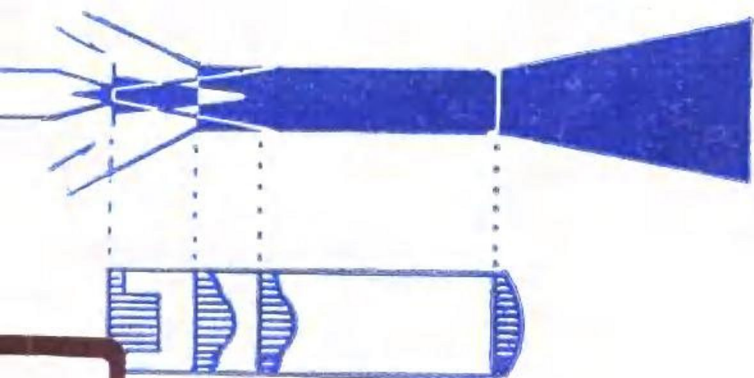


喷射泵技术及其应用

胡湘韩 阎瑞清 著



黑龙江科学技术出版社

内 容 简 介

《喷射泵技术及其应用》是一本理论联系实际
的专著。全书内容包括喷射泵技术的发展概况，喷
射泵的结构、性能、设计方法、测试技术、维修管
理，以及大量的工程实例。另外，本书还对常与喷
射泵配套使用的破土水枪进行了详尽的论述。文章
注重深入浅出，图文并茂；注重系统性和实用性。
可供水利电力、交通运输、建筑施工、污水处理、
环境保护、给水排水和矿山采掘部门工程技术人员
使用，也可供科研人员和高等院校师生参考。

责任编辑：常瀛莲

喷射泵技术及其应用

胡湘韩 阙瑞清 著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

黑龙江省职工幼师培训学校印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 9印张 1插页 235千字

1990年5月第1版 · 1990年5月第1次印刷

印数：1—4000册

ISBN 7-5388-1172-9/TB·48 定价：4.35元

前 言

喷射泵技术是研究两种以上流体之间能量传动规律的。它是一门新兴的应用技术，涉及到很多学科，综合性强。由于喷射泵的结构简单、紧凑，易加工，工作性能可靠，无洩漏，既能输送易燃、易爆、有毒、放射性物质，又能自动控制，远距离操作。因而，适合高温、高压、深水、高真空、强幅射、强腐蚀的特殊环境工作。因为喷射泵技术能充分利用能源，可使各种废水、废气、废液的余能得到合理应用，因而它在国民经济各个部门有着广泛的使用价值。

我国喷射泵技术的研究与应用自60年代开始，目前有关这方面的技术专著和译著甚少。我们在总结、归纳前人研究喷射泵技术成果的基础上，对喷射泵进行了多年的深入研究，取得多项科研成果和较丰富的实践经验。近年来又对喷射泵技术进行了系统、全面的总结，撰写了本书。本书力图向读者详尽地介绍当前国内外喷射泵技术的发展现状，从理论上较系统地阐述喷射泵的运行机理，性能特点，设计方法；从实践上反映我国七八十年代喷射泵技术在国民经济某些领域的运用水平。

本书十分注意它的可读性和实用性。为此，尽量免除一些繁琐的公式推导，直接了当地给出性能公式和参数方程，尽可能地深入浅出，通俗易懂，理论联系实际。为此，本书为使用部门提供了大量性能良好的喷射泵水力模型，结构参

数，系列产品；为设计人员提供大量图表和计算公式；为广大工程施工人员提供较多具有实际可操作性的案例，及现场运行、检测和调试方法。因此，本书不仅适用于工程、管理技术人员，而且也适合科研人员和广大师生学习参考。

本书尽量使用了法定计量单位，但是考虑了行业习惯，为了使用方便，保留了部分行业惯用的计量单位，特此敬告读者。

由于我们的水平有限，错误或欠妥之处在所难免，恳请读者多多提出宝贵意见，以供再版时修正。

作者

1989年12月

目 录

第一章 国内外喷射泵技术发展综述

- 一、喷射泵技术发展概况……………(1)
- 二、喷射泵技术应用现状……………(4)

第二章 喷射泵概述

- 一、喷射泵的基本概念……………(8)
 - (一) 喷射泵的组成……………(8)
 - (二) 喷射泵的工作原理……………(8)
 - (三) 喷射泵的基本性能参数……………(9)
 - (四) 喷射泵的分类及装置型式……………(10)
- 二、喷射泵的结构……………(13)
 - (一) 喷射泵的总构造及要求……………(13)
 - (二) 喷射泵的材料选择……………(17)
 - (三) 喷射泵主要部件的结构形式……………(17)

第三章 液态喷射泵设计理论

- 一、液态喷射泵运动机理……………(22)
- 二、液态喷射泵无因次性能的特性……………(25)
 - (一) 结构参数与无因次性能特性曲线关系……………(25)
 - (二) 无因次性能特性曲线与喷嘴出口流速关系……………(27)
- 三、结构参数对喷射泵性能的综合影响……………(29)
- 四、液态喷射泵的汽蚀性能……………(37)
 - (一) 喷射泵汽蚀的基本概念……………(37)
 - (二) 喷射泵基本参数对汽蚀性能的影响……………(38)

五、液态喷射泵基本性能参数方程和汽蚀性能参数方程	(43)
(一) 液态喷射泵基本性能参数方程	(44)
(二) 液态喷射泵汽蚀性能参数方程	(45)
六、液态喷射泵性能包络线和包络线方程	(46)

第四章 液态喷射泵的设计方法

一、相似设计法	(50)
二、包络线设计法	(60)
三、常规设计法	(68)
四、输送砾石喷射泵设计法	(76)

第五章 喷射泵的磨损及防护

一、喷射泵磨损的特征及危害	(80)
二、喷射泵磨损的主要因素	(81)
(一) 泥砂特性对磨损的影响	(81)
(二) 喷射泵的工作状态对磨损的影响	(82)
(三) 材料性能对磨损的影响	(84)
三、喷射泵磨损的防护措施	(84)
(一) 采用合理工作状态减少喷射泵的磨损	(84)
(二) 选择耐磨材质提高喷射泵抗磨性能	(86)
(三) 采用合理的结构形式减少喷射泵的磨损	(87)

第六章 水抽气喷射泵

一、水抽气喷射泵概述	(88)
二、水抽气喷射泵基本参数	(89)
三、水抽气喷射泵性能参数方程	(91)
四、水抽气喷射泵性能	(93)
五、水抽气喷射泵抽吸真空能力	(99)

第七章 液气喷射泵设计方法

- 一、非定容情况离心泵启动抽真空液气喷射泵的设计方法……………(101)
 - (一) 液气喷射泵吸气量 Q_c 的计算……………(102)
 - (二) 根据 Q_c 和真空值 H_v 设计液气喷射泵…(104)
 - (三) 抽气喷射泵性能校核……………(105)
- 二、定容情况抽真空液气喷射泵设计方法……………(105)
 - (一) 计算喷射泵的吸气量 Q_c ……………(105)
 - (二) 液气喷射泵的设计方法……………(106)
 - (三) 性能校核……………(108)

第八章 喷射泵性能测试方法

- 一、概述……………(109)
- 二、喷射泵性能测试装置型式及测试方法……………(109)
 - (一) 水—水喷射泵性能测试装置和测试方法…(110)
 - (二) 水—气喷射泵性能测试装置和测试方法…(111)
- 三、性能测试仪器及工作原理……………(112)
 - (一) 流量测定……………(112)
 - (二) 压力测定……………(122)

第九章 喷射泵技术在工程施工中的应用

- 一、在桩基础施工中利用喷射泵开挖的新工艺…………(125)
 - (一) 喷射泵基础开挖基本原理……………(125)
 - (二) 喷射泵在桩基础施工中的运用……………(126)
- 二、SL40—I型喷射式挖泥船……………(139)
 - (一) 喷射式挖泥船工作原理……………(139)
 - (二) 喷射式挖泥船的基本特点……………(140)
 - (三) 适应范围和技术性能……………(140)

(四) 喷射式挖泥船施工技术·····	(141)
三、喷射泵在轻型井点排水工程中的运用·····	(146)
(一) 喷射泵排水装置的构造、性能及工作过 程·····	(147)
(二) 故障与排除·····	(156)
四、喷射式深层井点排水·····	(163)
(一) 射流泵的结构及其工作原理·····	(166)
(二) 射流泵性能指标·····	(167)
(三) 射流泵的安装·····	(167)
(四) 射流泵的使用与保养·····	(169)
(五) 故障及其排除·····	(170)
五、喷射泵在余家头泵房和顶管施工中的应用·····	(171)
(一) 概述·····	(171)
(二) 喷射泵的设计·····	(173)
(三) 施工工艺·····	(175)
(四) 喷射泵取土排泥劳动组织·····	(182)
(五) 顶力计算·····	(183)
(六) 钢筋混凝土顶管材质的接头处理·····	(185)
六、射流一字形沉板闸的设计和施工技术·····	(186)
(一) 居仁拦河闸的设计·····	(186)
(二) 居仁拦河闸的施工·····	(193)
七、微型射流泵自动排水装置·····	(197)
八、喷射泵在水电站机组技术供水和排水系统的 运用·····	(197)
九、水抽气喷射泵在地热电站的应用·····	(199)
十、喷射泵在水利事业其他方面的运用·····	(201)

(一) 提高离心泵的容许吸程.....	(201)
(二) 降低离心泵的扬程.....	(201)
(三) 水利枢纽的过鱼设备补水.....	(202)
(四) 水抽气喷射泵在泵站和管路上的运用.....	(202)
(五) 喷射泵在射流深井喷灌机中的应用.....	(203)
十一、泵的管路损失计算.....	(205)
第十章 破土水枪	
一、破土水枪概况.....	(212)
(一) 破土水枪的应用.....	(212)
(二) 破土水枪的分类及其用途.....	(213)
二、水上破土.....	(214)
(一) 明压水射流结构特征及工作机理.....	(214)
(二) 明压水枪的基本性能.....	(218)
(三) 水枪射流性能的测定方法.....	(238)
(四) 水枪结构型式.....	(241)
(五) 水枪的水力计算及选择.....	(252)
(六) 水枪破土施工方法.....	(266)

第一章 国内外喷射泵技术发展综述

一、喷射泵技术发展概况

喷射泵的基本原理就是两种不同流体的混合反映。喷射技术最早起源于16世纪，到19世纪中叶，詹姆斯·汤姆逊于1852年首先使用了喷射泵。1860年德国学者 G. 佐伊纳，根据两股液流混合现象，建立了喷射泵的设计理论，1899年他又和 M. 兰金进一步发展和完善了这个理论，使喷射泵的效率达到24%，当时已经把喷射泵使用在烟道的强制通风上。直到20世纪30年代，由于科学技术的迅猛发展，喷射泵才在各经济部门获得广泛应用，特别是射流紊流理论的发展极大地推动了喷射泵理论研究进程。1933~1934年美国学者 J. 高斯兰和 M. 奥必宁在加利福尼亚大学对喷射泵的设计和理论进行了786次大规模的试验研究，使喷射泵的效率提高到30%，他们还预言效率可达41%，对喷射泵基本性能研究做了较大的贡献。1935年国外在蒸汽透平设备和冷凝装置上应用了蒸汽喷射泵，随后在其他工业部门也得到了广泛应用。1942~1950年 J. 奇拿和 R. 福尔柯进一步开展了试验研究，分别发表了大量研究成果。40年代初美国内政部开始制造喷射泵用于基坑排水，一般使用效率达30%左右。1949年 J. 麦科纳基在喷射泵装置性能方面做出了一定的贡献。50年代随着冶金工业发展和钢液真空处理这门新技术的出现，机械泵不能满足和适应新技术所需的真空度较高、抽气量较大的要

求，而蒸汽喷射泵却呈现独特的优越性。1956年美国把它应用在220吨钢液真空处理设备，并得到世界各国的重视。1953~1954年R·G·寇宁汉在美国宾夕法尼亚大学研究了抽取高黏性液体的喷射泵性能理论，到1957年对黏滞性的油得到最大效率为26.4%。1964年由N·H·G·文来劳在喷射泵的理论研究中，将效率提高到37%。进入70年代德国学者将喷射泵的效率提高到40%。

苏联在喷射泵的研究上，多年来也投入大量的人力、物力。早在1930年B·H·冈察洛夫开始利用流体力学阐明了喷射泵的计算原理。1931~1940年，K·K·巴乌林在中央液体力学研究所里，Л·Л·别尔曼在全苏热工研究所里，根据以往研究成果，整理了喷射泵的设计方法，并推导出在变工况下喷射泵工作的特性曲线方程式。1931~1950年，П·H·卡勉列夫总结了20年的试验研究成果，于1950年发表了喷射泵专著。1935~1958年在中央流体力学研究所，A·H·洛日金进行了蒸汽喷射泵结构形式的研究，并设计出蒸汽喷射泵压缩装置运用于工业。在此期间C·A·赫里斯季阿诺维奇，完成了研究分析蒸汽喷射泵的计算方法的著作，大大促进了蒸汽喷射泵理论的发展。1945年以来，E·Я·索科洛夫在全苏热工研究所进行了大规模的喷射泵试验研究，制定了供热用的喷射泵系列，全面地研究了各种类型的喷射泵，并在1970年和H·M·津格尔一起在喷射泵专著中完善了喷射泵设计理论。1960年B·Э·弗里德曼根据他长期运用喷射泵的实际经验及试验研究成果，总结出一套经验公式和设计方法，发表了喷射泵专著。特别值得提出的是Г·H·阿勃拉摩维奇在发展喷射泵理论基础—紊动射流理论方面曾做出很大的贡献。

近40年来，世界其他国家，如英国、日本、法国、荷兰、印度等国学者也都对喷射泵理论及运用做出了卓越贡献。目前国外的研究中心有英国航空与宇宙航行局、国防部军事技术情报处、加利福尼亚大学、宾夕法尼亚大学、英国流体力学研究协会、英国国家工程试验室、苏联中央空气动力学流体力学研究院、全苏热工研究所、全苏农业电气化研究院以及包曼工学院。日本和西德在喷射泵研究上也投入不少力量。国际上于1972年在英国伦敦成立了喷射泵技术专业学会，并于1972、1974年在英国伦敦剑桥大学召开了两届国际学术会议。

我国从建国以后，就开始了喷射泵的应用和研究工作，从国外引进了样机和图纸。1958年淮北煤矿建井公司采用喷射泵进行竖井排水。1961~1964年，中国农业机械化研究院刘吉善等同志结合我国华北地区深井提水需要设计研制了SLB系列喷射泵，并得到了应用。1962年北京矿业学院陈大中对抽送挟有固体颗粒的喷射泵进行了试验研究。1961~1964年，武汉水利电力学院童泳春、陆宏圻运用流体力学和紊动射流理论系统研究了液态喷射泵基本方程、汽蚀方程、最优参数方程及装置性能方程，形成了一套完整的理论。70年代以来，陆宏圻在广泛运用的基础上，又和该校数学教研室运用电子计算机对上述方程进行计算，并形成了诺谟图，为设计使用提供了方便条件。与此同时，又开展了水汽喷射泵的研究。1964~1969年哈尔滨建筑工程学院金锥根据给排水工程的需要深入地研究了液态喷射泵和水汽喷射泵的机理，推导出基本方程式和经验公式，并成功地把喷射泵的设计运用在自来水的投药、地下水除铁曝气充氧工艺中。

1961年至今，西安重型机械研究所毕运德、李崇江等人，全面系统地研究了水蒸汽喷射泵的设计理论、设计方法，近几年根据“三化”的要求，又全面地制定了水蒸汽喷射泵技术条件、性能、试验方法、水喷射泵的型式与基本参数、技术标准。目前我国蒸汽喷射泵生产厂家有：杭州起重机械厂、兰州曙光机械厂、沈阳真空机械厂。该类设备已经在化工、石油、冶金、纺织、医药等部门广泛地运用在真空蒸馏、真空脱臭、真空蒸发、真空结晶、真空干燥、真空冶炼、制糖、制冷、抽气、综合利用等方面。1972年交通部第二航务工程局科研所就开始应用了喷射泵，效果良好。随着国民经济的发展，喷射泵已得到广泛的运用和重视，60年代初全国只有几个单位研究喷射泵。70年代以来，全国已经有30多个研究所、设计院、高等院校对喷射泵进行研究和应用。1983年全国成立了喷射泵技术专业委员会，并于1983年（武汉）、1986年（杭州）、1989年（广州）召开了三届全国性学术交流会。可以预见，随着国民经济的发展，喷射泵这门技术势必得到更深入的发展。

二、喷射泵技术应用现状

喷射泵是一种特殊的流体机械，它是以高速运动的流体通过紊动作用传递能量。由于它结构简单，易加工，工作可靠，无旋转部件，可以输送易燃、易爆、有毒和放射性物质，可以自动控制、遥控，因而适用于高温、高压、深水、高真空、强幅射、强腐蚀的特殊环境。可以实现综合利用，充分地利用能源，使各种废水、废气、废液的余能得到充分的利用。因而喷射泵在国民经济各部门得到了广泛的应用。

在宇宙航空事业上，由于工作条件恶劣，高速、低压、高真空，各种机翼均处于失重状态，机泵运动极易汽蚀破损，要用喷射泵予以增压，使之保持正常的工作状态。在原子能的利用上，日本和美国利用喷射泵具有良好的密封性能、防辐射、能自动控制的特点用于沸反应堆操纵。在海洋科学上，美、苏两国和一些先进的西方国家，为了获得能源和海洋资源而竞争，都投入了大量经费来发展喷射泵技术。日本近几年研制成功“亚洲一号”、“飞丸号”等大型喷射式挖泥船，挖取海底80~100米深的砂、石，进行围海造田。英国利用这种技术作深海开采铁锰矿石的有效手段。用喷射泵进行充氧比叶轮曝气充氧效果要提高一倍，而且设备简单，没有振动和噪声，这是污水处理的一项重大革新，我国有些单位目前也开展了这方面的研究。喷射泵还可以作活性污泥的循环泵。为了清除公害，喷射泵技术目前广泛应用于生化污水处理工艺中。水利电力方面，在北方井灌区，使用喷射泵喷灌，可实现一套机组一次喷洒灌溉，吉林省大安县已发展到万亩灌溉区，经过六个年头的实践证明是经济可靠的。在黑龙江、宁夏、甘肃等省区采用喷射泵进行深井提水，供农牧用水。在喷灌中，在喷头上加一喷射器，可喷洒农药和化肥。在四川普遍采用喷射泵抽真空，使农用泵去掉底阀，提高了水泵的效率。此外，在喷灌上广泛利用喷射泵技术进行废气自吸，国家计委已建议全国推广。在排灌站，目前已利用喷射泵代替真空泵进行抽真空起动，排除厂站污水，进行前池清淤。在水利工程施工上，黑龙江省齐齐哈尔市某工程中水下开挖的沉箱施工，喷射泵得到了充分的运用。交通部二航局科研所，于1975年在连云港的港口施工中用

喷射泵开挖水下25米深大面积的淤泥效果明显。1978年，这个所在青岛某工程的水下沉箱输砂充填中运用喷射泵，也获得了重大的经济效果。在软基开挖施工中，用喷射泵进行井点排水，安装简单，操作灵活，工作可靠，成本较低。水电部第八工程局采用气化喷射泵输送水泥，生产率达每小时115吨，输送高度27米，水平输送距离170米，和其他机械运输相比，大为经济。吉林省大安县用喷射泵进行洗井，使成百眼废井、淤井复活。武汉、广东的航运部门，应用喷射泵的特性，设计成几种喷射式挖泥船，进行港口施工和河道疏浚，效果良好。在水电站上，广东省水利勘测设计院在流溪河的四座水电站利用喷射泵作技术供水、冷却水、排除厂房积水，并为其动力泵抽真空起动。最近这种技术在援非工程布昂扎水电站中得到了充分运用。哈尔滨汽轮机厂最近在容量为60万千瓦发电用汽轮机主轴上，就采用了喷射泵进行供油、冷却、润滑。西藏羊八井地区建立的第一座湿蒸汽型地热电站，采用水汽喷射泵将冷凝器上部不凝气体抽出，从而增加汽轮机的出力。在冶金部门，吉林省冶金局1978年7月在延边设计成功一只采金船，在水中采金。在冶炼上，真空冶炼是项重大革新技术，它是利用大型水—气喷射泵进行真空提升、循环、除气、冶炼、浇铸，从而降低冶炼温度，提高产品纯度，这种技术正在推广应用。在采矿方面，黑龙江省鹤岗煤矿采用喷射旋流式浮选机选煤取得新成果，并于1976年在国际选煤会议上，受到世界好评。淮北、徐州矿务局在矿井采用喷射泵排水。在给排水工程中，全国推广使用喷射泵作为自来水投药设备，利用水—气喷射泵对地下水进行充氧除铁。在水利加速澄清池中作为混合与循环用泵。在

渔业上，黑龙江省哈尔滨市渔业研究所、浙江省淡水渔业研究所，近两年来采用水—气喷射泵给养鱼池充氧、造流，而且无振动、无噪声，使单位面积养鱼量增加很多，极大地扩大了水域的养鱼能力。另外，由于喷射泵本身没有旋转部件，不会损伤鱼类，因此喷射泵还可以作为鱼泵，在海洋和水库里进行捕鱼作业，用它把鱼群从围网中抽送到船上或岸上，从而提高鱼群的成活率和装卸速度，改善了渔民的劳动条件，这种捕鱼船正在建造中。目前广东省轻工业机械研究所在广东、福建糖厂，采用多喷嘴的水喷射泵冷凝器应用于蒸发及煮糖的真空系统，把多喷嘴水喷射泵抽气器应用于真空吸滤机的真空系统，代替普通淋洒式冷凝器和真空泵等设备，把冷凝作用与排气作用合并在一个简单设备中同时完成，简化了工艺流程，节省了设备和投资。在机械加工上，利用气动喷射泵进行喷丸清砂、铸铁清砂，是金属表面清理除锈实现机械化的一个有效途径，如抚顺挖掘机厂采用这种喷丸清砂新工艺，大幅度地提高了生产率。

综上所述，可以预见随着国民经济的深入发展，喷射泵这门应用技术势必要有一个更大的发展。

第二章 喷射泵概述

一、喷射泵的基本概念

(一) 喷射泵的组成

作为常用的普通喷射泵，主要由喷嘴、泵室、喉管进口段、喉管、扩散管、吸入管等部件组成（图2—1）。

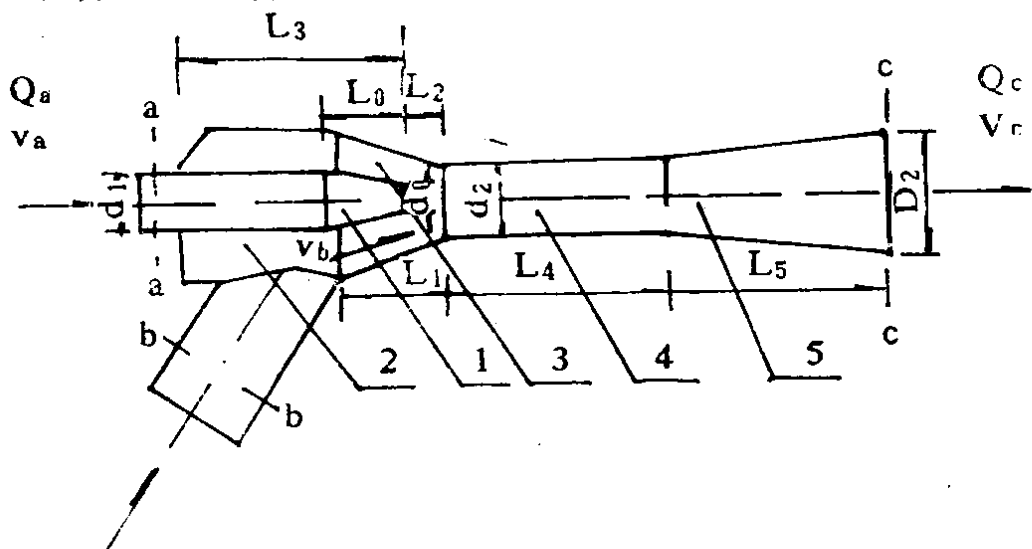


图 2—1 喷射泵结构示意图

1. 喷嘴 2. 泵室 3. 喉管进口段 4. 喉管 5. 扩散管

(二) 喷射泵的工作原理

喷射泵是完成能量转换的一种装置，它是由具有一定能量（压力和流量）的工作流体，经过喷嘴喷出，形成高速射流。由于射流与空气之间产生的卷吸作用和紊动扩散作用，把吸入室内的空气带走，使该处产生负压（真空）。在外界大气压力及液体的静压力作用下，使被吸流体吸入泵室，