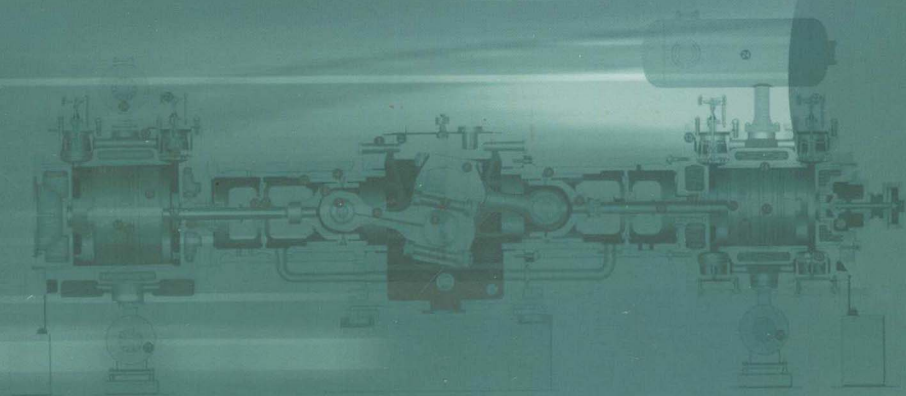




普通高等教育“十二五”规划教材



压缩机

王宗明 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

压缩机

王宗明 主编
王君 周昌静 副主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统阐述了往复活塞式压缩机的热力计算、动力分析及主要零部件,离心压缩机的工作原理、性能参数计算、相似原理应用及零部件,以及螺杆压缩机的原理与分类、转子型线与啮合定律、热力参数计算及受力特点,并对几种其他型式的压缩机进行了简要介绍。此外,本书还对压缩机的选型、运行与维护进行了简介。各章附有例题及习题,可用于加深对基本原理的理解和应用。

本书可作为普通高等教育油气储运工程或者侧重燃气输送方向的其他相关专业的本科教材,还可供从事油气储运、石油化工专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

压缩机/王宗明主编. —北京:中国石化出版社,2012. 10
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-1799-2

I. ①压… II. ①王… III. ①压缩机-高等学校-教材
IV. ①TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 233278 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 406 千字
2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷
定价:32.00 元

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 压缩机的基本型式	(1)
1.3 压缩机的应用	(2)
1.4 石油化工用压缩机的特点	(3)
第2章 往复式活塞式压缩机	(4)
2.1 压缩机的结构和基本原理	(4)
2.1.1 基本构成和工作原理	(4)
2.1.2 活塞式压缩机的分类	(5)
2.1.3 压缩机的结构与主要部件	(6)
2.2 单级压缩热力计算	(18)
2.2.1 理论工作循环和实际工作循环	(18)
2.2.2 压缩机实际进气量和排气量	(23)
2.2.3 排气温度及排气压力	(29)
2.2.4 功率和效率	(30)
2.3 多级压缩	(35)
2.3.1 多级压缩的特点	(35)
2.3.2 级数选择及压力比分配	(36)
2.3.3 多级压缩参数计算	(38)
2.3.4 凝析和凝析系数	(39)
2.3.5 气缸工作容积及缸径的确定	(42)
2.3.6 多级压缩机复算性热力计算	(43)
2.4 实际气体的压缩的热力计算	(47)
2.4.1 实际气体的特点	(47)
2.4.2 热力过程及绝热指数	(51)
2.4.3 混合气体参数计算	(55)
2.4.4 实际气体压缩参数计算	(58)
2.5 压缩机的排气量调节	(60)
2.5.1 变工况工作	(60)
2.5.2 排气量调节	(61)
2.6 压缩机的动力特性	(65)
2.6.1 压缩机中作用力的分析	(65)

2.6.2	惯性力及平衡	(68)
2.6.3	切向力图及转矩均衡	(81)
2.7	压缩机总体结构分析与选型	(85)
2.7.1	总体结构型式分析	(85)
2.7.2	活塞式压缩机的选型步骤	(89)
2.8	往复活塞式压缩机的运行与维护	(91)
2.8.1	机组的运行基本条件	(91)
2.8.2	活塞式压缩机的调试	(92)
2.8.3	活塞式压缩机的开车条件	(95)
2.8.4	活塞式压缩机的正常运行	(96)
2.8.5	活塞式压缩机的停车操作	(96)
第3章	离心压缩机	(99)
3.1	离心压缩机的主要结构和基本工作原理	(99)
3.1.1	离心压缩机的主要结构	(99)
3.1.2	基本工作原理	(100)
3.2	级中气体的流动及基本方程	(101)
3.2.1	速度三角形	(102)
3.2.2	欧拉方程式	(102)
3.2.3	级的总耗功和功率	(106)
3.2.4	级中的能量转换	(107)
3.2.5	级效率	(111)
3.2.6	级中气体状态参数的变化	(115)
3.2.7	级中关键截面气流参数计算举例(级效率法)	(117)
3.3	级中能量损失	(120)
3.3.1	流动损失	(120)
3.3.2	马赫数及其对能量损失的影响	(125)
3.4	离心压缩机的性能曲线	(128)
3.4.1	级的性能曲线	(128)
3.4.2	多级离心压缩机的性能曲线	(131)
3.5	相似原理在离心压缩机中的应用	(133)
3.5.1	压缩机相似应具备的条件	(133)
3.5.2	离心压缩机的相似换算与相似设计	(137)
3.6	离心压缩机和管路的联合工作及工况调节	(145)
3.6.1	离心压缩机的串联和并联工作	(146)
3.6.2	离心压缩机的工况调节	(150)
3.6.3	天然气输送中压缩机与管道的联合工作	(153)
3.7	离心压缩机的主要零部件	(158)
3.7.1	叶轮	(158)
3.7.2	扩压器	(161)

3.7.3 密封装置	(164)
3.8 离心压缩机的选型	(171)
3.8.1 选型的基本原则	(171)
3.8.2 选型分类	(173)
3.8.3 选型方法	(176)
3.8.4 选型事例	(176)
3.9 离心压缩机的运行与维护	(178)
3.9.1 离心式压缩机组的运行操作	(178)
3.9.2 离心式压缩机的维护保养	(180)
第4章 螺杆压缩机	(183)
4.1 概述	(183)
4.1.1 基本结构和工作原理	(183)
4.1.2 螺杆压缩机特点	(185)
4.1.3 螺杆压缩机的分类	(185)
4.1.4 发展历程及发展方向	(194)
4.2 螺杆压缩机转子型线设计及几何特性	(195)
4.2.1 转子型线设计原则及发展过程	(195)
4.2.2 典型型线及其啮合线	(199)
4.2.3 几何特性及其计算	(202)
4.3 热力性能计算	(205)
4.3.1 理论工作过程	(205)
4.3.2 实际工作过程	(207)
4.3.3 内压力比及压力分布图	(208)
4.3.4 容积流量及容积效率	(210)
4.3.5 轴功率及绝热效率	(213)
4.3.6 排气温度	(215)
4.3.7 喷油影响及喷油量计算	(217)
4.4 转子的受力分析	(219)
4.4.1 轴向力	(219)
4.4.2 扭矩	(221)
4.4.3 径向力	(222)
4.5 螺杆式压缩机的噪声和振动	(222)
4.5.1 噪声	(222)
4.5.2 振动	(223)
4.6 螺杆式压缩机的运行和操作	(224)
4.6.1 开车	(224)
4.6.2 运行监护	(225)
4.6.3 停车	(225)
4.6.4 维护	(225)

第5章 其他型式的压缩机	(227)
5.1 滑片压缩机	(227)
5.1.1 单工作腔滑片压缩机	(227)
5.1.2 双工作腔滑片压缩机	(228)
5.1.3 贯穿滑片压缩机	(229)
5.2 滚动活塞压缩机	(230)
5.2.1 工作原理	(230)
5.2.2 特点	(232)
5.2.3 发展方向	(233)
5.2.4 主要结构型式和适用范围	(233)
5.3 液环压缩机	(234)
5.3.1 工作原理	(234)
5.3.2 基本结构	(234)
5.3.3 特点	(235)
5.4 单螺杆压缩机	(235)
5.4.1 工作原理与基本结构	(235)
5.4.2 主要特点	(236)
5.4.3 结构及参数选择	(238)
5.5 罗茨鼓风机	(239)
5.5.1 罗茨鼓风机的结构和工作原理	(239)
5.5.2 罗茨风机的转子型线及其加工	(241)
5.5.3 罗茨风机的应用范围及特点	(242)
5.5.4 罗茨风机的发展方向	(243)
5.6 涡旋压缩机	(244)
5.6.1 涡旋压缩机的结构	(244)
5.6.2 涡旋压缩机的工作原理	(245)
5.6.3 涡旋压缩机的主要特点	(245)
5.6.4 涡旋压缩机的发展和应用	(246)
附录1 国际单位制与公制工程单位对照换算表	(247)
附录2 饱和水蒸气的压力与密度表	(248)
附录3 常用气体的主要物理性质表	(249)
附录4 中小型动力用空气压缩机的基本参数	(251)
附录5 国外部分压缩机制造公司名称及网址	(251)
参考文献	(252)

第1章 绪论

1.1 概述

压缩机是一种从动的流体机械，用来增加气体的能量、克服流动阻力，达到沿管路输送气体和增加气体压力的目的。压缩机是一种与现代工业和生活的各个领域密切相关并发挥重要作用的通用机械设备，其应用几乎遍及工农业各个生产领域，如矿山、冶金、机械、石油、化工、国防、交通和农业等。

石油气和天然气的储运离不开管道、储罐以及压缩机。管道是输送工具，储罐是储存设备，而压缩机是连接管道和储罐的输送动力装置。随着石油工业生产的发展，石油产品输送的管道化就日益重要，我国已建成多条大型长输油气管道。

当然，城市燃气管道化、制冷系统、动力风和仪表控制用风等都离不开压缩机。

1.2 压缩机的基本型式

压缩机种类繁多，按其作用原理可分为容积式和速度式两大类，具体分类见图1-1。

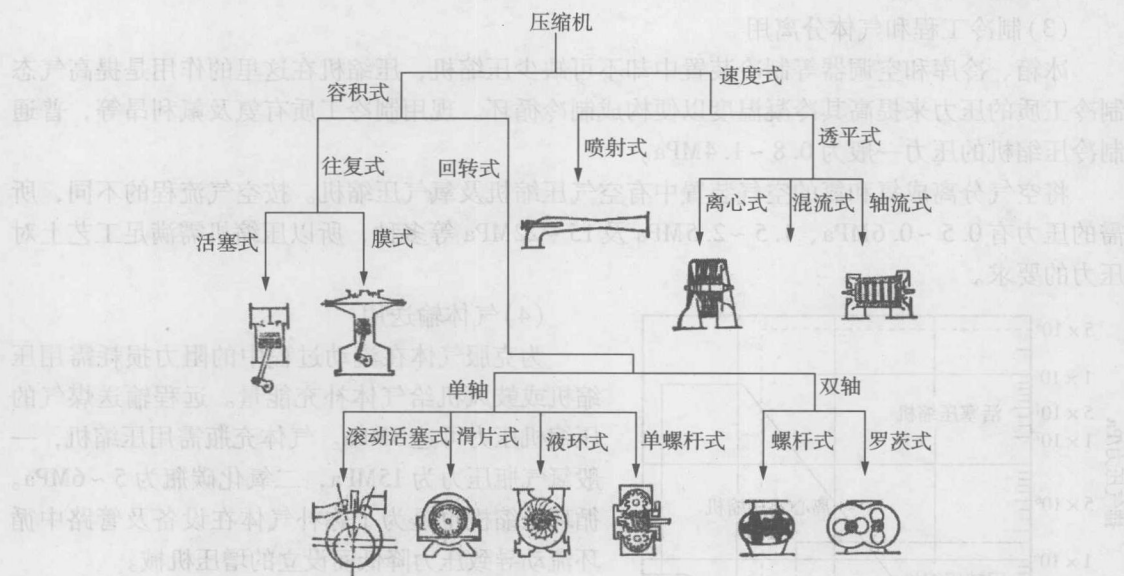


图 1-1 压缩机的基本型式

容积式是依靠工作容积的周期性变化来实现流体的增压和输送的。其中，活塞式是依靠活塞在气缸内做往复运动而实现工作容积的周期性变化，如往复活塞式压缩机；隔膜式属于液压驱动，利用膜片来代替活塞的作用；回转式是借助于转子在缸内做回转运动来实现工作

容积的周期性变化，例如滑片压缩机、螺杆压缩机以及液环压缩机等。

透平式是速度式的一种，依靠旋转的工作叶轮，将机械能传递给流体介质，并转化成流体的能头。根据介质在叶轮内的流动方向，主要分为离心式和轴流式，如离心压缩机以及轴流压缩机和轴流压缩机等。

喷射式也可认为属于速度式，但它没有叶轮，是依靠一种介质的能量来输送另一种流体介质，如喷射式压缩机等。

1.3 压缩机的应用

压缩机已成为国民经济各个部门中的重要通用机械，大型往复式及离心式压缩机也是化工生产中的关键设备。压缩机的应用有以下几方面：

(1) 化工及石油化工工艺用

化工生产中经常需要将气体压力提高，以利于化学反应。例如化肥生产中氨的合成要求把氢、氮合成气加压到 15MPa 或 24MPa 以上至 32MPa 以上；尿素生产中需将二氧化碳加压到 15MPa；石油裂解加氢要求把氢气加压到 15MPa 或 32MPa；高压聚乙烯的聚合反应要求把乙烯气加压到 250MPa 甚至更高，这些场合都使用往复式及离心式压缩机。

(2) 动力工程用

矿山、机械及国防工业常用压缩空气作为风动机械的动力气源，要求空气压力为 0.6 ~ 1.5MPa，气动控制仪表及自动化装置需要压力为 0.6MPa 的空气源。海上油田注气用压缩空气压力高达 70MPa。

(3) 制冷工程和气体分离用

冰箱、冷库和空调器等制冷装置中却不可缺少压缩机，压缩机在这里的作用是提高气态制冷工质的压力来提高其冷凝温度以便构成制冷循环。现用制冷工质有氨及氟利昂等，普通制冷压缩机的压力一般为 0.8 ~ 1.4MPa。

将空气分离成氧和氮的空气装置中有空气压缩机及氧气压缩机。按空气流程的不同，所需的压力有 0.5 ~ 0.6MPa、1.5 ~ 2.5MPa 及 15 ~ 22MPa 等多种，所以压缩机需满足工艺上对压力的要求。

(4) 气体输送用

为克服气体在流动过程中的阻力损耗需用压缩机或鼓风机给气体补充能量。远程输送煤气的压缩机压力可达 3MPa。气体充瓶需用压缩机，一般氧气瓶压力为 15MPa，二氧化碳瓶为 5 ~ 6MPa。循环压缩机也是为了弥补气体在设备及管路中循环流动导致压力降低而设立的增压机械。

不同类型的压缩机有不同的特点，适用于不同的生产条件。由于活塞压缩机的能耗低、适应性强和灵活性大，目前应用仍最普遍。近年来，透平式压缩机和螺杆式压缩发展很快。常用压缩机的适用范围可参考图 1-2。

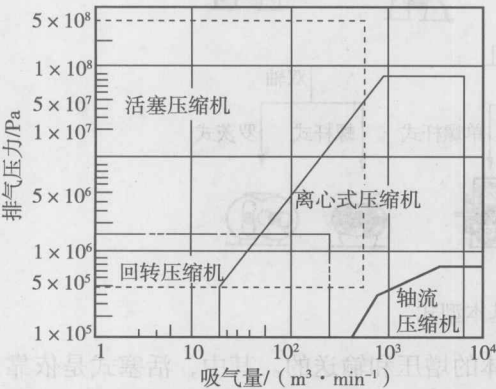


图 1-2 压缩机的适用范围

1.4 石油化工用压缩机的特点

石油化工生产所用的气体种类很多,不同生产工艺要求的工作条件也各不相同,为此,石油化工用压缩机的种类繁多。按用途分,除常用的空气压缩机之外,还有压缩氮氢混合气、石油气、天然气、氢气、二氧化碳、氧气、乙烯、丙烯、乙炔、氯气和氨气等石油化工用的工艺用压缩机。它们与空气压缩机在基本原理和结构方面有共同之处,但由于气体特性和要求的不同,它们又各有某些不同的特点。了解这些不同点,无论对于石油化工用压缩机设计、操作维护、试车,以至故障处理都有好处。

由于气体的物理及热力学性质的不同,如气体的绝热指数 k 、密度 ρ 、压缩性系数 Z 、导热系数 λ 和饱和蒸汽压 p_s 等,对压缩机性能参数会有影响,导致压缩机的排气量、排气温度和功率等参数发生变化。

石油化工涉及的气体往往为有毒、易燃、易爆的介质,对压缩机的要求更加苛刻,必须在结构、操作条件和安全防范措施方面保障压缩机运行安全可靠。为此应从以下几方面予以考虑:①要严格控制防止压缩气体漏出机外或机外空气进入气缸内。②压缩机应有防止产生或消除静电的措施。③防止容易形成爆炸混合物的油污带入气缸。④限制压缩机各级的排气温度。⑤压缩机的驱动机及有关电器,应根据压缩气体的燃烧爆炸危险程度和环境要求,选用相应等级的防爆或隔爆设备。同时还应配备好安全防爆联锁控制系统。

石油化工所用的气体有不少具有腐蚀性。压缩具有腐蚀性气体时,与气体接触的零件材质应具有耐腐蚀性能。例如氧气压缩机的气缸常用不锈钢制造,二氧化碳压缩机除了应选用适宜的耐腐蚀材质之外,在压缩机停车时,应用空气进行置换,以防停机后缸内温度降至露点以下产生碳酸腐蚀。

石油气为多组分混合气体,其中一些多碳不饱和烃在一定温度和压力下会发生聚合,聚合物受高温作用还会脱出硬质炭粒及其焦化物,通常称为积炭。温度和压力越高,聚合和积炭越严重。例如,丁二烯和异戊二烯用往复活塞式压缩机,在压力下温度超过 130°C 就很容易聚合,聚合物呈黏胶状,黏附在气缸壁、活塞环及气阀上影响正常工作。另外,由于积炭的结果,将加剧气缸的磨损。

一些临界温度高,临界压力低的气体在压缩机和中间冷却器中很容易出现凝液。例如石油气中的丁烷,其临界温度为 152°C ,临界压力为 $37.5 \times 10^5 \text{Pa}$,这类气体甚至可能在气缸中被压缩时就会出现凝液现象。在气缸中出现凝液可能引起撞缸事故,在中间冷却器中出现凝液,会降低中间冷却器的冷却效果。为此,对压缩机设计和操作提出更高的要求。

另外,石油化工生产装置的长周期安全运行对压缩机的设计、制造、安装、操作、状态检测、维护保养和检修等各个环节提出了更高的要求。

第2章 往复式压缩机

往复式压缩机用途非常广泛,在石油、天然气的加工、输送、制冷、空调及其他工业部门中占有非常重要的地位。往复式压缩机与其他类型压缩机相比,有其独特的优点:压力范围最广,从低压到高压都适用;热效率较高;适应性强,排气量可在较广泛的范围内变化;对制造压缩机的金属材料要求不苛刻。这种压缩机也有其缺点,如外形尺寸及质量大,结构复杂,易损件多,安装及基础工作量大,气流有脉动,运转中有振动等。它一般适用于中、小流量及压力较高的情况。

目前我国往复式压缩机的应用仍然是最广泛的,所以对该类压缩机应进行较深入的学习。本章主要讨论往复式压缩机的工作原理、基本结构、热力计算及机型选择的知识。

2.1 压缩机的结构和基本原理

2.1.1 基本构成和工作原理

图2-1所示是一往复式压缩机的示意图。气缸呈圆筒形,其上装有若干吸气阀与排气阀,由气缸内壁、气缸盖和活塞顶面所构成的空间称为工作容积,运动机构带动活塞在气缸内来回运动,工作容积将发生周期性变化。

活塞的往复运动是通过运动机构实现的,运动机构可以为曲柄连杆机构或者凸轮机构,一般为曲柄连杆机构。如图2-1所示,曲轴主轴中心线到连杆连接端中心的部分为曲柄,曲柄半径为 r ,则活塞从左到右移动的最大距离就为 $2r$,称为行程 S 。曲柄从气缸中心线开始,沿曲轴旋转方向所扫过的角度称为曲柄转角 α , α 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间。

活塞从气缸盖处(外止点——活塞离曲轴旋转中心最远距离处)开始向右移动。位于活塞左侧(盖侧)的缸内容积就逐步增大,气缸内压力降低,直至外界的气体推开进气阀沿进气管道进入气缸,活塞到达最右位置(内止点——活塞离曲轴旋转中心最近位置),进气阀开始关闭。然后活塞开始向左运动,气缸内工作容积缩小,气体压力逐渐升高,当气体压力能够克服排气阀和管道的阻力时,气体推开排气阀,进入排气管道,直到活塞运动到最左位置,排气阀关闭。当活塞再次向右运动,上述过程重复进行。曲轴旋转一周,活塞往复运动一次,气缸内相继实现膨胀、进气、压缩、排气的四个过程,即完成一个工作循环。

如图2-2所示,曲线 $abcd$ 表示了压缩、排气、膨胀、进气的过程。实际上由于多种因素的限制,对盖侧工作容积而言,活塞到达最左位置时,缸内的空间并不能被完全占据,还存在一定的空隙,称为余隙容积。由于余隙容积的存在,排气结束时,气缸内还存在没有排尽的残余气体,当活塞开始向右移动时这部分气体开始逐渐膨胀降压。

当然如果活塞右侧也形成一个封闭的空间(轴侧工作容积),并装有气阀,曲轴旋转一周,活塞左右往复一次,盖侧与轴侧容积各自完成一个循环,但同一时刻两侧的工作过程恰

好相反，这种结构称为双作用气缸。

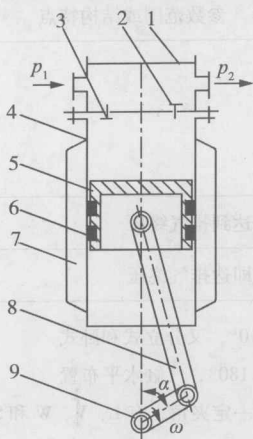


图 2-1 往复式活塞式压缩机示意图
1—气缸盖；2—排气阀；3—进气阀；4—气缸；5—活塞；
6—活塞环；7—冷却套；8—连杆；9—曲轴

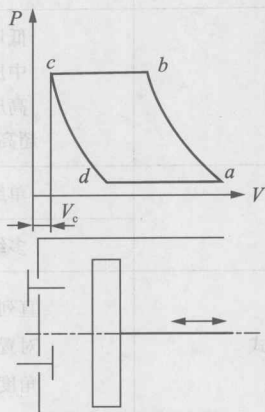


图 2-2 活塞式压缩机的工作过程
ab—压缩；bc—排气；cd—膨胀；da—吸气
 V_c —余隙容积的大小

气体也可以在压缩机中进行两次或更多次升压压缩，达到最终排气压力后再排入排气管道，称为多级压缩。

气缸的盖侧与轴侧都分别布置有一定数量的吸气阀及排气阀，这些气阀控制气流只作单向流动。吸气阀只能吸气，排气阀只能排气，不能同时动作。气阀的启闭是依靠缸内外压力差来实现的，称为自动阀。一般吸气或排气管道内的压力是维持恒定的。因此，只有依靠活塞的往复运动，改变缸内容积，从而使缸内压力发生变化，才在缸内外造成一定压差，该压差使气阀时开时闭。

归纳起来，往复式活塞式压缩机的简单工作原理是：活塞在气缸内的来回运动与气阀相应的开闭动作相配合，使缸内气体依次实现膨胀、吸气、压缩、排气四个过程，如此不断循环，将低压气体升压而源源输出。

了解了活塞式压缩机的工作过程，就可以进一步研究其主要工作参数，如排气量、功率、压力、温度之间的关系，从而解决排气量、功率和温度的计算，即热力计算。

活塞压缩机的热力计算包括两个方面，一是根据要求的排气量和工作压力来确定所需的功率、气缸直径、行程和转数等，称为设计性热力计算；或是对已有压缩机进行性能核算，称为复算性热力计算。活塞压缩机的热力计算是压缩机选型的基本内容之一。

2.1.2 活塞式压缩机的分类

往复式活塞式压缩机常见的驱动机构为曲柄连杆机构，在此也主要以此类压缩机为研究对象，其分类和型式见表 2-1。

表 2-1 往复式活塞式压缩机的分类及型式

分类	型式名称	参数范围或结构特点
排气量	微型	$< 1 \text{ m}^3/\text{min}$
	小型	$1 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$
	中型	$10 \sim 100 \text{ m}^3/\text{min}$
	大型	$> 100 \text{ m}^3/\text{min}$

续表

分类	型式名称	参数范围或结构特点
排气压力	低压	0.3 ~ 1 MPa
	中压	1 ~ 10 MPa
	高压	10 ~ 100 MPa
	超高压	> 100 MPa
级数	单级	气体经过多次压缩达到排气终压
	多级	气体经过一次压缩即达排气终压
气缸排列方式	直列式	气缸中心线夹角为 0°，又分立式和卧式
	对置式	气缸中心线夹角为 180°，气缸水平布置
	角度式	气缸中心线间具有一定夹角，有 L、V、W 和 S 型
气缸工作容积	单作用	仅活塞一侧的气缸为工作容积
	双作用	活塞两侧气缸均为工作容积，并为同级
	级差式	同一气缸与活塞多个端面形成多个工作容积，为不同级
冷却方式	风冷	气缸以空气为冷却介质
	水冷	气缸以水为冷却介质
润滑方式	有油润滑	气缸和填料处需要润滑油
	无油润滑	活塞环和填料采用自润滑材料
用途	动力用	提供动力或仪表用压缩气
	工艺用	在工艺流程中输送工艺气体

活塞式压缩机的系列化、通用化和标准化工作对压缩机的设计、制造、使用维修和管理均有重要的作用。国内现有的压缩机系列有四类，其他气体压缩机，特别是石油化工用气体压缩机，由于种类繁多，批量少而且变化大，故没有形成系列。我国往复活塞式压缩机的型号参见 JB/T 258《容积式压缩机型号编制方法》。

2.1.3 压缩机的结构与主要部件

往复活塞式压缩机的实际结构是比较复杂的，零部件很多。这里仅以 L 型空气压缩机(图 2-3)为例，介绍压缩机的组成以及曲轴、连杆、十字头、气缸、气阀、活塞和填料等主要零部件的结构及工作原理。

图 2-3 所示是一台我国自行设计与制造的 L 型空气压缩机总图，可以看出该 L 型压缩机有两个气缸，垂直列为一级缸，水平列为二级缸。空气由一级缸吸入，经过压缩升压到约 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ (表)排出，经中间冷却器降温后被二级缸吸入，再经压缩升压到 $8 \times 10^5 \text{ Pa}$ (表)，排出到输气管路中供使用。活塞式压缩机的结构主要包括三大部分：运动机构(曲轴、轴承、连杆、十字头、皮带轮或联轴器等)、工作机构(气缸、活塞、气阀等)、机身。运动机构是一种曲柄连杆机构，把曲轴的旋转运动变为十字头的往复运动。机身用来支承和安装整个运动机构和工作机构，又兼作润滑油箱用。工作机构是实现压缩机工作原理的主要部件。此外，它还有三个辅助系统，即润滑系统、冷却系统、调节系统。

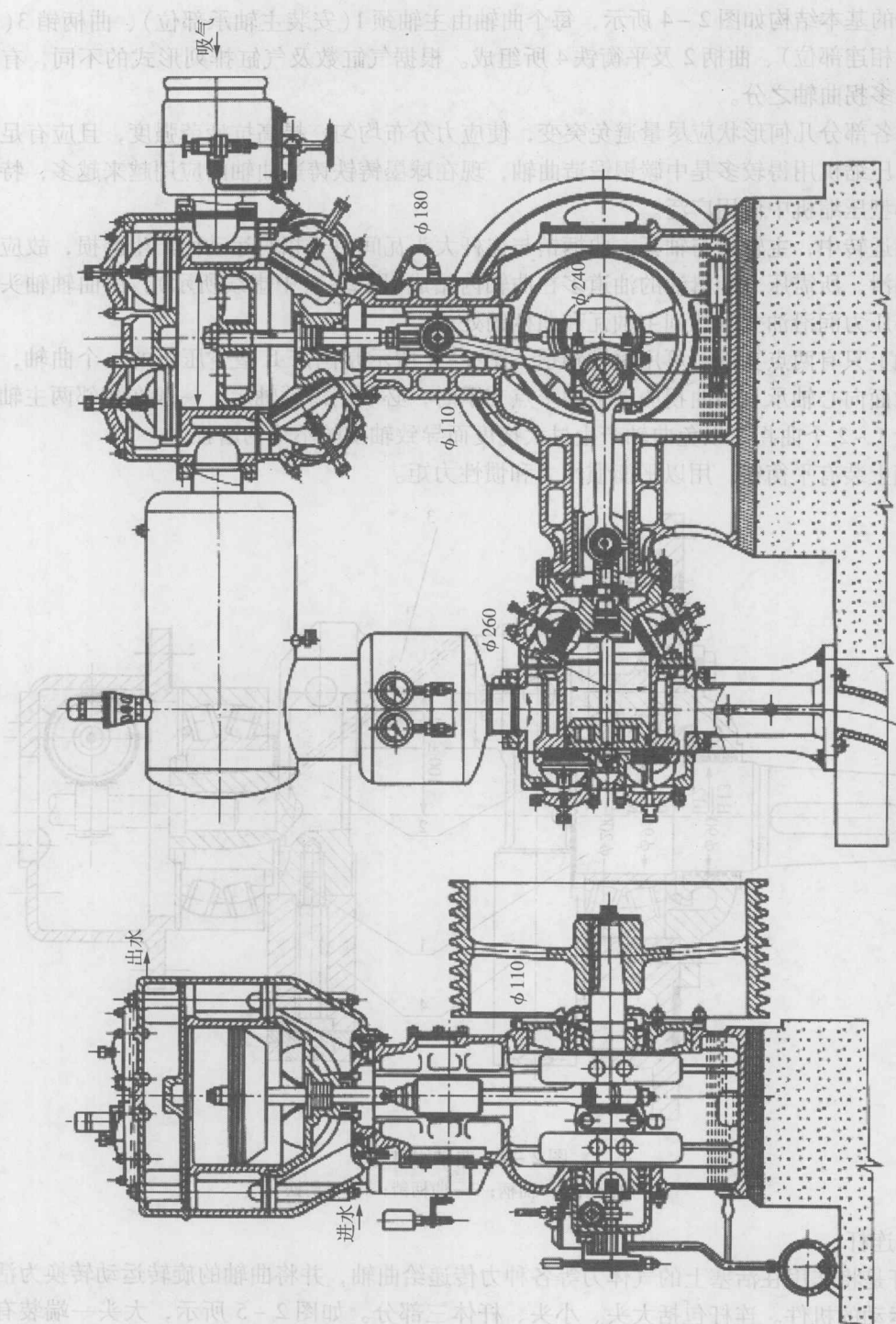


图2-3 L型空气压缩机

(1) 曲轴

曲轴是往复式活塞式压缩机的重要运动部件。外界输入的转矩要通过曲轴传给连杆、十字头，从而推动活塞作往复运动。它承受从连杆传来的周期变化的气体力与惯性力等。

曲轴的基本结构如图 2-4 所示, 每个曲轴由主轴颈 1(安装主轴承部位)、曲柄销 3(与连杆大头相连部位)、曲柄 2 及平衡铁 4 所组成。根据气缸数及气缸排列形式的不同, 有单拐曲轴和多拐曲轴之分。

曲轴各部分几何形状应尽量避免突变, 使应力分布均匀, 提高抗疲劳强度, 且应有足够的刚度。压缩机用得较多是中碳钢锻造曲轴, 现在球墨铸铁铸造曲轴的应用越来越多, 特别在中、小型压缩机中使用广泛。

曲轴运转中, 主轴颈与轴瓦、曲柄销与连杆大头瓦间由于相对运动而产生磨损, 故应有良好的润滑。所需压力润滑油的油道多在曲轴内钻成(图 2-4 中虚线所示), 由曲轴轴头润滑油泵将压力润滑油分别送到主轴瓦和曲柄销处。

曲轴上只有两点支承时可用滚动轴承。图 2-4 所示是国产 L 型空压机的一个曲轴, 常用双列球面向心轴承。多拐曲轴采用多点支承时, 必须用滑动轴承。一般在相邻两主轴承间只配置 1~2 个曲拐, 以免曲轴产生过大挠度而导致轴承的不均匀磨损。

曲柄上装有平衡铁, 用以平衡惯性力和惯性力矩。

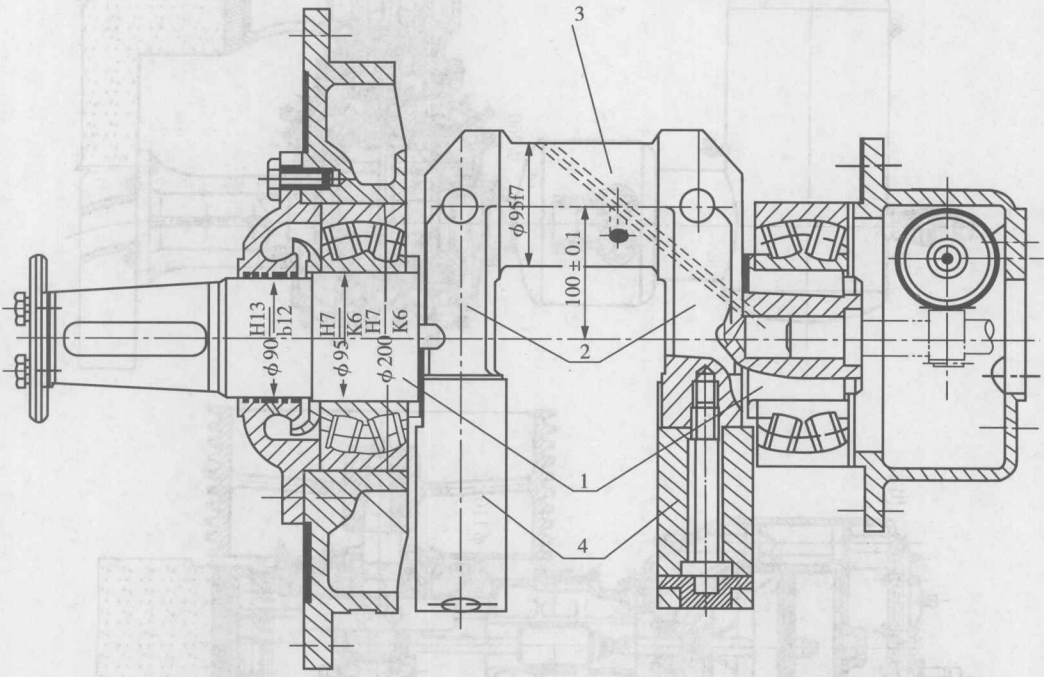


图 2-4 曲轴组件

1—主轴颈; 2—曲柄; 3—曲柄销; 4—平衡铁

(2) 连杆

连杆是将作用在活塞上的气体力等各种力传递给曲轴, 并将曲轴的旋转运动转换为活塞的往复运动的机件。连杆包括大头、小头、杆体三部分。如图 2-5 所示, 大头一端装有大头瓦, 与曲柄销相连。大头常用剖分结构, 装配时用连杆螺栓固紧。小头一端装有小头瓦, 与十字头销(或活塞销) 相连。杆体截面形状有圆形、矩形和工字形几种, 其中工字形截面受力较好, 节省金属材料, 最为经济合理。

考虑润滑要求, 连杆小头瓦所需润滑油大多数均从连杆大头瓦处引来, 故杆身中往往钻有油孔。也有用附油管紧贴在杆身一侧的结构, 但现已较少应用。

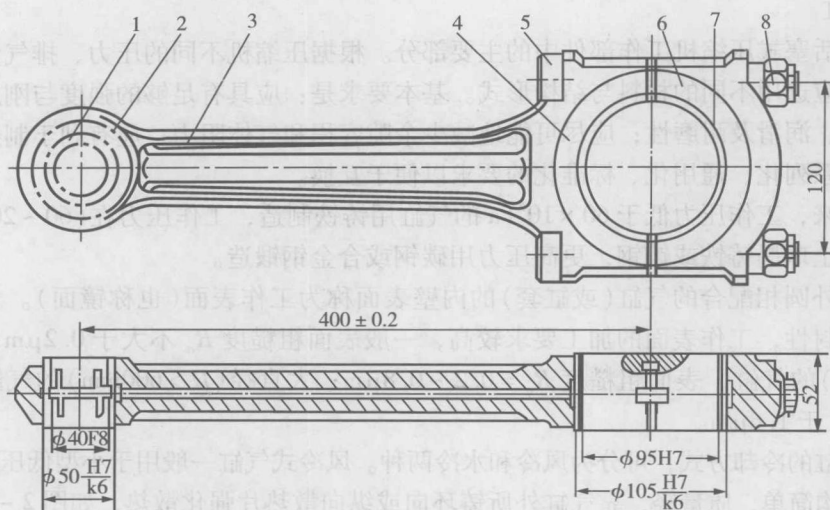


图 2-5 连杆组件

1—小头瓦；2—小头；3—杆体；4—大头；5—连杆螺栓；6—大头盖；7—大头瓦；8—连杆螺母

(3) 十字头

十字头是连接活塞杆与连杆的零件，它具有导向作用。压缩机中大量采用连杆小头放在十字头体内的闭式十字头，如图 2-6 所示。少数压缩机采用与叉形连杆相配的开式十字头。

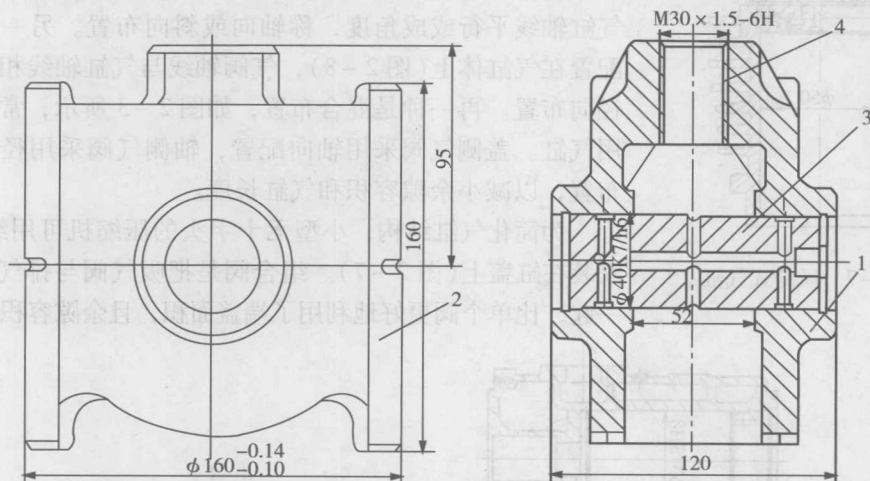


图 2-6 十字头

1—十字头体；2—滑板；3—十字头销；4—联接螺纹

十字头与活塞杆的连接形式分为螺纹连接、联接器连接、法兰连接等。螺纹连接结构简单，易调节气缸中的止点间隙。但在调整时需转动活塞，且在十字头体上切削螺纹时，经多次拆装后极易磨损，不易保证精度要求，故这种结构常用于中、小型压缩机上。不在十字头体上切削螺纹而采用两螺母夹持固定的结构，可用于大、中型压缩机中。联接器和法兰连接结构，使用可靠，调整方便，使活塞杆与十字头容易对中，但结构复杂且笨重，多用在大型压缩机上。

十字头与连杆的连接由十字头销来完成。

(4)气缸

气缸是活塞式压缩机工作部件中的主要部分。根据压缩机不同的压力、排气量、气体性质等需要，应选用不同的材料与结构形式。基本要求是：应具有足够的强度与刚度；应具有有良好的冷却、润滑及耐磨性；应尽可能地减少余隙容积和气体阻力；应有利于制造和便于检修；应符合系列化、通用化、标准化的要求以便于互换。

一般说来，工作压力低于 $60 \times 10^5 \text{Pa}$ 的气缸用铸铁制造，工作压力在 $(60 \sim 200) \times 10^5 \text{Pa}$ 的气缸用稀土球墨铸铁或铸钢，更高压力用碳钢或合金钢锻造。

与活塞外圆相配合的气缸(或缸套)的内壁表面称为工作表面(也称镜面)。为增加气缸耐磨性和密封性，工作表面的加工要求较高，一般表面粗糙度 R_a 不大于 $0.2 \mu\text{m}$ ；中等直径($D \leq 600 \text{mm}$)的气缸，表面粗糙度 $R_a = 0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ；大直径($D > 600 \text{mm}$)的气缸，表面粗糙度 R_a 不大于 $1.6 \mu\text{m}$ 。

根据气缸的冷却方式，可分为风冷和水冷两种。风冷式气缸一般用于小型低压移动式压缩机。它的结构简单，质量轻，靠气缸外所铸环向或纵向散热片强化散热，如图 2-7 所示。大部分压缩机的气缸用水冷却，铸铁气缸可铸成有冷却水道的双层壁(图 2-8)或三层壁(图 2-9)结构。冷却水道包围着气缸工作容积、阀室及填料函。多层气缸冷却效果好，但铸造较困难。

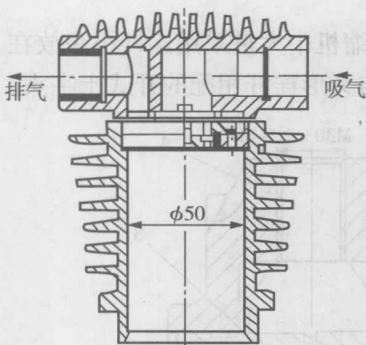


图 2-7 风冷式气缸

此外，气阀在气缸上的布置方式对气缸结构有很大影响。布置气阀的主要要求是：通道截面大，余隙容积小，安装和修理方便。气阀在气缸盖上(图 2-3、图 2-10)，其轴线与气缸轴线平行或成角度，称轴向或斜向布置。另一种是气阀配置在气缸体上(图 2-8)，气阀轴线与气缸轴线相垂直，称径向布置。再一种是混合布置，如图 2-3 所示，常用于双作用气缸。盖侧气阀采用轴向配置，轴侧气阀采用径向或斜向布置，以减小余隙容积和气缸长度。

为简化气缸结构，小型无十字头的压缩机可用组合气阀，安装在缸盖上(图 2-7)。组合阀是把吸气阀与排气阀组合在一起，比单个阀更好地利用了端盖面积，且余隙容积也较小。

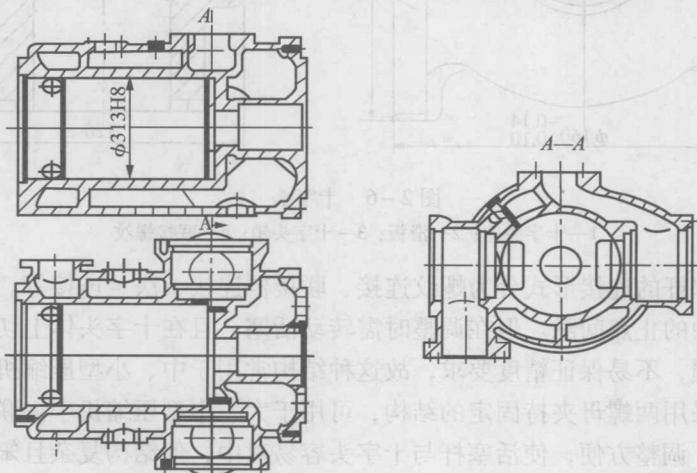


图 2-8 双层壁铸铁气缸