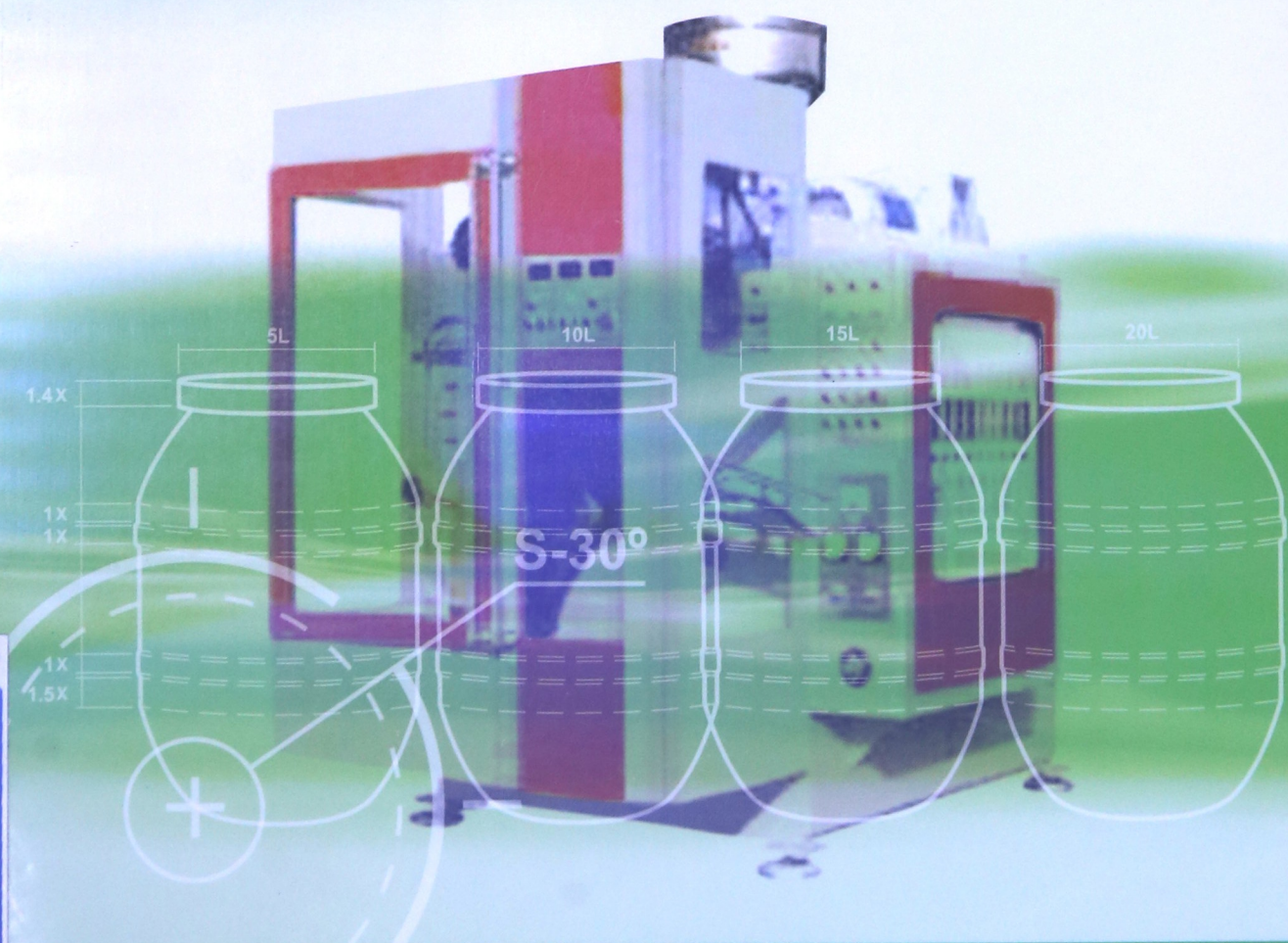


塑料成型机械

北京化工大学
天津科技大学 合编



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等学校专业教材

塑料成型机械

北京化工大学
天津科技大学 合编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型机械/北京化工大学,天津科技大学合编。—北京:中国轻工业出版社,1982.1(2004.8重印)

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-0167-8

I. 塑… II. ①北…②天… III. 塑料成型加工设备-高等学校:专业学校-教材 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 04214 号

责任编辑:赵红玉 王 淳 责任终审:滕炎福 责任监印:吴京一

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京工大印刷厂

经销:各地新华书店

版次:1982年1月第1版 2004年8月第12次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:21.25

字数:468千字

书号:ISBN 7-5019-0167-8/TH·007

定价:35.00元

读者服务部邮购热线电话:010-65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010-88390721 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

40773J4C112ZBW

前 言

《塑料成型机械》是塑料成型工艺专业的专业课教材之一。本教材根据四川大学、北京化工大学、天津科技大学和大连轻工业学院共同制定的编写大纲编写，并经轻工业部组织的教材编审委员会审定出版。

本教材针对塑料加工工艺专业培养目标的要求，在讲授国产塑料成型机械的基础上，尽量反映国外先进技术。以结构原理为主，适当讲述强度设计、选型和维护，并注意培养学生分析问题、解决问题的能力。在内容安排上，努力做到“少而精”、由浅入深、便于自学。

《塑料成型机械》课程的任务，是通过几种典型的塑料机械，研究塑料成型机械的结构、性能、设计和使用。其中以“挤出机”、“注射机”的篇幅为最多，“液压传动”和“压延机”部分的内容也相当丰富。

本教材在轻工业部组织的专业教材编审委员会领导下，由四川大学、北京化工大学和天津科技大学共同编写。北京化工大学的耿孝正和天津科技大学的刘第宇任主编，成都科技大学张承琦任主审。编写分工是：第一章由张奇鹏执笔；第二、五章由王余良执笔；第三章由耿孝正执笔；第四章由周国定执笔；绪论、开炼机和第六章由刘第宇执笔。最后由耿孝正、刘第宇二人负责统稿。

挤出机机头属《塑料成型模具》内容，故本书略去。

本教材在编写过程中，承蒙有关单位和同志，特别是四川大学、大连轻工业学院和北京化工大学的黄税、林师沛、沈云栋、龙文宝和刘忠仁等同志大力支持和热情帮助，谨此表示衷心感谢。

本教材力求做到观点正确、反映最新科学技术成就、内容和分量适当、符合教学要求，但因水平有限，时间短促，缺点和错误必定不少，敬请批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
第一章 液压传动	(3)
第一节 液压传动的基础知识	(3)
一、静压力和帕斯卡定律	(3)
二、液压传动原理及其基本参数	(5)
三、液压系统的组成	(7)
四、液压用油	(7)
(一) 液体的压缩性和粘度	(7)
(二) 液压用油的选择和使用	(9)
五、流体动力学的基本方程	(11)
六、流体的粘性流动	(13)
七、液压冲击和气蚀	(18)
(一) 液压冲击	(18)
(二) 气蚀	(18)
第二节 油泵和油马达	(18)
一、叶片泵和叶片油马达	(19)
(一) 双作用叶片泵的结构和工作原理	(19)
(二) 双作用叶片泵的流量、压力和效率	(21)
(三) 高压叶片泵的特点	(23)
(四) 双联叶片泵和双级叶片泵	(23)
(五) Y_B 型叶片泵的常见故障及其排除方法	(25)
(六) 叶片油马达	(26)
二、轴向柱塞泵和轴向柱塞油马达	(27)
(一) SCY 14-1 型轴向柱塞泵的结构和工作原理	(27)
(二) 轴向柱塞泵的流量	(29)
(三) CY 型轴向柱塞式油马达	(30)
(四) 轴向柱塞式低速大扭矩油马达	(31)
三、齿轮泵及齿轮油马达	(31)
(一) 齿轮泵的结构和工作原理	(32)
(二) 齿轮油马达的工作原理	(33)
四、油泵和油马达的选择	(33)
(一) 油泵的选择	(33)
(二) 油马达的选择	(34)

第三节 油缸.....	(34)
一、几种典型的油缸	(35)
(一) 双作用油缸	(35)
(二) 单作用油缸	(36)
(三) 复合油缸	(36)
(四) 摆动油缸	(38)
二、油缸的密封装置	(38)
(一) 间隙密封	(39)
(二) 活塞环密封	(39)
(三) O形密封圈	(39)
(四) V形夹织物橡胶密封圈	(40)
(五) Y形密封圈	(40)
三、油缸的缓冲和排气装置	(41)
(一) 缓冲装置	(41)
(二) 排气装置	(42)
四、油缸常见故障及其排除方法	(42)
第四节 液压控制阀.....	(42)
一、压力控制阀	(43)
(一) 溢流阀	(43)
(二) 减压阀	(47)
(三) 顺序阀	(48)
二、流量控制阀	(49)
(一) 节流阀	(49)
(二) 调速阀	(51)
三、方向控制阀	(53)
(一) 单向阀	(53)
(二) 液控单向阀	(54)
(三) 换向阀	(54)
四、比例控制阀简介	(60)
(一) 电液比例压力阀	(60)
(二) 电液比例流量阀	(61)
(三) 电液比例方向阀	(61)
第五节 辅助元件.....	(62)
一、滤油器	(62)
(一) 网式滤油器	(63)
(二) 线隙式滤油器	(63)
(三) 纸质滤油器	(63)
(四) 烧结式滤油器	(63)

(五) 磁性滤油器	(63)
二、油箱与热交换器	(64)
(一) 油箱	(64)
(二) 热交换器	(64)
三、蓄能器	(65)
(一) 活塞式蓄能器	(65)
(二) 气囊式蓄能器	(65)
四、压力继电器	(65)
第六节 液压基本回路	(66)
一、压力控制回路	(66)
(一) 调压回路	(66)
(二) 卸荷回路	(67)
(三) 减压回路	(68)
(四) 增压回路	(69)
(五) 背压回路	(69)
二、速度控制回路	(70)
(一) 定量泵节流调速回路	(70)
(二) 容积式调速回路	(71)
(三) 有级容积调速回路	(73)
(四) 快速回路	(74)
三、方向控制回路	(75)
(一) 换向回路	(75)
(二) 锁紧回路	(76)
四、其它的基本回路	(76)
(一) 多缸并联时的顺序动作回路	(76)
(二) 安全回路	(76)
第二章 混炼机械	(79)
第一节 捏合机	(79)
一、捏合机的种类及基本结构	(79)
(一) 螺带式混合机	(79)
(二) 捏合机	(80)
(三) 高速混合机	(80)
第二节 开炼机	(83)
(一) 工作原理	(83)
(二) 主要技术参数	(85)
(三) 主要零部件	(86)
(一) 辊筒	(86)
(二) 调距装置	(87)

(三) 安全装置	(88)
(四) 辊温调节	(89)
四、维护与操作	(90)
第三节 密炼机	(91)
一、基本构造与分类	(91)
(一) 按混炼室的结构	(91)
(二) 按转子转速	(91)
(三) 按转子几何形状	(91)
二、工作原理	(92)
(一) 转子与混炼室壁间的捏炼作用	(92)
(二) 两个转子的折卷与往返切割作用	(92)
(三) 转子与卸料门间的搅拌作用	(93)
三、主要性能参数	(93)
四、主要零部件	(97)
(一) 转子	(97)
(二) 混炼室	(97)
(三) 密封装置	(99)
(四) 转子轴向调整装置	(100)
(五) 加料及卸料装置	(100)
(六) 密炼机的传动	(102)
五、密炼机的改进与发展	(103)
第三章 挤出机	(105)
第一节 概述	(105)
一、挤出机的组成及分类	(105)
二、单螺杆挤出机的主要参数	(106)
三、螺杆的主要参数	(106)
第二节 挤出过程和挤出理论	(109)
一、挤出机的工作过程	(109)
二、物料在螺杆中的流动理论	(113)
(一) 固体输送理论	(114)
(二) 熔融理论	(119)
(三) 熔体输送理论	(128)
三、从螺杆和机头联合讨论挤出机的特性	(133)
第三节 常规螺杆设计	(137)
一、评价螺杆的标准和设计螺杆考虑的因素	(137)
二、常规全螺纹三段螺杆的设计	(138)
(一) 关于螺杆型式的确定	(138)
(二) 关于螺杆直径的确定	(139)

(三) 关于螺杆长径比的确定	(139)
(四) 螺杆的分段及各段参数的确定	(140)
(五) 螺杆与料筒间隙的确定	(143)
(六) 螺杆其它参数的确定	(144)
(七) 螺杆头部结构和螺纹断面形状	(145)
三、螺杆材料及强度计算	(146)
第四节 新型螺杆	(148)
一、常规全螺纹三段螺杆存在的问题	(148)
二、几种常见的新型螺杆	(149)
(一) 分离型螺杆	(149)
(二) 屏障型螺杆	(151)
(三) 分流型螺杆	(153)
(四) 组合螺杆	(154)
(五) 静态混炼器	(155)
三、新型螺杆设计中应注意的几个问题	(156)
第五节 料筒	(157)
一、料筒结构	(157)
二、料筒材料及强度计算	(159)
第六节 分流板、过滤网	(162)
第七节 加料装置	(163)
第八节 传动系统	(166)
一、挤出机的工作特性	(166)
二、挤出机驱动功率和转数范围的确定	(168)
三、传动系统的组成和几种常用传动系统	(169)
四、承受螺杆轴向力的止推轴承的布置	(170)
第九节 加热冷却系统	(172)
一、挤出机的加热方法	(173)
二、加热功率的确定	(175)
三、挤出机的冷却	(176)
(一) 料筒冷却	(176)
(二) 螺杆冷却	(177)
(三) 料斗座冷却	(177)
第十节 排气挤出机	(177)
一、排气挤出机的工作原理	(178)
二、排气挤出机的主要参数	(182)
第十一节 双螺杆挤出机	(183)
一、概述	(183)
二、双螺杆挤出机挤压系统的结构及其工作原理	(185)

(三、双螺杆挤出机的主要参数	(188)
(四、双螺杆挤出机的传动系统和轴承系统	(190)
(五、双螺杆挤出机的控制	(190)
(六、双螺杆挤出机的发展	(192)
第十二节 挤出机的控制	(193)
(一、挤出机温度的测量和控制	(193)
(二、挤出过程中物料压力的测示和控制	(196)
(三、轴向力的测示	(199)
(四、挤出机的过载保护及其它安全保护	(199)
第十三节 挤出机辅机	(200)
(一、概述	(200)
(二、吹膜辅机	(201)
(一) 机头	(202)
(二) 吹胀及冷却系统	(202)
(三) 人字板	(205)
(四) 牵引装置	(206)
(五) 卷取装置	(206)
(六) 切割装置	(207)
(七) 其它装置	(207)
(三、挤管辅机	(207)
(一) 冷却定型装置	(208)
(二) 冷却装置	(211)
(三) 牵引装置	(211)
(四) 其它装置	(212)
(四、挤板(片)辅机	(213)
(一) 三辊压光机	(213)
(二) 牵引装置	(214)
(三) 切割装置	(214)
(四) 其它装置	(214)
第十四节 挤出机的发展	(214)
(一、行星齿轮式挤出机	(215)
(二、阶式挤出机	(216)
(三、立式挤出机	(218)
第四章 注射机	(223)
(第一节 概述	(223)
(一、注射机的结构组成和分类	(223)
(一) 注射机的结构组成	(223)
(二) 注射机的分类	(224)

二、注射成型过程	(224)
第二节 注射机的基本参数	(226)
一、公称注射量	(226)
二、注射压力	(226)
三、注射速率(注射时间、注射速度)	(227)
四、塑化能力	(228)
五、锁模力	(228)
六、合模装置的基本尺寸	(229)
七、开合模速度	(234)
八、空循环时间	(234)
第三节 注射装置	(234)
一、注射装置的组成和动作过程	(234)
(一) 柱塞式注射装置	(234)
(二) 螺杆式注射装置	(235)
二、塑化部件	(237)
(一) 柱塞式塑化部件	(237)
(二) 螺杆式塑化部件	(240)
(三) 喷嘴	(245)
三、传动装置	(248)
(一) 螺杆传动的形式	(249)
(二) 螺杆转速	(250)
(三) 螺杆驱动功率	(250)
第四节 合模装置	(251)
一、液压合模装置	(251)
(一) 单缸直压式合模装置	(252)
(二) 增压式合模装置	(252)
(三) 二次动作液压式合模装置	(253)
二、液压-曲肘合模装置	(258)
(一) 液压-单曲肘合模装置	(258)
(二) 液压-双曲肘合模装置	(258)
(三) 液压-曲肘合模装置的特性参数	(260)
三、模板距离调节机构	(264)
(一) 螺纹肘杆调距	(264)
(二) 移动合模油缸位置调距	(264)
(三) 拉杆螺母调距	(264)
(四) 动模板间连接大螺母调距	(264)
四、顶出装置	(264)
第五节 液压系统与电器控制系统	(265)

(一、XS-ZY-500 注射机的液压系统	(265)
(二、XS-ZY-500 注射机的电器系统	(267)
第六节 注射机的调整、操纵和安全措施	(269)
(一、注射机的调整	(269)
(二、注射机的操纵	(271)
(三、注射机的安全措施	(272)
第七节 专用注射机	(273)
(一、热固性塑料注射机	(273)
(二、低发泡注射机	(274)
(三、双色(或多色)注射机	(274)
第八节 注射机的发展	(275)
第五章 液压机	(279)
第一节 概述	(279)
(一、工作原理	(279)
(二、结构和分类	(280)
第二节 主要技术参数	(281)
(一、最大总压力	(281)
(二、工作液的压力	(281)
(三、最大回程力	(281)
(四、升压时间	(284)
第三节 主要零部件	(284)
(一、机身结构分析	(284)
(一) 上横梁及其与工作油缸联接方式	(284)
(二) 工作台及其与顶出缸联接方式	(285)
(三) 立柱	(285)
(四) 框架式机身结构	(286)
(二、活动横梁及其与活塞杆联接方式	(287)
第四节 液压传动与安全措施	(287)
(一、液压传动	(287)
(一) Y71-100 型液压机的液压系统	(288)
(二) Y _A 71-250、500 型液压机的液压系统	(289)
(二、液压机的安全措施	(290)
第五节 其他类型液压机	(290)
(一、角式液压机	(291)
(二、铸压液压机	(291)
(三、层压机	(291)
第六章 压延机	(293)
第一节 概述	(293)

一、引言	(293)
二、工艺流程	(293)
三、分类	(294)
四、三辊和四辊压延机的基本结构组成	(296)
第二节 主要技术参数	(297)
一、辊筒直径和长度	(297)
二、辊筒线速度和调速范围	(297)
三、辊筒的速比	(299)
四、驱动功率	(299)
第三节 辊筒	(301)
一、对辊筒的要求	(301)
二、辊筒结构	(301)
三、横压力	(303)
四、辊筒挠度	(306)
五、挠度的补偿	(310)
(一) 中高度法	(310)
(二) 轴交叉法及轴交叉装置	(311)
(三) 预负荷法及预负荷装置	(315)
第四节 辊筒轴承及其润滑系统	(318)
一、辊筒轴承	(318)
二、润滑系统	(318)
第五节 辊距调整装置和传动系统	(319)
一、辊距调整装置	(319)
二、传动系统	(319)
第六节 辅机	(321)
一、供料装置	(321)
二、辊筒的加热、冷却装置	(321)
三、制品冷却装置	(322)
四、卷取装置	(323)
第七节 维护与操作	(323)

绪 论

随着塑料工业的迅速发展，塑料成型机械也得以相应的发展。塑料成型机械是塑料工业的组成部分，是完成塑料制品生产的重要手段，是发展塑料工业的基础之一，是衡量塑料工业技术水平的标准之一。由此可见，塑料成型机械的完善程度和潜力的发挥，对提高塑料制品质量、提高劳动生产率、降低产品成本、改善劳动条件、加强安全生产以及实现新工艺等都具有重要作用。

塑料工业的发展较橡胶工业晚，而塑料和橡胶的加工又有某些类似，因而塑料成型机械大多是在橡胶机械的基础上改进、发展而来。然而由于塑料的加工温度高、硬度大、制品精度要求高、加工工艺严格，所以塑料成型机械的选材、设计和制造都与橡胶机械相距甚远。

塑料成型机械系指对高分子树脂进行成型加工的机械设备，诸如捏合机、密炼机、开炼机、压延机、挤出机和注射机等。

由于塑料产品种类很多，生产中所使用的成型机械实际上是多种多样的。很明显，在课堂里讲授所有的成型机械是不可能的。但是，如果我们掌握了最基本的方法和那些对所有成型机械都适用的基本原则，并通过对若干典型成型机械的讲授和分析，我们就可以运用它去理解和分析其他未经讲授的成型机械。因此，本书只对若干常见的、典型的成型机械进行较详细的阐述，例如挤出机、注射机和压延机等。

开炼机和压延机是最早出现的塑料成型机械，十九世纪后期，螺杆挤出机设计成功，二十世纪初出现柱塞式注射成型机。挤出机和注射机的现代化及在生产中的大量应用，还是近三十年的事。一九五六年，螺杆——线式注射成型机才开始问世。

螺杆——线式注射机的出现，标志着注射成型工艺的发展进入了一个新的历史阶段，从此，注射成型技术便获得了突飞猛进的发展。现在，注射成型机不但可以加工热塑性塑料，而且用以加工热固性塑料。

解放前，塑料机械工业在我国还是一个空白，既没有塑料机械制造厂，也没有塑料机械修配厂。即便有一点机械设备，也是十分陈旧的手工机械，所能生产的制品不过是小型的酚醛塑料制品和诸如梳子、皂盒之类的东西，确实处在极度贫穷落后的状态中。

解放后，随着塑料工业的不断发展，塑料成型机械从无到有、从小到大、从进口到出口、从少品种到多品种。现在，已拥有相当一批塑料机械制造厂。而且除塑料机械制造厂成批生产塑料机械外，许多塑料加工厂也能制造例如挤出机、注射机之类的塑料成型机械。

目前，国产 $\phi 250$ 毫米挤出机、注射量为32公斤的注射机、 $\phi 700 \times 1800$ 毫米的四辊压延机等大型塑料成型机械相继试制成功，并投入生产，为促进我国塑料工业的发展做出了贡献。

由于石油化学工业的发展，近年来聚丙烯、聚乙烯塑料的产量大幅度增长，促使塑料成型机械必须有较大的发展。

本课程讲述的成型机械的基本原理已在《塑料成型工艺学》里讲过，我们不重复这些内容。本书将叙述塑料成型机械的结构、性能、设计和使用，并阐明这些因素之间的相互关系和影响。只有充分理解这些关系和影响之后，才能具体深入分析问题，并进而获得解决问题的能力。在研究塑料成型机械时，学会从机理，尺寸、结构、强度以及塑料工艺、制造、运转和维修等方面综合分析考虑问题的方法，找出矛盾的主要方面，决定最优的改进或设计方案，从而改进操作规程，改善劳动条件，提高劳动生产率和降低成本。

塑料成型机械是一门综合的科学。在学习这门课程时，常常要和许多理论课程和技术课程联系在一起。例如，在研究机械的型式和规格时，首先要了解它的用途，工艺条件以及被加工物料的性质等，因此就要涉及数学、化学、塑料工艺学等课程；在研究机械的强度尺寸时，要分析各部件所受的作用力，因此就要涉及理论力学、材料力学、机械原理、机械零件以及电工学等；同时，机械部件的结构尺寸还决定于所选用的材料、制造和装配方法，因此还要涉及机械制图、金属工艺学等。

所以，在设计、使用或研究塑料成型机械时，要考虑的因素是很多的，而这些因素又是相互影响、相互制约的。

第一章 液压传动

液压技术是研究怎样利用液体作为工作介质来传递能量和进行控制的一种工程技术，液压传动主要是利用液体的压力能来传递能量，又叫静压传动。

液压传动具有形小而力大、易实现无级调速和远程控制等特点，在各个工业部门都有广泛的应用，也是塑料成型用的注射机、液压机以及层压机等不可缺少的组成部分。

塑料成型机械的液压系统一般是以压力变换为主的中高压系统。因此，本章的内容有：液压传动基础知识；中高压液压元件原理、液压元件的结构以及基本液压回路。至于具体的液压系统将在以后有关章节中论述。

第一节 液压传动的基础知识

一、静压力和帕斯卡定律

将液体密闭在如图1-1的容器内，活塞上面加重物，液体内部就会产生反作用力，此力就是液体的静压力。液体在单位面积上所承受的作用力叫压力强度 P （工程上简称为压力），即

$$P = \frac{W}{A} \text{ (公斤力/厘米}^2\text{)}$$

式中 W ——重物的重量（公斤力）

A ——活塞的截面积（厘米²）

液体为了保持其静止状态，静压力具有下列特性：

1. 静止液体中的任何一点，其各方向的压力均相等；
2. 液体静压力是一种纯粹的压应力，其作用方向与承压面的法线重合。

如果液体中各点的压力是不均匀的，则液体在某点上的压力即由该点的压力极限值决定。

液体中的静压力主要是由液体表面承受外力或其自重作用而产生的。液体自重所产生的压力与液面深度成正比，而与容器的截面积无关。

$$\text{即 } P = \frac{Ah\gamma}{A} = \gamma h = \rho gh \text{ (公斤力/厘米}^2\text{)}$$

式中 γ ——重度，即单位体积的液体重量（公斤力/厘米³）

ρ ——密度，即单位体积的液体质量（公斤力·秒²/厘米⁴）

g ——重力加速度， $g=981$ 厘米/秒²

h ——液面的深度或油柱的高度（厘米）

例如： $h=4$ 米，矿物油的密度 $\rho=0.9 \times 10^{-6}$ 公斤力·秒²/厘米⁴，则在该深度下由于

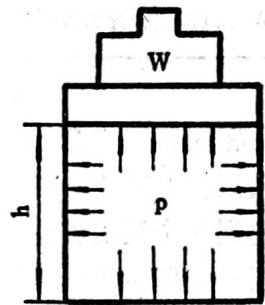


图 1-1 压力容器

液体自重所产生的静压力为

$$P = \rho gh = 0.9 \times 10^{-8} \times 981 \times 400 = 0.35 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

在液压传动中，一般油柱的高度不大，所以，液体自重所产生的压力可以忽略不计。

压力值可以从不同的基准算起，故有不同的表示方法。如果以理想的没有气体存在的完全真空为零算起，该压力值称为绝对压力(图1-2)；

凡以一个工程大气压为零算起的压力值为相对压力(计算压力)，液压传动中一般都用相对压力表示。

1个工程大气压(at)=1公斤力/厘米²=735.56毫米汞柱=10米水柱。

物理上1个标准大气压(atm)=760毫米汞柱=10.33米水柱=1.0332公斤力/厘米²。

在液压传动中，我国采用下列压力值作为油泵等液压元件的公称压力(JB 824-66)，其单位为公斤力/厘米²；

25 40 63 80 100 125 160 200 250 320(小于25和大于320均未列入)并以表1-1所列数值进行压力分级(JB824-66)；

表 1-1 压 力 分 级

压 力 分 级	低 压	中 压	中 高 压	高 压
压力范围 (公斤力/厘米 ²)	0~25	>25~80	>80~160	>160~320

在密闭容器中静压力的传递是按帕斯卡定律进行的，所谓帕斯卡定律即在相互连通而充满液体的若干容器内，若某处受到外力的作用而产生静压力时，则该压力将通过液体传递到各个连通器内，且压力值处处相等。

图 1-3 所示为一连通器。在驱动力R的作用下，液体表面产生压力P₁；而活塞5在负载W的作用下，产生压力P₂，根据帕斯卡定律得

$$P_1 = P_2 = P$$

而且连通器内各点的压力都相等。

由于 $P_1 = \frac{R}{A_1}$; $P_2 = \frac{W}{A_2}$

则 $\frac{W}{R} = \frac{A_2}{A_1} = k$

式中 A₁、A₂——分别为活塞1、5的截面积

若k>>1时，只需要较小的驱动力就能承受很大的负载，故这是一种力的放大机构，其放大倍数为k值。

若A₂一定时，P₂与负载W成正比，即容器内的压力大小取决于负载大小。但是，实际上随着负载无限增加，容器内的压力不会趋于无穷大。这是由于压力升高时，密封处

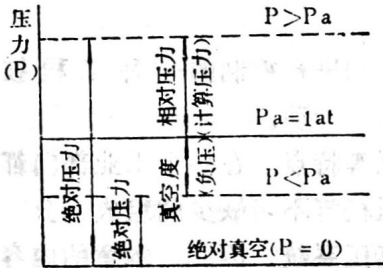


图 1-2 绝对压力和相对压力

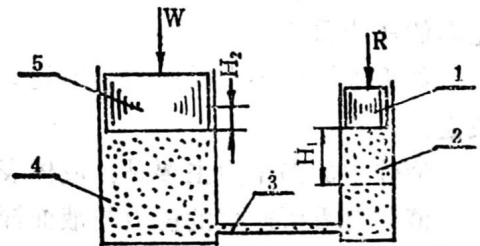


图 1-3 帕斯卡定律

1、5—活塞 2、4—缸体 3—管道