

随动系統譯文集

北京工学院編譯



國防工業出版社



随动系统译文集

北京工学院编译



国防工业出版社

內容簡介

本文集系根据苏联“自动学及运动学”杂志，自动调整原理第五卷等书籍中有关随动系统设计及计算的文章翻译而成。这一集内容包括自动控制及调节系统中常用的液压及气动元件——节流控制的液压功率放大器，液压及气压校正元件，节流装置——的工作原理及设计计算方法。非线性自动调节理论，以及利用非线性速度反馈来提高随动系统工作质量等五篇文章。在这些文章中，除介绍工作原理及设计计算方法外，还列举了实验研究结果。

本书可供高等学校自动控制专业教师、高年级学生以及从事自动控制及调节系统设计及制造的工程技术人员参考。

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 3 $\frac{6}{16}$ 70 千字

1960 年 4 月第一版

1960 年 4 月北京第一次印刷

印数：0,001—6,500 册 定价：(11-8) 0.56 元

NO: 342

目 录

液压自动系统中节流阻力的液压损失系数的确定.....	5
节流控制的液压放大器.....	14
液压及气动校正元件.....	29
位置随动系统非线性速度反馈特性曲线的选择.....	55
大差异非线性系统的线性化.....	74

液压自动系统中节流阻力的

液压损失系数的确定

И. Н. 基 敏

本文以实验研究结果为基础，叙述套筒式和层片式节流装置液压损失系数的求法。

为了限制各种液压系统，其中包括液压调速器的液流，常应用节流器，它的结构简图见于图 I-1。

我们常可遇到这种情况，节流器几何尺寸同液流状态配合适宜时，工作液通过节流孔形成层流。这时，节流孔入口的形状起很大作用。

通常适用于已形成层流或紊流的公式，不能再用来计算这种节流器。不过下面将要谈到，在我们所研究的未形成层流的情况下，仍可利用通用的威斯巴赫(Вейсбах)公式

$$\Delta P = k \frac{v_{cp}^2}{2g} \gamma, \quad (1)$$

式中 k ——总的液压损失系数，它同时考虑了局部阻力和摩擦损失。这时，只要用一定形式给出公式中 k 值就行了。

k 值可表示为参数 l/l_n 的单值关系，其中 l ——节流器工作孔的长度， l_n ——层流开始段的长度，它等于 $0.05 d Re$ [1]，所以

$$\frac{l}{l_n} = \frac{l}{0.05 d Re}, \quad (2)$$

其中 Re ——节流孔中液流的雷诺数, d ——节流孔直径。

曾經对 27 个节流器进行过試驗, 它們的几何参数列于表 1 中[3]。

表 1

节流孔 編号	d , 厘米	l , 厘米	l/d	节流孔 編号	d , 厘米	l , 厘米	l/d
1	0.12	0.08	0.66	18	0.04	2.0	50
2	0.12	0.36	2.8	24	0.04	4.0	100
3	0.10	0.08	0.8	14	0.035	0.09	2.57
4	0.10	0.29	2.9	19	0.035	1.0	28.5
5	0.08	0.03	0.37	23	0.035	2.0	58
6	0.08	0.192	2.4	25	0.035	4.0	114
7	0.075	0.018	2.4	16	0.03	0.083	2.67
8	0.06	0.03	0.5	17	0.03	0.5	16.5
9	0.06	0.15	2.5	22	0.03	1.0	33.3
10	0.06	0.5	8.0	26	0.03	2.0	67
12	0.06	1.0	16.1	20	0.02	0.06	3.0
15	0.06	2.0	32.2	21	0.02	0.5	25
11	0.05	0.13	2.6	27	0.02	1.0	50
13	0.04	0.1	2.5				

試驗时采用变压器油, 其运动粘度 $\nu = 27 \times 10^{-2}$ 斯, 比重 $\gamma = 0.876$ 克/厘米³。試驗过程中节流孔內的压力差在 0 到 2.0 公斤/厘米² 范围内以 0.2 公斤/厘米² 的間隔变化。流量随节流器前后压力差的变化特性曲綫画于图 I-1 和 II-2 中, 图上横座标表压力差, 纵座标表体积流量。曾經根据公式 (1) 和 (2) (式中 $\nu_{cp} = \frac{4Q}{\pi d^2}$ 和 $Re = \frac{\nu_{cp} \cdot d}{\nu}$) 对于上述散射状特性曲綫的六十个点計算过 k 和 l/l_n 值。图 I-3 中曲綫 1 即是求得的关系 $k = f(l/l_n)$, 对于所有試驗的节流器在选定的工作规范下这是唯一的曲綫。

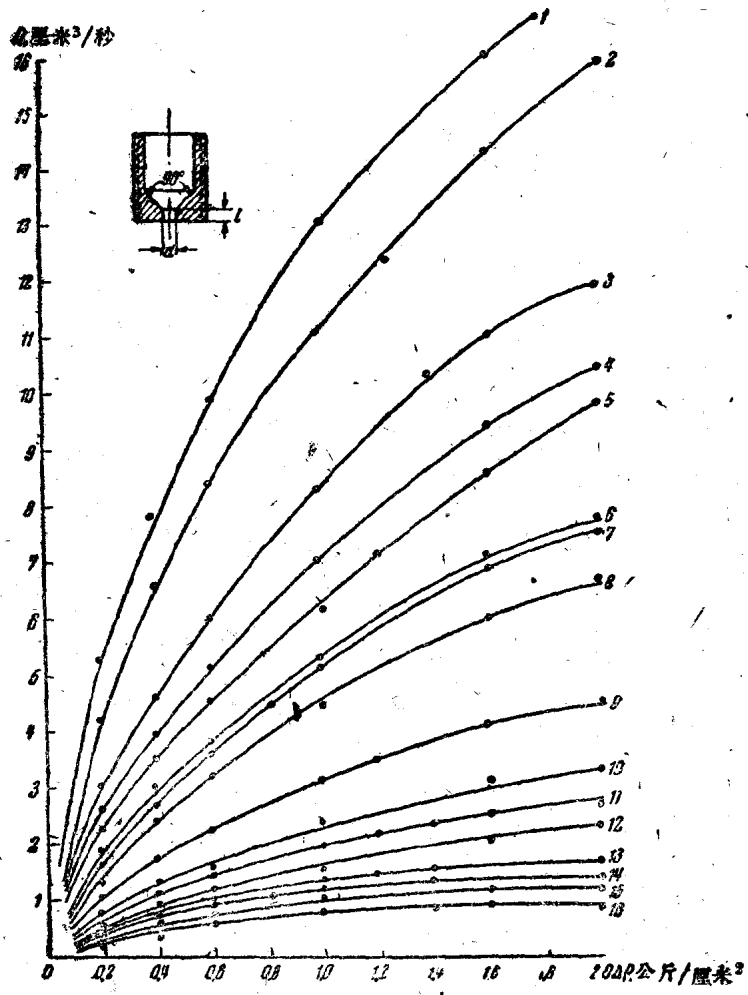


图 I-1

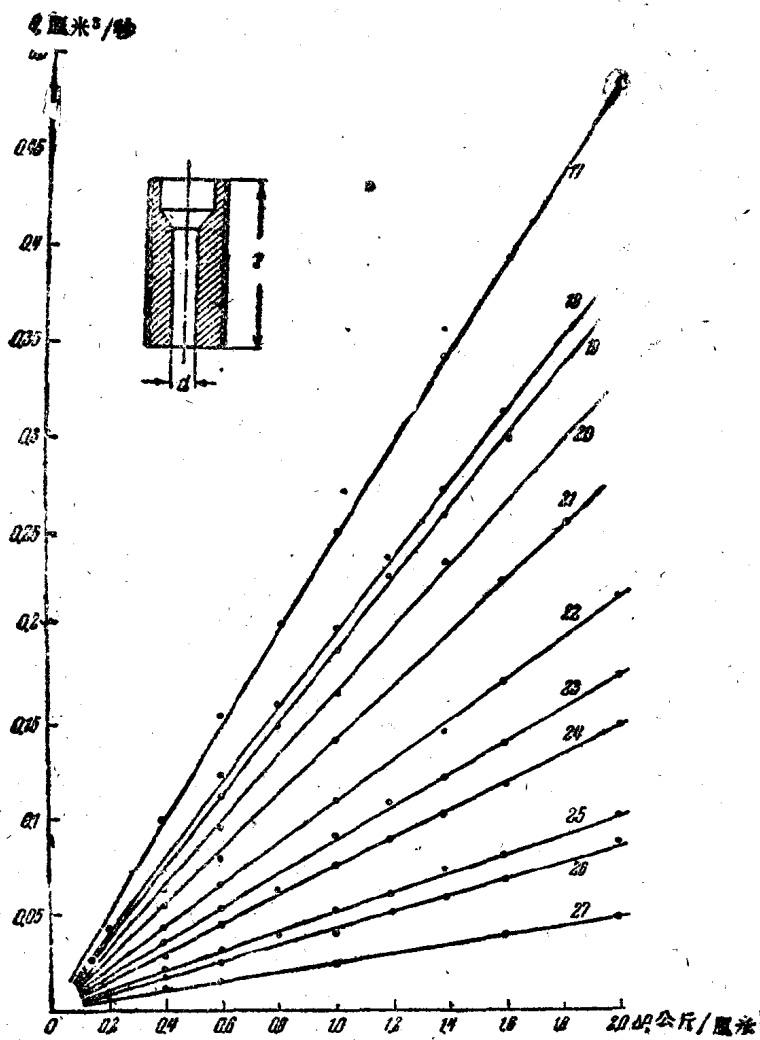


图 I-2

液压损失系数 k 包括了由 k_1 表示的局部损失和 k_2 表示的摩擦损失。我們根据按照西列尔——布西涅斯克(Шиллер-Бусинеск)的理論計算的資料 [2], 建立 k_1 对 l/l_n 的关系(图 3 中曲線 6 和 7)。

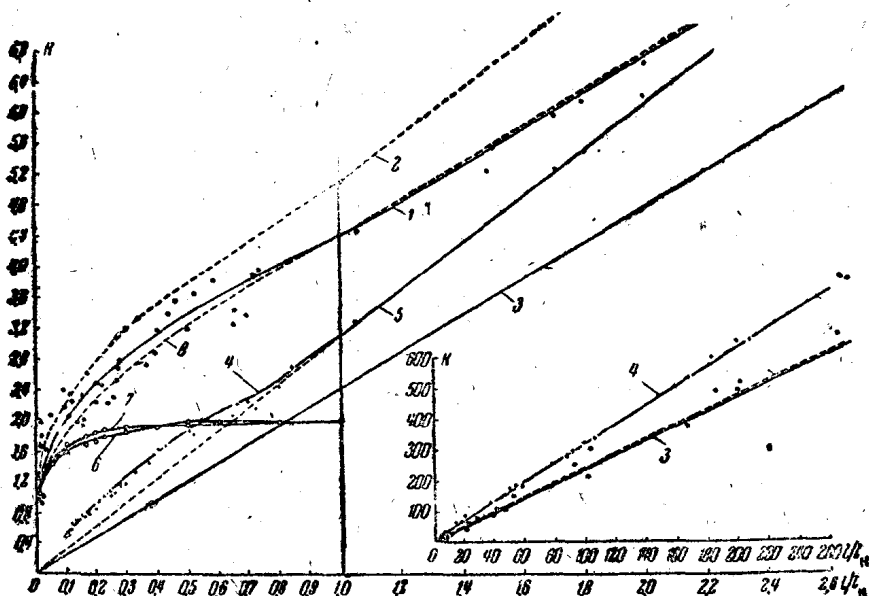


图 I-3

为了求 k_2 , 我們取下面的規律

$$k_2 = \frac{48}{\text{Re}} \cdot \frac{l}{d},$$

它得自 $l/d > 16$ 的节流孔的實驗結果。在这一条件下, 与摩擦损失相比, 局部损失甚小(曲線 3)。将用上述方法計算得的 k_1 和 k_2 加起来, 得出曲線 8。这时在起始区域 ($0 < \frac{l}{l_n} < 1$), 曲線 8 与曲線 1 很接近, 而在已形成层流的区域 ($\frac{l}{l_n} > 1$), 二者重合在一起。如果为了求 k_2 取下述規律

$$k_2 = \frac{A}{\text{Re}} \cdot \frac{l}{d},$$

式中系数 A ，在层流区域按照巴烏捷尔 (Пауээль) 定律等于 64，而在起始区域系数 A 是 l/l_n 的函数 (根据参考书 [2] 的资料)，它大于 64 (k_2 的两条相应曲线在图 I-3 中以号码 5 和 4 标出)，则把求得的 k_2 和 k_1 (曲线 6 或 7) 相加得到曲线 2。按这条曲线总的液压损失系数平均超过前面计算的值 (曲线 1) 25%。

我们举一个例子，来说明图 I-3 中的特性曲线 1 的利用
已知节流孔 $d = 0.06$ 厘米， $l = 0.5$ 厘米，给定流量 $Q = 2.5$ 厘米³/秒，工作液运动粘度 $\nu = 0.3$ 斯，比重 $\gamma = 0.876$ 克/厘米³。
试求节流孔中的压力差。得到

$$l_n = 0.054 \text{Re} = \frac{0.2Q}{\pi \nu} = 0.568 \text{厘米};$$

$$l/l_n = 0.855.$$

由曲线求得 $k = 4.05$ ；公式 (1) 中取 $v_{cp} = \frac{4Q}{\pi d^2}$ 我们即可求出 $\Delta P = 1.36$ 公斤/厘米²。

上述曲线还可用来计算所谓层片式节流器 (图 4)，它由一连串带节流孔的相同薄片组成。在这种场合下，每个节流阻力片的液压损失与它的总数 n 无关，仍旧是 l/l_n 的函数。当节流片之间各区段的阻力都相同时，节流器每一部分节流阻力的计算的总液压损失应增加一个附加损失量，它是由于液流在节流片间区段上转折、摩擦等等所引起的。

层片式节流器一个节流阻力的合成液压损失可由公式 (1) 求得，式中 ΔP ——一个节流阻力前后的压力差。对于全部节流片来说，液压损失等于单个节流片 (节流阻力) 损失的总和。

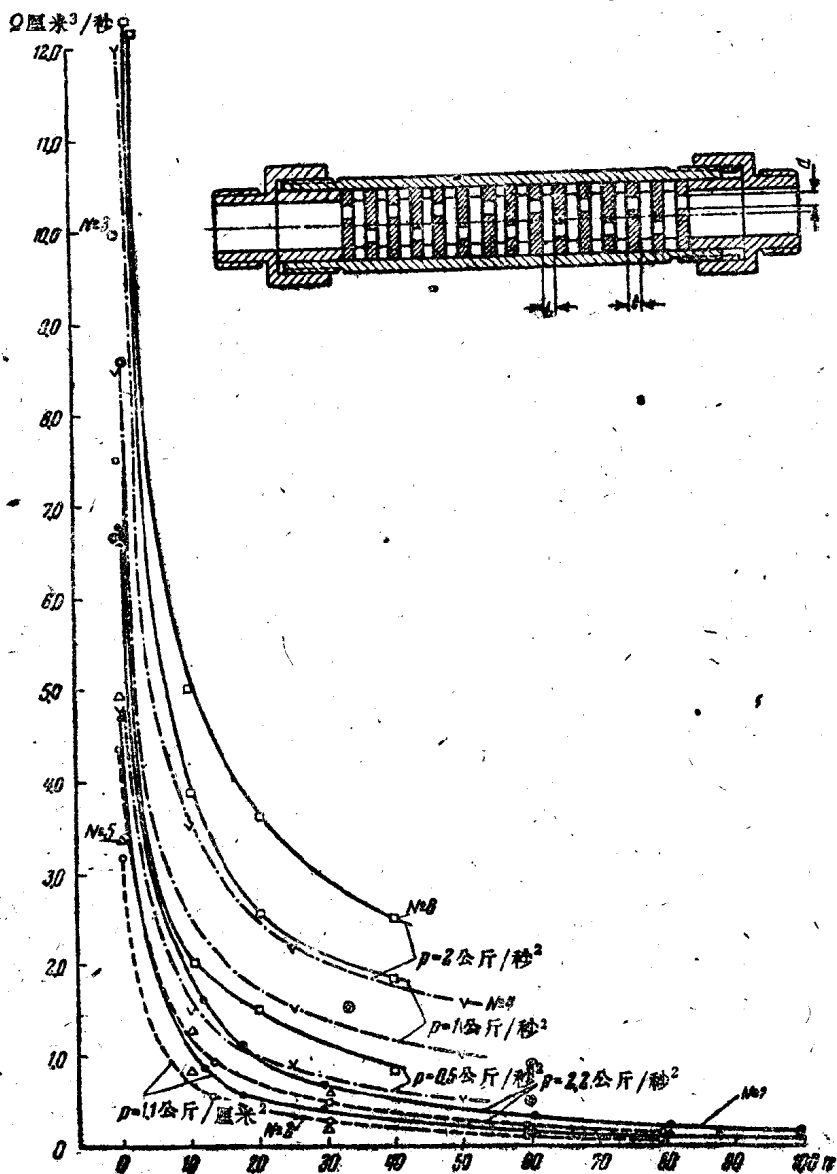


图 I-4

曾經試驗了五个层片式节流器，它們的几何参数列于表 2[3]。

表 2

参 数	节 流 器 編 号					
	1	2	3	4	5	6
d , 厘米	0.06	0.06	0.08	0.1	0.06	0.12
l , 厘米	0.03	0.15	0.03	0.08	0.08	0.08
L , 厘米	0.05	0.2	0.05	0.08	0.08	0.08
n	100	80	100	50	40	40

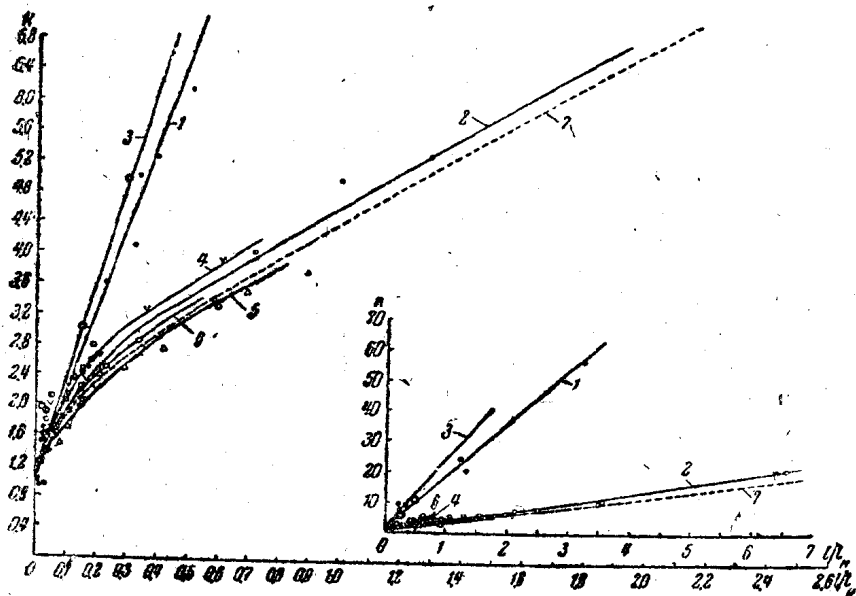


图 I-5

試驗时采用变压器油 ($\nu = 27 \times 10^{-2}$ 斯, $\gamma = 0.876$ 克/厘米³)。当节流器前后的压力差分别等于2.0~2.2, 1.0~1.1和0.5公斤/厘米²时, 流量对节流阻力(层片)数目的变化特性曲线示于图 I-4。

对于所有层片式节流器, 曾經用公式(1)和(2)求过一个液压阻力在各种試驗规范下的 k 和 l/l_n 值。得出的各点示于图5上。每个几何尺寸已定的层片式节流器(№2, 4, 5和6); 无论节流阻力(层片)的数目是多少, 在所有工作规范下都得出一致的曲线(对应于2, 4, 5和6); 它与曲线7(相当于图 I-3的曲线1)很接近。曲线1和3(对应着节流器1和3的节流片)相对曲线7的偏差决定于节流器中节流片間孔道长度 L 的縮短所引起的附加摩擦損失。

参 考 书 目

1. Правдтль Л., Титъенс О. Гидро-и аэромеханика. ОНТИ, 1935.
2. Френкель Н. З. Гидравлика. Энергоиздат, 1947.
3. Шашков А. Г. Экспериментальное и теоретическое исследование дросселирующих органов и гидравлического реле типа «сопло-заслонка», работающего на масле. Диссертация. ИАТ АН СССР, 1955.

(李亨标譯自《Автоматика и телемеханика》1957. №1)

节流控制的液压放大器

B. A. 霍赫洛夫

本文是对应用在电气液压随动系统和自动调节系统中的
一些节流控制液压功率放大器所进行的一篇比较性的概述。
它是根据发表在苏联和国外的期刊上和在苏联科学院自动学
与远距离控制研究所 (ИИТ АН СССР) 进行研究的成果综合而成的。

引言

近来电气液压系统已经在自动调节和控制工程方面得到了广泛地运用。这种系统之所以获得成效，在很大程度上是由于采用了液压功率放大器。通常把这种在输入信号的功率放大同时又能使滑阀或其它液压执行机构控制装置发生位移作用的液压装置称为液压放大器。应用这种液压放大器可保证信号从电子管或磁放大器到液压执行机构输出的方向相同。液压放大器的检波性质表现在：作用在滑阀上的力（其中也包括在工作棱边上的液流反作用力）对用来控制液压放大器的功率较小的电气机械转换器和力矩马达不会有严重的影响。

与其它各种功率放大器相比较，液压放大器的优点是：
动态性能高，可靠，结构的简单且紧凑，尺寸很小而输出功

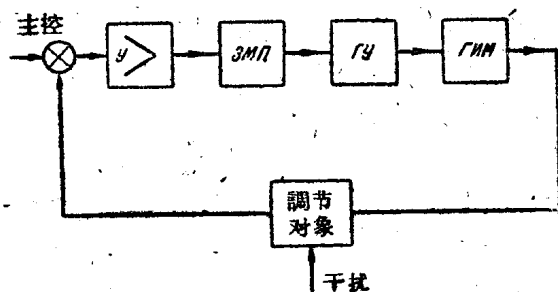


图 II-1 电气液压调节系统的典型结构图。У—电子管放大器或磁放大器；ЭМП—电气机械转换器；ГУ—液压放大器；ГИМ—液压执行机构。

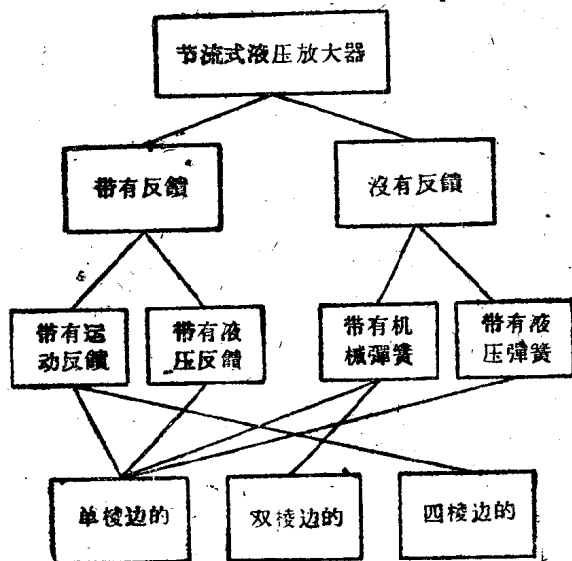


图 II-2

率巨大等等。

图 II-1 所示系带有液压放大器的电气液压调节系统的典型结构图。

在調節工程方面經常得到应用的有二种液压放大器型式——节流控制式和射流控制式。第一种放大器型式由于結構简单和动态性能高，所以应用較广。节流式液压放大器的分类列于图 II-2。

1 帶有反饋的液压放大器

单梭边液压放大器 图 II-3 a 上所表示的是帶有反饋的单梭边液压放大器原理图，这种放大器已經在西門子 (Siemens) 公司的电气液压自动駕駛仪的一个变体中应用。液压放大器的主要零件有：控制針閥 1，膜片 2，滑閥杆 3，柱塞 4 和节流套管 5。我們看看它的作用原理。压力为 P_0 的油进入輔助室 7，同时經過节流套管 5 进入工作室 8。油从工作室經過工作窗口 6 流到溢流腔。在沒有液体固定管道的輔助

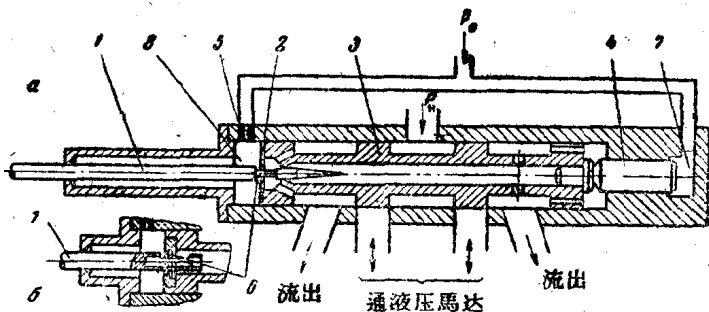


图 II-3 西門子 (Siemens) 公司的液压放大器: P_H —压油管道之压力; P_0 —液压放大器之供油压力。

室 7 內的压力保持始終不变，等于 P_0 。而在工作室的压力則由在节流套管 5 和工作窗口 6 处的液压損失之間的关系来决定。因此，作用在滑閥杆上有二个力：左边是工作室的油压在滑閥端面上所产生的力，而右边是輔助室液体工作压力在