

叶轮式流体设备

(泵、风机与压缩机设计与运行)

赵志立 主编 • 重庆大学出版社



内 容 提 要

本书主要包括五大部分。气动与热力过程理论基础:包括一元流动基本方程与其基本概念、三元流理论基础;结构部分:介绍了转动、静止与密封等部件与元件;气动与结构设计:包括性能参数、结构参数的确定与匹配、实际气体的计算、相似与模化理论应用、临界转速、强度与密封的计算;设备运行:包括性能曲线的形成与特点、喘振与轴向力的防止、设备并、串联与调节;泵类的汽蚀分析与计算、汽蚀的防止。

本书可作为高等院校热能工程专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员参考。

DV63/35

01

叶轮式流体设备

(泵、风机与压缩机设计与运行)

赵志立 主编

责任编辑 梁 涛

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:561千

1997年4月第1版 1997年4月第1次印刷

印数:1—2000

ISBN 7-5624-1354-1/TH·61 定价:23.00元

前 言

本书是根据 1991 年 6 月在马鞍山召开的全国热能工程专业协作会的决定:由重庆大学主编《叶轮式流体设备》。该书是热能工程专业的教学用书,也可以作为相关工程技术人员的参考书。

根据该专业主要为能源工业、重工业及能耗大户服务的性质,要求该专业学生对《叶轮式流体设备》的性能、结构与设计、运行有较全面的掌握。为了学好本教材,要求具有坚实的工程热力学、流体力学、传热学及相关机械方面的理论基础。本书吸收了国内外的先进经验与理论。不仅较系统地叙述了相关理论基础,并且注意了深度与先进性的结合、理论与实际的结合。本书在编写中采用了以可压缩流动覆盖不可压缩流动的特点,以较少的篇幅系统地概括了内容繁杂的泵、风机与压缩机等各类设备内的主要特点及内容。

本书是由重庆大学热力工程系涡轮机教研室赵志立老师主编,易勇老师参编。易勇完成了第九章的部分编写任务。

本书由重庆通用机械工业公司总工程师周颖教授级高工主审。

本书的出版得到了全国高等院校热能工程专业协作委员会、山东工业大学、河北工业大学、重庆通用机器厂、泸州天然气化工厂、四川维尼纶厂、重庆钢铁公司、重庆发电厂、江油发电厂等兄弟单位的大力支持与关怀。编者仅在此深表谢意。由于本人水平有限,时间仓促,不足之处在所难免,恳望读者批评指正。

编者

1996 年 10 月

目 录

绪 论

§ 0-1 叶轮式压缩设备的基本概念	1
§ 0-2 叶轮式压缩设备的应用	7
§ 0-3 叶轮式压缩机的结构简述	9

复习题	12
-----------	----

第一章 叶轮式压缩设备内部流体流动的基础

13

§ 1-1 叶轮式压缩设备内部流体流动的分析与简化	13
§ 1-2 叶轮式压缩设备基元级中流体流动的基本规律	18
§ 1-3 滞止条件、音速和气体动力学函数	30
§ 1-4 气体压缩过程与压缩功	36
§ 1-5 压缩设备级的总耗功和功率	39
§ 1-6 压缩设备级的效率及其应用	40
§ 1-7 能量头及能量头系数	43

复习题	51
-----------	----

第二章 级中能量损失及其性能曲线

52

§ 2-1 摩擦损失及其分析	52
§ 2-2 分离损失及其分析	54
§ 2-3 冲击损失及其分析	58
§ 2-4 二次流损失及其分析	61
§ 2-5 尾迹损失及其分析	64
§ 2-6 Re 数与 M 数对流动损失的影响分析	65
§ 2-7 叶轮式压缩设备级的性能曲线	69
§ 2-8 叶轮式压缩设备的性能曲线	73
§ 2-9 叶轮式压缩设备的喘振	77
§ 2-10 叶轮式压缩设备的漏气损失及其应用	80
§ 2-11 轮阻损失及其分析	89
§ 2-12 影响叶轮压缩设备效率的其他因素	92

复习题	94
-----------	----

第三章 转动部件的性能与其设计

95

§ 3-1 叶轮典型结构比较	95
§ 3-2 叶轮的主要结构参数	101
§ 3-3 能量头、周速系数的计算	103
§ 3-4 叶轮主要参数的确定	106
§ 3-5 转子的临界转速	119

§ 3-6 作用于转子的轴向力及其平衡	125
§ 3-7 轴向位移安全保护装置	129
复习题	130
第四章 固定元件及其性能分析	131
§ 4-1 吸气室与其设计	131
§ 4-2 无叶扩压器及其设计	135
§ 4-3 叶片扩压器及其设计	141
§ 4-4 弯道、回流器及其设计	146
§ 4-5 蜗壳(排气室)及其设计	149
复习题	155
第五章 叶轮式压缩设备系统的调节与保护	156
§ 5-1 叶轮式压缩设备调节与保护的概述	156
§ 5-2 压缩机与管网的联合工作	156
§ 5-3 压缩机的串联和并联工作	159
§ 5-4 压缩机的调节方法	162
§ 5-5 压缩机等压力、等流量调节系统	169
§ 5-6 叶轮式压缩设备的防喘振条件	173
§ 5-7 叶轮式压缩设备的防喘振调节	177
§ 5-8 叶轮式压缩机的温度保护	179
§ 5-9 叶轮压缩机的压力保护	182
§ 5-10 叶轮压缩机的机械保护	183
§ 5-11 叶轮压缩机组的启动、运行和停机	192
复习题	194
第六章 相似理论及其在叶轮压缩设备中的应用	195
§ 6-1 相似理论的基础	195
§ 6-2 叶轮式压缩机的相似条件	197
§ 6-3 相似理论的应用	205
§ 6-4 性能换算	214
复习题	225
第七章 三元叶轮的设计计算	226
§ 7-1 三元叶轮的几何描述及运动分析	226
§ 7-2 三元叶轮正命题求解	233
§ 7-3 子午面解(求解中间流面上参数)	234
§ 7-4 回转面解	243
复习题	246
第八章 离心泵的汽蚀	247
§ 8-1 汽蚀产生的原因及其危害	247
§ 8-2 几何安装高度与汽蚀的关系	249
§ 8-3 汽蚀余量 Δh	252

§ 8-4 汽蚀比转速 C	256
§ 8-5 提高离心泵抗汽蚀性能的措施	260
复习题	265
第九章 实际气体	266
§ 9-1 实际气体的压缩性系数	266
§ 9-2 实际混合气体	274
§ 9-3 实际气体的热力学性质	275
§ 9-4 实际气体的压缩过程	282
复习题	293
第十章 叶轮式压缩设备的热力设计	294
§ 10-1 热力设计	294
§ 10-2 压缩设备的特殊问题	309
§ 10-3 动静平衡的基础	313
§ 10-4 叶轮式压缩设备的强度计算基础	319
§ 10-5 轮盘和轮盖的应力计算及二次算法	320
复习题	340
附 录	341
参考文献	350

绪 论

§ 0-1 叶轮式压缩设备的基本概念

一、叶轮式压缩设备的作用与范围

所谓叶轮式压缩设备是指:凡以回转的叶轮转子为动力,驱动流体运动,以达到流体增压的设备,均可称之为叶轮式压缩设备。该类设备的主要功能则为了提高流体的压力。此处所指流体除气体外,也包括液体。因此,该类设备应包括各类离心与轴流式压缩机、鼓风机、通风机与泵类。从流动的性质而言,鼓风机与压缩机内的气体流动速度较高,压力变化较大,故可作为可压缩流动过程来研究。而在通风机内的流动,由于速度相对较低,一般均在 50m/s 以下,同时压力变化较小,而泵类内的流体为液体,其密度在流动及压力变化过程中变化极小,故通风机与泵类内部的流动可以视为不可压缩流动,它们是可压缩流动的特殊情况。因而凡是压缩机中的基本规律与特性也适用于通风机与泵类。但对泵类也有例外,因为泵类内部的流动,同时要涉及到相变有关的汽蚀问题。一般认为鼓风机与压缩机内流动属于可压缩流动,而泵与通风机内的流动为不可压缩流动。

二、叶轮式压缩设备的分类及其工作原理

一般的压缩机按其压缩流体的压缩方式的不同,可以分为容积式设备(主要包括活塞式、滑片式、螺杆式、罗茨及叶瓦等类型)和透平式压缩设备(其中又分为轴流式与离心式两大类)。本书重点研究的叶轮式设备即属于透平式设备。本书所述的分类,也只对叶轮设备而言,其它流体压缩设备(主要是活塞式等)本书暂不研究。叶轮式设备也是一种旋转式设备,在该类设备中,流体压力位能的提高,主要由叶片与流体在旋转过程中相互作用而完成。叶轮式压缩设备常见的有下列几种。

(一)按工作压力分类

1. 通风机

压力在 $1.5 \times 10\text{kPa}$ (1500mm 水柱) 以下。一般情况下不考虑流动的压缩性与热力过程的变化,仅考虑流动的影响。

2. 鼓风机

压力在 $1.5 \times 10 \sim 3.5 \times 10^2\text{kPa}$ (1500mm 水柱至 3.5 大气压之间),此时需考虑压缩性对流动与性能的影响,即温度等相应地变化。

3. 压缩机

压缩机压力超过 $3.5 \times 10^2\text{kPa}$ 以上 (3.5 大气压以上),为了保证设备的安全性及减少过程进行中的损失,往往需要采用中间冷却。此时,流体在压缩过程中热力学特性(温度、热量、比容等)的变化不能忽视,务必认真对待。

4. 泵类

工作介质为液体,压力不限(可在任何压力下工作)的压缩设备均属于泵类设备。由于压缩过程中(能量转换过程),其密度变化极小,温度变化可以忽视,故该类设备的内部流动视为不可压缩的流动过程。

(二)按结构与工作原理分类

1. 离心式压缩设备

流体由压缩设备的轴向进入叶轮,再经叶轮的流道垂直于轴向流出,流体在叶轮内作相对流动。流体在叶轮叶片的作用下进行圆周运动的期间同时受到了离心力的作用。从而在离心力与切向力共同作用下形成了流体的相对流动。由于相对流动过程中速度与压力的变化,从而完成了由叶轮至流体的能量传递过程。此时,不仅流体的压力位能提高,动能也相应提高,以后流体在静止的流道中产生扩压作用,又使部分的动能转变为压力位能。由于流场与压力场的不断变化,最终实现了流体在离心式压缩设备中的升压过程。离心式压缩设备的叶轮结构虽然比较简单,但其内部的流动过程的流动方向改变 90° ,从而使之由于复杂化。为此,在研究离心设备时,务必注意该特点。这类设备的工作压力随着密封结构及强度计算理论的不完善,目前,已经达到数百甚至数千大气压力,因为其转速已经可以达到每分钟数千甚至数万转。该类设备的工作流量介于容积式与轴流式之间,因此该类设备得到了极广泛的应用。其结构见图 0-1、图 0-4,应用范围见图 0-2。

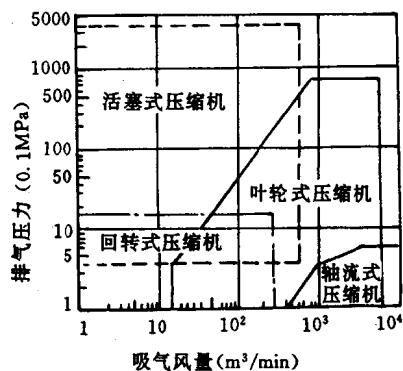


图 0-2 各类压缩机的使用范围

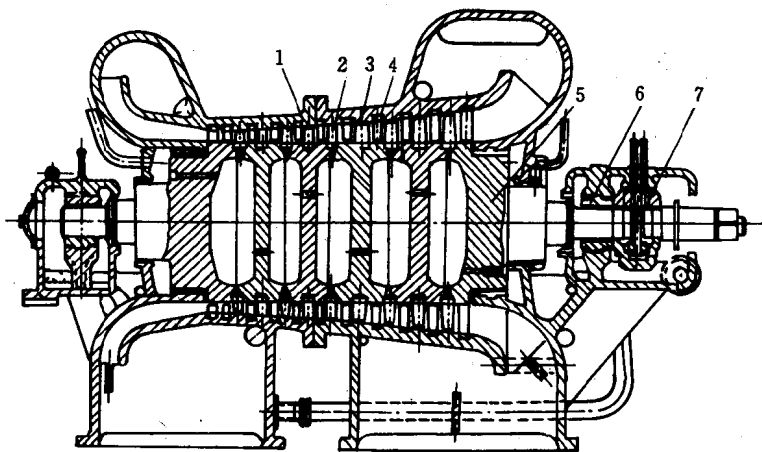


图 0-3 轴流式压缩机

2. 轴流式压缩设备

流体在该类设备的流动是沿着平行于压缩设备的轴向流动,几乎没有径向流动。该类设备与离心设备相同之处除有转动的流道外,同时也具有静止流道。在转动流道内流体的流动也属

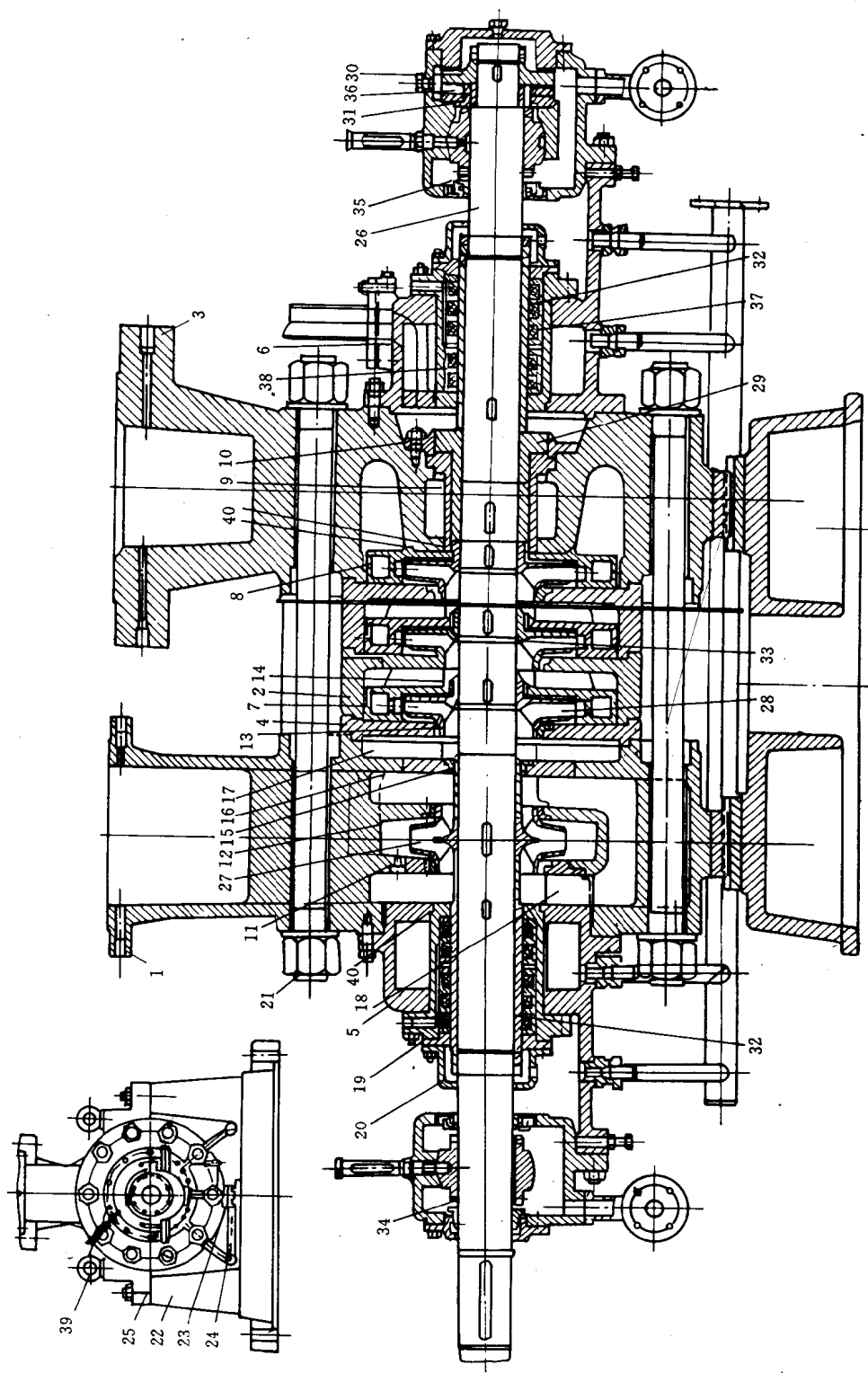


图 0-4 分段式多级离心泵结构图(DG-500-240 型给水泵)

1—进水段;2—中段;3—出水段;4—中间隔板;5—进水尾盖;6—出水尾盖;7—导叶;8—末级导叶;9—平衡圈;10—平衡圈压盖;11—进水段压盖;12—首级密封环;13 次级密封环;14—导叶衬套;15—进水段衬套;16—进水段焊接隔板甲;17—进水段焊接隔板乙;18—密封室;19—密封室端盖;20—拉紧螺栓;21—底座;22—纵销;23—纵销;24—纵销滑槽;25—横销;26—横销;27—轴;28—轴;29—轴;30—轴;31—轴;32—轴;33—轴;34—轴;35—轴;36—轴;37—轴;38—轴;39—轴;40—轴

于相对流动,在静止流道内的流动则属于绝对流动。由于叶轮的旋转使叶片对流体有一个力的作用,因而叶片周围的压力场发生了变化,促使流体产生轴向流动。由于动静叶片的交替作用,不仅保证了流体的流动,同时也及时地将部分动能转变为压力位能。从而最终完成了轴流式压缩设备内部能量的传递与转换过程。轴流式压缩设备的典型结构见图 0-3,其使用范围仍见图 0-2。

轴流式压缩设备一般由吸气室、进气导流叶片排(导流叶栅)、动叶排(动叶栅)等部件组成的转子及出气整流叶片排(整流叶栅)、排气室等主要部件组成。其中每一排动叶栅和其后的静叶栅均构成轴流式压缩设备的“级”。

轴流式压缩设备中最典型的代表为轴流式气体压缩机。虽然它们的工作原理与流动方向与离心式压缩设备不同,但是它们的性能及讨论问题的方式十分相似,并且也都有单级与多级之分,一般把它们一起通称为透平式压缩设备。轴流式一般压力相对较低,而流量较大。该类设备在高炉鼓风、矿井送风等需要大风量的场合使用较为广泛。虽然该类设备的结构较离心式复杂,但其内部流动相对比较简单,加上航空工业发展的需要,其内部流动研究较充分。

轴流式压缩设备由于其流量较大,一般情况下功率也较大,目前轴流式设备的拖动功率已经高达数万至十余万千瓦,多数应用于大型鼓风机组上。目前,该类设备的拖动问题仍是一项重要的问题。由于其内部流速较大,故可能在某些局部地点出现冲击波,所以高速流动问题的研究对轴流设备而言将属于极为重要的课题。本教材重点研究离心式与轴流式压缩设备的设计、结构及性能等方面相关的问题。

除以上的分类外,也常用流体的种类、压力、用途等方面进行分类,以便全面地熟悉压缩设备。例如,氨、氢、氧及原料式压缩机,高、中、低压力压缩机以及高炉、焦炉鼓风机等。

在使用方面,一般小流量高压时,多用容积式(活塞式、回转容积式),而大中流量及各种压力情况用透平式,其中离心式可以适用于各种压力场合,轴流式适用于中、低压力。

三、叶轮式压缩设备的工作特点

这里所指压缩设备也包括各种泵类,主要从工作的性能方面进行分析。

1. 叶轮式压缩设备的结构与性能等均与其工作流体流动的特点密切相关

叶轮式压缩设备的基本功能则是进行能量转换,将机械能转换成流体的压力位能和动能。无论是离心式,还是轴流式压缩设备的能量转换,均与流动相关。很难想象,该类压缩设备在流体没有流动的情况下还可能会有能量转换与传递。转换过程很重要的问题则是转换效率,也就是说,机械能只能部分地转换成流体的压力位能和动能,因为其效率只可能尽量地接近于 1,而永远不会达到 1,接近 1 的程度主要取决于流动。例如,尽可能地减少冲击流动摩擦和旋涡流动。除了效率以外,其主要参数尚有流量与压力,这些都与流场及其变化的特征有关。所以,要想使压缩设备更好地满足要求,则必须很好地组织流体的流动。

2. 叶轮式压缩设备的性能同时也与流体工质的热力学过程有密切的关系

叶轮式压缩设备在一般的情况下,其压缩性不能忽略。由于流体的压缩性的变化,相应地将会产生温度的变化。由于温度的变化,在描述流动过程时除了利用热力学的原理以外,尚需使用传热的原理。否则,压缩设备内部的流动问题及与其相关的能量传递及转换问题将难以分析清晰。所以,为了正确地研究叶轮式压缩设备,在深入了解分析其流动特点的同时,务必正确地进行热力过程(包括传热)的分析,并计入其影响。

3. 叶轮式压缩设备的可靠性与使用寿命是该类设备的重要性能指标

该类设备一般在工业生产或公用设施等系统应用,均属于关键性设备,相关领域的可靠性及检修周期、更新改造周期等,在很大程度上都与该类设备的可靠性有关。例如,高炉鼓风机的可靠性与使用周期直接影响着高炉的可靠性与大修、技改的周期。电厂的辅机风机、水泵直接影响着电厂运行的可靠性及检修周期等。因此,该类设备可靠性的设计是很重要的指标(冶金、电力、化工等系统可靠性对相关系统效益影响极大)。

四、叶轮式压缩设备是优质电能的重要用户

该类设备的压力位能主要是由电能转换成机械能,再由叶轮等部件的运动进行传递与转换。电能的消耗不仅与流体的压力有关,同时与流量大小具有密切的关系。为了满足工艺及生活设施的需要,不仅要求高压力,同时也要求大流量。而且,随着工业的发展及生活水平的提高,该类设备的普及程度、质与量的要求都要求超前地发展。为此,要求大量的优质电能高速增长以保证供应,才会满足其发展的要求。电能是发展生产与改善生活的基础。设计合理的叶轮机械与正确地运行,将是该类设备一项重要的任务。

五、叶轮压缩机械与系统有密切的关系

叶轮机械均在一个系统中运行,利用系统的观点进行叶轮压缩机械的设计是正确利用该类设备的重要问题。

叶轮机械均通过与工艺设备相联的管道(包括阀门与附件等)形成一个相对有机的系统。对于叶轮设备在系统中工作的优劣,则要同时考虑除设备以外的其它系统因素的影响。例如,工艺设备(高炉等)的工况变化,设备在系统中如何进行适应。为此,则要充分考虑压缩设备的负荷适应性及常见的调节方法等。

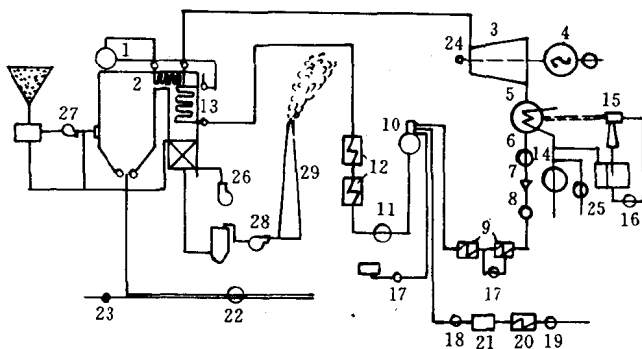


图 0-5 热电厂系统简图

凡是系统中任何部位的变化,例如,管网系统中阀门的开关等,均会引起系统工作的相应的变化。总之,要以系统的观点考虑设备的设计与性能变化,综合考虑其结构形式。叶轮式压缩系统见图 0-5。

§ 0-2 叶轮式压缩设备的应用

叶轮式压缩设备的应用随着工业的发展及人民生活的不断改善,其应用日趋广泛。现结合以下几个方面进行讨论与介绍。

一、冶金工业中的应用

1. 高炉鼓风

在高炉的冶炼过程中,必须把一定量的空气(或富氧空气)送给高炉,以满足冶炼时物化过程的要求,达到合理冶炼,优质高产地生产出生铁等产品。例如,生产每 1t 生铁约需 5~6t 空气,1.5t 焦炭,3t 矿石等。可见,生铁冶炼过程中空气的需要量是很大的。当然鼓风机的风量与高炉有效容积、焦炭量与质等有关。鼓风机的风压取决于炉内及通道中的阻力。随着风量的增加,一般所需风压也相应地增加,但并非成线性增加,故对 $3250\text{m}^3/\text{min}$ 以上风量的大型高炉,一般多采用轴流式鼓风机,可以取得较高的效率,同时较好地满足风量、风压及调节的要求。

2. 氧气炼钢

采用纯氧顶吹转炉炼钢,能使炼钢过程达到高产、优质、投资少、节能的综合优化效果。例如,每生产一炉钢仅需 30min 左右,这样就可使冶炼过程大大加快,达到高产的目的。该工艺的关键则是要不断地供应大量的氧气,并排除高温的烟气。为此,在制氧过程中,需要大型的空压机压送氧、氮气体的氧压机与氮压机。这些设备的可靠性对炼钢的可靠性与经济性关系重大。同时,为了排除烟气,也需要大型的具有耐磨性的排烟风机等。

3. 烧结风机

为了使高炉达到精料冶炼,在高炉冶炼以前对矿石进行预处理,使原料的品位提高,粒度与强度更好地满足高炉的要求。其中,在烧结过程中使矿石的粒度与强度更便于在冶炼中通气,以达到强化炼钢的目的。为此,在烧结过程则需要大量的鼓风机。由于排烟风量大、温度高(150°C 左右)、粉尘浓度大,以致使该叶轮的磨损和腐蚀均比较严重。因此,在抽风机前应采用除尘装置。由于拖动的功率较大(一般均在数千瓦),如何考虑传动系统的功率,则是进行该型鼓风机选型的重要问题之一。该型鼓风机容量的大小直接与烧结机的面积有关。例如 75m^2 的烧结机其风量要求 $6500\text{m}^3/\text{min}$ 、风压 12.5kPa (1250mm 水柱)左右,拖动电机 3200kW 。该类风机因为风量较大,一般多用双吸入的离心风机。

4. 焦炉鼓风机

为了将焦炉生产过程中产生的副产品煤气排往使用地点,必须利用鼓风机加压。该加压风机(即焦炉鼓风机)的风压要求较高,升压均 0.3 大气压以上,故多采用高转速($5700\text{r}/\text{min}$ 以上)设备。所以,对该类设备的结构与质量要求较高。当然,也与焦炉对鼓风机的可靠性要求较高有关。焦炉开炉以后,一般情况下是不允许停炉的,焦炉鼓风机的可靠运行,直接关系到焦炉的运行可靠性与使用寿命。

除此之外,在有色金属的冶炼过程中,鼓风机均属关键性设备。这里就不一一列举了。

二、石化工业中的应用

1. 化肥

化肥中以氮肥使用量最多最普遍,氮肥中的主要成分为合成氨(NH_3),有了合成氨,即可以生产尿素、硝酸、硫酸等各种化肥了。合成氨是由氮气(N_2)和氢气(H_2)化合而成。氮是由空气分离或其它方法获得,氢则由煤(或石油,天然气)分解而得。氮和氢的混合气,由压缩机提高压力(其压力在 150~320 大气压左右),然后进入合成塔,合成为氨。在合成塔中,氮氢混合气未能全部合成氨,因此,需要经过高压循环压缩机将未合成的混合气重新压入合成塔。另外,为了从空气中分离出氮气,则要求有空气压缩机。总之,在合成氨的整个生产过程中,压缩机都属于关键性设备。

除了氮肥则还有磷肥和钾肥,在这些肥料生产过程中,各型鼓风机都是相应工艺过程的关键设备。例如,磷肥厂的硫酸鼓风机的可靠性生产将是相应化肥厂安全生产的关键,并与效益关系极大。

2. 石油精炼

目前石油精炼大部分为四个不同的工艺过程:即蒸馏、精炼、裂化、重整。裂化和重整需要对气体进行压缩。裂化主要是指在烯烃设备中裂化汽油,需要裂介气压缩机。重整使低辛烷值的链式烃转变为高辛烷值的环式烃,即高抗爆性的汽油。这种转换系用铂催化剂在 500°C 、4MPa 富氢循环气中进行的,离心式压缩机可以满足它的要求。

3. 石油化工

为了从石油产品中得到化工产品的原料(像丙烯、乙烯、丁二烯、苯等),并将此进一步加工成塑料、纤维、橡胶等。离心式压缩机在其流程中均属于关键设备之一。

4. 基础化工

为了制取各种酸、碱、盐的工艺过程均缺少不了各种风机与压缩机。

5. 天然气的输送

经处理过的天然气,可以通管道或制成液体进行远距离的输送。为此,则要求对天然气进行加压,加压过程关键的设备为各型离心式压缩机。其加压的高低与输送的远近及工艺流程密切相关。

6. 制药工业

制药过程的抗菌素生产、发酵是必不可少的重要工艺。为了满足发酵的要求,关键的是连续不断地供给大量较高压力(0.2~0.3MPa)的空气等。一般均使用离心式鼓风机。

以上仅举出化工行业中部分主要工艺对叶轮式压缩机械的需求。

三、能源与动力工业中的应用

1. 火力发电

火力发电过程中的风机、泵类的应用见图 0-5。总之,火力发电厂之所以能产生蒸气并发电,泵与风机起到了关键性的作用。厂用电的 80% 左右也被泵与风机消耗掉了。正常发电过程中的厂用电约占总发电量的 6%~10% 左右。所以,火力发电厂的可靠性与连续性发供电直接与叶轮式压缩设备关系密切。其它类型的发电厂,如热电厂、核电站、余热发电站中叶轮式压缩设备与火力发电站相似均具有十分重要的地位。

2. 煤炭开采与加工

煤炭的开采多数是在地下进行,为了安全生产,通风、排水是正常生产的关键,这些工艺过程离开了叶轮式压缩设备都是不堪设想的。为了将不易燃烧的煤变成煤气,需要各种煤气发生

设备及煤气加压设备,这些设备均与各型鼓风机与压缩机密切相关。

3. 燃气轮机与内燃机

燃气轮机与内燃机是各种交通工具(轮船、飞机、火车、汽车等)的主要原动机。这些原动机的工作均与压气机的工作密切相关,因为它们在燃烧过程中均需要高压的空气。例如,燃气轮机即由三部分组成:燃气膨胀机、燃烧室与压气机等,见图 0-4。

4. 动力风源

目前许多工艺流程中都采用了气流输送或气流干燥。为此,使用压缩机不断供应高压的气体则成了十分必要的条件。有时为完成采掘任务,必须使用风镐,风镐的原动力就是高压的空气。

5. 工业锅炉与窑炉的鼓风机与给水泵

为了维持上述通用设备的正常运行,一般都要不断地鼓进空气使燃烧过程按照人们的要求进行,同时,为了保持燃烧过程的一定压力及达到环境的要求,则必须不断地抽出炉膛中的烟气,按照人们的要求排至需要的地点。为了保证锅炉的连续汽化,给水泵是关键设备。

四、轻工、纺织及国防工业系统中的应用

1. 轻工系统

随着人民生活水平的提高,对轻工业产品的品种、数量与质量均提出了愈来愈高的需求。例如,各型空调系统、电风扇等对风机的要求也愈来愈高。另外,在轻工业生产过程中,也需要大量的气力输送、气流干燥、工业用水、锅炉与工业窑炉等。

2. 纺织工业系统

纺织工业是关系到国计民生的重要行业,为使纺织工艺正常进行,需要气流干燥,空调及蒸气系统。当然少不了各类风机、压缩机与泵的可靠地工作。

3. 国防工业系统

国防工业的一些工作部门往往要求有可靠的空调系统,以保证产品的质量及精度。为了进行大量风洞及水动力的实验,要求有相应的风机及泵类作为基本的条件,才能使之较好地完成任务。

五、在其它领域中的应用

随着国民经济的发展、建材工业的发展将具有十分重要的地位。不论是水泥的炼制还是石灰与各型砖、瓦及陶瓷的焙烧都需要大量的各型风机。玻璃也是建材系统中不可缺少的关键材料,为了制造品种繁多的各型玻璃,则要求大量的各型窑炉,窑炉的生产是离不开各型风机的。

§ 0-3 叶轮式压缩机的结构简述

为了逐步建立起对叶轮式压缩设备的认识,现在概要地对 DA120-61 叶轮式压缩机的典型构造及其元件的工作原理进行介绍。在图 0-1 上表示了 DA120-61 叶轮式压缩机的纵剖面构造图。气体由吸气室 1 吸入。通过叶轮 2 对气体做功,使气体压力、速度、温度提高。然后流入扩压器 3,使速度降低,压力提高。弯道 4、回流器 5 主要起导向作用,使气体流入下一级继续

压缩。由于气体在压缩过程中温度升高,而气体在高温下压缩,消耗功将会增大。为了减少压缩耗功,故在压缩过程中采用中间冷却,即由第三级出口的气体,不直接进入第四级,而是通过蜗室和出气管,引到外面的中间冷却器进行冷却,冷却后的低温气体,再经吸气室进入第四级压缩。最后,由末级出来的高压气体经出气管输出。

叶轮式压缩机零件很多,这些零件又根据它们的作用组成各种部件。拆开一台叶轮式压缩机可以看到,有些部件可以转动,有些则不能。把可以转动的零、部件统称为转子。不能转动的零、部件称为静子。

一、转子

转子是叶轮式压缩机的主要部件。它是由主轴 15 以及套在轴上的叶轮 2、平衡盘 11、推力盘 12、联轴器 13 和卡环 14 等组成。根据转子转速高低与临界转速关系分为刚性与柔性转子两大类。

转子上的各个零件用热套法与轴联成一体,以保证在高速旋转时不至松脱。为了可靠起见,叶轮、平衡盘和联轴器等大零件还往往用键与轴固定,以传递扭矩和防止松动。有的叶轮不用键而用销钉与轴固定。转子上各零、部件的轴向位置靠轴肩(有时还有套筒)来定位。转子上各部件的轴向固定,是把两个半环放入轴槽中,然后被具有过盈的热套卡环 14 夹紧。

转子上有下述各主要零、部件:

1. 叶轮

叶轮也称为工作轮。它是压缩机中一个最重要的部件。气体在叶轮叶片的作用下,跟着叶轮作高速的旋转。而气体由于受旋转离心力的作用,以及在叶轮里的扩压流动,使气体通过叶轮后的压力得到了提高。此外,气体的速度能也同样是在叶轮里得到了提高。因此,可以认为,叶轮是使气体提高能量的唯一途径。

叶轮是由轮盘、轮盖和叶片组成。这种叶轮称为闭式叶轮。按照工艺方法的不同,叶轮又可分为铆接叶轮、铣制铆接叶轮、焊接叶轮和整体铸造叶轮。

2. 主轴

主轴上安装所有的旋转零件。它的作用就是支持旋转零件及传递扭矩。主轴的轴线也就确定了各旋转零件的几何轴线。

主轴是阶梯轴。它便于零件安装。各阶梯突肩起轴向定位作用。近来也有采用光轴,因为它有形状简单、加工方便的特点。

3. 平衡盘

在多级叶轮式压缩机中,由于每级叶轮两侧的气体作用力大小不等,使转子受到一个指向低压端的合力,这个合力称为轴向力。轴向力对于压缩机的正常运转是不利的,它使转子向一端窜动,甚至使转子与机壳相碰,造成事故,因此要设法平衡(消除)它。

平衡盘就是利用它的两边气体压力差来平衡轴向力的零件。它位于高压端。它的一侧压力可以认为是末级叶轮轮盘侧的间隙中的气体压力(高压)。另一侧通向大气或进气管,它的压力是大气压或进气压力(低压)。由于平衡盘也是热套在主轴上,上述两侧压力差就使转子受到一个与轴向力反向的力,其大小决定于平衡盘的受力面积。通常,平衡盘只平衡一部分轴向力,剩余轴向力由止推轴承承受。平衡盘的外缘安装气封,可以减少气体泄漏。

4. 推力盘

由于平衡盘只平衡部分轴向力,其余轴向力通过推力盘传给止推轴承上的推力块,实现力的平衡。

5. 联轴器

联轴器是轴与轴相互连接的一种部件。叶轮式压缩机的轴,有的直接与原动机相连,有的与增速箱相连,有的则与压缩机本身的低压缸与高压缸相连。叶轮式压缩机是靠联轴器传递扭矩的。

二、静子

静子中所有零件均不能转动。静子元件包括:机壳 16、扩压器 3、弯道 4、回流器 5 和蜗室 6,另外还有密封 7、8、9、10 支持轴承 17 和止推轴承 18 等部件(见图 0-1)。

下面介绍静子的各主要零、部件。

1. 机壳

机壳也称为气缸。机壳是静子中最大的零件。它通常是用铸铁或铸钢浇铸出来的。对于高压叶轮式压缩机,都采用圆筒形锻钢机壳,以承受高压。

机壳一般有水平中分面。利于装配。上、下机壳用定位销定位。用螺栓连接。下机壳装有导柱,便于装拆。轴承箱与下机壳分开浇铸。

吸气室 1 是机壳的一部分。它的作用是把气体均匀地引入叶轮。吸气室内常绕铸有分流肋,使气流更加均匀,也起增加机壳刚性的作用。

2. 扩压器

气体从叶轮流出时,它具有较高的流动速度。为了充分利用这部分速度能,常常在叶轮后面设置了流通面积逐渐扩大的扩压器,用以把速度能转化为压力能,以提高气体的压力。扩压器一般有无叶、叶片、直壁形扩压器等多种形式。

3. 弯道

在多级叶轮式压缩机中,气体欲进入下一级,必须使之拐弯。为此就要采用弯道。弯道是由机壳和隔板构成的弯环形空间。

4. 回流器

回流器的作用是使气流按所需的方向均匀地进入下一级。它由隔板 19 和导流叶片 20 组成。通常,隔板和导流叶片整体铸造在一起。隔板借销钉或外缘凸肩与机壳定位。

5. 蜗室

蜗室的主要目的是把扩压器后面或叶轮后面的气体汇集起来,把气体引到压缩机外面去,使它流向气体输送管道或流到冷却器去进行冷却。此外,在汇集气体的过程中,在大多数情况下,由于蜗室外径的逐渐增大和通流截面的渐渐扩大,也使气流起到一定的降速扩压作用。

6. 密封

密封有隔板密封 19、轮盖密封 18 和轴端密封 7、8。密封的作用是防止气体在级间倒流及向外泄漏。为了防止通流部分中,气体在级间倒流,在轮盖处设有轮盖密封 18。在隔板和转子之间设有隔板密封 19。这两种密封统称为内密封。为了减少和杜绝机器内部的气体向外泄漏,或外界空气向机器内部窜入,在机器端安置密封 7、8。这种密封统称为外密封。最常用的是迷宫式密封。密封片为软金属制成。可以是车削而成,也可以嵌入密封体内。由于密封片较软,当转子发生振动与密封片相碰时,密封片易磨损,而不使转子损坏。密封的作用原理,是利用气