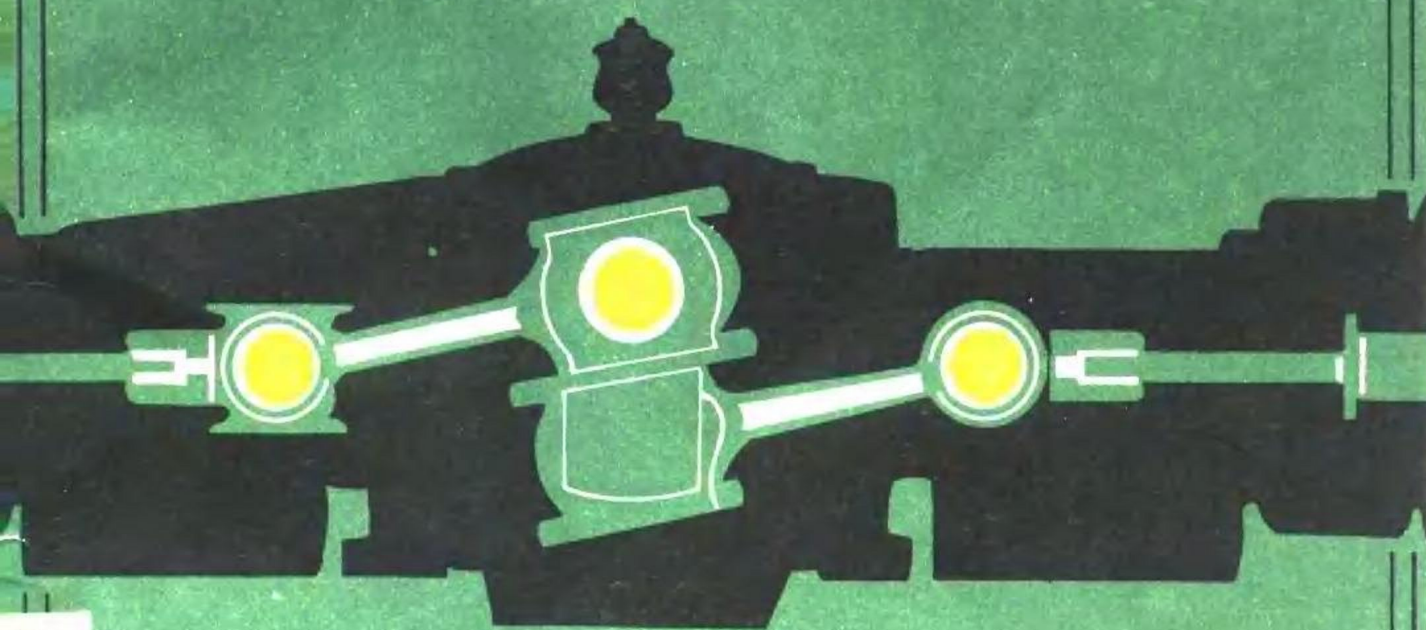


赵 兴 仁

活塞式压缩机 安装调整与检修

HUOSAISHIYASUOJI
ANZHUANGTIAOZHENG YU JIANXIU



57

四 川 人 民 出 版 社

责任编辑：罗云章
封面设计：杨守年

活塞式压缩机安装调整与检修 赵兴仁

四川人民出版社出版 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行 内江新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张17 插页4 字数374千
1982年11月第1版 1982年11月第1次印刷
印数：1—3,500册

书号：15118·68 定价：1.46 元

内 容 简 介

本书介绍了活塞式压缩机的热力学、动力学的基本知识，较详细地讲解了活塞式压缩机的结构，主要零部件的构造及活塞式压缩机的安装试车的方法，压缩机的排气量调节装置及运行中可能发生的各种故障及其排除方法，并简明扼要地叙述了压缩机的测试技术、控制技术、检验与修理技术。

本书可供活塞式压缩机安装、检修、操作的工人、工程技术人员、管理干部阅读和自修，也可作为职工进修培训教材，还可供高等院校及中等专业学校机械设备安装专业师生参考。

机械工业出版社

前 言

活塞式压缩机是一种用处十分广泛的通用机械，在国民经济建设和国防建设中占有重要地位。现在，很难找到一个不使用活塞式压缩机的工厂。因此，如何正确地使用、安装活塞式压缩机，对活塞式压缩机所出现的故障如何分析和排除，如何正确地检修和测试就成了急待解决的问题。

多年来，全国化学工业、医药食品工业、石油工业、机械、煤炭工业、基本建设部门、科学研究部门所属的厂矿、企业中的广大工人、工程技术人员及领导干部常常碰到活塞式压缩机安装、使用、维护、修理、测试等问题，有些工厂，由于没有严格按照技术规范去安装、操作和检修，使压缩机发生了爆炸及各种重要零部件损坏等事故，甚至造成厂房严重破坏和工人的重大伤亡。因此，很多单位举办了活塞式压缩机的技术讲座或训练班；很多中等专业学校和高等院校，有些工厂的职工技术学校、半工半读学校还开设了活塞式压缩机安装、调试、检修的专业课程。

为了使广大从事活塞式压缩机安装、操作、检修、测试工作的工人、工程技术人员、干部系统地掌握活塞式压缩机的基本理论、基本构造、安装方法、检修测试技术，从而在工作中具有一定的分析问题、解决问题的能力，我在多年来从事活塞式压缩机安装教学的基础上，根据有关单位的建议，编写了本书。

由于教学任务繁重，时间紧迫，只能业余写作，加之本人思想水平及业务水平很低，本书一定存在着不少缺点错误，诚望广大读者批评指正。

在编写本书过程中，承蒙重庆建筑工程学院机电系，西安交通大学压缩机教研室、华中工学院机械系、浙江大学化工机械系、重庆市化学工业局、全国压缩机行业西南组科技情报网、“压缩机技术”杂志编辑部等单位领导同志及有关人员大力支持，热情鼓励和协助，在此一并致谢。

成都科学技术大学郑品森同志、成都大学韩天慈同志参加了本书的审稿工作，并提出了很多宝贵意见，特致以谢意。

编 者

1981年5月于重庆

目 录

活塞式压缩机概论	(1)
第一节 压缩机的概念与分类	(1)
第二节 活塞式压缩机的分类与型号	(4)
第三节 活塞式压缩机的驱动方式	(6)
第一章 活塞式压缩机热力学基本知识	(8)
第一节 概论	(8)
第二节 热力学的基本概念	(8)
第三节 理想气体、非理想气体和热力学第一定律	(12)
第四节 压缩机气体的热力学过程	(14)
第五节 活塞式压缩机的理论循环	(17)
第六节 活塞式压缩机的实际循环	(23)
第七节 压缩机的排气量、排气温度及功率的计算方法	(24)
第八节 多级压缩机及压力比的分配	(31)
第二章 活塞式压缩机动力学基本知识	(33)
第一节 活塞式压缩机的惯性力	(33)
第二节 活塞式压缩机各种作用力的分析	(37)
第三节 消除压缩机有害振动的方法	(41)
第四节 压缩机的转速、行程及活塞力	(45)
第五节 压缩机的形式和结构特点	(48)
第三章 活塞式压缩机的结构与安装	(52)
第一节 我国几种常用的活塞式压缩机简介	(52)
第二节 活塞式压缩机安装前的准备工作	(61)
第三节 机体及其安装方法	(65)
第四节 压缩机曲轴(主轴)、主轴承及其安装方法	(68)
第五节 连杆、十字头及其安装方法	(75)
第六节 气缸及其安装方法	(80)
第七节 活塞、活塞杆、活塞环及其安装方法	(87)
第八节 填料函及其安装方法	(99)
第九节 压缩机气阀及其安装方法	(105)
第十节 无润滑技术及其材料	(112)
第十一节 盘车装置及其安装方法	(118)
第十二节 联轴器、皮带轮、飞轮及其安装方法	(119)
第十三节 润滑剂、压缩机的润滑系统及其安装方法	(125)
第十四节 压缩机冷却系统及其安装方法	(134)

第十五节	压缩机气路系统及其安装方法	(139)
第十六节	压缩机组安装质量验收技术文件及记录	(143)
第四章	活塞式压缩机排气量调节方式及其装置	(146)
第一节	排气量调节的意义及调节装置的分类	(146)
第二节	停转调节	(147)
第三节	转速调节	(148)
第四节	停止吸入调节	(149)
第五节	吸排气连通的调节	(150)
第六节	补充余隙容积法调节	(152)
第七节	压开吸气阀调节	(153)
第八节	射流调节	(155)
第九节	调节器	(157)
第五章	活塞式压缩机的操作及其运行中各种故障的分析和排除方法	(159)
第一节	活塞式压缩机的试运转(试车)	(159)
第二节	活塞式压缩机循环油润滑系统的试车	(160)
第三节	气缸与填料函注油系统的试车	(161)
第四节	压缩机冷却水系统通水试验	(162)
第五节	压缩机的驱动机单独试车	(163)
第六节	活塞式压缩机的无负荷试车	(164)
第七节	活塞式压缩机机组及附属设备、管道系统尘渣的吹除	(166)
第八节	压缩机的负荷试车	(167)
第九节	不正常的振动与排除方法	(170)
第十节	燃烧、爆炸及其排除方法	(173)
第十一节	不正常的声音及其排除方法	(175)
第十二节	压缩机零件的损坏和排除方法	(177)
第十三节	“拉缸”及其排除方法	(182)
第十四节	不正常的升温和排除方法	(183)
第十五节	排气量不足和排除方法	(186)
第十六节	功率消耗过大、循环润滑油量不足、压力下降及其排除方法	(188)
第十七节	排气量调节系统失灵及排除方法	(189)
第十八节	水泵的故障和排除方法	(190)
第十九节	液击、气液冲击和排除方法	(191)
第二十节	压缩机常见的其他故障和排除方法	(192)
第二十一节	压缩机示功图所显示的故障	(193)
第六章	活塞式压缩机的测试、控制技术	(196)
第一节	活塞式压缩机测试、控制技术常用工具和仪表	(196)
第二节	活塞式压缩机功率测试仪器—示功器	(209)
第三节	拉线架及其使用方法	(214)

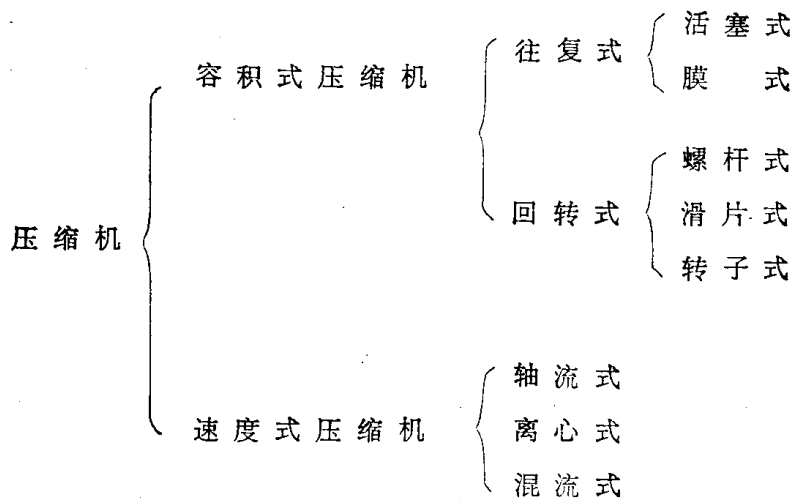
第四节	激光准直仪及其使用方法	(218)
第五节	压缩机排气量的测定方法	(221)
第六节	压缩机的自动控制	(225)
第七章	活塞式压缩机的检验与修理技术	(230)
第一节	压缩机机身试漏与气阀密闭性检验	(230)
第二节	气缸、冷却器的水压试验	(231)
第三节	压缩机附属容器的气压试验和气密试验	(232)
第四节	活塞环的透光、翘曲度、弹力的检验	(233)
第五节	活塞杆、十字头销等超声波探伤检验	(234)
第六节	曲轴、连杆、连杆螺栓等磁粉探伤	(236)
第七节	X 光探伤法	(238)
第八节	γ 射线探伤法	(240)
第九节	活塞式压缩机机体的修理	(241)
第十节	活塞式压缩机主轴承的修理	(243)
第十一节	活塞式压缩机曲轴的修理	(245)
第十二节	活塞式压缩机气缸的修理	(247)
第十三节	活塞式压缩机连杆的修理	(252)
第十四节	活塞式压缩机机组阀门的修理方法	(253)
第十五节	活塞式压缩机的检修管理	(255)
第十六节	安装检修压缩机的安全技术措施	(257)
附录 1	国产活塞式压缩机部分产品一览表	(261)
附录 2	压缩机常用词(中、英、俄、德、日文对照)	(264)

活塞式压缩机概论

第一节 压缩机的概念与分类

在国内外工业、农业、科学技术领域和国防工业等部门，到处都可以看到压缩机。压缩机是一种用处十分广泛的通用机械。

压缩机种类繁多，按其工作原理可分为容积式（活塞式压缩机就是最常见的一种）压缩机和速度式压缩机，其分类如下：



速度式压缩机是依靠压缩机气缸内的高速度旋转的叶轮，使气体旋转并获得巨大的动能，然后通过扩压装置急剧降低流速，使气体的动能转化为压力能，从而提高了气体的压力。但这种压缩机由于本身结构的特点，无法产生高压气体，并且，排出的气体的流量很难调节，因此限制了它的应用范围。

容积式压缩机依靠在气缸内作往复运动或回转运动的活塞，缩小气体容积而提高气体压力。

活塞式压缩机是一种什么样的机器呢？先让我们从最简单的活塞式压缩机谈起。图 0—1 为一立式活塞式压缩机结构示意图，图中所标明的各部件是任何一种型号的压缩机必须具有的基本部件。图中的气缸与机身用螺栓紧固在一起，而机身用地脚螺栓固定安装在基础上。曲轴和连杆组成了曲柄连杆机构，该机构由驱动装置如电动机（或汽轮机、柴油机等）来带动，它把电动机轴的旋转运动变成曲轴的旋转运动，与曲轴连接的连杆大头也随着作旋转运动，而连杆另一端（也叫作连杆小头），沿着机身上部的滑道，带动活塞在气缸中上下往复作直线运动。当活塞从上面最高处的极限位置（亦称为活塞的上死点）向下运动时，由气缸和气缸盖以及活塞上端面所构成

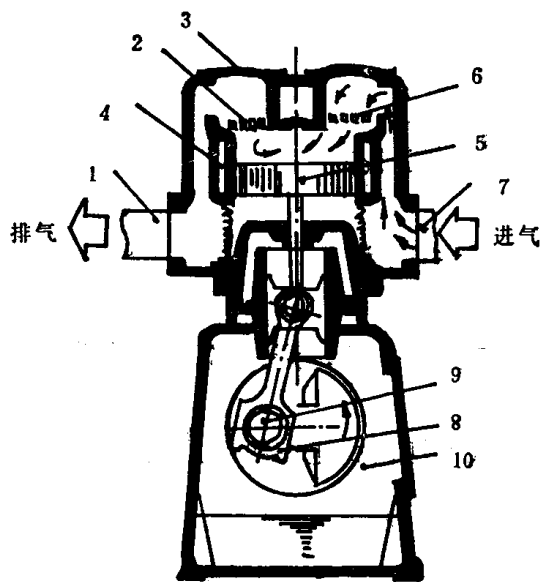


图0-1 活塞式压缩机示意图

- 1.排气管；2.排气阀；3.气缸盖；4.气缸；
5.活塞；6.吸气阀；7.进气管；8.连杆；
9.曲轴；10.机身

的空间容积（称为气缸容积）则将逐渐增加，这时外界的气体将从进气管道冲开进气阀中的阀片，进入气缸，活塞越往下部移动，则从管道进入气缸中的气体体积越大，一直持续到活塞抵达气缸下部的极限位置（亦称为活塞的下死点）。在这个过程中，外界的气体不断被吸入气缸。当活塞由下死点开始返回运动时，进气阀自动关闭，不再吸气。由于活塞向上运动，不断地压缩气缸内的气体，使气缸内气体的压力不断增加。当活塞达到一定位置，被不断压缩的气体的压力增加到一定值时，压缩气体冲开排气阀，经过排气管道输送到使用部门。一直到活塞抵达上死点时为止。在这期间，气缸内气体压力不再升高。当活塞从上死点位置再次往下运动时，则排气阀自动关闭、停止排气，

而吸气阀又再次自动开启，外部气体又从吸气管道经过吸气阀被吸入压缩机气缸，就这样，在压缩机工作过程中，外界气体不断被吸进压缩机气缸，又不断地被压缩、被排除、被输送出去。

从上述可知，当压缩机的主轴旋转一周时，曲柄连杆机构带动活塞在气缸内上下往复运动一次，完成了一个吸气、压缩、排气过程，这个工作过程也称为活塞式压缩机的循环。

综上所述，可以给活塞式压缩机下一个定义了：活塞式压缩机是利用活塞在气缸内往复运动来压缩气体（空气、氧气、天然气、二氧化碳气、氢气、氯气等），提高和输送具有一定压力的气体的机器。

各种类型的压缩机具有不同的排气压力和排气量，图0-2展示了各类压缩机的应用范围。从图0-2中可以看出：活塞式压缩机最高排气压力可达到3500公斤/厘米²，最大排气量为500米³/分左右。而速度式压缩机最高排气压力为400公斤/厘米²最大排气量可达6300

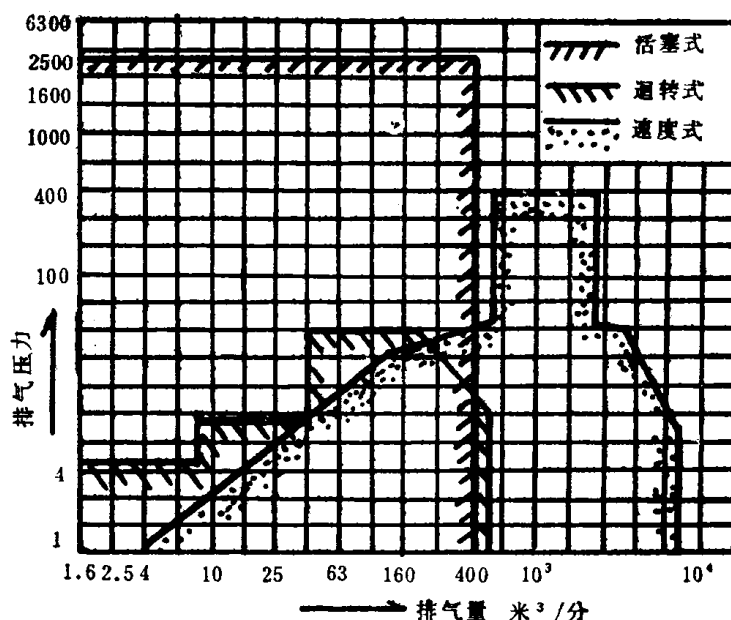


图0-2 各类压缩机的使用范围

米³/分。由此可见，活塞式压缩机具有较高的排气压力，而速度式压缩机具有较大的排气量。

和其他压缩机相比，活塞式压缩机有如下优缺点：

一、活塞式压缩机具有较高的排气压力，可选用不同型号的活塞式压缩机来达到各种不同的压力（低压、中压、高压、超高压）要求。目前，在国外，已经制成了排气压力达3500公斤/厘米²的超高压活塞式压缩机，而在国防、科学实验部门，已经制成了压力达7000个大气压的压缩机。

二、活塞式压缩机的效率较高。这是由它的工作原理决定的。因为在回转式和速度式压缩机中，高速气流的阻力损失和机体内各种泄漏损失较严重，其效率远远低于活塞式压缩机。

三、活塞式压缩机的排气量可在较广泛的范围内进行调整和选择，在需要较小的排气量情况下，采用活塞式压缩机比较合理、经济、安全。被压缩机压缩的各种气体的重度对压缩机的影响，也比速度式压缩机要小些。

四、制造活塞式压缩机的材料多采用普通钢材，要求不高，制造精度也不如速度式压缩机那样严格。

五、活塞式压缩机转速不高，当单机排气量超过500米³/分时，机体变得庞大、笨重，需要大型电机拖动，而且要采用大型基础。因此，当排气量较大时，不宜采用活塞式压缩机。

六、活塞式压缩机结构复杂，易损零件较多，维护、检修、安装都较麻烦。

七、活塞式压缩机在运行过程中，机身、基础振动，排出的气体不连续，气体压力有脉动，因而噪音较大。

因此，在选择活塞式压缩机时，要全面衡量，综合考虑，结合用户的实际情况，来权衡其优缺点。

活塞式压缩机广泛应用在哪些部门呢？

一、活塞式压缩机可提供作动力的压缩空气。在工厂、矿山、农田水利基本建设、国防、科学实验等部门，把活塞式压缩机提供的压缩空气广泛地用来驱动各种风动工具、风动机械；用来控制各种自动化仪表和装置以及各种车辆、船舶的制动，各种现代化建筑与交通工具的门窗的启闭。在医药，酿造等工业部门，用活塞式压缩机产生的压缩空气进行物料搅拌，以促成原料的发酵、化合、反应等。此外，纺织工业中大量使用的喷气织机，石油工业的油井的压裂，大中型柴油机的启动，高压采煤，国防中某些武器的发射、潜水艇的浮沉及打捞沉船，航天飞机、人造卫星中某些稀有高压气体的制取等，都是利用活塞式压缩机来进行的。在一些技术较先进的国家里，微型活塞式压缩机正在逐渐地进入家庭生活领域中来。

二、活塞式压缩机可以为很多部门输送气体。在远程输送气体时，必须将气体进行压缩，使气体的压力提高。例如，远程输送天然气时，压力要求达到30~45公斤/厘米²。要使气体装瓶，也必须先将气体压缩到一定压力，比如氧气装瓶压力为150公斤/厘米²；氯气装瓶时，需先将氯气压缩到10~15公斤/厘米²；二氧化碳装瓶压力为50~60公斤/厘米²。

三、活塞式压缩机可为各类化工厂、石油化工联合企业提供高压合成气体和聚合气体。例如：氮气和氢气合成氨，氢与二氧化碳合成甲醇，这两种合成反应分别需要工艺系统工作压力为150~200公斤/厘米²；300~450公斤/厘米²，800~1000公斤/厘米²。在上述情况下，活塞式压缩机是工厂中最主要的关键性设备。

四、用活塞式压缩机制冷和分离各种气体。目前广泛使用的是氨压缩机和氟里昂压缩机，一般称为“冰机”、“制冷机”、“冷冻机”。这种压缩机使气体压缩、冷却、膨胀而液化，用于人工制冷（空气调节、食品冷冻、冷藏等）。此外，当液化的气体为混合气时，可在分离装置中将气体不同组分分别分离，从而获得各种合格纯度的气体。例如，空气被液化分离后，能得到纯氧、纯氮、纯氦、纯氩、纯氙、纯氡等贵重的稀有气体。

五、在石油工业中，可用活塞式压缩机将热氢气提高压力与油进行反应，促使碳氢化合物重组份裂化成碳氢化合物的轻组份。如润滑油加氢精制、重油的轻化等。在这种情况下，活塞式氢气压缩机的压力有320公斤/厘米²、150公斤/厘米²、70~90公斤/厘米²三种。

活塞式压缩机的基本结构分为以下三部分：如图0—1所示。

一、基本部分

这一部分包括机身、中体、曲轴、连杆、十字头。其作用是传递动力，连接气缸与压缩机基础，把电动机轴的旋转运动变成十字头的往复直线运动，从而推动活塞在气缸中移动。

二、气缸部分

这一部分包括气缸、进排气阀、活塞、填料及安装在气缸上的排气量调节装置等部件。其作用是压缩气体和防止气体泄漏。

三、辅助部分

这一部分主要作用是确保压缩机安全可靠的运转。这部分包括水、气、油三路的各种冷却器、过滤器、缓冲器、液气分离器、安全阀、油泵、注油器及各种管路系统（图中未画出）。

上述三部分中，基本部分和气缸部分是制造、装配、安装、调试的重点，也是对压缩机进行各种理论分析和排除压缩机各种故障的主要研究对象。

第二节 活塞式压缩机的分类与型号

一、活塞式压缩机的分类

目前，活塞式压缩机按分类如下：

一）按排气压力的高低分为：

低压压缩机 $2 \text{ 公斤/厘米}^2 < \text{排气压力} \leq 10 \text{ 公斤/厘米}^2$

中压压缩机 $10 \text{ 公斤/厘米}^2 < \text{排气压力} \leq 100 \text{ 公斤/厘米}^2$

高压压缩机 $100 \text{ 公斤/厘米}^2 \leq \text{排气压力} \leq 1000 \text{ 公斤/厘米}^2$

超高压压缩机 排气压力 $> 1000 \text{ 公斤/厘米}^2$

二)按排气量大小分为:

微型压缩机 排气量 ≤ 1 米³/分

小型压缩机 1 米³/分 $<$ 排气量 ≤ 10 米³/分

中型压缩机 10 米³/分 $<$ 排气量 ≤ 100 米³/分

大型压缩机 排气量 > 100 米³/分

三)按所消耗功率的大小分为:

微型压缩机 功率 ≤ 10 千瓦

小型压缩机 10 千瓦 $<$ 功率 ≤ 100 千瓦

中型压缩机 100 千瓦 $<$ 功率 ≤ 500 千瓦

大型压缩机 功率 > 500 千瓦

四)按压缩机结构特点分为:

1.以压缩机气缸中心线相对位置划分,可分为立式(表示气缸中心线与地面垂直)、卧式(表示气缸中心线与地面平行)、角度式(V型、W型、L型、扇型等)、对称平衡式(H型、M型)。

2.以压缩机传动机构的差异来划分,可分为有十字头式压缩机与无十字头式压缩机两种。后者大多用于低压、小型压缩机,前者应用于中压、高压的大中型压缩机。

3.以活塞在气缸内作用情况划分,可分为单作用式、双作用式、级差式三种。前一种型式的压缩机,气体只在活塞一侧被压缩,后两种型式的压缩机,气体则在活塞的两侧都受到压缩。

此外,还可以根据其他特征分为:水冷式与风冷式,固定式与移动式,以及按压缩机转数高低等分类。

二、活塞式压缩机的型号

目前,根据我国第一机械工业部颁发的标准,对各类活塞式压缩机统一规定如下:

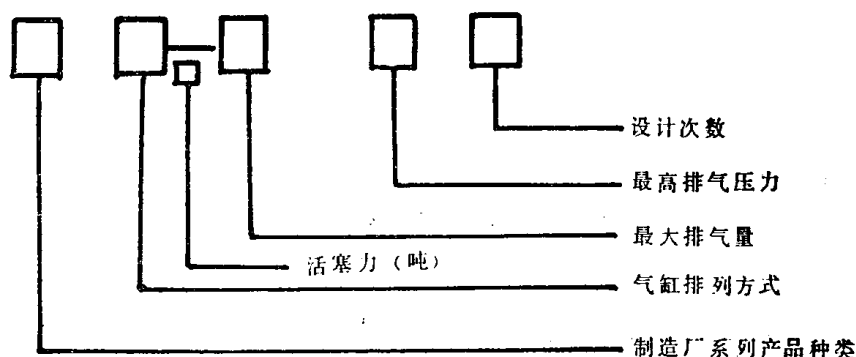


表0—3 各类活塞式压缩机统一规定型号示意图

例如: 4L—20/8型压缩机表示该压缩机气缸排列为L型,4L为L系列中第四种基本产品,最大排气量为20米³/分,排气压力为8公斤/厘米²。

H₂₂—165/320型压缩机表示该压缩机气缸排列为H型,活塞力为22吨,最大排 气

量为165米³/分, 最高排气压力为320公斤/厘米²。

4 M₁₀—72.5/24—10.2/4—28型压缩机表示该压缩机气缸排列为M型, 活塞力为16吨。它是用来压缩空气和天然气两种气体的, 空气最大排气量为72.5米³/分, 天然气最大排气量为10.2米³/分, 空气最高排出压力为24公斤/厘米², 天然气最高排出压力为28公斤/厘米²。

V—6/8型压缩机表示该压缩机气缸排列为V型, 最大排气量为6米³/分, 最高排气压力为8公斤/厘米²。

YW—9/7型压缩机其Y表示移动式, 气缸排列为W, 最大排气量为9米³/分, 最高排气压力为7公斤/厘米²。

第三节 活塞式压缩机的驱动方式

活塞式压缩机是一种消耗机械功的机器, 因此, 必须要有动力装置来驱动。正确考虑和选择压缩机的驱动设备是很重要的。

表0—1 各类驱动机的特点及应用范围

型 式	结 构 特 点	有效转数	变速范围	效 率	使 用 范 围
鼠笼式异步电动机	结构简单、紧凑, 价格低廉, 管理方便, 易于安装、工作可靠, 但功率因数低	$\frac{3000}{N}$ N = 1 ~ 8	固 定	7.5千瓦 70~93% 75千瓦 88~94.5%	2200千瓦以下 ^① n=600~1500转/分
绕线式异步电动机	启动装置复杂, 价格高, 管理不方便, 安装简便	$\frac{3000}{N}$ N = 1 ~ 8	固 定	7504瓦 94%以上	100~4000千瓦
同 步 电 动 机	能改善电网的功率因数, 成本高, 要求管理水平高。安装时, 较复杂	$\frac{3000}{N}$ N = 2 ~ 10	固 定	93~97%	100~4000千瓦 以下
柴 油 机	结构紧凑, 但复杂, 维修不方便	600~1500	100~60%	32% (热效率)	用于缺气电源的场合, <150千瓦
煤 气 发 动 机	结构紧凑, 动力平衡性好, 经济, 结构复杂、工作可靠性差	400~1000	100~60%	40% (热效率)	用于不易获得电源, 但有大量煤气的场合
蒸 汽 机	调节方便, 结构复杂, 成本高, 工作可靠性差, 管理要求高	140~400	100~25%	50~75% (循环效率)	近代已大多淘汰 40~3000千瓦
蒸汽轮机	调节方便, 结构紧凑, 但传动装置复杂, 安装技术要求高	1800 ~3400	100~25%	35~82% (循环效率)	4000千瓦以上

① 因为启动电流过大会引起电网电压下降和波动, 所以一般用于100千瓦以下, 如果电网拥有足够的功率储备和适用的启动设备, 其驱动功率可达2200千瓦。

目前，我国普遍采用下列设备来驱动活塞式压缩机：

一、电动机（异步交流电动机或同步交流电动机）——被普遍采用的设备；

二、活塞式发动机（内燃机或蒸汽机）——逐步被淘汰或个别采用的设备；

三、旋转式发动机（燃气轮机或蒸汽轮机）——国内外大型石油化工联合企业日益广泛采用的设备。

在一些化工厂，由于化工工艺流程常常需要大量的低压蒸汽，因此，驱动压缩机采用背压式汽轮机是合理、经济和节省电力的一种设备式。我国从国外引进的年产30万吨合成氨化肥厂各类压缩机和各种泵，大多数采用汽轮机驱动。

在某些石油加工厂、油田等部门，由于具有丰富的、廉价的可燃性气体，则压缩机驱动装置可采用煤油发动机、天然气发动机。

在一般情况下，压缩机大多采用异步交流电动机或同步交流电动机。

各类驱动机的特点及应用范围见表0—1。

各类驱动机是通过一定传动方式来驱动压缩机的，其传动方式分为直接传动与间接传动，其传动方式的性质、主要特点及适用功率见表0—2。

表0—2 活塞式压缩机的转动方式及其应用范围

传动方式	性 质	中间元件	主 要 特 点	适用功率范围
间接传动	弹 性	三角皮带	可隔距传动，过载安全，维护简单，效率低，寿命短，不适于爆炸场合	0.5~200千瓦
	刚 性	齿 轮	结构紧凑，效率高，结构复杂，价格高，有噪音	>200千瓦
直接传动	弹 性	联 轴 器	结构简单、紧凑，安装要求低	<400千瓦
		离 合 器	适用于无启动转矩的驱动机中，过载安全，但结构复杂	<200千瓦
	刚 性	联 轴 器	结构简单、紧凑，但安装、制造要求高	0.5~4500千瓦
		同 轴	最简单、紧凑	

第一章 活塞式压缩机热力学基本知识

第一节 概 论

热力学的基本知识是压缩机的重要基础理论。压缩机热力学理论是研究压缩机工作过程的热、能量、功量、温度、压力、气体体积变化等的理论，热力学理论中所涉及到的一些基本参数不但决定了压缩机的制造和设计方案，而且也影响到压缩机的安装方法，调整测试手段及试车运转程序、重大事故分析方法等。如：安装压缩机时，必须严格控制活塞端部与气缸盖之间的间隙，即气缸的余隙容积，这个数值与气缸内气体的压力、温度有密切关系，并与气缸的大小、压缩机的效率有关，如这个数据控制不好，就会给压缩机的运行带来不良后果，甚至会造成重大事故。余隙值如果过大，则压缩机的排气量降低，达不到生产要求；余隙值过小，则会造成排气温度过高，气缸剧烈磨损，气缸盖与气缸体的连结螺栓断裂等重大事故。而要选择正确余隙值，则必须掌握压缩机的热力学理论。

压缩机的热力学理论可以指导我们确定压缩机最高排气温度的极限，从而控制压缩机的排气温度不超过规定值，保证压缩机的正常运行。

掌握了压缩机热力学理论，还可以通过示功器测绘出压缩机运行时的指示功图形，发现气阀安装的缺陷及吸气阀、排气阀的损坏、气体的泄漏、活塞环的磨损、活塞的不清洁及各种附属装置的故障等。

掌握热力学理论，不仅对于安装、调整、试车、分析故障等可以提出一系列理论根据，而且还能预见压缩机可能出现的问题，从而防止压缩机事故的发生。

因此，从事活塞式压缩机制造、设计、安装、使用、维修等不同工作的工人和工程技术人员，必须掌握压缩机的热力学基本知识。

第二节 热力学的基本概念

从事活塞式压缩机安装、调试、维修等工作的人员必须掌握工质、温度、压力、比容、热量、功等这些基本概念，才能对活塞式压缩机进行热力计算。现在将这些基本概念介绍如下：

一、工质

活塞式压缩机的工质是指被压缩的各种气体，如空气、氮气、氮氢混合气、氧气、二氧化碳气等。

不管是将热能变成机械能，或者是将机械能转变成热能，这些过程都是传热过程，所以必须借助于某种载热的媒介物。例如，太阳光的热能是通过大气传给我们的，大气就是一种媒介物，这种媒介物就称之为工质。

工质的特点是：受热后膨胀，被压缩后体积缩小，温度升高。

另外，每一种气体都是由无数的分子、原子组成的。同时，气体的分子和原子都处在杂乱的、不规则的运动中。因此，气体的状态时刻都在改变。

二、温度

温度是表示一种物质冷热的程度，它仅表现这种物质的分子不断运动所具有的平均动能，即分子运动越快，动能越大，则温度越高；反之，分子运动越慢，动能越小，则温度越低。

温度有两种表示方法：百度温标和绝对温标。

百度温标也叫摄氏温标，它的符号为（℃），百度温标的100℃，是指在一个物理大气压下水开始沸腾的温度，而0℃是指在一个物理大气压下水开始结冰的温度。

绝对温标用K表示，它与百度温标之间每一度大小完全一样，但绝对温标以-273.16℃的温度为零度，工程上常常为方便计算，取0℃=273°K，一般将绝对温度的代号定为T，百度温度的代号定为t，则它们之间的关系式为：

$$T = t + 273 \text{ (K)}$$

例如，如果压缩机排气温度为135℃，则绝对温度为 $T = 135 + 273 = 408 \text{ (K)}$ 。

三、比容

每一公斤气体所占有的空间容积，叫作该气体的比容，用符号v表示。比容的单位是米³/公斤，假设气体的体积为V（米³），重量为G（公斤），则气体的比容 $v = V/G \text{ (米}^3\text{/公斤)}$ 。如果计算每立方米气体的重量，即G/V的量，一般用 $G/V = \gamma$ ， γ 称为该气体的重度，显而易见， γ 与v的关系为：

$$\gamma = \frac{1}{v} \quad \text{或} \quad \gamma \cdot v = 1$$

四、压力

气体对容器单位面积的器壁上（沿垂直方向）的作用力称为气体的压力。它用符号P表示，它的单位是公斤/厘米²，每平方厘米有1公斤压力，则称为1个工程大气压，因此：

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2$$

在物理学上采用的压力为物理大气压，它是指0℃时海平面上大气平均压力，它等于1.0332公斤/厘米²，因此：

$$1 \text{ 物理大气压} = 1.0332 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10332 \text{ 公斤/米}^2$$

在压缩机运行过程中，压力表指针上所表示的压力并不是真实压力，而只是“表压力”；表压力表示被测量部分的压力比大气压力高出的数值。真实压力（也叫绝对压力）与表压力的关系为：

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + 1 \text{ 工程大气压力}$$

例如，如果压缩机试车时排气压力为320公斤/厘米²，则它真实压力为 $320 + 1 = 321 \text{ 公斤/厘米}^2$ 。

在国外，也有使用“巴”来作为压力单位的。1巴=1.0197公斤/厘米²，在我国

引进的30万吨合成氨的压缩机装置中，压力的单位大多采用“巴”。

压力的换算见表1—1。

表1—1 压 力 换 算

	达因/厘米 ²	巴	物理大气压	公斤/厘米 ²	毫米汞柱 0℃	磅/吋 ²
达因/厘米 ²	1	10 ⁻⁶	0.98692×10 ⁻⁶	1.0197×10 ⁻⁶	7.5006×10 ⁻⁴	1.4504×10 ⁻⁵
巴	10 ⁶	1	0.98692	1.0197	750.06	14.504
物理大气压	1.0132×10 ⁶	1.0132	1	1.0332	760	14.696
公斤/厘米 ²	980.665	0.98067	0.96784	1	735.56	14.223
毫米汞柱0℃	1333.2	1.3332×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1.3595×10 ⁻³	1	0.019337
磅/吋 ²	68.947	0.068947	0.068046	0.070307	51.715	1

1 托 (torr) = 1 毫米汞柱

在 米公斤秒 MKS 制中，压力单位为帕斯卡 (Pascal, Pa) 1 帕 = 1 牛顿/米² = 10 达因/厘米²。

五、热量

热量是指两种不同温度之间相互传递的热能，它的单位是大卡，符号用 Q 或 q 表示。1 大卡的热量相当于 1 公斤水在标准气压下，从 19.5℃ 加热到 20.5℃ 时所需要的热量。在压缩机内，规定气体吸收热量为正值，放出热量为负值。

六、比热

单位量气体，温度增加 (或减少) 1℃ 时，所吸收 (或放出) 的热量叫比热。工程中规定比热的符号用 C 表示，比热的单位是大卡/公斤、℃，因此，比热的值为：

$$C = \frac{q}{t_2 - t_1} \text{ 大卡/公斤、℃}$$

式中 q——1 公斤气体得到的热量，大卡/公斤；

t₁——气体加热前的温度，℃；

t₂——气体加热后的温度，℃。

比热又可分为下面几种：

1. 重量比热：1 公斤气体温度升高 (或降低) 1℃ 所需要 (或放出) 的热量，用 C₁ 表示。

2. 容积比热：1 立方米的气体温度升高 (或降低) 1℃ 所需要 (或放出) 的热量，用 C' 表示。

3. 定容重量比热：1 公斤重的气体在容积不变的情况下温度升高 (或降低) 1℃ 所需要 (或放出) 的热量，用 C_v 表示。

4. 定压重量比热：1 公斤重的气体在压力不变的情况下温度升高 (或降低) 1℃ 所需要 (或放出) 的热量，用 C_p 表示。

七、气体的内能：