

# 国外 大功率船用柴油机手册

国外造船工业编辑部

1979年2月

1268

国外  
大功率船用柴油机手册

国外造船工业编辑部

## 前 言

在全国科学大会精神鼓舞下，为了促进我国造船工业与造机工业的发展，迅速赶超世界先进科学技术水平，在本世纪末实现船造工业现代化，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，根据国外期刊及兄弟单位的资料汇编了“国外大功率船用柴油机手册”，其中收集了十六个国家四十多个公司的船用柴油机系列、结构特点、主要机型纵、横剖面、性能曲线图以及主要技术参数，可供有关领导及造船工业战线上的广大工人、技术人员以及大专院校教学参考。

由于水平有限，在选编过程中，一定存在错误和缺点，我们热忱地欢迎广大读者批评指正，以待再版修订。

本手册由我编辑部机电组龙茂初同志编纂，钱瑞麟、王久乐同志协助校审。

——编者

一九七八年八月四日

# 目 录

|                                                |         |
|------------------------------------------------|---------|
| <b>第一章 法国大西洋船厂和热机研究协会 (S. E. M. T.)</b>        | ( 1 )   |
| 第一节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PC2-5 型中速柴油机                | ( 4 )   |
| 一、PC2-5 型中速柴油机的结构                              | ( 4 )   |
| 二、台架试车                                         | ( 15 )  |
| 三、增压器和中冷器                                      | ( 19 )  |
| 四、辅助装置                                         | ( 19 )  |
| 五、装置系统                                         | ( 21 )  |
| 六、减速齿轮箱和弹性联轴节及其他                               | ( 22 )  |
| 附录一 柴油机、辅机、主要零部件供应厂清单                          | ( 32 )  |
| 第二节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PC3 型中速柴油机                  | ( 33 )  |
| 第三节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PC4 型中速柴油机                  | ( 48 )  |
| 第四节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PA4V-185 型高速柴油机             | ( 65 )  |
| 第五节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PA4V-200 型高速柴油机             | ( 91 )  |
| 第六节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PA6-280 型中高速柴油机             | ( 116 ) |
| 第七节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克 PA6-280 型<br>中高速柴油机两级涡轮增压试验 | ( 146 ) |
| <b>第二章 法国阿尔萨斯机械工程公司</b>                        | ( 151 ) |
| <b>第三章 法国克雷佩尔柴油机公司</b>                         | ( 165 ) |
| <b>第四章 西德曼恩公司</b>                              | ( 168 ) |
| 第一节 西德曼恩公司生产的船用低速柴油机                           | ( 168 ) |
| 第二节 西德曼恩公司生产的船用中速柴油机                           | ( 198 ) |
| 第三节 曼恩-苏尔寿 65/65 型大功率中速柴油机                     | ( 256 ) |
| 第四节 曼恩 V 65/65 型中速柴油机第一次试验结果和样机应用              | ( 263 ) |
| 第五节 曼恩-苏尔寿公司生产新的 ASL25/30 型高速柴油机               | ( 271 ) |
| <b>第五章 西德马克公司</b>                              | ( 275 ) |
| 第一节 西德马克公司中速柴油机                                | ( 275 ) |
| 第二节 西德马克公司 M551 系列中速柴油机烧重油运转的结果                | ( 308 ) |
| 第三节 西德马克公司研制新的 M601 型中速柴油机                     | ( 326 ) |
| <b>第六章 西德曼海姆发动机公司</b>                          | ( 333 ) |
| <b>第七章 西德道依兹发动机公司</b>                          | ( 367 ) |
| <b>第八章 西德 MTU 发动机和透平联合公司</b>                   | ( 373 ) |
| 第一节 MTU 新型 396 系列高速柴油机                         | ( 376 ) |
| 第二节 MTU956 型机向更高功率范围发展                         | ( 423 ) |

|                                           |         |
|-------------------------------------------|---------|
| <b>第九章 瑞士苏尔寿公司</b>                        | ( 146 ) |
| 第一节 苏尔寿 RND 型柴油机的设计特点                     | ( 447 ) |
| 第二节 苏尔寿 RND 型柴油机存在的问题与改进措施                | ( 456 ) |
| 第三节 苏尔寿 RND…M 系列船用低速柴油机                   | ( 466 ) |
| 第四节 苏尔寿 RN…M 型船用低速柴油机的发展与运转试验             | ( 483 ) |
| 第五节 苏尔寿研制的 RLA56 型船用柴油机                   | ( 498 ) |
| 第六节 苏尔寿生产的 12 V 65/65 型大功率中速柴油机           | ( 509 ) |
| 第七节 苏尔寿生产的 Z 型中速柴油机                       | ( 513 ) |
| 第八节 苏尔寿 Z 40/48 型中速柴油机的研制概况               | ( 526 ) |
| 第九节 苏尔寿生产的 A 25 型四冲程中速柴油机                 | ( 539 ) |
| 第十节 苏尔寿小型高速柴油机的试验                         | ( 546 ) |
| 第十一节 苏尔寿公司二冲程柴油机全部采用两种转速                  | ( 556 ) |
| <b>第十章 荷兰斯托克-韦克斯普柴油机有限公司</b>              | ( 561 ) |
| 第一节 荷兰斯托克-韦克斯普公司生产的 TM 410 和 TM 620 中速柴油机 | ( 562 ) |
| 第二节 荷兰斯托克-韦克斯普公司 TM 410 机的设计特点及鉴定试验       | ( 582 ) |
| 第三节 荷兰斯托克-韦克斯普公司研制的 TM 620 型四冲程中速柴油机      | ( 594 ) |
| 第四节 荷兰斯托克-韦克斯普公司 TM 620 型中速柴油机的初次试验台试验结果  | ( 603 ) |
| 第五节 荷兰斯托克-韦克斯普公司 TM410 型中速柴油机六年来使用的经验     | ( 614 ) |
| 第六节 荷兰斯托克-韦克斯普公司生产的 F 240 型高速柴油机          | ( 621 ) |
| <b>第十一章 荷兰斯密特-博尔内斯柴油机公司</b>               | ( 636 ) |
| <b>第十二章 意大利的里雅斯特大型柴油机厂</b>                | ( 651 ) |
| <b>第十三章 英国道克斯福特公司</b>                     | ( 697 ) |
| 第一节 英国道克斯福特公司 J 型系列低速柴油机                  | ( 698 ) |
| 第二节 英国道克斯福特公司海马型中速柴油机                     | ( 714 ) |
| <b>第十四章 英国米尔列斯公司</b>                      |         |
| 烧重油的 K-Major 型大功率中速柴油机的研制和使用经验            | ( 753 ) |
| <b>第十五章 英国拉斯顿-帕克斯曼发动机公司</b>               | ( 784 ) |
| <b>第十六章 英国艾伦发动机公司</b>                     | ( 792 ) |
| <b>第十七章 丹麦 B &amp; W 公司</b>               | ( 798 ) |
| <b>第十八章 东德卡尔·李卜克内西重型机械公司</b>              | ( 880 ) |
| <b>第十九章 瑞典诺哈布发动机公司</b>                    | ( 904 ) |
| <b>第二十章 日本三菱重工业公司</b>                     | ( 912 ) |
| <b>第二十一章 日本大发柴油机公司</b>                    | ( 984 ) |
| <b>第二十二章 日本新泻铁工所</b>                      | ( 994 ) |
| <b>第二十三章 日本赤阪铁工所</b>                      | (1010)  |

|              |                               |        |
|--------------|-------------------------------|--------|
| <b>第二十四章</b> | <b>日本阪神柴油机公司</b> ·····        | (1024) |
| <b>第二十五章</b> | <b>日本三井造机和造船公司</b> ·····      | (1038) |
| 第一节          | 日本三井公司M60型中速柴油机的研制·····       | (1038) |
| 第二节          | 日本三井公司L-V42M和V60M型中速柴油机·····  | (1117) |
| 第三节          | 日本三井公司V60M型中速柴油机·····         | (1119) |
| <b>第二十六章</b> | <b>日本富士柴油机公司</b> ·····        | (1125) |
| <b>第二十七章</b> | <b>日本横田铁工所</b> ·····          | (1156) |
| <b>第二十八章</b> | <b>日本洋马柴油机公司</b> ·····        | (1161) |
| <b>第二十九章</b> | <b>日本神户发动机公司</b> ·····        | (1163) |
| <b>第三十章</b>  | <b>日本松井铁工所</b> ·····          | (1164) |
| <b>第三十一章</b> | <b>日本久保田铁工所</b> ·····         | (1165) |
| <b>第三十二章</b> | <b>美国通用汽车公司</b> ·····         | (1167) |
| <b>第三十三章</b> | <b>美国费尔班克斯·莫尔斯柴油机公司</b> ····· | (1182) |
| <b>第三十四章</b> | <b>美国德拉瓦尔企业发动机公司</b> ·····    | (1190) |
| <b>第三十五章</b> | <b>波兰西格爾斯基发动机公司</b> ·····     | (1193) |
| <b>第三十六章</b> | <b>芬兰瓦特西拉公司</b> ·····         | (1199) |
| <b>第三十七章</b> | <b>苏联船用柴油机</b> ·····          | (1211) |
| <b>第三十八章</b> | <b>捷克斯柯达柴油机公司</b> ·····       | (1241) |
| <b>第三十九章</b> | <b>挪威卑尔根机械公司</b> ·····        | (1248) |
| <b>第四十章</b>  | <b>挪威诺莫柴油机公司</b> ·····        | (1271) |
| 附录 I         | 国外大功率船用低速柴油机主要数据表·····        | (1278) |
| 附录 II        | 国外大功率船用中速柴油机主要数据表·····        | (1299) |
| 附录 III       | 国外大功率船用高速柴油机主要数据表·····        | (1337) |
| 附录 IV        | 1977年船用柴油机产量·····             | (1348) |
| 附录 V         | 1976年船用柴油机产量·····             | (1350) |

# 第一章 法国大西洋船厂和 热机研究协会(S.E.M.T.)

## 一、概 况

大西洋船厂是法国最大的造船厂，共有职工约 8,000 名，曾经建造 20 万吨级的油船，1973 年接受了 54 万吨油船的订货。该厂造机部门有 2,500 人，年产大功率中速和高速柴油机以及汽轮机总共 150 万马力。其中 PA 型高速柴油机 250 台，约 50 万马力；PC 型中速柴油机 50 台，约 50 万马力；汽轮机 15 台，约 50 万马力。

法国热机协会早期设计的 PA4-185 型高速柴油机主要是为法国海军研制的，用做快艇和潜艇主机。后来，由于法国海军财经比较困难，而法国铁道公司对这类机器的需求较大，因此其改进型 PA4-200 主要用于铁道机车，其次用于船舶推进以及船用和陆用移动式电站。自 1963 年以来所生产的 PA4 型机，总功率已超过 500 万马力。

PC 型中速柴油机在当前世界各种大功率中速柴油机中占领先地位，其产量约占世界中速柴油机的 50%，到 1977 年底，产量总计为 1,300 万马力。对于 PC 型柴油机，法国主要经营方针是出售许可权。目前购买 PC 型中速柴油机许可权的有瑞典、芬兰、英国、西德、日本、巴西、美国、西班牙、比利时、波兰、苏联、南斯拉夫等十二个国家；购买 PA 型高速柴油机许可权的有西德、日本、捷克、匈牙利、土耳其、比利时、南斯拉夫等七个国家。PC 柴油机主要用做船舶主机，广泛用于汽车渡船、客船、万吨级货船、工作船、海军护卫舰等等。此外 PC 柴油机也可用做陆上电站动力。大西洋船厂生产的 PA 和 PC 柴油机的单机功率从 1,000 到 27,000 马力。

法国热机研究协会(SEMT)在财经上完全属于大西洋船厂，但是在出售许可权上，又是一个独立的研究和设计公司，统管世界各国的 PA 和 PC 型机许可权业务。名义上大西洋船厂向它购买 PA 和 PC 型柴油机的许可权。热机协会共有雇员 240 名，从事老机型的改进和新机型的研制，每年研制经费约为 1,500 万法郎 (690 万美元)，由所得提成费用开支。热机研究协会设在巴黎附近的圣·丹尼 (Saint-Denis)。该会创始人之一，原总工程师古斯塔夫·皮尔斯蒂克 (Gustav Pielstick)，原籍德国，二次大战时为西德 MAN 公司主要设计师之一，从事潜艇用中速柴油机的设计。战后，他流亡法国，筹建热机协会，于 1961 年去世，热机研究协会大部分专利是属于他的。PA 和 PC 机的 P 字是 Pielstick 的字头。Pielstick 当时计划设计高速、中高速和中速三种机型，分别以 A、B、C 表示。但是

他本人并没有完成“B”级机的设计。最近研制的 PA6-280 型机虽然符合原定的“B”级，但仍然沿用了原 PA 型的命名。

在热机研究协会的试验台上有各种型号的单缸和多缸试验机进行试验。试验的目的是改善性能，提高功率，检查零件的设计结构，检验协作厂供货的零件质量。还要进行特种试验，如非常低的负荷下长期运转，用最劣的重油进行试验等。试验机达到的功率比销售商品的功率高出很多。热机研究协会还有电子计算机和各种试验室，进行零件机械应力和热应力的测量、新设计零件的光弹试验、振动计算等，还有设计（绘图）室。热机研究协会负责对各许可权买方的发动机试验成果进行鉴定。该会每年要组织所有许可权买方在巴黎交流经验，向许可权买方介绍最新研究进展情况，共同研究他们的成果，以技术资料的形式供给各许可权买方使用。各许可权买方都要严格执行热机研究协会颁发的统一图纸，以保证发动机零部件的互换性。

## 二、热机研究协会对柴油机功率进一步提高的研究

随着柴油机功率的提高，最高爆发压力相应提高，这样给柴油机零件的强度设计带来一定的困难。所以热机协会正在试验提高平均有效压力，而不提高爆发压力。目前试验从降低压缩比着手，采取 8~8.5 的低压缩比。在冷起动时，空气经过多次压缩，反复循环，而逐步升温，压燃后转入正常运行。但压缩比低，油耗较高，经济性不好。对于降低油耗这又是一个很大的研究题目，也要进行大量的工作。此外，从提高增压度来说，还进行二级增压和中冷后冷的试验研究工作。

目前热机研究协会的试验台上，PC2-5 柴油机正进行每缸 1000 马力的试验；PA6 正进行每缸 600 马力的试验；其他种柴油机，也都进行比销售功率进一步提高的试验研究，为下一步老机型的改进及新机型的发展作好科研试验工作。

## 三、造机部分

造机部分的面积为 16 万米<sup>2</sup>，车间面积占一半以上，从 1974 年起还在兴建大马力 PC4 型中速柴油机的加工、总装、试验车间。

主要车间有四个

### 1) 重型机加工和总装试验车间

该车间分为两个工段

#### ① 重型机加工工段

该工段的主要加工设备有大型镗床，能加工宽 4 米高 4 米长 17 米的零件；大型车床，能车直径约 2 米，长 25 米的零件；大型镗铣床，能加工宽约 3 米，高 3 米多，长 15 米的零件。

#### ② 总装试验工段

该工段有四个中速柴油机试验台，一个船用汽轮机试验台，一个离心式压气机试验台，还有两个已停止使用的低速柴油机（4 万马力）试验台。

全车间起重能力为 100 吨天车 6 台。



## 2) 在门多瓦 (Montoir) 的机加车间

该车间, 距离圣·纳泽尔 5 公里, 主要是加工、装配、试验高速柴油机, 中高速柴油机, 和加工部分中速柴油机的中小零件。

## 3) 焊接车间

该车间主要是焊接各型柴油机的机身和汽轮机的壳体等。对焊接而言, 是一个较为完整的车间, 从毛坯材质的检验、下料、成型、总装焊接、退火, 到最后检验等都是在这个车间完成。

## 4) 在门多瓦还有一个独立的为船机配套的遥控装置制造、装配、台架模拟试验车间。

### 造机方面的产品

该厂在造机方面, 起先买 Sulzer 和 B&W 专利生产低速柴油机, 买瑞典 Stal laval 专利生产汽轮机和压气机, 而后在 50 年代初期又相继生产热机协会设计的中速、高速、中高速柴油机。现在低速柴油机系按 B&W 许可权生产。

目前, 该厂主要造机品种和其参数如下:

### 1) 高速柴油机和中高速柴油机

#### PA 系 列

| 型号/缸径                          | PA4/185 | PA4/200 | PA6/280 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| 转速 (转/分)                       | 1,500   | 1,500   | 1,050   |
| 功率(马力/缸)                       | 166.6   | 187.5   | 350     |
| 平均有效压力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )   | 17.6    | 17.0    | 16.8    |
| 活塞平均速度 (米/秒)                   | 10.5    | 10.5    | 10.1    |
| 活塞单位面积功率 (马力/厘米 <sup>2</sup> ) | 0.59    | 0.56    | 0.56    |
| 18缸整机功率 (马力)                   | 3,000   | 3,300   | 6,200   |
| 18缸整机重量 (吨)                    | 8.0     | 8.5     | 25.0    |

这类柴油机广泛用于船舶主机、铁路牵引、发电、钻探等。

### 2) 中速柴油机

#### PC 系 列

| 型号/缸径                          | PC2-2/400 | PC2-5/400 | PC3/480 | PC4/570 |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|
| 转速 (转/分)                       | 500       | 520       | 470     | 400     |
| 功率(马力/缸)                       | 500       | 650       | 950     | 1,500   |
| 平均有效压力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )   | 15        | 19.3      | 19.3    | 21.3    |
| 活塞平均速度 (米/秒)                   | 7.97      | 7.97      | 8.15    | 8.26    |
| 活塞单位面积功率 (马力/厘米 <sup>2</sup> ) | 0.40      | 0.53      | 0.53    | 0.59    |
| 18缸整机功率 (马力)                   | 9,000     | 11,800    | 1,700   | 27,000  |
| 18缸整机重量 (吨)                    | 100       | 100       | 170     | 250     |

这类柴油机既可烧重油也可烧一般柴油, 功率可以从 3,000~27,000 马力, 广泛用作船舶主机和发电设备等。由于 PC 系列柴油机研制生产已达 20 余年, 经过逐步改进, 目前

该系列柴油机在性能结构方面较为先进, 寿命亦较长等优点, 在同类型柴油机中是领先产品, 在当前世界船舶越来越多的采用中速柴油机作为动力装置的趋势中, PC 系列柴油机装船数约占 50%, 买其许可权的国家和公司也逐年增多。

### 3) 汽轮机

功率范围 15,000~45,000 马力, 用作各种船舶动力, 如油船、液化天然气船、集装箱船等。

### 4) 大功率压气机

其中往复式最大功率为 3,500 瓩, 出口压力为 400 巴; 离心式压气机, 最大功率为 1,500 瓩, 出口压力为 300 巴。这类产品多用于炼油厂和石油工业方面。

1974 年该厂生产中速、中高速、高速柴油机和蒸汽轮机等共 120 万马力, 其中, 中速柴油机为 50 万马力, 共 51 台, 36 台为船用, 15 台为发电用。从机型来看, PC2-2 型占多数, 51 台中 PC2-2 型占 30 台, PC2-5 型 14 台, PC3 型 7 台。从缸数来看, 6 缸机生产最少, 只生产 1 台, 12 缸机最多, 为 27 台, 14 缸机 4 台, 16 缸机 12 台, 18 缸机 7 台。从 6 缸机只生产 1 台可看出, 用户需要大马力柴油机是绝大多数。

在这里必须补充说明的是, 大西洋船厂在生产柴油机方面, 特别是在生产中速柴油机方面, 很多零部件是依靠国内外协作制造的, 如中速柴油机的曲轴、活塞、主轴承、连杆轴承、高压油泵、喷油器、中冷器、滑油机动泵、具有倒顺车装置的进排气凸轮等, 都是西德协作制造的; 缸盖、缸套、定时传动齿轮、水泵、燃油机动泵亦是靠其国内所属分厂或协作厂制造的, 所有增压器是买瑞士 BBC 公司或法国 H.S. 公司的, 调速器是买荷兰的。大西洋船厂自己生产很少, 仅机身、油底壳、部分连杆、轴承体、水套、凸轮轴、管系等是船厂自己制造的。就生产中速柴油机而言, 可以说是一个近乎总装试验厂了。

## 第一节 法国热机研究协会-皮尔斯蒂克

### PC2-5 型中速柴油机

#### 一、PC2-5 型中速柴油机的结构

PC2-5 型机是在 PC2-2 型机的基础上, 缸径行程等主要结构参数相同的条件下, 吸收了 PC3 的研制成果, 研制成功的 PC2 型机的另一种变型。热机研究协会把新机型上的成果及时地运用到老机型的改进上, 而新机型又是在老机型的基础上发展起来的, 这是它们产品不断取得成功的显著特点之一。从 PC2 型、PC2-5 型、PC3 型以及 PC4 型的概貌来看, 基本结构形式无大变化。而对于热负荷和机械负荷较高的零部件以及对性能影响较大的燃油喷射系统和增压系统都做了相应的改进设计。PC2-5 发动机的纵横剖面图见图 1-1 和图 1-2。

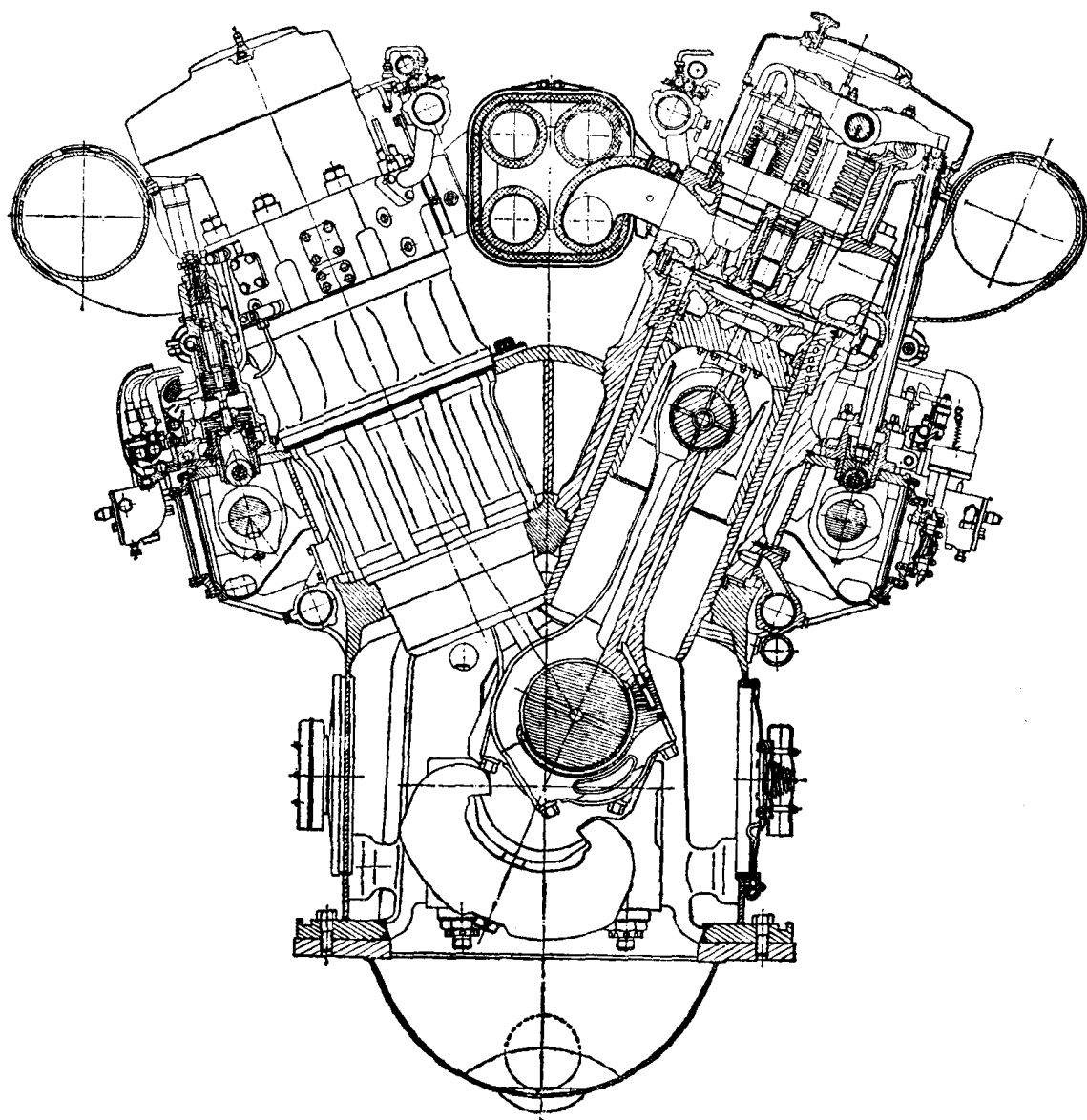


图1-1 PC2-5V-400 型中速柴油机横剖面

**PC2-5机型的主要技术参数如下:**

|                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| 缸径.....                    | 400 毫米                           |
| 行程.....                    | 460 毫米                           |
| 缸数和气缸排列.....               | 直列式 6、8、9 缸<br>V 型 12、14、16、18 缸 |
| 单缸持续最大功率.....              | 650 马力 (520 转/分)                 |
| 单缸持续使用功率.....              | 585 马力 (504 转/分)                 |
| 超负荷 1 小时功率 (每隔 12 小时)..... | 715 马力 (536 转/分)                 |
| 最低稳定转速.....                | 推荐 150~170 转/分<br>试验台 120 转/分    |



材料的化学成分和性能如下:

|      |                  |                       |
|------|------------------|-----------------------|
| 材料牌号 | .....            | 42CD4                 |
| 材料成分 | 碳 (%).....       | 0.38~0.45             |
|      | 钼.....           | 0.50~0.80             |
|      | 硅.....           | 0.15~0.35             |
|      | 铬.....           | 0.90~1.2              |
|      | 锰.....           | 0.15~0.25             |
|      | 磷、硫.....         | <0.035                |
| 材料性能 | 弹性极限.....        | 60 公斤/毫米 <sup>2</sup> |
|      | 延伸率 (50毫米) ..... | 14%                   |
|      | 冲击值.....         | 5 公斤/毫米 <sup>2</sup>  |
|      | 硬度.....          | 210H <sub>B</sub>     |

曲轴轴颈表面不淬硬。

大西洋船厂所用的曲轴毛坯由西德或日本的专业厂供应, 在毛坯厂完成粗加工, 但最后精加工在大西洋船厂完成。采取这种协作方式的原因, 主要为了简化协作关系, 减少由于毛坯锻造缺陷或加工质量问题而造成的退货。

曲轴表面经过磁粉探伤。轴颈上的油孔附近和圆角是最敏感的部位, 不允许有任何发纹。其他部位允许有不连续的、经过修整 (磨光) 可以消除的发纹。曲轴的轴颈表面要经过抛光, 尤其是圆角部位和油孔内部。

每档曲轴都带有平衡重, PC2-5 型机平衡得非常好。有时在轴系振动计算后还需少量的调整平衡重量。

曲轴的功率输出端为正时齿轮。曲轴的止推轴承另装在正时齿轮外侧的机架上。固定正时齿轮的法兰盘大于功率输出法兰, 所以曲轴上的正时齿轮是采用整体的。第一级减速的正时齿轮为人字齿, 第二级为直齿, 以便倒车时轴向移动凸轮轴。每根凸轮轴的传动齿轮内部装有减振器, 结构上与 Pielstick 减振器相似, 内部装有蹄形的弹簧片组件。此减振器是消除高压油泵带给凸轮轴上的振动。柴油机本身带的泵也由正时齿轮传动。

12PC2-5V400 的曲柄排列如图 1-3 所示

各缸发火顺序有两种, 两种发火顺序的选择要按扭转振动计算的结果。次序如下:

- 1) 1—7—3—9—5—11—6—12—4—10—2—8
- 2) 1—12—3—10—5—8—6—7—4—9—2—11

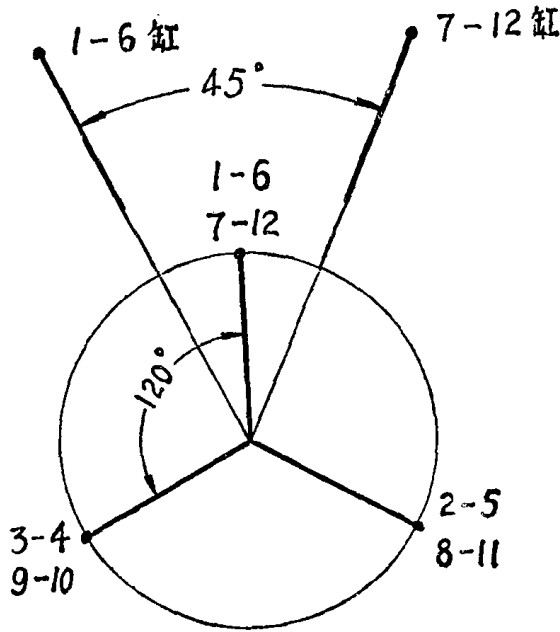


图1-3 12PC2-5V-400 型中速柴油机的曲柄排列图

柴油机的V型夹角为  $45^{\circ}$ 。

2. 皮尔斯蒂克减振器

曲轴自由端装有皮尔斯蒂克减振器。此减振器一般在平衡较好的V12缸机上是可以不装的。实际上要根据柴油机、轴系和螺旋桨的整个系统扭振计算来决定，根据计算选用不同规格的阻尼元件。通常单机单桨的船舶总是要装减振器的。

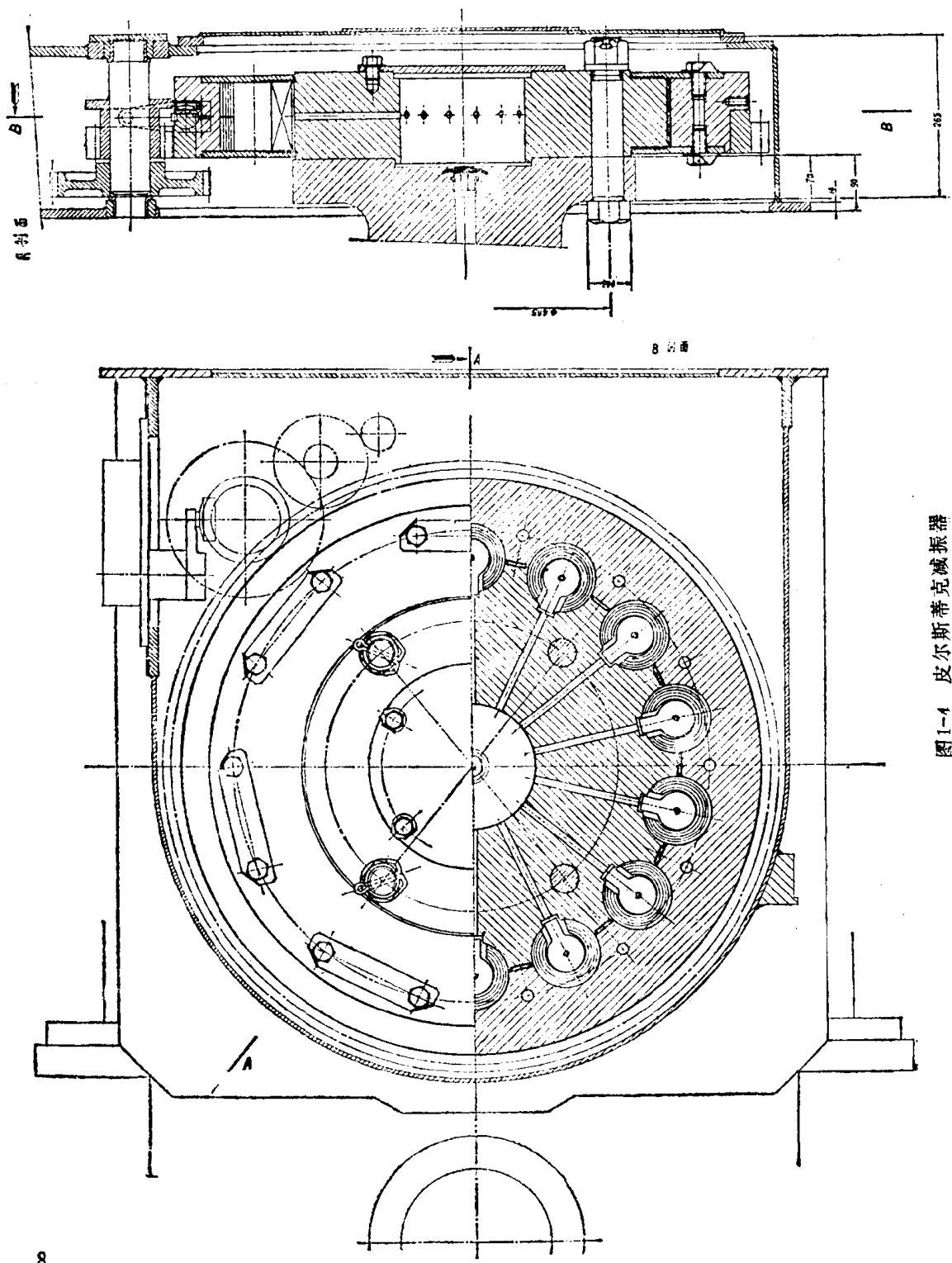


图1-4 皮尔斯蒂克减振器

此减振器有两部分组成，中心为星轮，从动部分在外圈。中间装有 12~14 片蹄形弹簧钢叠片。曲柄箱的机油充满了减振器的所有部位。减振效果是通过蹄形弹簧的摩擦和油的粘性阻尼作用，效果很好，不受温度的影响（当然不可能有把所有阶次的振动都消除掉的减振器）。此种减振器的寿命很长，每 24,000 小时检查一次，等于航行四年。这种减振器也可用在粉碎机、轧钢机上。

减振器中的弹簧片为 XC70F 钢制造。其成分为碳 0.67~0.75，锰 0.65~0.85，硅 0.40，硫磷含量极少。（F 代表材料的纯度等级，a、b、c……由低到高）。减振器结构见图 1-4。

### 3. 连 杆

连杆系工字断面，用铬钼钢模锻，并不是全部加工。V 形发动机采用并列连杆。连杆大头为了从气缸中吊出，采用 40° 的斜切口（减轻连杆大头重量），接合面加工成锯齿形。连杆在设计时曾搞过很多方案，认为此种结构是合理的。尽管关节连杆可以缩短发动机长度，但是结构复杂，加工困难，综合考虑，他们宁愿选用结构较为可靠互换性好的并列连杆。连杆结构见图 1-5。

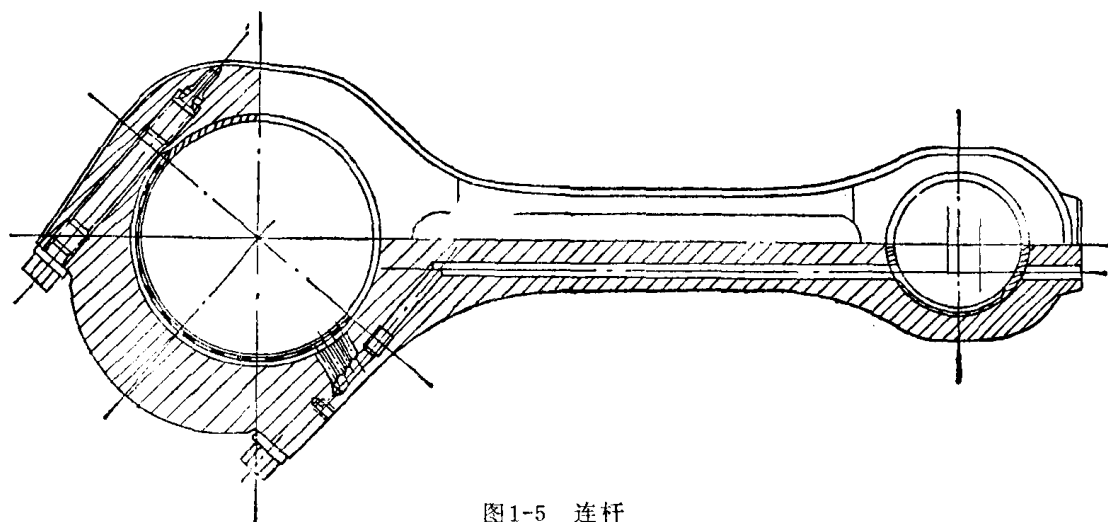


图 1-5 连杆

PC2-5 型的连杆取消了回油通道，冷却活塞顶的滑油沿着活塞内侧自由流下，没有造成严重飞溅问题。在 PC3 和 PC4 型中速柴油机上保留了这种结构。

连杆大头轴承盖用四个螺钉与杆身紧固。通过测量螺钉的伸长来控制预紧力，测量的方法是在螺钉两头上的顶尖孔上装量具，伸长控制在 0.3~0.4 毫米。连杆螺钉的螺纹精度很高，公差很小，称为航空质量，螺钉全部可以互换。螺钉主要靠螺纹精度来保证防松。螺钉头部的锁紧钢丝并不起锁紧作用，只是用来检查螺钉是否松动，假若螺钉松了，钢丝很快就断了。

连杆螺钉与孔的配合部分，做成细齿形，配合比较紧密又不致咬死，并可以防止由于振动而在配合的圆柱面上产生点蚀烧伤。

### 4. 活 塞

活塞是由两部分组成的组合结构。顶部是钢的模锻件，裙部是铸铝的。PC2-2 为整体

的铝活塞，PC2-5 改为组合结构是为了改善活塞的冷却和减少活塞环槽的磨损。锻钢的活塞顶，有三个气环，铝裙的上部有一个气环和两个刮油环。顶环采用表面镀铬。为了得到很好的跑合性能，其他环镀铜，镀层不大于 0.1 毫米。顶环的顶面还开有径向槽，以增加环对缸壁的压力，减少漏气。活塞的结构见图 1-6。

PC2-2 有一道刮油环在裙部的下方。这样布置存在的问题是：环的弹力大了，留在缸壁上的油少了，影响润滑；弹力小了，滑油的耗量又要增加。为了解决这一问题，PC2-5 把两道刮油环都移到活塞销的上部，环的背面安装盘簧，控制刮油环对缸壁的压力。这样既控制了润滑油窜入燃烧室的消耗量，又保证了活塞裙部有充分的润滑油。目前很多工厂都趋向于这种方式，功率虽然提高，油耗略有降低。

PC1 机型的活塞环曾用过嵌铜环，铜环敲到活塞环的槽中，活塞环和镶嵌铜环可能产生间隙，环的强度减弱，易产生断裂损坏。

目前热机研究协会正在研究球墨铸铁的整体活塞，球墨铸铁的强度现在不比钢差，而且由于壁厚较小，结构合理，比组合活塞重量轻价钱便宜，估计很快就会应用在商品机上。

冷却油由曲轴轴颈上的油孔，经过连杆和活塞销的孔到活塞顶。活塞冷却腔的回油孔面积要比其进油孔面积的总和大很多，以保证腔内的冷却油不会充满，形成振荡冷却。此种冷却方式的冷却效果比压力循环油的冷却效果要大 2~3 倍以上。冷却腔中的存油，在发动机停车时还起冷却活塞的作用。

冷却腔内可能发生的积碳和活塞的外表面可能有的碳渣，靠滑油里面加入的添加剂的洗涤作用来清除。

活塞顶部和裙部之间采用 Viton 密封环，该环是耐热耐油的合成橡胶，能耐 200~220℃ 以上，不易老化，长期运转后仍保持足够的弹性。24,000 小时大修检查活塞冷却腔是否有积碳时，才考虑更换 Viton 环。此种材料可用在活塞销孔、排气阀体处的密封以及其他各种耐热耐油接合处。

Viton 是一种由六氟丙烯 (hexafluorinpropylen) 和氟乙烯 (Vinylfluorin) 多种聚合体的化合物。氟的含量为 60~65%。被各制造厂大大加以改进，达到能耐机油与柴油并耐高温。在低温 -20℃ 时，Viton 变为脆性。按照各种产品其肖氏硬度为 65~75。

## 5. 气缸盖和进排气阀

气缸盖是采用 PC 柴油机的传统结构，有两个进气阀和两个排气阀，还有起动阀、安全阀和示功阀。排气阀为带阀壳的部件，可单独拆出检修。缸盖是整体铸铁结构，冷却腔

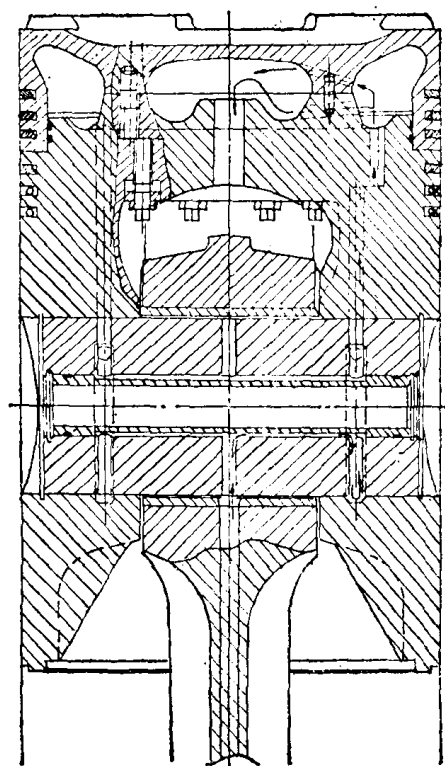


图1-6 活塞



分上下两部分，中间有横隔板，加强了冷却效果，提高了刚性。结构见图 1-7。

从 PC2-2、PC2-5、PC3 和 PC4 的缸盖结构是不断加强的。气缸的高度与缸径的比分别为 0.67、0.69、0.75 和 0.95、各种“阀井”也逐渐加强。从 PC2-2 发展到 PC2-5 缸盖的进排气道的流体线型也不断改进，进排气道是逐渐发展为收缩气口，以改善气体流动性能。

从气缸套出来的冷却水，从一个口进入缸盖下部。所有冷却水都通过排气阀体排除。冷却水是通过较长的流道，冷却效果很好。如果采用水冷排气阀的话，还有一部分水通过排气阀本身的冷却腔。

排气阀座是由特种铸钢制成的，阀上部有转阀机构，每行程都转动一下。在阀座面和排气阀上堆焊“司太立”合金。因为钒盐对阀的腐蚀在 500℃ 以上时才能发生，所以只有在烧含钒量百万分之 150 以上的燃油时，排气阀本身才用水冷却，把排气阀头部温度降低到 500℃ 以下。但是只有委内瑞拉的重油才有这么高的含钒量，所以实际水冷排气阀用得很少。冷却水是从阀壳出来的，通过挠性管导入排气阀内，再由另一挠性管排出来。采用水冷排气阀只取决于重油中的含钒量，与重油的粘度无关。在实际运转中碰到含钒量高的重油时，也可用降低功率的方法降低排气温度。还可用转阀机构，使沉积的钒盐不附着在排气阀的座面上，以避免腐蚀。

整个排气阀壳体，用一种挠性长螺栓固定在气缸头上，由于螺栓长度放大，排气阀体受热膨胀时不致使螺钉应力过大。

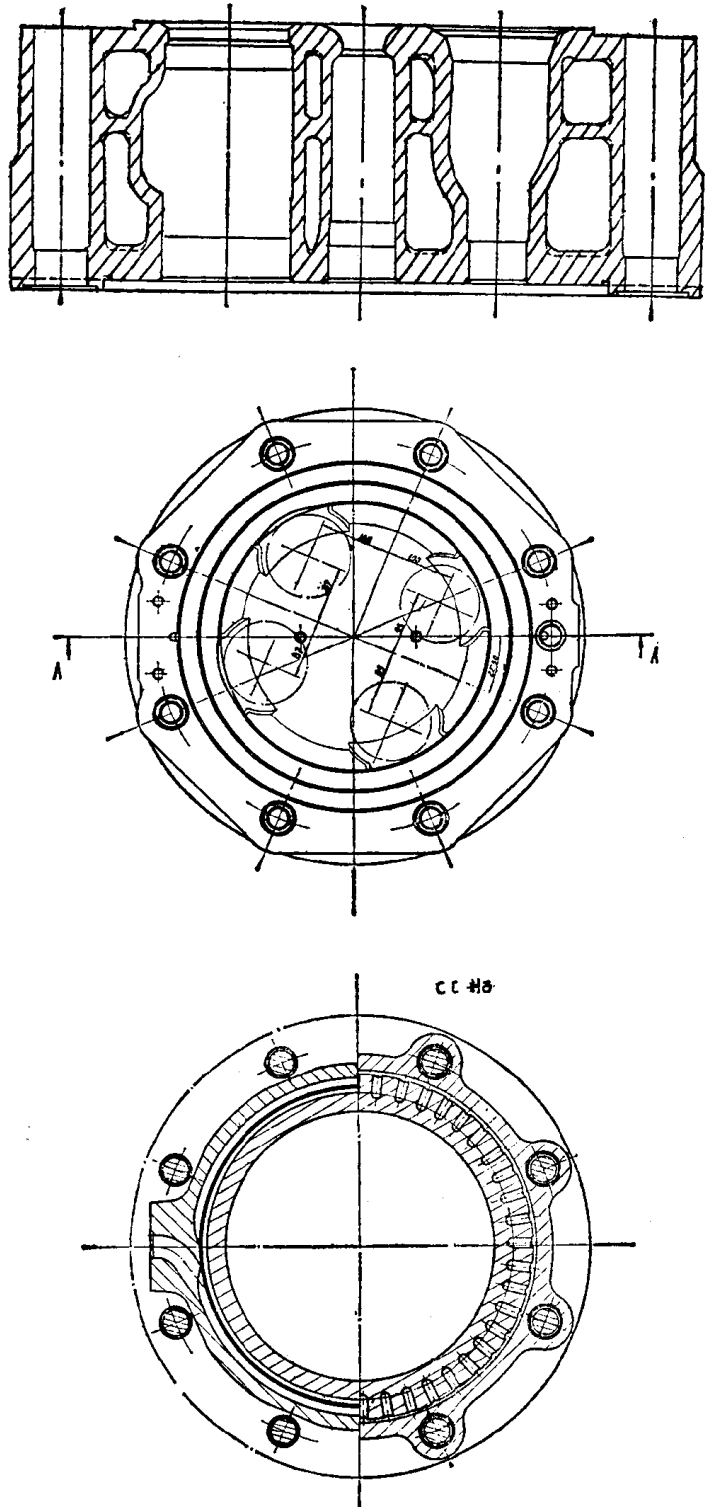


图1-7 气缸盖