

透平压缩机及
管线压气站
译文集

沈阳鼓风机研究所主编

第一机械工业部技术情报所

目 录

1	乙烯生产装置的离心压缩机····· (意) G·兰奴兹 M·基奥凡尼尼	(1)
2	离心压缩机达到的尿素合成压力····· (意) P·L·法拉拉	(10)
3	生产聚乙烯用超高压离心压缩机 ····· (意) C·芬西格拉	(20)
4	北海艾柯菲斯克油田的回注天然气压缩机 ·····	(27)
5	超高压离心式充气压缩机试验 ·····	(30)
6	炼油重整循环气压缩机····· (日) 谷岛昶	(32)
7	如何防止透平机械推力轴承的损坏 ····· (美) C·杰克逊	(41)
8	润滑、轴封和调节的专用油系统——美国石油学会标准第 614 号·····	(48)
一	概论 ·····	(48)
二	基本设计 ·····	(50)
三	调节与仪表装置 ·····	(58)
四	检查及试验 ·····	(59)
五	运输准备与程序 ·····	(61)
六	所需图纸及资料 ·····	(61)
七	建议 ·····	(63)
	附录 A——系统组件和整个系统的典型示意图 ·····	(63)
9	一般炼厂用离心压缩机——美国石油学会标准第 617 号 ·····	(81)
一	概论 ·····	(81)
二	基本设计 ·····	(83)
三	构造材料 ·····	(91)
四	润滑油和密封油系统 ·····	(92)
五	控制与仪表 ·····	(93)
六	检查 ·····	(94)
七	试验 ·····	(94)
八	装运的准备 ·····	(96)
九	合同资料 ·····	(96)
十	建议 ·····	(98)
	附录 A: 压缩机制造厂典型数据表 ·····	(100)
	附录 B: 主要零部件材料规格 ·····	(101)
10	通过试验减少齿轮故障 ····· (美) E·E 锡伯莱	(102)
11	齿轮可靠性所要求的内容 ····· (美) J·C 法勒	(109)
12	高速齿轮的故障——用户经验····· (美) R·M 杜伯纳	(111)
13	振动与齿轮质量的关系····· (美) R·M 杜伯纳	(113)
14	齿轮装置的噪音测定方法——日本工业标准 B 1753 ·····	(114)
15	高速齿轮的润滑特性····· (日) 缓洁勇	(124)
16	美国齿轮制造协会对车间试验和卖方所需数据的意见····· (美) F·A·托马	(135)

II

- 17 离心鼓风机叶轮的设计参数和性能的关系……………(日) 洼田直和、赤津晓(141)
- 18 出口角 β_{12} 对离心压缩机级效率的影响……………(苏) C·A阿尼西莫夫(145)
- 19 在单级轴流式压缩机中确定压力损失的理论和实验
……………(美) Y·拉伯特 J·波朗 P·贝莱伊格(152)
- 20 罗茨鼓风机体系性能的特点……………(英) B·N库勤、JF格罗弗、BW爱姆斯(161)
- 21 离心压缩机叶轮的焊接……………(美) J·H马西尼(175)
- 22 最近离心压缩机叶轮的制造方法……………(日) 鼓风机制造部(186)
- 23 高压离心压缩机叶轮的电腐蚀加工……………(意) E·卡迪(194)
- 24 用火“花爆破焊”焊接离心压缩机叶轮……………(199)
- 25 输气用管线燃气轮机驱动的离心压缩机……………(意) L·桑哥凡尼(200)
- 26 气体工业中离心压缩机的应用……………(美) G·E瓦尔克(206)
- 27 普林塞斯加压站的 35000 马力燃气轮机-离心压缩机组……………(美) D·A·怀特(217)
- 28 意大利新比隆天然气管线离心压缩机的技术说明……………(220)
- 29 美国德拉瓦天然气管线透平压缩机的选用……………(228)
- 30 美国诺宾威压气站……………(245)
- 31 美国埃及压气站……………(248)
- 32 美国文登压气站……………(250)
- 33 美国金德压气站……………(253)
- 34 美国斯坦登压气站……………(256)
- 35 世界特大型输气管线离心压缩机……………(259)
- 36 电子综合控制在燃气轮机-压缩机上的应用……………(261)
- 37 最近的流体机械——关于空气机械的大型化、高压化……………(264)
- 38 通风机、压缩机最近发展动向……………(269)

乙烯生产装置中的离心压缩机

(意) G·兰奴兹 M·基奥凡尼尼

新的工业过程及离心压缩机的使用推进了更大型和更大容量装置的发展。

高速发展乙烯的工业生产是第二次世界大战时在美国开始的，当时主要是由于生产合成橡胶的苯乙烯的需要，随后几年由于聚乙烯工业相应地发展，使得乙烯的生产更进了一步。

在欧洲工业生产规模的乙烯生产始于五十年代初，然后一直不断地发展，在一很短的时间生产总水平已和美国接近。

日本的发展更为迅速，从五十年代中期几乎什么生产乙烯基础都没有的情况下开始的，到目前乙烯的生产已列入生产乙烯的各国的前茅。

表1表示1957、1964和1970年中几个国家生产乙烯的情况(这些数值仅为估算，搞不到肯定的资料)

表1 世界各国乙烯生产

	1957		1964		1970	
	吨	%	吨	%	吨	%
美 国	1.80×10^6	79.3	3.90×10^6	62	5.50×10^6	50.0
日 本	—	—	0.50×10^6	8	1.80×10^6	16.4
西 德	0.10×10^6	4.4	1.90×10^6 30		1.40×10^6	12.7
英 国	0.25×10^6	11.0			1.00×10^6	9.1
意 大 利	0.09×10^6	4.0			0.70×10^6	6.4
法 国	0.03×10^6	1.3			0.60×10^6	5.4
总 计	2.27×10^6		6.30×10^6		11.00×10^6	

本表的数据是从各种油、气、炼油厂等杂志上的文章里摘取的。

乙烯的生产过程——原料

乙烯的工业生产主要有二种方法：

从炼油废气回收；

饱和碳氢化合物的蒸汽裂解；它包括的范围很广，由乙烷到重脑油以至柴油。

炼油废气是极好的原料，即可从中回收相当多的乙烷和丙烷，而就乙烷和丙烷本身来说也是用蒸汽裂解法生产乙烯的很好原料。

使用炼油废气与石油工业的生产计划及生产流程密切相关，因此主要地是在炼油工厂高度集中的区域内发展，例如在美国。这里，特别要指出的是，对于汽油的巨大需要已使得用直馏石脑油作裂解物变得很不经济。

相反地在欧洲乙烯的生产主要建立在蒸汽裂解流程的基础上，使用液体原料（轻、中、

重的直馏石脑油)。

总的说来,使用直馏石脑油作裂解质由于它较低廉的竞争性的价格并能回收有用的付产品,如丙烯及芳香族化合物而表明其可取性。

生产乙烯有很多工业方法。这些在各式各样的生产步骤上或他们各自步骤本身的次序上,都因采用不同工艺而相互有别。相异之处在于或多或少的热量回收和提高各种产品及付产品的纯度。

尽管如此,乙烯装置实际上可减至一基本形式,包括如下部分:裂解、浸出、制冷、初级分馏、压缩、低温分馏、冷冻循环。

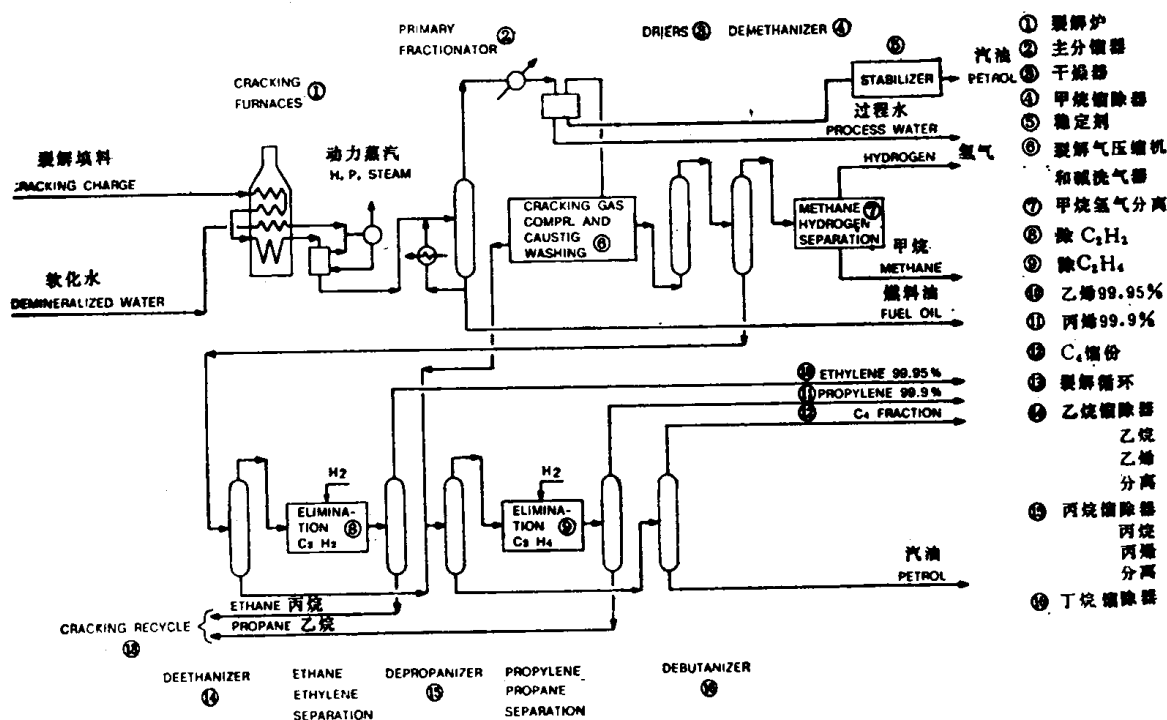


图1-1 乙烯生产装置的工艺流程图

乙烯装置的概述

图1表示一个典型的采用蒸汽裂解法的乙烯生产装置流程图,简图中可以看出流程的几个主要步骤。

进料在管式炉内裂解,在炉里应有适宜的时间和进行加热。

在予热和蒸发阶段是在炉子的对流部分进行,进料按预定比例用蒸汽冲淡。当温度达到或超过860°C后,流出物即迅速冷却,温度分两个阶段降低到160°~200°C。

第一阶段,通常间接地在热交换器中实现,在热交换器中回热用来产生高压蒸汽(80公斤/厘米²或更高)。相反在第二阶段则是采用直接喷射浸出油的方法。

流出油的混合物送去进行初级分馏,从中得出:

裂化时所得的较重分馏物组份用作燃料油;

一部分冷凝的碳氢化合物,此物经稳定成为部分粗石油产品;

在现代乙烯装置中,由冷凝冲淡蒸汽获得的水,经适当的处理再用于冲淡蒸汽的生产;原料气或裂解气是由各种成分组成,从氢、甲烷、乙烯等直到戊烷和重组份。

浸出油被分离、冷却,重新用于冷却炉体流出液;回收的热一般用于生产低压蒸汽。



图1-2 裂解气离心压缩机

处理裂解气体的下一阶段包括：

压缩；

清除杂质 (H_2S 、 CO_2 、 H_2O 、 C_2H_2)；

低温分馏。

气体通常用带中间冷却器的多级压缩机压缩到33~42公斤/厘米²。

在中间级——通常在第三和第四压缩级之间，气体被输去用碱液洗去酸性气体 (H_2S 和 CO_2)，而水一般是在最末-压缩级的下游由“固体干燥床”（活性氧化铝或分子筛）吸收。在有些情况下，在甘醇吸收装置内予先进行预干燥。

压缩气体输到低温分馏区间，在这里各类产品按特定的纯度分离。

首先进行脱乙烷处理，由此可获得甲烷或氢气。在大多数装置中又进一步分离以获得纯度高于75~80%的氢气和纯度在90~95%的甲烷，作为燃料气。

剩下的气体送至脱乙烷塔并在经乙烯、乙烷分离前，将轻馏份送去催化加氢以除乙炔。

生产出来高纯度的乙烯(99.9%)；回收很纯的乙烷再去循环裂解。

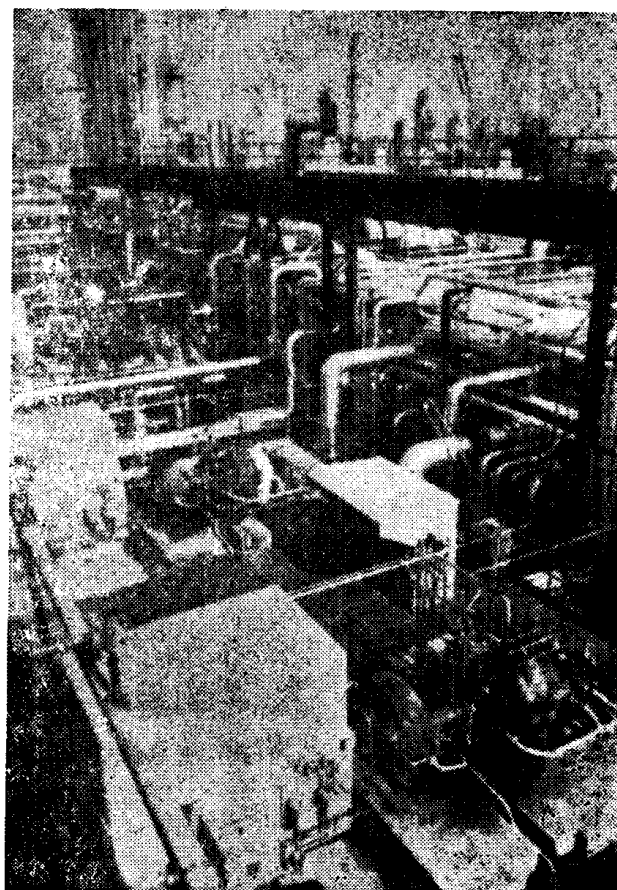


图1-3 在一乙烯工厂制冷循环中的
乙烯和丙烯压缩机

乙烷馏除塔的重馏份输至丙烷和丁烷馏除塔，从中可得：

~C₃馏份，富含丙烯；

~C₄馏份，富含丁二烯；

富含芳香族的较重馏份和初级分馏物一起形成粗裂化汽油。

在很多乙烯装置中，特别是在最近丙烷、丙烯的分离是在催化加氢除去乙炔合成物之后进行的。这样便可获得高纯度的丙烯，而富含丙烷的余物再去循环裂解。

低温冷冻所需之冷冻设备是专门的冷冻循环。通常使用二个阶式蒸发器，用丙烯和乙烯作冷却介质来循环。

低温分馏工艺的发展，使得甲烷馏除器前部膨胀法能获取比在乙烯循环中得到的温度还要低的温度，进而就可能除去用在最近装置中的第三甲烷冷冻循环。

乙烯装置中的压缩机

乙烯生产的巨大增长伴随着以此为基础的工艺技术的同样巨大的发展。这种发展最值得一提是装置的规模。乙烯装置的平均能力50年代不足70,000吨/年，60年代初增至100,000吨/年，在1965~1966年代增至150,000吨/年。

目前平均能力已进一步增加，能力450,000吨/年的装置已经投产。然而增长的趋势仍未停止，实际上600,000吨/年的乙烯装置已在设计阶段。大型装置使得投资及单位产品费用的减少即证明这种趋势。由于乙烯装置的复杂性，很多因素影响到向大型发展的趋势。这些最重要的因素之一就是离心压缩机的使用。离心压缩机的使用最初只限于致冷循环，但在60年代初已趋于裂解气体。离心压缩机的使用产生很多优越性，主要的是减少投资及运行和维护费用。这是由于与往复式机器比，其构造和操作都简单，还有一可观的优点是占地少。

在前十年中，离心压缩机技术的巨大进展已有可能使用了。今天正在生产的离心压缩机具有20,000千瓦和更大的功率，允许用于各种需要的单台机器，也用于500,000吨/年或更大的装置。由于这种可能性而得出的优越性是很明显的，虽然因特殊操作的需要，或更

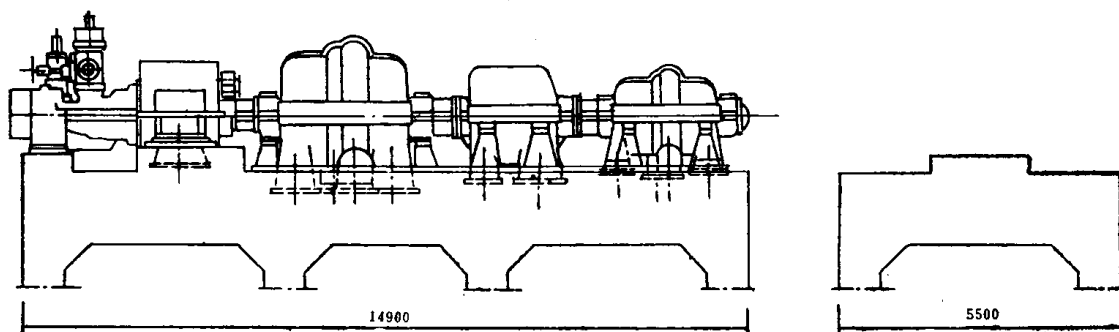


图1-4 直联单速驱动、年产250,000吨的裂解气压缩机机组外形图

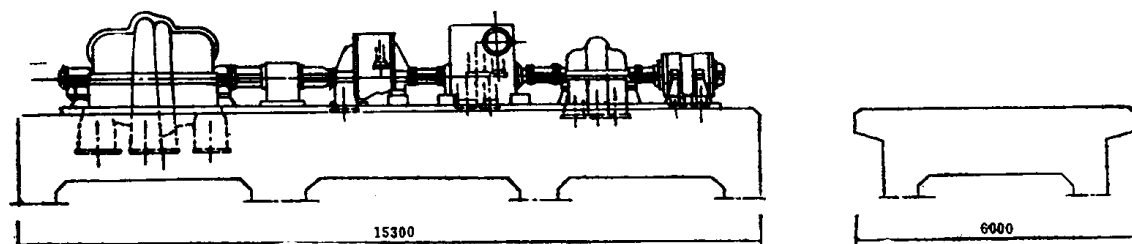


图1-5 带减速齿轮箱双速驱动、年产120,000吨的裂解气压缩机机组外形图

大的装置适应性的需要，这些优越性总未加以探讨，但是它比安置两条平行压缩机线，每条完成50~60%的总容量要更合适些。

突出地生产大容量机器是为了大大减少单位乙烯产品所需要的动力。

生产高度浓缩乙烯气，目前由于使用现代重型裂解工艺而得以实现。这些工艺使压缩裂解气体所需功率减少三分之一还多。同时，完善的具有较高冷冻回收率的低温分馏工艺也可以使冷冻所需动力大大减少。机器容量的增大使其效率提高，因此须对装置动力作更进一步探讨。

用于乙烯装置的离心压缩机主要特点：

装置中压缩机包括：

裂解气压缩机(图 1-2)；

乙烯冷冻压缩机(图 1-3)；

丙烯冷冻压缩机(图 1-3)。

裂解气压缩机

压缩级数(4~5)的增加和继之引起的温度限制已几乎消除了聚合物沉淀引起的问题，目前，仅有少数装置要往压缩机里注油来防止形成聚合物沉淀。当需注油时往往只在每台机器各级的进口管线里注油就行了。然而压缩机仍常需在每一缸安装洗油喷射器。为正常运转的清洁起见，可采用拔出型洗油喷射器。当实施注油时，单独一级一般不超过总油量的20%，剩下的80%要注到进气管线里。最简单和实用的系统，是在叶片区前的扩压器中设有一个注油处。每个叶轮一个注射器就够。通常在每一压缩级内装一泄油系统。

机器仔细的机械设计还仍是防止可能沉淀的最有效手段。这些机器在机械性能上应比由于别处的同类机器更可靠些。转子设计得具有足够的刚性，以使能引起任何不平衡振动的振幅减至最低。每缸叶轮数总低于打算在较好的工况条件下使用的机器叶轮数目(可能的液体雾沫不应忽视)。

速度界限足够保证常由转子和定子部件上污物而引起的性能下降。设计还提供了向喘振方向足以能增加压头的性能曲线，以避免因装置工况内的小变动而出现大的压缩机容量的减少。为了达到增加这些压缩机运转适应性的目的，每个叶轮前装有进口可调导叶。

压缩机通常由带有五个压缩级的三个缸组成。图 1-4 和图 1-5 表示两种装置的布置：

a) 所有缸同速运转；

b) 首缸通过一中间齿轮箱在低速下运转。

两个速度系统通常用费低廉，动力消耗也少(4~5%)，但也有引进别的机构元件的不利之处。

裂解气压缩机的末缸可以是筒型或水平中分型式(近来输出压力提高到42个绝对大气压)。从密封的观点看，筒型是可靠的，而其它型式更便宜些，更易维护。然而应记住从例行检查和维护的角度来讲，这两个系统是一样的，因为轴承和油封可以不必拆开机壳就能卸下来。在一般维护中，从筒型压缩机中抽出隔板并非十分困难，只要把端盖的螺栓拧开就行了。

裂解流程的现代工艺许用含有高 H_2S 和 CO_2 的原料。这些东西通常是经局部压缩后在塔内用碱洗再继之水洗排除的。这就影响到了裂解气压缩机设计。转子材质可受到硫化氢裂解，应力腐蚀现象以至少量 H_2S 和 CO_2 的影响。因此材质的选择和适当的热处理是必要

的, 以使屈服点保持在 65公斤/毫米^2 以下(Hd240)。与此直接相关的是降低叶轮的圆周速度。出于这个原因需要仔细制造产生高压头的叶轮(图1-6)。

首级压缩级, 可用开式叶轮达到较高的周速。在这些使用中, 因相同周速下应力较低, 故用焊接轮比用铆接轮广泛, 这种叶轮也有较高的机械性能和抗腐蚀能力。

为减少压缩机组的费用, 也为减少对工艺流程的危害应采用专门防护。例如, 当首级压缩的气体仍很脏并具有腐蚀时, 这种气体应防止与密封油和密封环接触。这是由从末级提取清洁气体以封住首缸的端面来完成的, 这样避免了油在气体侧污染的危险。另外密封环上的沉淀物会对环材质本身产生化学作用, 如不采用一些方法进行防止, 整个系统会受到威胁, 压缩机不得不停止转动。

现今密封环的制造技术已达到高度完美的程度, 甚至在极严峻的条件下密封系统都能正常工作。

每缸各级的连接均须考虑防止各级排出脏气的通过。均应在塔内清洗后才得进入下一级的进口。实际上, 组成两压缩级的各缸气体都相对流动, 这样首级排气口就可以不与第二级进口相邻。

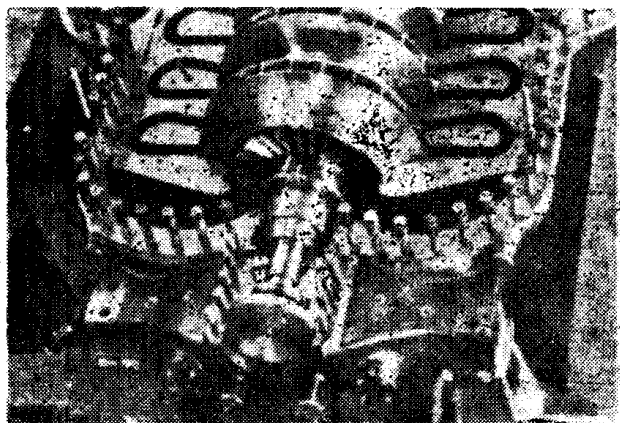


图1-6 裂解气压缩机上的三元叶轮

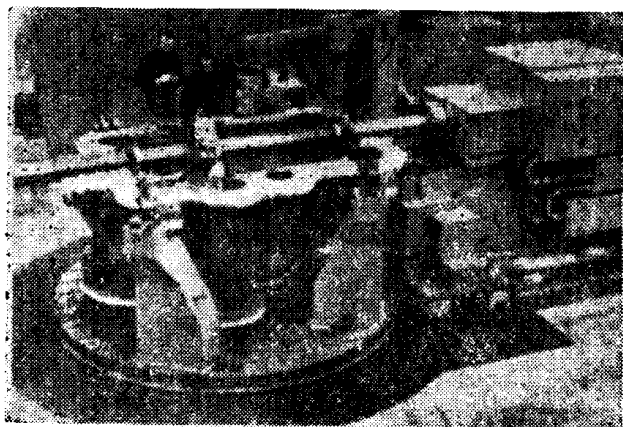


图1-7 加工一冷冻循环压缩机机壳

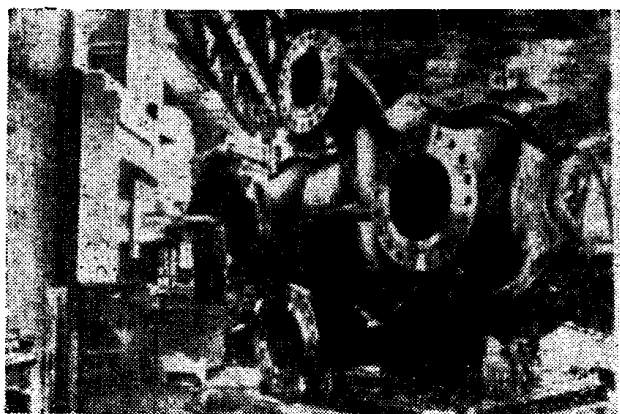


图1-8 镗一裂解气压缩机机壳的孔

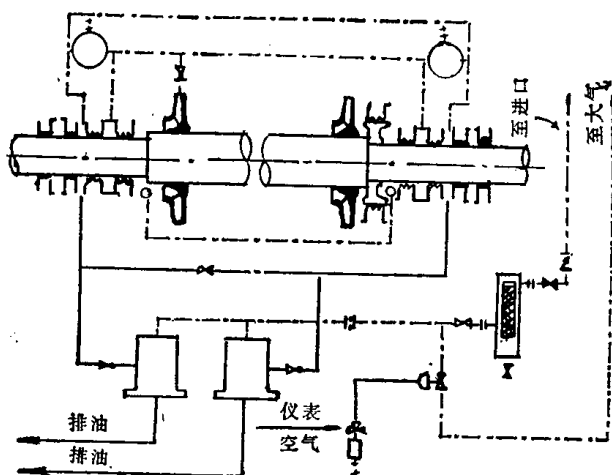


图1-9 自动油槽顶部废气排送至进口的回收图

制冷压缩机

用在乙烯装置的制冷压缩机与用在别处的全然相同。与低温、材质选择、润滑和油封形

式等相关的问题早已得到解决。目前的问题是乙烯装置的巨大发展相联系的，也就是用于大容量装置的压缩机尺寸问题。

制冷压缩机叶轮在进口处还有高马赫数的问题。叶轮大小要根据以气流三元分析为基础的系列而决定，这种气流可采用蜗形选择，选择后蜗形的相对速度减至最小程度。同时对流道的研究允许不正常的局部值忽略不计。

制冷压缩机可安装控制每个吸气口流量的可调进气导叶。在每个叶轮前安装可以互相调换的固定导叶。这些设计特别适用于由电机驱动的压缩机，以确保良好的运行适应性。为防止危及设备运行的低温，要用来自出口处的干空气或热气体使转动件受热。

在制冷压缩机中特别要紧的是别让密封油污染压缩气而逐渐弄脏制冷剂。如果不惜代价在闭式丙烯压缩机中避免以上事情，其重要性不比具有开式乙烯压缩机的装置差，因为油雾可影响产品的质量。

防止这种事情发生，气体走向要与以每秒几厘米速度流动的密封油的方向相反。气体是由自动油槽从顶部供给的(图1-9)。废气在过滤器组入口处经过滤回收。在紧急停车时气体不能通入进口处，而由与解扣信号连接的三通螺线管阀门排入大气。

由于到压缩机各端密封的气流少了，警报信号设施觉察到有小的压力损失就发出警报。

润滑油和密封油装置

用于裂解和制冷气体的密封油系统都能与润滑油路分开或从润滑油路得到油。不管在油封系统的设计和操作上有多么大的进展——当然此系统不会成为使投资成倍增加的理由——目前，大多数装置的密封系统仍与润滑系统分开。

从密封系统进油的润滑装置(图1-10)由下列预先装配好的、有管路相互联接的部分组成：

润滑油操纵装置；

高位密封油系(每缸一个)；

自动密封油槽组(每缸一个)；

酸性密封油再生装置。

润滑油操纵装置包括：

主油箱；

使与水 and 别种液体、固体分开的离心式油过滤器，此过滤器要有在一天内处理完主油箱容量那么多油的能力；

两个泵，一个作备用，一个用蒸汽透平驱动，另一个要用一台电动机驱动；

两个冷却器，一个备用；

两个油过滤器，要25 μ 过滤级的，其中一个备用；

一个压力控制阀，此控制阀能在密封油管内保持足够的压力(这个压力必须明显地高于任何透平控制所需压力)和能在任何条件下保证密封并自动地把多余的油送回油箱。

在透平控制处的支管内下游保持稳压的压力控制阀。

在通向机器轴承的油支管下游保持稳压的压力控制。

密封油的双滤油器，过滤级5 μ 。

高位控制系包括：

一高位油箱；

一个或多个水压蓄力器，根据保持时间而定，水压蓄力器的隔板使与有关气体接触的油和循环的油分开；

带调节器的节流阀，保持高位油箱内稳定油位。

自动排泄由二个油槽组成，每个密封端一个，但又互为备用。

从气体侧经过密封体的油流入油槽，而油槽必须降低到大气压力。

由于接触气体而被污染的油被输进再生系统，恢复其主要特性之后再回到主油箱。

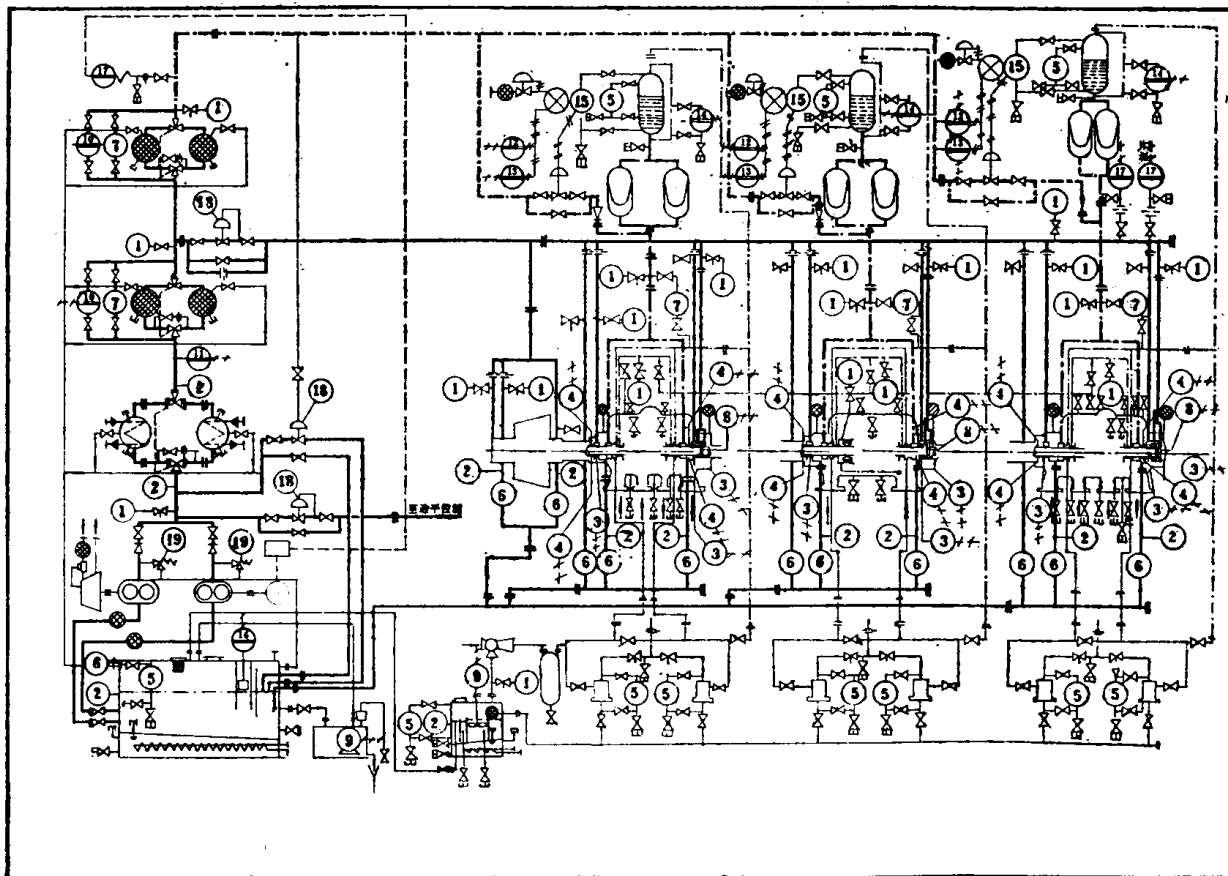


图1-10 密封油和润滑油结合的油路图

1—压力指示 2—温度指示 3—热电偶 4—振动探针 5—油位表 6—流量计
7—差压指示 8—轴向位移探针 9—流量调节节点 10—高差压警报 11—高温
警报 12—高压警报 13—低位警报 14—低位关车 15—油位控制 16—油位
警报 17—压力警报 18—压力控制阀 19—压力安全阀

持续循环再生系统，主要是由一个油能被处理得了的那样大容积的油箱而组成。油加热到 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 左右；氮通到一个旋管被弄走，并借助一个提供一定真空度的注射器促进气和油的分离。

在结束时应提一提用于机器紧急停车的压缩装置安全设施。

如出现如下情况必须采取安全措施：

- 1) 低润滑油压；
- 2) 高位油箱的低密封油位；
- 3) 透平超速；
- 4) 低透平控制油压。

图1-11 机壳加工台

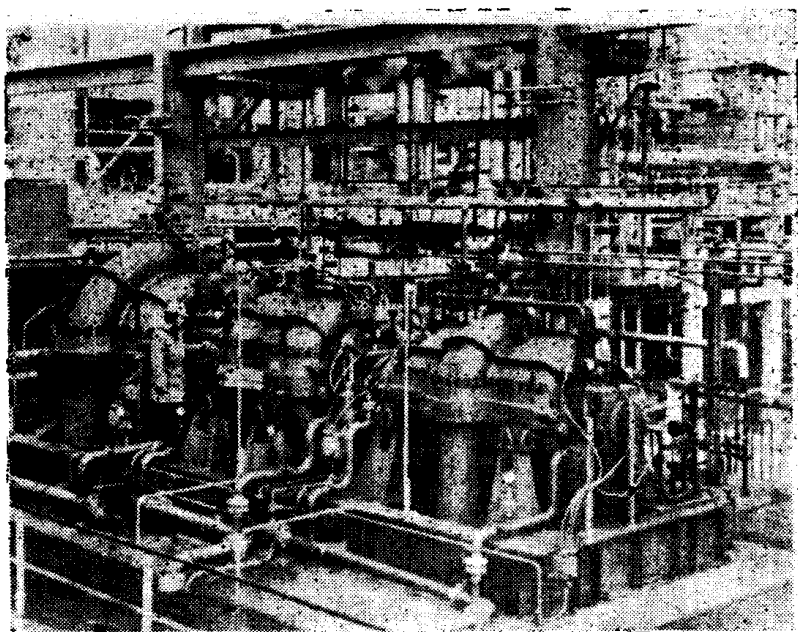
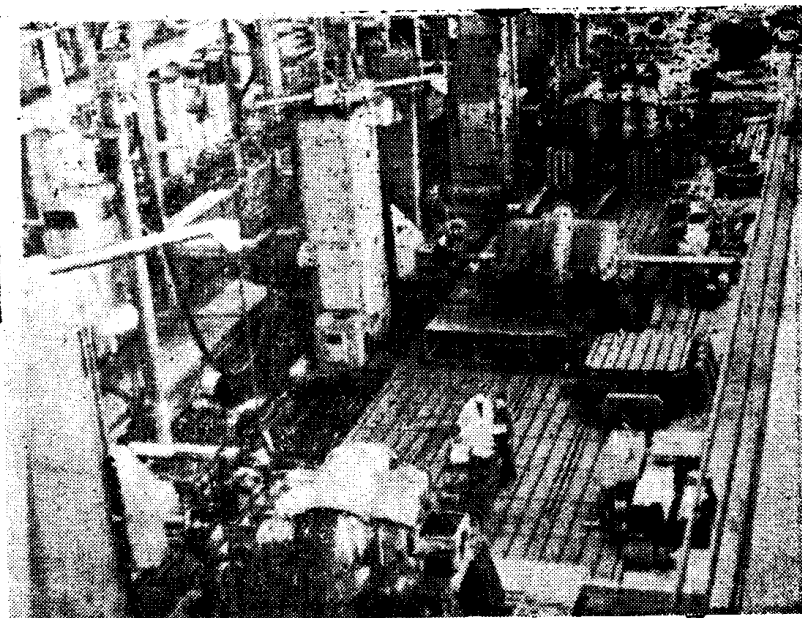


图1-12 日产500,000吨装置的两条压缩机线之一的裂解气压缩机

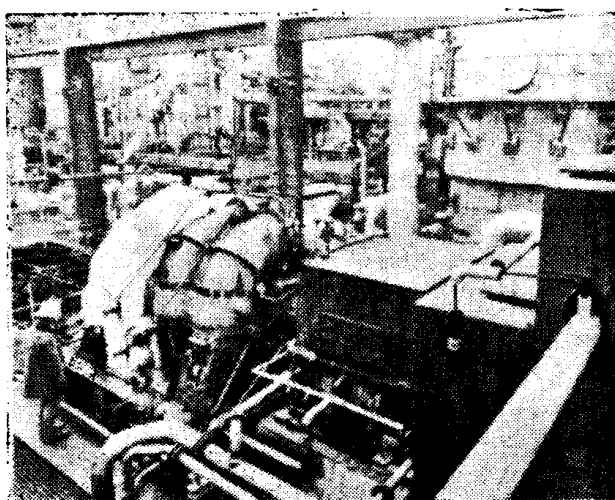


图1-13 丙烯压缩机

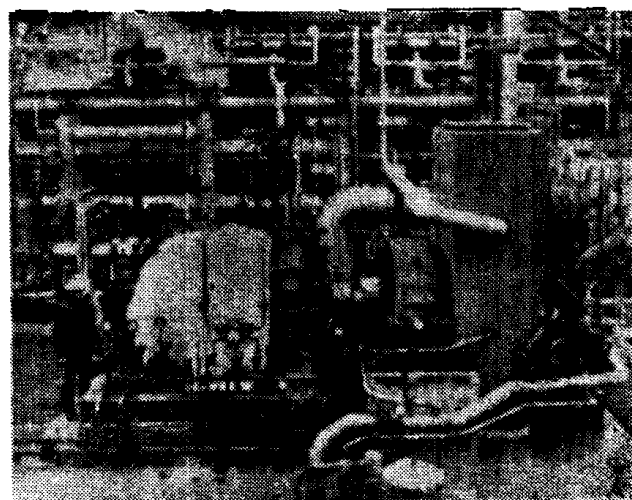


图1-14 乙烯压缩机

——译自 意大利《新比隆厂报》17
沈阳鼓风机研究所 刘德福译 郑学仁校

离心压缩机达到的尿素合成压力

(意) P·L·法拉拉

随着装置容量的不断增加和离心压缩机较宽工况范围的迅速发展,使得离心压缩机的应用领域逐渐扩大。

不多年前,离心压缩机已被运用到氨的合成装置中,之后又用在甲醇的合成装置中。

现在,由于现代技术的发展,离心压缩机的容积流量可以达到很小,以至于可以取代压缩 CO_2 气体的往复压缩机,用它能将 CO_2 气体一直压缩到尿素合成压力^①。

完全使用离心压缩机的日产 900 吨的尿素合成装置,明年将在意大利投产。安装在南美洲的日产 750 吨的尿素合成装置,已投入生产。使用离心压缩机最感兴趣之处是由于其固有的简单性、投资少和维护费用低。

此外,使用蒸汽透平直接驱动还可以完全使用回收蒸汽的热量。

一、尿素合成装置离心压缩机的主要特征

尿素的合成压力通常需要用两缸或三缸压缩机进行 4 段或 5 段的压缩来达到,而在两种不同的转速下运转。

低压压缩机包括一、二两段(见图 1),采用外部中间冷却器。压缩机采用水平剖分的结构型式,两段为背靠背布置。

根据装置的大小,其转速可在 8,000~10,000 转/分范围内变化,可用冷凝式或背压式的蒸汽透平来驱动,由现场供给蒸汽的条件来决定。

高压压缩机是由一个或两个缸组成,均采用垂直剖分面的结构型式(见图 2)。三、四两段通常是背靠背布置(见图 3)。根据装置的大小和合成压力,其转速可在 13,000~25,000 转/分范围内变化。高压压缩机可以通过低压压缩机轴端连接的增速机来驱动,或者由蒸汽透

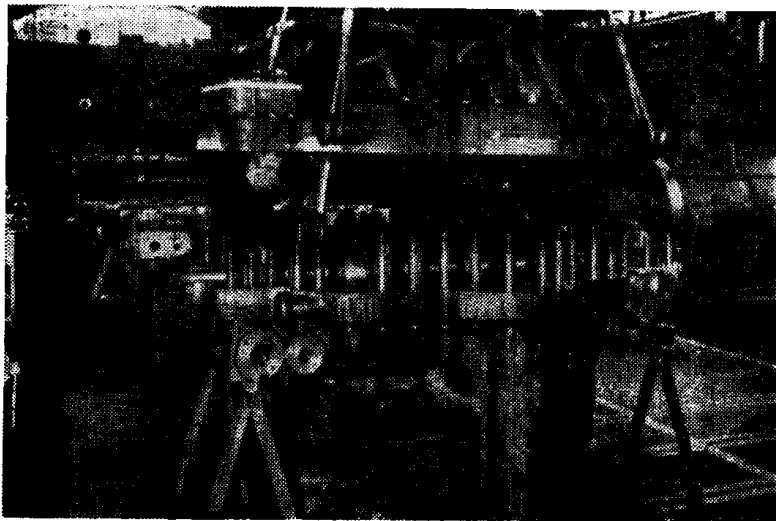


图2-1 正在装配中的 2MCL607 压缩机

^① 离心压缩机最初使用在尿素合成装置中仅限于第一段,后面各段都用往复压缩机。

平直接驱动。为此，已发展和试制了专用的高速背压式蒸汽透平。

这些压缩机的主要特征是不管容积流量多小，都有较高的压缩效率。这样就要求有很小尺寸的、经过高精度加工的狭窄气道的叶轮(见图4)。只有用电腐蚀加工技术才能制造出这种叶轮。

电极都是按照气体流道的几何形状精心制造而成的，表面都经过抛光。此外，叶轮是由一整体锻件加工制成的。较之于其它形式的叶轮有最好的机械性能。

小直径叶轮要求比普通叶轮高的转速，特别是在低流量、高压力的尿素合成装置中，即使在 CO_2 气体的热力学特性所要求的叶轮圆周速度很低的情况下也是如此。

机组有良好的机械性能，是由于将轴衬的支架与端盖设计为一整体，轴采用节鞭式的结构(即轴上某些部分为流道的壁面)。上述两个特征保证了转子的平稳运行。

因为二氧化碳是一种不贵重、无毒的气体。所以机组的轴端密封只是由几组简单的拉别林密封组成(见图5)，与级间的密封型式一样。由于从拉别林密封另一端泄漏出的二氧化碳气体都通过管道送回第一级，因此从机组里漏出的总气量是有限的。



图2-2 BCL205/a 离心压缩机在工况条件下正在进行运转试验。该机器在一环路中压缩 CO_2 从70至151公斤/厘米²(绝对)，将安
装日产900吨尿素装置中

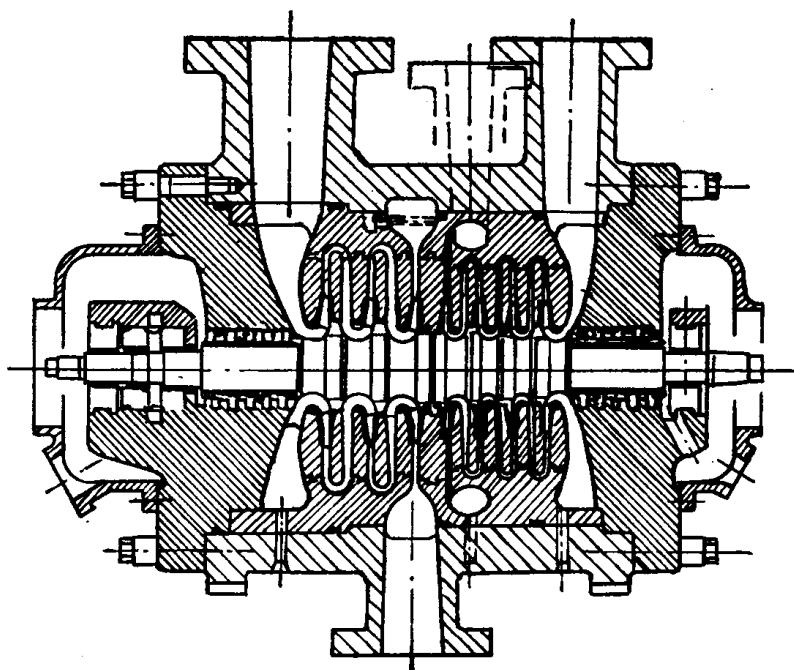


图2-3 第三、四段的 2BCL 压缩机

材料的选择，在这类结构型式的压缩机中是非常重要的。不能将往复压缩机中的使用材料的经验搬到离心压缩机来，在往复压缩机中有油膜保护零件表面，而离心压缩机中，都直接暴露在潮湿的二氧化碳气体中，有时气体中还含有硫化物。因此，凡与气体接触的所有

零件均要求使用特殊的材料，以免腐蚀。



图2-4 正在抛光的小尺寸135毫米叶轮

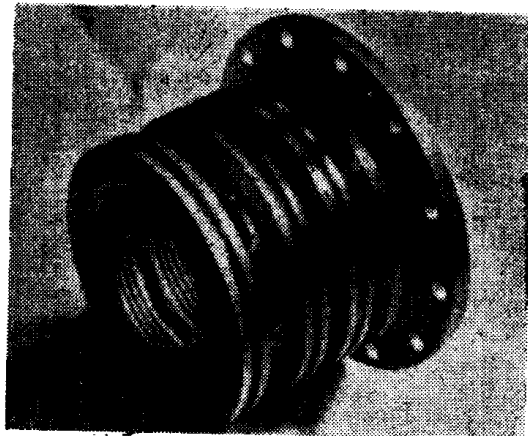


图2-5 轴端的拉别林密封

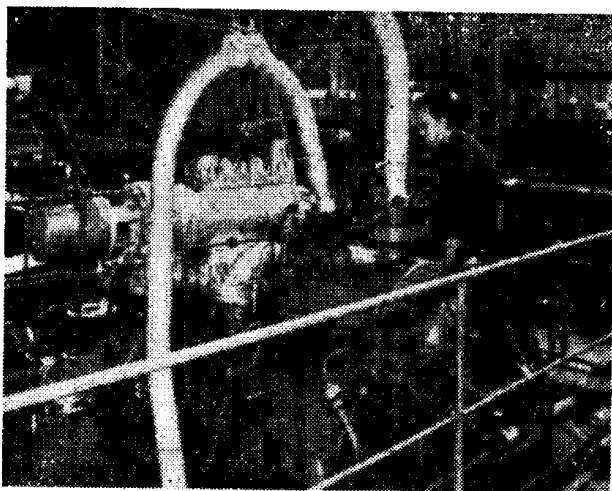


图2-6 正在试验台上进行试验的BCL156/b压缩机

高压压缩机的试验

在两种不同的压缩机上进行了一系列长时间运转试验，其一是安装于日产 900 吨机组的高压缸 BCL205 型，尿素的合成压力为 151 大气压（绝对）；其二是用于日产 400~1200 吨机组的高压缸 BCL 156 型，尿素合成压力为 151~351 大气压（绝对）。

BCL156 型压缩机采用转速为 25,000 转/分的背压式蒸汽透平驱动（见图 6）。

BCL205 型压缩机试验转速一直达到 17,000 转/分，而 BCL156 型试到 28,000 转/分。两机的试验证明，在所有的转速范围内，机组具有良好的机械性能，从图 7 和图 8 上可看出机组的轴和机壳振动的振幅曲线。

用 CO_2 气体加压循环使机组在实际工作状态下进行了试验。循环试验的简图示于图 9。循环试验中用阀 V_1 来控制压力，保证达到装置中输送的压力值。为了进口压力保持常数，需要连续地补偿从密封端漏掉的气体量，其气量用阀 V_2 来控制。进口温度是由调节环路中的冷却器的冷却水量和通过同一冷却器的旁通阀 V_3 来控制。循环系统中的压缩气体和补偿漏掉的气体都由往复压缩机供给。

二氧化碳以液体状态储于罐内，需要补充二氧化碳时，须予先在预热器中气化后再输送到往复压缩机入口。

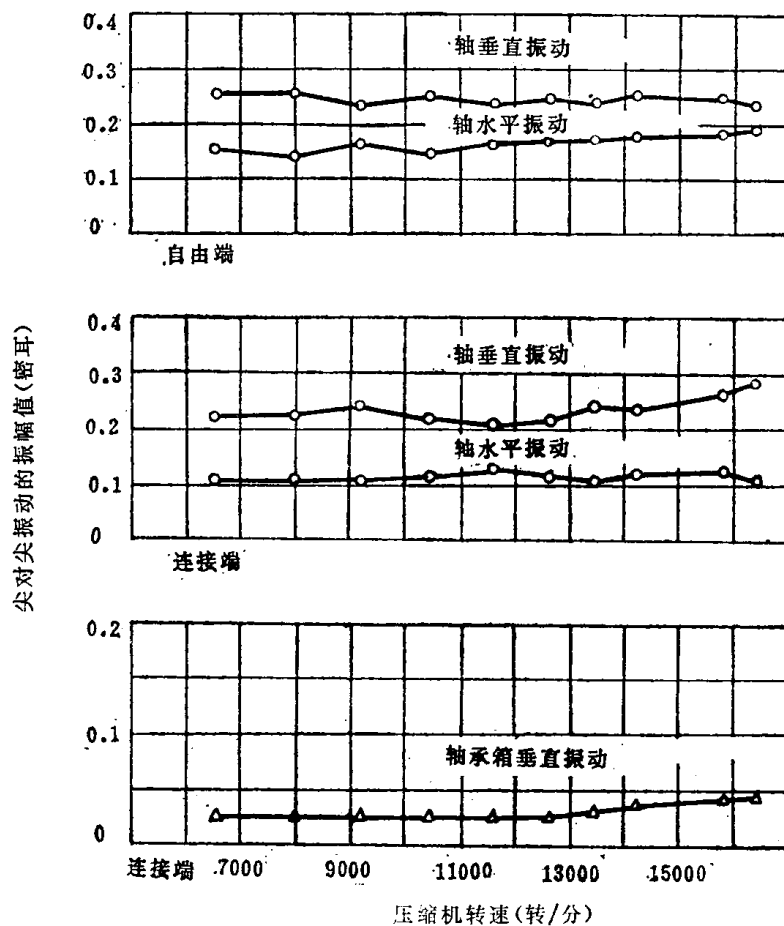


图2-7 BCL205/a压缩机的垂直和水平振动

1 密耳 = 0.001 吋

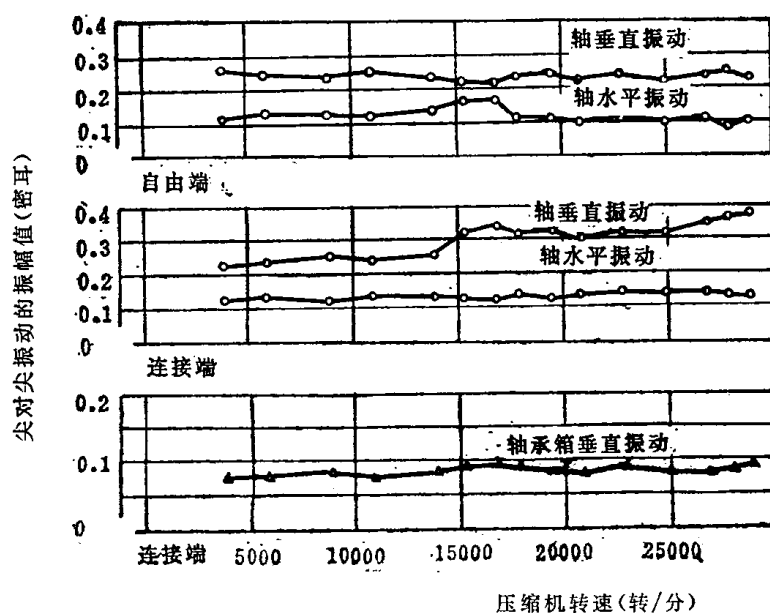
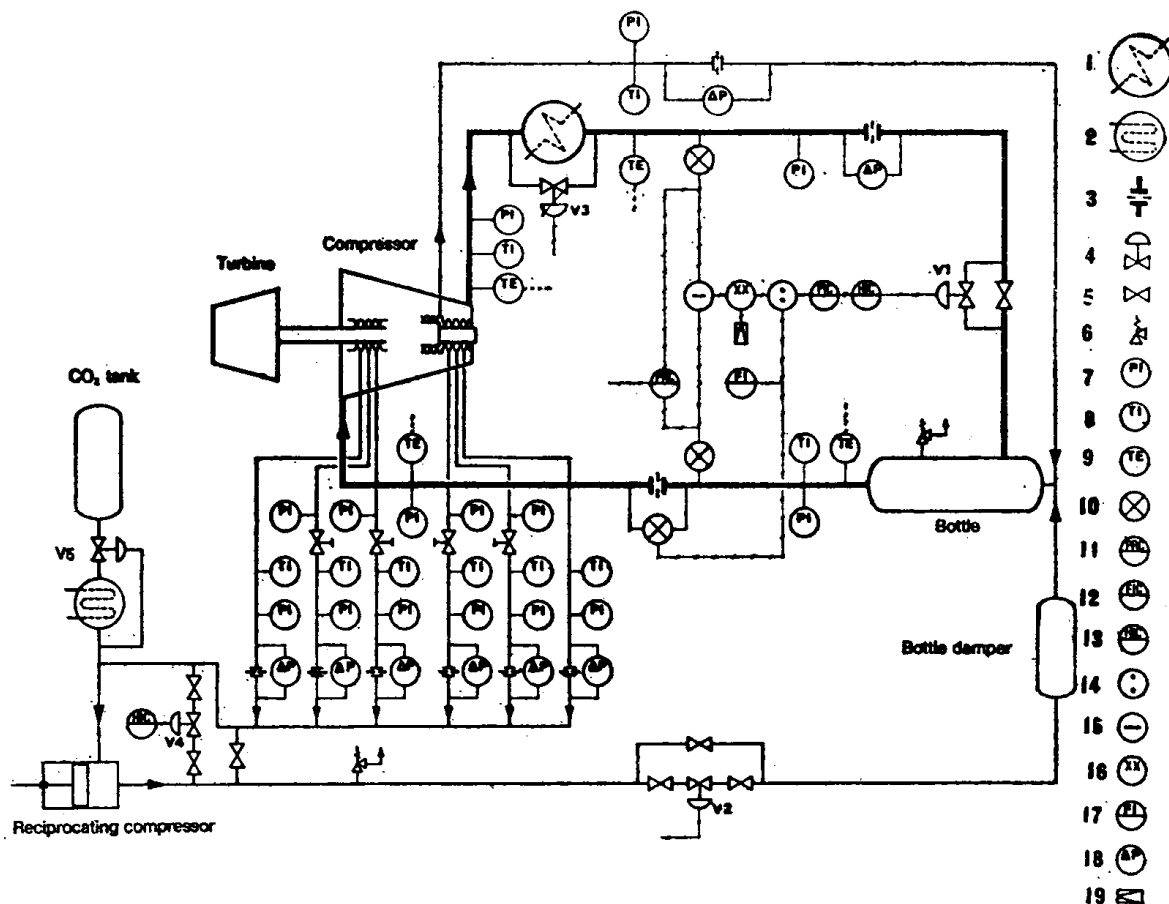


图2-8 BCL156/b压缩机的垂直和水平振动

图2-9 新压缩机的CO₂循环试验装置

- 1—冷却器 2—加热器 3—流量测定孔板 4—闸阀 5—切止阀 6—安全阀 7—压力表
8—温度计 9—热电偶 10—压差发送器 11—压力记录-控制器 12—防喘振指示-控制器
13—带或不带“自动/人工”选择的手动控制 14—比率继电器 15—微分继电器
16—信号选择器 17—流量计 18—差压计 19—减压过滤器

在带负荷运转下检验了机组的机械性能和热力性能。

在各种运行条件下和喘振状态下，测试了机组的轴向推力和相对应的垫块或推力轴衬的温度。图 2-10 示出了 BCL205 型压缩机在转速为 13,000 转/分、进口压力为 71 大气压（绝对情况下的轴衬温度和轴向推力。

根据这些压缩机使用的压力值绘出了机组的特性曲线。测定了每条特性曲线的工况范围和喘振点。

对相应于不同进口温度状态下的特性曲线也进行了测定。

因为二氧化碳在这样的压力和温度下是接近于临界点，所以要求在实际运行状态下测定机组的特性曲线；由于这种异常现象，因此，不允许采用以不同性质的气体或用不同压力和温度条件下的二氧化碳气体得到的特性曲线。

另一方面掌握压缩机单段的实际特性曲线对于设计额定压力为 130 到 350 大气压（绝对）的高压压缩机组，是极为重要的。

图 11 和 12 绘出了试验时测定的一族特性曲线。

图 2-11 表示了 BCL205 型压缩机在吸入压力为 71 大气压（绝对）、吸入温度为 50℃、转速在 12,000~14,700 转/分时的压力、功率、流量之间的关系曲线。