

The background of the cover features a large, stylized technical drawing in white lines on a blue background. It depicts several interlocking gears of different sizes and two hexagonal bolts with circular heads, arranged in a circular pattern. The drawing is partially obscured by the title text.

内燃机电站构造

王建伟 张素宁 编

兵器工业出版社

内容简介

内燃机电站构造

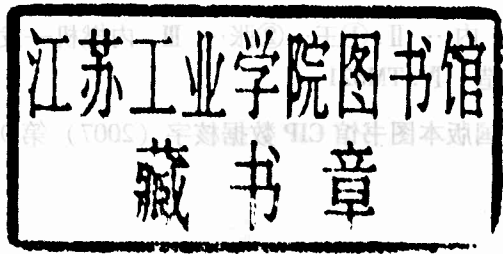
本书主要介绍内燃机电站的构造、工作原理、性能特点、维护保养及故障排除等。全书共分五章。第一章介绍内燃机电站的发展概况、分类及应用；第二章介绍内燃机电站的主要组成部分及其工作原理；第三章介绍内燃机电站的燃料系统、冷却系统、润滑系统、排气系统、电气系统等；第四章介绍内燃机电站的启动、运行、停机及维护保养；第五章介绍内燃机电站的故障排除及事故处理。

王建伟 张素宁 编

图书在版编目(CIP)数据

内燃机电站构造 / 王建伟, 张素宁编. — 北京: 兵器工业出版社, 2007.7

ISBN 978-7-80173-884-2



责任编辑: 董小娟
 封面设计: 王惠娟
 责任校对: 李全
 责任印制: 李全
 开本: 787×1092 1/16
 印张: 30.25
 字数: 203千字
 定价: 28.00元

出版发行: 兵器工业出版社
 发行电话: 010-6867296, 6867391
 邮 政: 100089
 社 址: 北京海淀区车道沟10号
 经 销: 各地新华书店
 印 刷: 兵器工业出版社
 版 次: 2007年7月第1版第1次印刷
 印 数: 1-3000

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是介绍内燃机电站构造的专业书籍。

全书共五章。第一章概述,主要讲述内燃机电站的组成、型号编制规则、工作方式、工作条件、用途和主要电气性能指标;第二章内燃机构造,主要讲述内燃机各机构和系统的组成、基本结构类型和工作过程,同时对汽油、柴油、机油、防冻液和电解液的相关知识作了介绍;第三章发电机,主要讲述同步发电机基本结构、主要结构类型及其工作原理;第四章电气系统,主要讲述内燃机电站电气系统的分析方法、基本组成、常用电器和基本线路;第五章移动电站的移动装置,主要讲述移动电站所采用的机架结构形式、拖车结构和工作过程,对汽车电站、方舱电站和牵引发电机组的基本结构也作了介绍。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机电站构造/王建伟,张素宁编. —北京:兵器工业出版社, 2007. 7

ISBN 978 - 7 - 80172 - 884 - 5

I. 内… II. ①王…②张… III. 内燃机—发电站—构造 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 087655 号

出版发行: 兵器工业出版社
发行电话: 010 - 68962596, 68962591
邮 编: 100089
社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号
经 销: 各地新华书店
印 刷: 军械工程学院印刷厂
版 次: 2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
印 数: 1—2000

责任编辑: 张小洁
封面设计: 王建伟 赵 芳
责任校对: 全 静
责任印制: 赵春云
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 20.75
字 数: 503 千字
定 价: 29.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书是介绍内燃机电站构造的专业书籍。全书分为概述、内燃机构造、发电机、电气系统和移动电站的移动装置等五章,主要讲述内燃机电站的组成、基本结构及其工作过程。

内燃机电站是多专业集成的机电产品,结构复杂、型号众多,且产品不断升级换型。但各种型号的基本结构和工作原理类同,新老产品设计思想相同,产品具有继承性。根据这些特点,本书的编写力求内容简明、层次清晰、图文并茂。通过归类的方法体现各种结构的设计思想,讲清结构特点和工作过程,并尽量反映新技术和新结构在内燃机电站上的应用。为此,本书将同类的结构和电路进行归类讲授。例如,将柴油泵、汽油泵和水泵归类为往复泵和旋转泵,将燃油滤清器、机油滤清器和空气滤清器归类为滤芯式滤清器和离心式滤清器,将同步发电机归类为单电枢有刷发电机、单电枢无刷发电机、双电枢无刷发电机和三电枢无刷发电机,将起励电路归类为剩磁建压、外电源起励建压和剩磁电动势起励建压,将保护归类为断路保护、灭磁保护和停机保护等。这种归类方法是我们在教学过程中逐步完善的,可以帮助读者触类旁通,举一反三,开拓思路,提高学习效率。

本书用于高等院校相关专业构造课程的教材,也可供从事相关专业的技术人员参考。

本书由王建伟和张素宁共同编写。张素宁编写第二章内燃机,其余各章的编写、插图编绘和全书统稿由王建伟负责;杨润生和王立光为本书提供了组合仪表、电子调速器、内燃机电器和电喷汽油机的部分素材,杨润生对全书进行了审阅。

本书引用了国内一些工厂、研究所和院校的产品图样,在此谨致谢意。

本书涉及面广,编者才疏学浅,且时间有限,疏漏谬误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2007年3月

目 录

第一章 概述	1
第二章 内燃机构造	6
第一节 内燃机工作原理和总体构造	6
第二节 曲柄连杆机构	15
第三节 机体和气缸盖	33
第四节 配气机构和进、排气装置	41
第五节 汽油机燃油系统	57
第六节 柴油机燃油系统	76
第七节 调速器	98
第八节 汽油机点火系统	109
第九节 润滑系统	126
第十节 冷却系统	141
第十一节 起动系统	152
第十二节 内燃机直流电系统和仪表	163
第三章 发电机	184
第一节 同步发电机基本结构	184
第二节 内燃机电站用同步发电机结构形式	197
第三节 异步电机	208
第四节 直流电机	211
第五节 内燃机电站的连接与传动	215
第四章 电气系统	223
第一节 内燃机电站电气系统分析方法	223
第二节 电气系统器件	226
第三节 电气系统基本单元电路	262
第四节 典型电气系统	278
第五章 移动电站的移动装置	289
第一节 移动式机架	289
第二节 拖车	291
第三节 汽车电站与方舱电站	308
参考文献	312

第一章 概述

用内燃机拖动发电机发电的设备称为内燃机电站,它的基本结构形式是由内燃机和发电机组成的内燃机发电机组,如图 1-1 所示。将机组固定在地面上使用时,称为固定电站;将机组安装在移动装置上使用时,称为移动电站。

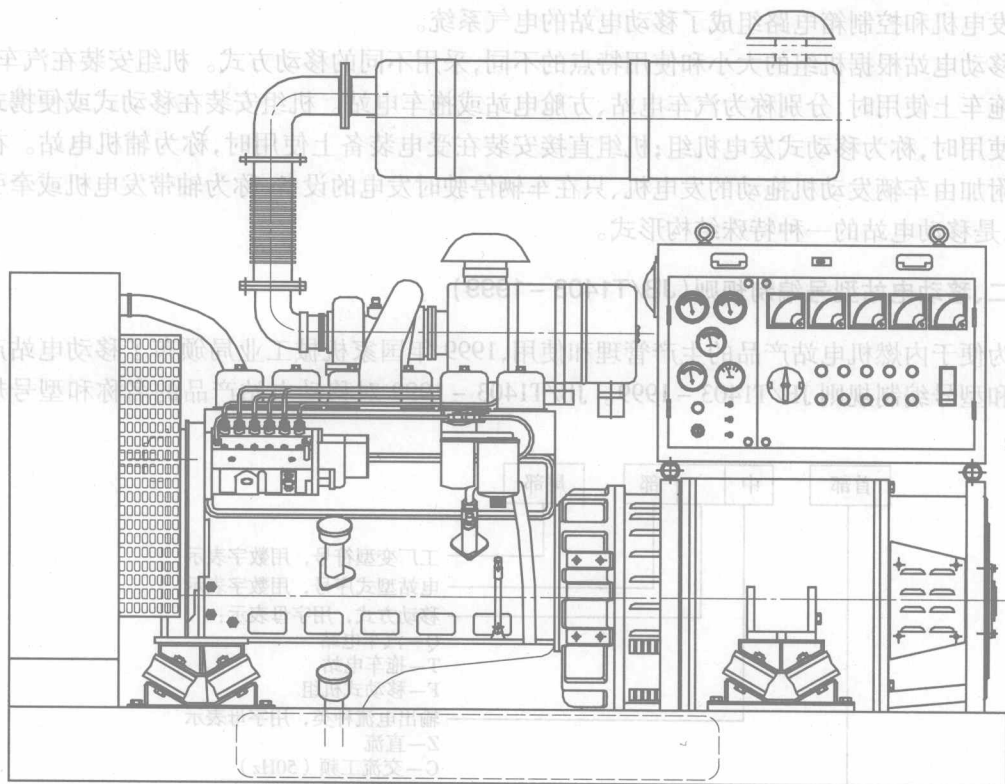


图 1-1 内燃机发电机组

一、内燃机电站的组成与结构形式

内燃机电站由内燃机、发电机和控制箱(屏)等组成,移动电站还包括移动装置。

内燃机是电站的原动机。内燃机电站用内燃机的主要结构形式为四冲程柴油机和四冲程汽油机。它将燃料的热能转换成机械能,拖动发电机发电。为保证发电机输出电源频率的稳定,电站用内燃机均装有调速器。调速器根据负荷的变化,自动调节内燃机的燃油供应量,以保证内燃机在稳定的转速下工作,从而保证电源频率的稳定。

发电机将内燃机的机械能转换成一定规格的电能,供给受电装备使用。交流内燃机电站的发电机均采用同步发电机,主要结构形式包括单枢有刷发电机、单枢无刷发电机、双枢无刷

发电机和三枢无刷发电机等多种;直流内燃机电站或直接以直流发电机发电,或以交流同步发电机发电,然后整流成直流输出。发电机工作时,需向其励磁绕组通入直流励磁电流,以产生工作磁场。根据发电机端电压的变化,利用调压器(AVR)自动调节励磁电流的大小,从而调节工作磁场强度,以实现发电机端电压的稳定。

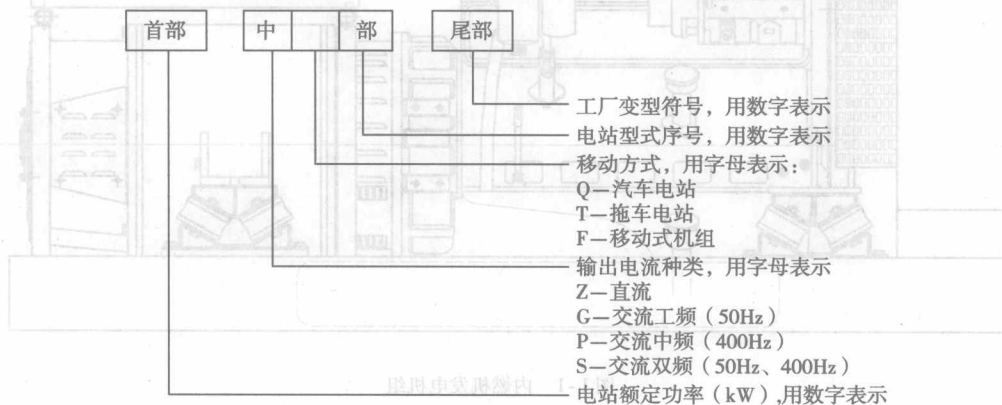
内燃机电站运行时,除对励磁电流进行调节、以稳定电压外,还要对机组的运行实施保护、监视和控制。通常将这些电路及其电器集中布置在一个电器机箱里。为改善操机环境,固定电站的电器机箱通常单独安装,与机组分置,称为控制屏;为使电站结构紧凑、移动方便,移动电站的电器机箱均直接安装在机组上,称为控制箱;为减小机组振动对控制器件的影响,小型移动电站多将电器机箱与机组分离布置,称为控制盒。

发电机和控制箱电路组成了移动电站的电气系统。

移动电站根据机组的大小和使用特点的不同,采用不同的移动方式。机组安装在汽车、方舱或拖车上使用时,分别称为汽车电站、方舱电站或拖车电站。机组安装在移动式或便携式机架上使用时,称为移动式发电机组;机组直接安装在受电装备上使用时,称为辅机电站。在车辆上附加由车辆发动机拖动的发电机、只在车辆停驶时发电的设备,称为轴带发电机或牵引发电机,是移动电站的一种特殊结构形式。

二、移动电站型号编制规则(JB/T1403-1999)

为便于内燃机电站产品的生产管理和使用,1999年国家机械工业局颁布了移动电站产品名称和型号编制规则JB/T1403-1999。JB/T1403-1999对移动电站产品的名称和型号规定如下:



三、内燃机电站的工作方式

内燃机电站的工作方式可分为本机发电、市电输出和变频发电三种。

(一) 本机发电

以内燃机拖动发电机发电的工作方式称为本机发电。所有型号的内燃机电站都可以用本机发电方式工作。本机发电是移动电站最常用的工作方式。

(二) 市电输出

将与内燃机电站电源规格相同的市电接入控制箱内预留端子或插座,使市电经内燃机电站控制箱监控输送给受电装备,而不起动机组的工作方式称为市电输出。

5. 内燃机电站在市电输出方式下工作时,可不改变电站与受电装备的原有连线,内燃机电站不开机,可降低发电成本,有效地减少内燃机电站开机时数。

(三)变频发电 以三相市电为能源,用工频电动机拖动中频发电机发电的工作方式称为变频发电。可作变频发电运行的内燃机电站均为中频电站或双频电站,其内燃机与发电机之间加装有单向自动离合器,发电机内同轴装有工频电动机。变频发电时,内燃机不工作,单向自动离合器处于分离状态,由工频电动机驱动中频发电机运行发电,从而将 50Hz 的市电变换成 400Hz 的中频电源。

内燃机电站在变频发电方式下工作时,内燃机不工作,机组运转平稳,振动和噪声很小,不仅降低了发电成本,还可提高机组电气系统运行可靠性,延长机组使用寿命。

变频发电和市电输出两种工作方式并不是所有型号的内燃机电站都具备,且只有在市电功率符合要求的条件下才能采用。

四、内燃机电站的工作条件

内燃机电站可以在下列环境条件下正常起动,并可连续稳定工作 12h:

- (1)海拔高度不超过 1 000m;
- (2)环境温度在 5℃ ~ 40℃ 范围之内;
- (3)空气相对湿度不大于 80% (温度为 25℃ 时);
- (4)没有导电尘埃和对绝缘材料有腐蚀性的气体或水蒸气的地方;
- (5)机组底盘与水平面夹角不大于 5°。

当海拔高度超过 1 000m 后,随着高度的增加,大气压力按指数规律下降,将导致内燃机输出功率下降,温升增加。在海拔高度为 1 000 ~ 4 000m 时,对内燃机进行适当的调整,并采取特殊的维护方法,可以降低内燃机电站输出功率继续使用。超过海拔 4 000m 后,内燃机电站则不能正常工作。有些内燃机电站功率匹配比较大,其使用说明书规定的工作条件为海拔高度 3 000m。这样的内燃机电站在海拔高度 3 000m 以下地区使用时可不作任何调整。

环境温度过低,将使起动困难,运行阻力增大,将导致功率下降;环境温度过高,则使内燃机电站散热困难,功率下降,电气绝缘变差,易发生故障;所以在这些环境条件下工作时,应采用特殊的使用和维护方法。

五、内燃机电站的用途

(一)内燃机电站的用途

内燃机电站以内燃机作原动机,起动迅速,可在短时间内向受电装备输出额定功率。其电源规格与受电装备用电规格相同,不经任何变换即可直接向受电装备供电。一级负荷通常采用内燃机电站作为备用电源,没有市电时,用电负荷可采用内燃机电站作为基本电源;移动电站结构紧凑,有专用的移动装置,机动性好。适用于流动作业的工程机械、军用武器装备,用途更为广泛。

(二)内燃机电站的供电方式

内燃机电站的供电方式主要包括一对一供电、一对群供电、群对群供电和群对一供电四种模式。

一部内燃机电站只为一部用电装备供电的方式称为一对一供电,电站与受电装备之间配有专用电缆和电缆插接件(插座和插头),通常不改变电站的供电对象。

一部内燃机电站同时为多部用电装备供电的方式称为一对群供电。电站与受电装备之间配有专用的中央配电箱、电缆和插接件,电站的输出端与中央配电箱连接,再由中央配电箱转接至各受电装备。

多部内燃机电站同时为多部用电装备供电的方式称为群对群供电。内燃机电站为交流电站时,各电站采用并联运行,其电压、频率、相序和初相完全相同;内燃机电站为直流电站时,各电站采用共母线连接。

多部内燃机电站同时为一部用电装备供电的方式称为群对一供电。群对一供电时,各电站采用并联或共母线连接运行。

六、内燃机电站的电源规格和主要电气指标

(一) 内燃机电站的电源规格

内燃机电站的电源规格包括额定功率、额定电压、额定频率、额定电流、相数和功率因数。

1. 额定功率 内燃机电站在其使用说明书规定的工作条件(即额定工况)下允许输出的最大功率。

2. 额定电压 内燃机电站在额定工况下的输出端电压。

3. 额定频率 交流内燃机电站在额定工况下的电源频率。

4. 额定电流 在额定工况下内燃机电站允许输出的最大电流。

5. 功率因数 交流内燃机电站额定电压与额定电流相位差的余弦。

(二) 内燃机电站的主要电气指标

内燃机电站的电气指标是评价其电源质量的主要参数,也是对电站产品进行质量分类的主要依据。内燃机电站的电气指标有多个,进行技术检查时主要考核的电气指标包括以下几个:

1. 稳态电压调整率

负载渐变后的稳定电压最大值(或最小值) U_1 和空载整定电压 U 的最大差值与空载整定电压 U 的百分比。即:

$$\delta_u = \frac{U_1 - U}{U} \times 100\%$$

2. 稳态频率调整率

负载渐变后的稳定频率最大值(或最小值) f_1 和额定负载时的频率 f_2 的最大差值与额定频率 f 的百分比。即:

$$\delta_f = \frac{f_1 - f_2}{f} \times 100\%$$

3. 电压和频率的稳定时间

从负载突变时起至电压和频率分别开始稳定所需的时间。

4. 电压波动率

负载不变时电压波动后的最大值 $U_{B \cdot \max}$ 和最小值 $U_{B \cdot \min}$ ，二者之差与二者之和的百分比。即：

$$\delta_{uB} = \frac{U_{B \cdot \max} - U_{B \cdot \min}}{U_{B \cdot \max} + U_{B \cdot \min}} \times 100\%$$

5. 频率波动率

负载不变时频率波动后的最大值 $f_{B \cdot \max}$ 和最小值 $f_{B \cdot \min}$ ，二者之差与二者之和的百分比。即：

$$\delta_{fB} = \frac{f_{B \cdot \max} - f_{B \cdot \min}}{f_{B \cdot \max} + f_{B \cdot \min}} \times 100\%$$

柴油发动机工作原理图

柴油发动机，一

一组成；柴油发动机由进气门、排气门、活塞、连杆、曲轴、飞轮、凸轮轴、气门传动组、配气机构、冷却系统、润滑系统、燃油系统、启动系统等部分组成。

柴油发动机由进气门、排气门、活塞、连杆、曲轴、飞轮、凸轮轴、气门传动组、配气机构、冷却系统、润滑系统、燃油系统、启动系统等部分组成。

柴油发动机由进气门、排气门、活塞、连杆、曲轴、飞轮、凸轮轴、气门传动组、配气机构、冷却系统、润滑系统、燃油系统、启动系统等部分组成。

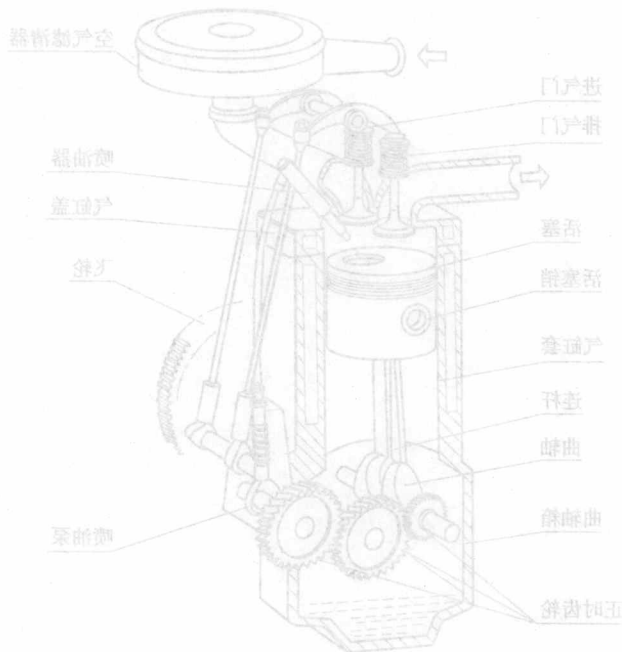


图 3-1 柴油发动机工作原理图

第二章 内燃机构造

内燃机是将燃料(柴油、汽油或燃气)在其燃烧室中燃烧所产生的热能直接转换成机械能的动力机械。按其热功转换连续方式的不同,可分为间断作功的活塞式内燃机和连续作功的旋转式内燃机两大类。旋转式内燃机可分为喷气机和燃气轮机两类;活塞式内燃机按活塞的运动方式可分为往复式活塞式和旋转活塞式两类。

内燃机广泛应用于交通运输、工程机械和发供电装备等方面。内燃机电站所采用的内燃机以往复式活塞式为主,旋转活塞式和燃气轮机应用的很少。本书主要介绍往复式活塞式内燃机,对旋转活塞式内燃机只作简要介绍。以后关于内燃机的内容在未说明时,均指往复式活塞式内燃机。

第一节 内燃机工作原理和总体构造

一、内燃机简介

往复式活塞式内燃机根据使用燃料的不同可分为柴油机、汽油机和天然气内燃机等;根据一个工作循环冲程数的不同可分为四冲程内燃机和二冲程内燃机。

四冲程柴油机基本结构如图 2-1 所示。装在圆筒形气缸内的活塞通过活塞销、连杆与曲

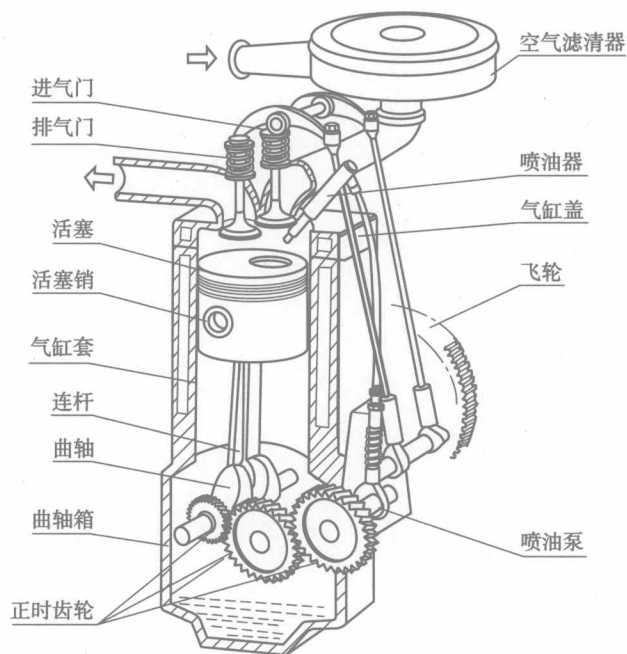


图 2-1 四冲程内燃机基本结构

轴的曲柄销铰链。活塞顶与气缸及气缸盖组成密封的燃烧室空间,气缸盖内布置有与气缸连通的进、排气道,并以进、排气门封闭。曲轴通过齿轮、凸轮轴等零件带动进气门和排气门按时开闭,使气缸内定时吸入新鲜空气和排出废气。由活塞、活塞销、连杆、曲轴和装于曲轴后端的飞轮所组成的曲柄连杆机构是往复活塞式内燃机的热功转换机构,它将活塞在气缸中的往复直线运动转换为曲轴的旋转运动。

二、内燃机基本名词的定义

内燃机工作时,活塞在气缸内往复运动,通过连杆带动曲轴旋转。活塞上、下移动各一个行程,曲轴旋转一圈。内燃机的基本名词定义如图 2-2 所示。

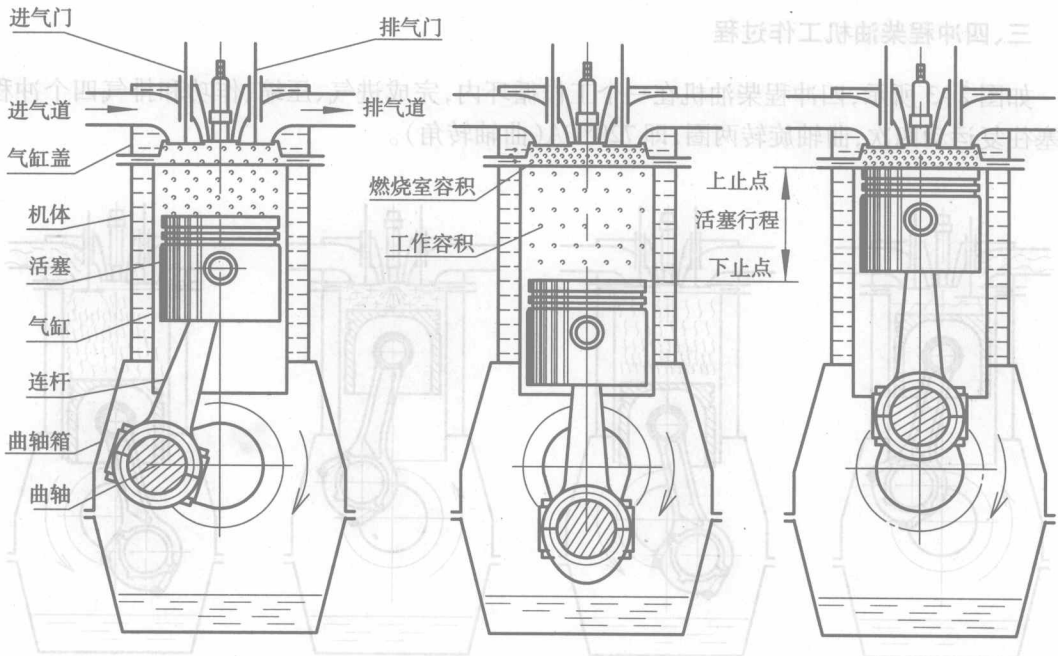


图 2-2 内燃机基本名词的定义

- (1) 上止点。活塞离曲轴旋转中心最远的位置。
- (2) 下止点。活塞离曲轴旋转中心最近的位置。
- (3) 行程 S 。上下止点间的距离,单位为 mm。活塞每运行一个行程称为一个冲程。

(4) 曲柄半径 r 。曲轴旋转中心到曲柄销中心的距离,单位为 mm。则: $S = 2r$ 。

(5) 燃烧室容积 V_c 。活塞位于上止点时,活塞顶部上方的容积。

(6) 气缸工作容积 V_s 。活塞运行一个冲程,活塞顶所扫过的容积,单位为 L。则:

$$V_s = \frac{\pi}{4} D^2 S \times 10^{-6}$$

式中 D ——气缸直径(mm);

(7) 排量 V_L 。内燃机各缸工作容积之和,单位为 L。若内燃机气缸数为 i ,则:

$$V_L = iV_s$$

(8) 气缸最大容积 V_a 。活塞位于下止点时, 活塞上方的容积, 单位为 L。则:

$$V_a = V_c + V_s$$

(9) 压缩比 ε 。气缸最大容积 V_a 与燃烧室容积 V_c 之比。则:

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = 1 + \frac{V_s}{V_c}$$

(10) 工况。内燃机在某一时刻的运行状况简称为工况。以该时刻内燃机输出的有效功率或转矩及其相应的转速表示。

(11) 工作循环。由进气、压缩、燃烧、膨胀和排气五个过程组成, 这个由燃料燃烧放出热量转换为机械功的全部过程称为工作循环。活塞往复运动四次完成一个工作循环的内燃机称为四冲程内燃机, 活塞往复运动两次完成一个工作循环的内燃机称为二冲程内燃机。

三、四冲程柴油机工作过程

—如图 2-3 所示, 四冲程柴油机在一个工作循环内, 完成进气、压缩、作功和排气四个冲程, 活塞往复运动四次, 曲轴旋转两圈, 即 720°CA (曲轴转角)。

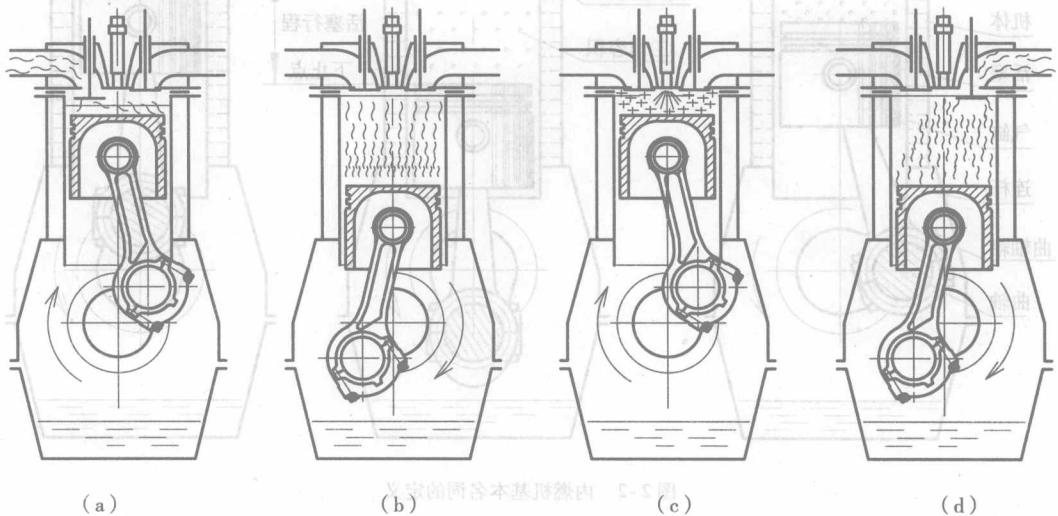


图 2-3 四冲程柴油机工作过程

(一) 进气冲程

曲轴旋转, 通过连杆带动活塞从上止点向下止点运动。为获得较多的充气量, 进气门已在上止点前 $10^\circ \sim 40^\circ\text{CA}$ 提前打开。活塞下行时, 其上方容积增大, 压力减小, 外界空气在压差作用下充入气缸。活塞到达进气下止点时, 曲轴转过 180° , 进气冲程结束。

活塞到达进气下止点时, 进气气流还存在着较大的流动惯性, 为利用气流惯性增大充气量, 曲轴转过进气下止点后约 $20^\circ \sim 80^\circ\text{CA}$, 进气门才完全关闭。

由于进气道阻力, 进气终了时气缸内压力略低于大气压力 P_0 , 约为 $0.8 \sim 0.95P_0$ 。充入气缸的新鲜空气与上一循环的残余废气混合, 并从气缸、活塞顶等高温机件吸热, 使进气温度升高, 进气终了温度可达 $300 \sim 340\text{K}$ 。

(二) 压缩冲程

四冲程(四)

曲轴继续旋转,通过连杆带动活塞上行。进气门关闭后,气缸内气体被压缩,其压力和温度不断升高。活塞到达压缩上止点时,曲轴又转过了 180° ,压缩冲程结束。

压缩冲程提高了气缸内空气的压力和温度,为喷入柴油着火燃烧和充分膨胀创造了条件。压缩终了时气缸内压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$,温度可达 $750\sim 1000\text{K}$,此温度已超过了柴油的自燃温度(600K),从而保证了喷入的柴油可自行着火燃烧。

(三) 作功冲程

在压缩上止点前 $15^\circ\sim 35^\circ\text{CA}$ 时,喷油器将柴油以雾状喷入燃烧室,与高温空气混合并自行着火燃烧,使气缸内气体压力和温度急剧升高。在压缩上止点后 $12^\circ\sim 18^\circ\text{CA}$ 时,气缸内燃气压力达到最大值。高温高压燃气推动活塞从上止点向下止点运动,通过连杆带动曲轴旋转,输出动力,实现了热功转换。活塞到达作功下止点时,曲轴又转过了 180° ,作功冲程结束。

在作功冲程,气缸内最高压力可达 $6\sim 9\text{MPa}$,最高温度可达 $1800\sim 2200\text{K}$ 。随着活塞下行,气缸容积增大,压力和温度也随之降低。

(四) 排气冲程

在作功冲程下止点前 $30^\circ\sim 80^\circ\text{CA}$,排气门打开,气缸内废气依靠残压排出气缸。活塞到达作功下止点时,排气门开度已较大,曲轴借助轴系和飞轮惯性继续旋转,通过连杆带动活塞上行,将缸内废气推出。活塞到达排气上止点时,曲轴又转过了 180° ,排气冲程结束。

活塞到达排气上止点时,废气还存在流动惯性,为利用气流惯性,尽量将缸内废气排净,排气门在排气上止点后 $10^\circ\sim 35^\circ\text{CA}$ 时才完全关闭。这样,在排气上止点附近的一段曲轴转角内,进、排气门同时处于打开状态。这一段曲轴转角称为气门叠开角。

由于排气阻力和燃烧室容积的存在,排气终了气缸内仍残留着少量废气,此时气缸内压力约为 $0.105\sim 0.12\text{MPa}$,温度约为 $700\sim 900\text{K}$ 。

排气冲程结束后,曲轴靠惯性继续旋转,进入下一工作循环,上述各过程又重复进行。

四、四冲程汽油机工作过程

四冲程汽油机工作过程同样由进气、压缩、作功和排气四个冲程组成,曲柄连杆机构和气门的动作过程也与柴油机相同。但由于汽油机使用汽油作燃料,其工作过程与柴油机工作过程有所差别。

(一) 进气冲程

进入气缸的是汽油和空气的混合气,而不是纯空气。化油器式燃油系统由化油器形成空气和汽油的均质可燃混合气体;电控汽油喷射系统则由喷油器将汽油喷射到进气管、进气道或气缸中,与空气形成可燃混合气。

(二) 压缩冲程

由于汽油机可燃混合气燃烧时易产生爆燃、表面点火等异常燃烧现象,所以压缩比较低,压缩终了气缸内压力和温度也比柴油机低。

(三) 作功冲程

在压缩上止点前 $10^\circ\sim 15^\circ\text{CA}$ 时,火花塞产生电火花,点燃气缸内可燃混合气。由于汽油机压缩比较低,所以作功冲程气缸内最高压力较低,膨胀也比较小。

(四) 排气冲程

排气冲程与柴油机相似。

四冲程柴油机和汽油机各冲程特征、缸内压力和温度参数如表 2-1 所示。

表 2-1 四冲程柴油机和汽油机各冲程特征、缸内压力和温度参数

冲程	起始特征点	活塞方向	终止特征点	曲轴转角	进气门	排气门	终了(最高)压力 /MPa	终了(最高)温度 /K
进气	排气上止点	↓	进气下止点	180°	开	迟闭	柴油机 0.08 ~ 0.095 汽油机 0.07 ~ 0.09	柴油机 300 ~ 340 汽油机 340 ~ 400
压缩	进气下止点	↑	压缩上止点	180°	迟闭	闭	柴油机 3 ~ 5 汽油机 0.6 ~ 2.0	柴油机 750 ~ 1 000 汽油机 600 ~ 750
作功	压缩上止点	↓	作功下止点	180°	闭	早开	柴油机最高 6 ~ 9 汽油机最高 3 ~ 6.5	柴油机最高 1 800 ~ 2 200 汽油机最高 2 200 ~ 2 800
排气	作功下止点	↑	排气上止点	180°	早开	开	柴油机 0.105 ~ 0.12 汽油机 0.105 ~ 0.12	柴油机 700 ~ 900 汽油机 800 ~ 1 200

五、二冲程汽油机工作过程

如图 2-4 所示,二冲程汽油机的气缸套上开有进气孔、排气孔和扫气孔。进气孔与化油器连通,排气孔与排气管连通,扫气孔与密封的曲轴箱连通。

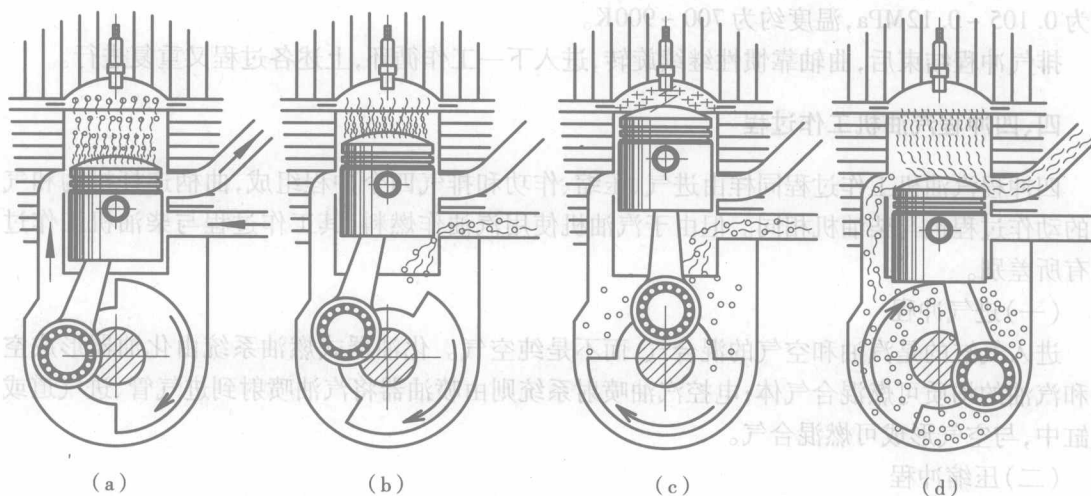


图 2-4 二冲程汽油机工作过程

(一) 第一冲程

曲轴通过连杆带动活塞由下止点上行,活塞依次遮住扫气孔和排气孔。此时活塞上方的可燃混合气被压缩;随着活塞上行,曲轴箱内容积增大,压力减小,形成真空。当活塞底部将进

气孔打开时,来自化油器的可燃混合气便被吸入曲轴箱。一直到上止点。

(二) 第二冲程

活塞上行至接近上止点时,火花塞发出电火花,点燃气缸内已被压缩的可燃混合气,使气缸内压力和温度急剧升高。在高温高压燃气作用下,活塞下行做功;随着活塞下行,进气孔逐渐被关闭,曲轴箱内容积减小,其中的混合气被预压缩,形成扫气压力。当活塞顶将排气孔打开时,缸内废气经排气孔排出;当活塞下行至扫气孔打开时,曲轴箱内预压缩的可燃混合气从扫气孔充入气缸,并扫除缸内废气。

第二冲程结束后,曲轴借助惯性继续旋转,进入下一个工作循环,上述过程又重新开始。

二冲程汽油机没有配气机构,润滑系统简化,故结构简单。由于曲轴每转一圈即有一次热功转换,故升功率较大,比质量较小,但经济性和排放指标较差。

六、旋转活塞式内燃机工作原理

旋转活塞式内燃机又称为转子内燃机,具有结构简单、工作平稳、升功率大、比质量小、高速性能好等优点。旋转活塞式内燃机转子活塞转速为主轴转速的 $1/3$, 起动时活塞转速较低;且活塞两端均为工作腔,只能采用掺混润滑;由于活塞和气缸特定形状的限制,压缩比较小,燃烧较差。这些特点导致其起动比较困难,经济性和排放指标较差。

(一) 基本结构

转子内燃机主要由气缸体、端盖、转子活塞和偏心轴等组成。如图 2-5 所示。

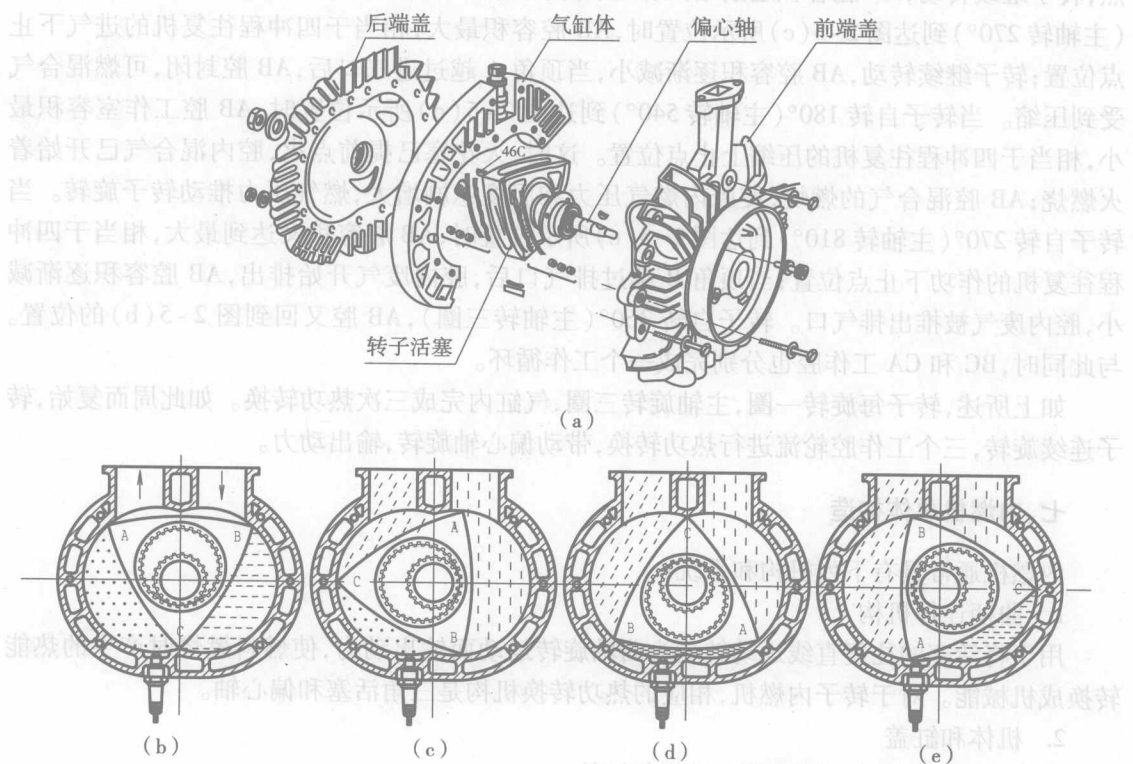


图 2-5 转子汽油机结构及工作过程

筒形气缸体的内表面为双弧长短幅圆外旋轮线型面,其两端开口由两个端盖(缸盖)封闭,缸体和端盖均为固定件。气缸内装有等弧边三角柱体的转子活塞。转子正中为轴孔,轴孔前端固装有与转子同心的内齿圈,与固定在前端盖上的一个外齿圈相啮合,二者齿数比为3:2。转子旋转时,其内齿圈绕端盖外齿圈滚动啮合作行星运动。即转子不仅绕自身轴心自转,同时还绕端盖外齿圈公转。转子三个顶点的运动轨迹与缸体内表面吻合,装有密封条的三个转子顶角始终贴着气缸壁滑动,将缸体内腔分隔成三个容积连续变化的封闭工作腔;偏心轴的主轴颈支承在端盖轴承上,其前端主轴颈穿过前端盖外齿圈,偏心轴的偏心销则穿在转子轴孔中,并通过滚针轴承与转子活塞铰链。

转子内齿圈和端盖外齿圈半径之差(即二者的圆心距)称为偏心距。由于偏心距的存在,转子在气缸内旋转时,其轴心(即偏心轴的偏心销轴心)以端盖外齿圈轴心(即偏心轴的主轴颈轴心)为圆心,以偏心距为半径作行星运动,从而带动偏心轴旋转。由于其内齿圈与端盖外齿圈齿数比为3:2,所以转子每自转 120° ,即绕端盖外齿圈公转1圈,偏心轴也相应旋转一圈。转子自转1圈,即带动偏心轴旋转3圈。

(二) 转子汽油机工作过程

转子活塞在气缸内旋转时,三个顶角与气缸所构成的三个工作腔容积连续变化,依次完成进气、压缩、作功和排气,实现热功转换。

当转子处于图2-5(b)所示位置时,AB腔排气接近终了,进气已经开始。此时AB腔容积最小,进、排气口通过工作腔连通,进、排气重叠,相当于四冲程往复式内燃机的排气上止点;转子继续转动,AB腔容积逐渐增大,压力减小,将可燃混合气吸入气缸。当转子自转 90° (主轴转 270°)到达图2-5(c)所示位置时,AB腔容积最大,相当于四冲程往复机的进气下止点位置;转子继续转动,AB腔容积逐渐减小,当顶角A越过进气口后,AB腔封闭,可燃混合气受到压缩。当转子自转 180° (主轴转 540°)到达图2-5(d)所示位置时,AB腔工作室容积最小,相当于四冲程往复机的压缩上止点位置。这时,火花塞已提前点火,腔内混合气已开始着火燃烧;AB腔混合气的燃烧,使腔内燃气压力和温度急剧增大,燃气压力推动转子旋转。当转子自转 270° (主轴转 810°)到达图2-5(e)所示位置时,AB腔容积又达到最大,相当于四冲程往复机的作功下止点位置;当顶角B越过排气口后,腔内废气开始排出,AB腔容积逐渐减小,腔内废气被推出排气口。转子自转 360° (主轴转三圈),AB腔又回到图2-5(b)的位置。与此同时,BC和CA工作腔也分别完成一个工作循环。

如上所述,转子每旋转一圈,主轴旋转三圈,气缸内完成三次热功转换。如此周而复始,转子连续旋转,三个工作腔轮流进行热功转换,带动偏心轴旋转,输出动力。

七、内燃机总体构造

内燃机通常具有下列机构和系统:

1. 曲柄连杆机构

用于将活塞的往复直线运动转变为曲轴旋转运动而输出动力,使燃料燃烧时产生的热能转换成机械能。对于转子内燃机,相应的热功转换机构是三角活塞和偏心轴。

2. 机体和缸盖

用于构成内燃机的基础骨架,承装各机件。