

149428

基本馆藏

A. M. 維謝洛夫 著

矿山渦輪机械

上册

1
003

冶金工业出版社

矿山渦輪机械

上 册

A. H. 維謝洛夫著

熊賽安 陶紹斌 等譯

袁文彬 閻庆甲 校

冶金工業出版社

本書研討了矿山用离心式及軸流式渦輪机：水泵、
扇風机和渦輪壓縮机。

給出了关于这些机器的結構的概念，並敘述了它們
的一般理論。每一种机器在理論、計算及結構方面的特
点，則分別在有关各章內闡述。

电力傳动裝置，机器的自动操縱，机器的安裝，試
驗及運轉时的檢查，以及操作問題，在本書的有关各章
中对所有渦輪机合併闡述。

本書供矿山企業及設計機構的工程師及技术員閱讀。

本書共十八章，譯本分三冊出版，上册为渦輪机
的一般理論共九章。中冊为各类渦輪机的机器設備和电气
設備，从第十章到第十五章。下冊为運轉、安裝、維護、
檢修等，从第十六章到第十八章。本冊系熊賽安、陶紹
斌、周玉珩、范柏楨、趙賢書同志翻譯，袁文彬同志校
对，閻庆甲同志总校訂。

А. И. ВЕСЕЛОВ

РУДНИЧНЫЕ ТУРБОМАШИНЫ

• Металлургиздат (Свердловск 1952 - Москва)

矿山渦輪机械 (上册)

熊賽安 陶紹斌 等譯

編輯：王世昌

設計：趙 苓、魯芝芳

責任校对：吳研琪

1958年5月 第一版 1958年5月 北京第一次印刷 1,400册

850×1168·1/32·104,900字·印張 $5\frac{28}{32}$ ·定价(10) 1.10元

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 选题号8-23 書号0811-

冶金工業出版社出版 (地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

上册 目 录

序言	6
第一章 离心式机器及轴流式机器的构造与作用原理	11
第二章 不计能量损失而叶片无穷多的涡轮机的理论	27
速度平行四边形	27
涡轮机的理论压头，欧拉方程式	29
涡轮机的理论特性曲线	34
涡轮机的反冲系数	28
工作轮叶片出口角的影响	39
理论压头—角和圆周速度的函数	40
涡轮机同型性的特征	44
涡轮机的理论生产能力	45
涡轮机的标准理论特性曲线	46
第三章 不计损失而叶片数有限的涡轮机的理论	49
涡轮机涡流理论的概念	49
叶片数有限时的速度平行四边形	55
叶片数有限时对涡轮机理论压头的影响	57
叶片数有限的涡轮机的理论特性曲线	62
理论压头—轮叶数和环流的函数	63
第四章 涡轮机中的损失	65
涡轮机中的压力损失，容积损失与机械损失	65
在任意工况下涡轮机的压头损失	66
进气箱中的损失，吸入接管中的损失及流体向叶	
片弯转时的损失	66
涡轮机流道中压头的摩擦损失	68
叶片导向器中的压头损失	71
涡轮机螺形壳中的压头损失	72
角锥形扩散器中的压头损失	75
排气管出口速度的压头损失	76
涡轮机中流体冲击的压头损失	77
流体在工作轮进口处的损失	77

流体在导向器叶片进口处的冲击压头损失	79
渦輪机的总冲击压头损失	80
渦輪机在正常生产能力下的总压头损失。压力效率	81
渦輪机中的容积损失	82
机械损失	89
流体与工作輪的摩擦损失	89
軸承中的损失	91
渦輪机的功率及效率	92
第五章 渦輪机及其管網的特性曲綫	99
渦輪机的設計（計算）特性曲綫和实际特性曲綫	99
渦輪机的生产能力、压头及功率对轉数的依賴关系	102
渦輪机的比轉数（速率系数）	105
渦輪机的全特性曲綫	107
渦輪机的通用特性曲綫	108
渦輪机的無因次特性曲綫	109
管網的特性曲綫与等积孔	115
第六章 渦輪机的工况及影响工况的因素	121
渦輪机工况稳定的条件	121
通風管網中的故障的影响	124
流体比重的影响	127
工作輪尺寸、轉数和流体密度变化的影响	129
渦輪机后备压头过大的影响	132
靜压变化的影响	134
复合排水管網的影响	136
利用引入水泵内的水之压头的影响	139
第七章 渦輪机的並联工作	143
适用于並联工作的情况	143
彼此相距很近的渦輪机	143
彼此相距很远的渦輪机	152
第八章 渦輪机的串联工作	159
渦輪机串联工作的情况	159
彼此相距很近的渦輪机	160
彼此相距很远的渦輪机	164

扇風机与自然气流	168
第九章 渦輪机的調节	171
渦輪机的特性曲綫	171
渦輪机的跳动	172
渦輪机的調节方法	174
渦輪机的定量調节	175
渦輪机的定性調节	185

序 言

25年前，斯大林同志曾經說過：《我們國家具有革命的習慣和傳統，也具有反對保守和停滯思想的鬥爭性，我認為，這就為科學的繁榮提供了最有利的條件》。

斯大林同志的預言實現了。我們祖國已經成為一個科學先進的國家。蘇聯的學者們在各個知識領域中年年都獲得創造性的新成就，發現科學技術的新定律，創造出生產能力高而結構完善的機器和機械，研究出新的工藝過程〔2〕。

這一切促成了我國工業各個部門的迅速高漲，同時也促使我國工業在戰後的年代里順利地恢復並發展起來。

目前，蘇聯的工業生產水平已大大超過戰前時期。1951年的工業總產值已超過1940年的百分之七十三。

蘇聯共產黨第十九次代表大會關於1951—1955年發展國民經濟第五個五年計劃的指示，向蘇聯人民提出了進一步發展各個工業部門的重大任務。指示中規定：在五年內，工業生產水平約增長70%。和1950年相比，1955年各種最重要工業產品的生產量的增長情況大致如下：生鐵增加76%，鋼—62%，煤—43%，石油—85%，電力—80%。同時還規定：採礦工作和費力工作的機械化、生產過程的自動化和強化、大大地擴大現有企業的能力並更好地加以利用、盡量地幫助學者們研究各個知識領域中的理論問題。

由偉大的斯大林創議，並經蘇聯政府通過的關於建造世界上最大的水力工程的历史性決議的實現，更証實了蘇聯科學技術的巨大發展。所建造的水力工程有：伏爾加——頓河運河，古比雪夫水電站，斯大林格勒水電站，土庫曼大運河，卡霍夫卡水電站，南烏克蘭運河和北克里米亞運河。

在發展蘇聯的科學技術當中，我國的學者們依靠了俄羅斯前輩學者們在文化寶庫中所作出的巨大貢獻。祖國的學者們在許多

最重要的發現和發明上都是佔先的。

远在 1832 年，A. A. 薩布魯柯夫就已經發明了离心式扇風机，並且在阿尔泰察吉爾斯基矿山进行通風了。A. A. 薩布魯柯夫的扇風机由于結構簡單而堅固，在俄国国内和国外都曾得到了广泛的应用。

螺旋式扇風机也是 A. A. 薩布魯柯夫最先發明的，以后他又發明了离心式水泵並由他命名为《揚水机》。他确定了离心式水泵的轉数、生产能力和压头三者之間的相互关系，他还提出了离心式水泵串联的原理，並發表过关于設在水位以下的水泵的工作可靠性的見解。A. A. 薩布魯柯夫的上述發明是在 1832—1835 年。

彼得堡科学院 Л. 欧拉和 Л. 柏努利兩位院士創立了水力学原理。各种渦輪机工作的一般方程式是由 Л. 欧拉院士推导出的，此方程式到現在仍然是这类机器的理論基础。

柏努利的方程式是偉大的俄罗斯学者 M. B. 罗蒙諾索夫在 1748 年發現的能量守恒定律的一个局部情况，即关于流体运动的部分。

俄罗斯学者 H. C. 葛罗米柯是流体渦流运动理論的創立者。

我国著名的学者 H. E. 儒柯夫斯基和 C. A. 恰布雷金是現代空气动力学的創造人。

1880 年，偉大的俄罗斯学者門捷列夫在其著作《論流体阻力与航空》中最先指出了液体和气体环繞物体流动时摩擦的重大意义。

發明立式自吸离心式水泵的荣誉是屬於我国学者 B. A. 普舍奇尼柯夫的。

第一批俄罗斯發明家們所开創的离心式和軸流式机器的發明事業，在苏联由于儒柯夫斯基中央流体动力学研究所（ЦАГИ）和全苏水力机械制造研究所（ВИМ）进行大規模的科学研究工作，而获得了空前的成就。

中央流体动力学研究所和全苏水力机械制造研究所設計的扇

風机和离心式水泵，是以1906年天才的俄罗斯学者H.E. 儒柯夫斯基所創立的翼片渦流理論为基础的。

这种理論是扇風机計算的根据。H.E. 儒柯夫斯基的研究工作曾得到苏联政府的大力贊助。

1918年，由列宁亲自指示成立了中央流体动力学研究所，並由H.E. 儒柯夫斯基来领导。

儒柯夫斯基的工作特点是理論与实践相結合。

儒柯夫斯基的許多高才学生都曾在中央流体动力学研究所工作过並且繼續在工作着，他們在渦輪机方面写出了大量宝贵的理論著作，並設計出这类机器的各种結構，这些結構的机器在苏联各矿山上应用極為广泛。

在最著名的理論家和試驗研究家中，需要提出的有C.A. 恰布雷金院士、Б.Н. 尤利叶夫院士、功勳科学技术活动家K.A. 烏沙闊夫教授、B.И. 波立柯夫斯基教授和其他許多学者，他們是苏联科学的驕傲。

近年来，苏联煤炭工業部煤矿机械設計院会同中央流体动力学研究所成功地进行着扇風机和离心式水泵的設計工作。

全苏水力机械制造研究所与加里宁工厂合作制成了結構完善而且工作效率高的螺旋离心式水泵，在运轉上，此种水泵与矿上現在使用的分段式水泵相比，有很多重要的优点。在《苏联矿井排水》托拉斯直接参与之下制成了最新式的井下水泵。

矿山机械学是由天才的И.А. 吉莫教授的兩位学生M.M. 費道洛夫院士和A.П. 葛耳曼院士所創立的，而吉莫曾在采矿学的許多方面發表过最重要的著作。

M.M. 費道洛夫院士是一位卓越的学者，他具有深奥理論家的天才和杰出工程师的实际經驗。他第一个論証了渦輪机应依据特性曲綫进行研究，並且提出了根据無因次特性曲綫計算矿山渦輪机的独創的方法論。

A.П. 葛耳曼院士在矿山渦輪机理論研究当中也佔有最傑出的地位。他提出渦輪机新的計算方法之后，用解析法导出了渦輪

机标准特性曲线方程式。他又导出理论压头方程式，拟定出扇风机联合工作的研究方法，並发现了各种离心式机器的效率特性曲线相一致的定律。

在水泵制造方面 Г.Ф. 普罗斯庫拉院上的理论著作有着重大的意义。他創立了离心式和軸流式水泵的渦流理論，他写的《渦輪机的流体动力学》一書对科学的貢獻是不可估价的，在扇风机理論方面，B.C. 巴克院士和技术科学博士 Г.М. 耶蘭契克教授佔有显著的地位。

必須指出，涅瓦列宁工厂的全体人員与列宁格勒工学院的学者們一起，在制造結構完善的渦輪压缩机方面进行了很多工作。

現代化渦輪机的工作在許多情況下是全部自动操縱的。莫斯科运河上的自动化水泵裝置便是一个明显的例子。

自动化的方法和器械也是我国学者們創造出来的，在这里应首先推举出的是 И.П. 庫里宾，他在1767年制成了一种計时器，里面裝有極小的奇妙的自动機構，庫里宾的計时器是最好的自动器械之一。

蒸汽鍋爐供水自动調节用的第一个工業用調节器是由 И.И. 波尔宗諾夫創造的。

И. А. 維什涅格拉得斯基教授在1877—1878年完成了关于調节理論的几部著作，这些著作有助于間接調节器的应用。

研究調节理論的还有 Н.Е. 儒柯夫斯基教授，他曾發表有《机器調节理論》等著作。

捷尔仁斯基全苏热力工程研究所、波尔宗諾夫中央鍋爐透平科学研究所、列宁全苏电工研究所、以及許多仪器制造工厂，尤其是苏联科学院自动学和远动学研究所都正在进行着有关自动器械的大規模的科学研究工作。

苏联学者 М.В. 吉尔彼切夫院士和 А.А. 古赫曼院士等人广泛地研究並应用了物理現象的相似原理。

卓越的学者 Н.Н. 巴甫洛夫斯基院士和 С.А. 赫里斯基阿諾維奇院士是發展苏联水力学的主要人物。赫里斯基阿諾維奇全面

地解决了明溝中液体不稳定运动的問題。这项研究工作是对世界科学的一个重大貢獻。

在流体动力学方面，最傑出的著作是由 Н.Е. 科琴院士和 М.В. 克尔德什院士所完成的。

在流体湍流运动方面，最卓越的著作是由 Е.Н. 科尔莫哥洛夫院士、М.А. 維里坎諾夫、Г.А. 古尔仁科和 Г.Н. 阿布拉莫維奇等人写成的。

Е.Н. 尤利叶夫、А.И. 涅克拉索夫、В.В. 哥魯別夫和 В.П. 維特欽金四位院士在空气动力学方面完成了許多最傑出的著作；Г.Ф. 普洛斯庫拉院士和 И.Н. 沃茲涅辛斯基院士在水力机器理論方面完成了許多最傑出的著作；在水泵方面完成了重要研究工作的有：И.И. 庫柯列夫斯基，И.Г. 耶斯曼，А.А. 薩特凱維奇和 Н.М. 沙波夫。

在水泵和壓縮机制造方面，和在科学技术其他所有方面一样，我們祖国是世界上最先进的国家。

第 一 章

离心式机器及轴流式机器的構造与作用原理

离心式机器和轴流式机器的工作基于一个共同的作用原理，即工作叶片与流体間的动力作用。

由于工作叶片把机械能傳送給被机器压縮的流体（液体，气体）这一过程的物理性質具有共同性，这就使离心式机器和轴流式机器的运转性質相类似。这两类机器的区别在于，流体的运动方向和机器結構的特点。

在离心式机器內，流体在工作叶片內的方向是徑向的（圖 1，2，3，4），因此，把它划在徑向叶片机器（渦輪机）类型之內。

在轴流式机器內，流体与叶片（工作叶片）旋轉軸相平行（圖 7），因此，把它划在軸向叶片机器（渦輪机）类型之內。

可見，离心式机器和轴流式机器的作用原理是共同的，並都叫做工作渦輪机，即帶有叶片並以一定的圓周速度旋轉的机器。

当工作叶片在水流或空气流內旋轉时，每一叶片的兩側均产生压力差，同时發生流体与叶片的动力作用。叶片作用在流体上的压力使流体旋轉和移动，同时增大其压力和运动速度。

压送液体的渦輪机称为泵（圖 1）。使空气沿矿井巷道或管道流动，且产生的空气压力不超过 1000 公厘水柱渦輪机称为扇風机（圖 3 和 7）。

产生的气体压力高于 1000 公厘水柱且气体在压縮过程中不冷却的渦輪机称为渦輪鼓風机，而气体在压縮过程中冷却的渦輪机称为渦輪压縮机（圖 4，5，6）。

按照工作叶片的多寡，可分为單級式渦輪机（圖 3）和多級式（圖 1，2 和 4）渦輪机。多級式渦輪机的各級可以是並联、串联和串並联。渦輪机各級間采用並联，是为了增大它的生产能

力，采用串联，則是为了增大渦輪机所产生的流体压力（圖 1，2，5）。

各級間采用串並联，是为了既增大渦輪机的生产能力，又增大压力。按照工作輪上流体吸入口的多寡，渦輪机可分为單面吸入式的（圖 1，2，3，4，5 和 7）和双面吸入式的。如果流体自渦輪机工作輪流入帶叶片的导向器內（圖 2，4），則此种机器称为帶导向器的渦輪机。如果流体从工作輪經過緩冲器（圖 3）流入一个螺形外壳或直接流入（圖 1）一个螺形外壳，則此种机器称为帶螺形外壳的渦輪机或簡称螺旋式渦輪机。

渦輪机的外壳可由与級数相应的数段用螺栓連接而成（圖 2），这种渦輪机称为分段式渦輪机。它与所謂的整体外壳式渦輪机不同：整体外壳式渦輪机的外壳是整个鑄成的，仅仅盖子是用螺栓扭紧在壳上。

帶螺形外壳的和帶叶片导向器的渦輪机，都具有由兩半部組成的可拆式外壳，分段式渦輪机有时也具有这样的外壳。这种外壳的兩半部是在通过軸中心綫的水平面上連接起来的（圖 1，3 和 4）。有时生产能力高的渦輪机的外壳还要再沿垂直平面縱向地分开（圖 5）。

在矿山排水設備和通風設備中，离心式机器和軸流式机器应用極广。在个别情况下，这种机器也应用到矿山空气壓縮設備中。無疑地，由于矿山生产能力的增長，这类机器也將要用到空气壓縮机站中去的。

在矿山設備中，采用下列各种不同型式及不同結構的离心式机器和軸流式机器：离心式水泵（圖 1 和 2），离心式扇風机（圖 3），离心式压缩机（圖 4，5 和 6），軸流式扇風机（圖 7）。

在矿山条件下，这些机器用来压出或吸入（扇風机）水或空气。

用离心式水泵將水自井下排至地面。有时这种水泵也用于矿山供水和供給压缩机所需的冷却水。

扇風机用作矿山主要和輔助通風設備的工作机器，通風設備

是各个巷道以至于整个矿山的通风所必需的。此外，扇风机还用在热风装置中，这种装置在冬季借助送入井筒内的预热空气烘热井筒。扇风机还可用来往锻铁炉内送空气以及对各种辅助室（干燥室）通风等等。

离心式压缩机将吸自大气的空气压缩，当压缩到8个计示大气压时，将它沿压缩空气输送管钱送至矿井各用风处以及矿山的机械修理车间。

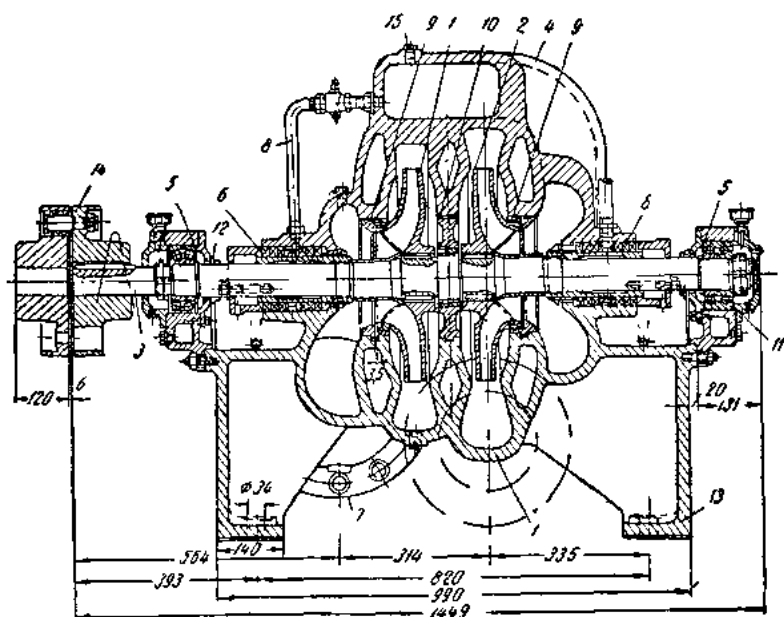


圖 1 HMK x 2 型离心式水泵

毫無疑問，目前用在其它各工業部門中的軸流式压缩机，在将来也会用来进行上述工作的。

下面就矿井中所采用的离心式和軸流式扇风机，离心式水泵和压缩机的作用原理及構造簡略地加以叙述。

HMK x 2 型双輪螺旋式水泵（見圖 1）有兩個單面吸水的工

作輪 1 和 2。兩個工作輪固定在軸 3 上，並安在可拆外壳 4 內，該外壳是由沿通過軸中心綫的水平面相接合的兩個半部組成的。水泵軸用支承滾珠軸承 5 支持，軸承用黃油潤滑。水泵軸的在从外壳伸出的端部設有填料盒 6，以免大气中的空氣滲入水泵和外壳中的水流出。

設在吸入接管 7 一側的填料盒有水封。為此目的，把水自水泵第一個工作輪室沿管 8 引入填料盒。為減少水泵工作時水从工作輪室內漏出，在外壳中兩輪的吸入孔處設有特殊軸封 9，兩個工作輪室用軸封環 10 隔開，以阻止水自一室流入另一室內。

水泵工作時產生一種軸向推力，使帶有工作輪的水泵軸沿軸向推移。為了平衡水泵工作輪的軸向壓力，將吸入孔佈置在相對的兩側，此外，水泵軸上還設一滾珠軸承 11，僅用以承受虽工作輪對稱佈置在軸上而未尽平衡的那一部分軸向推力。為防止油从軸承座內順着軸流出，在軸承座上安有擋油圈 12。借助外壳上的安裝支腳 13 將水泵固定在基礎上，並用半联轴器 14 將水泵与帶動水泵轉子的電動機相連，轉子轉數為 970—2950 轉/分，視水泵的生產能力及壓頭而定。

水泵外壳是鑄鐵的。在其下半部水平地且與水泵軸中心綫成 90° 角地設置着壓出接管和吸入接管。這樣就可方便地拆裝和檢查轉子而不必拆下排水管。水泵的工作輪和軸封環是鑄鐵的，並且易于更換。水泵軸是鋼的；在軸上設填料盒的地方安有可換的襯套。

輸送含酸的礦水所用水泵的工作輪、保護環、軸封環和軸套，均用 ЭЖ-2 號鋼或鐵鉻合金制成，而軸則用不銹鋼制成。

為了將外壳中的空氣通過安裝在外壳上部的閥門或旋塞 15 排出，起動前必須用水注滿水泵及其吸水管。

當轉子旋轉時，水泵工作輪將功率由電動機的軸傳送給流經工作輪流道中的水。工作輪的葉片在流動的水中造成壓力並增大其絕對流速。隨着外壳內流道截面的漸次增大，水的流動速度便逐漸減小，因此動壓頭轉化成靜壓頭，同時增大了工作輪造成的

压力。

在 АЯП 型离心式水泵中（圖 2），水自吸水管进入吸入盖 1 內，接着进入工作輪 2 和导向器 3，水借此导向器又进入下一级工作輪，依此类推。水自最后一級工作輪通过压出盖 4 进入平衡裝置。水泵各段和盖是用拉紧柱螺栓联結在一起。

水泵轉子是由軸、用鏈固定在軸上的工作輪、平衡盤 5 和襯套 6 所組成的。各零件均用轉子的螺帽固定住〔3〕。

轉子用兩個固定在托架上的軸承來支持。在吸入盖里和在压出側的托架里轉子是用棉織填料制的填料盒來密封。

在 1943 年制的 АЯП 型耐酸式水泵采用了巴比特合金軸瓦的滑動軸承，而其余型式的水泵是用滾珠軸承。

水泵与电动机是用帶橡皮襯圈的銷式彈性联軸节連接起来。

在 1949—1950 年間，在創造新式結構的 АЯП—5 型水泵方面曾进行了很多次的試驗工作。

这种水泵已制出各种类型尺寸和不同轉数的試制样品。АЯП—5 型試制样品經試驗証明，其效率比旧式結構的 АЯП 型水泵高得多。水泵工作機構的水力計算是根据全苏水力机械制造研究所的科学資料进行的。

根据导向器計算的新原理，創造出了导向器的一种新式特殊結構。吸入盖具有半螺旋形的流道。

АЯП 型水泵的結構系斯大林獎金获得者 А.Я. 波多普里哥尔設計出来的，並在 1943 年最先由亞历山大洛尖斯克伏罗希洛夫机器制造厂制成；因此，該型水泵便以設計者的名字命名（即用本人名、父名和姓的第一个大写字母）。

ЦАГИ 型离心式扇風机（圖 3）有一固定在軸 2 端部上的工作輪 1，軸 2 在用油圈潤滑的軸承 3 中旋轉。工作輪有数个叶片 4，叶片固定在輪盤上並借前面的圓盤 5 連接起来。

扇風机工作輪安在由緩冲器 6 和螺形壳 7 所組成的外壳內。垂直稜錐形扩散器連接在螺形壳的出口上。螺形壳的上半部是鋼制的，而下部則与扇風机基础的混凝土澆筑在一起。

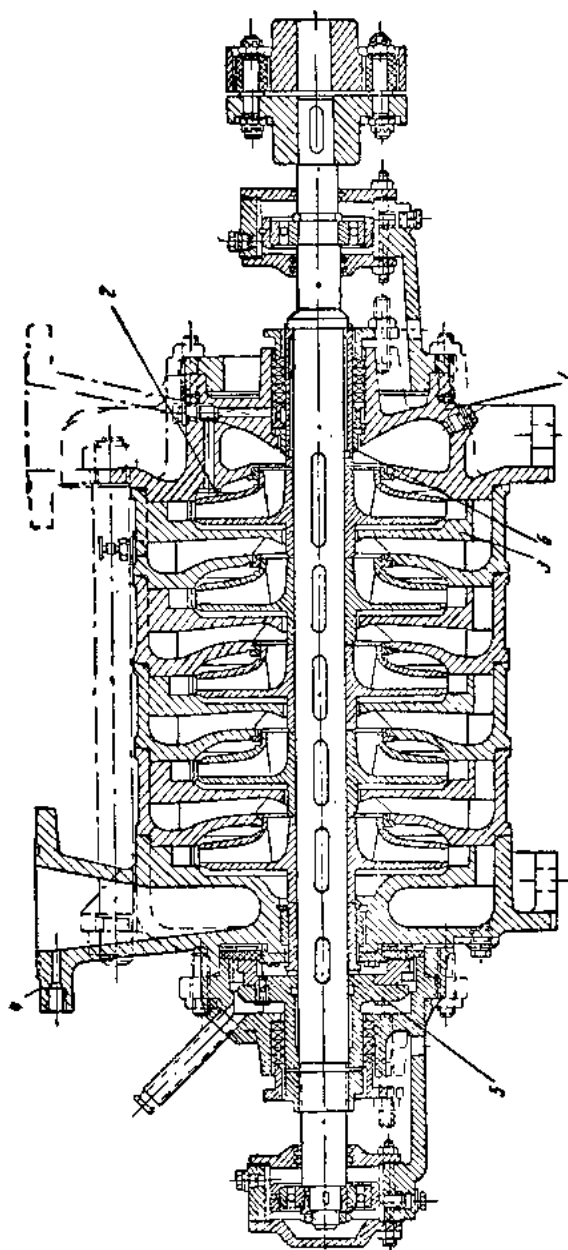


圖 2 3A111-5 型水泵