

国外化工机械七十年代发展水平

(透平压缩机、透平膨胀机、往复式压缩机)

上海化工学院化工机械教研组

上海科学技术情报研究所

国外化工机械七十年代发展水平
(透平压缩机、透平膨胀机、往复式压缩机)
上海化工学院化工机械教研组编

上海科学技术情报研究所出版
新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.5 字数: 210,000
1974年2月第1版 1974年2月第1次印刷
印数: 1—6,000
代号: 151634·164 定价: 1.00 元

(只限国内发行)

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下,国内外形势一片大好,工农业生产不断跃进。作为社会主义建设中的一个重要工业部门——化学工业,无论在石油炼制、化肥生产、空气分离,或者在天然气液化、高压合成、超高压聚合等方面,都在高速地发展着,新的工艺不断出现,生产效率日益提高,其中直接影响化工生产的三大机件(透平压缩机、透平膨胀机和往复式压缩机),在近年来也得到了迅速的发展。为了提供国外七十年代初期在这一方面的技术水平动向,今由本院化工机械教研组杭铮伍等同志翻译了不少资料,汇编成文,仅供参考。

对于国外的资料,应遵照毛主席关于“洋为中用”和“批判地吸收外国文化”的教导,取其精华,去其糟粕。

由于编者水平有限,且时间仓促,错误或不妥的地方希予批评指正。

上海化工学院化工机械教研组

1973年12月

目 录

绪言	(1)
一、近代高压往复式压缩机	(3)
(一) 引言	(3)
(二) 卧式和立式的高压往复式压缩机	(4)
(三) 近代工业用高压压缩机的若干实例	(6)
(四) 高压压缩机的气阀	(25)
(五) 高压压缩机的填函	(26)
(六) 新型的合成润滑油	(29)
二、近代超高压压缩机	(31)
(一) 引言	(31)
(二) 近代超高压压缩机的若干实例	(32)
(三) 近代超高压压缩机的重要组件	(42)
(1) 高压气缸	(42)
(2) 气缸头和气阀	(46)
(3) 高压下活塞和气缸间的滑动密封	(48)
(4) 活塞的驱动机构	(51)
(四) 超高压压缩机的安全问题	(55)
三、无油润滑压缩机	(58)
(一) 引言	(58)
(二) 往复式压缩机中无油润滑的部件及其制造材料的性能	(58)
(1) 活塞环的材料	(59)
(2) 活塞环的试验数据	(61)
(3) 活塞环的形式	(62)
(4) 活塞环的 PV 值	(65)
(5) 活塞环和填料环的操作温度和压力	(66)
(6) 活塞环的数目和张力	(67)
(7) 导向环	(68)
(8) 气阀	(69)
(9) 括油设备	(69)
(三) 深低温无油润滑压缩机	(70)
(1) 压缩机构造	(70)
(2) 深低温无油润滑压缩机的特点	(73)
(四) 空分中的无油润滑氧压缩机	(74)

四、近代透平压缩机	(77)
(一)引言	(77)
(二)近代透平压缩机及其应用	(79)
(1) 石油化工中的透平压缩机及其应用	(79)
(2) 透平压缩机在油田采油上的应用	(83)
(3) 高压离心透平压缩机及其在合成氨中的应用	(83)
(4) 空分装置中的透平压缩机及其应用	(91)
(5) 硝酸生产中的透平压缩机及其应用	(105)
(6) 甲醇生产用的透平压缩机	(107)
(7) 尿素生产中的透平压缩机	(108)
(8) 乙炔气透平压缩机	(108)
(9) 碳酸钠生产中透平压缩机的应用	(108)
(10) 鼓风炉用的透平压缩机	(109)
(11) 管路用透平压缩机	(109)
(12) 天然气液化装置中的和制冷中的透平压缩机	(110)
(13) 氯透平压缩机	(111)
(14) 其它用途的透平压缩机	(111)
(三)高压比透平压缩机	(111)
五、近代透平膨胀机	(114)
(一)引言	(114)
(二)透平膨胀机的结构	(114)
(三)透平膨胀机在机械上的特点	(121)
(1) 腐蚀	(121)
(2) 转子的共振	(121)
(3) 部分冷凝	(121)
(4) 气流变化	(122)
(5) 轴承	(122)
(四)透平膨胀机的运转	(123)
(五)透平膨胀机在化工上的应用	(124)
(1) 透平膨胀机在空分中的应用	(124)
(2) 天然气中分出丙烷和较重的碳氢化合物时透平膨胀机的应用	(125)
(3) 作为制冷机的透平膨胀机	(126)
(4) 新的丙烷气体液化回收工艺中透平膨胀机的应用	(126)
(5) 透平膨胀机在近代大型氨液化装置里的应用(及整套装置介绍)	(127)
(6) 透平膨胀机在其它方面的应用	(132)

绪 言

压缩机广泛用于提高气体压力和输送气体。随着工业的发展,压缩机的用途日益增长,尤其在化学工业上,很多生产过程都离不开它。

化学工业的范围极广,有着种种不同的工艺,每一工艺又对压缩机提出了不同的要求,虽然同样为了压缩和输送气体,但在压力和气量方面却又差别极大。化工过程处理的气体还须考虑它的特点,例如有毒、易燃、腐蚀等等,如果事先不加考虑的话,就会影响安全生产,所以化工工艺对需用的压缩机提出了严格的要求,它有力地促进了压缩机的发展。在1971年,仅以日本的统计为例,送风机(包括离心式和轴流式)的产量达到了144,949台,压缩机的产量达到了175,800台。压缩机工业的蓬勃发展,是各种工业,各门学科发展的反映,它转过来又促进了工艺的革新,提高了生产效率,例如高压离心式压缩机投入日产1,000吨的合成氨装置后,成本可降低25%。现在国外新建的大型合成氨工厂,一般都用高压离心式压缩机,工艺压力也从原来的150~220大气压提高为300~450大气压。在克服了加工技术上的困难后,目前叶轮的厚度已能造到0.2毫米,处理的气量已达500米³/时,基本上不再受小气量的限制。同时随着压力的升高,机壳的结构也从水平剖分改为垂直剖分,改善了密封的效果。

多级离心式压缩机的各级是由单级离心式叶轮组成的,1962年可以使用的最好的单级离心式压缩机的升压比只有6:1,效率为75%。由于航空工业的高度发展,单级离心式压缩机使用了管状扩压器后,现在升压比已经达到了14.5:1,但是这些成果至今尚未充分利用起来。目前,国外大型石油炼制和精制设备都改用了离心式压缩机来压缩和输送乙烯、丙烷、甲烷、氢、裂解气等气体,在油田增压方面亦是如此。从机组制造的重量的角度来看仅为十年前的88%,制造的时间仅为83%,而且都能达到连续操作1~2年不需检修的要求,近代离心式压缩机大多使用燃气轮机直接驱动,安装速度较快,安装二台1,100马力的离心式压缩机仅需8小时。

在化工生产过程中,有的气体遇油易燃,有的温度很低,有的不允许为油沾污,对于这些问题,促使往复式压缩机走向无油润滑和少油润滑的运行。在少油润滑方面采用了合成的氟硅酮油后,使得往复式压缩机的耗油量下降98%;在无油润滑方面,曾用过碳制活塞环和填料环代替金属环件,但是碳尘飞扬在气流之中,气体仍被沾污,也曾试用迷宫活塞,但出现了漏气问题,直到五十年代中期,聚四氟乙烯环件投入活塞式压缩机中使用后,无油润滑的问题,才得到了较为令人满意的解决。目前,加有填充物的聚四氟乙烯自滑元件(活塞环,填料环)在中低压压缩机中得到了广泛的应用,运行寿命可达二万小时,磨损量小到0.1毫米/千时,它也可以用到350大气压或-150°C的场合,对于存在已久的超低温高纯度气体的无油压缩问题也就解决得较为令人满意了。

1954年以来,许多化工过程所需的压力都已稳步下降,但是由于低密度聚乙烯生产的需要,促使超高压压缩机迅速地发展,目前国外有几家工厂都在生产3,500大气压的往复式压缩机,功率达到9,000瓩,可以用于每小时生产40~60吨聚乙烯的装置。为了安全可

靠,一般都用液压传动和自动控制。气缸内层的缸套用大块烧结的碳化钨制造,传动部件采用了次级十字头,保证柱塞的对中运动。

透平膨胀机是获得深冷、回收动力的设备,过去使用的范围局限在空分方面,且着重在获得深冷方面,至于回收动力,仅看作是副产品,自从大型天然气液化装置使用以后,除了获得深冷以外,动力回收的问题逐渐引起人们的重视,在烃加工增压炉的燃气产物里可以利用透平膨胀机在一年中回收总投资的 40~50%,目前硝酸工业中的透平膨胀机已经达到 9,500 瓩,回收能量后可以供给所需功率的 73%。氮气透平膨胀机的转速达到了 600,000 转/分,工业上大型氨的液化装置现在发展到使用径向内流式的透平膨胀机,转速达 200,000 转/分,它也用于深冷。

上述三机(离心式压缩机,透平膨胀机,往复式压缩机),在七十年代初期已呈现出快速发展的迹象,它的发展有力地促进着生产率的提高。

一、近代高压往复式压缩机^[1,7]

(一) 引言

压缩机的排气压力达到 100~1,000 大气压的称为高压压缩机,主要用于化学工业的合成方面,其中比较典型的是合成氨的生产。此外,在液化气体方面也得到广泛应用。早期液化空气的成功,为高压压缩机在工业方面的应用提供了场所,气体分离技术的成熟和以后工业生产的不断发展,促进了高压压缩机的发展。早期液化空气所用的压力是 200 大气压,在当时,这种压缩机所用的排气压力已远远超过其它各工业中所用压缩机的压力了。

第一个小规模试验性生产氨的压力为 200 大气压,以后逐步扩大臻于完善,遂正式投入工业生产。那时,在高压下很多常用气体的热力性质基本上已有数据,能满足工业生产的计算和设计应用了。但是材料受了循环波动的压力后,它的性能究竟如何还很不清楚,对于尖角锐边和开孔地方的应力分布以及应力集中的问题也是如此。所以当时高压气缸经常出现损坏,气阀和填函经常发生故障,现在看来,这也是必然的。当时,压缩机结构材料的选择受到了品种的限制,因为市场上所能提供的可以用于制造高压压缩机的材料只有铸铁,软钢和一、二种非金属,而高级合金钢还处在襁褓时期。

以后的发展迫使氨的生产需要更大型的装置,其中大型压缩机的制造便成为首要的问题,当时合成氨的压力已经稍有提高,达到 250 大气压。德国在设计制造压缩机时把它作为计算的依据,并选择了六级两列的型式——三缸串联,两组,这种装置一直保持到现在。在同一时期,加氢装置里同类型的高压压缩机也用得不少。这种压缩机的操作条件:压力为 325 大气压,转速为 125 转/分,由 4,000 瓩的同步电动机驱动,活塞平均速度在 4.2 米/秒左右。法国当时采用高压制氨工艺,已经造出了压力高达 1,000 大气压的压缩机,但是投产后感高压的不便,所以后来建造的装置其操作压力改为 700 大气压,并且用增压压缩机来达到这个压力。欧洲和美国大部分采用两列压缩机的设计方案,而英国则采用立式压缩机,瑞士苏尔茨公司也造了几种双曲拐六级立式的高压压缩机。

低速两列卧式压缩机是很浪费的,它不仅占用了大量厂房面积,而且需要化费很多资金去做它的基础,在五十年代里它几乎完全被多曲拐、短行程、高转速的压缩机代替了。目前在卧式压缩机中占优势的是气缸对称地装在曲轴两侧的类型,它常被称为对称平衡式。至于立式高压压缩机,在五十年代中仍在发展着。

在过去的 10~12 年里,高压往复式压缩机的容量有了惊人的增加。在五十年代初期,5,000 马力(3,750 瓩)的压缩机可以算得上大型的,而在今天,超过 12,000 马力(9,000 瓩)的压缩机已在实际生产中使用多年了,欧洲和美国的工厂迫于所需,准备供应高达 15,000 马力(11,250 瓩)的高压压缩机。

往复式压缩机容量的迅速扩大,主要由于合成氨装置规模扩大所致,对于这些装置,许多人仍喜欢使用 300~450 大气压。从往复式压缩机制造厂的观点来看,这个领域迄今还是他们的传统产品,但在日产量在 600 吨以上的地方受到了离心式压缩机的挑战,不久的将来

可能在 600 吨/日以下也要受到离心式压缩机的挑战,这是因为离心式压缩机以往由于制造上的困难,容量不能太小,但随着机械制造工艺的不断发展(如精密铸造,电蚀加工^[2]都取得了卓越的成绩),高压小型的离心式压缩机也可以造得出来,所以日产 600 吨以下的合成氨企业,也可能会采用离心式压缩机。

当初,高压工艺除了合成氨以外,甲醇和尿素的合成也是采用的。低密度聚乙烯的生产,除了提出以后要谈的一些问题以外,还需要更高的压力,也许这就是高压往复式压缩机今后在大工业生产上可以保持它常被采用的一个领域了。在聚乙烯生产里曾采用过摆动的水银“活塞”压缩机,它也是高压的,乙烯气体在压缩机内被水银活塞从 200 大气压升压到 1,500 大气压,活塞的行动是由高压油作用在水银顶上所造成。从原理上看,这种压缩机和 U-管内取得的压缩现象相似,德国在二次大战时靠它完成了重要原料的稳产任务。大型对置卧式液力传动的超高压压缩机,它无论在压力和排气量方面都比以前大有提高,压力稳定地维持在 3,000~3,500 大气压之间,能够用到高达 60 吨/时的聚乙烯生产上。

(二) 卧式和立式的高压往复式压缩机

所有高压压缩机的设计人员,都考虑着一个问题,这就是卧式和立式压缩机的对比优点是什么?在判定这个问题时,必须对压缩机的整套装置进行全面地分析。以往,象冷却器,分油器,管路等辅助设备,都未给予很好的注意,结果不仅外观欠佳,重要部件难于为人接近检查,而且产生了严重的、由机械或气体脉动所造成的振动。

对于卧式往复压缩机,我们只考虑对称排列气缸的型式,因为它是目前用得最多的一种。这种压缩机与众不同的特点是往复部件运动可以近似地得到精确的平衡。如果相邻对称列的每列往复重量相等,则一级力和二级惯性力就可很好地得到平衡。气缸虽然对称地排列在曲轴的两侧,但两列气缸的中心线并不重合,气缸的偏置,会留有少量剩余的一级和二级不平衡惯性力矩。一般情况下,在两曲拐的压缩机中,还不可能得到惯性力的全部平衡。在多曲拐的压缩机里,妥善地安排了气缸和曲柄角的位置后,不平衡的程度可大大降低。必须记住曲柄角不应单从惯性力平衡这方面来决定,它还必须使高峰转矩和扭力成为最小,并须在排气管里有最小的脉动和最佳流线的气流。

立式压缩机,至少有四个曲拐,才能在平衡度上比得上对称平衡的卧式往复压缩机,而且只有在五曲拐和六曲拐的立式压缩机中全部惯性力才能获得极好的平衡。单机架的对称平衡压缩机,曾造得多至十个曲拐,而单机架的立式压缩机,从未造到过六个曲拐。

卧式压缩机特别使人产生好感的特点是:不仅所有的运动部件,而且气阀和填函在检查维修时,装卸很方便。相比之下,立式压缩机却不是这样,上述缺点,可以用在气缸底面的地方建造操作平台的方法来解决,但是如果列中有串联气缸的话,这个缺点还不能彻底解决,尤其是如果导轨是圆柱形的话,则十字头的接近性就存在不少问题。

在高压压缩机装置里,最大的问题是管路和辅助装置(如冷却器、缓冲器、分离器等)的布局。毫无问题,对称平衡式在这方面与立式相比,有较大的回旋余地。例如为了获得最好的效果,缓冲器应该直接装在气缸上或者尽量与气缸靠近,这一要求对于卧式压缩机是可以满足的,但对立式,却并非如此。在检修时,操作人员需要接近气阀,在设计时应尽量避免其它部件对它的干扰。但要避免这种现象,在立式中是不易办到的。

卧式对称平衡压缩机比立式压缩机占有更多的平面地位。立式虽然占地较少,但要求较高的厂房。特别是在五级和六级压缩机中为了减少曲拐数,把某些级排成串联,厂房就须造得更高。

近年来越来越重视压缩气体中不含有油的问题及提高活塞环和填函在无油润滑下能承受长期连续操作的压力的问题。虽然无油润滑干燥运转的高压压缩机,已能造出高达 350 大气压的压力,但是,甚至在 100~150 大气压以下的中压,无油润滑的结论仍然变化不定,因而很难说问题已经圆满地解决了。看来在高压范围里仅仅还是试验阶段。在无油润滑压缩机的领域里,从减小气缸和环的磨损来看,立式比卧式好一些。然而迄今为止,在高压范围里无论那一种无油润滑压缩机的运行,都不能得到令人满意的结果。当然,压缩机制造厂应该设法改进他们已有的(用油润滑的)压缩机,并在已有的成功的基础上,提高扩大到无油润滑方面去。美国的压缩机制造厂总的来讲都倾向于采用卧式结构,但是欧洲采用了比较灵活的办法,在高压方面,也有采用立式结构的。

许多近代合成氨厂都采用 450 大气压。用于 450 大气压以上的高压合成用的为数不多,用在克劳德和卡塞尔合成氨工艺和煤加氢制造石油工艺的是 700 大气压。

在高压压缩机的系列中,通常用的基准是最大活塞力,它是设计机身和运动构件的一个基本数据,以此限定某一已定压缩机的工作范围。欧洲采用标准化的机架,机架已有系列,例如有一压缩机工厂,有很多产品,曲柄数各不相同,功率在 150~9,000 瓩,这个厂备有七种大小不同的机架,活塞力分别为 6.5、10、16、22、26、40 和 60 吨级,而另一工厂除有上述系列的机架外,还有四个中间尺寸,其活塞力为 8、12.5、32 和 50 吨级。相邻的机架有些尺寸是相同的,这对某些场合,在选择最合适的机架和气缸的安排方面,提供了伸缩的范围。如在第一个机架系列中,对要求输入功率为 4,500 瓩时,高压压缩机可以采用三种机架,即:六曲拐 40 吨级的,四曲拐 60 吨级的或六曲拐 60 吨级的。

高压压缩机中最经济的解决办法通常是使用数目最少的曲拐,而且这些曲拐已经作了最经济地加载的假设。增加一对曲拐的代价是很昂贵的。在决定不同级的最佳布局时,必须致力于使列中往返行程的活塞力尽可能地相等,并使各列迭加后的负荷也要最小。欲求获得这个结果的可行办法不外乎采用级差式活塞、在合适的中间级压力(或大气压力)处采用平衡容积,或者把一个级分开布置在两列中。选择最小曲柄数还有的好处是机械损失稍有减少;效率有所提高;耗费功率降低。所有这些在数瓩的高压压缩机中是决不可忽视的。在欧洲,可用的最大机架尺寸,通常是限制曲拐数到六。在美国高压压缩机工厂一般都能够供应十个曲拐使用的机架。它们倾向于采用一列中安排一个气缸的作法,很少使用平衡容积和级差式活塞。因为美国动力费用低,所以并不象其它国家那样致力于使用最少数目的曲拐。然而正象后面要介绍的,在主要项目的设计方面,美国和欧洲之间还是有所不同的。

近年来广泛使用着在同一机架上进行部分的或全部的压缩任务的机组,特别是氨的生产装置,它根据近代工艺装置,利用水蒸汽重整石脑油,或利用加压的天然气,先制成合成气再制氨,这种装置因出于工艺需要,有不同的气体需要压缩,各种气体就在同一台压缩机的各列气缸里分别同时受压,故压缩的任务就由这一台压缩机来完成,这种压缩机常被称为多用途(或多效)压缩机,它可以设计成压缩空气(二次重整用)、合成气、氨气(冷冻用)和循环合成气等多种气体。这种安排方式的机器,由于生产装置中不同部分的气体必须循序地进

行压缩,所以各列曲拐上的负荷有着很大变化。鉴于这一事实,必须就整个范围,对可能出现的不同情况下的转矩图进行分析。现在,近代化的工厂都利用模拟计算,不仅可以分析出扭转振动的现象,而且对于通常是非常复杂的管路系统也可用它来分析问题,例如为了得到最佳的布局,防止机械或气体脉动引起的振动(过去经常是故障的起源,也是最难以解决的问题之一),就要利用电子计算机来进行计算。

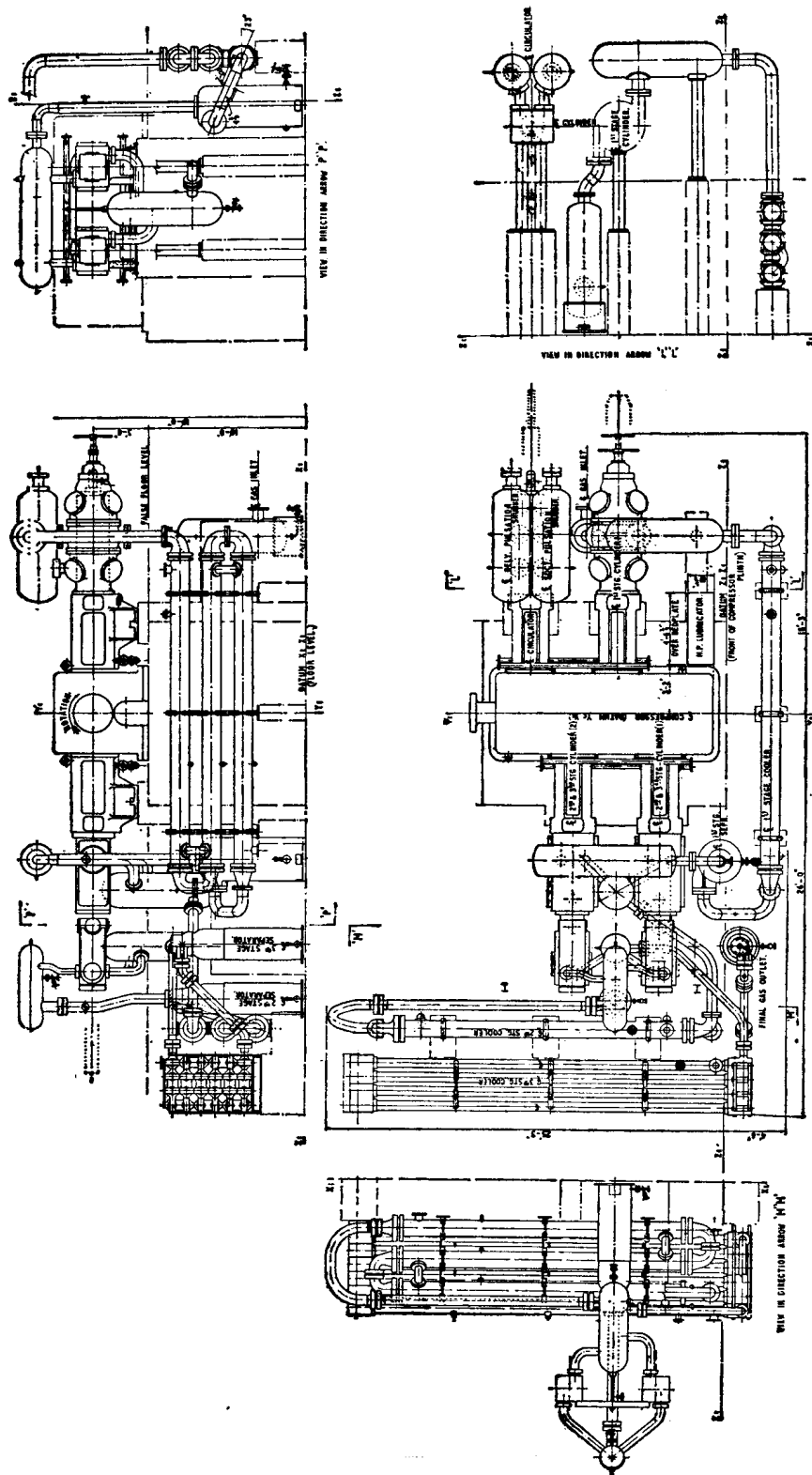
(三) 近代工业用高压压缩机的若干实例

这里所引用的一些近代的高压压缩机,是目前各国在工业上用的高压往复式压缩机的一些典型实例,它的压力在100~1,000大气压之间。这些产品,各有各的特点,虽然一定的压缩机只适用于一定的范围,但是从设计人员来看,设计的基本原则却都是一样的。

图 I-1 示出了英国“彼德”公司设计制造的一台四曲拐合成气压缩机的总体布置图。彼德公司是英国所有制造高压压缩机的公司中唯一全部由英国自己设计的公司。这种压缩机用于中压的合成氨厂,用以压缩 31,350 米³/时的来自粗挥发油(石脑油)进料库的合成气体,有三级压缩,压力从 25 大气压升到 345 大气压,第一级有一只气缸,是双作用的;第二、第三级是级差式气缸,单作用,有二只气缸。用作循环气循环的是双作用的气缸,有贯穿活塞杆,装在第四只曲拐上的活塞上。行程为 15 吋(381 毫米),转速为 300 转/分,活塞平均速度为 3.8 米/秒,轴功率为 4,560 瓩。

第二、第三级气缸的剖面图示于图 I-2。第三级柱塞用螺栓装紧在二级缸活塞的末端。它是铸铁制的,有铅青铜托瓦,使活塞和铸铁气缸套间具备摩擦小的滑行表面。第二级活塞有一只铸铁套筒,稍有过盈地装在活塞杆扩大的部分,它在摩擦面上也有铅青铜的托瓦。事实上,350 大气压以上的高压压缩机,活塞杆填函密封的要求是很高的,使用惰性气体来冷却填料果然是可靠的办法,但是小心安排气缸位置,也是避免填料受到最后一级高的压力的可行办法,例如把末级设计成单作用的气缸,把它装在靠最外边的地方,活塞环就形成了合适的密封。漏出的气体,经收集后可以在系统里重复使用,而且活塞环的寿命也是很长的。在这台高压压缩机中通过三级柱塞和二级活塞漏出的气体从三级缸形成的平衡容积里被导回到一级缸的吸气处去。第二级的填料(它处在 170 大气压压力左右)是用金属制成的,由独立的封闭系统来冷却,冷却剂是润滑油。总的来讲,即使采用了 4.2 米/秒的平均活塞速度,也认为没有必要去冷却在中等压力下的填函,所以,活塞速度在 3.8 米/秒时,这个设计可以认为是稳妥的。同样,活塞环的数目——第二级活塞上有 18 只,第三级柱塞上有 30 只——对要应付 145 大气压和 325 大气压造成的压差已是足够有余的了。两只气缸都由循环水来冷却,循环水流经钻在气缸块件上的横孔进入气缸夹套,夹套内装有挡板,以便增加循环次数提高冷却效果。吸气阀是蘑菇状的(也称为菌状阀),排气阀是提升式的,这两种阀的升程都是 5.6 毫米,后文再行介绍。

气缸和填函的润滑采用彼德公司自己设计制造的注油器来进行。当初这台注油器的设计是为了满足制氧装置空压机的润滑而设计的,条件十分严格,力求达到最小润滑的原则。大部分高压注油器,在设计中都有可变量程或失动位置,但是在调节设备调节到最低时,注油器的运行性能(符合于低的排油率)有不规则的趋向出现,例如两只一样的油泵(被认为是可以互换的)在同一调节设备的调定点可能输出的油量大不相同。而“彼德”注油器的性能



* Rotation = 旋转方向, False Floor Level = 假楼面水平高度, Gas inlet = 气体入口, Datum = 基准, Floor level = 地平面水平, Stage = 级, Separator = 分离器, View in direction arrow = 箭向视图, Circulator = 循环机, Cylinder = 气缸, Dely. = 排气, Suct. = 吸气, Pulsation Sinbber = 缓冲器, Over Bedplate = 上端板, H. P. Lubricator = 高压注油器, Front of compressor Plinth = 压缩机前座, Compressor (Datum) = 压缩机 (基准), Cooler = 冷却器, Final gas outlet = 末级气体的出口

图 I-1 带有循环机的三级气体压缩机总布置图 (25/345 大气压)

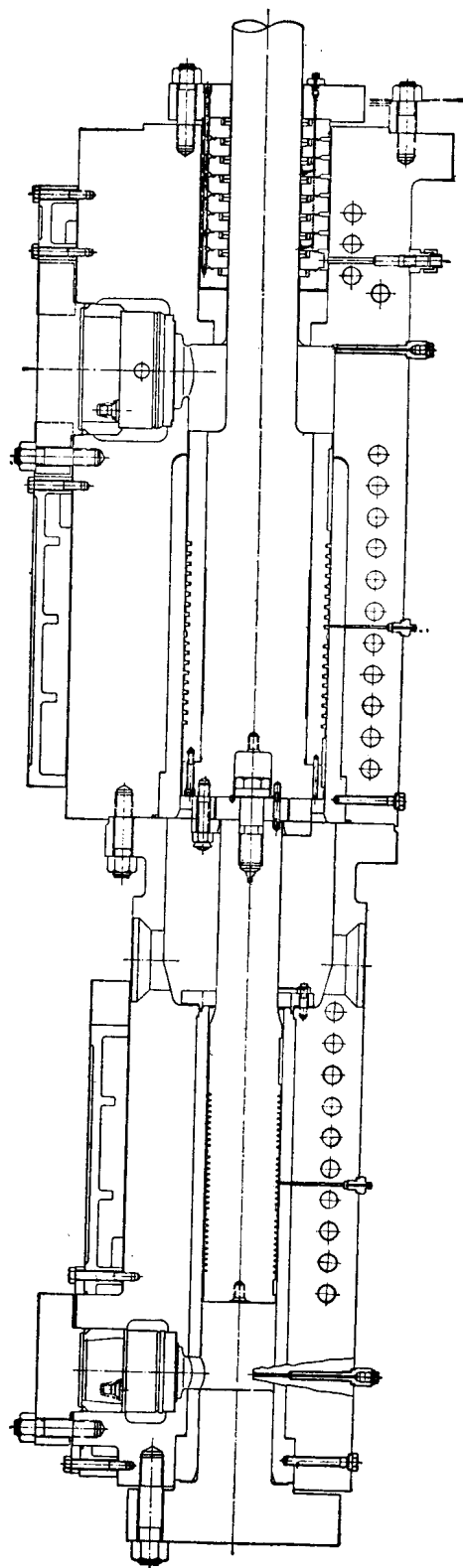


图 I-2 在图 I-1 里所示压缩机的第二/第三级气缸剖面图

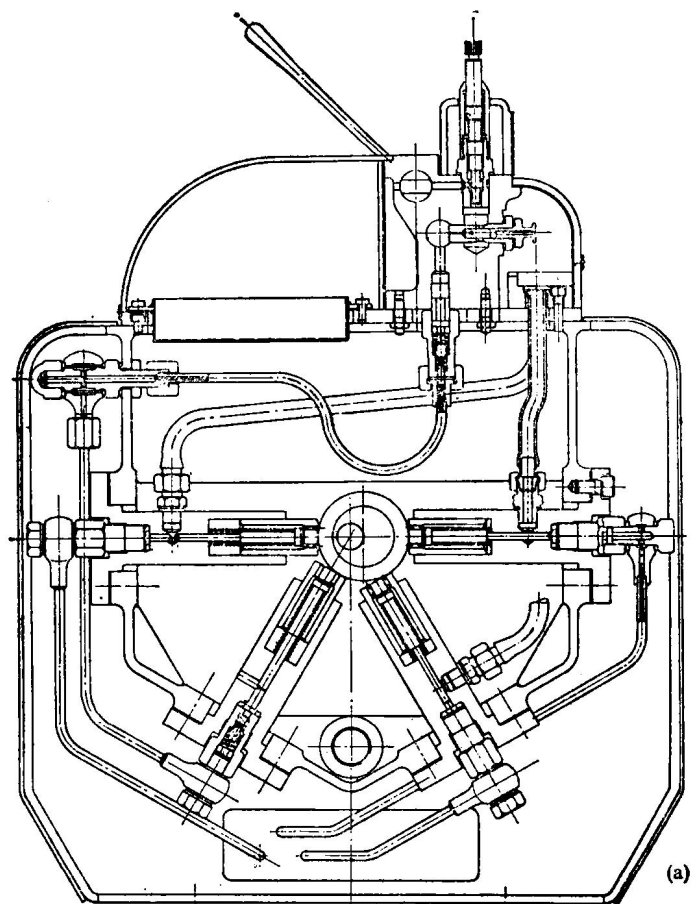
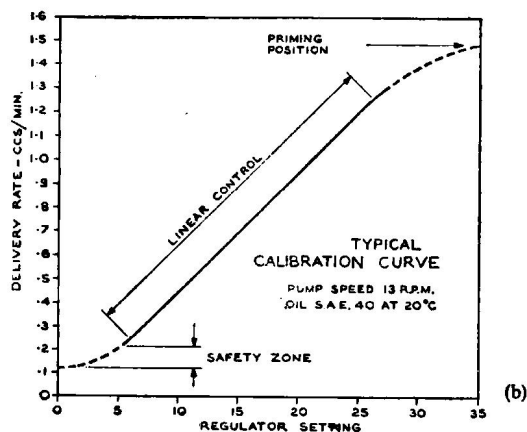


图 I-3(a) 高压注油器的剖面图



* Delivery Rate-ccs/min.=排油率, 厘米³/分,
 Regulator setting=调节装置的调定位置
 Priming Position=引油灌注位置,
 Linear control=线性控制,
 Safety zone=安全区,
 Typical Calibration curve=典型的校准曲线,
 Pump Speed 13 R. P. M.=油泵速度 13 转/分。
 Oil S. A. E. 40 at 20°C=润滑油 S. A. E. 40 号, 在 20°C。

图 I-3(b) 高压注油器的性能校准曲线

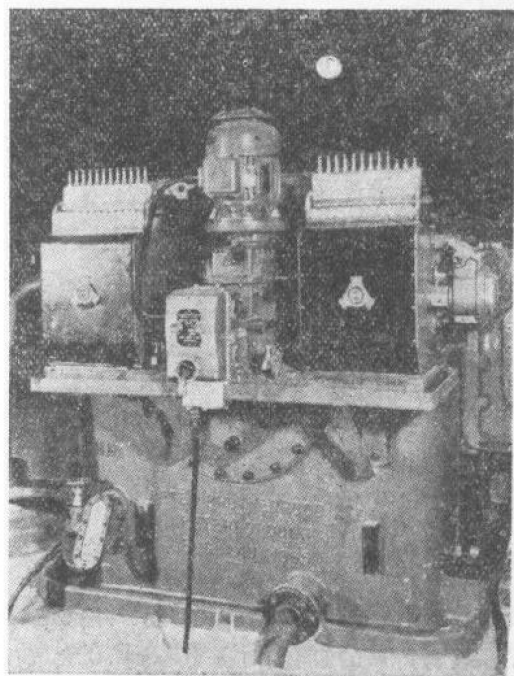


图 I-3(c) 装在彼德卧式压缩机上的高压注油器

却非如此(图 I-3),它有分开的吸油泵和排油泵,每只油泵始终以全行程操作,输出的油量由位于二泵间的一只旁通阀来调节,它能把多余的油送回盛油器去。每只供油头子给油速度的线性控制范围较大(0.1~0.4 毫升),最大给油量可达 2 毫升/分^[3],并且对于调节设备的调定点来讲,也是稳定可靠的,给油率调一是一,再调再现。这种注油器还可添装压力警报器,在油压过低时或断电时发出警报。

注油器全部经过校验,校验压力高达 700 大气压的数量级。其典型的校准曲线示于图 I-3(b)。图上示出的给油范围较为宽广,上面部分是线性输油范围。上述注油器,在工作时,即使旁通阀全开,但对一已定的给油点,也不会全部停掉给油。这种注油器的一个突出的特点是引油灌注机构,只要有所需要,使用它后就能使所有的给油点获得全部供油量,不会因而弄乱各别的调定位置。这种机构的作用,对于第一次起动一台压缩机或停车以后要起动压缩机是极为有用的。装有这种注油器的压缩机见图 I-3(c)。

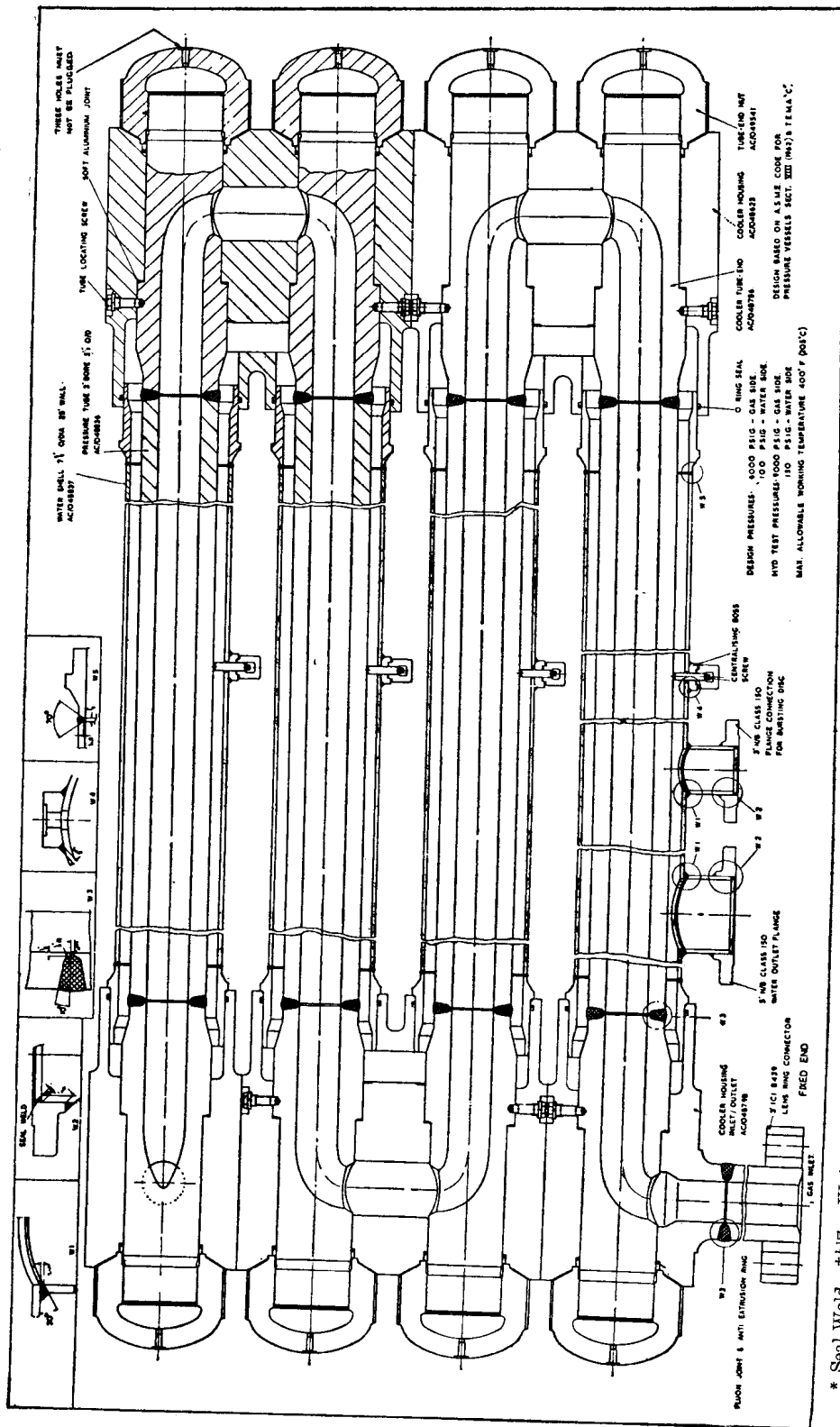
第三级的冷却器是套管式的,因为它的紧凑性,所以使人感到兴趣。通常,这种冷却器的设计,由于管件直径大,必须为气管回流封头间的高压凸缘接头留出一定的空隙,所以占地极大。图 I-4 所示的设计里这些外弯头和接头都取消掉了,代之而用的是特种铸钢罩壳。冷却器有分隔的气路,也有从这一部分到下一部分的水路。罩壳里的有机硅树脂 O 形环密封住每条水夹套的末端,同时又能让气管作微量的,相对移动。此处使用 O 形密封环是简化设计的一个例子,甚至在高压下,由于 O 形密封环的封效极高,也可把它用作静密封原件。关于这种环的多面可用性可在以后谈到的压缩机中见到。在所论型式的冷却器中,以往并不使用 O 形环,那时解决密封的办法仅有嵌装压紧填料用来封住水夹套的末端——由于冷却器管子震动,造成泄漏,始终是出故障的根源。

当然 O 形环的广泛使用,也只有在合成材料发展后的今天才有可能,这些合成材料象:氯丁橡胶,含氟人造橡胶,有机硅树脂等,它们比一般橡胶能忍受较高的温度,并能对抗许多介质的侵蚀。所以在正确选材后可以用作许多种类的气体密封环。O 形环还有另一优点是减少所需的螺栓负荷达到密封气体的效果。用双头螺栓将阀盖和气阀装到位置上去时,用它很为合适。

彼德公司造了许多对称平衡的往复式高压压缩机,压缩机的曲轴采用整体锻件,使用后觉得颇为有利,即使在传递 8,000 轴马力^[13]、每只曲柄负荷高达 60 吨级的情况下也是如此。一般来讲低碳钢疲劳强度较高,它的凹口敏感性小。在曲轴设计时,该厂所取的曲柄中心距较短,这不仅减小了力矩,直接有利于基础的设计,而且也可减小曲柄的扭转应力。由于大部分大型高压压缩机都用电动机带动,以不变的同步速度操作,在改变气缸负载进行气量控制时,扭力特性受到影响,也只有采用刚实的曲轴才能对抗这种波动的扭力。

十字头用铸钢制造,顶面和底面都有白合金的摩擦面,面积宽大,采用有压力的润滑油润滑,一般来讲,一经装入导轨投入使用后,不需经常调整间隙。活塞杆与十字头连接的方法很重要,“彼德”压缩机的接法只在活塞杆末端装一螺帽连到十字头去,这部分要能受得住很高的交变应力,螺帽外周有轮齿,并有游标板,用以帮助上紧螺帽锁定位置,使它始终受到一定的张力。活塞杆材料一般用 40 号碳钢,和填料接触的表面用火焰淬硬。如果压缩的气体有腐蚀性,则用合金钢,但通常是不用的。

对加工厂或炼油厂来讲,它的特点是要求快速调换磨损了的零件,为了做到这一点,气缸都装有铸铁的缸套,对压力不到 70 大气压的,采用推入配合法已经足够,也免得使用机械



* Seal Weld=封焊, Water shell=水夹套壳子, O/Dia=外径, Wall=器壁, Pressure tube=压力管, Bore=孔径, Tube locating screw=管子定位螺钉, Soft aluminium joint=软铝接头填片, These holes must not be Plugged=这些孔穴不许塞牢, Fluon joint and anti extrusion ring=含氟塑料接头填片和防漏环, Gas inlet=气体入口, Lens ring connector fixed end=凹凸环连接器固定端, Cooler housing inlet/outlet=冷却器壳子入口/出口, Class=级, Water outlet flange=水出口法兰, Flange connection for bursting disc=法兰接头, 用于防爆盘, Centraising boss screw=扶正中心线的轮毂螺丝, O Ring seal=O形密封环, Cooler Tube-end=冷却器管端, Cooler housing=冷却器罩壳, Tube-end nut=管端螺母, Design Pressures=设计压力, Gas Side=气体的一面, Water Side=水的一面, Hyd. test Pressures=水压试验压力, Max. allowable Working Temperature=最大允许工作温度, Design based on A. S. M. E. Code For Pressure Vessels Sect. II

图 I-4 气体压缩机的第三级气体冷却器

工具了,但对于高压压缩机缸套必须用轻度的冷缩配合,使它有预应力,力求减小在工作时气体压力对铸铁缸套的影响。

有些压缩机在中间冷却器后要求具备有效的收集冷凝液体的设备。如果液体分离的效果不好,就会造成活塞环迅速磨损,气阀也会受到磨蚀,这现象在高压下更为严重。对不同型式的分离器作比较后,发现单只的旋风分离器在压力和液滴尺寸极为宽大的范围里用得最为成功。除此以外,它还有遏制下一级吸气管内气体脉动的作用。高压分离器在制造上存在着一些困难,但是如果在整块钢材拉成的钢瓶顶上旋入一只铸钢的集气整流器,也是可以达到目的的。

有些碳氢化合物的气体受压后很易液化,在多组分的气态烃里如含 C_4 以上的气体就是如此。这现象一旦出现,就会稀释润滑油,如不事前考虑安排妥善的措施把它排掉,缸内就会产生液击现象,甚至造成严重事故。一般在气缸下底部分,开有装设排液阀用的小孔,如果装上自动泄放器,则液体可以自动排掉。碳氢化合物的气体里还可能发现乙炔气,这种气体在高于 100°C 时就会自燃,用于处理这种气体的压缩机应该采取低压压缩比,并且为了安全起见,还得加装保险设备。

由于近代工业生产的连续性,检修维护每年只有一次,这就对高压压缩机提出了严格的要求,一般来讲,运动部件都能达到连续运转 40,000⁽³⁾ 小时,许多用户在这期限以后,曾对大端螺栓进行了检查,结果还可继续使用,但是从绝对安全可靠的角度看来,除非做过有效细致的裂纹检查,确实证明可用的以外,那些超过使用期限的部件,还是应该换掉为妥。

西德汉堡机械制造厂造的合成气四级六曲拐压缩机示于图 I-5。如图所示这台压缩机有二只一级缸,一只二级缸,它们都是双作用的,还有三只三级/四级缸。该压缩机是用来压缩 27,500 米³/时的合成气的,压力从 10 大气压升到 160 大气压,在开始的三级里压缩后,除去 CO_2 ,余下的气体(21,500 标准米³/时)在第四级里压缩到 355 大气压。压缩机的转速为 250 转/分,活塞平均速度是 4.17 米/秒,功率为 3,875 瓩。

一般来讲,对于这种高压压缩机令人感到兴趣的是非常结实的双壁结构曲轴箱,它有足够的刚性。因此不需加装拉紧螺栓。相反,对于普通的单壁结构曲轴箱,拉紧螺栓是必不可少的。在对称平衡的压缩机里,十字头一边靠在导轨的上面,另一边靠在导轨的下面。这种结构,在“汉堡”高压压缩机中也是采用的,这可以从三/四级缸的剖面图里清楚地看到(图 I-6)。图内也示出了该厂采用的活塞杆与十字头连接的方法。它是用剖分连接器连接的,连接器具有锥形的支承面,以便和十字头上活塞杆螺帽上的锥形面相应配对。在活塞杆受拉时,这种结构的应力分配比直接用螺纹旋入十字头的结构要好。图中也表明了串缸气缸中的一个重要问题,就是如何确保令人满意的同心度,采用了这种十字头结构后,这个问题就得到了保证。在这台压缩机里,有八个表面必须精确地加工到和压缩机的水平轴线成 90° ,还有八个接头表面也要如此。任何接合面的角度不准,就会使装配失位偏斜,一旦产生故障,就得化费很多时间、需用大量劳力去找出问题和解决问题。毫无疑问,从技术角度来看,合乎理想的设计是每列布置一只气缸(从成本的角度来看,这是很少采用的)。这台高压压缩机第三、第四级的安排方式是仿照了前述“彼德”公司压缩机第二、第三级安排在一侧的形式。然而在此例中,平衡室的位置是处在第一级的吸气压力下,因而第三级活塞环和第四级柱塞环两侧的压差就显得较大——分别为 150 大气压和 350 大气压——而此两处所装的环数却又较少,看来似欠妥善。