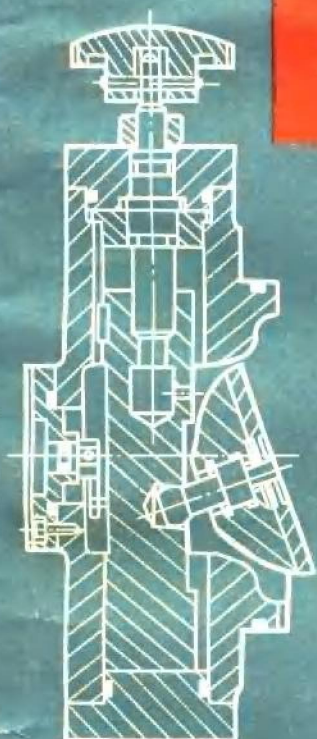


斜盘式轴向 柱塞泵设计

翟培祥



22

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了盘式配油的斜盘式轴向柱塞泵的结构型式、工作原理、制造装配工艺、性能试验与使用事项,并详细分析讨论了该型泵的运动学、受力状况及主要部位的设计计算,提出了主要结构要素和流体静压平衡计算。

本书可供从事液压工程研究、设计、制造和使用方面的技术人员参考。

斜盘式轴向柱塞泵设计

翟 培 祥

(限 国 内 发 行)

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $9 \frac{1}{2}$
字数 253 千字 印数1—7,000
1978年1月第1版 1978年1月第1次印刷
书号15035·2092 定价1.20元

序 言

液压传动技术是一种近代工业技术，可以借助导管向任一位置传递动力；可以借助控制压力油液的流动实现对负载的预定控制；可以实现小型机械化；可以实现无冲击大范围的无级调速；可以远距离操纵确定运动部分的位置、运动方向的变换、增减速度；便于实现自动化等，因而适应现代机械的自动化发展，广泛应用于各个技术领域中，象飞行器、各种工作母机、建筑机械与车辆、塑料机械、起重机械、矿山机械和船舶等等，均使用着液压传动，而且应用日益广泛。

我国社会主义革命与社会主义建设的蓬勃发展，为液压技术的发展与应用又开辟了更加宽广的领域。

目前液压传动的高压化趋势，使柱塞泵尤其是轴向柱塞泵得到了相应的发展，可是关于轴向柱塞泵设计方面的论述不多而且零散，为了适应发展的需要，遵照伟大领袖毛主席关于“**要认真总结经验**”的教导，编写了本书，系统介绍了盘式配油的斜盘式轴向柱塞泵的概况、原理与结构型式；并较详细地分析讨论了该型泵的力学计算基础和泵主体主要部位与变量机构的设计计算；介绍了液压泵的主要性能与试验，主要零件的制造工艺及泵的装配，以及泵的使用维护知识等，以期能对从事液压泵的研究、设计、制造与使用方面的技术人员有所增益。

在编写过程中，曾由上海煤矿机械研究所赵伟国同志审校，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于作者水平所限，谬误与不妥之处在所难免，谨希读者批评指正。

作 者

目 录

第一章 概论	1
1.1斜盘式轴向柱塞泵的概况	1
1.2工作原理	42
1.3结构剖析	44
1.4主要参数	50
第二章 运动分析	56
2.1运动学	56
2.2输油率及其脉动	60
第三章 受力分析	65
3.1柱塞与滑靴的受力	65
3.2缸体受力	72
3.3斜盘受力	86
3.4泵轴受力	96
第四章 主要部位设计	101
4.1柱塞副	101
4.2球铰副	116
4.3滑靴副	117
4.4配油部位	137
4.5转子及其轴承	171
4.6斜盘机构	179
4.7泵轴	183
第五章 变量机构	188
5.1手动变量机构	193
5.2伺服变量机构	196
5.3压力补偿变量机构	213
5.4恒压变量机构	219
5.5恒输油率变量机构	224

第六章 主要性能与试验	226
6·1气穴与吸入性能	226
6·2效率	231
6·3寿命	245
6·4振动与噪音	246
6·5液压泵的试验	250
第七章 制造工艺与装配	271
7·1液压件加工概述	271
7·2泵体加工	272
7·3泵壳加工	274
7·4缸体与外套(转子轴承内圈)的加工	275
7·5配油盘加工	277
7·6柱塞与滑靴的加工	278
7·7泵的装配	282
7·8出厂试验	285
第八章 液压泵的使用	287
8·1液压系统与液压泵选择	287
8·2工作油液及其过滤	288
8·3油箱与管路	296
8·4液压泵安装与运转	298

第一章 概 论

1.1 斜盘式轴向柱塞泵的概况

近年来，容积式液压传动的高压化趋势，使柱塞泵尤其轴向柱塞泵的采用日益广泛。轴向柱塞泵主要有结构紧凑，单位功率体积小，重量轻，压力高，变量机构布置方便，寿命长等优点，不足之处是对油液的污染敏感，滤油精度要求高，成本高等。

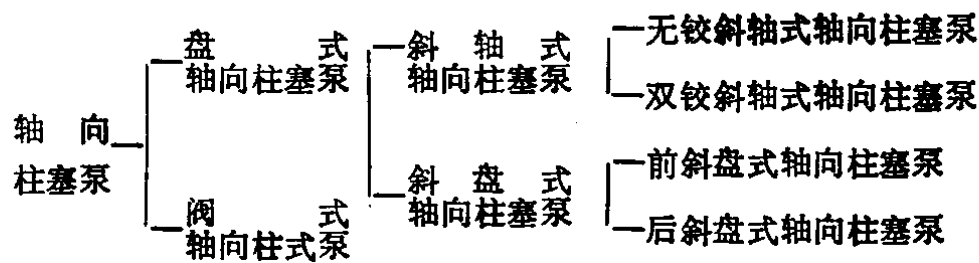


图 1-1 轴向柱塞泵分类

轴向柱塞泵，依其配油方式有阀式与盘式之分，如图 1-1 所示。阀式轴向柱塞泵由于吸排油阀的滞后现象，限制了泵轴转速不能高于1500转/分左右，再加上变量困难及阀式配油使泵失去了液压机械的可逆性（即不能换向或作液压马达使用），所以，阀式轴向柱塞泵主要用作 320 公斤/厘米²以上的定量泵，而变量型液压泵主要是盘式配油的轴向柱塞泵。

盘式配油的轴向柱塞泵主要有两类：一类是在1900~1910年间设计的坚内型轴向柱塞泵，如图1-2所示；一类是在 1924 年前后设计的托马型轴向柱塞泵，如图1-3所示。为了简化机构，提高性能，这两类液压泵经过了几十年的改进，目前，其主要发展趋

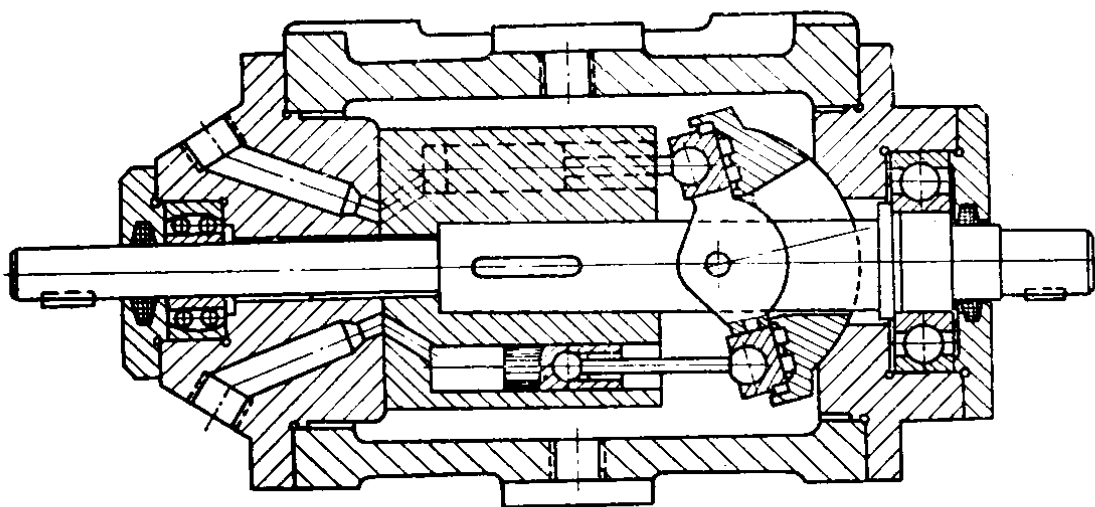


图 1-2 竖内型轴向柱塞泵

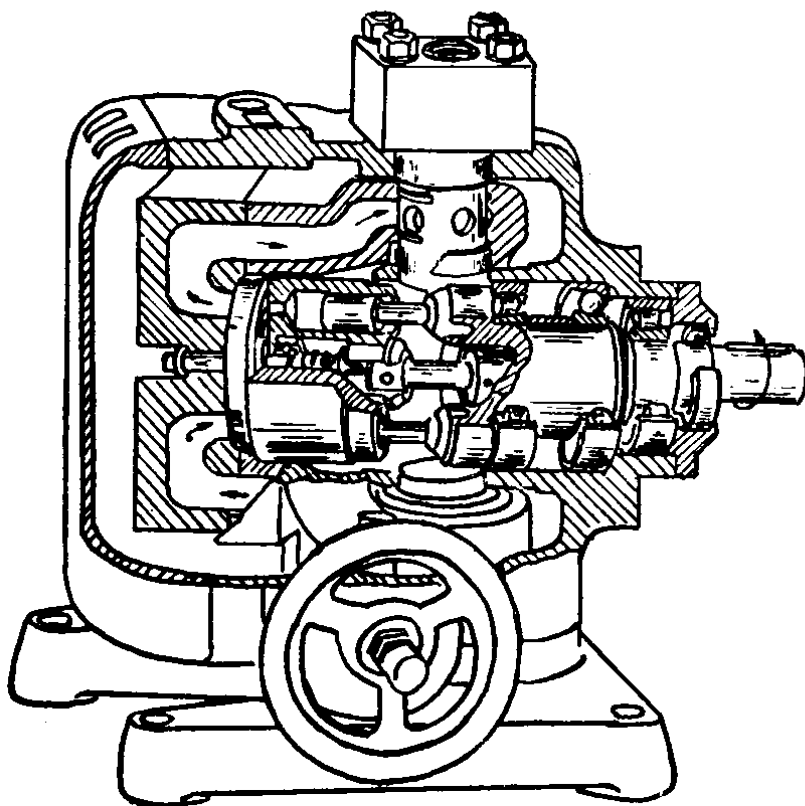


图 1-3 托马型轴向柱塞泵

势是：竖内型，从有连杆过渡到无连杆，以 Lucas 斜盘式轴向柱塞泵为代表，如图1-4所示；托马型，从双铰过渡到无铰，以 Thomaflex斜轴式轴向柱塞泵为代表，如图1-5 所示。

斜盘式与斜轴式轴向柱塞泵相比较，各有所长（如表1-1）。

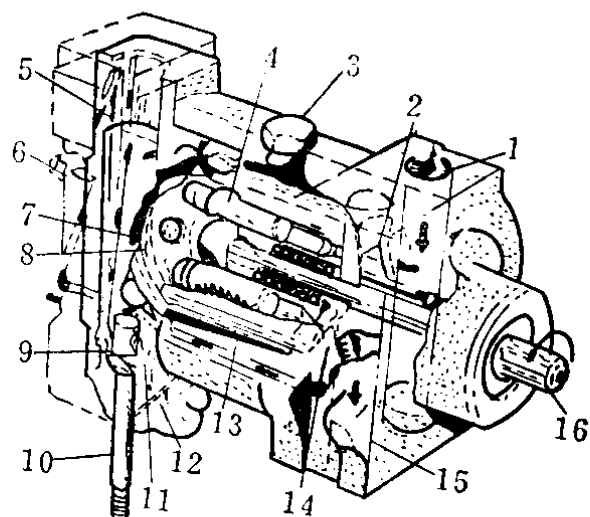


图 1-4 英国Lucas IP系列斜盘式轴向柱塞泵

1—主油路入口；2—油液经配油盘的入口；3—油塞；4—柱塞；5—伺服机构的活塞；6—单向阀；7—可调节的斜盘；8—滑靴的压盘；9—先导阀；10—伺服杆；11—伺服机构的油液返回泵壳；12—至油泵体的低压腔；13—缸体；14—配油盘的肾形出口孔；15—主油路出口；16—泵轴

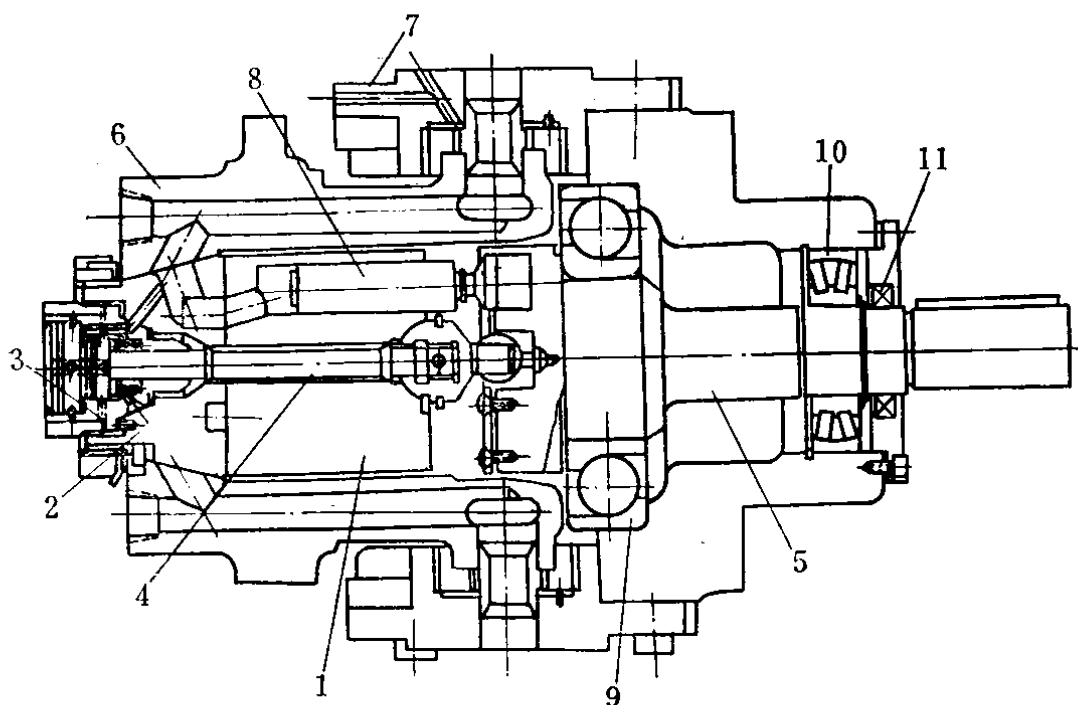


图 1-5 Thomaflex斜轴式轴向柱塞泵

1—缸体；2—配油盘；3—止推盖；4—中心轴；5—泵轴；6—缸体壳；7—侧盖；8—活塞组件；9—主轴承；10—前轴承；11—密封环

斜轴式轴向柱塞泵采用了驱动盘结构，使柱塞缸体不承受侧向力，所以，缸体对配油盘的倾复可能性小，有利于柱塞副与配油

部位工作，另外，允许的倾角大（一般情况，作泵时， $\beta_{max}=25^\circ$ ；作液压马达时， $\beta_{max}=30^\circ$ ），可是，结构复杂，工艺性差，需要使用大容量止推轴承，因而高压连续工作时间往往受到限制，成本高。斜盘式轴向柱塞泵，由于配油盘与缸体、滑靴与柱塞这两对高速运动副均采用了静压支承，省去了大容量止推轴承，具有结构紧凑，零件少，工艺性好，成本低，体积小，重量轻等优点，从而使该型泵获得了迅速发展，一些原来生产斜轴式轴向柱塞泵的厂家也先后发展了斜盘式轴向柱塞泵。

表 1-1 斜盘式与斜轴式轴向柱塞泵特点比较

型式	结构与加工	变量方式	轴承受力	体积与重量	容积常数 q_T 厘米 ³ /转	工作压力公斤/厘米 ² 最高压力	效率%
斜盘式 (盘式配油)	结构简单,有后斜盘式与前斜盘式之分,高精度零件的数量少	改变斜盘倾角变量机构简单	径向力与轴向力均不大	不大	4~500	$\frac{210\sim350}{280\sim400}$	85~92
斜轴式	结构复杂,有双铰式与无铰式两种。高精度零件的数量多	改变缸体倾角变量机构复杂	径向力与轴向力均大	大	50~1000	$\frac{\leq 210}{350}$	88~95

目前斜盘式轴向柱塞泵的连续工作压力多数在 210~350 公斤/厘米²范围，其峰值压力为 280~400公斤/厘米²左右，转速一般在3000转/分以下，容积常数大都在 300~500 厘米³/转以下，近年来已发展到2336厘米³/转。

斜盘式轴向柱塞泵，由于体积小，重量轻，变量机构简单，惯性小，故较适用于移动设备与自动控制系统，如起重运输机械、矿山机械，机床与锻压冶金机械的液压系统中。本文将讨论盘式配油的斜盘式轴向柱塞泵设计方面的一些问题。

斜盘式轴向柱塞泵，依其出轴方式可分为后斜盘式与前斜盘

式两种。斜盘位于泵轴后端的，称为后斜盘式轴向柱塞泵，如图 1-6a 所示；斜盘位于泵轴前端的，则称为前斜盘式轴向柱塞泵，如图 1-6b 所示。

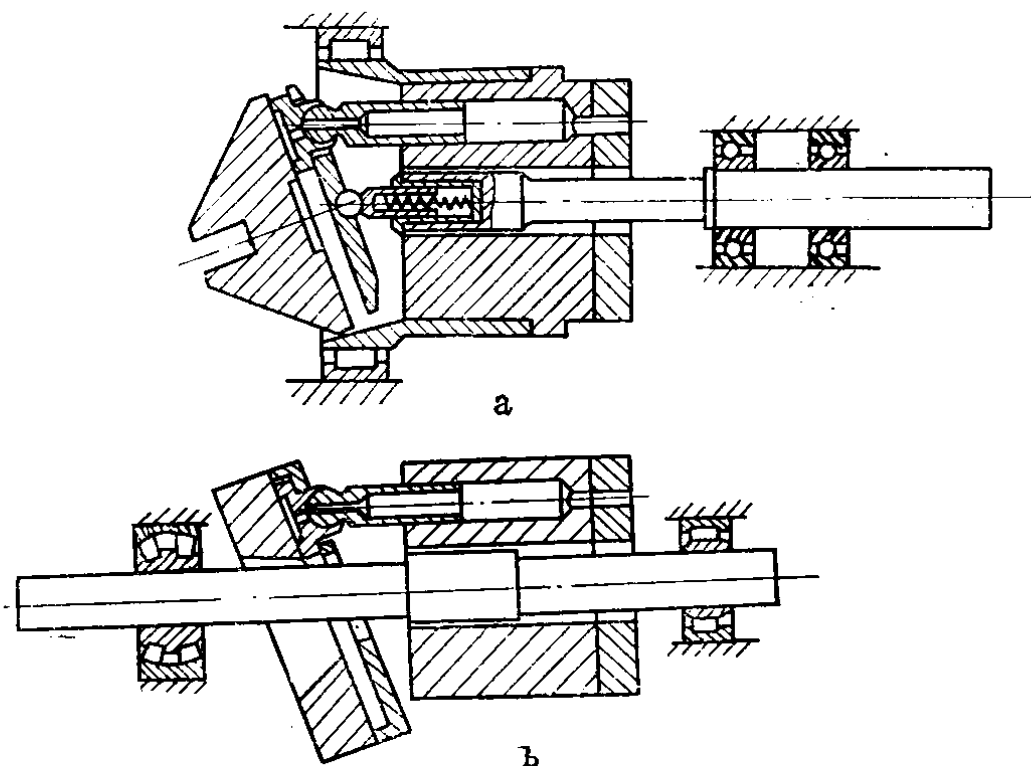


图 1-6 后、前斜盘式轴向柱塞泵结构原理图

后斜盘式轴向柱塞泵，目前有下列几种：

CY14-1型轴向柱塞泵

我国曾综合了国外后斜盘式轴向柱塞泵的优点，设计出 CY14-1型轴向柱塞泵，如图1-7a所示。该型泵的柱塞较长，改善了柱塞副的受力状况；泵壳为分段结构，便于加工，易保证精度要求；吸排油孔道平缓流畅，提高了泵的自吸能力；另外，配油盘顺缸体转向转过一定的角度，有助于防止气穴和减低噪音，其主要技术特征如表1-2a所列。

经过多年的实践，对 CY14-1 型轴向柱塞泵的问题相继作过两次改进，以标准化和缩小体积为主，改进为CY14-1A型轴向柱塞泵，后又针对常发生的配油盘烧损和斜盘磨损等问题，以及工艺问题，做了较大的结构改进，形成了CY14-1B型轴向柱塞泵，

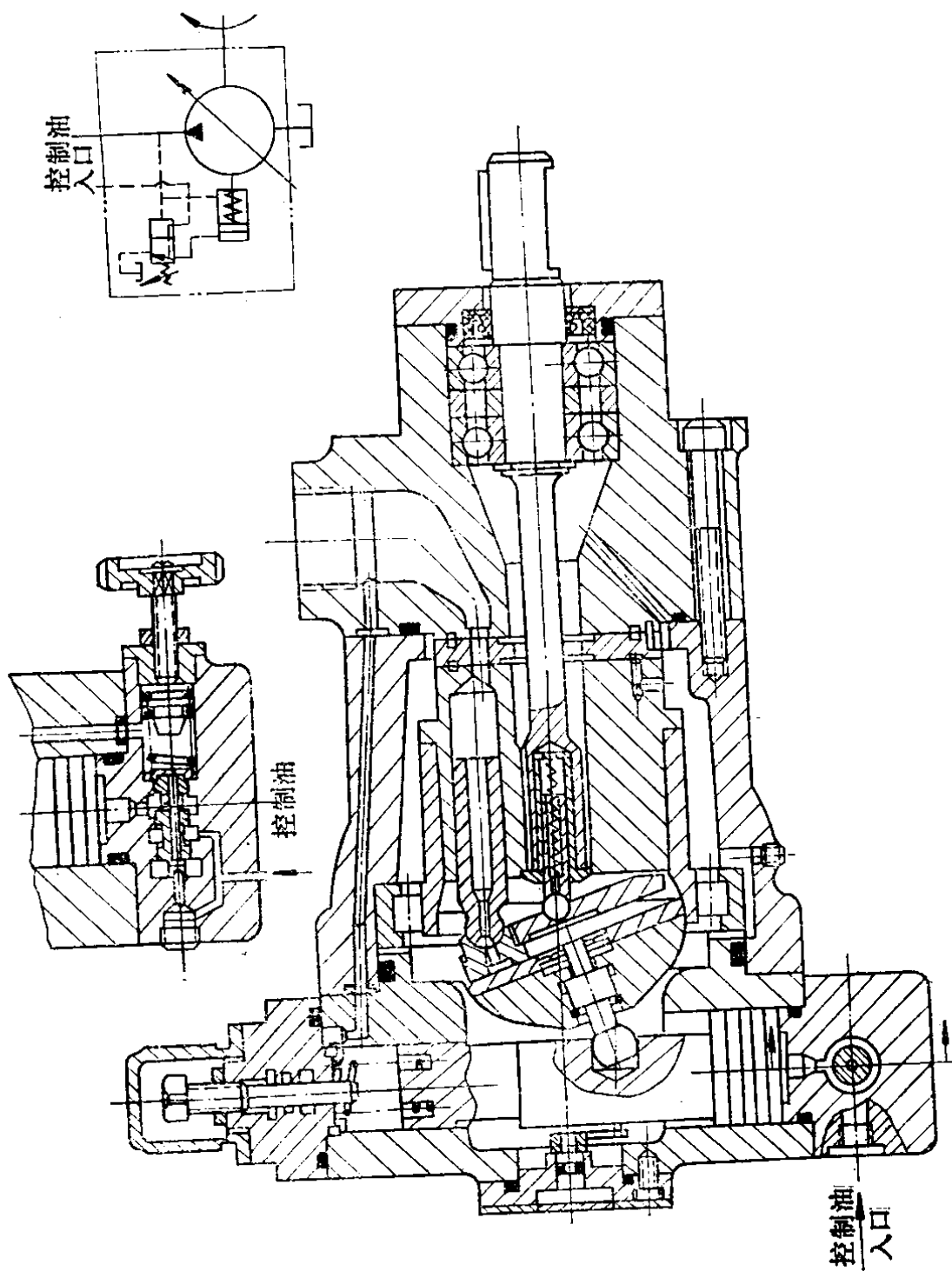


图 1-7b CY14-1B型轴向柱塞泵

如图1-7b所示,配油盘的辅助支承采用了强迫润滑,有助于减少烧盘故障;斜盘机构加设了止推板,改善了磨损状况;变量机构的拨叉结构改成销轴结构,简化了工艺。主要技术特征如表1-2b所列。

表 1-2a CY14-1型轴向柱塞泵技术特征

型 号		容积常 数 厘 米 ³ /转	公称压 力公斤 /厘米 ²	公称输油率 升/分		传动功率 千瓦		重量 公斤
				1000 转/分	1500 转/分	1000转/分	1500转/分	
10	CCY14-1	12.3	320	10	16	6.7	10	20
	YCY14-1					随调节特性变	随调节特性变	20
	SCY14-1					6.7	10	20
	MCY14-1							16
25	CCY14-1	32.4	320	25	40	17.3	26	40
	YCY14-1					随调节特性变	随调节特性变	40
	SCY14-1					17.3	26	40
	MCY14-1							34
63	CCY14-1	78.2	320	63	100	41.8	62.3	80
	YCY14-1					随调节特性变	随调节特性变	80
	SCY14-1					41.8	62.3	80
	MCY14-1							56
160	CCY14-1	176.04	320	160		94.5		130
	YCY14-1					随调节特性变		130
	SCY14-1					94.5		130
	MCY14-1							115
250	CCY14-1	275.98	320	250		148		230
	YCY14-1					随调节特性变		230
	SCY14-1					148		230
	MCY14-1							200

表 1-2b CY14-1B型轴向柱塞泵技术特征

技术特征	型 号	10CY14-1B 16CY14-1B	25CY14-1B 32CY14-1B	63CY14-1B 80CY14-1B
		$\frac{12.2}{16.6}$	$\frac{28.0}{35.5}$	$\frac{70.5}{90.1}$
理论容积常数 厘米³/转		$\frac{320}{200}$	$\frac{320}{200}$	$\frac{320}{200}$
连续工作压力 公斤/厘米²		3000	2500	2000
最高转速 转/分		$\frac{10}{16}$	$\frac{25}{32}$	$\frac{63}{8}$
1000转/分的公称输油率 升/分				
技术特征	型 号	160CY14-1B 200CY14-1B	250CY14-1B 320CY14-1B	400CY14-1B 500CY14-1B
		$\frac{175}{210}$	$\frac{277}{352}$	$\frac{422}{535}$
理论容积常数 厘米³/转		$\frac{320}{200}$	$\frac{320}{200}$	$\frac{320}{200}$
连续工作压力 公斤/厘米²		1500	1000	
最高转速 转/分		$\frac{160}{200}$	$\frac{250}{320}$	$\frac{400}{500}$
1000转/分的公称输油率 升/分				

ZB型轴向柱塞泵

该型泵的结构如图1-8所示，主要技术特征如表 1-3、1-4 所列。其结构大体上与 CY14-1 型泵一样，不同之处是：柱塞短些，中心加力装置为双弹簧式的，泵壳为整体结构，泵的吸排油孔道没有CY14-1型泵的平缓流畅，所以自吸能力差一些。

英国Lucas轴向柱塞泵

这种轴向柱塞泵，英国早期作为燃料泵使用，1954年开始用于工业设备的高压液压系统中。

目前，生产两种不同结构系列的轴向柱塞泵，1965年以前生产Lucas IP 系列轴向柱塞泵，如图 1-4 所示，其主要技术特征如表1-5所列，Lucas IP 125，Lucas IP 3000型泵的通用性能曲线如图1-9、1-10所示。

在1969年以后，将IP系列改进并形成 PM 系列，在规格方

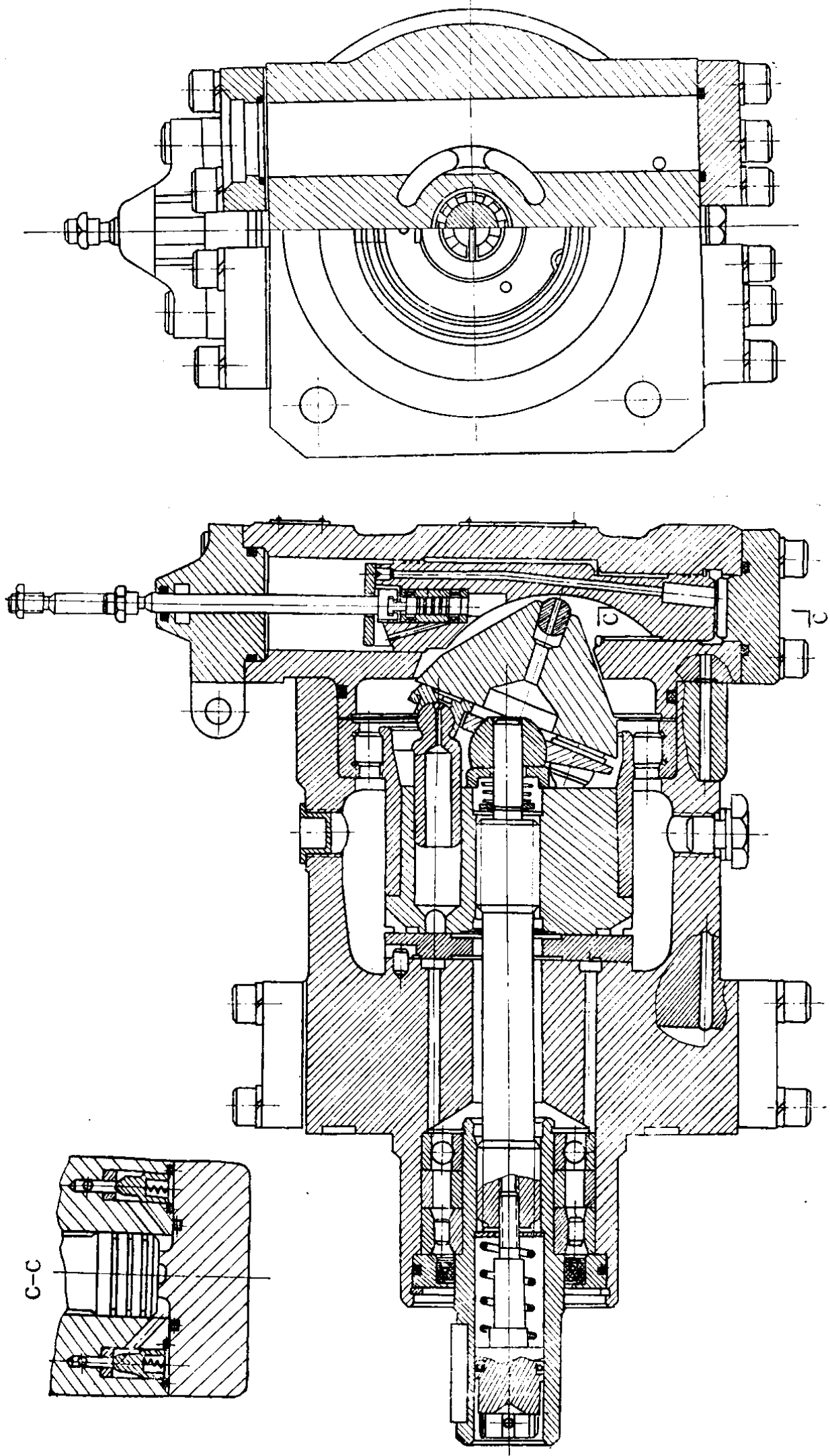


图 1-8ZB型轴向柱塞泵

表 1-3 上海ZB型轴向柱塞泵技术特征

技术特征 型号	理论容积数 厘米³/转	工作压力公斤/厘米²		转速 转/分		输入 功率 千瓦	容积 效率 %	变量方式	重量 公斤
		额 定	峰 值	额 定	最 高				
ZB ₁ 227	227	140	240	1500	2000	87	94	自供液压 手动伺服	170
ZB ₂ 227	227	140	240	1500	2000	87	94		175
ZB ₁ 75	75	210	280	2500	3000	71.5			
ZB ₁ 40	40	210	280	2500	3000	38			
ZB ₁ 9.5	9.5	210	280	3000	4000	11			

表 1-4 北京、四平ZB型轴向柱塞泵技术特征

技术特征 型号	理论容积数 厘米³/转	工作压力公斤/厘米²		转速 转/分		输入 功率 千瓦	容积 效率 %	变量方式	重量 公斤
		额 定	峰 值	额 定	最 高				
ZBS9.5A ₁	0~9.5	210	280	1500	3000	11	92	手动伺服	14
ZBSV40	0~40	210	280	1500	2500	38	93		35
ZBY40	0~40	210	280	1500	2500	38	93	液 控 式	35
ZBP40	0~40	60	140	1500	2500	38	93	定 压 式	39
ZBSV75	0~75	210	280	1500	2000	71.5	93	手动伺服	70
ZBY75	0~75	210	280	1500	2000	71.5	93	液 控 式	70
ZBN75	0~75	210	280	1500	2000		93	恒功率式	
ZBSV160	0~160.23	210	280	1500	2000		93	手动伺服	
ZBY160	0~160.23	210	280	1500	2000			液 控 式	

表 1-5 英国Lucas IP系列轴向柱塞泵技术特征

型 号	容积常数 厘米³/转	最高压力 公斤/厘米²	常用压力 公斤/厘米²	转 速 转/分	功 率 千瓦	重 量 公斤
IP 60	4.54	350	—	0~6000	—	—
IP 125	9.5	280	210	0~4000	19(14)	11
IP 500	37.9			0~4000	75(52)	28
IP1000	75.8			0~3000	110(88)	48
IP3000	227.4	245	140	0~2000	190(159)	100

注：1.括弧内的数值为常用压力下的数值；
2.最高转速下不能使用最高压力；
3.型号的数字为每小时输油量的英加仑数。

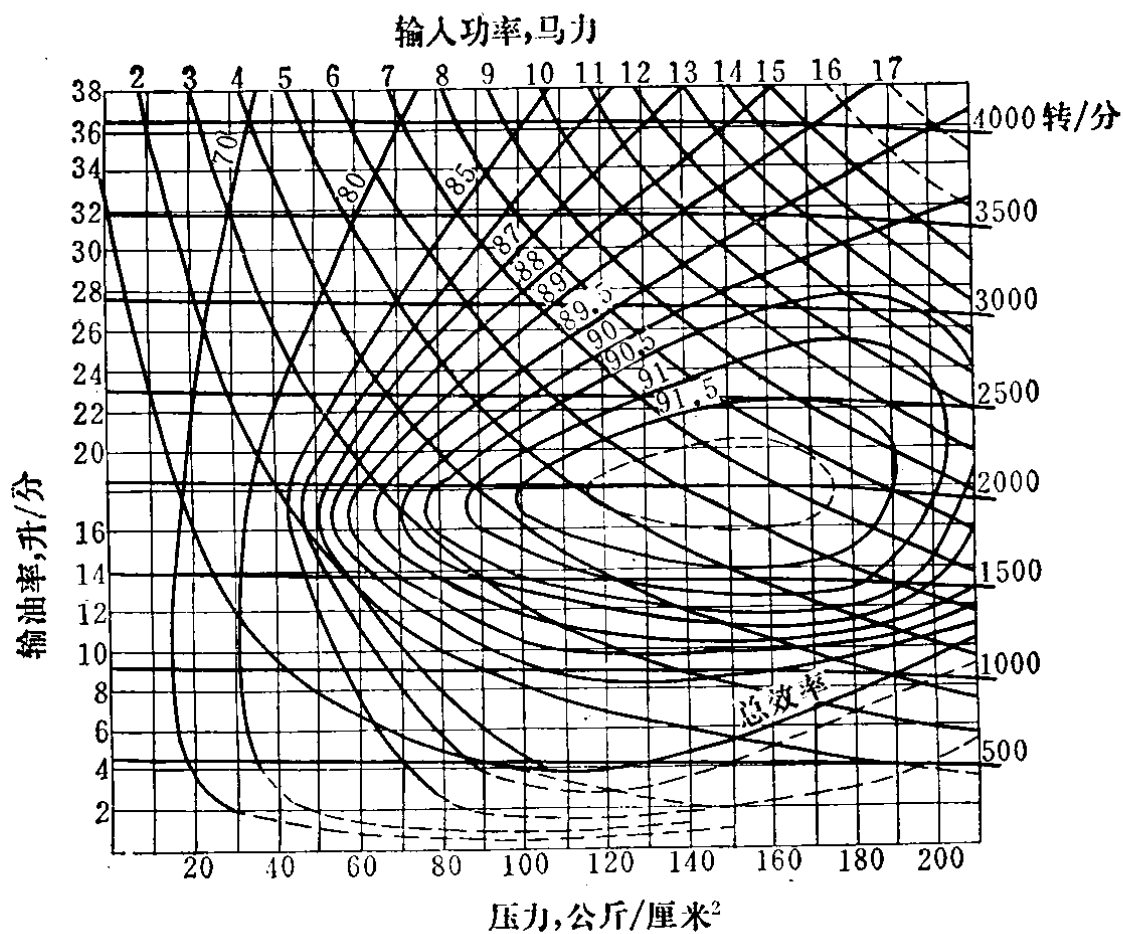


图 1-9 Lucas IP 125型轴向柱塞泵的通用性能曲线

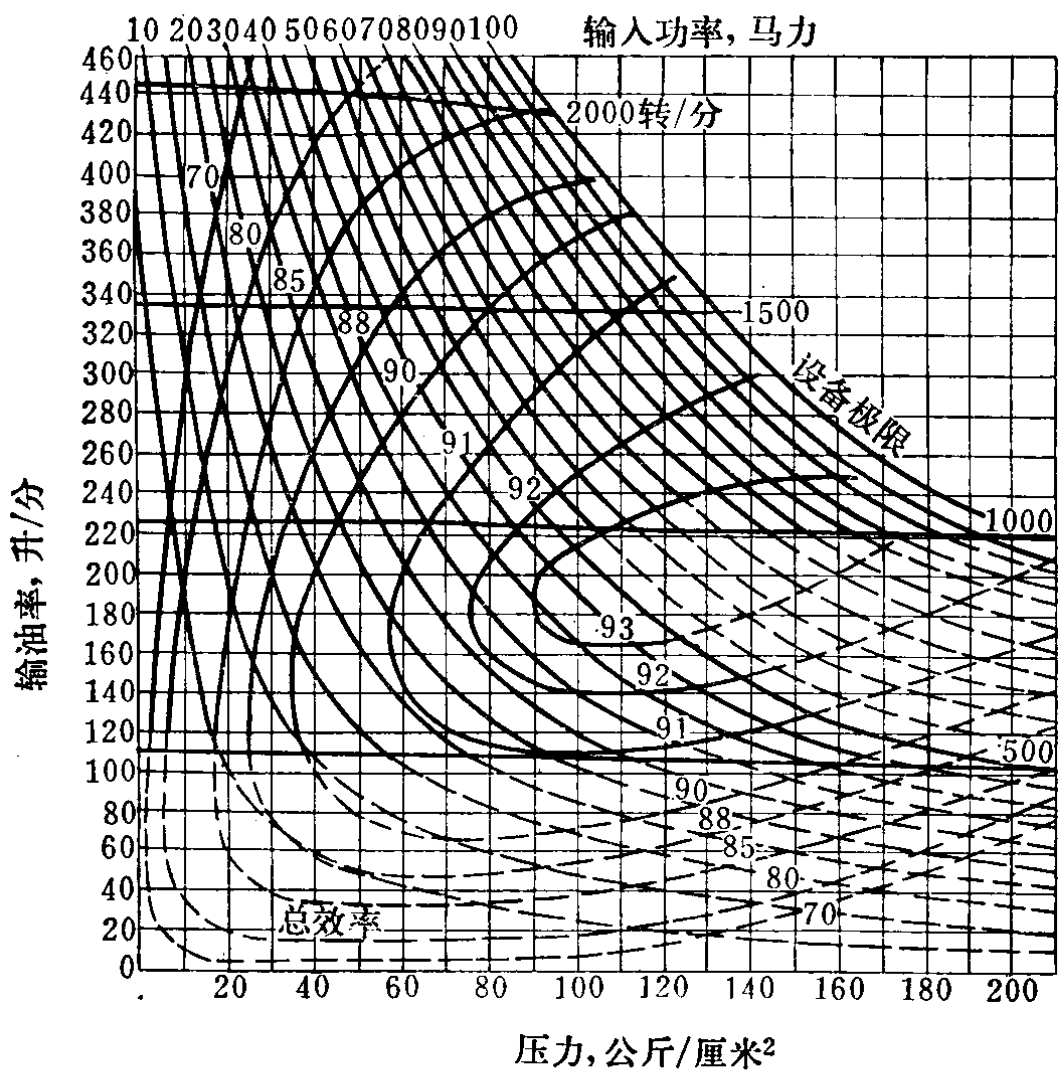


图 1-10 Lucas IP 3000型轴向柱塞泵的通用性能曲线
(试验条件: 采用21号 CENTISTOKES 油, 入口油温为50℃)