

重型汽车液力传动

李国良 编



人民交通出版社

Zhongxing Qiche Yeli Chuandong

重型汽车液力传动

李国良 编

人民交通出版社

内 容 简 介

本书主要介绍重型汽车的液力传动系统，并以国内外典型结构为实例，重点叙述液力变矩器、液力-机械变速器及其换档操纵系统的工作原理、性能、结构、应用和故障分析。

本书内容深入浅出、通俗易懂，适合于从事液力传动工作的工人、管理干部和非液力传动专业的工程技术人员，作为学习液力传动基础知识的自学读本，也可作为工科院校非液力传动专业的选修课教材或参考书。

重型汽车液力传动

李国良 编

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：5.625 插页：2 字数：113 千

1987年6月 第1版

1987年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,200册 定价：1.40元

前 言

随着四化建设的蓬勃发展，液力传动机械已在我国许多工矿企业获得广泛应用。应用的推广，急需液力传动知识的普及，本书即是为适应这种需要而编写的。

本书所叙的重型汽车液力传动系统，对学习传动基础知识具有普遍意义。尽管液力传动种类繁多，但基本原理相同；书中所列举的各种液力传动实例的理论，不仅适用于重型汽车，还可直接用于其他场合；国外一些液力传动机械在国内也都早有应用。因此，本书对重型汽车及其他行业从事液力传动研究与应用的人员都将有所帮助。

在本书编写过程中，承蒙俞海涛、徐慧明等同志给予的大力支持和帮助，在此顺致深切谢意。由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 汽车液力传动的概念	1
第一节 液力传动的概念.....	1
第二节 汽车为什么要用液力传动.....	6
第三节 汽车液力传动的形式.....	11
第四节 汽车液力传动应用概况.....	16
第二章 变矩器的工作原理及特性	19
第一节 变矩器的一些概念和术语.....	19
第二节 变矩器的工作过程.....	33
第三节 变矩器的变矩原理.....	36
第四节 变矩器的特性.....	41
第五节 综合式变矩器的工作原理.....	54
第六节 变矩器性能的评价参数.....	63
第七节 变矩器的反拖特性.....	68
第八节 变矩器与发动机的共同工作.....	72
第三章 液力-机械变速器的结构	84
第一节 变矩器.....	84
第二节 液力减速器.....	91
第三节 变速器.....	96
第四章 液力-机械变速器的油路系统	108
第一节 变矩器油路.....	108
第二节 液力减速器油路.....	116
第三节 变速器的换档操纵及润滑系统.....	118

第五章 液力-机械变速器应用实例	137
第一节 SH380用液力-机械变速器	137
第二节 CQ470用液力-机械变速器	140
第三节 ZF6HP-150液力-机械变速器	144
第四节 阿里逊非公路用车液力-机械变速器	149
第六章 如何正确使用液力-机械变速器	164
第一节 液力-机械变速器用油	164
第二节 使用须知.....	166
第三节 液力-机械变速器的主要故障、原因 及排除方法.....	170

第一章 汽车液力传动的概念

第一节 液力传动的概念

传动是指由原动机向工作机构的动力传递。现代常用传动机构可分为如下几种：

- 1) 机械传动；
- 2) 电力传动；
- 3) 液体传动；
- 4) 气体传动。

现代重型汽车主要采用第 2 种和第 3 种，第 3 种应用也较多。

以液体为工作介质的传动装置，统称为液体传动。液体传动的工作过程，就是能量的转换过程，并通过这种能量转换来完成动力传递任务。首先，需将原动机的机械能转换为液体的能量，紧接着又将这种液体能量转换为另一种形式的机械能。前一种能量转换由泵元件完成，后一种能量转换由液动机元件完成。在泵和液动机的组合中，加上一些液力控制元件，便构成一个独立、完整的液体传动装置。采用液体传动后，原动机与工作机构之间已不是刚性联系，它们通过内部的工作介质——液体来实现连接。

按液体能量变化形式的不同，液体传动分为液压传动和液力传动两大类。

液压传动：是仅利用密闭工作容积内液体压力能的传

动，又称静液传动或容积式液力传动；它借助于机器本身工作室容积的改变而转换能量。在液压传动过程中，液体能量的改变主要表现为压能的变化，动能和位能变化极小，可忽略不计。

图1-1为一种液压传动系统简图。在原动机 D 与工作机械 Z 之间，由液压泵 B ，液压马达 M ，油管及管接头，安全阀 1，补偿泵 2，溢流阀 3，油箱 4 等液压元件组成一个完整的液压传动系统。液压泵由原动机驱动而旋转，将来自液压马达出口的低压力液体抽吸上去，并给以能量，变成高压液体，送入压力管路。液压马达在来自压力管路的高压油的作用下而旋转，产生输出机械能，使工作机械运行。此后，液体压力降低，再回到液压泵中去，又重复上述过程。如此周而复始，液压传动便完成了原动机与工作机械之间的动力传递任务。

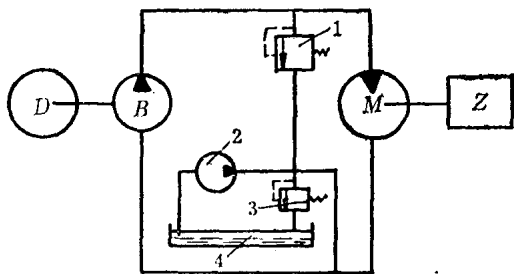


图1-1 液压传动系统简图

D -原动机； B -液压泵； M -液压马达； Z -工作机械
1-安全阀；2-补偿泵；3-溢流阀；4-油箱

液力传动：是一种以液体作为工作介质的能量转换过程。又称动力式液力传动，或简称动液传动。在液力传动过程中，液体能量的改变，表现为动能和压能的同时改变，所

利用的主要是动能的变化。带有叶片的工作轮，是液力传动装置的主要工作元件。当一工作轮在液体中转动时，由于叶片的作用，使液体获得动能(泵轮)。液体紧接着流经下一工作轮时，以前一工作轮中所获得的动能，作用于后一工作轮叶片，使后一工作轮获得输出机械能(涡轮)。

水轮机和水泵是我们所熟悉的水力机械。前者是将液体能量转换为机械能的机器。图1-2所示之流速水轮，就是一个简单的水轮机。

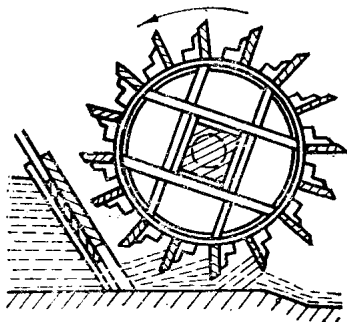


图1-2 流速水轮

与水轮机相反，泵是将机械能转换为液体能量的机器。例如将水送往高处(水的位能增加)的水泵，产生一定油压(油的压能增加)的油泵等。

液力传动可以看成是由一个离心式水泵，和一个水轮机串联而成的组合式系统。

如图1-3所示，离心式水泵3由发动机1驱动，将集水池2中的水提起。水被送至管路4时，已从离心水泵处获得了能量(离心水泵吸收了发动机的机械能)。液体由管路4进入水轮机6时，将作用到水轮机叶片上，使其产生旋转运动。此时，连接在水轮机轴上的工作机件，将被带动而工作。即水轮机具有了输出机械能。液体在流经串联的离心式水泵和水轮机时，完成了动力传递任务。

应用图1-3这种传动装置很不合算。液体在流经离心式水泵、水轮机及其连接管路时，能量损失较大、效率较低。

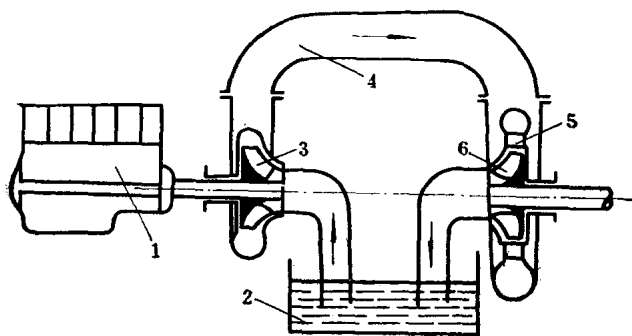


图1-3 液力传动原理图

1-发动机；2-集水池；3-离心式水泵；4-连接管路；5-导水机构；
6-水轮机

为减小损失、提高效率，需将上述装置中离心水泵、水轮机的一些零部件和连接管路取消，仅留下离心水泵的叶轮（称为泵轮），和水轮机的工作轮（称为涡轮）及其导水机构（称为导轮），并尽量把它们靠拢

（彼此间仅留有很小间隙），得到如图1-4所示的装置。此装置仍遵循上述能量转换原则而传递动力，它就是一种简单的液力传动装置。

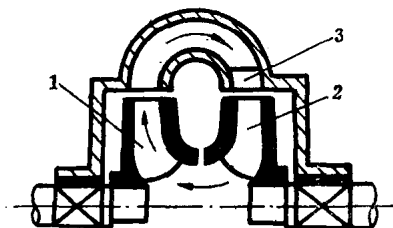


图1-4 简单的液力传动装置

1-离心式水泵；2-水轮机；3-导水机构

按照工作特征的不同，

液力传动可分为液力变矩器（简称变矩器）和液力耦合器（简称耦合器）。图1-4所示的液力传动装置，就是一个简单的变矩器。

图1-5是汽车常用的一种简单变矩器。它由泵轮（主动轮）、涡轮（被动轮）和导轮等三个工作轮组成。它们是转换能量、传递动力和“变矩”必不可少的基本元件。泵轮和涡轮分别同输入轴1和输出轴2相连。导轮安装在导轮轴3上，导轮轴则同固定壳体刚性连接，因而导轮是一个固定不动的非旋转元件。变矩器内充满工作液体。工作时，发动机的机械能通过输入轴1传给泵轮，并使它转动。由于泵轮叶片的作用，使液体按箭头所指方向运动。高速液体流入涡轮，并作用于涡轮叶片，推动涡轮转动，使涡轮具有机械能，由输出轴2输出。液体由涡轮流出后进入导轮，然后返回泵轮，又重复上述过程。液体这样不断地循环流动，形成了变矩器的正常运转，完成动力传递任务。

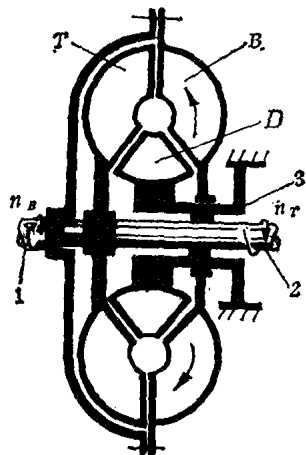


图1-5 单级单相三元件变矩器
B-泵轮；T-涡轮；D-导轮
1-输入轴；2-输出轴；3-导轮轴

由于固定导轮的作用，可使泵轮和涡轮上的扭矩不等——变矩器具有改变发动机扭矩的能力，即能“变矩”。如发动机输出给泵轮的扭矩是1，汽车起步时，涡轮输出的扭矩可增大到1.9~5左右。

偶合器与变矩器的根本区别，在于它没有导轮，如图1-6所示。其工作特性是不能改变发动机扭矩（不能“变矩”）。正因如此，现代汽车很少采用。因此，本书对偶合器将不作专门介绍。

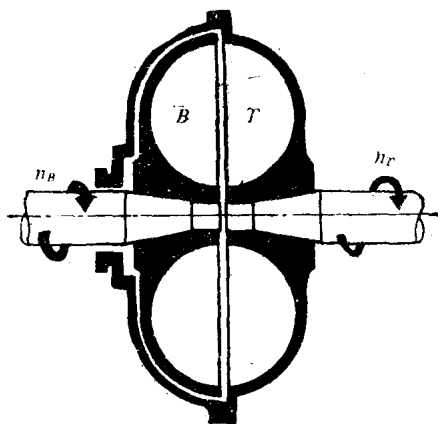


图1-6 偶合器

第二节 汽车为什么要用液力传动

目前，液力传动（主要指变矩器，以下同）已作为汽车传动系的一个组成部分，广泛应用于各类现代汽车上。传动系装有变矩器（或偶合器）的汽车，称液力传动汽车。如图1-7所示，变矩器安装在汽车发动机与机械变速器之间。泵

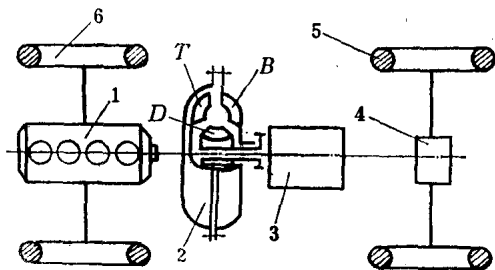


图1-7 液力传动在汽车上的布置

1-发动机；2-变矩器；3-机械变速器；4-主减速器；5-驱动轮；6-转向轮

轮与发动机曲轴直接或通过万向传动轴相连。涡轮和机械变速器输入轴（第一轴）相连（通常做成一体）。发动机输出的扭矩和转速，先经变矩器改变后，还可经机械变速器作再一次改变，以增加车辆对使用条件的适应性。

一、机械变速器的某些缺点

汽车必须有变速器。利用变速器的不同档位，可适应汽车各种行驶条件下的不同要求。单纯采用机械变速器，虽能适应汽车的一些需要，但还存在某些不足之处：

1)为适应汽车行驶条件的变化，必须经常换档。换档时，被接合的主动齿轮与被动齿轮转速不一样，使齿轮受到冲击，甚至有时挂不上档。于是，换档前需对转速加以调整。例如从高档换到低档，先要松开油门和主离合器，摘掉高档、接合主离合器、加大油门，再松开主离合器、挂上低档，使换档时将要相互啮合的齿轮转速相接近便于挂档。这种换档过程过于复杂，要求司机能够掌握时机，有一定熟练的操作技术。同时，司机踩主离合器踏板时，要消耗很大的体力，容易疲劳。

2)由于换档时的冲击现象，传动系要受到很大的附加作用力。矿用汽车道路条件差，传动系受的动载较大。若汽车在行驶过程中，突然碰到大石块，阻力突增、车速下降（甚至下降到零）。此时发动机工况并未改变，传动系就要“别劲”，使零部件容易损坏或缩短使用寿命。

3)机械变速器由若干组齿轮构成。齿轮的不同组合可得到不同的档位。由于齿轮组数目有限，所能得到的档位也就有限，故普通机械变速器是有级式变速器。机械变速器的档位愈多，愈能更充分地利用发动机功率，以提高汽车动力性

能。例如结构相同的两辆汽车采用不同的变速器：一辆是两档变速器，另一辆是四档变速器，两变速器的头档和直接档速比相同。此两辆汽车在良好路面上以直接档行驶时，最大车速和克服道路阻力的能力相同。头档的起步能力和最大爬坡度也相同。但在阻力稍大、不能用直接档行驶时，情况就不同了：前者只能用头档，并需关小节气门，最大行驶速度低；后者则可用三档或二档行驶，允许节气门开得较大，故发动机功率利用得充分、动力性好、平均车速高、经济性好。

事实上，机械变速器的档位不可能增加到很多。否则将会导致结构复杂、笨重和操纵上的困难。在某些情况下增加排档是非常困难的。例如载重量在25t以上的重型矿用汽车，道路条件变化较大，起步负荷也重。因而不仅要求头档速比很大，还必须增加变速器档位。这种汽车惯量大，换档操纵本来就比较麻烦和困难。档位增多后，换档次数更要增多，更增加了换档操纵困难，司机需要消耗更大的体力。因此，这类汽车一般都不单独采用机械变速器。

二、液力传动汽车的优点

采用液力传动，可弥补机械变速器的某些不足，使液力传动汽车具有如下显著优点：

1. 提高发动机和传动系的使用寿命

液力传动汽车与机械传动汽车对比试验表明：前者发动机寿命可提高85%，变速器寿命提高1~2倍，传动轴、驱动桥半轴寿命可提高75%~140%。

液力传动汽车的发动机与传动系，由液体这个“弹性体”来联系。不管外界负荷如何变化，发动机总是在一定范

围内工作。液力传动能起一定的缓冲和过载保护作用。例如，外界负荷突然增大时，可防止发动机过载和突然熄火；汽车在起步、换档或制动时，能吸收振动、减少发动机和传动系所承受的冲击及动载。

2. 操纵轻便

液力传动汽车便于采用液压操纵、电操纵或自动操纵换档。换档时只需操纵液压阀，以控制档位离合器，实现换档。这比普通机械变速器，通过拨叉操纵滑动齿轮实现换档，要简单、轻便得多。采用这些方法换档的变速器，一般都采用常啮合齿轮组。这就减低或消除了换档时的齿轮冲击，可以不需要主离合器，大大减轻了驾驶员的劳动强度。

3. 提高通过性

液力传动汽车起步时，驱动轮上的牵引力矩逐渐增加，可防止很大的振动，使土壤不易破坏、车轮减少了打滑的可能、容易起步。

液力传动汽车的稳定车速可以降低到最小，甚至为零。当行驶阻力很大时（如爬陡坡、在特别困难路面行驶等），发动机也不至于熄火，使汽车能以极低速度行驶。

由于省掉了主离合器，同时又采用动力换档，汽车在特别困难路面行驶换档时，没有因功率间断而使汽车停车的现象。

因而，液力传动对于提高汽车通过性，具有良好效果。

4. 具有自动适应性

特别是变矩器，能平稳、自动适应汽车驱动轮上负荷的变化：沿困难路面行驶，行驶阻力升高，汽车速度自动降低，驱动轮上的牵引力自动增加；行驶阻力减小时，可在保证减小牵引力的同时，增加驱动轮转速。这说明，在一定范

围内，变矩器能自动、无级变速。因而可减少汽车行驶过程中的换档次数（通常减少 $1/2 \sim 1/3$ 或更多）。

5. 生产率高

换档基本上没有功率间断，可确保汽车有良好的加速性和较高的平均车速。发动机和传动系的使用寿命提高，延长了大修间隔里程，提高了出车率。故液力传动汽车具有较高的生产率。

液力传动也存在着某些缺点。如与机械传动相比，重量增加，结构复杂，制造困难，成本增高，效率较低（对变矩器而言，最高效率一般只有 $82\% \sim 86\%$ 左右，机械传动的效率一般可达 $95\% \sim 97\%$ ）等。由于效率低，汽车的牵引性及燃油经济性均有所降低。

液力传动的这些缺点都是相对的。例如，虽然重量增加，与电传动相比又有自重轻的优点；随着我国工业技术的飞跃发展，制造工艺水平将会不断提高，“制造困难”完全可被克服；自动无级变速提高了发动机功率的平均利用率，减少换档次数，提高平均车速，这又使汽车性能有了某些改善；由于大大延长了发动机和传动系的使用寿命，提高了出车率和生产效率，减少了维修费用。虽燃油经济性有所降低，却提高了整车使用的经济性；另外，可采用闭锁离合器和单向自由轮等机构来提高效率（前者效率为 100% ，后者可达 $93\% \sim 96\%$ ）。

以上说明，液力传动不仅能与汽车行驶要求相适应，而且还具有机械变速器所不具备的一些显著优点。这正是液力传动的主要方面，也正是汽车，特别是重型汽车要用液力传动的理由。正因如此，液力传动还在内燃机车、工程机械、石油机械、船舶及港口机械、国防工业中的坦克、装甲牵引

车上，得到愈来愈广泛的应用。

第三节 汽车液力传动的的基本形式

汽车液力传动的的基本形式，大致有以下三种：

1. 单纯采用变矩器

变矩器是一种自动、无级变速器。在道路阻力变化不大的条件下（如仅在良好的城市沥青路面上行驶的公共汽车），采用变矩器后，可不再配置机械变速器。这使结构简单，大大简化了司机操作（勿需换档）。

图1-8是一个多级变矩器。公共汽车单纯采用这种变矩器，可用于起步和加速，然后锁住。汽车在交通拥挤的市区内行驶，不要求很高的加速性（包括超车能力）。中速时，变矩性能较低的矛盾也不突出。对变矩性能低的缺点，在一

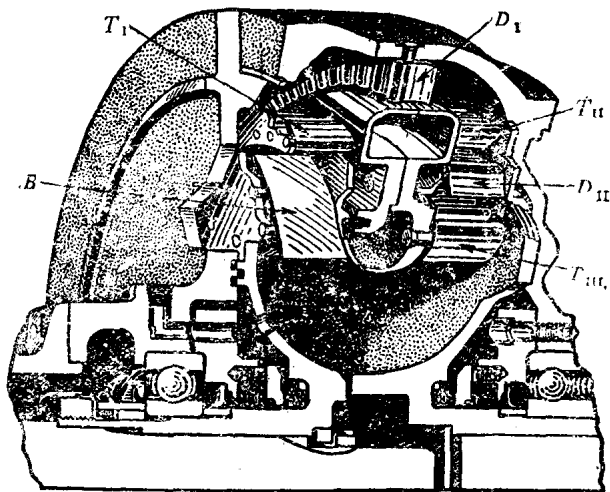


图1-8 “里斯豪姆-史密斯”变矩器