

压缩机操作工

彭德厚 编著

YASUOJI
CAOZUOGONG



化学工业出版社

压缩机操作工

彭德厚 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了离心式压缩机、往复式压缩机和蒸汽透平机的工作原理、运行、开停车、日常维护、技术管理、故障处理等。本书针对化工和石油化工企业压缩机岗位培训的要求编写,理论部分深度适宜、浅显易懂,重点突出生产岗位按章操作,常见故障现象和解决以及初步编制岗位操作规程等现场操作人员需要具备的专业技术。

本书可作为化工、石油化工企业压缩机岗位操作工培训用书,也可供高职高专化工专业教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

压缩机操作工/彭德厚编著. —北京:化学工业出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-122-19305-6

I. ①压… II. ①彭… III. ①压缩机-岗位培训-教材
IV. ①TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 304134 号

责任编辑:李玉晖

装帧设计:王晓宇

责任校对:陶燕华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张9½ 字数142千字 2014年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

| 前言 |

| FOREWORD |

本书是为化工生产过程中压缩机岗位操作工编写的一本培训教材。本书具有以下特点。

一、理论联系实际，重点对压缩机岗位的操作技术进行了详细的介绍，让学员初步了解制定压缩机岗位操作规程的方法与步骤。

二、考虑到主要是供压缩机岗位操作工岗前培训和在岗继续学习之用，并且考虑了目前操作工的构成及理论水平参差不齐的实际情况，所以本书理论上力求够用且浅显易懂，操作技术上力求实用且易学。

三、对压缩机岗位可能出现的故障进行了详细的分析和探讨，力求使操作工在操作过程中能及时、准确地判断故障的原因，采用恰当的措施消除故障，保证压缩机安全的运行。

四、本书的学习重点和难点都在每章开头以知识目标和能力目标列出，学习目标明确，有利于操作工和学生的学习与掌握。

电动机作为压缩机驱动机械，相对蒸汽透平机作为驱动机械的操作技术较为简单，并且其理论知识属于电工学范畴，限于篇幅本书不详细介绍。

由于编者水平有限，书中有不当之处，望读者提出批评与指正。

编者
2014年1月

I 目录 I

I CONTENTS I

第 1 章 离心式压缩机操作技术及理论基础	001
1.1 离心式压缩机概述	002
1.1.1 离心式压缩机的应用	002
1.1.2 离心式压缩机结构及优缺点	003
1.1.3 离心式压缩机的工作原理	010
1.2 离心式压缩机组的试运转	012
1.2.1 基本条件	012
1.2.2 试运转的目的	014
1.2.3 试运转前的准备工作	015
1.2.4 试运转后的检查	022
1.3 离心式压缩机组的开停车	022
1.3.1 离心式压缩机组运行前的准备与检查	022
1.3.2 离心式压缩机组启动后应注意的问题	024
1.3.3 电动机驱动机组的开停车	024
1.3.4 汽轮机驱动机组的开停车	026
1.3.5 压缩机的反转与防反转	034
1.3.6 压缩机在封闭回路下的操作	035
1.3.7 压缩机的喘振与防喘振	036
1.4 离心压缩机组的技术管理	040
1.4.1 建立健全压缩机主辅机的设备技术档案	040
1.4.2 加强设备备件的管理	040
1.4.3 加强设备的缺陷管理	040
1.4.4 加强设备升级管理	041
1.4.5 离心式压缩机完好的标准	041
1.5 离心式压缩机日常维护与管理	042
1.5.1 严格遵守各项规章制度	042
1.5.2 加强日常维护	042
1.5.3 监视运行情况	043
1.5.4 尽量避免带负荷紧急停车	043

1.6 离心式压缩机操作规程	043
1.6.1 启动前的准备工作	044
1.6.2 启动	044
1.6.3 运行期间的监护	045
1.6.4 正常停机	047
1.6.5 非正常停机	047
1.6.6 长期运行期间的日常维护	048
1.6.7 停机期间的维护	048
1.7 离心式压缩机组常见故障与处理	049
1.7.1 压缩机性能达不到要求	049
1.7.2 压缩机流量和排出压力不足	049
1.7.3 压缩机启动时流量、压力为零	050
1.7.4 排出压力波动	050
1.7.5 流量异常降低	050
1.7.6 气体温度升高	051
1.7.7 压缩机异常振动与异常噪声	051
1.7.8 压缩机喘振	052
1.7.9 机器声音异常	053
1.7.10 压缩机漏气	053
1.7.11 轴承故障	053
1.7.12 止推轴承故障	053
1.7.13 轴承温度升高	054
1.7.14 轴位移增大报警	054
1.7.15 油密封环和密封环故障	055
1.7.16 密封系统工作不稳、不正常	055
1.7.17 压缩机叶轮破损	055
1.7.18 齿轮增速器声音不正常	056
1.7.19 齿轮振动加剧	056
1.7.20 齿轮润滑不良	057
1.7.21 润滑油压力降低	057
1.7.22 油压波动剧烈	057
1.7.23 油冷却器后油温高	058
1.7.24 主油泵振动发热或产生噪声	058
1.7.25 油温升高	058

1.7.26	润滑油变质	059
1.7.27	润滑油量突然减少	059
1.7.28	原动机超负荷	059
思考题		060
第2章 往复式压缩机操作技术及理论基础		063
2.1	往复式压缩机概述	064
2.1.1	往复式压缩机的应用	064
2.1.2	往复式压缩机结构及优缺点	065
2.1.3	往复式压缩机的工作原理	071
2.1.4	往复式压缩机的类型与选用	074
2.2	往复式压缩机的安装	076
2.2.1	安装前的准备工作	076
2.2.2	基础验收	076
2.2.3	机身安装	076
2.2.4	曲轴、连杆、十字头的安装	078
2.2.5	填料、接筒、气缸的安装	079
2.2.6	活塞的安装	080
2.2.7	刮油器及气阀的安装	082
2.2.8	压缩机附属设备与管道的安装	083
2.3	往复式压缩机试运转	083
2.3.1	试运行之前的准备工作	083
2.3.2	润滑系统的试运行	084
2.3.3	往复式压缩机的无负荷试运转	085
2.3.4	压缩机附属设备及管道的空气吹扫	087
2.3.5	压缩机有负荷试运转	087
2.4	压缩机日常维护与管理	089
2.4.1	正常启动	089
2.4.2	日常维护	090
2.4.3	维护保养规程	090
2.4.4	正常停车	091
2.4.5	非正常停车	092
2.5	往复式压缩机操作规程(初步)	092
2.5.1	开车前的准备工作	092
2.5.2	润滑油系统及冷却水系统的试车	093
2.5.3	试运转	095
2.5.4	正常操作	098
2.5.5	日常维护	100

2.6 往复式压缩机故障原因及处理	101
思考题	103
第3章 蒸汽透平机操作技术及理论基础	105
3.1 概述	106
3.1.1 蒸汽透平机的工作原理及其分类	106
3.1.2 工业蒸汽透平机组的构成	109
3.1.3 工业透平机的型号、意义	110
3.2 蒸汽透平机启动前的准备工作	111
3.2.1 透平机的检查与准备	112
3.2.2 离心式压缩机的检查与准备	113
3.2.3 测量仪表、信号的检查与准备	113
3.2.4 油系统的检查、试验与调整	114
3.2.5 主汽阀跳闸试验、电磁阀试验	115
3.3 蒸汽透平机的冷态启动	115
3.3.1 透平机启动前的准备工作	115
3.3.2 启动油系统	116
3.3.3 暖管	116
3.3.4 疏水	117
3.3.5 盘车	118
3.3.6 建立真空	120
3.3.7 轴封供汽	121
3.3.8 冲动转子	122
3.3.9 暖机与升速	123
3.3.10 通过临界转速	126
3.3.11 调速器投入工作	127
3.3.12 跳闸试验与超速试验	127
3.3.13 透平机带负荷	128
3.3.14 透平机运行中的检查与维护	131
3.4 蒸汽透平机热态启动	132
3.5 蒸汽透平机的停机	136
3.5.1 正常停机的主要操作步骤	139
3.5.2 紧急停车	141
思考题	143
参考文献	144

第1章

压缩机操作工

Chapter 1

离心式压缩机操作技术 及理论基础

知识目标：

1. 了解离心式压缩机的主体结构；
2. 了解离心式压缩机的优缺点；
3. 理解离心式压缩机的工作原理，掌握离心式压缩机的工作过程；
4. 熟记并掌握离心式压缩机的重要操作指标；
5. 了解离心式压缩机试运转的目的和意义；
6. 掌握离心式压缩机试运转前的准备工作内容；
7. 掌握与离心式压缩机相连的工艺管道的冲洗方法与步骤；
8. 掌握油系统冲洗与调节的方法与步骤；
9. 掌握冷却系统的冲洗的方法与步骤；
10. 了解离心式压缩机试运前的检查项目、内容；
11. 了解离心式压缩机试运启动后应注意的问题；
12. 掌握离心式压缩机的开车、停车方法与步骤；
13. 掌握离心式压缩机防喘振的技术；
14. 掌握离心式压缩机防反转的技术；
15. 掌握离心式压缩机日常维护与管理技术。

能力目标：

1. 能够做好离心式压缩机启动前的准备工作；
2. 能够完成离心式压缩机启动前的检查工作；
3. 能够正常启动离心式压缩机；
4. 能够完成离心式压缩机正常运行期间的各项监管工作；
5. 能够完成正常情况下停机；
6. 能够完成非正常情况下停机；
7. 能够进行离心式压缩机日常维护与管理；
8. 能够判断、分析离心式压缩机常见故障原因，并能采取相应的措施消除故障。

1.1 离心式压缩机概述

1.1.1 离心式压缩机的应用

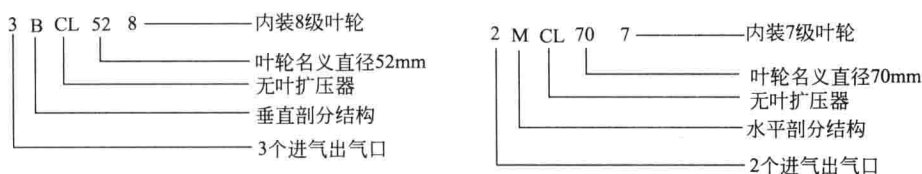
过去一般化工企业只是在中、低压力，大流量的场合偶尔使用离心式压缩机，大多数都是采用制造技术比较成熟、使用历史比较悠久的往复式压缩机，特别是中小型化工企业更是如此。原因一方面是对离心式压缩机结构特性和操作性能了解得不是十分透彻，感觉操作比较困难，难以驾驭；另一方面大型离心式压缩机主要依赖进口，价格也比较昂贵，因此限制了离心式压缩机的广泛应用。目前随着气体动力学的深入研究取得的成就，离心式压缩机的效率不断提高。又由于高压密封、小流量窄叶轮的加工和多油楔轴承等关键技术的研制成功，解决了离心压缩机向高压、宽流量范围发展的一系列问题，使离心式压缩机的应用范围大为扩展，以至于在很多场合可取代往复式压缩机。特别是近年来，由于化学工业的发展，各种大型化工厂，如乙烯裂解、甲醇合成、

乙烯环氧化等，以及千万吨级炼油厂的建立，回收的废热所产生的高压、高温蒸汽为离心式压缩机的应用创造了很好的条件，所以目前离心式压缩机成为压缩和输送化工生产中各种气体的关键设备。

离心式压缩机除了在合成塑料、纤维、橡胶所需的重要化工基础原料乙烯、丙烯、丁二烯的生产过程中占有极其重要地位外，在其他方面，如石油精炼、制冷等行业中，离心式压缩机也成为关键的设备。生产规模的不断扩大，生产过程中所产生的大量的、高压、高温余热需要回收利用，也为离心式压缩机的利用提供了有利条件。如甲醇生产由原先的年产几千吨、几万吨到目前的几十万吨，甚至达到几百万吨的规模，乙烯装置由原先的几万吨、十几万吨到几十万吨甚至上百万吨的规模。再者，随着人们对离心式压缩机深入研究，对其性能充分了解，其应用逐渐成熟，为离心式压缩机的推广创造了有利条件。

目前离心式压缩机大致适应范围：最小流量 $5000\text{m}^3/\text{h}$ （进口状态）；最大流量 $300000\sim 450000\text{m}^3/\text{h}$ （进口状态）；最高出口压力 $40\sim 74\text{MPa}$ ；主轴转速 $3000\sim 25000\text{r}/\text{min}$ ；单缸叶轮数 $5\sim 12$ 个；轴功率 $220\sim 74000\text{kW}$ 。

离心式压缩机结构性能参数表示如下。



1.1.2 离心式压缩机结构及优缺点

(1) 离心式压缩机的结构

如图 1-1 所示。

在离心式压缩机的应用过程中，常遇到“级”、“段”和“缸”的概念。所谓压缩机的“级”，是由“一个叶轮”及与其相配合的固定元件所构成，如图 1-1 属于单级。压缩机的“段”，是以中间冷却器作为分段的标志。而压缩机的“缸”，是将一个机壳称为一个缸，多机壳的压缩机就称为多缸压缩机。压缩机分成多缸的原因是，当设计一台离心式压缩机时，有时由于所要求的压缩比较大，需用叶轮数目较多，也就是级数较多，如果都安装在同一根轴上，则会使轴的第一临界转速变得很低，导致工作转速与第二临界转速过于接近，而这是不允许的。另外，

为了使机器设计得更为合理，压缩机各级需采用不同的转速时，也需分缸。一般压缩机每缸可以有 1~10 个叶轮。多缸压缩机各缸的转速可以相同，也可以不同。由此可知，一个段内可以包含单缸或多缸，单缸可以是单级的也可以是多级的，多缸肯定是多级的。

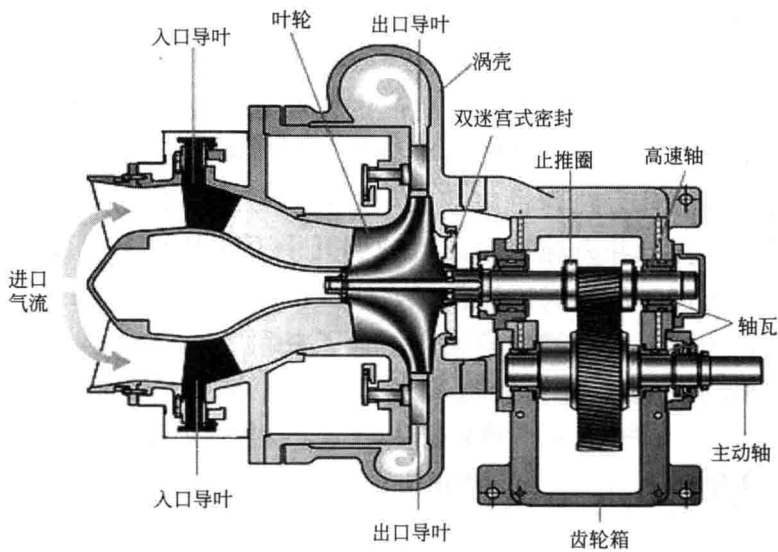


图 1-1 单级离心式压缩机纵剖面结构图

离心式压缩机主要由转子和定子两部分组成：转子包括叶轮和轴，叶轮上有数目不等的叶片、平衡盘和一部分轴封；定子的主体是气缸，还有扩压器、弯道、回流器、进气管、排气管等装置。

1) 转子部分

① 主轴 它是压缩机的关键部件，它是主要起到装配叶轮、平衡盘、推力盘的作用，是转子部分的中心部位，如图 1-2 所示。

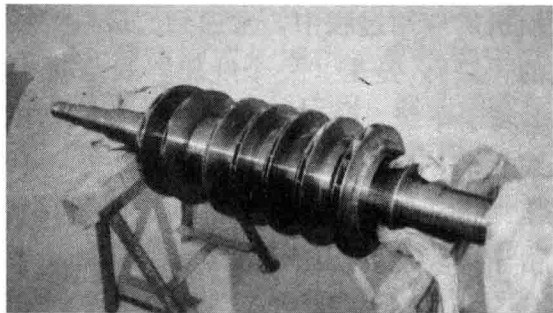


图 1-2 离心式压缩机主轴结构

② 叶轮 叶轮又称工作轮，是压缩机的最主要的部件。叶轮随主轴高速旋转，对气体做功。气体在叶轮叶片的作用下，跟着叶轮作高速旋转，受旋转离心力的作用以及叶轮里的扩压流动，在流出叶轮时，气体的压强、速度和温度都得到提高。

同离心泵的叶轮相似，按结构型式叶轮分为开式、半开式、闭式三种，在大多数情况下，后两种叶轮在压缩机中得到广泛的应用，如图1-3所示。闭式叶轮性能好、效率高，但由于轮盖的影响，叶轮圆周速度受到限制；半开式叶轮效率较低，强度较高；双面进气叶轮适用于大流量，且轴向力平衡好。

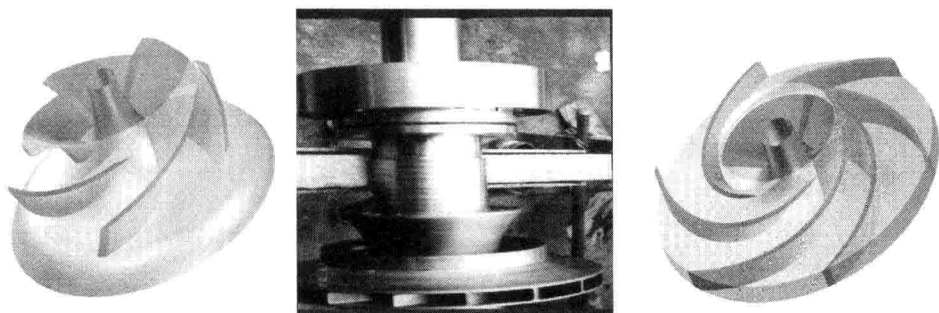


图 1-3 叶轮结构

③ 平衡盘 平衡盘又名卸荷盘，压缩机的平衡盘一般装在汽缸末级的后面，它的一侧受末级的气体压力，另一侧常与机器的吸气室相通，平衡盘的外圆上一般都有迷宫密封装置，使盘两侧维持压差。

④ 推力盘 推力盘主要承受推力轴承的轴向力，由光洁度很高的不锈钢板材经线切割制造而成。其两侧分别为推力轴承的正副止推块。推力盘有的设置在压缩机的高压端，有的设置在机组的压缩机的两段之间。

2) 定子部分

① 气缸 它是压缩机的壳体，又称为机壳。由壳体和进气室、排气室组成，内装有隔板、密封体、轴承等零部件。对它的主要要求是：有足够的强度以承受气体的压力，法兰结合面应严密。气缸主要由铸钢组成。如图1-4所示。按结构特性又分为水平型、垂直型和等温型等。

水平剖分型气缸壳体是在中心线处剖分为上、下两部分，用锥销定位和螺栓联接。接合面的密封采用涂密封胶或专配密封剂，拧紧联接螺栓。此类结构的气缸进、出气管口一般布置在气缸壳体的下半部（简称

缸体)，检修时揭去气缸壳体上半部（简称缸盖），便可拆装和检修内件。缸体上装有两个导柱，作为装卸缸盖时引导用，以免缸盖隔板同转子相碰。如图 1-5 所示。

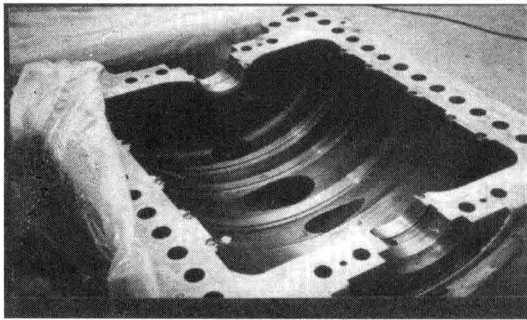


图 1-4 气缸结构

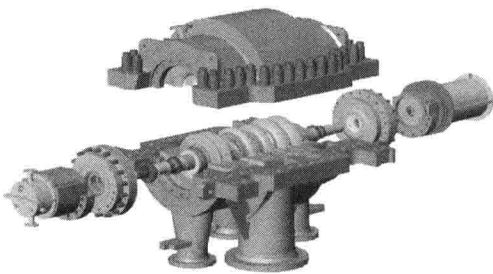


图 1-5 水平剖分型结构

垂直剖分型（又称筒型），气缸壳体是个整体圆筒，两端或一端设有端盖封头，用高压螺栓与筒体紧固，或用剪力环定位。端盖封头与圆筒机壳密封，常采用 O 形环和背环密封，绕型垫密封或其他型式的密封。O 形环的材料可根据介质性质、温度和压力的不同，选用硅橡胶或氟塑料等材料做成。圆筒式壳体的轴承架有与端盖封头铸成一体，也有的用螺钉将轴承架与端盖封头联接固定。如图 1-6 所示。

等温型压缩机是为了能在较小的动力下对气体进行高效的压缩，把各级叶轮压缩的气体，通过级间冷却器冷却后再导入下一级的一种压缩机。如图 1-7 所示。

② 隔板 隔板安装在气缸壳体内，与气缸壳体或内机壳组成压缩机的气道，即形成扩压器、弯道及回流器等。隔板一般采用铸铁件，经时效热处理后加工而成。隔板均为水平剖分，以便拆卸装配。

③ 扩压器 扩压器的种类一般可分为无叶扩压器、叶片扩压器和直叶壁形扩压器。图 1-8 为无叶扩压器，由两个隔板平行壁构成等宽度环形通道。这种扩压器结构最简单，造价最低，工作范围大，一般离心式压缩机都采用这种结构型式的扩压器。

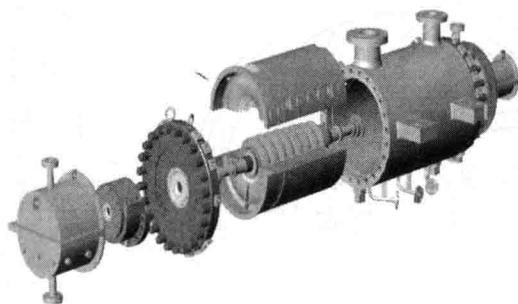


图 1-6 垂直剖分型结构

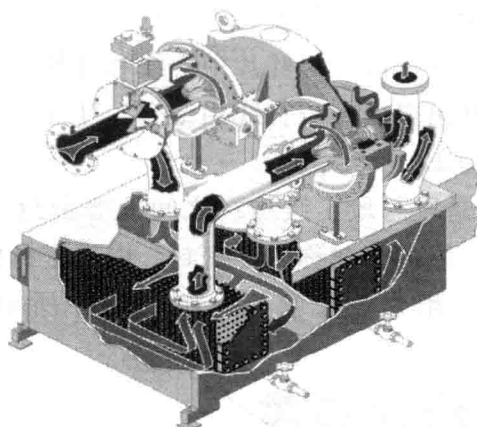


图 1-7 等温型结构

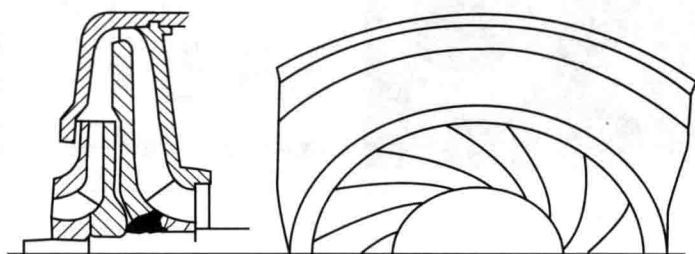


图 1-8 扩压器结构示意图

④ 弯道及回流器 为了把扩压后的气体引导到下一级叶轮去继续

进行增压，需要在扩压器之后设置弯道和回流器，如图 1-9 所示。弯道是连接扩压器与回流器的一个圆弧形通道。

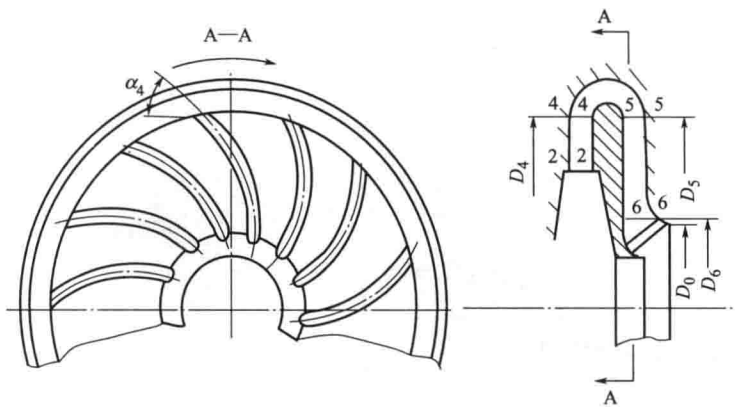


图 1-9 弯道及回流器结构示意图

弯道内一般不设置叶片，气流在弯道内转 180° 以后进入回流器。回流器气道中装有反向导流叶片，叶片中心线和叶轮叶片一样，也是圆弧形的，或一段圆弧和出口处一段直线相结合。叶片形状有等厚度和变厚度两种，叶片一般为 12~18 片。

⑤ 气封 密封是段与段、级与级之间的静密封。防止机器内部通流部分各空腔之间泄漏的密封称内部密封。内部密封如轮盖、定距套和平衡盘上的密封，一般做成迷宫型。如图 1-10 所示为迷宫式密封示意图。

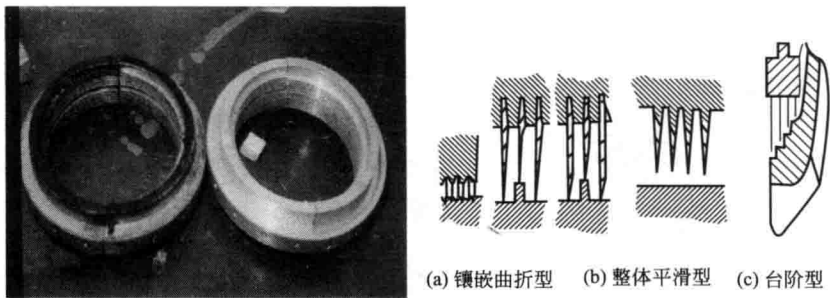


图 1-10 迷宫式密封示意图

防止或减少气体由机器向外部泄漏或由外部向机器内部泄漏（在机器内部气体压力低于外部气压时）的密封，称外部密封或称轴端密封。

对于外部密封来说，如果压缩的气体有毒或易燃易爆，如氨气、甲

烷、丙烷、石油气、氢气等，不允许漏至机外，必须采用液体密封、机械接触式密封、抽气密封或充气密封等；当压缩的气体无毒，如空气、氮气等，允许少量气体泄漏，也可以采用迷宫型密封。化工厂的压缩机中，常采用迷宫型密封、浮环油膜密封、机械接触式密封和干气密封四种。如图 1-11 所示为浮环密封示意图。

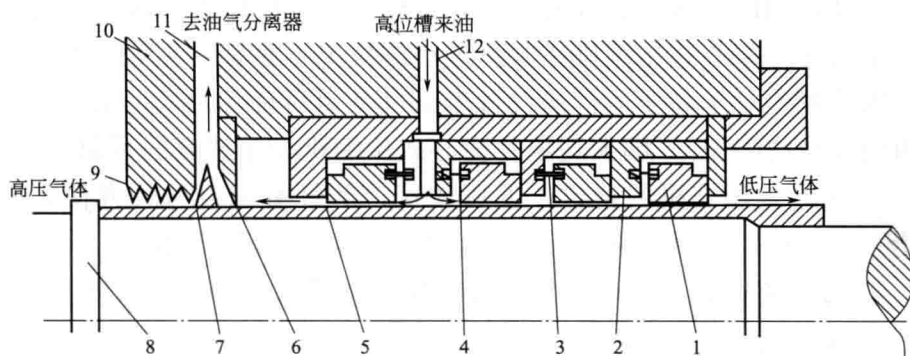


图 1-11 浮环密封

1—浮环；2—固定环；3—销钉；4—弹簧；5—轴套；6—挡油环；7—刮油环；
8—轴；9—迷宫密封；10—密封；11—回油孔；12—进油孔

(2) 离心式压缩机优缺点

其主要优点如下：

① 离心式压缩机的气量大，结构简单紧凑，重量轻，机组尺寸小，占地面积小。

② 运转平衡，操作可靠，运转率高，摩擦件少，因此备件需用量少，维护费用及人员少，一般能连续运转 2 年以上，原则上不需要备用机组。

③ 在化工流程中，离心式压缩机一方面对化工介质可以做到绝对无油的压缩过程，不污染被压缩的介质，特别适用于化学反应的原料气体的压缩；另一方面供气连续稳定，更有利于化工生产的连续性操作。

④ 离心式压缩机为一种回转式运动的机器，它适宜于工业汽轮机或燃汽轮机直接拖动。对一般大型化工厂，常用副产蒸汽驱动工业汽轮机作动力，为热能综合利用提供了可能。像甲醇合成装置、乙烯环氧化装置、乙烯裂解装置等都适用于选用离心式压缩机。当然离心式压缩机也可以由电机带动。与往复式压缩机相比，驱动机械的动力可以多