

港口机械液压和液力传动

武汉水运工程学院顾必冲 主编

人民交通出版社

港口机械液压和液力传动

武汉水运工程学院顾必冲

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书共分三篇十一章。第一篇为概论，介绍液压和液力传动的的基本工作原理和基础知识。第二篇为液压传动，介绍港口机械中常用的几种主要元件，包括液压泵、液压马达、液压缸和控制阀，转向液压助力器、辅助元件、基本液压回路、液压传动系统的设计以及港机液压系统实例。第三篇为液力传动，介绍液力变矩器和液力偶合器的工作原理、特性方程、基本性能以及与发动机的共同工作等。

本书为水运高等学校港口机械设计与制造专业的试用教材，也可供从事港口机械液压和液力传动的科研和生产的技术人员参考。

港口机械液压和液力传动

武汉水运工程学院顾必冲 主编

人民交通出版社出版

本 社 发 行

北京通县张家湾里二泗印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：19.75 字数：475 千

1982年3月 第1版

1982年3月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,500册 定价：2.05元

前 言

本书是根据水运高等学校港口机械设计与制造专业《港口机械液压和液力传动》课程85学时的教学大纲编写的。

全书共分三篇十一章。第一篇叙述液压和液力传动的工作原理、特点、应用和基础知识。第二、三篇分别介绍液压传动和液力传动。第三至第五章为港口机械采用的主要几种液压元件,其中以中高压液压元件为主。对于泵、马达和阀类元件,考虑到一般都是标准化元件,所以未介绍设计内容,重点叙述它们的工作原理、结构特点、性能参数和选型知识等。第四章为液压缸,考虑到尚未有系列化产品,增加了设计内容。第八章为基本液压回路,是结合港口机械液压系统编写的,以便能为设计和分析系统奠定基础。第十和十一章着重介绍液力变矩器的工作原理、特性、变矩器与发动机的共同工作等。学生学完本书后应能结合具体条件、应用液压和液力传动知识,设计出液压和液力传动的港口机械。

本书采用国际单位制,同时对工程单位制作了适当的介绍。对于我国目前生产的液压元件系列产品,性能参数保留了现行的工程单位制,但在相应部分给出了不同单位制之间的换算关系。

本书初稿1977年编出后曾由我院港口机械设计与制造专业的七五级、七六级和404班学生使用,这次出版前由顾必冲主编修改定稿。参加本书编写和绘制插图工作的有周正华、于志刚、叶丽芳、黄雅伦、张铁忠和夏根焰等。

全书由我院陈慕忱审阅,第十、十一两章还承华中工学院许福玲审阅,并提出许多宝贵意见。在编写过程中,我们曾得到有关兄弟院校、设计科研单位和工厂的大力支持,在此一并表示谢意。由于编者水平有限,定稿时间仓促,书中定有不少缺点错误,恳请读者批评指出。

武汉水运工程学院港口起重运输机教研组

目 录

第一篇 概 论

第一章 概述	1
第一节 液压和液力传动的工作原理	1
第二节 液压和液力传动的主要特点	7
第三节 液压和液力传动在港口装卸机械中的应用	10
第二章 液体传动中的工作液体和基础知识	11
第一节 液体传动中采用的工作液体	11
第二节 液体传动的基础知识	19
第三节 工作轮与液体之间的相互作用力矩	41

第二篇 液压传动

第三章 液压泵和液压马达	46
第一节 液压泵和液压马达的主要性能参数	46
第二节 液压泵的工作原理	50
第三节 双作用叶片泵和叶片马达	51
第四节 齿轮泵和齿轮马达	58
第五节 轴向柱塞泵和轴向柱塞马达	68
第六节 径向柱塞泵和径向柱塞马达	85
第七节 液压泵和液压马达的选型和使用	104
第四章 液压缸	107
第一节 液压缸的结构	108
第二节 液压缸的结构设计要点	115
第三节 液压缸的受力和运动分析	117
第四节 液压缸的设计计算	120
第五节 密封	127
第五章 控制阀	131
第一节 概述	131
第二节 方向控制阀	132
第三节 压力控制阀	145
第四节 流量控制阀	155
第五节 港口机械常用的几种组合（专用）阀	160
第六节 阀的选择	175

第六章 转向液压助力器	177
第一节 液压随动系统的工作原理.....	177
第二节 转向液压助力器.....	179
第七章 辅助元件	188
第一节 油箱、冷却器和加热器.....	189
第二节 蓄能器.....	191
第三节 滤油器.....	194
第四节 油管和管接头.....	197
第五节 压力继电器和压力表.....	202
第八章 基本液压回路	203
第一节 叉车液压传动系统.....	204
第二节 换向回路.....	205
第三节 锁紧回路.....	206
第四节 调压和减压回路.....	209
第五节 卸荷回路.....	210
第六节 调速回路.....	212
第七节 差动增速回路.....	219
第八节 限速回路.....	220
第九节 同步回路.....	222
第十节 快速下降回路.....	224
第十一节 顺序回路.....	226
第十二节 缓冲和补油回路.....	228
第十三节 自动控制安全回路.....	230
第九章 液压传动系统的设计和计算	233
第一节 液压传动系统的设计步骤.....	234
第二节 两种基本的液压传动系统.....	236
第三节 泵的数目与液压回路的合理组合.....	237
第四节 执行元件型式的确定.....	241
第五节 执行元件的换向方案.....	241
第六节 液压元件的计算和选择.....	243
第七节 液压系统必要的验算.....	249
第八节 港口机械液压传动系统实例.....	249

第三篇 液力传动

第十章 液力变矩器	260
第一节 液力变矩器的基本工作原理.....	260
第二节 液力变矩器的计算方程式、原始特性曲线和基本性能.....	268
第三节 液力变矩器的结构.....	273
第四节 液力变矩器与发动机的共同工作.....	282

第五节	液力变矩器的选择.....	287
第十一章	液力耦合器.....	291
第一节	液力耦合器的结构特点和工作原理.....	291
第二节	液力耦合器的特性.....	294
第三节	液力耦合器与发动机的共同工作.....	297
第四节	液力耦合器的结构和应用.....	298
附录一	常用单位换算表.....	304
附录二	液压系统用油液粘度换算表.....	306
附录三	液压图形符号(GB 786-76摘录).....	307
参考文献		310

第一篇 概 论

第一章 概 述

近代任何一部港口装卸机械都是由一系列不同的工作机构所组成的，而工作机构通常又是由原动机（电机、内燃机）、传动装置、工作装置、制动装置和操纵装置等组成。如电动起重机的起升机构（图1-1）是由电动机1（原动机）、联轴器2和5、齿轮减速器4（传动装置）、制动器3（制动装置）以及起升卷筒6、钢丝绳7和吊钩夹套8（工作装置）等组成。

传动装置的功用是传递机械能和变换运动形式，即：1.把原动机的能量传递给工作装置；2.把原动机的旋转运动转换成工作装置所要求的运动状态（即变速、调换运动方向、把旋转运动转换成直线运动）。

二十世纪六十年代以前的港口装卸机械，主要采用以齿轮传动为代表的啮合传动装置型式，因为它具有工作可靠、传动效率高、制造方便等优点。但这类传动有结构复杂、笨重、不易调速、远距离操作困难和安装位置严格等缺点。随着对港口装卸机械性能和生产率要求的日益提高，如要求简化机构，减轻重量，提高工作速度，自动防止过载，减少起制动的动载荷，扩大调速范围，远距离控制，等等。这些要求与啮合传动之间产生了愈来愈深的矛盾，正是这种矛盾推动了港口装卸机械传动装置型式的不断发展。液体传动就是其中的一种。目前，液体传动已成为港口装卸机械传动装置的主要型式之一。

所谓液体传动就是利用液体作为工作介质来传递能量和进行控制的一种传动方式。液体传动按其工作原理不同又分为液压传动与液力传动两种。下面分别介绍其工作原理。

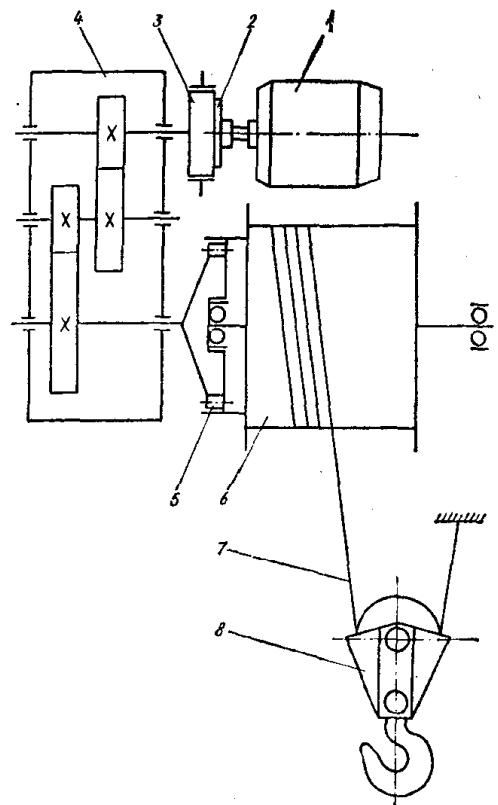


图1-1 电动起重机的起升机构
1-电动机；2-弹性柱销联轴器；3-制动器；
4-齿轮减速器；5-齿形联轴器；6-起升卷筒；7-钢丝绳；8-吊钩夹套

第一节 液压和液力传动的工作原理

一、液压传动的工作原理、液压系统的组成和液压系统图

1. 液压传动的工作原理

为了说明液压传动的工作原理，我们先讨论一个最简单的起重机械——液压千斤顶。

图1-2a)为液压千斤顶的结构原理图，b)为它的工作原理图。

液压千斤顶利用两只大小液压缸2和9，大小缸内充满工作油并通过内部通路5相互连

通形成一个密闭的工作空间。

小缸9中装有柱塞8，用来完成吸油和压油；大缸2中装有柱塞1，用来升降重物。吸油单向阀7只允许油槽中的工作油进入小缸9而不允许小缸中的油液返回油槽；压油单向阀4的功用则是允许小缸下腔的油液压入大缸2而不得反向流动。开闭阀3可用来接通或切断大缸2与油槽之间的油路。

当开闭阀3处于关闭位置时，如用力下压手柄杠杆10，小缸柱塞8就在力 F_1 作用下以速度 v_1 向下移动，小缸下腔内

容积变小。由于油液的不可压缩性（严格说，压缩性很小），受压油液便打开压油单向阀4流进大缸2，推动大缸柱塞以速度 v_2 顶起重物 W ，从而完成能量的传递。当提起杠杆10小缸柱塞向上运动时，缸内容积增大，油槽中的工作油在大气压力作用下通过吸油单向阀7进入小缸9。此时压油单向阀4自动处于关闭状态，防止了大缸内工作油向小缸的倒流和重物的下跌。当再次下压手柄杠杆时，又重复前一次的动作，如此不断提、压杠杆10，就可不断地提升重物。而重物或大缸柱塞的下降是在打开开闭阀3接通大缸底腔与油槽之间的通路后实现的。

由此可见，液压千斤顶是利用受压液体在大小缸与管路构成的密闭系统内的流动来完成能量传递的。输入的机械能（ F_1 、 v_1 ）首先转换成工作液体的压力能（我们把具有一定压力的流动液体称为它具有了压力能，压力能是以压力 p 和流量 Q 的乘积来表示的），再经管路输送到大缸后又重新转换成机械能（ F_2 、 v_2 ）输出。依靠受压油液在密闭系统中的流动来传递机械能正是液压传动的基本工作原理。这种传递力和运动的方式是以工作油（通常是矿物油）为介质借助于密闭空间的容积变化和油液的静压力来实现的，因此这种传动称为容积式液压传动，简称为液压传动。

如果把液压千斤顶中手动的向系统间断供油的小柱塞缸（实际上起“泵”的作用）换成由原动机驱动的可向系统连续供油的液压泵，并在液压泵与大缸之间设置压力油的控制和调节装置，就构成了一个普通的液压传动系统。下面介绍门座起重机变幅机构液压传动实例，以便对液压传动系统有个初步的了解。

图1-3表示变幅机构采用不同传动型式的港口门座起重机。图1-3a)中的变幅机构采用了齿轮和齿轮-齿条机械传动，而图1-3b)中变幅机构则采用了液压泵——液压缸组成的液压传动。图1-3b)所示液压传动变幅机构与图1-3a)所示机械传动变幅机构相比，所不同的是：臂架的摆动（变幅）不是通过电动机直接驱动齿轮减速器和齿轮-齿条传动等机械传动零件来完成的，而是借助于由电动机带动的液压泵输出的压力油驱动变幅液压缸并通过平衡梁、变幅小拉杆来实现的。为了便于讨论，我们先对该变幅机构液压传动系统作了某些简化。图1-4为把液压元件绘制成结构原理图表示的液压传动系统简图。

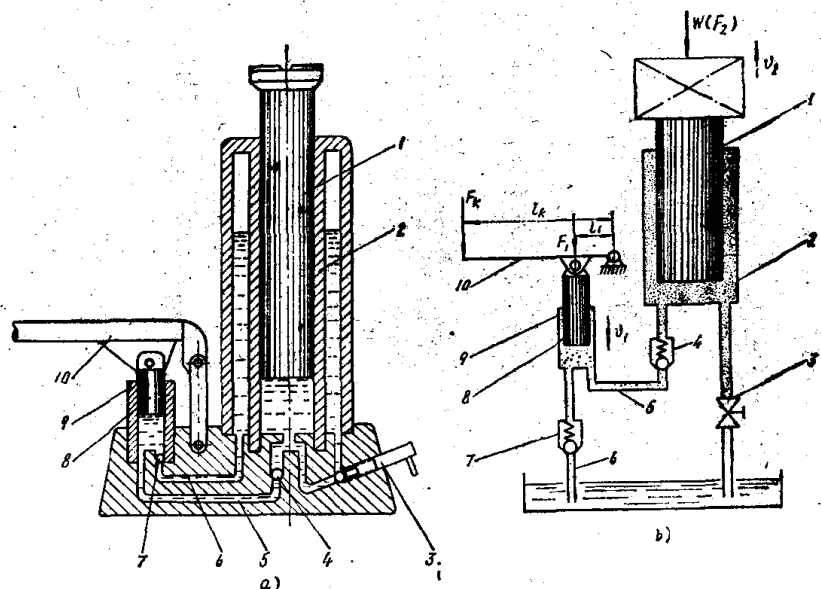


图1-2 液压千斤顶

a)结构简图；b)工作原理图

1-大缸柱塞；2-大柱塞缸；3-开闭阀；4-压油单向阀；5、6-内部油路；
7-吸油单向阀；8-小缸柱塞；9-小柱塞缸；10-手柄杠杆

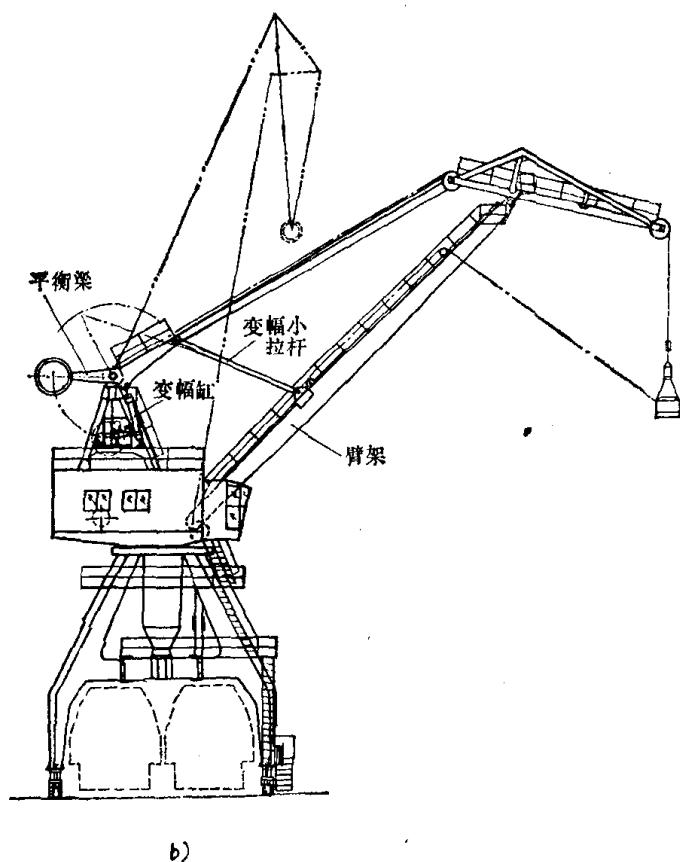
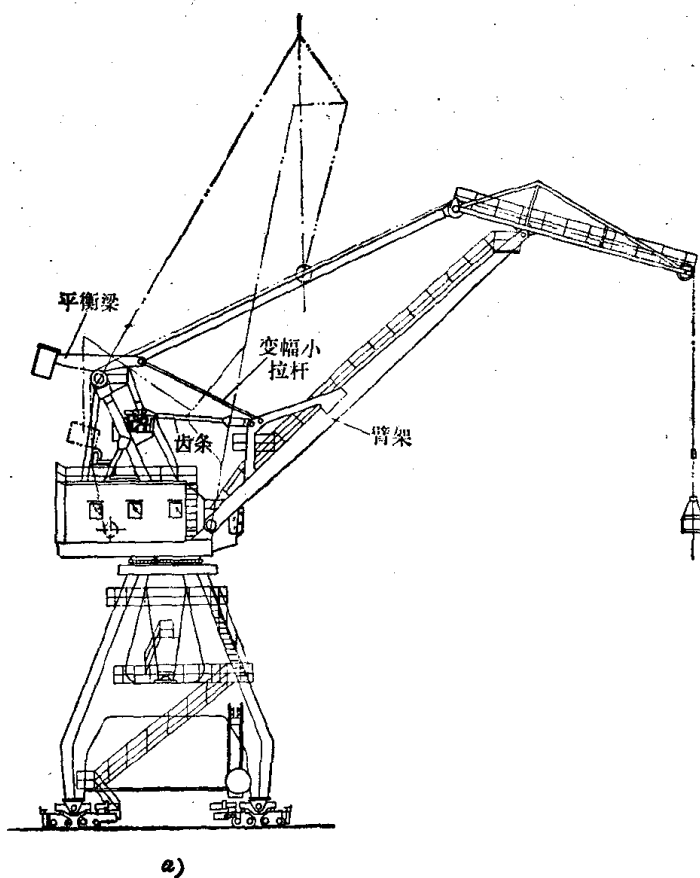


图1-3 港口门座起重机

a)变幅机构采用机械传动；b)变幅机构采用液压传动

当换向阀8的阀芯处于图1-4a)所示中位时，液压泵3排出的油液经换向阀内部油路6和回油管5返回油箱，泵卸荷。此时液压缸10的进出油路都被阀芯的凸肩封住，活塞杆停止

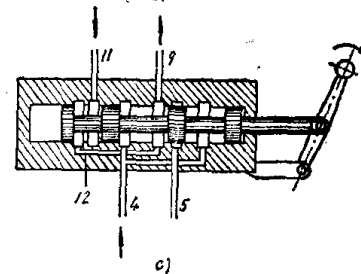
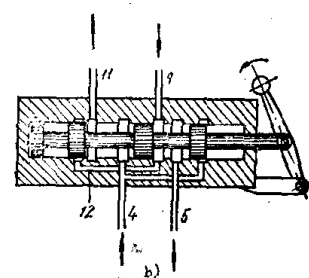
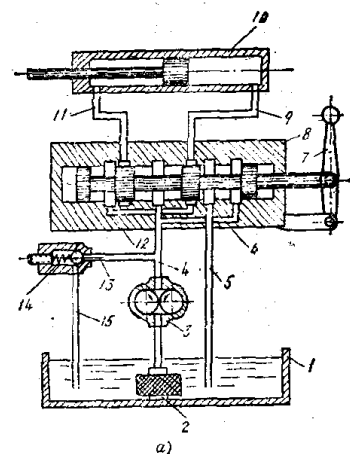


图1-4 用液压元件结构原理图

表示的液压传动系统简图

1-油箱；2-滤油器；3-液压泵；4、9、11、13-压力油管；5、15-回油管；6、12-换向阀内部油路；7-手柄；8-换向阀；10-液压缸；14-安全阀

液压泵3由电动机（图中未示出）带动旋转并从油箱1中吸油，它把油液增压后送往管路系统。泵3输出的压力油通过换向阀8的操纵，驱动液压缸10的活塞杆作伸缩运动，并通过平衡梁和变幅小拉杆带动臂架向内或向外运动（见图1-3b）。其中换向阀8用来改变液压缸10活塞杆的运动方向和臂架向内或向外变幅的运动方向。

不动，臂架被固定在相应于某一幅度的位置上。

当换向阀 8 的阀芯左移并处在图 1-4b) 所示位置时，液压泵 3 的卸荷通道堵塞，压力油经换向阀阀体内的环形油槽和油管 11 进入液压缸 10 的左腔。与此同时，液压缸 10 的右腔通过换向阀阀体右侧两条环形油槽与回油箱的油管 5 相通，液压缸 10 的活塞杆在压力油作用下缩回，随之完成起重机臂架的往外变幅运动，见图 1-3b)。

相反，当换向阀 8 的阀芯右移并处于图 1-4c) 所示位置时，泵 3 来的压力油便经换向阀 8、油管 9 进入液压缸 10 的右腔，液压缸左腔内的油液经换向阀内部通道 12 与泵来的压力油汇合并由油管 9 一起进入液压缸 10 的右腔而不返回油箱。由于活塞两边的有效面积不等，因此活塞杆在活塞两边不等压力作用下伸出，拉动臂架完成向内变幅运动。在后一种工况下，其所以让液压缸左腔（小腔）油液不返回油箱而直接进入液压缸右腔（大腔），是为了使门座起重机臂架向内和向外变幅速度接近相等。

门座起重机的臂架在变幅过程中要克服各种阻力，例如摩擦阻力、风阻力、臂架系统的不平衡力矩引起的阻力以及物品在臂架变幅过程中不作水平位移的附加阻力等。这些阻力都是由液压泵 3 输出的压力油对活塞的作用力来克服的。为了限制臂架变幅过程中的最大阻力，即限制液压系统中出现的最大压力，在泵的出口管路上并联了一只安全阀 14。它由一只钢球、一根弹簧、阀体和调节装置等组成。在通常情况下，安全阀 14 的钢球在左边弹簧力的作用下将阀口堵住，压力油不能通过安全阀。但由于某一原因（如活塞杆到达行程终点时）油液压力增大到能够克服弹簧的作用力而把钢球顶开时，压力油就通过安全阀 14 经油管 15 流回油箱；油液压力就不再继续升高。因此，调节安全阀的弹簧压紧力就可调节压力油顶开安全阀钢球时压力的大小，从而限制了液压泵输出油液的最高压力。

图中 2 为网状滤油器，液压泵从油箱吸进的油液先经滤油器滤清，以保护液压泵。油箱 1 的作用主要是储油和散热。

2. 液压传动系统的组成

根据以上所述，液压传动的基本原理是：液压泵由电动机（或内燃机）驱动旋转输出压力油，即把电动机供给的机械能转换成油液的压力能，然后压力油经管路系统和一些控制调节装置（阀）进入液压缸（也可以是液压马达），使液压缸活塞杆伸缩（或液压马达旋转）而带动工作机构运动（这里是臂架摆动机构），从而将油液的压力能重新转换成机械能。

为了实现能量的传递，液压传动系统除工作介质——液压油以外，应由以下四部分组成：

1) 动力元件——液压泵。它向系统供给压力油，是将原动机输出的机械能转换成液体压力能的一种装置。

2) 执行元件——液压缸和液压马达。两者都是将输入的液体压力能转换成机械能输出的一种装置。其中液压缸在压力油作用下作直线运动，而液压马达则是作旋转运动。

3) 控制元件。它包括压力阀、流量阀、方向阀三大类，如溢流阀、调速阀、换向阀等。这些元件用来控制和调节液压系统的压力、流量和液流方向，以满足机械运动和性能的要求。

4) 辅助元件。它包括油箱、油管以及管接头、滤油器、蓄能器、冷却器等。这些元件在液压系统中所起的作用各不相同。如油箱起储存和冷却油液的作用，油管起输送油液的作用，滤油器则起滤清油液的作用。对于液压系统来说，有些辅助元件是必不可少的，如油箱、滤油器、油管等，有些则是为了改善传动装置的品质加设的，设计时应根据具体情况而定。

3. 液压系统图和图形符号

一个液压传动系统是由许多液压元件组成的，而这些元件是按一定的要求通过油管连接起来的。将这个液压系统反映在书面上，便形成一个液压传动系统图。通过液压系统图可以了解整个系统的工作原理和液压元件的工作情况。

液压传动系统图有两种表示方法。一种是以各液压元件的结构原理图来表示，如图1-4所示；另一种是采用液压元件的职能符号来表示。用前一种方法表示的液压系统图直观性强，元件结构和动作原理容易理解，便于分析和检查元件的故障，但图形比较复杂，绘制起来很不方便。为了简化液压系统图的绘制，我国采用后一种方法表示的称为职能符号式的液压系统原理图。在这种液压系统原理图中，液压元件都用相应规定的符号表示。这些符号表示了元件的职能和连接系统的通路，并不表示元件的具体结构、性能参数、尺寸以及元件在机器中的实际安装位置。我国对各种液压元件采用的图形符号已在国家标准《液压系统图图形符号》(GB786-76)中作了规定，详见附录三，应用时需按国标中的规定绘制。当采用国标中未规定图形符号的液压元件时，可根据上述标准的原则和所列图例的规律性进行派生。目前，世界上大多数国家都是采用元件的职能符号来表示液压系统原理图的，而且元件符号和我国规定的基本相同。

若把图1-4所示的液压系统原理图改用职能符号来表示，则如图1-5所示。为了便于对照，图中元件和管路编号与图1-4中所示的一致。

根据我国液压系统图图形符号(GB786-76)规定，系统原理图中的液压元件均以元件的静止位置(如压力控制阀)或零位(如方向控制阀)加以表示。所以图1-5a)中的三位四通换向阀8是处于未加操纵的中间位置，即零位状态。此时液压泵3输出的油液经换向阀8的内部通道返回油箱，因而泵处于卸荷状态，液压缸的进出油腔被换向阀的阀芯封住，活塞杆停止不动。当操纵手柄7将换向阀阀芯推向左位时，油路连通情况如图b)所示。此时管路11接通泵的压力油(符号图中用箭头表示油流方向)，管路9连通油箱，液压缸10的活塞杆向右缩回。反之，操纵手柄将换向阀阀芯拉到右位时，油路连通情况则如图c)所示，活塞杆即可实现换向而向左伸出。图1-5a)中的14为安全阀。安全阀上的虚线表示控制油路；当液压泵3输出油液的压力升高到某一数值时，安全阀阀芯在控制油路中压力油的作用下克服弹簧力后被压下，压力油管和回油管连通，压力油溢流，从而防止了液压系统过载。

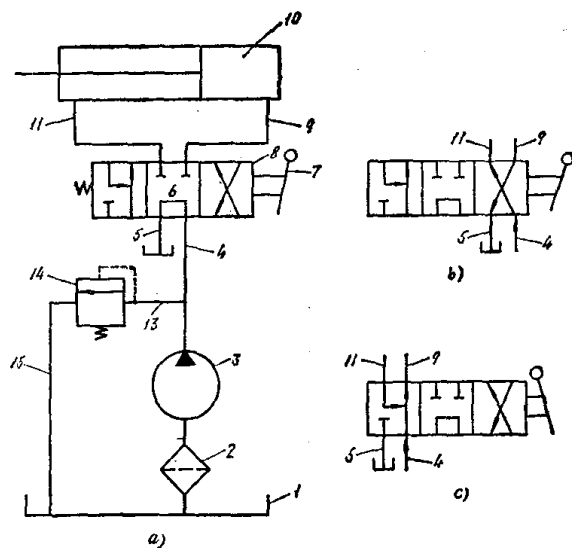


图1-5 用职能符号表示的液压系统原理图

二、液力传动的工作原理

液力传动是另一种形式的液体传动。按照工作原理它不同于上述的利用液体压力能来传递能量的液压传动。液力传动主要是利用液体的动能来传递机械能。图1-6为液力传动原理图。

这种传动实际上是由离心泵和涡轮机组成的系统。发动机1带动离心泵2高速旋转，离心

泵通过进水管 9 由贮水槽 8 吸入液体，液体质点在离心泵工作轮内加速获得动能，即离心泵 2 是将发动机 1 的机械能主要转换成液体动能的装置。由离心泵输出的高速液体经由连接管路 3、导向装置 4 进入涡轮机 5、冲击涡轮机的工作轮叶片，从而使涡轮机旋转并由输出轴 6 向外输出机械能，驱动工作机构运动。由涡轮机排回的液体速度降低，动能减少，并经排水管 7 返回贮水槽 8。由此可见，涡轮机 5 是将液体的动能重新转换成机械能的装置。因此，通过工作液体和离心泵与涡轮机的组合即可实现能量的传递。

因为离心泵和涡轮机的效率较低，再加上连接管路等处的能量损失，传动系统的总效率一般低于 0.7，因此液力传动在实际应用中是把离心泵工作轮（泵轮）与涡轮机工作轮（涡轮）和导向装置相互靠近综合在同一壳体内，省去中间的连接管路、进水管和贮水槽，工作液体由水改成矿物油，这样就成了效率较高的现代液力传动装置中的一个主要元件——液力变矩器，如图 1-6 中 A 和图 1-7 所示。

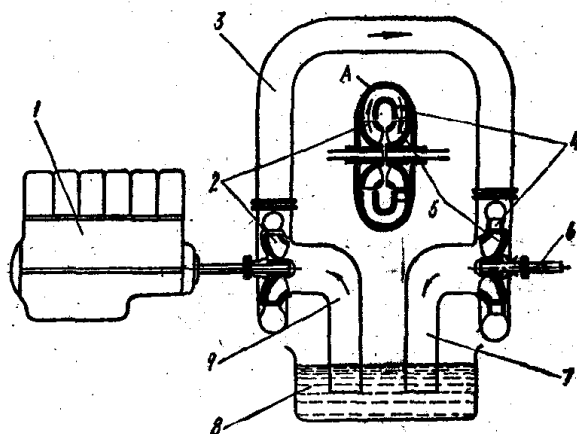


图1-6 液力传动原理图

1-发动机；2-离心泵的工作轮；3-连接管路；4-导向装置；5-涡轮机的工作轮；6-输出轴；7-涡轮机的排水管；8-贮水槽；9-离心泵的进水管

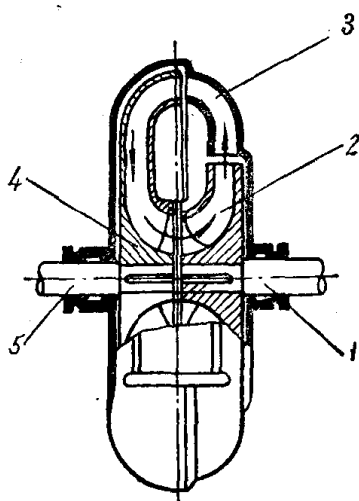


图1-7 液力变矩器

1-主动轴；2-泵轮；3-导向轮；4-涡轮；5-从动轴

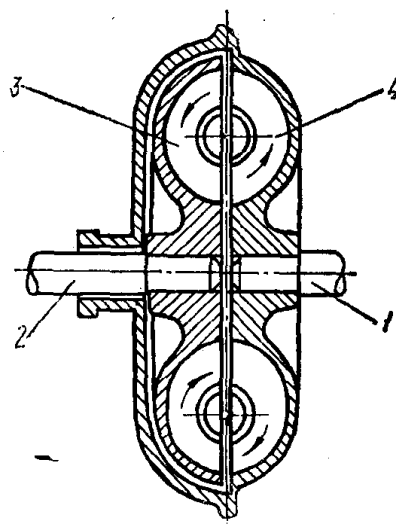


图1-8 液力偶合器

1-主动轴；2-从动轴；3-涡轮；4-泵轮

如果在结构上取消泵轮与涡轮之间的导向（轮）装置，液体质点只是在由泵轮和涡轮组成的循环圆通道内运动，就成了液力传动装置的另一个主要元件——液力偶合器，如图 1-8 所示。

事实上，液力传动元件与液力传动原理图（图 1-6）所示的结构有很大差别，其工作情况也有不同。这里以液力偶合器为例对液力传动装置的工作情况，即工作液体怎样把能量由泵轮传给涡轮作一简单说明。

液力偶合器（图 1-8）是一种最简单的液力传动装置。它仅由两个主要部件组成：固定在主动轴 1 上的泵轮（主动轮）4 和固定在从动轴 2 上的涡轮（从动轮）3。两个工作轮之间没有任何机械联系，且以 3~15 毫米的间隙彼此隔开。泵轮和涡轮的叶片通常是平面径向式的，见图 1-9。

发动机带动泵轮旋转，充填于泵轮内的工作液体在离心力作用下，在叶片通道内由旋转半径较小的泵轮入口处（内缘）流到旋转半径较大的泵轮出口处（外缘），发动机的能量传给液体使之获得动能。具有动能的工作液体在泵轮出口处进入涡轮，并把动能传给涡轮，涡轮以机械能的形式输出对外作功。与此同时，工作液体由旋转半径较大的涡轮入口处（外缘）流向旋转半径较小的涡轮出口处（内缘），并返回泵轮形成循环流动。



图1-9 液力耦合器工作轮
1-泵轮；2-涡轮；3-旋转外壳

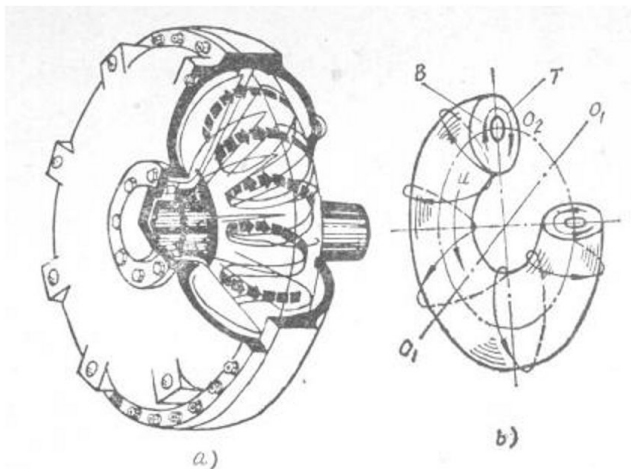


图1-10 液流的螺旋运动示意图

由上可见，由两个工作轮所组成的循环空间内的工作液体除了绕工作轮轴线 O_1 进行旋转运动（即牵连运动）以外，液体质点还要在工作轮叶片的通道内绕轴线 O_2 进行环流运动（相对运动）。因此，液体质点的绝对运动是一种螺旋运动，如图1-10所示。进行螺旋运动的液体质点不断地把能量从泵轮传给涡轮。液力耦合器之所以能传递能量，正是由于工作液体作螺旋运动的结果。所以没有环流运动，也就无法传递能量。液力耦合器中形成环流的条件是泵轮与涡轮之间存在着转速差，详见第十一章。

液力耦合器在稳定运转条件下，如略去旋转外壳的空气摩擦阻力和轴承处的摩擦阻力等，则主动轴作用在泵轮上的力矩等于涡轮作用在从动轴上的力矩。

在液力变矩器（图1-7）中，除泵轮2和涡轮4以外，还有固定的导向轮3。变矩器工作轮的叶片通常都做成弯曲形状。工作液体在液力变矩器中的运动也是一种螺旋运动，只是与液力耦合器相比其运动情况要复杂些。以后可以看到，由于固定导向轮的存在，主动轴与从动轴上的力矩不再相等，两者之差等于导向轮作用在液体上的力矩值。

液力变矩器与液力耦合器将在第十和第十一章中详细说明。

第二节 液压和液力传动的主要特点

目前，液压和液力传动之所以在各个工业部门得到迅速发展和广泛采用，是因为这种传动相对于机械传动和电传动等具有许多优点。下面介绍港口装卸机械采用液压与液力传动的主要优缺点。

一、液压传动的主要优缺点

液压传动的主要优点如下：

1. 可简化结构，减轻重量。这是因为动力元件（液压泵）与执行元件（液压缸、液压马达）根据机械的要求在空间上可任意分开布置，相互之间只需用油管加以连接。例如把液压泵尽量靠近发动机，而执行元件靠近工作机构，操纵机构或手柄可放置于司机室，这种很大的安装自由度大大降低了严格的安装要求，同时对机器总体布置、装配、检修工作极为有

利。尤其是受较大载荷作用的短行程往复运动机构（如起重机的变幅机构、集装箱跨运车的升降机构等）和起重机低速旋转的工作机构（如起升机构、旋转机构等）在分别采用液压缸和低速大扭矩液压马达直接驱动后，在通常情况下可省去一系列的传动部件，如齿轮（或蜗轮）减速装置、换向装置、制动装置、联轴器、摩擦离合器、绳索卷筒等，这样不但简化了结构，而且使机械的重量大大减轻。

液压传动是通过液体的静压力来传递力和力矩的，只要提高系统的工作压力和增大执行元件的承压面积，便可获得很大的输出力和输出力矩，因此它与传递相同功率的机械传动相比，重量和尺寸都大大减小。这对于流动式起重机极为有利。

此外，对于内燃机驱动的流动式装卸机械，采用液压传动后可非常方便地实现由一台原动机同时驱动几个工作机构，且使结构大为简化。

2.可方便地实现大范围的无级调速和微速，如液压传动中通过调节变量泵的排量就可使执行元件得到无级调速。控制方法与电气控制相比非常简单，成本低。对于起升机构，通过合理设计可获得工作速度随外载荷大小而自动变化的“软”特性，即轻载时高速，重载时低速。对于港口装卸机械，还可合理地进行各种运动和速度的组合（如起升-旋转、起升-变幅），从而缩短货物的装卸时间。

对于门机等变幅机构，一般都要求货物作水平位移，但不管是刚性四连杆和挠性曲线象鼻梁的组合臂架系统，还是采用平衡滑轮组的简单臂架系统，在采用机械传动时，由于最小幅度下货物的瞬时变幅速度都显得过大，因此制动时造成货物的剧烈摆动和碰撞司机室等情况。变幅机构采用液压传动后，臂架在最小幅度下的瞬时最大速度可大大降低，从而提高了工作可靠性。此外，液压传动能迅速实现装卸就位时所需的微速要求，这样，在港口装卸中尤其在船舱内进行装卸时就能可靠地防止货物或臂架与障碍物碰撞带来的事故。

3.易于实现安全保护，提高机械的工作可靠性。港口装卸机械的工作特点之一是工作过程中可能经常发生过载，造成机械零件损坏或电动机烧坏以致造成严重事故。在液压传动系统中只要设置一只限制系统最大压力的安全阀，就能自动地进行过载保护；或者通过相应设计就能自动限制起重机的最大载重力矩。此外，各运动摩擦面通过工作油液而自行润滑，也提高了元件使用寿命，增加了工作可靠性。

4.由于液压泵和液压马达的转动惯量小，加速性能好，因此可很好地适应港口装卸机械的工作特点，缩短了工作循环时间；起动和制动平稳，尤其是液压传动能方便地实现低速起动，与电力传动相比，大大减少了惯性力，从而减小了起升机构起动中货物离地时的冲击力，降低了起重机的动载荷，这对于传动零件和起重机的金属结构都是极为有利的。

5.操纵简单、轻便和灵活，无需专门训练即可掌握，且便于遥控和实现自动化。

6.液压传动中的液压元件在采用标准化、系列化、通用化的标准产品后，可大大缩短机械的生产周期和降低制造成本。

液压传动的主要缺点如下：

1.液压传动效率比机械传动效率低。这是由于能量的传递是通过工作油进行两次能量转换，因而除了机械摩擦损失外，还有油液的内外泄漏所造成的容积损失和油液在管路系统中流动所造成的压力损失的缘故。这也正是机械传动还不能全部被液压传动取代的主要原因之一。

2.液压元件的加工制造精度要求较高。这是因为对减少油液泄漏和零件运动副之间的摩擦以及零件配合面之间的间隙和装配要求都非常严格的缘故。因而导致了液压元件较高的生

产成本。

3. 系统的调试和维修要求较高的技术水平。与机械传动相比,发生故障不易检查和排除。

4. 设计使用不当时,容易产生漏油现象。

由上述可见,对于港口装卸机械,液压传动的优点是主要的,某些缺点也是可以通过生产实践逐步克服的。如液压元件的制造精度和生产成本会随着液压件的“三化”和集中生产而得到改善。液压传动效率在采用组合式、集成式元件和新型密封装置后可以得到提高。又如液压传动的使用和维修技术随着液压传动的不断普及和推广也可以解决。因此可以相信,液压传动在港口装卸机械中必将得到愈来愈广泛的应用。

二、液力传动的主要优缺点

港口装卸机械中的液力传动通常是作为机械主传动系中的一个环节,即由液力变矩器或液力偶合器和机械传动一起组成液力机械传动装置。换言之,液力传动与液压传动不同,液力变矩器或液力偶合器并不单独构成一个独立的传动系统,而只是作为其中的一个环节组成液力机械传动装置来达到改善装置的性能和防止原动机过载的目的。

采用液力变矩器的集装箱跨运车传动系统原理图如图1-11所示。发动机1的动力经传动轴2→分动箱3→后传动轴4→液力变矩器5→液压变速箱6→前传动轴7→差速器8→传动轴,再通过链传动传到车轮10推动跨运车行驶。

液力传动在港口装卸机械特别是内燃机驱动的流动式装卸机械中得到了广泛的采用。它的主要优点如下:

1. 装有液力变矩器的机械具有自动适应性。液力变矩器在外载荷增大时能自动降低转速而增大力矩,使工作装置能够克服增大了的外载荷;而在外载荷减小时则能自动增加转速而减小力矩,提高工作装置的速度。这一点对于装卸机械的工作特别有利。它可随装卸工作地点路面条件在发动机力矩和转速不变或变化不大的情况下自动地改变机械的行驶速度和牵引力,从而可充分地发挥发动机的功率,提高机械的装卸生产率。尤其是装载机这类靠牵引力进行装载作业的机械,在铲料过程中可随阻力的增大自动增加铲入力,即使外阻力增大到不能继续铲入,发动机由于仍在稳定工况下运转,因而防止了发动机过载,保证了机械的正常工作。

起重机起升机构传动系统中装有液力变矩器后也可获得起升速度随载荷大小而自动调节的良好特性,除提高了发动机功率利用率和机械的装卸生产率外,在一般情况下还可省去一套副起升机构。

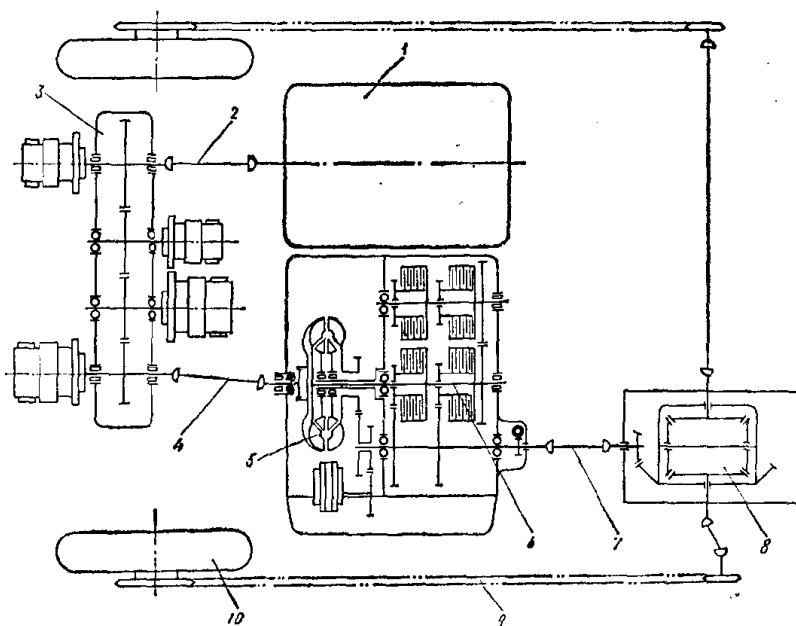


图1-11 集装箱跨运车的传动系统原理图

1-发动机; 2-发动机传动轴; 3-分动箱; 4-后传动轴; 5-液力变矩器;
6-液压变速箱; 7-前传动轴; 8-差速器; 9-链传动; 10-车轮

2.提高了机械的使用寿命。由于液力传动的工作介质是矿物油,而且液力传动元件各工作轮之间无直接的机械联系,因此能吸收发动机传来的扭转振动和消除工作装置传来的冲击与振动。同时,由于采用液力传动后可平稳起动,降低了作用在工作装置中的动力载荷,有效地防止了发动机和工作装置的过载,从而大大延长了机械的使用寿命。这对提高工作条件较为恶劣的机械(如装载机等)的使用寿命是极为有效的。

3.简化操纵,改善了司机的工作条件。装有液力传动的机械可省去对操作强度较大的离合器的操作,且液力变矩器本身是一个无级变速器,通过改变油门大小改变发动机的转速便可在较大范围内实现无级变速,因而减少了机械变速箱的档数。加之采用了动力换档装置,换档操纵轻便,因此大大减轻了司机的劳动强度。此外,因吸收和减少了振动和冲击,也提高了机械行驶时的舒适性。

液力传动的主要缺点是,与一般机械传动相比,结构比较复杂,成本也较高。此外,液力变矩器本身的效率也较低。

根据以上所述,液力传动在港口装卸机械中尤其是内燃机驱动的装卸机械中有着广阔的应用前途。

第三节 液压和液力传动在 港口装卸机械中的应用

如上所述,液压和液力传动具有一系列独特的优点,可很好地满足港口装卸机械的工作要求。从本世纪五十年代起,液压和液力传动就在国外的港口机械中得到了普遍的采用。

目前,我国除已系列生产港口常见的液压传动的中,小型叉式装卸车和斗式装载机以外,液压传动的大吨位集装箱叉式装卸车、集装箱跨运车、装卸集装箱的大吨位汽车起重机以及轮胎起重机、斗轮式堆取料机、门座起重机、浮式起重机、连续输送机等都已制造成功,有的已开始小批量生产。

随着港口装卸工艺的变更而发展起来的集装箱搬运机械,除上述供集装箱装卸用的叉式装卸车,跨运车和汽车起重机采用液压传动外,集装箱吊具的伸缩和水平旋转、前后和左右倾斜以及锁紧等动作也都是通过液压操纵来完成的。

在内燃机驱动的港口机械转向系统中普遍采用了液压助力装置,从而使机械转向操纵简单、轻巧,大大改善了司机的操作条件。

液力传动应用于港口机械虽然较迟,但发展也很迅速。目前,我国除中小型叉式装卸车和各种斗容量的斗式装载机广泛采用液力传动以外,还在大起重量的集装箱叉式装卸车、集装箱跨运车、轮胎起重机、带式输送机和链板输送机等上也成功地采用了液力传动。

因液压和液力传动各自具有不同的特点,因此它们有时可分别被采用在同一台机械的不同工作机构中。如斗式装载机、跨运车的运行系统中采用了液力机械传动装置,而工作装置部分都采用了液压传动,从而使整机的性能更臻完美。

此外,液压和液力传动本身是一门比较年轻的新技术,尚有不少问题有待解决。如我国目前生产的各类液压元件不但数量满足不了需要,而且质量也不够稳定,使用寿命一般都较短;密封件和液压油的质量也不能满足使用要求。又如液力传动元件的系列化设计和生产还有待进一步完善。目前可供设计和使用部门直接选用的产品不论在品种和性能上,还是在传