

12PA6V—280

柴 油 机

王华斌 主编

海 军 工 程 学 院

一九九四年四月



12PA6V—280 柴油机

王华斌 编

*

海军工程学院教材处 出版

海军工程学院印刷厂 印刷

*

787×1092 毫米 · 1/16 开本 · 14.5 印张 · 353 千字 · 1 插图

95 年 7 月第 1 版第 2 次印刷 印数 200 册

院内统一书号 95202.13 定价 26.56 元

目 录

第一章 PA6—280 型柴油机总体概述	1
§ 1—1 PA6—280 型柴油机概述及工作原理	1
§ 1—2 PA6—280 型柴油机性能参数	9
§ 1—3 PA6—280 型柴油机在海军舰艇上的应用和发展	17
第二章 柴油机主要部件	29
§ 2—1 气缸套和气缸盖	29
§ 2—2 活塞组件	31
§ 2—3 传递动力组件	32
§ 2—4 机体和主轴承	35
第三章 配气机构	39
§ 3—1 气阀机构	39
§ 3—2 凸轮轴	40
§ 3—3 配气机构的传动	41
§ 3—4 气阀间隙的检查与调整	43
第四章 柴油机供油装置及燃料系统	44
§ 4—1 喷油器	44
§ 4—2 喷油泵	46
§ 4—3 燃油系统及其附件	49
第五章 柴油机调速器	54
§ 5—1 调速器概述	54
§ 5—2 PA6—280 柴油机调速器	57
§ 5—3 调速器的传动机构和油量控制机构	60
第六章 柴油机增压	66
§ 6—1 PA6—280 型柴油机涡轮增压器	66
§ 6—2 废气涡轮增压器的基本工作原理	74
§ 6—3 柴油机增压系统的调节	79
第七章 柴油机润滑系统	89
§ 7—1 润滑的意义及方法	89
§ 7—2 轴承和气缸的润滑	89

§ 7—3	柴油机润滑系统	91
§ 7—4	润滑系统主要附属零件	93
§ 7—5	滑油系统数据和资料	98
第八章 柴油机冷却系统		100
§ 8—1	冷却的意义及方法	100
§ 8—2	柴油机冷却系统	100
§ 8—3	冷却系统主要元零件	103
§ 8—4	冷却系统各参数及冷却水质量要求	104
第九章 柴油机起动系统		105
§ 9—1	PA6 柴油机的起动系统	105
§ 9—2	起动系统主要元零件	106
§ 9—3	压缩空气系统	107
§ 9—4	起动系统数据及资料	107
§ 9—5	PA6 柴油机的控制	108
第十章 PA6—280 柴油机用燃油、滑油、水		114
§ 10—1	燃油	114
§ 10—2	滑油	120
§ 10—3	冷却水	124
第十一章 柴油机的正常使用		129
§ 11—1	正常使用前的准备	129
§ 11—2	柴油机的起动	131
§ 11—3	柴油机起动后的暖机	134
§ 11—4	柴油机运行	136
§ 11—5	减负荷和停车	141
§ 11—6	发电机组柴油机的正常使用	144
第十二章 PA6—280 柴油机的维护		146
§ 12—1	概述	146
§ 12—2	维护保养的分类及各级技术保养的范围	149
第十三章 PA6—280 柴油机主要部件的检修		155
§ 13—1	缸盖及附件的检修	155
§ 13—2	活塞连杆组件的检修	163
§ 13—3	缸套	169

§ 13—4	喷油系统的检修	171
§ 13—5	调速器的检修	176
§ 13—6	机身和轴承的检修	180
§ 13—7	轴系的检修	183
§ 13—8	凸轮轴和定时机构的检修	190
§ 13—9	机带泵的检修	195
§ 13—10	起动系统的检修	199
§ 13—11	润滑系统的检修	201
§ 13—12	增压系统的检修	205
第十四章	发动机在装配,长期停车和大修后的试运转	207
§ 14—1	在装配,长期停车和大修后,发动机试运转前的准备	207
§ 14—2	发动机在装配和大修后的试运转—跑合	209
§ 14—3	发动机的长期停车	211
第十五章	发动机运行中的维护和检查	212
§ 15—1	燃油系统的维护和检查	212
§ 15—2	滑油系统的检查	212
§ 15—3	冷却水系统的检查	213
§ 15—4	常规检查	214
§ 15—5	主要检查参数	215
第十六章	故障及其排除	216
附录 1	紧固力矩	223
附录 2	轴瓦的检查	225

第一章 PA6—280 型柴油机总体概述

§ 1—1 PA6—280 型柴油机概述及工作原理

一、概述

037—I 导弹护卫艇是我国自行研制和生产的第二代小型高速战斗舰艇。其主动力采用三台 408 厂引进法国热机协会(S·E·M·T)专利生产的 12PA6V—280MPC 四冲程中高速柴油机。

PA6—280 型系列中高速柴油机的总体性能和各种性能指标比较先进,体现了现代“中高速”柴油机的特点。12PA6V—280, 16PA6V—280 柴油机与指标先进,功率相近的 MTU 型高速柴油机相比,单位马力重量大 15%,单位容积功率要少 13%,两者指标可以认为相差不大。而 PA6—280MPC 柴油机的有效耗油率比 MTU 要少 6—8g/kw·h,寿命是 MTU 的三倍,此外,该型柴油机便于实现自动监测与控制,机动性好,具有燃烧重油的能力。由于 PA6—280 型系列中高速柴油机具有这些突出的优点,除了在铁路牵引、固定电站和民用船舶上被广泛应用之外,在各国海军战斗舰艇中也已大量采用。

PA6—280 型系列中高速柴油机在法国、英国等国海军中作为 1000 吨级护卫舰或更大型舰艇的全柴主机或 CODOG 中的巡航主机是相当成熟的,无论从功率、重量、尺寸、油耗、布置等各方面均是切实可行的。如法国在“乔治·莱格”级反潜驱逐舰(C70 型),标准排水量 3800 吨、双轴,采用两台 S·E·M·T 的 16PA6V—280 柴油机,在拖曳一个变深声纳装置时的巡航速度为 19 节。高效率的 PA6—280 型柴油机使该舰在 17 节航速时的续航力达 9500 哩。而后,法国又在 C70 型舰的 C70AA 对空型舰方案中,采用全柴推进,4 台 S·E·M·T 的 18PA6V—280BTC 柴油机,总功率为 31331KW,最大航速达到 30 节,17 节航速的续航力达到 8200 哩。

该型机在发展过程中,吸收了该协会多年以来 PC 和 PA 的经验。在设计开始时就考虑到该机的多种用途(供舰船、机车、固定电站等多方面的应用)。为了适应多种用途,许多部件的尺寸(如曲轴)大于单独作铁路牵引用时所选择的尺寸。选择进排气伐推杆和高压油泵传动装置的位置时,使之符合凸轮轴可以逆转的要求。为了能够使用重油,结构上采取了如下特点:水冷喷油器,可旋转排气伐,排气伐杆和伐座有特殊的保护装置,组合式活塞,在排气支管中装有增压器的清洁装置。

由于 PA6—280 型柴油机具有单机功率大,并储备有 10% 的冲刺功率,功率复盖面广,单位功率重量轻,结构紧凑体积小,经济性好,大修期长,可靠性和可维性较好的优点,我国已于 80 年代中期完成了 6PA6L、12PA6V 样机的试制并投入批量生产。目前,在海军舰艇主动力装置机型选择上为 PA6—280 型柴油机提供了广泛的领域。先后拟作为 X 型布雷舰、X 型登陆舰、X 型 1000 吨轻型反潜护卫舰、X 型导弹驱逐舰等舰的主机和 CODOG 的巡航主机。图 1—1、图 1—2 为直列式和 V 型柴油机横剖面图。

二、PA6—280 型柴油机基本工作原理

PA6—280 型柴油机是四冲程高速多用途柴油机,图 1—3 是柴油机的实际工作过程示意图。图中表示了各个过程中活塞、连杆、曲轴及气门的相对位置,并以 P—V 座标图表示气缸内工质压力与容积之间的变化关系。四冲程柴油机的工作循环是由活塞的四个冲程来完成的。

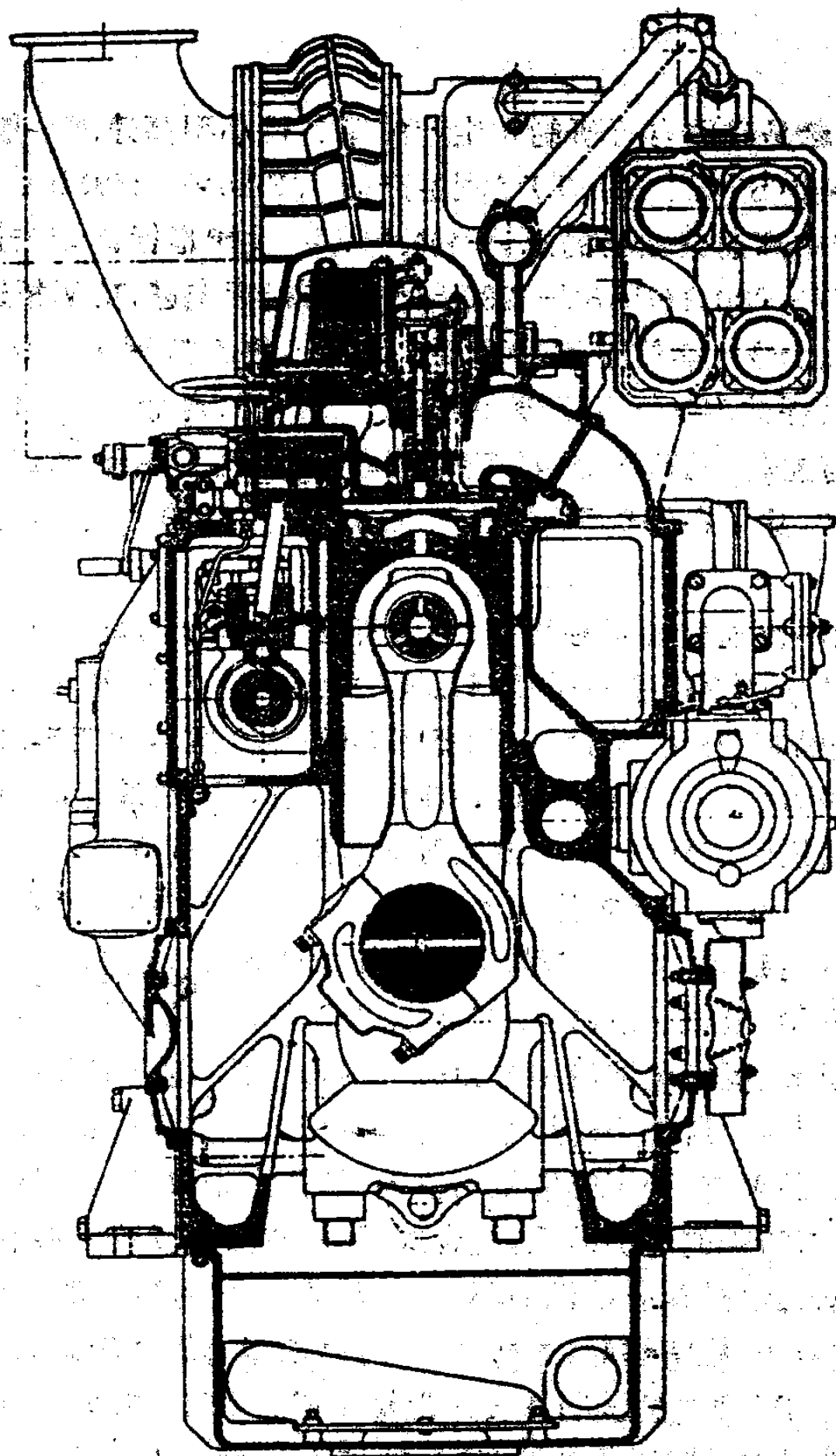


图 1—1. 直列式 PA6—280 柴油机横剖面图

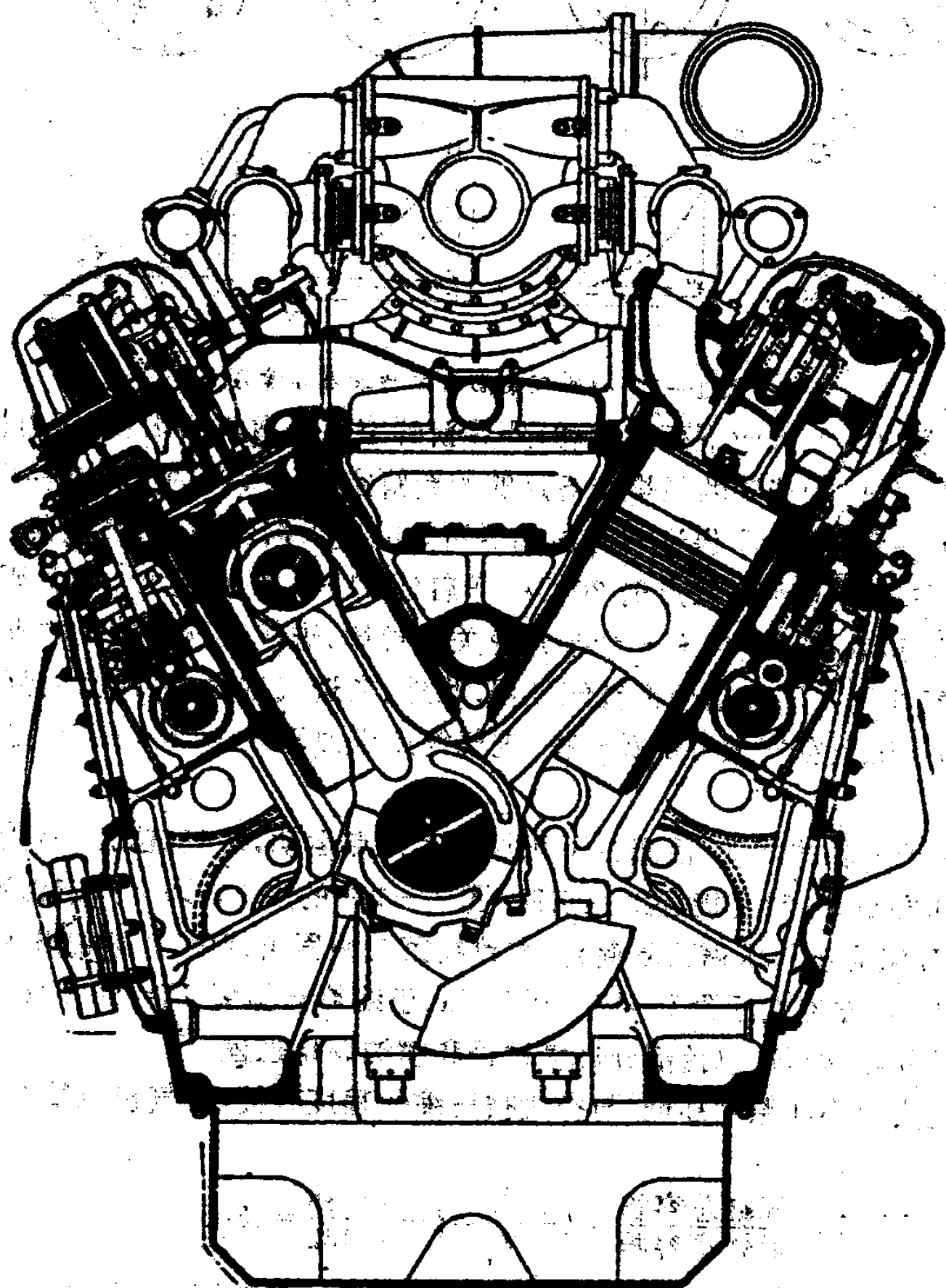


图 1—2 V 型 PA6—280 型柴油机横剖面图

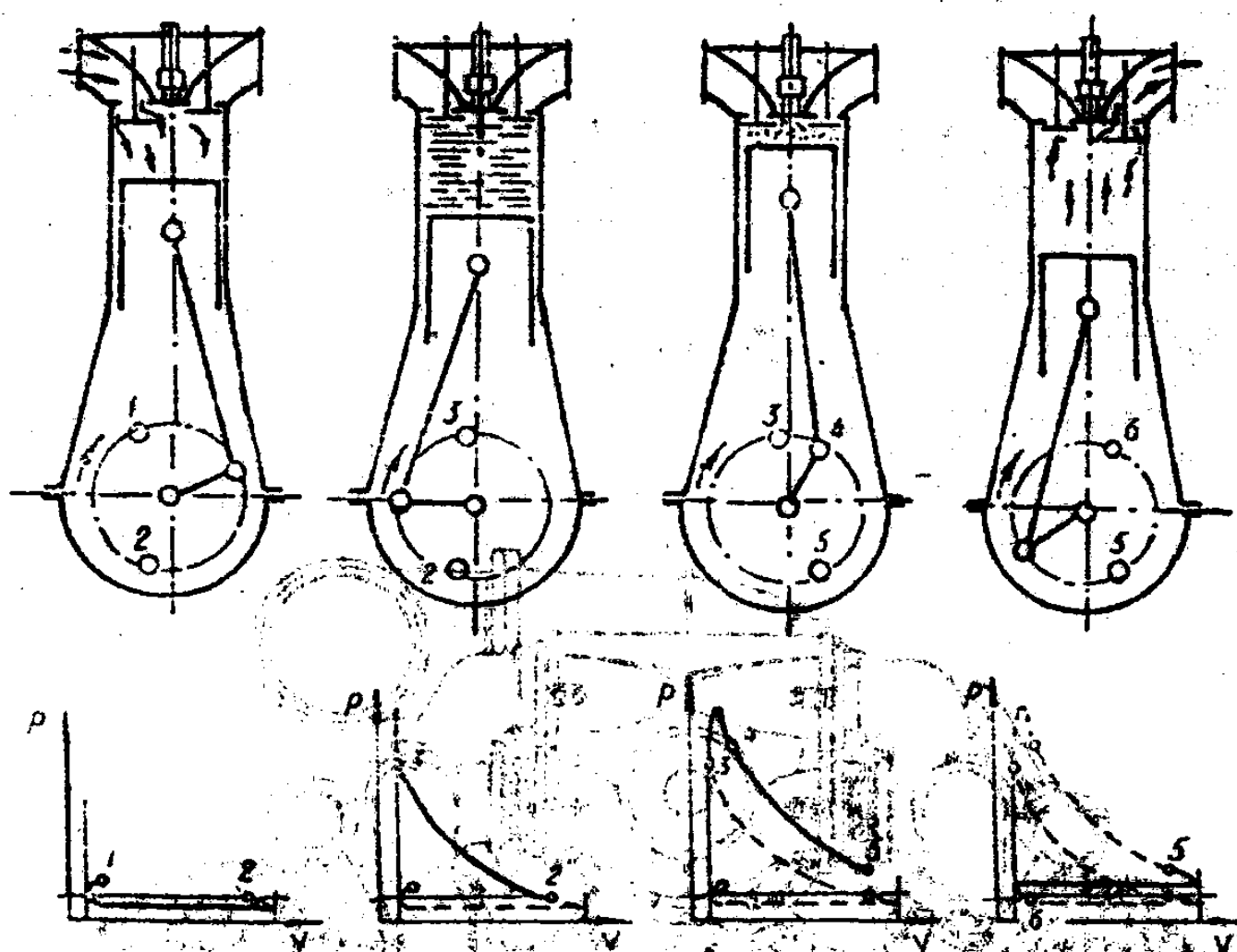


图 1—3 四冲程柴油机工作过程示意图

第一冲程 活塞由上死点向下死点运动,外界新鲜空气经增压器增压,压力提高至 0.152MPa 后,经进气门被吸入气缸,为柴油的燃烧准备足够的新鲜空气。气门的开启和关闭并不是瞬时完成的,而是逐渐开启和关闭的,为了保证气缸内能尽可能的吸入新鲜空气,满足柴油燃烧时有足够的氧气,因此进气门在活塞位于上死点前 70°CA 开启(图 1—3 中的点 1),在下死点后 44°CA 关闭(图 1—3 中的点 2),这就使进气门有一个早开晚关的规律,进气过程在进气冲程前开始,在进气冲程后结束,可见进气冲程并不包括全部进气过程;此外,在进气过程中,因产生流动阻力损失,所以气缸内的工质压力比增压空气压力要低一些。进气终点压力 $P_{ic}=0.234\text{MPa}$ 。进气终点温度 $T_{ic}=338\text{K}$ 。

第二冲程 由于曲轴的转动,活塞由下死点向上死点运动,使气缸内工质受到压缩,因而工质温度和压力都得到提高,当活塞接近上死点时(图 1—3 中的点 3),即上死点前喷油器开始向气缸内喷入柴油,并与高温高压的压缩工质混合,大致在第二冲程快结束时,柴油开始自行着火燃烧。其喷油压力为 25MPa ,压缩终点压力 $P_c=7.738\text{MPa}$,压缩终点温度 $T_c=867.4\text{K}$ 。由此可见,第二冲程主要包括压缩过程,此外,还包括部分进气过程和喷油燃烧过程。

压缩终点的压力大小和温度高低,与空气被压缩的程度有关,空气被压缩的程度一般用压缩比来表示。

$$\epsilon = \frac{\text{气缸总容积}}{\text{燃烧室容积}} = 1 + \frac{V_h}{V_c} = 1 + \frac{17.86}{1.432} = 13.5$$

压缩比表示活塞从下死点走到上死点时,把空气压缩了多少倍。12PA6V—280 柴油机的 ϵ 为 13.5。从压缩比的关系式中可以看出,当气缸直径和活塞冲程确定之后,气缸工作容积 V_h 也随着确定,因此燃烧室容积 V_c 的变化,将会引起 ϵ 的变化。

第三冲程 活塞由上死点向下死点运动,柴油继续由喷油器喷入气缸内(在图 1—3 中的点 4 时喷油结束),燃烧过程持续进行,工质的压力及温度急剧上升。最高燃烧压力(P_z)达 13.4MPa ,最高温度达 1905K 在高温高压的工质作用下,推动活塞下行膨胀做功,与此同时,气缸内工质的压力

和温度也相应下降,直至排气门开启(图 1—3 中的点 5),已经作过功的废气由排气门排入废气涡轮,气缸内废气压力和温度迅速下降.这个冲程的特点是:它不但包括膨胀冲程,还包括燃烧过程及一小部分排气过程.排气门提前在下死点前 70°CA 打开,是为了使气缸中的废气能尽可能多的排除干净.该冲程之末,气体压力为 0.739 MPa ,温度为 1028K .

第四冲程 活塞由下死点向上死点运动,将气缸中的废气经排气门推挤出气缸.排气门并不在这一冲程结束时关闭,而是在结束后关闭(图 1—3 中的点 6),亦即上死点后 77°CA 关闭,其原因也是气门的开关不是瞬时完成的,是逐渐开启和关闭的,为了使废气尽可能多的从气缸排出,排气门也应有早开晚关的规律.在第四冲程结束前,进气门已经打开,(图 1—3 中的点 1),这就为下一个工作循环做了准备,以后柴油机又重新开始第一冲程,并按上述循环顺序不断工作.

柴油机进气门和排气门的正确开启和关闭时间,是保证柴油机获得良好性能的重要条件之一.气门开启和关闭的时间用曲柄的位置图来表示,该图称为定时图,图 1—4 为 $12\text{PA}6\text{V}-280$ 柴油机的定时图.从图上可以看到,进气门和排气门开启的总角度都大于 180°CA .

四冲程柴油机的实际工作循环包括了进气过程、压缩过程、燃烧膨胀做功过程及排气过程,其中燃烧膨胀过程所作的功,除克服摩擦阻力及供给其它冲程消耗外,剩余的功向外输出.

三、柴油机旋转方向和气缸编号

确定 $12\text{PA}6\text{V}-280$ 柴油机旋转方向时,其观察视向规定由功率输出端朝自由端看(相对于功率输出端的另一端为柴油机的自由端).凡输出端顺时针方向旋转者称之为“右转”,凡输出端逆时针方向旋转者称之为“左转”.

柴油机气缸编号,均应由自由端开始向功率输出端方向依次进行气缸编号.对于 V 型柴油机,由功率输出端朝自由端看,右边的一列气缸由自由端开始编为 $1, 2, 3, \dots, n$; 左边的一列气缸由自由端开始编为 $n+1, n+2, n+3, \dots, 2n$.

PA6—280 型柴油机定义和术语

1、型号说明

$\frac{16}{1}$	$\frac{\text{PA}}{1}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{\text{V 或 L}}{1}$	$\frac{280}{1}$
缸数	柴油机分类	系列	汽缸的排列形式	缸径

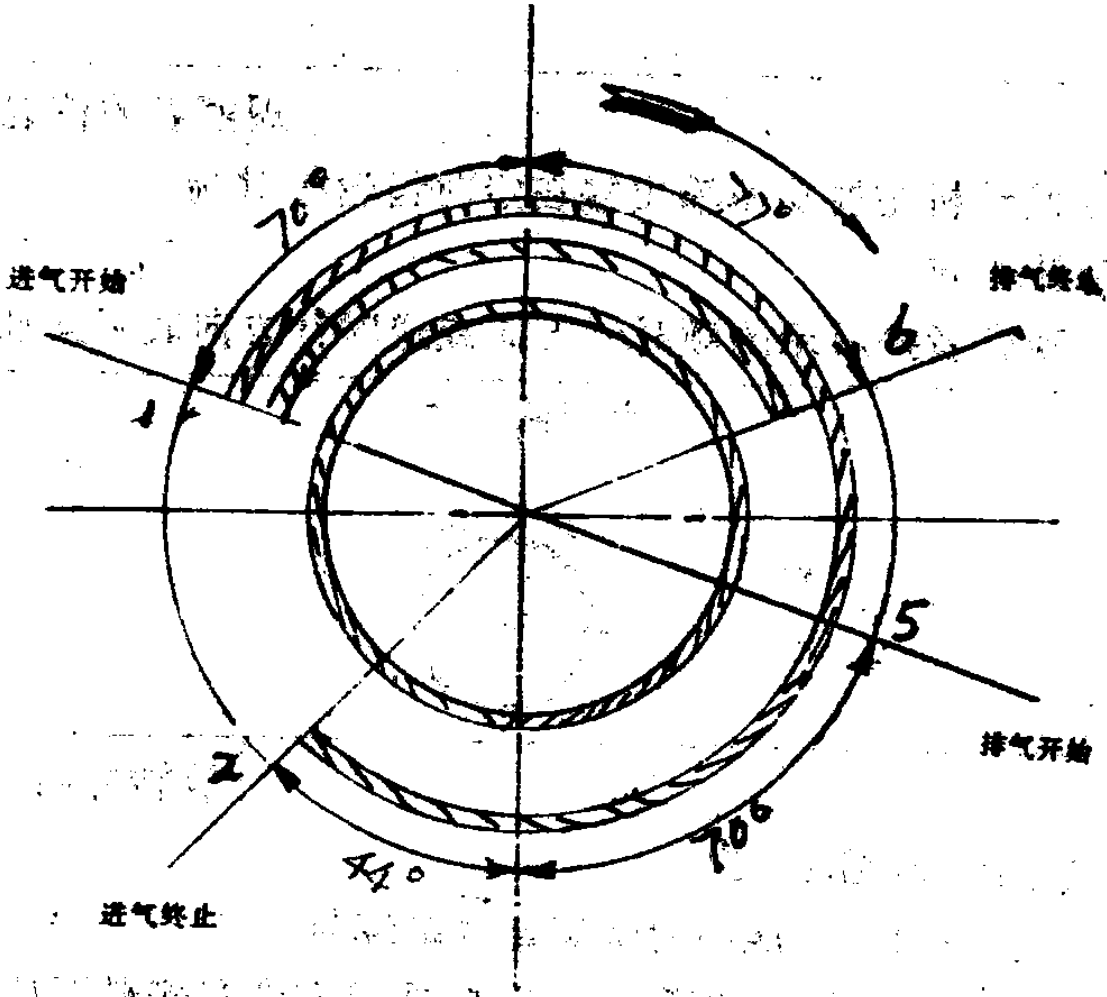
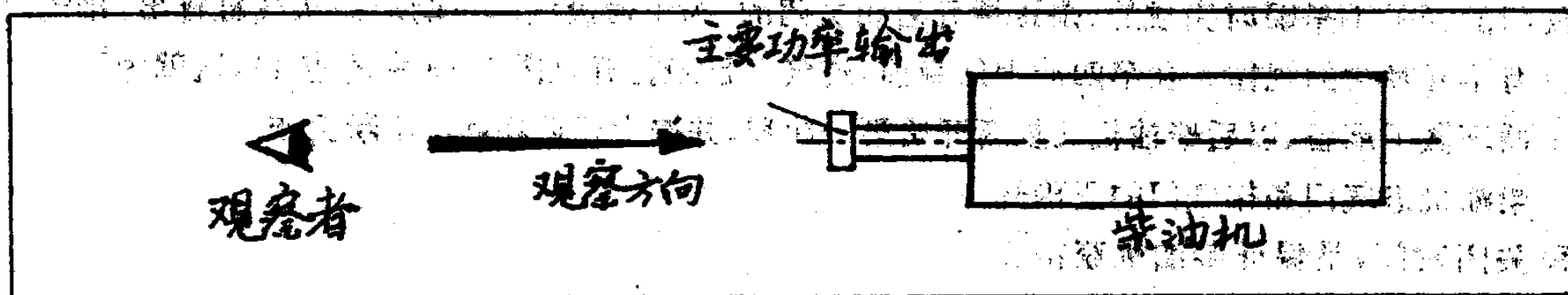


图 1—4 $12\text{PA}6\text{V}-280$ 柴油机定时图

2、使用的缩写

C, D(TGS)	定时齿轮端
C, O, D(TGOS)	功率输出端
P, M, H(TDC)	上死点
P, M, B(BDC)	下死点
ON(Assy number)	部套号

3、为了确定旋转方向和对气缸进行编号,观察者的位置参考热机协会标准 SEMT NSE9. 15

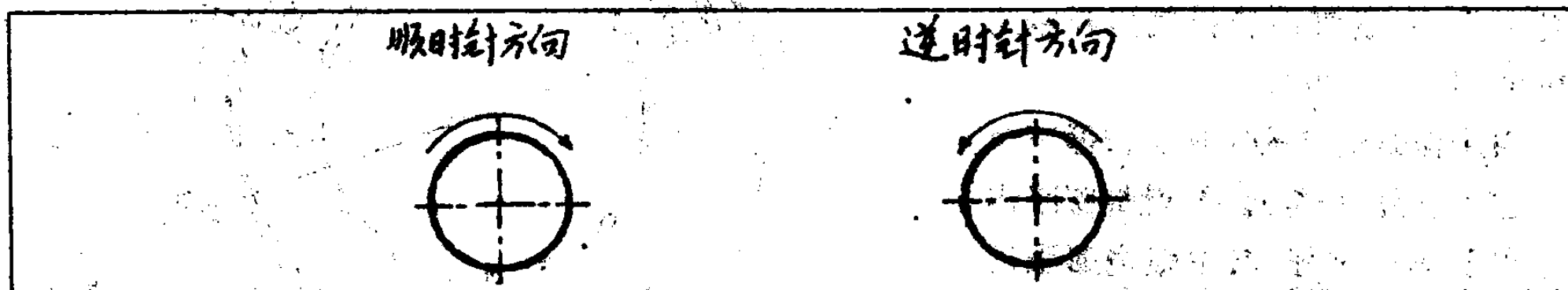


观察者的位置

PA6 发动机主要功率输出端在定时齿轮相对端。

4、旋转方向

观察者按所示的顺时针方向或逆时针方向表示柴油机曲轴的两个旋转方向。



旋转方向

5、气缸编号(图 1—5)

在 SEMT 标准中明确规定气缸编号

气缸 A1 是 A 排第一个气缸,在观察者左侧最近位置。

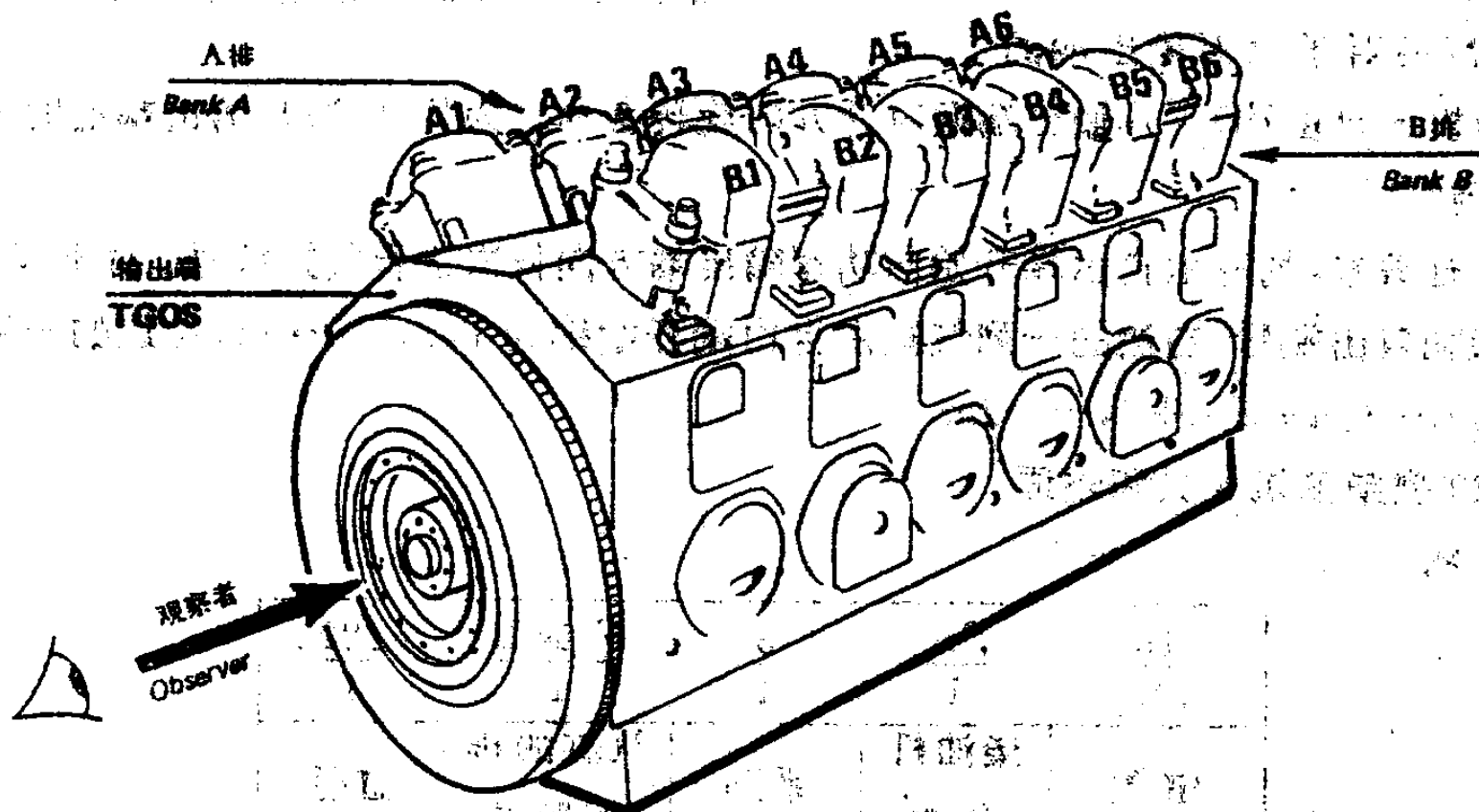


图 1—5 气缸编号

6、部套编号(图 1—6)

部套号	名称
01	机身
03	油底壳
* 04	轴承
06	曲轴
* 07	凸轮轴轴承
08	凸轮轴
10	定时齿轮
11	凸轮轴传动机构
12	连杆
14	活塞
16	缸套
17	气阀传动机构
18	缸盖
19	起动空气阀
20	喷油器
21	安全阀
22	起动空气阀孔堵塞
23	安全阀孔堵塞
24	喷油泵
27	空气分配器
30	调速器传动机构
32	喷油泵控制机构
33	调速器与喷油泵控制机构之间的联接机构
34	滑油泵吸油装置
35	滑油泵安全阀
36	滑油泵
37	水泵
38	燃油输送泵
39	燃油输送泵传动机构
40	进气管
42	排气管
43	排气管防护罩
44	缸套冷却水管
45	空冷器水管
48	滑油管
51	滑油压力调节阀
53	燃油总管

55	喷油管
56	起动空气管
57	增压器及支架
58	增压器和空冷器之间的连接管
59	空冷器
62	减震器
64	输出端机身端盖
65	检查门
66	油位表
67	带滑油加油盖的检查门
68	通气管
69	防爆门
70	定时齿轮罩壳
71	顶杆检查门
75	气动停车操纵机构
79	手控停车装置
102	柴油机支撑
106	曲轴法兰
110	盘车机构
122	空气起动器
126	冷却水恒温阀
127	冷却水管
128	滑油恒温阀
131A	自净式滑油滤清器
131B	离心式滑油滤清器
133	燃油滤清器
141	滑油冷却器
148	泵、恒温阀、滑油冷却器和滑油滤器之间的连接管
153	燃油管
162	起动伺服马达

* 没有标出

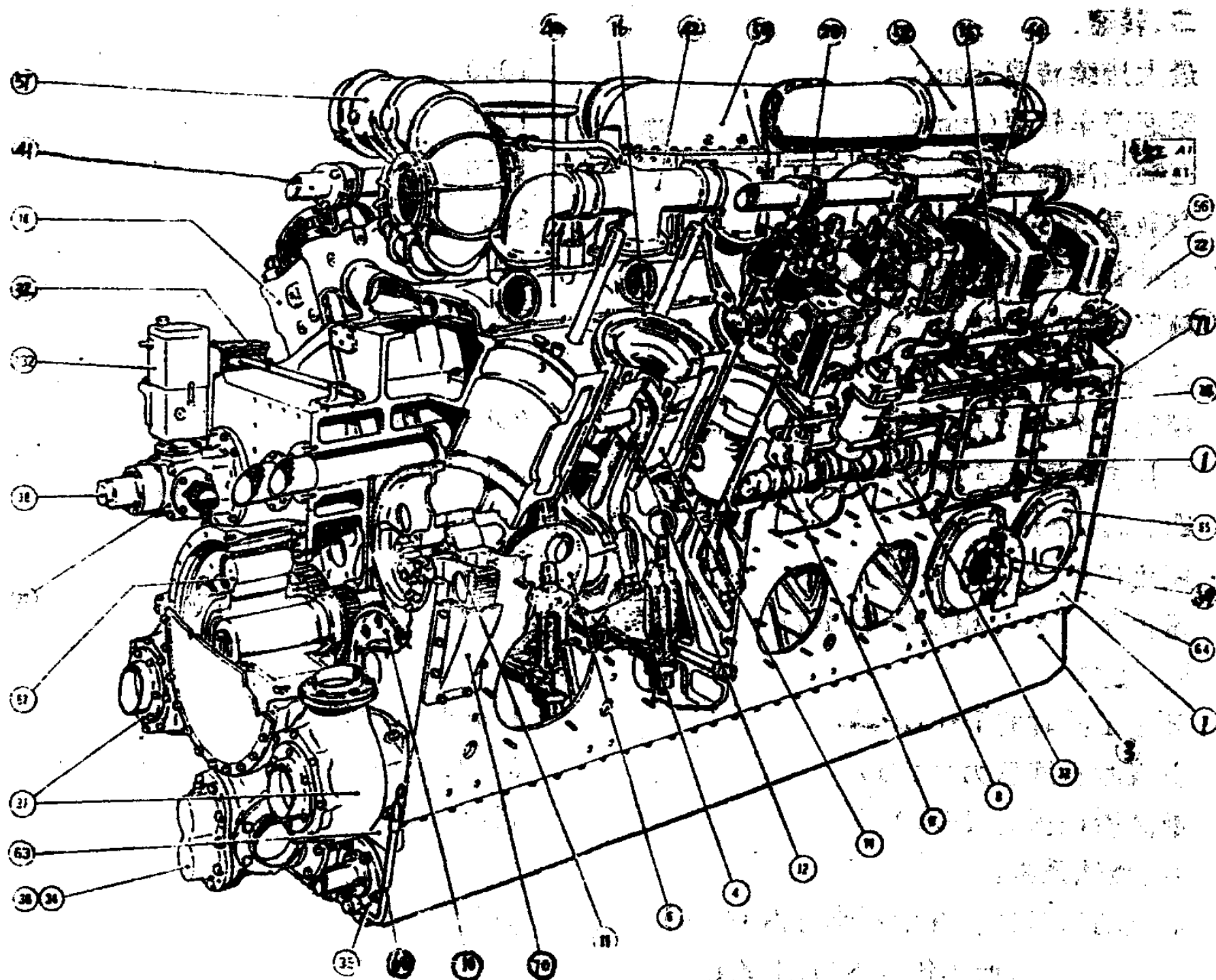


图 1—6 部件编号

§ 1—2 PA6—280 型柴油机性能参数

一、基本参数:

工作循环

4

缸径(mm)

280

冲程(mm)

290

缸数

直列 6、8、9

V 型(60°)12、14、16、18

单缸扫气容积(升)

17.86

单缸压缩容积(升)	1.432
压缩比	13.5
燃烧室	统一式
单位缸重量(kg/kw)	2.94~3.31
功率容积比(KW/M ³)	191~206
二、转速:	
最大持续转速(rpm)	1050
超速停车转速(rpm)	1200
空载最高转速(rpm)	1150
空载最低转速(rpm)	350
起动着火最低转速(rpm)	60
额定转速时的活塞平均速度(m/s)	10.15
三、单缸功率:	
额定功率(KW)	258—295
1小时超额功率(KW)	285—324
四、单缸扭矩:	
额定扭矩(KJ)	2.34
超负荷 10%的相应扭矩(KJ)	2.58
五、压力:	
额定工况时的 P_e (MPa)	1.648—1.991
空载时压缩压力(MPa)	3.198
最高燃烧压力(MPa)	13.4
六、燃油系统:	
额定功率时的燃油消耗率(g/kw·h)	215
(低热值 41860KJ/Kg)	
空转时的每缸耗油量(kg/h)	1.0
高压泵进口压力(MPa)	0.147
输油泵每缸最小流量(L/h)	100
喷油压力(MPa)	25.0
高压油泵在 525rpm 时	
齿条行程(mm)	21.8
供油量(毫升/次)	1150
高压油泵在 200rpm 时	
齿条行程(mm)	4.5
供油量(毫升/次)	35
七、冷却系统:	
1、高温系统(柴油机+冷却器)	
水质	经处理的淡水
流量(m ³ /h)	

6缸	8缸	9缸	12缸	14缸	16缸	18缸
50	62	70	100	115	125	140

柴油机出口水温 0℃(在大气压力下循环)

正常

85

最高允许

90

额定工况下及环境温度为 30℃时的散热量

(10³KJ/h)

a. 用 H、S 增压器

条 件 散 热 量	6	8	9	12	14	16	18
冷却水在大气压力循环	1465	1863	2930	3328	3726	4144	
冷却水压 0.196 MPa 下循环	1319	1674	1863	2637	3181	3349	3726

b. 用 B、B、C 增压器

条 件 散 热 量	6	8	9	12	14	16	18
冷却水在大气压力下循环	1486	2009	2219	2912	3705	4019	4437
冷却水在 0.196MPa 下循环	1340	1800	1988	2679	3600	3977	4165

2、低温系统(增压中冷器+机油中冷器)

缸流量(m³/h) 4.5

进水温度(℃) 20(+环境温度)

额定功率下每缸的散热量(KJ/h)

(环境温度为 30℃时)177.91×10³

八、润滑系统:

滑油质量和等级 S·A·E40H·D

流量(m³/h)

6缸	8缸	9缸	12缸	14缸	16缸	18缸
40	50	60	65	75	90	100

柴油机出口油温(℃)正常

85

最高允许

90

额定工况下及环境温度为 30℃时,机油带走的热量(10³KJ/h)

a. 高温冷却系统在大气压力下循环时

增 压 器 类 型 带 走 热 量	6	8	9	12	14	16	18
用 H、S 增压器	649	880	984	1298	1528	1658	1967
用 B、B、C 增压器	628	808	963	1235	1425	1695	1884

b. 高温冷却系统在 0.196 MPa 压力下循环时

增压器类型 \ 带走热量 (kW)	6	8	9	12	14	16	18
用 H、S、增压器	754	984	1109	1486	1725	1967	2219
用 B、B、C 增压器	712	963	1085	1423	1662	1905	2156

滑油总管压力(油温为 85°C 时)

6.47

在转速为 1050rpm 时(MPa)

0.66

惰转时(MPa)

0.147

九、进排气系统(在额定工况下)

每缸进气量(Kg/h)

1900

增压器吸入的最大压力降(毫米水柱)

250

增压空气压力(MPa)

0.152(表压)

每缸排气量(Kg/h)

1960

燃气温度(°C)

气缸盖出口

485

涡轮进口

580

涡轮出口

480

涡轮进口燃气压力(MPa)

0.108(表压)

最大允许背压(毫米水柱)

200

图 1—7, 图 1—8, 图 1—9, 图 1—10, 图 1—11 分别表示 PA6—280 柴油机在各种不同工况下的性能特性

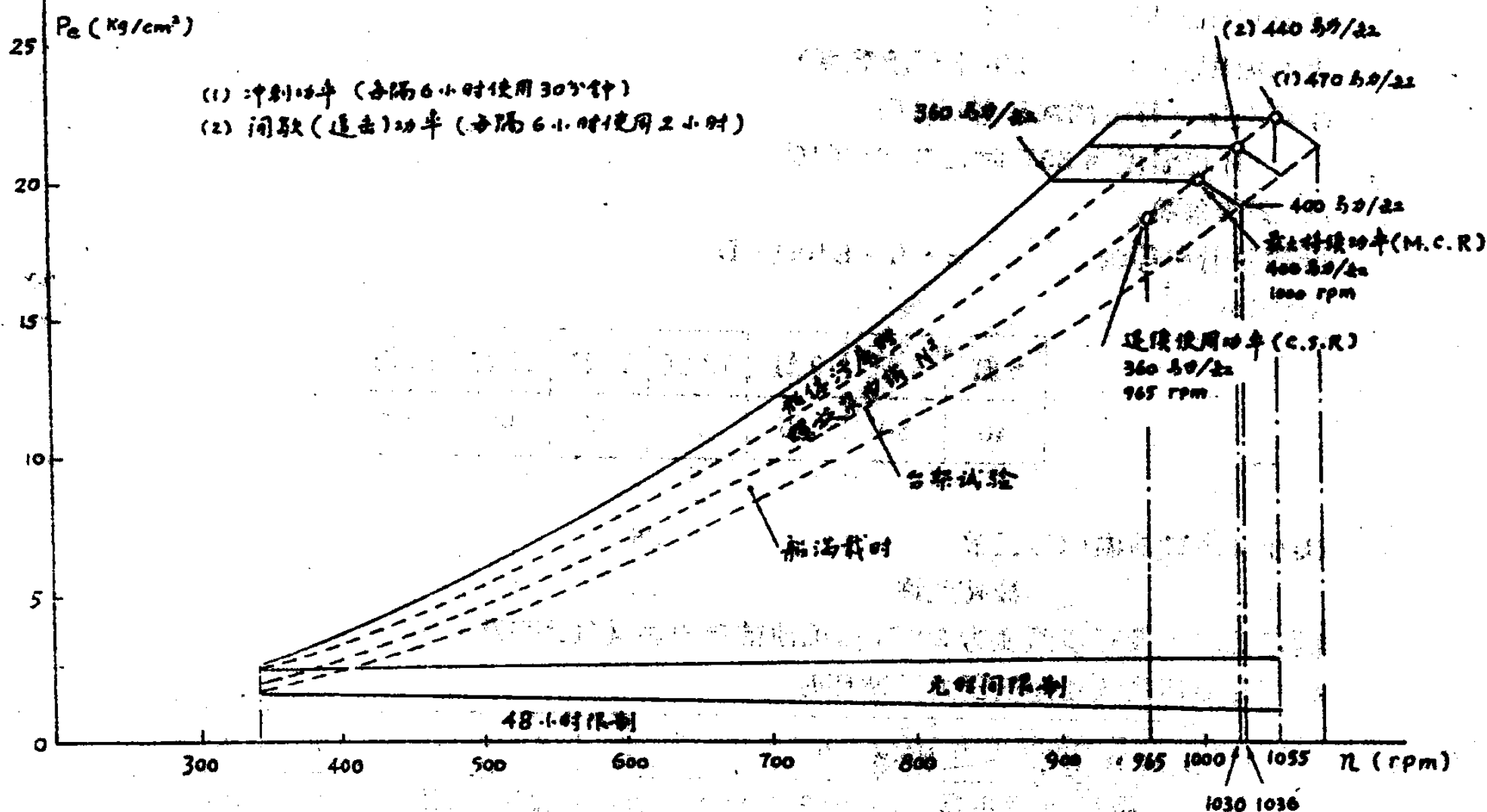


图 1—7 供海军使用的 PA6—280 柴油机的工作范围