

活塞式压缩机设计

《活塞式压缩机设计》编写组编

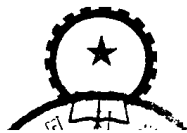


机械工业出版社

78.7857
366

活 塞 式 压 缩 机 设 计

《活塞式压缩机设计》编写组编



机 械 工 业 出 版 社

本书是活塞式压缩机设计计算方面的手册性工具书。全书共分十二章，包括压缩机的总体设计，热力、动力计算，主机和辅助设备的结构设计和计算，润滑，排气量调节，以及安装、调整等内容；最后一章介绍了国内已经使用的各种活塞式压缩机的结构特点，供设计和选用时参考。此外，压缩机设计时涉及的单位换算，常用数据、公式和材料，气体特性图表，以及有关标准等都编入了附录，以备查用。

本书可供活塞式压缩机设计人员，操作维修人员，高等学校有关专业师生等参考。

活塞式压缩机设计

《活塞式压缩机设计》编写组编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京第二新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $44^{7/8}$ ·插页5·字数1109千字

1974年5月北京第一版·1974年5月北京第一次印刷

印数00,001—24,000·定价5.45元

*

统一书号: 15033·4197

前 言

在伟大领袖毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国社会主义建设事业蒸蒸日上，欣欣向荣。随着国民经济的迅速增长和工业建设的飞跃发展，对气体压缩机的需求愈来愈迫切。设计、制造各种规格、不同使用要求并有良好性能的压缩机新产品，以适应社会主义革命和社会主义建设的需要，是一项光荣而艰巨的任务。

解放以来，在毛主席、共产党的领导下，建设了许多压缩机制造厂，逐步形成了独立的制造业。在党的总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光照耀下，在充分总结我国压缩机生产、使用经验的基础上，自行设计制造了各种用途和规格的活塞式压缩机。如固定式动力用空气压缩机，比功率为 5.17 千瓦/米³/分（排气压力为 9 公斤/厘米²），比重量为 119 公斤/米³/分；同时，还制订了排气量为 $10\sim 100$ 米³/分，压力为 9 公斤/厘米²的动力用L型空气压缩机系列，并使系列产品投入了生产。六十年代初期，我国开始发展对称平衡型压缩机，先后自行设计制造了排气量为 45 米³/分，排气压力为 211 公斤/厘米²的二氧化碳压缩机；排气量为 165 米³/分，排气压力为 321 公斤/厘米²的氮氢混合气压缩机；以及排气量为 250 米³/分，排气压力为 321 公斤/厘米²，电机功率为 4000 千瓦的氮氢混合气压缩机等具有一定水平的各种压缩机，初步满足了国民经济的需要，同时也积累了不少经验。经过无产阶级文化大革命，压缩机行业广大工人、革命干部、革命知识分子，在“抓革命，促生产”的方针指引下，又为提高产品质量和产量、发展新品种作出了新贡献。但是，有关人员在实际工作中，却常常感到压缩机的专业技术书籍颇为缺乏，有的书籍内容又较陈旧、繁琐，远远不能满足我国当前生产的需要。

无产阶级文化大革命的斗、批、改阶段中，工人阶级登上了上层建筑领域，正在占领科学阵地，进一步为革命学业务、学技术的要求甚为迫切；同时，压缩机各制造单位、使用单位的同志们也感到手头急需一本有关专业的设计资料。为此，我们在初步总结我国多年来设计、制造和使用压缩机方面的部分经验的基础上，并广泛搜集、参考了国内外的有关资料、图表和实例，编写了《活塞式压缩机设计》这本书，以应目前的急需。

本书共分十二章，包括活塞式压缩机的总体设计，热力、动力计算，主机和辅助设备的结构设计和计算，润滑，排气量调节以及安装调整等内容；最后一章还介绍了国内已经使用的各种活塞式压缩机的结构特点，便于读者在设计 and 选用时参考。此外，压缩机设计计算时所涉及的单位换算，常用数据、公式和材料，气体特性图表，以及有关标准等也都编入了附录，以备查用。

本书是由通用机械研究所、西安交通大学会同上海压缩机厂、天津空压机厂、北京第一通用机械厂、西安压缩机厂、许昌通用机械厂、长春空压机厂、沈阳气体压缩机厂、杭州制氧机厂、重庆东风机器厂、柳州空压机厂、柳州第二空压机厂、南京化肥厂、蚌埠空压机厂、华中工学院、浙江大学、浙江化工学院、燃化部化工机械研究所等 19 个单位集体编写的。

由于我们的政治思想水平和业务知识有限，本书的错误和缺点在所难免，我们热情地希望广大读者给予批评指正，以期在以后修订再版时加以充实完善。

在编写本书的过程中，我们得到各兄弟单位的热情支持，他们为编写组介绍了经验，提供了资料，在此谨致谢意；同时还向为编写本书提供方便条件，并给予大力协助的上海压缩机厂以及协助描图的无锡压缩机厂、北京第二通用机械厂表示深切的感谢。

《活塞式压缩机设计》编写组
一九七三年于北京

目 录

前言	
绪论	1
第一章 总体设计	5
第一节 结构方案的选择	5
第二节 压缩机转数和行程的确定	23
第三节 压缩机的驱动	26
第二章 热力计算	33
第一节 基本概念	33
第二节 气缸行程容积的确定	51
第三节 压缩机的功率和效率	61
第四节 变工况工作和复算性计算	67
第五节 热力计算实例	70
第三章 动力计算	90
第一节 压缩机中的作用力	90
第二节 飞轮矩的确定	95
第三节 惯性力和惯性力矩的平衡	112
第四节 基础的设计与计算	132
第四章 气缸部分的设计	138
第一节 气缸	138
第二节 气阀	170
第三节 活塞与活塞杆	208
第四节 填料和刮油器	233
第五节 活塞环	254
第五章 基本部件的设计	264
第一节 机身、中体	264
第二节 曲轴	287
第三节 连杆	308
第四节 十字头	333
第五节 轴承和轴瓦	350
第六章 其他部件的设计	368
第一节 联轴器	368
第二节 盘车装置	378
第三节 皮带轮和飞轮	382
第七章 气路系统	396
第一节 管路设计	396
第二节 空气滤清器	410
第三节 液气分离器、缓冲器和储气罐	413
第四节 安全阀	424

第八章 冷却系统及冷却器的设计	439
第一节 冷却系统及其对水质的要求	439
第二节 冷却器的结构设计	441
第三节 冷却器的传热计算	477
第四节 冷却器的阻力损失计算	508
第五节 冷却器的强度计算	515
第六节 冷却器传热计算例题	516
第九章 润滑系统及润滑油(脂)	524
第一节 气缸填料的润滑	524
第二节 循环润滑系统	530
第三节 压缩机用的润滑油(脂)	546
第十章 压缩机排气量的调节	551
第一节 常用的调节装置的结构及计算	552
第二节 各种调节方法的比较	576
第三节 调节系统中的控制机构	581
第十一章 压缩机的安装、试车与调整	586
第一节 压缩机的安装	586
第二节 压缩机的试车	591
第三节 压缩机的调整	593
第四节 压缩机的维护和修理	597
第十二章 压缩机实例	600
第一节 微型和小型压缩机	600
第二节 中型压缩机	609
第三节 大型压缩机	616
第四节 无油润滑压缩机	617
第五节 循环压缩机和超高压压缩机	633
附录一 单位换算	642
附录二 常用公式和数据	647
附录三 常用材料的机械性能和主要规格	656
附录四 常用气体的特性参数图表	665
附录五 有关标准	690

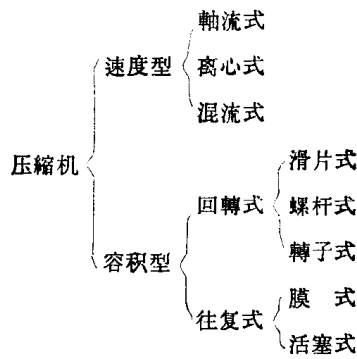
绪 论

现代工业中，压缩气体的机器用得愈来愈多。各种型式的压缩机，按工作原理区分为两大类，即速度型和容积型。

速度型压缩机靠气体在高速旋转叶轮的作用下，得到巨大的动能，随后在扩压器中急剧减速，使气体的动能转变为势能（压力能）。

容积型压缩机靠在气缸内作往复或回转运动的活塞，使容积缩小而提高气体压力。

压缩机按结构型式不同，分类如下：



各种类型压缩机的使用范围大致如图 0-1 所示。

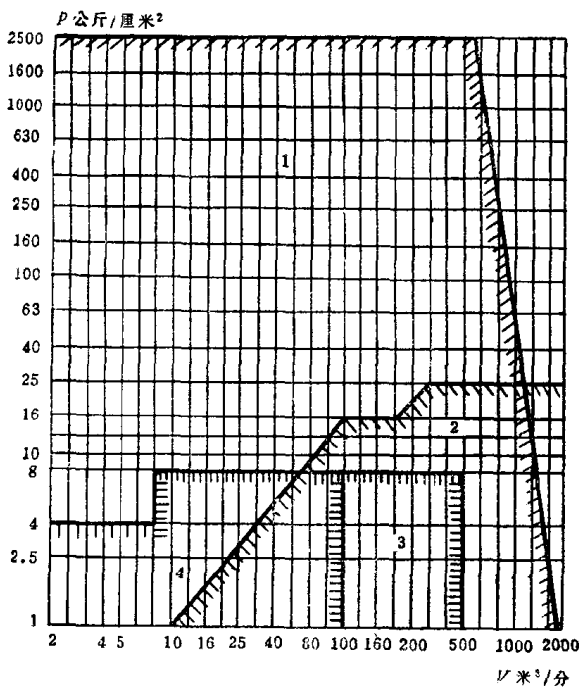


图 0-1 各种类型压缩机的使用范围

1—活塞式；2—离心式或轴流式；3—螺杆式；4—滑片式
(图中所示气量范围对增压压缩机是指标准状态的气量)

本书以往复活塞式压缩机为介绍对象，并按习惯，简称活塞式压缩机。

活塞式压缩机按气量与压力的分类如表 0-1 所示。

活塞式压缩机与其他类型的压缩机相比，特点是：

1) 压力范围最广。活塞式压缩机从低压到超高压都适用，目前工业上使用的最高工作压力达 3500 公斤/厘米²，实验室中使用压力则更高。

2) 效率高。由于工作原理不同，活塞式压缩机比离心式压缩机的效率高得多。而回转式压缩机由于高速气流阻力损失和气体内泄漏等原因，效率亦较低。

3) 适应性强。活塞式压缩机的排气量可在较广泛的范围内进行选择；特别是在较小排气量的情况下，要做成速度型，往往很困难，甚至是不可能的。此外，气体的重度

表 0-1 活塞式压缩机按气量与压力的分类

分 类 方 法	名 称	说 明
按排气量分	微 型	$V_m \leq 1 \text{米}^3/\text{分}$
	小 型	$1 \text{米}^3/\text{分} < V_m \leq 10 \text{米}^3/\text{分}$
	中 型	$10 \text{米}^3/\text{分} < V_m \leq 100 \text{米}^3/\text{分}$
	大 型	$V_m > 100 \text{米}^3/\text{分}$
按排气压力分	鼓 风 机	$p_d \leq 2 \text{公斤}/\text{厘米}^2$
	低 压 压 缩 机	$2 \text{公斤}/\text{厘米}^2 < p_d \leq 10 \text{公斤}/\text{厘米}^2$
	中 压 压 缩 机	$10 \text{公斤}/\text{厘米}^2 < p_d \leq 100 \text{公斤}/\text{厘米}^2$
	高 压 压 缩 机	$100 \text{公斤}/\text{厘米}^2 < p_d \leq 1000 \text{公斤}/\text{厘米}^2$
	超 高 压 压 缩 机	$p_d > 1000 \text{公斤}/\text{厘米}^2$

对压缩机性能的影响，亦不如速度型那样显著，所以同一规格的压缩机，将其用于压缩不同介质时，较易改造。

活塞式压缩机的主要缺点是：外形尺寸和重量较大，需要较大的基础，气流有脉动性，以及易损零件较多。

图 0-2 表示活塞式压缩机的基本结构，其组成大致可分为三部分：

1) 基本部分：包括机身、中体、曲轴、连杆、十字头等部件。其作用是传递动力、连接基础与气缸部分。

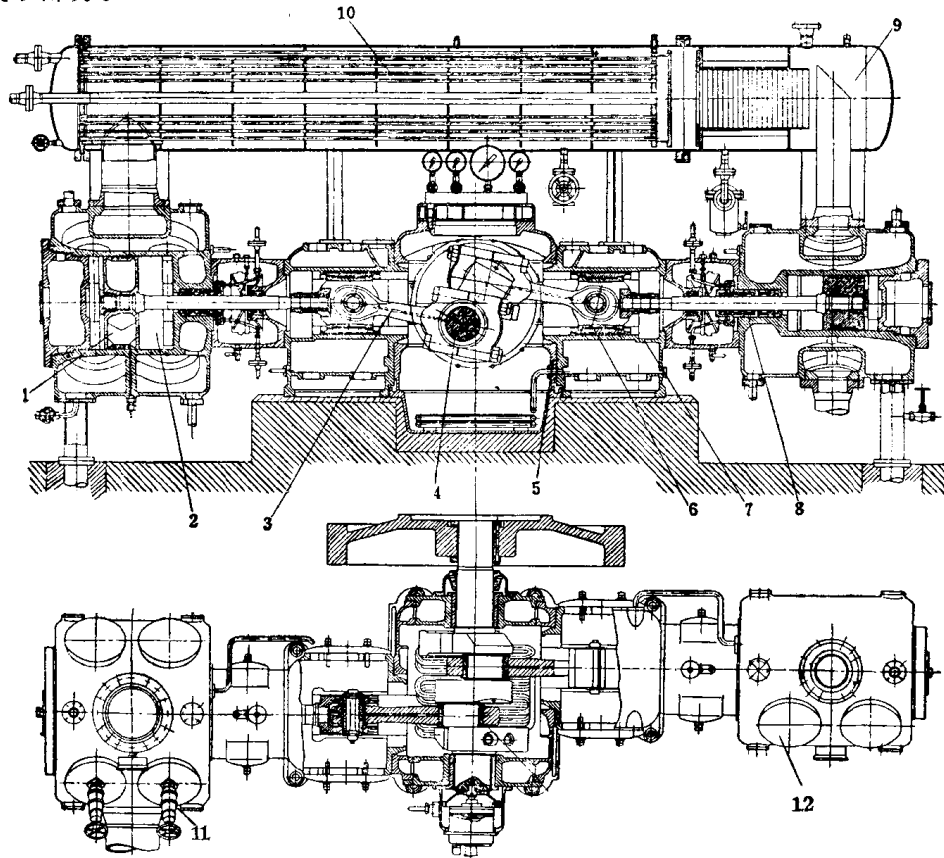


图 0-2 活塞式压缩机结构剖视图

- 1—活塞；2—气缸；3—连杆；4—曲轴；5—机身；6—十字头；7—中体；8—填料；
9—液气分离器；10—冷却器；11—排气量调节装置；12—气阀

2) 气缸部分: 包括气缸、气阀、活塞、填料以及安置在气缸上的排气量调节装置等部件。其作用是形成压缩容积和防止气体泄漏。

3) 辅助部分: 包括冷却器、缓冲器、液气分离器、滤清器、安全阀、油泵、注油器及各种管路系统, 这些部件是保证压缩机正常运转所必需的。

随着工业的发展, 活塞式压缩机压缩的气体种类也日益增多。主要应用于采矿、冶金、石油、化工、机械、建筑等部门。作动力用的空气压缩机数量最大, 而化学工业用的规格品种最多。由于石油化学工业的蓬勃发展, 要求压缩各种烃类气体的压缩机日趋增多。

在采矿工业中, 常用压缩空气作动力带动风动工具, 要求压缩机的排气压力为 9 公斤/厘米²; 在修筑道路及工程建设方面也需压缩空气作为动力, 常用的是移动式空气压缩机。

在合成氨厂的整个工艺流程中, 压缩机分别将各种原料气加压至一定压力, 送至各处理工段, 最后将合成气加压至合成压力。目前常用的有 321 公斤/厘米²及 151 公斤/厘米²两种合成压力。尿素合成压力为 210 公斤/厘米²。

在氧气顶吹炼钢中, 要求氧气压缩机提供 31 公斤/厘米²的压力。

各种不同使用条件下, 所需的压力是多种多样的, 现将主要的应用场合, 列举于表 0-2 中。

由于压缩气体性质和使用条件的限制, 要求提供越来越多的气缸无油润滑压缩机, 例如:

- 1) 压缩气体与油接触会引起爆炸 (如氧气压缩机);
- 2) 压缩气体对润滑油起腐蚀作用 (如氯气和三氟化硼压缩机);
- 3) 严禁压缩气体被润滑油污染 (如食品和医药工业中及高纯度气体用压缩机);
- 4) 气体中含油会造成气动仪表失灵 (如控制系统中用的空气压缩机);
- 5) 吸入气体的温度极低, 无法获得合适的润滑油; 或者气体中有润滑油会导致反应器中的催化剂中毒等情况, 都要求用气缸无油润滑的压缩机来压缩气体。

活塞式压缩机的发展趋向是:

1) 高压、高速、大容量。某些化工部门, 提高压力可以提高合成效率, 所以相应的压缩机工作压力也不断提高。如合成氨用的压缩机工作压力达到 600 公斤/厘米²及 1000 公斤/厘米², 而合成聚乙烯用压缩机的压力已达 3500 公斤/厘米²。

高转数、短行程结构的应用, 使机器占地面积、金属消耗量大为降低。大型压缩机的转数一般为 250~500 转/分, 中型为 500~1000 转/分, 小型为 1000~3000 转/分。

目前常压进气时的单机容量最大为 333 米³/分。提高容量的主要途径是运用离心式或回转式压缩机与活塞式压缩机串联运行。

2) 提高效率和延长使用期限。压缩机是一种消耗巨大能量的机器, 如 1000 台排气压力为 9 公斤/厘米²、排气量为 20 米³/分的压缩机, 就需 12.5 万千瓦的动力。因此, 注意提高压缩机效率, 对国民经济建设具有重大意义, 而通过合理的设计, 提高其效率 5~10%, 是完全有可能做到的。

活塞式压缩机的绝热效率, 一般应在下述范围内:

大型: 80~85%; 中型: 70~80%; 小型: 65~70%

动力用固定式空气压缩机, 常用比功率来衡量其经济性。对排气压力为 8 公斤/厘米²的压缩机, 先进的比功率为 4.6~4.8 千瓦/米³/分, 比重量为 110~130 公斤/米³/分。

3) 按系列化、通用化、标准化进行生产, 以利提高产量、质量, 缩短制造周期, 便于产品变型。

表 0-2 压缩机的主要应用场合、压缩介质及要求的压力

应 用	压 缩 气 体	工 作 压 力 (公斤/厘米 ²)
氮肥工业	氮 氢 气	600
		320
		200
		150
空气分离	空 气	220
		5~6
	氧 气	150
		30
尿 素	二氧化碳	210
合成塑料	氯 气	5
	乙 烯	1500~3500
合成纤维	裂 解 气	36~41
	二氧化碳	40
	空 气	3.5~12
	乙 炔	12
合成橡胶	生 成 气	16
	丙 烯	20
有机原料	乙 烯、丙 烯	18
	甲 烷	65
	稀 乙 炔	12
	一 氧 化 碳	320
石油加氢与精制	氢 气	26~36
		12~90
		70~90
油田注气	二氧化碳	131
石油开采钻井用	空 气	80
采挖工业及工程建设动力用	空 气	8
高炉喷煤粉	空 气	8
充气、喷漆、食品	空 气	5~7
纺织用、船用、电站制动或控制用	空 气	30
		40
		60
城市煤气输送	煤 气	5
水压机配套	空 气	150
		350
仪表自动控制用	空 气	4~6
车辆制动	空 气	6~8

第一章 总体设计

设计活塞式压缩机应符合以下基本原则：

1. 满足用户提出的排气量、排气压力，及有关使用条件的要求。
2. 有足够长的使用寿命（应理解为压缩机需要大修时间间隔的长短），足够高的使用可靠性（应理解为压缩机被迫停车的次数）。
3. 有较高的运转经济性。
4. 有良好的动力平衡性。
5. 维护检修方便。
6. 尽可能采用新结构、新技术、新材料。
7. 制造工艺性良好。
8. 机器的尺寸小、重量轻。

但是，上述原则往往是彼此矛盾的。例如尺寸小、重量轻与较高的运转经济性有矛盾。若从较高的经济性考虑，要求机器取用较多的级数，而级数增多，则机器结构比较复杂，尺寸增大，重量增加。同样，提高机器的转数，虽能减小机器的尺寸和重量，但转数增加，压缩机效率下降，零件易磨损，影响使用寿命。因此，对于压缩机设计者来说，重要的是根据压缩机的用途，掌握其主要要求，在保证主要要求的前提下，尽量满足其他的要求。例如，在移动装置中用的压缩机，尺寸小、重量轻应是主要的要求，对于经济性的要求则可退居次要地位；相反，长期连续运转的大型固定式压缩机，运转的经济性、可靠性以及使用寿命，应是设计者首要考虑的，在此前提下，再相应的考虑减小尺寸和重量。

总体设计的任务是：选择结构方案、主要参数、相应的驱动方式，以及大体确定附属设备的布置。压缩机的技术经济指标是否先进，能不能很好地满足使用要求，很大程度上决定于总体设计阶段的考虑是否周到和适当。如果总体设计不当，就会给压缩机带来“先天不足”的缺陷，要消除它的后患，就比较困难。因此，总体设计是设计压缩机最重要的环节。为了使总体设计能达到既符合多快好省的方针，又符合用户的特定要求，在总体设计时应广泛搜集国内外同类型或相近机器的资料，进行充分的分析比较，提出几个方案，通过热力计算，动力计算，初步确定主要零件的主要尺寸，在分析研究的基础上，选出最符合要求的总体方案。为了具体反映结构方案和布置的合理程度，应绘出纵、横剖面图和外形布置图。

总体设计完成之后，即着手进行工作图设计。工作图设计的任务是根据总体设计中初步定下的部件和零件的尺寸、轮廓和基本结构型式，详细地绘出总体和部件的装配图、零件的施工图，编制必要的技术文件，拟定型号，同时完成各主要零件的强度核算工作。然后经过试制与试验测定，考核设计的正确性。

第一节 结构方案的选择

活塞式压缩机的结构方案由下列因素组成：1）机器的型式；2）级数和列数；3）各

级气缸在列中的排列和各列间曲柄错角的排列。用上述因素组成的图形，称为结构方案图，即习惯上所说的机器纵、横剖面图。

选择压缩机的结构方案时，应根据压缩机的用途，运转条件，排气量和排气压力，制造厂生产的可能性，驱动方式以及占地面积等条件，从选择机器的型式和级数入手，制订出合适的方案。

一、结构型式的特点及其选择

压缩机结构的特点主要体现在两个方面，即气缸排列的型式（指气缸中心线的排列位置）和运动机构的结构。

（一）气缸排列的型式及其选择

1. 立式压缩机：气缸作垂直布置，如图 1-1 所示，其优点在于：

1) 活塞工作表面不承受活塞重量，因而气缸和活塞的磨损比卧式的小且均匀，活塞环的工作条件有所改善，能延长机器的使用寿命。

2) 占地面积比较小。

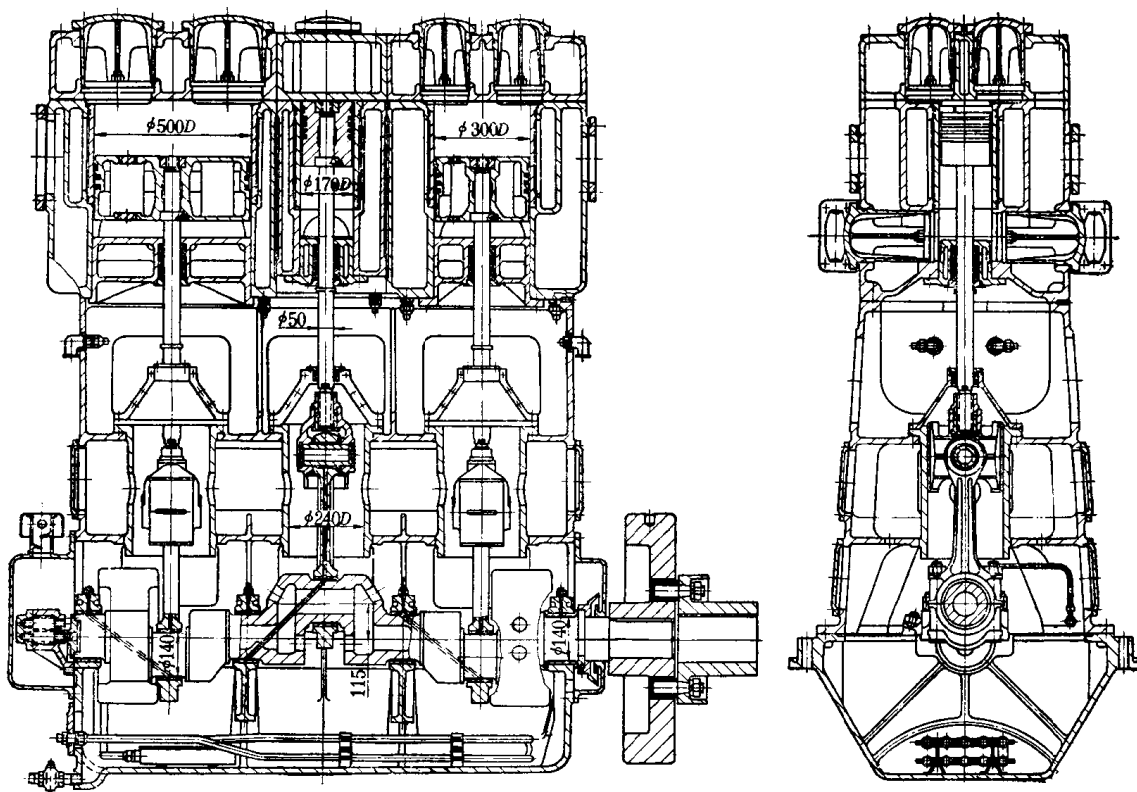


图 1-1 三列立式氧气压缩机

3) 因为载荷使机身主要产生拉伸和压缩应力，所以机身的形状简单，重量轻。

4) 往复运动部件的惯性力垂直作用在基础上，而基础抗垂直振动的能力较强，所以它的尺寸较小。

其缺点在于气阀和级间管道的布置比较困难，不易变型（因列间距紧凑），较大的立式压缩机操作、维修也甚感不便。所以小型压缩机有做成立式的，中型固定式也有采用立式的。无油润滑压缩机采用立式对活塞环和填料的工作较为有利。大型立式压缩机，国内制造

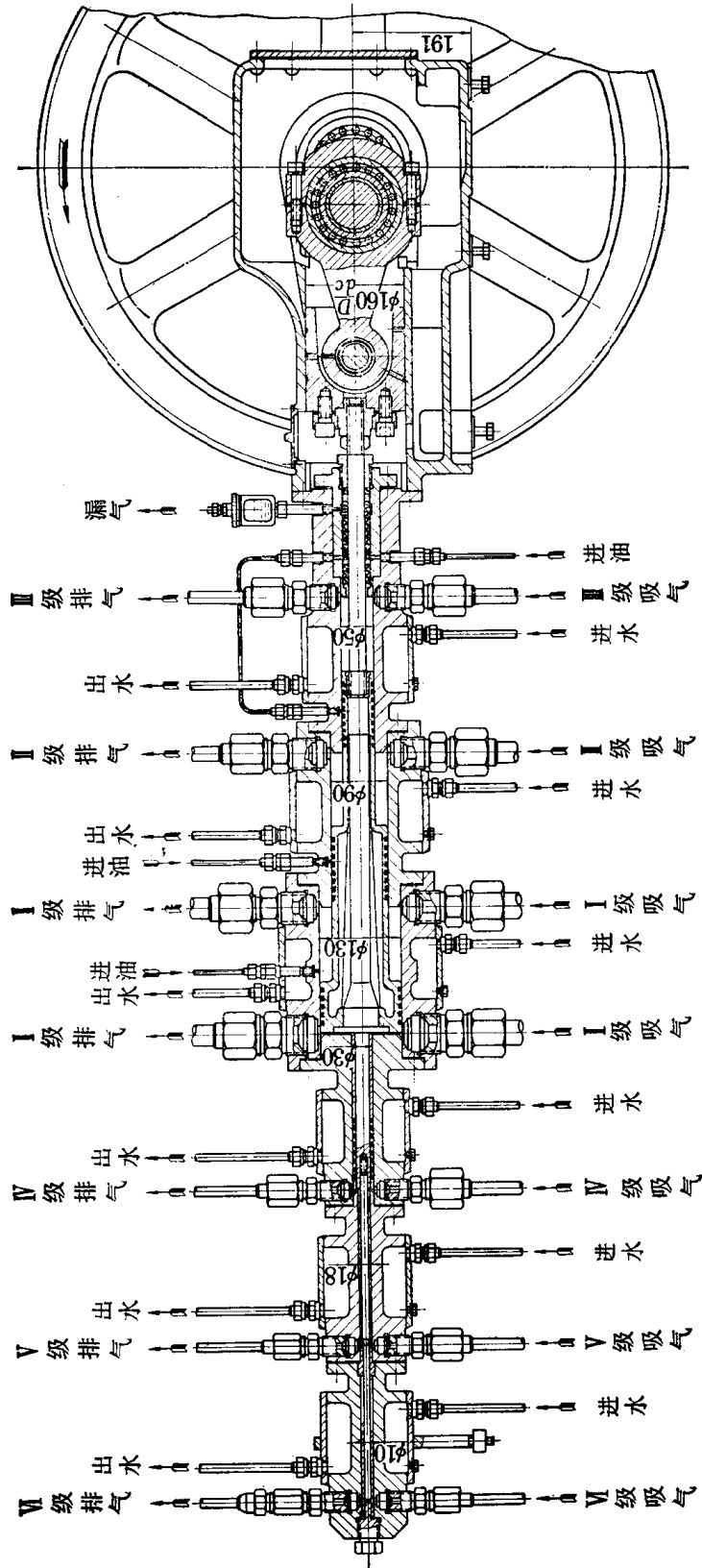


图 1-2 单列卧式二氧化碳压缩机

得不多，某些国家由于生产传统，有做成立式的。

2. 卧式压缩机：气缸中心线作水平布置，且都在曲轴的一侧。这是较老的一种结构，如图 1-2 所示。其优点在于：

1) 整个机器都处在操作者的视线范围内，所以管理维护方便。曲轴、连杆的安装、拆卸都比较方便。

2) 卧式压缩机最多只有两列，所以运动部件和填料的数量较少，机身、曲轴的结构也比较简单。

3) 卧式压缩机的厂房可以比立式的低。

卧式压缩机的主要缺点是：惯性力不能平衡，所以转数的增加受到很大限制，导致机器、驱动机和基础的重量、尺寸较大。另外，卧式压缩机在多级压缩时，只能采用多缸串联，因而气缸活塞的安装亦较麻烦；特别是大型压缩机活塞往往很重，气缸和活塞易磨损。所以卧式压缩机在大、中型压缩机的领域内已被淘汰，但在小型高压的场合，采用卧式结构，仍能发挥结构紧凑、零件少和可避免高压填料的优点，如图 1-2 即为一应用实例。

3. 对称平衡型压缩机：气缸作水平布置，并分布在曲轴两侧，在两主轴承之间，相对两列气缸的曲柄错角为 180° 。这种结构型式是五十年代才出现的，由于优点显著，发展甚速。现代的大型活塞式压缩机绝大部分均为对称平衡型结构。它除了拥有卧式压缩机的 1)、3) 项优点外，还有自己独特的优点：

1) 惯性力（一阶和二阶惯性力）可以完全平衡，惯性力矩也很小，甚至为零。因此机器的转数可以大大提高，使得机器、驱动机和基础的尺寸、重量都能减小。

2) 由于相对两列的活塞力方向相反，能互相抵消，因而改善了主轴颈的受力情况，减小主轴颈与主轴承之间的磨损。

3) 可以采用较多的列数，使得每列串联的气缸数较少，安装方便。

其缺点是运动部件和填料的数量较多，机身和曲轴的结构比较复杂。两列对称平衡压缩机切向力的均匀性较差。

四列以上的对称平衡型压缩机，根据电机设置的位置，区分为 M 型和 H 型两种。

对称平衡 M 型压缩机，如图 1-3 所示，电机设置在机身一侧。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，且机身曲轴的制造也比 H 型困难。

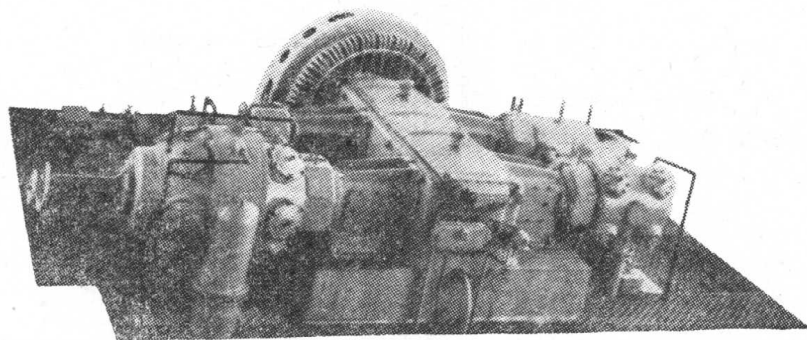


图 1-3 四列对称平衡 M 型二氧化碳压缩机

对称平衡H型压缩机，如图 1-4 所示，电机设置在两个机身之间，其优点是列间距较大，便于操作检修。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，所以变型不及 M 型方便，两机身的安装找正较困难。

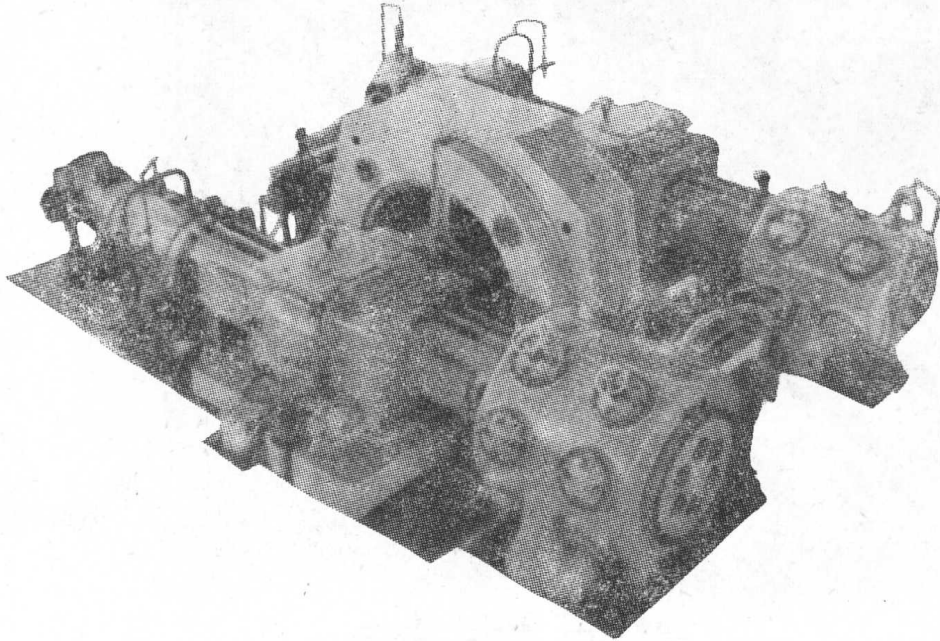


图 1-4 对称平衡H型氮氢混合气压缩机

大、中型压缩机采用对称平衡型，其优点很明显，特别是对于大型高压多级压缩机，是较合理的结构型式。小型的对称平衡型结构，机器的重量较立式和角度式结构为大，所以不能充分显示其优点，反而会增加制造上的困难。

4. 对置型压缩机：气缸作水平布置，并分布在曲轴两侧，相邻的两相对列曲柄错角不等于 180° 。但是根据其结构特点又可分两种情况：第一种，相对的气缸中心线不在一直线上，制成 3、5、7、9 等奇数列。第二种，曲轴两侧相对的气缸中心线在一直线上，制成偶数列。

对置型压缩机具有卧式压缩机的优点，机身与曲轴的刚性比对称平衡型好；主要缺点是惯性力的平衡性较差，而且主轴承的数目较多，曲轴和机身的制造精度相应地要求较高。

第一种结构的对置式压缩机，只在当压缩机的列数适于选用单数时才采用。

第二种结构的对置式压缩机，在较老的结构中，作成 H 型的结构。在大型超高压压缩机中，由于活塞力很大，采用气缸中心线在一直线上的对置型，两相对列活塞上气体作用力可以相互抵消一部分，改善了运动部件的受力情况，同时采用多列结构以后，切向力的均衡性也能得到改善。图 1-5 所示即为超高压压缩机采用多列对置型的一例。

5. 角度式压缩机：气缸中心线间具有一定的夹角，但不等于零或 180° 。按气缸中心线的位置不同，又分为 W 型、V 型、L 型和扇型等。

W 型结构见图 1-6。同一曲拐上相邻列的气缸中心线夹角为 60° 时，其动力平衡性最佳；这种结构也有作成双重 W 型（六列）的。

V 型结构见图 1-7。同一曲拐两列的气缸中心线夹角可以做成 90° 、 75° 、 60° 等； 90° 时平衡性最佳，但为了结构紧凑起见，做成 60° 的居多，也可作成双重 V 型的。

L 型结构如图 1-8，相邻两列的气缸中心线夹角为 90° ，而且分别作垂直与水平布置。

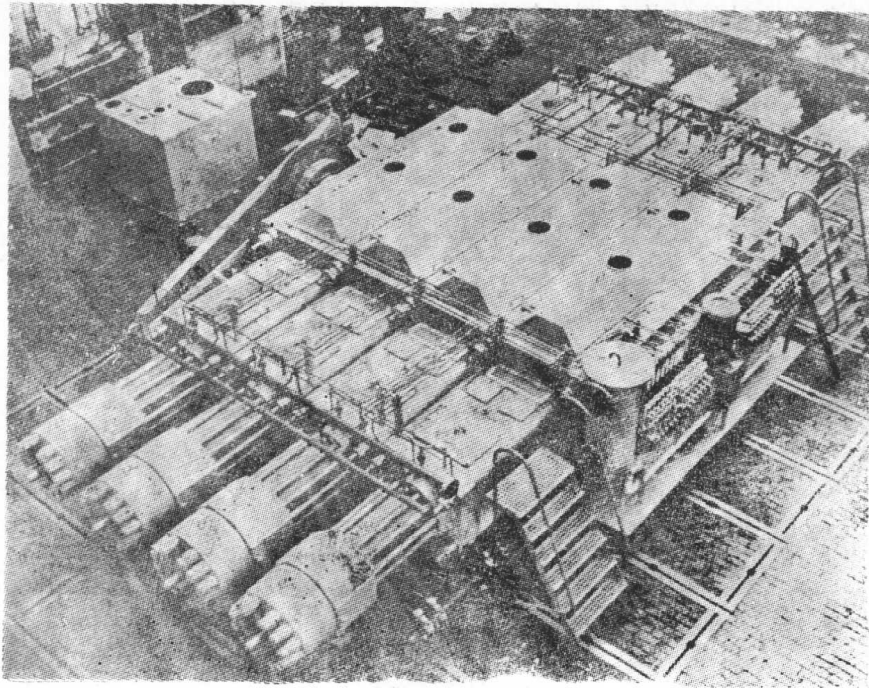


图 1-5 八列对置型
超高压压缩机

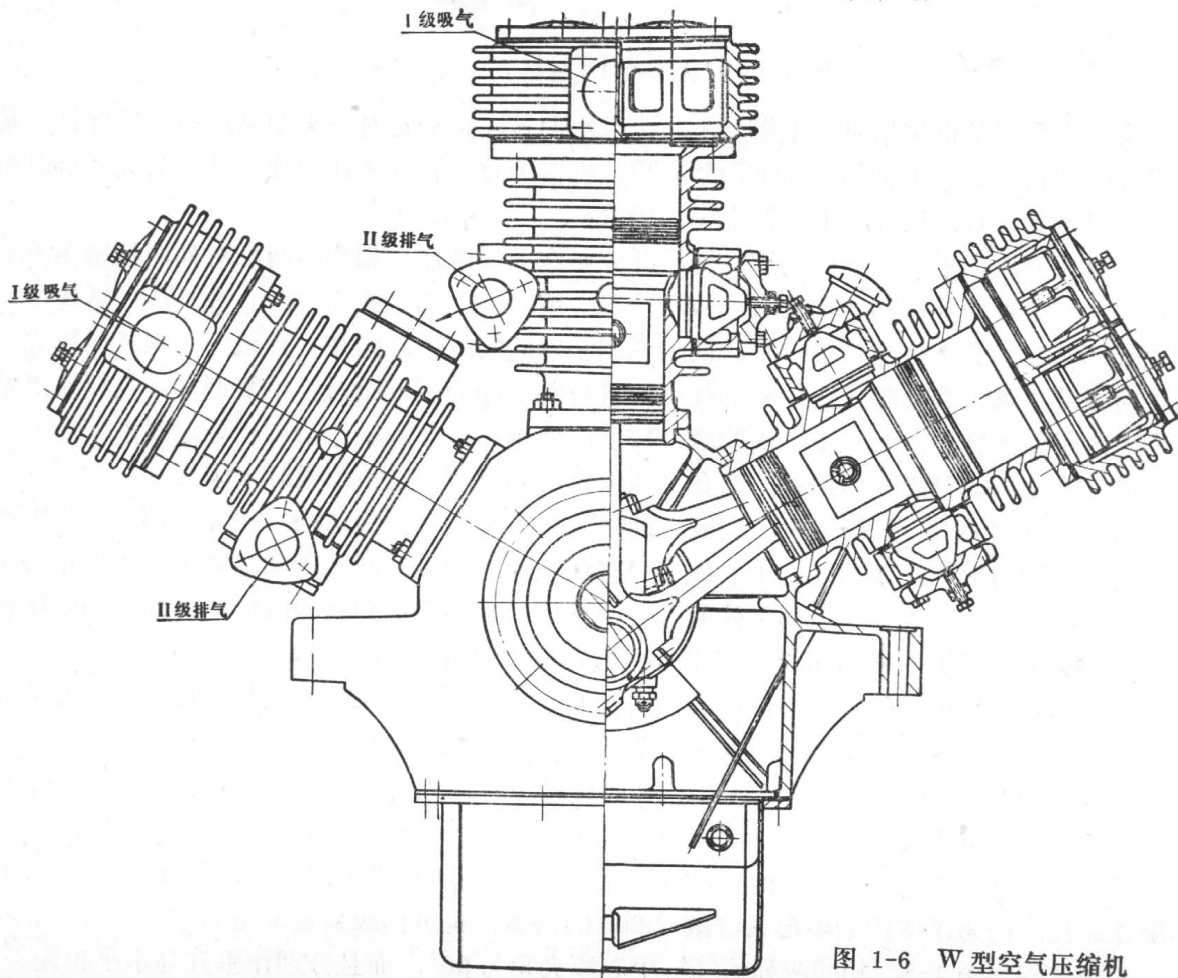


图 1-6 W 型空气压缩机