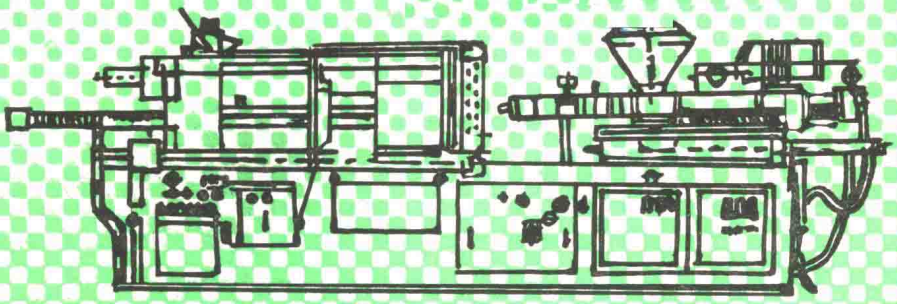
塑料成型机械

冯少如 编



西北工业大学出版社

塑料成型机械

冯少如 编

西北工业大学出版社
1994年6月 西安

(陕)新登字第009号

【内 容 简 介】本书分液压传动和塑料成型机械两篇：第一篇系统论述了液压传动的理论与技术，针对塑料成型机械常用的基本回路作了详细介绍；第二篇以几种典型机械——挤出机、注射机、液压机和压延机为对象，阐述其结构、工作原理和应用，同时对挤出理论作了简要介绍.

本书内容精炼，文笔流畅，插图丰富，并附有习题、思考题和一定数量的技术资料，可作为高分子材料科学与工程专业的教材，也可供从事该专业的技术人员和有关大专院校学生参考.

塑 料 成 型 机 械
编 者 冯少如
责任编辑 李 珂
责任校对 钱伟峰

西北工业大学出版社出版
(西安市友谊西路127号 邮编710072)
陕西省 新华书店 发行
西北工业大学出版社印刷厂印装
ISBN 7-5612-0351-9/TH·16(课)
*
787×1092毫米 1/16 15.875印张 1插页 383千字
1992年5月第1版 1994年6月第2次印刷
印数:2501-5 500册 定价:9.60元

前　言

《塑料成型机械》是高分子材料科学与工程专业教材．本书根据专业要求，以几种典型塑料成型机械为对象，讲授挤出机、注射机、液压机和压延机的结构、工作原理和应用，同时对挤出理论作了简要介绍．其中，挤出机和注射机的内容较为丰富．本书在讲授国产塑料成型机械的基础上，介绍了国外塑料成型机械的先进技术和发展．

液压传动是塑料成型机械的控制部分．本书以较大篇幅系统地论述了液压传动的理论与技术，其中包括液压流体力学基础、液压元件和液压基本回路．并结合塑料注射机的液压系统作了实例分析．全书分两篇共九章．

本书的编写力求内容精炼，由浅入深，图文并茂，且每章后附有习题和思考题，便于自学。

本书由西安交通大学刘桂云教授审稿，提出了许多宝贵意见，在此致以谢意．同时向本书所附主要参考文献的作者致谢．

由于编者水平有限，缺点和错误之处难免，敬请批评指正．

编　者

1991.1

目　录

绪　论 …… 1

第一篇　液压传动

第一章　概述 …… 3

第一节　液压传动的工作原理及组成 …… 3

一、液压传动的工作原理 …… 3

二、液压传动的组成 …… 4

第二节　液压传动的优缺点 …… 5

思考题与习题 …… 5

第二章　液压油及液压流体力学基础 …… 6

第一节　液压油的主要物理性质 …… 6

一、密度和重度 …… 6

二、压缩性和膨胀性 …… 6

三、液体的粘性 …… 8

第二节　液压油的选择和使用 …… 9

第三节　静止液体的力学规律 …… 10

一、液体的静压力及其性质 …… 10

二、静压传递原理——帕斯卡定理 …… 11

三、液体压力作用在平面和曲面上的力 …… 11

第四节　流动液体的基本力学方程 …… 12

一、理想液体和稳定流动 …… 12

二、稳定流动的连续性方程 …… 12

三、液体的运动方程 …… 13

四、柏努利方程 …… 13

第五节　液体的粘性流动 …… 14

一、流态和雷诺数 …… 14

二、粘性液体在圆管内的流动 …… 15

三、液体通过小孔和间隙的流动 …… 16

第六节　管路中的压力损失 …… 18

一、沿程压力损失 …… 18

二、局部压力损失 …… 19

第七节　液压冲击和气蚀 …… 19

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

一、液压冲击 …… 19
二、气蚀 …… 19
思考题与习题 …… 19

第三章　液压元件 …… 21

第一节　油泵和油马达 …… 21
一、齿轮油泵和油马达 …… 21
二、叶片油泵和油马达 …… 26
三、柱塞油泵和油马达 …… 30
第二节　油缸 …… 34
一、油缸的分类 …… 35
二、油缸的结构 …… 36
三、油缸常见的故障、原因和排除方法 …… 38
第三节　液压控制阀 …… 39
一、压力控制阀 …… 39
二、流量控制阀 …… 43
三、方向控制阀 …… 46
四、电液比例阀 …… 54
五、逻辑阀 …… 55
第四节　辅助元件 …… 57
一、滤油器 …… 57
二、油箱与热交换器 …… 58
三、蓄能器 …… 59
四、压力继电器 …… 59
思考题与习题 …… 60

第四章　液压基本回路 …… 61

第一节　压力控制回路 …… 61
一、调压回路 …… 61
二、卸荷回路 …… 62
三、减压回路 …… 63
四、增压回路 …… 63
五、保压回路 …… 64
第二节　速度控制回路 …… 64
一、定量泵节流调速回路 …… 64
二、容积式调速回路 …… 66
三、快速回路 …… 66
第三节　方向控制回路 …… 67
一、换向回路 …… 67

二、锁紧回路 …… 68
第四节　其它基本回路 …… 68
一、顺序动作回路 …… 68
二、安全回路 …… 69
第五节　液压集成回路 …… 70
一、液压集成回路及其特点 …… 70
二、JK 系列液压集成块的结构 …… 70
三、几种液压集成回路 …… 71
思考题与习题 …… 71

第五章　液压系统和液压系统的试车与故障分析 …… 72

第一节　XS-Z-60 注射机液压系统 …… 72
一、液压系统的组成及作用 …… 72
二、液压系统的动作分析 …… 74
第二节　液压系统的试车和常见故障分析 …… 74
一、试车 …… 74
二、故障分析 …… 75
思考题与习题 …… 76

第二篇　塑料成型机械

第六章　挤出机 …… 77

第一节　概述 …… 77
一、挤出成型过程及挤出设备的组成 …… 77
二、单螺杆挤出机的基本参数 …… 79
三、螺杆的主要参数 …… 80
第二节　挤出理论 …… 80
一、固体输送理论 …… 81
二、熔融理论 …… 84
三、熔体输送理论 …… 86
四、挤出机的综合工作点 …… 91
第三节　挤压系统 …… 92
一、螺杆 …… 92
二、料筒 …… 99
第四节　分流板和过滤网 …… 101
第五节　加料装置 …… 102
一、重力加料 …… 102
二、强制加料 …… 102

三、上料装置 …… 102
第六节　传动系统 …… 103
一、挤出机的驱动功率和转速 …… 104
二、挤出机传动系统的形式和组成 …… 104
三、螺杆轴承的布置 …… 107
第七节　加热和冷却系统 …… 108
一、挤出机的加热系统 …… 109
二、挤出机的冷却系统 …… 111
三、挤出机的温度控制 …… 112
第八节　其他类型挤出机 …… 114
一、排气式挤出机 …… 114
二、双螺杆挤出机 …… 118
三、行星齿轮式挤出机 …… 121
四、两级式挤出机 …… 121
第九节　挤出机辅机 …… 122
一、管材挤出过程 …… 122
二、定型装置 …… 123
三、冷却装置 …… 124
四、牵引装置 …… 124
五、其他装置 …… 125
第十节　挤出机的发展趋势 …… 125
思考题与习题 …… 126

第七章　注射机 …… 127

第一节　概述 …… 127
一、注射成型过程 …… 127
二、注射机的组成 …… 127
第二节　注射机的基本参数 …… 128
一、注射量 …… 129
二、注射压力 …… 129
三、注射速度(注射时间) …… 129
四、塑化能力 …… 130
五、锁模力(合模力) …… 130
六、闭模速度和开模速度 …… 131
七、模板间距、模板行程、模具的最大和最小厚度 …… 131
第三节　注射装置 …… 136
一、柱塞式注射装置的组成和工作原理 …… 136
二、预塑式注射装置的组成和工作原理 …… 138
三、注射装置主要零部件的结构及其尺寸的确定原则 …… 140

第四节　合模装置 …… 155
一、合模装置的形式 …… 156
二、单曲肘液压-机械式合模机构的分析 …… 166
三、调模装置和顶出装置 …… 170
第五节　注射机的液压和电器控制系统 …… 171
一、XS-ZY-125 注射机的液压系统 …… 171
二、XS-ZY-125 注射机的电器控制 …… 175
第六节　注射机的过程控制 …… 178
一、开式控制 …… 178
二、闭式控制 …… 179
三、微机对注射机的控制 …… 180
第七节　注射机的分类和专用注射机 …… 181
一、分类 …… 181
二、专用注射机 …… 182
第八节　注射机的发展趋势 …… 189
一、大型化 …… 189
二、微型化 …… 189
三、高速、高效化 …… 189
四、自动化 …… 189
五、专用化 …… 190
思考题与习题 …… 190
第八章　液压机 …… 191
第一节　概述 …… 191
一、液压机的工作原理 …… 191
二、液压机的结构与分类 …… 192
第二节　主要技术参数 …… 196
一、最大总力 …… 196
二、工作液的压力 …… 197
三、最大回程力 …… 197
四、升压时间 …… 197
第三节　主要零部件 …… 197
一、液压机的受力分析 …… 197
二、主要零部件 …… 198
第四节　液压机的液压系统 …… 200
一、Y_A71-45 型液压机的液压系统 …… 200
二、Y71-100 型液压机的液压系统 …… 203
三、Y_A71-250、500 型液压机的液压系统 …… 205
第五节　其他类型液压机 …… 205

一、铸压式液压机 …… 205
二、角式液压机 …… 205
三、层压机 …… 206
思考题与习题 …… 206

第九章　压延机 …… 207

第一节　概述 …… 207
一、压延成型过程 …… 207
二、压延成型的基本原理 …… 208
三、压延机的分类、基本结构和组成 …… 209
第二节　主要技术参数 …… 211
一、辊筒直径和长度 …… 211
二、辊筒的线速度、调速范围和生产能力 …… 211
三、辊筒的速比 …… 212
四、驱动功率 …… 213
第三节　辊筒 …… 214
一、辊筒的结构及其加热冷却 …… 214
二、横压力 …… 215
三、辊筒挠度及挠度的补偿 …… 217
第四节　辊距调节装置和传动系统 …… 220
一、辊距调节装置 …… 220
二、传动系统 …… 221
第五节　压延机的操作与维护 …… 222
第六节　压延机的发展趋势 …… 223
思考题与习题 …… 223

附　录 …… 224

附表 3-1 液压元件符号 …… 224
附表 3-2 中、高压系列液压阀(榆次液压件厂归口系列产品)型号说明 …… 229
附表 3-3 低、中压系列液压阀型号说明(广研所系列) …… 230
附表 6-1 部分国外生产的挤出机的技术参数 …… 231
附表 6-2 国产挤出机辅机的主要参数 …… 233
附表 7-1 部分国产塑料注射成型机技术参数 …… 234
附表 7-2 单螺杆注射成型机主要技术参数 …… 238
附表 7-3 部分国外生产的注射机技术参数 …… 240

主要参考文献 …… 244

绪 论

塑料成型机械是塑料成型的重要手段。塑料制品的成型方法很多，与其相应的塑料成型机械也是多种多样的。而生产中广泛应用的成型方法是挤出（生产管、板、各种型材和中空制品等）、注射与压制(生产各种形状和尺寸的塑料零件和制品)、压延（生产各种薄膜、人造革、板材等）等主要方法。

塑料成型机械是随着塑料工业的进展而发展的。塑料相对于其他材料发展较晚，所以，塑料成型机械的发展也只有一百多年的历史。

第一台挤出机于19世纪70年代制成。到了20世纪30年代随着塑料品种的增多，促进了挤出机的进一步发展，出现了双螺杆挤出机。近几十年，挤出机的发展更快，应用非常广泛。目前，挤出机的加工能力已占塑料消耗总量的40%以上。挤出机的品种不断增加，除单螺杆和双螺杆挤出机外，还有双级挤出机、排气挤出机、行星齿轮挤出机等。

注射机是20世纪40年代后发展起来的。到了70年代末，随着工程塑料的发展，特别是结构泡沫塑料制品在汽车、船舶、宇航以及大型家用电器上的广泛应用，使大型注射机得到迅速发展。由于注射机能够成型外形复杂、尺寸精确的制品，生产效率高，易实现自动化，因而在塑料机械中占有很大的比重。1987年日本生产的注射机占塑料成型机械总产量的68.4%。

压制成型所用的液压机问世较早，最初只用于金属压力加工，用于塑料成型较晚。压制成型与注射成型相比生产周期长，生产效率不高。但压制成型有其特有的优点，能加工长玻璃纤维增强和片状填料的热固性材料，所得制品的物理和机械性能优于注射成型的。因此液压机至今还广泛地用于生产。

塑料压延机是在橡胶压延机的基础上发展起来的，目前的发展动向是提高压延速度和压延精度，以及自动化程度。

我国塑料机械工业是近几十年来逐渐建立和发展起来的，和国外相比差距仍然较大。目前生产的大型塑料成型机械有：Φ250mm的挤出机，注射量为32kg的注射机，以及Φ700×1 800的压延机。最近，还研制了注射量为2.5 g的微型注射机，用于仪表零件的生产。

近年来，随着改革开放政策的实施，引进国外先进设备增多。可以预料，通过先进技术和设备的引进以及中外合资经营生产，将对我国塑料机械工业的发展起更大的促进作用。

塑料成型机械是一门专业课程。在学习这门课程时，应具有理论力学、材料力学、机械原理、机械零件、电工、高分子材料等理论课程和技术课程的知识。同时，在分析使用塑料机械时，还要综合运用这些课程的知识，才能正确地使用机器，使其发挥最大效能。

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

第一篇　液压传动

第一章　概　　述

液压传动是塑料成型机械中广泛采用的一种传动方式．早在18世纪末，英国人应用液压传动原理制成了第一台水压机，到现在历时已有二百年．但液压传动被人们普遍重视，将其应用在各种工业部门，还是近几十年的事．液压传动技术的发展和液压元件的迅速发展是分不开的．19世纪40年代后，液压元件发展很快，元件的性能不断提高，液压传动开始得到广泛应用．目前，液压传动除应用于塑料成型机械外，在机械制造，工业建筑，矿山，航空，航海等各种工业部门都广泛应用．

第一节　液压传动的工作原理及组成

一、液压传动的工作原理

液压传动的工作原理，可以通过柱塞式塑料注射成型机的注射过程说明．

如图1-1所示，注射时，定量油泵(单位时间内输出的油量是一定的)输出的油进入注射油缸的右腔，克服负载(塑料阻力)，推动活塞向左移动，进行注射．在注射和保压阶段尚需保持一定的压力，以满足成型工艺的要求．

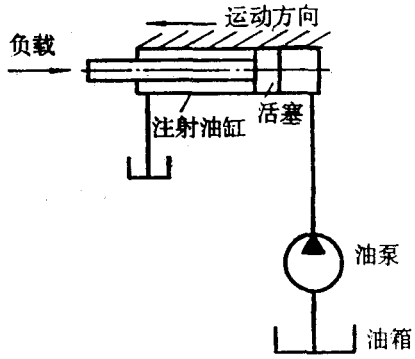


图1-1

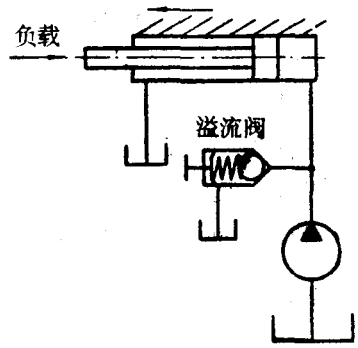


图1-2

然而从图1-1来看，系统的压力不能维持恒定．因为在注射临终时，熔料已基本充满模腔，活塞向左移动很慢，直至模腔充满后，活塞不再向左移动，油缸的容积也不再增大．但是，油泵的运转并不停止，油液还不断地向油缸输送，于是，系统的油压因油液受到挤压而上升，致使系统的压力不能维持恒定．当系统的压力超过液压元件的额定工作压力

时，还会损坏元件，造成事故。所以，为了维持系统的压力恒定，必须在图 1-1 中增加一个调节压力的溢流阀，如图 1-2 所示。在图 1-2 中，当系统的压力超过溢流阀弹簧所调定的压力值时，球状阀心被顶开，过剩的油液经溢流阀流回油箱，待到系统的压力低于调定的压力值时，阀心关闭。如此不断反复，系统的压力便可维持在调定值附近。这样，压力调节阀既能维持系统压力恒定，又能保证系统安全。

其次，在注射时还要有一定的注射速度。但是，图 1-2 中的油泵是定量油泵，单位时间内输入油缸的油量是不变的，因而注射速度不能调节。系统还需增加一个可以调节速度的节流阀，如图 1-3 所示。当节流阀口关小时，进入油缸的流量较小，油泵输出的过剩油便经溢流阀排回油箱，活塞慢速移动。节流阀口开大时，进入油缸的流量增加，活塞快速移动。

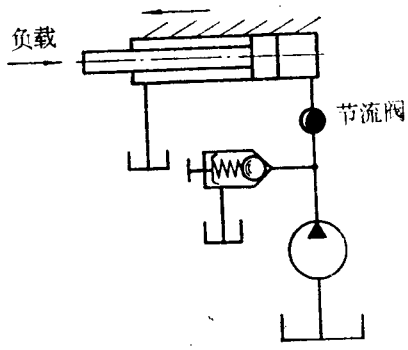


图 1-3

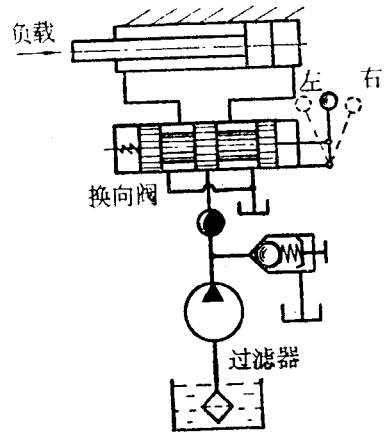


图 1-4

保压结束后，要求活塞退回，以便开始第二次注射循环，但图 1-3 的回路尚不能满足这种要求，因而还必须增加一个控制油流方向的换向阀，如图 1-4 所示。在图 1-4 中，当换向阀的手柄在“左”位置时，油泵输出的油通往油缸的右腔，推动活塞进行注射，油缸左腔的油流回油箱。注射保压结束后，手柄搬至“右”位置，油流换向，油泵输出的油通往油缸的左腔，右腔的油流回油箱，活塞退回。这样，活塞便完成了注射一次的往返动作。

通过上述例子可知，液压传动是由密闭系统内的受压液体，将其压力能传给执行机构(油缸)，执行机构再将压力能转换成机械能推动活塞运动的做功过程。

二、液压传动的组成

由以上例子可以看出，液压传动系统由以下几个部分组成:

(1) 动力元件: 油泵。它是按照工作的需要，向系统供应一定压力和流量的工作液体，其作用是将机械能转换成液压能。

(2) 控制元件: 各类阀。它是按照工作的需要，使工作液体以一定的方向、压力和流量送往执行机构，从而满足执行机构所需的力、运动方向和速度。

(3) 执行元件: 油缸或油马达。它的作用是将液压能转换成机械能，以实现预定的机械运动。如油缸活塞的往复直线运动，油马达的转动等。

(4) 辅助元件：油管、油箱、过滤网、蓄能器等。分别起输油、贮油、过滤、贮存压力能等作用。

(5) 工作介质：液压油。通过它进行能量的转换、传递和控制。

液压传动设备的种类很多。根据使用要求不同，油路设计也各不相同。但是，无论哪种液压传动设备，以上五个基本组成部分都是不可缺少的。

第二节　液压传动的优缺点

液压传动与其他传动方式相比较，有以下优点：

(1) 机构能自行润滑，改善了零件间的摩擦状况，从而延长了使用寿命。

(2) 运动平稳，便于实现平稳和频繁的换向。

(3) 能够自动防止过载，保证安全。

(4) 能在很大范围内实现无级调速。

(5) 液压传动和电气操纵相配合，可以实现多方面自动化。

(6) 液压机构简单、重量轻。液压元件已通用化和系列化。

液压传动也有一定的缺点，如：

(1) 在密封和间隙处容易产生漏油现象，使系统效率降低。

(2) 油液的流动性与其粘度有关，而粘度又与温度有关，因此，温度的变化往往影响传动机构的工作性能。

(3) 液压系统中油液渗有空气时，容易引起振动，影响工作质量。

(4) 液压系统产生故障时，油路检查、故障分析和排除比较困难。

然而，液压传动的优点是主要的，其缺点正被不断克服。因此，它在工业的各个部门应用愈来愈广。

思考题与习题

〔1-1〕试述液压传动的工作原理。它有哪些基本组成部分？各组成部分的作用是什么？

〔1-2〕液压传动与其它传动相比，有哪些优缺点？

第二章　液压油及液压流体力学基础

液压传动是用液体作为工作介质传递能量的。液压系统中液体的压力、速度和温度的变化很大，油液质量的优劣也直接影响液压系统的工作。因此，必须了解油液的一些特性，掌握液体平衡和运动的规律，以便正确理解液压传动的基本原理以及液压元件的结构和性能。

第一节　液压油的主要物理性质

在流体力学中假定流体是由许多分子集团所组成，我们称这些分子集团为质点，质点之间没有间隙。这样，流体就可看作是由无限多微小质点所组成的连续介质。液压油与其它流体一样，也是由连续分布的质点组成，所以它的状态参数(如密度、压力、速度等)可以表示为空间和时间的连续函数。可以利用连续函数的分析方法来研究其运动规律。

一、密度和重度

单位体积液体所具有的质量称为液体的密度。

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2-1}$$

式中　ρ——液体的密度，kg/m^3；

m——液体的质量，kg;

V——液体的体积，m^3

单位体积液体所具有的重量称为液体的重度。

$$\gamma = \frac{G}{V} \tag{2-2}$$

式中　γ ——液体的重度，N/m^3；

G——液体的重量，N。

因为 $G = mg$，所以液体的重度和密度的关系为

$$\gamma = \rho g \tag{2-3}$$

式中　g—— 重力加速度，一般采用 $g = 9.81 m/s^2$

二、压缩性和膨胀性

液体的密度或重度是随压力和温度而变化的。液体受压缩后，分子间的距离缩小，密度增加。液体的温度增加后，分子的活动性增加，液体的体积也随着增大，密度减小。液体的压缩性和膨胀性就是表示液体的重度或密度随压力和温度变化的特性。

（一）压缩性

压缩性的大小用体积压缩系数 β_p 表示。β_p 的意义是指当温度不变时，每增加一单位压

力所发生的体积 V_0 的相对变化量。即

$$\beta_p = -\frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta p} = -\frac{1}{V_0}\frac{\Delta V}{\Delta p} \tag{2-4}$$

因为 ΔV 与 Δp 的变化方向相反，所以式中取“－”号。

式中 β_p ——压缩系数，1／Pa;

ΔV——液体受压缩前后的体积变化量，m^3;

V_0 ——液体受压缩前的体积，m^3;

Δp ——压力变化量，Pa。

液体受压后的体积 V 可由下式计算

$$V = V_0 - \Delta V = V_0(1 - \beta_p \Delta p) \tag{2-5}$$

液体的压缩性是很小的，油液的压缩系统数 $\beta_p = (5.1 \sim 7.1) \times 10^{-10}$ 1／Pa。

体积压缩系数的倒数称为体积弹性系数。

即

$$E_0 = \frac{1}{\beta_p} \tag{2-6}$$

式中 E_0—— 体积弹性系数，Pa。

常用液压油的体积弹性系数 $E_0 = (1.37 \sim 1.96) \times 10^9$ Pa，钢的弹性系数 $E = 2.06 \times 10^{11}$ Pa，E_0 和 E 相比还不到 1／100。因此，在液压传动的计算中，当压力不大或液体容积较小时，可以忽略液体的压缩性。但在压力较大、研究液体的振动和冲击时，要考虑液体的压缩性。

(二) 膨胀性

液体膨胀性的大小用体积膨胀系数 β_t 表示。β_t 的意义是指当压力不变时，增加一单位温度所发生的体积 V_0 的相对变化量。即

$$\beta_t = \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta t} \tag{2-7}$$

式中 β_t —— 体积膨胀系数，1／℃;

Δt—— 液体温度的变化量，℃;

V_0—— 液体膨胀前的体积，m^3;

ΔV——液体膨胀后的体积增量，m^3。

因此，在温度变化为 Δt 时，膨胀后的体积为

$$V = V_0 + \Delta V = V_0(1 + \beta_t \Delta t) \tag{2-8}$$

液压油的体积膨胀系数 $\beta_t = (8.0 \sim 9.0) \times 10^{-4}$ 1／℃。

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com