

彩图 改进型辛普森式 自动变速器传动路线

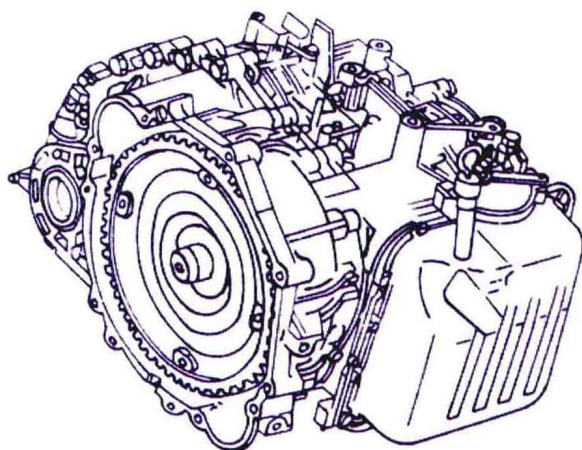
广州白云工商技师学院 徐家顺 编著

- ☆ 改进型辛普森式齿轮变速机构
- ☆ 日产汽车自动变速器
- ☆ 通用汽车自动变速器
- ☆ 丰田汽车自动变速器
- ☆ 三菱汽车自动变速器
- ☆ 雪铁龙、福特、现代、奔驰
和克莱斯勒汽车自动变速器



彩图改进型辛普森式 自动变速器传动路线

广州白云工商技师学院 徐家顺 编著



广东省出版集团
广东科技出版社
·广 州·

图书在版编目 (CIP) 数据

彩图改进型辛普森式自动变速器传动路线/ 徐家顺
编著. —广州: 广东科技出版社, 2010.12

ISBN 978-7-5359-5276-9

I. ①彩… II. ①徐… III. ①汽车—自动变速装置
②汽车—传动系 IV. ①U463.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 076191 号

责任编辑: 陈毅华 (aroused_56@sina.com)

封面设计: 陈维德

责任校对: 蒋鸣亚

责任印制: 罗华之

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东省出版集团图书发行有限公司

印 刷: 广州伟龙印刷有限公司

地 址: 广州市沙太路银利工业大厦 1 栋 邮码: 510507

规 格: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 9 字数 190 千

版 次: 2010 年 12 月第 1 版

2010 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1~5 000 册

定 价: 43.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前 言

本书是《彩图汽车自动变速器原理及传动路线》的后续本，主要介绍改进型辛普森式自动变速器。目前国内在用汽车搭载的自动变速器有数十种之多，不同车型搭载的自动变速器的变速机构均有一定的差异。由于自动变速器是集机械、液压、电子技术为一体的，结构复杂和装配难度很高，故障诊断和维修难度大于汽车的其他各大总成。我们甚至会看到有些搭载自动变速器的车辆是开着进厂却是拖着出厂的，或者是长期在“趴窝”待修。

汽车自动变速器的传动路线是变挡传动的基础，也是我们要掌握这门技术的关键所在，但对于传动和自动变速过程而言，双排以上换联行星齿轮机构，学习起来就更抽象和难以掌握。笔者将多年的教学和工厂工作的实践经验，通过提炼和加工，用比较简单和通俗的语言进行阐述，对于有些重点难点，标注出来提请读者注意和方便读者学习使用。

本书与其他汽车自动变速器书的最大不同之处在于笔者另辟蹊径，用立体示意彩图展示给读者，使读者易于理解和学习。

本书举例的各款改进型辛普森式汽车自动变速器代表性较强，如果读者学习并能够举一反三地灵活运用，将会对汽车自动变速器的故障判断和维修带来方便或启迪。书中的内容贴近实际需求，列举的例子均为4挡或5挡改进型辛普森式自动变速器，5挡以上自动变速器将在后续本中介绍。

由于受到汽车自动变速器实物来源的限制，部分章节里有个别的齿轮大小和比例，以及单向离合器的形式等可能与实物不符（本书中举例的单向离合器都是以楔块式为例，但实际有些却为滚柱式的）。

本书可供具有一定修理经验的汽车维修技术人员、管理人员、汽车工程技术人员，培训机构和大专院校相关专业的师生学习和参考使用。

由于作者水平有限，粗疏之处在所难免，敬请广大读者批评指正，并希望能在后续本的编撰上得以改进。

编著者

2010-02-28

目 录

第 1 章	改进型辛普森式齿轮变速机构	1
第 1 节	概述	1
第 2 节	特点	1
第 2 章	日产汽车自动变速器	4
第 1 节	RE4F02A 自动变速器传动原理图与挡位分析	4
第 2 节	RE4F02A 自动变速器实物与挡位演示	11
第 3 节	R4A 自动变速器	13
第 4 节	R4A 自动变速器传动原理图与挡位分析	13
第 5 节	R4A 实物与挡位模拟演示	20
第 3 章	通用汽车自动变速器	25
第 1 节	概述	25
第 2 节	4T65E 自动变速器传动原理	26
第 3 节	4T65E 自动变速器传动原理与挡位分析	28
第 4 节	4T65E 自动变速器实物拆解及演示	35
第 5 节	雪佛兰、悍马搭载的 4L60/4L65E 自动变速器	39
第 6 节	五菱 JF405E 自动变速器传动原理图与挡位分析	46
第 4 章	丰田汽车自动变速器	54
第 1 节	U241E 自动变速器传动原理图与挡位分析	54
第 2 节	凯美瑞 U250E 自动变速器传动原理图与挡位分析	65
第 3 节	丰田花冠 U340E/341E 自动变速器传动原理与挡位分析	74
第 5 章	三菱汽车自动变速器	84
第 1 节	帕杰罗速跑 R4A51/V4A51 自动变速器	84
第 2 节	V5A51 自动变速器传动原理图与挡位分析	90
第 6 章	雪铁龙、福特、现代、奔驰和克莱斯勒汽车自动变速器	98
第 1 节	雪铁龙 AL4 自动变速器传动原理图与挡位分析	98
第 2 节	蒙迪欧、福克斯 CD4E 自动变速器传动原理图与挡位分析	106
第 3 节	索纳塔、伊兰特 F4A42 自动变速器传动原理图与挡位分析	115
第 4 节	奔驰 722.620 自动变速器传动原理图与挡位分析	123
第 5 节	克莱斯勒 42RLE 自动变速器传动原理图与挡位分析	133

第1章 改进型辛普森式齿轮变速机构

第1节 概 述

在《彩图汽车自动变速器原理及传动路线》里我们介绍了典型辛普森式自动变速器行星齿轮变速机构相关知识和基本原理,挡位分析和挡位演示等,在本册里我们将学习改进型辛普森式齿轮变速机构的自动变速器。由于典型辛普森式变速机构是2个行星排完成3个前进挡和1个倒挡,行星排的挡位利用率较低,进入20世纪90年代后,厂家不断地追求自动变速器结构紧凑,体积小和质量轻,改进型辛普森式齿轮变速器的出现,使行星排的挡位利用率和传动效率都有提高。

改进型辛普森式齿轮变速机构的自动变速器是利用2个行星排完成4个前进挡和1个倒挡,这样在制造成本上可以降低很多,而且在传动优化方面有很大改进。同时改进型辛普森式自动变速器利用2个行星排之间组件的相互串联或换联有机地组合,可以达到出神入化的效果。

第2节 特 点

这里我们以日产 RE4F02A 为例介绍其特点。RE4F02A 是一款配备在日产·蓝鸟前驱轿车上的自动变速器,其特点如下:

- 1) 输入轴直接连接到后太阳轮上,1、2挡动力由后太阳轮输入;另外在输入轴的前端还连有一个离合器毂,分别有离合器 C1(前排行星架)和离合器 C2(前排太阳轮)。
- 2) 离合器 C1 单独接合为前排行星架输入,实现超速挡。
- 3) 离合器 C2 单独接合为前排太阳轮输入,实现倒挡。
- 4) 离合器 C1、C2 同时接合,可以实现3挡1:1的动力传递。
- 5) 制动器 B1 用作制动前排太阳轮。
- 6) 单向离合器 F 是起步单向离合器,在 D1 挡起作用。
- 7) 制动器 B2 用来制动前排行星架。
- 8) 离合器 C3 接合,动力是将前排行星架和后排齿圈连接起来,在1、2、3挡时起作用。



彩图改进型辛普森式自动变速器传动路线

- 9) 前、后太阳轮是分开的，可以各自传递动力。
- 10) 前齿圈、后行星架、输出轴、主动惰轮是连在一起的。
- 11) 从动惰轮、驻车块、减速器主动斜齿轮也是连在一起的。
- 12) 由电磁阀控制换挡执行组件油路图。

图 1-2-1 是日产 RE4F02A 自动变速器实物图。

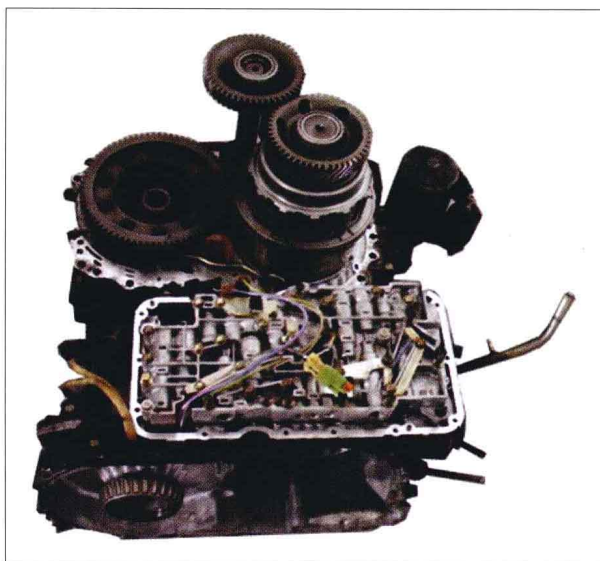


图 1-2-1 日产 RE4F02A 自动变速器

图 1-2-2 和图 1-2-3 是 RE4F02A 自动变速器传动实物。图 1-2-4 是 RE4F02A 自动变速器传动立体示意图。



图 1-2-2 RE4F02A 自动变速器传动实物（连在前壳体上）

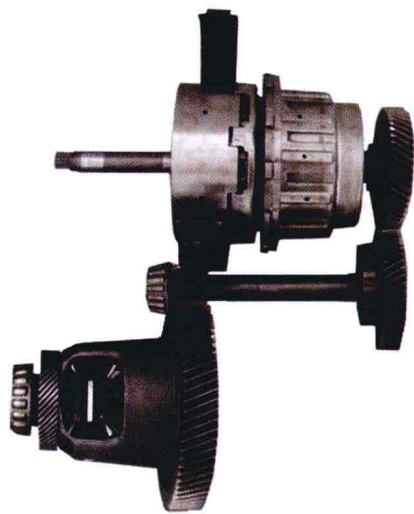


图 1-2-3 RE4F02A 自动变速器实物

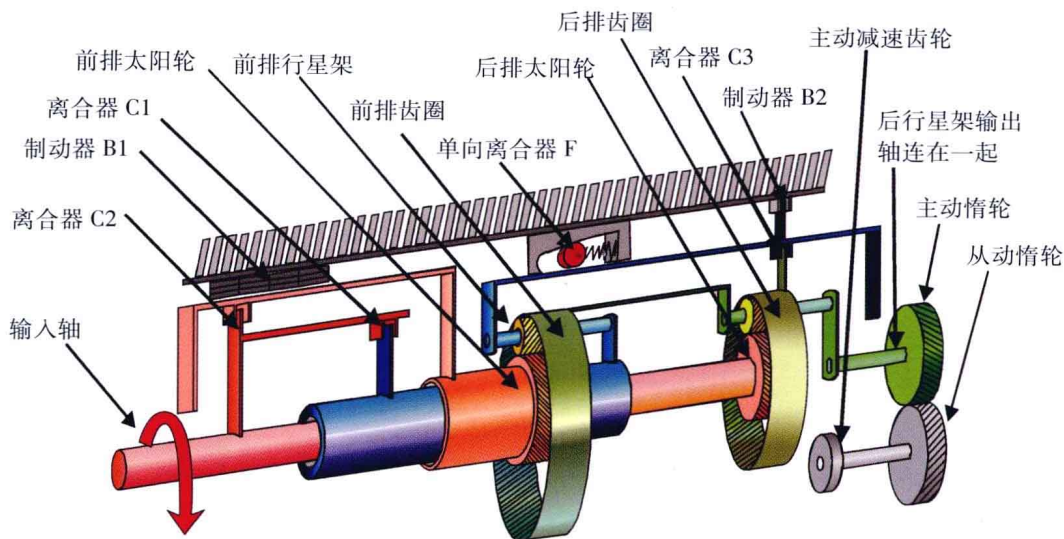


图 1-2-4 RE4F02A 传动立体示意

说明：①为了避免引起误解，笔者在本册中所列举的各款车型只是说明配备了自动变速器，有部分车型与自动变速器立体示意图的型号、前驱动（或后驱动）并不能一一“对号入座”，除非在小节里有说明。②也有自动变速器是通过链条输入的，链条输入的输入轴为反转，这样，在分析挡位时的单向离合器与图形单向离合器安装方向不符，读者应以实物为准仔细推敲。③有些前驱动自动变速器出现第二排传动，读者应按照自动变速器的传动旋转方向去分析单向离合器内外圈的受力方向。



第2章 日产汽车自动变速器

第1节 RE4F02A 自动变速器传动原理图与挡位分析

1. 换挡手柄在 D 位时 D1 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-1 是换挡手柄在 D 位时 D1 挡的传动立体示意图。当发动机带动泵轮转，泵轮带动涡轮转，涡轮带动输入轴转，因为输入轴与后排太阳轮是连在一起的，所以后排太阳轮直接顺转输入。此时的后排三组件中，太阳轮输入、行星架受车轮阻力齿圈想反转（由于离合器 C3 的接合）并将反力传给前排行星架，前排行星架又受到单向离合器 F 的限制不让反转（不动），动力只有驱动行星架和克服车轮阻力顺时针旋转（输出），实现 1 挡车速。

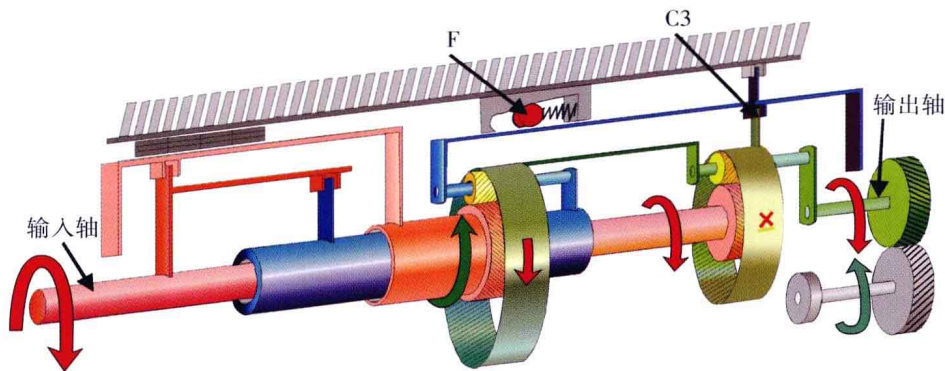


图 2-1-1 D1 挡传动立体示意

必须强调的是 1 挡的输出已经由后排实现了，但由于后排行星架与前排齿圈输出轴是连在一起以 1 挡的速度顺转。前排齿圈顺转，前排行星架不动，前排太阳轮反转（空转），为后一步 2 挡的分析提供依据。

关键组件：后排太阳轮→C3→F。后排太阳轮输入，后排齿圈固定，后排行星架输出。当车轮向前产生惯性速度大于发动机的速度时，后齿圈会顺时针方向受力，也推动前行星架顺时针方向受力转动。这样，车轮向前的滑行动力会在前排行星架与单向离合器 F 的内圈之间消掉，而发动机还在向后排太阳轮顺时针传力，由于太阳轮是小齿轮以及速度比也慢，是感觉不到它的外圆齿轮在顺时针快速空转的，也就是发动机控制不了车速，如果是在条件较好的下坡或平路行驶是一个较为节省燃油的经济模式，但在下陡坡时不利（见图

2-2-2)。在汽车起步时单向离合器 F 可以使两个大小不同的齿轮转速摩擦接近, 让起步和换挡都比较平顺舒适。D1 挡传动原理简图见图 2-1-3。

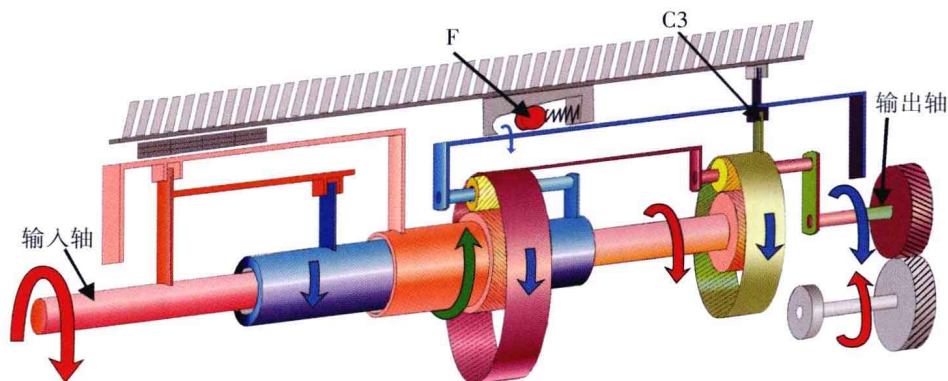


图 2-1-2 换挡手柄在 D 位时 D1 挡 (无发动机制动) 经济模式立体示意

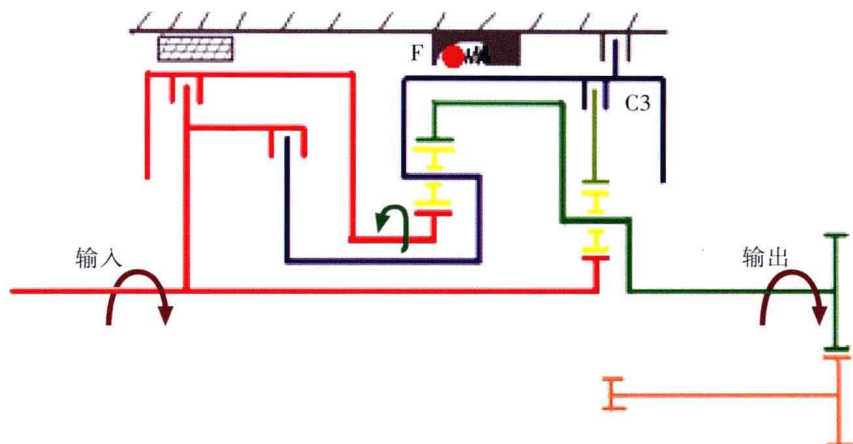


图 2-1-3 D1 挡传动原理简图

2. 换挡手柄在 L 位时 1 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-4 是换挡手柄在 L 位时 1 挡的传动立体示意图。手动 1 挡的传动比与 D1 挡基本相同, 这里不再赘述, 有区别的地方在于: 汽车在 D 位 1 挡行驶时, 如果车轮向前滚动的惯性速度大于发动机向车轮的传递速度, 此时的后齿圈会顺时针方向受力, 也推动前行星架顺时针方向受力单向离合器 F 的内圈就是前行星架 (顺时针方向受力打滑) 将车轮动力消耗掉, 即发动机对车轮无制动控制。

L 挡也叫手动 1 挡。当驾驶人将选挡手柄放入 L 位置时, 制动器 B2 就将前排行星架制动, 前行星架虽然顺时针受力但被 B2 制动 (固定) 不能顺转, 因此车轮向前滑行动力只能沿着原来的动力路线一直向前顶至发动机。发动机的工作循环不可能被车轮的动力推动转快, 在下陡坡时发动机相当于一个“制动器”对车轮的滑行速度有所控制, 成为安全动力模式。

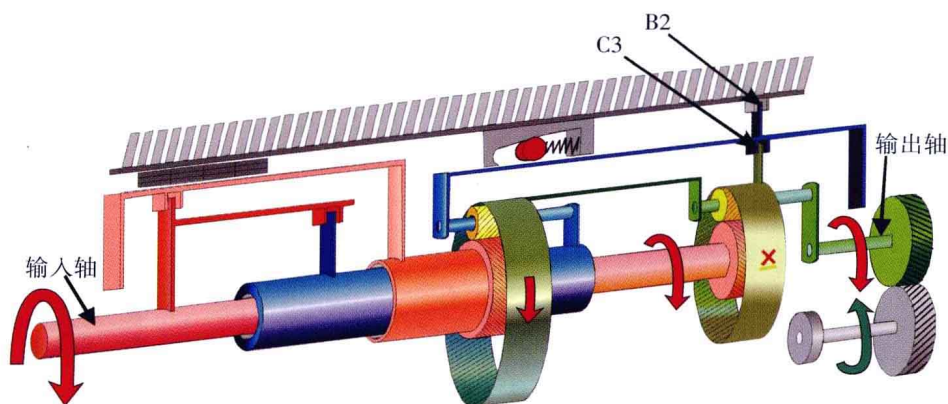


图 2-1-4 手动 1 挡传动立体示意

关键组件：后排太阳轮→C3→B2。

各齿轮的齿数：

- 1) 前排太阳轮：33 齿；
- 2) 前排齿圈：75 齿；
- 3) 前排行星架=33+75=108 齿；
- 4) 后排太阳轮：42 齿；
- 5) 后排齿圈：75 齿；
- 6) 后排行星架=42+75=117 齿；
- 7) 主动惰轮：50 齿；
- 8) 从动惰轮：51 齿；
- 9) 主减速小齿轮：21 齿；
- 10) 主减速大齿轮：75 齿；

$$\text{令后排为 } \alpha_1 = \frac{75}{33} \quad \alpha_1 \approx 2.273$$

$$\text{令前排为 } \alpha_2 = \frac{75}{42} \quad \alpha_2 \approx 1.786$$

1 挡传动比计算（按单排单级减速计算）：

$$i_1 = \frac{\text{后排输出}}{\text{前排输入}} = \frac{\text{后排行星架}}{\text{后排太阳轮}} = \frac{117}{42} \approx 2.786$$

$$\text{也可以 } i_1 = 1 + \alpha_2 = 1 + 1.786 = 2.786$$

$$i_1 = 2.786 \times \frac{\text{从动惰轮 (51 齿)}}{\text{主动惰轮 (50 齿)}} \approx 2.84$$

$$2.84 \times \frac{\text{减速大齿轮 (75 齿)}}{\text{减速小齿轮 (21 齿)}} \approx 10.142$$

最终传动比约为 10.142

3. 换挡手柄在 D 位时 D2 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-5 是换挡手柄在 D 位时 D2 挡的传动立体示意图。首先动力还是由输入轴顺转输入，这与 D1 挡没有变化，不同之处在于 D1 挡时前排太阳轮是在反空转；D2 挡时前排的太阳轮被 B1 制动，这样前排齿圈又以前排太阳轮为杠杆支点得到一个顺时针方向的推动力，并同时推动前行星架作减速顺时针旋转，前行星架此时变成了主动力。由于 C3 的接合前行星架会以 2 挡的加速度带动后齿圈顺转向后排行星架再次顺转输出实现 2 挡传动。因为 2 挡的传动关系是由前、后排共同实现，所以 2 挡传动比计算（按双排双级减速计算）比较复杂。D2 挡传动原理简图见图 2-1-6。

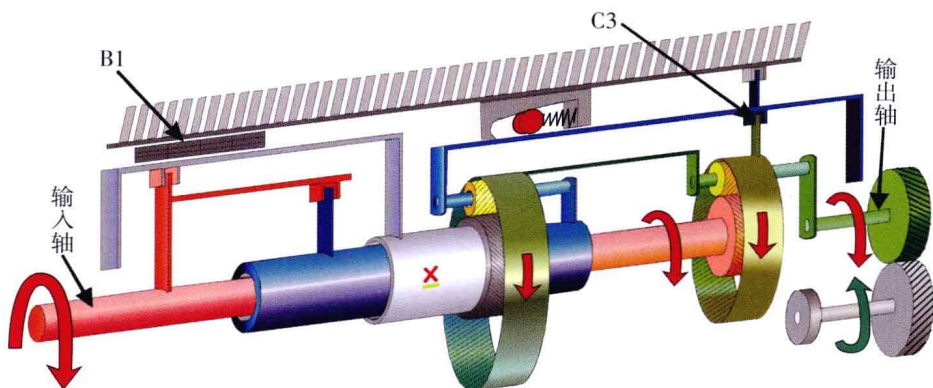


图 2-1-5 D2 挡传动立体示意

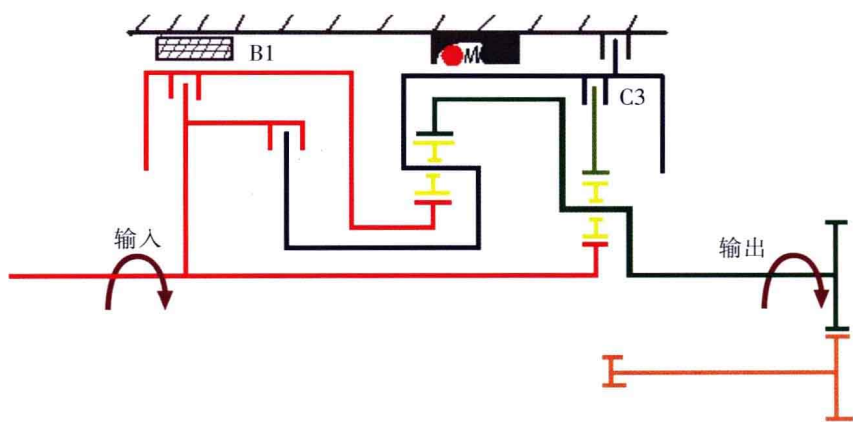


图 2-1-6 D2 挡传动原理简图

$$i_2 = \frac{(\text{前排太阳轮} \times \text{后排太阳轮}) + (\text{前排太阳轮} \times \text{后排齿圈}) + (\text{后排太阳轮} \times \text{前排齿圈})}{(\text{前排太阳轮} \times \text{后排太阳轮}) + (\text{前排太阳轮} \times \text{后排齿圈})}$$

$$i_2 = \frac{(33 \times 42) + (33 \times 75) + (42 \times 75)}{(33 \times 42) + (33 \times 75)}$$

$$i_2 = \frac{7\ 011}{3\ 861} = 1.816$$



所以 $i_2=1.816$

$$i_2 = 1.816 \times \frac{\text{从动惰轮 (51 齿)}}{\text{主动惰轮 (50 齿)}} \approx 1.852$$

$$1.852 \times \frac{\text{減速大齒輪 (75 齒)}}{\text{減速小齒輪 (21 齒)}} \approx 6.614$$

最终传动比约为 6.614

4. 换挡手柄在 D 位时 D3 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-7 是换挡手柄在 D 位时 D3 挡的传动立体示意图。当汽车的行驶速度由 D2 挡升 D3 挡时, B1 松开, C2 接合。输入轴由后排太阳轮直接顺转输入, C3 接合将前行星架、后齿圈连接起来, C2 的接合又将输入动力与前行星架连接起来, 由于输入的力矩是连接在几个大小和齿数各不相同的齿轮上, 因此相互锁定, 以 1:1 的速度顺转 (公转) 输出, 实现 D3 挡也就是直接挡。2 个行星排一起公转在各个啮合齿轮之间是没有加减速磨合运动的, 所以齿轮没有磨损。D3 挡传动原理简图见图 2-1-8。

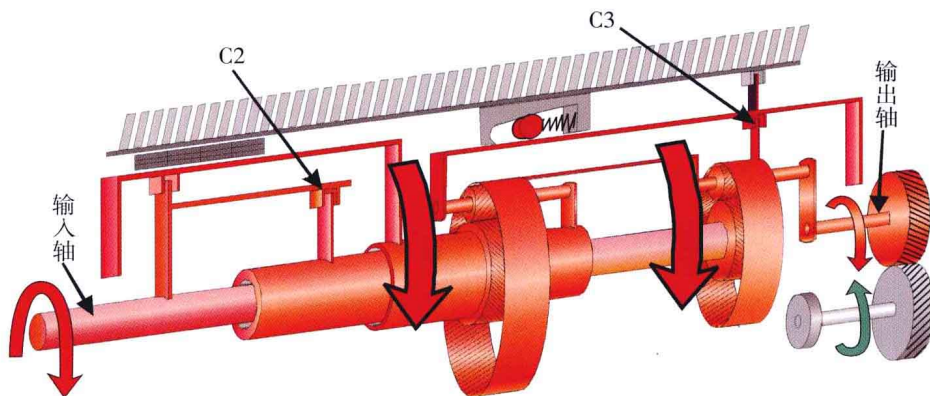


图 2-1-7 D3 挡传动立体示意

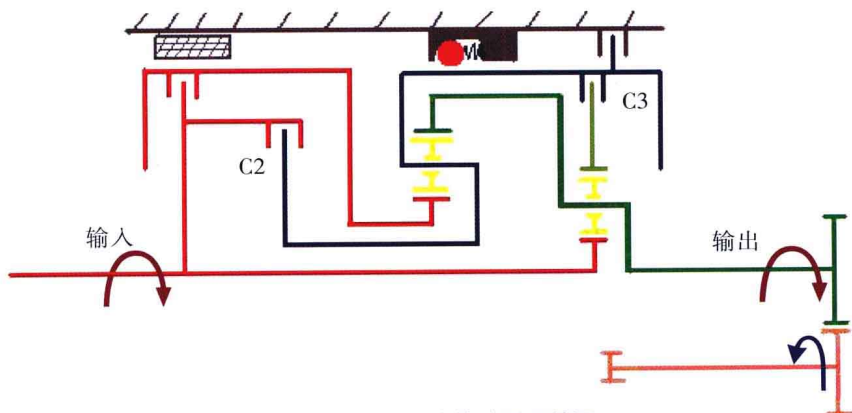


图 2-1-8 D3 挡传动原理简图

3 挡传动比计算比较简单:

$$i_3=1 \quad 1:1 \text{ (公转) 直接挡。}$$

$$i_3=1 \times \frac{\text{从动惰轮 (51 齿)}}{\text{主动惰轮 (50 齿)}}=1.02$$

$$1.02 \times \frac{\text{减速大齿轮 (75 齿)}}{\text{减速小齿轮 (21 齿)}} \approx 3.642 \quad \text{最终传动约为 } 3.642$$

5. 换挡手柄在 D 位时 D4 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-9 是换挡手柄在 D 位时 D4 挡的传动立体示意图。当自动变速器由 D3 挡升 D4 挡时, 离合器 C3 松开, 离合器 C1 接合。由前行星架顺转输入, 制动器 B1 制动前太阳轮, 动力从前齿圈超速顺转输出。此时的后行星排太阳轮也在与输入轴同速顺转, 由于 C3 没有接合, 后齿圈处于自由状态 (动力已经从前排齿圈输出了)。

D4 挡传动比计算:

$$i_4 = \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} = \frac{2.273}{1 + 2.273} \approx 0.694$$

$$i_4 = 0.694 \times \frac{\text{从动惰轮 (51 齿)}}{\text{主动惰轮 (50 齿)}} \approx 0.708$$

$$0.708 \times \frac{\text{减速大齿轮 (75 齿)}}{\text{减速小齿轮 (21 齿)}} \approx 2.528$$

最终传动比约为 2.528

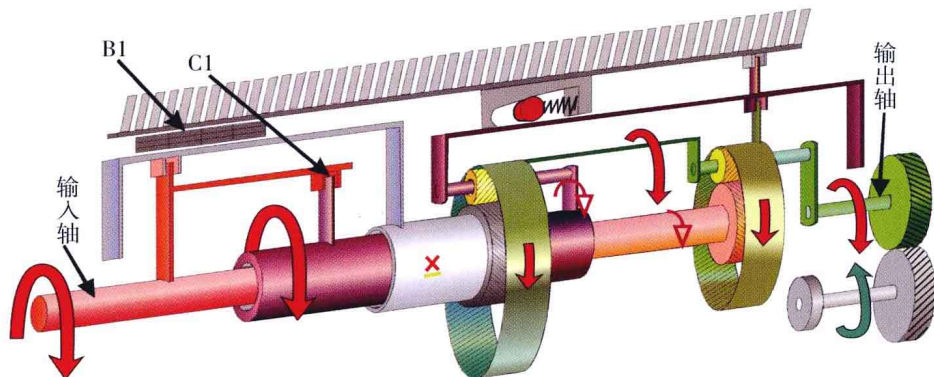


图 2-1-9 D4 挡传动立体示意

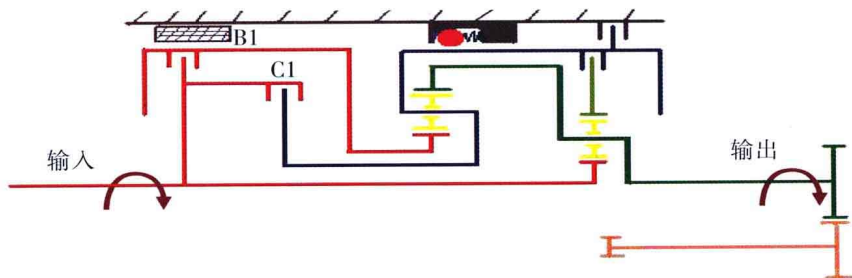


图 2-1-10 D4 挡传动原理简图



说明： 驾驶模式选择开关

普通模式 N—NOR—Normael；动力模式 P—PWR—Power；经济省油模式 E—ECO—Economic；雪地起步防滑模式 S—Snow。

这里的单个大写字母 N.P 不代表空挡和停车挡的意思。

6. 换挡手柄在 R 位时 R 挡的传动路线和挡位分析

图 2-1-11 是换挡手柄在 R 位时倒挡的传动立体示意图。当准备挂倒挡时离合器 C2 接合，动力从前排太阳轮顺转输入，由于制动器 B2 制动了前排行星架（不动），前排行星轮与太阳轮外啮合（自转，并改变旋转方向反转）将动力传给前齿圈，前齿圈与行星轮内啮合也反转将动力传出。R 挡传动原理简图见图 2-1-12。

后排太阳轮与输入轴相连（顺转）但没有动力干涉，因为后排行星轮和齿圈处于自由状态。

R 挡传动比计算：

$$i_R = -\alpha_1 = -2.273 \text{ (因为反转，所以写负号)}$$

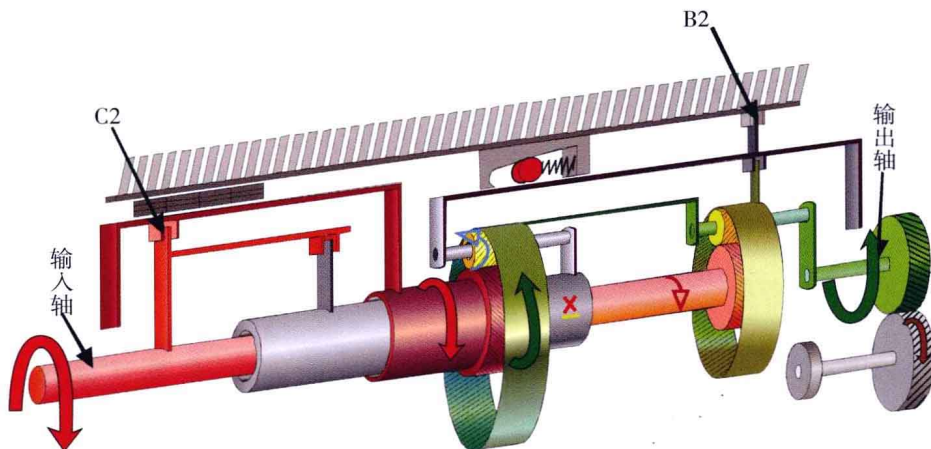


图 2-1-11 R 挡传动立体示意

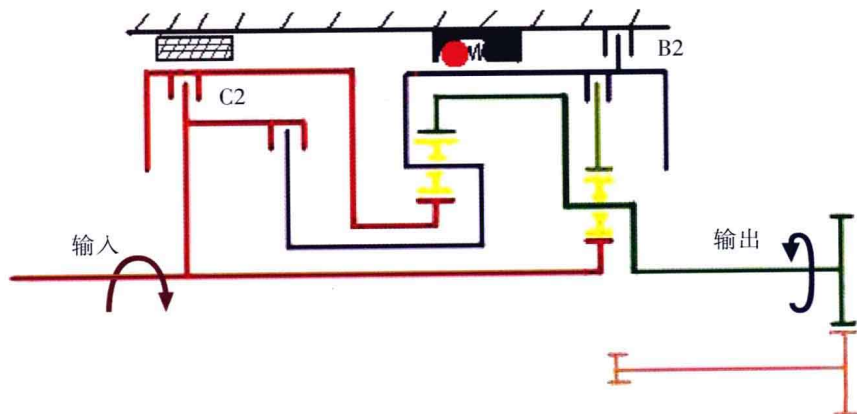


图 2-1-12 R 挡传动原理简图

$$i_R = 2.273 \times \frac{\text{从动惰轮 (51 齿)}}{\text{主动惰轮 (50 齿)}} \approx 2.318$$

$$2.318 \times \frac{\text{减速大齿轮 (75 齿)}}{\text{减速小齿轮 (21 齿)}} \approx 8.278$$

最终传动比约为 8.278

第2节 RE4F02A 自动变速器实物与挡位演示

图 2-2-1 是 RE4F02A 自动变速器实物的 D1 挡演示。用实物演示时，我们左手抓住输入轴，由前向后看，施加一个顺时针方向旋转的力（离合器 C3 通油接合无法模拟），单向离合器 F 的外圈是固定在壳体上，我们会发现前排太阳轮在反转，这就是 D1 挡传动关系。汽车在 D1 挡起步或行驶，当驱动轮的滑行速度快于输入轴的驱动速度时，后行星架通过齿圈会推动前行星架顺转，前行星架顺转就会打滑，动力也不能反传给发动机（没有发动机制动作用）。其实单向离合器 F 的反转锁定和顺向受力打滑的两个工况都是有用的，主要看它的内、外圈控制目的是什么？关于单向离合器 F 的用途在第一册已经讲过，这里我们不再赘述。

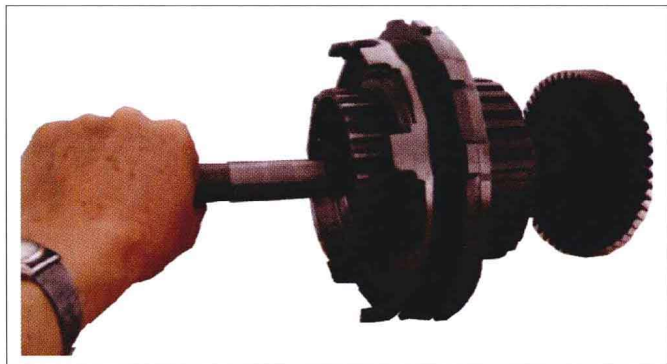


图 2-2-1 D1 挡传动关系模拟演示

图 2-2-2 是 RE4F02A 自动变速器实物的 L 挡（也就是手动 1 挡）演示。我们用实物演示时左手抓住输入轴，由前向后看，施加一个顺时针方向旋转的力（离合器 C3 通油接合无法模拟），用右手模拟离合器 C3 和制动器 B2 将前行星架制动，传动关系与 D1 挡基本一样，只不过当驱动轮的滑行速度快于输入轴的驱动速度时，后行星架通过齿圈也会推动前行星架顺转方向受力，由于 B2 的作用，前行星架现在就不会顺转了，这是手动 1 挡传动（有发动机制动作用）。

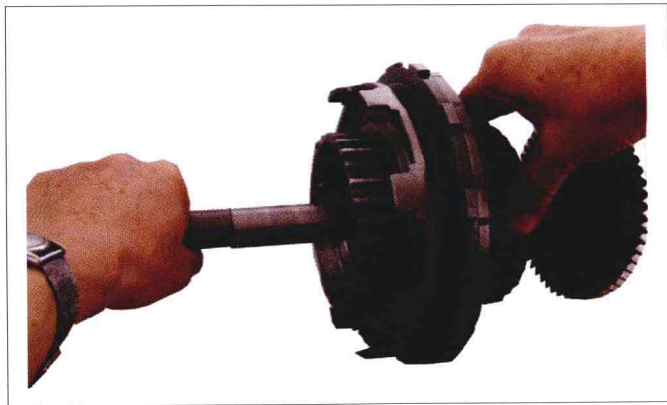


图 2-2-2 手动 1 挡传动关系模拟演示



图 2-2-3 是 RE4F02A 自动变速器实物的 D2 挡演示。用实物演示时我们左手抓住输入轴，由前向后看，施加一个顺时针方向旋转的力，右手模拟制动器 B1 将前排太阳轮制动（离合器 C3 通油接合无法模拟）。此时我们会发现，刚才在 D1 挡反转的前排太阳轮被 B1 制动后，输出速度快了很多。前面讲过 2 挡的变速关系比较复杂，实物演示只能观察到表面现象，真正理解和消化必须借助理论知识帮助。

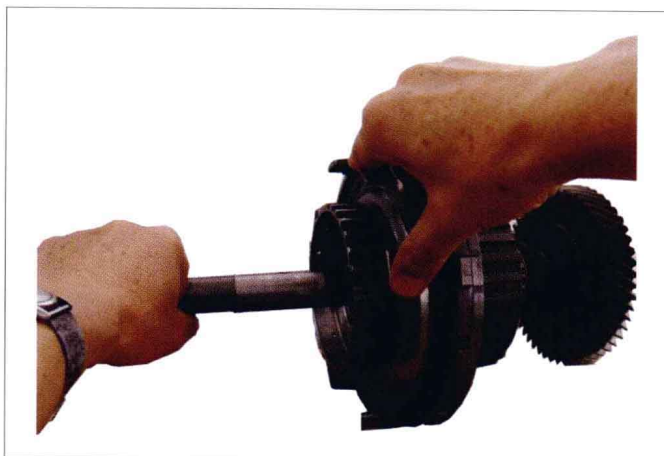


图 2-2-3 D2 挡传动关系模拟演示

图 2-2-4 是 RE4F02A 自动变速器实物的 D3 挡演示。用实物演示时我们左手模拟离合器 C2 接合，动力从前行星架输入；右手模拟离合器 C3 接合将后齿圈与前行星架连接起来，后太阳轮还有一个输入转速，这样 2 个离合器接合将动力传到 2 个齿数不相同的齿轮上，实现 1:1 同步公转输出，这是 3 挡的实物演示（当然我们无法模拟离合器的通油接合）。



图 2-2-4 D3 挡传动关系模拟演示

图 2-2-5 是 RE4F02A 自动变速器实物的 D4 挡演示。用实物演示时我们左手抓住输入轴，由前向后看，施加一个顺时针方向旋转的力，另外把前排太阳轮模拟 B1 制动（离合器 C1 通油接合无法模拟），右手在前排行星架上施加一个顺时针方向的旋转力，即前排行星架输入，太阳轮固定，齿圈输出实现 4 挡（也就是超速挡）。

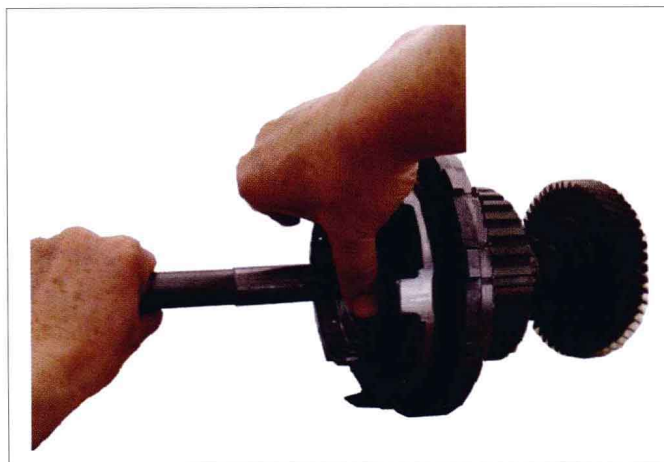


图 2-2-5 D4 挡传动关系模拟演示