

压缩机与驱动机选用手册

张建杰 编

石油工业出版社

TE 973.5-62

071098

压缩机与驱动器选用手册

张建杰 编



石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本手册是为我国石油天然气工业选用压缩机和驱动机提供指南的第一部工具书。全手册共分四章。书中较系统地介绍了油(气)田及长输管道气体工业常用的活塞式、离心式和螺杆式等压缩机的结构、性能和选型计算;常用的电动机、天然气发动机和燃气轮机等的结构、性能和选型,以及压缩机和驱动机的匹配。此外,手册中还收集了国内油(气)田及长输管道已采用或拟采用的压缩机和驱动机的性能数据资料,以便于读者查阅。

本书可供从事油(气)田、长输管道及石油化工等有关工程设计的工程技术人员、管理人员和设备制造人员等参考使用。

压缩机与驱动机选用手册

张建杰 编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版

北京市燕山联营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 24 $\frac{1}{2}$ 印张 613千字 印1-2,000

1992年9月北京第1版 1992年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0689-8/TE·654

定价: 13.85元

前 言

随着石油和天然气工业的发展，在油（气）田开发和长输管道建设中，使用天然气压缩机及驱动机的数量正在逐年增加，为便于压缩机与驱动机的选型管理，为油（气）田和长输管道建设设计人员和有关工程技术人员查阅提供方便，受中国石油天然气总公司基建工程局的委托，编写了这本《压缩机与驱动机选用手册》。

本手册共分为四章，第一、二章着重介绍了目前油（气）田和长输管道气体工业常用的压缩机及驱动机的类型、工作原理及性能；第三章为压缩机和驱动机的选用；第四章为国内油（气）田和长输管道上已采用或拟采用的压缩机和驱动机产品的简单介绍。书中采用的资料是目前收集到的，如有新资料数据，应以新的为准。书中所介绍国外厂、公司的产品时，有一部分资料保留了原非法定计量单位，本书的附录中有单位换算；另外叙述燃气轮机时，其中的压气机按其习惯叫法，没有改为空气压缩机，望读者阅读时注意。

本手册在编写过程中，一直得到中国石油天然气总公司基建工程局和大庆油田建设设计研究院的关怀和支持。初稿得到中国石油天然气总公司金燕凯、韩其佛等同志的审查。修改稿在送交中国石油天然气总公司审查之前，第一、三章由索卫权、王梦舜同志作了补充和审校；第二章由杨伍林、刘心敏同志审校；第四章由杨伍林同志审阅；全书由冯家潮同志审阅。最后，又按中国石油天然气总公司韩其佛等同志的审阅意见，进行了补充和修改。在编写过程中，四川、辽河、华北、管道局等油田和设计院，北京第一通用机械厂、上海压缩机厂、蚌埠压缩机总厂、沈阳鼓风机厂、沈阳黎明机械公司、航空航天工业部燃气轮机中心等单位也曾给予不少帮助，在此一并表示感谢。

本手册系初次编写，由于水平有限，经验不足，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

1990年11月

目 录

第一章 压缩机	(1)
第一节 活塞式压缩机	(2)
一、工作原理及种类.....	(2)
二、国产一般活塞式压缩机的型号.....	(5)
三、特性计算.....	(6)
四、用图表法估算压缩机的功率.....	(19)
五、变工况对压缩机性能的影响.....	(25)
六、气缸设计.....	(26)
七、附属系统.....	(28)
第二节 离心式压缩机	(32)
一、主要结构.....	(33)
二、国产离心式鼓风机和压缩机的型号.....	(40)
三、操作性能.....	(44)
四、特性计算.....	(44)
五、特性估算.....	(48)
六、使用中的异常现象.....	(56)
七、流量调节.....	(57)
八、性能换算.....	(59)
九、辅助系统.....	(62)
十、驱动方式.....	(64)
第三节 轴流式压缩机	(65)
一、结构.....	(65)
二、主要特点.....	(66)
第四节 螺杆式压缩机	(67)
一、工作原理.....	(67)
二、螺杆式压缩机的齿形和内外压力.....	(68)
三、主要特点.....	(69)
四、国产螺杆式压缩机的型号.....	(71)
五、特性计算.....	(71)
六、排气量调节.....	(73)
七、驱动方式.....	(73)
第五节 单螺杆压缩机	(74)
一、工作原理与基本结构.....	(74)
二、主要特点.....	(75)
三、气量调节.....	(76)

第六节 滑片式压缩机	(76)
符号说明	(77)
参考文献	(79)
第二章 驱动机	(81)
第一节 电动机	(81)
一、常用电动机的型式及特点	(81)
二、常用电动机的分类	(82)
三、电机的型号编制	(88)
四、防爆电动机	(91)
五、电动机常用的公式	(98)
六、电机的铭牌和标志	(99)
第二节 天然气发动机	(100)
一、天然气发动机的型式	(100)
二、天然气发动机的性能参数	(102)
三、燃料气系统	(103)
四、冷却系统	(104)
五、启动系统	(108)
六、余热回收	(109)
七、应用情况	(109)
第三节 燃气轮机	(109)
一、燃气轮机的主要性能指标	(109)
二、等压燃烧燃气轮机理想简单循环	(113)
三、简单循环燃气轮机的分析	(115)
四、燃气轮机与负载的平衡运行	(120)
五、大气参数变化对燃气轮机性能的影响	(124)
六、燃气轮机联合循环	(127)
七、燃气轮机的分类和应用	(130)
八、燃气轮机联合循环机组主要组成	(133)
九、国产轻型燃气轮机成套设备型号	(134)
十、燃气轮机起动机类型	(135)
十一、燃料气及供应系统	(136)
符号说明	(138)
参考文献	(141)
第三章 压缩机与驱动机的选用	(142)
第一节 概述	(142)
第二节 天然气的部分物性参数	(143)
一、分子量和相对密度	(143)
二、压缩系数	(144)
三、绝热指数	(147)
四、热力参数图及其应用	(149)

第三节 天然气生产对压缩机的要求	(150)
一、气体性质方面的要求	(150)
二、生产过程连续性对压缩机的要求	(152)
三、装置工艺特点及对压缩机的要求	(152)
第四节 压缩机选型及国内目前使用机组	(152)
一、压缩机的使用范围	(152)
二、选用原则及优缺点比较	(154)
三、压缩机的选型计算	(155)
四、应用场合和机组使用情况	(157)
五、压缩机配套的辅助系统	(162)
六、订货资料	(169)
第五节 驱动机的选用	(176)
一、选用原则和优缺点比较	(176)
二、驱动机的特性及功率范围	(180)
三、驱动机的比较	(180)
四、压缩机和驱动机的联接方式	(183)
五、燃气轮机和天然气发动机国内使用情况	(185)
六、订货资料	(185)
第六节 压缩机站压缩机和驱动机选择实例	(187)
第七节 产品系列设想	(193)
参考文献	(210)
第四章 压缩机和驱动机产品	(211)
第一节 活塞式压缩机	(211)
一、2D12 系列压缩机	(211)
二、P 型和 4L 型石油气压缩机	(213)
三、天然气充瓶站压缩机	(214)
四、MT10、2MT10 燃气发动机-压缩机	(218)
五、FASTPAC 可分式天然气压缩机	(219)
六、KOA 型压缩机	(221)
七、KVGR 型天然气发动机-压缩机组	(225)
八、AJax 天然气发动机-压缩机组	(225)
第二节 离心式压缩机	(233)
一、MCL 系列离心式压缩机	(233)
二、BCL 和 PCL 系列离心式压缩机	(239)
三、索拉离心式压缩机	(239)
四、3MX-6 型离心式压缩机	(247)
五、M 和 MB 系列离心式压缩机	(247)
第三节 螺杆式压缩机	(248)
一、WRV 型螺杆式压缩机	(248)
二、H 型螺杆压缩机	(252)

三、LG25-30 / -0.4~3.5 石油气负压螺杆压缩机组	(254)
第四节 隔爆型电动机	(255)
一、JBO 系列低压中型隔爆型三相异步电动机	(255)
二、YB 系列隔爆型三相异步电动机	(258)
第五节 天然气发动机	(258)
一、卡特皮勒天然气发动机	(258)
二、TZ12V190 天然气发动机	(268)
第六节 燃气轮机	(268)
一、WP6G 燃气轮机	(269)
二、多纳德 (TORNADO) 燃气轮机	(272)
三、SK15HE 热电并供机组	(275)
四、571K 工业燃气轮机	(279)
五、LM2500 及 GT-61 燃气轮机	(282)
六、LM500 工业燃气轮机	(287)
七、LM1600 及 GT-60 工业燃气轮机	(290)
八、KG5 燃气轮机	(292)
九、DC-990 燃气轮机	(302)
十、索拉燃气轮机	(306)
十一、MS 重型燃气轮机	(315)
十二、名词术语解释	(316)
附录一 常用气体的主要物理常数	(317)
附录二 气体性质参数图	(318)
附录三 国产活塞式天然气和液化石油气压缩机	(358)
附录四 国外燃气轮机基本规格	(362)
附录五 常用计量单位换算系数	(382)

第一章 压 缩 机

压缩机在油（气）田及长输管道气体工业中得到广泛的应用。在油田开采过程中，未经处理的油田气压力比较低，在收集过程和处理加工之前一般需要用压缩机进行增压；原油稳定、地下注气也离不开压缩机。在气田上，个别低压气也要用压缩机增压。长输气管道靠压缩机提供输送压力。因此，可以说压缩机是油（气）田及长输管道气体工业的心脏设备。

压缩机的种类很多，按工作原理可以分为三大类：容积型、动力型（速度型或透平型）和热力型。在容积型压缩机中，压力的提高是依靠直接将气体的体积压缩实现的。而在动力型压缩机中是靠高速旋转叶轮的作用，提高气体的压力和速度，随后在固定元件中使一部分速度能进一步转化为气体的压力能。喷射器是热力型压缩机，它采用高速气体或蒸气的喷射携带向内流动的气体，然后在扩压器中把混合物的速度能转化为气体的压力能。

压缩机的分类见表 1-1 和表 1-2。在表 1-1 的各种压缩机中，隔膜式压缩机的特点是气缸不需要润滑，密封性非常好，气体不与任何润滑剂接触，因此压缩气体的纯洁性极高、适用于某些珍贵的稀有气体的压缩、输送和装瓶，以及输送不允许泄漏的剧毒介质等。液环式压缩机功率小，主要用于实验室中。其它如罗茨式、混流式等压缩机，在油（气）田及长输管道上应用都很少。喷射器又称增压喉，只在个别气田用过。本章重点介绍常用的往复式活塞压缩机、螺杆式压缩机和离心式压缩机等。

表 1-1 压缩机分类表

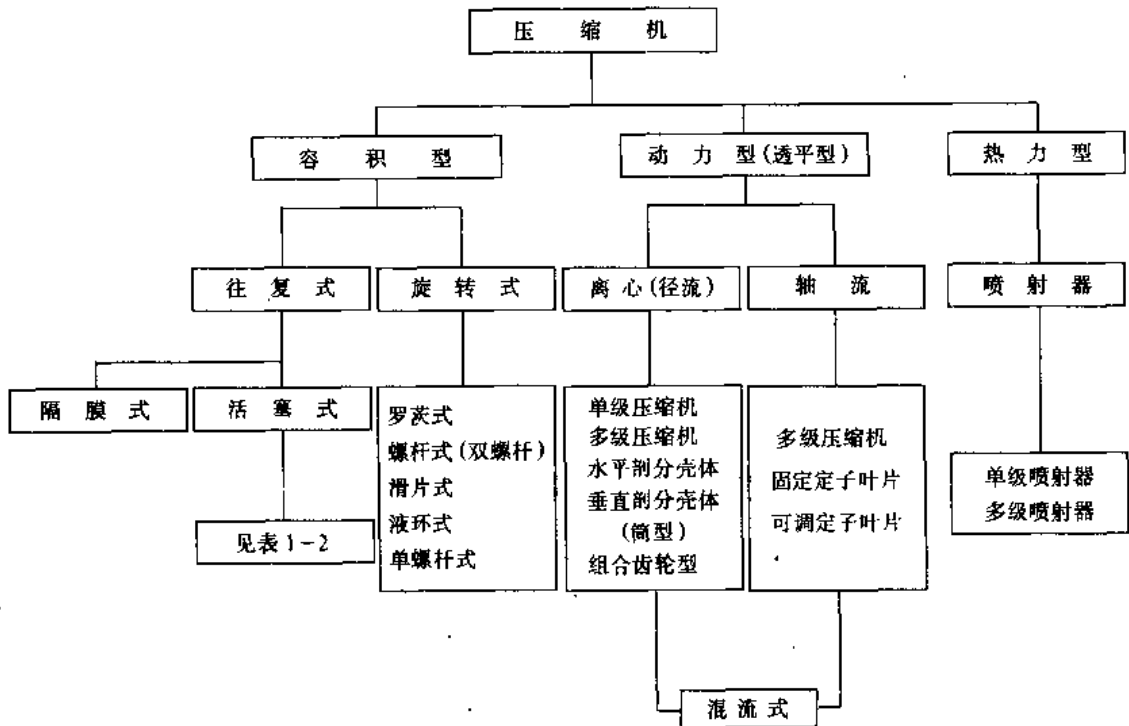


表 1-2 活塞式压缩机的分类表

分 类	解 释	
按排量	微 型 小 型 中 型 大 型	排气量 $< 1\text{m}^3/\text{min}$ 排气量为 $1 \sim 10\text{m}^3/\text{min}$ 排气量为 $10 \sim 100\text{m}^3/\text{min}$ 排气量 $> 1000\text{m}^3/\text{min}$
按排气压力	鼓风机 低压 } 压缩机 中压 } 高压 } 超高压 }	排气压力 $< 3\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.294MPa) 排气压力为 $3 \sim 10\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.294~0.98MPa) 排气压力为 $10 \sim 100\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.98~9.807MPa) 排气压力为 $100 \sim 1000\text{kgf}/\text{cm}^2$ (9.807~98.07MPa) 排气压力 $> 1000\text{kgf}/\text{cm}^2$ (98.07MPa)
按压缩级数	单 级 多 级	气体经一次压缩即达排气终压 气体经多级压缩达排气终压
按气缸排列方式	立 式 卧 式 角 度 式 对 置 式 对 称 平 衡 式	见本章第二节
按气缸的工作容积	单作用式 双作用式 级差式	仅活塞的一侧气缸为工作容积 活塞的两侧气缸均为工作容积, 并实现同一级次的压缩 同一气缸与活塞各端面形成几个工作容积, 并实现不同级次的压缩
按冷却方式	风 冷 水 冷	气缸用空气冷却 气缸用水套冷却
按润滑方式	有油润滑 无油润滑	气缸内注油润滑 气缸内不注油润滑
按用途	动力用 工艺用	提供动力或仪表用压缩气源 在工艺流程中输送工艺气体
按驱动方式 (油(气)田常用)	电 动 天然气发动机	异步或同步电动机 又分为组合式和可分离式

第一节 活塞式压缩机

活塞式压缩机是应用最早和最广泛的一种机型。

一、工作原理及种类

活塞式压缩机(图 1-1)由曲柄连杆机构将驱动机的回转运动变为活塞的往复运动, 气缸和活塞共同组成实现气体压缩的工作腔。活塞在气缸内作往复运动, 使气体在气缸内完成进气、压缩、排气等过程, 由进、排气阀控制气体进入与排出气缸。

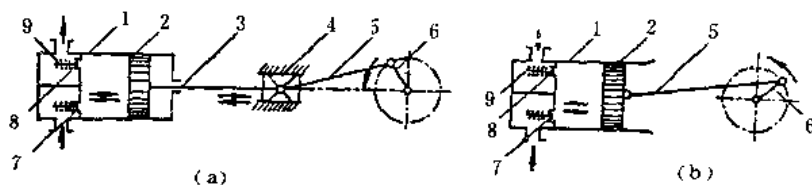


图 1-1 活塞式压缩机示意图

(a) 带十字头; (b) 不带十字头

1—气缸; 2—活塞; 3—活塞杆; 4—十字头; 5—连杆; 6—曲柄; 7—吸气阀; 8—排气阀; 9—弹簧

活塞式压缩机的压力范围十分广泛, 其进气压力从低至真空到排气压力达 210MPa 以上超高压。当压缩机的排气量在 $3 \sim 10 \text{m}^3 / \text{min}$ 时, 气缸的冷却一般采用风冷, 活塞杆与曲轴直联, 无十字头。当排气量在 $10 \text{m}^3 / \text{min}$ 以上时, 大多为水冷, 有十字头。活塞式压缩机的气缸有单作用和双作用两种。单作用是只有气缸一侧才有进、排气阀, 活塞经过一次循环, 只能压缩一次气体。双作用则是指气缸的两侧都有进、排气阀, 活塞往返运动时, 都可以压缩气体。活塞式压缩机可以制成单级或多级压缩。气缸通常有油润滑, 必要时也可以采用无油润滑气缸。在结构型式上, 活塞式压缩机常按气缸中心线的相对位置分为以下几种型式。

1. 立式压缩机

立式压缩机的气缸中心线和地面垂直。由于活塞环的工作表面不承受活塞的重量, 因此气缸和活塞的磨损较小, 活塞环的工作条件有所改善, 能延长机器的使用年限。立式压缩机的负荷使机身主要产生拉伸和压缩应力, 机身受力简单, 所以机身形状简单、重量轻, 不易变形。往复惯性力垂直作用在基础上, 基础的尺寸较小, 机器的占地面积小。但是要求厂房高, 机体稳定性差, 对大、中型结构的压缩机, 安装、操作维修都较困难。

2. 卧式压缩机

卧式压缩机的气缸中心线和地面平行, 分单列或双列, 且都在曲轴的一侧。由于整个机器都处于操作者的视线范围之内, 管理维护方便, 曲轴、连杆的安装拆卸都较容易。其主要缺点是惯性力不能平衡, 故转速的增加受到限制, 导致压缩机、驱动机和基础的尺寸及质量大, 占地面积大。多级压缩时, 只能采用多缸串联, 因而气缸、活塞的装拆不方便。在大、中型压缩机领域内已被淘汰。但因有结构紧凑, 零件少, 缸与缸串联可避免采用高压填料等的优点, 小型高压的机器中仍有采用。

3. 角度式压缩机

角度式压缩机的各气缸中心线彼此成一定的角度, 但不等于 180° 。由于气缸中心线相互位置的不同, 又区分为 L 型、V 型、W 型、扇型等, 如图 1-2 所示。该结构装拆气阀、级间冷却器和级间管道设置方便, 结构紧凑、动力平衡性较好。多用作小型压缩机。

W 型结构, 当各列往复运动质量相等而且气缸中心线夹角为 60° 时, 动力平衡性最好。

V 型结构, 当各列往复运动质量相等而且气缸中心线夹角 90° 时, 平衡性最佳, 夹角为 60° 时, 结构最紧凑。

L 型结构, 当两列往复运动质量相等时, 机器运转的平稳性比其它角度式优。当采用两

级压缩，可将大直径的气缸成垂直布置，小直径的气缸成水平布置，因而可避免较重的活塞对气缸磨损的影响。

扇型压缩机结构复杂，只在特殊情况下应用。

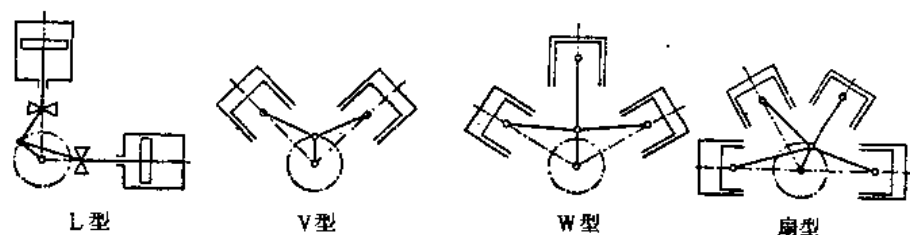


图 1-2 角度式压缩机的结构方案

4.对置式压缩机

气缸在曲轴两侧水平布置，相邻的两相对列曲柄错角不等于 180° 。对置式压缩机分两种：一种为相对两列的气缸中心线不在一直线上，制成 3、5、7 等奇数列；另一种曲轴两侧相对两列的气缸中心线在一直线上，成偶数列，相对列上的气体作用力可以抵消一部分，用于超高压压缩机。如图 1-3 所示。

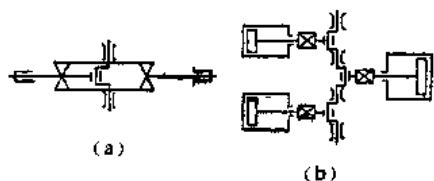


图 1-3 对置式压缩机的几种构型

5.对称平衡式压缩机

对称平衡压缩机，如图 1-4 所示。两主轴承之间，相对两列气缸的曲柄错角为 180° ，惯性力可完全平衡，转速能提高；相对列的活塞力能互相抵消，减少了主轴颈的受力与磨损。多列结构中，每列串联气缸数少，安装方便，产品变型较卧式和立式容易。多列时零件的数目较多，机身和曲轴较复杂。

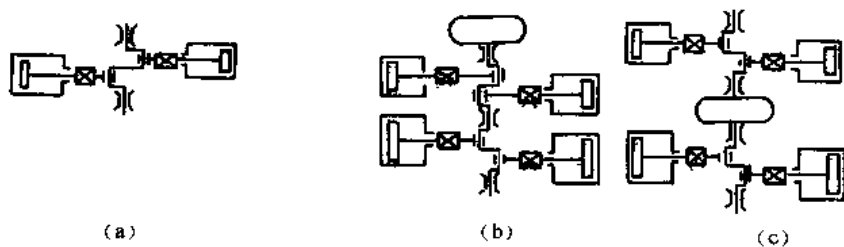


图 1-4 对称平衡压缩机的几种构型

对称平衡压缩机是 50 年代才出现的，由于优点显著，发展很迅速。现代的大型活塞式压缩机绝大部分均为对称平衡型结构。70 年代，大庆、辽河、大港、胜利等油田建设的压气站用的天然气压缩机即为对称平衡压缩机。在对称平衡型中，电动机布置在曲轴一端的，如图 1-4 中的 (b)，称为 M 型；电动机布置在列与列之间的，如图 1-4 的 (c)，称为 H 型，H 型的列间距较大，便于操作维修，机身和曲轴的结构和制造较简单。缺点是列数只能成 4 列、8 列或 12 列配置，变型不如 M 型方便，机身的安装找正较困难，如果基础产生

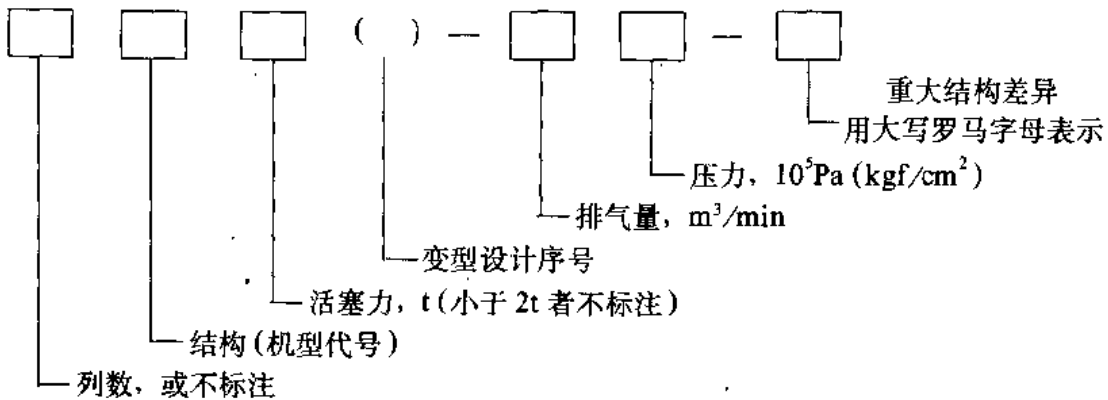
不均匀沉降时则影响较大。M型的主要优点是安装简单，增加列数的可能性较大，利于变型。缺点是机身和曲轴的刚度不如H型，且机身和曲轴的制造也比H型困难。

6. 组合式压缩机

天然气发动机-压缩机组根据与发动机联接型式，分为组合式和可分离式两种。组合式如我国60年代曾用过的苏制8ГK压缩机和日前大庆油田从美国英格索兰公司引进的48-KVGR天然气发动机-压缩机组。

二、国产一般活塞式压缩机的型号

国产活塞式压缩机型号由基本型号和辅助型号两部分组成，其间以短划“—”隔开。基本型号表达其结构要素，辅助型号表达其主要性能参数和重大结构差异。



结构型式的代号:

Z——气缸排列为直立式;

P——气缸排列为卧式;

W——气缸排列为W形;

L——气缸排列为L形;

V——气缸排列为V形;

S——扇形;

M——气缸排列为M形(对称平衡);

D——气缸排列为对称放置(对称平衡);

H——气缸排列为对称放置(对称平衡);

X——星型压缩机。

关于辅助型号说明

辅助型号由排气量和排气压力两项构成，其间隔以斜线“/”，分子为排气量，分母为排气压力。

1. 排气量

排气量通常是指单位时间内，压缩机最后一级排出的气体换算到第一级进口状态时的气体体积值。对于增压压缩机和真空压缩机，有时也采用将最后一级排出的气体换算到标准状态下的气体体积值表示。型号中的排气量为公称值。

2. 压力

① 进气压力为常压时，型号中的压力一项仅示出压缩机公称排气压力的表压值。

②增压压缩机、循环压缩机和真空压缩机，示出其公称进、排气压力的表压力值。当进气压力低于大气压时，则以真空度表示，同时其前冠以负号“-”，且进、排气压力值之间以范围号“~”或“-”隔开。

对于产品型号表示，由于目前国内尚未统一，各厂皆有差异，因此下列各例仅供参考。

举例说明

(1) 4M12—77/21 乙烯压缩机

4——气缸有4列；

M——M型对称平衡排列；

12——活塞力12t；

77——进气状态下的排气量为 $77\text{m}^3/\text{min}$ ；

21——排气压力为 $21\text{kgf}/\text{cm}^2$ (2.059MPa) (g)

(2) P—40/2.5—7 石油气压缩机

P——气缸为卧式排列；

40——换算到标准状态下的排气量， 40 标 m^3/min ；

2.5——进气压力为 $2.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.245MPa) (g)；

7——排气压力为 $7\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.686MPa) (g)

(3) 2D12—70/0.1—13 石油气压缩机

2——气缸有2列；

D——对称平衡排列；

12——活塞力12t；

70——换算到标准状态下的排气量， 70 标 m^3/min ；

0.1——进气压力为 $0.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (0.0098MPa) (g)；

13——排气压力为 $13\text{kgf}/\text{cm}^2$ (1.274MPa) (g)。

(4) H222—260/15 油田气压缩机

H——H型对称平衡排列；

22——活塞力22t；

2——设计序号；

260——进气状态下的排气量为 $260\text{m}^3/\text{min}$ ；

15——排气压力为 $15\text{kgf}/\text{cm}^2$ (1.471MPa) (g)。

三、特性计算

现场工程师经常需要计算：

①确定在给定进气量、温度和压力条件下，将气体压缩到给定的排气压力条件下所需的近似功率。

②计算一台现存压缩机，在规定的进、排气条件下的排气量。

对于压缩机的特性计算本手册着重于估算，但也简单介绍有关压缩机主要特性的一些计算方法。

1. 排气量和供气量

在压缩机排气端测得的单位时间内排出的气体容积，换算到压缩机第一级进气条件（压力、温度、湿度）下的数值称为排气量，用 V_s 表示，其单位为 m^3/min 。

供气量 V 指排出的气体按标准状态 ($p_0=101325\text{Pa}$, $T_0=273\text{K}$) 计算的干燥气体的容积值, 排气量与供气量的关系按下式计算。

$$V_s = \frac{p_0 T_s}{(p_s - \phi p_{sa}) T_0} V \quad (1-1)$$

式中 ϕ ——进气状态下的相对湿度;

p_{sa} ——进气温度的饱和蒸气压, kPa;

p_0 ——标准大气压力, kPa;

T_0 ——标准状态温度, K;

p_s ——进气压力, kPa;

T_s ——进气温度, K。按我国压缩机行业习惯, $T_s=40^\circ\text{C}$ 。

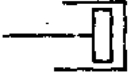
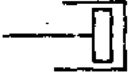



有的压缩机铭牌的排气量已换算到标准状态, 计算供气量时不必再换算; 但计算压缩机功率时则需换算成规定的排气量。

(1) 行程容积

每分钟内气缸的理论吸气容积, 称为气缸行程容积, 以 V_l 表示。

各种型式气缸的第一级(段) V_l 值与气缸尺寸的关系见表 1-3。

表 1-3 行程容积 V_l 与气缸尺寸的关系

气缸型式		V_l (m^3/min)
单作用		$\frac{\pi}{4} D^2 s n l$
带不贯穿活塞杆的双作用气缸		$\frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) s n l$
带贯穿活塞杆的双作用气缸		$\frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) s n l$
级差活塞的双作用气缸		$\frac{\pi}{2} [D^2 - (\frac{d^2 + D_x^2}{2})] s n l$

表中符号 D ——气缸直径, m;

d ——活塞杆直径, m;

n ——压缩机转速, r/min;

l ——同级气缸数;

D_x ——级差活塞的小端直径, m;

s ——活塞行程, m。

(2) 排气系数

压缩机在运行时，由于存在着余隙容积和气体泄漏等因素的影响，实际的排气量小于气缸行程容积。设计计算中，考虑到这些因素的影响而引用的系数，称为排气系数，以 λ 表示。

$$\lambda = \frac{V_s}{V_i} = \lambda_v \lambda_p \lambda_t \lambda_g \quad (1-2)$$

式中 λ_v ——容积系数；
 λ_p ——压力系数；
 λ_t ——温度系数；
 λ_g ——气密系数。

1) 容积系数 λ_v 活塞式压缩机在压缩终了时，活塞不能完全走到气缸的尽头，必须留有一定的容积，称为余隙容积。在压缩结束开始进气时，由于余隙中高压气体的膨胀，使进入气体的体积少于气缸的工作容积。容积系数 λ_v 可按下式计算。

$$\text{理想气体 } \lambda_v = 1 - a \left(\varepsilon^{\frac{1}{m}} - 1 \right) \quad (1-3)$$

$$\text{实际气体 } \lambda_v = 1 - a \left(\frac{Z_s}{Z_d} \varepsilon^{\frac{1}{m'}} - 1 \right) \quad (1-4)$$

式中 a ——相对余隙容积，表示余隙容积占气缸工作容积的百分数；

一般排气压力 $p_d \leq 2\text{MPa}$ 时

$$a = 0.07 \sim 0.15;$$

$2 < p_d \leq 32\text{MPa}$ 时

$$a = 0.12 \sim 0.18;$$

Z_s 、 Z_d ——进气、排气条件下的气体压缩系数；

m' ——多变膨胀过程指数，多级压缩时各级 m' 按表 1-4 确定。

对于理想气体 λ_v 值也可由图 1-5 查得。

表 1-4 不同进气压力下的膨胀过程指数

进气压力, 10^5Pa (a)	膨胀过程指数 m'
$P < 1.5$	$m' = 1 + 0.5(k-1)$
$1.5 < P < 4$	$m' = 1 + 0.62(k-1)$
$4 < P < 10$	$m' = 1 + 0.75(k-1)$
$10 < P < 30$	$m' = 1 + 0.88(k-1)$
$P > 30$	$m' = k$

①表中 k 是绝热指数。

2) 压力系数 λ_p 由于进气阀有压力降, 因此进气时气缸内的压力通常低于公称进气压力, 即进气管中的压力。气缸内的压力要达到进气管中的压力, 需要经过一段预压缩, 这相当于使有效行程容积进一步缩小。

常压进气时, $\lambda_p = 0.95 \sim 0.98$ 。较小值适用于通道截面较小的或具有过强弹簧作用的气阀。在循环压缩机的第一级和多级压缩机的第二级, 因进气压力较高, 即使进气阀的压力降相同, 相对压力损失很小, 这时 $\lambda_p = 0.98 \sim 1.0$ 。一般压缩机从第三级开始, 就可以认为 $\lambda_p = 1.0$ 。但是当导管长, 气流速度高或导管与气缸间缓冲容积不够大时, 可以发生很大的压力波动, 这时压力系数值不能按上述范围选取。

3) 温度系数 λ_t 由于气缸内的进入气体的温度总是高于进气管中的温度, 折算到公称进气压力和公称进气温度时的进气能力再一次降低。一般可参考图 1-6 选取 λ_t 值。

使用图 1-6 时, 需注意以下几点:

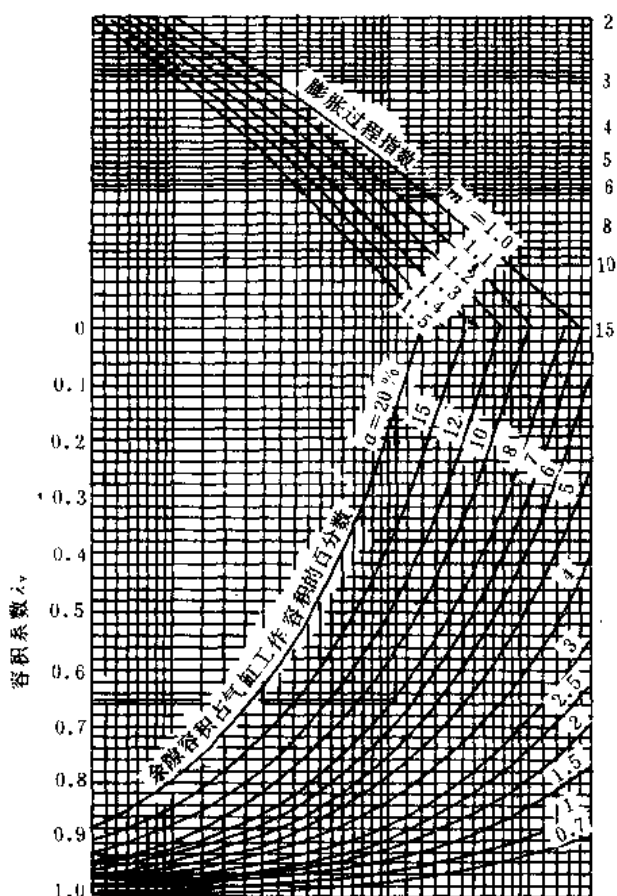


图 1-5 容积系数 λ_v 计算图

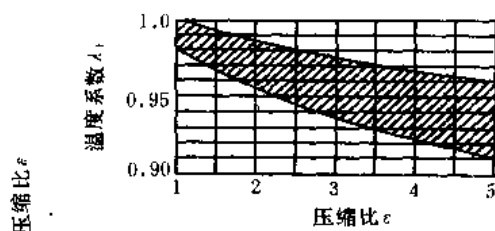


图 1-6 温度系数 λ_t 和压缩比的关系

- ①大、中型压缩机取较大值, 小型压缩机取较小值;
- ②冷却良好的气缸取较大值, 冷却不良的取较小值;
- ③高转速压缩机取较大值, 低转速取较小值;
- ④气阀通路中阻力小时取较大值, 阻力大时取较小值;
- ⑤相对余隙容积小时取较大值, 大时取较小值。

此外还应注意, 气体性质和进气温度的影响。导热系数高的气体很容易受热, 对于进气温度很低的压缩机, 因为周围温差很大, 进气时受热强烈, 计算时应考虑。

4) 气密系数 λ_g 由于气阀、活塞环、填料以及管道附属设备等密封不严而造成泄漏, 也会使压缩机的排气量减小。泄漏的部位不同, 影响也不一样。填料、管道连接处以及单作用活塞的活塞环密封不严密, 第一级进气阀不严密或延迟关闭, 气体将漏入大气或进气管, 这样的泄漏称为外泄漏。外泄漏使压缩机的排气量降低, 同时对各级压力也发生影响。

除第一级缸以外的各级气缸气阀、双作用活塞的活塞环以及内部旁通管等不严密, 所漏