



中等职业学校电子信息类教材 机电技术专业

设备控制基础

韩满林 主编
刘兴国 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)

设备控制基础

韩满林 主编
刘兴国 主审



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以液压、气压、电气等常用设备控制方式为研究对象,研究的内容是液压、气动和电器元件的工作原理,液压、气动和电气控制系统的组成及其特点以及液压、气动和电气控制的应用、发展方向与安装、调试、维护操作规程。全书共 17 章,分别介绍了液压传动基础、元件、回路和典型液压传动系统,气压传动元件、回路和典型气压传动系统,常用低压电器元件、线路和典型电气控制系统,可编程序控制器的基础知识、应用。本书结合实际应用,理论讲解深入浅出,实践性强。

本书可作为中等职业学校机电技术专业教材,也可作为有关人员的自学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

设备控制基础/韩满林主编. —北京:电子工业出版社,2003.1

中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)

ISBN 7-5053-8193-8

I. 设… II. 韩… III. 机械设备—控制系统—专业学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 088220 号

责任编辑:程超群

印 刷:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:373 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:19.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

前 言

本书是中等职业学校机电设备安装与维修专业的一门专业基础课程教材。它的任务是使学生具备高素质劳动者和中、初级专门人才所必须的常用液压、气压、电气等设备控制方式的基础知识与基本技能。

全书共 17 章,参考教学时数为 96 学时,其主要内容包括设备控制概论,液压传动基础,液压动力元件和执行元件,液压控制元件,液压基本回路,典型液压传动系统,气压传动执行元件与辅助元件,气动控制元件,气压传动基本回路,典型气压传动系统,常用低压电器元件,继电-接触器基本控制线路,典型电气控制系统,继电-接触器控制系统设计,可编程序控制器的基础知识,可编程序控制器的应用,典型设备控制系统。

本课程在教学过程中,建议课堂教学应充分地应用实验设备、模型、实物,以增加学生的感性认识;采用现代多媒体教学技术和手段,注意理论联系实际,以增进学生的理性理解。本课程在教学过程中还应紧密地结合实验、实训,提高学生解决实际问题的能力。

本书由韩满林主编,参加本书编写的有南京信息职业技术学院钱群雷(编写第 3、4、5、9 章),南京工程学院王友斌(编写第 6、7、10、17 章),淮安信息职业技术学院史宜巧(编写第 12、13、15、16 章),天津信息职业技术学院刘正(编写第 8、14 章),南京信息职业技术学院韩满林(编写第 1、2、11 章)统编全稿,并由贵州电子信息职业技术学院刘兴国主审,本溪电子工业学校裴兆迎和南京工程学院肖勇参加审阅。编写过程中有许多同志为本书提出了中肯的建议并给予热情指导,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,错误与不足之处在所难免,敬请批评指正。

编 者
2002 年 9 月

目 录

第 1 章 设备控制概论	(1)
1.1 流体传动控制原理	(1)
1.1.1 液压与气压传动的工作原理	(1)
1.1.2 液压与气压传动的优缺点及应用和发展	(2)
1.1.3 液压与气动传动系统安装、调试和维护的操作规程	(4)
1.2 电气控制原理	(8)
1.2.1 电气控制的发展和应用	(8)
1.2.2 电气控制系统的安装、调试和维护	(9)
思考与练习	(10)
第 2 章 液压传动基础	(11)
2.1 液压油	(11)
2.1.1 流体性质	(11)
2.1.2 液压油的要求与选用	(13)
2.2 液体静力学	(14)
2.2.1 液体静压力及其特性	(14)
2.2.2 液体静压力基本方程	(15)
2.2.3 压力的表示方法及单位	(16)
2.2.4 静压传递原理	(17)
2.2.5 液体静压力对固体壁面的作用力	(18)
2.3 液体动力学	(19)
2.3.1 基本概念	(19)
2.3.2 连续性方程	(20)
2.3.3 伯努利方程	(20)
2.3.4 动量方程	(22)
2.4 流动液体特性	(22)
2.4.1 流动液体压力损失	(22)
2.4.2 孔口和间隙流动	(23)
2.4.3 空穴与液压冲击现象	(25)
思考与练习	(27)
实验 1 液体的工作压力形成原理和不同孔径液阻实验	(27)
第 3 章 液压动力元件和执行元件	(28)
3.1 泵和马达概述	(28)
3.1.1 液压泵的工作原理	(28)
3.1.2 液压泵的特点	(29)
3.1.3 液压泵的主要性能参数	(29)

3.1.4	液压马达的工作原理与特点	(31)
3.1.5	液压马达的主要性能参数	(31)
3.2	常见泵和马达的工作原理及应用	(33)
3.2.1	齿轮泵	(33)
3.2.2	叶片泵	(35)
3.2.3	柱塞泵	(38)
3.2.4	叶片式液压马达	(40)
3.2.5	柱塞式液压马达	(41)
3.3	常见缸的结构特点及应用	(41)
3.3.1	活塞式液压缸	(42)
3.3.2	柱塞式液压缸	(44)
3.3.3	摆动式液压缸	(44)
3.4	液压泵的选用与液压缸的安装	(45)
3.4.1	液压泵的选用	(45)
3.4.2	安装调整液压缸和常见故障的分析与排除	(46)
	思考与练习	(52)
	实验 2 液压元件的拆装	(52)
第 4 章	液压控制元件	(54)
4.1	方向控制阀	(55)
4.1.1	单向阀	(55)
4.1.2	换向阀	(56)
4.2	压力控制阀	(61)
4.2.1	溢流阀	(61)
4.2.2	减压阀	(64)
4.2.3	顺序阀	(65)
4.2.4	压力继电器	(66)
4.3	流量控制阀	(67)
4.3.1	节流阀	(68)
4.3.2	调速阀	(69)
4.3.3	溢流节流阀(旁通型调速阀)	(70)
*4.4	叠加式液压阀和插装阀	(71)
4.4.1	叠加式液压阀	(71)
4.4.2	二通插装阀	(73)
	思考与练习	(74)
	实验 3 溢流阀静态性能测试	(75)
第 5 章	液压基本回路	(76)
5.1	压力控制回路	(76)
5.1.1	调压回路	(76)
5.1.2	减压回路	(77)
5.1.3	增压回路	(78)

5.1.4	卸荷回路	(78)
5.1.5	保压回路	(79)
5.1.6	平衡回路	(80)
5.2	速度控制回路	(81)
5.2.1	调速回路	(81)
5.2.2	快速运动回路	(86)
5.2.3	速度换接回路	(87)
5.3	顺序控制回路	(88)
5.3.1	行程控制的顺序动作回路	(88)
5.3.2	压力控制的顺序动作回路	(89)
思考与练习		(89)
实验4 液压基本回路		(90)
第6章	典型液压传动系统	(91)
6.1	组合机床动力滑台液压系统	(91)
6.1.1	概述	(91)
6.1.2	YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	(92)
6.1.3	YT4543 型动力滑台液压系统的特点	(94)
6.2	YA32-200 型四柱万能液压机液压系统	(94)
6.2.1	概述	(94)
6.2.2	YA32-200 型四柱万能液压机液压系统原理	(94)
思考与练习		(96)
第7章	气压传动执行元件与辅助元件	(98)
7.1	气动执行元件	(98)
7.2	气动辅助元件	(101)
7.2.1	气源装置	(101)
7.2.2	气源净化装置	(102)
7.2.3	其他辅助元件	(105)
思考与练习		(106)
第8章	气压传动控制元件	(107)
8.1	方向控制阀	(107)
8.1.1	单向阀	(107)
8.1.2	电磁换向阀	(109)
8.2	压力控制阀	(111)
8.3	流量控制阀	(112)
8.3.1	排气节流阀	(112)
8.3.2	柔性节流阀	(112)
*8.4	气动逻辑元件	(113)
*8.5	气动比例阀及气动伺服阀	(116)
8.5.1	气动比例阀	(116)
8.5.2	气动伺服阀	(117)

思考与练习	(119)
实验 5 气动元件拆装	(119)
第 9 章 气压传动基本回路	(120)
9.1 换向回路	(120)
9.2 速度控制回路	(121)
9.3 压力控制回路	(124)
9.4 气-液联动回路	(125)
思考与练习	(126)
实验 6 气动回路实验台	(126)
第 10 章 典型气压传动系统	(127)
10.1 数控车床用真空卡盘	(127)
10.2 气动钻床气压系统	(128)
10.3 气动控制技术应用于行走工程机械	(129)
思考与练习	(130)
第 11 章 常用低压电器元件	(132)
11.1 开关及保护电器	(132)
11.1.1 刀开关	(132)
11.1.2 组合开关	(133)
11.1.3 按钮开关	(134)
11.1.4 行程开关	(135)
11.1.5 自动开关	(136)
11.1.6 熔断器	(137)
11.1.7 热继电器	(138)
11.2 交流接触器及继电器	(139)
11.2.1 交流接触器的基本结构原理、符号及用途	(139)
11.2.2 继电器	(140)
思考与练习	(143)
实验 7 电器元件的认识实验	(143)
第 12 章 继电-接触器基本控制线路	(145)
12.1 三相笼型异步电动机全压启动控制线路	(145)
12.1.1 点动控制线路	(145)
12.1.2 正反转控制线路	(146)
12.1.3 限位控制线路	(147)
12.2 三相笼型异步电动机降压启动控制线路	(149)
12.2.1 星形-三角形 (Y- Δ) 降压启动控制线路	(149)
12.2.2 自耦变压器降压启动控制线路	(150)
*12.3 三相绕线式转子异步电动机启动控制线路	(151)
12.3.1 转子绕组串电阻启动控制线路	(151)
12.3.2 转子绕组串频敏变阻器启动控制线路	(153)
12.4 三相笼型异步电动机制动控制线路	(154)

12.4.1	能耗制动	(154)
12.4.2	反接制动	(155)
*12.4.3	电磁抱闸制动	(157)
思考与练习		(157)
实验 8	三相异步电动机正反转和点动实验	(158)
实验 9	三相异步电动机 Y- Δ 连接减压启动实验	(159)
第 13 章	典型电气控制系统	(160)
13.1	电气控制系统图	(160)
13.1.1	电气控制系统图的定义及组成	(160)
13.1.2	电气原理图	(160)
13.1.3	电气安装图	(160)
13.1.4	电气控制系统图的读图方法	(161)
13.1.5	电器元件安装与线路的连接	(161)
13.2	普通车床的电气控制系统	(161)
13.2.1	C620 车床的结构和运动情况	(162)
13.2.2	C620 车床的电气原理图	(162)
13.2.3	电气安装图	(163)
13.2.4	常见故障与处理	(163)
思考与练习		(165)
实验 10	车床控制线路实验	(165)
*第 14 章	继电-接触器控制系统设计	(167)
14.1	继电-接触器控制系统设计的基本原则	(167)
14.2	继电-接触器控制系统设计的内容及步骤	(168)
14.2.1	继电-接触器控制系统总体方案的拟定	(168)
14.2.2	逻辑设计法	(169)
14.3	常用电器元件的选择	(170)
14.4	继电-接触器控制系统的安装与调试	(172)
14.4.1	继电-接触器控制系统的安装步骤	(172)
14.4.2	继电-接触器控制系统的调试步骤	(172)
思考与练习		(173)
第 15 章	可编程序控制器基础知识	(174)
15.1	PLC 的基本结构与工作原理	(174)
15.1.1	PLC 的基本结构	(174)
15.1.2	PLC 的工作原理	(175)
15.2	PLC 的特点及应用领域	(176)
15.2.1	PLC 的特点	(176)
15.2.2	PLC 的应用领域	(177)
15.3	PLC 的基本指令与编程	(177)
15.3.1	PLC 的编程语言	(177)
15.3.2	三菱 F1 系列 PLC 的编程元件	(178)

15.3.3 三菱 F1 系列 PLC 的基本指令与编程	(179)
15.3.4 三菱 F1 系列 PLC 编程举例	(182)
15.3.5 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 的一般编程元件与基本指令	(183)
思考与练习	(185)
实验 11 可编程序控制器的编程实验	(186)
第 16 章 可编程序控制器的应用	(188)
16.1 可编程序控制器的应用设计	(188)
16.2 PLC 梯形图设计基本电路	(191)
16.3 PLC 的应用举例	(192)
16.3.1 三相笼型异步电动机星形-三角形启动控制	(192)
*16.3.2 自控轧钢机	(194)
*16.3.3 多种液体自动混合装置	(196)
*16.3.4 某组合机床动力头控制系统	(200)
思考与练习	(202)
实验 12 可编程序控制器的硬件连接实验——简单抢答器	(203)
实验 13 可编程序控制器编程调试实验——自控成型机	(204)
第 17 章 典型设备控制系统	(206)
17.1 典型机床电气控制线路分析	(206)
17.2 组合机床控制系统	(208)
17.3 气动搬运机械手	(214)
思考与练习	(217)
附录 常用液压与气动元件图形符号	(219)

注：加“*”部分为选学内容。

第 1 章 设备控制概论

[学习目标]

了解液压、气动和电子元件的工作原理、系统组成及其特点。了解流体控制和电气控制的应用和发展方向以及安装、调试、维护操作规程

[重点和难点]

重点：流体控制和电气控制工作原理

难点：流体控制和电气控制安装、调试、维护操作规程

[学习方法]

现场教学、参观等

[学习时间安排]

理论课时：2

设备控制主要有液压、气压、电气等方式，液压与气压传动是以有压流体（液压液或压缩空气）作为工作介质对能量进行传递和控制的一种传动形式，相对于机械传动来说，它是一门新技术。而电气控制在机械设备控制中比其他控制方法使用更为普遍。近几十年来，随着微电子技术的迅速发展，机、电、液结合越来越密切，使其应用领域遍及到各个工业部门，已成为实现生产过程自动化、提高劳动生产率等必不可少的重要手段。

1.1 流体传动控制原理

1.1.1 液压与气压传动的工作原理

液压系统以液压液作为工作介质，而气动系统以空气作为工作介质。两种工作介质的不同在于，液体几乎不可压缩，气体却具有较大的可压缩性。液压与气压传动在基本工作原理、元件的工作机理以及回路的构成等诸方面是极为相似的。下面以如图 1.1 所示的原理图来讲解它们的工作原理。

如图 1.1 所示为液压千斤顶的示意图。当向上提手柄使小缸内的活塞上移时，小缸下腔因容积增大而产生真空，油液从油箱通过吸油阀被吸入并充满小缸容积。当按压手柄使小缸活塞下移时，则前面被吸入的油液通过压油阀输到大缸的下腔，油液被压缩，压力立即升高，当油液的压力升高到能克服作用在大活塞上的负载（重物）所需的压力值时，重物就随手柄的下按而同时上升，此时吸油阀是关闭的。为了把重物能从举高的位置放下，系统中专门设置了截止阀（放油螺塞）。图 1.1 中两根通油箱的管路如通大气，则图 1.1 变成气动系统的原理图。这种情况下，上下按动手柄，空气就通过吸油阀被吸入，经压油阀输到大缸的下腔。在这里，因气体有压缩性，不像液压系统那样，一按手柄重物立即相应上移，而是手柄需按动多次，使进入大缸下腔中的气体逐渐增多，压力逐渐升高，一直到气体压力达到使重物上升所需的压力值时，重物便开始上升。在重物上升过程中，也不像液压系统那样，压力值基

本上维持不变（因是举起重物），因气体可压缩性较大的缘故，气压值会发生波动。

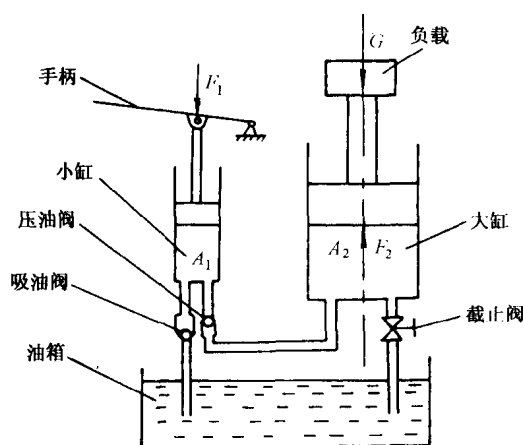


图 1.1 液压千斤顶示意图

由这个例子也可清楚地看到，在小缸中，手按动小活塞所做的机械能变成了排出流体的压力能；而在大缸中，进入大缸的流体压力能通过大活塞转变成成为驱动负载所需的机械能。所以，在液压与气动系统中，要发生两次能量的转变，把机械能转变为流体压力能的元件或装置称为泵或能源装置，而把流体压力能转变为机械能的元件称为执行元件。

1.1.2 液压与气压传动的优缺点及应用和发展

1. 液压传动的优点

- (1) 在同等的体积下，液压装置能比电气装置产生出更多的动力。在同等的功率下，液压装置的体积小，重量轻，功率密度大，结构紧凑。
- (2) 液压装置由于重量轻、惯性小、反应快，易于实现快速启动、制动和频繁地换向。
- (3) 液压装置操作控制方便，可实现大范围的无级调速（调速范围可达 2000:1），它还可以在运行的过程中进行调速。
- (4) 液压传动易于自动化，它对液体压力、流量或流动方向易于进行调节或控制。
- (5) 液压装置可自动实现过载保护。液压缸和液压马达都能长期在堵转状态下工作而不会过热，这是电气传动装置和机械传动装置无法办到的。
- (6) 由于液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，液压系统的设计、制造和使用都比较方便。
- (7) 用液压传动易实现直线运动。

2. 液压传动的缺点

- (1) 液压传动在工作过程中常有较多的能量损失（摩擦损失、泄漏损失等），所以效率较低。
- (2) 液压传动对油温变化比较敏感，它的工作稳定性很易受到温度的影响，因此它不宜在很高或很低的温度条件下工作。
- (3) 为了减少泄漏，液压元件在制造精度上的要求较高，因此它的造价较高，而且对工作介质的污染比较敏感。

(4) 液压传动出现故障时不易找出原因，使用和维修要求有较高的技术水平。

3. 气压传动的优点

(1) 空气可以从大气中取得，同时，用过的空气可直接排放到大气中去，处理方便。

(2) 空气的黏度很小（约为液压油的万分之一），在管道中的压力损失较小，因此压缩空气便于集中供应（空压站）和远距离输送。

(3) 因压缩空气的工作压力较低（一般为 $0.3\text{ MPa} \sim 0.8\text{ MPa}$ ），因此对气动元件的材料和制造精度上的要求较低。

(4) 气动系统维护简单，管道不易堵塞，也不存在介质变质、补充、更换等问题。

(5) 使用安全，没有防爆的问题，并且便于实现过载自动保护，同时也便于储气罐储存能量，以备总需。

(6) 气动元件结构简单，制造容易，以实现标准化、系列化、通用化。

(7) 气动元件采用相应的材料后，能够在恶劣的环境（强振动、强冲击、强腐蚀和强辐射等）下进行正常工作。

4. 气压传动存在的一些缺点

(1) 气动装置中的信号传递速度较慢，仅限于音速的范围内。所以气动技术不宜用于信号传递速度要求十分高的复杂线路中，同时，实现生产过程的远距离控制也比较困难。

(2) 由于空气具有可压缩的特性，因而运动速度的稳定性较差。

(3) 因为工作压力较低，又因结构尺寸不宜过大，因而气压传动装置的总推力一般不可能很大，所以输出功率一般较小。

(4) 目前气压传动的传动效率较低。

总的说来，液压与气压传动的优点是主要的，而它们的缺点通过技术进步和多年的不懈努力，已得到克服或得到了很大的改善。

5. 液压与气压传动的应用

工业各部门使用液压与气压传动的出发点是不尽相同的，有的是利用它们在传递动力上的长处，如工程机械、压力机械和航空工业采用液压传动的主要原因是取其结构简单、体积小、质量轻、输出功率大；有的是利用它们在操纵控制上的优点，如机床上采用液压传动是取其能在工作过程中实现无级变速，易于实现频繁的换向，易于实现自动化；在无线电工业、包装机械、印刷机械、食品机械等方面应用气动传动主要取其操作方便且无污染的特点；在采矿、钢铁和化工等部门采用气压传动是取其空气工作介质具有防爆、防火等特点。此外，不同精度要求的主机也会选用不同控制形式的液压或气压传动。

液压传动在某些机械工业部门的应用情况如表 1.1 所示。

表 1.1 液压传动在各类机械行业中的应用实例

工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等

续表

冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减震器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

6. 液压与气动技术的进展

近代液压与气动技术在工业中的应用还是 20 世纪中叶以后的事,时间还不很长。由于要使用原油炼制品来作为传动介质,近代液压传动是由 19 世纪崛起并蓬勃发展的石油工业推动起来的。最早实践成功的液压传动装置是舰艇上的炮塔转位器。第二次世界大战期间,在一些兵器上用上了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置,大大地提高了兵器的性能,也大大地促进了液压技术的发展。战后,液压技术迅速转向民用并随着各种标准的不断制定和完善,各类元件的标准化、规格化、系列化在机械制造、工程机械、农业机械、汽车制造等行业中推广开来。20 世纪 60 年代后,原子能技术、空间技术、计算机技术(微电子技术)等的发展再次将液压技术推向前进,使它在国民经济的各方面都得到了应用。液压传动在某些领域内甚至已占有压倒性的优势。

我国的液压工业开始于 20 世纪 50 年代,其产品最初只用于机床和锻压设备,后来才用到拖拉机和工程机械上。自从 1964 年从国外引进一些液压元件生产技术,同时进行自行设计液压产品以来,我国的液压件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。20 世纪 80 年代起更加速了对国外先进液压产品和技术有计划引进、消化、吸收和国产化工作,以确保我国的液压技术能在产品质量、经济效益、研究开发等各个方面全方位地赶上世界水平。

在 20 世纪 60 年代末,气动元件得到发展,控制方式有所创新,从而使气动系统在很多工业领域得到了广泛的应用。因为气动元件兼有通用性和灵活性的特点,所以使它在现代系统的集成化和完整性方面发挥了决定性的作用,气动元件本身也得到了飞跃的发展。但是,一般认为,现代气动技术从开始发展到现在还不足 50 年时间。微电子技术的进展渗透到液压与气动技术中并与之相结合,创造出了很多高可靠性、低成本的微型节能元件,为液压、气动技术在工业各部门中的应用开辟了更为广泛的前景。

今天,为了和最新技术的发展保持同步,液压与气动技术必须不断地创新,不断地提高和改进元件和系统的性能,以满足日益变化的市场需求。这是液压与气动系统的创新特征。

1.1.3 液压与气动传动系统安装、调试和维护的操作规程

1. 液压系统的安装与调试

1) 液压系统的安装

安装液压系统时,应注意以下事项。

(1) 安装前检查各油管是否完好无损并进行清洗。对液压元件要用煤油或柴油进行清洗,自制重要元件应进行密封和耐压试验。试验压力可取工作压力的 2 倍或最高工作压力的 1.5 倍。

(2) 各油管接头处要装紧和密封良好。吸油管不得漏气,回油管应插入油面以下。一

般液压泵的吸油高度小于 500 mm。

(3) 电磁阀的回油、减压阀和顺序阀等的泄油与回油管相连通时不应有背压, 否则应单设回油管。

(4) 溢流阀的回油管口与液压泵的吸油管口不能靠得太近, 以免吸入温度较高的油液。

(5) 方向阀一般应保持轴线水平安装, 蓄能器应保持轴线竖直安装。

(6) 液压泵输入轴和电动机驱动轴的同轴度偏差应小于 0.1 mm。

(7) 安装时不能损坏密封件, 因此需清除被密封零件的尖角, 避免使用锐利的工具。

(8) 液压元件安装固定时, 用力要适当, 防止拧紧力过大使元件变形而造成漏油或使某些零件不能运转。

(9) 系统全部管道应进行两次安装, 即第一次试装后拆下管路, 用 20% 的硫酸或盐酸溶液进行酸洗, 再用 10% 的苏打水中和 15 min, 最后再用温水冲洗, 待干燥涂油后进行二次安装。

(10) 系统安装完毕后, 应对内部进行清洗。复杂液压系统可分区清洗。清洗采用清洗油, 油温在 $50^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。清洗时在回油路上设置滤油器, 开始使液压泵间歇运转, 然后长时间运转 8 h~12 h, 清洗到滤油器的滤芯上不再有杂质时为止。

2) 液压系统的调试

在调试前, 首先应弄懂液压系统的工作原理, 熟悉系统的各种操作和调节手柄的位置及旋向等, 并检查各液压元件的连接是否正确可靠, 液压泵的转向、进出油口是否正确, 油箱中是否有足够的油液等。检查无问题后可进行空载试车。

试车时先启动液压泵, 检查泵在卸荷状态下的运转, 正常后即可使其在工作状态下运转。

液压泵运转正常后, 可调节压力控制元件。首先调整系统压力, 在调整溢流阀时, 从压力为零开始, 逐步提高压力使之达到规定压力值。然后调整各回路的压力阀, 主回油路泵的安全溢流阀的调定压力, 一般大于液压缸(或马达)所需工作压力的 10%~20%; 快速行程泵的压力阀的调定压力, 一般大于所需压力 10%~20%。压力继电器的调定压力一般应低于供油压力 0.3 MPa~0.5 MPa; 卸荷压力一般应小于 0.1 MPa~0.2 MPa, 如果用它供给控制油路或润滑油路时, 则压力应保持 0.3 MPa~0.6 MPa。

流量控制阀的调整。先逐步关小流量阀, 检查执行元件能否达到规定的最低速度及平稳性, 然后按其工作要求的速度来调整。

其后调整自动工作循环和顺序动作, 检查各动作的协调性和顺序动作的正确性, 检查启动、换向和速度换接的平稳性。同时还应检查各液压元件和管路是否有泄漏及其他异常现象。

空载试车正常后即可进行负载试车。为避免设备损坏事故, 一般先低负载试车, 如正常则在额定负载下试车。

负载试车时, 应检查系统是否能完成预定的工作要求, 运转性能是否良好, 有无震动、噪声、爬行和油液温升等不良现象。

最后检查滤油器的滤芯, 如无异常设备即可投入正式使用。

2. 液压系统的使用与维护

液压系统在使用时要注意以下一些事项。

(1) 保持油液清洁。油箱在灌油前要进行清洗,加油时油液要用 120 目的滤网过滤,油箱应加密封盖。在室外或高温地方工作,应注意油箱外露部分的金属是否有凝结水进入油箱。及时更换变质密封件,采用抗氧化、有良好稳定性的液压油。油液要定期检查更换,注意油液质量变化,若油呈乳白色或油中杂质较多,则应及时更换液压油。一般半年至一年更换一次。

(2) 随时清除液压系统中的气体,以防系统产生爬行和引起油液变质。应当经常检查油箱中油面的高度,保持油箱中有足够的油量。在工作中油液耗损后要及时补充。吸油管和回油管在最低油面时也应保证在油面以下,两者要用隔板隔开。及时清洗入口滤油器,防止吸油阻力增大而把溶解在油中的气体分离出来。及时更换不良密封件,经常检查管接头及液压元件的连接处并及时将松动的螺帽拧紧。发现有空气进入系统,应按正确操作方法利用排气装置将空气排除。

(3) 系统油温要保持适当,一般液压设备油箱中油温在 $35^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 以内合适。为防止系统油温过高,首先,应经常注意保持油箱中的正确油位,使油液有足够的循环冷却条件;其次,在保证系统正常工作的条件下,液压泵的供油压力和背压阀的压力应尽量调得低些,以减少能量损耗。还应正确地选择系统中所用油液的黏度,油液变质时应及时更换,经常保持油液的洁净。

(4) 其他。液压泵初次启动时,应向泵内灌油,这样既容易打出油来,又可防止损坏液压泵。低温启动时,可将泵开开停停,进行数次,使油温逐渐升高。

3. 气动系统的安装与调试

1) 气动系统的安装

(1) 管道的安装步骤如下:

- ① 安装前要检查管道内壁是否光滑并进行除锈和清洗。
- ② 管道支架要牢固,工作时不得产生震动。
- ③ 装紧各处接头,管路不允许漏气。
- ④ 管道焊接应符合规定标准的要求。
- ⑤ 安装软管时,其长度应有一定余量。在弯曲使用时,不能从端部接头处开始弯曲;在直线使用时,不要使端部接头和软管间受拉伸。软管安装应尽可能远离热源或安装隔热板。
- ⑥ 管路系统中任何一段管道均应能自由拆装。
- ⑦ 管道安装的倾斜度、弯曲半径、间距和坡向等均要符合有关规定。

(2) 元件的安装步骤如下:

- ① 安装前应对元件进行清洗,必要时要进行密封试验。
- ② 各类阀体上的箭头方向或标记要符合气流流动方向。
- ③ 逻辑元件应按控制回路的需要将其成组地装于底板上并在底板上开出气路,用软管接出。
- ④ 密封圈不要装得太紧,特别是 U 型密封圈的阻力特别大。
- ⑤ 移动缸的中心线与负载作用力的中心线要同心,否则引起侧向力,使密封件加速磨损和活塞杆弯曲。

⑥ 各种自动控制仪表、自动控制器、压力继电器等在安装前应进行校验。

2) 系统的吹污和试压

①管路系统安装后,要用压力为 0.6 MPa 的干燥空气吹除系统中的一切污物。可用白布来检查,以 5 min 内无污物为合格。吹污后还要将阀芯、滤芯及活塞等零部件拆下清洗。

②检查系统的密封性是否符合标准。可用气密试验进行检查,一般是使系统处于 1.2~1.5 倍的额定压力下保压一段时间(如 2 h),除去环境温度变化引起的误差以外,其压力变化量不得超过技术文件规定值。

试压时要把安全阀调整到试验压力。试压过程中最好采用分级试验法并随时注意安全。如果发现系统出现异常,应立即停止试验。待查出原因并清除故障后再进行试验。

3) 系统的调试

(1) 调试前的准备工作。

①熟悉说明书等有关技术资料,力求全面了解系统的原理、结构、性能及操纵方法。

②了解需要调整的元件在设备上的实际位置、操纵方法及调节旋钮的旋向等。

③按说明书的要求准备好调试工具、仪表、补接测试管路等。

(2)空载试运转。空载试运转不得少于 2 h,注意观察压力、流量、温度的变化。如果发现异常现象,应立即停车检查,待排除故障后才能继续试运转。

(3)负载试运转。负载试运转应分段加载,运转不得少于 4 h,要注意油雾器的油位、摩擦部位的温升等变化。分别测出有关数据,记入试车记录。

4. 气动系统的使用与维护

1) 气动系统使用注意事项

(1)开车前后要放掉系统中的冷凝水。

(2)定期给油雾器加油。

(3)随时注意压缩空气的清洁度,对分水滤气器的滤芯要定期清洗。

(4)开车前检查各调节旋钮是否在正确位置,行程阀、行程开关、挡块的位置是否正确、牢固。对导轨、活塞杆等外露部分的配合表面进行擦拭后方能开车。

(5)设备长期不使用时,应将各旋钮放松,以免弹簧失效而影响元件的性能。

(6)熟悉元件控制机构操作特点,严防调节错误造成事故,要注意各元件调节旋钮的旋向与压力、流量大小变化的关系。

2) 气动系统的日常维护

气动系统的日常维护的主要内容是对冷凝水的管理和对系统润滑的管理。对冷凝水的管理方法在前面已讲述,这里仅介绍对系统润滑的管理。

气动系统中从控制元件到执行元件,凡有相对运动的表面都需要润滑。如果润滑不当,会使摩擦阻力增大,导致元件动作不良,因密封面磨损会引起系统泄漏等危害。

润滑油的性质将直接影响润滑效果。通常,高温环境下用高黏度润滑油,低温环境用低黏度润滑油。如果温度特别低,为克服起雾困难可在油杯内装加热器。一般在气动系统中,使用黏度为 60~400 赛氏秒的润滑油为宜。供油量是随润滑部位的形状、运动状态及负载大小而变化的。供油量总是大于实际需要量。一般以每 10 m³ 自由空气供给 1 ml 的油量为计算基准。

还要注意油雾器的工作是否正常。如果发现油量没有减少,需及时调整滴油量,经调无效,需检修或更换油雾器。