



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

农机液压 与气动技术

(农业机械化专业)

主 编 杜德昌



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

农机液压与气动技术

(农业机械化专业)

主 编 杜德昌
责任主审 张文立
审 稿 毛恩荣 谭 或

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材，是根据教育部 2001 年颁发的中等职业学校农业机械化专业教学指导方案，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要内容包括液压与气动基础知识、液压动力元件、液压执行元件、液压控制元件、液压辅助元件、液压基本回路、农机典型液压系统、气动元件、气动基本回路及典型气动系统等，每部分内容后面都有技能训练。

本书紧紧围绕教学基本要求选取教学内容，注意吸收当前农机行业中的新知识、新技术、新工艺、新方法，以目前广泛使用的新型农机液压系统作为典型实例进行分析，文字通俗易懂，图文并茂。

本书可作为中等职业学校农业机械化专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

农机液压与气动技术/杜德昌主编. —北京: 高等教育出版社, 2002.4

ISBN 7-04-010259-5

I. 农… II. 杜… III. ①农业机械-液压传动-专业学校-教材②农业机械-气压传动-专业学校-教材 IV. S220.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 001760 号

农机液压与气动技术

杜德昌 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2002 年 4 月第 1 版

印 张 11.75

印 次 2002 年 4 月第 1 次印刷

字 数 270 000

定 价 14.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书根据教育部最新颁发的中等职业学校重点建设专业农业机械化专业主干课程农机液压与气动技术教学基本要求，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写。

本书主要内容包括液压与气动基础知识、液压动力元件、液压执行元件、液压控制元件、液压辅助元件、液压基本回路、农机典型液压系统、气动元件、气动基本回路及典型气动系统等，每部分内容后面都有技能训练和思考练习题，其目的是使学生具备高素质劳动者和中初级专门人才所必需的液压与气动基本知识和基本技能，初步具备农业机械、工程机械液压与气动系统的安装调整、使用维护、故障判断和排除能力，为解决生产实际中的问题及今后进一步学习打下基础。

本书在编写过程中注意吸收当前农业机械和工程机械行业中的新知识、新技术、新工艺、新方法，以目前广泛使用的佳联 JL 3060 W 型联合收割机、丰收系列拖拉机、Q 2-8 型汽车起重机、WY 100 型挖掘机等农业工程机械以及气动机械手等设备的液压或气动系统作为典型实例进行分析，在让学生掌握液压与气动基础知识、基本元件的结构、工作原理、性能特点和图形符号及其应用的同时，突出培养学生的动手操作能力，使学生在知识学习和技能训练的过程中，初步形成解决农业机械和工程机械中液压与气动系统实际问题的综合职业能力和自学能力。

书中带有 * 号的内容为选学内容，各学校可根据本地区的实际需要进行选取。

本书在选取教学内容时努力做到紧扣教学基本要求，尽量降低知识的难度；在表述上力求深入浅出，简明扼要，通俗易懂，并尽可能多地采用插图的形式，以求形象直观，图文并茂，让学生容易理解和接受。

本教材适用于中等职业学校 3、4 年制农业机械化专业及相关专业，也可作为职业岗位培训教材。总教学时数为 68 学时，各部分内容的课时分配建议如下：

教 学 内 容	课时分配建议	
	理 论 教 学	实 习 教 学
绪论	2	
第一章 液压与气动基础知识	6	2
第二章 液压动力元件	6	1
第三章 液压执行元件	4	2
第四章 液压控制元件	6	3
第五章 液压辅助元件	4	
第六章 液压基本回路	8	2
第七章 农机典型液压系统	8	4

续表

教 学 内 容	课时分配建议	
	理 论 教 学	实 习 教 学
第八章 气动元件	4	2
第九章 气动基本回路及典型气动系统	4	
合 计	52	16

本书由山东省教学研究室杜德昌担任主编，第五、六、七、八、九章由石家庄市职教中心张雪梅编写，第二、三、四章由山东省青州职教中心孙有强编写，绪论及第一章由杜德昌编写并负责全书统稿。

本书在编写过程中，得到了山东省工程机械厂王洪波高级工程师的大力支持和帮助，参考并借鉴了许多老师编写的同类教材或书籍，高等教育出版社聘请江苏省无锡职业技术学院徐永生先生审阅了全稿，编者在此一并致以谢意。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由中国农业大学张文立教授担任责任主审，中国农业大学毛恩荣教授、谭或副教授审稿，他们对提高书稿质量起了重要作用，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有许多不足之处，诚望广大读者提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

编 者

2001年6月

目 录

绪 论	1	三、齿轮泵的常见故障及排除方法	29
一、液压与气动系统的工作原理	1	第三节 柱塞泵	30
二、液压与气动系统的组成及图形符号	2	一、轴向柱塞泵	30
三、液压与气动系统的特点	3	* 二、径向柱塞泵	31
四、液压与气动技术在农业机械中的发展 与应用	4	三、柱塞泵的常见故障及排除方法	33
第一章 液压与气动基础知识	6	* 第四节 叶片泵	34
第一节 液压油	6	一、单作用叶片泵	34
一、液压油的性质	6	二、双作用叶片泵	34
二、液压油的选用	8	三、叶片泵的常见故障及排除方法	36
三、液压油在使用中应注意的问题	8	技能训练 齿轮泵的拆装	37
第二节 压力和流量	9	思考练习题	39
一、压力	9	第三章 液压执行元件	40
二、流量	11	第一节 液压缸的类型和特点	40
第三节 液压冲击和空穴	13	一、活塞式液压缸	40
一、液压冲击	13	二、柱塞缸	43
二、空穴(气穴)	14	三、摆动式液压缸	43
* 三、液体流动时的压力损失	15	第二节 液压缸的结构与维护	44
第四节 空气的性质及气体 状态方程	16	一、液压缸的结构	44
一、空气的主要性质	16	二、液压缸的使用与维护	47
二、气体的状态方程	17	* 第三节 液压马达	48
实验一 液压油运动粘度测定实验	18	一、轴向柱塞式液压马达的工作原理	48
实验二 压力形成实验	19	二、叶片式液压马达的工作原理	48
思考练习题	21	技能训练 液压缸的拆装	49
第二章 液压动力元件	22	思考练习题	51
第一节 液压泵概述	22	第四章 液压控制元件	53
一、液压泵的类型	22	第一节 方向控制阀	53
二、液压泵的工作原理及工作条件	22	一、单向阀	53
三、液压泵的性能参数	23	二、换向阀	54
第二节 齿轮泵	25	三、换向阀的结构	57
一、外啮合齿轮泵	25	四、方向控制阀的常见故障及排除方法	62
二、内啮合齿轮泵	28	第二节 压力控制阀	62
		一、溢流阀	62
		二、减压阀	64

三、顺序阀	66	一、冷却器	95
* 四、压力继电器	67	二、加热器	98
五、压力控制阀的常见故障及排除方法	68	第七节 压力表及压力表开关	98
第三节 流量控制阀	69	思考练习题	99
一、节流阀	69	第六章 液压基本回路	100
二、调速阀	70	第一节 压力控制回路	100
* 三、分流集流阀	72	一、调压回路	100
四、流量控制阀的常见故障及排除方法	73	二、减压回路	101
* 第四节 新型液压元件	73	三、增压回路	101
一、电液比例控制阀(比例阀)	73	四、卸荷回路	102
二、插装阀	75	五、保压回路	103
三、叠加阀	76	六、平衡回路	104
技能训练一 换向阀的拆装	76	第二节 速度控制回路	105
技能训练二 溢流阀的拆装	77	一、调速回路	105
技能训练三 节流阀的拆装	78	二、快速运动回路	109
思考练习题	79	三、速度换接回路	110
第五章 液压辅助元件	80	第三节 方向控制回路	112
第一节 蓄能器	80	一、换向回路	112
一、蓄能器的作用	80	二、锁紧回路	113
二、蓄能器的工作原理和种类	81	第四节 多缸工作控制回路	114
三、蓄能器的安装	82	一、顺序动作回路	114
第二节 滤油器	82	二、同步回路	116
一、滤油器的作用及要求	82	* 三、多缸快慢速互不干扰回路	118
二、滤油器的类型及结构	83	技能训练 液压基本回路的调试	119
三、滤油器的安装	85	思考练习题	120
第三节 密封装置	86	第七章 农机典型液压系统	123
一、O型密封圈	86	第一节 液压系统典型实例	123
二、Y型密封圈和 Y _X 型密封圈	87	一、联合收割机液压系统	123
三、V型密封圈	87	二、拖拉机液压系统	124
四、组合密封圈	88	三、Q2-8型汽车起重机液压系统	126
第四节 油管及管接头	88	* 四、WY100挖掘机液压系统	129
一、油管	88	第二节 液压伺服系统	131
二、管接头	90	一、液压伺服控制原理	131
第五节 油箱	92	二、液压伺服系统的基本特点	132
一、油箱容量的确定	93	三、液压伺服系统的组成	133
二、油箱的结构	93	四、液压转向助力器	133
三、油箱的安装	95	第三节 液压系统的使用、维护及	
第六节 冷却器与加热器	95	故障分析	134

一、对液压传动系统的要求	134	一、压力控制阀	152
二、液压系统的正确使用	134	二、流量控制阀	154
三、液压系统的故障判断与排除	137	三、方向控制阀	155
技能训练一 典型液压系统的调试 与维修	137	技能训练一 气动控制阀的拆装	158
技能训练二 液压转向助力器的 拆装	139	技能训练二 气马达的拆装	158
思考练习题	140	思考练习题	159
第八章 气动元件	141	第九章 气动基本回路及典型 气动系统	161
第一节 气源装置	141	第一节 气动基本回路	161
一、空气压缩机	141	一、压力控制回路	161
二、气源净化装置	142	二、速度控制回路	162
第二节 气动辅助元件	144	三、换向回路	163
一、过滤器	144	四、其他回路	163
二、油雾器	145	第二节 典型气动系统	168
三、消声器	147	一、识读气压传动系统图的一般步骤	168
第三节 气缸和气马达	148	二、典型气动系统	168
一、气缸	148	思考练习题	170
二、气马达	151	附录 常用液压与气动元件 图形符号	171
第四节 气动控制元件	152	主要参考文献	177

绪 论

液压与气压传动是分别以液体、气体为工作介质，把原动机(或电动机)的机械能先转化为工作介质的压力能，再由传送管道将具有压力能的工作介质输送到执行机构，使其克服负载而运动，从而把液体、气体的压力能再转变为工作机构所需要的机械运动和动力。

液压与气动技术不仅在机械制造、建筑机械、矿山机械等得到了广泛的应用，而且在农业机械、牧业机械、农田水利机械以及农用运输汽车中的应用也越来越广泛。目前，在农业机械中，我国的拖拉机除手扶拖拉机外，普遍使用了液压悬挂系统，在联合收割机中普遍采用了液压操纵。

在农业机械上采用液压与气动技术后，可以简化机器的结构，减轻机器重量，减少材料消耗，降低制造成本，减轻劳动强度，提高工作效率和工作的可靠性。

一、液压与气动系统的工作原理

1. 简单的液压操纵系统

图 0-1 所示是农业机械中常用的牵引式平地机的液压传动原理图。平地铲刀由两个液压缸来提升或下降，在该液压系统中，从液压泵的出口到液压缸的工作腔是一个密闭容器。当液压泵工作时把油从油箱中吸上来输送给液压缸 3 和 4，液压缸的升降则分别由手动换向阀 5 和

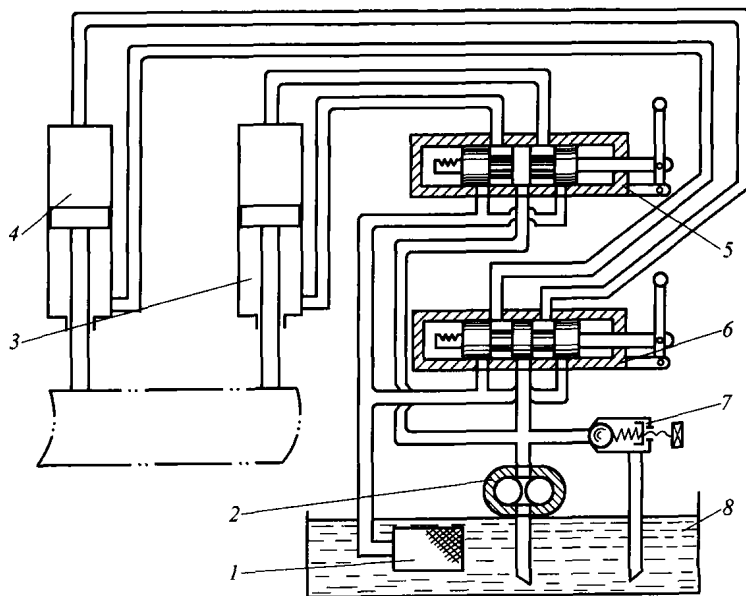


图 0-1 牵引式平地机液压传动原理

1—过滤器；2—液压泵；3、4—液压缸；
5、6—换向阀；7—安全阀；8—油箱

6 控制。农机手可根据地形情况随时操作手把，使两液压缸的活塞杆同时提升、下降或一升一降，以推动铲刀上、下运动，达到平整土地的目的。安全阀用来防止系统过载，以保护整个系统的安全。

由此可以看出，发动机的动力不是通过齿轮等机械零件传递的，而是通过密闭容器中的油液来传递给执行机构的。

2. 简单的气动操作系统

图 0-2 所示是气动剪料机系统工作原理图。当工料 11 送入剪料机并达到预定位置时，行程阀 8 的阀芯被推着向右移使换向阀 9 的控制腔 A 接通大气，在弹簧力作用下阀 9 的阀芯下移，由空气压缩机 1 发生的经净化后储存在储气罐 4 中的压缩空气，经空气过滤器 5、减压阀 6、油雾器 7、换向阀 9 进入气缸 10 下腔，推动气缸活塞向上运动并使气缸上腔的空气经换向阀排入大气。气缸活塞带动剪刀将工料 11 剪断并随之松开行程阀 8 的阀芯使之复位，将排气通道隔断，而进入通道接通。换向阀控制腔内的气压随之升高，阀芯被推动上移，主气路被切换，压缩空气进入气缸上腔，气缸活塞向下运动并使气缸下腔排气，活塞向下运动带动剪刀复位，准备第二次下料。

由此可以看出，气动系统也是一种能量转换与传递系统。但和液压系统相比，由于所用的工作介质(气体)的可压缩性，使之在工作原理和装置构成上与液压系统有一定的区别。

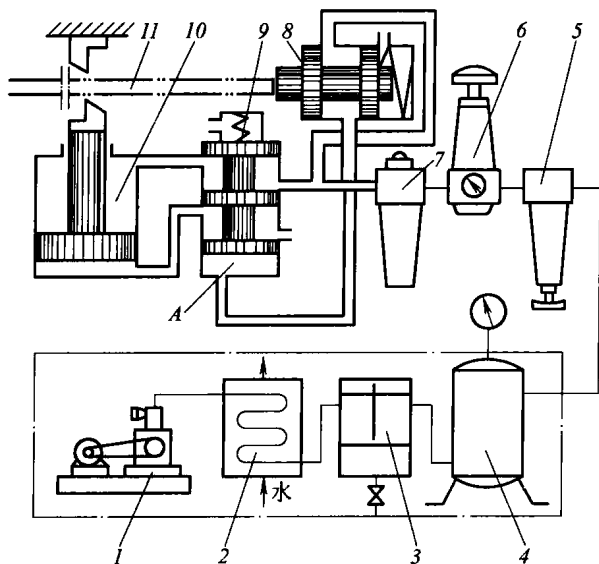


图 0-2 气动剪料机气动系统原理

- 1—空气压缩机；2—冷却器；3—油水分离器；4—储气罐
5—空气过滤器；6—减压阀；7—油雾器；8—行程阀；
9—换向阀；10—气缸；11—工料

二、液压与气动系统的组成及图形符号

1. 系统组成

液压与气动系统一般由以下几部分组成：

(1) 能源装置 该装置用以提供一定流量或一定压力的液体或压缩空气，将机械能转换为流体的压力能，系统的核心部分是动力元件，如液压泵、空气压缩机等。

(2) 执行装置 用于连接工作部件，并把流体的压力能转换为工作部件的机械能。它主要由系统的执行元件构成，如液压缸、液压马达、气缸、气马达等。

(3) 控制调节装置 用于控制系统中流体的流动方向以及调节流体的压力、流量的大小，以满足机械的工作要求，如：压力阀、流量阀、方向阀等。

(4) 辅助装置 除上述三类装置之外，把系统连接起来的其他元件都属于辅助元件，它对系统的正常工作起着非常重要的作用，如液压系统中的油箱、过滤器、油管及管接头、密封件、蓄能器、冷却器和加热器，气动系统的冷却器、分水排水器、储气罐、空气过滤器、消声器等。

(5) 工作介质 在液压系统中使用的工作介质为液压油；在气动系统中使用的工作介质是空气。

2. 图形符号

图 0-1 和图 0-2 所示的液压与气动系统图是一种用半结构式符号表示的工作原理图，这种图形直观，易于初学者接受，但图形较复杂，绘制比较麻烦，因此，我们国家规定用统一的图形符号表示液压与气动系统中的元件，图 0-3、图 0-4 所示就是用标准图形符号表示的上述两系统的工作原理图。常用的液压与气动图形符号(GB 786.1—1993)见附录。

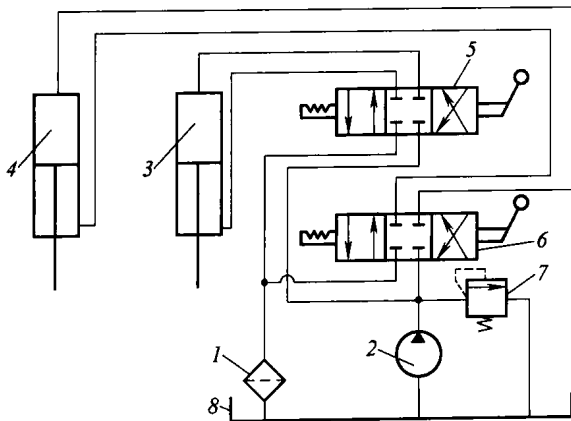


图 0-3 牵引平地机液压传动系统图形符号

1—过滤器；2—液压泵；3、4—液压缸；
5、6—换向阀；7—安全阀；8—油箱

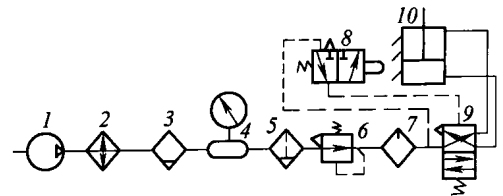


图 0-4 气动剪料机气动系统图形符号

1—空气压缩机；2—冷却器；3—油水分离器；
4—储气罐；5—空气过滤器；6—减压阀；
7—油雾器；8—行程阀；
9—换向阀；10—气缸

三、液压与气动系统的特点

1. 液压系统的特点

液压传动之所以在农业机械中得到广泛的应用，是因为与其他传动方式相比具有以下优点：

(1) 易于获得较大的力和力矩，可以在负载情况下随时起动，动作反应灵敏。

- (2) 能在工作过程中较方便地实现无级调速，且调速范围较大，工作平稳。
- (3) 容易获得较复杂的动作，结构比较简单，易于实现集中操作或远距离操作。
- (4) 容易实现元件的通用化、标准化和系列化，便于设计、制造和推广使用。
- (5) 在相同功率输出的情况下，液压传动装置的体积小，重量轻，惯性小，结构紧凑。
- (6) 运动平稳、易于防止过载、零件能自行润滑、使用寿命长。

但是，液压传动还存在以下缺点：

- (1) 对液体介质的清洁度和液压元件的制造精度要求高，造价也高，难以在农业机械中推广。
- (2) 油液容易泄漏造成环境污染，因此，要求系统有良好的密封以防止泄漏。
- (3) 工作时受温度的影响较大，使运动不平稳。

2. 气动系统的特点

气压传动的优点是：

- (1) 它是以空气为介质，因而容易取得，且不污染环境。
- (2) 气动动作迅速，工作介质与设备维护简单，成本低。
- (3) 对工作环境的要求低，适应性强。

其缺点是：

- (1) 工作的平稳性差。
- (2) 气动传递的功率较小，气动装置过大的噪声会造成对环境的噪声污染。

四、液压与气动技术在农业机械中的发展与应用

液压与气压传动的工作原理以及元件的应用早已被人们所认识，但真正广泛的应用于各种农业机械和复杂的机械控制却是近几十年的事情，1958年我国开始研究在农业机械上使用液压技术，1961年开始在拖拉机上推广液压悬挂系统，1965年开始研究液压驱动拖拉机及液压驱动联合收割机。目前，微电子技术、计算机技术和液压气动技术结合应用于农业机械，引入了一系列崭新的设计原理和结构，成为创制新型农业机械，实现农业机械化不可分割的有机组成部分。

液压与气动技术在农业机械中的应用主要表现在以下几个方面：

1. 液压悬挂系统

目前大中型拖拉机和履带拖拉机上大都有液压悬挂系统，用于悬挂犁、耙和播种机等农具，控制农具的升降，可以根据土壤阻力的大小自动调节耕深(力调节)，还可以根据拖拉机与农具相对位置的高低自动调节农具的相应位置(位调节)。

2. 液压提升、翻转和折叠机构

应用液压传动可以方便地用来提升、翻转和折叠各种农机具，如推土机上推土铲的提升和下降；联合收割机上割台、拨禾轮的高度调节；在双向犁上利用液压缸和阀门的配合，可以轻易地将笨重的犁体翻转180°；在圆盘耙上利用液压缸调整耙片的角度；在挖掘机上利用多个液压缸的协调动作可使铲斗完成挖土、升降、卸土等各种复杂的工序；在起重吊车上利用液压缸可以较方便地折叠支撑架等。

3. 液压转向

在一些重型运输汽车、大功率拖拉机和自走式联合收割机上，普遍采用全液压转向方向机和转向加力器来实现转向，以减轻驾驶员的劳动强度。

4. 液压驱动

液压驱动就是利用具有一定压力的液体驱动液压马达，直接带动行走轮或其他旋转工作部件作旋转运动，主要用在各种谷物和青饲料的自走式联合收割机以及农田基本建设机械上，另外，在污水泵、吸泥泵等设备上也采用液压驱动。

5. 液压气动加压装置

利用液压与气动能输出较大功率的特点制作各种加力装置，如粮油加工机械中的液压榨油机，农机修理部门利用增压缸制作的液压铆枪以及气动剪料机等。

第一章 液压与气动基础知识

现代液压系统大多采用矿物油作工作介质，液压传动的工作介质统称为液压油。气压传动是以空气为工作介质。本章将以液压油为重点，叙述液压与气动工作介质的主要性质，以及与两种传动有关的流体力学基本内容，为以后分析和使用液压与气动系统提供必要的基础知识。

第一节 液 压 油

在液压系统中，液压油是传递动力和信号的工作介质。同时，它还起到润滑、冷却和防锈的作用。液压油的正确选择和使用对液压系统性能有重要影响，因此，必须首先了解液压油的一些主要特性及选择的原则。

一、液压油的性质

1. 密度

对于均质的液体来说，单位体积中所具有的质量叫做密度，即

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 m ——液压油的质量，kg；

V ——液压油的体积， m^3 。

液压油的密度随温度的升高而减小，随压力的升高而增大。但是在一般的工作条件下，温度和压力引起的密度变化很小，可近似认为液压油的密度是不变的。

2. 可压缩性

液体受压力作用而发生体积变化的性质称为液体的可压缩性。液压油的压缩性大小可用体积压缩系数 k 表示。其定义为增加单位压力时液压油体积的相对缩小量，即

$$k = -(\Delta V/V_0)/\Delta P$$

式中 V_0 ——增压前液体的体积， m^3 ；

ΔV ——液体体积的变化量， m^3 ；

ΔP ——为压力的增量， N/m^2 。

k 的倒数 K 称为液压油的容积模量，即 $K = \frac{1}{k}$ ， K 表示液压油抵抗压缩的能力，很显然其单位与压力的单位相同。

液压油抵抗压缩的能力是很强的，因而一般情况下可认为液压油是不可压缩的，只有在超高压系统或研究液压系统的动态性能时，才须考虑液压油的可压缩性。

3. 粘性

(1) 粘性的概念 液体在外力作用下流动(或有流动趋势)时, 分子间的内聚力要阻止分子相对运动而产生一种内摩擦力, 这种性质叫做液体的粘性。液体只在流动(或有流动趋势)时才会出现粘性, 静止液体是不呈现粘性的。粘性只能阻碍、延缓液体内部的相对运动, 但不能消除这种运动。

(2) 衡量粘性大小的指标 粘性的大小用粘度表示。粘度是表征油液流动时内摩擦力大小的系数。若液压系统中所选用的液压油粘度太大, 则液压元件中运动副间的摩擦力就会增加, 从而使机械效率降低; 反之, 又会使其容积效率降低。

(3) 液压油粘度的表达方法和计算 生产中通常用粘度单位表示粘度的大小。我国常用的粘度单位有三种, 即动力粘度、运动粘度和相对粘度。

a. 动力粘度是用液体流动时所产生的内摩擦力大小表示的粘度。其物理意义是: 面积各为 1cm^2 , 相距为 1cm 的两层液体, 以 1cm/s 的速度相对运动, 此时所产生的内摩擦力称为动力粘度, 用 μ 表示。在法定计算单位中, 动力粘度单位为帕·秒(Pa·s)。

b. 运动粘度是液体的动力粘度与其密度的比值, 用 ν 表示, 即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

ν 的法定计算单位是米²/秒(m^2/s), 但工程上常用厘斯(cSt)表示, $1\text{cSt} = 1\text{mm}^2/\text{s}$ 。两种单位的换算关系是: $1\text{m}^2/\text{s} = 10^6 \text{cSt}$ 。

工程中常用运动粘度来标志液体的粘度。液压油的牌号是采用在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 温度时的运动粘度平均值来标号。例如: N 22 号液压油, 指这种油在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 时的运动粘度平均值为 22 cSt。我国的液压油旧牌号则是采用按 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 时的运动粘度平均值来表示的。液压油新旧牌号对照参见表 1-1 所示。

表 1-1 液压油新旧粘度牌号对照表

新牌号	N 7	N 10	N 15	N 22	N 32	N 46	N 68	N 100	N 150
旧牌号	5	7	10	15	20	30	40	60	80

运动粘度的具体测定方法参见本章后安排的技能训练。

c. 相对粘度是在过去实际测量中常用的粘度表示方法。它是采用特定的粘度计在规定的条件下测出来的粘度。由于测量仪器和条件的不同, 各国相对粘度的含义也不一样, 中国、德国等国家采用的是恩氏粘度。

恩氏粘度测定的方法是: 将 200 cm^3 被测油液放在一个特定的容器里(恩氏粘度计), 加热至 $t\text{ }^\circ\text{C}$ 后, 由容器底部一个直径为 2.8 mm 的孔流出, 测量出油液流尽所需时间 $t_{\text{油}}$, 与流出同体积的 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 的蒸馏水所需时间 $t_{\text{水}}$ 相比, 其比值就是该油液在温度 $t\text{ }^\circ\text{C}$ 时的恩氏粘度, 用符号 $^\circ E_t$ 表示, 即

$$^\circ E_t = \frac{t_{\text{油}}}{t_{\text{水}}}$$

恩氏粘度与运动粘度的换算关系式为

$$\nu_t = \left(7.31^\circ E_t - \frac{6.31}{^\circ E_t} \right) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

式中 $^\circ E_t$ ——温度为 $t\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 油液的恩氏粘度;

ν_t ——温度为 $t^\circ\text{C}$ 时油液的运动粘度， m^2/s 。

(4) 影响粘度的因素 粘度是液压油的重要属性，它与温度和压力有关。在液压传动常用的温度和压力范围内，压力的变化引起的影响很小，因而通常压力对粘度的影响忽略不计。液压油的粘度对温度的变化十分敏感，温度升高，则粘度下降。

4. 其他性质

除了以上讲的三种性质外，液压油还有一些其他性质，如稳定性、抗乳化性、抗泡沫性、防锈性、润滑性等，也对它的选择和使用有一定影响，这些性质的含义可参阅其他有关资料，在此不作介绍。

二、液压油的选用

液压油的选择，主要是品种的选择和粘度等级的选择。在选择液压油时应注意以下几个方面：

1. 工作压力

工作压力较高的系统宜选用粘度较高的液压油，以减少泄漏量。

2. 运动速度

若液压系统的工作部件运动速度较低时，宜选用粘度较高的液压油；反之，宜选用粘度较低的液压油。

3. 环境温度

环境温度较高时宜选用粘度较高的液压油；反之，选用粘度较低的液压油。

4. 液压泵的类型

在液压系统的所有元件中，液压泵对液压油的性能最为敏感。所以，选择液压油的粘度时首先要考虑液压泵的类型及其要求。各类液压泵适用的粘度范围可查阅有关液压手册。

5. 液压油的品种

如果环境温度较高且有防火要求，宜选择抗燃液压油；如果环境温度较低或温度变化较大，宜选择粘温性好的低温液压油；如果液压设备长期在重载下工作，宜选用抗磨性好的液压油。

6. 农业机械液压系统常用的液压油

(1) 机械油 机械油量面广，在农业机械中常用 N 32、N 46、N 68 号机械油。

(2) 普通液压油 油中加有抗氧化、抗腐蚀、抗磨、防锈等添加剂，因此，适合于中、高压液压系统，可用于要求较高的联合收割机的液压系统。常用的有 N 32、N 46、N 68 号。

(3) 柴油机油 油中加有抗氧化性、防锈蚀和去垢剂，润滑性能好，粘度指数高，适应的工作范围较宽，在一般的农业机械的液压系统中均可应用。夏季可用 N 15 号，冬季可用 N 10 号。

(4) 低凝点液压油 在环境温度低于 -15°C 以下的北方地区，可用低凝点液压油，它具有较好的抗剪切性和抗磨性，在低温下起动性能好。

三、液压油在使用中应注意的问题

1. 工作温度要控制在合适的范围内