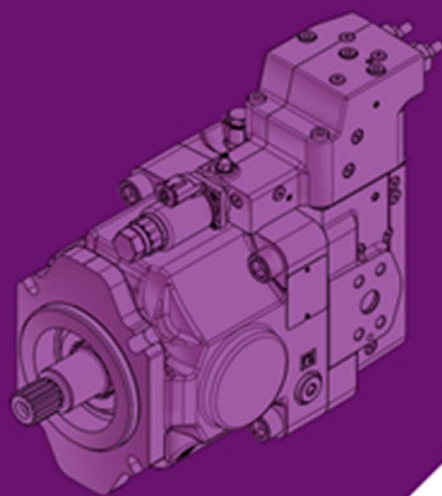




普通高等教育机械类课程系列教材

液压传动系统课程设计

◎ 主编 谢群 舒启林



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

液压传动系统课程设计

谢 群 舒启林 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书结合了近年来新的设计方法及最新国家标准,全面系统地介绍了液压传动系统的设计方法。本书以典型液压系统为实例,阐述了液压传动系统的设计计算、液压缸的结构设计、液压元件集成设计、液压油箱及液压泵站结构设计,并提供了可选用的常用液压泵、目前应用普遍的液压阀和最新应用的辅助元件等相关资料,供相关人员在设计液压传动系统时选用。

本书可作为我国高等院校机械设计制造及自动化专业、机械电子工程专业以及其他相关专业液压传动系统设计课程的指导教材,也可供从事液压技术相关的工程技术人员、研究人员和高等工科院校有关师生学习和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

液压传动系统课程设计 / 谢群, 舒启林主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2020. 7

ISBN 978-7-5682-8791-3

I. ①液… II. ①谢… ②舒… III. ①液压传动系统-课程设计-高等学校
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 136292 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 382 千字

版 次 / 2020 年 7 月第 1 版 2020 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

液压技术应用非常广泛，主要应用在制造业、交通运输、军事装备和国防工业等各个领域，是农业、工业、国防和科学技术现代化中不可替代的一项重要基础技术，也是当代工程师应该掌握的重要基础知识之一。

本书旨在为机械类本科“液压传动系统课程设计”提供指导，重点介绍液压传动系统的计算和结构设计，并通过典型实例介绍液压传动系统的设计过程，对液压缸、液压集成块和液压泵站的设计方法进行了详细说明。全书分7章：第1章介绍液压传动系统课程设计的目的、意义、内容、方法和基本要求；第2章介绍液压传动系统的设计与计算，通过设计一台立式单缸传动液压机的液压系统来阐述液压系统的设计与计算过程；第3章介绍液压缸的结构设计和工程图的绘制；第4章介绍液压元件集成设计，包括液压集成回路的设计、叠加阀集成回路的设计、二通插装阀集成回路的设计，全面反映了液压阀的集成形式；第5章介绍液压泵站结构及液压油箱设计；第6、7章提供了常用液压泵和目前生产实际中应用普遍的德国力士乐型号液压阀和最新应用的辅助元件，可以在液压系统设计中选用。书中所有液压符号和回路的绘制全部按照 GB/T 786.1—2009 和 GB/T 786.2—2018 中最新国家标准绘制。本书不仅能用于液压传动系统课程设计指导，也可为工程技术人员设计液压传动系统提供参考。


本书由谢群、舒启林主编，参加编写的有沈阳理工大学崔广臣、王健、闫家超、马春峰、李艳杰、关丽荣、岳国盛，以及沈阳工业大学王洁。

由于编者水平有限，书中难免有不到之处，敬请广大读者指正。

编 者
2020年3月

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 液压传动系统课程设计的目的及意义	(1)
1.2 液压传动系统课程设计的内容和方法	(1)
1.3 液压传动系统课程设计的基本要求	(2)
第 2 章 液压传动系统的设计与计算	(4)
2.1 明确设计要求并进行工况分析	(5)
2.2 确定液压系统的主要参数	(7)
2.3 拟定液压系统原理图.....	(10)
2.4 液压元件的计算和选择.....	(12)
2.5 液压系统性能验算	(15)
2.6 设计液压装置、编制技术文件.....	(16)
2.7 液压系统设计计算举例.....	(17)
第 3 章 液压缸设计	(27)
3.1 液压缸的设计计算.....	(27)
3.2 液压缸的结构设计.....	(33)
3.3 液压缸典型结构.....	(53)
第 4 章 液压元件集成设计	(73)
4.1 液压集成回路的设计.....	(73)
4.2 叠加阀集成回路的设计.....	(81)
4.3 二通插装阀集成回路的设计.....	(85)
第 5 章 液压泵站的设计	(88)
5.1 液压泵站的结构设计.....	(88)
5.2 液压泵站的油箱设计.....	(94)
第 6 章 常用液压元件	(101)
6.1 液压泵和液压马达	(101)
6.2 液压控制元件	(122)
第 7 章 液压辅助元件	(157)

7.1 管 路	(157)
7.2 管接头	(159)
7.3 密封装置	(213)
7.4 过滤器	(232)
7.5 蓄能器	(239)
7.6 空气过滤器	(245)
7.7 液位计	(247)
7.8 压力表及压力表开关	(248)
参考文献	(253)



第1章

绪论

1.1 液压传动系统课程设计的目的及意义

目前, 液压技术在各行各业应用极其广泛, 已经成为工业、农业、国防科学技术现代化等领域中不可替代的一项重要基础技术, 也是当代工程师应该掌握的重要基础技术之一。“液压传动系统课程设计”是相关专业学生在学习完液压传动系统理论课程及其他相关课程之后进行的综合实践性教学。

学习液压传动系统课程设计, 要求学生达到以下目的。

- (1) 巩固和加深液压传动系统和其他相关课程的理论知识。
- (2) 掌握液压传动系统设计、计算的一般方法和步骤。
- (3) 熟练运用液压基本回路, 设计满足性能要求的液压系统原理图。
- (4) 合理确定液压执行机构、选择标准液压元件。
- (5) 掌握液压元件的计算和液压系统性能验算。
- (6) 正确选择液压缸的结构类型, 掌握液压缸设计、计算的方法, 完成液压缸的结构设计。
- (7) 提高工程运算、机械制图、结构设计和计算机应用的能力。
- (8) 熟练运用相关国家标准和规范、设计手册和产品样本等技术资料。

液压传动系统课程设计能够使使学生进一步熟悉和掌握液压传动系统的基本概念、基本原理, 更能掌握液压系统的设计内容、步骤和方法, 培养学生综合运用所学知识解决实际问题的能力, 提高学生的分析能力、设计能力、实践能力、协作精神和创新能力, 为工作中解决液压系统设计的工程问题打下良好的基础。

在完成液压系统原理设计和液压缸结构设计的基础上, 学生也可以选择完成液压集成回路设计和液压泵站设计, 以全面掌握完整液压传动系统的设计方法。

1.2 液压传动系统课程设计的内容和方法

液压传动系统课程设计一般包括以下内容。

(1) 明确设计要求, 进行工况分析, 确定液压传动系统的参数, 拟定液压系统原理图。

(2) 液压元件的设计计算和选择, 专用零部件(如液压缸、液压集成阀、和液压站)的结构设计。

(3) 液压传动系统的性能验算。

(4) 绘制液压系统原理图。

(5) 绘制液压缸、液压集成阀和液压站的零件图和装配图。

(6) 编写设计与计算说明书。

液压传动系统课程设计过程与机械设计过程相似, 即明确设计要求、查阅相关资料、设计方案、进行相关计算、选择元件和结构设计, 最后以图纸的形式表达设计结果, 以说明书的形式表达设计依据。

液压传动系统设计步骤并无严格的顺序要求, 各步骤之间往往需要穿插进行。

液压传动系统课程设计的基本方法如下。

(1) 根据设计任务书的要求明确设计任务, 了解执行元件的动作要求、设计参数和性能要求等, 查找相关资料。

(2) 初选系统工作压力, 对执行元件进行工况分析并作出工况图, 找出系统的最大流量和最大压力点, 便于液压元件的计算和选择。拟定液压系统原理图, 进行液压元件设计和液压系统性能验算, 从而选择液压元件。

(3) 确定液压缸的结构形式(类型、安装方式、密封形式、缓冲结构、排气装置等), 计算液压缸主要零件的强度和刚度, 完成液压缸的结构设计图。选择装配方案, 绘制液压集成块、油泵电动机组、油箱和液压站的装配图。

液压系统原理的设计需要熟练掌握液压元件和液压基本回路的结构、工作原理、性能和应用, 从而设计出满足使用要求的系统原理。液压缸等结构的设计需要边画图、边计算、边修改。在进行系统设计时必须从实际出发, 综合考虑系统的先进性、实用性、经济性和安全性, 并且系统需满足操作简单、维护方便等要求。

1.3 液压传动系统课程设计的基本要求

1. 严谨、认真的工作态度

液压传动系统设计工作中无论是参数计算、元件选型还是液压传动系统结构设计都应该保持严谨、认真的工作态度。对于产品而言, 设计上任何一点微小的差错都有可能致使整个设备无法运行甚至报废, 因此, 在设计中的工作态度是决定产品质量的关键。

2. 有借鉴更有创新

通过调研、大量查阅参考资料, 在设计中汲取以往的设计经验, 既可以减少重复设计, 缩短设计周期, 又可以提高设计质量。但是, 任何新的设计任务有其特定的设计要求和具体的工作条件, 因而我们要经过具体分析后借鉴别人的成果, 而不应该机械地抄袭。

设计者更应该利用所学知识勤于思考，敢于提出新方案和新结构并在设计实践中总结和改善，不断提高自己的设计能力。

3. 符合标准和规范

在设计中正确使用标准和规范，有利于零件的互换和加工，可以减少设计工作量，从而提高经济效益。但当标准与规范不能满足设计要求时，又应该进行专用零部件的设计。

4. 正确处理公式计算和结构设计之间的关系

在结构设计尺寸中，由几何关系导出的公式计算得出的尺寸一般不能随意圆整和变动；由强度计算等得出的尺寸决定了零件最小尺寸；由经验公式确定的尺寸，一般需要圆整选取；自行设计尺寸一般为次要尺寸，可根据加工、使用等条件参照类似结构用类比的方法确定。

5. 采用先进的设计手段

可以利用计算机仿真软件验证液压系统设计的合理性并进行修改，也可以利用计算机二维或三维 CAD 辅助设计工具进行液压系统原理设计、液压系统结构零部件的设计与校核。

6. 保证设计质量

绘制的图纸要求作图准确，表达清晰，图面整洁，符合机械制图标准；课程设计说明书要求计算准确，严格按照要求的书写格式，书写工整。

第 2 章

液压传动系统的设计与计算

液压传动系统（以下简称液压系统）的设计要同主机的总体设计同时进行，以保证整机性能的优良。设计时必须有机地结合各种传动形式，充分发挥液压传动的优点，以满足主机工作循环所需的全部技术要求，从而设计出结构简单、工作可靠、成本低、效率高、操作简单和维护方便的液压系统。

液压系统的设计流程如图 2-1 所示，液压系统的设计步骤并无严格顺序，设计流程中各项工作内容有时要相互穿插进行，对于简单的液压系统，有些步骤可以适当简化；对于复杂系统，需经过反复论证修改才能完成。

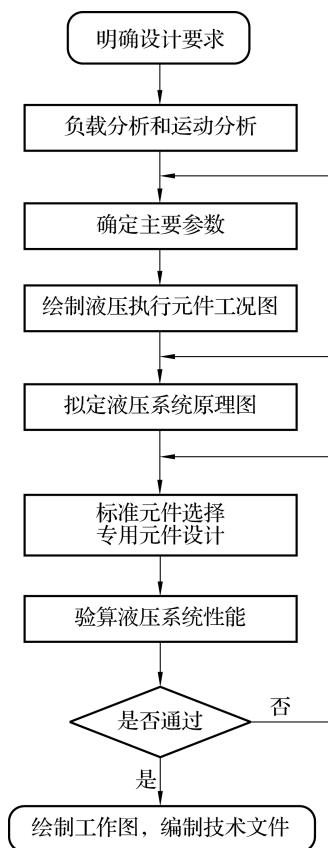


图 2-1 液压系统的设计流程

2.1 明确设计要求并进行工况分析

2.1.1 明确设计要求

设计要求是液压系统设计的依据，具体包括以下内容。

- (1) 主机概况：主机的用途、性能、结构、工艺流程和总体布局等。
- (2) 动作要求：液压系统要完成的动作、执行元件的类型、动作顺序及彼此连锁关系等。
- (3) 性能要求：液压执行元件所需输出力和速度的大小、调速范围、运动平稳性、转换精度等。
- (4) 控制要求：自动化程度，操作控制方式的要求。
- (5) 环境要求：对防尘、防爆、防寒、噪声的要求。
- (6) 其他要求：对效率、成本和安全可靠性的要求。

2.1.2 进行工况分析

液压系统的工况分析就是研究每个液压执行元件在各自工作循环中负载和速度的变化规律，在此基础上绘制出负载循环图（动力分析）和速度循环图（运动分析），为确立系统的主要参数提供依据。

1. 动力分析

液压执行元件上的外负载包括工作负载、摩擦负载和惯性负载。

1) 液压缸负载分析

液压缸驱动工作机构在直线运动时，液压缸所受的外负载为

$$F_w = F_e + F_f + F_a \quad (2-1)$$

(1) 工作负载 F_e 。工作负载与设备的工作性质有关，有恒值负载和变值负载之分，也有阻力负载（正值负载）和超越负载（负值负载）之分。常见的工作负载有作用于活塞杆轴线上的重力、切削力和挤压力等，这些作用力的方向与活塞运动方向相同时为负，相反时为正。

(2) 摩擦负载 F_f 。摩擦负载为液压缸驱动工作机构工作时所要克服的机械摩擦阻力。对于机床来说，即为导轨的摩擦阻力。

对于平导轨，其摩擦负载为

$$F_f = \mu F_N \quad (2-2)$$

对于 V 形导轨，其摩擦负载为

$$F_f = \mu F_N / \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2-3)$$

式中： F_N 为运动部件重力及外负载作用于导轨上的正压力，单位为 N； μ 为摩擦因数，如表 2-1 所示； α 为 V 形导轨的夹角，一般为 90° 。

表 2-1 摩擦因数 μ

导轨类型	导轨材料	运动状态	摩擦因数
滑动导轨	铸铁对铸铁	起动时	0.15 ~ 0.20
		低速 ($v < 0.16 \text{ m/s}$)	0.1 ~ 0.12
		高速 ($v > 0.16 \text{ m/s}$)	0.05 ~ 0.08
滚动导轨	铸铁对滚柱 (珠)	—	0.005 ~ 0.02
	淬火钢导轨对滚珠	—	0.003 ~ 0.006
静压导轨	铸铁	—	0.005

(3) 惯性负载 F_a 。惯性负载的表达式为

$$F_a = \frac{G}{g} \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2-4)$$

式中： G 为运动部件的重力，单位为 N； g 为重力加速度， $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ； Δv 为速度变化量，单位为 m/s； Δt 为起动或制动时间，单位为 s。一般机械 $\Delta t = 0.1 \sim 0.5 \text{ s}$ ，对轻载低速运动部件取小值，对重载高速部件取大值。行走机械可取 $\frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.5 \sim 1.5 \text{ m/s}^2$ 。

除外负载 F_w 外，作用于液压缸活塞上的负载 F 还包括液压缸密封处的摩擦阻力 F_m ，由于液压缸制造质量、油液工作压力和密封形式不同，摩擦阻力难以精确计算，因此一般将它计入液压缸的机械效率中考虑，估算公式为

$$F_m = (1 - \eta_m) F \quad (2-5)$$

式中： η_m 为液压缸的机械效率，一般取 0.90 ~ 0.95。

将 $F = F_m + F_w$ 代入式 (2-5) 得

$$F = \frac{F_w}{\eta_m} \quad (2-6)$$

根据计算出的负载和循环周期，可绘制出负载循环图 ($F-t$ 图)。图中的最大负载是初选液压缸工作压力和确立液压缸结构尺寸的依据。

2) 液压马达负载分析

当工作机构做旋转运动时，液压马达必须克服负载力矩，其公式为

$$T_w = T_e + T_f + T_a \quad (2-7)$$

(1) 工作负载力矩 T_e 。常见的工作负载力矩有被驱动轮的阻力矩，液压卷筒的阻力矩等。

(2) 摩擦负载力矩 T_f 。旋转部件轴颈处的摩擦负载力矩为

$$T_f = G\mu R \quad (2-8)$$

式中： G 为旋转部件施加于轴颈处的径向力，单位为 N； μ 为摩擦因数，分为静摩擦因数 μ_s 和动摩擦因数 μ_d ； R 为旋转轴半径，单位为 m。

(3) 惯性负载力矩 T_a 。惯性负载力矩为

$$T_a = J\varepsilon = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2-9)$$

式中： ε 为角加速度，单位为 rad/s^2 ； J 为回转部件的转动惯量，单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ； $\Delta\omega$ 为角速度变化量，单位为 rad/s ； Δt 为起动或制动时间，单位为 s 。

计算液压马达转矩 T 时还要考虑液压马达的机械效率 η'_m ($\eta'_m = 0.9 \sim 0.99$)，液压马达转矩 T 的公式为

$$T = \frac{T_w}{\eta'_m} \quad (2-10)$$

根据以上公式即可绘制液压马达的负载循环图。

2. 运动分析

液压系统的运动分析是按照设备的工艺要求，研究执行元件完成 1 个工作循环时的运动规律，并绘制速度循环图 ($v-t$ 图)。

因为速度循环图反映了液压缸所需流量的变化规律，因此它是选择系统参数的依据。同时，速度循环图反映了速度变化，因此也是计算惯性负载的依据。因而绘制速度循环图通常与负载循环图同时进行。

2.2 确定液压系统的主要参数

压力和流量是液压系统最主要的两个参数，也是计算和选择液压元件、辅助元件和原动机规格型号的依据。首先根据负载循环图选择系统的工作压力，工作压力选定后，即可确定液压缸的主要尺寸或液压马达排量，然后可根据执行元件的速度循环图确定其流量。

2.2.1 初选系统的工作压力

工作压力要根据负载大小和设备类型而定。当负载确定后，若工作压力低，则执行元件的结构尺寸就大，设备尺寸也随之增加，材料消耗增大，完成给定速度所需的流量也大；若工作压力太高，对泵、缸、阀等元件的材质、密封、制造精度要求也高，必然提高设备成本。因此，工作压力应结合各方面因素综合考虑。一般可以根据不同机械设备类型来选取，各种机械常用的系统工作压力如表 2-2 所示。

表 2-2 各种机械常用的系统工作压力

机械类型	机 床				农业机械 小型工程机械 建筑机械 液压凿岩机	液压机 大中型挖掘机 重型机械 起重运输机械
	磨 床	组合机床	龙门刨床	拉 床		
工作压力/MPa	0.8~2	3~5	2~8	8~10	10~18	20~32

2.2.2 计算液压缸主要结构的尺寸和液压马达排量

对于液压缸来说，以单活塞杆液压缸无杆腔作为工作腔为例，如图 2-2 所示，则

$$p_1 A_1 - p_2 A_2 = F \quad (2-11)$$

式中： p_1 为液压缸工作腔工作压力，单位为 Pa； p_2 为液压缸回油腔压力，单位为 Pa，即背压力，其值根据系统具体情况而定，初选时可参照表 2-3 选取，差动连接时另行考虑； A_1 为无杆腔活塞有效作用面积，单位为 m^2 ， $A_1 = \frac{\pi}{4} D^2$ ； A_2 为有杆腔活塞有效作用面积，单位为 m^2 ， $A_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ ； D 为活塞直径，单位为 m； d 为活塞杆直径，单位为 m。

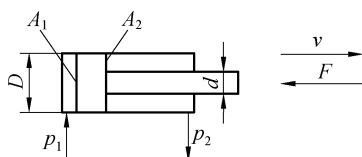


图 2-2 液压缸主要设计参数

表 2-3 执行元件背压力经验数据

回路特点	背压力/MPa
回油路带节流阀	0.2 ~ 0.5
回油路带调速阀	0.4 ~ 0.6
回油路设有背压阀	0.5 ~ 1.5
用补油泵的闭式回路	0.8 ~ 1.5
回油路较复杂的工程机械	1.2 ~ 3
回油路较短，且直接回油箱	可忽略不计

运用式 (2-11) 计算液压缸结构尺寸时，还必须事先确定杆径比 d/D 。当活塞杆受拉力时，一般取 $d/D = 0.3 \sim 0.5$ ；当活塞杆受压力时，为保证压杆稳定性，一般取 $d/D = 0.5 \sim 0.7$ ，可按表 2-4 选取。当液压缸往返速度都有要求时，则按往返速比 v_2/v_1 （其中 v_1 、 v_2 分别为液压缸正、反行程速度）的要求选取，即根据 $v_1 A_1 = v_2 A_2$ 选取，则 $d/D = \sqrt{1 - \frac{v_1}{v_2}}$ 。当采用差动连接时，如要求往返速度相同，则应取 $d = 0.71D$ 。

表 2-4 按工作压力选取 d/D

工作压力/MPa	≤ 5	5 ~ 7	≥ 7
d/D	0.5 ~ 0.55	0.62 ~ 0.7	0.7

对于行程与活塞杆直径比 $l/d > 10$ 的受压柱塞或活塞杆还要作压杆稳定性验算。

当工作速度很低时，还得按最低稳定速度来验算，即

$$A \geq \frac{q_{\min}}{v_{\min}} \quad (2-12)$$

式中： q_{\min} 为系统最小稳定流量，在节流调速回路中， q_{\min} 为流量阀最小稳定流量，在容积

调速回路中, q_{\min} 为变量泵或变量马达的最小稳定流量; v_{\min} 为液压缸所要求的最低工作速度。

液压缸直径 D 和活塞杆直径 d 的计算值, 要按国标规定的液压缸的相关标准进行圆整。常用液压缸的内径和活塞杆外径尺寸如表 2-5 所示。

表 2-5 常用液压缸的内径和活塞杆外径尺寸 (GB/T 2348—2018) 单位: mm

液压缸内径尺寸系列				活塞杆外径尺寸系列				
8	50	140	(360)	4	18	40	90	200
10	60	160	400	5	20	45	100	220
12	63	(180)	(450)	6	22	50	110	250
16	80	200	500	8	25	56	(120)	280
20	90	220	—	10	28	(60)	125	320
25	100	250	—	12	(30)	63	140	360
32	(110)	280	—	14	32	70	160	400
40	125	320	—	16	36	80	180	450

对于液压马达来说, 其排量计算式为

$$V = \frac{2\pi T}{\Delta p} \quad (2-13)$$

式中: T 为液压马达总负载转矩, 单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$; Δp 为液压马达进出口压力差, 单位为 Pa 。

当系统要求工作转速很低时, 排量也要按最低转速要求验算, 即

$$V \geq \frac{q_{\min}}{n_{\min}} \quad (2-14)$$

式中: q_{\min} 为系统最小稳定流量; n_{\min} 为马达所要求的最低转速。

排量确定后, 可以从产品样本中选择液压马达型号。

2.2.3 计算执行元件所需流量

1. 液压缸所需的最大流量

液压缸所需的最大流量的计算公式为

$$q_{\max} = Av_{\max} \quad (2-15)$$

式中: A 为液压缸有效工作面积, 单位为 m^2 ; v_{\max} 为活塞的最大速度, 单位为 m/s 。

2. 液压马达所需的最大流量

液压马达所需的最大流量的计算公式为

$$q_{\max} = Vn_{\max} \quad (2-16)$$

式中: V 为液压马达排量, 单位为 m^3/r ; n_{\max} 为液压马达最高转速, 单位为 r/s 。

2.2.4 绘制执行元件工况图

执行元件工况图包括压力循环图、流量循环图和功率循环图，它们是拟定液压系统原理和选择液压元件的基础。

液压执行元件的结构尺寸确定后，即可根据负载循环图算出一个循环中压力和时间对应关系，绘制 $p-t$ 图。同时，利用速度循环图可绘制出执行元件的 $q-t$ 图。对于具有多个同时工作的执行元件的系统，应将各执行元件的 $q-t$ 图叠加绘出总的 $q-t$ 图，再根据功率 $P = pq$ ，绘出 $P-t$ 图。

2.3 拟定液压系统原理图

液压系统原理的合理性对系统的性能以及设计方案的经济性具有决定性影响。拟定液压系统原理图的方法是：根据具体动作性能要求，通过分析对比选择出合适的液压基本回路，然后将这些基本回路有机地组合成一个完整的液压系统。

1. 选择系统类型

液压系统的类型有开式系统和闭式系统，可以根据系统调速方式和安装空间大小来选择系统类型。若采用节流调速和容积节流调速方式，则有较大的空间放置油箱且要求结构简单的系统，宜采用开式系统；若采用容积调速方式，则要求减小体积和重量，且换向平稳、换向速度高和效率较高的系统，宜采用闭式系统。

2. 确定和选择基本回路

不同类型的液压机械所选择的液压基本回路不同，如对速度的调节、变换和稳定性要求较高的主机（如各类金属切削机床），调速和速度换接回路往往是组成这类机械液压系统的基本回路；对输出力、力矩或功率调节有要求而对速度调节无严格要求的设备（如大型挖掘机），其功率调节和分配是系统的核心，其系统特点是采用复合油路、功率调节回路等。

3. 选择执行元件

用于实现连续回转运动的执行元件应选用液压马达；若要求往复摆动，则应选用摆动液压缸或齿轮齿条式液压缸；若要求实现直线运动，则应选用活塞式液压缸或柱塞式液压缸；若要求双向工作进给，且双向输出的力、速度都相等，则应选用双杆活塞缸；若要求一个方向工作，反向退回，则应选用单杆活塞缸；若负载力不与活塞杆轴线重合或缸径较大，行程较长，则应选用柱塞缸。

4. 选择液压泵类型

选择液压泵类型的方法如下。

(1) 根据初选系统压力选择泵的类型。当工作压力小于 21 MPa 时，选用齿轮泵和叶片泵；当工作压力大于 21 MPa 时，宜选用柱塞泵。

(2) 若原动机为柴油机、汽油机，主机为行走机械，则宜选用齿轮泵、叶片泵。

(3) 若系统采用节流调速回路，或通过改变原动机的转速调节流量，又或系统对速度无调节要求，则可选用定量泵或手动变量泵。

(4) 若系统要求高效节能，则应选用变量泵。恒压变量泵适用于要求恒压源的系统；限压式变量泵和恒功率变量泵适用于要求低压大流量、高压小流量的系统；电液比例变量泵适用于多级调速系统；负载敏感变量泵（压差式变量泵）适用于要求随机调速且功率适宜的系统；双向变量泵多用于闭式系统。

(5) 若液压系统有多个执行元件，各工作循环所需要的流量相差很大，则应选用多泵供油，实现分级调节。

5. 制定调速方案

液压调速分为节流调速、容积调速和容积节流调速。在压力较低、功率较小、负载变化不大且工作平稳性要求不高的场合，宜选用节流阀节流调速回路；在功率较小、负载变化较大且速度稳定性较高的场合，宜采用调速阀节流调速回路；当既要温升小，又要工作平稳性较好时，宜采用容积节流调速回路；在功率较大，要温升小而稳定性要求不高的情况下，宜采用容积调速回路。

6. 制定压力控制方案

压力控制方案如下。

(1) 一般在节流调速回路中，通常由定量泵供油，泵出口溢流阀调节系统所需压力，并保持恒定。在容积调速回路中，用变量泵供油，溢流阀起安全保护作用，限制系统的最高压力。

(2) 中低压小型液压系统为获得二次压力可选用减压阀的减压回路。

(3) 立式缸回路应采用平衡阀的平衡回路。

(4) 为使执行元件不工作时液压泵在很小输出功率下运行，定量泵系统一般选择卸荷回路，变量泵则实现压力卸荷或流量卸荷。

7. 制定方向控制方案

方向控制方案如下。

(1) 对装载机、起重机、挖掘机等工作环境恶劣的液压系统，主要考虑安全可靠，一般采用手动（脚动）换向阀。

(2) 对液压设备要求自动化程度较高的液压系统，应选用电动换向，当流量小时选用电磁换向阀，当流量大时选用电液换向阀或三通插装阀。采用电动换向时，各执行元件之间的顺序、互锁、联动等可由电气控制系统完成。

(3) 采用双向变量泵的换向回路多用于闭式回路。

8. 选择其他回路

拟定系统原理时还应注意防止回路之间可能存在的相互干扰。例如，采用电液换向阀中位卸荷回路，需保证卸荷压力不低于电液阀要求的最小控制压力。另外，也要注意防止