

声 明

本电子书由中国轻工业出版社出版,相关权利归中国轻工业出版社所有。读者、著作权人和(或)依法可以行使著作权的权利人如有疑问,请与中国轻工业出版社联系:

地址:北京市东长安街6号

邮编:100740

电话:85119838

Email: xnxtm@yahoo.com.cn

中国轻工业出版社

高等学校专业教材

全国普通高等学校优秀教材二等奖

食品加工技术装备

张裕中 主 编

臧其梅 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工技术装备/张裕中主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2000.3 (2004.3 重印)
高等学校专业教材
ISBN 7-5019-2758-8

I. 食… II. 张… III. ①食品加工-生产工艺②食品加工设备 IV. TS203

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 56204 号

责任编辑:李亦兵 责任终审:滕炎福 封面设计:崔云
版式设计:丁夕 责任校对:方敏 责任监印:吴京一

*

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京工大印刷厂

经销:各地新华书店

版次:2000年3月第1版 2004年3月第4次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:45

字数:1000千字 插页:1

书号:ISBN 7-5019-2758-8/TS·1669 定价:79.00元

读者服务部邮购热线电话:010-65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010-88390721 88390722

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

·如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换·

40067J1C104ZBW

内 容 提 要

本书系统介绍了食品加工过程中常用的技术装备，重点论述了它们的基本原理、主要结构、设计方法和应用实例，对国内外先进的食品加工装备和典型生产线作了详细介绍，具有较强的实用性。全书共分十四章，内容包括：食品输送技术装备、食品分选技术装备、食品粉碎技术装备、食品分离技术装备、食品混合技术装备、食品浓缩技术装备、食品干燥技术装备、食品杀菌技术装备、食品成型技术装备、食品熟化技术装备、食品冷冻技术装备、食品包装技术装备、生化反应技术装备、典型食品生产应用实践等内容。

本书适合作为高等院校食品工程、生化与食品机械及相关专业本科生、研究生的教学参考书，也适合作为食品制造企业、科研院所工程技术人员的设计参考用书。

前 言

食品加工技术装备是直接为食品工业发展提供有力保证的重要手段，食品工业的发展带动了食品加工技术装备的发展，而食品加工技术装备的科技进步与发展又为食品工业创造了更大的发展空间。随着 21 世纪食品工业蓬勃发展，食品加工技术装备必将走向现代化的新的发展时期。高等院校食品科学与工程、生化与食品机械及相关专业的学生和科研院所、生产第一线的工程技术人员，有必要了解食品加工技术装备的基本理论、主要结构、先进装备、设计方法和具体应用，为选择和设计新型的食品加工装备，为解决工程实际问题获得必需的知识。

本书从理论与实践结合，从教学、科研和生产实践角度出发，对食品加工过程中常用的技术装备进行了较系统地介绍，作者希望通过本书的出版，能对广大读者在开拓视野、新产品开发、选型应用和投资分析等方面起到一定的指导作用。

本书共分十四章，参加编写人员有张裕中（第一章、第二章、第三章、第八章、第十二章），臧其梅（第五章、第六章、第七章、第十三章），吴小鸣（第十四章），戴宁（第四章、第十一章），瞿维国（第九章、第十章）。本书由张裕中主编。张文明、徐凯担任绘图工作。

本书内容取材于国内外专家、学者的有关专著、论文，作者授课讲义、科研成果和工程实践；大专院校出版教材、研究生论文；国内外知名食品机械制造企业的技术资料和产品样本等。

本书在编写过程中得到无锡轻工大学领导的关心与支持，得到许多专家、教授的指导与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中出现的缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 食品输送技术装备	(1)
第一节 液力输送技术装备	(1)
一、液力输送原理与分类	(1)
二、离心泵的原理与结构	(1)
三、往复泵的原理与结构	(11)
四、转子泵的原理与结构	(15)
五、其他泵的原理与结构	(19)
第二节 气力输送技术装备	(21)
一、气力输送原理与分类	(21)
二、气力输送的动力设备	(25)
三、气力输送的配套设备	(33)
四、气力输送系统的设计	(37)
第三节 振动输送技术装备	(40)
一、振动输送原理与分类	(40)
二、振动输送的主要设备	(41)
第四节 螺旋输送技术装备	(46)
一、螺旋输送原理与分类	(46)
二、螺旋输送的主要设备	(47)
三、螺旋输送设备的设计	(50)
第五节 其他输送装备与应用	(54)
一、带式输送原理与设备	(54)
二、刮板输送原理与设备	(60)
三、斗式输送原理与设备	(61)
四、悬挂与板式输送设备	(65)
第二章 食品分选技术装备	(68)
第一节 振动筛分技术装备	(68)
一、振动筛分的基本知识	(68)
二、筛面运动与机械传动	(72)
三、物料在筛面上的运动	(75)
四、振动筛的设计与计算	(77)
第二节 形状分级技术装备	(82)
一、滚筒式形状分级设备	(82)
二、滚轴式形状分级设备	(87)
三、颗粒形状的分级设备	(89)

第三节 光电色选技术装备 ·····	(92)
一、光电色选技术的应用 ·····	(92)
二、食品物料的光特性分析 ·····	(94)
三、光电检测系统的设计 ·····	(97)
四、光电色选设备的设计 ·····	(101)
第四节 其他分选装备与应用 ·····	(109)
一、重力分选技术与设备 ·····	(109)
二、磁性分选技术与设备 ·····	(110)
三、微细分级技术与设备 ·····	(111)
第三章 食品粉碎技术装备 ·····	(116)
第一节 食品粉碎方式与理论 ·····	(116)
一、食品粉碎目的与方式 ·····	(116)
二、粉碎能耗与粉碎速率 ·····	(118)
三、粉碎规则与粉碎操作 ·····	(120)
第二节 干法粉碎技术装备 ·····	(121)
一、锤式粉碎技术与设备 ·····	(121)
二、辊式粉碎技术与设备 ·····	(130)
三、气流粉碎技术与设备 ·····	(134)
四、振动粉碎技术与设备 ·····	(137)
第三节 湿法粉碎技术装备 ·····	(141)
一、高压均质技术与设备 ·····	(141)
二、胶体磨及其磨浆设备 ·····	(152)
三、搅拌磨与超声均质机 ·····	(156)
第四节 果蔬破碎技术装备 ·····	(160)
一、果蔬打浆技术与设备 ·····	(160)
二、果蔬榨汁技术与设备 ·····	(162)
三、果蔬切片技术与设备 ·····	(165)
第五节 肉类绞切与粉碎装备 ·····	(173)
一、肉类绞切与斩拌设备 ·····	(173)
二、骨类粉碎设备与生产线 ·····	(176)
第四章 食品分离技术装备 ·····	(181)
第一节 离心分离技术装备 ·····	(181)
一、离心分离原理与应用 ·····	(181)
二、螺旋分离与设备分类 ·····	(183)
三、碟片分离分类与设备 ·····	(190)
四、其他离心分离与设备 ·····	(194)
五、离心机的选型与计算 ·····	(198)
第二节 旋液分离技术装备 ·····	(201)
一、旋液分离原理与应用 ·····	(201)

二、旋流分离器的性能	(202)
第三节 过滤分离技术装备	(204)
一、过滤分离原理与应用	(204)
二、板框过滤特点与设备	(207)
三、加压滤叶型过滤设备	(214)
四、几种常用的真空过滤机	(219)
五、过滤设备的应用选择	(221)
第四节 膜分离技术装备	(223)
一、膜分离技术的基本概念	(223)
二、膜分离的方法与原理	(224)
三、膜分离装置与膜组件	(226)
四、膜分离工艺及其应用	(232)
第五节 其他分离装备与应用	(237)
一、旋风分离器的原理与应用	(237)
二、超临界萃取技术的应用	(240)
第五章 食品混合技术装备	(246)
第一节 液体混合技术装备	(246)
一、液体混合的目的与原理	(246)
二、液体混合流型的分析	(249)
三、低粘度液体的混合设备	(250)
四、高粘度液体的混合设备	(253)
五、液体混合的计算与选型	(257)
第二节 固体混合技术装备	(263)
一、固体混合的机理与应用	(263)
二、固体混合的主要设备	(263)
第三节 固液混合技术装备	(271)
一、固液混合原理与应用	(271)
二、固液混合的主要设备	(271)
第四节 气液混合技术装备	(278)
一、气液混合的原理与应用	(278)
二、气液混合的主要设备	(282)
三、气液混合的应用实践	(285)
第六章 食品浓缩技术装备	(288)
第一节 单效浓缩技术装备	(288)
一、食品浓缩的原理与设备	(288)
二、单效升膜式浓缩设备	(298)
三、单效降膜式浓缩设备	(300)
四、其他单效浓缩设备	(303)
第二节 多效浓缩技术装备	(308)

一、多效真空浓缩的原理	(308)
二、双效升膜式浓缩设备	(312)
三、双效降膜式浓缩设备	(313)
四、三效降膜式浓缩设备	(315)
第三节 冷冻浓缩技术装备	(317)
一、冷冻浓缩的原理与特点	(317)
二、冷冻浓缩装置系统	(319)
三、食品冷冻浓缩的应用	(323)
四、芳香物质的回收设备	(324)
第七章 食品干燥技术装备	(326)
第一节 喷雾干燥技术装备	(326)
一、喷雾干燥的原理及特性	(326)
二、喷雾干燥器的几种分类	(328)
三、雾化器的结构及机理	(333)
四、喷雾干燥设备的设计	(346)
第二节 滚筒干燥技术装备	(353)
一、滚筒干燥的原理与设备	(353)
二、滚筒干燥器的结构设计	(360)
第三节 沸腾干燥技术装备	(361)
一、沸腾干燥原理	(361)
二、流化床干燥器的形式	(363)
第四节 冷冻干燥技术装备	(368)
一、冷冻干燥的原理及特点	(368)
二、冷冻干燥设备的设计	(370)
三、食品冷冻干燥机简介	(374)
第五节 其他干燥设备与应用	(379)
一、辐射干燥设备与应用	(379)
二、真空干燥设备与应用	(381)
三、高频干燥设备与应用	(387)
四、干燥器的选型与发展	(389)
第八章 食品杀菌技术装备	(393)
第一节 板式杀菌技术装备	(394)
一、板式杀菌设备的特点	(394)
二、板式杀菌设备的操作	(395)
三、板式杀菌设备的设计	(397)
第二节 管式杀菌技术装备	(401)
一、管式杀菌机的结构特点	(401)
二、管式杀菌设备的操作	(402)
第三节 釜式杀菌技术装备	(406)

一、立式与卧式杀菌设备	(406)
二、回转杀菌设备与操作	(408)
三、淋水杀菌设备与操作	(412)
第四节 连续杀菌技术装备	(413)
一、常压连续式杀菌设备	(413)
二、加压连续式杀菌设备	(417)
第五节 欧姆与高压杀菌装备	(419)
一、欧姆杀菌技术与设备	(419)
二、高压杀菌技术与设备	(421)
三、就地清洗技术与设备	(426)
第九章 食品成型技术装备	(428)
第一节 辊式成型技术装备	(428)
一、辊式操作原理与计算	(428)
二、辊压成型方法与设备	(434)
三、辊印成型方法与设备	(441)
四、辊切成型方法与设备	(444)
第二节 冲印成型技术装备	(446)
一、冲印成型的典型设备	(446)
二、冲印成型的工作过程	(449)
三、冲印成型的技术参数	(450)
第三节 挤出成型技术装备	(451)
一、挤出成型的原理与设备	(451)
二、夹馅成型的原理与设备	(455)
三、馄饨成型的原理与设备	(462)
四、饺子成型的原理与设备	(464)
第四节 搓圆成型技术装备	(468)
一、切块设备的原理与传动	(468)
二、搓圆成型过程与设备	(470)
三、网格成型过程与设备	(473)
第十章 食品熟化技术装备	(476)
第一节 焙烤熟化技术装备	(476)
一、食品在焙烤中的变化	(476)
二、红外加热原理与设备	(478)
三、微波加热原理与设备	(484)
四、食品焙烤设备的设计	(487)
五、国外烘烤设备简介	(490)
第二节 油炸熟化技术装备	(493)
一、油炸熟化的原理与分类	(493)
二、普通电热式油炸设备	(495)

三、水油混合式油炸设备	(496)
四、真空低温式油炸设备	(499)
五、国外油炸设备简介	(501)
第三节 挤压熟化技术装备	(504)
一、挤压熟化的原理与特点	(504)
二、挤压加工系统与组成	(506)
三、挤压熟化设备的设计	(507)
四、挤压熟化设备的操作	(514)
五、国外挤压熟化设备简介	(516)
第四节 蒸煮熟化技术装备	(517)
一、蒸煮熟化作用与分类	(517)
二、螺旋式连续蒸煮设备	(518)
三、链带式连续蒸煮设备	(521)
四、国外蒸煮设备简介	(522)
第十一章 食品冷冻技术装备	(524)
第一节 食品冷冻技术与应用	(524)
一、食品冷冻的原理与方法	(524)
二、常用的制冷剂与载冷剂	(529)
第二节 制冷系统的主要设备	(532)
一、活塞制冷机的主要设备	(533)
二、食品制冷系统的选用	(548)
第三节 食品速冻技术装备	(549)
一、食品速冻的方法与特点	(549)
二、食品速冻设备的设计	(550)
三、常见的食品速冻装置	(552)
第四节 其他冷冻装置与应用	(565)
一、食品流态化速冻设备	(565)
二、食品流化速冻装置	(567)
三、流化速冻器的辅助系统	(569)
第十二章 食品包装技术装备	(571)
第一节 食品包装的作用与材料	(571)
一、食品包装的基本知识	(571)
二、典型食品的包装要求	(572)
三、金属材料及其金属罐	(575)
四、塑料及复合包装材料	(577)
五、纸质容器及应用举例	(579)
第二节 液体灌装技术装备	(582)
一、灌装料液与灌装方法	(582)
二、液体供料的原理与装置	(584)

三、典型灌装阀的工作原理	(587)
四、液体灌装的应用举例	(592)
第三节 食品袋装技术装备	(595)
一、食品袋装的工艺流程	(595)
二、袋装设备的构造与特点	(595)
三、计量方法及计量装置	(598)
四、袋的成型及其封袋装置	(601)
五、典型袋装的应用实例	(603)
第四节 无菌包装技术装备	(606)
一、无菌包装的基本原理	(606)
二、无菌包装过程与设备	(607)
第五节 其他包装技术装备	(611)
一、裹包的包装过程与设备	(611)
二、枕式的包装过程与设备	(614)
第十三章 生化反应技术装备	(618)
第一节 发酵过程的反应装备	(618)
一、发酵反应的原理与设备	(618)
二、搅拌反应设备的设计	(622)
三、其他类型的反应设备	(638)
第二节 酶技术与酶反应装备	(641)
一、酶技术及其应用领域	(641)
二、酶反应设备的主要类型	(643)
第三节 细胞技术与反应装备	(648)
一、细胞技术的应用领域	(648)
二、细胞技术的反应设备	(649)
第四节 微生物技术与反应装备	(651)
一、微生物技术应用范围	(651)
二、生物技术处理废弃物	(652)
三、废水处理的生化设备	(654)
第十四章 典型食品生产应用实践	(659)
第一节 方便面生产技术与实践	(659)
一、方便面生产的工艺流程	(659)
二、和面、熟化与压延设备	(660)
三、成型、蒸煮与切块设备	(663)
四、油炸、烘干与冷却设备	(665)
五、产品检测与包装设备	(667)
第二节 糖果生产技术与实践	(667)
一、糖果生产的工艺流程	(668)
二、真空熬糖的原理与设备	(669)

三、糖果成型与包装设备	(670)
第三节 冰淇淋生产技术与实践	(672)
一、冰淇淋生产的工艺流程	(672)
二、杀菌冷却与老化操作	(674)
三、凝冻过程的设备与操作	(675)
四、成型硬化的设备与操作	(679)
第四节 国外生产线投资实践	(680)
一、淀粉生产线的投资实践	(680)
二、精炼油生产线的投资实践	(685)
三、香醋生产线的投资实践	(690)
四、香肠生产线的投资实践	(694)
五、婴儿食品生产线的投资实践	(698)
六、冰淇淋生产线的投资实践	(701)

第一章 食品输送技术装备

第一节 液力输送技术装备

一、液力输送原理与分类

液体输送在食品加工中有重要的作用，被输送的物料有牛奶、果汁、糖浆原料和水等。对于食品液体，由于其种类繁多，性质差别较大，使得输送问题变得较为复杂。比如液体的粘度范围很宽，有简单的低粘度水、油溶液，也有复杂的高粘度巧克力浆等。再如输送的酱油、醋及果蔬汁等有不同程度的腐蚀性，含脂食品易于氧化，营养丰富的食品又是微生物滋长的温床。为保证食品卫生，要求输送机械凡与食物接触的部分必须采用无毒，耐腐蚀材料，而且结构上要有完善的密封措施，同时还应易于清洗。这些都是食品液体的特殊性对输送机械提出的特殊要求。

用以输送液体的机械通称为泵。按其结构特征和工作原理，可分为以下基本类型：

(1) 叶片式泵 凡是依靠高速旋转的叶轮对被输送液体作功的机械，均属于此种类型的泵。如各种形式的离心泵、轴流泵、旋涡泵等。

(2) 往复式泵 利用泵体内往复运动的活塞或柱塞的推挤对液体作功的机械。属于这种类型的泵有活塞泵、柱塞泵或隔膜泵等。

(3) 旋转式泵 依靠作旋转运动的转子的推挤对液体作功的机械。属于这种类型的泵有齿轮泵、罗茨泵、螺杆泵、滑片泵等。

后两类泵又有其原理上的同一性，即均以动件的强制推挤的作用达到输送液体的目的，又统称为正位移式泵或容积式泵。

二、离心泵的原理与结构

离心泵是典型的离心式泵，也是使用范围最为广泛的输送液体机械之一。它不但可以输送简单的低、中粘度溶液，也可以输送含悬浮物或有腐蚀性的溶液。

(一) 离心泵的工作原理

离心泵的工作原理如图 1-1 所示。泵轴 1 上装有叶轮，叶轮上有若干弯曲的叶片 2。泵轴受外力作用，带动叶轮在泵壳 3 内旋转。液体由入口 4 沿轴向垂直进入叶轮中央，并在叶片之间通过而进入泵壳，最后从泵的液体出口 5 沿切线排出。图 1-2 所示为英国 APV 公司 W 系列离心泵外形图。

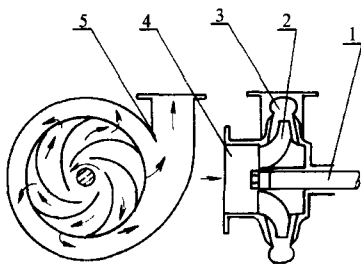


图 1-1 离心泵工作原理简图

- 1—泵轴 2—叶轮 3—泵壳
4—液体入口 5—液体出口

离心泵多用电动机带动。开动前泵内要先灌满所输送的液体或水，开动后，叶轮旋转，产生离心力。液体在离心力的作用下，从叶轮中心被抛向叶轮外周，以很高的速度（15~20m/s）流入泵壳，并在壳内减速，经过能量转换，达到较高的压力，然后从排出口进入管路。叶轮内的流体被抛出后，叶轮中心处形成真空。泵的吸入管一端与叶轮中心处相通，另一端浸没在被输送液体中，在液面压力与泵内压力的压差作用下，液体经吸入管进入泵内，填补了被排出液体的位置。只要叶轮的转动不停，离心泵便不断地吸入和排出液体。

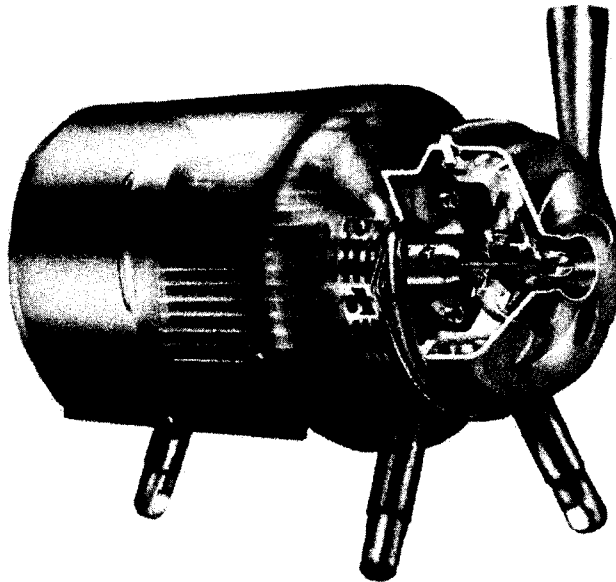


图 1-2 英国 APV 公司生产的 W 系列离心泵的外形图

离心泵启动时，如果泵壳与吸入管路内没有充满液体，则泵内充满空气，由于空气的密度远小于液体的密度，而不可能产生较大的离心力，致使叶轮中心处所形成的真空不足以将液体吸入泵内。此时，虽启动离心泵，但不能输送液体，此种现象称为气缚。为了使泵内充满液体，在吸入管底部安装带吸滤网的底阀，底阀为止逆阀，滤网为了防止固体物质进入泵内损坏叶轮的叶片而保证泵的正常操作。离心泵的出口后面可装设调节流量的阀门。

（二）离心泵的基本构成

典型离心泵的结构如图 1-3 所示。离心泵主要由泵体、泵盖、轴、叶轮、轴承、密封部件和支座等构成。有些离心泵还装有导叶、诱导轮和平衡盘等。由原动机带动固定在轴上的叶轮旋转，使叶轮中的液体获得能量（包括压力能和动能）。为防止液体从泵壳等处泄漏，在各密封点上分别装有密封环或轴封箱。轴承及轴承悬架支持着转轴。整台泵和电机安装在一个底座上。离心泵的过流部件包括吸入室、叶轮及排出室（又称蜗壳）。对过流部件的主要要求是能达到所需要的流量和扬程、流动稳定、损失小、效率高以节省能耗。对整台泵的综合要求：结构紧凑、工作可靠、检修方便、安全耐用。

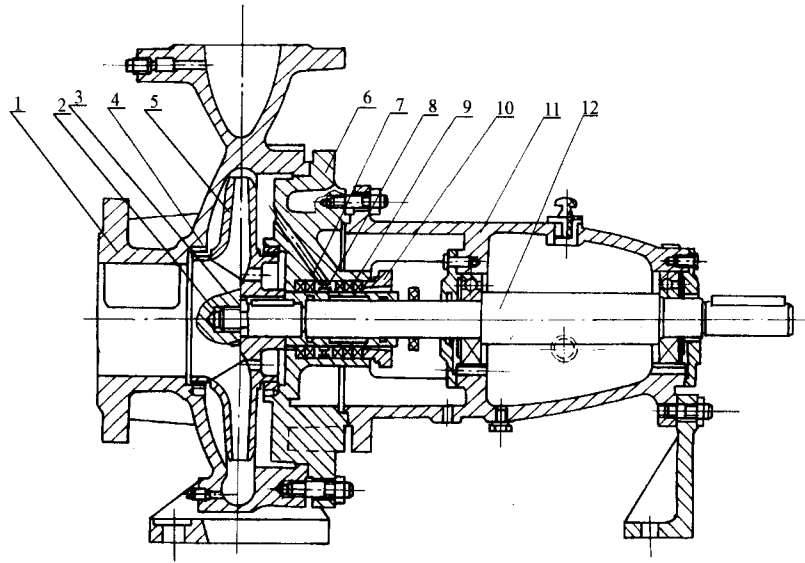


图 1-3 IS 型单级单吸离心泵结构图

- 1—泵体 2—叶轮螺母 3—制动垫片 4—密封环 5—叶轮 6—泵盖
7—轴套 8—填料环 9—填料 10—填料压盖 11—轴承悬架 12—轴

(三) 离心泵的分类

离心泵的类型很多，分类方法也很多，通常可按下列方法分类。

1. 按液体吸入叶轮的方法分类

有单吸式(图1-3)和双吸式(图1-4)两种。双吸式泵顾名思义，叶轮两侧都有吸入

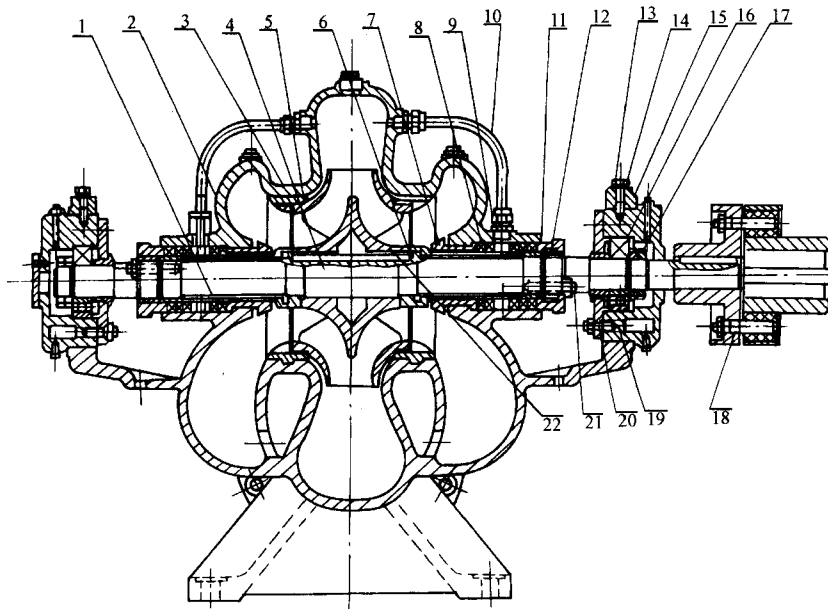


图 1-4 双吸式离心泵

- 1—下泵体 2—上泵体 3—叶轮 4—轴 5—密封环 6—轴套 7—填料套 8—填料
9—液封圈 10—水封管 11—填料压盖 12—轴套螺母 13—固定螺钉 14—轴承体
15—轴承体盖 16—单列向心球轴承 17—圆螺母 18—联轴器部件
19—轴承挡套 20—轴承端盖 21—双头螺栓 22—键

口，液体从两面进入叶轮，因此在同样条件下比单吸式泵流量增加1倍；转子承受的轴向推力基本平衡，泵体为水平中分式。

2. 按叶轮级数分类

有单级泵（图1-3、图1-4）和多级泵（图1-5、图1-6）。同一根泵轴上串装两个以上叶轮的泵称为多级泵，叶轮数多可使液体获得足够的能量以达到较高的压头。

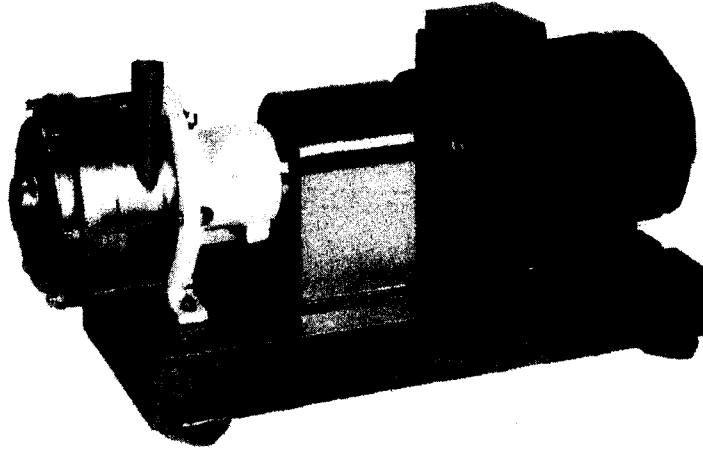


图 1-5 英国 APV 公司的 W—140/50 型多级离心泵的外形图

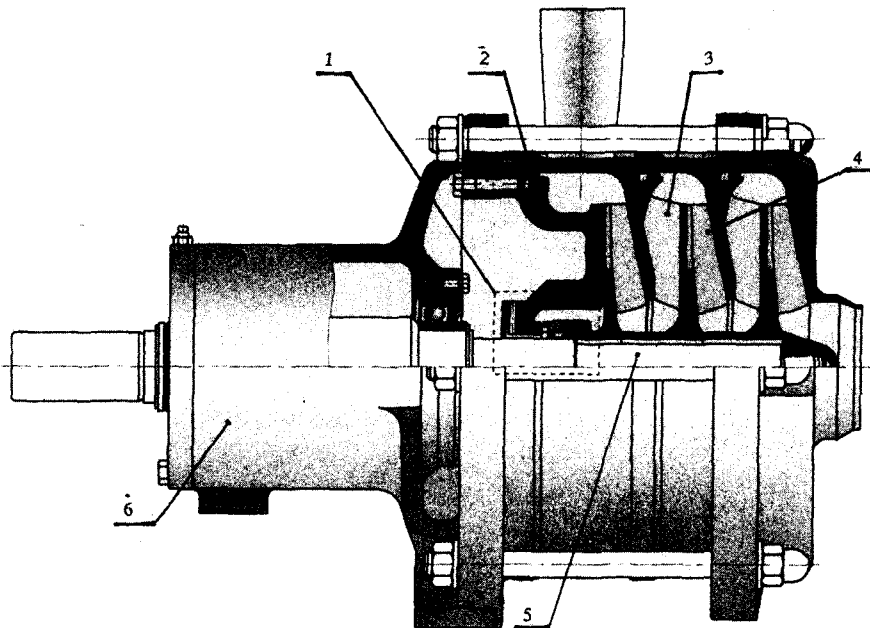


图 1-6 英国 APV 公司的 W—140/50 型多级离心泵的内部结构示意图

1—平衡端的轴封 2—螺旋面后盖 3—半开式反流叶片

4—叶轮 5—与物料隔离的轴 6—刚性端支座

图 1-5 所示为英国 APV 公司生产的 W—140/50 型多级离心泵的外形图，图 1-6 所示为它的内部结构示意图。W—140/50 型多级离心泵具有压头高、清洗方便、低噪音、适用范围广等特点。W—140/50 型采用开式叶轮和独特的半开式反流叶片设计，可方便进