

奥迪全时四驱

一、奥迪四驱系统

提到了 quattro，很多人又会紧接着联想到另外一个词那就是 Torsen 差速器，在这里翻译成托森差速器。托森差速器是一个扭矩感应式限滑差速器，在 quattro 系统中，它作为中央差速器安装在变速箱的输出端，动力从变速箱出来后先经过托森差速器，之后再分配到前后桥。多数带有 quattro 标志的奥迪车都装备了托森差速器，对于这些车来说，托森差速器是实现全时四轮驱动的核心部件。

1. quattro 的诞生——理念源于大众 Iltis 越野车

故事发生在芬兰位于北极圈内的一片森林中，时逢 2 月天寒地冻。奥迪预备测试部主管驾驶着 75 马力的大众 Iltis 越野车跟随在一支以奥迪 100 为基础研发的拥有 200 马力前驱车队伍的后面。由于悬殊的动力差距，在直道行驶时他总被队伍落在后面，而到了弯道则情况相反。

他发现了这一点，思考后断定原因在于大众 Iltis 越野车采用了四驱系统，并与底盘研发部门主管达成共识：将大众 Iltis 越野车的四驱系统移植到奥迪轿车上。这一年是 1977 年。测试归来，他们向奥迪技术研发主管、著名的费迪南德·皮耶希建议将 Iltis 越野车的四驱系统移植到空间和技术基础都较好的纵置前驱车型奥迪 80 上。经过反复的思考，皮耶希批准了这一计划并要求秘密进行。6 个月后，奥迪四驱系统项目获得了正式批准，研发项目号为 EA262，此时的项目内容已经在稳步进行中了。

转过年的 1 月，山区被大雪覆盖，对于首次向大众销售主管展示四驱原型车的奥迪试车小组来说条件非常理想。当这辆仍然配备夏季胎的奥迪 A1（即：全轮驱动 1）如图 1 所示轻松超越绑着防滑链的其他汽车时出乎了所有人的意料。



奥迪四驱原型车 A1（全轮驱动 1）的雪地测试效果良好，谁能想到它居然安装的是夏季轮胎。

图 1

当然，奥迪四驱轿车的传动系统还有一个棘手的技术问题需要解决：采用传统的前后轴固定连接结构让汽车在转弯时后轮出现滑动。标准的解决方案是采用笨重且昂贵的独立动力分配器，而奥迪变速

器系统设计师弗兰茨·滕格勒则找到了更理想的解决方案：采用空心轴将动力传输至中央差速器，通过万向轴将动力传至后轮，而空心轴再负责将动力引向前轮，这就是第一代 quattro 如图 2 所示。



图 2

为了使奥迪 quattro 应对更为苛刻的路况，奥迪工程师在第一代 quattro 技术中使用了前、中、后三个开放式差速器，其中中央差速器和后轴差速器均带手动锁止功能。驾驶者可以根据不同路况需求，通过中控台的锁止开关控制差速器的工作状态。

2. 第二代 quattro：托森 A 型中央差速器

1986 年对于奥迪来说是重要的一年，在这一年 quattro 四驱系统迎来了一次重要的革新：采用了托森 A 型中央差速器如图 3 所示。托森（Torsen）这个名字的源于 Torque-sensing Traction——扭矩感应，其核心结构是蜗轮蜗杆机构，基于这种机构单向传递动力的特性使托森 A 型中央差速器具备了自锁功能，在正常情况下动力以 50:50 的分配比例传递至前后轴，当某个车轮出现打滑现象时，中央差速器可主动的将动力分配给附着力更好的车轴，比第一代更方便。后轴和前轴差速器仍然为带有手动锁止功能的差速器和开放式差速器如图 4 所示。

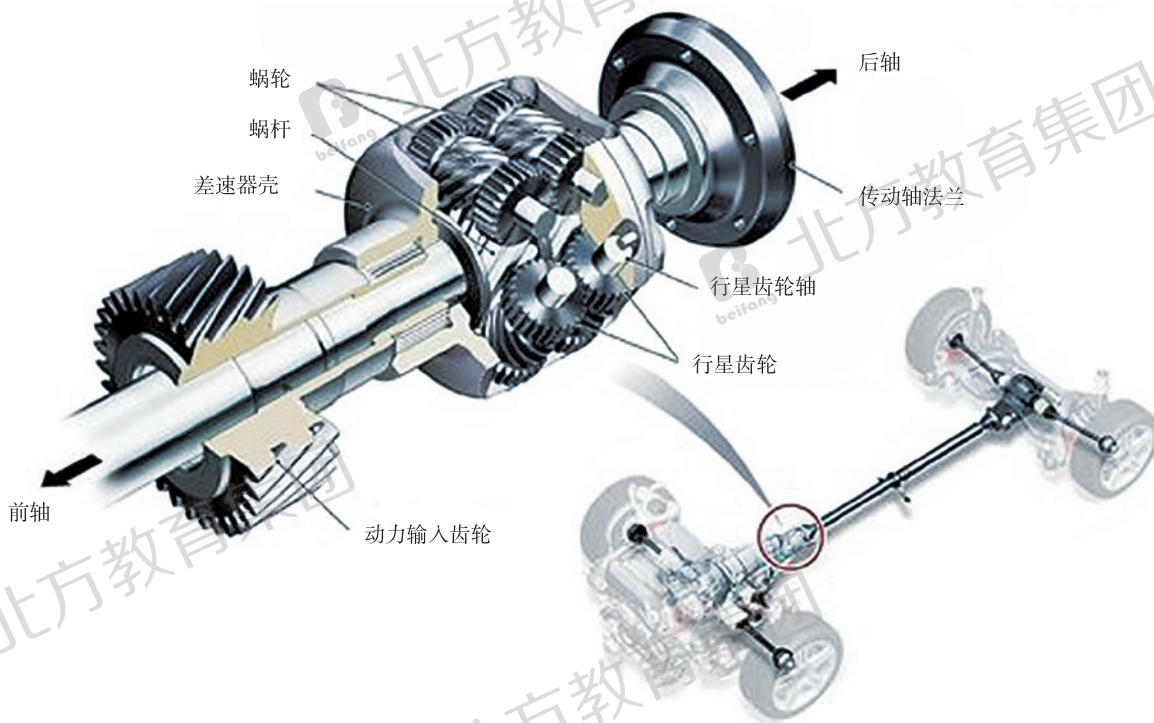
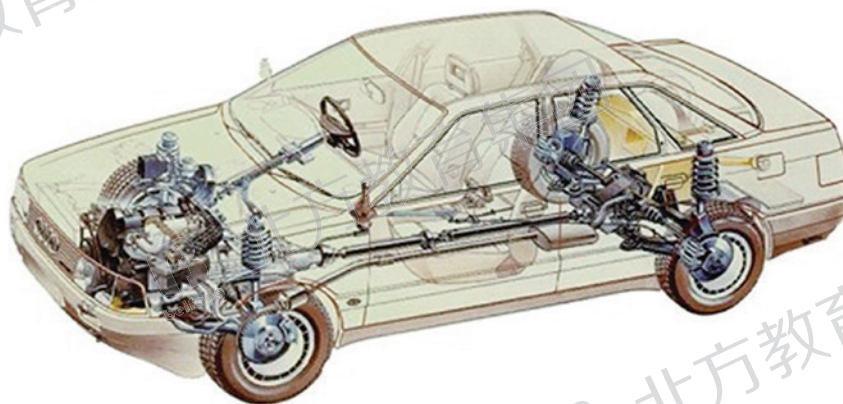


图 3

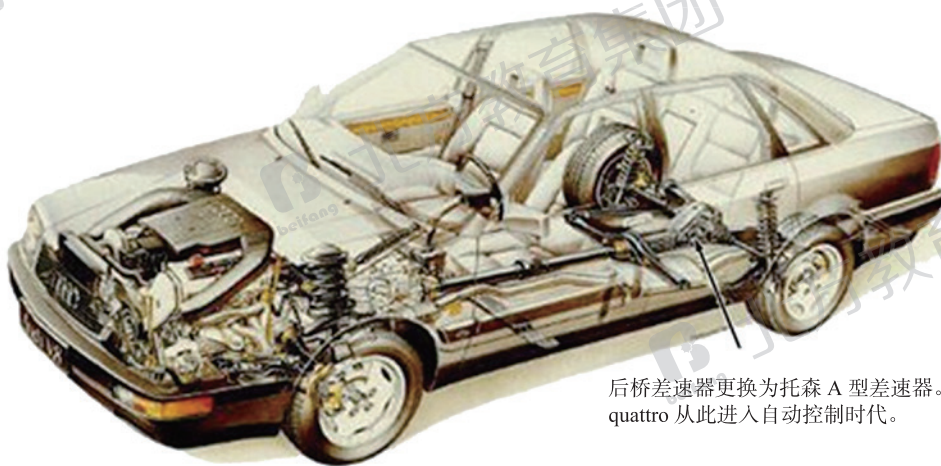


奥迪 100 (C3) 采用的是第二代 quattro 四驱系统，后轴差速器可手动锁止，前轴为开放差速器。

图 4

3. 第三代 quattro：首次应用于自动变速箱车型

1988 年亮相的奥迪 V8 根据自动和手动变速箱的不同分别配备了两种 quattro 系统，这两套系统的区别在于中央差速器型式不同：与手动变速箱匹配的 quattro 依然采用了托森 A 型中央差速器，而与自动变速箱匹配的 quattro 采用了带有电控多片离合器的行星齿轮中央差速器。另外，第三代 quattro 系统将后轴开放式差速器也更换为托森 A 型差速器如图 5 所示，从此 quattro 迎来了自动控制的时代。



后桥差速器更换为托森 A 型差速器。
quattro 从此进入自动控制时代。

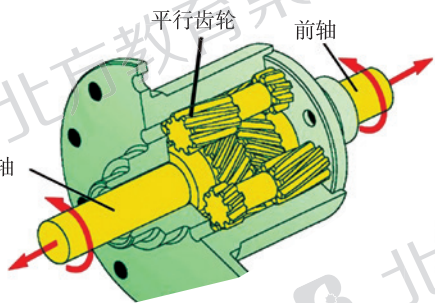
图 5

4. 第四代 quattro：托森 B 型中央差速器，首次加入“EDL 电子差速锁”功能

在 quattro 诞生 14 年后，第四代 quattro 正式应用。首先，这一代系统使用托森 B 型中央差速器如图 6 所示，托森 B 型差速器采用平行齿轮结构，同样具有自锁功能，不一样的是它可以配备在自动变速箱车型上。其次，第四代 quattro 首次加入了“EDL 电子差速锁”功能如图 6 所示，当单侧车轮出现打滑时，“电子差速锁”可利用液压控制单元对打滑车轮进行制动，有效增强另外一侧车轮的驱动力。

5. 第五代 quattro：优化后的托森 A 型中央差速器

奥迪工程师将突破点放在了优化扭矩感应式 A 型中央差速器和 ESP 电子稳定程序与四驱系统的配合上如图 7 所示。经过优化的 A 型中央差速器具备更为出色的扭矩分配能力，同时牵引力锁止值也经过了优化。为了奥迪 quattro 车型应对各种极限路况，第五代 quattro 全时四轮驱动技术与 ESP 系统的配合更为密切。这一改进使 quattro 车型具备了更高的主动安全性。



第四代 quattro 系统采用了平行齿轮结构的托森 B 型差速器，同样具有自锁功能。



奥迪 100 (C4) 采用了第四代 quattro 四驱系统，前后轴均首次加入了“电子差速锁”功能。

图 6



奥迪 A8(D2) 采用了第五代 quattro 四驱系统，经过优化的 A 型中央差速器与 ESP 系统的配合更密切，主动安全性更高。

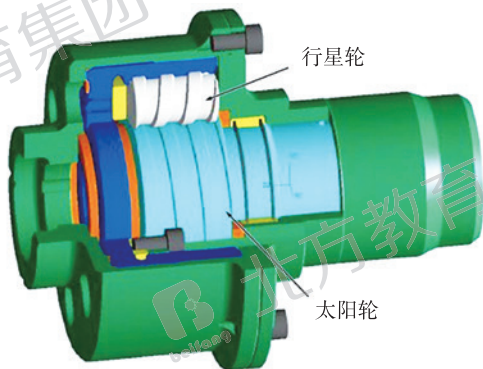
图 7

6. 第六代 quattro：托森 C 型中央差速器

第六代 quattro 核心部件中央差速器由 B 型升级到了 C 型如图 8 所示，其结构也由平行齿轮结构变为行星齿轮结构，自动锁止功能的反应时间也更迅速。

在通常情况下，中央差速器以 40:60 的分配比例将动力传递至前后轴，当遇到特殊路况时，前轮可以根据需要分配到 15% ~ 65% 的动力，后轮则可以分配到 85% ~ 35% 的动力。偏向后轮的动力输出特点为车辆提供了更高的操控性能，在直线加速和弯道中这一特点表现的尤为突出。

目前市场上在售的 A4L、A6L 也都是采用的第六代 quattro 四驱系统。



第六代 quattro 系统采用了行星齿轮结构的托森 C 型中央差速器。

图 8

7. 第七代 quattro：冠状齿轮中央差速器

全新一代的 quattro 四驱系统，最大的改变在于将托森中央差速器更换成了冠状齿轮差速器如图 9 所示。这种差速器最大的优点是体积小、重量轻的同时有着更高的动力分配比。

虽然冠状齿轮也是纯机械结构，但依靠多片离合器的控制，它比托森差速器有着更大的扭矩比例调节范围，而且前后的扭矩分配也更加灵活。

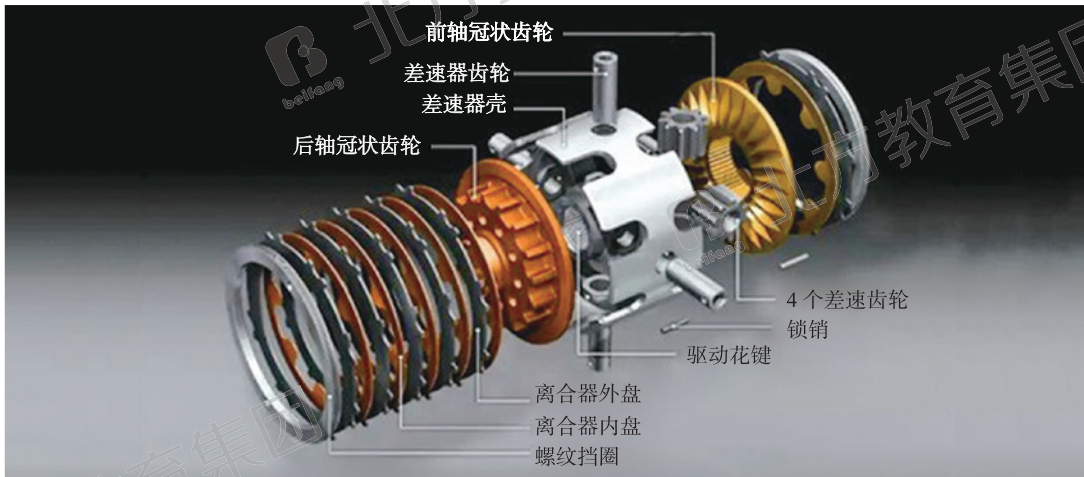


图 9

冠状齿轮差速器的工作原理其实就是通过改变“力臂”长短来实现扭矩的分配调节。从变速箱输出的动力输入到冠状齿轮差速器行星齿轮架上，通过行星齿轮向前后冠状齿轮（连接前后轴）传递动力，前后冠状齿轮分别配单组和多组摩擦片如图 10 所示。

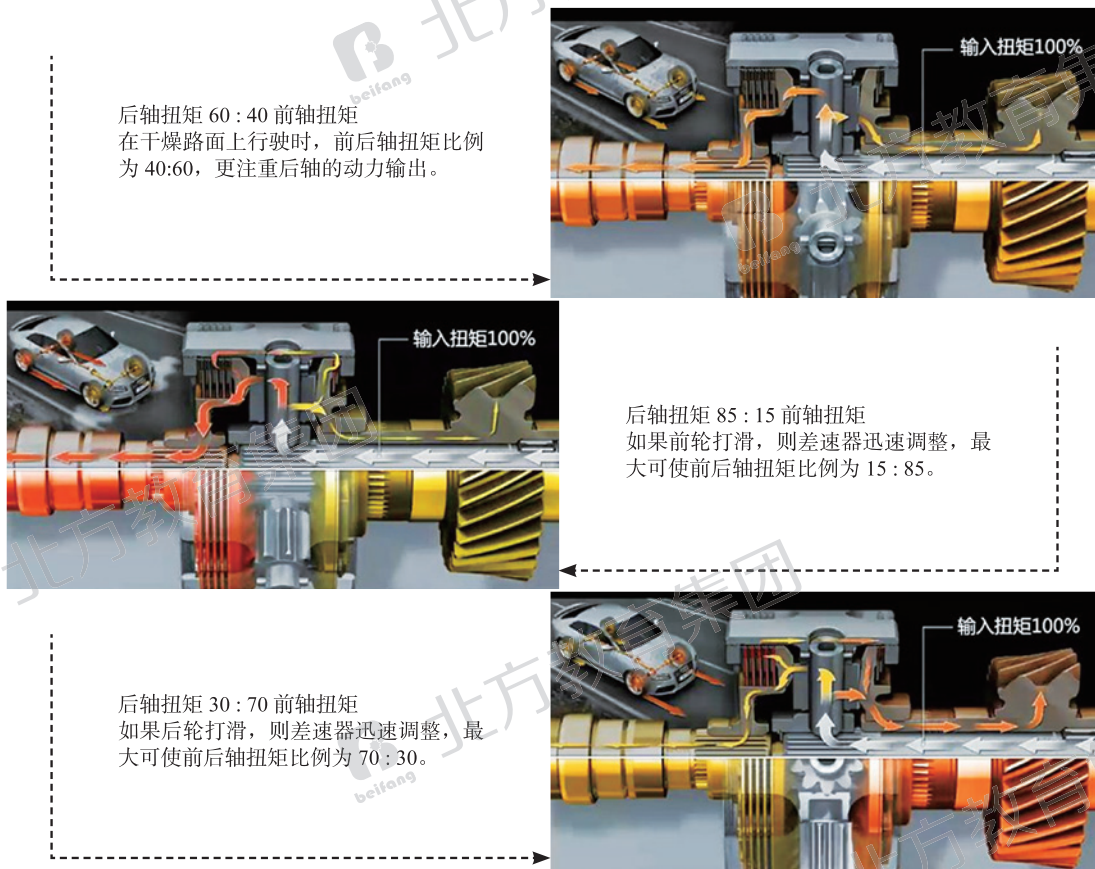


图 10

8. 横置 quattro 四驱系统

除了经典的纵置发动机并采用托森差速器外，奥迪旗下 TT 以及奥迪 Q3 都是使用了横置发动机平台的车型如图 11 所示，采用了 Haldex 的四驱系统，负责分配前后桥动力的是电 - 液控制的多片离合器，这种结构和大众横置平台的 4MOTION 其实在本质上相同，但是由于属于奥迪品牌下，因此同样叫做 quattro。



图 11

二、冠状齿轮差速器

在 2010 年，为了庆祝 quattro30 周年，德国奥迪公司推出了新一代全时四驱系统 - 配备有冠状齿轮差速器和可选车轮扭矩调节（扭矩矢量控制），当时是用于 Audi RS5 车上的，与纵置发动机配合使用。该系统使用了奥迪独有的两项创新技术，这使得奥迪公司在竞争中巩固了其领先地位。

1. 结构特点

自锁式中间差速器的基本机构就是一个冠状齿轮传动机构，它带有两个冠状齿轮和四个直齿圆柱齿轮（负责传递驱动扭矩并作为行星齿轮使用）如图 12 所示。

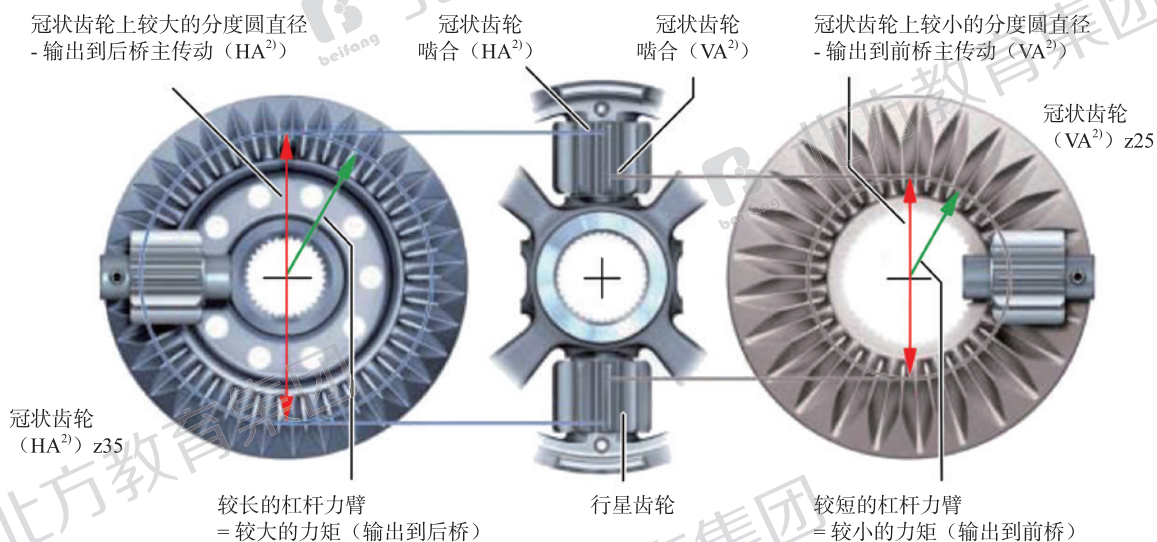


图 12

但其特点在于：这两个冠状齿轮的分度圆直径 1) 是不同的，这样也才能实现我们所期望的非对称扭矩分配。圆柱行星齿轮的轴支承在差速器壳体上。

在这两个冠状齿轮的背面各有一个多片式离合器，冠状齿轮就支撑在各自的多片式离合器上。这两个多片式离合器的内片与冠状齿轮刚性连接（形状配合式的），外片与差速器壳体刚性连接（形状配合式的）。螺纹环用作多片式离合器的支座，并锁住自锁式冠状齿轮差速器。

变速器输出扭矩传到差速器壳体内。四个轴将扭矩传至行星齿轮，行星齿轮再将扭矩传至两个冠状齿轮上。一个冠状齿轮将扭矩传至前桥，另一个冠状齿轮将扭矩传至后桥。齿间的挤压力通过冠状齿轮会在多片式离合器上产生一个轴向力，多片式离合器负责实现差速器的锁止如图 13 所示。

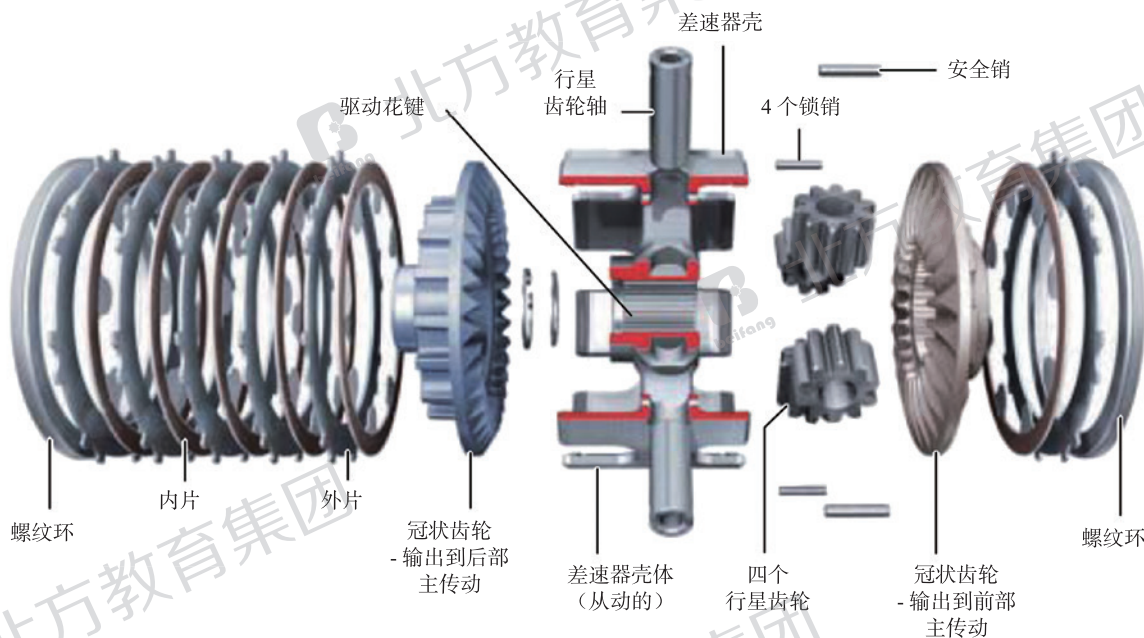


图 13

2. 基本原理

为了明白自锁式冠状齿轮差速器的力的分配，首先得注意两种效应：基本力矩分配和动态力矩分配。在车辆行驶过程中，动态力矩分配总是叠加到基本力矩分配上的。

冠状齿轮差速器是这样设计的：

差速器输出的驱动力（往前桥和后桥）是不同。所以我们才称之为“非对称扭矩分配”。

非对称自锁式中间差速器有四种不同的工作状态：

- 在发动机正常牵引车辆时将最大扭矩传至前桥
- 在超速减速（反拖）时将最大扭矩传至前桥
- 在发动机正常牵引车辆时将最大扭矩传至后桥
- 在超速减速（反拖）时将最大扭矩传至后桥

在这四个工况中，差速器的锁止作用是各不相同的。这四个工况种力矩分配在设计时就确定好了的，以便在发动机正常牵引车辆和超速减速（反拖）时实现我们所期望的行驶特性。

(1) 非对称基本分配

两个冠状齿轮的分度圆直径不同如图 12 所示，这就能产生非对称力矩分配。齿数比约为 40:60，这也就形成了非对称力矩分配（后桥分配的多一些）。我们把这种由部件几何形状所决定的力矩分配，称作非对称基本分配。分度圆直径不同，就会形成不同长度的杠杆力臂，因此传递出的力矩比就是约 60:40。

也就是说：总驱动力矩的约 40% 被传至前桥差速器（图 10-2-14 中 VA 就指前桥）；约 60% 被传至后桥差速器（图 10-2-14 中 HA 就指后桥）。

这个基本分配在任何工作状态都是这样的，然后再叠加动态力矩分配。这两种分配联合工作，就形成了非对称式动态力矩分配了。

(2) 非对称动态扭矩分配

除了有 40:60 这个非对称基本力矩分配外，差速器中还产生一个锁紧力矩（大小与驱动力矩成比例）。这个锁紧力矩再加上基本力矩分配，最终就形成了两个车桥上各自需要的力矩分配了。

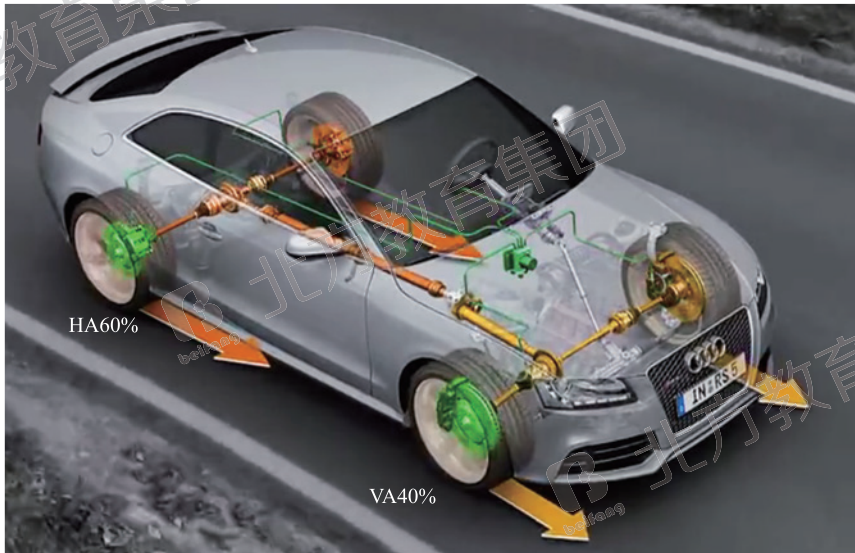


图 14

因此，冠状齿轮差速器在前桥和后桥之间的牵引力发生改变之前，就已经锁紧了。如果某个车桥上失去了牵引力，那么驱动力矩（在锁紧范围内且根据车轮的牵引力要求）会立即被传到另一个车桥上。如果超出了工作范围，那么就由 ESC- 干预来提供一个辅助力矩（也就是前驱力）。

(3) 功能

一旦力矩被传入到冠状齿轮差速器，那么由于齿轮形式和结构的原因，在行星齿轮和冠状齿轮之间就会产生一个轴向力。又由于齿轮几何形状的原因，在两个冠状齿轮上会形成大小不同的轴向力。

这两个冠状齿轮在轴向就被压紧了，且将相应的多片式离合器也压靠在一起了。于是就产生了一个接合力矩（其大小取决于轴向力），该力矩就将冠状齿轮与差速器壳体连接在一起了（可以传递力了）。

这就是说：离合器片组根据驱动力矩大小产生了一定的预紧。由此就形成了相应的锁紧作用，这个锁紧作用用闭锁值来定义。闭锁值，用来描述两个输出之间的输出力矩差（这个力矩差就是差速器锁紧作用产生的）。

1) 力矩分配 15:85

如果前桥失去了牵引力但还没有超过牵引力极限，那么最多可以将牵引力矩的 85% 传递到后桥上（就是后桥最大可以传递 85% 的力矩）如图 15 所示。

如果已经超过牵引力极限了，那么前桥上的车轮就会打滑得更厉害了。如果车轮打滑超过了一定的程度，ESC- 调节就会进行干预了，并会产生一个辅助力矩。辅助力矩、基本力矩分配和锁紧作用会在后桥上产生相应的驱动力矩。

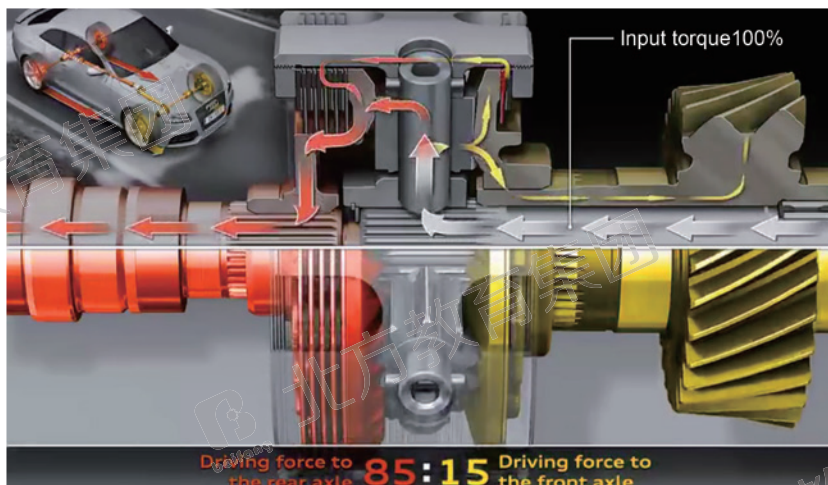


图 15

2) 力矩分配 70:30

如果后桥失去了牵引力但还没有超过牵引力极限，那么最多可以将牵引力矩的 70% 传递到前桥上（就是前桥最大可以传递 70% 的力矩）如图 16 所示。如果已经超过牵引力极限了，那么后桥上的车轮就会打滑得更厉害了。如果车轮打滑超过了一定的程度，ESC- 调节就会进行干预了，并会产生一个辅助力矩。辅助力矩、基本力矩分配和锁紧作用会在前桥上产生相应的驱动力矩。

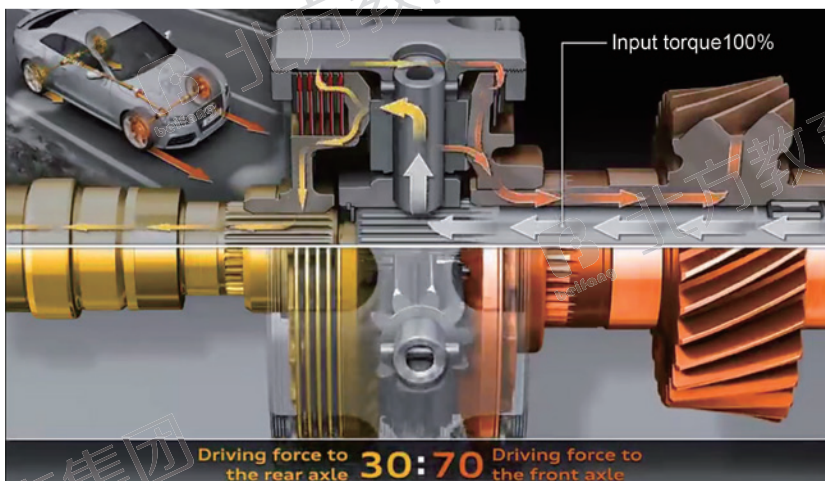


图 16

3. 工作说明

(1) 关于四驱系统还是要注意下述这些内容：

1) 自锁式冠状齿轮差速器不能与 100% 的机械式差速锁相比。如果某个车桥或者某个车轮在空转，那么只有当 ESC- 系统通过制动干预（EDS- 干预）而产生了辅助力矩后，才会有驱动力。只有当发动机转速差和发动机扭矩超过一定值时，EDS- 干预才会发生。司机必须有针对性地踩油门，制动干预才能建立起相应的辅助力矩。这个辅助力矩会在还有牵引能力的车轮上产生一个驱动力矩。冠状齿轮差速器按在高强度且持续时间较长的 EDS- 干预时，制动器可能会过热，为了避免这个过热，在制动盘温度（该温度是由 ESC- 控制单元计算出的）超过一定值时，EDS- 功能就会被关闭了。一旦制动器又凉下来了，那么 EDS- 功能就会自动再接通。

2) 前桥和后桥之间持续不断地进行较大的转速同步（平衡），再加上负荷较大的话，会损坏冠状齿轮差速器。

(2) 牵引

若要牵引装备有 0B5- 变速器的车，需注意自动变速器上常见的限制要求：

- 1) 选挡杆置于位置 N
- 2) 牵引车速不超过 50km/h
- 3) 牵引距离不超过 50km

(3) 原因

在发动机不工作时，机油泵是不工作的，因此变速器内的某些部件就无法得到润滑。如果牵引车速超过了 50km/h，那么变速器和双离合器的转速就会过高，因为这两个部件中总会挂着某一挡位。牵引车辆时疏忽的话，会导致变速器严重受损。

三、运动型差速器（如图 17 所示）

1. 参数

名称：后桥驱动 0BF

扭矩能力：最大约 650 Nm (engine torque)

速度调节传动比：1.095

重量：约 43.5 kg (包括油的重量)

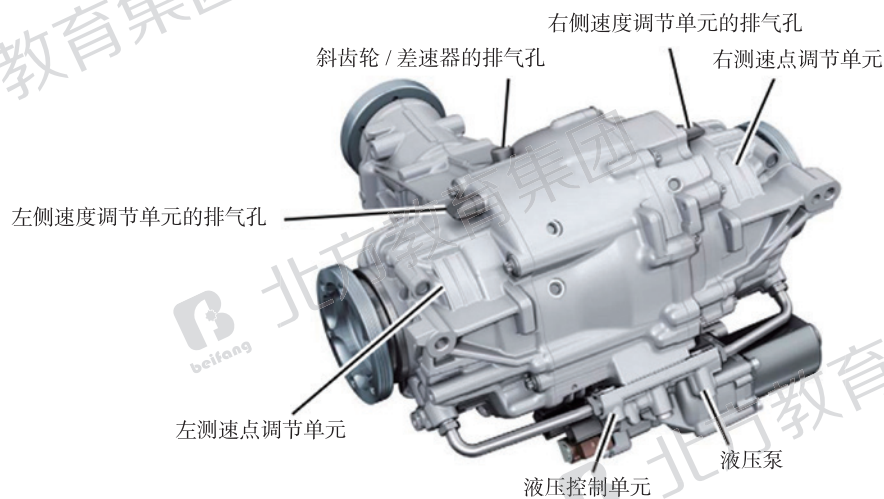


图 17

2. 结构（如图 18 所示）

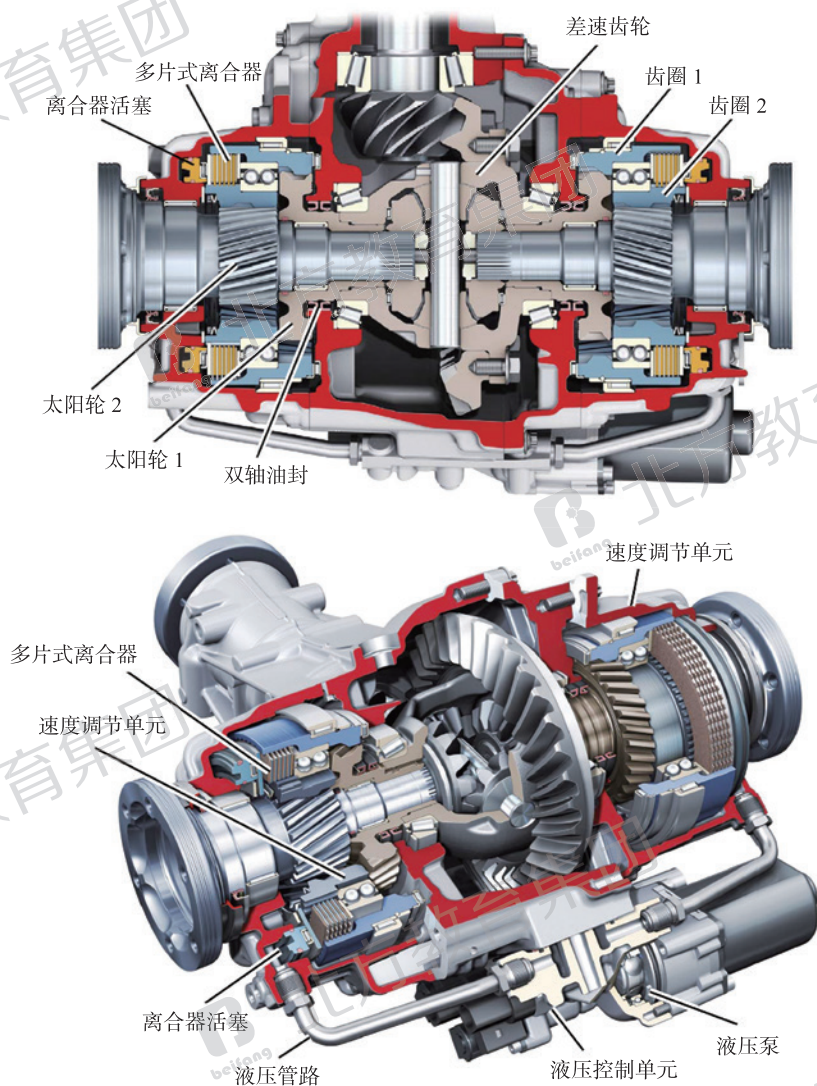


图 18

3. 叠加单元的齿轮传动（如图 19 所示）

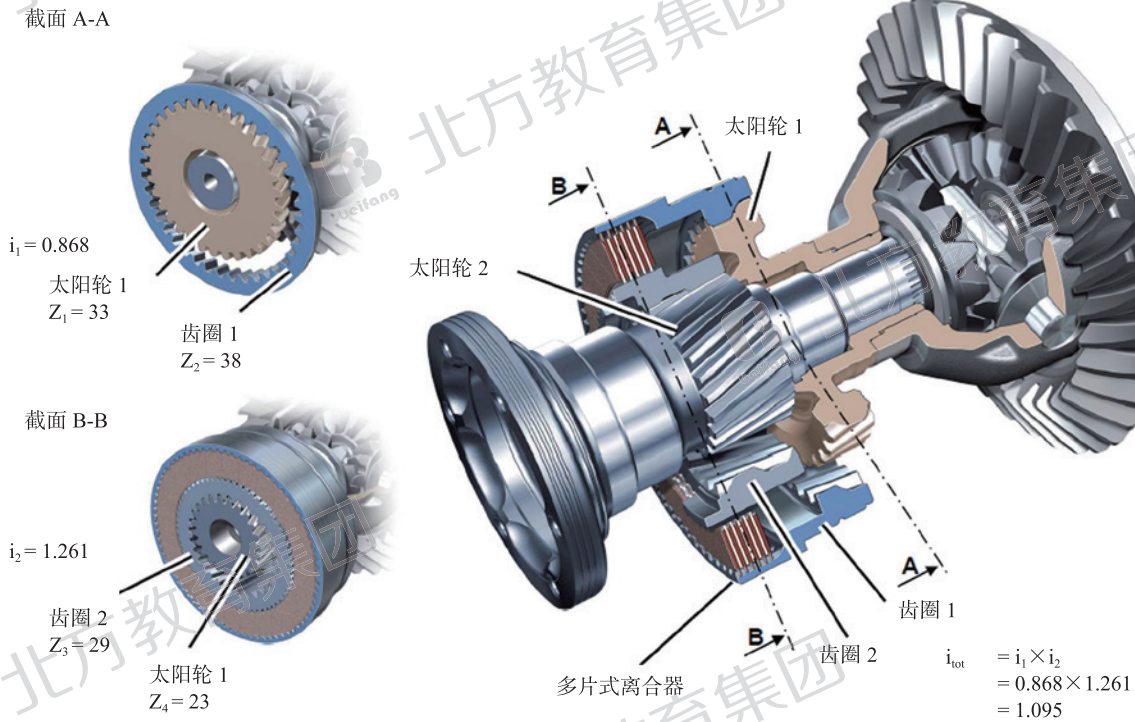


图 19

4. 工作过程

- (1) 无介入时动力传递如图 20 所示。
- (2) 有介入时的动力传递如图 21 所示。

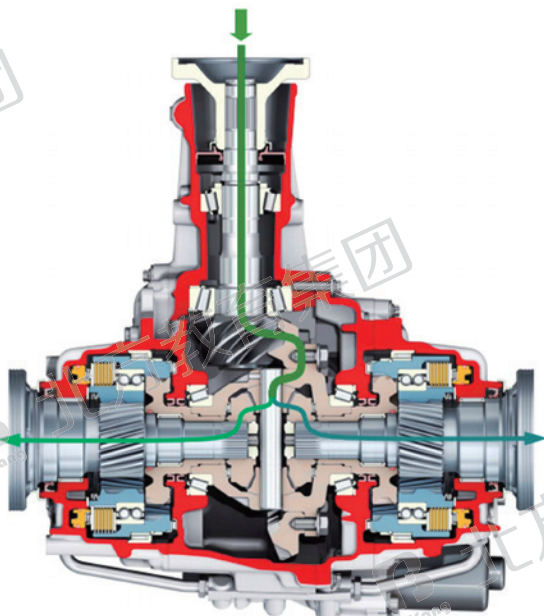


图 20

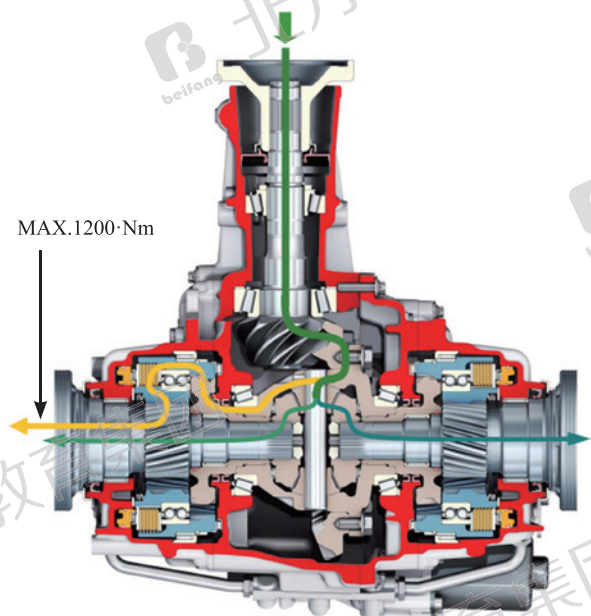


图 21

5. 供油系统

运动型差速器有两个供油系统。垂直驱动和差速驱动是两个独立的供油腔，但是用的都是轴用润滑油（齿轮油）。

另外速度调节变速箱有自己的油腔，但是他们通过一个油道连接在一起，形成一个公共油腔如图 22 所示。

通过一个球阀来避免由于横向加速度造成油过多的流向一侧油腔如图 23 所示。

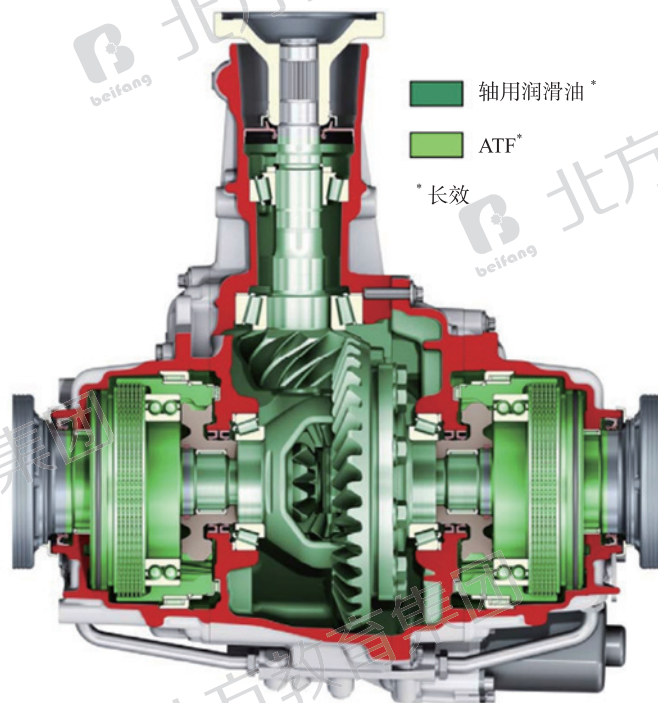


图 22

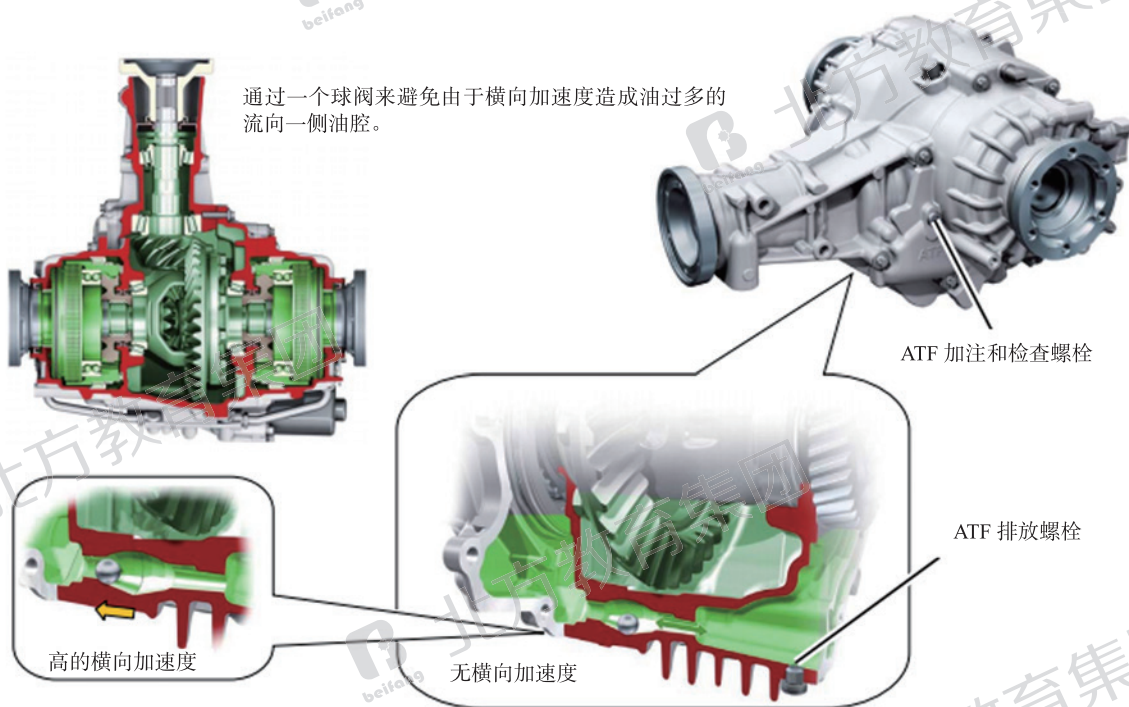


图 23

6. 供油系统的分离

每侧一个双轴密封圈和一个油封（矩形圈）确保了两个油腔内的油不发生泄漏如图 24 与图 25 所示。

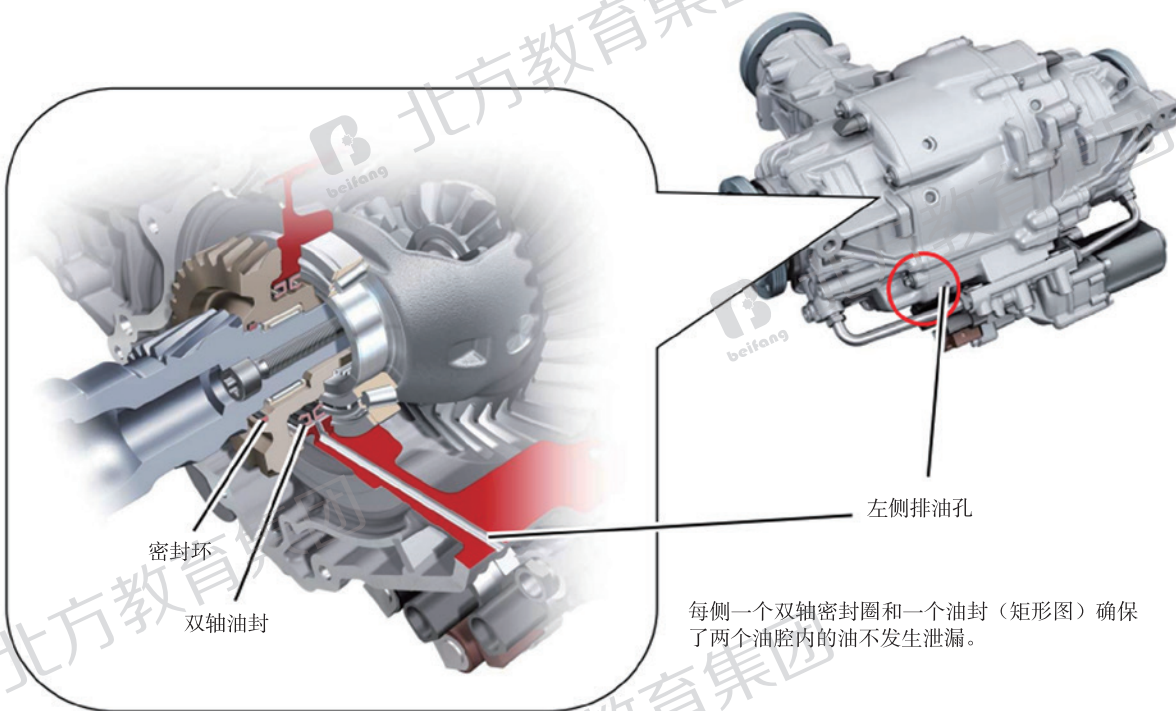


图 24

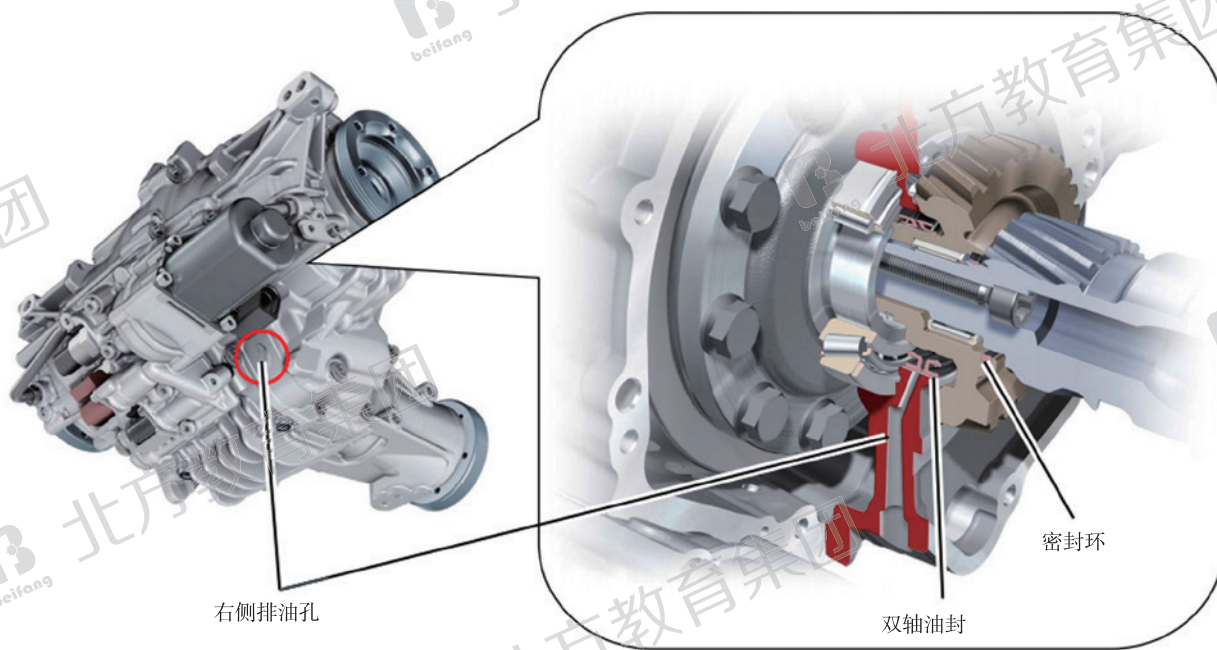


图 25

7. 油位的检查与添加 (如图 26 与图 27 所示)

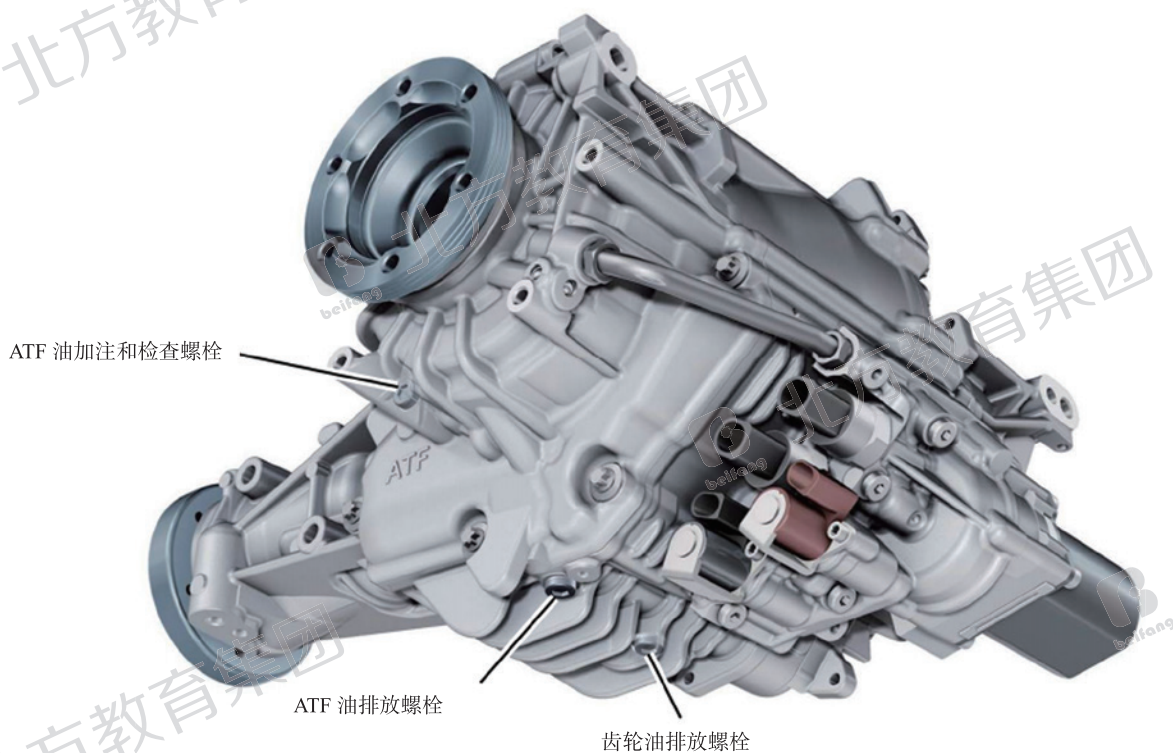


图 26

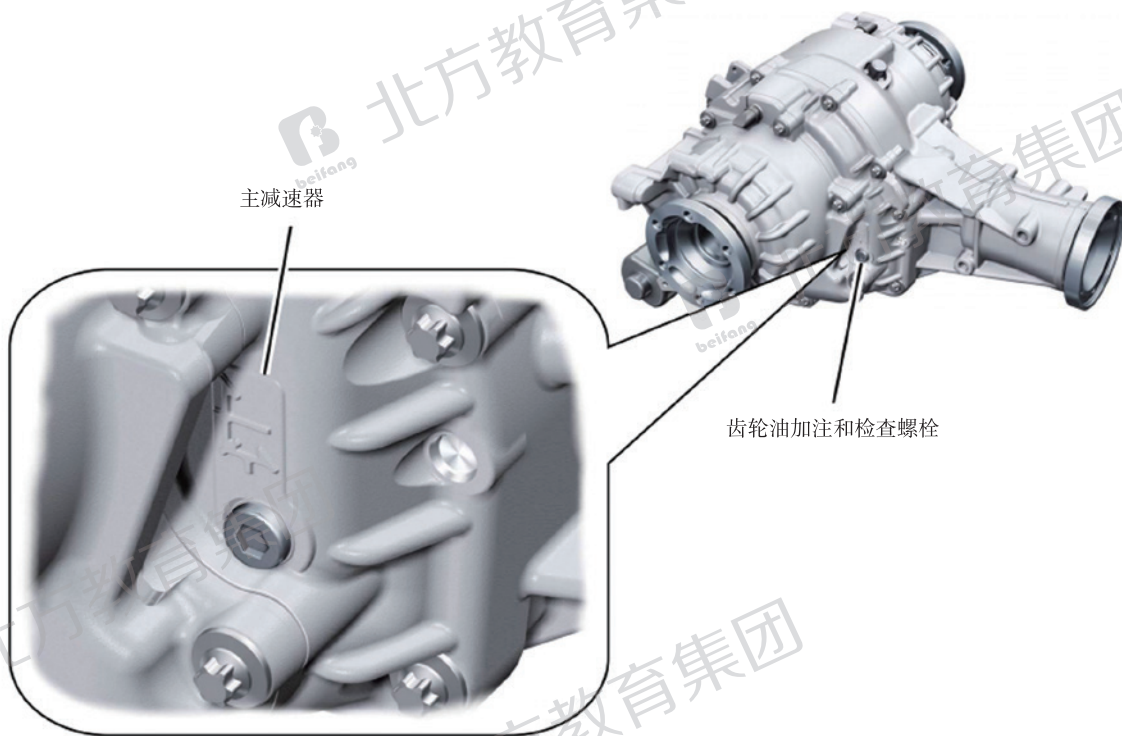


图 27

8. 元件分析

(1) 液压控制单元如图 28 所示。

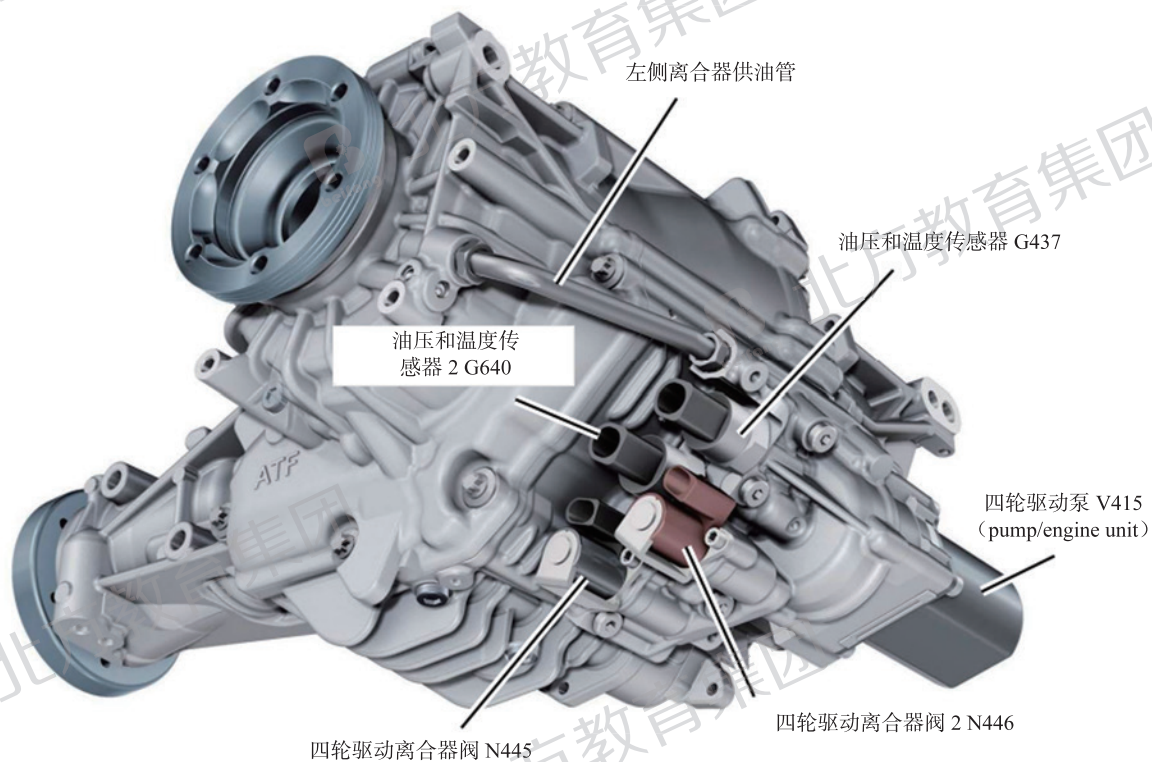


图 28

(2) 液压控制单元分解图如图 29 所示。

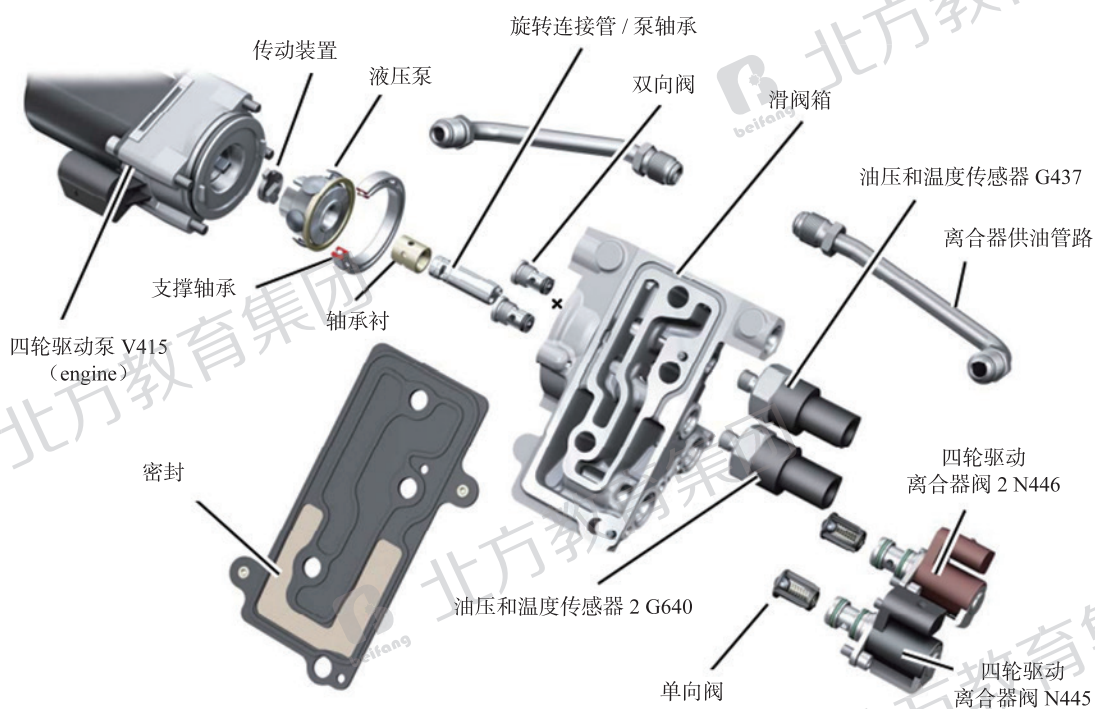


图 29

(3) 径向活塞泵如图 30 所示。

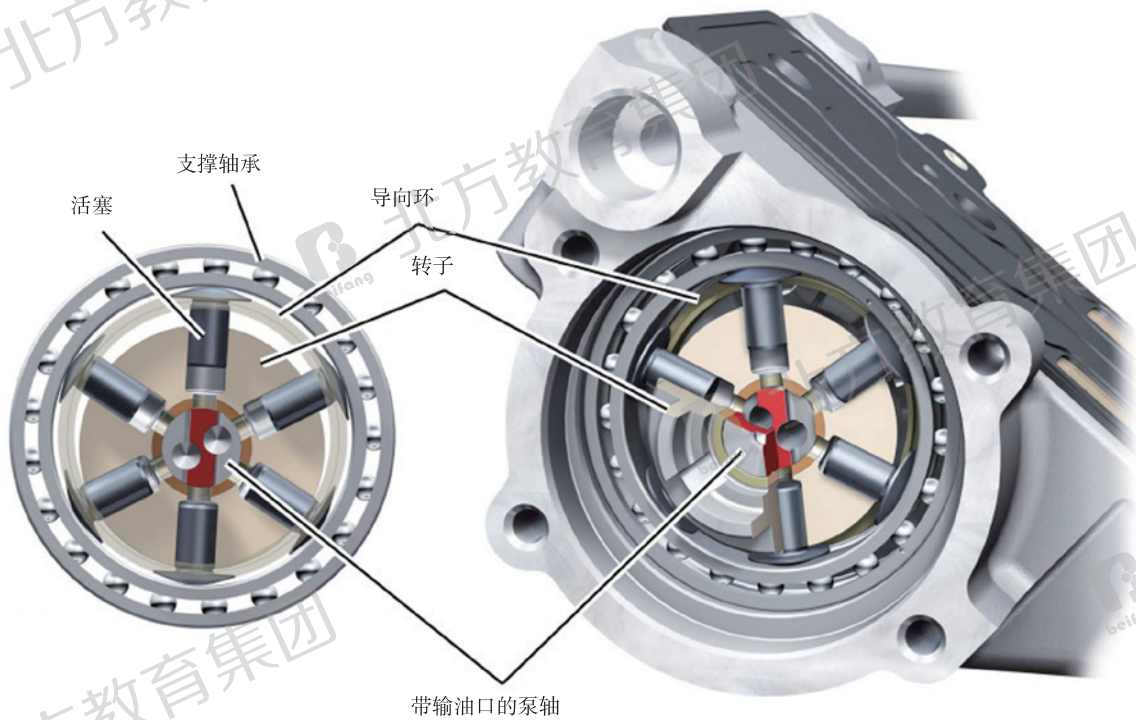


图 30

9. 液压控制系统

(1) 液压泵激活左侧离合器如图 31 所示。

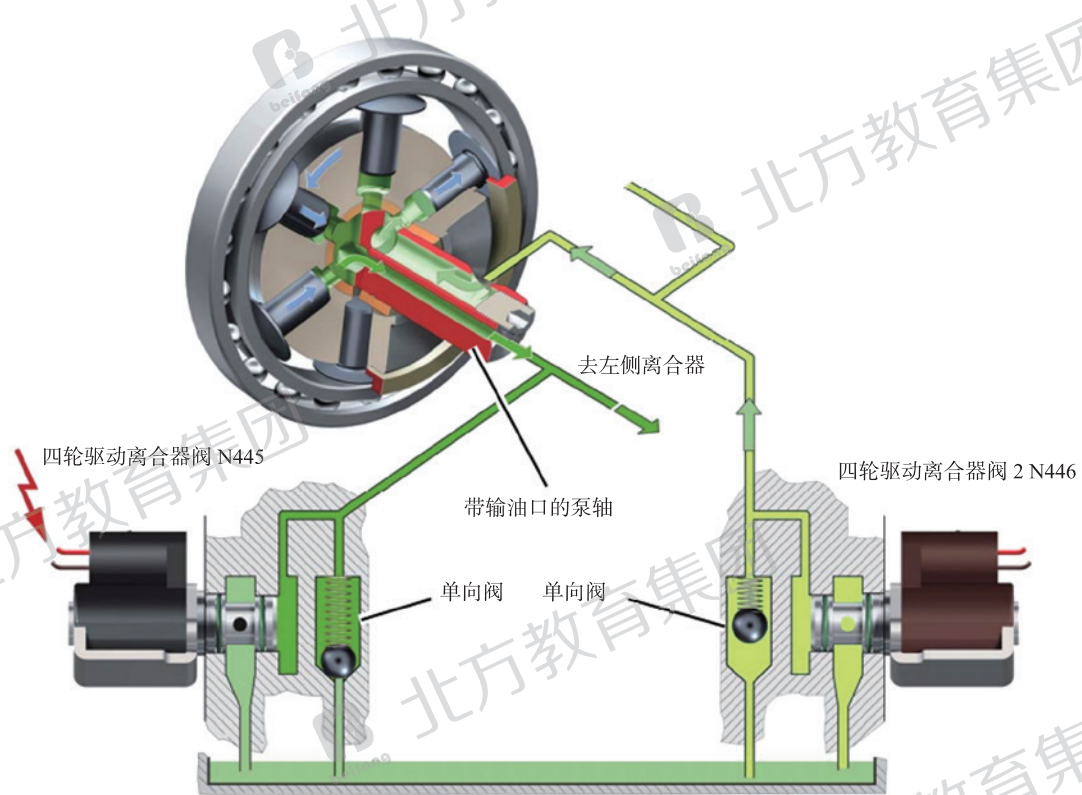


图 31

(2) 液压泵激活右侧离合器如图 32 所示。

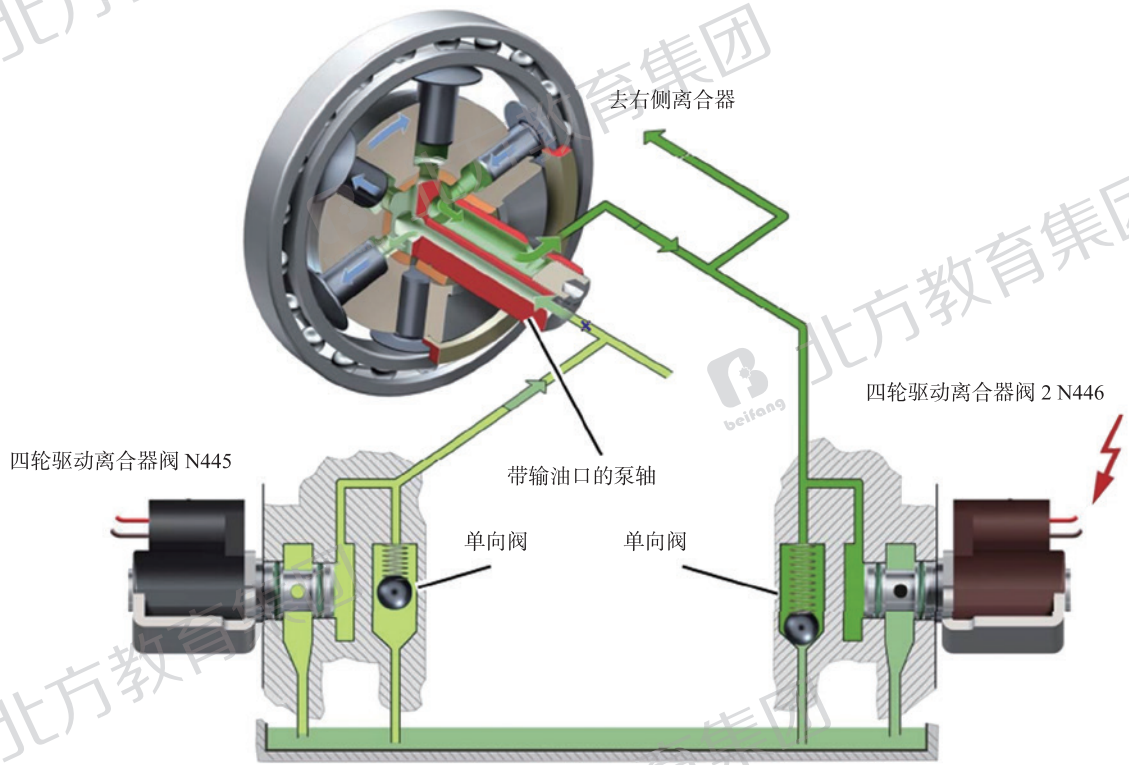


图 32

(3) 液压控制图如图 33 所示。

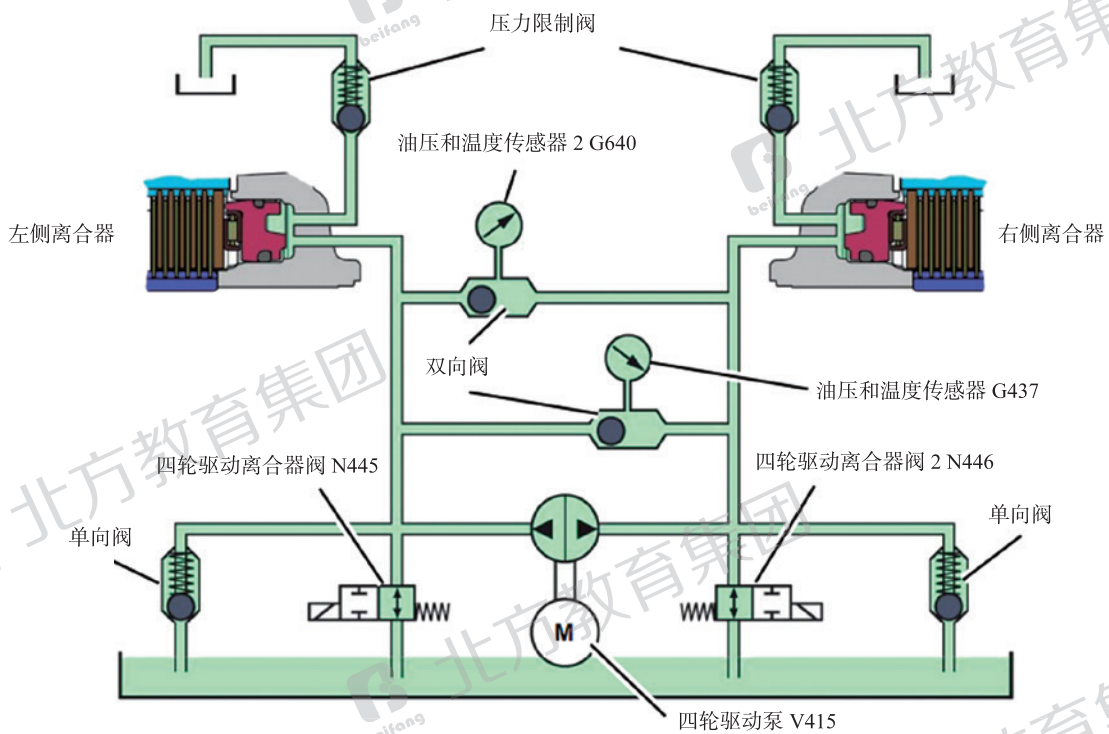


图 33

(4) 激活右侧离合器如图 34 所示。

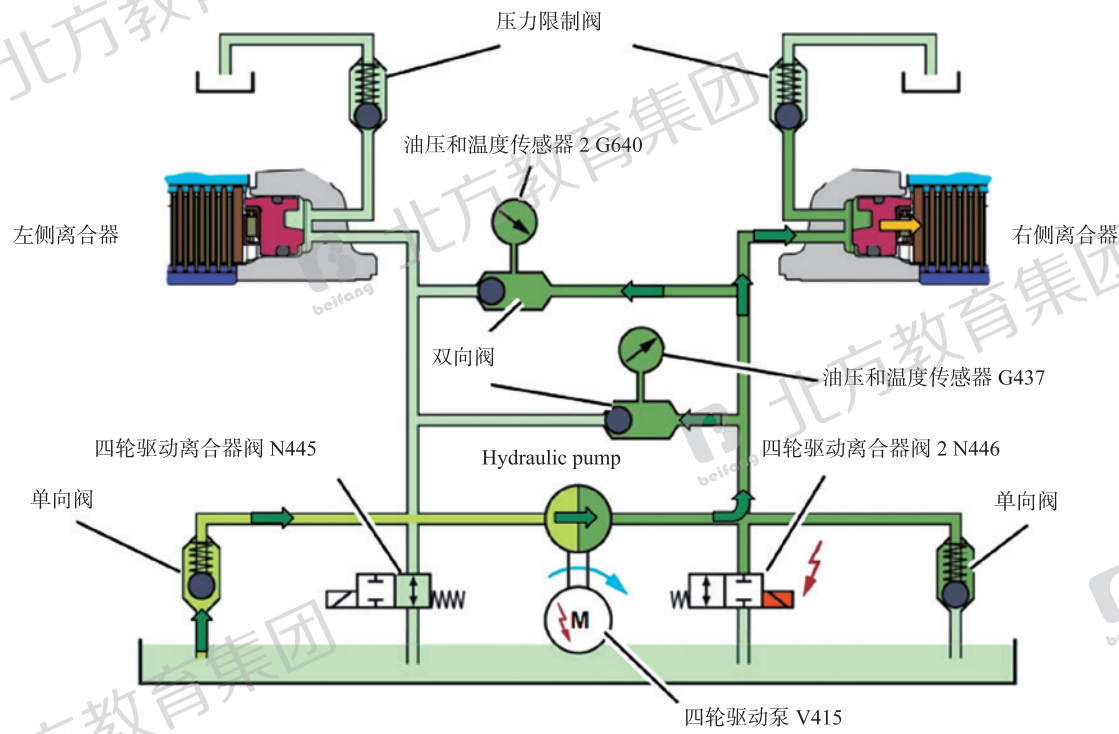


图 34

(5) 激活左侧离合器如图 35 所示。

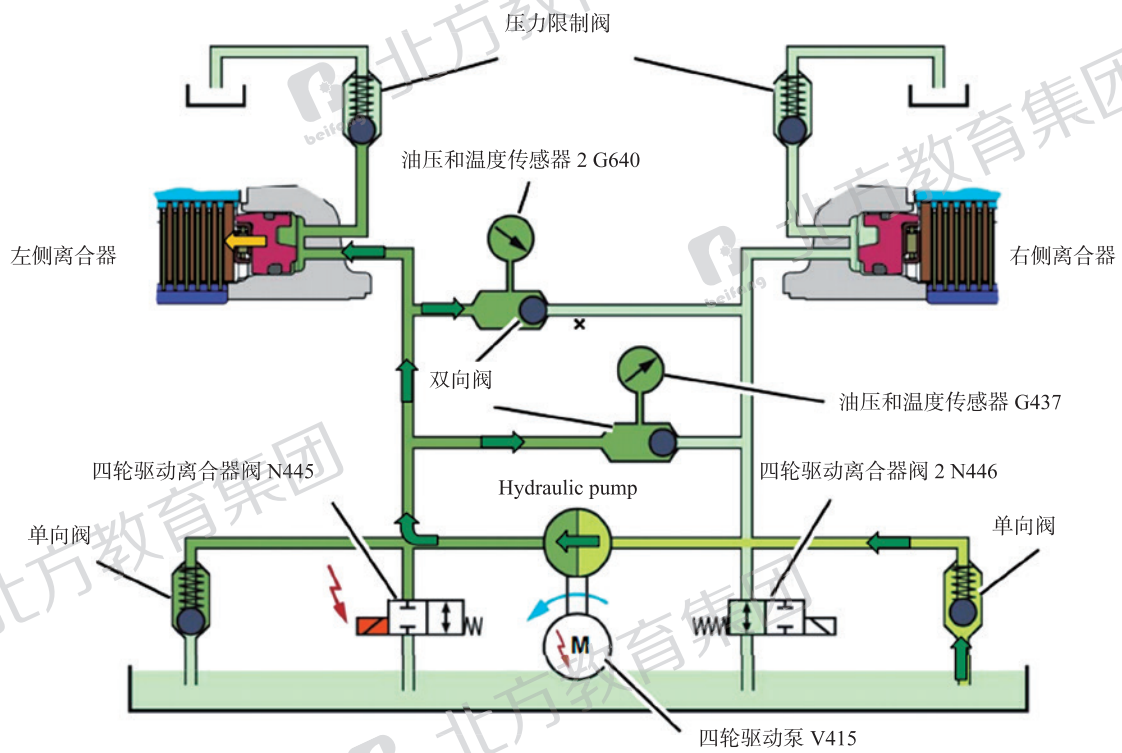


图 35

(6) 离合器 1 压力调节如图 36 所示。

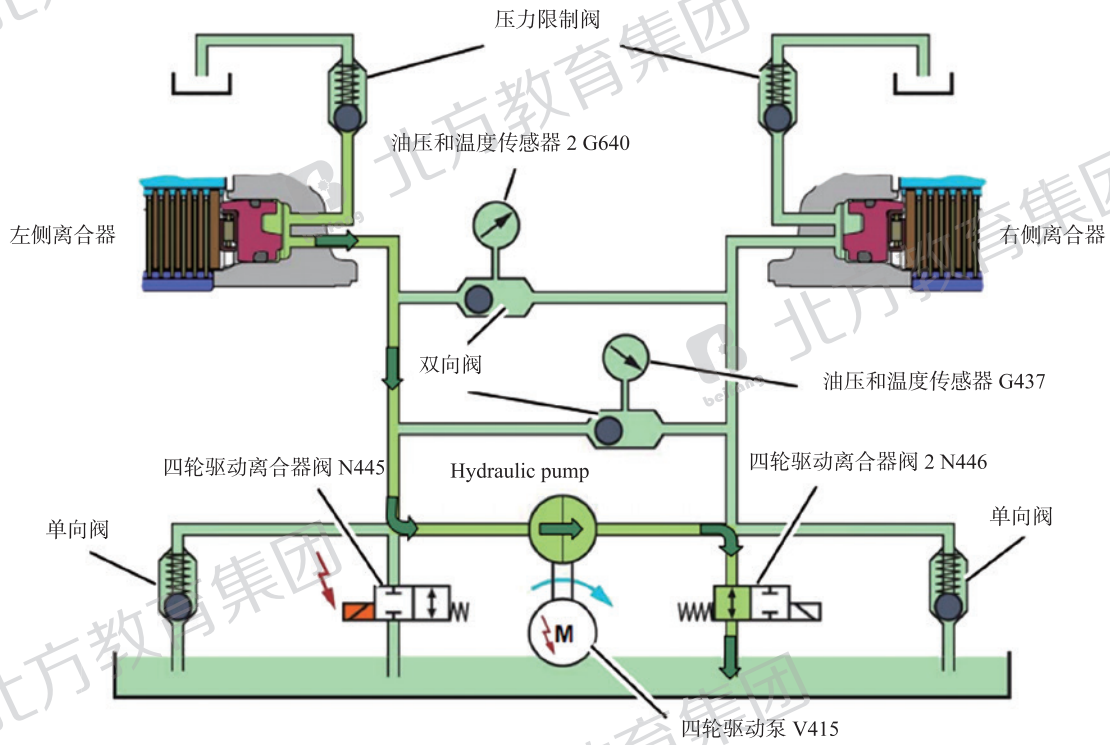


图 36

(7) 离合器 2 压力调节如图 37 所示。

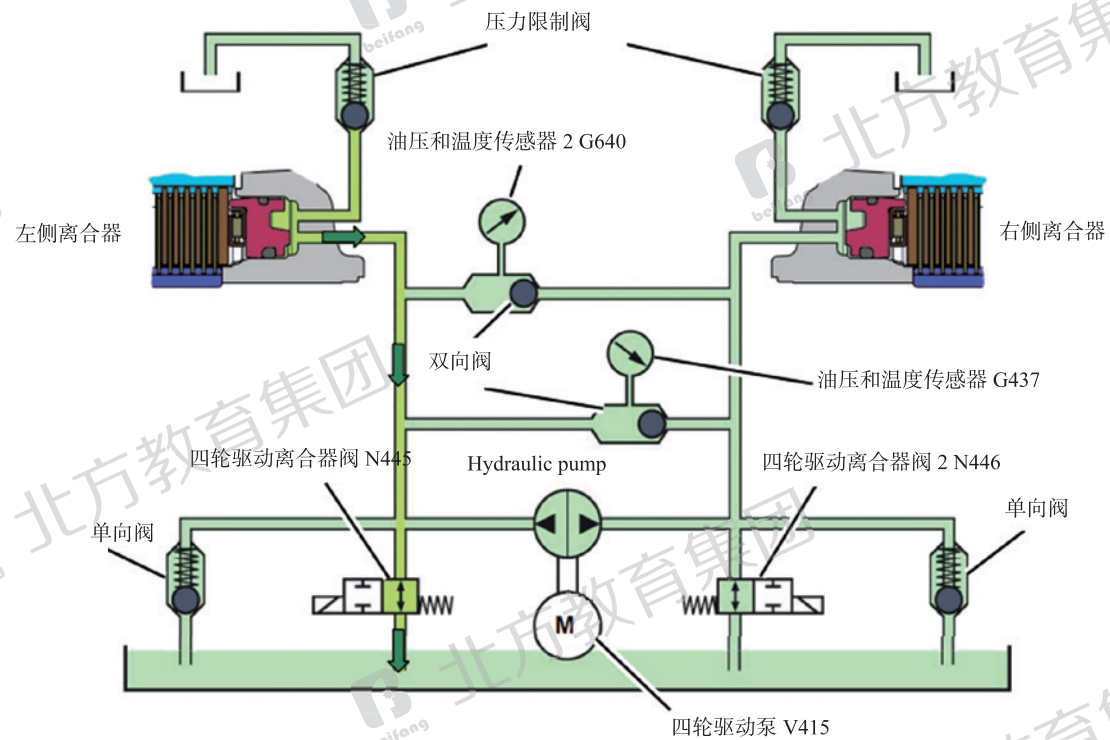


图 37

(8) 通风

液压系统的通风是间隔进行的，激活通风的条件是：‘发动机怠速’和‘无车速信号’。因此，在两侧会事先建立一个持续 100-200ms 的压力，直到压力限制阀开启如图 38 所示。

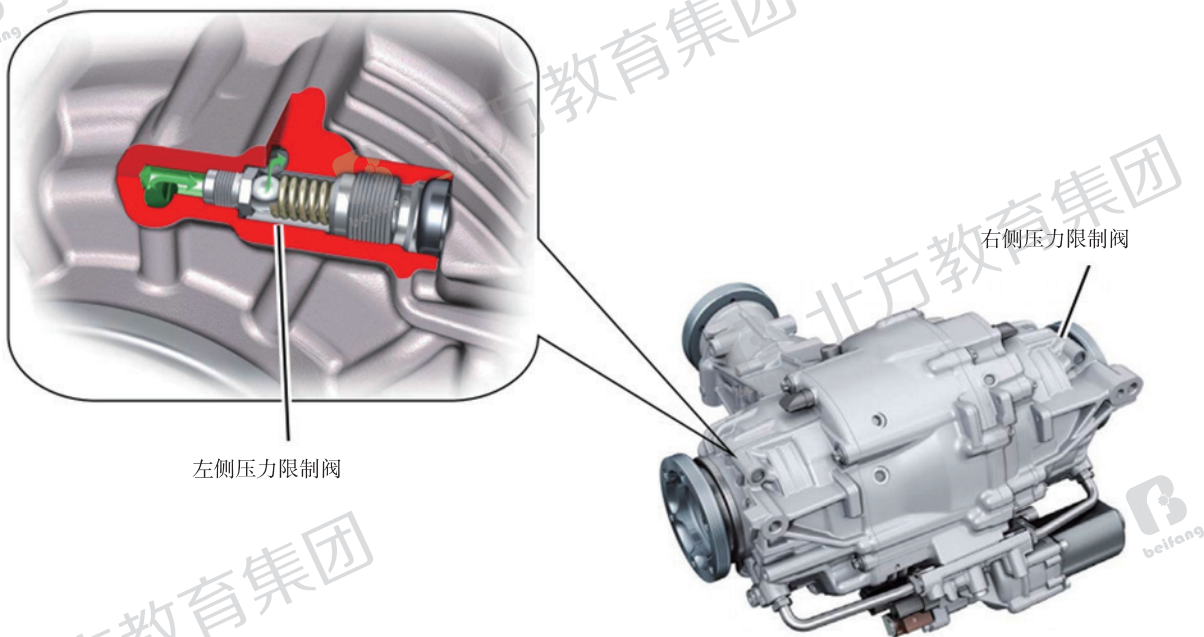


图 38

通风油路控制如图 39 所示。

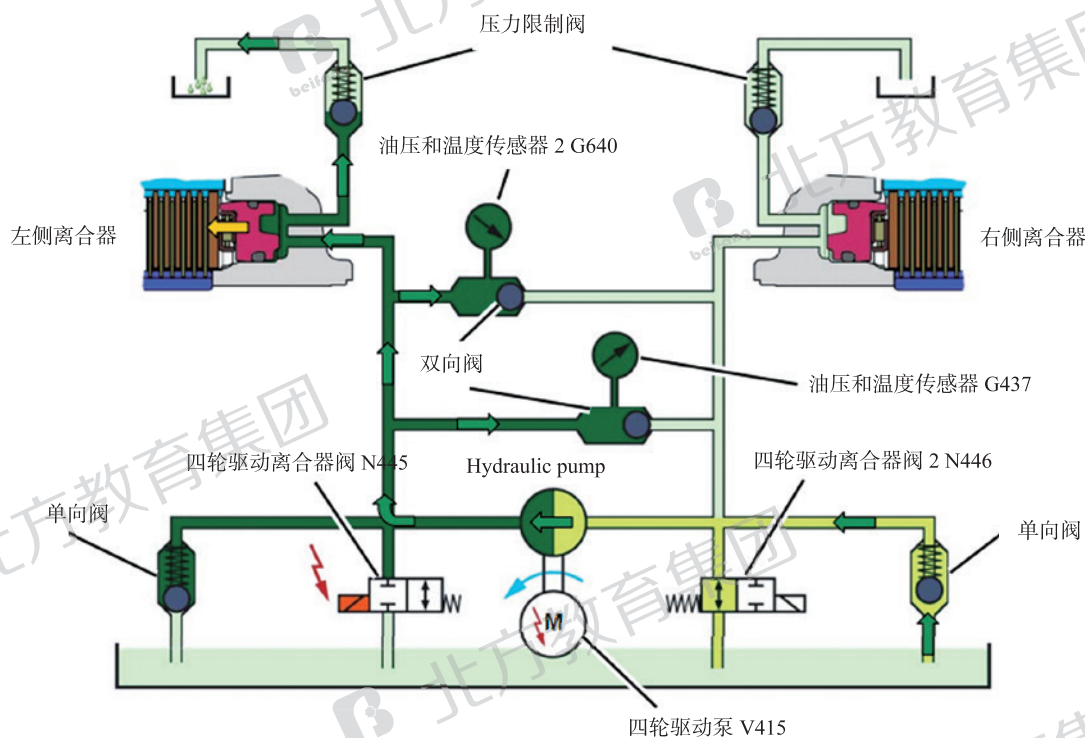


图 39