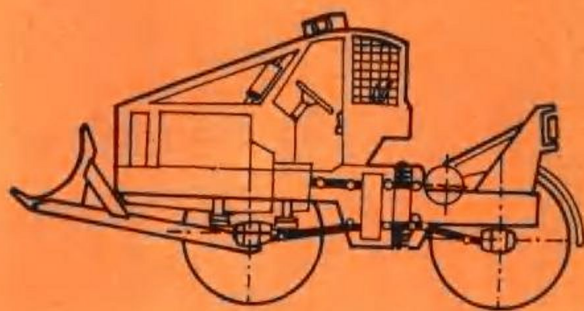


全国中等林业学校试用教材

液压与液力传动

牡丹江林业学校 合编
四川省林业学校



中国林业出版社

TH137

48

3

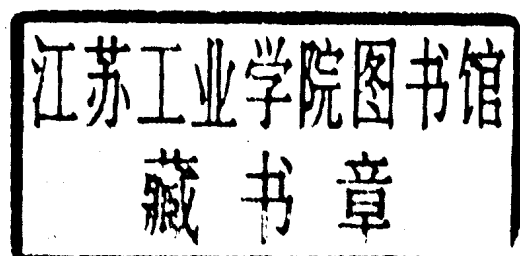
全国中等林业学校试用教材

液 压 与 液 力 传 动

牡丹江林业学校 合编
四川省林业学校

木材采运机械化专业用

1984/10



中国林业出版社

全国中等林业学校试用教材

液压与液力传动

牡丹江林业学校 合编
四川省林业学校

中国林业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 322 千字
1983 年 5 月第 1 版 1983 年 5 月北京第 1 次印刷
印数 1—8,000 册

统一书号 15046·1100 定价 1.55 元

前 言

本教材是根据1979年全国中等林业学校采运机械化专业教学计划对《液压与液力传动》课的要求编写的，本教材供采运机械化专业用，也可供营林机械化专业及林区有关从事机械运用与修理人员学习参考。

本书共二篇十二章。本书的内容是以采运机械中常见的液压及液力传动系统为中心，系统地介绍了有关液压与液力传动方面的基本理论；典型元件的结构与工作原理；液压传动基本回路与液压传动系统等内容。

本书由牡丹江林业学校和四川省林业学校合编。参加编写工作的有傅宝昌、冯竹春、赵焕甲同志。

在本书定稿期间，承东北林学院讲师丛润芝同志、白城林业机械学校亓继明同志、湖南林业学校陈玉华同志等帮助审订并提出宝贵意见，在此谨表谢意。

由于编写人员政治与业务水平所限，书中难免有不少缺点和错误，请批评指正。

编 者

1981年12月

目 录

第一篇 液压传动

第一章 液压传动的基础知识.....	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 液压系统图图形符号	(4)
第三节 液压传动在木材采运机械上的应用	(11)
第二章 液压油的性能和选用	(12)
第一节 液压油的性能	(12)
第二节 液压油添加剂	(18)
第三节 液压油的种类	(19)
第四节 液压油的选择与使用	(21)
第三章 液压传动流体力学知识.....	(24)
第一节 静止液体的特性	(24)
第二节 流动液体的特性	(26)
第三节 液体流动的两种状态	(31)
第四节 液体流动的压力损失	(32)
第五节 流经圆管、小孔及缝隙的液流	(34)
第六节 液压的冲击、气蚀和滑阀的卡死现象	(38)
第七节 液压装置的发热	(41)
第四章 液压泵	(42)
第一节 概述	(42)
第二节 齿轮泵	(45)
第三节 叶片泵	(55)
第四节 径向柱塞泵	(61)
第五节 轴向柱塞泵	(63)
第五章 液压马达	(76)
第一节 概述	(76)
第二节 高速小扭矩液压马达	(79)
第三节 低速大扭矩液压马达	(85)
第六章 液压缸	(88)
第一节 液压缸的构造与工作原理	(88)
第二节 液压缸的设计与计算	(99)
第三节 液压缸的性能与使用	(117)
第七章 控制阀	(120)
第一节 方向控制阀	(120)

第二节 压力控制阀	(134)
第三节 流量控制阀	(145)
第八章 辅助装置	(153)
第一节 油箱	(153)
第二节 冷却器	(155)
第三节 密封和密封元件	(158)
第四节 油管和管接头	(163)
第五节 滤油器	(168)
第六节 蓄能器	(174)
第九章 液压传动基本回路	(177)
第一节 压力控制回路	(177)
第二节 速度控制回路	(184)
第三节 方向控制回路	(190)
第十章 液压传动系统	(195)
第一节 液压系统的形式与选择	(195)
第二节 起重运输机械液压系统实例	(199)
第三节 液压系统设计与计算基础	(208)

第二篇 液力传动

第十一章 关于液力传动的概念	(215)
第一节 液力传动的特点与应用	(215)
第二节 液力传动的结构型式	(216)
第三节 液力传动工作原理	(218)
第十二章 液力偶合器与液力变矩器	(218)
第一节 液力偶合器	(218)
第二节 液力变矩器	(222)

第一篇 液压传动

第一章 液压传动的基础知识

第一节 概 述

在木材采运机械中，传动是指将能量或动力由发动机传给工作装置。通过各种不同的传动方式使发动机的转动变为工作装置的各种不同的运动形式，例如：车轮的转动、集材拖拉机搭载板的升降、起重机转台的回转、装载机动臂、抓斗的动作等。

目前常用的传动方式根据其工作介质的不同，分为机械传动、液体传动、气体传动、电力传动及综合传动等。

以液体为工作介质，将发动机的动力传给工作装置的传动方式称为液体传动。液体传动又分为液压传动和液力传动。利用密闭工作容积内液体的压力能来传递动力的，称为液压传动。因其能量转换过程是通过容积变化来实现，所以又称为容积式液体传动。利用运动液体的动能来传递动力的，称为液力传动，亦称为动力式液体传动。

一、液压传动的工作原理 液压千斤顶是一种简单的液压传动装置（见图 1—1）。现以液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。

液压千斤顶由小液压缸 2、大液压缸 7、油箱 5 及连接通道构成一个密闭的容器，其间充满液压油。当阀门 6 关闭时，如果压动手柄，这个密闭容器的容积将发生变化。抬起手柄时，使小液压缸的柱塞 1 上移，因而小液压缸下腔的密闭容积增大，形成部分真空，油箱 5 里的液压油便在大气压力作用下经单向阀 4 吸入小液压缸 2 内；压下手柄时，小液压缸柱塞

下移，小液压缸下腔的密闭容积减小，下腔的液压油受挤压而顶开单向阀 3，被压入大液压缸 7，从而推动大柱塞 8 将重物 G 顶起。单向阀 3 能阻止大液压缸 7 中的液压油倒流回小液压缸，以保证重物不致下落。反复压动手柄，小液压缸内交替地进行着吸油和排油，压力油便逐渐地压入大液压缸，重物便一点一点地被顶起。需要放下重物时，可将阀门 6 打开，液压油便在重物作用下经阀门 6 挤回油箱 5，重物和大柱塞也就逐渐下移。

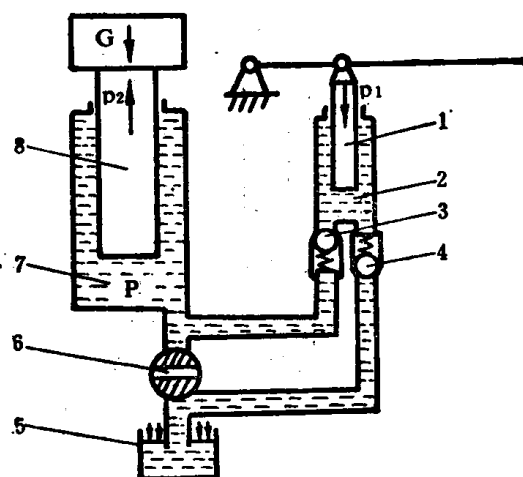


图 1—1 液压千斤顶工作原理图

1、8—柱塞 2、7—液压缸 3、4—单向阀
5—油箱 6—阀门

可见，压动手柄使小柱塞移动所做之功，转换成了因容积变化而能流动的、具有一定压力的液压油的压力能。具有压力能的液压油进入大液压缸后，又将压力能转换为顶起重物的机械能。

二、液压系统的组成 液压千斤顶是一种简单的液压传动系统。经分析可以看出，凡能够完成传递动力的完善的液压系统，一般由以下五部分组成：

1. 液压泵——作用是将发动机输出的机械能转换为液压油的压力能，是液压系统的动力元件。

2. 液压缸和液压马达——作用是将液压油的压力能转换为工作装置的机械能，是液压系统的执行元件。

3. 液压控制阀——作用是控制和调节液压油的压力、流量和流动方向，以满足工作装置的需要。它包括各种阀类。又称液压系统的控制元件。

4. 辅助装置——包括油箱、油管、滤油器、压力表、密封元件、冷却器及蓄能器等，是液压系统的辅助元件。

5. 液压油——是传递能量的工作介质。

下面我们还可以通过集材—50 拖拉机搭载装置液压系统，进一步了解液压系统的组成。集材—50 拖拉机的液压系统工作简图如图 1—2 所示。液压泵 1 由发动机驱动，使其从油箱 6 中吸油，并将具有压力能的液压油输出，经换向阀 3 送至液压缸 2，使液压缸的

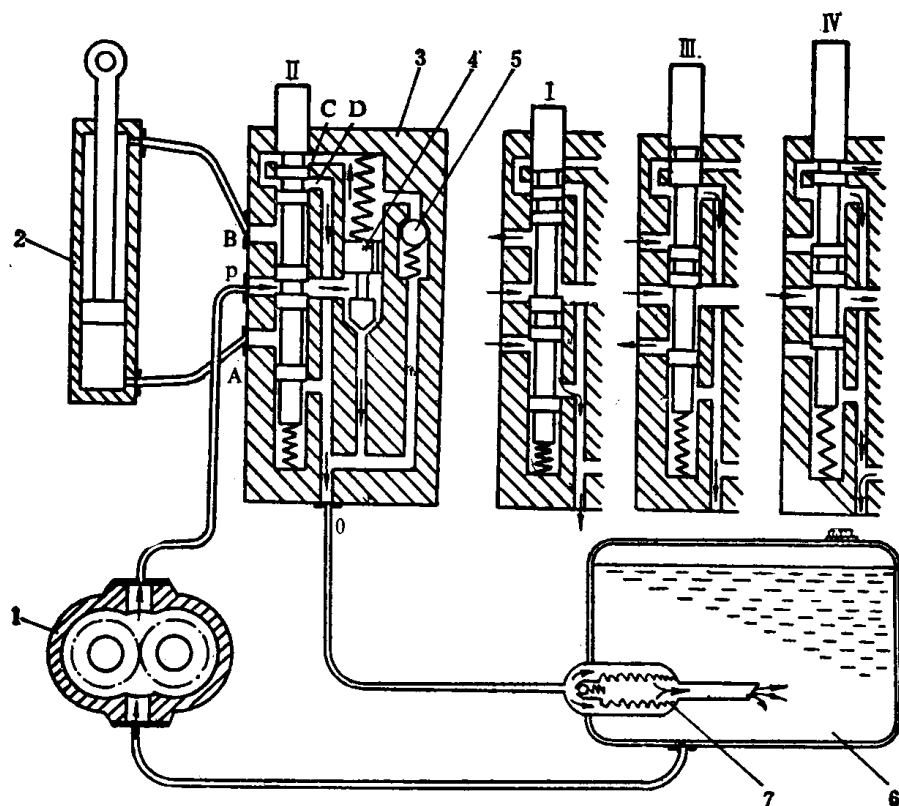


图 1—2 集材—50 拖拉机液压系统工作简图

1—液压泵 2—液压缸 3—换向阀 4—溢流阀 5—安全阀 6—油箱 7—滤油器

活塞杆伸出或缩回，从而放下或提起搭载板。换向阀 3 用来控制液压油的流动方向，它有 P、A、B、O 四个油口，并分别与液压泵 1、液压缸 2 的前后腔，油箱 6 相通，另外还有 C 油口通溢流阀 4 的遥控口，D 油口通油箱。换向阀的阀芯有四个操纵位置与搭载板的四种工作状态相对应。当换向阀的阀芯处于中立位置 II 时，工作油口 A、B 被封闭，C、D 油口相通，溢流阀 4 开放，从液压泵来的液压油进入 P 口后经溢流阀卸荷回油箱，液压缸的活塞杆保持在一定位置，因此搭载板可以固定在任意位置。当阀芯在位置 I 时，进油口 P 与 B 油口接通，A 油口与回油口 O 接通，从液压泵输入的液压油，经 P、B 油口进入液压缸后腔，活塞杆缩回，液压缸前腔的液压油经 A、O 油口流回油箱，搭载板上升。当阀芯在位置 III 时，从液压泵输入的液压油经换向阀进入液压缸前腔，从而使搭载板下降。当阀芯在位置 IV 时，换向阀的 A、B、O 三油口相通，C、D 油口也相通，溢流阀 4 开启，液压泵输入的液压油通过溢流阀回油箱，因此液压缸内活塞前后腔均无油压，搭载板呈浮动状态。

为了避免搭载板提升或下降终了时出现液压系统超负荷现象，当系统内油压升高至 $100-110$ 公斤力/厘米² 时，通过滑阀自动回位的定位机构，能使滑阀自动回到中立位置 II，搭载板就固定在此位置不变。然后操纵滑阀至浮动位置 IV，搭载板在其重量作用下缓慢下降至支座上或落至地上。当滑阀自动回位机构发生故障，液压系统内油压力超过 130 公斤力/厘米² 时，安全阀 5 开启，使溢流阀也开启，液压泵输来的液压油便通过溢流阀流回油箱，以限制液压系统内的最高压力。

三、液压传动的特点 液压传动与电力传动和机械传动相比，具有如下突出的优点：

1. 容易实现大幅度减速，故能获得较大的动力或扭矩，以利直接实现工作机构的直线往复运动或旋转运动。
2. 可实现高压化，故用体积较小的液压元件便能传递很大的功率（即能容量大）。例如液压泵与电动机的功率相同时，前者的外形尺寸只有后者的 $10-13\%$ ，重量只有后者的 $10-20\%$ 。
3. 可以在较大的调速范围内实现无级变速。
4. 液压传动的工作平稳，易于实现频繁而又平稳的换向。
5. 液压系统易于实现过载保护。
6. 液压传动的工作介质能自行润滑各液压元件，使其磨损小，寿命长。
7. 液压元件易于实现标准化、系列化，通用性强，便于设计和组织专业性的大批量生产，降低成本。

8. 与电气设备、气压传动相配合，能获得自动化程度高的传动及控制系统。

液压传动也存在着一些缺点，主要是：

1. 在相对运动零件的表面或机件接合处，液压油的泄漏不可避免，因而使传动效率降低，运动平稳性变坏。外部泄漏还造成液压油的浪费，并污染环境。为了减少泄漏，零件的加工质量要求高，故成本高。

2. 油液温度的变化会引起油液粘度变化，因此在高温或低温条件下，液压系统不能稳定工作。

3. 液压油受污染后, 会使液压元件的通道堵塞, 这是液压系统发生故障的主要原因。

四、液压传动的发展概况与发展趋势 自 1795 年英国制成第一台水压机开始, 至今液压传动已有一百八十多年的历史了。但是, 液压传动技术被各国普遍重视, 并应用于各生产部门, 还只是近五十年左右的事。第二次世界大战后, 随着各种液压元件的迅速发展和液压元件性能日趋完善, 液压传动开始得到广泛的应用。特别是出现了精度高及反应快的伺服阀和伺服控制系统以后, 液压传动技术的应用更为人们所重视, 并得到迅速发展。

液压传动由于具有结构紧凑、便于布局、传动力大、动作准确、运动平稳, 能进行伺服控制等优点, 因而被广泛地应用于机械工业、冶金工业、石油化工、工程建设、轻工机械、交通运输及国防工业等部门。

我国的液压传动技术是在新中国成立之后才发展起来的, 近十多年来有了很大发展。目前我国已建立了许多液压元件制造厂和研究所, 并大力开展对液压元件的研究与制造。

在起重运输机械最早应用液压传动的是叉车的工作装置。汽车起重机和轮胎起重机也广泛地采用了液压传动。

随着科学技术的发展, 液压传动技术也会有新的发展, 对液压元件的结构与性能将提出更高的要求。目前的发展趋势是小型化。即使液压元件的体积尽可能地减小, 重量尽可能地减轻, 而传递的功率则应尽可能的增大。由于液压传动的功率为压力与流量的乘积, 因此在一定的功率之下, 提高压力就可减小流量, 从而减小元件的体积。所以, 液压元件的小型化就要求向高压方向发展。对液压泵来说, 还要求向高速发展, 因为流量是转速与排量的乘积, 提高转速可相应地减小排量, 即减小液压泵的尺寸。然而, 随着压力的提高, 元件的寿命将显著缩短, 同时重量也有所增加。因此, 从重量和寿命等方面考虑, 适宜的最高压力将为 300—400 公斤力/厘米², 而现阶段, 作为经济压力应为 140—175 公斤力/厘米²。液压传动的另一发展趋势是液压元件用于自动调节系统。以液压元件与电气元件适当组合, 便可创造出性能很好, 自动化程度较高的传动系统或自动控制系统。在这种系统中, 电气元件担负传送信号、第一级放大输入信号及进行各种反馈等功能, 而液压元件一般起提供系统液压能源, 进一步放大输入信号和驱动工作机构等作用。这种电液传动或控制方式综合了电传动和液压传动的各自优点, 必将成为今后的液压传动技术发展方向之一。

综上所述, 在目前动力元件的发展趋势为高压、大功率、低噪音和长寿命。而控制元件的发展趋势则是小型化、芯子化、集成化, 多功能和大流量。

第二节 液压系统图图形符号

液压系统图可用结构式原理图或职能符号式原理图来表示。由于液压系统的组成元件较多, 绘制如图 1—2 所示的结构式原理图就很复杂, 而且往往也难于表达清楚。为了简化液压传动系统原理图的绘制, 常以各种符号来表示各元件的职能和连接通路, 便绘成了职能符号式原理图 (见图 1—3)。现将我国制定的图形符号的国家标准 (液压图形符号 GB 786—76) 摘录如下。

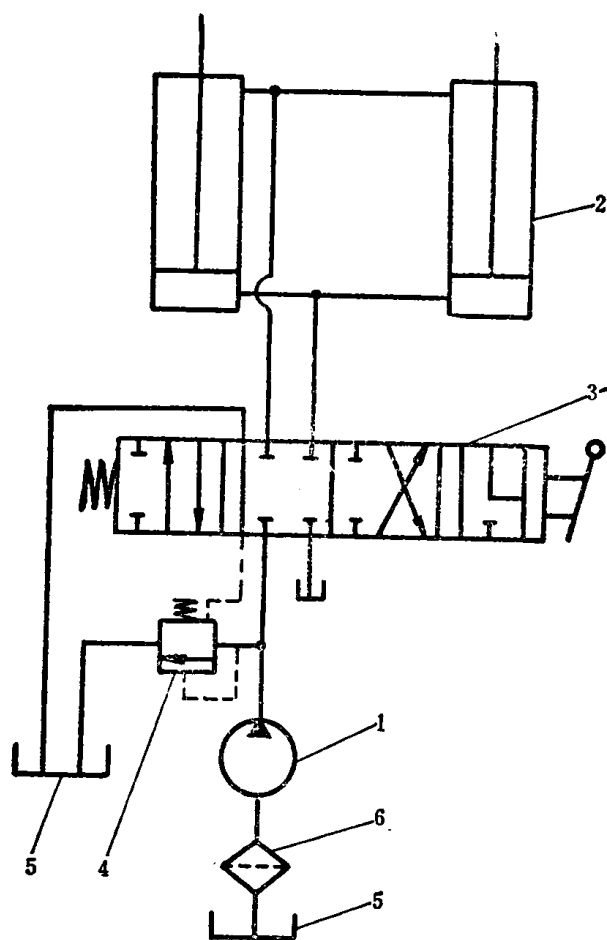


图 1—3 用职能符号表示集材—50拖拉机的液压系统图

1—液压泵 2—液压缸 3—换向阀 4—溢流阀 5—油箱 6—滤油器

1. 标准中规定的图形符号主要用于绘制液压系统原理图，这些符号只表示元件的职能和连接通路，不表示元件的具体结构和参数，不表示系统管路的具体位置和元件的安装位置。

2. 元件的符号均以静止位置或零位表示，当系统的动作另有说明时，可作例外。

3. 元件符号内的油液流动方向用箭头表示，线段两端有箭头的表示流动方向可逆。

此外，国家标准中还规定，在液压系统图中，工作油路（包括主压油路 and 主回油路）以粗实线表示，泄漏油路以细实线表示，控制油路以虚线表示。

一、管路及其连接，见表 1—1。

二、液压泵及液压马达，见表 1—2。

三、液压缸，见表 1—3。

四、控制方式，见表 1—4。

五、压力控制阀，见表 1—5。

六、流量控制阀，见表 1—6。

七、方向控制阀，见表 1—7。

八、辅助件及其它装置，见表 1—8。

表 1—1 管路及其连接

名 称	符 号	号
工作管路		
控制管路		
连接管路		
交叉管路		
软管连接		
放气装置		
通油箱管路, 油管端部在油面之上		
通油箱管路, 油管端部在油面之下		
开关		
一般快速接头		
带单向元件的快速接头		
带两个单向元件的快速接头组		

表 1—2 液压泵及液压马达

名 称	符 号	号
单向定量泵		
双向定量泵		
单向变量泵		
双向变量泵		
单向定量马达		
双向定量马达		
单向变量马达		
双向变量马达		
摆动马达		

表 1—3 液压缸

名 称	符 号	号
单作用柱塞式缸		
单作用活塞式缸		
单作用伸缩套筒缸		
双作用单活塞杆缸		
不可调单向缓冲式缸		
可调单向缓冲式缸		
双活塞杆缸		
差动式缸		
双作用伸缩套筒缸		
增压缸		

表 1—4 控制方式

名 称	符 号	号
手柄式		
转动式		
按钮式		
脚踏式		
弹簧式		
液压直控式		
液压先导式		
电磁单线图式		
电—液控制顺序动作式		
手动电磁控制选择动作式		
定位机构 (缺口为定位数)		

表 1-6 流量控制阀

名 称	符 号	号
固定节流器		
可调节流器		
固定式节流阀		
可调式节流阀		
调速阀		
溢流节流阀		
分流阀		
集流阀		
分流—集流阀		

表 1-5 压力控制阀

名 称	符 号	号
溢流阀		
对控溢流阀		
定压减压阀		
外控减压阀		
顺序阀		
外控顺序阀		
卸荷阀		

表 1-7 方向控制阀

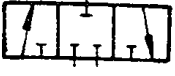
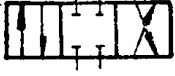
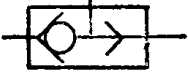
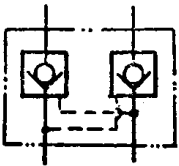
名 称		符 号	备 注
二位 二 通 阀	常闭式二位 二 通 阀		
	常通式二位 二 通 阀		
二位三通阀			
二位四通阀			
三位三通阀			
三位四通阀			
单 向 阀	单向元件		与其它件组合 使用
	单 向 阀		
	液控单向阀		
梭 阀			
液 压 锁			

表 1—8 辅助件及其它装置

名 称	符 号	号
充压油箱		
一般蓄能器		
隔离式气体蓄能器		
管路加热器		
冷却器		
粗滤油器		
精滤油器		
压力继电器		
交流电动机		
指针式压力表		
真空表		
流量计		
直读温度计		
转速表		
扭矩仪		

第三节 液压传动在木材采运机械上的应用

由于液压传动具有工作平稳，调速性能好，结构紧凑，布置灵活，操作方便，过载保护简单和容易实现自动化等突出的优点，因此在木材采运机械上也获得了广泛的应用，并将得到迅速的发展。

目前我国已自行设计制造了具有液压传动系统的集材拖拉机，装在运材汽车上的液压起重臂、全液压绞盘机、液压木材装载机和全液压木材装载机等多种木材采运机械。

在折腰转向的轮式集材机和木材装载机上，广泛地采用全液压转向系统。这种转向系统是由方向盘来操纵液压转向器，以控制进入转向液压缸的油液流动方向，并供给转向液压缸以恒定的油量，使前后车架相对摆动一个角度，从而实现转向。这种转向系统的结构紧凑，安装简单，操纵省力、灵活。

在全液压木材装载机上，其走行部分的驱动机构采用了液压马达，这使机械的底盘结构大大简化，并且转弯半径很小，甚至可原地转向。

在集材机和运材汽车上装用液压抓具和液压起重臂后，能实现自装自卸，大大地提高了劳动生产率，并取消了繁重的人力捆木，节省大量钢丝绳。液压起重臂立柱回转，主臂与副臂的升降，伸缩臂和支脚的伸缩，抓具的开闭，都是通过液压元件来实现的。

一些运材汽车还普遍地采用了液压元件作为驾驶室内的操纵助力器，用以操纵主离合器，变速箱和制动器等。

动力架空索道的绞盘机用液压马达来驱动时，可实现无冲击和平稳地运转。当采用液压元件与电子元件相结合时，能对绞盘机进行遥控。

在伐区作业联合机械上，采用液压伐木剪或液压链锯伐木。液压伐木剪是通过发动机驱动液压泵将压力油送入液压缸，使伐木剪做剪切动作，其剪断力可达 15—30 吨。液压链锯是将压力油供入液压马达，从而带动锯链高速旋转，以切削木材。

同时具有液压伐木剪和液压链锯的伐区作业联合机，其全部动作可采用程序自动控制。伐木时，用液压抓具将树木抓住，先用伐木剪剪切树干一部分，这时液压链锯便自动进锯，锯至一定深度时，液压链锯便自动退回，然后伐木剪再进一步剪切，便将立木伐倒。同时，液压抓具将伐倒木向后拉倒，并提至后面打枝造材机上进行打枝和造材。