

工业液压技术 实验手册

第二版

Bulletin 0249 CH



派克汉尼汾公司版权所有。未经出版者允许，本书的任何部分均不得重印，不得存储在检索系统中，不得以任何形式、任何方法进行传播，例如；电子的、机械的、照相复制、记录以及其它方式。

目 录

引言.....	1
安全检查表.....	2
培训试验台布置图.....	3
液压动力源回路图.....	4
电气回路图.....	5
元件图形符号.....	6
实验练习 1 气穴.....	7
练习 1 问题.....	8
实验练习 2 混入的空气(空气混入现象).....	9
练习 2 问题.....	10
实验练习 3 最高溢流压力.....	11
练习 3 问题.....	12
实验练习 4 液压泵的流量.....	13
练习 4 实验回路图.....	14
练习 4 问题.....	14
实验练习 5 标准回路.....	15
练习 5 实验回路图.....	16
练习 5 问题.....	17
实验练习 6 液压缸缓冲.....	19
练习 6 问题.....	20
实验练习 7 用流量控制阀设定流量.....	21
练习 7 实验回路图.....	22
练习 7 问题.....	22
实验练习 8 液压缸泄漏试验.....	23
练习 8 实验回路图.....	24
练习 8 问题.....	25
实验练习 9 差动回路.....	27
练习 9 实验回路图.....	28
练习 9 问题.....	29
实验练习 10 方向阀不流过全流量的差动回路.....	31
练习 10 实验回路图.....	32
练习 10 问题.....	33
实验练习 11 活塞杆伸出同步.....	35
练习 11 实验回路图.....	36

练习 11 问题.....	37
实验练习 12 不带流量控制双向同步.....	39
练习 12 实验回路图.....	40
练习 12 问题.....	41
实验练习 13 测量液压缸的流量.....	43
练习 13 实验回路图.....	44
练习 13 问题.....	45
实验练习 14 进油节流控制.....	47
练习 14 实验回路图.....	48
练习 14 问题.....	49
实验练习 15 回油节流控制.....	51
练习 15 实验回路图.....	52
练习 15 问题.....	53
实验练习 16 采用调速阀的回油调速控制.....	55
练习 16 实验回路图.....	56
练习 16 问题.....	57
实验练习 17 旁路节流控制，活塞杆缩回.....	59
练习 17 实验回路图.....	60
练习 17 问题.....	61
实验练习 18 旁路调速控制，双向.....	63
练习 18 实验回路图.....	64
练习 18 问题.....	65
实验练习 19 液压马达进油节流回路.....	67
练习 19 实验回路图.....	69
练习 19 问题.....	70
实验练习 20 液压马达回油节流回路.....	71
练习 20 实验回路图.....	73
练习 20 问题.....	74
实验练习 21 O 型机能中位的压力升高.....	75
练习 21 实验回路图.....	76
练习 21 问题.....	77
实验练习 22 液压缸的减速.....	79
练习 22 实验回路图.....	80
练习 22 问题.....	81
实验练习 23 多速回路.....	83
练习 23 实验回路图.....	84

练习 23 问题.....	85
实验练习 24 减压阀的调整.....	87
练习 24 实验回路图.....	88
实验练习 25 减压回路.....	89
练习 25 实验回路图.....	90
练习 25 问题.....	91
实验练习 26 流量分配回路.....	93
练习 26 实验回路图.....	94
练习 26 问题.....	95
实验练习 27 平衡回路.....	97
练习 27 实验回路图.....	98
练习 27 问题.....	99
实验练习 28 液压马达的平衡.....	101
练习 28 实验回路图.....	102
练习 28 问题.....	103
实验练习 29 顺序阀的调整.....	105
练习 29 实验回路图.....	106
实验练习 30 液压缸的顺序动作.....	107
练习 30 实验回路图.....	108
实验练习 31 液压缸和马达的顺序动作.....	109
练习 31 实验回路图.....	110
练习 31 问题.....	111
实验练习 32 顺序和减压回路.....	113
练习 32 实验回路图.....	115
练习 32 问题.....	116
实验练习 33 交叉溢流.....	117
练习 33 实验回路图.....	118
练习 33 问题.....	119
实验练习 34 电磁溢流阀.....	121
练习 34 实验回路图.....	122
练习 34 问题.....	123
实验练习 35 不用方向控制阀的方向控制 - 介绍插装阀系统.....	125
练习 35 实验回路图.....	126
练习 35 问题.....	127

引言

派克汉尼汾工业液压培训装置是一套专供教育培训用的实验工具，通过在这套装置上进行实际的操作和试验，学员们可将他们在课堂上学到的书本知识转换成一种生动的、亲身参与的相关培训实践。

本手册的内容包括各种回路的举例和演示，供指导教师从中选择。其中的练习是对课堂内传授的书面教材的补充，有关的参考内容见派克培训教材 0230-B1 《工业液压技术》，每个练习的背景资料均源于此教材。

三通管接头、四通管接头以及软管等一类供更换连接的元件存放在储物柜里，在进行实验练习时，可选取适用的软管和连接管件，将安装在培训装置面板背面的液压元件连接成相应的实验回路。

使用培训装置进行任何一种练习之前，学员们应首先熟悉该培训装置、可更换元件和连接管件等。在连接实验回路之前，也建议学员们认真阅读整个练习大纲。

操纵使用任何液压系统时，都应当特别小心。当使用派克培训装置时，学员们应认真阅读和遵守下列各注意事项，并遵照指导教师的要求操作。

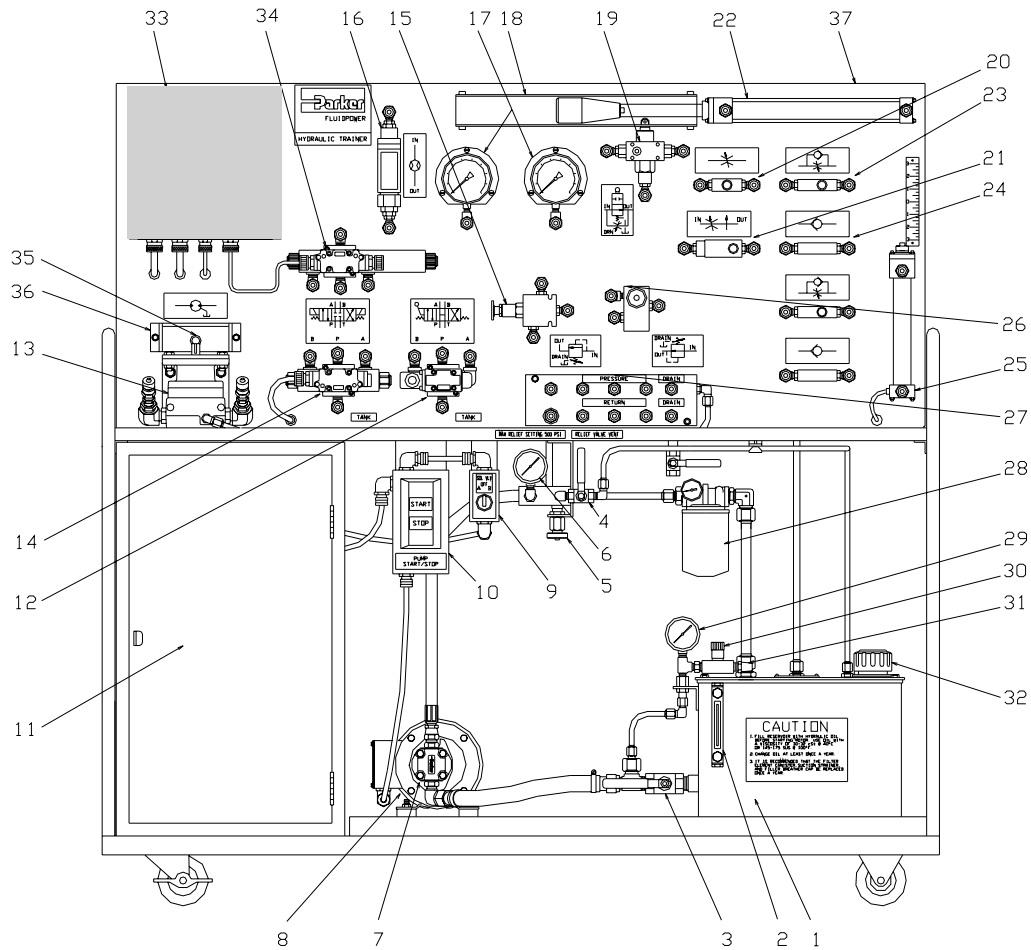
1. 在教师尚未检查完回路、试验台和液压动力源之前，不得起动液压动力源；
2. 液压动力源应在球阀 4 处于释压位置的状态下“启动”和“停止”；
3. 必须佩戴安全眼镜，未佩戴安全眼镜的人员，不允许使用该设备；
4. 头发、衣服和手始终不可接触液压缸活塞杆以及马达转轴；
5. 试验时，不得超过元件的额定压力和流量，本培训装置的最高压力为 500 psi。

安全检查表

一旦连接好回路，在起动电机之前，学员和指导教师应当进行下列检查，以确认：

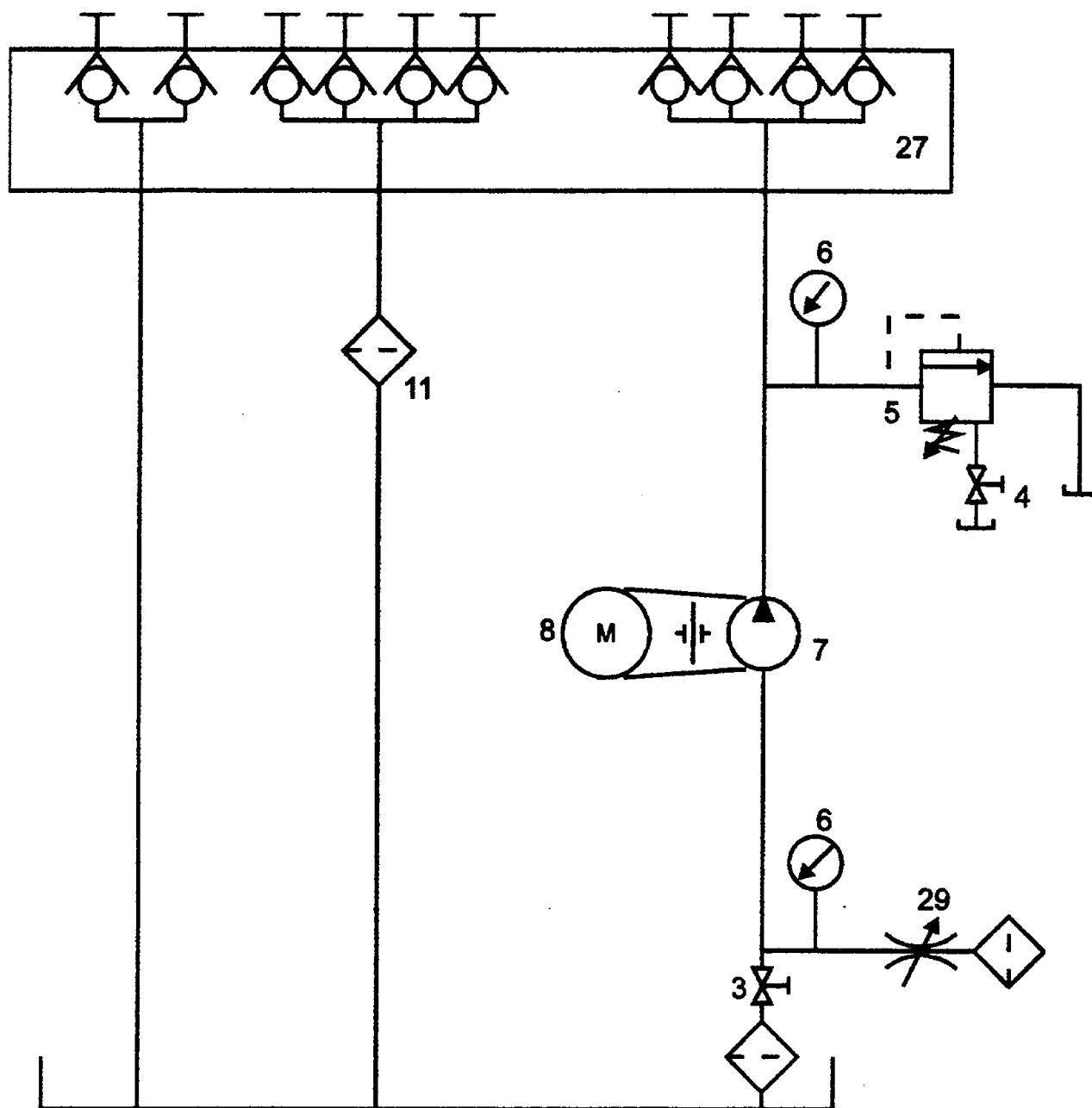
1. 油箱中的液位处于正确的位置，所有端盖、接头和堵头均已固紧；
2. 软管和元件的油口连接应正确；
3. 软管与液压缸的伸缩不发生干涉；
4. 溢流阀的设定调节杆已完全退回，设定在零压力；
5. 系统压力表连接正确；
6. 执行机构的动作路径上没有衣物、手指、车间杂物等；
7. 查看所有的防护装置均安全到位；
8. 快换接头连接正确；
9. 液压回路连接正确；
10. 学员和指导教师均已佩戴安全防护镜；
11. 直观检查软管和元件是否有损坏迹象，连接是否松动，是否缺少零件或漏油；
12. 初次起动时所有人员应站离培训装置；
13. 回路必须经授权的人员（指导教师）检查后才能通电。

培训试验台布置图

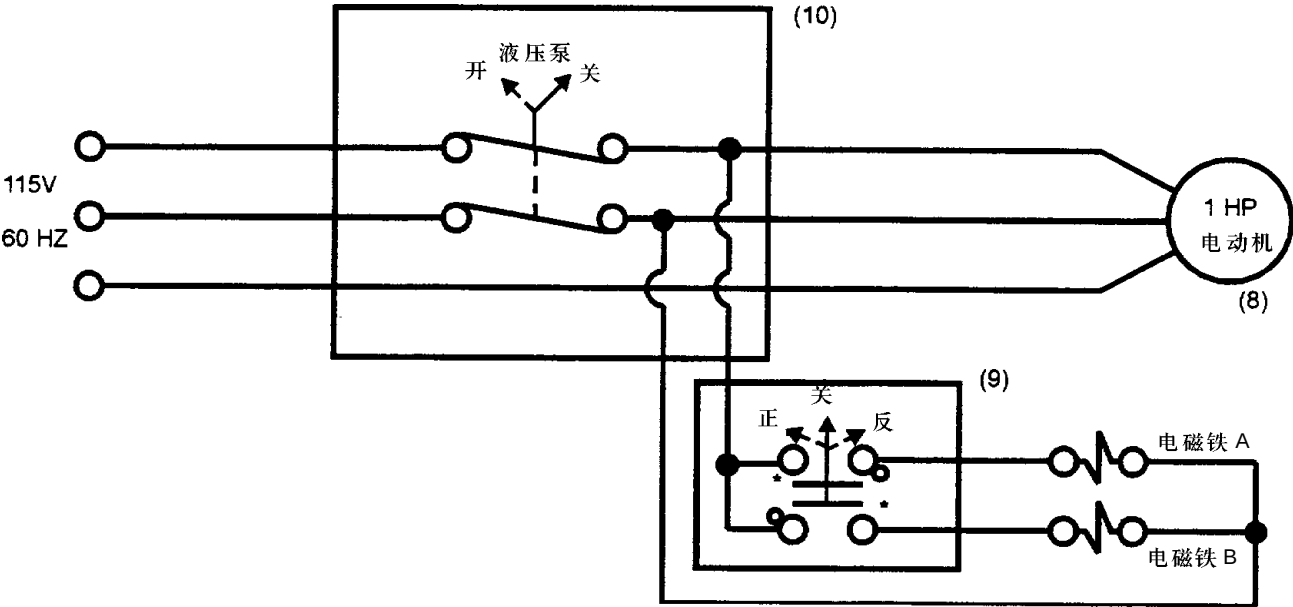


- | | |
|----------------|--------------------|
| 1. 10 gal油箱 | 20. 节流阀 |
| 2. 液位计 | 21. 调速阀 |
| 3. 液压泵吸口球阀 | 22. 带凸轮杆的液压缸，行程12" |
| 4. 溢流阀释压球阀 | 23. 针阀，2件 |
| 5. 溢流阀 | 24. 单向阀，2件 |
| 6. 压力表，液压泵压力 | 25. 液压缸，行程6" |
| 7. 齿轮泵，3 gpm | 26. 减压阀 |
| 8. 1 hp 电动机 | 27. 接管排，压力/回油/泄油 |
| 9. 电磁阀选择器开关 | 28. 回油过滤器 |
| 10. 液压泵起动/停止开关 | 29. 真空压力表，液压泵进口 |
| 11. 储物柜 | 30. 针阀，用于演示混入空气 |
| 12. 手动方向阀 | 31. 充气过滤器 |
| 13. 双向液压马达 | 32. 空气滤清器 |
| 14. 电磁方向阀 | 33. 控制箱 |
| 15. 顺序阀 | 34. 电液比例阀 |
| 16. 流量计 | 35. 线性位移传感器 |
| 17. 压力表 | 36. 数字式测速电机 |
| 18. 聚碳酸酯液压缸导向罩 | 37. 聚碳酸酯防护罩 |
| 19. 减速阀 | 38. 带快换接头的软管，10 件 |

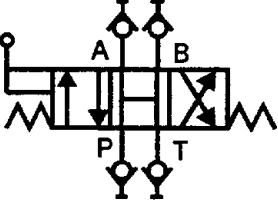
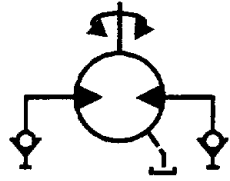
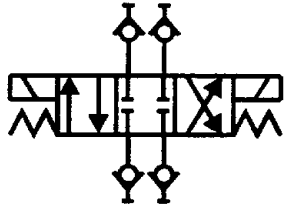
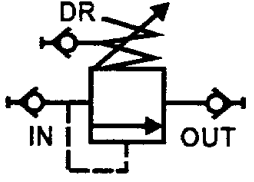
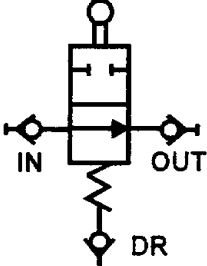
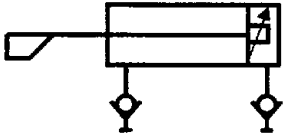
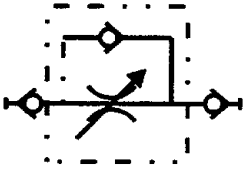
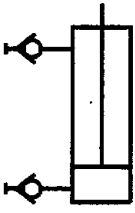
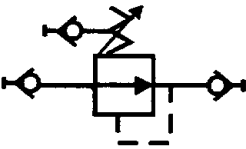
液压动力源回路图



电气回路图



元件图形符号

(12) 	(13) 	
(15) 	(16) 	(17) 
(19) 	(20) 	(21) 
(22) 	(23) 	(24) 
(25) 	(26) 	

实验练习 1 气穴

- I. **说明：**实验练习 1 的目的是说明液压泵的气穴现象。按定义，气穴现象是油液中气态蒸汽空穴的形成和消失。当液压泵的旋转组件快速旋转 (1200-1800 rpm)，造成泵送机构内的压力达到液体的蒸汽压力时，液体发生汽化（沸腾），产生气穴及其有害影响，(参考教材《工业液压技术》第二版，第 5 章)。
- II. **装拆元件：**无
- III. **步骤：**
 - a. 参见安全检查表（第 2 页）。
 - b. 参见液压动力源回路图（第 4 页）。注意，液压泵的吸油管上有一个球阀（3），并装有真空压力表（28），应按照指导教师的指导，在开始进行练习前，保证该球阀是完全打开的。
 - c. 按照指导教师的指导，起动液压动力源电机。
 - d. 按照指导教师的指导，调整溢流阀至 500 psi (34.5 bar)。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- e. 观察真空压力表（28），它显示的是大气压力和接近液压泵进口的压力表接点之间的压差，该指示值表明，将油液从油箱推进到液压泵进口测压点处需要多高的压力。
- f. 在液压泵运行时，慢慢朝关闭方向（但不是全关）转动球阀（3），逐渐限制液压泵吸油管的流量，并造成真空压力表的读数增加。
- g. 当真空压力表指示出高真空度（高于液压泵制造商的技术规格规定的极限值）时，液压泵将发出持续的高音调啸叫和像碎石般的爆炸声，这表示液压泵发生了气穴现象。
- h. 再把球阀（3）转回到全开位置，并关停动力源电动机。
- i. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

练习 1 问题

1. 叙述液压泵发生气穴时所产生的噪声。
2. 在气穴发生期间，真空压力表的读数是升高还是降低？
3. 列出在工业液压系统中产生气穴的四种可能的原因：
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
4. 定义气穴
5. 对于存在气穴现象的液压系统，请列出进行故障诊断和排除的各种技术措施。

实验练习 2 混入的空气（空气混入现象）

I. 说明：本实验练习的目的是说明液压油液中混入空气或其它气体的现象。混入的空气（以气泡的形式）是以一种不溶解状态存在于液体中的空气，如果液压泵吸入带有混入空气的油液，气泡将会干涉润滑，损坏液压泵。但是因为混入的空气与液体的汽化压力没有关系，所以被认为是假气穴，(参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 5 章)。

II. 装拆元件：无

III. 步骤：

- a. 参见安全检查表（第 2 页）。
- b. 参见液压动力源回路图（第 4 页）。在开始进行练习试验前，应确认液压泵吸油口球阀（3）完全打开。
- c. 按照指导教师的指导，起动液压动力源电机。
- d. 按照指导教师的指导，调整溢流阀至 500 psi (34.5 bar)。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- e. 观察真空压力表（28），它显示的是大气压力和接近液压泵进口的压力表接点之间的压差，该指示值表明，将油液从油箱推进到液压泵进口测压点处需要多高的压力。
- f. 在真空压力表管路中，在真空压力表（28）的右侧有一个针阀（29），用以调节空气的混入。在液压泵运行时，利用球阀（3）调节吸口处的真空度至 10 in.Hg，然后打开针阀（29），使少量空气进入液压泵的吸油管。
- g. 随着空气的混入，液压泵将发出一种不规则的爆裂噪声，并观测真空压力表（28）的显示情况。
- h. 完全关闭空气混入针阀（29），并关停动力源电动机。
- i. 将所有元件的设定值返回到它们的初始设定值。
- j. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

练习 2 问题

1. 解释混入空气和气穴之间的差别。
2. 当系统有空气混入时，真空压力表的读数是升高还是降低？为什么？
3. 请说明混入空气的某些原因。

实验练习 3 最高溢流压力

- I. **说明：**本实验练习的内容是设定培训试验台达到的最高压力。定量泵所产生的压力用于克服一切阻力来推动它的流量，如果没有压力控制阀，则对系统压力的限制只能是使最薄弱的元件爆破或使原动机失效的压力，溢流阀的作用就是为了防止这种灾难性的故障。常闭的压力控制阀，通称为溢流阀，安装在动力源上，便能调整系统的限制压力到所要求的压力级，该压力应低于所有元件的额定工作压力。(参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 2 章)。
- II. **装拆元件：**无
- III. **步骤：**
 - a. 参见安全检查表（第 2 页）。
 - b. 参见液压动力源回路图（第 4 页）。在开始进行练习试验前，应确认液压泵吸油口球阀（3）完全打开，并按照指导教师的指导，起动液压动力源电机。
 - c. 观察系统压力表（6），该压力表指示的是液压泵产生的压力，用于推动它的流量通过溢流阀。
 - d. 调节动力源上的溢流阀(5)，使压力表（6）指示出指导教师规定的压力，不得超过 500 psi (34.5 bar)。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- e. 关停动力源电动机。
- f. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

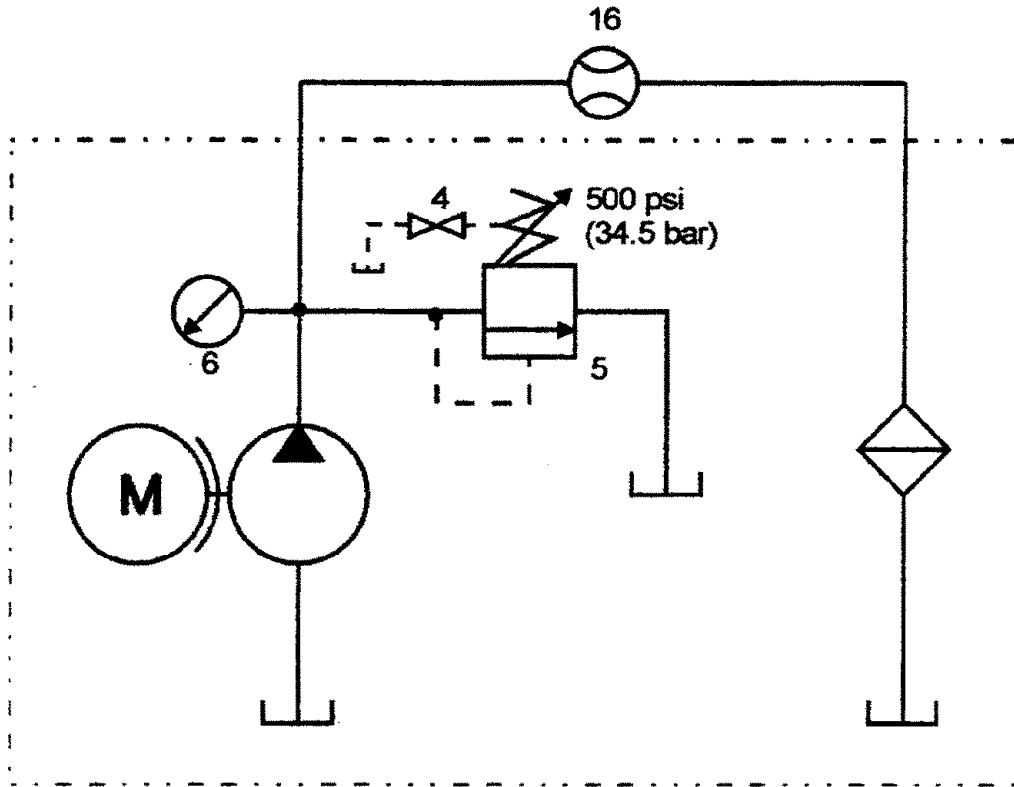
练习 3 问题

1. 对于没有溢流阀的系统，是什么限制系统的压力？
2. 溢流阀的功能是什么？
3. 溢流阀是常开型阀还是常闭型阀？
4. 当溢流阀设定在其最低压力点时，有多少泵的流量通过溢流阀？而当溢流阀设定在 500psi 时，又有多少泵的流量通过溢流阀？
5. 为什么液压系统通常要在低压下起动？

实验练习 4 液压泵的流量

- I. 说明：本实验练习的内容是确定培训试验台上的液压泵所产生的流量。定量液压泵将向系统提供恒定的流量，压力不会影响其排量，仅影响其内泄漏量。泵输出给培训试验台的流量（gpm 或 L/min）可用培训试验台上的流量计（16）来测量,(参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 2 章)。
- II. 装拆元件：软管
- III. 步骤：
 - a. 参见安全检查表（第 2 页）。
 - b. 参见第 14 页上的实验回路图，在动力源上的电动机处于关闭的状态下，从接管排（27）上的任意一个压力口连接一根软管至流量计（16）的进口。
 - c. 从流量计（16）的出口连接一根软管至接管排（27）上的任一回油口。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 观察并记录流量计（16）和压力表（6）的指示值，此时流量计的读数指示出液压泵在空载条件下的输出流量。
 - g. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar)，并应注意不要超过 **500 psi (34.5 bar)**。
 - h. 观察和记录流量计（16）和压力表（6）的指示值，此时流量计的读数指示出液压泵在最高压力设定值下的输出流量。
 - i. 关停动力源电动机。
 - j. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
 - k. 拆卸回路，并将元件放回原位。

练习 4 实验回路图



练习 4 问题

1. 流量计测量的是什麼？
2. 在 0 压力设定值下，泵输送多少流量（单位：gpm 或 L/min）？
3. 在 500 psi (34.5 bar) 压力设定值下，泵输送多少流量（单位：gpm 或 L/min）？
4. 在 2 种工况下使泵的流量通过流量计回路造成的压力是多少？

实验练习 5 标准回路

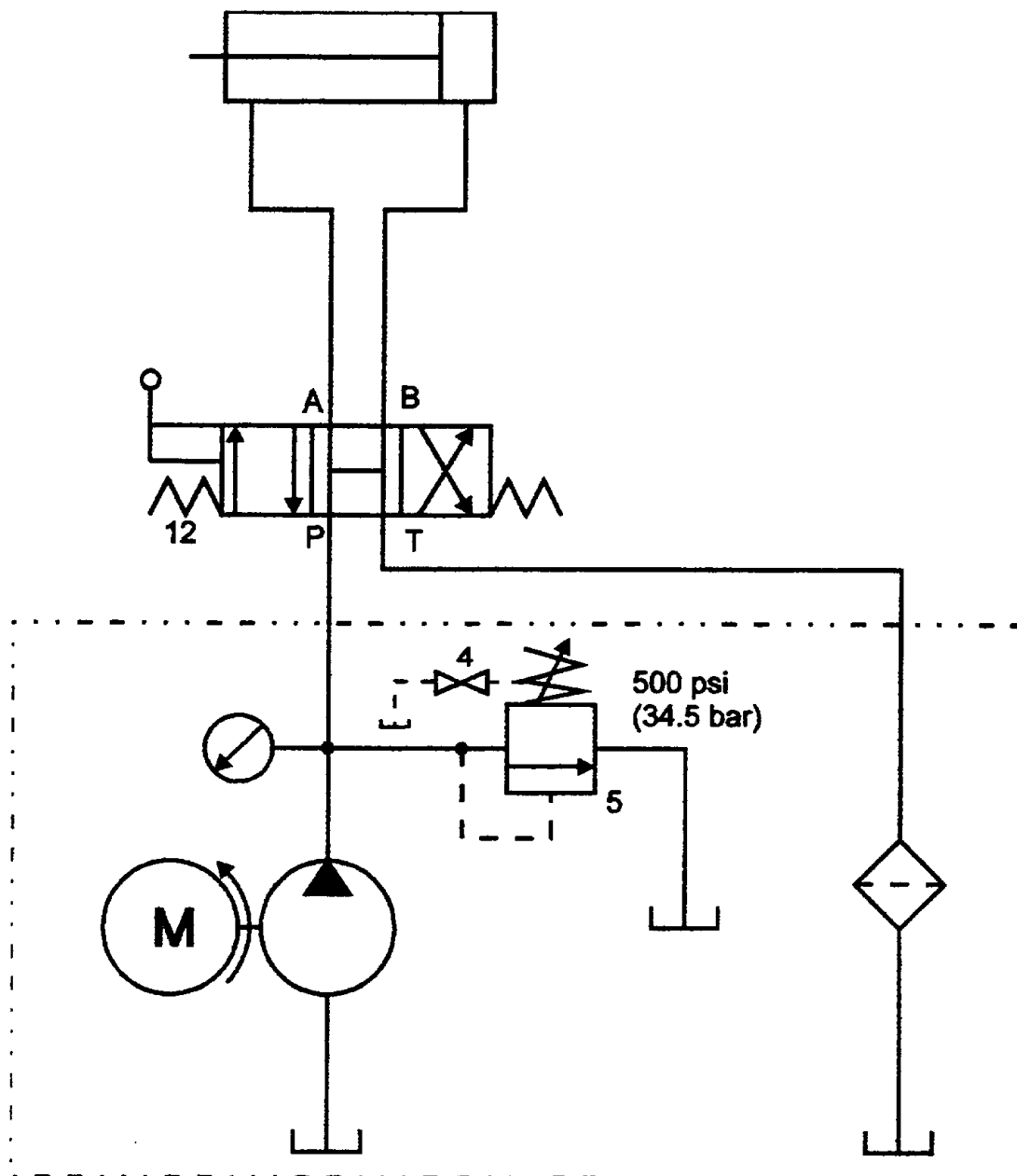
- I. 说明：本实验练习的内容是要求学员建立一个标准回路，该回路使用“H”型中位机能的方向控制阀，完成对水平放置的双作用液压缸活塞杆的伸出和缩回操纵，(参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 7 章)。
- II. 装拆元件：软管和三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见安全检查表（第 2 页）。
 - b. 参见第 16 页上的实验回路图，用一根软管将方向阀（12）的“P”口与接管排（27）上的任一压力口连接，方向阀的“T”口与接管排上的任一回油口连接。
 - c. 用软管将方向阀（12）的“A”口连接至液压缸（22）的无杆腔油口，方向阀的“B”口连接至液压缸（22）的有杆腔油口。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar)，并应注意不要超过 500 psi (34.5 bar)。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- g. 方向控制阀（12）换向，使液压缸的活塞杆伸出和缩回。
- h. 尝试在行程中间位置将液压缸停止。
- i. 把溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。
- j. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- k. 拆卸回路，并且把软管和三通接头放回到原位。

练习 5 实验回路图



练习 5 问题

1. 方向控制阀的功能是什麼？
2. 你把溢流阀压力设定为 500 psi (34.5 bar) 有困难吗？如果有，为什么？
3. 当液压缸处于在行程中间时使方向阀回到中位，你观测到什麼现象？解释这其中的原因。

实验练习6 液压缸缓冲

- I. **说明：**本实验练习的目的是说明液压缸缓冲对于液压缸减速的作用。为了保护液压缸避免过度冲击，液压缸可带有缓冲装置，缓冲装置在活塞杆到达其行程末端前降低活塞的运动速度，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 8 章）。可在液压缸的两端或其中一端配置缓冲装置。
- II. **装拆元件及工具：**软管、三通接头和 1/8” 内六角扳手（培训试验台不提供扳手）
- III. **步骤：**
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 培训试验台上水平放置的液压缸（22）的无杆腔端带有缓冲装置。
 - c. 用水平液压缸（22）构成练习 5 要求的标准回路。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi（34.5 bar），并应注意不要超过 500 psi（34.5 bar）。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- g. 用 1/8” 内六角扳手调整水平液压缸(22) 无杆腔端的缓冲装置，并观测在活塞杆缩回时缓冲装置的减速作用。
注意！ 应按液压缸制造商的技术规格，并针对现有的负载调整缓冲装置。
- h. 保持活塞杆处于缩回状态。
- i. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。
- j. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- k. 拆卸回路，并将各元件及工具放回原处。

练习 6 问题

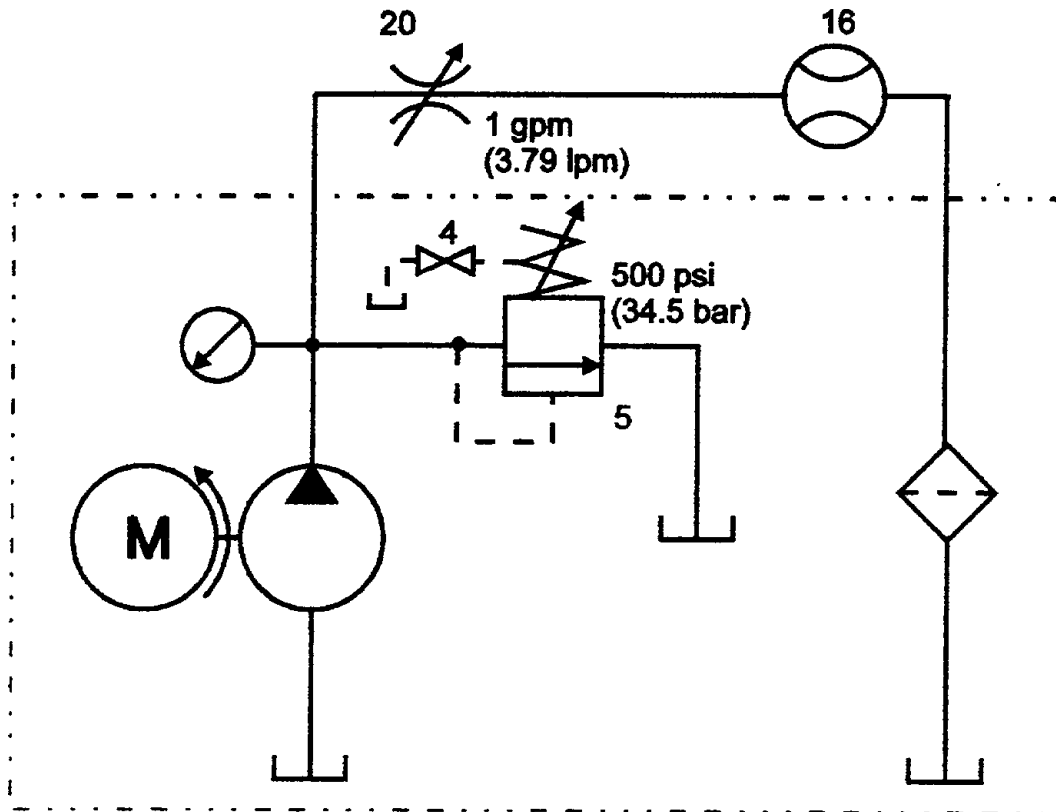
1. 液压缸上为什么要安装缓冲装置?

2. 说明如何调整液压缸的缓冲?

实验练习 7 用流量控制阀设定流量

- I. **说明：**本实验练习的目的是使学员了解针阀或流量控制阀的流量调节功能。针阀或流量控制阀的本质上的功能是在流量通道上设置一个节流，从而减少液压泵在该回路支路中的流量，溢流阀将配合这个小于流道常规尺寸的节流口进行工作，分流液压泵的部分流量。通过调节针阀开口的大小，可改变该回路中的流量，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 7 章及第 9 章）。
- II. **装拆元件：**软管
- III. **步骤：**
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参见第 21 页上的实验回路图，用一根软管将针阀(20) 或流量控制阀(23) 的进口与接管排(27) 上的任一压力口连接，（如果使用流量控制阀，应确认软管连接至流量控制阀的内置单向阀的反向油口）。
 - c. 用软管将针阀(20) 或流量控制阀(23) 的出口连接至流量计(16) 的进口。
 - d. 用软管将流量计(16) 的出口连接至接管排上的任一回油口。
 - e. 检查回路连接应无误，按照说明起动液压动力源电动机，并按实验指导教师的要求设定溢流阀。
 - f. 调节针阀(20) 或流量控制阀(23) 至流量计显示的流量为 1 gpm (4 L/min)。
 - g. 关停动力源电动机，不要弄乱针阀或流量控制阀的设定值。
 - h. 拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
 - i. 拆卸回路，并把软管放回原处。

练习 7 实验回路图



练习 7 问题

1. 比较不同的流量控制阀之间的优缺点，尽可能多地列出。
2. 影响流经流量控制阀的流量的三要素是什么？

实验练习 8 液压缸泄漏试验

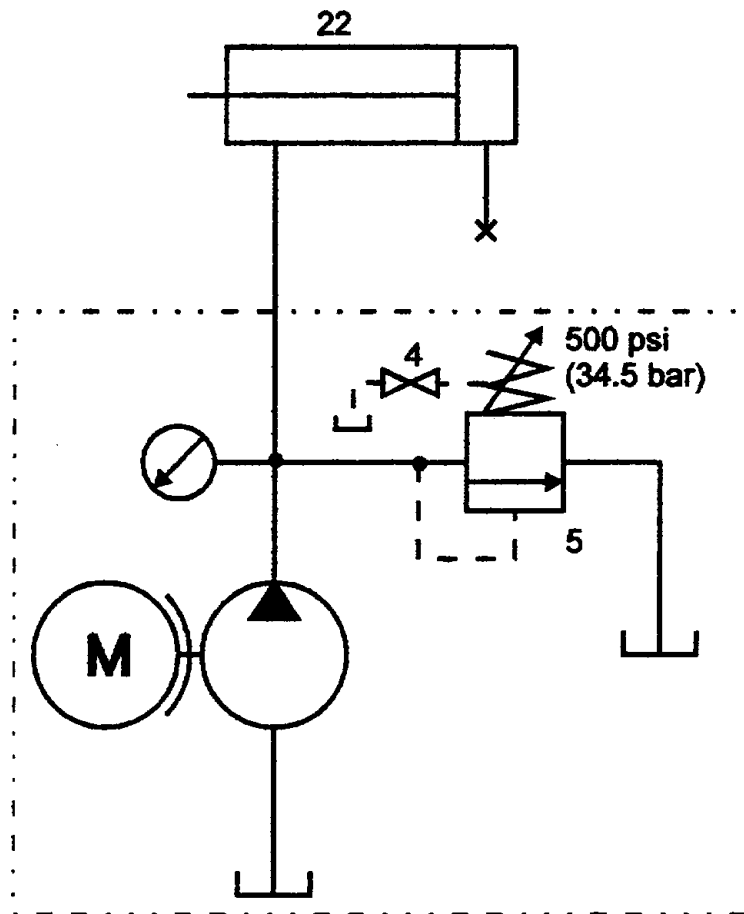
- I. 说明：本实验练习的内容是确定液压缸的密封件是否有明显的泄漏通过, (参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版, 第 8 章)。
- II. 装拆元件：软管
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页的安全检查表。
 - b. 参见第 23 页上的实验回路图, 用软管将接管排 (27) 上的任一压力口连接至液压缸 (22) 的有杆腔油口, 并将无杆腔的油口封堵。
 - c. 开始试验前, 确认活塞杆处于完全缩回的状态。
 - d. 检查回路连接应无误, 将溢流阀 (5) 完全退出, “打开” 溢流阀释压球阀 (4) (手柄处于水平位置), 使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机, 并慢慢关闭释压球阀 (4)。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下, 调节溢流阀 (5), 设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar), 应将溢流阀退回至最低压力, 然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar), 否则会造成电机堵转, 电气线路跳闸。

- g. 将溢流阀 (5) 退回至最低压力, 然后关停动力源电动机。
- h. 在拆卸实验回路之前, 请学员回答本练习的问题。
- i. 拆卸回路, 并把软管放回原处。

练习 8 实验回路图



练习 8 问题

1. 为什么在进行本项试验之前要使液压缸的活塞杆完全缩回?
2. 液压缸一直在移动吗?
3. 如果液压缸的活塞密封泄漏, 活塞杆应当怎样移动, 伸出还是缩回? 泄漏的油液到哪里去了?
4. 你能够使用这种方法来检查通过活塞密封件的泄漏量吗?

实验练习 9 差动回路

I. 说明：本实验练习的内容是要求把液压缸连接成差动回路。液压泵的流量和压力连接到单活塞杆双作用液压缸的两侧，活塞的两侧承受相同的压力，由于作用力的不平衡使活塞杆伸出，从有杆腔排出的流量叠加到液压泵的流量中，并输入进液压缸的无杆腔，加快了活塞杆伸出的速度。若差动回路使用 2:1 面积比的液压缸时，活塞杆伸出和缩回的速度将近似相等，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 8 章）

II. 装拆元件：软管

III. 步骤：

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 参见下一页上的实验回路图，用一根软管将方向阀（14）的“P”口与接管排（27）上的任一压力口连接，方向阀的“T”口与接管排上的任一回油口连接。

c. 用软管将方向阀（14）的“A”口连接至液压缸（22）的无杆腔油口，液压缸的有杆腔油口连接至接管排（27）上的另一压力口。

d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar)，[如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

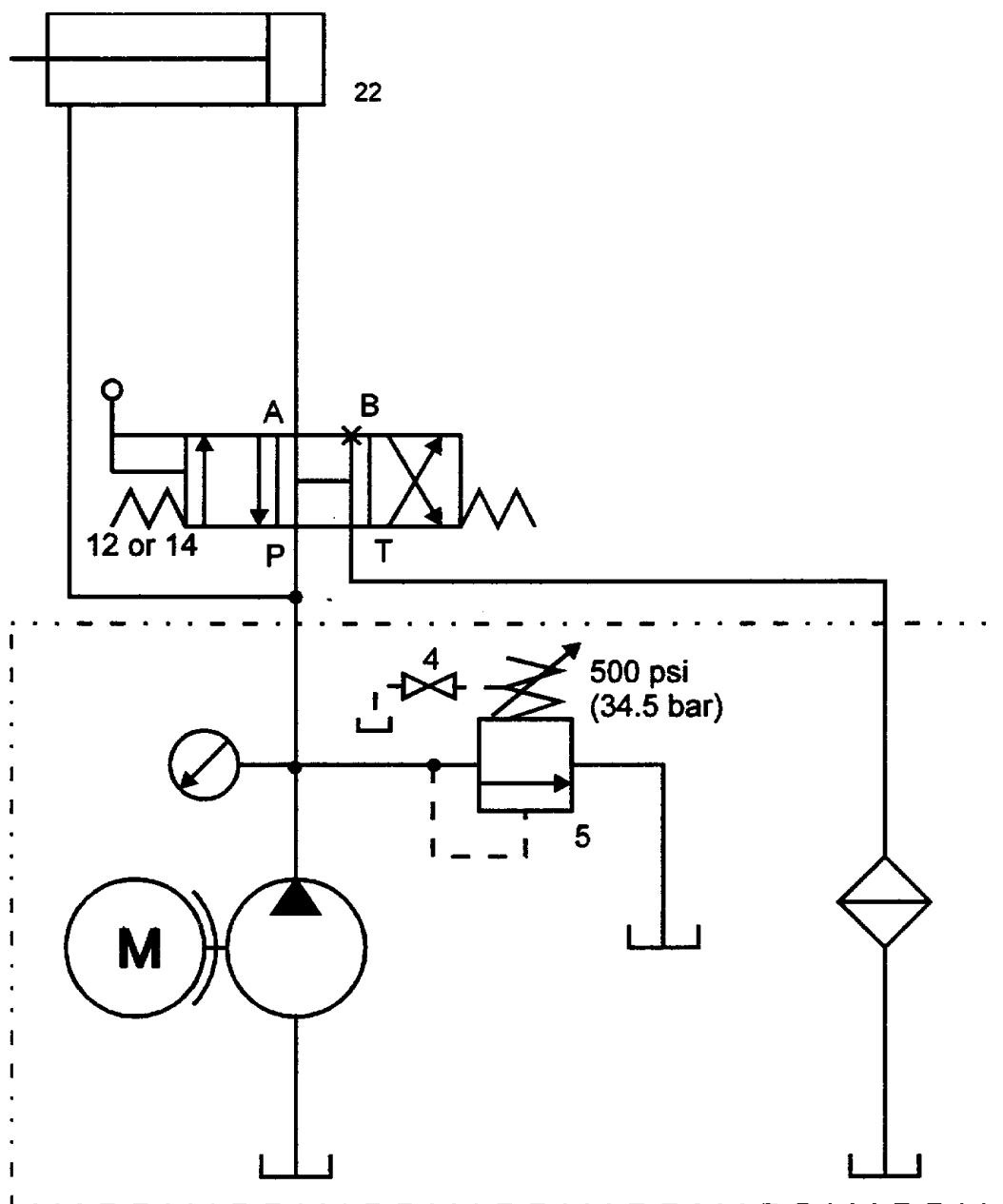
g. 方向控制阀（14）换向，活塞杆应以接近相同的速度伸出和缩回。（注：水平缸的面积比并不是精确的 2:1。）

h. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。

i. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

j. 拆卸回路，并把软管放回原处。

练习 9 实验回路图



练习9 问题

1. 定义差动回路，说明为什么要使用这种回路？
2. 在差动过程中，液压缸的输出力如何？
3. 计算差动回路活塞杆伸出速度时，使用什么公式？
4. 差动工况下，系统的工作压力是多少？
5. 使用差动回路时，液压泵的所有流量都通往液压缸？你是如何知道的？
6. 在规格适当的差动回路中（溢流阀中没有流量通过），如果活塞杆直径减小，回路速度是提高还是降低？

实验练习 10 方向阀不流过全流量的差动回路

I. 说明：本实验练习的目的是了解另一种形式的差动回路。对于差动回路，液压泵的流量和压力连接到一个单活塞杆双作用液压缸的两侧，活塞的两侧承受相同的压力，由于作用力的不平衡使活塞杆伸出，从有杆腔排出的流量叠加到液压泵的流量中，输入进液压缸的无杆腔，加快了活塞杆伸出的速度。差动回路使用 2:1 面积比的液压缸时，活塞杆伸出和缩回的速度将近似相等，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 6 章）。

II. 装拆元件：软管和三通接头

III. 步骤：

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 按照下一页的实验回路图，连接构建一个使用两个方向控制阀（12）和（14）的差动回路，参见第 26 页的差动回路和水平液压缸（22）。

c. 用软管连接接管排（27）上的任一压力口和方向阀（14）的“P”口。

d. 将方向控制阀（14）的“A”口连接至方向控制阀（12）的“B”口。

e. 连接方向控制阀（12）的压力口“P”至液压缸（22）的有杆腔油口。在该液压缸的无杆腔油口连接一个三通接头，用软管将三通的一头连接至方向控制阀（12）的油口“A”，另一头连接至方向控制阀（14）的油口“B”。再将两方向控制阀的回油口“T”连接至接管排（27）上的回油口。

f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

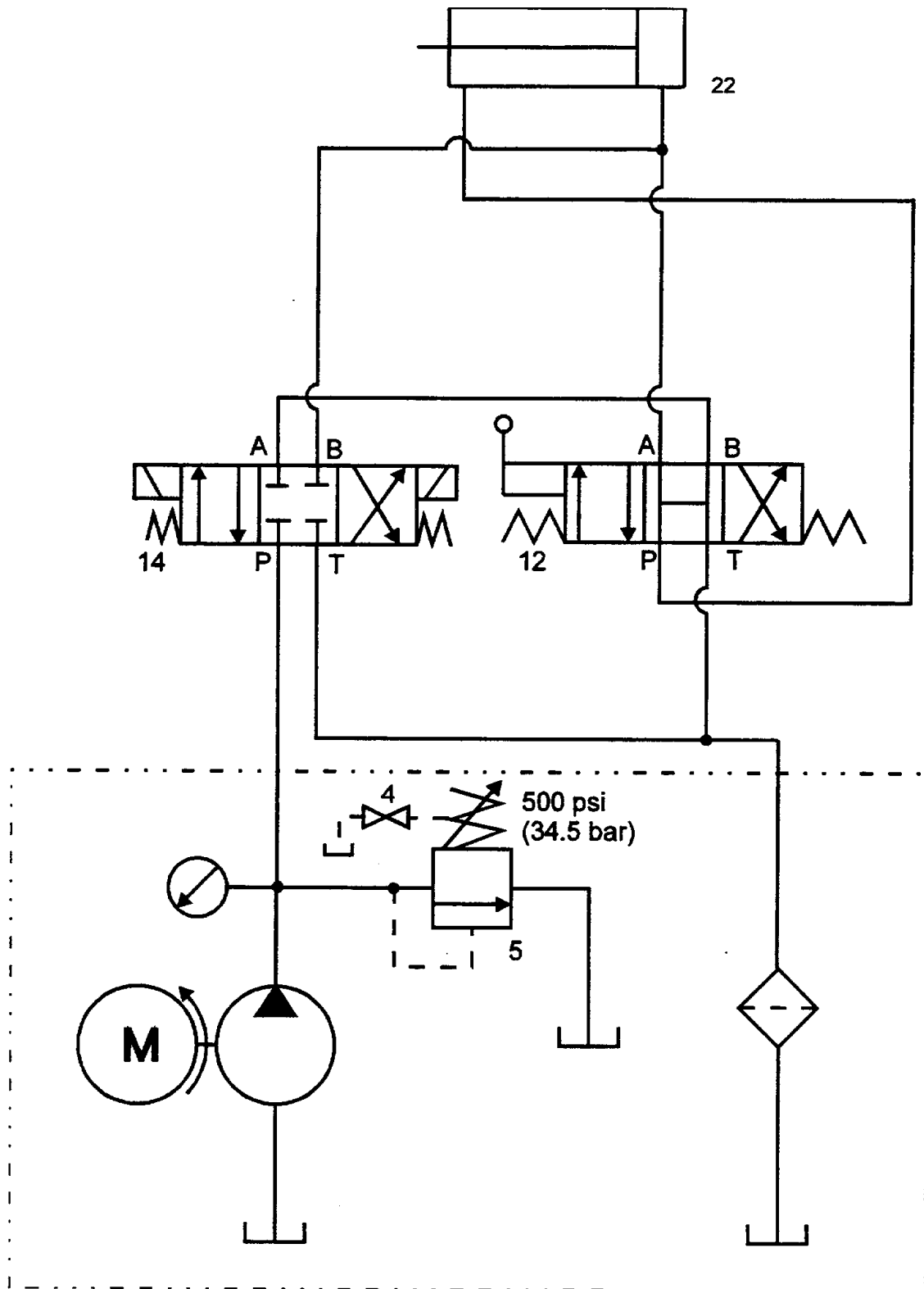
i. 两方向控制阀（12 及 14）换向，液压缸（22）活塞杆应以接近相同的速度伸出和缩回。（注：水平缸的面积比并不是精确的 2:1。）

j. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。

k. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

l. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 10 实验回路图



练习 10 问题

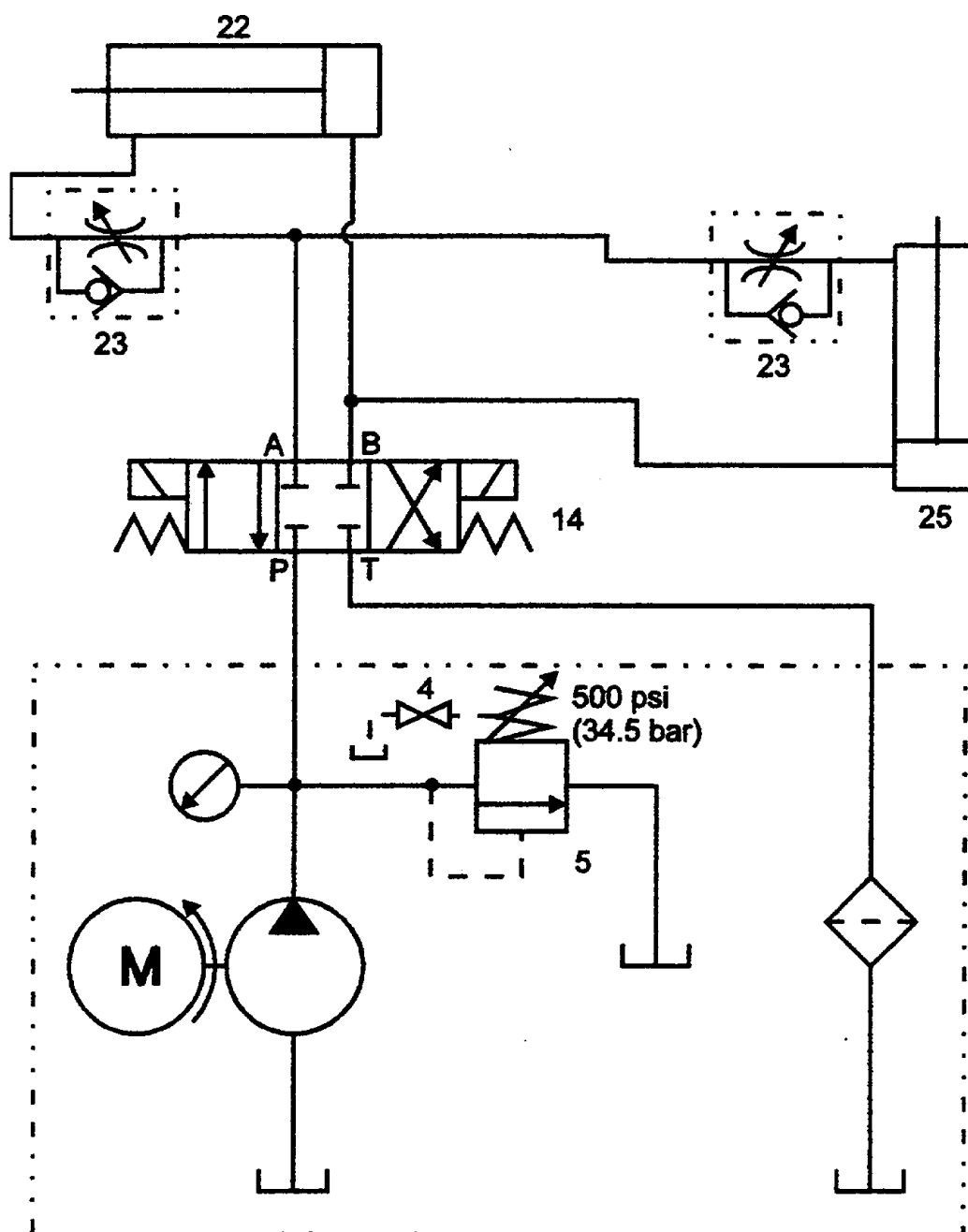
1. 需要何种阀位来实现差动？需要何种阀位使液压缸的活塞杆缩回？
2. 这种差动回路的优点是什么？
3. 再画出一个回路原理图，改变一个方向控制阀，使液压缸的活塞杆伸出时有可采用或不采用差动。

实验练习 11 活塞杆伸出同步

- I. 说明：本实验练习要求学员构建一个回路，能使垂直和水平两液压缸的活塞杆同步伸出，至达到完全伸出为止，虽然两液压缸的长度不同。本练习介绍了一种简单的同步回路，当要求两液压缸在带有负载的情况下保持均匀运动时，应使用同步回路，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 8 章）。
 - II. 装拆元件：软管和三通接头
 - III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页的实验回路图，用软管将接管排（27）上的任一压力油口连接至方向控制阀（12 或 14）的压力口“P”，再将方向控制阀的“A”口通过三通接头与两个带旁通单向阀的流量控制阀（23）出口连接。
 - c. 将一台流量控制阀（23）的进油口连接至液压缸（22）的有杆腔，另一个流量控制阀（23）的进油口连接至液压缸（25）的有杆腔腔。用三通接头连接两缸的无杆腔至方向控制阀（12 或 14）的“B”口，方向控制阀（12 或 14）的回油口“T”则连接至接管排（27）上的任一回油口。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]
- 

警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。
- g. 将方向控制阀换向，两液压缸的活塞杆将同时伸出。（注：调节流量控制阀，可使两液压缸伸出动作同步，活塞杆缩回时不能同步。）
 - h. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。
 - i. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
 - j. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 11 实验回路图



练习 11 问题

1. 该回路能只用 1 台流量控制阀工作吗？为什么？
2. 如果油温变化，这个回路还能保持同步吗？如果负载改变呢？系统压力改变呢？
3. 你能推荐这个方法用于 4 缸同步吗？8 缸呢？
4. 什么样的应用实例适用于该回路？
5. 什么样的应用实例不能考虑采用该回路？

实验练习 12 不带流量控制的双向同步

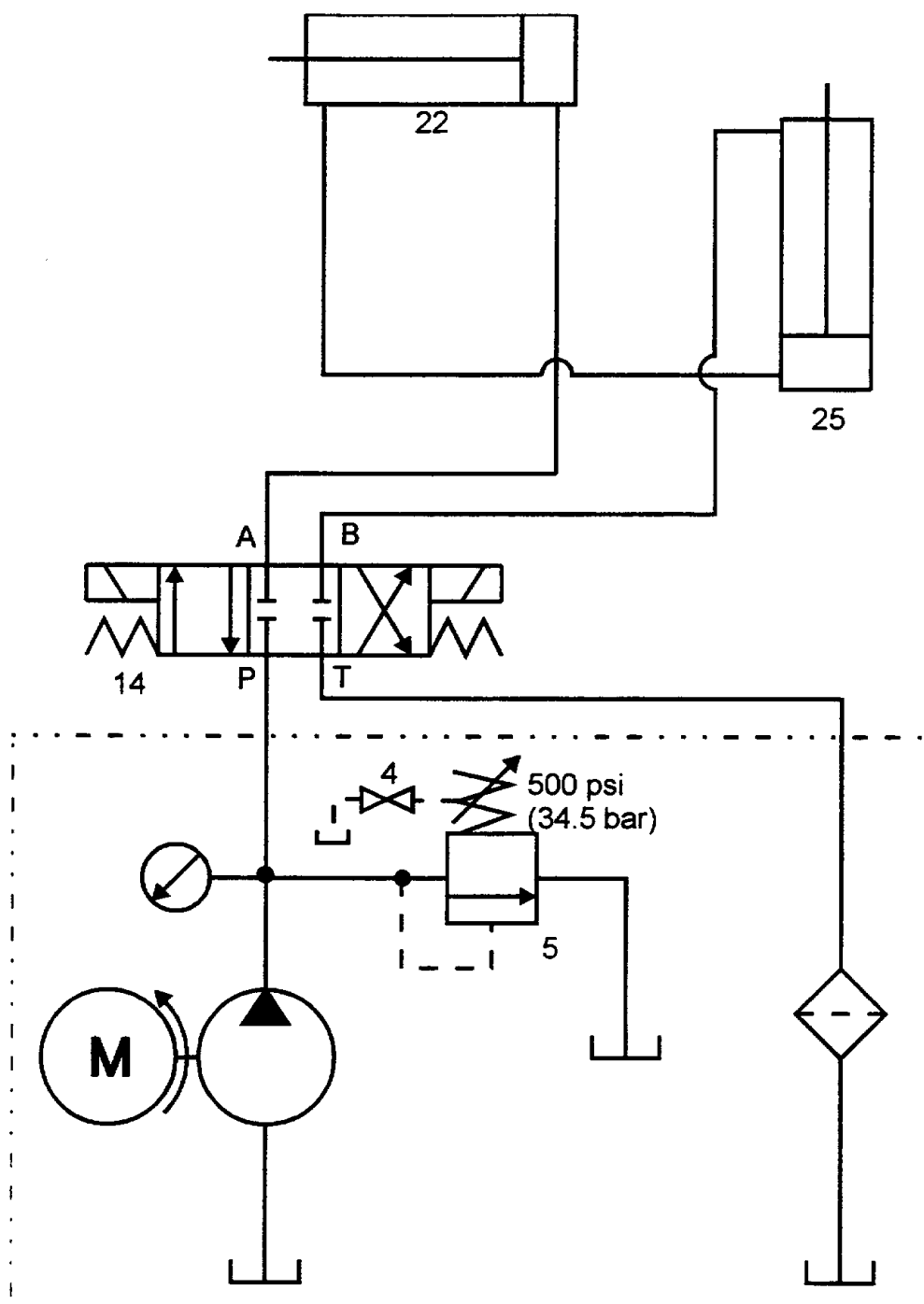
- I. 说明：本实验练习要求学员构建一个回路，能使两液压缸的活塞杆同时达到完全伸出和完全缩回。同步控制通常用于要求两液压缸在相同的时候必须处于相同的位置，并以相同的速度运动的工况，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 8 章）。
- II. 装拆元件：软管和三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页的实验回路图，用软管将接管排（27）上的任一压力油口连接至方向控制阀（14）的压力口“P”，再将方向控制阀的“A”口连接至液压缸（22）的无杆腔油口。
 - c. 将液压缸（22）的有杆腔与液压缸（25）的无杆腔连接，并将液压缸（25）的有杆腔连接至方向控制阀的“B”口，而方向控制阀的“T”口则连接至接管排（27）上的一个回油口。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- a. 将方向控制阀换向，两液压缸的活塞杆将同时伸出和缩回。（注：两液压缸的面积比并不是精确的 2:1，同步会有差异。）
- b. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。
- c. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- d. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 12 实验回路图



练习 12 问题

1. 就输出力、起步和调节而言，这个回路有些什麼缺点？
2. 如果油温变化该回路能同步吗？负载变化呢？系统压力变化呢？
3. 你能推荐这个方法用于 4 缸同步吗？8 缸呢？

实验练习 13 测量液压缸的流量

I. **说明：**本实验练习要求学员构建一个标准回路，该回路采用方向控制阀控制水平双作用液压缸活塞杆的伸出和缩回，藉以测量进、出液压缸两端的流量，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 8 章）。

II. **装拆元件：**软管和三通接头

III. **步骤：**

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 参见下一页的实验回路图。

c. 用软管将接管排（27）上的任一压力油口连接至压力表（17），并将接管排（27）上的另一压力油口连接至方向控制阀（14）的压力口“P”。

d. 连接方向控制阀的回油口“T”至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至接管排（27）上的任一回油口。

e. 连接液压缸（22）的无杆腔至方向控制阀的“A”口，液压缸（22）的有杆腔则连接至方向控制阀的“B”口，回路连接完成。

f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

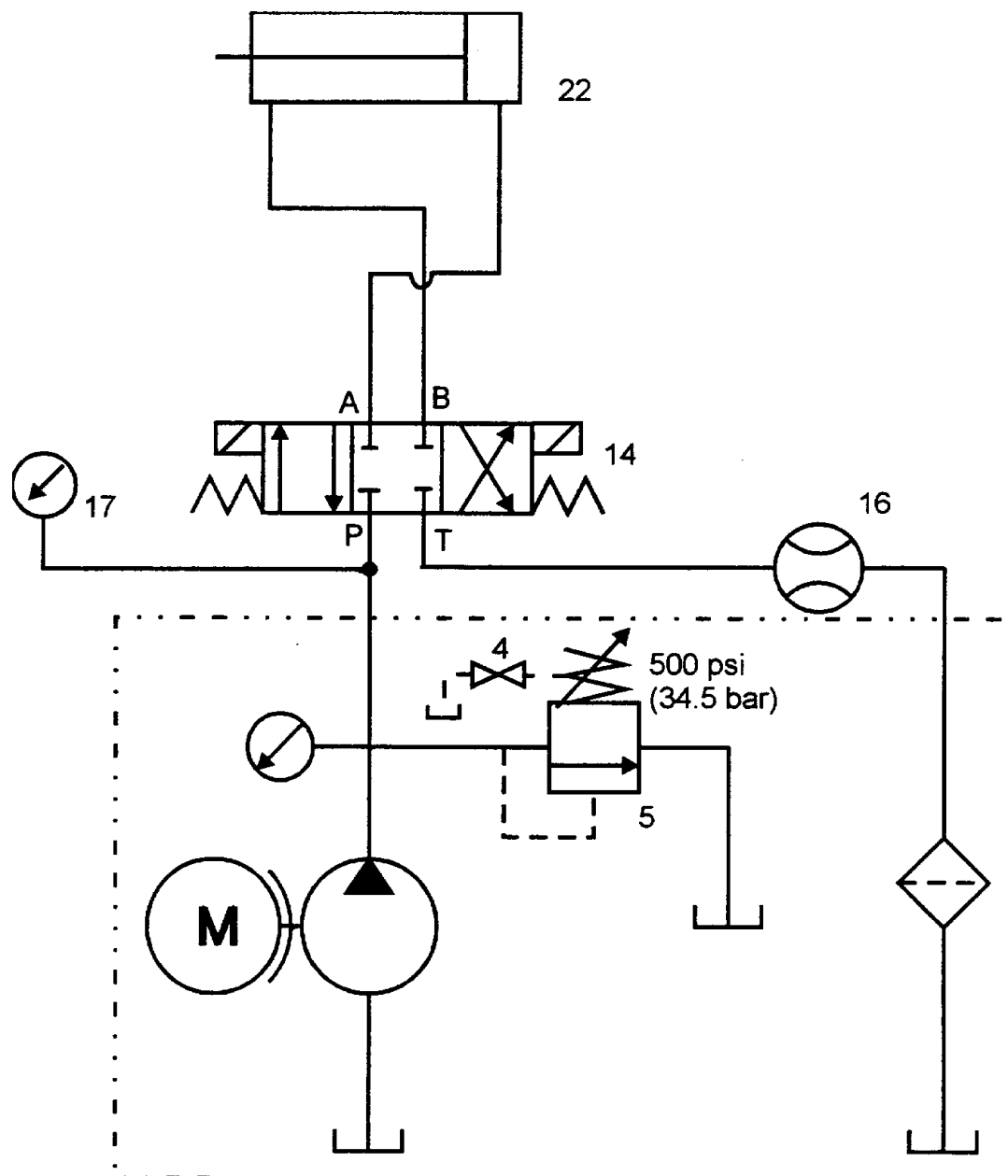
g. 方向控制阀换向，液压缸的活塞杆伸出和缩回，记录流量计（16）上显示的流量和压力表（17）上显示的压力。

h. 将溢流阀（5）退回至最低压力，然后关停动力源电动机。

i. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

j. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 13 实验回路图



练习 13 问题

1. 活塞杆缩回时，从无杆腔油口流出的流量是多少？它比泵的最大流量还大吗？
2. 活塞杆缩回时系统压力有多高？它比活塞杆伸出时的压力高还是低？为什么？
3. 活塞杆缩回时，液压泵的所有流量都进入液压缸了吗？你是如何知道的？
4. 活塞杆伸出时，液压泵的所有流量都进入液压缸了吗？你是如何知道的？

实验练习 14 进油节流控制

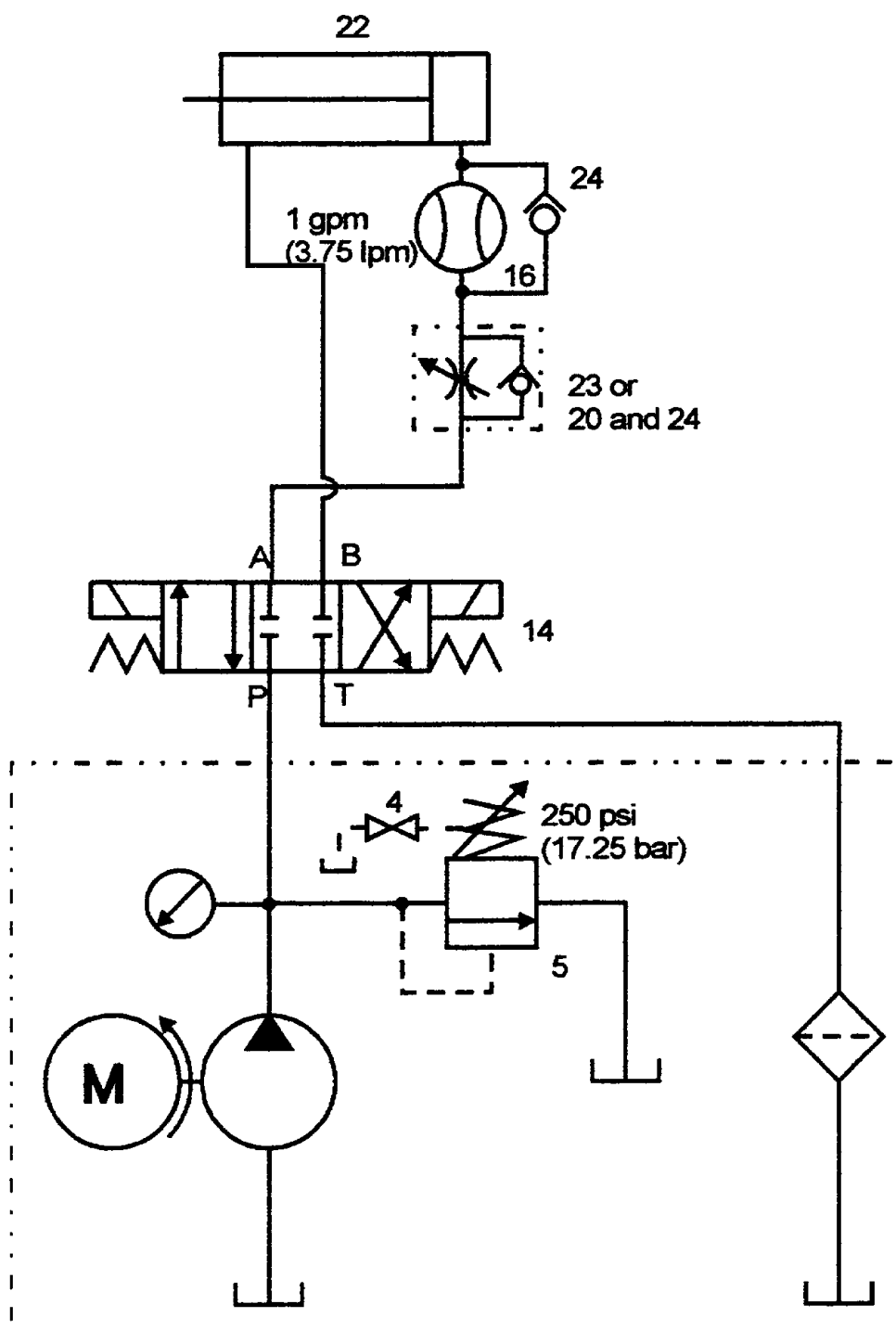
- I. 说明：本实验练习的目的是使学员们了解在液压缸的进油口设置节流来控制缸的速度的方法，这种速度控制回路称为进油节流回路。该回路要求一个旁通单向阀，用以实现液压缸反向运动时对流出的流量不节流，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 9 章）。
- II. 装拆元件：软管和三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页的实验回路图。从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的油口“P”。
 - c. 用软管将方向控制阀（14）的油口“B”连接至液压缸（22）的有杆腔，方向控制阀的油口“A”连接至流量控制阀（23）或针阀（20）的进口，（如果使用针阀，则针阀的两端必须连接三通，以便能连接旁路单向阀（24），使符合进油节流的工况。）
 - d. 在流量计（16）的进、出油口上连接三通，用软管将流量控制阀（23）或针阀（20）的出口连接至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至液压缸（22）的无杆腔油口。此外，在流量计（16）进、出油口的三通接头的另一接口上，按回路图所示的方向并接一个单向阀（24）。
 - e. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - f. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - g. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 250 psi（17bar），[如果压力达不到 250 psi（17bar），应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- h. 方向控制阀（14）换向，液压缸（22）的活塞杆伸出和缩回，记录流量计（16）上显示的流量和压力表（17）上显示的压力。
- i. 将活塞杆完全缩回，然后关停动力源电动机。
- j. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- k. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处

练习 14 实验回路图



练习 14 问题

1. 填写下表。在不同压力下的测定结果是什麼？为什麼？

压力 psi / bar	流量 gpm / L/min	伸出时间 s	缩回时间 s
250 / 17	1 / 37		
275 / 19			
300 / 21			
350 / 24			
400 / 28			
500 / 34.5			

2. 如果在回路中使用针阀（20），为何要求使用单向阀（24）？

3. 溢流阀不开启能完成液压缸的速度控制吗？

实验练习 15 回油节流控制

- I. **说明：**本实验练习的目的是使学员们了解在液压缸的出油口设置节流来控制缸的速度的方法，这种速度控制回路称为回油节流回路。该回路需要一个旁通单向阀，用以实现液压缸反向运动时对流出的流量不节流。当需要用背压来控制在运动方向上有加速趋势的负载时，应采用回油节流回路，一个简单的例子就是重量负载下降的工况，如果没有对出口流量进行节流，尽管对液压缸的进口流量进行了节流，重量负载还是会加速下降，这就是所谓的失速负载，回油节流控制回路可防止失速的发生，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 9 章）。

- II. **装拆元件：**软管和三通接头

III. **步骤：**

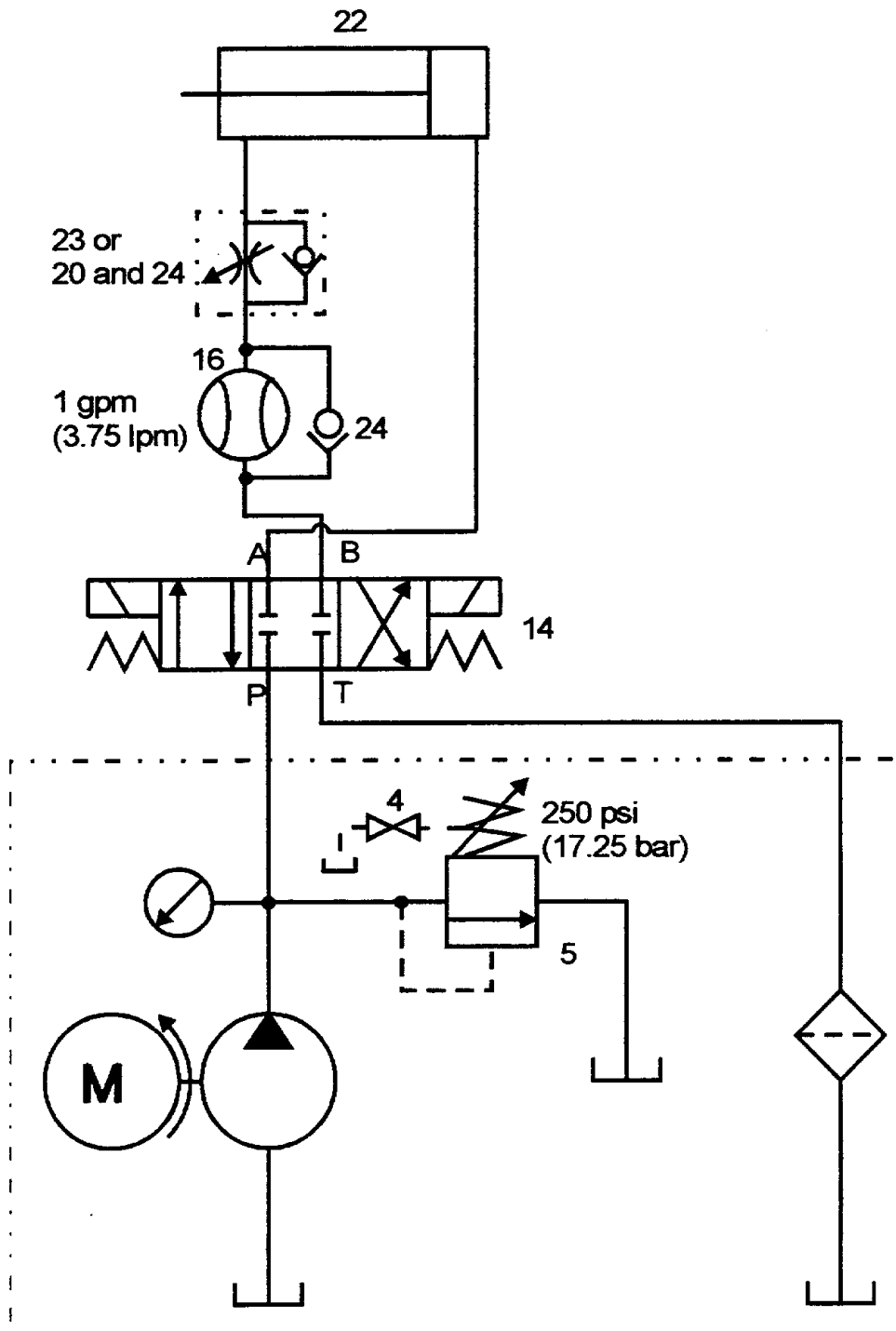
- a. 参见第 2 页上的安全检查表。
- b. 按照第 44 页的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的油口“P”，并从方向控制阀的“A”口连接一根软管至液压缸（22）的无杆腔。
- c. 在流量计（16）的进、出油口各设置一个三通接头，用软管将流量计出口三通的一个接口连接至方向控制阀（14）的“B”口。
- d. 在液压缸（22）的有杆腔油口上设置一个三通接头，从这个三通连接一根软管至流量控制阀（23）或针阀（20）的进口，（如果使用针阀，则针阀的两端必须连接三通，以便能连接旁路单向阀（24），使符合回油节流的工况。）三通的另一个接口则连接一根软管至压力表（17）中的一个。
- e. 用软管将流量控制阀（23）或针阀（20）的出口连接至流量计（16）的进口。
- f. 利用两端的三通接头，流量计必须并接单向阀（24），以旁路从方向控制阀（14）流向液压缸的流量计反向流量。
- g. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
- h. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
- i. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 250 psi (17 bar)，[如果压力达不到 250 psi (17 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- j. 在活塞杆伸出时，调节流量控制阀（24），使在 250 psi (17 bar) 压力下流过阀的流量为 1 gpm (4 L/min)。
- k. 将活塞杆完全缩回，然后关停动力源电动机。
- l. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- m. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 15 实验回路图



练习 15 问题

1. 填写下表。在不同压力下的测定结果是什么？为什么？

压力 psi / bar	流量 gpm / L/min	压力表 G2 psi / bar	伸出时间 s	缩回时间 s
250 / 17	1 / 37			
350 / 24				
500 / 34.5				

2. 在活塞杆伸出期间，位于液压缸有杆腔处的压力表（G2）上的压力指示是多少？该压力和溢流阀设定值压力表（G1）上的压力示值比较如何？如果活塞杆直径较小，在活塞杆伸出期间有杆腔处的压力是升高还是降低？

3. 这种提高活塞杆压力的原理即称之为_____。

实验练习 16 采用调速阀的回油调速控制

I. **说明：**本实验练习的目的是使学员们了解在液压缸的出油口设置一个调速阀来控制液压缸的速度的方法，这种速度控制回路称为回油调速回路。该回路需要一个旁通单向阀，用以实现液压缸反向运动时对流出的流量不节流。调速阀控回油调速回路用于需要用背压来控制在运动方向上有加速趋势的负载。简单的例子就是重量负载下降的工况，如果没有对出口流量进行控制，尽管对液压缸的进口流量进行了节流，重量负载还是会加速下降，这就是所谓的失速负载，回油调速控制回路可防止失速的发生，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 9 章）。

II. **装拆元件：**软管、三通和四通接头

III. **步骤：**

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，并从方向控制阀的“T”口连接一根软管至接管排（27）上的一个回油口。

c. 在液压缸（22）的有杆腔油口上连接一个四通，在无杆腔油口上连接一个三通。

d. 用软管将方向控制阀（14）的“A”口连接至液压缸（22）无杆腔油口处的三通，三通的另一个接口连接一个压力表（17）。

e. 在液压缸（22）有杆腔油口处的四通上连接一根软管至另一个压力表（17），该四通的另一个接口连接一根软管至调速阀（21）的进口，而该四通的第三个接口则接单向阀（24）的反向油口以封堵有杆腔的出油流量。

f. 用软管将调速阀（21）的出口连接至流量计（16）的进口。

g. 在流量计（16）的出口设置一个三通，将三通的一个接口连接至步骤“e”中使用的单向阀（24）的正向油口，而该三通的另一个接口则连接至方向控制阀（14）的“B”口。

h. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

i. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

j. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 250 psi (17 bar)，[如果压力达不到 250 psi (175 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

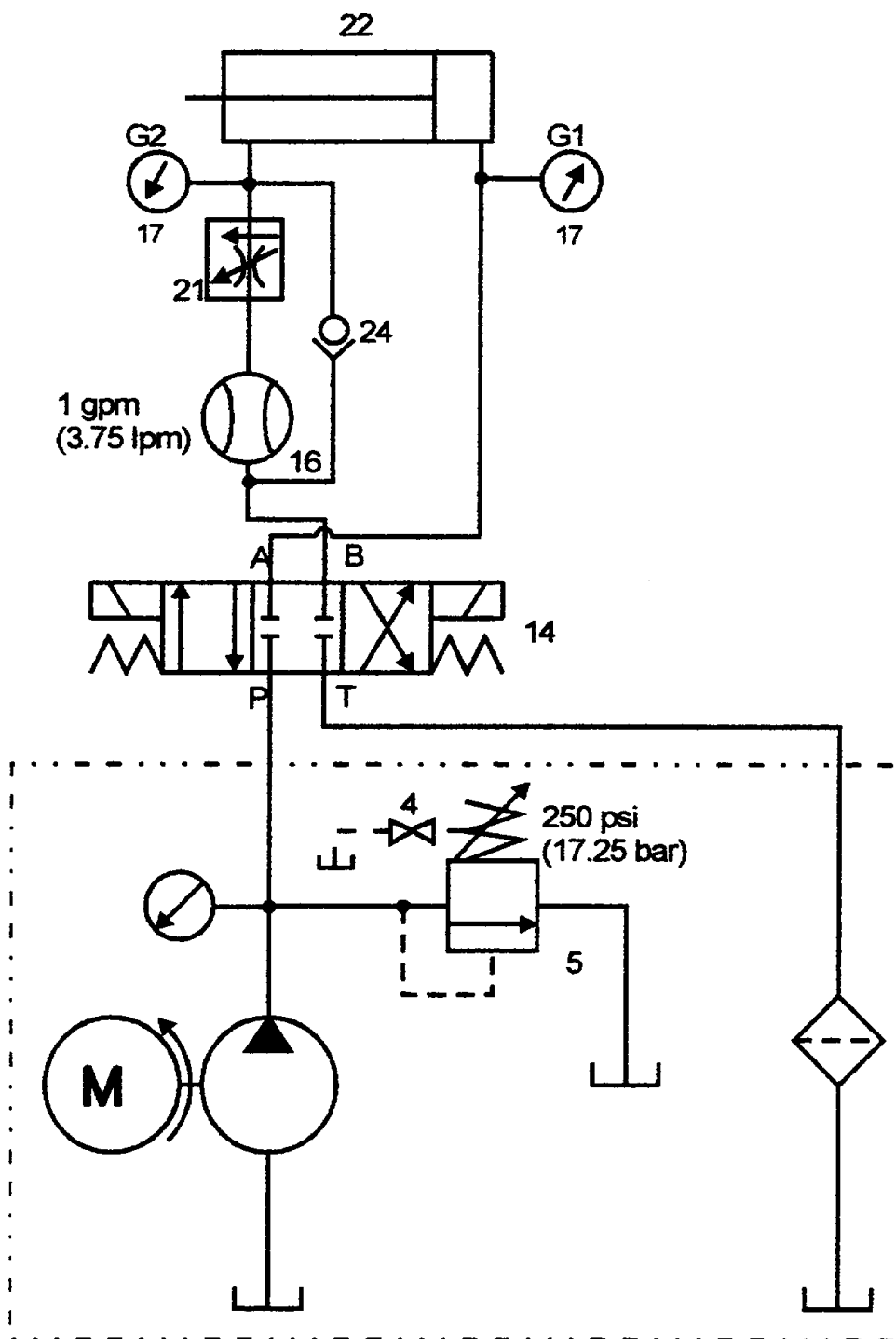
K. 在活塞杆伸出时，调节调速阀（21），使在 250 psi (17 bar) 压力下流过阀的流量为 1 gpm (4 L/min)。

L. 将活塞杆完全缩回，溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。

m. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

n. 拆卸回路，并把软管、三通和四通接头放回原处。

练习 16 实验回路图



练习 16 问题

1. 填写下表。在不同压力下的测定结果是什么？为什么？

压力 psi/bar	流量 gpm/L/min	压力表 G1 伸出压力 psi bar	压力表 G2 伸出压力 psi/bar	伸出时间 s	缩回时间 s
250 /17	1 / 37				
350 / 24					
500 / 34.5					

2. 按你的观察，在每个压力设定值下，活塞杆伸出时系统的最高压力是多少？为什么会发生这种情况？

实验练习 17 旁路节流控制，活塞杆缩回

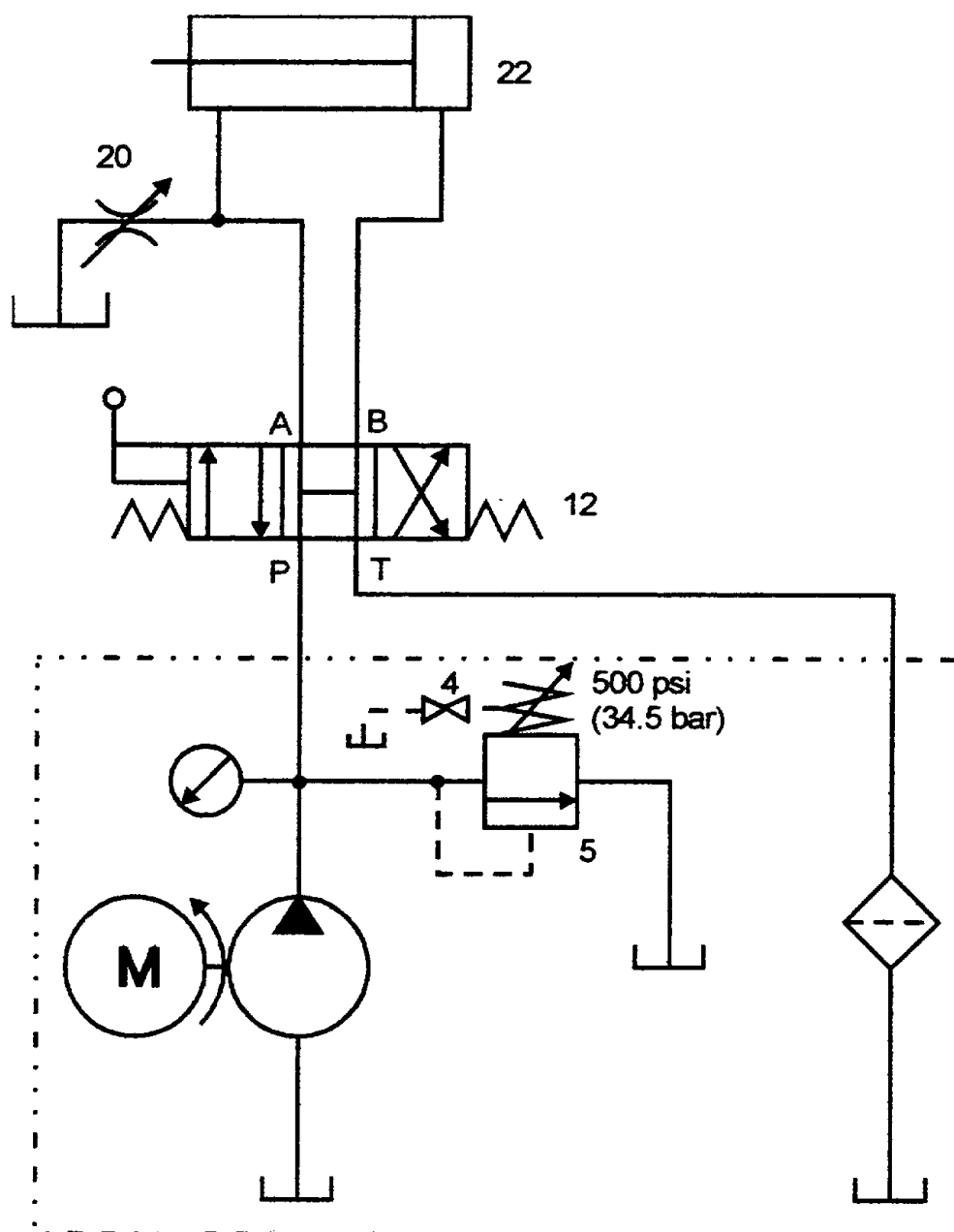
- I. 说明：本实验练习的内容为：采用针阀旁通液压泵的部分流量。在这种形式的回路中，针阀不造成对液压泵的额外节流，它是在低于溢流阀设定值的现有系统压力下，通过对液压泵的旁通回油箱的流量作节流控制来工作的。这种旁路节流回路可用在负载基本恒定且速度控制精度要求不高的应用场合，如磨床工作台、垂直提升负载等，（参考教材 0232-B1《工业液压技术》第二版，第 9 章）。
- II. 装拆元件：软管和三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（12）的压力油口“P”，并从方向控制阀的“T”口连接一根软管至接管排（27）上的一个回油口。
 - c. 在液压缸（22）的有杆腔油口处设置一个三通，从该三通的一个接口连接一根软管至方向控制阀（12）的“A”口，另一个接口则连接一根软管至针阀（20）的进口。
 - d. 用软管将针阀（20）的出口连接至接管排（27）上的一个回油口。
 - e. 用软管将方向控制阀（12）的“B”口连接至液压缸（22）的无杆腔油口。
 - f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- i. 在活塞杆缩回时，调整针阀的开启量，并观察在针阀设定值变化的情况下，活塞杆缩回情况的相应变化。
- j. 将溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- k. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- l. 拆卸回路，并把软管和三通接头放回原处。

练习 17 实验回路图



练习 17 问题

1. 旁通针阀的开启量减小，对液压缸缩回的速度产生何种影响？
2. 活塞杆缩回时液压泵的压力是多少？这个压力是如何形成的？对此与其它使用节流装置的实验回路进行比较。
3. 考虑一些可使用这类旁路节流回路的例子。

实验练习 18 旁路调速控制，双向

- I. **说明：**本实验练习的内容为：采用流量控制阀来旁通液压泵的部分流量，而不受系统中压力变化的影响。在这种形式的回路中，流量控制阀不造成对泵的额外节流，它是在低于溢流阀设定值的现有系统压力下，通过对液压泵的旁通回油箱的流量进行控制来工作的。这种旁路调速回路可用速度控制精度要求不高的应用场合，如磨床工作台、垂直提升负载等，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 9 章）。

II. 装拆元件：软管

III. 步骤：

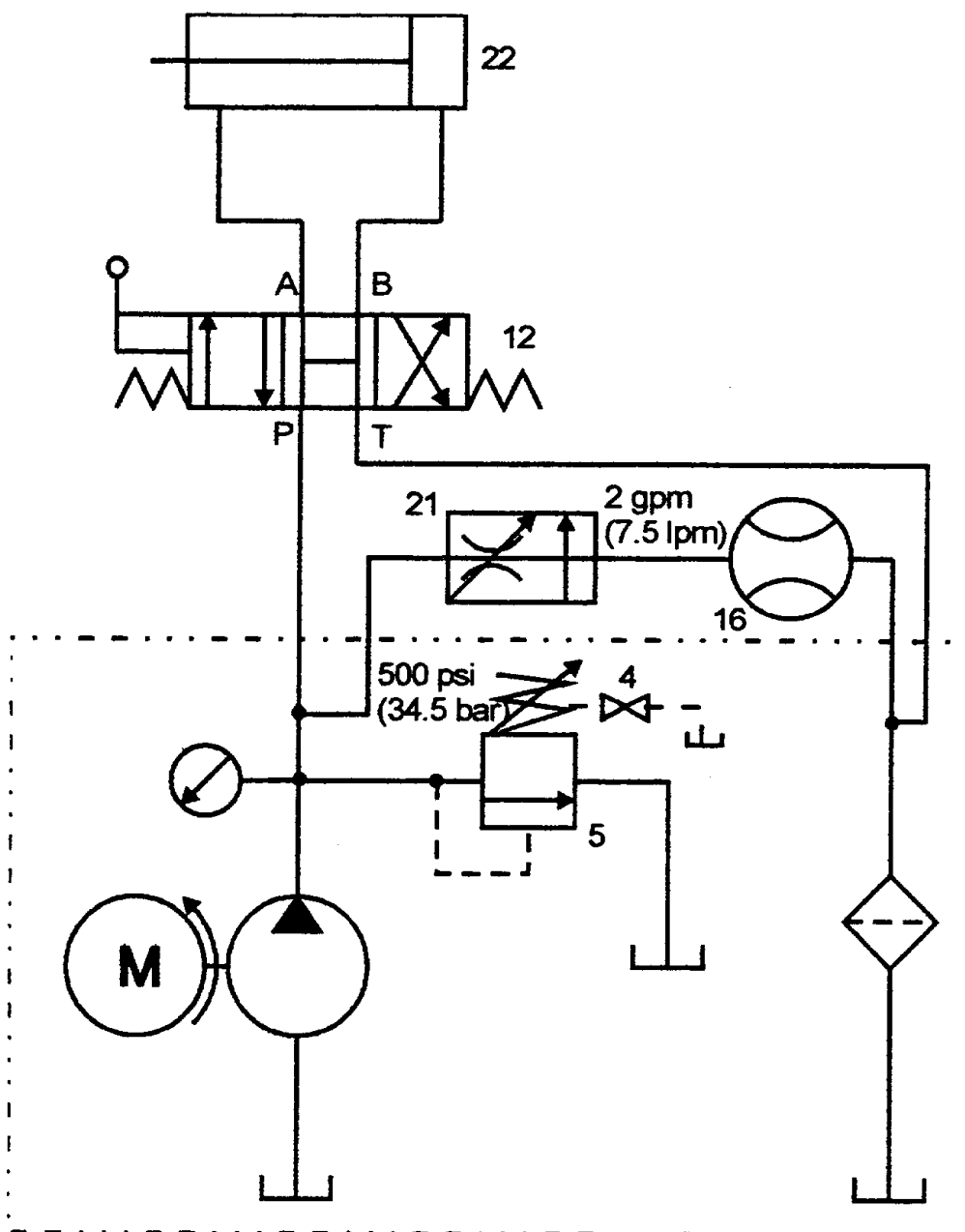
- a. 参见第 2 页上的安全检查表。
- b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（12）的压力油口“P”。
- c. 从接管排（27）上的另一个压力油口连接一根软管至调速阀（21）的进口，并用软管将流量控制阀（21）的出口连接至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至接管排上的一个回油口。
- d. 用软管将方向控制阀（12）的回油口“T”连接至接管排上的一个回油口。
- e. 用软管将方向控制阀（12）的工作油口“A”连接至液压缸（22）的有杆腔，工作油口“B”连接至液压缸（22）的无杆腔。
- f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
- g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
- h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- i. 在活塞杆缩回时，调整调速阀（21）。
- j. 将溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- k. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- l. 拆卸回路，并把软管放回原处。

练习 18 实验回路图



练习 18 问题

1. 旁路调速回路的功能是什麼？
2. 旁路调速回路的能量效率高吗？为什么？
3. 这个回路能单独控制活塞杆伸出和缩回的速度吗？
4. 对这个回路作何修改，可使旁路调速回路能对伸出和缩回速度均实现控制？用正确的图形符号画出你的修改方案，并在连接回路之前请指导教师确认你的方案。

实验练习 19 液压马达的进油节流回路

- I. **说明：**本实验练习要求学员监测在负载变化工况下液压马达的转速情况，将对采用节流阀和采用调速阀的液压马达进油节流调速回路进行比较。液压缸常用的速度控制回路有进油节流和回油节流两种，而本实验练习则专注在进油节流回路上，监测该回路在负载阻力变化时，对液压马达转速的影响。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 14 章）。
- II. **装拆元件：**软管、三通和四通接头，接触式测速电机或光学测速电机（型号为 HTU-00 的便携式液压培训试验台不提供）
- III. **步骤：**
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，并从方向控制阀的“T”口连接一根软管至接管排（27）上的一个回油口。
 - c. 用软管将方向控制阀的“A”口连接至节流阀（23）的进口，这样便将该节流阀连接成对液压马达的进口节流控制。
 - d. 用软管将节流阀（23）的出口连接至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至双向液压马达（13）的左侧油口。
 - e. 在双向马达的右侧油口安装一个四通接头，四通的一个接口连接一个压力表（17），四通的另一个接口连接至单向阀（24）的反向油口，四通的第三个接口连接至顺序阀（15）的进口，（在本实验练习中，该顺序阀作为平衡阀使用。）顺序阀的泄油口必须连接至接管排（27）上的一个泄油口。
 - f. 在顺序（平衡）阀（15）的出口安装一个三通，三通的一个接口连接至上一个步骤中使用的单向阀（24）的正向油口，三通的另一个接口则连接至方向控制阀（14）的工作油口“B”。
 - g. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - h. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - i. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



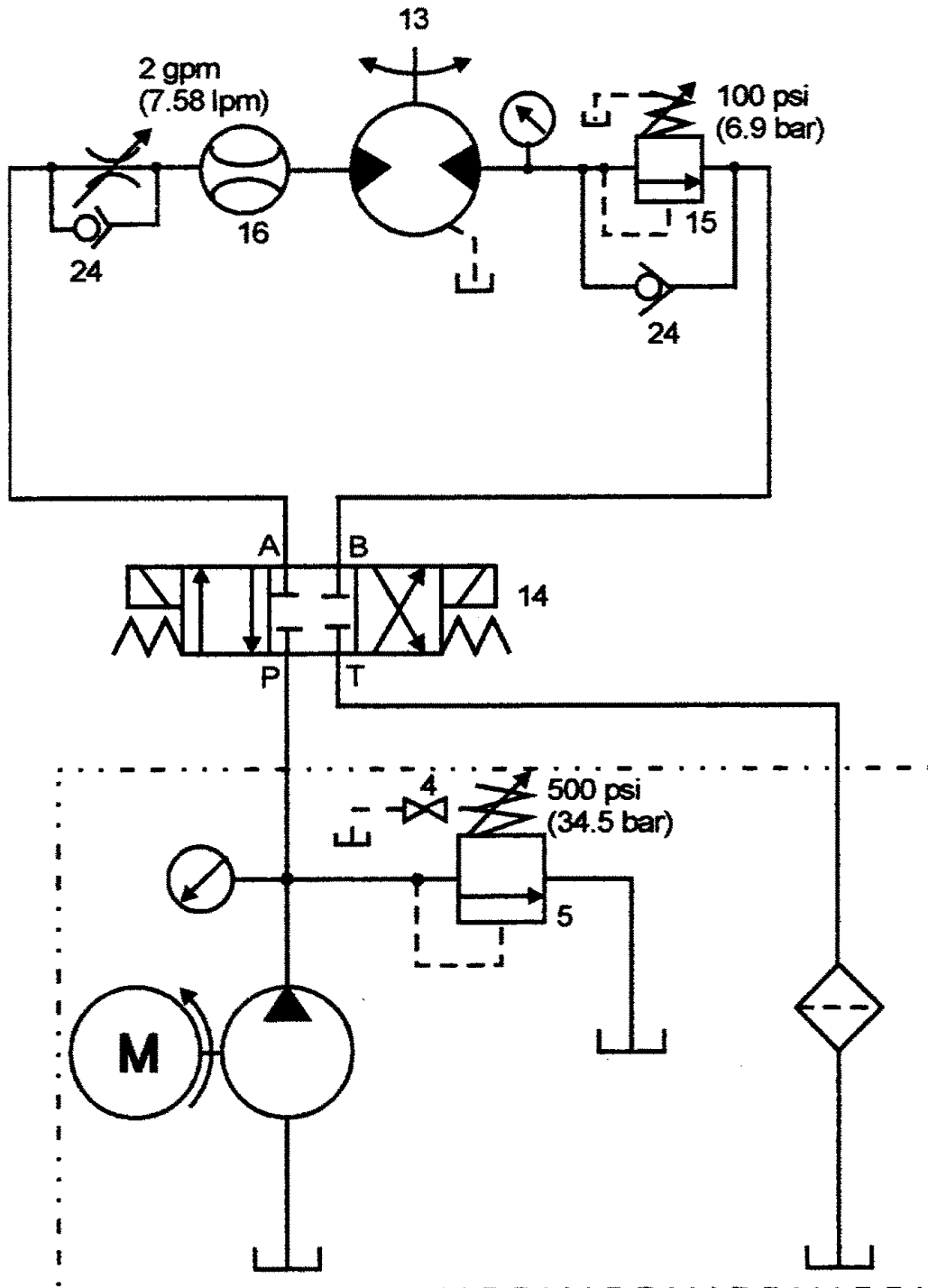
警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

安全注意：任何时候液压马达都不可在超过制造商规定的流量、压力和转速等额定值（设计额定值）的状态下运行。

- j. 方向控制阀（14）换向，使流量从“A”口通向节流阀（23），调节节流阀的设定值至 2 gpm (7.5 L/min)。
- k. 调整顺序（平衡）阀（15）至马达出口处压力表的读数为 150 psi (10 bar)。

- l. 在第 58 页上的练习题处，记录下当顺序（平衡）阀压力设定值变化至 250 psi (17 bar)、350 psi (24 bar) 及 450 psi (31 bar) 情况下的马达转速。
- m. 将顺序阀的设定值返回至 150 psi (10 bar)，并停机。拆下节流阀 (23) 替换上调速阀 (21)，此时，需配置旁通单向阀 (24) 以使马达可反向运转。
- n. 检查回路连接应无误，按照说明起动动力源电动机，重复步骤 “j” 至 “l”
- o. 将溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。

练习 19 实验回路图



练习 19 问题

1. 将实验结果填入下表：

采用节流阀的马达进油节流回路		
平衡压力 psi (bar)	控制流量 gpm (L/min)	马达轴转速 rpm
150 (10)		
250 (17)		
350 (24)		
450 (31)		

采用调速阀的马达进油节流回路		
平衡压力 psi (bar)	控制流量 gpm (L/min)	马达轴转速 rpm
150 (10)		
250 (17)		
350 (24)		
450 (31)		

2. 随着顺序阀负载阻力的增大，使用节流阀和使用调速阀，马达的转速分别有什么变化？为什么？
3. 与液压马达的出口油液自由返回油箱相比较，使液压马达的出口阻力保持恒定有什么优点？

实验练习 20 液压马达回油节流回路

- I. 说明：本实验练习要求学员监测在负载变化工况下单向液压马达的转速情况，将对采用针阀和采用调速阀的液压马达回油节流调速回路进行比较。注意：在实际使用中，若采用回油节流对液压马达进行速度控制，则应向液压马达的制造商查询，确认液压马达用在这种形式的回路中不会出错，马达的轴封不会破裂，这不仅仅只是会造成清洁打扫的问题，而更是一个不安全的因素。
- II. 装拆元件：软管和三通接头，接触式测速电机或光学测速电机（型号为 HTU-00 的便携式液压培训试验台不提供）
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参照第 73 页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，并从方向控制阀的“T”口连接一根软管至接管排（27）上的一个回油口。
 - c. 用软管将方向控制阀的“A”口连接至液压马达左侧的进油口。
 - d. 在液压马达右侧的出油口上安装一个三通接头，从三通的一个接口连接一根软管至压力表（17），三通的另一个接口则连接一根软管至针阀（20）的进口。
 - e. 在针阀（20）的出口处也安装一个三通接头，该三通的一个接口用软管连接至另一个压力表（17），三通的另一个接口连接至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至接管排上的一个回油口。
 - f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 250 psi (17 bar)，[如果压力达不到 250 psi (17 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



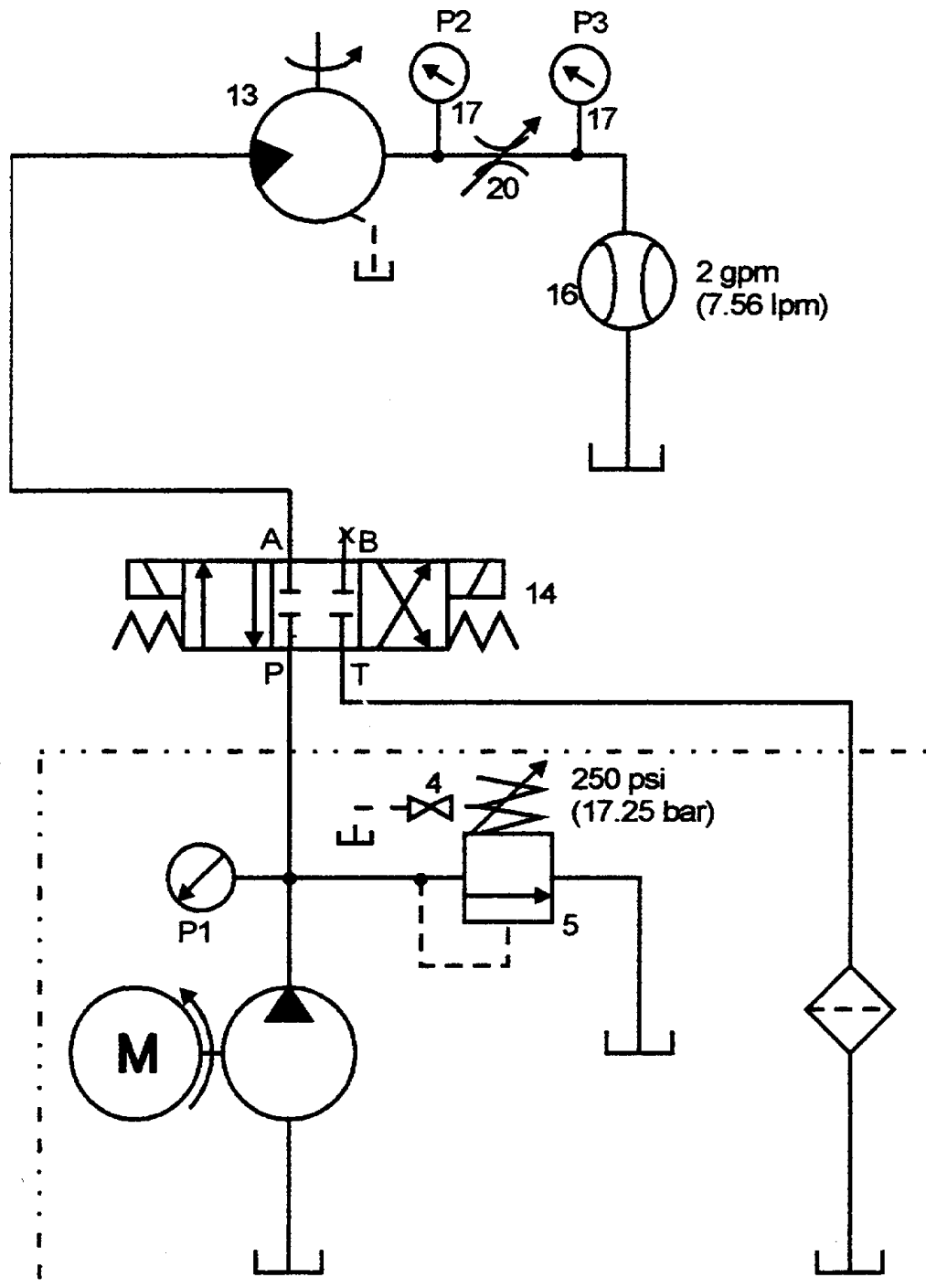
警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

安全注意：任何时候液压马达都不可在超过制造商规定的流量、压力和转速等额定值（设计额定值）的状态下运行。

- i. 方向控制阀（14）换向，使液压马达轴顺时针旋转，使用接触式测速电机或光学测速电机记录马达转速。
- j. 当系统压力设定值改变时记录转速读数，压力设定值由指导教师来选定，但不得超过 500 psi (34.5 bar)，记录各个压力设定值下的压力表 1 和压力表 2 上的压力读数。
- k. 停止电机转动，拆下节流阀（23），替换上调速阀（21）。
- l. 检查回路连接应无误，按照说明起动动力源电动机，重复步骤“h”至“j”

- m. 将溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- n. 在拆卸实验回路之前，请学员完成本练习未列出的问题。
- o. 拆卸回路，并把软管和三通接头及测速电机等放回原处。

练习 20 实验回路图



练习 20 问题

1. 将实验结果填入下表。随着进入液压马达进口的压力升高，采用针阀和采用调速阀时，液压马达的转速各有什麼变化？为什么？

P1 psi (bar)	P2 psi (bar)	P3 psi (bar)	针阀流量 gpm (L/min)	调速阀流量 gpm (L/min)
250 (17)			2 (7.5)	2 (7.5)

2. 采用这种形式的液压马达控制回路时，为什么必须要有安全注意？

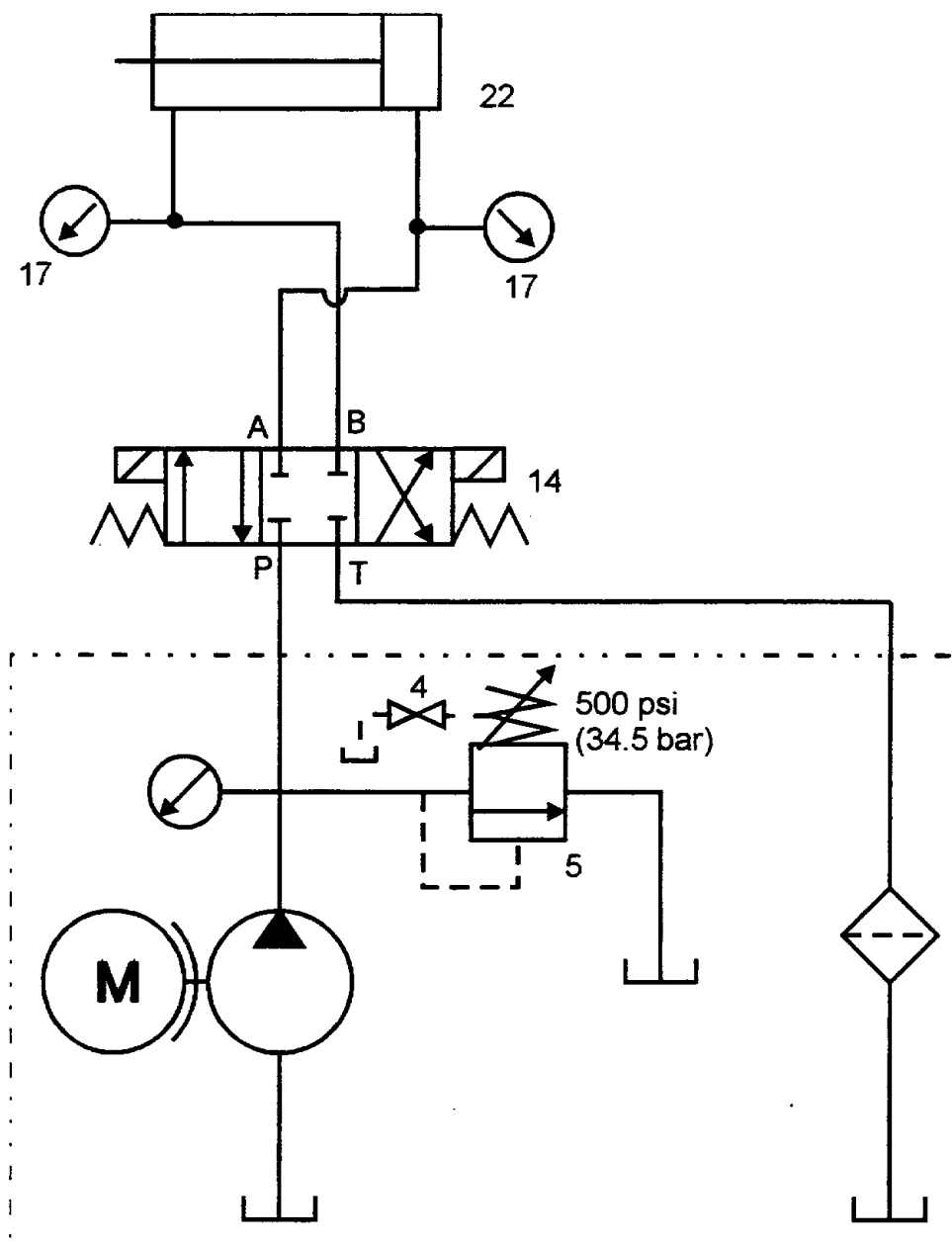
实验练习 21 O 型机能中位的压力升高

- I. 说明：本实验练习的目的是为了说明，即使是采用 O 型中位机能的方向控制阀，也会因为工作管路内会建立起压力，致使液压缸产生漂移，（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 10 章）。
- II. 装拆元件：软管、三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。
 - c. 每个压力表（17）上均安装一个三通接头。
 - d. 从方向控制阀（14）的工作油口“B”连接一根软管至相应压力表处三通上的一个接口，该三通上的另一个接口则连接一根软管至液压缸（22）的有杆腔。
 - e. 从方向控制阀（14）的工作油口“A”连接一根软管至相应压力表处三通上的一个接口，该三通上的另一个接口则连接一根软管至液压缸（22）的无杆腔。
 - f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]
 - i. 在方向控制阀（14）处于中位的状态下，每隔 10 分钟记录一次两个压力表上的压力读数。
 - j. 将溢流阀退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
 - k. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
 - l. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

练习 21 实验回路图



练习 21 问题

1. 如果液压缸出现漂移问题，能否使用液控单向阀来解决这个问题？请详细解释。
2. 尽管方向控制阀是封闭中位机能，但处于中位时，仍会引起液压缸中的压力升高，原因是什麼？

实验练习 22 液压缸的减速

I. **说明：**本实验练习的内容是要求行程为 12 in 的液压缸活塞杆快速缩回 8 in 行程，然后在后 4 in 的行程中进入进给速度。液压缸在活塞杆伸出和缩回的过程中均进行减速，这为缩短设备的工作循环时间提供了一种方法，例如：如果只在靠近行程的端点处进行工作，液压缸就可以快速地伸出或缩回到要开始工作的行程位置点。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 10 章）。

II. **装拆元件：**软管、三通接头

III. **步骤：**

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。

c. 从方向控制阀（14）的工作油口“B”连接一根软管至单向流量控制阀（23）的出口，单向流量控制阀的进口连接至液压缸（22）的有杆腔，（单向流量控制阀对液压缸的有杆腔作回油节流控制。）

d. 在减速阀（19）的进口和出口（阀的左侧为进口）处均安装一个三通接头。

e. 从减速阀进口处三通的一个接口连接一根软管至液压缸（22）的无杆腔，该三通的另一个接口则连接至单向阀（24）的反向油口。

f. 从减速阀出口处三通的一个接口连接一根软管至方向控制阀（14）的工作油口“A”，而该三通的另一个接口则连接至上一步骤中使用的单向阀（24）的正向油口。

g. 用软管将减速阀的泄油口（底部的油口）连接至接管排（27）上的一个泄漏口。

h. 关闭所有的流量控制阀，件号 19，减速阀内置有流量控制装置，流量控制的调整由指导教师进行。

i. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

j. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

k. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

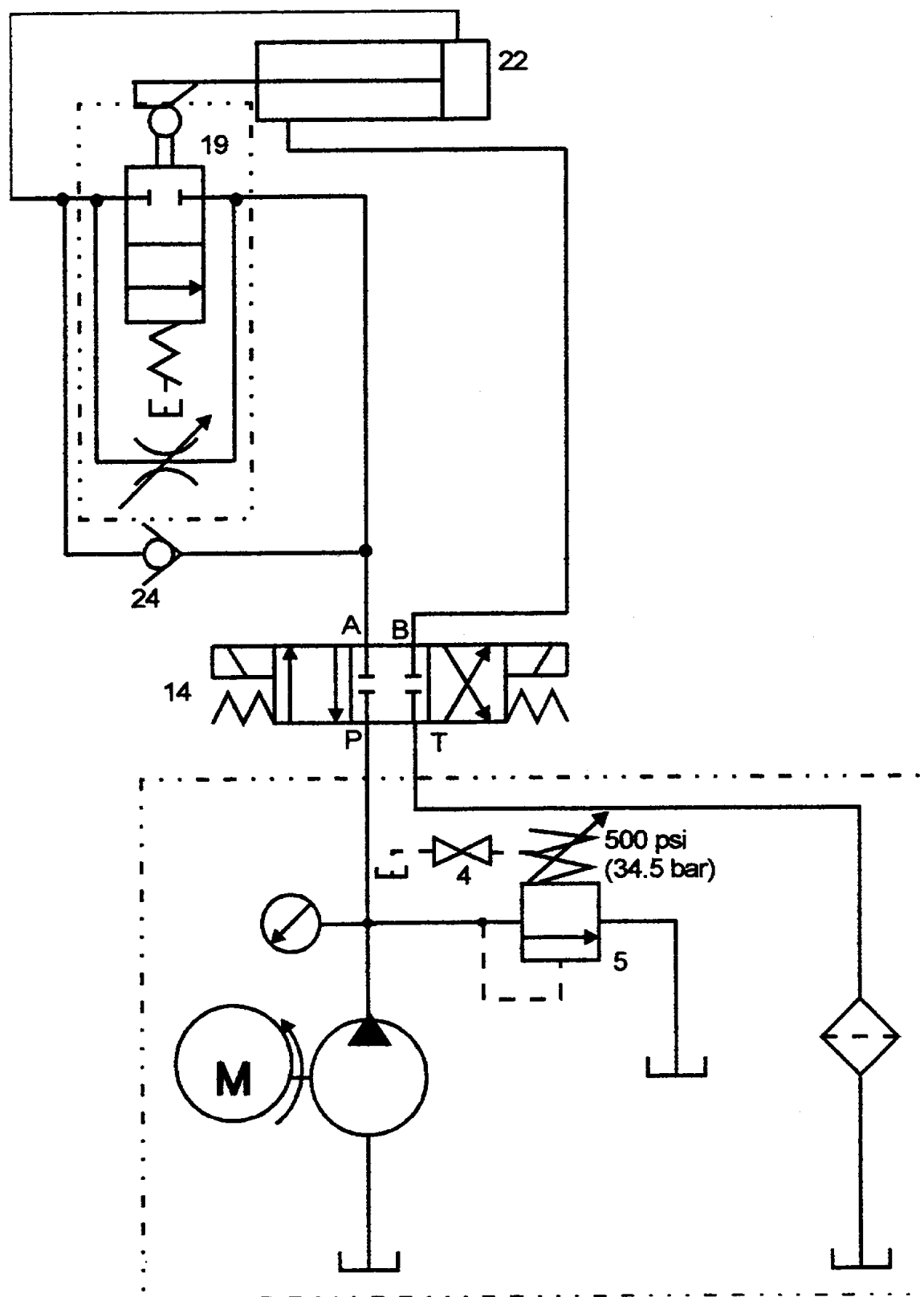
i. 方向控制阀（14）换向，使液压缸的活塞杆伸出和缩回，通过调整减速阀（19）的内置流量控制阀，可实现活塞杆快速返回和慢速工进的动作。

m. 将活塞杆缩回，溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。

n. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

o. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 22 实验回路图



练习 22 问题

1. 减速阀的功能是什麼？
2. 画出带内部流量控制的减速阀的液压图形符号。

实验练习 23 多速回路

I. 说明：本实验练习的内容是要求液压缸以多种速度伸出和缩回。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 10 章）。

II. 装拆元件：软管、三通接头

III. 步骤：

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。

c. 从方向控制阀（14）的工作油口“B”连接一根软管至单向流量控制阀（23）的出口，单向流量控制阀的进口连接至液压缸（22）的有杆腔，（单向流量控制阀对液压缸的有杆腔作回油节流控制。）

d. 在减速阀（19）的进口（阀的左侧为进口）处安装一个三通接头。

e. 从减速阀进口处三通的一个接口连接一根软管至液压缸（22）的无杆腔，该三通的另一个接口则连接至单向阀（24）的反向油口。

f. 从减速阀的出口（出口在阀的右侧）连接一根软管至针阀（20）的进口。

g. 在针阀（20）的出口安装一个三通接头。

h. 从针阀出口三通的一个接口连接一根软管至步骤“e”中使用的单向阀（24）的正向油口，该三通的另一个接口则连接一根软管至方向控制阀（14）的工作油口“A”。

i. 用软管将减速阀的泄油口（底部的油口）连接至接管排（27）上的一个泄油口。

j. 关闭所有的流量控制阀，按照指导教师的指导，调整流量控制阀的开启量。

k. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

l. 启动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

m. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

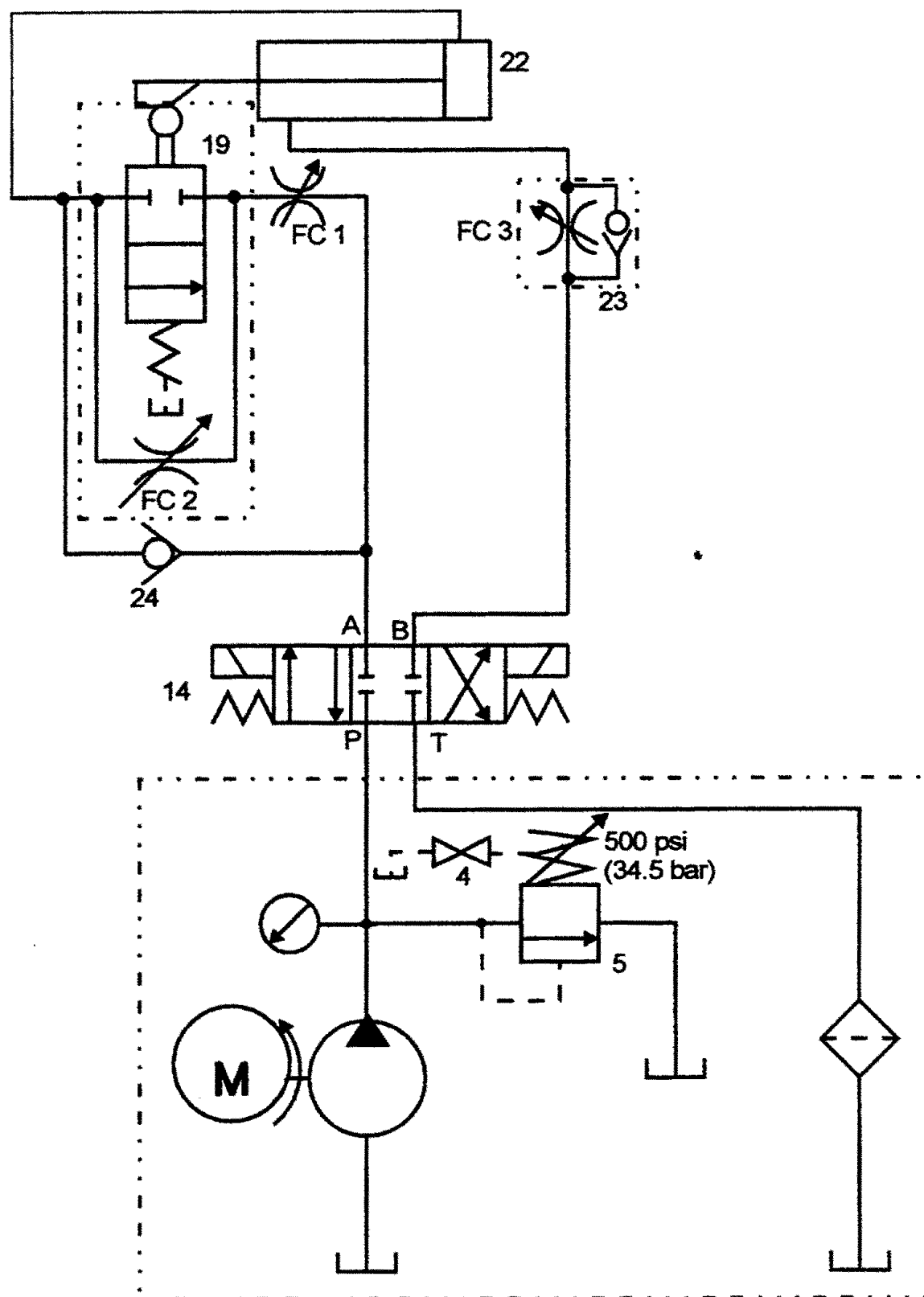
n. 方向控制阀（14）换向，使液压缸活塞杆缩回，通过调整回路中的流量控制阀，可实现不同的速度。

o. 将活塞杆缩回，溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。

p. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

q. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 23 实验回路图



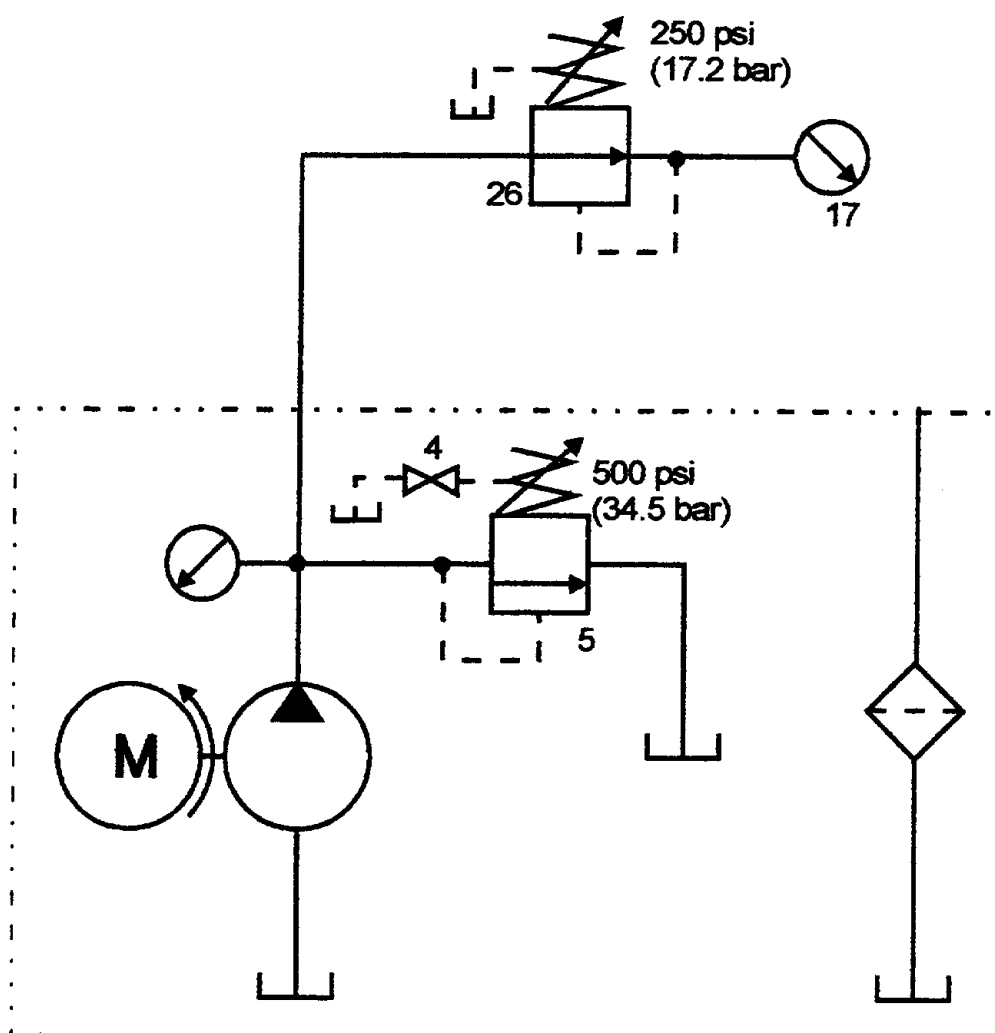
练习 23 问题

1. 当同一管路中安装不止一个流量装置时，对于它们的布置应当遵循何种规范？
2. 如果流量控制阀（FC3）设定为 4 gpm (15 L/min)，液压泵流量为 15 gpm (57 L/min)，缸径 4”，活塞杆直径 1 3/4”，行程 30”，当活塞杆在空载和系统压力为 1250 psi (86 bar) 的条件下伸出时，在流量控制阀上产生的热功率是多少？假定回油管路的背压为 100 psi (7 bar)。

实验练习 24 减压阀的调整

- I. 说明：本实验练习的内容是演示常开型减压阀的调整。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下页所示的实验回路图，从接管排(27)上的一个压力油口连接一根软管至减压阀（26）的进口。
 - c. 用一根软管将减压阀（26）的出口连接至位于培训实验台上的压力表（17），此外，将减压阀（26）的泄油口连接至接管排（27）上的一个泄油口。
 - d. 转动减压阀上的调整旋钮，使它的出口压力为零。
 - e. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - f. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - g. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]
 - h. 调整减压阀至压力表（17）显示 250 psi (17 bar)，一旦设定，就不要搅乱减压阀的调整旋钮。
 - i. 将溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
 - j. 拆卸回路，并把软管放回原处。

练习 24 实验回路图



实验练习 25 减压回路

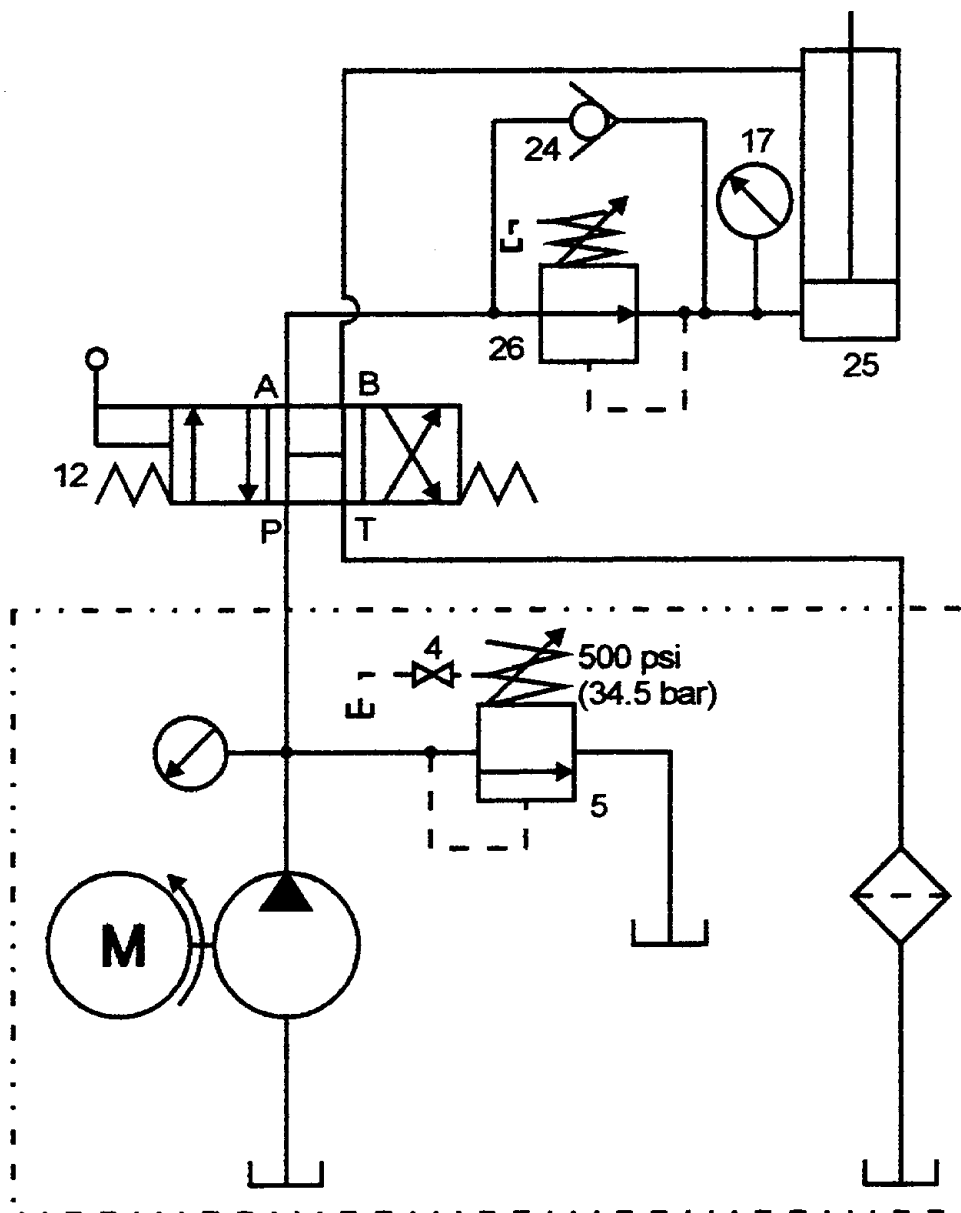
- I. **说明：**本实验练习的内容是采用减压阀使夹紧用液压缸的工作压力低于溢流阀的设定值。减压阀是通过传感下游压力来工作的，是常开型的压力控制阀，当下游压力等于减压阀偏置弹簧的设定值时，阀芯关闭以限制下游的压力。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. **装拆元件：**软管、三通接头
- III. **步骤：**
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照第 73 页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（12）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。
 - c. 在方向控制阀（12）的工作油口“A”处连接一根软管，该软管的另一端安装一个三通接头。
 - d. 从三通的一个接口连接一根软管至单向阀（24）的反向油口，三通的另一个接口则连接至减压阀（26）的进口。
 - e. 在减压阀（26）的出口处也安装一个三通接头，从该三通的一个接口连接一根软管至步骤 d 中使用的单向阀（24）的正向油口，在三通的另一个接口上连接一根软管。
 - f. 在液压缸（25）的无杆腔油口上安装一个三通接头，从三通的一个通道连接一根软管至压力表（17），将步骤 e 中的软管开口端连接至该三通的另一个接口上。
 - g. 用软管将方向控制阀（12）的“B”口连接至液压缸（25）的有杆腔。
 - h. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - i. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - j. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- k. 方向控制阀（12）换向，使垂直液压缸（25）的活塞杆完全伸出。
- l. 液压泵的流量经常开式减压阀流向液压缸（25）的无杆腔，致使无杆腔压力升高，至压力达到减压阀的设定值时，阀芯动作，阻断流量，将无杆腔压力限制在减压阀的设定值上。
- m. 将活塞杆缩回，溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- n. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- o. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 25 实验回路图



练习 25 问题

1. 减压阀的功能是什麼？
2. 在这种形式的回路中使用减压阀时，通常需要一个旁通单向阀吗？
3. 如果减压阀下游的压力连续循环（高于阀的设定值，然后下降），发生这个问题的一些可能原因是什麼？

实验练习 26 流量分配回路

I. 说明：本实验练习要求把液压泵的流量分成两路不同的流量，并表明该系统具有同时进行两项作业的能力。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 9 章）。

II. 装拆元件：软管、三通接头

III. 步骤：

a. 参见第 2 页上的安全检查表。

b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。

c. 在液压缸（25）的无杆腔油口上安装一个三通接头，从该三通的一个接口连接一根软管至方向控制阀（14）的工作油口“A”，该三通的另一个接口则连接至液压缸（22）的无杆腔。

d. 在液压缸（25）的有杆腔油口上安装一个三通接头，从该三通的一个接口连接一根软管至方向控制阀（14）的工作油口“B”，该三通的另一个通道连接 1 根软管至液压缸（22）的有杆腔油口。

e. 从接管排（27）上的一个压力口连接一根软管至调速阀（21）的进口，而调速阀的出口则连接至方向控制阀（12）的压力油口“P”。

f. 从方向控制阀（12）的“T”口用软管连接至接管排（27）上的一个回油口，方向控制阀（12）的工作油口“A”用软管连接至液压马达（13）的左侧油口，而方向控制阀的工作油口“B”则用软管连接至液压马达的右侧油口。

g. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。

h. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。

i. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

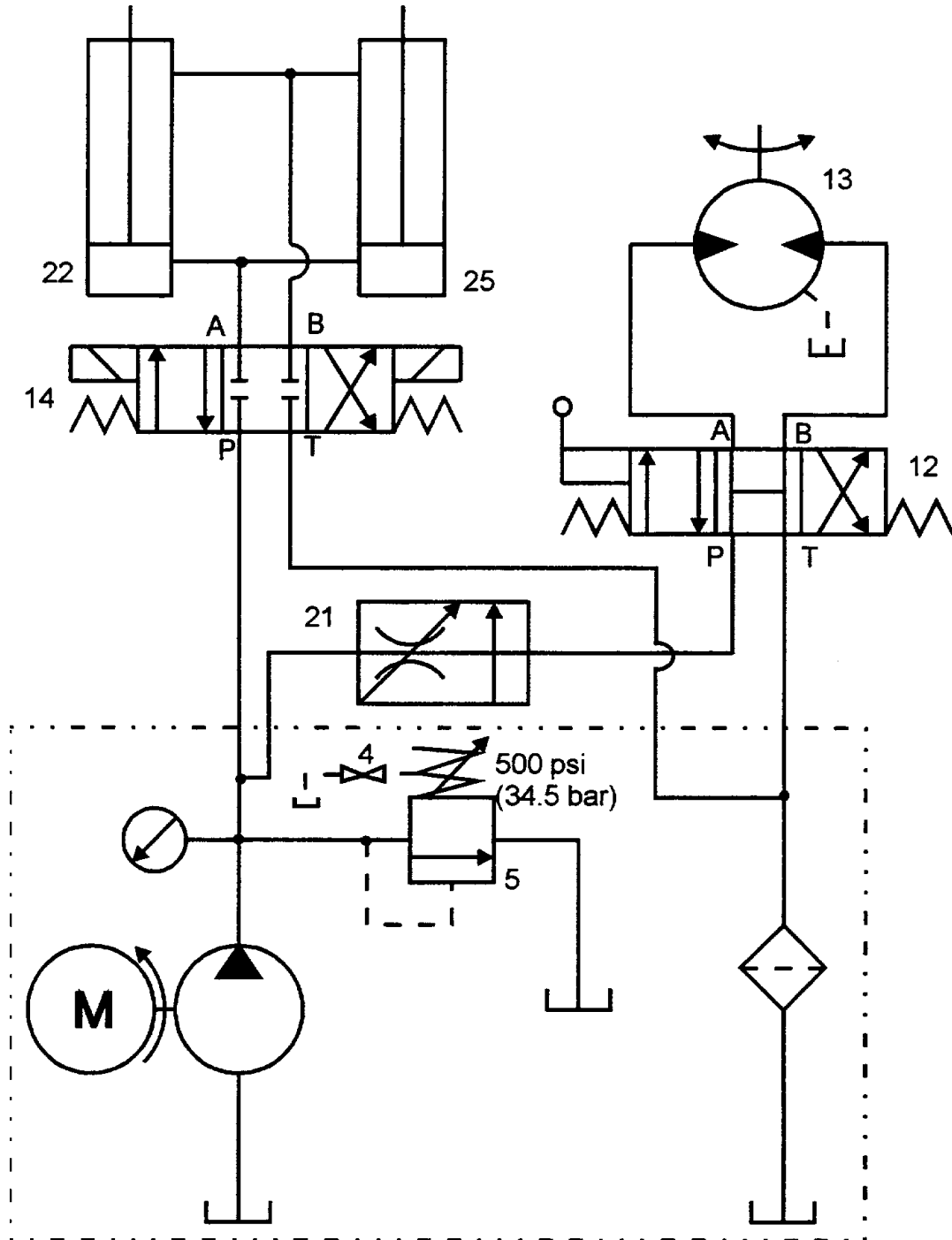
j. 方向控制阀（14）换向，液压缸（22）和（25）的活塞杆动作。方向控制阀（12）换向，则液压马达（13）转动。液压缸及液压马达的运行速度可由调速阀（21）调节分配。

k. 将活塞杆缩回，溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。

l. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。

m. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 26 实验回路图



练习 26 问题

1. 该回路中使用的流量控制装置是带有压力补偿的流量控制阀，其主要原因是什麼？
2. 画出优先流量分配装置的图形符号，解释它在回路中的工作原理。
3. 进入液压马达回路的流量若产生变化，请说明一些可能的原因。

实验练习 27 平衡回路

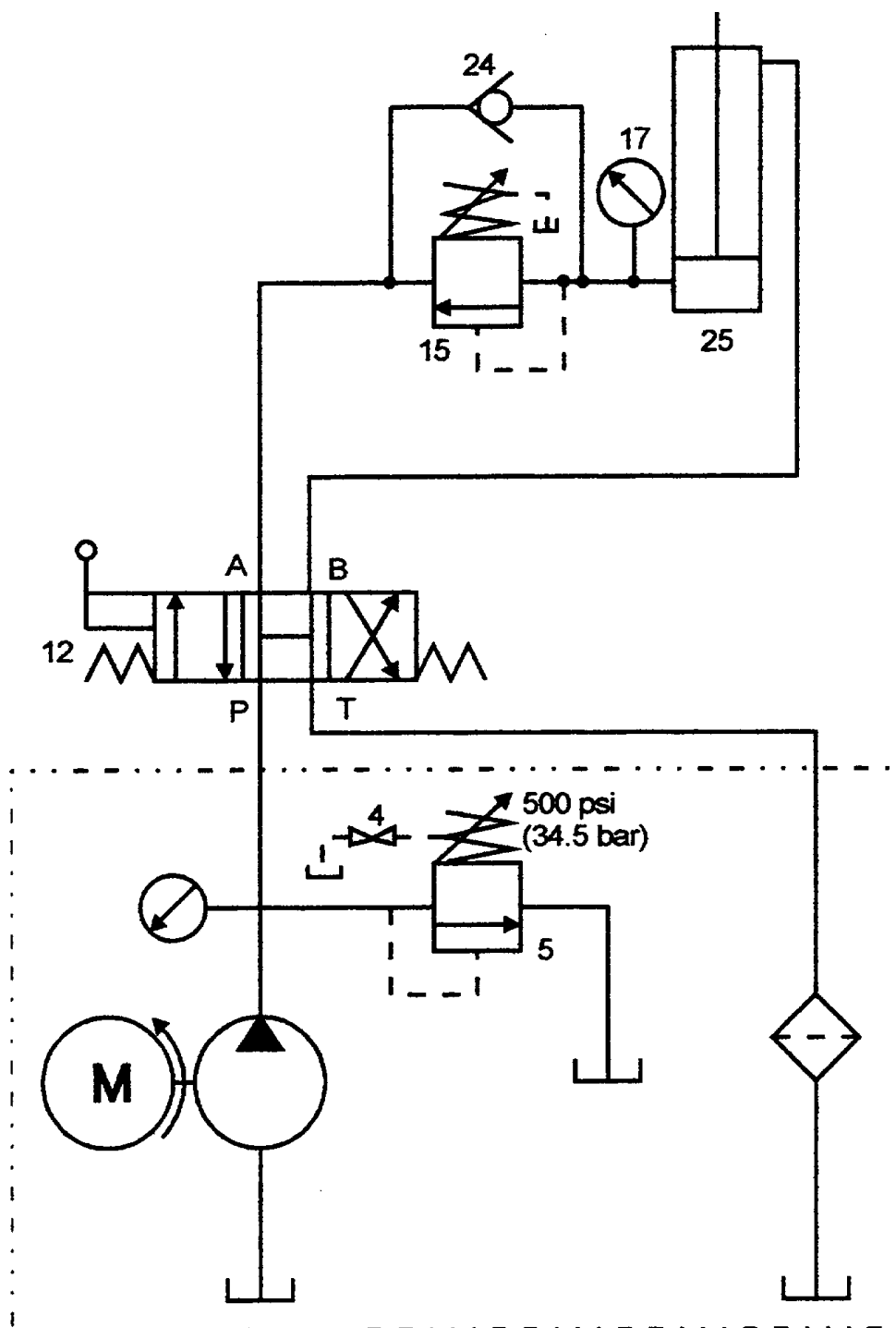
- I. **说明：**本实验练习要求学员了解防止垂向液压缸负载以自由下落方式下降的方法。本实验练习中使用顺序阀作为平衡阀来平衡负载，在液压缸的无杆腔压力达到 250 psi (17 bar) 之前，负载不会下落。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. **装拆元件：**软管及三通接头
- III. **步骤：**
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（12）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。
 - c. 在顺序阀（15）的出口处安装一个三通接头，三通的一个接口上连接一根软管至方向控制阀（12）的“A”口，三通的另一个接口上则连接一根软管至单向阀（24）的正向油口。
 - d. 在顺序阀（15）的进口和液压缸（25）的无杆腔油口上各安装一个三通接头，从顺序阀进口处三通的一个接口连接一根软管至步骤“c”中使用的单向阀（24）的反向油口，该三通的另一个接口则用软管连接至液压缸（25）无杆腔处三通的一个接口。
 - e. 液压缸（25）无杆腔处三通的剩下的一个接口则连接至压力表（17）。
 - f. 方向阀（12）的“B”口用软管连接至液压缸（25）的有杆腔。
 - g. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - h. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - i. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- j. 方向控制阀（12）换向，液压缸（25）动作，液压缸不会因重力负载而自由下落，必须对液压缸施压至无杆腔压力达到顺序阀（15）的设定值时，液压缸才会下行。
- k. 将溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- l. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- m. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 27 实验回路图



练习 27 问题

1. 说明纯粹的平衡阀和该练习中使用的顺序阀之间的主要差别。
2. 如果在压机用途中使用直动式平衡阀来平衡工作台的重量，对系统的功能会有什麼损失？

实验练习 28 液压马达的平衡

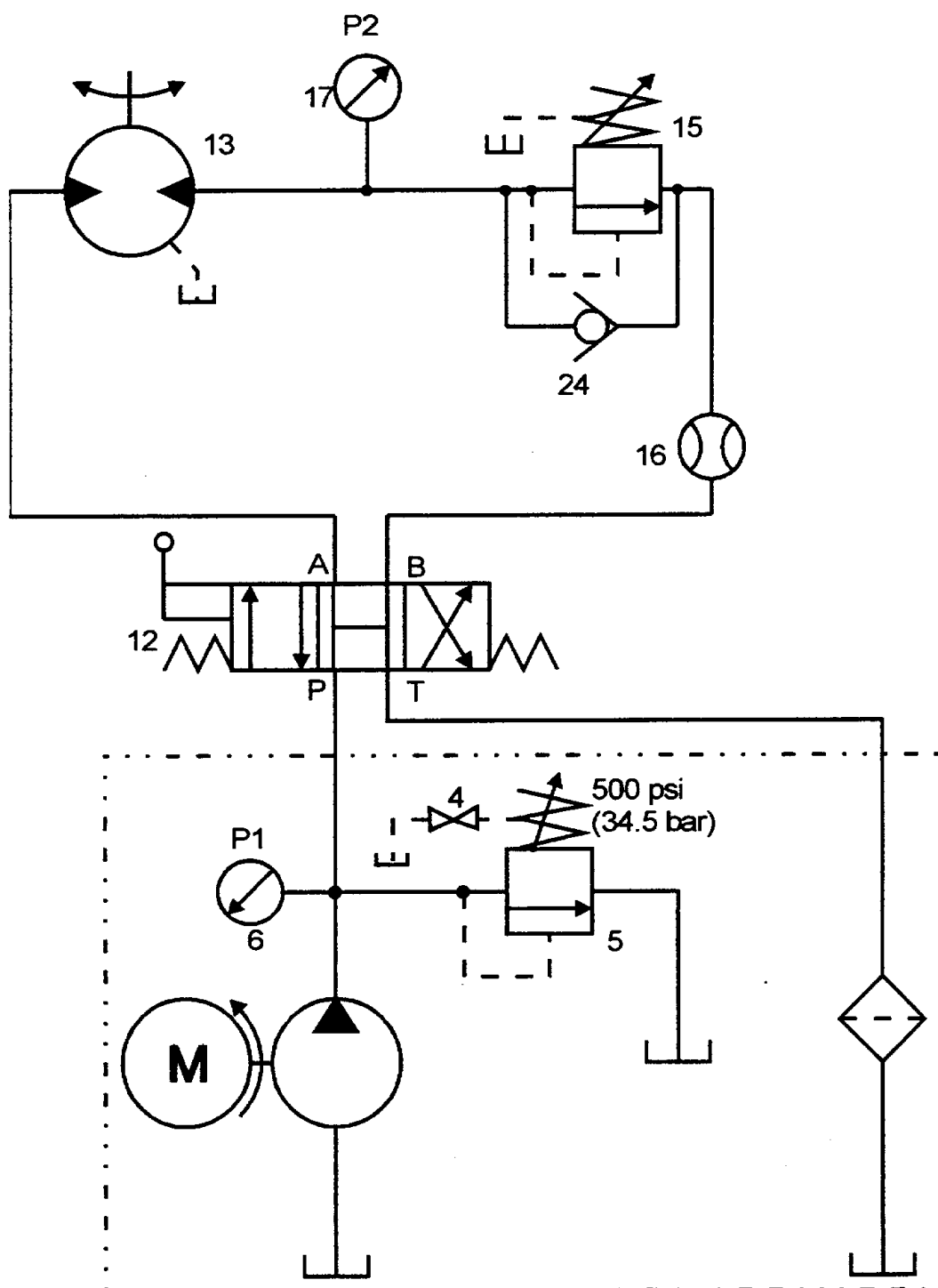
- I. 说明：实验练习 28 要求对液压马达进行平衡，以防止转速失控。本练习中使用顺序阀来模拟平衡阀。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管及三通接头、接触式测速电机或光学测速电机（培训试验台不提供）
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（12）的压力油口“P”，而方向控制阀的回油口“T”则连接一根软管至接管排上的一个回油口。
 - c. 从方向控制阀（12）的工作油口“A”连接一根软管至液压马达（13）的左侧油口，液压马达的右侧油口安装一个三通接头，三通的一个接口上连接一根软管至压力表（17）。
 - d. 在顺序阀（15）的进口处安装一个三通接头，从该三通的一个接口用软管连接至液压马达三通的另一个接口上。
 - e. 在顺序阀（15）的出口处也安装 1 个三通接头，从该三通的一个接口连接一根软管至单向阀（24）的正向油口，并用软管将单向阀（24）的反向油口连接至顺序阀进口处三通的剩下的一个接口上。
 - f. 从顺序阀出口处三通的剩下一个接口连接一根软管至流量计（16）的进口，流量计的出口则连接至方向阀（12）的工作油口“B”。顺序阀的泄油口用软管连接至接管排（27）上的任一泄油口。
 - g. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - h. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - i. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- j. 在操作系统的同时，请将试验情况填写在本练习问题中的记录表内。
- k. 将溢流阀（5）退回到最低压力，然后关停动力源电动机。
- l. 在拆卸实验回路之前，请学员回答本练习的问题。
- m. 拆卸回路，并把软管、三通及测速仪器等放回原处。

练习 28 实验回路图



练习 28 问题

1. 监测和记录系统的流量、压力和转速。

P1	P2	针阀流量
转速		
psi (bar)	psi (bar)	gpm (L/min)
rpm		
	0 (0)	
	50 (17)	

350 (24)

450 (31)

2. 根据问题 1 中获得的数据，说明液压马达转速允许受控的原理。

实验练习 29 顺序阀的调整

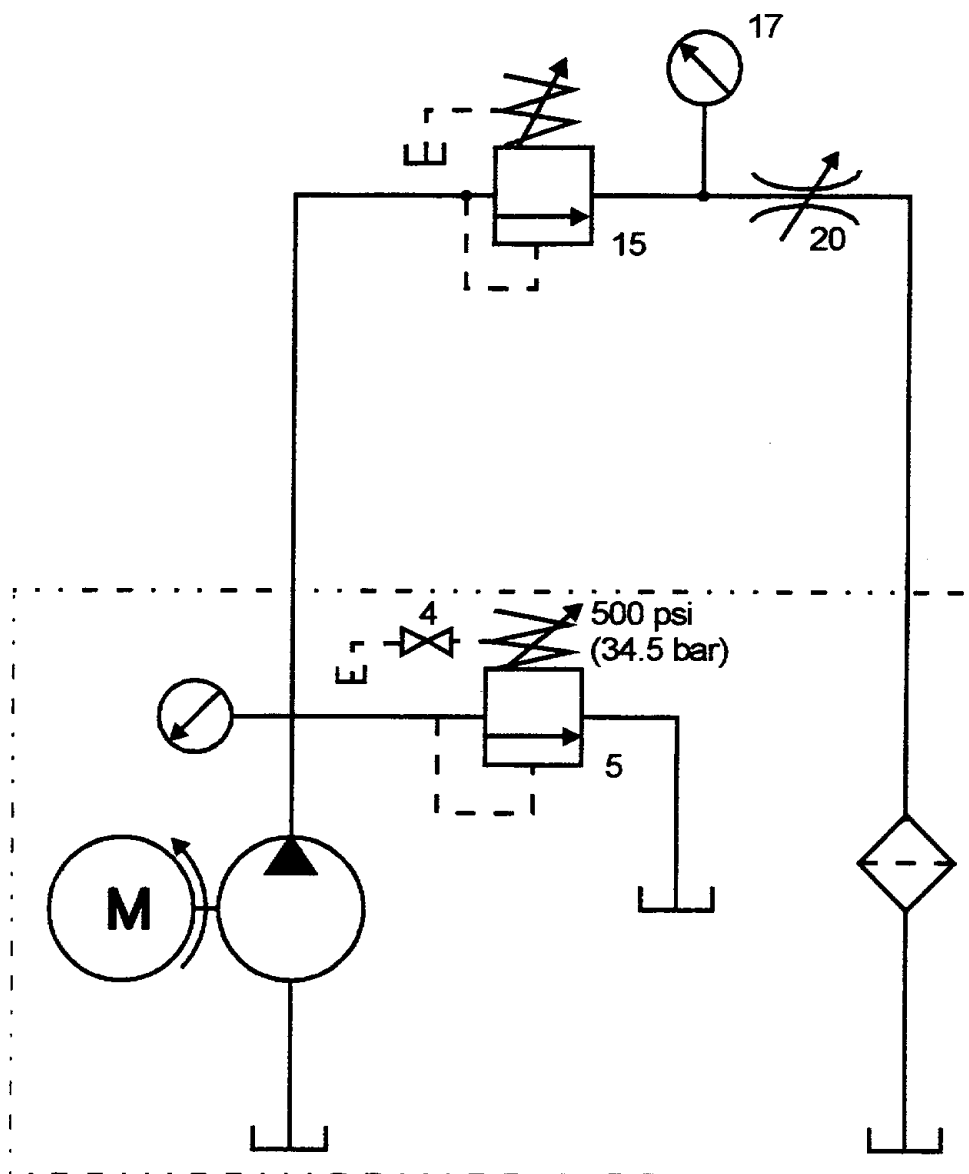
- I. 说明：本实验练习的内容是对常闭型的顺序阀进行调整。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管及三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至顺序阀（15）的进口。在顺序阀的出口安装一个三通接头，从三通的一个接口连接一根软管至压力表（17），从三通的另一个接口连接一根软管至针阀（20）进口，针阀的出口则连接至接管排（27）上的一个回油口。顺序阀的泄油口用软管连接至接管排上的任一泄油口。
 - c. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - d. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - e. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- f. 边退回顺序阀调整旋钮，边观察压力表（17），一旦压力表上有压力显示，则顺序阀已调整到开启压力为 350 psi (24 bar)。
- g. 不要打乱顺序阀的设定值，打开溢流释压阀（4）并关停液压动力源电机，打开针阀（20），释放被困的压力。
- h. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 29 实验回路图



实验练习 30 液压缸的顺序动作

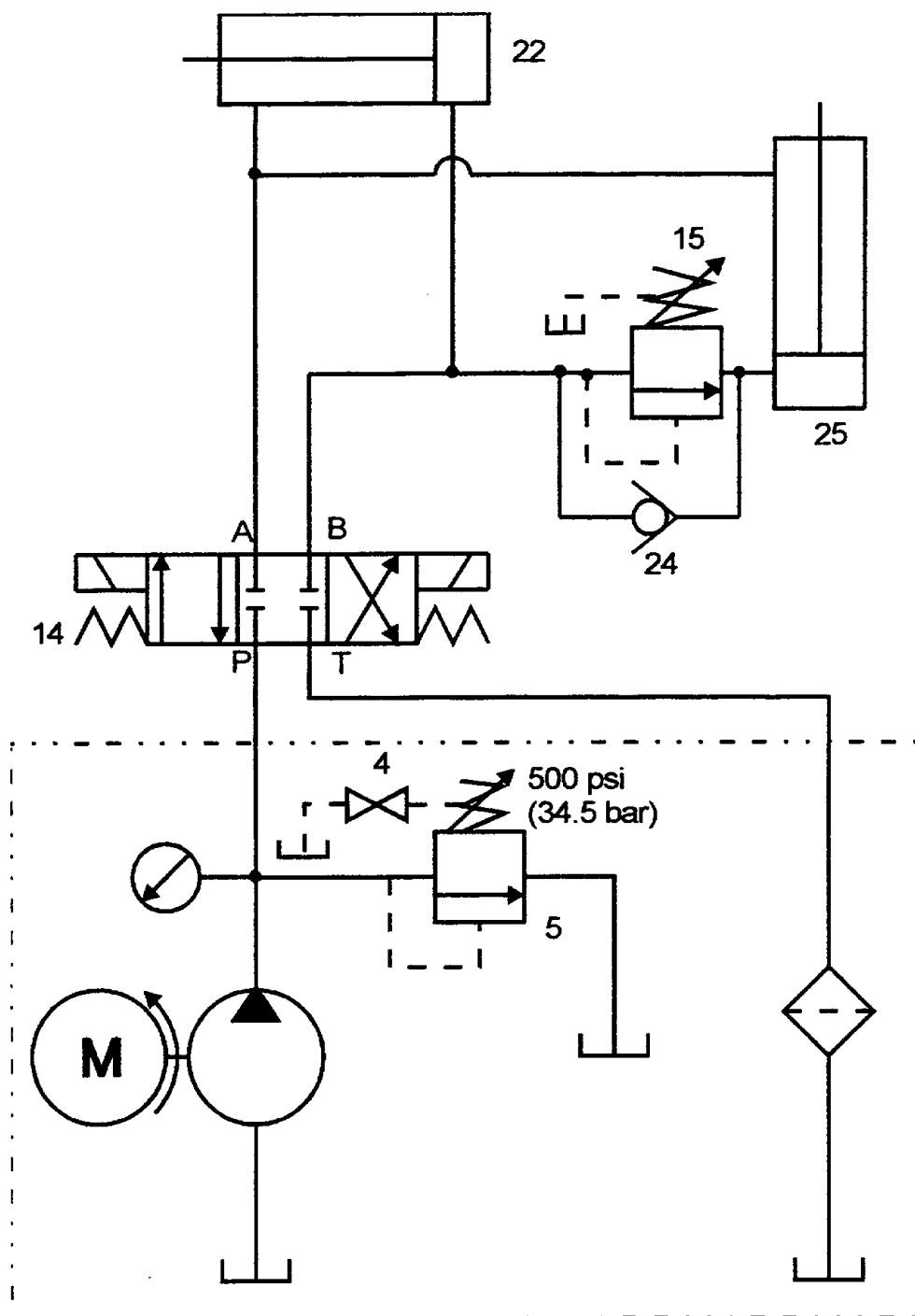
- I. 说明：本实验练习要求在第 1 个液压缸动作结束之后，第 2 个液压缸再开始动作。要实现这种功能需使用常闭的压力控制阀，造成在另一个动作开始之前，一个动作就已经出现了，这种压力控制阀就是顺序阀。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管及三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，方向控制阀的回油口“T”用软管连接至接管排上的一个回油口。
 - c. 在液压缸（22）的有杆腔和无杆腔油口各安装一个三通接头，连接有杆腔处三通的一个接口至液压缸（25）的有杆腔，从另一个接口连接一根软管至方向阀（14）的工作油口“A”。
 - d. 从液压缸（22）无杆腔处三通的一个接口用软管连接至方向阀的工作油口“B”。在顺序阀（15）的进口安装另一个三通接头，该三通的一个接口与液压缸（22）无杆腔处三通的剩下一个接口用软管连接。
 - e. 从顺序阀（15）进口处三通的另一接口连接一根软管至单向阀（24）的反向油口。
 - f. 在顺序阀（15）的出口处也安装一个三通，三通的一个接口连接至液压缸（25）的无杆腔，三通的另一个接口则与上一步骤中使用的单向阀（24）的正向油口连接。
 - g. 顺序阀的泄油口用软管连接至接管排上的一个泄油口。
 - h. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - i. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - j. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- k. 方向控制阀（14）换向至液压缸伸出的阀位，垂直缸（25）的流量被顺序阀（15）封堵，因此水平缸（22）活塞杆先伸出，水平缸活塞杆伸出到头，压力升高，一旦压力达到顺序阀的设定值 350 psi (24 bar)，顺序阀便打开，流量通向垂直缸，垂直缸活塞杆就跟着伸出。
- l. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。
- m. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 30 实验回路图



实验练习 31 液压缸和马达的顺序动作

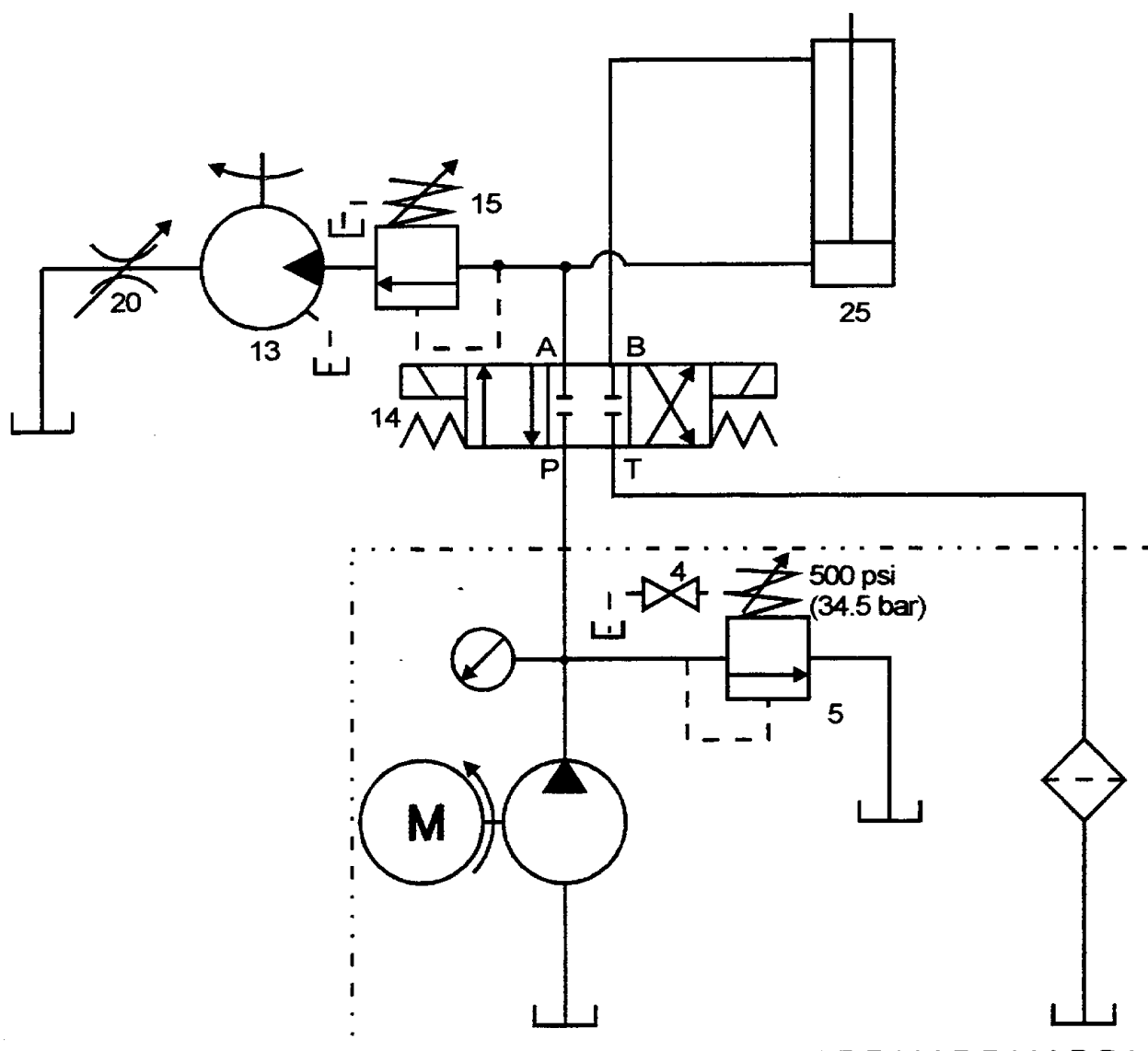
- I. 说明：本实验练习要求液压缸和液压马达顺序动作。要实现这种功能需使用常闭的压力控制阀，造成在另一个动作开始之前，一个动作就已经出现了，这种压力控制阀就是顺序阀。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管、三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，方向控制阀的回油口“T”用软管连接至接管排上的一个回油口。
 - c. 在顺序阀（15）的进口处安装一个三通接头，将该三通的一个接口用软管与方向阀（14）的“A”口连接，三通的另一个接口则用软管连接至液压缸（22）的有杆腔。方向阀的“B”口与液压缸的无杆腔连接。
 - d. 从顺序阀（15）的出口连接一根软管至液压马达的右侧油口，液压马达的左侧油口用软管连接至针阀（20）的进口，而针阀的出口则连接至接管排（27）上的一个回油口。
 - e. 顺序阀的泄油口用软管连接至接管排上的一个泄油口。
 - f. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - g. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - h. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- i. 方向控制阀（14）换向，液压马达（13）的流量被顺序阀（15）封堵，因此液压缸（25）活塞杆先伸出，液压缸活塞杆伸出到头，压力升高，一旦压力达到顺序阀的设定值 350 psi (24 bar)，顺序阀便打开，流量通向液压马达，马达就跟着转动。
- j. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。
- k. 在拆卸实验回路之前，学员应当完成练习给出的问题。
- l. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 31 实验回路图



练习 31 问题

1. 如果马达回路采用进油节流而不是回油节流，会产生何种潜在的问题？
2. 如果使用 1 台 2” 缸径，3/4” 杆径，12” 行程的液压缸提升 2500 lbs 的负载，顺序阀的压力设定值应是多少？
3. 先导式溢流阀能否代替顺序阀暂时用于这个系统吗？详细说明答案。

实验练习 32 顺序和减压回路

- I. 说明：本实验练习演示顺序和减压回路，如夹紧装置液压回路，一个液压缸的活塞杆先伸出，在第二个液压缸的活塞杆开始伸出之前，保持伸出并维持 250 psi (17 bar) 的压力。该回路中需要使用常开和常闭两种类型的压力控制阀，常闭的压力控制阀是顺序阀，常开的压力控制阀则是减压阀。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 11 章）。
- II. 装拆元件：软管、三通和四通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，方向控制阀的回油口“T”用软管连接至接管排上的一个回油口。
 - c. 在减压阀（26）的进口安装一个三通接头，顺序阀（15）的进口安装一个四通接头。从减压阀三通处的一个接口连接一根软管至单向阀（24）的反向油口，该三通的另一个油口连接至顺序阀（15）进口处的四通。
 - d. 从顺序阀（15）进口处四通的一个接口连接一根软管至方向阀（14）的“A”口，该四通剩下的一个接口则连接至其旁路单向阀（24）的反向油口。
 - e. 在减压阀（26）的出口安装一个四通接头，从该四通的一个接口连接一根软管至压力表（17），从另一个接口连接一根软管至液压缸（25）的无杆腔，该四通的最后一个接口则连接至步骤“c”中使用的单向阀的正向油口。
 - f. 顺序阀的出口也安装一个三通接头，连接该三通的一个接口至步骤“d”中使用的单向阀的正向油口，该三通的另一个接口连接至液压缸（22）的无杆腔。
 - g. 在缸（22）的有杆腔油口上安装一个三通接头，连接该三通的一个接口至液压缸（25）的有杆腔，另一个接口则连接至方向阀（14）的“A”口。
 - h. 顺序阀和减压阀的泄油口均应用软管连接至接管排（27）上的泄油口。
 - i. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - j. 将减压阀（26）的调整旋钮完全退出，顺序阀（15）的调整旋钮则拧入到底。
 - k. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - l. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 350 psi (24 bar)，[如果压力达不到 350 psi (24 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



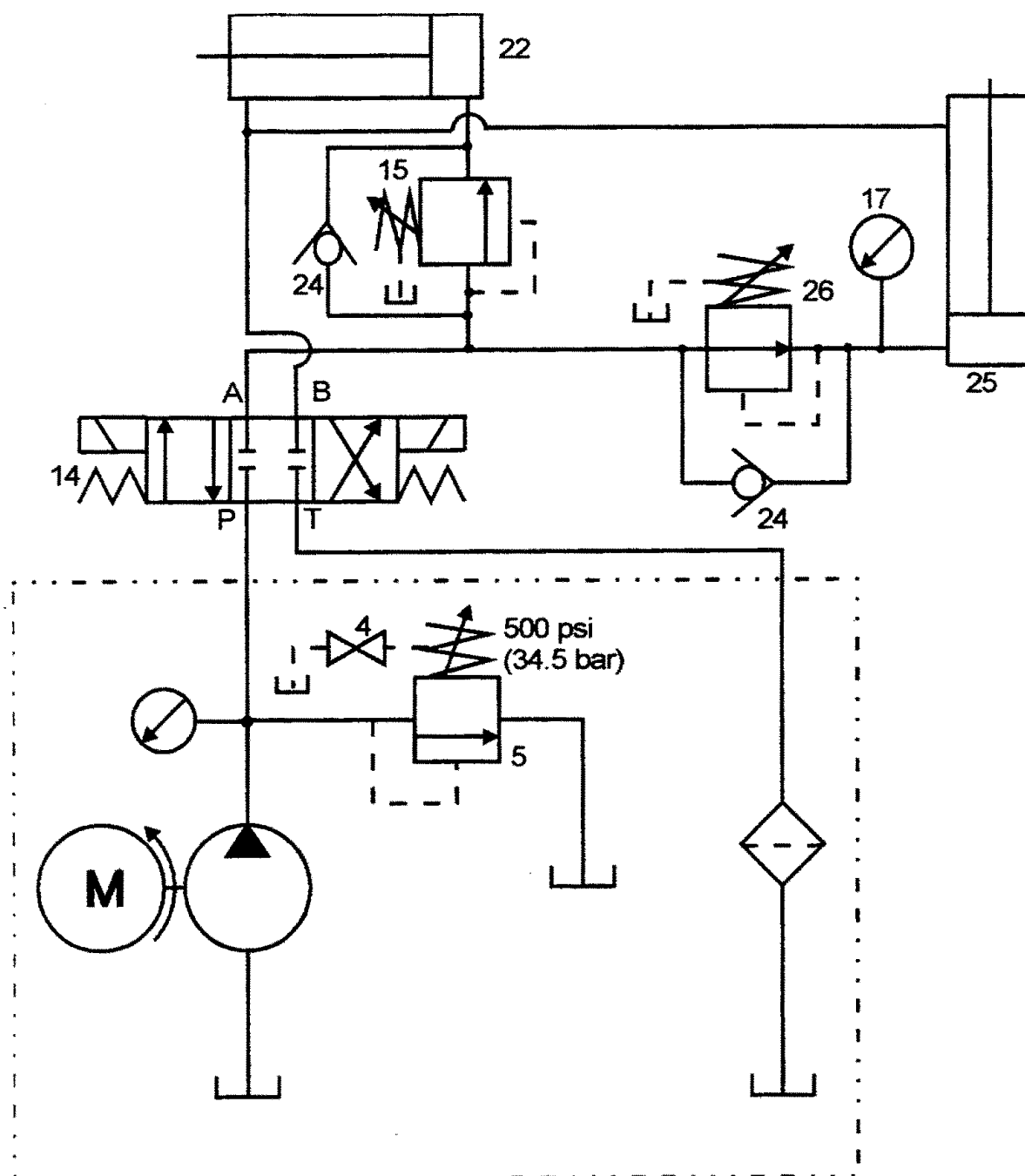
警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- m. 方向控制阀（14）换向，垂直缸（25）应立刻动作，当其活塞杆完全伸出时，调整减压阀设定值至 250 psi (17 bar)。垂直缸（25）的活塞杆完全伸出后，减压阀上游的压力升高，至系统压力为 350 psi (24bar) 时退回顺序阀（15）的调整旋钮，同时观察水平液压缸（22）

的状况，当水平缸（22）开始动作时，顺序阀则已调整到设定值 350 psi (24bar)。

- n. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar)，操纵系统再次动作并且观察系统的工作情况。
- o. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。

练习 32 实验回路图



练习 32 问题

1. 按照 ISO 1219 标准画出顺序阀和减压阀的详细图形符号。
2. 在两液压缸的活塞杆缩回的过程中，两缸的活塞杆将同时开始缩回，但是有一个缸会停止，直到另一个缸的活塞杆完全缩回后再动作，解释这种现象的原因，能消除吗？如果能，怎样消除？

实验练习 33 交叉溢流

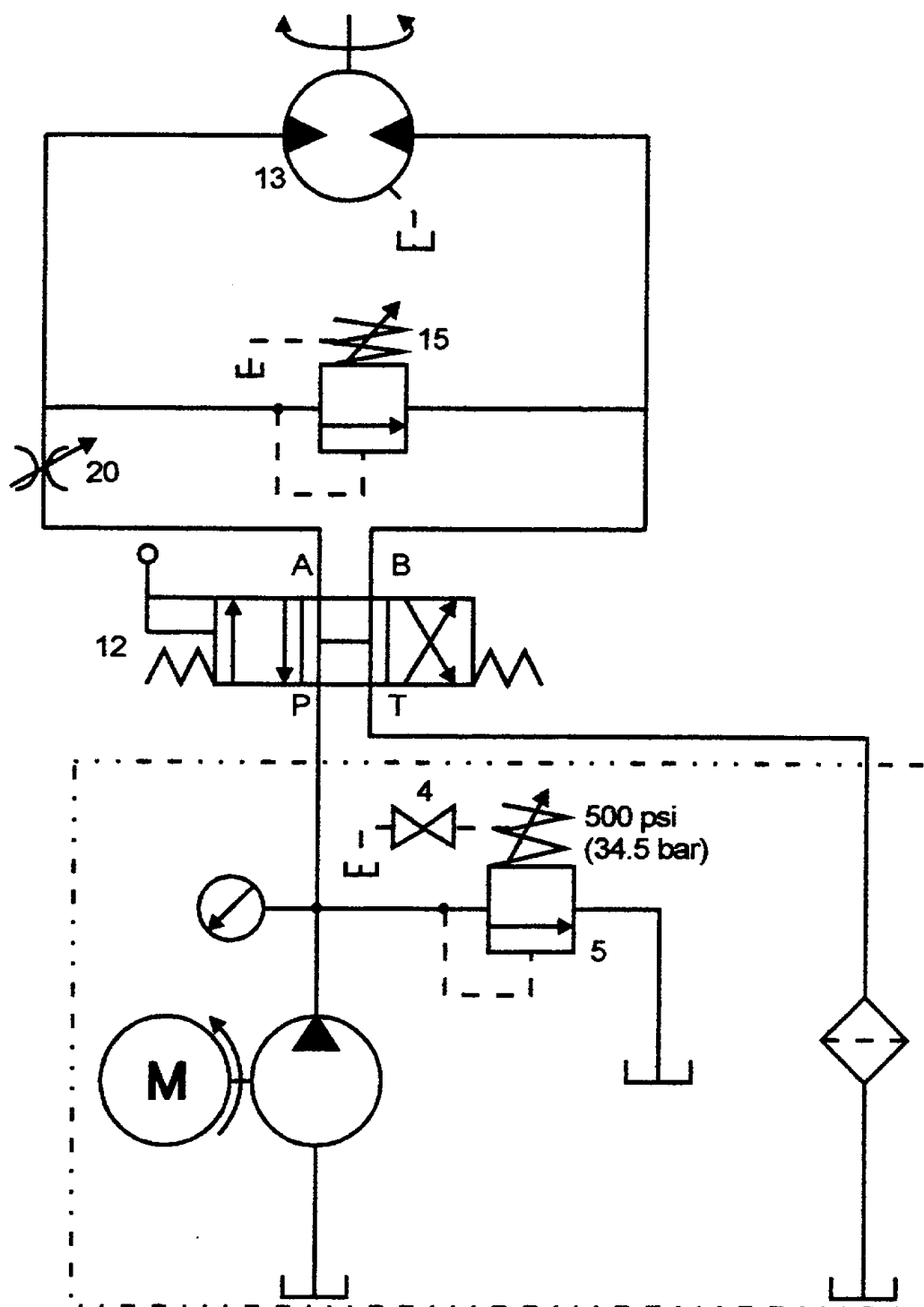
- I. 说明：本实验练习的目的是演示说明液压马达的交叉溢流回路。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 14 章）。
- II. 装拆元件：软管、三通和四通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参照实验练习 29，预先设定顺序阀（15）的压力为 300 psi (21 bar)。
 - c. 按照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，方向控制阀的回油口“T”用软管连接至接管排上的一个回油口。
 - d. 从方向阀（14）的工作油口“A”连接一根软管至针阀（20）的进口，在针阀的出口处安装一个三通接头，从该三通的一个接口连接一根软管至顺序阀（15）的进口。
 - e. 在液压马达（13）的左侧油口上安装一个三通接头，从三通的一个接口连接一根软管至针阀（20）进口处三通的剩下一个接口，三通的另一个接口则连接至顺序阀（15）的进口。
 - f. 在液压马达（13）的右侧油口上也安装一个三通接头，连接该三通至顺序阀（15）的出口和方向阀（14）的工作油口“B”。
 - g. 顺序阀的泄油口应用软管至接管排上的一个泄油口。
 - h. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - i. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - j. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- k. 确认针阀（20）完全打开，当该针阀关闭时，它在这个回路中用来模拟马达的堵转。
- l. 将方向阀（14）换向至“B”口通压力，快速关闭针阀（20），观察系统的响应情况。
- m. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。
- n. 在拆卸实验回路之前，学员应当完成练习给出的问题。
- o. 拆卸回路，并把软管、三通和四通接头等放回原处。

练习 33 实验回路图



练习 33 问题

1. 用 H 型中位机能方向阀替代 O 型机能中位的方向阀，为了防止双向马达发生气穴，在系统中需要什么样的其他元件？画出变更后的液压回路原理图，在用于连接回路之前，请指导教师予以确认。

实验练习 34 电磁溢流阀

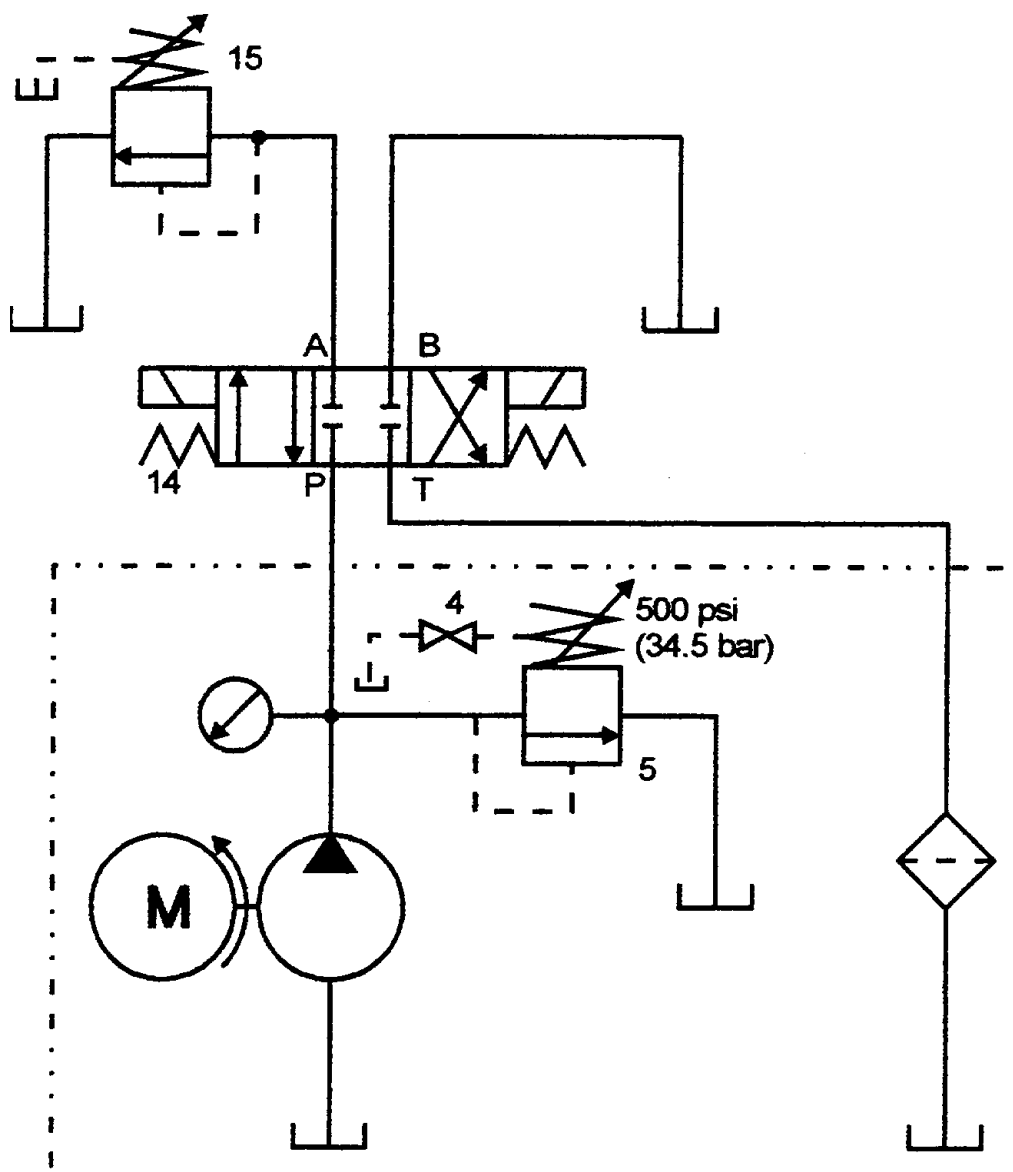
- I. 说明：本实验练习内容是模拟 3 级压力的液压系统，包括两级最高工作压力和一级液压泵卸荷压力，均由电磁溢流阀来控制。实际的液压系统可能要求完成多个不同的动作，需要不同的压力限制，同时设备也会存在较长的空载时间，要求液压泵卸荷，以节约能量和减少发热。（参考教材 0232-B1 《工业液压技术》第二版，第 12 章）。
- II. 装拆元件：软管、三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参照下一页所示的实验回路图，从接管排（27）上的一个压力油口连接一根软管至方向控制阀（14）的压力油口“P”，方向控制阀的回油口“T”用软管连接至接管排上的一个回油口。
 - c. 从方向阀（14）的“A”口连接一根软管至顺序阀（15）的进口，从顺序阀（15）的出口用软管连接至接管排上的一个回油口，顺序阀的泄油口需连接至接管排上的一个泄油口。在本练习试验中，仅为演示的目的，故将顺序阀（15）作溢流阀使用。
 - d. 从方向阀（14）的“B”口连接一根软管至接管排上的一个回油口。
 - e. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - f. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - g. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- h. 方向控制阀（14）处于中位，观察系统中压力的建立情况。
- i. 将方向控制阀（14）换向至“A”口通压力，设定顺序阀（15）的压力为 350 psi (24 bar)。
- j. 将方向控制阀（14）换向至“B”口通压力，系统压力应降至接近零。
- k. 通过方向阀在三个阀位上的切换，可获得三档不同的压力设定：500 psi (34.5 bar)，350 psi (24 bar)和卸荷。
- l. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。
- m. 在拆卸实验回路之前，学员应当完成练习给出的问题。
- n. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 34 实验回路图



练习 34 问题

1. 说明电磁溢流阀的功能。
2. 画出两级电磁溢流阀的液压图形符号。
3. 说明若方向控制阀采用不同的阀芯机能（例如：O 型、H 型和 Y 型）会出现何种工作特性。

实验练习 35 不用方向控制阀的方向控制 - 介绍插装阀系统

- I. 说明：本实验练习要求学员建立一个液压回路，该回路使用流量控制阀来替代方向控制阀，其可控流量超过液压缸要求的流量。该模拟回路演示了插装阀集成块系统的基本原理，系统中使用的插装阀提供的可控流量可超过系统要求的流量。
- II. 装拆元件：软管、三通接头
- III. 步骤：
 - a. 参见第 2 页上的安全检查表。
 - b. 参照下一页所示的实验回路图，将接管排（27）上的压力油口连接至两个分别用作进油节流控制和回油节流控制的单向节流阀（23）。
 - c. 两单向节流阀的出口分别连接到液压缸（22）的两腔，并分别串接流量控制阀（20）和（21）后连接至接管排（27）上的回油口。
 - d. 检查回路连接应无误，将溢流阀（5）完全退出，“打开”溢流阀释压球阀（4）（手柄处于水平位置），使溢流阀彻底卸荷。
 - e. 起动液压动力源电动机，并慢慢关闭释压球阀（4）。
 - f. 在液压泵不向系统提供流量的情况下，调节溢流阀（5），设定系统压力至 500 psi (34.5 bar), [如果压力达不到 500 psi (34.5 bar)，应将溢流阀退回至最低压力，然后通知指导教师。]



警告！ 压力不得超过 500 psi (34.5 bar)，否则会造成电机堵转，电气线路跳闸。

- g. 将溢流阀（5）退回到最低压力，关停液压动力源电动机。
- h. 在拆卸实验回路之前，学员应当完成本练习给出的问题。
- i. 拆卸回路，并把软管、三通等放回原处。

练习 35 问题

图示的回路是由常闭阀构成的典型插装阀系统。在表 1 和表 2 中，对回路能实现的各种功能，在相应的方框内填入“X”，表 1 用于伸出和缩回的基本回路，表 2 则用于差动回路。

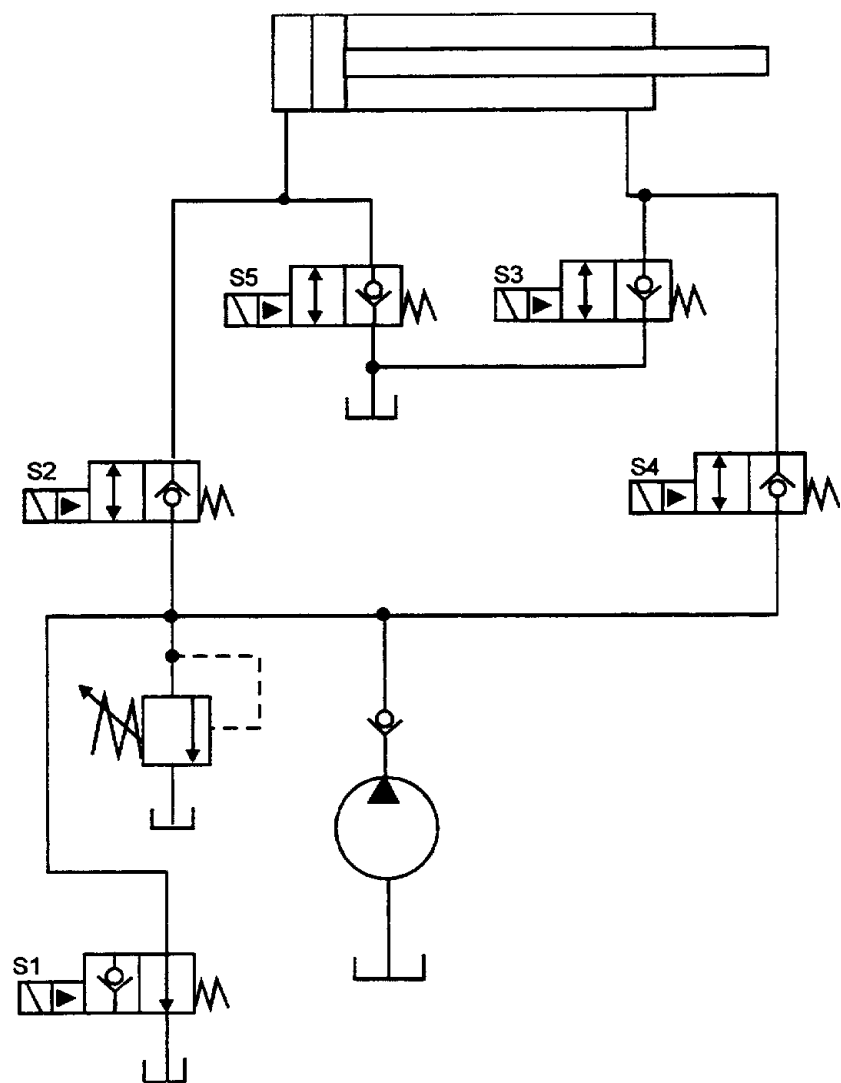


表 1					
功能					
中位					
伸出					
缩回					

表 2					
功能					
中位					
伸出 - 差动					
伸出 - 标准					
缩回					

传动控制培训部

Parker Hannifin Motion & Control (Shanghai) Co.,Ltd

280 Yunchiao Road Jin Qiao Export
Processing Zone, Shanghai 201206
China

Tel:(86) 21 50312525

Fax:(86) 21 58348975

Web Site:<http://www.parker.com/China>

派克汉尼汾液压系统(上海)有限公司

地址：中国上海市金桥出口加工区云
桥路280号

邮编：201206

电话：(86-21) 5031 2525

传真：(86-21) 5834 8975

网址：<http://www.parker.com/chian>

Parker Hannifin Corporation

Motion & Control Training Dept.W3MC01

6035 Parkland Blvd.

Cleveland, OH 44124-4141

Tel:(216)896-2495

Fax:(216)514-6738

Web site: <http://www.parker.com/training>

E-mail:mctrain@parker.com

