



“十三五”职业教育国家规划教材

液压与气动技术项目化教程

液压与气动技术 项目化教程

主 编 蔺国民

主 编 蔺国民

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动技术项目化教程 / 蔺国民主编. — 北京 :
北京出版社, 2018. 7 (2020 重印)
ISBN 978-7-200-14122-1

I. ①液… II. ①蔺… III. ①液压传动—高等学校—
教材②气压传动—高等学校—教材 IV. ① TH137
② TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 121702 号

液压与气动技术项目化教程

YEYA YU QIDONG JISHU XIANGMUHUA JIAOCHENG

主 编: 蔺国民
出 版: 北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总发行: 北京出版集团公司
经 销: 新华书店
印 刷: 定州市新华印刷有限公司
版 次: 2018 年 7 月第 1 版 2020 年 3 月修订 2021 年 3 月第 3 次印刷
开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16
印 张: 22.5
字 数: 407 千字
书 号: ISBN 978-7-200-14122-1
定 价: 59.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn
如有印装质量问题, 由本社负责调换
质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

第一篇 项目实践

项目一 液压千斤顶	01
任务一 项目分析	01
任务二 项目组织与实施	02
任务三 项目完成结论与测评	03
任务四 相关知识	03
项目二 磨床工作台液压系统	05
任务一 磨床工作台液压系统项目分析	05
任务二 项目组织与实施	06
任务三 项目完成结论与测评	07
任务四 项目相关知识	08
项目三 液压压力机液压系统	09
任务一 项目分析	09
任务二 项目组织与实施	10
任务三 项目完成结论与测评	10
任务四 项目相关知识	11
项目四 汽车液压制动系统	13
任务一 项目分析	13
任务二 项目组织与实施	14
任务三 项目完成结论与测评	14
任务四 相关知识	15
项目五 垃圾车液压控制系统	21
任务一 项目分析	21
任务二 项目组织与实施	22
任务三 项目完成结论与测评	23
任务四 相关知识	24

项目六 扫路车液压控制系统	26
任务一 项目分析	26
任务二 项目组织与实施	28
任务三 项目完成结论与测评	28
任务四 相关知识	29
项目七 飞机起落架液压控制系统	31
任务一 项目分析	31
任务二 项目组织与实施	32
任务三 项目完成结论与测评	33
任务四 相关知识	34
项目八 YT4543 型组合机床动力滑台液压系统	38
任务一 YT4543 型组合机床动力滑台液压系统项目分析	38
任务二 项目组织与实施	41
任务三 项目完成结论与测评	42
任务四 项目相关知识	42
项目九 Q2-8 型汽车起重机液压系统	44
任务一 项目分析	44
任务二 项目组织与实施	46
任务三 项目完成结论与测评	46
任务四 相关知识	47
项目十 XS-ZY-250A 型塑料注射成型机液压系统	49
任务一 项目分析	49
任务二 项目组织与实施	51
任务三 项目完成结论与测评	52
任务四 相关知识	52
项目十一 MJ-50 数控车床液压系统	55
任务一 项目分析	55
任务二 项目组织与实施	57
任务三 项目完成结论与测评	57
任务四 相关知识	58

项目十二 液压元件拆装	60
任务一 主要液压元件拆装项目分析	60
任务二 项目组织与实施	64
任务三 项目完成结论与测评	65
任务四 项目相关知识	65
项目十三 液压回路组装	68
任务一 液压回路组装项目分析	68
任务二 项目组织与实施	71
任务三 项目完成结论与测评	71
任务四 项目相关知识	72
项目十四 节流调速回路性能测试	74
任务一 节流调速回路项目分析	74
任务二 项目组织与实施	76
任务三 项目完成结论与测评	77
任务四 项目相关知识	77
项目十五 液压系统设计	79
任务一 项目分析	79
任务二 项目组织与实施	80
任务三 项目完成结论与测评	80
任务四 相关知识	81
项目十六 液压回路创新设计	84
任务一 项目分析	84
任务二 项目组织与实施	85
任务三 项目完成结论与测评	85
任务四 相关知识	86
项目十七 液压系统使用与维修	88
任务一 项目分析	88
任务二 项目组织与实施	89
任务三 项目完成结论与测评	90
任务四 相关知识	91

项目十八 气动夹紧系统	93
任务一 项目分析	93
任务二 项目组织与实施	94
任务三 项目完成结论与测评	95
任务四 项目相关知识	95
项目十九 八轴仿形铣床气动控制系统	97
任务一 项目分析	97
任务二 项目组织与实施	100
任务三 项目完成结论与测评	100
任务四 相关知识	101
项目二十 气动逻辑控制回路	103
任务一 项目分析	103
任务二 项目组织与实施	106
任务三 项目完成结论与测评	107
任务四 相关知识	108

第二篇 知识链接

第1章 液压传动概述	110
1.1 液压传动的研究内容	110
1.2 液压传动的工作原理	110
1.3 液压传动系统的组成及图形符号	113
1.4 液压传动的特点	115
1.5 液压传动应用及发展	116
第2章 流体力学基础	118
2.1 液压油	118
2.2 流体静力学	124
2.3 流体动力学	129
2.4 管道中液流的特性	139
2.5 孔口与缝隙的流动特性	144
2.6 液压冲击和气穴现象	149

第 3 章	液压动力元件	154
3.1	液压泵概述	154
3.2	齿轮泵	157
3.3	叶片泵	165
3.4	柱塞泵	171
3.5	螺杆泵	175
3.6	液压泵选用	177
3.7	液压泵常见故障及排除方法	177
第 4 章	液压执行元件	180
4.1	液压缸	180
4.2	液压马达	184
4.3	液压执行元件常见故障及排除方法	190
第 5 章	液压控制元件	192
5.1	液压阀概述	192
5.2	方向控制阀	193
5.3	压力控制阀	208
5.4	流量控制阀	223
第 6 章	液压辅助元件	231
6.1	蓄能器	231
6.2	油箱	234
6.3	过滤器	235
6.4	管件与接头	239
6.5	热交换器	241
第 7 章	液压基本回路	244
7.1	压力控制回路	244
7.2	速度控制回路	251
7.3	方向控制回路	267
7.4	多执行元件控制回路	272
第 8 章	液压系统应用实例	277
8.1	液压系统图及阅读方法	277
8.2	组合机床动力滑台液压系统	278

8.3	汽车起重机液压系统	282
8.4	数控车床液压系统	287
8.5	液压机液压系统	290
8.6	机械手液压系统	294
8.7	液压系统故障诊断与分析	297
第 9 章	液压系统设计	305
9.1	液压系统的设计步骤	305
9.2	液压系统设计实例	316
第 10 章	气压传动	323
10.1	气压传动概述	323
10.2	气源装置	325
第 11 章	气动基本回路	332
第 12 章	气压传动系统实例	336
12.1	气动机械手气压传动系统	336
12.2	气动夹紧系统	338
12.3	拉门自动启闭气动系统	339
12.4	气液动力滑台气压传动系统	340
12.5	自行车气动助力装置	341
附录 A	常用液压图形符号	343
附录 B	习题参考答案	348
参考文献		350

第一篇 项目实践

项目一 液压千斤顶

学习目标

1. 知识目标

- 了解工作介质的性能、特点及要求；
- 了解流体力学知识；
- 掌握液压系统的组成及工作原理。

2. 能力目标

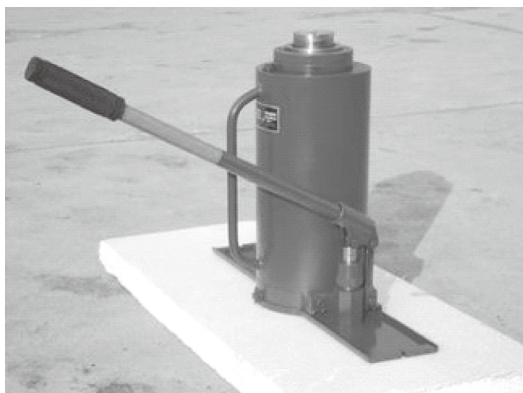
- 正确使用常用工具及专用工具；
- 正确拆装液压元件；
- 正确使用液压千斤顶。



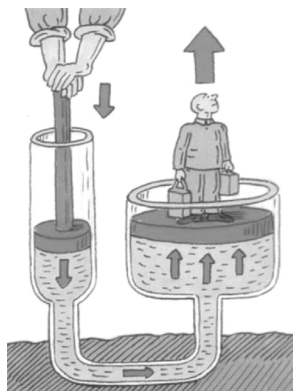
任务一 项目分析

1. 液压千斤顶简介

液压千斤顶（项目图 1-1（a）），是一种常见的举升设备，广泛应用于车辆维修、装载车辆、矿道顶支、桥梁加固等场合。液压千斤顶最大的特点是能够将力“放大”，取得“四两拨千斤”的效果（项目图 1-1（b））。



(a)



(b)

项目图 1-1 液压千斤顶

2. 液压千斤顶组成及工作原理

液压千斤顶一般由杠杆手柄、小油缸、小活塞、单向阀、大活塞、大油缸、吸油管、截止阀、油箱、导管等组成（项目图 1-2）。

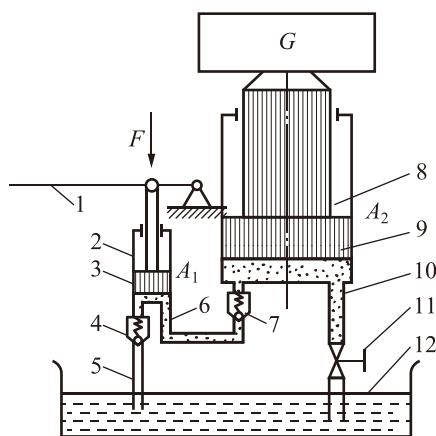
液压千斤顶的工作原理：液压千斤顶利用帕斯卡静压原理（项目图 1-3），在密闭空间里，各处的液体压强相等。液压千斤顶小活塞下端及小油缸组成的空间与大活塞下端及大油缸组成的空间用导管连通，并形成一密闭的空间，该空间内充满了液压油。给小活塞施加力 F ，作用在端面面积为 A_1 的小活塞下端面的压强为 p_1 ，大活塞上放置重量为 G 的负载，作用在端面面积为 A_2 的大活塞下端面的压强为 p_2 ，在忽略大、小活塞重量和摩擦力的前提下，根据帕斯卡静压原理可知

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = p_2 = \frac{G}{A_2}$$

则可得出力与负载之间的关系

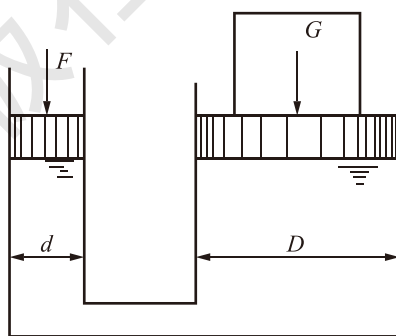
$$F = \frac{A_1}{A_2} G$$

因为， $A_1 < A_2$ ，所以， $F < G$ 。可见液压千斤顶具有力的“放大”作用，即所谓的“四两拨千斤”。



1. 杠杆手柄；2. 小油缸；3. 小活塞；4、7. 单向阀；
5. 吸油管；6、10. 导管；8. 大油缸；
9. 大活塞；11. 截止阀；12. 油箱

项目图 1-2 液压千斤顶



项目图 1-3 帕斯卡静压原理



任务二 项目组织与实施

1. 项目组织

液压千斤顶项目教学内容的组织活动按照人员类别分为学生与教师，实施阶段包括搜集资料、制定执行计划、项目实施以及检查测评等环节。项目组织内容（项目表 1-1）。

2. 项目实施

项目实施应遵照以下步骤：

- （1）遵守安全操作规程，正确使用工具；
- （2）按设计要求选用液压元件和操作工具；

- (3) 根据液压系统原理图，在教师指导下正确连接液压元件；
- (4) 检查液压回路的连接，确认连接正确；
- (5) 对小活塞施加作用力，观察大活塞运动状态；
- (6) 对实验项目进行评议，并记载实验总结。



任务三 项目完成结论与测评

1. 项目完成结论

- (1) 液压千斤顶具有力的放大作用；
- (2) 液压系统压力取决于负载。

2. 项目教学安排与测评

千斤顶液压系统教学内容的组织安排与测评见项目表 1-1。

项目表 1-1 教学内容的组织安排与测评

名称	学生活动		教师活动	拓展
液压千斤顶安装与调试	收集资料	1.观看视频、课件； 2.将班级分成若干小组； 3.分组讨论，查阅资料； 4.明确工作任务。	1.提出工作任务，明确任务要求； 2.演示分析液压千斤顶系统； 3.指导学生学习。	1.了解液压系统的结构组成； 2.了解液压系统工作原理； 3.了解液压油的品质特点。
	制定执行计划	5.制订千斤顶拆装计划； 6.讨论方案可行性，确定工作计划； 7.形成计划书1份。	4.实时指导评价； 5.与学生交流； 6.发挥咨询者与协调人的作用。	
	项目实施	8.按照计划书合理分工； 9.完成拆卸、组装工作； 10.形成过程监控记录1份。	7.检查学生完成各项子任务； 8.激发学生思考； 9.做好咨询工作。	
	检查测评	11.展示成果，各小组自评； 12.各小组互评、交流； 13.优化方案； 14.撰写工作总结。	10.在项目开展过程中做好记录； 11.在项目结束时做好评价。	



任务四 相关知识

流体静力学是研究流体处于相对平衡状态下的力学规律及其实际应用。所谓相对平衡，是指流体内部各个质点之间没有相对位移。流体处于相对平衡状态下不呈现粘性。（现以液体为例）

一、液体的静压力及其特性

1. 液体静压力

当液体相对静止时，液体单位面积上所受的垂直力称为压力，用 p 表示。

$p = \frac{F}{A}$ 在 SI 制中压力的单位为 N/m^2 ，即帕斯卡（Pa）。由于 Pa 单位太小，不便于工程使用，因而常采用千帕（kPa）和兆帕（MPa）

$$1\text{MPa} = 10^3\text{kPa} = 10^6\text{Pa}$$

在液压技术中，常采用的压力单位还有巴（bar），即 kgf/cm^2 。若取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，则各种压力单位之间的换算关系如下：

$$1\text{bar} = 1\text{kgf/cm}^2 = 0.1\text{MPa} = 100\text{kPa} = 10^5\text{Pa}$$

2. 液体静压力的特性

- （1）液体的静压力方向垂直于承压面，并与该表面的内法线方向一致。
- （2）静止液体内部任意一点处所受的静压力 p 的值等于液面压力 p_0 与液体重力引起的压力 ρgh 之和。液体静压力基本方程为：

$$p = p_0 + \rho gh$$

二、压力的传递

由静压力基本方程可知，静止液体中任意一点的压力都包含了液面压力 p_0 ，也就是说在密闭容器中由外力作用在液面上的压力能等值地传递到液体内部的各点处，这就是帕斯卡静压传递原理。在液压传动系统中，通常由外力产生的压力要比液体重量产生的压力 ρgh 大得多，如果忽略液体重力的影响，便可认为系统中相对静止的液体内部各处压力均相等。

► 知识拓展

1 液压传动概述

2.1 液压油；2.2 液体静力学；2.3 液体动力学；2.4 管道中液流的特性

► 思考题与习题

1. 液压千斤顶可将力放大，请问该力的放大倍数是多少？
2. 请谈谈你对液压千斤顶“四两拨千斤”现象的理解。
3. 怎样理解“压力取决于负载”这一重要概念？

项目二 磨床工作台液压系统

学习目标

1. 知识目标

- 了解磨床结构及运动形式；
- 掌握磨床液压系统原理图。

2. 能力目标

- 能够按照磨床工作台液压系统示意图绘制出相应的液压系统原理图；
- 能够按照图纸、工艺要求、安全规范完成安装。



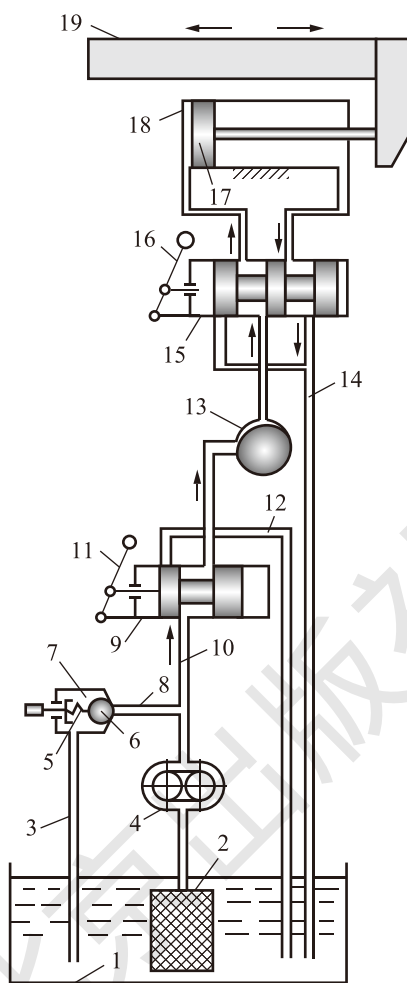
任务一 磨床工作台液压系统项目分析

1. 磨床工作台液压系统简介

磨床是利用磨具对工件表面进行磨削加工的机床。随着高精度、高硬度机械零件精密制造工艺的发展，磨床的性能在不断地提高。平面磨床的工件一般是夹紧在工作台上，或靠电磁吸力固定在电磁工作台上，然后用砂轮的圆周面或端面磨削工件；无心磨床通常指无心外圆磨床，即工件不用顶尖或卡盘定心和支承，而以工件被磨削外圆面作定位面，工件位于砂轮附近，由托板支承；工具磨床是用于工具制造和刀具刃磨的磨床，有万能工具磨床、拉刀刃磨床等，多用于工具制造厂和机械制造厂的工具车间。

2. 磨床工作台液压系统工作循环

磨床工作台液压系统（项目图 2-1）的控制过程：（1）进油路：油箱 1 → 过滤器 2 → 液压泵 4 → 管道 10 → 二位手动换向阀 9 → 节流阀 13 → 三位手动换向阀 15 → 液压缸 18 左腔，推动工作台 19 向右运动。（2）回油路：液压缸 18 右腔 → 三位手动换向阀 15 → 回油管 14 → 油箱 1。溢流阀 7 调节系统最大压力，节流阀 13 调节流量，二位手动换向阀 9 控制工作台起停，三位手动换向阀 15 控制工作台 19 运动方向。



1.油箱；2.过滤器；3、12、14.回油管；4.液压泵；5.弹簧；6.钢球；7.溢流阀；8、10.压力油管；9.二位手动换向阀；11、16.换向手柄；13.节流阀；15.三位手动换向阀；17.活塞；18.液压缸；19.工作台

项目图 2-1 磨床工作台液压系统示意图



任务二 项目组织与实施

1. 项目组织

磨床工作台液压系统教学内容组织中的学生与教师分工，包括搜集资料、制定执行计划、项目实施以及检查测评等环节。项目组织内容（项目表 2-1）。

2. 项目实施

- (1) 遵守安全操作规范，正确使用操作工具；
- (2) 按设计要求选用液压元件和操作工具；

- (3) 根据液压系统原理图，在教师的指导下，正确连接液压元件；
- (4) 检查液压回路的连接，确认连接正确；
- (5) 试运行液压回路，分析解决发现的问题；
- (6) 分析液压回路，并对液压回路进行改进完善；
- (7) 学生对项目进行总结，并撰写总结报告。



任务三 项目完成结论与测评

1. 项目结论

- (1) 中位机能可为“O”型的三位四通手动换向阀控制工作台运动方向；
- (2) 二位三通手动换向阀起“开关”作用，阀芯在右侧位置时，液压泵向系统供压；阀芯在左侧位置时，液压泵卸荷停止向液压缸供压；
- (3) 节流阀控制流量，最终控制工作台运动速度。

2. 项目教学安排与测评

项目表 2-1 磨床工作台液压系统的教学内容的组织安排及项目测评表

名称	学生活动		教师活动	拓展
磨床工作台液压系统	收集资料	1.观察磨床工作台液压系统的工作过程； 2.分析该液压系统的工作循环、系统组成、工作原理； 3.收集相关资料。	1.提出工作任务； 2.演示分析液压系统； 3.讲解回路相关知识。	1.了解液压系统结构、组成； 2.了解一般液压系统工作原理； 3.了解速度控制回路相关知识。
	制定执行计划	4.根据原理图选用正确的元件； 5.小组制定工作计划，讨论方案可行性。	4.适时指导学生； 5.充当咨询者与协调人角色。	
	项目实施	6.搭建液压系统并运行； 7.修正、改进所搭建液压系统。	6.检查任务完成情况； 7.做好咨询工作。	
	检查测评	8.展示成果，各小组自评； 9.各小组互评，优化方案； 10.撰写工作总结。	8.项目开展过程记录； 9.项目结束评价。	



任务四 项目相关知识

1. 液压系统的安装

液压系统安装步骤为：安装前的准备→安装液压泵→安装液压缸→安装阀类元件→安装油管及其他辅助元件→液压系统清洗。安装好的液压系统在工作前要进行循环清洗，方法如下：①先将溢流阀压力调整到 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ ，将液压缸进、出油管断开，用临时管道将通往液压缸的管路连通，在回油路上临时接入一个过滤器，清洗换向阀的每个“位”；②选用低粘度专用清洗油或本系统所使用的液压油，加入到油箱容量的 $60\sim 70\%$ ，启动系统工作半个小时，清洗时轻敲导管以充分循环清洗管道和元件，直到过滤器上无新增污染物；③清洁后将临时管路和过滤器拆掉，接通液压缸，最后注入系统所需的新液压油。

2. 液压系统的调试

液压系统调试内容主要包括空载调试与负载调试两部分。调试前，需检查各元件的牌号和安装有无错误，管道和接头是否牢固，油箱油面高度应在油标规定的范围内，压力表应正常，将溢流阀压力调至最小，减压阀、流量阀开口调至最大开度，控制阀放置到“常位”。

(1) 空载调试。①点动几次液压泵，确定无异常后方可连续运转电机；②调试压力阀，调整系统压力；③调整流量阀。先慢慢关小流量阀开口，观察执行元件能否达到最低稳定速度，再按工作要求的速度来调大流量阀开口，调好后将锁紧螺母锁死；④对液压缸进行排气。

(2) 负载调试。空载运转正常后，施加负载运转，系统各部工作情况应符合设计要求。

► 知识拓展

8.1 液压系统图及阅读方法；8.2 组合机床动力滑台液压系统；8.7 液压系统故障诊断与分析

► 思考题

1. 项目图 2-1 所示的磨床工作台液压系统包含哪些基本液压回路？
2. 磨床工作台液压系统有何优缺点？

项目三 液压压力机液压系统

学习目标

1. 知识目标

- 了解液压压力机的分类、结构；
- 掌握液压压力机液压回路组成及结构；
- 掌握液压压力机液压系统的工作原理。

2. 学习目标

- 能够分析液压压力机液压系统工作过程；
- 能够搭建液压压力机液压回路并对所发现的缺陷提出改进意见。



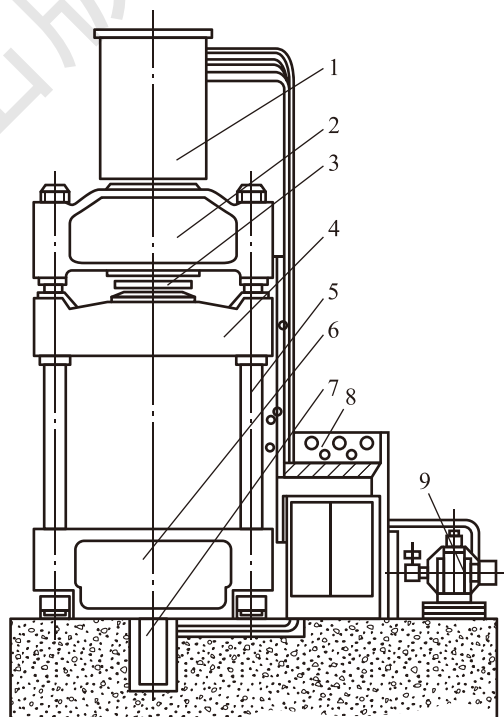
任务一 项目分析

1. 液压压力机简介

压力机是广泛应用于锻压、冲压、冷挤、校直、弯曲、粉末冶金、成型、打包等作业的压力加工机械，压力机液压系统以压力控制为主，具有压力高、流量大，且压力、流量变化幅度大的特点。

2. 液压压力机的组成及工作循环

液压压力机以四柱式液压机的结构布局最为典型。项目图 3-1 所示为液压压力机外形图，它主要由充液筒 1、上横梁 2、上液压缸 3、上滑块 4、立柱 5、下滑块 6、下液压缸 7 等部件组成。液压压力机的工作循环：上液压缸驱动上滑块完成快速下行→慢速加压→保压→泄压→快速回程→原位停止。下液压缸驱动下滑块完成工作循环：向上顶出→向下退回→停止。



1.充液筒；2.上横梁；3.上液压缸；
4.上滑块；5.立柱；6.下滑块；7.下液压缸；
8.电气操纵箱；9.动力机构

项目图 3-1 液压压力机

3. 液压压力机的工作原理

液压压力机的工作原理：液压机有4个立柱，在4个立柱之间安置上、下两个液压缸3和7。上液压缸驱动上滑块4，下液压缸驱动下滑块6。为了满足大多数压制工艺的要求，上滑块能实现快速下行→慢速加压→保压延时→快速返回→原位停止的自动工作循环。下滑块应能实现向上顶出→停留→向下退回→原位停止的工作循环。上下滑块的运动依次进行，不能同时动作。



任务二 项目组织与实施

1. 项目组织

液压压力机液压系统教学内容的组织活动按照人员类别分为学生与教师，按照实施阶段包括搜集资料、制定执行计划、项目实施以及检查测评等环节。项目组织内容见项目表3-1。

2. 项目实施

项目实施应遵照以下步骤：

- (1) 遵守安全操作规程，正确使用工具；
- (2) 按设计要求选用液压元件和操作工具；
- (3) 根据液压系统原理图，在教师指导下正确连接液压元件；
- (4) 检查液压回路的连接，确认连接正确；
- (5) 对实验项目进行评议并记载实验总结。



任务三 项目完成结论与测评

1. 项目完成结论

- (1) 采用大流量恒功率变量泵供压，利用上滑块自重加速、充液阀补油快速运动回路；
- (2) 采用背压阀及液控单向阀控制上液压缸下腔的回油压力；
- (3) 采用单向阀保压，液动阀、顺序阀和带卸载阀芯的液控单向阀组成的泄压回路。

2. 项目教学安排与测评

项目表 3-1 教学内容的组织安排与测评

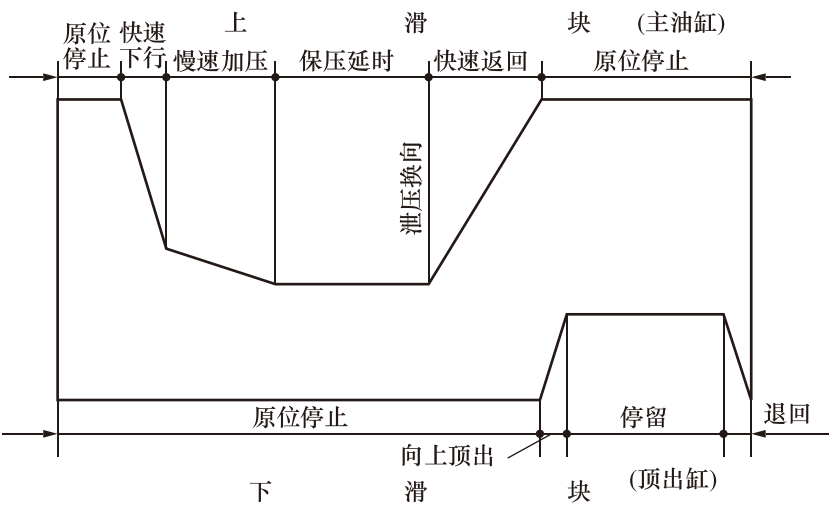
名称	学生活动		教师活动	拓展
液压压力机液压系统	收集资料	1.观看视频、课件； 2.将班级分成若干小组； 3.分组讨论，查阅资料； 4.明确工作任务。	1.明确任务要求； 2.演示分析液压压力机系统； 3.指导学生学习	1.压力机液压系统结构； 2.压力机液压系统工作原理。
	制定执行计划	5.制订项目实施计划，讨论方案可行性； 6.形成计划书1份。	4.适时指导评价； 5.与学生交流、答疑。	
	项目实施	7.按照计划书合理分工； 8.进行回路组装调试工作； 9.形成过程监控记录1份。	6.监督学生完成各项子任务； 7.协调小组间秩序； 8.做好咨询工作	
	检查测评	10.小组自评，各小组互评； 11.优化方案； 12.撰写工作总结。	9.做项目开展记录； 10.做项目实施评价。	



任务四 项目相关知识

1.YB32—200 型万能液压机

YB32—200 型万能液压机的液压系统，主要由上滑块、下滑快、底座、模具、工作缸、顶出缸组成。该液压压力机工作循环：①主油缸：原位停止→快进→加压→保压→快退→原位停止；②顶出缸：原位停止→顶出→停留→退回（项目图 3-2）。



项目图 3-2 YB32—200 型万能液压机液压系统动作循环

2. 液压机液压元件

液压机液压元件型号规格明细表见项目表 3-2。

项目表 3-2 液压机液压元件型号规格

序号	元件名称	型号	规格
1	液控单向阀	SV30P-30B	华德：31.5MPa，Φ30，流量400L/min
2	单向顺序阀	DZ10DP1-40BY	华德：Φ10，流量80L/min，控制压力2.5~21MPa
3	液控单向阀	SV20P-30B	华德：31.5MPa，Φ20，流量400L/min
4	电液换向阀	WEH25H20B106AET	华德：28MPa，Φ25，流量1100L/min
5	电磁换向阀	3WE4A10B	华德：21MPa，Φ4，流量25L/min
6	顺序阀	DZ10DP140B210M	华德：流量80L/min，控制压力2.5~21MPa
7	溢流阀 (安全阀)	DBDH20P10B	华德：Φ20，流量250L/min，调压范围2.5~40MPa
8	轴向柱塞泵	63CCY14-1B	32MPa，排量63mL/r，1500r/min

3. 液压系统使用注意事项

液压系统在使用时应注意以下事项：

- (1) 检查系统各元件应处于工作要求的初始状态，油箱油量足够；
- (2) 压力表损坏时，不允许启动系统；
- (3) 正常工作时，油箱中油液温度应不超过 60℃；
- (4) 油箱上各管口应密封，通气孔处应设置空气过滤器；
- (5) 液压设备停机时间超过 4h，应先开机空载运转 10min；
- (6) 设备长期不用时，应将液压元件的调节旋钮全部调松。

➤ 知识拓展

8.1 液压系统图及阅读方法；8.5 液压机液压系统

➤ 思考题

1. 什么是液压基本回路？常见的液压基本回路有几类？各起什么作用？
2. 液压传动中常用的液压泵分为哪些类型？各有什么特点？
3. 压力机液压系统为防止液压冲击需设置什么回路？
4. 液压系统的最大工作压力是由什么元件决定？