

解析德国采埃孚九速自动变速器

◆文/河北 吴泽辉

德国采埃孚集团公司(ZF)是当今世界上最主要的传动系统产品专业制造厂家之一,其主要产品包括机械式变速器、自动变速器和各式齿轮传动箱等。本文重点分析ZF九速自动变速器的动力传递路线(图1),解析ZF的设计理念,希望对于从事自动变速器维修、教学和设计的人员有所启示。

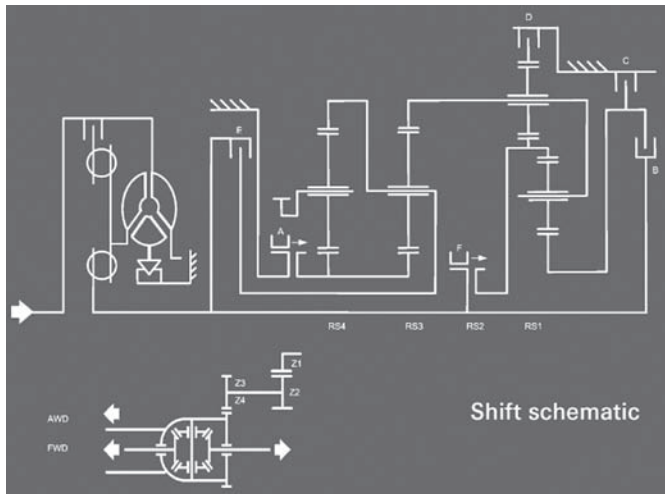


图1 ZF九速自动变速器动力传递路线图(原厂)

图2是作者自制的ZF九速自动变速器动力传递路线图,该图采用四个单级行星排,可以将第一个行星排和第二个行星排看成一个变速器,将第三个行星排和第四个行星排看成另一个变速器。需要注意各排的连接关系,第一排齿圈与第二排太阳轮连接,第一排行星架和第二排行星架连接作为输出驱动第三排齿圈,第三排行星架和第四排齿圈连接,第三排和第四排太阳轮连接。图中有E、F、B三个离合器和A、D、C三个制动器,由第四排行星架作为输出。下面,依次对ZF九速自动变速器动力传递路线进行分析。

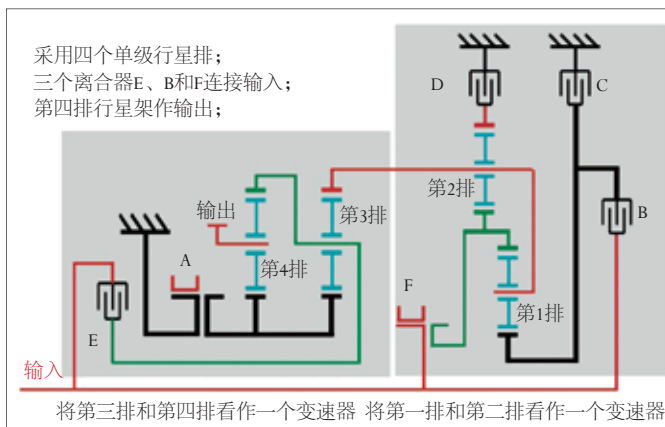


图2 ZF九速自动变速器动力传递路线图(自制)

一、一档动力传递路线分析

图3为一档时,离合器F接合,驱动第一排齿圈和第二排太阳轮。因为制动器D制动第二排齿圈,所以利用第二排太阳轮驱动行星架减速输出至第三排齿圈。在第三排和第四排,因为制动器A制动两排的太阳轮,在第三排齿圈驱动行星架减速输出至第四排齿圈,在第四排齿圈驱动行星架减速输出。所以一档时形成三级减速,分别是第二排太阳轮驱动行星架减速、第三排齿圈驱动行星架减速、第四排齿圈驱动行星架减速。

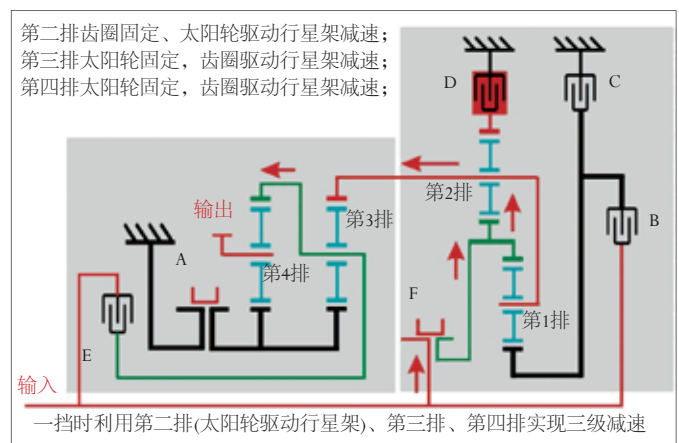


图3 一档动力传递路线分析

二、二档动力传递路线分析

图4为二档时,离合器F保持接合,驱动第一排齿圈和第二排太阳轮。但是制动器C制动第一排太阳轮,所以在第一排太阳轮固定。齿圈驱动行星架减速输出至第三排齿圈,第三排和第四排工作与一档相同。所以二档时形成三级减速为第一排齿圈驱动行星架减速、第三排齿圈驱动行星架减速、第四排齿圈驱动行星架减速。

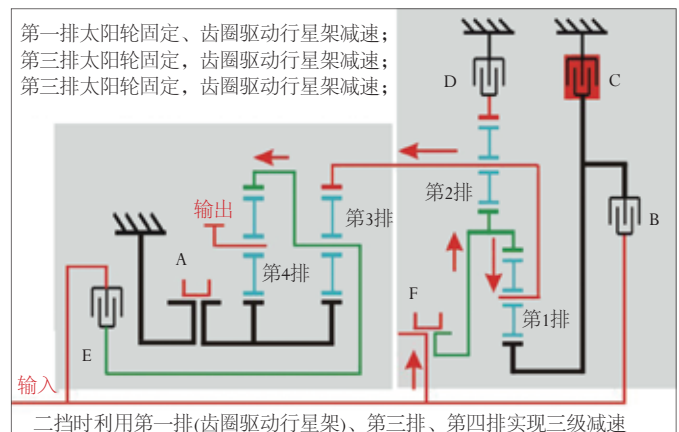


图4 二档动力传递路线分析

三、三挡动力传递路线分析

图5为三挡时, 离合器F保持接合, 驱动第一排齿圈和第二排太阳轮, 离合器B接合驱动第一排太阳轮。因为第一排太阳轮和齿圈同时被驱动, 所以行星架整体输出。第三排和第四排工作与一挡、二挡相同, 所以二挡时形成二级减速为第一排整体输出、第三排齿圈驱动行星架减速、第四排齿圈驱动行星架减速。

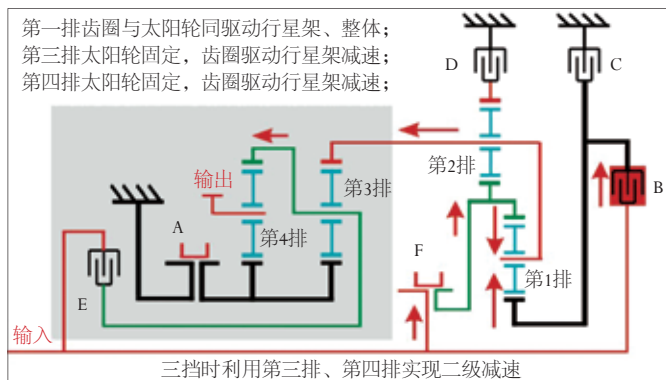


图5 三挡动力传递路线分

四、四挡动力传递路线分析

图6为四挡时, 离合器E接合驱动第四排齿圈、制动器A保持对第四排太阳轮的制动, 第四排行星架在齿圈的驱动下减速输出。四挡时形成一级减速, 即第四排齿圈驱动行星架减速。注意在四挡时, 第三排行星驱动齿圈将动力传递给第二排和第一排行星架, 而离合器F保持接合将动力传递给第一排太阳轮和第二排齿圈。但是第一排太阳轮自由、第二排齿圈自由, 所以第一排和第二排不参与动力传递。

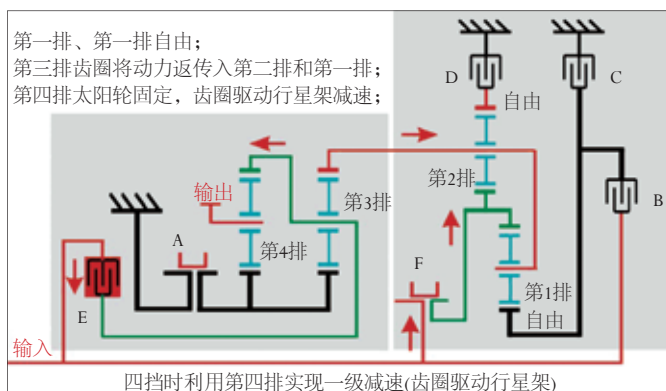


图6 四挡动力传递路线分析

五、五挡动力传递路线分析

图7为五挡时, 离合器F保持接合, 驱动第一排齿圈和第二排太阳轮, 离合器B接合驱动第一排太阳轮。因为第一排太阳轮和齿圈同时被驱动, 所以行星架整体输出至第三排齿圈。离合器E接合, 驱动第三排行星架, 在第三排中齿圈和行星架同速, 所以第三排太阳轮也同速整体旋转。在第四排齿圈与太阳轮同速, 所以驱动行星架同速整体输出, 形成直接挡。

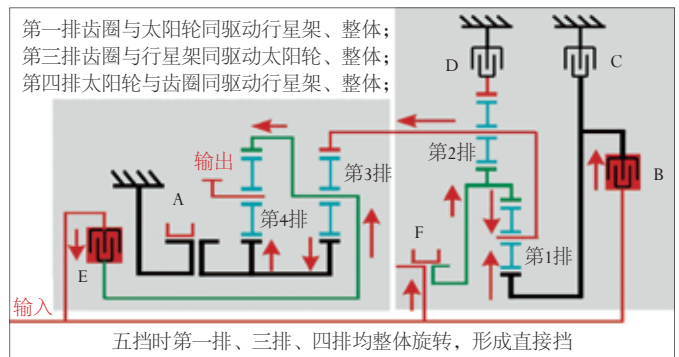


图7 五挡动力传递路线分

六、六挡至九挡动力传递路线分析

前文将第一排和第二排看作一个变速器、将第三排和第四排看作另一个变速器。在很多挡位如一挡、二挡和五挡, 动力流从一二排传给三四排, 符合动力总是从前向后传递的规律。但从六挡开始, 不再认为动力流是从前向后传递, 而是将第一排和第二排组成的变速器看作一个制动器, 约束第三排的齿圈, 这一约束不是完全制动, 而是部分约束。

在此引入矢量表示法, 用矢量表示行星齿轮机构的运动状态。如图8所示, 用线段AB、BC和AC长度代表齿圈、太阳轮和行星架齿数。在单级行星排中, 行星架齿数(AC段)等于太阳轮齿数(BC段)加上齿圈齿数(AB段)。用横向带箭头的线段代表转速和转向, 线段长度代表转速, 箭头方向代表转向。如图中行星架固定情况下, 可以看出太阳轮驱动齿圈反向减速; 而如果两个同速同向旋转, 则第三个形成整体同速同向旋转。

引入矢量表示法可以很容易理解三个构件同时旋转, 但转速和转向各异的情况。如图9所示, 齿圈和行星架转速相同的情况下, 整体驱动太阳轮同速输出。之后在行星架转速不变的情况下, 减少齿圈转速, 可以看到太阳轮转速将增加。这一原则可以直接应用于六挡、七挡、八挡和九挡的动力传动。

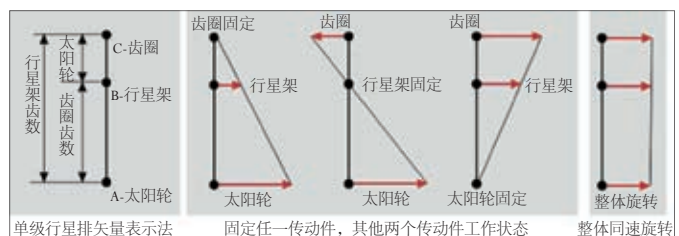


图8 用矢量表示单级行星齿轮机构的运动规律

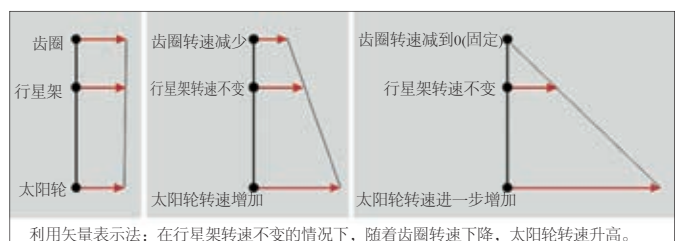


图9 行星架转速不变, 减少齿圈转速达到增加太阳轮转速目的

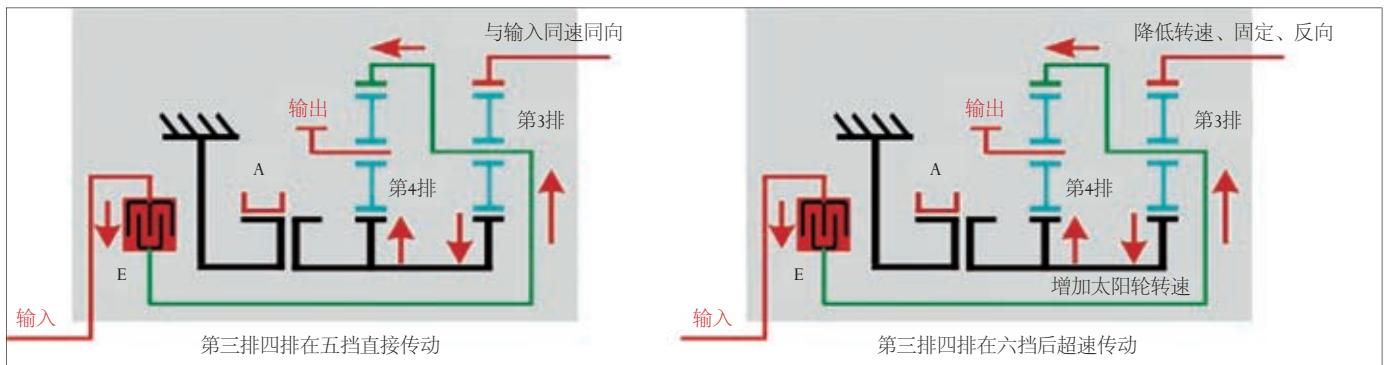


图10 六挡、七挡、八挡和九挡超速传动原理分析

如图10所示, 将第三排和第四排分拆出来, 在五挡直接传动时, 离合器E接合, 驱动第三排行星架, 第三排行星架和齿圈同向, 所以驱动第三排太阳轮整体旋转。从图9的分析可知, 除非第三排齿圈转速下降直至固定, 甚至反转情况下, 在第三排行星架转速不变情况下, 会增加第三排太阳轮转速。从而带动第四排太阳轮转速增加, 最终带动第四排行星架转速增加。控制第三排齿圈转速, 实现六挡(第三排齿圈一级减速)、七挡(第三排齿圈二级减速)、八挡(第三排齿圈固定)和九挡(第三排齿圈逆转)的传动。

六挡、七挡、八挡和九挡时, 离合器E接合驱动第三排行星架和第四排齿圈。图11为六挡时, 制动器C制动第一排太阳轮, 离合器F接合驱动第一排齿圈, 则第一排行星架在齿圈驱动下形成一级减

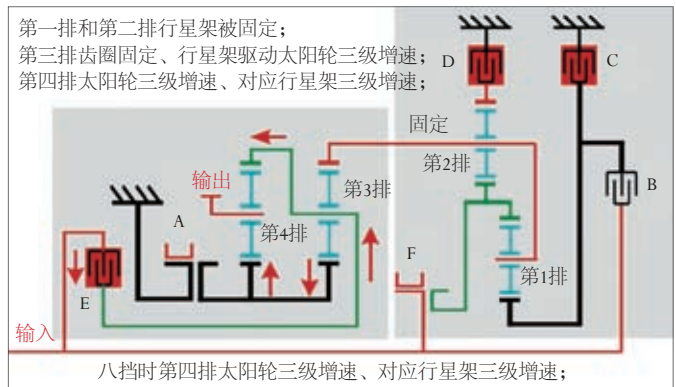


图13 八挡动力传递路线分析

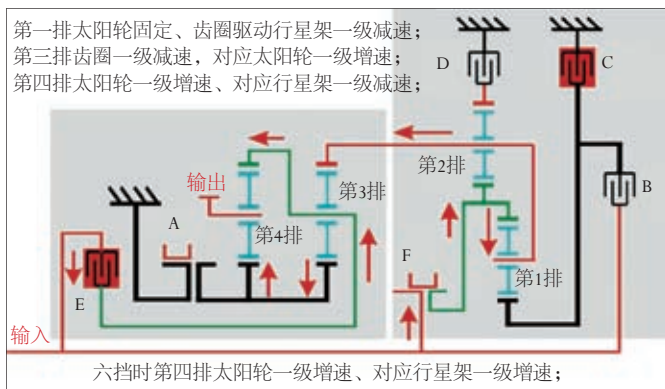


图11 六挡动力传递路线分析

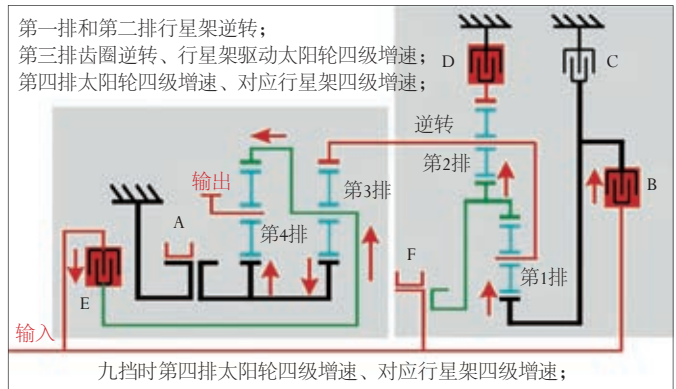


图14 九挡动力传递路线分析

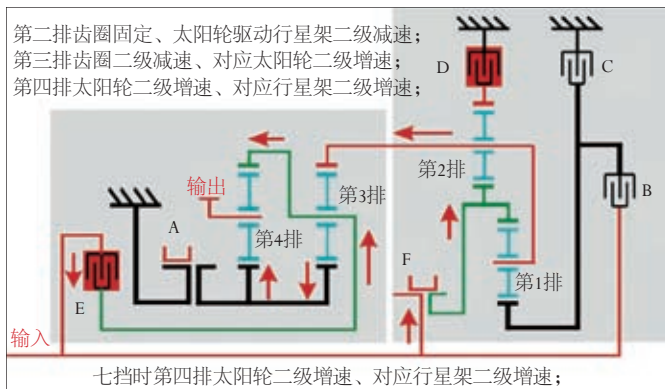


图12 七挡动力传递路线分析

速, 与第一排行星架连接的第三排齿圈一级减速, 第三排太阳轮一级增速, 第四排行星架一级增速输出。

图12为七挡时, 离合器F与六挡相同保持接合, 但制动器D制动第二排齿圈, 则第二排太阳轮驱动行星架形成二级减速。与第二排行星架连接的第三排齿圈二级减速, 第三排太阳轮二级增速, 第四排行星架二级增速输出。

图13为八挡时, 第一排、二排的制动器C和D制动, 第一排和第二排被总体固定, 则第三排齿圈被固定。第三排太阳轮三级增速, 第四排行星架三级增速输出。

图14为九挡时, 第一排和第二排的离合器B接合, 制动器D制动。离合器B驱动第一排太阳轮顺转, 驱动第一排齿圈逆转, 与第一排齿圈

(下转第93页)