



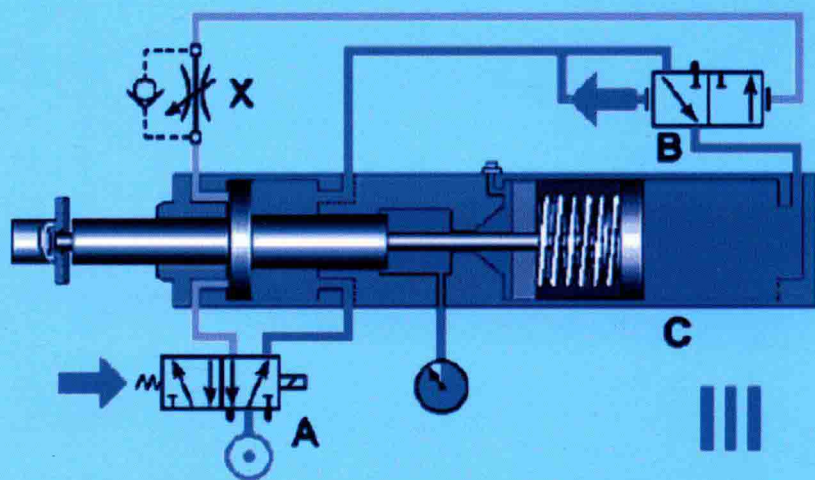
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

液压与气压传动

YEYA YU QIYA CHUANDONG

第二版

高连兴 姬长英 史岩 主编



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

液压与气压传动

第二版

高连兴 姬长英 史岩 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气压传动 / 高连兴, 姬长英, 史岩主编. —
2 版. —北京: 中国农业出版社, 2015. 4 (2016. 6 重印)

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-20123-1

I. ①液… II. ①高… ②姬… ③史… III. ①液压传
动-高等学校-教材②气压传动-高等学校-教材 IV.

①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 015372 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛波

文字编辑 彭明喜

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 8 月第 1 版 2015 年 4 月第 2 版

2016 年 6 月北京第 2 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75

字数: 486 千字

定价: 39.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材分流体力学基础、液压传动和气压传动三部分。流体力学基础部分主要讲述液压与气压传动的工作介质——流体及其性质、流体力学和能量损失等；液压传动部分主要讲述液压泵、液压执行元件、液压控制阀、液压辅助装置、液压基本回路、典型液压传动系统、液压系统的设计与计算；气压传动部分主要讲述气源及辅助装置、气动执行元件、气动控制元件、气动基本回路、典型气动系统。

本教材的特点是：以流体力学和热力学为理论基础，以流体压力（液压与气压）能进行能量传递为主线，以液压与气压系统元件为基本点，以液压与气压传动回路为基本框架，以典型液压与气动系统应用及液压系统初步设计为目的，使学生对液压与气压传动基础知识进行全面、深入的了解，掌握重点内容，并注意传授知识和培养能力并重。

本教材是普通高等院校机械类、交通运输类和农业工程类各相关专业系列教材之一，被列为普通高等教育农业部“十二五”规划教材和全国高等农林院校“十二五”规划教材。也适用于各类电大、成人高校、职工大学相关专业，也可供从事液压与气压传动技术的工程技术人员参考使用。

第二版编写人员名单

主 编 高连兴 (沈阳农业大学) 姬长英 (南京农业大学)

史 岩 (青岛农业大学)

副主编 刘志侠 (沈阳农业大学) 吴晓强 (四川农业大学)

弋晓康 (塔里木大学)

编 者 (以姓名笔画为序)

弋晓康 (塔里木大学) 史 岩 (青岛农业大学)

刘志侠 (沈阳农业大学) 陈振宇 (山西农业大学)

何凤宇 (沈阳工学院) 李 华 (沈阳农业大学)

吴晓强 (四川农业大学) 杨德旭 (沈阳农业大学)

杨然兵 (青岛农业大学) 张天顺 (云南农业大学)

高连兴 (沈阳农业大学) 姬长英 (南京农业大学)

钱 进 (南京农业大学) 龚水泉 (江西农业大学)

赖庆辉 (昆明理工大学)

第一版编写人员名单

- 主 编** 高连兴 (沈阳农业大学) 姬长英 (南京农业大学)
 史 岩 (青岛农业大学)
- 副主编** 刘志侠 (沈阳农业大学) 谭 彧 (中国农业大学)
- 编 者** (以姓名笔画为序)
- 史 岩 (青岛农业大学) 刘志侠 (沈阳农业大学)
 吴晓强 (四川农业大学) 何瑞银 (南京农业大学)
 张 云 (内蒙古农业大学) 张丽春 (内蒙古农业大学)
 陈振宇 (山西农业大学) 高连兴 (沈阳农业大学)
 郭文洋 (大连水产学院) 郭贵生 (西北农林科技大学)
 姬长英 (南京农业大学) 谭 彧 (中国农业大学)
- 主 审** 李成华 (沈阳理工大学)

第二版前言

《液压与气压传动》(第一版)是由沈阳农业大学、南京农业大学和青岛农业大学等多所院校联合编写、中国农业出版社出版的全国高等农林院校“十一五”规划教材。本教材自2007年8月出版以来,被全国多所高等院校广泛使用,受到广大读者欢迎,于2008年被评为全国高等农业院校优秀教材,至今已先后重印多次。此次修订的《液压与气压传动》(第二版)被列为普通高等教育农业部“十二五”规划教材和全国高等农林院校“十二五”规划教材。

为适应国内外液压与气压传动技术的发展和高等教育教学改革要求,进一步优化教材整体结构和教学内容体系,我们在第一版教材编写并总结教学经验基础上,对全书进行了以下修订工作:

1. 在保持原有教材特色与风格前提下,对教材内容及其体系进行了适量调整和删减,以更好地满足教学大纲要求。

2. 在章节编排上,将原教材中的第二章流体静力学和第三章流体动力学基础合并为现在的第二章流体力学基础,将流体动力学分析由原来三维空间转为一维恒定流动分析,使其更贴近于液压与气压传动系统的流动规律。

3. 对第五章液压执行元件中液压马达的主要性能参数进行了调整,从能量转换角度对容积效率、机械效率及总效率进行讲解和陈述,易于学生理解和掌握。

4. 将原来第十三章气动执行元件与控制元件内容,按元件功能不同分成两章,即第十二章气动执行元件和第十三章气动控制元件,以保持与液压传动体系构成一致。

5. 对教材中物理量符号、插图进行了全面审查,更正了第一版中的错误,使其更加规范并符合国家标准。

本教材由沈阳农业大学高连兴、南京农业大学姬长英和青岛农业大学史岩担任主编，沈阳农业大学刘志侠、四川农业大学吴晓强和塔里木大学弋晓康担任副主编。参加编写的人员有沈阳农业大学高连兴（绪论）、南京农业大学姬长英（第一章）、沈阳农业大学刘志侠（第二章、第四章、第九章）、青岛农业大学史岩（第三章）、塔里木大学弋晓康（第五章）、沈阳农业大学李华（第六章第一节、第二节）、沈阳农业大学杨德旭（第六章第三节、第四节）、南京农业大学钱进（第六章第五节）、山西农业大学陈振宇（第七章）、沈阳工学院何凤宇（第八章第一节、第二节）、青岛农业大学杨然兵（第八章第三节、第四节）、云南农业大学张天顺（第十章）、四川农业大学吴晓强（第十一章、第十四章、第十五章）、江西农业大学龚水泉（第十二章）、昆明理工大学赖庆辉（第十三章）。本教材全部修订稿由沈阳农业大学刘志侠负责整理，全书最后由沈阳农业大学高连兴、刘志侠定稿。

本教材修订是全体参编人员共同努力的结果，也得到各参编兄弟院校和中国农业出版社的大力支持，在此一并表示诚挚的谢意！

由于时间和水平的限制，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

2014年7月于沈阳农业大学

第一版前言

本教材是全国高等院校“十一五”规划教材，适用于普通高等院校机械类、交通运输类和农业工程类等各专业，也可供有关科研与工程技术人员参考。

本教材是根据教育部高等院校工科专业教学计划调整后最新设置的“液压与气动技术”课程教学大纲，结合多年教学与科研实践，总结同类教材编写经验，并汲取本领域内最新成果的基础上而精心组织编写的。

其特点是：结合全国高等院校工科专业教学内容与课程改革实践，注重基础理论掌握、专业知识应用与能力培养并重；在内容选取与章节安排上既注重液压与气压传动知识和流体力学理论的有机结合、融会贯通，又考虑了内容之间的相互独立性、完整性和系统性；在重点论述基础理论知识的基础上，结合了大量的工程应用实例，内容阐述由浅入深、循序渐进、少而精，有利于教学和自学。

参加本教材编写的人员：沈阳农业大学高连兴（绪论）、南京农业大学姬长英（第一章、第三章）、沈阳农业大学刘志侠（第二章、第四章、第五章第二节和第三节）、西北农林科技大学郭贵生（第五章第四节）、内蒙古农业大学张丽春（第六章、第七章第一节、第二节、第四节）、内蒙古农业大学张云（第七章第三节、第五节）、山西农业大学陈振宇（第八章、第十一章）、青岛农业大学史岩（第九章）、南京农业大学何瑞银（第十章）、四川农业大学吴晓强（第十二章、第十四章、第十五章）、中国农业大学谭彧（第十三章）、大连水产学院郭文洋（第五章第一节）。

本教材在组织和编写过程中，得到了各参编兄弟院校的大力支持，同时也得到了航天新光集团张晶和沈阳农业大学王君玲、杨德旭老师和刘宏力、张永利、程献丽等研究生的大力帮助，在此一并表示诚挚的谢意！

液压与气压传动技术内容较多而且发展较快，加之学时和篇幅所限，尽管我们付出了长时间的努力，但因水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2007年7月

第二版前言
第一版前言

绪论	1
第一节 液压与气压传动的发展概况	1
第二节 液压与气压传动的工作原理及特征	1
一、液压与气压传动的工作原理	2
二、液压与气压传动的基本特征	3
第三节 液压与气压传动系统的组成、表示方法及分类	5
一、液压与气压传动系统的组成	5
二、液压与气压传动系统的图形符号表示法	5
三、液压传动系统分类	5
第四节 液压与气压传动的优缺点	6
一、液压传动的优缺点	6
二、气压传动的优缺点	7
第五节 液压与气压传动的应用及发展趋势	7
一、液压与气压传动的应用	7
二、液压与气压传动的发展趋势	8
思考题与习题	9
第一章 流体及其压力传动介质	10
第一节 流体及其主要物理性质	10
一、流体及其特征	10
二、流体的主要物理性质	10
三、流体质点和连续介质的概念	13
第二节 液压油(液)的种类、性质及其选用	14
一、液压油(液)的种类	14
二、液压油(液)应具备的性质	14
三、液压油(液)的选用	15
思考题与习题	15
第二章 流体力学基础	17
第一节 流体静力学基础	17

一、流体静压力及其特性	17
二、静压力基本方程	17
三、平衡流体对固体壁面的作用力	20
第二节 流体动力学基础	22
一、流体运动的基本概念	22
二、流体运动基本方程	24
第三节 气压流体力学基础	31
一、理想气体状态方程	32
二、气体状态变化过程	32
三、气体流动基本方程	33
四、充放气过程	34
思考题与习题	35
第三章 能量损失	36
第一节 流体管中流动	36
一、流体的流动形态和雷诺数	36
二、管路中的压力损失	41
第二节 孔口流动	43
一、薄壁孔口	43
二、短孔和细长孔	46
第三节 缝隙流动	47
一、平行平板间的缝隙	47
二、环形缝隙	48
第四节 气穴现象与液压冲击	52
一、气穴现象	52
二、液压冲击	55
思考题与习题	58
第四章 液压泵	59
第一节 概述	59
一、液压泵的工作原理和分类	59
二、液压泵的主要性能参数	60
三、液压泵的性能曲线	63
第二节 齿轮泵	64
一、外啮合齿轮泵的工作原理	64
二、外啮合齿轮泵的流量计算	64
三、外啮合齿轮泵的结构特点	66
四、提高外啮合齿轮泵压力的措施	67
五、CB—B型外啮合齿轮泵	68
六、螺杆泵和内啮合齿轮泵	69
第三节 叶片泵	70

一、单作用式叶片泵	70
二、双作用式叶片泵	72
三、限压式变量叶片泵	77
第四节 柱塞泵	80
一、轴向柱塞泵	80
二、径向柱塞泵	83
思考题与习题	83
第五章 液压执行元件	85
第一节 液压马达	85
一、液压马达的工作原理与分类	85
二、液压马达的主要性能参数	86
三、典型液压马达的结构和工作原理	88
第二节 液压缸	90
一、液压缸的类型及其特点	90
二、液压缸的结构	95
三、液压缸的设计计算	97
思考题与习题	101
第六章 液压控制阀	103
第一节 概述	103
一、液压控制阀的作用	103
二、液压控制阀的分类	103
第二节 方向控制阀	104
一、单向阀	104
二、换向阀	106
第三节 压力控制阀	116
一、溢流阀	116
二、减压阀	122
三、顺序阀	125
四、压力继电器	127
第四节 流量控制阀	128
一、流量控制原理	128
二、节流口的流量特性	128
三、普通节流阀	131
四、调速阀	131
五、旁通式调速阀	134
第五节 其他液压控制阀	135
一、电液伺服阀	135
二、电液比例阀	138
三、电液数字控制阀	140

思考题与习题	142
第七章 液压辅助装置	145
第一节 油箱	145
一、油箱容积的确定	145
二、油箱的结构	146
第二节 蓄能器	147
一、蓄能器的工作原理	147
二、蓄能器在液压系统中的应用	147
三、蓄能器的类型	148
第三节 滤油器	150
一、滤油器的类型	150
二、对滤油器的基本要求	151
三、滤油器在液压系统中的安装位置	152
第四节 管件与密封件	152
一、油管	153
二、管接头	154
三、密封件	156
思考题与习题	161
第八章 液压基本回路	162
第一节 速度控制回路	162
一、调速回路	162
二、快速运动回路	176
三、速度换接回路	179
第二节 压力控制回路	181
一、调压回路	181
二、减压回路	183
三、卸荷回路	184
四、平衡回路	187
第三节 方向控制回路	187
一、换向回路	188
二、锁紧回路	189
第四节 多缸工作控制回路	189
一、顺序动作回路	189
二、同步回路	191
三、多缸快慢速互不干扰回路	193
思考题与习题	194
第九章 典型液压传动系统	196
第一节 组合机床动力滑台液压系统	196

一、概述	196
二、YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	197
三、YT4543 型动力滑台液压系统的主要特点	199
第二节 拖拉机液压悬挂系统	199
一、概述	199
二、东方红—802 型拖拉机液压悬挂系统的工作原理	199
三、东方红—802 型拖拉机液压悬挂系统的主要特点	201
第三节 压力机液压系统	201
一、概述	201
二、YB32—200 型压力机液压系统的工作原理	201
三、YB32—200 型压力机液压系统的主要特点	203
第四节 联合收割机液压系统	203
一、概述	203
二、Ce—1 型洋马联合收割机液压系统的工作原理	204
三、Ce—1 型洋马联合收割机液压系统的主要特点	207
第五节 汽车起重机液压系统	207
一、概述	207
二、Q2—8 型汽车起重机液压系统的工作原理	208
三、Q2—8 型汽车起重机液压系统的主要特点	210
第六节 挖掘机液压系统	211
一、概述	211
二、单斗液压挖掘机液压系统的工作原理	211
三、单斗液压挖掘机液压系统的主要特点	213
思考题与习题	214
第十章 液压系统的设计与计算	215
第一节 液压系统设计依据与流程	215
一、液压系统设计依据	215
二、液压系统设计流程	215
第二节 工况分析与液压系统方案设计	216
一、工况分析	216
二、液压系统方案设计	218
第三节 液压元件的选择	222
一、液压泵的选定	222
二、液压控制阀的选择	223
三、液压辅件的选择	223
第四节 液压装置结构形式的选择	223
一、液压装置常用的结构形式	223
二、液压元件的配置形式	223
三、集成块设计	224
第五节 液压系统的验算及技术文件的编制	224

一、液压系统的验算	224
二、技术文件的编制	228
思考题与习题	228
第十一章 气源及辅助装置	229
第一节 气压发生装置	230
一、空气压缩机的类型	230
二、空气压缩机的工作原理	230
三、空气压缩机容量的计算及选用	231
第二节 气源净化处理装置	232
一、气源净化处理的必要性	232
二、后冷却器	233
三、油水分离器	234
四、贮气罐	235
五、空气干燥器	236
六、空气过滤器	237
第三节 其他辅助装置	239
一、油雾器	239
二、消声器	240
第四节 管路系统的布置与计算	241
一、管路系统的布置	242
二、管路系统的计算	243
思考题与习题	245
第十二章 气动执行元件	246
第一节 气缸	246
一、气缸的分类	246
二、气缸的工作特性	247
三、气缸的性能参数计算	247
四、气缸主要尺寸确定及结构设计	249
五、常用其他气缸	252
第二节 气动马达	254
思考题与习题	255
第十三章 气动控制元件	256
第一节 气动控制阀	256
一、方向控制阀	256
二、压力控制阀	261
三、流量控制阀	262
第二节 气动逻辑元件	263
一、气动逻辑元件的分类及特点	263

二、高压截止式逻辑元件	264
三、高压膜片式逻辑元件	266
第三节 气动传感器及气动仪表	267
一、气动传感器	267
二、气动差压式变送器	269
三、气动调节器	269
思考题与习题	270
第十四章 气动基本回路	271
第一节 方向控制回路	271
一、单作用气缸换向回路	271
二、双作用气缸换向回路	271
第二节 压力控制回路与力控制回路	272
一、压力控制回路	272
二、力控制回路	273
第三节 速度控制回路	275
一、气缸节流控制的简单分析	276
二、单作用气缸速度控制回路	276
三、双作用气缸速度控制回路	277
四、气液联动速度控制回路	278
第四节 气动程序控制回路及其设计	280
一、多缸单往复行程程序控制回路的设计	281
二、多缸多往复行程程序控制回路的设计	291
第五节 其他回路	294
一、位置控制回路	294
二、同步控制回路	297
三、计数回路	298
四、往复运动控制回路	299
五、气动逻辑控制回路	300
思考题与习题	302
第十五章 典型气动系统	304
第一节 震压造型机气动系统	304
一、震压造型机的工作过程	304
二、震压造型机气动系统的工作原理	305
三、震压造型机气动系统的主要特点	306
第二节 气动张力控制系统	306
一、卷筒纸印刷机张力控制系统的工作原理	306
二、卷筒纸印刷机张力控制系统的主要特点	307
第三节 气动机械手	308
一、气动机械手动作程序图	308