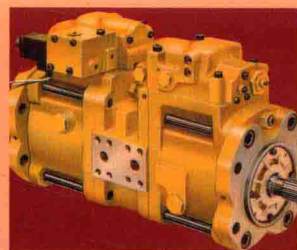


高技能人才培养创新示范教材

# 工程机械液压传动

GONGCHENG JIXIE YEYA CHUANGDONG



主 编 罗亚利 龚明华  
副主编 钱星宇 蒋慧杰  
主 审 严成文

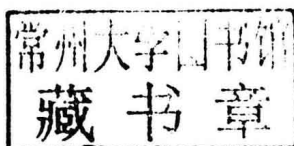


人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

高技能人才培养创新示范教材

Gongcheng Jixie Yeya Chuandong  
**工程机械液压传动**

主 编 罗亚利 龚明华  
副主编 钱星宇 蒋慧杰  
主 审 严成文



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书是高技能人才培养创新示范教材,主要包括液压传动基本认知,工作介质基本认知,外啮合齿轮泵的构造与拆装,叶片泵的构造与拆装,柱塞泵的构造与拆装,执行元件构造、原理与拆装,方向控制阀的构造、原理与图形符号,压力控制阀构造、原理与图形符号,流量控制阀构造、原理与图形符号,辅助元件基本认知和液压基本回路的认知与搭建。

本书可作为中职院校工程机械类相关专业课程的教材,也可作为工程机械类高技能人才的培训用书,还可供相关技术与管理人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程机械液压传动 / 罗亚利, 龚明华主编. —北京:  
人民交通出版社股份有限公司, 2015. 11

高技能人才培养创新示范教材

ISBN 978-7-114-12534-8

I. ①工… II. ①罗… ②龚… III. ①工程机械—液  
压传动—教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 243268 号

书 名: 工程机械液压传动

著 者: 罗亚利 龚明华

责任编辑: 戴慧莉

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11

字 数: 275 千

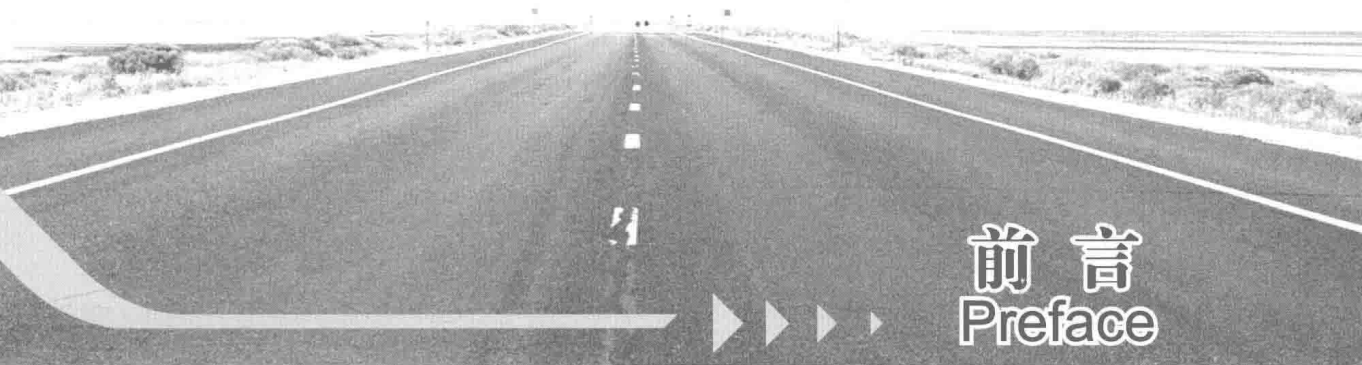
版 次: 2015 年 11 月 第 1 版

印 次: 2015 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12534-8

定 价: 26.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



## 前言 Preface

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》精神,按照《国家高技能人才振兴计划》的要求,深化职业教育教学改革,积极推进课程改革和教材建设,满足职业教育发展的新需求,着重高技能人才的培养,依据公路工程机械运用与维修、工程机械技术服务与营销和工程机械施工与管理三大专业的教学计划和课程标准,我们组织行业专家及各校一线教师编写了这套补充教材。

本套教材适用于公路工程机械类专业高级工和技师层次全日制学生培养及社会在职人员培训,具有以下特点:

(1)本套教材开发基于实际工作岗位,通过提炼典型工作任务,形成专业课程框架、教学计划及课程标准,切合职业教育教学的特点,符合培养技能型人才成长的规律。

(2)本套教材在编写模式上部分实践性较强的课程采用了任务引领型模式进行编写,有利于任务驱动式教学方法的使用,便于培养学生自我学习、搜集信息、解决问题等方面的核心能力。

(3)本套教材在内容选取方面多数课程打破了传统教材学科知识体系的结构,但也考虑了知识和技能的连贯性和整体性,同时也保持了知识和技能选取的先进性、科学性和实用性。

《工程机械液压传动》是工程机械运用与维修和工程机械施工与管理专业的核心必修课程,也可作为公路工程机械技术服务与营销的拓展课程。本书着重针对工程机械液压元件拆装等实际工作的要求,设置了11个教学项目,共30个学习任务。编写采用理实一体化的教学模式,在一体化教室中实施。任



务的编排按照先进行拆装、再掌握原理的方式,由浅入深,符合学生的认知规律。通过学习和实践,使学生能够独立进行基本液压元件的拆装,掌握基本元件的结构、原理及符号,并能搭建基本的液压回路,整个教学内容有较强的针对性和实用性。

本书由浙江公路技师学院罗亚利、龚明华担任主编,钱星宇、蒋慧杰担任副主编,严成文担任主审。具体编写情况如下:项目一、项目三、项目四、项目七、项目十由罗亚利编写,项目二、项目五、项目八、项目九由龚明华编写,项目六由蒋慧杰编写,项目十一由钱星宇编写。在编写过程中得到了杭州小松工程机械有限公司、杭州卡特皮勒工程机械有限公司等一线专家的支持与帮助,在此表示感谢。

由于编审人员的业务水平和教学经验有限,书中难免有不妥之处,恳切希望使用本书的师生和读者批评指正。

编者  
2015年4月



# 目录 Contents

项目一 液压传动基本认知 .....	1
学习任务 1 液压基本型透明试验台的动作演示与分析 .....	1
学习任务 2 绘制基本型液压试验台的液压系统图 .....	7
学习任务 3 根据绘制的系统图搭建液压基本回路 .....	13
项目二 工作介质基本认知 .....	19
学习任务 4 认识液压油的标号 .....	19
学习任务 5 认识液压油的物理性质 .....	23
学习任务 6 选用液压油 .....	28
项目三 外啮合齿轮泵的构造与拆装 .....	32
学习任务 7 CBG 单联外啮合齿轮泵的构造与拆装 .....	32
学习任务 8 双联外啮合齿轮泵的构造与拆装 .....	38
学习任务 9 外啮合齿轮泵工作原理演示与结构分析 .....	42
项目四 叶片泵的构造与拆装 .....	48
学习任务 10 双联双作用叶片泵的构造与拆装 .....	48
学习任务 11 双作用叶片泵工作原理与结构分析 .....	52
学习任务 12 认识单作用叶片泵 .....	56
项目五 柱塞泵的构造与拆装 .....	61
学习任务 13 固定斜盘式轴向柱塞泵的构造与拆装 .....	61
学习任务 14 K3V 型双联轴向变量柱塞泵的构造与拆装 .....	66
项目六 执行元件构造、原理与拆装 .....	76
学习任务 15 齿轮马达构造、原理与拆装 .....	76



学习任务 16	柱塞马达构造、原理与拆装 .....	80
学习任务 17	单杆双作用式活塞缸构造、原理与拆装 .....	85
<b>项目七</b>	<b>方向控制阀的构造、原理与图形符号 .....</b>	<b>90</b>
学习任务 18	止回阀构造、原理与图形符号 .....	90
学习任务 19	换向阀构造、原理与图形符号 .....	97
<b>项目八</b>	<b>压力控制阀构造、原理与图形符号 .....</b>	<b>106</b>
学习任务 20	溢流阀构造、原理与图形符号 .....	106
学习任务 21	减压阀、顺序阀、压力继电器的构造、原理与图形符号 .....	112
学习任务 22	绘制多路组合阀的图形符号 .....	119
<b>项目九</b>	<b>流量控制阀的构造、原理与图形符号 .....</b>	<b>123</b>
学习任务 23	节流阀、止回节流阀构造、原理与图形符号 .....	123
学习任务 24	调速阀构造、原理与图形符号 .....	129
学习任务 25	绘制装载机主控实物阀的图形符号 .....	134
<b>项目十</b>	<b>辅助元件基本认知 .....</b>	<b>137</b>
学习任务 26	油箱、蓄能器的基本认识 .....	137
学习任务 27	滤油器、密封元件基本认知 .....	142
<b>项目十一</b>	<b>液压基本回路的认知与搭建 .....</b>	<b>149</b>
学习任务 28	搭建方向回路并分析 .....	149
学习任务 29	搭建压力回路并分析 .....	156
学习任务 30	搭建调速回路并分析 .....	162
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>170</b>

# 项目一 液压传动基本认知

## 学习任务1 液压基本型透明试验台的动作演示与分析



### 知识目标

1. 理解液压传动在机械整个动力传递过程中的地位和作用；
2. 理解液压传动的工作原理。



### 技能目标

1. 会起动和操作基本型透明试验台；
2. 能够掌握基本型液压试验台的油路连接关系。



### 建议课时

- 2 课时。



## 任务描述

小明和斌斌第一次来到液压实训室,东看看西瞧瞧,感到一切都很新奇。他们看到了一台标示着液压基本型透明试验台的设备,就想动手操作一下。老师告诉他们,今天的学习任务就是学会操作和分析这台透明型试验台。

### 一 理论知识准备

#### 1 传动的主要形式

传动机构是机械的一个重要组成部分,它的作用是将内燃机、电动机的动力传递给工作装置,实现机械的功能。传动形式有很多种,常见的有四种:机械传动、电力传动、气压





传动、液压传动。

## 1) 机械传动

机械传动是指利用机械方式传递动力和运动的传动。分为两类：一是靠机件间的摩擦力传递动力的摩擦传动，如带传动、摩擦轮传动、螺旋传动；二是靠主动件与从动件啮合传递动力或运动的啮合传动，如齿轮传动、链传动等。

## 2) 电力传动

电力传动是使用伺服电动机作为动力源，由滚珠丝杠和同步带等组成结构简单而效率很高的传动机构。具有控制精确度高、节省能源、噪声小、成本低、能实现精密控制等特点。

## 3) 气压传动

气压传动是以气体作为工作介质进行能量传递和控制的一种传动方式。气压传动以空气作为工作介质，不会污染环境，易于维护，可实现自动过载保护，且在易燃、易爆、多尘埃、辐射、强磁、振动、冲击等恶劣环境中，气压传动仍然是安全可靠的，环境适应性很好。

## 4) 液压传动

液压传动是以液体为工作介质，利用液体的压力能进行能量传递的传动方式。所谓压力能，是指液体能流动并具有一定的压力，能对外做功。液压传动是现代传动与控制的先进技术之一，在工程机械、建筑机械、机床、汽车制造、冶金矿山等工业领域，得到了非常广泛的应用与普及。

## 2 液压传动的工作原理

液压传动是以液体为工作介质，利用静压传递原理来工作的。其传动原理可以用液压千斤顶来说明。液压千斤顶外观如图 1-1 所示，液压千斤顶工作原理如图 1-2 所示。



图 1-1 液压千斤顶外观图

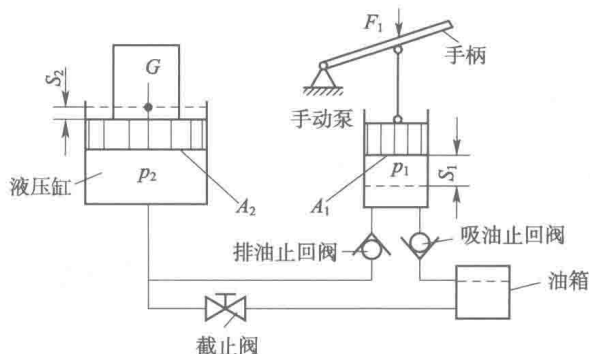


图 1-2 液压千斤顶工作原理图

液压千斤顶的工作过程：当手柄带动小活塞向上运动时，小油缸与小活塞形成的容积增大形成局部真空，排油止回阀关闭，油箱中的油液在大气压力的作用下，顶开吸油止回阀，进入小油缸中，这是吸油的过程。当手柄往下压时，吸油止回阀关闭，小油缸中的油液在压力的作用下顶开排油止回阀，进入大油缸中，这是排油过程。当操作手柄上下往复运

动时,千斤顶顶起的负载就不断上升。当需要大油缸的活塞停止时,使手柄停止运动,此时,排油止回阀在液压力作用下关闭,大油缸的活塞就锁定不动,截止阀关闭,当大油缸的重物需要放下时,打开截止阀,油液在重力的作用下经过截止阀流回油箱。

从我们操纵液压千斤顶的经验可以知道:

(1)如果液压千斤顶没有顶起重物时,手柄向下压的力就很小,压起来很省力,如果千斤顶在顶重物时,手柄向下压的力就很大,压起来就很费力,而且重物越重,压起来越费力,这也就是说,手柄需要施加多大的力是取决于要顶起多重的重物的。手柄施加的力越大,油缸内的油液压力也就越大,这也就是说,油缸内油液压力的大小取决于外负载。

(2)如果手柄摇得比较快,单位时间内进入大油缸的油液量就大,重物上升的速度就快。

因此,对于液压传动来说,必须明确以下三点:第一,以液体为工作介质;第二,必须在密闭容腔中进行;第三,液压传动的两个基本特性:压力取决于负载;速度取决于流量。

## 任务实施

### 1 准备工作

- (1)准备好液压基本型透明试验台,确认设备油路、电路正常。
- (2)准备好挖掘机、装载机模型。
- (3)分好小组,准备好小组学习工作页。

### 2 技术要求与注意事项

(1)起动前,应进行充分的检查。首先检查试验台油路、电路是否牢靠,有无破损与断裂,是否有漏油;检查油箱的液位计,判断油箱中油量是否正常;检查电动机与液压泵的连接是否正常,有无异常等。

(2)插上电源,确定线路油路正常后,按控制台绿色按钮,看到红色灯亮,听到电动机正常运转后松开,让试验台空转起动一会儿。

(3)扳动控制台上最右侧黑色开关,黑色开关往左扳动,三位四通电磁换向阀阀芯往左移动,可以看到阀芯内红色油液有经油路通道进入双杆缸的右腔,活塞杆被推向左侧,向左移动;黑色开关扳回中位,三位四通阀阀芯回复中位,活塞杆不动;再将黑色开关扳向右位,三位四通电磁换向阀阀芯往右移动,油液经油路通道进入液压缸左腔,活塞杆向右移动;开关再扳回中位,电磁阀阀芯复位,活塞杆不动。

(4)工作完毕,按控制台绿色按钮,关掉电动机,液压试验台停止运转。

(5)试验台起动过程中,注意观察油路流向、阀芯移动方向以及活塞杆移动方向,并思考油路间的连接关系。

### 3 操作步骤

(1)操作透明试验台。教师按照操作要求示范透明试验台的操作,并详细讲解操作要求。学生观察老师的操作过程并记录操作过程。

(2)掌握试验台各部件的名称。液压基本型透明试验台是专门用来演示液压传动基



本原理的液压教学设备,它由电动机、控制台、基本型液压传动系统等硬件部分组成,如图 1-3 所示。

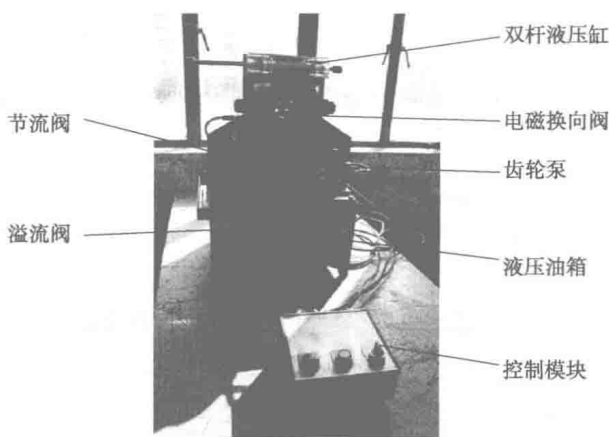


图 1-3 液压基本型透明试验台基本结构

(3) 摸索部件间的油路连接关系。

(4) 再次起动并操作透明试验台,使液压缸出现既定的动作,分析油路的流动方向以及油路的油压高低,画出油路连接草图。

## 三 学习扩展

### 1 液压技术的发展历史

液压技术的发展已经成为一个国家工业化水平高低的重要标志,了解液压技术的发展历史对于理解液压传动有促进作用。

17 世纪,帕斯卡提出静压传递原理,也就是著名的帕斯卡定律,奠定了液压传动技术的理论基础。18 世纪末,英国研制出世界上第一台水压机;19 世纪末德国制造出了液压龙门刨床,美国制造了液压六角车床和磨床。第二次世界大战期间,军事上的需要极大地刺激了液压传动技术的发展,使得液压技术在飞机、大炮、坦克和舰艇等军用装备上得到了广泛的应用;第二次世界大战后,液压技术迅速在民用领域得到大发展,世界上几乎所有的机械装备都能看到液压传动的影子。现在,液压传动技术与电子控制技术、计算机控制技术已经高度融合,使得液压控制技术的现代化程度越来越高。

### 2 液压传动技术的应用

液压技术广泛应用于工程机械的工作装置控制系统中(图 1-4),如推土机铲刀升降系统、装载机大臂升降系统、挖掘机的大臂、斗杆、铲斗系统等。

液压技术也应用在转向系统、行走系统和制动系统。随着微电子技术、计算机技术以及传感器技术的发展,液压传动与这些新兴先进技术的结合,形成了机电液一体化的技术。这些技术广泛应用于工程机械中,大大改善了机械的能耗和操纵性能。例如,全液压挖掘机的主泵系统,通过对压力和流量的控制和补偿,实现挖掘机在复合动作时能够最大限度地利用发动机的功率。



图 1-4 液压技术在挖掘机、压路机、装载机、摊铺机上的应用

## 四 评价与反馈

### 1 自我评价

(1) 通过本学习任务的学习你是否已经知道以下问题:

① 动力传递的方式有哪些? \_\_\_\_\_。

② 什么是液压传动? \_\_\_\_\_。

③ 液压传动满足的条件有哪些? \_\_\_\_\_。

(2) 液压基本型透明试验台操作过程中用到了哪些设备?

\_\_\_\_\_。

(3) 实训过程完成情况如何?

\_\_\_\_\_。

(4) 通过本学习任务的学习,你认为自己的知识和技能还有哪些欠缺?

\_\_\_\_\_。

签名: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_ 月 \_\_\_\_ 日

### 2 小组评价(表 1-1)

小组评价表

表 1-1

序号	评价项目	评价情况
1	着装是否符合要求	
2	是否能合理规范地使用仪器和设备	
3	是否按照安全和规范的流程操作	



续上表

序号	评价项目	评价情况
4	是否遵守学习、实训场地的规章制度	
5	是否能保持学习、实训场地整洁	
6	团结协作情况	

参与评价的同学签名：\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

### 教师评价

教师签名：\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

## 五 技能考核标准

根据学生完成实训任务的情况对学习效果进行评价。技能考核标准见表 1-2。

技能考核标准表

表 1-2

序号	项目	操作内容	规定分	评分标准	得分
1	液压基本型透明试验台的操作与分析	记录教师演示的试验台操作过程	10分	完整记录无误得10分； 少记录一个点扣2分，直至扣完为止	
2		操作试验台	30分	正确按照操作规程操作，出现三个完整动作，得30分； 出现安全性失误的不得分，重新考核； 其他情况酌情给分	
3		指认试验台各部件的名称	20分	准确地指认每一个部件的名称，无遗漏， 无错误得20分； 每指认错一个扣2分，直至扣完为止	
4		分析试验台各部件的油路连接关系	20分	动手摸索了每根油管的前后连接管路得 10分； 正确描述了管路的关系得10分； 未动手者不得分；油路连接关系每错一 处，扣2分	
5		画出了基本型试验台的实物油路连接关系的草图	20分	正确无误地用草图描述了实物油路的关 系的，得20分； 草图每错一处，扣2分	
总分			100分		

## 学习任务2 绘制基本型液压试验台的液压系统图



### 知识目标

1. 了解常见液压元件的图形符号；
2. 掌握液压系统的五大基本组成；
3. 液压传动的优缺点。



### 技能目标

1. 能绘制元件间的油路连接关系图；
2. 建立实物与符号间的对应关系。



### 建议课时

4 课时。



## 任务描述



小明和斌斌经过上一个任务的学习,会操作和分析基本型透明试验台,知道了试验台油路间连接关系,可是,该怎样把试验台的油路用简单明了的符号表现出来呢?老师告诉他们,这节课的任务就是绘制基本型液压试验台的液压系统图。

## 一 理论知识准备

常见的液压图形符号见表 2-1。

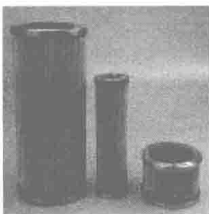
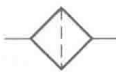





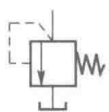



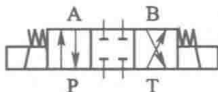

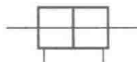
常见基本液压图形符号

表 2-1

序号	实物	名称	作用	图形符号
1		油箱	储存油液、散热、分离油中的杂质和空气	



续上表

序号	实物	名称	作用	图形符号
2		滤油器	过滤混在油液中的各种杂质	
3		齿轮液压泵	把电动机的机械能转换成油液的压力能,为系统提供压力能,是液压系统的动力元件	
4		压力表	用于观测系统工作压力	
5		溢流阀	用于调定系统的压力,使系统压力在一个稳定值上,起到保护系统的作用	
6		普通节流阀	阀芯端加工有三角槽,通过转动手轮可使阀芯轴向位移,从而改变进出油口的通流面积,也就改变了通流量,从而达到控制速度的目的	
7		三位四通电磁换向阀	控制系统中液体流动的方向和通断	
8		双杆液压缸	将液体压力能转换为机械能输出的装置,使运动部件实现往复直线运动或摆动	

## 二 任务实施

### 1 准备工作

- (1) 准备好液压基本型透明试验台,确认设备油路、电路正常。
- (2) 准备好实物图片与液压图形符号的对应图。
- (3) 准备液压千斤顶实物。
- (4) 准备推土机铲刀升降系统图。

### 2 技术要求与注意事项

- (1) 摸索实物油路时按照油箱→泵→压力阀→流量阀→方向阀→液压缸的顺序整理整个试验台的油路。
- (2) 要确认学生绘制的实物草图是完全符合实际的油路连接关系的。
- (3) 学生绘制的试验台图形符号原理图是能够完整表现整个试验台油路关系的。

### 3 操作步骤

- (1) 摸索油路,整理部件间的关系。  
按照油箱→泵→阀→油缸的顺序摸索油管,仔细确认每根油管的前后连接部件。
- (2) 分组讨论如何绘制油路实物草图。  
对照实物油路,绘制实物油路连接草图,根据草图,再与试验台的实物油路对应,看是否完全对应。
- (3) 画出透明试验台的图形符号原理图。  
按照给出的图形符号,对实物草图进行优化,将实物用其图形符号代替,形成图形符号原理图。指认原理图,将原理图上的符号与实物部件一一对应。
- (4) 分析绘制的试验台原理图,对各元件功能进行归类。  
从部件在系统中所起的作用出发,将系统中的部件进行归类,通过引导,得出液压系统由五大部分组成。
- (5) 分析液压千斤顶的五大组成部分(图 2-1)。

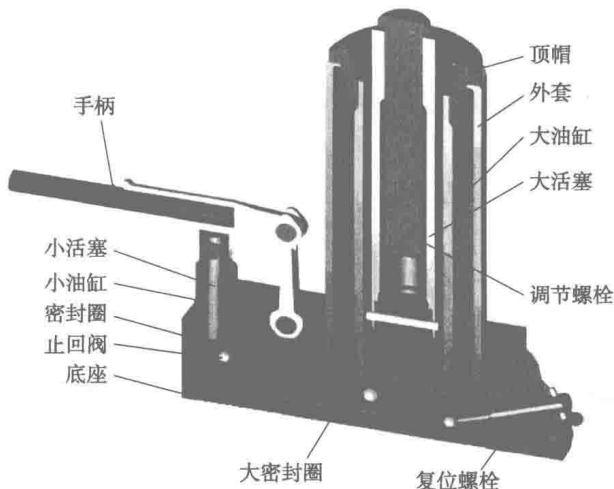


图 2-1 液压千斤顶结构图





(6)分析推土机铲刀升降系统的组成部分(图 2-2)。

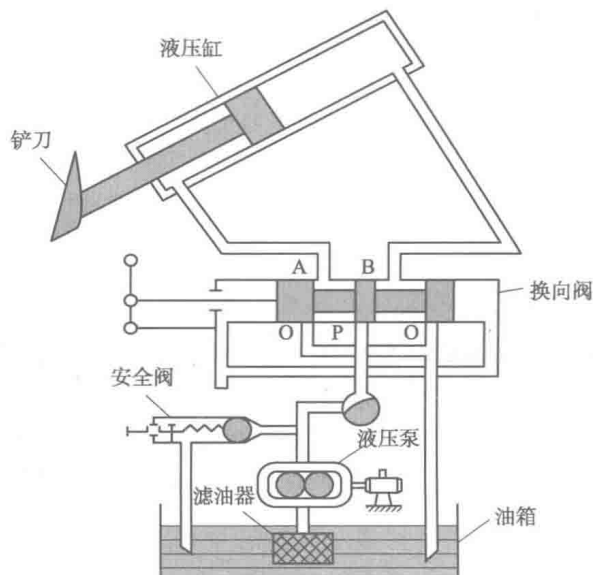


图 2-2 推土机铲刀升降系统

## 三 学习扩展

### 1 液压传动系统的组成

一个完整的液压系统由以下 5 部分组成。

(1)动力元件。将原动机所提供的机械能转变为油液的液压能的装置,指的是液压泵,它是液压系统的动力源,为整个液压系统提供压力油。

(2)执行元件。将液压泵所提供的油液压力能转变成机械能的装置,通常指的是液压缸和液压马达,液压缸输出直线往复直线运动,液压马达输出连续旋转运动。其作用是在液压油的推动下输出力和速度。

(3)控制元件。用来控制液压系统中的压力、流量和方向的装置,通常指各种阀类元件,如溢流阀、节流阀和换向阀等。其作用是控制执行元件完成预期的工作运动。

(4)辅助元件。系统中起辅助作用的元件,如油箱、油管、密封元件、滤油器、蓄能器、冷却器等,它是整个液压系统中不可或缺的组成部分。

(5)工作介质。工作介质就是液压油,它是能量传递载体,其作用是实现运动和动力的传递。

### 2 液压传动的优点

液压传动之所以得到了广泛的应用,在于与其他的传动形式相比较,液压传动具有一些独特的优点。概括起来,有以下几个方面。

(1)单位质量输出功率比较大。在同等体积的情况下,液压传动输出的动力较大,在相同功率的情况下,液压传动所占的体积小,质量轻。

(2)液压传动能在很大范围内实现无级调速,且调速范围大,工作准确平稳。