

四川广播电视大学试用教材

工业生产基础知识

主 编

林 书 元 赵 一 锦

四川广播电视大学教材设备处

前 言

《工业生产基础知识》课程是我校经济类的一门新课。我们约请四川财经学院工业经济系工业技术学教研室，编写了这本教材。在编写时我们征求了有关部门的意见。

由于工业生产部门很多，随着科技的发展，新的工业部门还会不断出现。要用有限的篇幅和在60学时内，对所有工业部门的生产作出那怕是最浅显的介绍也是十分困难的。因此，本教材只能着重反映工业生产的共性及规律和兼顾一般的原则进行编写。这是一次尝试，是否恰当，有待于教学实践的检验，欢迎在试用中提出宝贵意见。

(一) 关于本书内容的安排，是这样考虑的：

(1) 一切工业生产都离不开机器，而一切机器又都离不开动力和能源。可以说这是工业生产的共性。企业现代化程度越高，对动力和能源的依赖越明显。作为工业管理人员，了解常用的动力机械和能源是完全必要。在各种动力能源中，电能具有特殊的优越性。所以，本书首先介绍了常用动力机械和电能的生产、传输、分配和供应等基本知识。

(2) 工业产品大都是通过对各种原材料进行加工、装配而成的。没有原材料，工业生产就成了无米之炊。因此，了解工业生产常用的原材料也是十分必要的。工业上使用的原材料尽管种类杂庞，名目繁多，新材料又不断出现，但在各种原材料中居主导地位的，仍然要首推钢铁。所以本书着重介绍了金属材料，尤其是钢铁材料的冶炼过程、性质、分类及其选用。

(3) 社会所需要的工业产品虽然浩如烟海，但它们都是经由加工工业部门，使用机器设备制造的。没有机器就谈不上现代化工业生产。因而生产各种机器设备的机械工业就显得格外重要了。它甚称各种加工工业的代表，不仅由于它在国民经济中的重要地位，也由于它的生产过程和经营管理所独具的全面性和复杂性，对于经济管理人员来说，更具有举一反三，得窥全貌的作用。所以，应该以较多章节和篇幅介绍机械工业的生产特点、加工方法等基本知识。

(4) 为了适应经济类电大学生以自学为主的特点，同时又考虑到学时有限，本书文字叙述尽可能深入浅出，通俗易懂。对技术内容的分析，力求结合经济。要求计算的章节，配有必要的例题。各章后面附有思考题和习题。

(5) 四川财经学院参加本书编写的教师有刘承浩（第一、二、四、五章）、余友（第三章）、张照禄（第六、七、八章）、刘慧容（第九、十、十四章）、林书元（第十一、十二、二十章）、江韵烈（第十三、十五章）、赵一锦（第十六、十七、十八、十九章）等同志，由林书元、赵一锦两同志担任主编。唐铿同志参加绘制了本书部分插图。在此，我们对四川财经学院和参予编写工作的同志们的大力支持谨表谢意！

(6)
(7)
(8)
四川广播电视大学文科教学处

目

录

第一篇 动力(12学时)	(1)
第一章 工业企业的动力设备	(1)
第一节 动力设备的能源.....	(1)
第二节 蒸汽锅炉.....	(3)
第三节 蒸汽机和汽轮机.....	(4)
第四节 内燃机.....	(6)
第五节 压气机.....	(8)
第六节 电动机.....	(9)
第二章 电工基础知识	(11)
第一节 直流电路.....	(11)
第二节 电与磁.....	(22)
第三节 交流电.....	(27)
第四节 三相交流电.....	(38)
第三章 电能的生产	(44)
第一节 发电厂概述.....	(44)
第二节 火力发电厂主要组成部分及基本生产过程.....	(45)
第三节 火力发电厂的蒸汽动力循环.....	(48)
第四节 水力发电主要组成部分和生产过程.....	(51)
第五节 发电厂主要技术经济指标.....	(54)
第六节 火力发电与水力发电的比较.....	(58)
第七节 核电站简介.....	(59)
第四章 电力系统	(62)
第一节 电力系统概述.....	(62)
第二节 电能的输送和分配.....	(65)
第三节 电力系统的经济运行.....	(69)
第四节 电力系统的发展方向.....	(72)
第五章 工厂供电	(74)
第一节 概述.....	(74)
第二节 安全供电.....	(75)
第三节 电价制度.....	(78)

第二篇 金属材料及其生产(18学时)	(82)
第六章 炼铁	(85)
第一节 炼铁的原料及其处理	(85)
第二节 高炉生产的工艺流程及其设备	(92)
第三节 炼铁的基本原理及生产过程	(95)
第四节 高炉产品	(98)
第五节 高炉生产的主要技术经济指标	(101)
第七章 炼钢	(105)
第一节 概述	(105)
第二节 炼钢的基本原理	(106)
第三节 转炉炼钢法	(111)
第四节 平炉炼钢法	(118)
第五节 电炉炼钢法	(121)
第六节 钢的浇注	(124)
第八章 轧钢	(130)
第一节 概述	(130)
第二节 轧钢设备	(133)
第三节 轧钢工艺	(137)
第四节 轧钢生产的主要技术经济指标	(139)
第九章 机械零件常用材料	(141)
第一节 材料性能	(141)
第二节 金属的结晶和晶体结构	(145)
第三节 铁-碳合金	(148)
第四节 常用金属材料的分类及牌号	(153)
第十章 钢的热处理	(161)
第一节 钢的热处理原理	(161)
第二节 钢的热处理工艺	(164)
第三节 常用的热处理设备	(171)
第三篇 机械制造(30学时)	(173)
第十一章 机械和零件的概论	(176)
第一节 机械和零件的概念	(176)
第二节 零件的受力、变形与失效	(177)
第三节 联接和联接零件	(182)
第四节 传动和传动零件	(187)
第五节 其它常用零件	(198)
第六节 连杆机构和凸轮机构简介	(203)

(96)	第十二章 机械设计简论	(205)
(98)	第一节 机械设计应遵循的原则	(205)
(98)	第二节 机器及零件的质量	(206)
(98)	第三节 机械设计的程序及其内容	(215)
(98)	第十三章 铸造生产	(217)
(98)	第一节 造型材料	(217)
(101)	第二节 造型模具	(219)
(101)	第三节 造型分类	(220)
(101)	第四节 浇注系统及型芯	(221)
(108)	第五节 金属材料的熔炼	(223)
(111)	第六节 合金的铸造性能及铸件的缺陷	(226)
(118)	第七节 各种金属铸件及其用途	(227)
(121)	第八节 特种铸造	(229)
(121)	第十四章 压力加工	(233)
(121)	第一节 金属的塑性变形	(233)
(130)	第二节 金属的加热	(237)
(131)	第三节 自由锻造	(239)
(131)	第四节 模型锻造	(241)
(138)	第五节 板料冲压	(244)
(141)	第六节 锻压新工艺	(246)
(141)	第十五章 焊接生产	(249)
(148)	第一节 手工电弧焊	(250)
(151)	第二节 气焊	(253)
(151)	第三节 其他焊接方法	(255)
(151)	第十六章 金属切削的基本知识	(258)
(151)	第一节 切削加工时的运动	(258)
(151)	第二节 刀具切削的部分材料和几何形状	(260)
(171)	第三节 金属切削过程	(263)
(171)	第十七章 切削加工装备概论	(269)
(178)	第一节 机床概述	(269)
(178)	第二节 夹具概述	(277)
(178)	第三节 量具量仪概述	(282)
(178)	第十八章 切削加工方法	(288)
(181)	第一节 车削加工	(288)
(181)	第二节 钻类切削加工	(296)
(181)	第三节 镗削加工	(300)
(181)	第四节 刨削、插削和拉削加工	(303)

第一篇 动力

人类社会的生产活动,是劳动者运用劳动手段,作用于劳动对象以生产出人类所必需的产品活动过程。生产发展的水平不仅决定于劳动者本身和劳动手段的发展水平,同时也和动力有极为密切的关系。以人力和畜力乃至直接利用风力和水力作为生产的动力,不可能出现大机器生产。只有当蒸汽机的发明和蒸汽作为动力之后,才出现了第一次工业革命。随着工业生产的发展又促使交通运输业和商业的发展,使人类社会发生了巨大的变革。十九世纪末期,当电力作为新的动力取代蒸汽成为时代的特征以来,人类社会的生产面貌又发生了翻天覆地的变化。于是出现了现代化的科学技术和以大规模,机械化,自动化为特征的工业生产。由此可见,动力在人类社会生产发展中起着如何重要的作用了。

当前,任何工业企业。任何生产,几乎都已离不开电力的供应了。它们的生产机械要靠电动机驰动;它们的某些生产工艺,是利用电能的热效应,磁效应、光效应、化学效应以及其它各种效应;它们的各种笨重设备和工件,要靠电力起重和牵引设备吊装和移动;它们从事生产要靠电灯照明。可以说,生产企业现代化程度越高,对电能的依赖也越显著。电能的供应情况,决定着工业生产的规模和质量。在这个意义上来说,直接关系到工业企业的前途和命运。因此,人们对电能的生产和供应给予极大的关注不是没有道理的。

本篇将对常用的动力能源及设备,其中尤其是对电力作比较系统的介绍。介绍有关电能的基本知识;介绍电能的生产;介绍当前业已形成的电力系统的主要特点;也介绍工厂供电的基本常识,包括触电事故的发生和防范以及电价制度。这样既可为从事电力部门的管理工作提供必要的常识,又可为从事工业企业管理工作,对使用电能进行生产的技术经济特点有所了解。

第一章 工业企业的动力设备

第一节 动力设备的能源

在生产发展过程中,人类依靠自身的体力运用简单工具从事生产,经历了漫长的岁月。为了减轻沉重的体力劳动并提高生产率,人们逐渐驯服了牲畜,利用畜力代替部分人力从事生产。在长期实践中人们又逐步认识了自然界,将自然界中的风力和水力等能源用来驱动风车和水车,带动生产机械转动。尤其是水力的利用,曾在很长时期内成为取

代人力，扩大生产的重要措施。因而许多磨房、纺织工场、冶炼场都沿江河设立以获得动力。甚至矿井排水也使用了由水力带动的抽水机。

但是以水能作为动力不仅受地区的限制，并且还要受季节的影响。这一弱点随着生产的发展更显得突出了。例如冶炼工业，它需要矿石、燃料和具有鼓风设备的冶炼炉。为了使鼓风设备可以利用水力，就应把工场设在河流两岸。但是矿石和燃料往往出产在远离河流的地方，不得不长途运输以保证生产的需要。这就给生产造成巨大的困难，并且还将大大提高生产成本。又如采掘工业，随着生产规模不断扩大，矿井深度不断加深，排水量越来越大。运用水力机械带动的抽水机往往不能胜任这一工作，影响了采掘业的发展。因此人们迫切希望有不受地域限制并可为生产提供可靠动力的新能源新型动力机械。

十七世纪末，人们开始对蒸气热能的应用进行研究，出现了原始的蒸汽抽水装置。由于纺织等部门的发展，急需解决利用蒸汽动力带动生产机械的问题。生产需要促进对蒸汽机的研究和改进。到十八世纪后半期，可广泛用于各工业企业的通用蒸汽机终于研制成功并迅速得到推广，从而取代了水力机械。

蒸汽机的最大特点是不受地区和季节的限制。人们可以把各种加工工场建立在原料和燃料产地，有效地节省了运输费用并使生产率大大提高。机器生产逐渐代替了手工生产，工业布局也更加合理。在不长的时间内，纺织、机械、冶金、采掘等工业都迅速发展。交通运输也发生了根本的改变，促进了国际间的贸易往来，反过来又刺激着工业的发展。

初期的蒸汽机效率很低，需要消耗大量燃料。为了提高蒸汽机效率，热工理论也获得了进展，并在热机实践中不断完善。到十九世纪适用于大功率、高转速的新型蒸汽原动机——汽轮机出现了，对电力工业的发展具有十分重要的作用。

蒸汽作为动力必须要笨重而庞大的锅炉，这对交通运输业的发展显然是不利的。人们又改力于移动式动力的机械的研究。十九世纪后半叶，内燃机也出现了。在火车、轮船上，蒸汽机逐渐被淘汰而代之以轻便而高效的内燃机作为动力。二十世纪以来，由于高速飞行的要求，又促使燃气轮机喷气发动机的研究取得迅速发展，燃料热能的应用更加多样化和合理化。

通过热机把燃料能直接转换为机械能虽然比风力、水力的应用更具有明显的优越性，但是仍然存在不少缺点。蒸汽的热能在传输过程中损失较大，传输距离较短，蒸汽机效率也嫌过低，影响经济性和实效。内燃机所用燃油价格昂贵，普遍应用耗费太大，且对蒸气产生污染。在移动式设备上作为动力尚可，如用于生产机械便不适宜了。总之，直接变热能为机械能的热机，都有很大的局限性，尤其在一台设备上多处需要动力的情况下，更欠灵活性。因此，热能直接作为动力能源，还不是理想的形式。

在蒸汽动力发展的同时，对电能的理论和实践的研究也取得了较大发展。十九世纪上半期，发电机和电动机相继发明，使这一崭新的能源——电能展现在人类面前。尤其是三相交流电动机的出现，把电能引入工业生产各个领域，成为带动各类生产机械的理想动力设备，迅速取代了蒸汽机而被各部门广泛运用。变压器的发明更解决了电力远距离传输和安全使用的矛盾和困难，大大发挥了电能的优越性。在今天，电能已经是各工业部门和企业的最主要的能源。它不仅用于动力机械以带动生产设备进行生产，而且

还直接用于生产工艺过程，如电解、电焊、电冶炼、高频淬火、电火花加工等。一旦停止了电力供应，整个工业生产将陷于完全停顿和混乱中。没有电已经是不可思议了。

为什么电能会得到如此广泛的应用呢？主要因为它具有以下突出的优点：

1. 电能可以比较方便地由其它形式的能量转换而来。在自然能源中，除燃料热能（主要包括煤炭、石油和天然气等燃烧发出的热）以外，还是水能、风能、潮汐能、波力能、太阳能、原子能、地热能等多种形式。这些能源都可以用来发电，所以，电能有取之不尽的源泉。

2. 电能易于转换成其它形式的能量。不同部门或企业，不同场合对电能的要求不同。有的需要变为机械能带动机床或其它生产设备；有的需要变为热能；熔炼或焊接金属；有的需要变为化学能，用于电解和电镀；也有的需要变为光能或其它能量。这些不同形式的能量都能简便地由电能转换而来，因而电能才能被如此广泛地利用。

3. 电能可以经济而有效地输送到远方并分配给千家万户。如果直接用机械传递能量，其长度只能以米为单位计量，而蒸汽的传转也不过几公里距离。但电能可以输送到成百上千公里之外而损失较小。这一特点是十分可贵的，它解决了能源产地与负荷中心不一致的矛盾，能更合理地安排工业布局，而在用电场所，电能又可安全而方便地供给各用电场所甚至生产设备的各个部位，满足使用者的要求。

4. 电能易于控制、调节和测量。电能虽然不能为肉眼所察觉，但通过各种测量仪表，很容易定量测出它的各种量值。并通过开关、继电保护装置加以保护和控制。运用起来非常方便。此外，很多非电学量也可以设法表现为电学量，运用电气仪表加以测量，这就进一步扩大了电能的应用范围。

由于电能的特殊优越性，使它成为工业企业最主要的动力能源。其它各种形式的能源，大都先变为电能然后加以利用，而工厂中对其它能源的需求，又多从电能转换而来。本篇就着重介绍电能的生产 and 它在工业企业中的应用。而在本章中则介绍几种主要的动力设备。

第二节 蒸汽锅炉

蒸汽锅炉是用以产生蒸汽的动力设备。工厂中使用的蒸气机和蒸汽锤、生产过程中加热设备所需要的蒸汽，以及火电厂中驱动汽轮机的蒸汽都是由蒸汽锅炉产生的。

小型工业锅炉或移动式锅炉多采用火筒—火管联合锅炉，如图 1—1 所示。其燃烧室在火筒内部，燃烧生成的烟气穿过火管以增加受热面。饱和蒸汽先集中于汽锅然后再经过蒸汽过热器引出，供给蒸汽原动机使用。

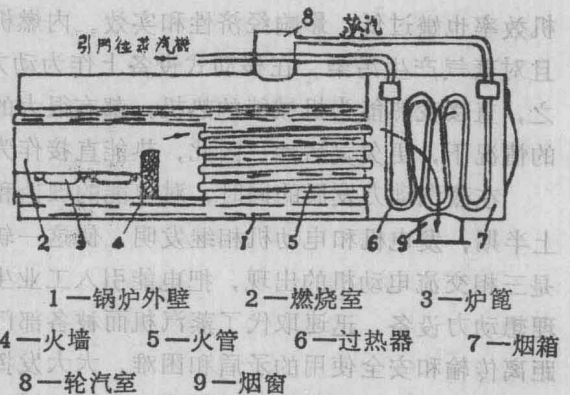


图 1—1 火筒火管联合锅炉

由于它取消了砖衬，故适用于移动式装置。

大型动力锅炉都是水管式锅炉如图 1—2 所示。水在汽锅和水管中循环流动并受热蒸发，然后经过蒸汽过热器进一步吸收热量以提高温度，引至汽轮机使用。

这种锅炉的燃烧室都是悬浮燃烧。

所用燃料可以是煤粉也可以是重油或天然气。根据我国能源政策，动力锅炉应采用煤炭作为燃料，并且尽可能使用劣质煤。煤炭必须经过粉碎并磨制成细粉再喷入炉内燃烧。燃料在锅炉中燃烧完全，水的受热面积也较大、放热效率较高。为了进一步提高锅炉经济性，还可在烟道中安装省煤器以预热进入汽锅的给水，安装上气预热器以预热助燃的空气，其热效率可达 90% 以上。

锅炉的工作性能决定于它产生蒸汽的质和量以及它的经济性和安全性。

1. 蒸发量也称为锅炉容量或出力，系指每小时产生蒸汽的吨数（吨/小时）。习惯上将 12 吨/小时以下的称为小型锅炉，75 吨/小时以下的称为中型锅炉，100 吨/小时以上的称为大型锅炉。

2. 蒸汽参数主要指蒸汽的压强和温度，它表现蒸汽的质量。蒸发量相同的锅炉其蒸汽参数高则做功的能力强。习惯上将 15 大气压以下的称为低压锅炉，100 大气压以上的称为高压锅炉，介于二者之间的称为中压锅炉。近年来蒸汽压力不断提高，出现了超高压锅炉（140 大气压）、亚临界压力锅炉（170 大气压）以及超临界压力锅炉（高于 225 大气压）。蒸汽温度也已超过 500°C。

3. 锅炉经济性一方面表现为热效率的高低，即燃料热能有效利用的程度。另一方面还表现为锅炉的制造经济性。它主要决定于单位蒸发量所消耗的金属材料。

4. 锅炉的安全性是评价锅炉的重要指标。为保证锅炉安全运行，除应具备各种安全设施外，在出厂时应经过严格检验，且操作人员必须经过培训并严格按操作规程进行操作，否则将会造成严重的破坏和损失。

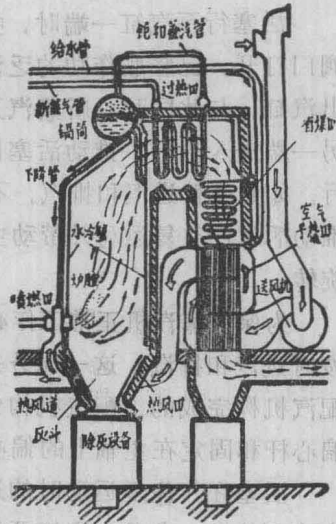


图 1—2 悬燃式锅炉

第三节 蒸汽机和汽轮机

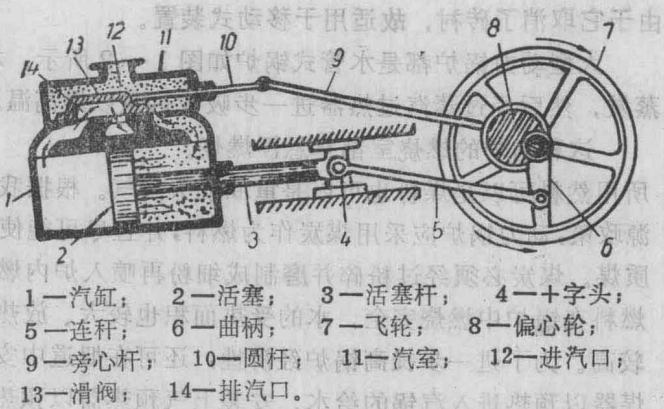
蒸汽机和汽轮机都是以具有一定压强和温度的蒸汽为工质的原动机，统称为蒸汽原动机，蒸汽机是借助于密闭在汽缸内的蒸汽膨胀，推动汽缸的内活塞作往复运动。而汽轮机是靠蒸汽在喷嘴内膨胀产生高速，推动汽轮机叶轮旋转进行工作的。蒸汽通过蒸汽原动机将热能转换成机械能。

蒸汽机的主要结构包括汽缸、活塞、活塞杆、十字头、曲柄连杆、主轴、配汽滑阀、飞轮、调速器等部件。如图 1—3 所示。

汽缸为密闭的圆筒。两端有汽口与滑阀室（汽柜）相连。汽缸内部有活塞，可在汽缸内作往复运动。当蒸汽自汽缸一端进汽口进入汽缸时，膨胀做功并推动活塞运动。通

过活塞杆、十字头、曲柄连杆机构将动力传递给主轴，同时将往复运动变为旋转运动。

活塞行至汽缸一端时，排汽阀门打开，已膨胀做功的乏汽排出汽缸，与此同时，新蒸汽又从另一端进入汽缸，推动活塞回行。如此交替进汽和排汽，不断推动活塞作往复运动并带动主轴旋转。



- 1—汽缸； 2—活塞； 3—活塞杆； 4—十字头；
- 5—连杆； 6—曲柄； 7—飞轮； 8—偏心轮；
- 9—旁心杆； 10—圆杆； 11—汽室； 12—进汽口；
- 13—滑阀； 14—排汽口。

图 1—3 蒸汽机构造简图

为保证蒸汽机正常工作必须按时进汽和排汽，这一任务是由配汽机构完成的。配汽机构包括滑阀、滑阀杆、偏心杆和固定在主轴上的偏心轮等。

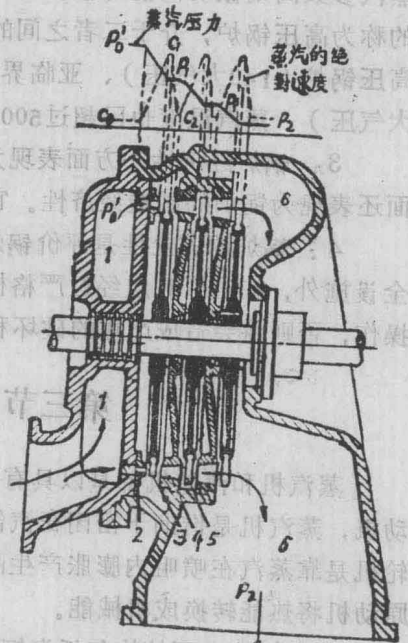
活塞在作往复运动时的速度不同，传递的动力也不均匀，尤其在汽缸两端时形成死点。为了减少机轴转动的不均匀性，并使曲柄顺利通过死点，常在主轴上安装飞轮。



图 1—4 冲击式汽轮机简图

蒸汽机构造简单，制造、维修都比较方便起动力矩较大又便于反转，因此常用于机车、船舶等交通运输工具和打压机、压路机、起重机、卷扬机、锻锤机等设备作为原动机。

汽轮机的锥型出现较早，但在工业上实际应用只是在十九世纪末期才开始的。它的主要结构是喷嘴和装有叶片的转轮。为了有效地利用蒸汽热能，常采用多级叶轮，使蒸汽依次在各级叶轮中膨胀做功，最后成为乏汽排出。按蒸汽在汽轮机中工作的原理不同，汽轮机可分为冲击式和反击式两种基本类型。图 1—4 为单级冲击式汽轮机简图。其特点是蒸汽的压力主要在喷嘴中降低而转换为速度，即势能变为动能，冲击转轮上的叶片，使叶片吸收动能而旋转。图 1—5 为一具有三级叶轮的冲击式汽轮机剖面图。新蒸汽引入汽轮后先在第一级喷嘴中膨胀，以高速冲动第一级叶轮，然后又在第二级喷嘴中继续膨胀，冲动第二级叶轮。最后再在第三级喷嘴中膨胀并冲动第三级叶轮，成为乏汽排出汽轮机。



- 1、6—新汽、排汽室 2、4—喷嘴
- 3、5—工作叶片

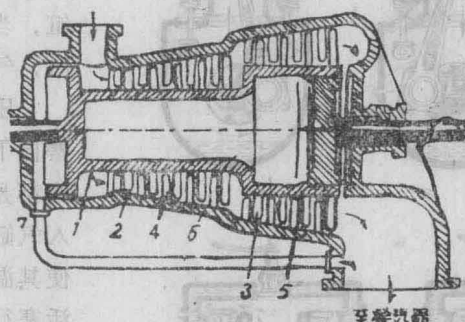
图 1—5 具有三级叶轮的冲击式汽轮机剖面图

反击式汽轮机和冲击式汽轮机不同的是蒸汽

的压力转换成速度的过程不仅在喷咀中进行而且也在叶片间进行。早在公元前120年埃及的希洛球就是利用这个原理使其自身旋转的，如图1—6所示为希洛球的构造。利用蒸汽从喷咀中高速喷出的反冲力推动球身运动。图1—7为多级反击式汽轮机剖面图。其喷咀的形状和叶片非常相似，只不过是固定在机壳上，并不随叶轮旋转，故常称为静叶片。蒸汽依次在各级静叶片及动叶片中膨胀，将能量传给叶轮而使之旋转。最终成为乏汽引出汽轮机。



图1—6 希洛球



- 1—鼓形转子
- 2、3—动叶片
- 4、5—静叶片
- 6—机体
- 7—新汽室

图1—7 多级反击式汽轮机

汽轮机是作回转运动的原动机，它不需要将往复运动变为回转运动的曲柄连杆机构。结构紧凑、体积小，功率大。热效率较高，可用来带动鼓风机、水泵、船舶推进器等，尤其适宜带动发电机发电。现在单机容量不断扩大已超过三十万千瓦，是火力发电厂最理想的原动机而被广泛采用。

第四节 内燃机

热力机械都是利用燃料燃烧放出的热能做功，使之转换为机械能的。但是不同的热力机械所利用的热能是燃料在不同场合燃烧生成的。蒸汽机和汽轮机是利用蒸汽的能量做功的，而蒸汽的能量来自燃料在动力锅炉中燃烧释放出的热能。也就是说燃料在热机的外部燃烧的。另外还有一类热力机械，它所利用的热能是燃料在热机气缸内部燃烧，直接推动活塞做功的，这种热机就是内燃机。

内燃机按所用燃料不同可分为汽油机和柴油机。二者在工作原理上也略有不同：前者是靠电火花系统适时点火使燃料燃烧，故称为点燃式内燃机；后者则是利用压缩使空气产生高温，然后喷油燃烧，故称为压燃式内燃机。

内燃机还可以按照完成一个工作循环所经历的冲程数进行分类，据此可分为四冲程内燃机和二冲程内燃机。下面以点燃式四冲程内燃机说明它的工作原理。

点燃式四冲程内燃机的主要组成部分包括：气缸（附有进气及排气阀门、火花塞等）、活塞、连杆曲轴等。活塞可在气缸内往复运动，通过连杆将动力传给曲轴，将往复运动变为旋转运动。曲轴上装有飞轮以保持转矩的均匀性。进、排气阀门和引火系统则由凸轮轴控制其按时开闭和点火。其工作原理如图1—8所示。

四冲程内燃机完成一个工作循环需要经历四个冲程。所谓一个冲程就是活塞从气缸

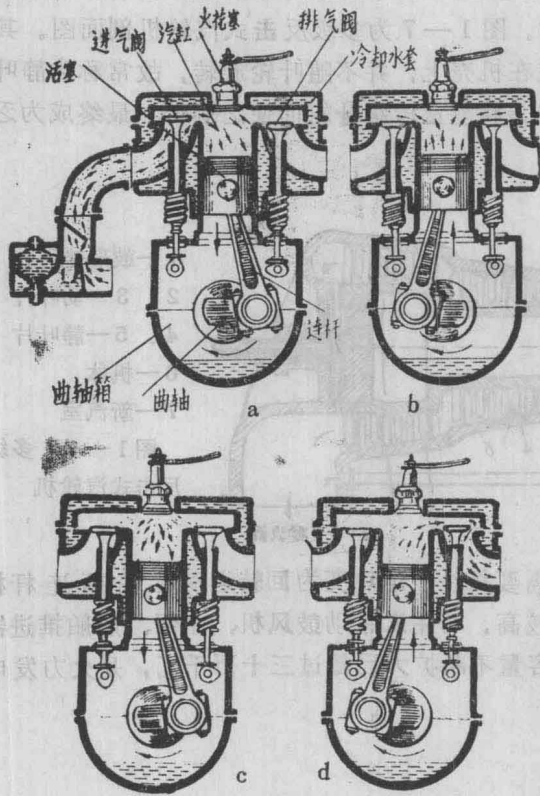


图 1—8 点燃式四冲程内燃机原理

的一个顶点到另一个顶点所移动的距离。

吸气冲程：如图 1—8 (a) 活塞从气缸上端顶点（上死点）开始下行，进气阀打开，排气阀关闭。随活塞向下移动过程便把化油器中业已混合好的汽油和空气的混合气体吸入气缸，当活塞行至下端顶点（下死点）时，气缸里已充满了这种混合气体。

压缩冲程：如图 1—8 (b)，活塞自下死点上移，这时进气阀和排气阀都是关闭的。活塞上行过程中使进入气缸的可燃性混合气体受到压缩，使其温度升高但又不致达到燃点。当活塞行至接近上死点时，压缩冲程结束。

工作冲程也叫爆发冲程：如图 1—8 (c)，当活塞行抵上死点时，火花塞发出电火花，引燃被压缩的混合气体，产生大量的热而使气体的温度、压强急剧增加，膨胀做功，推动活塞向下移动，带动曲轴旋转变为机械能输出。

排气冲程：如图 1—8 (d)，燃烧后的气体膨胀做功后压强减小成为废气。当活塞从下死点向上移动时，排气阀打开，随着活塞上行便将废气排出，从而完成一个工作循环。

点燃式内燃机多以轻油（汽油等）作为燃料，价格较贵，效率也较低。但它构造简单轻便，振动小，常用于小汽车和需要移动的场所。为了提高内燃机效率并采用较低级的燃料如柴油等而制成压燃式内燃机。

压燃式内燃机一般也是经历四个冲程完成一个工作循环。它和点燃式内燃机不同的是在吸气冲程吸入的不是混合气体而是空气，在压缩冲程只是对空气进行压缩，由于气缸内压强高、所达到的温度也高，超过柴油的燃烧点。当压缩冲程结束前，由高压油泵将燃油喷入气缸上端，立即被高温压缩出气所引燃而膨胀做功，实现工作冲程。然后将废气排出气缸。这种内燃机不需要电火花点火，但却需要有高压油泵将燃油以雾状喷入气缸，因此多一套喷油嘴和高压油泵。

压燃式内燃机制造及维修都比较困难，常用于功率较大的场所。

第五节 压气机

在工矿企业中广泛使用压缩空气作为动力，例如空气锤、风镐、风钻、风砂轮、风刷、风力震捣器等。这类风动工具所使用的压缩空气都是由压气机产生的，利用风动工具有以下优点：

第一、风动工具简单轻便，制造及使用都比较方便。

第二、风动工具可在潮湿、震动和灰尘较多的恶劣环境下使用而不易发生故障，即使因阻力过大而被“卡住”，也不致损坏，既利于使用又易于保管和维修。

第三、风动工具比较安全，不仅避免触电事故发生，同时也可保证在有易燃气体的矿井中使用而不致引起火灾或爆炸。

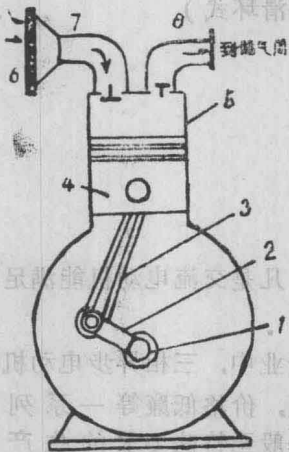
压气机是用以压缩气体的设备。广义的压气机应包括通风机、风扇、鼓风机等。为了区分作为动力设备的压气机，习惯上规定表压力超过2大气压者才叫压气机。

压气机大体可分为往复式（活塞式）和回转式两种型式。为产生压力较高的空气作为风动工具的能源，常采用往复式压气机。当一级压气机产生的压力不够时还可采用多级压气机。

往复式压气机的基本构造和原理如图1—9所示。机轴被原动机带动旋转。当活塞从上向下运动时，进气阀打开，外界空气被吸入气缸；而当活塞向上运动时，进气阀关闭气缸中的空气被压缩，直到压力升高到超过储气筒里的压力时，推出出气阀，排入储气筒。

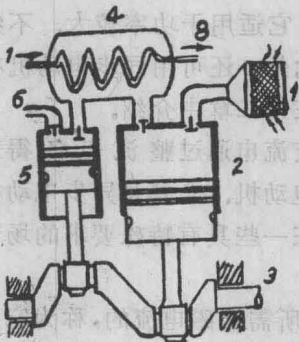
空气被压缩时其温度升高。过高的温度不仅使气缸里的润滑油碳化变质，同时也增加了原动机的动力消耗。为使压缩空气的温度降低，小型压气机可在气缸外壁加装散热片用外界空气冷却，大型压气机周围往往制成水套，让冷却水在其中通过带走热量。

为提高压缩蒸气的压力并使产生的热量能充分冷却，可采用多级压缩。图1—10即为两级压气机简图。它把空气的压缩过程分为两个阶段进行。空气先在低压气缸中压缩到一定压力后送入专设的级间冷却器，把热量传给冷却器中流过的冷却水，其温度降低，容积减小，再进入高压气缸，继续被压缩到所需压力。



1—机轴 2—曲柄 3—连杆
4—活塞 5—气缸 6—空气滤清器 7—进气管 8—出气管

图1—9 往复式压气机



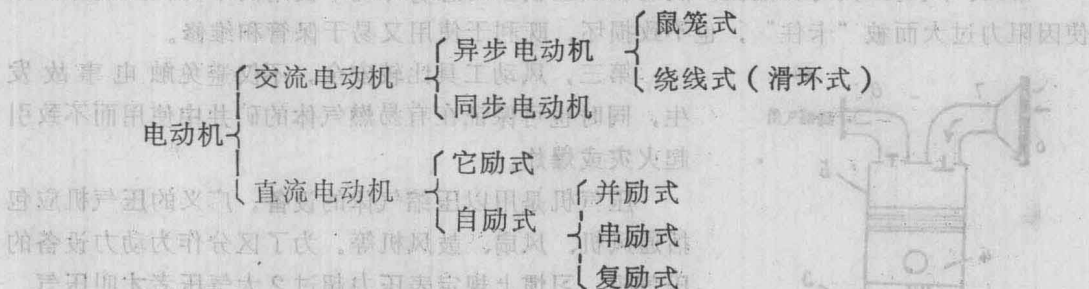
1—空气滤清器 2—低压气缸
3—轴 4—冷却器 5—高压气缸
6—高压空气出口 7—冷却水入口 8—冷却水出口

图1—10 两级压气机简图

第六节 电动机

电动机是利用通电导体在磁场中受力旋转而工作的。它可以把电能转换为机械能带动各种生产机械转动，是应用最广的原动机。

常用的电动机可分类如下：



由于目前都是采用交流形式发电，所以在选用电动机时，凡是交流电动机能满足要求的，一律选用交流电动机。

交流电动机分为异步电动机与同步电动机两种。在厂矿企业中，三相异步电动机的使用尤为普遍。它具有结构简单，坚固耐用，制造、维修方便，价格低廉等一系列优点。尤其是鼠笼式异步电动机，上述优点更加突出。它适于一般无特殊要求的生产设备，加工机械、风机、水泵等作为原动机。但它起动时电流较大而转矩较小，且调速性能不够理想。在这些方面要求较高时可考虑选用绕线式异步电动机，例如牵引、起重等方面。

同步电动机和异步机相比，结构复杂，制造、维修比较困难，价格也较高，其转速和交流电频率具有固定的关系，因此命名为“同步”电动机。它适用于功率较大，不经常变换负载和不要求调速的场合，如大型水泵、鼓风机等。此外，还可用同步电动机在过励磁下改善功率因数，提高电网的运行经济性，这一点将在第二章中介绍。

直流电动机是以直流电作为电源的。目前直流电都是从交流电通过整流设备得来的，因此限制了它的使用范围。一般情况下，已逐渐被交流电动机、尤其是异步电动机所取代。只是由于直流电动机具有某些特殊优越的性能，才在一些具有特殊要求的场合选用直流电动机。

直流电机主要按励磁方法分类。凡是由专门电源供给磁场所需励磁电流的，称为它励式。由于设备复杂，很少采用。常用的是自励式直流电动机。

自励式机中，励磁绕组和电枢绕组并联的称为并励机；励磁绕组与电枢绕组串联的称为串励机；既有并联的励磁绕组，又有串联的励磁绕组，称为复励机。

并励式电动机具有鼠笼式异步电动机相类似的机械特性，但它能借助于磁场变阻器的调节，使转速能在广阔范围内均匀调节，这是异步电动机无法比拟的优点。它可以使工作机械实现无级调速而省却一整套齿轮变速装置。

串励式电动机具有绕线式异步电动机在牵引特性方面的优点而比绕线式异步电动机更为突出。它能随负载的变化迅速改变转矩，对负载变化极为敏感。同时又能比较容易地调节转速。因此，适用于起重机、牵引机、电气机车和电车等作为动力机械。

由此可见，直流电动机在调速性能和牵引性能上都比交流电动机优越。只有对此有特殊需要，交流电动机难以满足时才选用直流电动机。

思考题与习题

- 1、动力的发展和生产的发展有什么关系？
- 2、比较蒸汽原动机和内燃机，各有什么主要优缺点。
- 3、四冲程点燃式内燃机是怎样工作的？它和压燃式内燃机有何区别？
- 4、压气机是怎样工作的？在工业生产上采用压气机有什么优点？
- 5、哪种电动机使用最为广泛？为什么？
- 6、直流电动机为什么尚不能被交流电动机所取代？

总复习题

(1) 直流 (一)

$$\text{变}^{\circ} 01 = \text{变} \frac{1}{0001} = \text{变}^{\circ} 1$$

$$\text{变}^{\circ} 01 = \text{变} \frac{1}{000,0001} = \text{变}^{\circ} 1$$

变 0001 = 变于 1

(U) 直流 (二)

第二章 电工基础知识

第一节 直流电路

一、电路的基本概念

(一) 电流 (I)

从中学物理已知, 电荷的定向移动便形成电流。在金属中电流表现为电子的移动, 而在溶液中则表现为带电离子集团的移动。电流强度以单位时间通过某一截面的电量表示。每秒中通过 1 库仑的电量称为 1 安培, 简称安 (A)。电流强度也可用毫安 (mA)、微安 (μA) 或千安 (KA) 表示。

$$1 \text{ 毫安} = \frac{1}{1000} \text{ 安} = 10^{-3} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 微安} = \frac{1}{1000,000} \text{ 安} = 10^{-6} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 千安} = 1000 \text{ 安}$$

电流的方向传统习惯上规定为正电荷移动的方向。即从“+”极移向“-”极, 或者说从高电位移向低电位。这种规定尽管并不符合金属导体中自由电子的移动规律, 也不符合溶液中正、负离子集团分别向异名极方向移动的事实, 但相沿成习, 至今仍然采用。

常用的电流有两种形式, 直流电和交流电。量值和方向不随时间变化的电流称为直流电; 量值和方向都随时间作周期变化的电流则称为交流电。

电流具有多种效应, 如机械效应、化学效应、热效应、磁效应以及声、光等效应。人们利用电能实质上是利用它的各种效应。电动机是把电能变为机械能; 电冶炼和焊接是把电能变为热能; 电解、电镀是把电能变为化学能; 磁力起重和选矿是把电能转变为磁场能量。

电流的形成必须具备两个条件: 一是存在电压; 一是有导电通路。否则电荷是无法定向移动的。

(二) 电压 (U)

电压是驱使电荷定向移动的原因。所谓电压就是电场中两点间的电位差。我们可以用重力场的情况作比喻。在重力场中各点都受重力的作用。在重力作用下, 物体由高处向低处降落, 这是重力在作功, 说明物体在高空所具有的能量大于在低处具有的能量。不同高度具有不同的能量或作功本领是和物体无关的, 而是反映重力场在各点的特性, 它只和位置高低有关。只要两点间存在高度差, 就有驱使物体由高处向低处降落趋势。以水为例, 高处的水就有流向低处的趋势, 这种趋势的大小取决于两点水位之差。正是由于存在水位差, 水才有流动的可能性。在重力场中衡量某点位置的高低需要先确