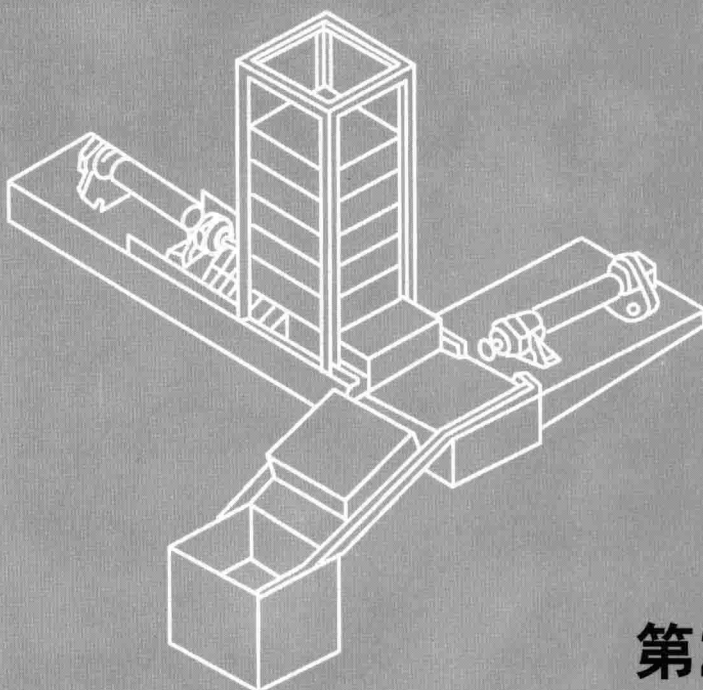




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业技能标准》编写



第2版

液气压传动

YEQIYA CHUANDONG

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
蔡 湧 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

液 气 压 传 动

第2版

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
蔡 湧 主 编

机械工业出版社

本书是依据《国家职业技能标准》对机械加工和修理类各工种的高级工、技师和高级技师关于液气压传动的知识要求和技能要求编写的。本书的主要内容包括：液压传动原理与液压元件，液压传动系统常用回路及其应用，液压传动系统的安装、调试与常见故障的排除，液压传动技能训练，气压传动基础知识，气压传动系统的安装、调试与常见故障的排除，气压传动技能训练，气、液压传动系统的电气控制，气、液压传动系统电气控制技能训练。本书末附有试题库和答案，以便于企业培训、考核和读者自查自测。

本书既可作为企业培训和职业技能鉴定培训的教材，又可作为技工学校、职业院校及各种短训班的教学用书，还可供有关人员自学使用。

图书在版编目（CIP）数据

液气压传动/蔡湧主编；国家职业资格培训教材编审委员会组编.

—2版. —北京：机械工业出版社，2013.7

国家职业资格培训教材：技能型人才培养用书

ISBN 978-7-111-42532-8

I. ①液… II. ①蔡…②国… III. ①液压传动—技术培训—教材
②气压传动—技术培训—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 102006 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：赵磊磊 责任编辑：赵磊磊 王华庆

版式设计：霍永明 责任校对：张 征

封面设计：饶 薇 责任印制：李 洋

北京华正印刷有限公司印刷

2013 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·12.5 印张·238 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-42532-8

定价：19.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材（第2版）

编 审 委 员 会

主 任	王瑞祥				
副 主 任	李 奇	郝广发	杨仁江	施 斌	
委 员	（按姓氏笔画排序）				
	王兆晶	王昌庚	田力飞	田常礼	刘云龙
	刘书芳	刘亚琴	李双双	李春明	李俊玲
	李家柱	李晓明	李超群	李援瑛	吴茂林
	张安宁	张吉国	张凯良	张敬柱	陈建民
	周新模	杨君伟	杨柳青	周立雪	段书民
	荆宏智	柳吉荣	徐 斌		
总 策 划	荆宏智	李俊玲	张敬柱		
本书主编	蔡 湧				
本书参编	姜 华				

第2版序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，有十几个省、自治区、直辖市相关行业的200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测的特点，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了七部委联合制定的《促进就业规划（2011—2015年）》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

1. 新增紧缺职业工种——为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。

2. 紧跟国家职业标准——按照最新颁布的《国家职业技能标准》（或《国家职业标准》）规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。

3. 提炼重点知识技能——在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼出应重点掌握的必需专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加精练。

4. 补充更新技术内容——紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，补充了新的技术内容。



5. 同步最新技术标准——对原教材中按旧技术标准编写的内容进行更新，所有内容均与最新的技术标准同步。

6. 精选技能鉴定题库——按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题，试题贴近教材、贴近国家试题库的考点，更具典型性、代表性、通用性和实用性。

7. 配备免费电子教案——为方便培训教学，我们为本套教材开发配备了配套的电子教案，免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

8. 配备操作实景光盘——根据读者需要，部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之，经过精心修订，第2版教材在保留了第1版精华的同时，内容更加精练、可靠、实用，针对性更强，更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中，得到了许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们已经尽了最大努力，但是教材中仍难免存在不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

第1版序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”、“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’，和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！

李永安

（李永安 中国职工技术协会常务副会长）

第1版序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级（5级）、中级（4级）、高级（3级）、技师（2级）、高级技师（1级）。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套《国家职业资格培训教材》。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，



为满足各级培训考工部门和广大读者的需要,这次共编写了41个职业的172种教材。在职业选择上,除机电行业通用职业外,还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师(含高级技师)四本教材,各等级合理衔接、步步提升,为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要,对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上,依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要,我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业,从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要,在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题,书末有与之配套的试题库和答案,以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷,同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性,我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的200多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字,做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”;增强实用性,重在教会读者掌握必需的专业知识和技能,是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材,也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中,曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助,在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢!

教材中难免存在不足之处,诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教,批评指正。我们真诚希望与您携手,共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

本书第1版自出版以来,得到了广大读者的广泛关注和热情支持,全国各地的读者纷纷通过电话、信函、E-mail等形式向我们提出了很多宝贵的意见和建议。但随着科学技术的发展,各种新技术不断涌现,新的国家和行业技术标准也相继颁布和实施。另外,中华人民共和国人力资源和社会保障部制定了新的《国家职业技能标准》,对机械加工和修理类各工种培训对象的理论知识和操作技能提出了新的要求。为此,我们对本书第1版进行了修订。

本书在修订过程中,以满足岗位培训需要为宗旨,以实用、够用为原则,以技能为主线,使理论为技能服务,并将理论知识和操作技能结合起来,有机地融于一体。第2版教材的主要特点是:

(1) 内容先进 本书在强调实用性、典型性的前提下,充分重视内容的先进性,尽可能反映新技术、新标准、新工艺和新方法,并采用法定计量单位和最新名词术语,能充分满足职业资格培训的需要。

(2) 最大限度地体现技能培训特色 本书以最新的《国家职业技能标准》对机械加工和修理类各工种的高级工、技师和高级技师关于液气压传动的知识要求和技能要求为依据,以职业技能鉴定要求为尺度,以岗位技能需求为出发点,确定核心技能模块,编写每一个技能训练。

(3) 配套资源丰富 本书配有电子课件,书后附有试题库和答案,以便于教学、培训和读者自查自测。

(4) 服务目标明确 本书既可作为企业培训和职业技能鉴定培训的教材,又可作为技工学校、职业院校及各种短训班的教学用书,还可供有关人员自学使用。

本书由蔡湧主编,姜华参加编写。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正!

编 者

目 录

第2版序

第1版序一

第1版序二

前言

第一章 液压传动原理与液压元件	1
第一节 液压传动原理	1
第二节 液压泵	2
一、齿轮泵	3
二、叶片泵	5
三、柱塞泵	9
四、液压泵的应用	11
第三节 液压缸、液压马达与液压控制阀	12
一、液压缸	12
二、液压马达	16
三、液压控制阀	17
第四节 液压传动系统中的辅助元件	32
一、过滤器	32
二、蓄能器	36
三、油箱	39
四、其他辅件	42
复习思考题	45
第二章 液压传动系统常用回路及其应用	47
第一节 压力控制回路	47
一、调压回路	47
二、减压回路	48
三、卸荷回路	48
四、平衡回路	50
五、背压回路	50
第二节 速度控制回路	51
一、调速回路	51



二、增速回路	54
三、速度换接回路	55
第三节 顺序动作回路	57
一、用单向顺序阀控制的顺序动作回路	57
二、用压力继电器控制的顺序动作回路	58
三、用电气行程开关控制的顺序动作回路	58
第四节 其他控制回路	59
一、方向控制回路	59
二、同步回路	60
三、防干扰回路	60
复习思考题	62
第三章 液压传动系统的安装、调试与常见故障的排除	63
第一节 液压传动系统的安装	63
一、液压泵的安装	63
二、液压缸的安装	64
三、控制阀的安装	64
四、油路油管的安装	64
五、其他辅件的安装	65
第二节 液压传动系统的调试	65
一、调试前的准备工作	66
二、空载试机	66
三、负载试机	67
第三节 液压传动系统的使用与维护	67
一、液压传动系统使用时应注意的事项	67
二、液压设备的日常维护	68
第四节 液压传动系统常见故障的诊断与排除	68
一、故障诊断的步骤	68
二、液压传动系统常见故障的排除	69
复习思考题	73
第四章 液压传动技能训练	75
训练1 自动铝液汲取勺机构液压节流控制系统	75
训练2 平面磨床砂轮进给液压差动控制系统	76
训练3 防止输送带漂移的先导式液控单向阀调整控制系统	76
训练4 用换向阀控制炉门开关的卸荷系统	77
训练5 独臂起重机吊具起降控制液压传动系统	78
训练6 叠合工件夹紧压合顺序控制系统	79
第五章 气压传动基础知识	80
第一节 气压传动的特点、工作原理和系统组成	80
一、气压传动的特点	80
二、气压传动的工作原理	81



三、气压传动系统的组成	82
第二节 气压元件	83
一、空气压缩机	83
二、气缸	83
三、气压控制元件	89
四、辅助元件	95
第三节 气压传动基本回路	98
一、方向控制回路	98
二、压力控制回路	100
三、速度控制回路	102
四、顺序动作回路	104
五、缓冲回路	107
六、气-液增压的调速回路	107
第四节 气压传动应用实例	109
一、机床夹具气动夹紧系统	109
二、机用虎钳气动夹紧系统	110
三、货物转运机构控制系统	111
复习思考题	112
第六章 气压传动系统的安装、调试与常见故障的排除	113
第一节 气压传动系统的安装与调试	113
一、管路的安装与调试	113
二、控制元件的安装与调试	116
第二节 气压传动系统故障的排除	117
一、压缩空气引起故障的排除	117
二、气压元件故障的排除	118
三、执行元件故障的排除	121
四、气压传动辅件故障的排除	122
复习思考题	122
第七章 气压传动技能训练	123
训练1 设计邮包分发机构的气压传动回路	123
训练2 设计矿石筛选机的气压传动回路	125
训练3 设计传输分送装置用的气压传动回路	126
第八章 气、液压传动系统的电气控制	129
第一节 电气控制的基本知识	129
一、电气安全基本知识	129
二、常用电气元器件	130
三、电气逻辑回路	131



第二节 气压传动系统的电气控制	133
一、气缸直接控制的电气回路	133
二、电气回路连接方式	134
三、气缸间接控制的电气回路	135
四、气缸自动循环动作回路	137
五、气压传动系统电气控制实例	138
第三节 液压传动系统的电气控制	142
一、单缸“快—慢—快”回路	142
二、双缸顺序动作的控制系统	143
复习思考题	144
第九章 气、液压传动系统电气控制技能训练	145
训练1 动力滑台液压电气控制系统	145
训练2 全气动钻床气压电气控制系统	147
训练3 立式组合机床的液压电气控制系统	149
训练4 液压机械手液压电气控制系统	152
训练5 数控车床液压电气控制系统	155
试题库	158
一、判断题 试题 (158) 答案 (170)	
二、选择题 试题 (161) 答案 (170)	
三、简答题 试题 (166) 答案 (170)	

第一章

液压传动原理与液压元件



培训学习目标 了解液压传动的工作原理，掌握主要液压元件的结构、工作性能、应用及选用方面的知识，为液压传动系统的使用、安装、维修打好基础。

第一节 液压传动原理

液压传动是以液体作为工作介质，依靠密封系统对油液进行挤压所产生的液压能来转换、传递、控制和调节能量的一种传动方式。液压传动由于具有许多独特的优点（如结构简单、机件重量轻、成本低、劳动强度小并能提高工作效率和自动化程度），所以不但在金属切削机床上的往复运动、无级变速、进给运动、控制系统等方面广泛应用，而且在冶金设备、矿山机械、汽车、农机、建筑和航空等行业中也被普遍采用。

液压传动系统是由各种功能的液压元件组成的。图 1-1 为液压传动工作原理图。其动作原理是：电动机驱动液压泵 3 工作，经油管和过滤器 2 从油箱 1 中吸取液压油，并将具有一定压力能的液压油压出，经节流阀 4 流至换向阀 6 的 P 油口。在图 1-1a 所示状态下，液压油无法流出，液压缸 8 左、右两腔无油输入，液压缸 8 和工作台 10 停止不动。拨动换向阀手柄 7 使阀芯处于图 1-1b 所示状态，换向阀油口 P 与 A 相通，B 与 T 相通，此时液压油流入液压缸 8 的左腔，右腔中的液压油流回油箱，这时活塞 9 带动工作台 10 向右运动。拨动换向阀手柄 7 使阀芯处于图 1-1c 所示状态，换向阀油口 P 与 B 相通，A 与 T 相通，此时液压油流入液压缸 8 的右腔，左腔中的液压油流回油箱，活塞带动工作台向左返回。如此不断拨动手柄 7，即可不断改变液压油的通路，以实现液压缸和工作台的往返运动。液压缸往返



运动的速度可通过调节节流阀4的开口来进行调节,而液压缸克服负载所需的工作压力可通过调节溢流阀5来获得(即依照溢流阀的调压值)。

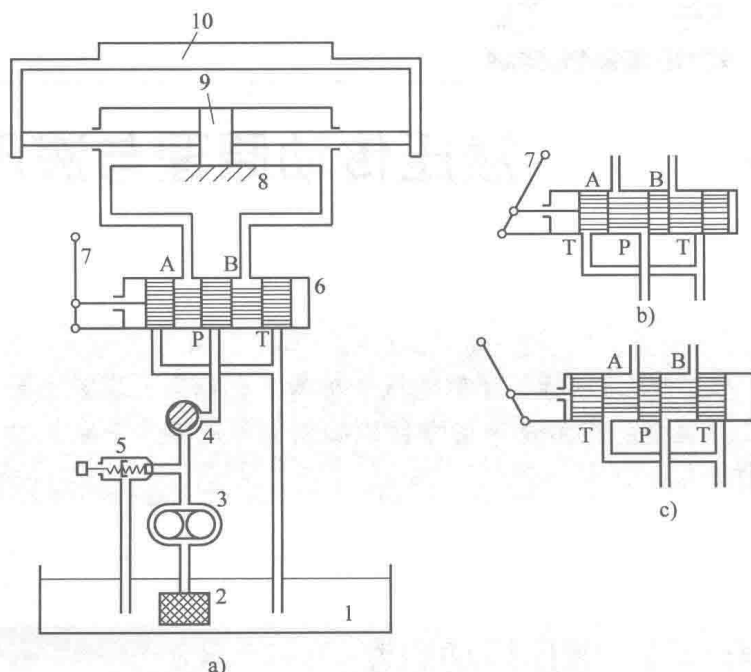


图 1-1 液压传动工作原理图

1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—节流阀 5—溢流阀
6—换向阀 7—换向阀手柄 8—液压缸 9—活塞 10—工作台

由此可知,液压传动系统不论是简单的还是复杂的,都是由动力元件(液压泵)、执行元件(液压缸)、控制元件(各种控制阀)和辅助元件(油箱、过滤器等)四大部分组成的。

液压传动中有两个重要的参数:压力(p)和流量(q)。压力 p 是油液单位面积 A 上所受到的作用力 F ,用数学公式表示为 $p = F/A$ 。当面积 A 一定时,压力 p 与作用力(负载) F 成正比,常用单位为 MPa(兆帕)。流量 q 是单位时间 t 内流过油液的体积 V ,即 $q = V/t$,也可用流速 v 与面积 A 的乘积来表示,即 $q = vA$ 。当面积 A 一定时,流速 v 与流量 q 成正比。流量的常用单位为 L/min(升/分)。液压元件的规格与液压传动系统的参数有关。

第二节 液 压 泵

液压泵是一种能量转换装置,它将电动机输出的机械能转换成液压能(p 、



q)，供液压传动系统使用，所以液压泵是液压传动系统中的动力元件。液压泵按结构，可分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵三大类，按流量能否调节，可分为定量泵和变量泵两大类。

一、齿轮泵

齿轮泵有外啮合式齿轮泵和内啮合式齿轮泵两种。液压传动系统中常用的是外啮合式齿轮泵。

1. 齿轮泵的工作原理

图 1-2 为外啮合式齿轮泵工作原理图。在密封的泵体内有一对互相啮合的齿轮，以啮合点 P 沿齿宽方向的接触线，将吸油腔 3 和压油腔 1 分开。当电动机带动主动齿轮 2 按图示箭头方向旋转时，从动齿轮 4 也一起旋转。在右侧吸油腔内，相互啮合的轮齿不断脱开，密封工作腔逐渐增大，形成局部真空，油箱中的液压油在外界大气压力的作用下进入吸油腔并填满齿间，然后随着齿轮的转动被带到压油腔；在左侧压油腔内，轮齿逐渐进入啮合，密封工作腔随之变小，齿间的液压油受到挤压而输入系统。如此连续不断地循环，形成连续吸油和压油的工作状态。

2. 齿轮泵的结构

图 1-3 所示为 CB 型外啮合式齿轮泵的结构。齿轮泵为三片式结构，即泵

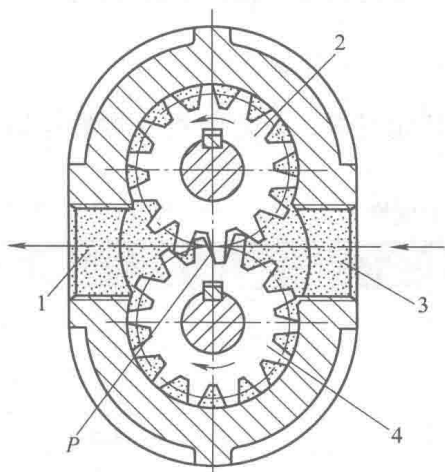


图 1-2 外啮合式齿轮泵工作原理图

1—压油腔 2—主动齿轮
3—吸油腔 4—从动齿轮

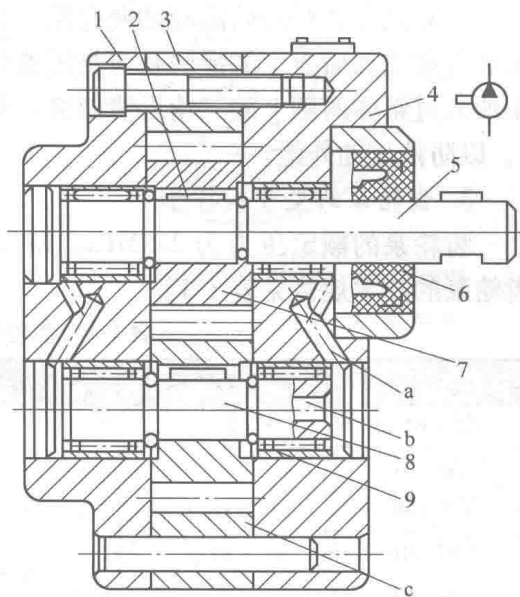


图 1-3 CB 型外啮合式齿轮泵的结构

1—后盖 2—平键 3—泵体 4—前盖
5—长轴 6—密封圈 7—齿轮 8—短轴 9—滚针轴承
a—泄油孔 b—短轴中心通孔 c—泄油槽