


汽车自动变速器

精品学习教程

刘汉涛 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车自动变速器

精品学习教程

刘汉涛 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书全面系统地讲解了市场占有率较大的液力式自动变速器的结构、工作原理以及检修,并对部分变速器,如LS400 A341E变速器、马自达6FN4A-EL变速器、别克4HP-16变速器、别克4T65E变速器、奥迪01V和09E变速器、大众09G变速器、奔驰W7A700和W5A580变速器、ZF9HP世界首台九速变速器、本田BCLA变速器等进行了讲解,同时也对一些典型的其他类型自动变速器,如奥迪01J CVT无级变速器、大众DSG直接换挡变速器、福特Power Shift双离合变速器、AMT电控机械式自动变速器、KRG锥环式无级变速器等进行了介绍。

本书的读者对象是自动变速器的初学者以及从事自动变速器维修的社会各界人士。因此,本书在编写过程中力争做到通俗易懂、形象直观、图文并茂和全面翔实。初学者可以通过本书的学习达到入门提高的效果;有基础的读者也可以通过本书学到更多的技巧和更专业的技术知识,从而以一种更加从容不迫的心态笑傲职场。

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器精品学习教程/刘汉涛编著. —北京:机械工业出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-111-42469-7

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车—自动变速装置—构造—教材②汽车—自动变速装置—车辆修理—教材
IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第097327号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李军 责任编辑:李军 孙鹏

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·25.25印张·622千字

0 001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42469-7

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面防伪标均为盗版



前 言

自动变速器是集机械、液压、电子技术于一体的总成，是现代汽车的重要组成部分。在我国，随着国民经济的快速增长，加之计算机技术和控制技术的发展，装用自动变速器的轿车比例在不断提高，而且自动变速器的结构和控制技术也越来越复杂，前进档数从4档发展到5档、6档、7档、8档甚至9档，更增加了学习、诊断与维修自动变速器的难度。

维修自动变速器需要三方面的基本功，即要对自动变速器的机械部分、液压控制部分和电子控制部分都有相当的认识和深刻的理解。只有对这三部分详细了解，并能熟练地进行实践操作，才能正确、高效地维修自动变速器。鉴于上述原因，本人编写了《汽车自动变速器精品学习教程》一书。本书与以往介绍自动变速器的书籍有明显的不同之处，主要表现在以下几个方面：

1) 模块化学习：本书由若干个学习模块组成，每个模块可独立成体系，使其具有最大的灵活性。

2) 内容充实：本书对自动变速器的液压基础知识、机械传动部分、电子控制部分进行了详细的讲解，且图文并茂，增加了读者的学习积极性。

3) 注重实用：本书在学习过程中，对自动变速器的正确使用与保养、结构与装配、检查与调整、检修与更换、故障诊断与排除等均进行了详细讲解。

本书全面系统地讲解了市场占有率较大的液力式自动变速器的结构、工作原理以及检修，并对部分变速器，如LS400 A341E变速器、马自达6FN4A-EL变速器、别克4HP-16变速器、别克4T65E变速器、奥迪01V和09E变速器、大众09G变速器、奔驰W7A700和W5A580变速器、ZF9HP变速器、本田MAXA和BCLA变速器等进行了讲解，同时也对一些典型的其它类型自动变速器，如奥迪01J CVT无级变速器、大众DSG直接换档变速器、福特PowerShift双离合变速器、AMT电控机械式自动变速器、KRG锥环式无级变速器等进行了介绍。

本书的读者对象是自动变速器的初学者以及从事自动变速器维修的社会各界人士。因此，本书在编写过程中力争做到通俗易懂、形象直观、图文并茂和全面翔实。初学者可以通过本书的学习达到入门提高的效果；有基础的读者也可以通过本书学到更多的技巧和更专业的技术知识，从而以一种更加从容不迫的心态笑傲职场。

本书在编写过程中参阅了部分书籍资料和网站资料，在此不一一列出，谨向有关作者表示衷心的感谢。

由于本书涉及的知识面广、讲解内容新，书中提出的观点、方法均是编者个人的看法，不当与疏漏之处在所难免，恳请广大读者给予谅解与宽容。

刘汉涛

目 录



前言

模块一 流体力学基础知识	1
一、为什么要学习流体力学	1
二、什么是流体力学	1
三、液体传动	2
课题一 液压传动的发展概况	2
课题二 液压传动的基本原理	2
一、简单液压机械的工作原理	3
二、静压传递原理	4
三、液压传动的基本概念	4
四、液压系统压力的形成	6
五、液压传动系统的组成	6
课题三 液力传动的工作原理	7
一、液力传动的原理	7
二、液力传动的结构形式	7
三、液力传动的优点	8
四、液力传动的缺点	8
【回顾与总结】	9
【思考与练习】	9
模块二 自动变速器基础知识	11
一、什么是变速器	11
二、自动变速器的发展历史和控制技术的发展	14
三、自动变速器的优越性和存在的问题及改进措施	17
四、自动变速器的分类	20
五、自动变速器的型号识别	25
六、自动变速器的变速杆	29
七、自动变速器的正确使用	32

八、自动变速器的使用注意事项	36
九、自动变速器的工作过程	38
十、自动变速器的组成	40
【回顾与总结】	44
【思考与练习】	45
模块三 液力变矩器	46
一、液力变矩器的功能	47
二、液力变矩器的发展历史	47
课题一 液力耦合器	48
一、液力耦合器的结构	48
二、液力耦合器的工作原理	49
三、液力耦合器的工作过程	49
四、液力耦合器中的液体流动	50
五、液力耦合器的工作特性	51
课题二 液力变矩器	52
一、液力耦合器和液力变矩器的区别	53
二、液力变矩器的结构	53
三、液力变矩器的工作原理	54
四、液力变矩器的工作特性	54
课题三 综合式液力变矩器	55
一、综合式液力变矩器的结构	56
二、综合式液力变矩器的工作原理	56
三、单向离合器的结构与原理	58
四、综合式液力变矩器的工作过程	61
五、综合式液力变矩器的工作特性	61
课题四 带锁止离合器的综合式液力变矩器	63
一、带锁止离合器的综合式液力变矩器结构	64
二、锁止离合器的操作	64



三、锁止离合器的作用条件	66	齿轮变速器	161
课题五 液力变矩器的检修	67	十、ZF9HP 世界首台九速行星齿轮	
一、液力变矩器的基本检查	67	变速器	165
二、常见的故障诊断与分析	70	课题四 普通齿轮式自动变速器	172
【回顾与总结】	73	一、本田雅阁 MAXA 四速普通齿轮式	
【思考与练习】	74	变速器	173
模块四 自动变速器油泵	76	二、本田 BCLA 五速普通齿轮式	
一、自动变速器油泵的形式	76	变速器	179
二、自动变速器油泵使用的注意事项	81	【回顾与总结】	184
三、自动变速器油泵的检修（以内啮合		【思考与练习】	185
齿轮泵为例）	82	模块六 电子控制系统	187
【回顾与总结】	83	课题一 电控自动变速器的特点	188
【思考与练习】	84	一、电控自动变速器与全液压自动	
模块五 齿轮变速机构	85	变速器的区别	188
课题一 行星齿轮机构	86	二、电控自动变速器的特点	188
一、行星齿轮机构的结构	86	课题二 电子控制系统的结构和工作	
二、行星齿轮机构的类型	87	原理	189
三、行星齿轮机构的运动规律	88	一、控制电脑	189
四、行星齿轮机构的检修	90	二、信号输入装置	193
课题二 换挡执行元件	90	三、执行器	199
一、离合器	91	课题三 电子控制系统的功能	201
二、离心平衡式离合器	99	一、换挡控制	202
三、制动器	99	二、主油压控制	203
四、单向离合器	103	三、自动模式选择控制	204
课题三 行星齿轮式自动变速器	104	四、锁止离合器控制	205
一、丰田 LS400 A341E 四速辛普森式行		五、换挡品质控制	206
星齿轮变速器	105	六、发动机制动控制	207
二、马自达 FN4A-EL 四速改进辛普森		七、超速档行驶控制	207
式行星齿轮变速器	114	八、坡道逻辑控制	207
三、凯越 4HP-16 四速改进辛普森		九、电脑通信方式	208
式行星齿轮变速器	120	十、故障自诊断和失效保护功能	208
四、别克 4T65E 四速改进辛普森式行		课题四 电子控制系统元件的检测	
星齿轮变速器	124	与诊断	210
五、奥迪 01V 五速拉维奈尔赫式行星		一、节气门位置传感器的检测	210
齿轮变速器	133	二、车速传感器的检测	211
六、奥迪 09E 六速拉维奈尔赫式行星		三、冷却液温度传感器的检测	211
齿轮变速器	140	四、超速档开关的检测	211
七、迈腾 09G 六速拉维奈尔赫式行星		五、制动灯开关的检测	211
齿轮变速器	148	六、电磁阀的检测	211
八、奔驰 722.9 七速拉维奈尔赫式行		【回顾与总结】	213
星齿轮变速器	155	【思考与练习】	213
九、奔驰 722.6 五速威尔逊式行星			



模块七 自动变速器阀体 215

 课题一 控制阀的结构和工作原理 216

 一、主调压阀 216

 二、次调压阀 217

 三、节气门阀 218

 四、强制降档阀及强制降档压力
 调节阀 219

 五、速控阀 220

 六、断流阀 221

 七、手控阀 222

 八、换挡阀 223

 九、锁止信号阀 223

 十、锁止继动阀 224

 十一、单向球阀 225

 十二、蓄压器 226

 课题二 污染物和高温环境对阀体的
 影响 227

 一、污染物阻塞 227

 二、结块 228

 三、堵塞 228

 四、液压系统卡死 228

 五、热膨胀卡死 228

 六、磁性吸引卡死 228

 七、系统积累磨损故障 228

 课题三 阀体的检修 229

 一、阀体的分解 229

 二、阀体零件的检修 230

 三、阀体的装配 231

 四、检修阀体时的注意事项 231

 【回顾与总结】 232

 【思考与练习】 232

模块八 自动变速器油和冷却器 234

 一、自动变速器油的作用 234

 二、自动变速器油的特性 235

 三、自动变速器油的种类 236

 四、自动变速器油的加注 237

 五、自动变速器油的滤清器和冷却器 238

 六、自动变速器油的更换周期 239

 七、自动变速器的密封 240

 八、自动变速器油引起的故障 240

 【回顾与总结】 241

 【思考与练习】 242

**模块九 自动变速器的检查、调整及
 试验** 243

 课题一 自动变速器的常规检查 243

 一、检查前的准备工作 243

 二、自动变速器常规检查的主要方法 245

 课题二 自动变速器的基本检查与调整 247

 一、发动机有关项目的检查 247

 二、自动变速器油的检查 248

 三、自动变速器外部机构的检查
 与调整 251

 课题三 自动变速器的道路试验 254

 一、试验准备 254

 二、试验项目 254

 三、道路试验 255

 课题四 自动变速器的四个试验 256

 一、自动变速器的失速试验 256

 二、自动变速器的油压试验 259

 三、自动变速器的时滞试验 264

 四、自动变速器的手动换挡试验 265

 【回顾与总结】 266

 【思考与练习】 267

模块十 自动变速器的故障诊断 268

 课题一 故障诊断原则与流程 268

 一、自动变速器故障诊断的基本原则 269

 二、自动变速器故障诊断与排除的
 流程 269

 课题二 人为故障诊断 270

 一、人为故障产生的原因 270

 二、产生人为故障后的影响 271

 三、人为故障的特点 272

 四、人为故障的预防与诊断 272

 课题三 自动变速器综合故障分析 272

 一、汽车不能行驶 272

 二、自动变速器打滑 273

 三、无前进档 274

 四、无倒档 275

 五、无超速档 275

 六、不能升档 276

 七、升档过迟 277

 八、换挡冲击过大 278

 九、跳档 279

 十、挂档后发动机怠速易熄火 280



十一、不能强制降档	280	五、德国大众 DQ200 七速 DSG 干式双 离合变速器	347
十二、无发动机制动	281	六、美国福特 6DCT250 六速 PowerShift 干式双离合变速器	376
十三、液力变矩器无锁止	281	课题三 AMT 电控机械式自动变速器	380
十四、自动变速器油易变质	282	一、AMT 电控机械式自动变速器概述	380
十五、自动变速器异响	283	二、AMT 电控机械式自动变速器的 发展历史	381
【回顾与总结】	283	三、AMT 电控机械式自动变速器的 技术特点	382
【思考与练习】	284	四、AMT 电控机械式自动变速器的 结构	382
模块十一 其他典型的自动变速器	285	五、AMT 电控机械式自动变速器的 操作方法	383
课题一 CVT 无级变速器	286	课题四 KRG 锥环无级变速器	385
一、CVT 无级变速器的概述	286	一、KRG 锥环无级变速器概述	385
二、CVT 技术的发展历史	287	二、KRG 锥环无级变速器的结构	386
三、CVT 无级变速器的优、缺点	287	【回顾与总结】	393
四、奥迪 01J CVT 无级变速器	288	【思考与练习】	394
课题二 DCT 双离合器式自动变速器	318		
一、DCT 双离合器式自动变速器概述	318		
二、德国大众 DSG 变速器的技术特点	318		
三、德国大众 DQ250 六速 DSG 湿式双 离合变速器	320		
四、德国大众 DQ500 七速 DSG 湿式双 离合变速器	346		



模块一

流体力学基础知识

学习目标

- 1) 了解流体力学。
- 2) 了解液压传动的发展概况。
- 3) 掌握液压传动系统的组成。
- 4) 掌握液力传动的工作原理。
- 5) 熟悉液压机械的工作原理。
- 6) 熟悉帕斯卡定律及其在自动变速器中的应用。

知识要点

- 1) 气体与液体的区别。
- 2) 液体传动的分类情况。
- 3) 帕斯卡定律的应用。
- 4) 压力与压强的关系。
- 5) 液压传动系统的组成。
- 6) 液力传动的工作原理。



一、为什么要学习流体力学

自动变速器是以油液为工作介质来实现能量的传递的，也就是利用液体的传动来实现各种控制阀的工作。所以，只有掌握流体力学的基础知识，才能理解发动机的动力是如何传递给自动变速器的，以及自动变速器是如何自动换挡的，从而更好地解决自动变速器的故障。



二、什么是流体力学

流体力学是研究流体运动的一门学科。宇宙中的万物都是以固体、液体或气体的形式存在的。由于液体和气体没有固定的形状，被称为流体，所有流体的形状都与它们所处的容器相同，如图 1-1 所示。



气体与液体的主要区别有以下两点：

- 1) 气体总要充满封闭的容器，液体则不一定。
- 2) 气体的状态（压强、体积和温度）变化规律比较复杂。简而言之，在温度一定的前提下，当作用在密闭气体上的压力发生变化时，气体的体积会发生较大的变化（膨胀或压缩）；而液体的体积则受压力的影响不大，即液体具有不可压缩性。因此，可以利用液体来传递动力和做功。

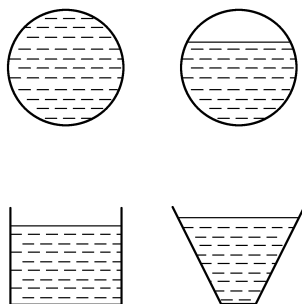


图 1-1 流体的形状

三、液体传动

液体传动是以液体为工作介质进行能量传递的传动（在自动变速器中的液体指自动变速器油，即 ATF）。

在液体传动中，按其工作原理的不同可分为容积式液压传动和动力式液压传动两大类。两者的根本区别在于前者是以液体的压力能传递动力，称之为液压传动（自动变速器的各种液压控制系统中更多的是液压传动）；后者是以液体的动能传递动力，称之为液力传动（发动机的转矩传递至自动变速器的过程即为液力传动）。

在工程中，传动是指能量或动力由动力装置向工作装置传递。根据工作介质的不同，传动方式可分为机械传动、电力传动、气体传动和液体传动。

课题一 液压传动的发展概况

液压传动是在流体力学、工程力学和机械制造技术的基础上发展起来的一门应用技术。自 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起，液压传动技术已有二三百年的历史。直到 20 世纪 30 年代它才较普遍地用于起重机、机床及工程机械。在第二次世界大战期间，由于战争需要，出现了由响应迅速、精度高的液压控制机构所装备的各种军事武器。第二次世界大战结束后，液压技术迅速转向民用工业，液压技术不断应用于各种自动机械及自动生产线。

20 世纪 60 年代以后，液压技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。因此，液压传动真正的发展也只是近四五十年之事。当前液压技术正向迅速、高压、高效、大功率、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。同时，新型液压元件和液压系统的计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助测试（CAT）、计算机直接控制（CDC）、机电一体化技术、可靠性技术等方面也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。

我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备上，后来又用于拖拉机和工程机械。现在，我国的液压技术随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及进行自行设计，现已形成了系列，并在各种机械设备上得到了广泛的使用。

课题二 液压传动的基本原理

液压传动是以工作液体的压力能来传递动力。汽车上自动变速器的液压控制系统中就是利用液压传动的方式来进行换挡控制的。

一、简单液压机械的工作原理

液压传动的基本原理，可以用一个液压千斤顶的工作原理来说明。图 1-2 是液压千斤顶的工作原理图。

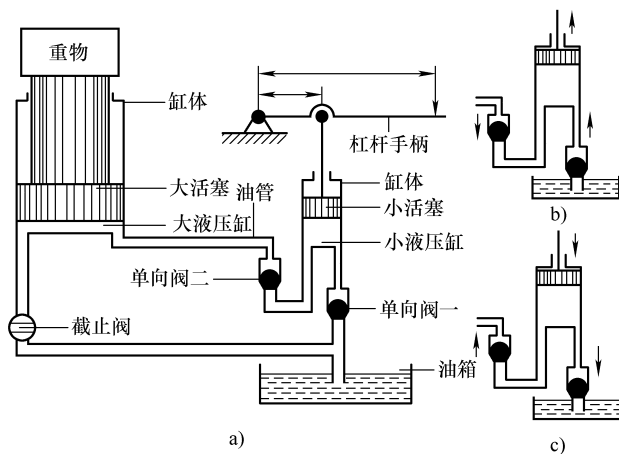


图 1-2 液压千斤顶的工作原理图

a) 工作原理图 b) 泵的吸油过程 c) 泵的压油过程

图 1-2 是液压千斤顶的工作原理图，它由手动柱塞液压泵和液压缸两大部分构成。活塞与缸体接触面之间保持良好的配合。

液压千斤顶的小液压缸、小活塞、大液压缸、大活塞、油箱以及它们之间的连接通道构成了一个密封的容器，里面充满了液压油。其中，大液压缸和大活塞组成举升液压缸；杠杆手柄、小液压缸、小活塞、单向阀组成手动液压泵。

具体工作原理：在截止阀关闭的情况下，如提起杠杆手柄使小活塞向上移动，小活塞下端液压缸容积增大，形成局部真空，于是，油箱里的液压油在真空吸力的作用下经过吸油管及单向阀一进入小液压缸，完成吸油过程；用力压下杠杆手柄时，小活塞下移使容积减小，液压油被压缩致使油压升高，单向阀一自动关闭，单向阀二自动打开，小液压缸内的液压油经油管输入给大液压缸，完成输油过程，迫使大活塞向上移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，大液压缸内的液压油力图流入小液压缸。此时，单向阀二自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。这样，当杠杆手柄被反复提起和压下时，小液压缸不断交替进行着吸油和输油过程，液压油不断进入大液压缸内，使重物逐渐地升起，从而达到起重的目的。如果打开截止阀，大液压缸内的液压油通过油管、截止阀流回油箱，重物在自身重力的作用下向下移动，这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析，可以初步了解到液压传动的基本工作原理，同时说明液压工作需要两个条件：

- 1) 处于密封容器内的液体由于大小液压缸工作容积的变化而能够流动。
- 2) 这些液体具有压力。

能够流动并具有一定压力的液体能对外做功是因为它具有压力能。液压千斤顶就是利用液压油的压力能作用在杠杆上的力和杠杆的移动转变为举起重物的力和重物在此力作用下的



升起。

液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下杠杆时，小液压缸输出压力油，是将机械能转换成油液的压力能；压力油经过油管及单向阀二，推动大活塞举起重物，是将油液的压力能又转换成机械能。大活塞举升的速度取决于单位时间内流入大液压缸中油液容积的多少。由此可见，液压传动是一个不同能量的转换过程。

二、静压传递原理

1653年，法国数学家、物理学家布莱兹·帕斯卡（Blaise Pascal）发现了关于液压系统的基本原理。在密闭容器里的静止液体中，任意点处的压力如有变化，这个压力的变化值将传递给液体中的所有各点，且其值不变，这就是静压传递原理，又称为帕斯卡定律。

帕斯卡定律也可以描述为：施加于被密闭的液体上的压强，不衰减地沿各个方向传递并以相等的压强作用在各个表面上。

帕斯卡定律是液压传动的基本原理之一，也是一个非常重要的原理。图 1-2 中液压千斤顶的工作原理图，就是帕斯卡定律的具体应用。

帕斯卡定律说明了密闭受压液体的两个重要现象：

- 1) 作用在液体上的压强大小不变地向各个方向传递。
- 2) 在密闭容器内各处的压强大小相等。

根据帕斯卡定律，我们就可以很容易地理解自动变速器液压系统中的各种控制阀、蓄压器、伺服阀是如何工作的。自动变速器油液经油泵产生压力后输送到各个液压控制装置，当压力增加到足以使液压执行元件作用时，液压执行元件就约束行星齿轮机构的某一基本元件实现换挡。另外，根据帕斯卡定律，我们就不难理解为什么自动变速器中如果有渗漏，将导致液压系统动力下降，从而导致自动变速器出现故障。

三、液压传动的基本概念

1. 压力与压强

物理学中把垂直作用在物体表面上的力叫做压力，而压强是表示物体单位面积上所受压力大小的物理量。

在日常工作中，我们经常容易将压强与压力的概念相混淆，如大家常说的“大气压力为 $\times \times$ 巴”或“ $\times \times$ 帕”，其实这里所说的“大气压力”实际上指的是“大气压强”。压强与压力的关系可用以下公式描述。

$$\text{压强 } (P) = \text{压力 } (F) / \text{受力面积 } (S)$$

在国际单位制中，压强的主单位是“帕斯卡”，用 Pa 表示。压强的常用单位还有以下几个：kPa、bar、psi (lbf/in²)、大气压、mmHg 等。它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} = 0.06805 \text{ 大气压}$$

$$1 \text{ 大气压} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$$



根据压力与压强之间的关系，我们来看一下液压千斤顶是如何工作的：

如小活塞的面积为 S_1 ，在其上加一个压力 F_1 ，则小液压缸中油液的压强 P 为：

$$P = F_1/S_1$$

根据帕斯卡定律，这个压强 P 将以等值传递到液体中的各点，也传递到大液压缸中。大活塞的面积为 S_2 ，受油液压强作用而产生一个向上的作用力 F_2 ：

$$F_2 = PS_2$$

将压强 $P = F_1/S_1$ 的值代入则得：

$$F_2 = F_1 S_2/S_1$$

由此可知，当两活塞的面积比 S_2/S_1 足够大时，只需在小活塞上加不大的力就可以在大活塞上得到很大的推力将重物举起。用液压千斤顶顶起几吨重的汽车其原理就在于此。

2. 液体特性

地球上的物质有三种基本形态：固态、液态和气态。液体和气体统称为流体，流体没有一定的形状，而与容纳它们的容器外形相同，所有的流体与容器的形状是一致的。

液体与气体的不同之处在于气体总是可以充满容纳它的密闭容器，而液体不一定；气体可随压力的变化而被压缩或膨胀，而液体具有不可压缩性。

正如帕斯卡定律描述的一样，液体可以传递施加在其上的压力，作用于密闭容器液体上的压强，平均地向各个方向传递，并且在容器内各处的平均压强保持不变。

3. 绝对压力、相对压力和真空度

在地球表面上，一切物体都受到大气压力的作用。工程上各种物体所受的大气压力往往自成平衡而不对外显示任何力学效应。在绝大多数的压力仪表中，大气压力并不能使仪表指针动作。实际使用中压力表测出的压力值是高出大气压力的那一部分压力，而不是被测压力的绝对值。通过仪表测出的那部分压力为相对压力（也称表压力），而包括大气压力在内的压力才是绝对压力。

绝对压力：以绝对真空度为基准（零点）起算的压力数。

相对压力：以标准大气压力为基准（零点）起算的压力数。

如果液体中某点的绝对压力小于大气压力，则称这点上具有真空，并称绝对压力不足大气压力的差值为真空度。如图 1-3 所示为绝对压力、相对压力和真空度三者之间的关系。

表压力与真空度有着相反的关系，所以，真空度又称负表压力。对于具体的某一点来说，如果有表压力，就没有真空度；有真空度，就没有表压力。真空度不是绝对压力，而是该点绝对压力值低于大气压力值的部分。

4. 流量

流量是指单位时间内流过某一截面的液体体积，用 Q 表示。

若测得在时间 t 内流过某一截面的液体体积为 V ，则流量为：

$$Q = V/t$$

当液体在管道内流动时，根据质量守恒定律，液体在管道内既不能增加，也不能减少，而且液体又被认为是几乎不可压缩的。因此，在单位时间内流过管道每一横截面积的液体质量一定是相等的，即为液流的连续性原理，如图 1-4 所示。

液体在管道中稳定流动时，管道中任意截面所通过的流量都相等。

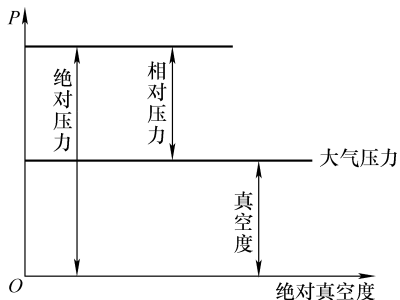


图 1-3 绝对压力、相对压力和真空度关系

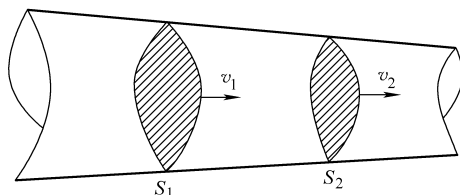


图 1-4 液流的连续性原理图

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = Q$$

$$v_1 / v_2 = S_2 / S_1$$

式中 v ——液体的流速 (m/s);
 S ——管道的横截面积 (m²)。

此式说明：液体在管道中的流速与其截面积的大小成反比，即管道直径小处流速大，直径大处流速小，此式在液压传动比计算中有重要作用。

四、液压系统压力的形成

如图 1-5 所示，液压泵由动力装置带动连续地向液压缸左腔供油，由于活塞受外载荷力 F (其中包括摩擦力和其他阻力) 的阻碍作用而使液体形成压强 P ，随着液压泵不断供油，油压不断升高。当作用在活塞有效作用面积 S 上的力 (PS) 足以克服外载荷力 F 时，活塞便向右运动。这时系统的压强为

$$P = F/S$$

由此可见，液压系统的压力是油液在系统中受到前后阻推的作用形成的。在上式中，若外载荷力 F 不变，则系统压强 P 始终保持定值；若外载荷力 F 有所增减，则系统压强 P 也随之增减。因此，液压系统的压强取决于外载荷，并随外载荷的变化而变化。

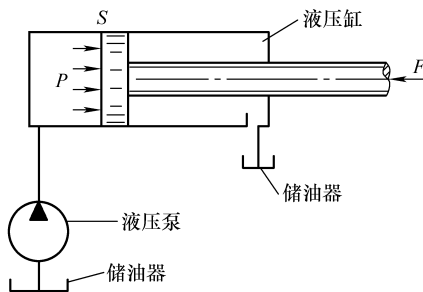


图 1-5 液压系统压力的形成

五、液压传动系统的组成

液压系统是为了完成某种工作任务而由各具特定功能的液压元件组成的整体。任何一个液压系统总是由以下几部分组成。

1) 动力元件：将机械能转换为油液压力能的元件。作为系统的能源，将机械运动转换为液体的流动。液压千斤顶中的手动泵即起此种作用。最常见的动力元件的形式是液压泵 (图 1-5 所示)，它为液压系统提供压力油。

2) 执行元件：将油液的压力能转换为机械能的液压元件。液压千斤顶中的液压缸即起此种作用。在液压系统中常见的是作直线运动的液压缸。在自动变速器液压系统中离合器和



制动器的活塞也是执行元件。

3) 控制调节元件：对液压系统的压力、流量和液流方向进行控制或调节的元件。液压系统中的液压控制阀均可认为是控制调节元件。在自动变速器液压系统中的蓄压器、节流控制阀等即为控制调节元件。

4) 辅助元件：上述三部分以外的其他元件。液压系统中的油底壳、油管、管接头、滤清器和密封件等均为辅助元件。这些元件用以储存、输送、净化和密封工作液体，并有散热作用。它们对保证系统的正常工作也起着重要作用。

5) 传动介质：即液体，在自动变速器中的传动介质是指自动变速器油（ATF）。

课题三 液力传动的工作原理

液力传动是与液压传动完全不同的一种以液体为工作介质的传动方式。液力传动是以液体的动能转换并传递机械能的液体传动。

一、液力传动的基本原理

两个电扇 A 和 B 保持几厘米的距离相对而设，接通电扇 A 的电源，尽管此时电扇 B 的电源是处于断开的状态，但电扇 B 亦会以同样方向旋转（图 1-6）。

这是因为电动机使电扇 A 旋转，在两个距离很近的电扇之间产生了气流，从电扇 A 吹出的空气推动电扇 B 的叶片，导致电扇 B 旋转。换言之，电扇 A 和电扇 B 之间实现了动力传递，而动力传递是由空气作为介质而实现的。当然在实际工程中，用空气作为介质是不太切合实际的，由于空气的密度太小，用空气不可能进行有效的动力传递。

为了更有效地进行动力传递，可以将传递介质改为液体，如图 1-7 所示，当水泵工作时，通过管路将液体导入水轮机上，液流带动水轮机工作，但水泵和水轮机之间的效率也很低，实际上也不宜使用。为了提高效率，设法将水泵和水轮机尽量靠近，取消中间的连接管路和导向装置，从而形成了液力传动的最基本形式，即液力耦合器。

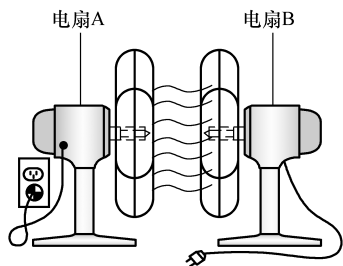


图 1-6 空气传动示意图

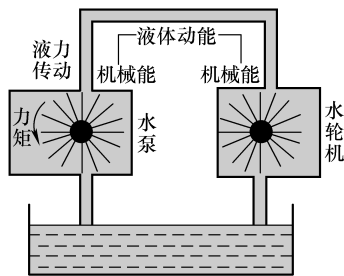


图 1-7 液力传动示意图

二、液力传动的结构形式

液力传动的结构包括能量的输入部件和能量的输出部件。

能量的输入部件（一般称泵轮）接受发动机传来的机械能，并将其转换为液体的动能。能量的输出部件（一般称涡轮）将液体的动能转换为机械能而输出。



如果液力传动装置只有上述两个部件，则称这一传动装置为液力耦合器，如图 1-8 所示。

如果除了上述两个部件外，还有一个固定的导流部件（一般称导轮），则称这个液力传动装置为液力变矩器（指带单向离合器的液力变矩器），如图 1-9 所示。

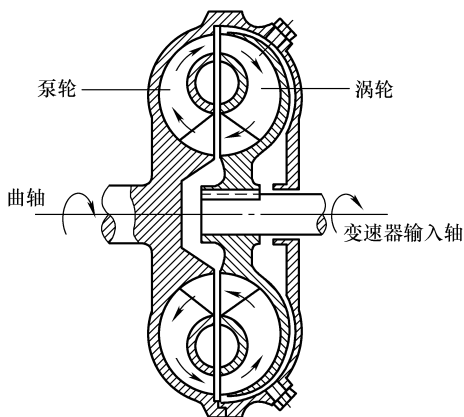


图 1-8 液力耦合器

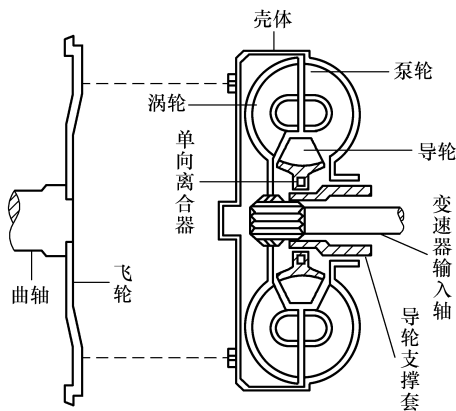


图 1-9 液力变矩器

三、液力传动的优点

1. 自适应性好

液力变矩器具有自动变矩和变速特性，当外载荷增加时，自动增加牵引力而降低速度。因此，既保证了发动机能经常在额定工况下工作，避免发动机因外载荷突然增大而熄火，同时也满足了机械工作状态的要求。

2. 使用寿命长

液力传动装置的工作介质是液体，能吸收并减小来自发动机和机械传动系统的振动。因而，可提高机械的使用寿命。

3. 操作简单

液力变矩器本身就是一个无级变速装置，可以减少档数，有效地减轻驾驶人操纵机械的劳动强度，易于实现操纵自动化和提高安全行驶能力。

4. 提高舒适性

由于液力传动具有良好的自适应性性能和减振作用，可使机械起步平稳，加速迅速均匀，从而提高了机械的舒适性。

四、液力传动的缺点

液力传动与机械传动相比，也存在一些缺点。

1. 传动效率低，经济性差

由于在传动的过程中存在一定的能量损失，液力传动系统的效率要低一些，经济性要差一些。