一个超前量 ΔP 。

换句话说：在相同输出气压时(中)后桥制动总比前桥要早。

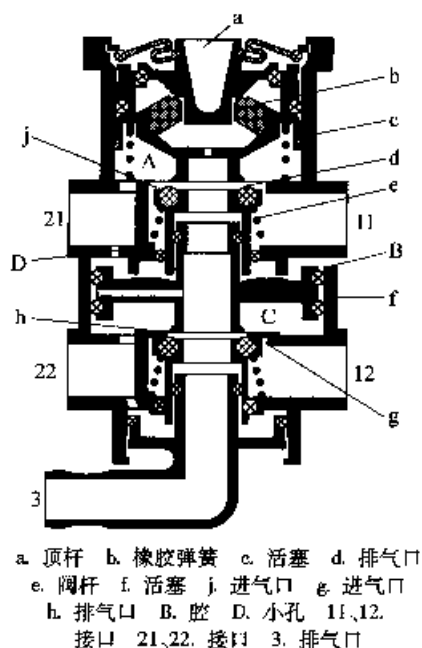


图 7-6 主制动阀结构原理示意图

双回路主制动阀必须保证某一回路失效时不影响另一回路正常工作。如图 7

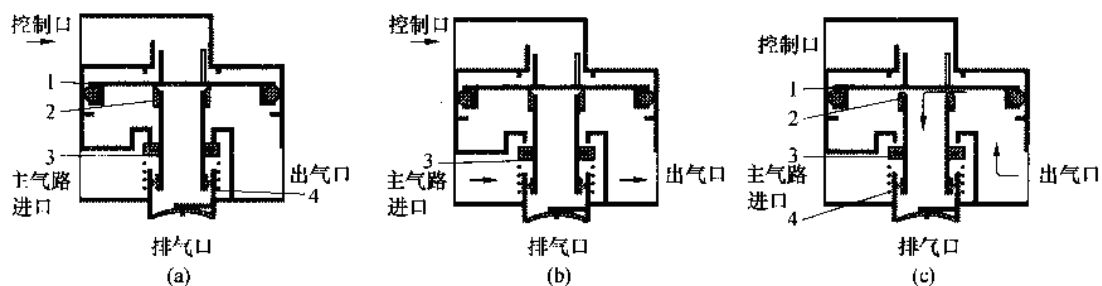
—6 所示，由于主制动阀下腔是由上腔来控制的，因而下腔工作失效 不影响上腔第一回路的工作。如果第一回路失效，例如 21 出口断、漏，当顶杆。下移打开进气口 j 时，21 接口建立不起气压，从而 B 腔也没有气压信号，但顶杆推动活塞 c 以及阀杆 e 继续下行使阀杆与活塞 f 间隙消除之后，顶杆的下移会直接推动活塞 f 下移，从而打开下腔进气口实现第二路制动。此时的平衡关系将由第二回路制动气压作用在活塞 f 向上的力与橡胶弹簧力产生。

制动解除时，作用在顶杆上的力消除，橡胶弹簧压力消失，活塞 c 在回位弹簧和回路气压的作用之下上行，首先关闭进气口 j、进而打开排气口 d，载荷调节阀的输入气压经 21 口和排气口 3 放空，继动阀的控制气压经载荷调节阀放空，制动气室的气压经继动阀放空，(中)后桥制动解除。与此同时，主制动阀下腔在回路气压作用下使活塞 f 上行，关闭进气口 e，打开排气口 h，前制动气室气压经 X 口和排气口 3 放空，前制动解除。

3、主制动继动阀

主制动继动阀的作用是缩短制动反映时间，对主制动气室而言起一个“主制动继动阀的作用是缩短制动反映时间，对主制动气室而言起一个“快充”和“快放”的作用。

由于(中)后桥制动气室总容量较大，距主制动阀的距离又远，因此当制动踏板踩下时到最远的那个气室气压达到相应数值的制动反映时间过长。为此在距(中)后桥制动气室最近的位置安装一个继动阀如图 6-7，它由储气筒用一根较粗的主管路直接供气，再用一根较细的管路由主制动阀来控制。



(a) 继动阀正常状态 (b) 继动阀充气状态 (c) 继动阀放气状态
1. 继动活塞 2. 排气阀 3. 进气阀 4. 弹簧

图 7-7 主制动阀继动阀结构原理示意图

当主制动阀工作时，由主制动阀上腔输出一个与制动踏板行程相应的气压信号，进入继动阀的控制口，该气压使活塞 1 下行首先封闭排气口，进而将阀压下打开进气门，早已等候在主气路进口的压缩空气迅速通过排气口向制动气室充气从而达到快充的目的。当制动气室气压上升与控制气压相等时，该气压作用在活塞 1 下面的力与控制气压作用在活塞上面的力平衡，活塞 1 回升重新关闭进气口，使输出气压不再上升，达到与制动踏板行程同步随动作用。

当主制动阀解除制动时，制动气室的输出气压经主制动继动阀放空，继动阀的控制气压经主制动阀放空，制动气室回路气压迫使活塞迅速上升，重新打开排

气口，气室气压经由继动阀排气口放空，从而达到“快放”的目的。继动阀仅起一个小气量控制大气量的作用而不改变制动的任何性能。

4、手制动继动阀

陕汽新 M3000 重卡采用双回路双腔差动式制动继动阀。手制动继动阀用来控制手制动系统的工作，起到“快冲”和“快放”作用。

手制动继动阀同主制动继动阀结构不同，手制动继动阀有两个控制口 41 和 42，分别受主制动继动阀的 2 口和手制动阀控制。这种布置的优点是，当同时使用手制动和主制动时，主制动起作用，当主制动失效时，手制动起作用。

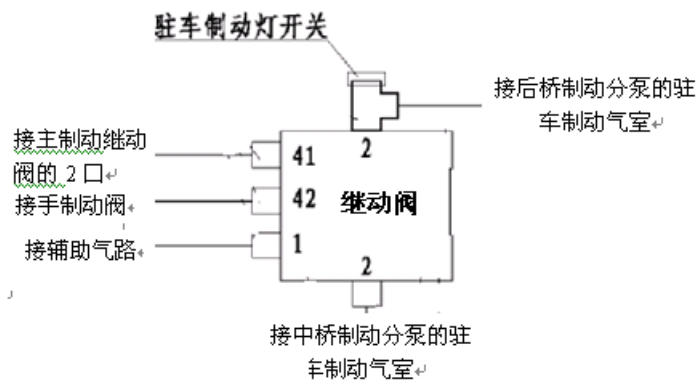


图 7-8 手制动继动阀在整车气路中的气路图

差动式继动阀的结构如图 7-9 所示。

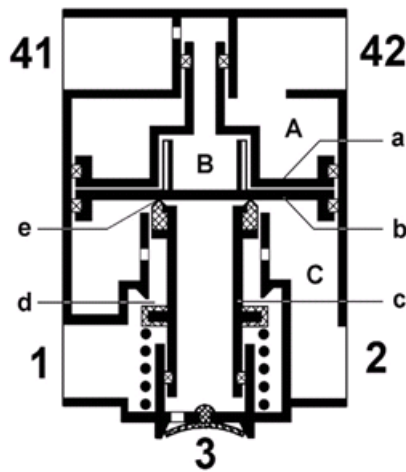


图 7-9 差动式继动阀的结构示意图

差动式继动阀是用于缩短驻车制动在实施过程中的排气时间；同时避免在紧急制动时，行车制动和驻车制动同时起作用，导致制动气室损坏，制动负荷过重，过早磨损等。

差动式继动阀的工作原理：当驻车制动单独起作用时：B 腔无压缩空气，A 腔压缩空气部分或全部放空，活塞 a 在 C 腔气压作用下上移，排气阀门 e 打开，同时阀门座 c 上移关闭进气阀门，弹簧制动室的压缩空气经排气口 3 排出，弹簧压缩得以释放，从而实现驻车制动。

当行车制动和驻车制动同时起作用时：弹簧制动室的压缩空气排出，如果这时行车制动也在工作，压缩空气经 41 口进入 B 腔，作用在活塞 b 上，由于 C 腔空气排空，活塞 b 下移关闭排气阀门，通过阀门座 c 打开进气阀门，来自 1 口的压缩空气经 C 腔到达 2 口，并进入弹簧制动室。弹簧压缩按行车制动压力上升程度解除，从而避免了两种制动力的叠加。

如图 7-10 是手制动差动继动阀的特性图。

如图 7-10，当控制口 41 气压为零时，手制动继动阀的输出气压如图中曲线 1 所示。当控制口 41 和 42 均有气压时，手制动继动阀的输出气压如按图中曲线 2 所示。

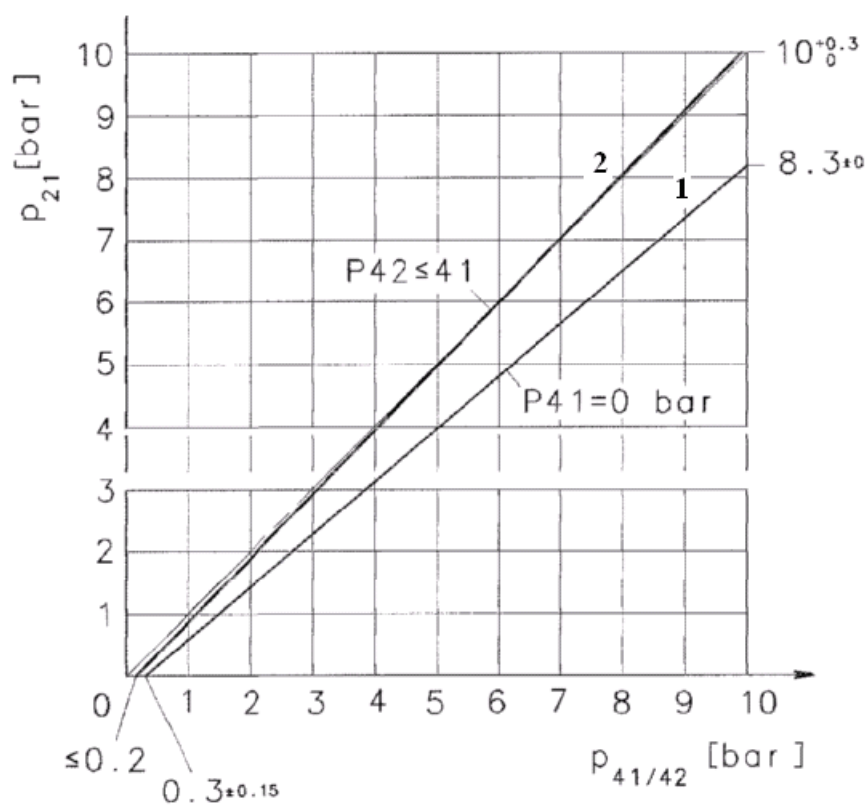


图 7-10 是手制动继动阀的特性图

5、前制动气室

陕汽新 M3000 系列重卡采用的是膜片式气室，其作用是随制动踏板的不同行程，通过制动凸轮轴对前桥实行不同程度的制动，制动气压同制动踏板的行程成正比，也就是制动力同制动踏板成正比。其推杆行程最大 60 毫米。

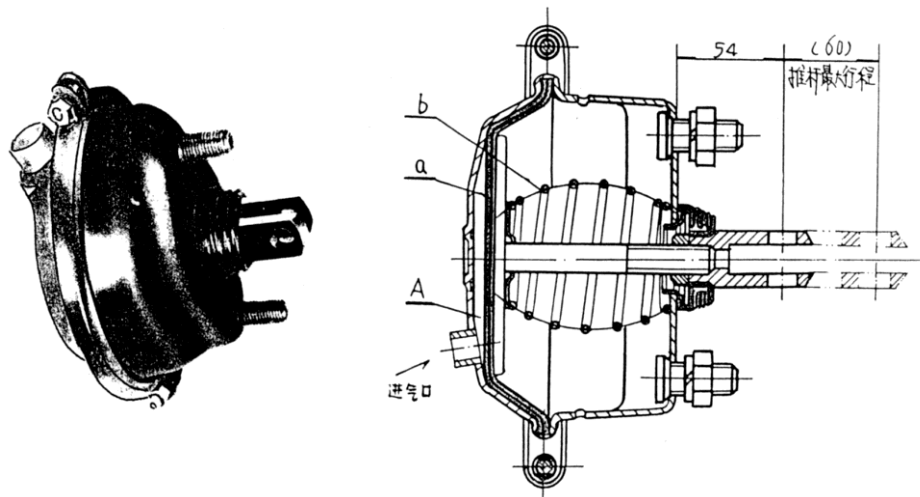
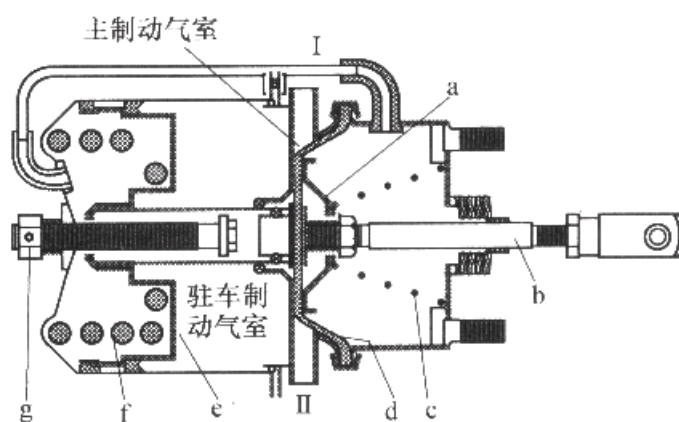


图 7-11 前桥制动气室

6、中后桥制动气室

陕汽德龙新 M3000 系列重卡中后桥制动气室采用的是复合式制动气室。前部是膜片式制动气室，后部是弹簧储能式制动气室。复合式制动气室的作用是既对(中)后桥主制动产生制动作用，又可实施驻车与应急制动。



a. e—活塞 b—推杆 c—弹簧 d—膜片
f—弹簧 g—螺栓

图 7-12 复合式制动气室的结果简图

如图 7-12 所示，主制动气室与驻车制动气室成一个整体。主制动气室采用常规式膜片制动结构，驻车制动气室采用典型弹簧储能放气制动装置。驻车制动气室充气压力由 II 进入气室时作用在活塞 e 上，与弹簧 f 的推力成相反作用。当充气压力大于 650kPa 时，活塞压缩弹簧向左行至极限位置，从而解除制动。如果气室空气经 II 完全放空，则活塞被弹簧 f 推向右行，并通过中空的推杆推动主制动气室推杆伸出产生制动力，最大制动强度取决于弹簧预紧力。当 II 输入气压低于 650kPa 时，活塞连同推杆也要伸出产生制动，但制动强度随输入气压值成

反比关系。输入不同气压可产生不同强度的制动效果。因此驻车制动气室又是应急制动气室。

在驻车制动气室中空的推杆中设置有一细牙螺栓，当螺栓全部旋出时，就将活塞克服弹簧力拉向左极限位置，从而可以在没有压缩空气的情况下驻车制动。

复合制动气室在解体时应予特别注意，因为驻车制动气室弹簧预紧力很大，因此拆装时必须在压床上进行。拆卸时首先用压床压紧，拆卸气室固定螺栓，待全部拆卸完之后，慢慢将压床松开，弹簧完全自由状态时再行分解。否则，易发生事故。

7、驻车制动与应急制动阀（手制动阀）

应急制动是主制动失效时，用以代替主制动的备用制动系统。应急制动系统与驻车制动共用一套控制系统。如图 7-13 所示。

如图 7-13，当手柄处于 0° - 10° 范围内时，汽车的驻车制动全部解除，处于行车状态；当手柄处于 73° 锁止位置时，汽车处于完全制动状态；当手柄处于 82° ‘检查位置时，牵引车驻车制动状态，但挂车处于完全解除制动状态。

当手柄从 73° 向 0° 位置运动时，手柄凸轮向下推动大活塞 **h**，压下平衡弹簧 **g**，推动活塞 **b** 下移，排气阀门 **d** 关闭，进气阀门，全开，附加阀的进气阀门 **c** 打开，**f** 腔内压缩空气进入 **a** 腔，尔后分成两路，一路经 **21** 口进入弹簧制动气室，解除牵引车驻车制动，一路经 **22** 口进入挂车制动阀，解除挂车驻车制动，当手柄处于 0° — 10° 范围内时，汽车驻车制动处于完全解除状态。

当手柄从 0° 向 55° 和 73° 运动时，大活塞 **h**、平衡弹簧 **g**、平衡活塞 **b** 向上运动，排气阀门 **d** 打开、进气阀门 **e** 关闭；附加阀进气阀门 **c** 关闭。输出气压 **P21**、**P22** 随手柄转角增加而呈线性下降为零，当手柄处于 55° — 73° 范围时，整个汽车处于全制动状态。当手柄处 73° 时，手柄被锁死。当手柄从 73° 到达 82° 检查位置时，附加阀门的进气阀门 **c** 打开，解除了挂车的制动作用，这时可检查汽车是否可以只在牵引车的驻车制动作用下具有停坡能力。放松手柄时，手柄又自动回到停车制动锁止位置。

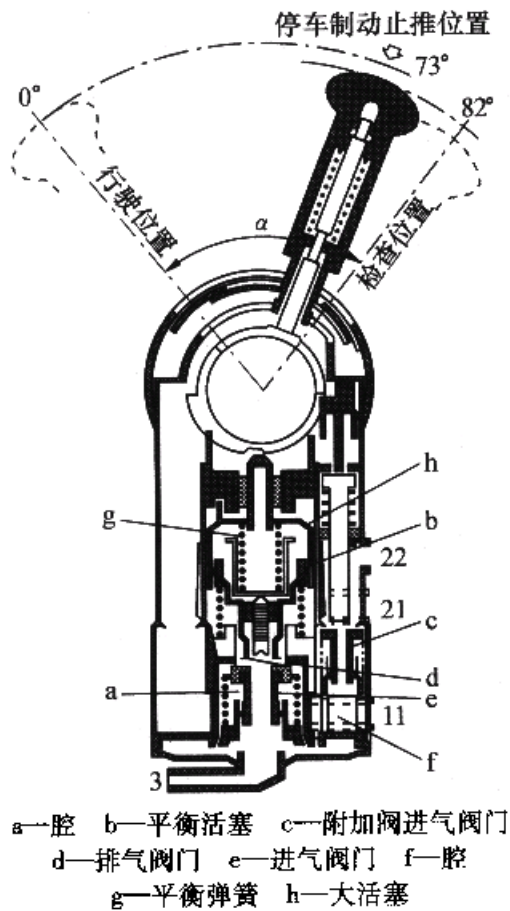


图 7-13 驻车制动阀结构原理

8、双管路挂车制动阀

双管路是主车与拖车由充气管路与制动控制两根管路连接。牵引车和挂车制动系统主要由安装于主车上的挂车制动控制系统和安装于挂车上的挂车制动系统组成。

挂车制动阀是安装在拖车上的主要阀件。它主要作用是主车通过它为挂车储气筒充气，根据主车的制动信号使挂车同步产生同等强度的制动，以及当连接管路断漏(如主车与挂车脱钩)时能使挂车自动产生制动。

如图 7-17，由主车来的充气管路连接于进气口 1，主车来的制动控制管路连接于控制口 4。当主车正常行驶时，充气管路经 1 进气口和单向 v 形皮碗通过 I 接口向拖车储气筒充气。当 1 口和 I 口气压相等时充气结束。

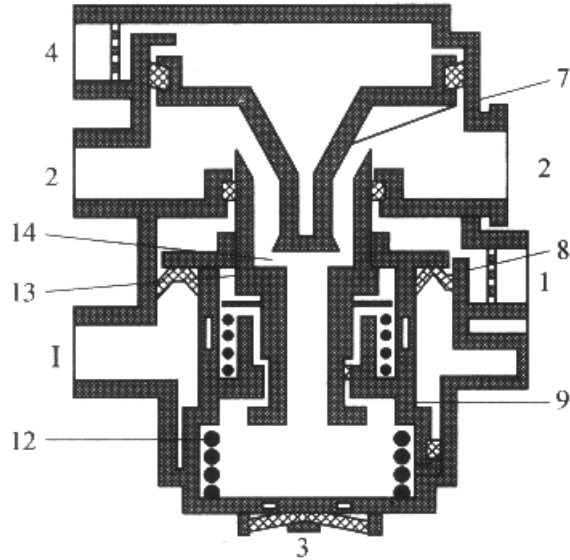
当主车制动时，安装于主车上的拖车制动控制阀通过制动控制管路给出一个制动气压信号，该气压通过控制口 4 作用在活塞 7 上，使活塞下行，首先封闭排气口 14，进而顶开进气门 13，此时拖车储气筒的气经打开的进气门和出气口 2 给拖车制动气室充气产生制动。与此同时回路气压又作用在活塞 7 的下面，当气室回路气压与控制气压相等时，活塞 7 回升重新关闭进气门，使制动气室回路气

压不再上升，从而使拖车产生与主车同步强度的制动。

与此同时，如若拖车储气筒 I 接口气压低于充气接口 1 气压值，主车仍然持续为拖车储气筒充气，以确保拖车制动气压的需要。

当主车制动解除时，控制口 4 的控制气压控制管路由拖车制动控制阀(安装在主车上的)放空。拖车气室回路气压迫使活塞 7 上行打开排气口“14”，气室气压经该口和放气口“3”放空，拖车制动解除。

行驶中如若充气管路突然断、漏，此时，充气接 H'I”气压下降，拖车储气筒 I 接口压力高于充气压力，此时活塞体 9 将在该压差作用下上行，上行的结果同样被活塞 7 关闭排气口。打开进气门 13，从而使储气筒向制动气室充气，使拖车自动产生制动，其制动强度取决于充气回路漏气的程度。如果充气管路完全断裂，充气接口“1”气压下降为零，则会产生全负荷紧急制动。



1. 进气口 2. 出气口 3. 放气口 4. 控制口
7. 活塞 8. 膜片 9. 活塞体 12. 弹簧
13. 进气门 14. 排气口 I. 接口

图 7-14 挂车制动阀结构原理

9、双管路挂车制动控制阀

双管路拖车制动控制阀安装在主车上，其主要作用是主车通过它持续不断地向拖车充气。无论是主车前制动、(中)后制动还是驻车制动，只要其中一个或全部动作，拖车制动控制阀都向拖车制动阀输出一个制动信号，使拖车产生相应强度的制动。当制动控制管路断、漏时，它同样能使拖车与主车同步产生制动。挂车制动控制阀工作原理，如图 7-15 所示。

如图 7-15，由驻车制动储气筒通向输入“11”接口。输入 12 接口接拖车充气管路，22 接挂车制动控制管路，41 口接主制动阀上腔即 (中)后桥制动回路来的控制信号气压，42 口接主制动阀下腔即前制动回路来的控制信号气压，43 口接驻车制动来的控制信号气压。

无论是在正常行驶，还是在制动状态，驻车制动储气筒总经由 11 口输入到 C 腔，再由 12 接口和充气管路向挂车储气筒充气。

在汽车正常行驶时，来自(中)后制动回路的气压信号经 42 口进入 D 腔，该气压作用在膜片 i 与充气气压在 c 腔作用在活塞 h 上的力平衡(活塞有效面积与膜片有效面积相同)，活塞体 h 保持在图 7—15 所示位置上。

当主制动阀动作时，来自(中)后制动回路的气压信号经 41 口通向 A 腔，使

活塞 d 下行，同时来自前制动回路的气压信号经 42 口通向 E 腔作用在膜片 i 的下面，从而使活塞体 h 打破平衡状态而上行。活塞 d 下行和活塞体 h 上行的结果，首先将排气口 e 封闭；将阀杆 8 顶开打开进气口 f，如此 C 腔的气经进气口通向 B 腔，经 22 口输出，当这一输出的制动控制信号气压达到主制动信号气压值时，B 腔的气压对活塞 d 的作用力与 A 腔制动信号气压对活塞 d 的作用力以及弹簧力相平衡，B 腔气压对活塞体 h 的作用力与 E 腔制动信号气压对膜片 i 的作用力相平衡，此时活塞体 h 下行、活塞 d 上行，进气口 f 重新关闭。使输出给拖车的制动信号气压不再增加，从而使挂车产生与主车同等强度的制动。

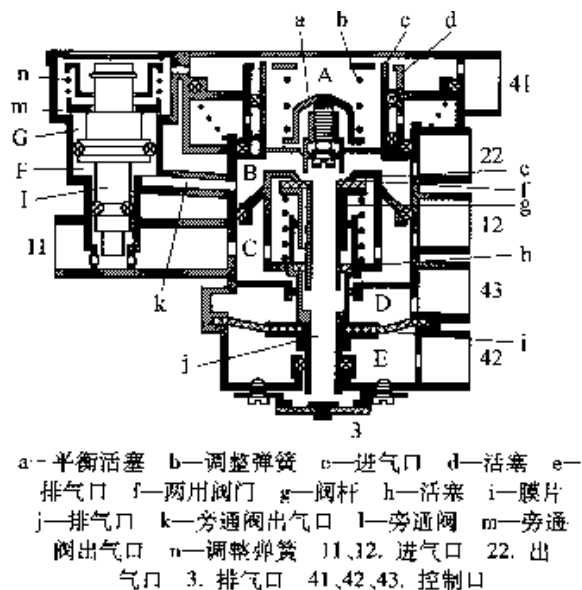


图 7-15 挂车控制阀原理图

主制动阀解除制动时，A 腔与 E 腔制动信号气压经主制动阀放空，活塞 d 在 B 腔气压与回位弹簧作用下上行，活塞体 h 在 B 腔气压作用下下行，从而迅速打开排气口 e，挂车制动控制管路气从排气口 e 与放气口 3 放空，拖车制动解除。

主制动阀任何一回路失效时，同样可以产生制动控制信号气压输出。因此对于主制动系统而言，该阀既是双回路又是双管路控制阀。

当驻车制动手柄置“驻车”位置时，D 腔气压经 43 口由驻车制动阀放空，活塞体 h 在 c 腔充气气压作用下迅速上行，从而关闭排气口 e、打开进气口 f，通过 22 口输出气压制动信号，使挂车产生制动。在应急制动时，驻车制动手柄置某一需要位置，D 腔气压则相应降至某一数值，此时活塞体 h 在 C 腔和 D 腔气压差作用下上行，关闭排气口、打开进气口，当 B 腔气压上升到某一数值时，作用在活塞体 h 上的力与 c 腔、D 腔压差作用力相平衡，输出控制信号气压由于进气口重新关闭而不再增大，从而使挂车产生一个与主车相应强度的应急制动。

当驻车制动阀置“行驶”位置时，43 口输入到 D 腔的气压，使活塞体 h 下行，关闭进气口、打开排气口，使拖车控制信号气压放空，拖车制动解除。

汽车在行驶中制动控制管路断、漏，而当主车制动时，该阀动作使进气口 f 打开，由于 22 输出管路断、漏，因此 B 腔不能建立气压，此时断气阀杆 1 的活

塞下腔 P 同样不能建立气压，而活塞上腔 G 即由 A 腔输入主制动气压，从而使阀杆 1 迅速下行关闭 11 接口，使充气管路被切断。充气管路断气，通过拖车制动阀会使拖车自动产生制动，确保拖车制动的可靠。

由于断气阀杆 1 的上腔 G 仅与(中)后制动信号作用腔 A 相通。因此，当主车(中)后制动失效，则上述这种拖车自动与主车同步制动作用将不会产生。

第四节 制动系统常见故障的诊断与排除

一、制动系统常用的故障诊断方法-----“截断法”

制动系统的故障诊断时，可采用：“截断法”对制动系统气路进行故障判断，利用各个阀件的特性，能够快速判断出故障部位。

截断法的核心是首先将故障发生的系统以及该系统有关的关联部件找出，然后将系统中的中间部位“拦腰砍断”，用简单试验的方法判断故障在哪一半边。然后，再在故障那半边系统内中间部位再“拦腰砍断”，通过试验判断故障又在哪一边。这样每次可排除 50% 的部件，通过几次检查可迅速准确地将故障部位查到。查到故障部位之后再解体故障部件，分析故障原因，继而进行拆检修理，如此可达到事半功倍的效果。

下面就以中、后桥制动分泵不动作为例，对“截断法”进行进一步的说明。首先，检查储气罐是否有气，如有气，则按下列方法检查。

1. 从整车气路图中找出与中、后桥制动有关的气路和阀件，如图 6-5。
2. 从主制动阀的 21 口（A 处）松开管接头，踩下制动踏板。

2.1 如踩下制动踏板，从松开处 21 口无气体排出，则故障在主制动阀及其前段的气路中。再松开主制动阀的 11 口，如有气体急速排出，则主制动阀出现故障。如无气，则检查连接主制动阀与储气罐之间的管路是否堵塞。

2.2 如踩下制动踏板，从松开处 21 口如有气体急速排出，则故障在主制动阀后段的气路中，连接好管接头。再从主制动继动阀 21 口（C 处）松开管接头，踩下制动踏板，如 21 口有气急速排出，则故障部位在继动阀后面的气路；如踩下制动踏板，21 口无气体急速

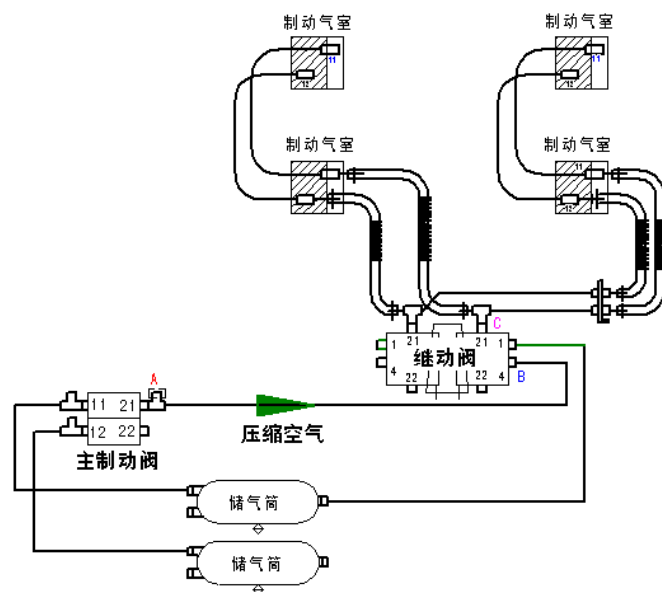


图 7-16 中、后桥制动系统

排出，则故障在继动阀 21 口与主制动阀之间的部位。

利用“截断法”的检查方法，可以快速的找到故障部位。

二、制动系统常见故障诊断与排除

下面对制动系统以及全车气路故障的原因及排除作一简单的介绍。

（一）、气源部分

1. 制动系统充气速度慢或完全不充气。这一故障主要是空气压缩机进、排气阀封闭不严或烧损所致，拆检更换进、排气阀即可排除。

2. 干燥器不能反冲排气。干燥器不能反冲排气的故障一般在调压阀，应对调压阀进行拆检。干燥器排气阀常出现漏气的故障是由于排气阀密封件损坏，或是在阀与阀座之间存有异物，使其封闭不严。

3. 四回路某一回路不充气。欧曼汽车四回路保护阀把全车分成前桥制动回路、(中)后桥制动回路、驻车制动回路和辅助用气回路。在实际运行中，往往发生某一回路不充气，遇有这种故障应对四回路阀进行拆检，如果阀卡死则清理后重新装配即可排除。如果阀损坏则应用修理包更换损坏的部件。

（二）、主制动回路

1. 踩下制动踏板时，主制动阀从排气口处漏气。如果踩下制动踏板时，主制动阀从排气口漏气，故障主要在主制动阀本身。见图 7-6，应首先检查上腔与下腔进气口 j 和 e 与活塞 c 和 f 的接触面上有无异物，密封件有无破损。如果活塞与进气阀接触封闭不严，就会产生制动时漏气的现象。其次应检查进气阀杆 e 与中腔活塞 f 之间的密封圈是否磨损和破损、下腔进气口 g 的阀杆与壳体之间密封圈是否磨损和损坏。因为这些密封圈损坏都会造成漏气故障。另外应检查主制动阀中腔活塞 f 的两个。形密封圈是否磨损和损坏。因为这两个密封圈破损同样会造成漏气故障。

2. 不踩制动踏板时，主制动阀漏气。如果在制动解除之后，主制动阀从排气口 3 处向外漏气，一般是上腔或下腔进气口 j 和排气口 h 密封件破损，或是在阀与阀座之间存有异物，导致主制动阀漏气。进气阀杆与壳体之间密封圈破损也会产生漏气。

3. 解除制动后，制动气室膜片不回位或回位太慢 如果发现全车制动“发咬”，制动气室膜片都不回位，显然是制动踏板与主制动阀连接杠杆连接过“紧”，使制动踏板没有自由行程，主制动阀总处于打开的位置，因此全车制动回路总有一定的制动气压存在。虽然该气压不高，但使制动总处于制动状态，气室推杆总以一定的力迫使制动蹄片贴在制动鼓上，从而产生“发咬”的现象，这种故障往往发生在更换或安装主制动阀时。因此，在安装主制动阀，连接制动拉杆与主制动阀拐臂时一定应注意，安装后，连接拉杆后端应与主制动阀拐臂连接销存有一定的自由间隙，这一间隙可通过调整拉杆长度来实现。换句话说，安装主制动阀后应保证制动踏板有一定的自由行程。

制动解除后，前轮“发咬”，待行驶一段距离“发咬”现象才会消失。换句话说，前制动气室膜片回位太缓慢。这一般是由于主制动阀下腔放气不畅造成的。主制动阀下腔进气口 e 密封件中腔活塞 f 之间有油污和脏物堵塞，上行回不到位(活塞卡住)都会产生这一故障。

前制动回路管路部分被油泥堵塞、前气室弹簧失效也会产生这一故障。

如果是单边“发咬”，很可能是制动机械部分的问题。例如制动凸轮轴锈蚀、制动凸轮轴弯曲变形等都会产生制动后“发咬”的故障。制动蹄回位弹簧断裂或弹力太小显然也会产生此故障。

制动解除后，(中)后桥制动“发咬”，随汽车行驶一段后制动都能完全解除。这种故障原因较多。首先主制动阀上腔回气不畅、继动阀回气不畅、制动管路部分堵塞都会产生“发咬”现象。

主制动阀回气不畅主要是进气口 j 与活塞 c 之间被油污脏物堵塞，或是活塞 c 在制动解除后回不到位，使排气口 d 形成节流，造成放气缓慢(见图 6-6)。继动阀放气不畅也是这种问题。

如果(中)后桥仅是个别车轮制动“发咬”很可能是该部位机械部分的故障，制动蹄片回位弹簧折断，制动凸轮轴与衬套锈蚀，凸轮轴弯曲变形，桥壳变形，制动气室回位簧失效都会产生制动后“发咬”故障。如果是某个车轮突然“发咬”，很可能是制动蹄片脱落或者是破碎。

如果(中)后桥车轮持续“发咬”，显然问题出在驻车制动系统上。驻车制动阀漏气或者是(中)后桥某一弹簧储能制动气室漏气，都会造成(中)后桥全部车轮持续“发咬”的故障。应急制动继动阀漏气也会产生上述故障。

4. 前轮制动效果差，经检查前轮制动气室制动气压偏低。这一般是由于主制动阀上腔与中腔的控制气孔 D 被油泥或脏物堵塞而使压缩空气节流，使前轮制动的活塞 f 上腔 B 气压降低所致。此时应对主制动阀拆检清洗。

(三)、 驻车制动与应急制动回路故障

1. 驻车制动阀漏气。当驻车制动阀置“驻车制动”位置时，驻车制动阀从排气口 3 持续漏气，一般是阀的进气阀与阀座封闭不严，或是阀与阀座之间存在异物，或是进气阀密封件损坏所致。

在驻车制动时，驻车制动阀漏气不会产生其他故障。

然而当把驻车制动阀手柄置“行驶”位置时，驻车制动阀漏气，将会产生汽车行驶时(中)后桥车轮“发咬”的故障。这是由于驻车制动阀的阀杆与气阀的接触封闭不严所致。造成该排气口封闭不严的原因，可能是密封件的损坏，或是由于阀杆与气阀之间有异物或油污的隔开而造成排气口封闭不严。拆检清洗或更换进气阀密封件，故障就可排除。

2. 弹簧储能气室漏气。弹簧储能气室活塞密封圈损坏、拉伤，气室气缸拉伤等，都会造成气室漏气。因(中)后桥车轮的各弹簧储能制动气室都是气路联通的，因此只要有一个气室漏气，就会造成各个气室气压的降低。因此，导致行驶时(中)后桥车轮“发咬”的结果。遇有这种故障，则需将漏气的制动气室拆检修

理。拆卸和安装弹簧储能制动气室时，必须在压床上进行，以确保安全。

3. 驻车制动继动阀漏气。当汽车在驻车制动工况时，继动阀漏气，对汽车不会造成故障，这是由于继动阀的进气阀密封件损伤或阀座之间有异物或杂质，使阀门封闭不严造成的。

当汽车处于行驶状态时，继动阀从排气口持续漏气，原因是排气阀与活塞封闭不严，此时会使弹簧储能制动气室的气压不足，导致行车制动“发咬”的故障。

(四)、制动不灵

制动不灵除上述气路控制系统的问题外，主要的问题就出在制动蹄片与制动鼓上。制动蹄片与制动鼓接触面积应大于整个面积的 70%，同时要求制动蹄片干净无油污，干燥不潮湿。为保证制动蹄片和制动鼓的接触面，在制动鼓圆度超差、拉伤以及制动蹄片磨损时，或换用新制动蹄片时，必须将制动蹄片和制动鼓内表面用专用机具光削，而且光削的胎具必须保证制动鼓与轴头同轴，制动蹄片同样与轴头同轴。在没有专用机具的情况下可用锉刀和砂纸对制动蹄片进行修磨以确保接触面积大于 70%。实践告诉我们，制动蹄片的两端“咬合”制动效果要比中间“咬合”效果好得多。因此，在光磨制动蹄片时，其光磨的直径应比制动鼓内径大 0.2mm。一般制动鼓的最大光削量为 1mm。

(五)、制动跑偏

造成制动跑偏的因素有很多，诸如同轴左、右轮胎气压差别较大，左、右轮胎磨损程度不同。但主要原因只有两条：一条是左、右制动蹄片间隙相差较大，造成制动的不同步；另一条便是左、右车轮的制动力不同。造成力矩不同的原因也较多，左、右气室制动气压不同，左、右制动蹄片与制动鼓接触面积不同，某侧制动蹄片上有油污等都会使制动跑偏。一般来讲，在反复调整制动蹄片间隙仍不能排除跑偏故障时，就应对制动鼓和制动蹄片进行拆检和光磨。

(六)、轻踩制动时前轮发摆

这种故障大多数是由于前轮制动鼓圆度超差所造成的制动不同步，导致轻踩制动时前轮发摆。一般来讲将制动鼓光磨后即可排除。

(七)、挂车制动系统的故障

1. 挂车储气筒不充气。遇有挂车储气筒不充气的故障，首先应检查主车至挂车的充气管路有没有气。如果充气管路没有气(可用按下充气管接头的单向阀来检查)，说明故障在挂车制动控制阀(安装在主车上)上；如果充气管路有气、主车与挂车连接接头也没有问题，说明故障在挂车制动阀(安装在挂车上)上。需分别对其进行拆检。

2. 挂车没有制动。当主车踩制动踏板时，挂车没有制动。遇到这种故障应首先检查：当主车踩制动踏板时，挂车制动控制管路有没有气压(可以用手按下挂车制动控制管路接头的单向阀，然后踩制动踏板，观察是否出气)。如果没有

气压输出，则说明故障在主车上安装的挂车制动控制阀；如果有气压输出时，则说明问题在挂车上安装的制动阀上。应分别对其进行拆检修理。

3. 挂车制动“发咬”。在正常行驶时，挂车车轮“发咬”、制动鼓发热，一般是由于充气管路或接头漏气，挂车制动阀自动产生制动造成的，应对充气管路与接头进行检查。

4. 主车制动阀或挂车制动阀漏气。与上述阀件相同，这类故障都是由于阀内的进气、排气口的密封件损坏，或是由于阀与阀座之间有异物或污物造成封闭不严所致。

制动系统是较为复杂的系统，因此一个故障往往并不是由一个原因引起的，而是由几种原因产生的“综合症”。因此在分析判断时可能要远比我们上述分析的复杂得多，但只要我们了解系统的结构与工作原理，掌握了科学的分析方法，再加上一定的实际经验，故障会被迅速查清并排除。

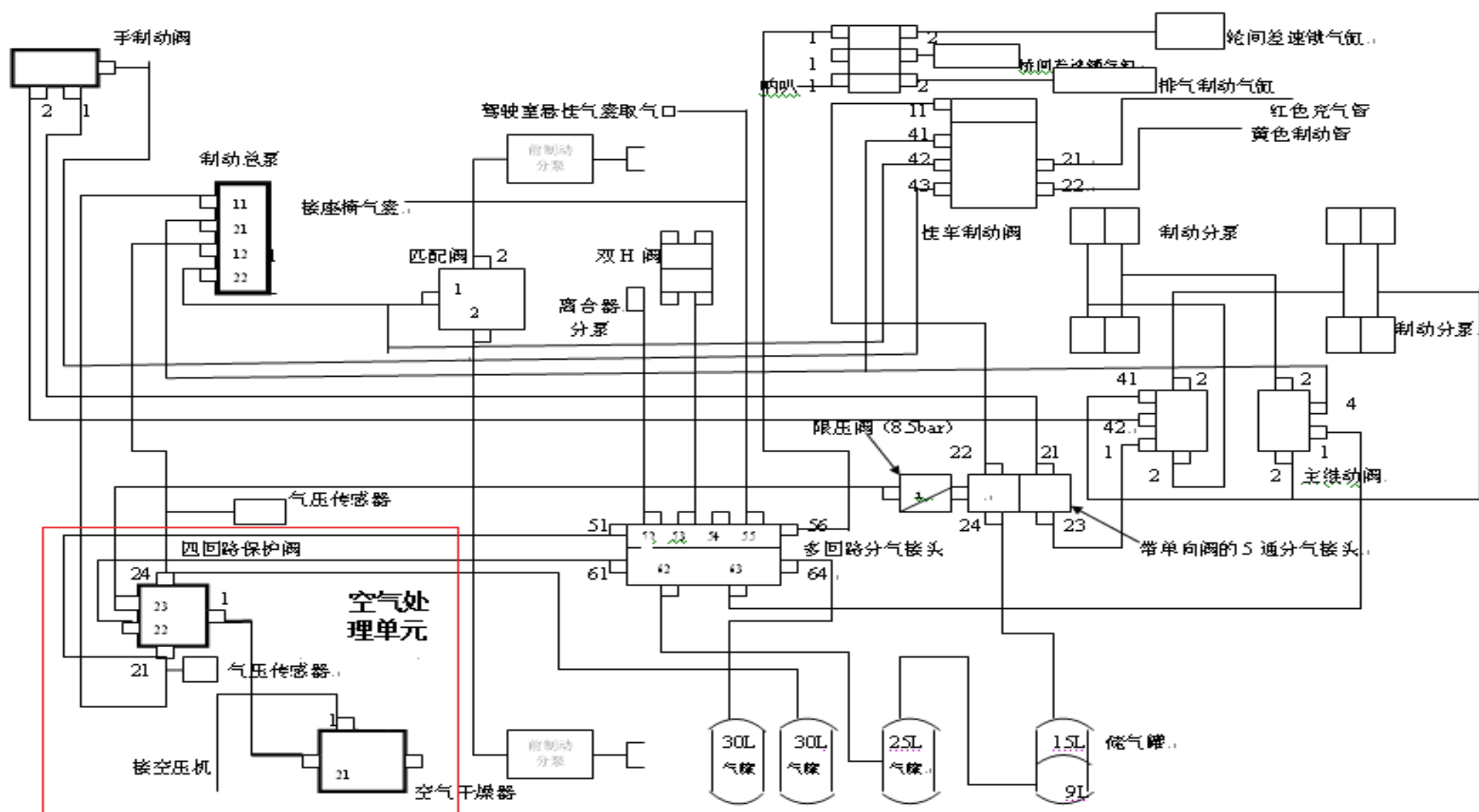


图 7-17 新 M3000 6X4 制动系统原理图

第八章 ABS 系统

ABS 系统的引入使制动过程中车轮处于非抱死状态,这样不仅可以防止制动过程中后轮抱死而导致的车辆侧滑甩尾,大大提高制动过程的方向稳定性,同时可以防止前轮抱死而丧失转向能力,提高汽车躲避车辆前方障碍物的操纵性和弯道制动时的轨迹保持能力,而且最终的制动距离,往往要比同类车型不带防抱死系统的车辆的制动距离要短,因而 ABS 系统是一种有效的车辆安全装置。

ABS 系统并不是一种自动的制动系统,而是与司机、车辆构成的一种交互式的制动系统。也就是说只有司机的正确使用,ABS 才能发挥作用。ABS 系统本身不能补偿不安全的驾驶习惯,但它可以使司机集中精力去操纵车辆。ABS 的使用要求司机在应急制动时要改变以往的驾驶习惯,即要最大限度地踩制动踏板并在制动过程中始终保持住这种踏板力;与此同时要进行相应的转向操纵,躲避前方障碍物,但要避免过转向操纵。ABS 的正确使用要求一定的培训,也要求司机逐步地去适应它,对以往的驾驶习惯稍作改变。ABS 系统在任何路面上应急制动只要求特定的制动操纵(将制动踏板一次踩到底),而不需要顾忌车轮抱死问题,这样可以在心理上减轻司机的疲劳。但司机必须保持谨慎的驾驶习惯,不能因为装有 ABS 而降低安全意识,这样往往会导致事故的发生。注意:ABS 装置仅仅是一种辅助系统,并不能代替司机的安全驾驶习惯。

ABS 系统控制循环:在某车轮抱死时,相应车轮的制动压力将被降低;制动压力的降低,车轮重新恢复速度,当车轮恢复加速度超过一临界值时,制动压力将保持恒定;对应不同附着系数的路面,采取增压控制或者保压控制。控制循环是在电子控制单元(ECU)、车辆、路面所组成的系统中进行。在高附着系数路面,约进行数次控制循环;在低附着系数路面上(如冰面)循环次数可能减少,但控制压力的过程会增加。

第一节 ABS 系统简介

ABS (Anti-lock braking system) 是一个在制动期间监视和控制车辆速度的电子控制系统。它的主要作用是防止由于制动力过大造成的车轮抱死 (尤其是在低附着系数的路面上), 从而使车辆在全制动下侧向附着力也能得到有效利用, 保证了驾驶的稳定性和车辆的转向控制性以及主挂车制动调节的最佳效果。同时保证了可利用的轮胎和地面之间的制动摩擦力以及车辆减速度和制动距离的最优化。ABS 通过常规制动系统起作用, 可提高车辆的主动安全性。

ABS 系统的优点:

1. 在紧急制动时保持了车辆方向的可操纵性。
2. 缩短了和优化了制动距离。在低附着路面上, 制动距离缩短 20%; 在正常路面上, 保持了最优的路面附着系数利用率即最佳制动距离。
3. 减少了交通事故。
4. 减轻了司机精神负担。
5. 减少了轮胎磨损和维修费用。

ABS 的基本配置:

二通道: 2S/2M (2 个传感器和 2 个电磁阀)

二通道: 4S/2M (4 个传感器和 2 个电磁阀)

四通道: 4S/4M (4 个传感器和 4 个电磁阀)

六通道: 6S/6M (6 个传感器和 6 个电磁阀)

八通道: 8S/8M (8 个传感器和 8 个电磁阀)

第二节 ABS 组成、技术指标及安装要求

ABS 系统部件安装的质量对整个系统的正常工作影响显著，因此安装人员必须严格执行以下部件的安装工艺及技术要求，坚决不允许随意操作。由于安装条件不具备或操作不当造成 ABS 系统部件损坏的我公司概不更换。

ABS 组成：ECU 控制盒、电磁阀、传感器、齿圈、支架、钢衬套、弹性衬套、ABS 报警灯、线束及连接插件。

(一) 控制盒 (ECU) 的技术指标及安装要求：

控制盒 (ECU) 是整个 ABS 系统的控制核心。它运算处理车轮的转动状态，并发出控制指令。因此，它的工作是否可靠性对 ABS 系统性能有直接影响。

1、技术指标：

工作电压：24±6V Dc，最大可承受瞬间电压 40V DC/10ms。
温度范围：-40℃~+85℃。
耐振能力：>5g。



2、控制盒的安装要求：

- ECU 安装在密封盒内，以保证 ECU 内部工作正常同时防止各种液体的浸入；
- 应当远离强磁场和较强的热源；
- 安装时接插件应接插方便，同时考虑与线束连接的顺畅，以及拆卸和维护的方便。

- 选好位置后用 M8×35mm 的螺栓紧固在支架或有刚度构件上；
- 严禁用自攻螺丝固定在无刚度的构件上；
- 固定控制盒时应用平垫片和弹簧垫圈。
- 严禁水平安装。

(二) 电磁阀的技术指标及安装要求：

它是 ABS 系统的执行机构，接收电子控制单元 (ECU)

的控制指令，控制制动压力的增加、保持和减少。

电磁阀

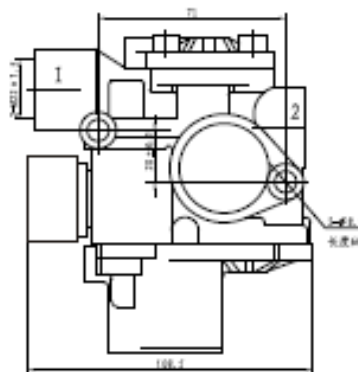
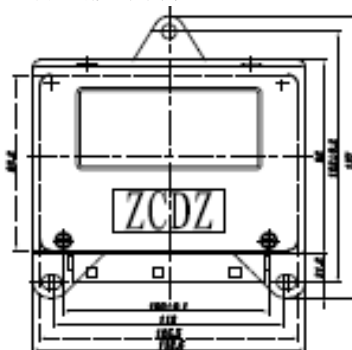
有三个口，1 口接制动阀出气口，2 口接制动气室进气口，

3 口通大气，该口向下或与垂直方向偏角小于 30°。

1、技术指标：

额定工作压力：0.9Mpa。
最大工作压力：1.1Mpa。
工作环境温度：-40℃~+85℃。
相对湿度：45%~85%。
工作电压：直流 24±6V。
额定电流：≤1.65A。
待机电流：≤500mA。
ABS 动作电流：3.6A。
外形图：见右图

2、电磁阀的安装要求：



- a. 不与汽车的其它装置，尤其是运动构件发生干涉；
- b. 要方便拆装有利于管路连接，有利于维护和保养；
- c. 在条件允许的情况下，越靠近制动气室越好，管接头用的越少越好，弯度不可过小，电磁阀和制动气室间的直接距离应小于 1.5m，气管内径大于 9 mm；
- d. 以汽车厂家的装配技术文件为主进行统畴并协调。
- e. 在支架或大梁上用螺杆（大于 M8×80mm）安装，安装时应保证孔位准确。
- f. 当孔位有误差时不能强行安装，否则可能造成壳体损坏形成漏气或损坏进排气线圈绕组。安装孔必须在进行修锉后方能安装。
- g. 弹簧垫圈不宜放在电磁阀一侧，应放在大梁或支架一侧，其螺栓的扭紧力不大于 40N·m。

（三）传感器的技术指标及安装要求：

传感器在 ABS 系统中是非常重要的部件，它测出制动车轮在任一时刻的转速，并把车轮速度信号发送到电子控制单元(ECU)的轮速信号处理模块中。所有控制程序均由传感器的输出信号为基准进行运算。传感器的设计保证它具有国际标准和国家标准所标定的兼容性能。

1、技术指标：

工作环境温度：传感器 -40℃～+200℃，电缆 -40℃～+200℃。

齿圈工作齿数：80、100、120。

输出幅度： $V_{p-p} \geq 0.3V/30rpm$ 。

抗振能力：>5g。

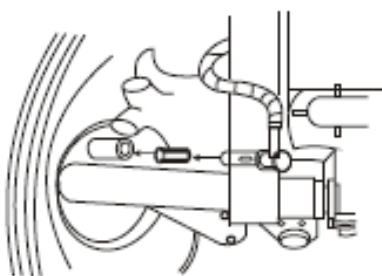
齿隙：< 0.70mm。

2、传感器的安装要求：

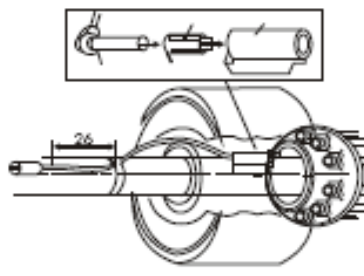
（1）传感器安装前的准备：

- a.先检查外表是否有划伤、压痕，引线是否松动、破损，铜线是否有现象；
- b.应把安装孔清洗干净；
- c.传感器阻值是否正常；
- d.弹性衬套是否变形；
- e.传感器前端应保持清洁；
- f.如发现传感器有损坏而导致传感器不能正常使用的请更换新传感器；

（2）传感器的安装次序：



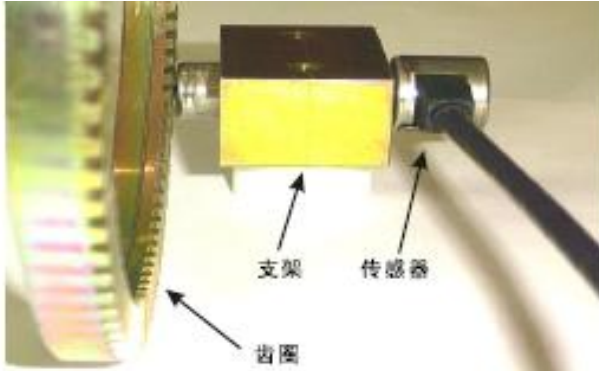
前桥传感器的安装示意



后桥传感器的安装示意

- a. 前轮传感器安装：将弹性衬套、传感器依次顺畅装入钢衬套内，调整好引线方向并捆扎牢固。
- b. 后轮传感器安装：在支架安装固定前，先将弹性衬套、传感器依次顺畅装入

- 支架，再将支架固定。调整好引线方向后，再将引线捆扎牢固。
- 用手推入或用榔头轻轻敲入，如有发卡现象，及时拔出传感器，取出衬套，检查支架或衬套内孔是否有杂物或其它原因造成的安装障碍；
 - 保证传感器前端中心与齿圈齿面中径对正，否则调正支架位置，并将传感器推到底。传感器与齿圈的间隙必须小于 0.7mm；
 - 传感器插入支架或衬套孔位中，插拔力值 $F > 50N$ ；



(3) 传感器引线的连接:

- 传感器引线离开制动底板后，用尼龙扎带捆扎在无相对运动的刚性构件上，同时考虑留有一定余量；
- 转向桥的传感器引线在线束连接时，应和制动软管捆扎在一起，考虑到转向桥制动软管的运动状态，应将传感器线束扎在制动软管弯曲的弧线内侧，避免与轮胎边缘的摩擦，对于非转向桥引线也同制动管连接，留有一定余量，保证车身的上下运动时不被拉断；
- 在与线束插接时，应将线束上的两个倒钩完全插进引线尾部插孔里的两个倒钩孔，如果遇到不容易插进的时候，可在线束端头周围抹上一点润滑脂，严禁将橡胶密封圈卸掉接插；
- 当传感器完全插到位以后，将插头两端用扎带捆扎牢靠；
- 引线在引出制动软管后，其插接件不能悬空或有甩摆现象；
- 凡有相对运动的部位，其线束或引线留足余量应保证不被拉断；

(四) 齿圈的安装要求:

齿圈应稳固地安装在各车轮的轮毂上，推荐使用基孔制 H7/S6 和 H8/S7 过盈配合。



1.齿圈的安装要求:

a. 高温安装: 在把齿圈加热 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$, 保温 5~10 分钟后, 再压入轮毂的加工面上;

b. 常温安装:

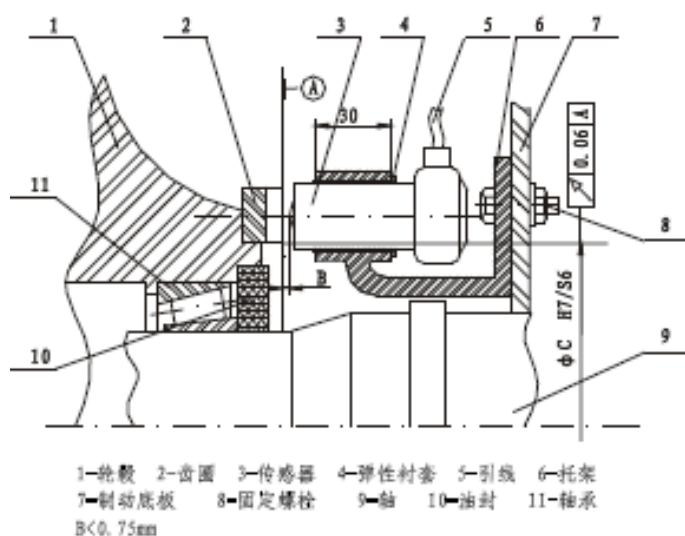
a) 用压力机安装: 必须使用相应工装平稳均匀的压入轮股的配合端面;

b) 用手工安装: 必须垫相应工装, 用工具(木锤、橡胶锤或铜棒)沿齿圈周边均匀敲击, 但用力不可过大; 严禁安装时用硬物敲打齿圈, 以免造成齿的表面和形状被破坏;

c) 安装为一次性安装, 禁止反复安装;

d) 安装后检测:

用千分表测量齿面的跳动不大于 0.06mm 为合格;



2.装车后检测

a. 用传感器手持检测仪对信号进行测量;

b. 在轮毂以 30rpm 时转动时, 信号灯必须均匀闪烁, 不应有间断现象, 亮度清晰、可辨;

c. 操作方法可按手持检测仪使用说明书进行;

d. 在没有手持检测仪的情况下, 可用万用表测传感器输出电压, 当转速大于 30rpm , U 输应大于 0.30V ;

3. 注意事项

a. 在齿圈安装前先将轮毂轴向定位面清理干净, 防止杂物嵌入表面造成齿圈偏摆;

b. 检查锐角倒钝时其 R 值;

c. 保证安装时定位面其贴合率应大于 75% ;

d. 用千分表测量齿圈齿面的跳动量应小于 0.06mm ;

(五) 线束的安装要求:

它是控制盒 (ECU) 和各个独立元件的信号传输部件。

1. 线束的安装:

a. 线束必须固扎在纵梁或横梁的 U 型槽内, 确保不要有预紧力;

b. 应当避开发动机排气管对线束的烘烤, 或在排气管处进行隔热处理;

- c. 在拐弯或有坚硬锐角处要对线束进行加固或相应处理；
- d. 避免悬空处理线束，避免油渍或有害液体长期侵蚀，线束和各独立元器件连接处留一定余量，以便维护、保养。

2. 线束的对插：

- a. 线束与控制盒的对插，保证到位并锁紧；
- b. 线束与传感器引线的对插，保证棘齿挂住窗孔；
- c. 线束与电磁阀的对插，保证螺母拧紧到位并紧固；

3. 线束的捆扎：

- a. 尽量与车辆的原有线束捆扎在一起；
- b. 线束应分左、右，分别捆扎。每隔 20~30cm 用扎带捆扎；
- c. 线束的长出部分，应捆扎牢固，不能和运动部件捆在一起；
- d. 在桥和大梁过渡时，应当留有足够的余量，防止车辆运行时将线束拉断；

4. 电源线束的安装：

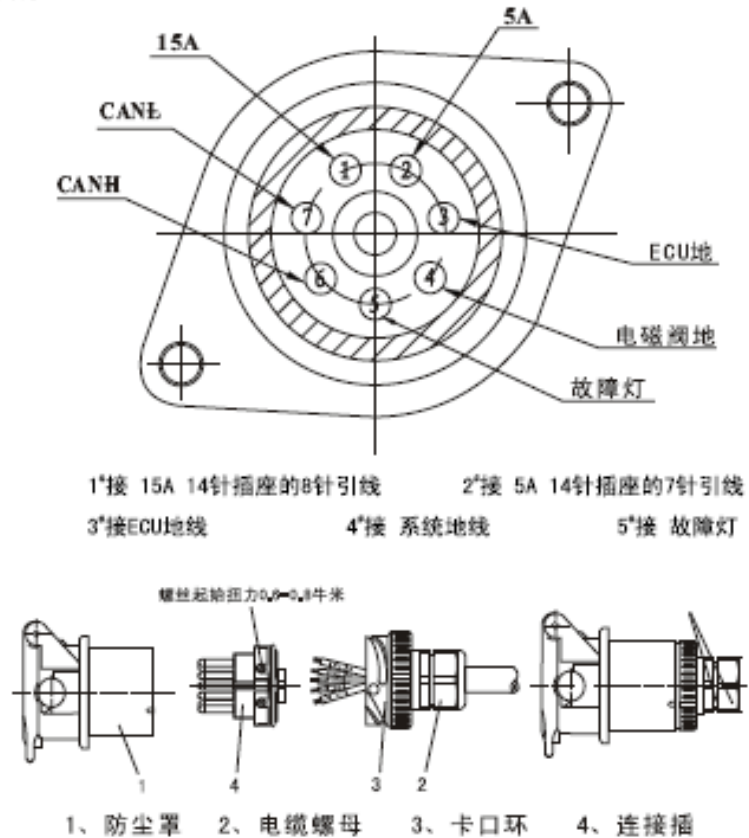
- a. 严格按照图纸对接电源线（电源电压满足 $18V < U < 30V =$ 。
- b. ECU 地线、电磁阀地线与电源地线共地点牢靠接地。
- c. 故障灯应使用小于 5W 的灯泡进行连接。故障灯应安装在仪表板上，驾驶员易观察到的地方。对牵引车在仪表板上需再增加一个挂车 ABS 指示灯。如特殊情况下使用发光管时，应在线路中串联大于 2.4kΩ 的电阻。
- d. 在任何情况下电源线的电压降必须小于 0.5V。电源线和地线连接线应选择直径为 2.5mm² 的铜线。
- e. 在总装厂设置有保险时按图接规定保险，未设置时坚决不允许直接和电源连接使用。
- f. 地线的连接有以下要求：
 - 1) 接地点位置明显，不能随意接地，应使用统一接地点。
 - 2) 接地点要打磨，保证接地面积和接地可靠。
 - 3) 安装时严禁用自攻螺丝接地线，必须用螺栓、螺母、平垫的方式接地，保证接地的牢靠。

5. 挂车与主车 ABS 线束对接要求：

- a. 将 ISO7638-1/141070 插座固定在挂车前部预留的安装位置上，导线按接线图要求对应连接。
- b. 将主车上 ISO7638-2/141070 插头与插座对插到位并锁紧。
- c. ECU 和电磁阀采用同一接地点，不得与其他用电设备混用接地点。
- d. 线束的两端已作好前、后、左、右的标记，请按相应标记分别对插传感器和电磁阀接插件。（接插要求同上）

第三节 七芯插座

它是主车与半挂车电源线的连接部件，它内部由 7 根针组成，其连接分别为：



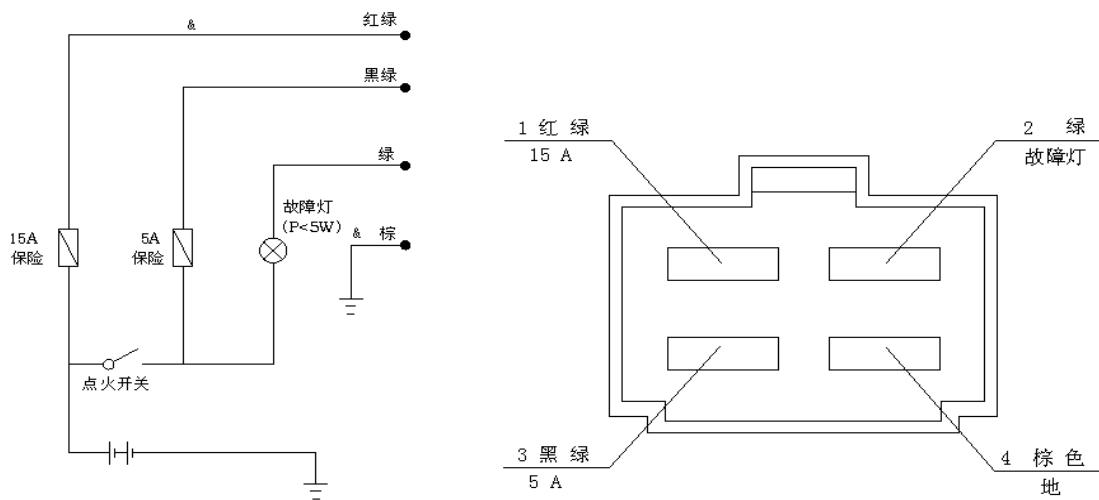
ABS/EBS 插座安装说明

1. 将电缆螺母（上图中 2）扭紧到卡口环上（上图中 3）。
2. 将电缆线绝缘外皮剥去约 60 毫米并穿过电缆螺母和卡口环（上图中 2 和 3）。
3. 将电缆线的各条线芯绝缘层剥去 7 毫米长。
4. 建议使用钢带包线端子包住线尾铜线芯。
5. 取连接插（上图中 4）并松开 7 号端子的螺丝，将已剥去绝缘层的 7 号线的电线插入 7 号端子孔直至底部，按此顺序重复动作连接 6 号、5 号……到所有端子。通过轻拉电线来确定螺丝是否全部打紧。
6. 将座身内的密封圈涂上适量润滑剂（如硅油），将连接插（上图中心）推入座身内（上图中 1）。
7. 将卡口环（上图中 3）的前部和密封圈涂上适量润滑剂（如硅油），将卡口环推入座身（上图中 1）并旋转卡紧；注意：一定要对准到位标识方可。
8. 将电缆螺母（上图中 2）之固定螺帽扭紧。
9. 作最终外观及功能检查。

第四节 ABS 电源接线图

技术要求：

1. 有标记 (&) 的导线采用线径为 2.5mm²，未标注的导线线径应为 0.75~1.5mm²；
2. 到电子控制单元(ECU)各线路的电压降必须 < 0.5V；
3. 电磁阀电缆阻值不超过 0.28Ω (阀通过电流为 3.6A)

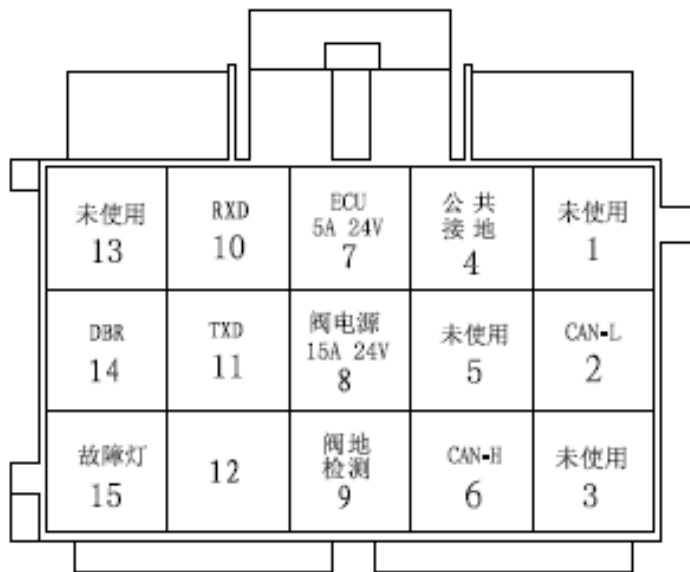


第五节 线束插头定义图（正视图）



- | | |
|---------------------|------------------|
| 1/18: 连接右前轮电磁阀的棕色线。 | 10/18: 连接右前轮传感器。 |
| 4/18: 连接右前轮电磁阀的蓝色线。 | 13/18: 连接右前轮传感器。 |
| 2/18: 连接左后轮电磁阀的棕色线。 | 11/18: 连接左后轮传感器。 |
| 5/18: 连接左后轮电磁阀的蓝色线。 | 14/18: 连接左后轮传感器。 |
| 3/18: 连接左前轮电磁阀的棕色线。 | 12/18: 连接左前轮传感器。 |
| 6/18: 连接左前轮电磁阀的蓝色线。 | 15/18: 连接左前轮传感器。 |
| 8/18: 连接右后轮电磁阀的棕色线。 | 17/18: 连接右后轮传感器。 |
| 9/18: 连接右后轮电磁阀的蓝色线。 | 18/18: 连接右后轮传感器。 |

注：（传感器阻值为： $1500 \pm 150\Omega$ 。电磁阀输入端与公共接地、电磁阀输出端与公共接地阻值各为： $15.5 \pm 0.5\Omega$ ）



2/14: CAN - L

4/14: ECU 接地。

6/14: CAN - H

7/14: 接点火开关，ECU 正极电源。

8/14: 接蓄电池。电磁阀正极电源。

9/14: 阀地线检测。

10/14: RXD

11/14: TXD

14/14: 接控制缓速器的继电器的 85 脚。

15/14: 接 ABS 的指示灯。用镀金小插头。

如果系统有故障，故障灯点亮。在对 ABS 系统诊断和排除故障后，故障灯熄灭。

第六节 ABS 系统安装检查，故障代码读取

系统安装完后，打开点火开关，首先看到仪表盘 ABS 灯点亮，随后可相应听到电磁阀有序响声（以四通道为例）：右前、左前、右后、左后共 8 声，如果踩下制动踏板就会听到最后检测的 4 次放气声。完毕后灯灭，说明静态正常。在宽阔平坦的道路上车速大于 40 km/h 情况下实施紧急制动然后观察制动痕迹，地面应无明显拖痕，即 ABS 工作正常。

（一）闪码操作：

打开点火开关，ABS 故障灯会依照先后次序闪示故障代码，系统将所有故障码闪示完毕后故障灯长亮。根据闪码表确定 ABS 故障类型。

（二）闪码说明（附闪码故障详细说明）

当 ECU 检测出故障时就会以故障灯闪亮的方式来报警。由灯闪亮的次数代表故障，一种故障由两组代码表示，第一组为故障类型，第二组为故障位置。

第一组闪码含义：

2 电磁阀故障 3 传感器间隙 4 传感器开/断路 5 传感器信号不均匀 7 系统故障 8 ECU 故障（注：当闪出 ECU 故障时不能用位置来判断。其中只有 8-1 和 8-2，为外部电源电压低（ $U < 18V$ ）和外部

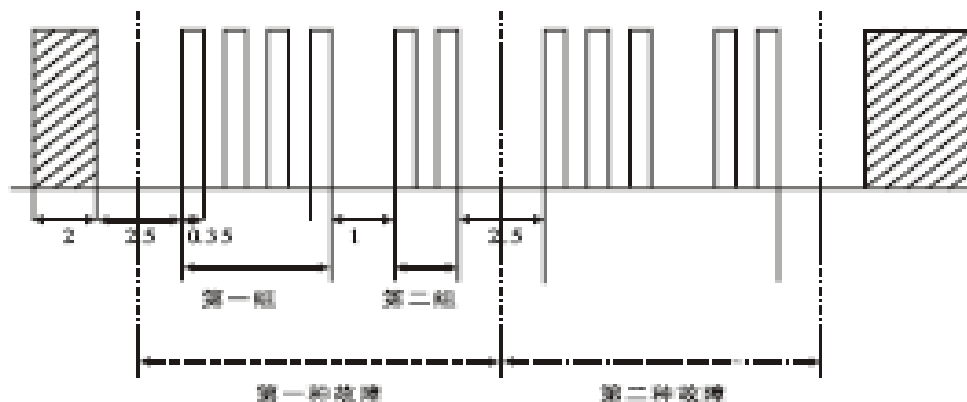
电源电压高 (U>30V) 其余均为 ECU 内部故障)

第二组闪码含义:

1 右前轮 2 左前轮 3 右后轮 4 左后轮 5 右中轮 6 左中轮 7 车辆超速 8 电磁阀地线

4S/4M 故障灯闪码说明

如图所示:



此图就显示出两种故障, 为 4-2 和 3-2。

打开点火开关, 故障灯长亮 2 秒后灯灭, 过 2.5 秒后开始灯闪, 灯每闪一次为 0.35 秒。距离下一次灯闪为 0.35 秒。灯闪完四次后熄灭, 1 秒以后继续以 0.35 秒间隔闪两次。此时灯闪完一种故障为 4-2 闪完 4-2 后灯灭, 过 2.5 秒后开始闪 3-2, 时间间隔同上。

当系统故障灯闪示完所有故障代码后, 故障灯长亮, ABS 退出工作。

当系统故障排除后, 连续上电 8 次后, 指示灯在自检后应熄灭, 系统恢复正常。

特殊情况: 若 ABS 警示灯长亮但故障代码不能读出, 表明系统中的 CPU 出现故障或 ECU 内部出现故障。若每次上电, ABS 警示灯一直不亮, 则应检查灯泡或电源线路。

如发现报警灯出现异常 (故障灯亮但无闪码): 断开电源拔下 ECU 插头, 用万用表先对 ABS 系统外部线路进行检测。然后再检查各个部件的连接是否正常, 有无短/断路现象。且不可盲目更换 ECU。

注意:

ABS 只是在紧急制动致使车轮趋向抱死的情况下才起作用的。如果在行驶期间 ABS 灯亮, 用户应及时到指定的维修厂诊断、维修, 使 ABS 系统功能恢复正常。且不可带故障长时间行驶。服务人员必须严格按照此说明书对系统进行检测、安装、维修。如果您有不能处理的 ABS 问题, 请及时与我们联系。我们将在最短的时间内为您解决问题。

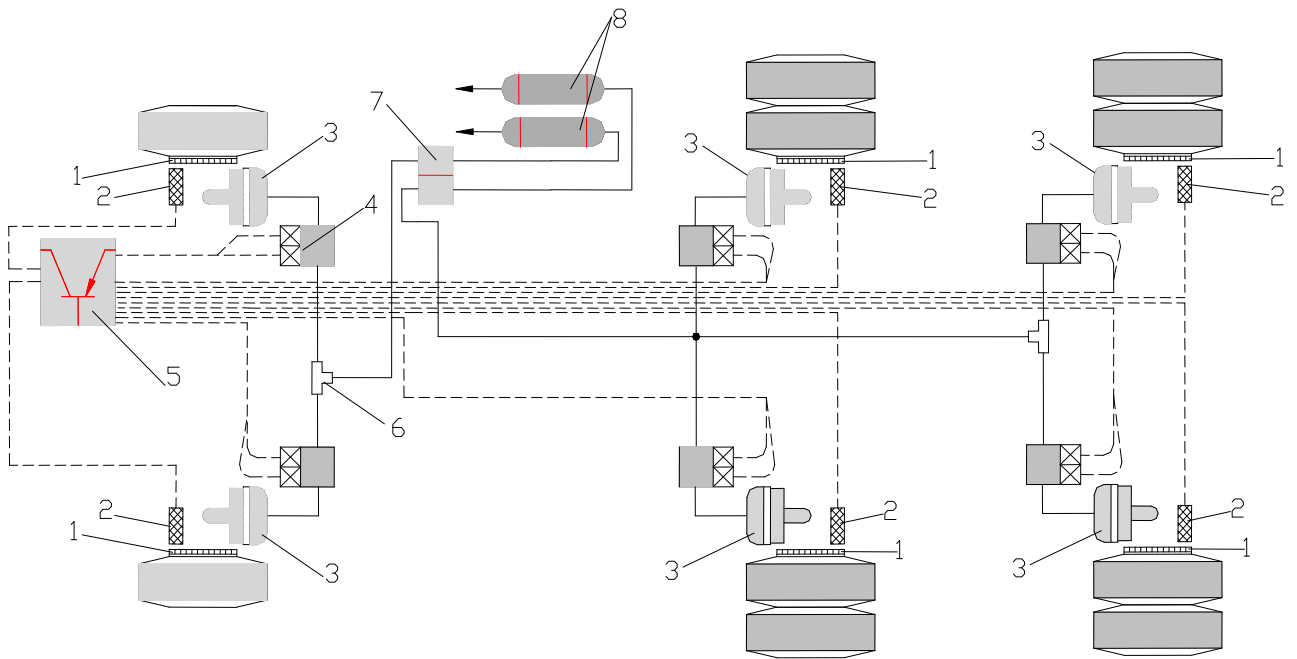
第七节 闪码故障详细对照表

第一组故障码		第二组故障码		闪码	故障详情
亮灯次数	故障部件	亮灯次数	故障位置		
2	电磁阀	1	1 右前轮	2-1	右前轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
		2	2 左前轮	2-2	左前轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
		3	3 右后轮	2-3	右后轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
		4	4 左后轮	2-4	左后轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
		5	5 右中轮	2-5	右中轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
		6	6 左中轮	2-6	左中轮电磁阀线圈开/短路。电磁阀线束开/短路。
3	传感器间隙	1	1 右前轮	3-1	右前轮传感器间隙大或传感器松脱。
		2	2 左前轮	3-2	左前轮传感器间隙大或传感器松脱。
		3	3 右后轮	3-3	右后轮传感器间隙大或传感器松脱。
		4	4 左后轮	3-4	左后轮传感器间隙大或传感器松脱。
		5	5 右中轮	3-5	右中轮传感器间隙大或传感器松脱。
		6	6 左中轮	3-6	左中轮传感器间隙大或传感器松脱。
4	传感器开/短路	1	1 右前轮	4-1	右前轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
		2	2 左前轮	4-2	左前轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
		3	3 右后轮	4-3	右后轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
		4	4 左后轮	4-4	左后轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
		5	5 右中轮	4-5	右中轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
		6	6 左中轮	4-6	左中轮传感器损坏或传感器线束开/短路。
5	传感器信号	1	1 右前轮	5-1	右前轮传感器和线束的插头接触不良。
		2	2 左前轮	5-2	左前轮传感器和线束的插头接触不良。
		3	3 右后轮	5-3	右后轮传感器和线束的插头接触不良。
		4	4 左后轮	5-4	左后轮传感器和线束的插头接触不良。
		5	5 右中轮	5-5	右中轮传感器和线束的插头接触不良。
		6	6 左中轮	5-6	左中轮传感器和线束的插头接触不良。
7	系统功能	7	车辆超速	7-7	车辆行驶速度超过限制速度。
		8	电磁阀地线	7-8	电磁阀地线开路或接触不良。
8	控制盒 ECU	1	电压低	8-1	供电电压小于 18V
		2	电压高	8-2	供电电压大于 30V
备注	故障灯长时间连续闪烁，必须进行处理，严禁行车。				

第八节 ABS 故障及保养一览表

类别	故障区域	故障描述	处理方法
灯长亮	无闪码	ECU 供电系统 5A 保险丝熔断	更换
		ECU 与插头之间未插接到位	重新插接
		ECU 内部故障	更换（外部线路确保正确的连接并更换）
	有闪码	读懂闪码	一一排除后重新接通
灯不亮	ECU 供电部分有故障	灯丝熔断（故障灯）	更换
		15A、5A 保险熔断	更换
		线束未能与 ECU 连接可靠	重新连接
日常保养与维护	电源线束	3 个月为一周期。观察对线束、电源线外观是否有破损、松动，铜线裸露等现象	及时进行处理
	传感器	保养周期与车轮保养同步进行。观察传感器是否有 破损、松动、断裂退出等现象。	及时修复，更换
		弹性衬套是否变形失效	更换、修复
	电磁阀	3 个月为一周期检查电磁阀是否有漏气，排气口是否有异物，线束连接是否牢靠	气路是否通畅，固定螺丝是否松动
	齿圈	齿圈保养与车轮保养同步，观察齿圈是否有变形、移位、齿隙是否正常，齿圈齿隙是否有异物。	更换、清理
<p>注：1、电子控制单元（ECU）、气动电磁调节阀、轮速传感器的故障，应到指定维修点更换，此三组件均为不可修复件。</p> <p>2、在系统电源未切断时，不可拆装系统中的导线插头或电器元件。</p> <p>3、在进行烤漆电焊时，一定要先断开 ECU 连接插头。</p>			

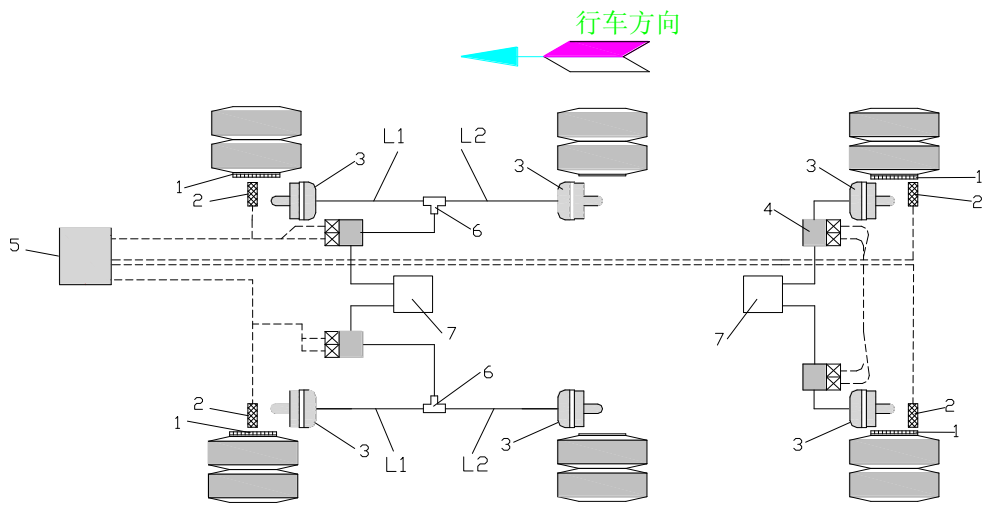
第九节 附图



- | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----|----|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| ----- | 电路 | ——— | 气路 | 1——齿图 | 2——传感器 | 3——制动气室 | 4——电磁阀 | 5——ECU | 6——三通接头 | 7——制动阀 | 8——储气筒 |
|-------|----|-----|----|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|

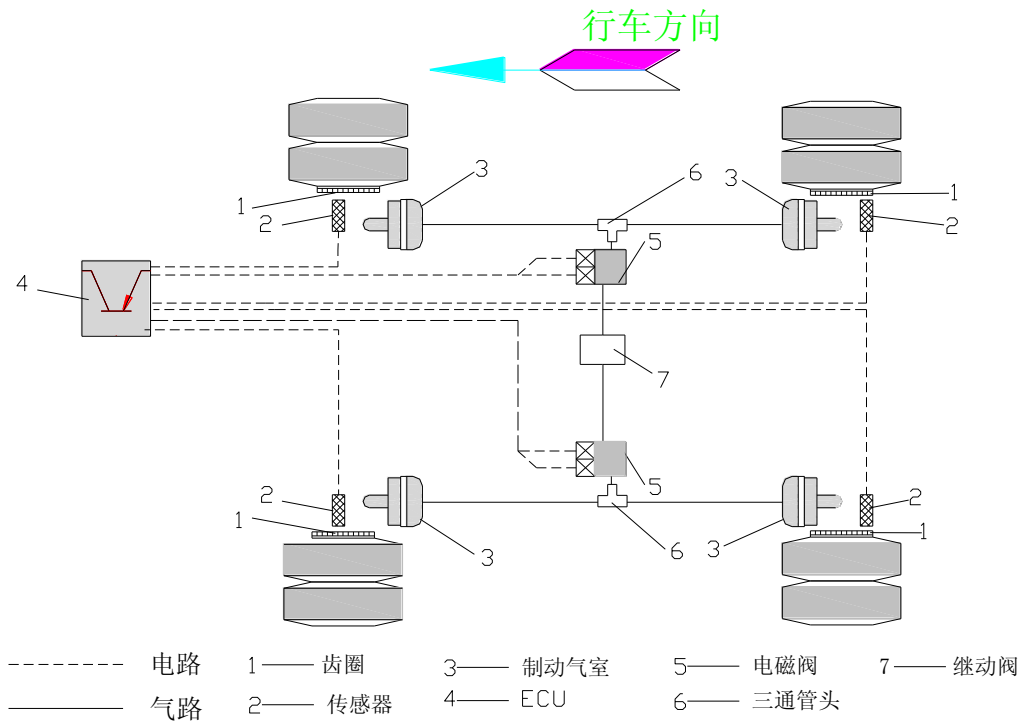
6S/6M (6 x 4) 牵引车布局图

三轴半挂车4S4M布局图

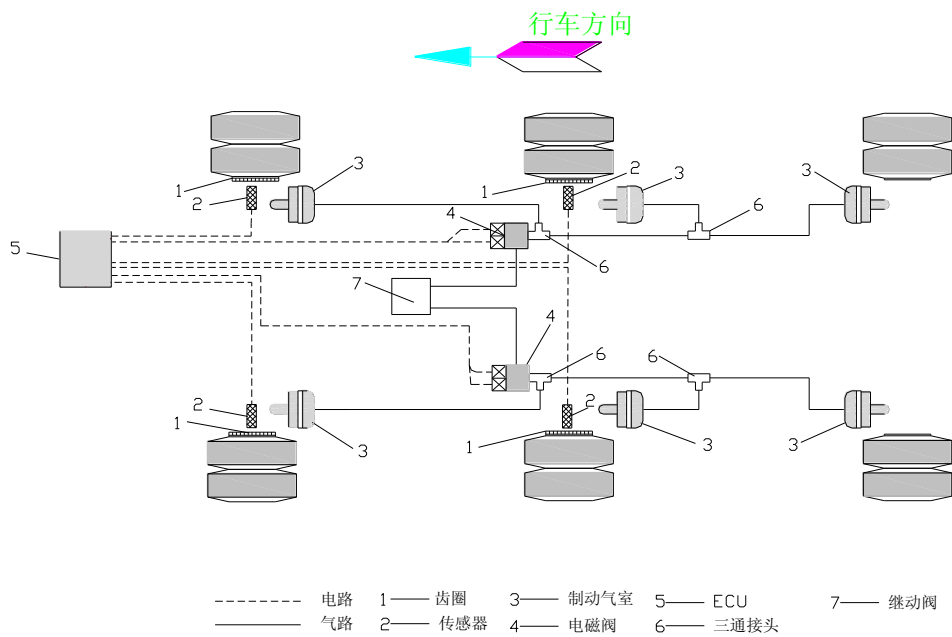


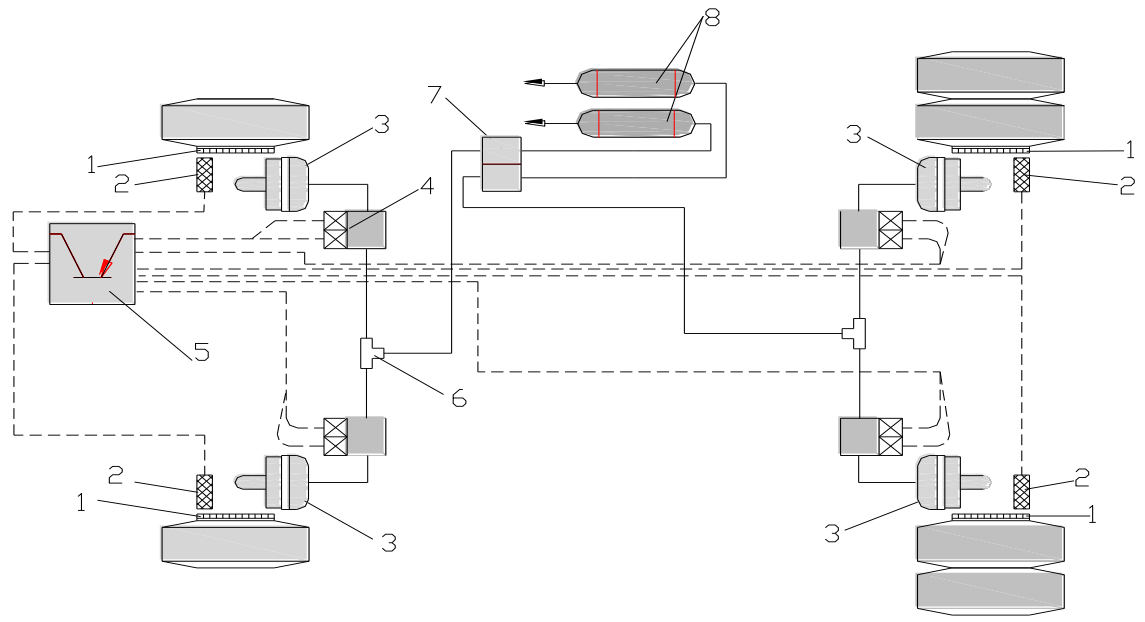
- | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----|----|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|
| ----- | 电路 | ——— | 气路 | 1——齿圈 | 2——传感器 | 3——制动气室 | 4——电磁阀 | 5——ECU | 6——三通接头 | 7——继动阀 | L1=L2 |
|-------|----|-----|----|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|

二轴半挂车4S2M布局图



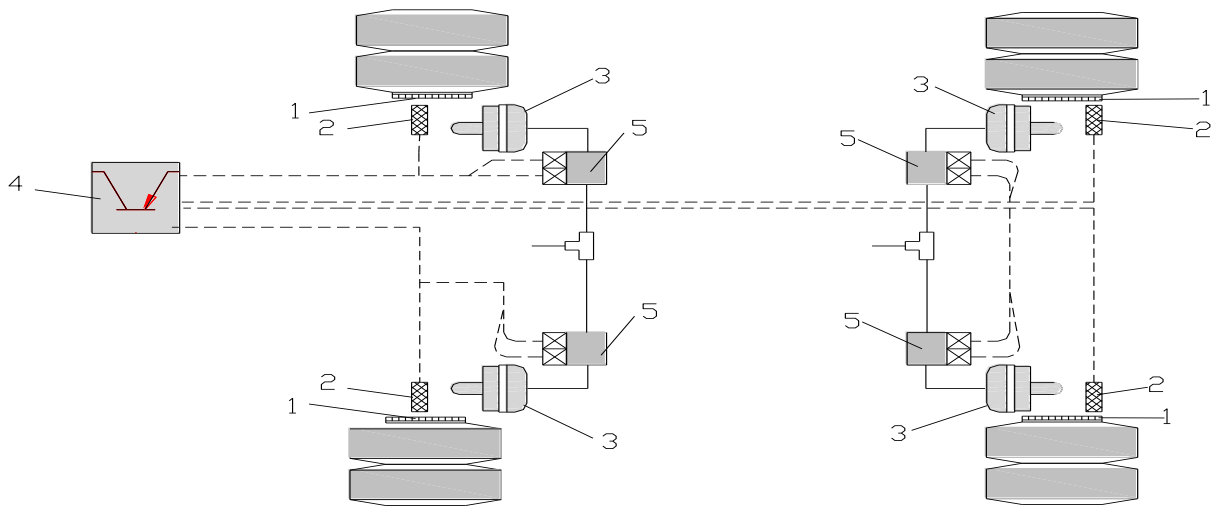
三轴半挂车4S2M布局图





----- 电路 1 —— 齿圈 3 —— 制动气室 5 —— ECU 7 —— 制动阀
 ————— 气路 2 —— 传感器 4 —— 电磁阀 6 —— 三通接头 8 —— 储气筒

4S4M (牵引车布局图)



----- 电路 1 —— 齿圈 3 —— 制动气室 5 —— 电磁阀
 ————— 气路 2 —— 传感器 4 —— ECU 6 —— 三通管头

4S4M (二轴半挂车布局图)

第九章 车 轮

第一节 概 述

汽车轮胎是汽车的重要组成部件之一，它的作用是承受汽车的负荷，保证车轮与路面的抓着力，并将汽车的动力传递给路面，减轻和吸收汽车在行驶时的震动和冲击力，防止汽车零件受到剧烈震动和早期损坏，保证行驶的安全性和舒适性。因此根据不同的汽车及使用条件对轮胎提出了不同的结构和性能要求。汽车轮胎一般分为有内胎轮胎和无内胎轮胎。

汽车行驶性能的好坏与车轮和轮胎有密切的关系。

一、车轮的结构

图 9-1、9-2 所示为前后车轮分解图。

车轮由外胎、内胎、衬带、轮辋、轮辐、挡圈、气门嘴、气门嘴接管及平衡块组成。外胎的帘布线采用尼龙线，内胎是一个环形橡胶管，气门嘴装在内胎上起充放气作用。轮辋总成由轮辋和轮辐构成，轮辐焊接在轮辋上，而且用轮毂螺栓和螺母紧固在轮毂上。

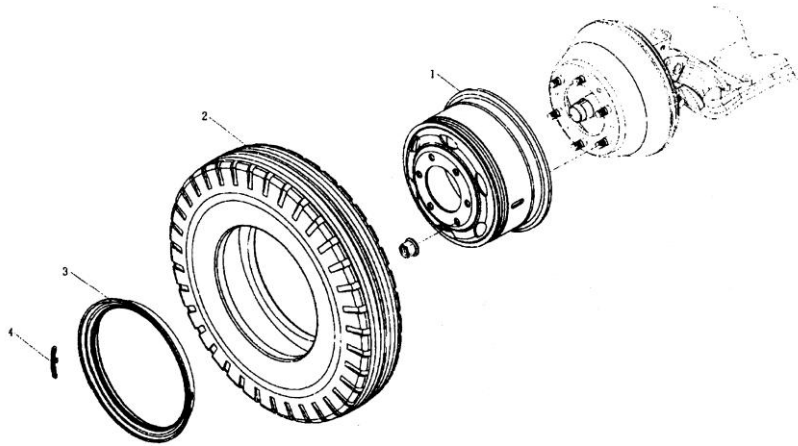


图 9-1 前车轮分解图

1-轮辋带幅板总成；2-轮胎；3-弹性挡圈，4-平衡块

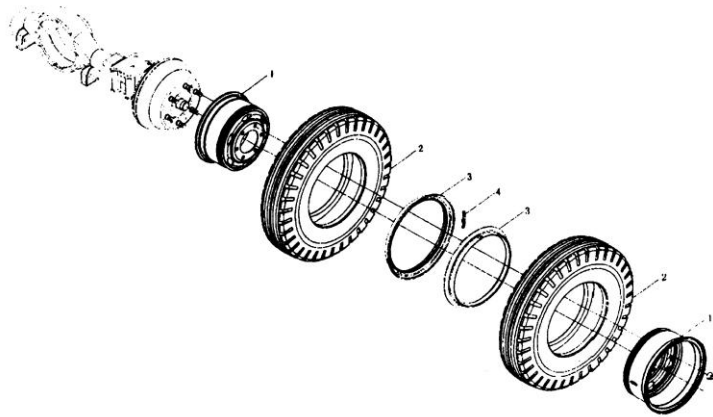


图 9-2 后车轮分解图

1-轮辋带幅板总成；2-轮胎；3-弹性挡圈，4-平衡块

二、汽车轮胎的分类

1、有内胎轮胎

有内胎轮胎是指轮胎外胎内腔中需要配有内胎的充气轮胎。(内胎是指用于保持轮胎内压、带有轮胎气门嘴的圆环形弹性管。)

有内胎轮胎由外胎、内胎和垫带组成,使用时安装在汽车轮辋上,构造 见 图 9-3

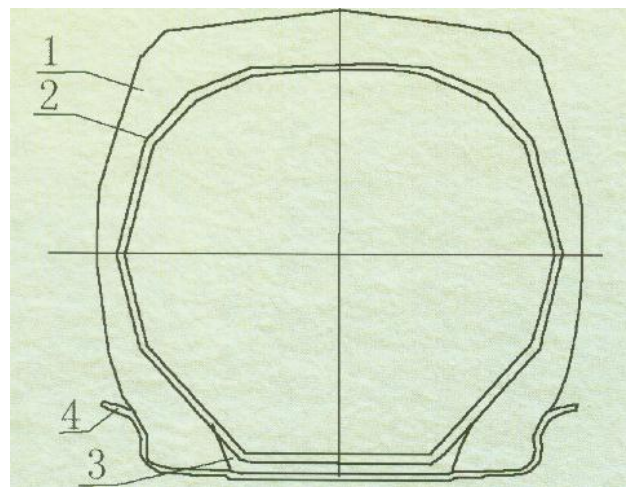


图 9-3 有内胎轮胎的结构

1-外胎 2-内胎 3-垫带 4-轮辋

2、无内胎轮胎

无内胎轮胎是由轮胎胎里气密层及胎圈与轮辋的密合作用保持轮胎内压,不需要配用内胎的充气轮胎。

无内胎轮胎内壁上有一层气密层,能起到密封的作用,它不需要内胎,一般安装在深槽轮辋上使用,因此不用垫带。具体构造见图 9-4。

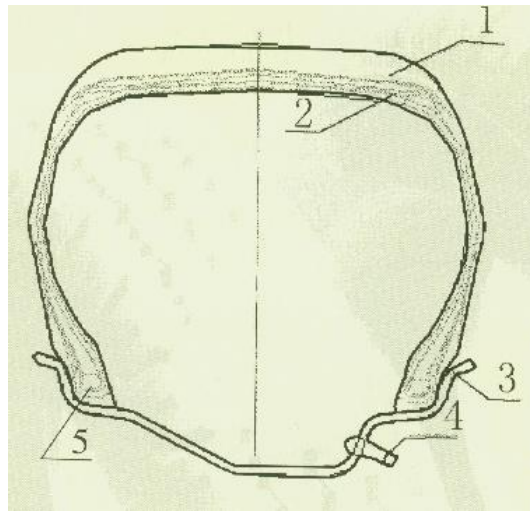


图 9-4 无内胎轮胎的结构
1-外胎 2-气密层 3-轮辋 4-气门嘴 5-轮圈

三、轮胎的分类

轮胎从结构、材料和使用用途可分为斜交胎和子午线轮胎。

1、斜交轮胎：胎体帘布层和缓冲层各相邻层帘线交叉排列，且与轮胎圆周切线方向呈小于 90° 角排列的充气轮胎。结构见图 9-3。

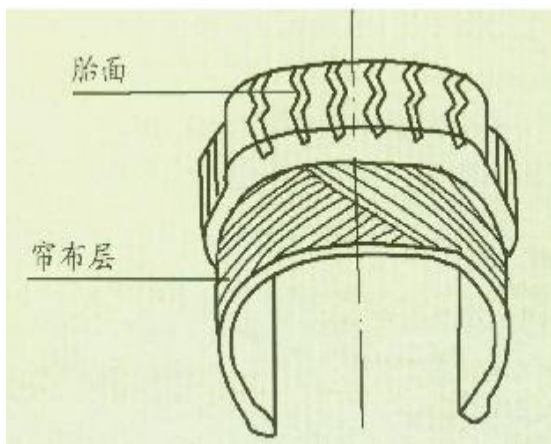


图 9-3 斜交轮胎的结构图

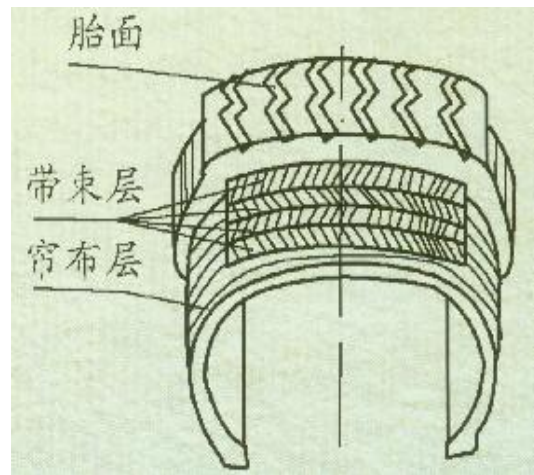


图 9-4 子午线轮胎的结构图

2、子午线轮胎：胎体帘布层帘线与轮胎圆周切线方向呈 90° 角或接近 90° 角排列，以带束层箍紧胎体的充气轮胎，结构见图 9-4。

子午线轮胎的胎体帘布层线与胎面中心线呈 90° 或接近 90° 角排列，帘布分布如地球的子午线，因而称为子午线轮胎。子午线轮胎帘线强度得到充分利用，它的帘布层数小于普通斜交轮胎，使轮胎重量减轻，胎体较柔软。子午线胎采用了胎面中心线夹角较小 ($10^\circ \sim 20^\circ$) 的多层带束层，用强力较高、伸张力小的结构帘布或钢丝帘布制造，可以承担行驶时产生的较大的切向力。带束层像钢带

一样，紧紧镶在胎体上，极大地提高了胎面的刚性、驱动性以及耐磨性。

子午线轮胎与斜交轮胎混装将会影响汽车的操纵性能，故两种胎不能混装于一辆车上。

四、轮胎的规格

轮胎规格常用一组数字表示，前一个数字表示轮胎断面宽度，后一个数字表示轮辋直径，均以英寸为单位。中间的字母或符号有特殊含义：“x”表示高压胎；“R”、表示子午胎；“—”表示斜交胎。

层级：层级是指轮胎橡胶层内帘布的公称层数，与实际帘布层数不完全一致，是轮胎强度的重要指标。层级用中文标志，如 12 层级；用英文标志，如“14P.R”即 14 层极。

帘线材料：有的轮胎单独标示，如“尼龙”(NYLON)，一般标在层级之后；也有的轮胎厂家标注在规格之后，用汉语拼音的第一个字母表示，如 9.00-20N、7.50-20G 等，N 表示尼龙、G 表示钢丝、M 表示棉线、R 表示人造丝。

负荷及气压：一般标示最大负荷及相应气压，负荷以“公斤”为单位，气压即轮胎胎压，单位为“千帕”。

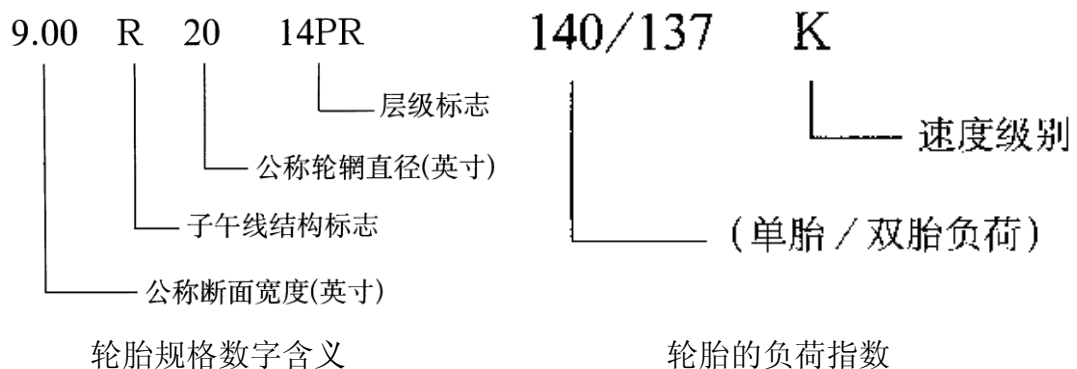
轮辋规格：表示与轮胎相配用的轮辋规格。便于实际使用，如“标准轮辋 5.00F”。

平衡标志：用彩色橡胶制成标记形状，印在胎侧，表示轮胎此处最轻，组装时应正对气门嘴，以保证整个轮胎的平衡性

滚动方向：轮胎上的花纹对行驶中的排水防滑特别关键，所以花纹不对称的越野车轮胎常用箭头标志装配滚动方向，以保证设计的附着力、防滑等性能。如果装错，则适得其反。

磨损极限标志：轮胎一侧用橡胶条、块标示轮胎的磨损极限，一旦轮胎磨损达到这一标志位置应及时更换，否则会因强度不够中途爆胎。

生产批号：用一组数字及字母标志，表示轮胎的制造年月及数量。如“05080081505”表示 2005 年 15 周 5 月 8 日 008 号机台生产的轮胎。生产批号用于识别轮胎的新旧程度及存放时间。



ISO 国标轮胎都采用“负荷指数”代替层级来标明轮胎的负荷能力。“负荷指数”就是轮胎在标准规定的使用条件下，并按速度符号标明的速度行驶时，所能承受的最大负荷的代号，“负荷指数”是从 0 到 279 的一系列从小到大的 280 个等级，它被刻在模型上作为轮胎的标志之一。

第二节 轮胎的使用和保养

一、轮胎的使用

轮胎是汽车的重要组成部分,使用合理与否,将直接影响到车辆性能和轮胎使用寿命,从而关系到运输成本,原材料消耗,以及人身和财产安全。因此对轮胎必须做到正确合理使用,妥善处理故障,力求维护好车辆应有的性能,减少轮胎损耗。本节将从以下几个方面介绍轮胎使用的正确方法。

1. 根据车辆性能,结合轮胎情况,合理装配轮胎

车辆行驶时的安全性、经济性和舒适性等,分别与轮胎的可靠性、滚动阻力、附着能力和缓冲性能有关。因此各种车型装用的轮胎规格,一般都有严格规定。在更换原车轮胎时,选用的轮胎不但要规格吻合,还要注意轮胎的结构、层级或负荷指数、速度级别、花纹类型等特点。整车同时更换新胎,方便省事,但却加大使用成本。大多数单位或个人都采用逐条更换轮胎的办法更换原车轮胎,这就造成一辆车上装用的轮胎有新有旧,因而在更换轮胎时更应注意匹配,应做到轮胎的外直径相同、层级相同、花纹一致。就局部来说,前轴左右轮的性能不同,容易引起方向和制动跑偏;后轴内外档轮胎外直径不同,容易造成单胎超负荷等。

轮胎装配时,在汽车的同一轴上要做到“八个统一”即“八同”:①规格相同;②结构相同;③材质相同;④层级相同;⑤花纹相同;⑥厂牌相同;⑦气压相同;⑧负荷相同。为什么要做到“八同”呢?主要是从轮胎的属性与使用关系来考虑。属性不同,其性能有差别,使用效果必然不一样,现作如下介绍:

①规格相同:规格不同轮胎的充气外直径和断面宽不一样,装在同一轴上则负荷分布不一样,因此要求同一轴上必须同规格。另外,前后轴没有特别要求的车辆,其轮胎规格也应相同。

②结构相同:子午线胎体帘线排列垂直于轮辋,径向变形大,缓冲性能好,带束层比较坚硬如同坦克履带,故周向变形小,滚动一周接近轮胎外周长的长度。而斜交胎则不同,径向变形小,缓冲性能差,行驶时接触地面部位被压缩,故周向变形大,转一周的距离小于轮胎的外周长。两种轮胎混装在同一轴上,必然承受的负荷不一样,磨损也不一致。因此,同一轴上必须装配同一结构的轮胎。

③材质相同:主要是指胎体帘线的材料。例如:全钢丝子午线轮胎与纤维子午胎等,胎体的厚度、帘线的强度、散热性能等都有较大差异,混装在一起则影响使用效果。因此,同一轴上的轮胎胎体帘线材料(专业称为胎体骨架材料)必须相同。

④层级相同:层级是轮胎的负荷级别,同时确定了相应的气压标准,负荷能力不同的轮胎混装在一起,充气压力不一致,轮胎的变形也不同。因此同一轴上必须做到同层级,以确保各胎位的负荷一致。

⑤花纹相同:轮胎花纹不同,不仅磨损有差别,而且与地面的附着力也不一样。汽车左右轮胎花纹不一致(如纵、横向花纹装同一轴),会影响汽车的平顺性,紧急刹车时会出现单边和甩尾现象。

⑥品牌相同:生产厂家不同,轮胎的轮廓尺寸、胎面宽度、花纹形状、帘线材料都有——定的差别。不同厂牌的轮胎混装在一起也会影响使用效果。因此,同一轴上必须做到同一品牌。只有这样,才能发挥车辆和轮胎应有的性能。

⑦气压相同:气压由层级而定。层级相同应保持气压一致,保持同一性。因此,同一轴上必须气压相同。

⑧负荷相同:负荷由层级与气压而定,应根据载荷等使用条件,配装同一种负荷能力的轮胎,使其负荷能力相同,可以延长轮胎的使用寿命。因此,同一轴上必

须同负荷。以 10. 00R20 16PR 的全钢丝子午胎为例，国家标准明确规定，当气压是 850kpa 时，承载能力为 3150kg；而当气压是 770kPa 时，该轮胎的负荷能力为 2800kg，对以上规定就清楚地表明了层级与气压决定了轮胎的负荷能力。车辆在特定的条件下行驶，对轮胎有特定的要求。轮胎经过使用、修补、翻新后，性能有所下降，只能适应一定的使用条件，因而相互间要进行选配。较好的轮胎应装配在车辆的前轴或运输距离长、经常连续行驶的车辆，使其具有较高的安全性；使用过的轮胎，应装配在车辆后轴；经修补、翻新的轮胎或残次轮胎应装配在运输距离短行驶速度较慢，承载较轻的车辆后轴；经常在松软泥泞道路行驶，应装配横向花纹及剩余花纹较深的轮胎以防打滑；经常在布满石块、硬物的道路行驶，后轴要装配使用过的或经修补、翻新的轮胎，以降低刺扎划伤所造成的损失；夏季气温高，轮胎升温大，车辆前、后轴应装配较好的轮胎，防止高温爆胎；冬季气温低，轮胎升温小，可装配稍次的轮胎。通过合理装配，可以很好地解决车辆行驶要求和轮胎特点之间的矛盾。

2. 掌握车辆底盘的技术状况

车辆底盘的技术的好坏与轮胎磨损有密切的关系。如前轮定位不正确，特别是前束调校失误，可在短期内将两前轮花纹磨平，甚至将胎冠磨穿；钢板弹簧错位，挡泥板曲折变形或其螺丝、支撑件松脱移位，都可将轮胎刮破；轮鼓轴承松旷，钢板弹簧定位销锈蚀、轴距左右偏移、车架和后桥弯曲、轮辋摇摆偏心、制动单边(不同步)等故障的存在均可造成轮胎偏磨，加速损坏。因此，在车辆的维修保养时，必须认真检查校正上述各部件的技术状况。当发现有异常磨损现象时，应及时检查相应的部件，消除故障，保证轮胎的正常磨损。还应注意在更换轮辋时，应检查规格是否相同，轮辐页瓣是否一致，防止后轴并装双胎间隙过窄，或轮辐页瓣不对称遮掩内胎的气门嘴，造成无法充气 and 检查气压。

3. 保持轮胎足够气压

轮胎的负荷能力与它的充气压力是相对应的。

4. 注意道路情况适当掌握行车速度

汽车高速行驶将使轮胎的动负荷加大，胎体屈挠变形增加，胎温升高快，强度有所下降。在不良道路上行驶，对轮胎的冲击加剧，容易引起爆破。因此，即使在良好道路上行驶，也应适当控制车速；在不良道路上行驶，更要降低车速；在较差道路上行驶，要缓速通过，这是预防轮胎损伤的必要措施。此外在行驶中时刻遵守驾驶操作规程，如起步不可过猛、转弯不可过急，一般的减速或停车避免采用急刹车，避开道路上的障碍物。行驶中如感觉车身倾侧，操作困难，应立即停车检查。夏季长途行车，应增加中途停歇次数；停车场地应选择平整、清洁的位置等。高速公路行驶时一方面应在行驶道上行驶，另一方面应双手握方向盘，雨天行驶更应双手握方向盘以免方向突然失控；一旦发生爆胎时应冷静，紧握方向，不猛踩刹车，以免发生侧滑。

5. 避免超载

汽车的总负荷通过轮胎传递到路面，这一负荷分为：静负荷和动负荷。静负荷为车辆自重与载重量所给予轮胎的负荷；动负荷为车辆载重下行驶所产生的冲击力和惯性力的总和所给予轮胎的负荷。轮胎的负荷能力是与轮胎类别、结构、断面宽、帘线材料、层级、气压、轮辋直径和使用条件等因素有关的。轮胎是根据这些因素设计生产的，每一种轮胎都规定最大额定负荷和相应气压，使用时是不能随意改变的，因为轮胎的负荷是由轮胎内腔的压缩空气承担。压缩空气作用于整个胎腔，使轮胎每一单位面积都保持着同充气压力一样的外张力。当负荷增

加时，地面的反压力作用于轮胎，轮胎的着地面积增大。

轮胎如果超负荷使用，胎体帘线所受应力增加，轮胎弹性降低，动负荷却增大，胎体变形增大，加剧屈挠运动，导致产生热量大，加速橡胶等材料老化，帘线疲劳，帘布层脱层，严重时帘线甚至折断断裂。超载时轮胎的接地面积随之增大，使两胎肩部位磨损剧增，造成早期损坏。轮胎超过规定负荷使用时，也会使轮胎的变形部位扩大，胎体材料分子间的摩擦和各部位之间的剪切应力显著增加，并转变成热量，胎温升高，最终促使轮胎寿命降低。所以在实际使用中应尽量避免超载。

6. 加强检查

行车前应检查轮胎气压，有无漏气现象。气压过低将使轮胎发热、油耗增加且使轮胎短期损坏，气压过高将加剧汽车振动，容易爆胎，对汽车的操纵稳定性也有不良影响。轮胎表面不可触及矿物油（如汽油、机油、齿轮油、润滑油）。每日行驶后，应检查有无钉子刺入，胎面花纹或两胎间有无石块卡入，并予清除。

日常使用中的轮胎，每天滚动几万到十几万次，受到不断的变形和冲击，甚至受到意外的刺扎、割刮、挤压和拖拽等，随时可能造成损伤。因此必须加强检查，及时发现问题，加以解决处理。检查内容是：出车前检查轮胎气压是否正常，轮辋螺丝有否松动，靠近轮胎的弹簧片、挡泥板及其固定螺丝有无松脱，备胎和备胎架是否紧固，装拆轮胎的工具是否齐备。载货时应检查重量是否适当，放置是否均匀（见图 9-6），捆扎是否牢固；中途停歇或收车后，应检查轮胎有无漏气，轮辋螺丝有无松动，胎体有无被碰刮刺伤痕迹，有无起鼓离层变形，胎面花纹块边角有无磨损成锋利现象，发现问题应及时报修处理；除去夹在双胎之间的石块，剔除嵌在花纹沟中的小石子，拔除铁钉杂物，若刺入较深的铁钉钳出后，即时检查钉眼处有无漏气等。通过检查，可以及早发现问题，采取措施，避免轮胎额外损坏。

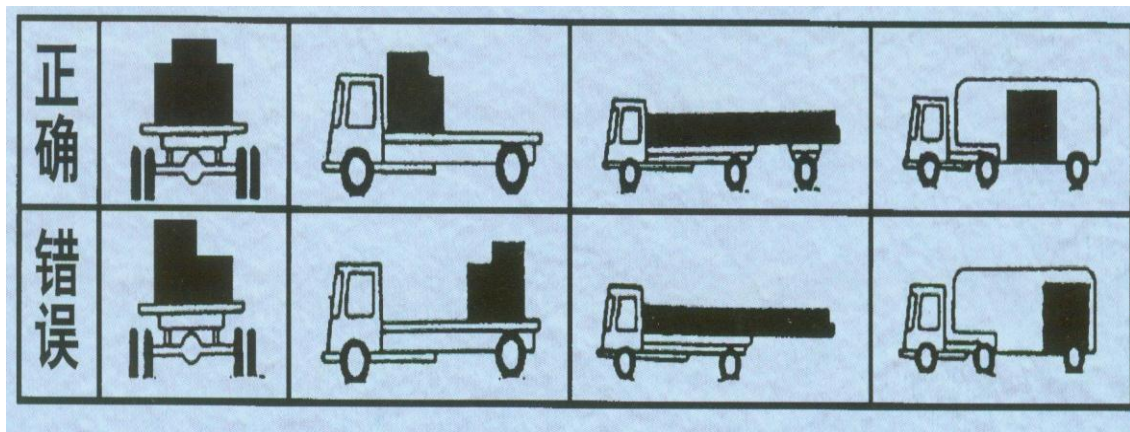


图 9-6 货物正确的装载方法

二、轮胎的保养

轮胎的保养要定期进行，这是避免轮胎异常磨损，发现和排除隐患，保证车辆正常运转的手段之一。正常的轮胎保养制度分为例行保养，一级保养和二级保养，其保养期或间隔里程一般与车辆保养同时进行。严格遵守各级保养规定的作业项目和操作规程达到完善状态，则可取得预期效果。

(一)、一级保养

1. 轮胎的一级保养，最重要是对气压的检查，使它保持正常。若发现气压过于偏低时，说明存在慢漏气现象，应即拆卸轮胎进行详细检查，及时排除造成轮胎慢漏气的隐患。在进行轮胎气压检查之前，最好先用肥皂水点试气门芯的密封性，以作为内胎有无漏气的保证；检查和补足气压后，还应进行密封性检查，防止漏气。
2. 对轮胎外观、轮辋、螺丝等各部进行认真细致的观察，检查有无质量问题(如轮胎肩裂、起鼓、轮辋变形和裂缝、螺丝松动等)，有无机构损伤(如偏磨、倒角、畸形磨损、刮伤等)，发现不正常现象，应及时采取措施处理或向保修部门反映解决。
3. 要剔除胎面和花纹沟的钉刺、石子硬质杂物，并细心观察胎体各部位有无影响安全和会导致爆破的伤痕及伤口，如发现即处理，绝不能带病继续使用，以保证安全性。
4. 对随车备胎和支承、紧固备胎的部件也要检查，以保证备胎足气，安装牢固。

(二)、二级保养

1. 进行轮胎解体前，应清除轮胎和轮辋上的尘土污物，并把工作现场的砂石、玻璃金属等硬质碎片、颗粒等杂物及油污扫除干净。
2. 对备胎进行气压检查，如有气压过于偏低者，则在拆检时对各部位加以详细审视，排除缺气原因。
3. 在轮胎放气解体前，应有次序地按车上装配位，在胎身和轮辋上做好标记(用粉笔或木材蜡笔)，并顺次平铺摆放工作场地上。一般习惯的摆放位置如下：

右前	右内档	右外档
左前	左内档	左外档
4. 拆卸轮辋时，其压环、锁环应与原轮辋摆放在靠近处，不应混放。因为有时同在使用的轮辋，新旧程度不一，尺寸标准和磨损程度有差异，若混乱配装，对安全或许会有影响。
5. 内外胎及垫带应按原装配关系分套摆放，不应混放，因为一旦发现有损伤痕迹，就易于对原有套件进行检查。
6. 清除内胎气门嘴垫、螺母等各部件的泥沙积垢，检查内胎有无漏气或打摺，垫带有无啮伤或裂开。场地条件允许时，最好能把清洁过的内胎、垫带分套挂放。
7. 检查外胎胎面、胎肩、胎侧及胎里有无被刺穿、顶裂、起鼓脱层，变形或老化，以及剩余花纹深度。对前轮更应详细检查，因为前轮对行车安全影响甚大，尤其是客车，万万不能掉以轻心。根据轮胎质量，胎体损伤程度，剩余花纹深浅等情况，作出继续使用、更换、拆修、拆翻或定轮位配装等正确的鉴定。
8. 内外胎、垫带在装配成套时，三者之间都应均匀撒上滑石粉。滑石粉的作用是使轮胎滚动时，减少相互之间蠕动摩擦，预防轮胎升温过高而导致互相粘连、以后拆卸难以分离现象。
9. 轮辋除锈(包括压环、锁环)，也是二保作业中一项必要的工作。除锈后的轮辋表面平整可以减轻轮胎胎圈、内胎及垫带等接触部位的蠕动摩擦损伤；更主要的是在除锈过程中，往往在除去泥沙铁锈等积垢后可能会发现裂纹，以便及时修理或更换，对安全行车有好处。如果轮胎在解体前已发现有偏磨倒角等不正常磨损现象，应检查轮辋的偏摆度及不同心度。
10. 根据外胎胎体的实际情况进行调位(即调换配装位置、滚动方向)，这是减少以至消除轮胎偏磨倒角和胎肩单边疲劳过度的措施，也是一项延长轮胎使用寿命

和提高翻新率的必要工序，轮胎调位的方法有多种，须区别具体情况进行。如果是整车换胎的，可采用“交叉循环调位法”；属于新旧胎混装的，一般是新胎或较好的轮胎固定装前轴，稍旧或翻修胎固定装后轴，只采用左右调位，内外档调位等办法，同时注意改变其滚动方向。11. 外胎的小刺伤疤修补，用胶料填塞是延长轮胎使用寿命和减少驾驶员在行车途中因轮胎存在隐患而引起损坏抛锚换胎的一项行之有效的保养措施。二保作业时，应坚持做好轮胎小修小补工作。12. 二保车辆的备胎及其装置机件的保养，也是一项很重要的作业，不能忽视。因为这是保证驾驶员行车途中能顺利完成任务的必备部件，所以要对它进行有效的检查保养，防止丢失或失效。

（三）、注意事项

1. 轮胎在保养作业中，应按所规定的气压充气，不能因气候、路面、装载等经常有变化的因素，随意增减轮胎气压。
2. 装拆轮胎不能用大锤敲击和硬撬等野蛮操作，以免损坏胎圈部位。
3. 轮胎配装成套时，胎里、内胎、垫带必须涂上滑石粉。充气前认真检查轮辋锁环是否安装吻合。为了人身安全必须在轮辋辐页孔穿入保险铁棒，有条件的可将轮胎放入防护罩内，然后充入少量压缩空气，让内胎充分舒展，胎圈与轮辋凸缘贴紧，视一切正常后，再二次充气至标准范围；充气时人员不得在轮胎与轮辋组合体的侧面，最好离开轮胎一段距离，绝对不能麻痹大意，以免发生伤亡事故。充好气的轮胎，应用肥皂水试气门芯和气门嘴从轮辋伸出的缺口查看是否漏气，如果发现漏气，应及时返工。
4. 轮胎配装上车时，为使轮辐面紧贴轮毂突缘，拧紧螺丝切记用力均匀，而且按 1—5，2—6，3—7，4—8 或相隔的顺序对称拧上，逐步紧固，以免造成轮辐平面受力不均，导致轮辋变形偏摆而造成轮胎不正常磨损，影响行车安全。
5. 当车辆进厂(场)报修轮胎时，应注意所报修轮胎的操作部位，对行车安全是否有影响，重新考虑配装轮位，绝不能迁就使用。如需更换周转胎或新胎，要搭配得当(即要考虑到用胎的“八同”关系)。如果报修轮胎属不正常损坏，应进一步查找原因，若经鉴定为车辆机件造成的，应即知会车辆保修部门及时排除机件故障，才可发胎装车，以免继续造成轮胎损伤。
6. 轮胎各级保养和小修情况，都应做好必要的现场记录，作为轮胎使用和质量参考依据，必要时能真实地提供轮胎的管、用、养、修全过程的确切资料，进行研究分析，这对于轮胎管理工作是很有必要的，而且是有利的。
7. 轮胎使用过程中被刺扎漏气后修补时，尽量采用热补方法。采用“胶条”补漏方法一方面会使带束层更严重损坏，另一方面在该位置进水、泥沙等会造成带束层钢丝生锈出现脱层爆破。

四、轮胎保养中应注意的问题

为了延长轮胎的使用寿命，对轮胎的保养应注意以下八点：

- 1、在轮胎使用过程中，应尽量避免与类似碳氢化合物的润滑剂接触，因为它们会渗透到轮胎表面的组成物中，改变其物理、化学性质，使之老化。
- 2、轮胎不能与酒精有任何接触。
- 3、应经常用普通肥皂水清洗轮胎。
- 4、嵌到花纹槽内的石头要及时、小心取出，以防石头深入轮胎而造成硬伤，致使伤处氧化，殃及轮胎内部。

- 5、不能让轮胎沾上冷冻液和电解液。
- 6、停车时应避开有汽油、润滑油的路面。
- 7、尽量不要使用二手轮胎，因为你不知道它以前使用的情况。
- 8、更换轮胎或充气时，千万别站在气门嘴跟前，以免气门芯喷到你身上

五、轮胎充气

(1)行驶车停驶后要等轮胎散热后再加气，因车辆行驶时胎温会上升，对气压有影响。

(2)要检查气门嘴。气门嘴和气门芯如果配合不平整，有凸出凹进的现象及其他缺陷，都不便于充气 and 量气压。

(3)充气要注意清洁。充入的空气不能含有水分和油液，以防内胎橡胶变质损坏。

(4)充气不应超过标准过多，也不可因长期在外出差不能充气而过多地充气。因超标准过多会促使帘线过分伸张，引起其强力降低，影响轮胎的寿命。

(5)充气操作要仔细。充气前应将气门嘴上的灰尘擦净，不要松动气门芯。充气完毕后应用肥皂沫抹在气门嘴上，检查是否漏气。如果漏气会产生连续小气泡。而后将气门帽拧紧，防止泥沙进入气门嘴内部

六、轮胎的更换

更换轮胎时，应在内外胎之间加滑石粉以保护内胎。同一车型应装用同规格、型号一致的轮胎，且与车型要求的型号相符合。为使轮胎磨损均匀，应定期按规定实施轮胎（包括备用轮胎）换位，各车型轮胎换位方法如图 9-7。

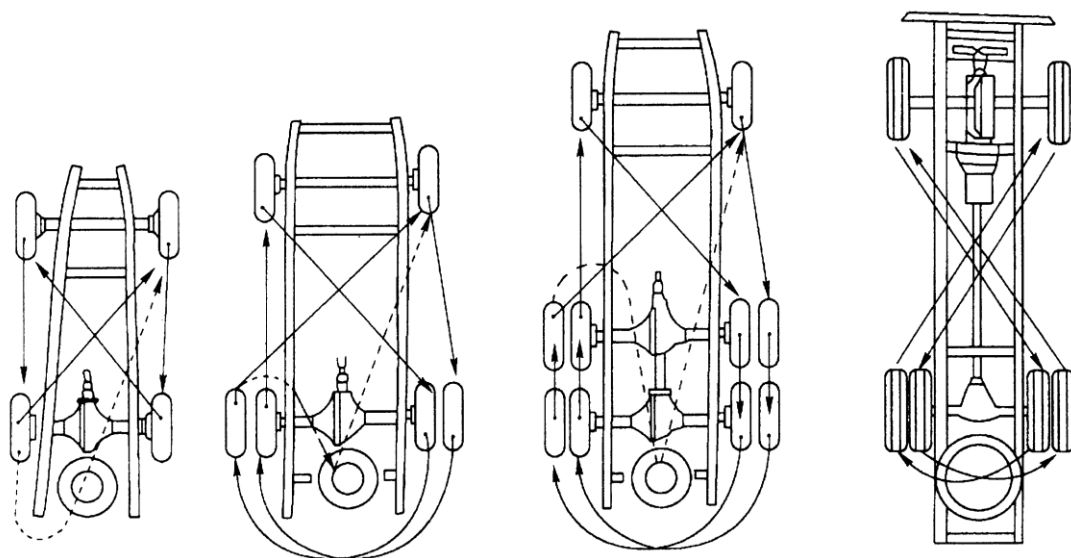


图 9-7 轮胎的换位方法