

Tongyong
Jixie Sheji



高等学校“十五”规划教材

通用机械设计

潘英 主编

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

通用机械设计/潘英主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2003.6

ISBN 7-81070-630-6

高等学校“十五”规划教材

I. 通... II. 潘... III. 机械设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 041656 号

书 名 通用机械设计

主 编 潘英

责任编辑 刘永清

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

印 刷 北京地质印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 印张 25.5 字数 470 千字

版次印次 2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

印 数 1000 册

定 价 38.00 元

(图书若有印装质量问题,本社负责调换)

前 言

《通用机械设计》一书是高等学校规划教材。

泵、通风机和空气压缩机是流体(液体、气体和混合流)连续输送的动力机械,带式输送机是最常用的固体物料连续输送机。这四类机械广泛地应用于国民经济的各行各业中,是各行业的通用机械。

本书的内容包括:离心泵的基本理论,离心泵及其主要零部件(如叶轮、泵体、泵轴等)的常规设计、计算机辅助设计和主要零部件的强度计算;轴流式通风机的基本理论,轴流式通风机及其主要零部件(如叶轮转子、主轴、风筒等)的常规设计、计算机辅助设计和主要零部件的强度计算;活塞式空气压缩机的基本理论,活塞式空气压缩机的总体及其主要零部件(如气缸、活塞组件、曲轴及气阀等)的常规设计和主要零部件的强度计算;带式输送机的传动理论,普通式、直线摩擦式、气垫式与钢绳牵引式带式输送机的设计计算及其主要零部件(如托辊、滚筒、机架等)的常规设计和主要零部件的强度计算。

本书以经典的基本理论和设计方法为基础,充分吸收了编者多年的教学经验和近些年的基本理论、新技术、新成果及设计方法的发展;收集了具有代表性的设计用图和设计用表,整理和编写了在设计计算中实用的计算机程序,以供设计者参考和使用。

《通用机械设计》是机械设计、制造及自动化专业和流体机械专业的必修课,并可作为热能与动力工程、采矿工程、矿物加工工程、环境工程和电气工程及其自动化等专业的必修或选修课,也可供从事生产、科研工作的技术人员参考。

本书由焦作工学院组织编写。潘英教授为主编,铁占续教授和任保才副教授为副主编。全书共有十六章,第一、二章由铁占续编写,第三、四章由许宝玉、罗静编写,第五、七章由李安铭编写,第六、八章由吴中青编写,第九、十、十一、十二章由任保才编写,第十三、十四章由张富增编写,第十五、十六章由潘英编写。

本书由中国矿业大学乔石教授和焦作工学院林经德教授主

审;本书编写的过程中,得到焦作工学院院长领导和教务处的大力支持与帮助。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,竭诚希望读者批评指正。

编 者

2003 年 3 月

目 录

第一篇 离心泵

第一章 概述	(1)
第一节 泵的分类及型号	(1)
第二节 离心泵结构型式	(4)
第二章 离心泵基本理论	(11)
第一节 速度三角形与离心泵基本方程	(11)
第二节 泵的相似定律与模型转换	(17)
第三节 汽蚀的基本理论	(23)
第四节 叶片的绘型	(32)
第三章 离心泵的主要零部件设计	(34)
第一节 叶轮的设计	(34)
第二节 压出室与吸入室	(47)
第三节 径向力、轴向力及其平衡	(52)
第四节 密封与轴承	(63)
第五节 离心泵的经验设计	(70)
第六节 解析法和计算机辅助设计	(76)
第四章 离心泵的主要零部件的强度计算	(90)
第一节 叶轮强度计算	(90)
第二节 泵体强度计算	(92)
第三节 泵轴与键	(94)

第四节	转子临界转速的计算	(96)
第五节	设计计算例题	(100)

第二篇 轴流式通风机

第五章	概述	(107)
第一节	通风机的分类与型号	(107)
第二节	轴流风机结构形式	(112)
第六章	轴流式通风机基本理论	(116)
第一节	基元级与反应度	(116)
第二节	轴流通风机的几种方案	(119)
第三节	气动力基本方程与等环量级	(122)
第四节	叶栅中的损失和级效率	(130)
第七章	轴流通风机设计	(137)
第一节	设计方法概述	(137)
第二节	叶轮主要参数的选取	(140)
第三节	叶型及孤立叶型设计法	(143)
第四节	叶栅设计法	(150)
第五节	导叶及风筒各部件	(157)
第六节	通风机的计算机辅助设计	(163)
第八章	轴流通风机主要零部件的强度计算	(173)
第一节	叶片强度计算	(173)
第二节	主轴强度计算	(177)
第三节	转子的临界转速计算	(179)

第三篇 活塞式空气压缩机

第九章	空压机的总体设计	(184)
第一节	概述	(184)

第二节 活塞式空气压缩机的总体设计	(190)
第十章 空压机的基本工作原理	(203)
第一节 空气压缩机的工作循环	(203)
第二节 空气压缩机的排气量及供气效率	(208)
第三节 两级和多级压缩	(213)
第四节 压缩机的功率及效率	(218)
第十一章 往复活塞压缩机的主要部件的设计计算	(222)
第一节 气缸	(222)
第二节 活塞及活塞杆	(231)
第三节 曲轴	(241)
第四节 连杆及十字头	(251)
第五节 气阀	(260)
第六节 密封及填函	(266)
第七节 机身	(270)
第十二章 计算机辅助设计	(276)

第四篇 带式输送机

第十三章 概述	(287)
第一节 带式输送机的工作原理和分类	(288)
第二节 带式输送机的结构	(290)
第十四章 带式输送机的传动理论	(311)
第一节 带式输送机的驱动方式	(311)
第二节 欧拉公式与牵引力	(314)
第三节 运行阻力与逐点张力算法	(325)
第十五章 带式输送机主要零部件的设计计算	(333)
第一节 输送带的强度验算	(333)
第二节 托辊组的结构与托辊的寿命	(337)

第三节	滚筒的直径与强度分析·····	(342)
第四节	机架的结构与强度计算·····	(349)
第五节	拉紧装置·····	(357)
第六节	制动力与装料速度·····	(360)
第十六章	带式输送机的设计计算 ·····	(364)
第一节	普通带式输送机的设计计算·····	(364)
第二节	直线摩擦驱动带式输送机的设计计算·····	(372)
第三节	气垫带式输送机的设计计算·····	(379)
第四节	钢绳牵引带式输送机的设计计算·····	(389)
主要参考文献	·····	(399)

第一篇 离心泵

第一章 概 述

第一节 泵的分类及型号

一、泵的分类

泵是一种将能量传递给被抽送的液体,使其能量增加,从而达到抽送液体的目的的机器。泵的类型很多,如按工作原理来分,主要可分为容积泵和叶片泵两大类,在两大类以外,尚有一些归纳不进这两大类的泵,如射流泵、水锤泵、空气升液器等。

容积泵与叶片泵之间的区别为:容积泵的吸入口与压出口之间是不连通的,其间有零部件隔开;叶片泵的吸入口与压出口之间是连通的,如从吸入口起画一根线,此线可以通过流道直通压出口。

容积泵与叶片泵可分为多种类型。容积泵可分为往复式和回转式两种;叶片泵可分为离心式、混流式、轴流式和旋涡泵等多种。

关于泵的分类,根据不同的分类依据(如结构型式、用途等)还有多种分法,读者可参考有关书籍。

二、泵的型号

目前,我国泵制造业还未制定全国统一的、包括各种泵类产品的型谱,也没有统一的型号命名方法。但在长期的生产中,形成了一些比较稳定的系列。每一系列的产品均有自己的使用范围、结构型式、材质等,而且主要性能参数按一定规律分布,零部件有一定的通用性,每一系列产品都有自己的命名方法。

泵的型号一般由 2~4 部分组成,每部分之间用“-”或空格分隔。第一部分由字母和数字组成,字母表示泵的型式和用途,表 1-1 给出了一些例子。其余

部分多为数字,也可能有字母。各部分的数字可以表示泵的吸入口直径、吐出口直径、叶轮直径、级数或者比转速等不同的意义。在第二部分及以后部分的字母通常表示材料、密封型式、叶轮切割等含义。

表 1-1 泵型式的代表符号

泵 型 式	代表符号	泵 型 式	代表符号
单级单吸清水离心泵	IS, IB, IH	船用立式泵	CL
单级双吸清水离心泵	S, SH	船用串、并联泵	CBL
单级双吸立式离心泵	SLA	冷凝泵	NB, NL
节段式多级离心泵	D, TSW, TSWA	自吸泵	ZX
锅炉给水泵	DG, CHTA	立式混流泵	HL
高速多级泵	GD	立式蜗壳式叶片半调节混流泵	HLB
离心输油泵	Y, SY, DY	立式半叶片调节轴流泵	ZLB
高压增压节段式离心泵	GZ	立式全叶片调节轴流泵	ZLQ
耐腐蚀泵	DF	单级悬臂式旋涡泵	W
热水循环泵	R, IR	多级自吸旋涡泵	WZ

下面是一些泵的型号的示例:

(1) IB50-32-160: IB 表示单级单吸悬臂式农用清水离心泵系列;数字表示:吸入口径 50 mm、吐出口径 32 mm、叶轮直径 160 mm。该型号的产品还有转速 $n=2900 \text{ r/min}$ 及 1450 r/min 两种规格。IS、IH、IR 等系列的表示方法是相同的。这些型号中字母 I 表示采用国际标准化组织(ISO)的标准,字母 B、S、H 分别表示农用、工业、化工等应用领域。

(2) 150S-78: S 表示单级双吸清水离心泵系列;数字表示吸入口径 150 mm, 扬程 78 m。

(3) DG J46-30×5: DG 表示多级节段式、中低压锅炉给水泵系列;字母 J 表示采用机械密封;数字表示设计流量 $46 \text{ m}^3/\text{h}$, 单级扬程 30 m, 5 级(即总扬程 150 m)。

(4) 3DF-13A: BF 表示单级单吸耐腐蚀离心泵;数字表示吸入口径 3 in (约 80 mm), 比转速 130; A 表示叶轮经过 1 次切割。

(5) 200Y II-150×2A: Y 表示单级离心输油泵;数字表示吸入口径 200 mm, 单级扬程 150 m; 2 表示级数; II 表示材料代号; A 表示叶轮经过 1 次切割。

(6) ZLB1.3-7.2: 立式半叶片调节轴流泵, 流量 $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程 7.2 m。

三、离心泵的基本参数, 主要过流部件及工作原理

(一) 离心泵的基本参数

泵的基本参数包括泵的流量、扬程、转速及功率。现把离心泵的基本参数分述如下:

1. 流量

泵的流量有体积流量和质量流量之分。体积流量是指泵在单位时间内所抽送的液体体积,即从泵的压出口截面所排出的液体体积。体积流量用 Q 表示,其单位为立方米每秒(m^3/s)、升每秒(L/s)或立方米每小时(m^3/h)。质量流量是指泵在单位时间内所抽送的液体质量。质量流量用 q 表示,其单位为千克每秒(kg/s)或吨每小时(t/h)。

2. 扬程

泵的扬程用于描述单位质量的液体流过泵后获得的能量,扬程以 H 表示,其单位为米(m)。

3. 转速

泵的转速是指单位时间内泵转子的回转数,泵的转速以 n 表示,其单位为转每分(r/min)或转每秒(r/s)。

4. 功率

泵的功率是指泵的输入功率,即原动机传递给泵轴的功率,又称轴功率,以 P 表示,单位为瓦(W)或千瓦(kW)。

泵除输入功率外,还有输出功率,输出功率是指液体流过泵时由泵传递给液体的有用功率,也就是质量流量 $Q\rho$ 与单位质量流体流过泵时能量的增值 gH 的乘积,输出功率以 $P_u(\text{kW})$ 表示

$$P_u = \frac{Q\rho gH}{1\,000} \quad (1-1)$$

式中 Q ——流量, m^3/s ;
 ρ ——液体的密度, kg/m^3 ;
 g ——重力加速度, m/s^2 ;
 H ——扬程, m 。

输入功率与输出功率是不相等的,泵内有功率损失,损失的大小以效率 η 来衡量,效率是输出功率与输入功率之比

$$\eta = \frac{P_u}{P} \quad (1-2)$$

可以求得泵的输入功率为

$$P = \frac{P_u}{\eta} = \frac{Q\rho gH}{1000\eta} \quad (1-3)$$

(二) 离心泵的主要过流部件

离心泵的主要过流部件有吸入室、叶轮和压出室,最简单的离心泵的过流部件见图 1-1,现分别介绍各过流部件的作用和对它的要求。

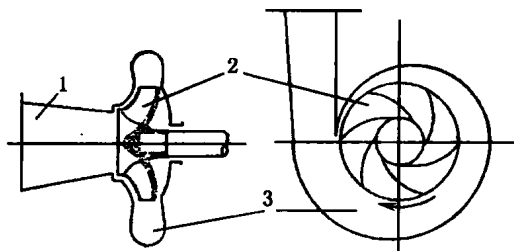


图 1-1 离心泵的过流部件

1—吸入室;2—叶轮;3—压出室

1. 吸入室

吸入室的功用是将液体从吸入管路引入叶轮的进口处,为了使泵有较好的能量性能和汽蚀性能,要求液体流过吸入室时水力损失最小和液体流入叶轮进口时速度分布均匀。

2. 叶轮

叶轮是将能量传递给液体的部件,液体流过叶轮时从叶轮处得到能量,于是液体的动能与压能均增大。对叶轮的要求是:在规定数量的流量流过叶轮时,每一单位质量的流体从叶轮处得到规定数量的能量,并且在叶轮中水力损失最小。

3. 压出室

压出室的功用是把叶轮出口处流出来的液体收集起来,并把它送入压水管路。液体从叶轮中流出时速度是很大的,为了减小压水管路中的水力损失,将液体送入压水管路以前,必须将液体的速度降低,将部分动能转化为压能,这个任务也要在压出室中完成,并且要求压出室内水力损失最小。

(三) 离心泵的工作原理

泵内充满液体后,启动离心泵,叶轮快速转动,叶轮的叶片驱使液体转动,并依靠惯性向叶轮外缘流去,同时叶轮从吸入室吸进液体。在这一过程中,叶轮中的液体绕流叶片,在绕流运动中液体作用一升力于叶片,反过来叶片以一个与升力大小相等、方向相反的力作用于液体,这个力对液体做功,使液体得到能量而流出叶轮,这时液体的动能与压能均增大。

第二节 离心泵结构型式

离心泵的结构型式十分繁多,现作简单介绍。

一、单级离心泵

单级离心泵大多采用螺旋形压出室,其叶轮的吸入方式有单吸式和双吸式

两种。轴的分布则有卧式和立式两种。最常见最简单的泵是卧式托架式悬臂泵,这是一种单级单吸式的水泵,或称轴向吸入式泵,如图 1-2 所示的 IS 型泵。这是一种常温清水泵,其流量约为 $4.5 \text{ m}^3/\text{h} \sim 360 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程约为 $8 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$ 。

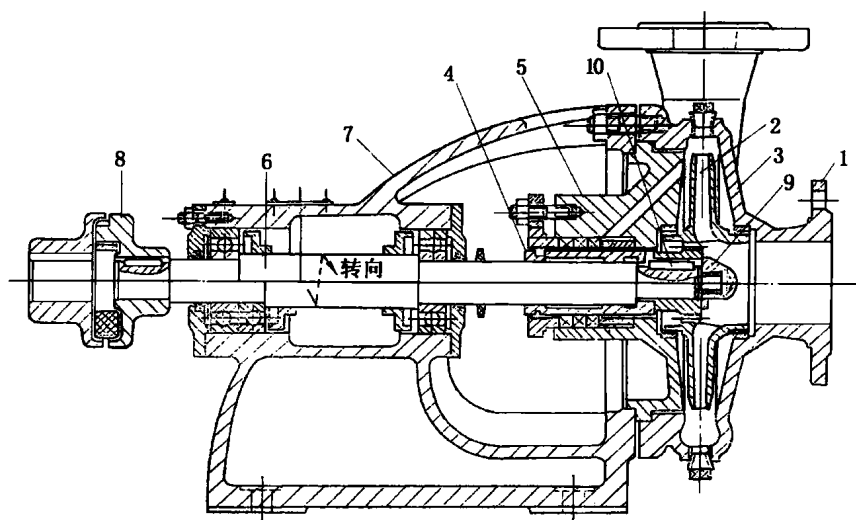


图 1-2 托架式悬臂泵构造

1—泵盖;2—叶轮;3—密封环;4—轴套;5—泵体;
6—泵轴;7—托架;8—联轴器;9—叶轮锁紧螺母;10—键

如果要求泵的流量较大且泵的吸上性能(汽蚀性能)较好,可采用卧式单级双吸泵,即 S 型泵,如图 1-3 所示。这种泵的结构较 IS 型泵复杂、重量大,但它是水平中开式的泵,泵壳沿轴心线的水平面上下分开,用法兰及螺钉连接,因此检修很方便,只要把泵盖卸下,整个转子即可取出来。

上述两种泵均可做成立式的。图 1-4 为立式单级单吸泵,此泵大多是大型泵,为了减小其占地面积(减小泵房、节约投资),降低泵的吸入高度,采用立式结构。单级双吸泵也可采用立式结构,如图 1-5 所示 SL 型泵。此种泵占地面积较小,故可应用于船舶上。此外,这种泵的电动机位置较高,也适用于江边泵站。

二、多级泵

为了提高泵的扬程,可把泵的叶轮串联起来,做成多级泵。离心式多级泵可分为两大类,一类是水平中开式泵,或称螺壳式多级泵,这种泵的叶轮布置都是对称的,用以抵消轴向力,如图 1-6 所示。同时,为了要叶轮对称布置,叶轮数

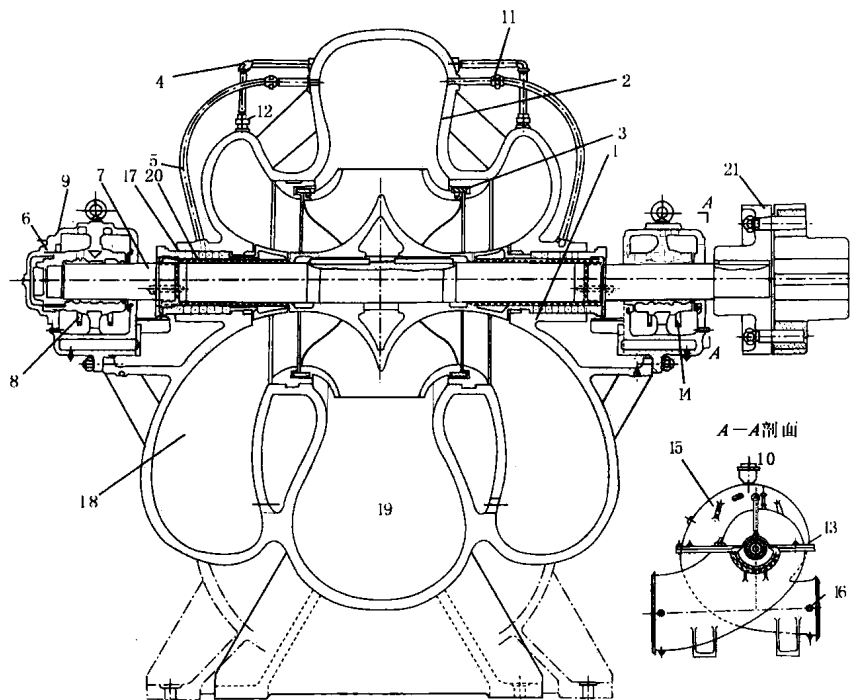


图 1-3 卧式单级双吸泵

- 1—泵体;2—泵盖;3—防漏环;4—放气管;5—水封管;6—滚珠轴承;7—泵轴;8—轴承;
9—轴承盖;10—抽气口;11—接头;12—连通管接头;13—定位销;14—油环;15—转向牌;
16—四方螺塞;17—轴套;18—压水室;19—吸水室;20—填料函;21—对轮

总是偶数的。如果螺壳式多级泵的第一级叶轮是双吸式的(用以提高泵的汽蚀性能),则多级泵的级数一定是单数的;如果多级泵的级数比较多,则第一级和第二级叶轮布置在轴的两端,其他各级则在这两级之间,这样可使轴封处不至受到太高的液体压强。为了要做到这种布置,常用泵外的连通管,如图 1-7 所示,第一级叶轮为双吸式的三级螺壳式水泵。这种水平中开式多级泵泵壳形状复杂,质量比较大,但检修方便。多级泵的另一类型为分段式多级泵,常见的分段式多级泵如图 1-8 所示,它没有螺旋形压出室,而是代之以导流器。这种泵的轴向力是由平衡机构来平衡的,叶轮不需要对称布置。现代的高压锅炉给水泵就是采用这种结构型式,由于泵的扬程太高,在分段泵壳配合处常有高压水泄漏出来,为了确保密封,常采用双层壳体,即在分段壳体之外再套一整体的圆筒。

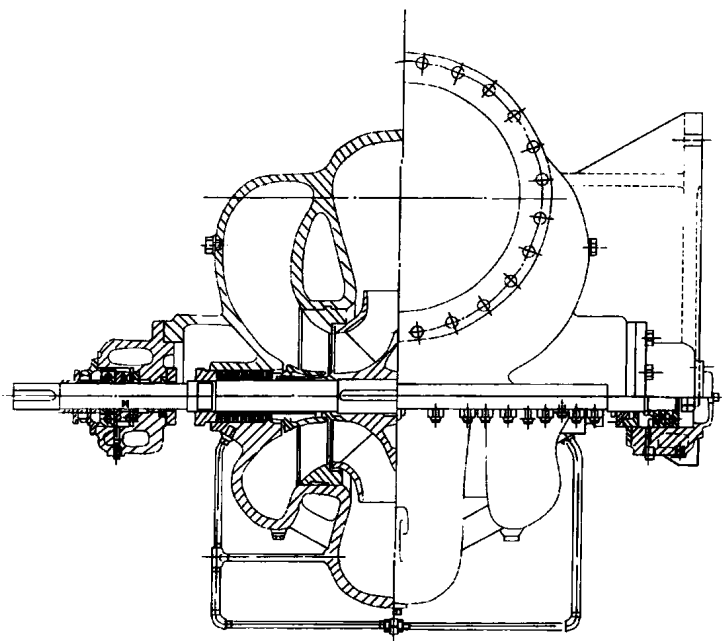


图1-5 立式单级双吸泵

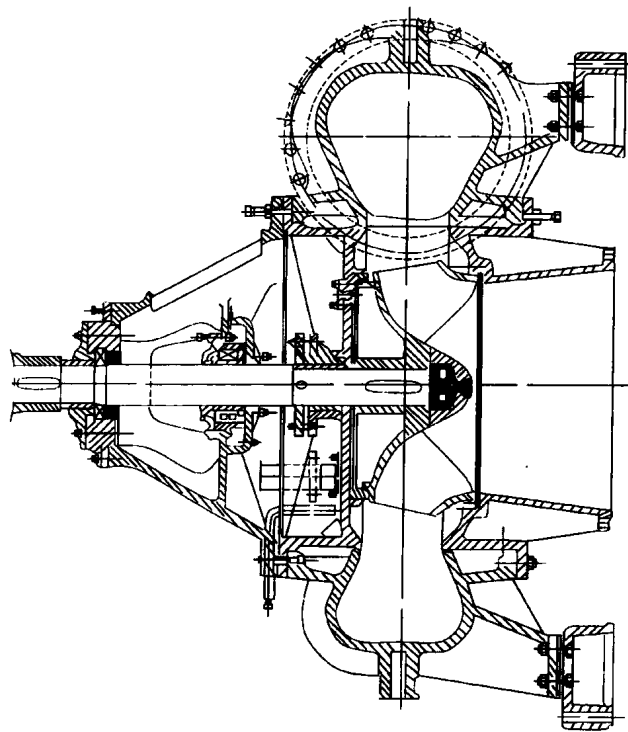


图1-4 立式单级单吸泵

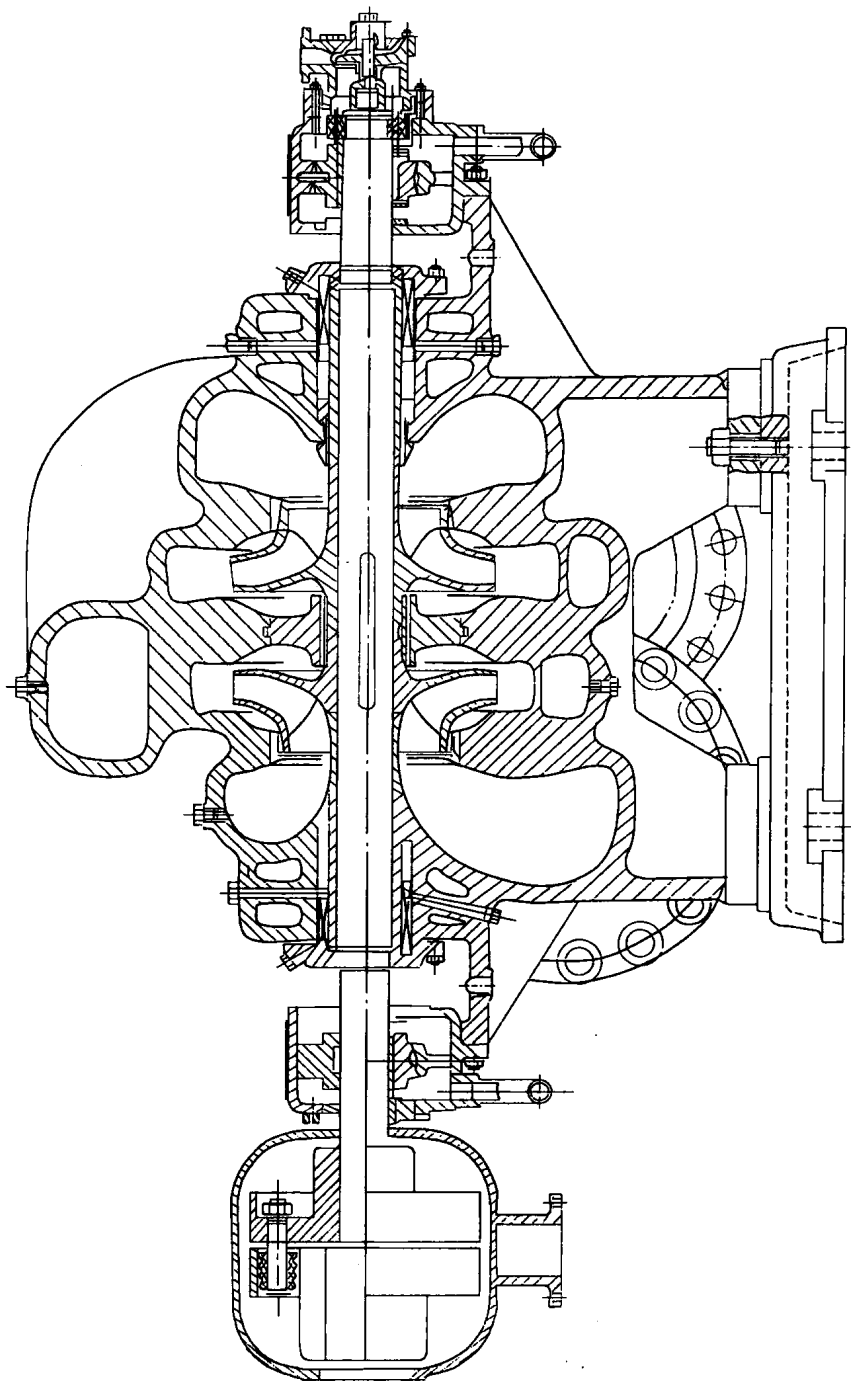


图1-6 螺旋式多级泵

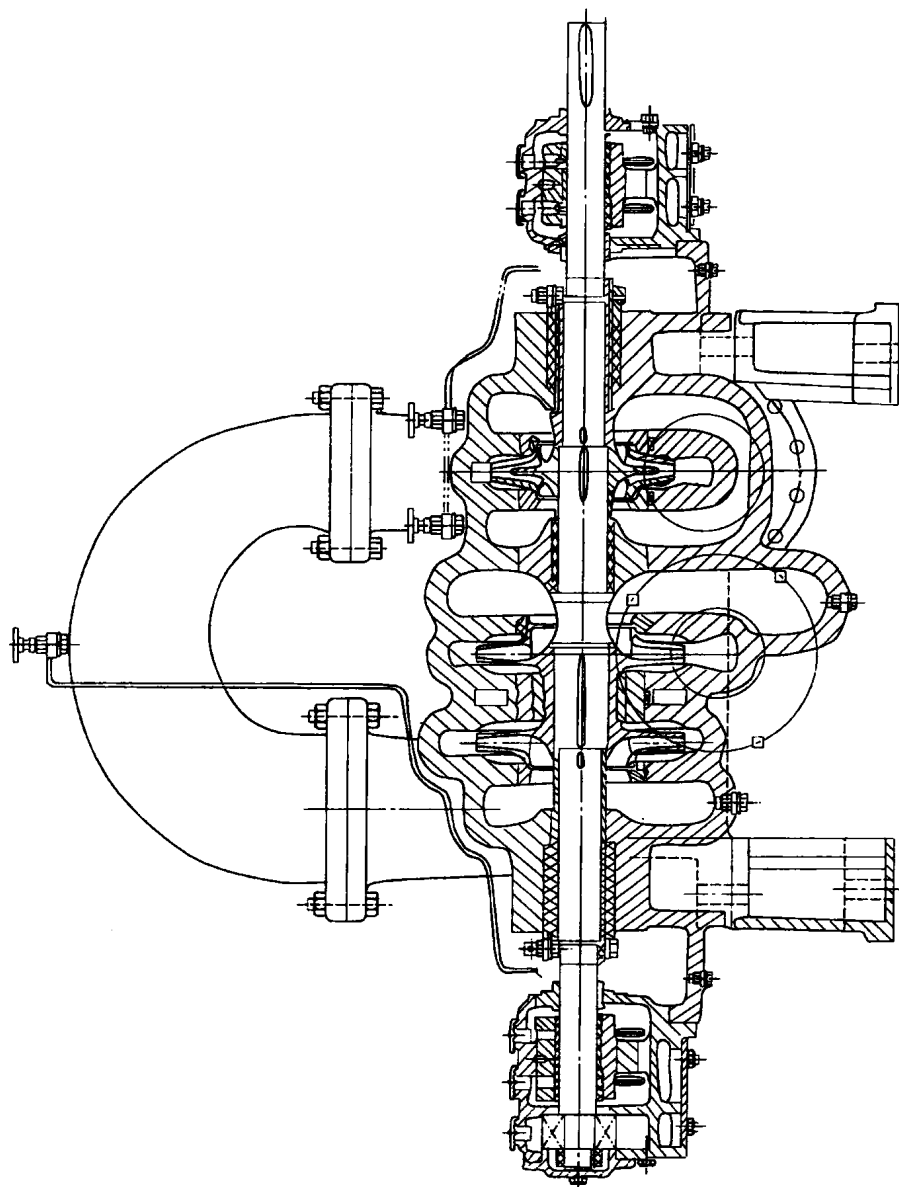


图1-7 第一级叶轮为双吸式的螺旋式多级泵