

151539

TK72
1227

水力机械理论

[印度] V. P. 瓦山德尼博士 著
范华秀 屠兰君 刘国柱 译
刘竹溪 校

机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

内 容 提 要

本书系工科大学教材,着重介绍现代水力机械的基本理论及流体力学理论在水力机械中的应用。主要内容包括:射流理论,水力机械的一般理论,相似理论在水力机械中的应用,冲击式水轮机,反击式水轮机,流体动力泵,流体动力传动,汽蚀,往复泵和其它水力泵。书中附有许多例题、思考题和练习题,对于理解和掌握有关部分的理论和计算很有帮助。

本书可作为高等院校水力机械、排灌机械、水电站动力设备和机电排灌等专业高年级学生的教材或教学参考书,也可供从事水力机械设计、试验、制造、安装和运行管理的科技人员参考。

水 力 机 械 理 论

*

[印度] V. P. 瓦山德尼博士 著
范秀华 屠兰君 刘国柱 译
刘竹溪 校

*

责任编辑:孙瑞 版式设计:孙雪
封面设计:赤兵 责任校对:赤兵

*

机械工业出版社 (北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

北京市东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本: 787×1092 1/32·印张: 15 3/8 字数: 320 千字

1992年8月北京第1版·1992年8月北京第1次印刷

印数: 00 001~1 000. 定价: 17.00 元

*

ISBN 7-111-03300-3/TV·2 (X)

译 者 的 话

由德国慕尼黑工业大学工学博士、印度旁遮普工学院机械工程系主任瓦山德尼 (V. P. Vasandani) 教授所著《水力机械理论》(Theory of Hydraulic Machines), 自 1962 年第一版问世以来, 经过作者的多次修订, 已先后出版了七版。本书是根据 1980 年出版的第七版译出。

本书系工科大学教材, 着重介绍现代水力机械的基本理论及流体力学理论在水力机械中的应用。主要内容包括: 射流理论, 水电站, 冲击式即自由射流式水轮机, 水力机械的一般理论 (I), 反击式即有压流式水轮机, 水轮机调节, 流体动力泵, 相似理论在水力机械中的应用, 流体动力传动, 水力机械的一般理论 (II), 汽蚀, 特种水动力式泵, 往复泵, 特种水力机械, 其它水力泵。本书体系完整, 结构严谨, 论述清晰简练, 深入浅出, 是一部标准的教科书; 本书内容丰富新颖, 反映了欧美水力机械方面的科技水平, 是学习和研究欧美水力机械理论很好的一部专著。书中每章都附有例题、思考题和练习题, 对于理解和掌握有关部分的理论和计算很有帮助。

原书中公式、数据和文字有许多误排之外, 译者已作了改正, 不再一一加注。

本书由范华秀译引论、第一篇导言和第一~五章, 屠兰君译第六~十一章, 刘国柱译第十二~十五章和附录。最后由刘竹溪教授对全书进行校订。

在本书翻译过程中，曾得到武汉水利电力学院水能动力工程系冯尚友教授和华中工学院水轮机研究所所长程良骏教授的大力支持和帮助，在此一并表示衷心感谢！

由于译者水平有限，译文中不妥和错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

译 者

1985. 12

第一版序言

迄今为止，研究像水轮机、泵类等重要水力机械科目是我国在校的工程技术学生课程体系的选修课程。因此，我们所有与之有关的书，如水力学或流体力学，其中有一章或两章是关于水力机械的。亦有一些专门针对泵类的书刊，但这些著作往往超出大学生的学习内容范围。此外，考虑到由于空气动力理论的新见解，有必要单独而充分地为准备 U. P. S. C. 或 A. M. I. E. 考试的土木、机械和电气工程的大学生论述这一课题。

本书主要使用 M. K. S 单位制。业已证明这对大学生带来额外的优点，因为我国已采用这种单位制并进行单位制更替。

V. P. 瓦山德尼

第七版序言

由于技术教育水平正在提高，教科书也必须不断修订以便与之相适应。因此，射流式水力机械的理论便从反击式机械中分离出来。在新编的第四章中透彻地阐明了反击式机械的理论基础，这有助于读者从根本上掌握其内容，并便于理解后继章节中提及的有关假定。

另外，还增添了一些结合我国国产机械实际的习题。

V. P. 瓦山德尼

第五版序言

读者的令人鼓舞的反应及引用 S. I 单位制的需要促使这一新的修订版问世。在新版本中作了如下的重要修订：

1. 引入 S. I 单位制与 M. K. S 单位制并用。
2. 补充了新的一章“特种水动力式泵”。这是采纳工业界中许多朋友的建议而写的。
3. 由于汽蚀已成为水力机械设计的主要限制因素，所以“汽蚀”单独成为一章。

我借此机会向我的同事们致谢，其中特别是 S. K 阿加沃尔教授及阿赞·辛格教授，他们在修订版本及更正原稿中给我颇多的帮助。

V. P. 瓦山德尼

前 言

我非常高兴为 V. P. 瓦山德尼工学博士撰写的《水力机械理论》一书写此前言。写此前言的荣幸本应由我的最亲密朋友已故的 S. D. L. 迪西潘德（比哈尔工学院院长）所享有，我曾有幸与他在特勒安德鲁工程学院共事近 10 年之久。

本书论述清晰简练，并附有使用 F. P. S 和 C. G. S 单位制的例题。根据动量方程建立的射流理论也是颇有兴趣的。对翼型理论及其在轴流式水力机械设计中的应用、调节理论和汽蚀部分都撰写得很好。

“我确信此书将是一本关于水力机械的很有价值的著作，并将成为攻读机械和电气工程学位的大学生的标准教科书”。

喀拉拉邦政府技术教育部长

S. 雷杰雷曼

1962 年 3 月 10 日

于特勒安德鲁

引 论

单词“Hydraulic”是由希腊文：“Hydro”（意为水）衍生而来的。然而实际上“Hydraulic”却包罗了所有不可压缩流体的流动。因而水力机械这门课程也就包括了所有与流体运动有关的机械。

水力机械的分类有很多方法，常见的有：（1）按做功的方式分类；（2）按机械中能量传递的方式分类。

在第一种分类方法中：

（a） 我们称产生功的机械为水轮机，所谓产生功的机械指的是能够将流体中的能量转化成机械能，通常还能进一步转化成电能的机械。

（b） 我们称消耗功的机械为泵，所谓消耗功的机械指的是能够将输入的机械能转换成流体动能的机械。

（c） 除上述二种机械外，还有一些机械，它们与其他的机械相配合，完成特种功能，如传动磨、工厂千斤顶以及压榨机、升降设备等。

第二种分类的方法，是以机械中能量传递的方式为依据的。

（a） 我们称通过液体与机械转动部分相互作用而得以传递能量的机械为流体动力机械。这些机械均为旋转机械。

（b） 我们称通过液体与机械中作推、拉运动的运动部分相接触来传递能量的机械为变容式水力机械。

由于水力机械理论及其设计方法是基于做功的原理，故我们用后一种分类方法将此书分为三部分，第一部分论述流体动力机械，第二部分论述变容式水力机械。

还有一些机械与上述两种机械中的任何一种都不相同，严格地说它们不能算是机械，因为它们没有运动部分。然而水力机械的教学大纲还习惯于包括了它们，因而我们在此书的第三部分“其他类型泵”中也一起加以论述。

重 要 符 号 表

斜体大写字母	
A = 面积	R_s = 雷诺数
B = 宽度	S = 吸力比转速
D = 直径	T = 转矩
E = 能, 恩氏度	U = 转轮切向速度
F = 力	V = 流体速度
F_x = 在 x 方向的力	W = 所做的功, 重量
F_y = 在 y 方向的力	Y = 国际单位制的比能
H = 作用在水力机械上的水头	Z = 斗叶或叶片数
H_m = 压力水头	斜体小写字母
K = 常数	a = 面积
L = 长度	d = 直径
M = 质量	f = 达西摩擦系数
P = 功率	g = 重力加速度
P_s = 轴马力	h = 静水头
P_m = 机械损失马力	h_s = 吸力水头
P_u = 单位功率	h_u = 利用水头
Q = 每秒流量	h_f = 摩擦损失水头
Q_c = 单位流量	l = 长度
Q = 泄漏流量	m = 射流比, 质量比, 质量
R = 半径, 反击度	p = 压强
	r = 半径

t = 时间	ρ = 密度
u = 转轮切向速度, 速度	η = 效率
v = 流体速度	η_h = 水力效率
n = 转速	η_m = 机械效率
n_s = 比转数	η_v = 容积效率
w = 流体容重	η_o = 总效率
x = 未知量	σ = 托马汽蚀系数
希腊字母	Γ = 环量
α = 导叶角或喷嘴角	ω = 角速度
β = 叶片角	e = 引导角, 无量纲水头
ψ = 角	下标 1 = 压力侧上的量
φ = 角	2 = 负压侧上的量

表 1 用于构成十进倍数和分数单位的词头表

所表示的因数	词头名称	词头符号
1 000 000 000 (10^{12})	太	T
1 000 000 000 (10^9)	吉	G
1 000 000 (10^6)	兆	M
1 000 (10^3)	千	k
100 (10^2)	百	h
10 (10^1)	十	d_a
0.1 (10^{-1})	分	d
0.01 (10^{-2})	厘	c
0.001 (10^{-3})	毫	m
0.000001 (10^{-6})	微	μ
0.000000001 (10^{-9})	纳	n
0.000000000001 (10^{-12})	皮	p

目 录

引论

第一篇 流体动力机械

导言	(1)
----------	-----

第一章 射流理论	(11)
----------------	------

1.01 引言	(11)
---------------	------

1.02 动量方程	(11)
-----------------	------

1.03 射流作用在固定板和移动板上的冲力	(12)
-----------------------------	------

1.04 速度三角形	(31)
------------------	------

1.05 射流式船舶的推进力	(33)
----------------------	------

第二章 水电站	(46)
---------------	------

2.01 引言	(46)
---------------	------

2.02 水电站的类型	(46)
-------------------	------

2.03 水电站的主要构成	(49)
---------------------	------

2.04 水库的容量	(55)
------------------	------

2.05 水头的变幅	(58)
------------------	------

第三章 冲击式水轮机和水轮（即自由射流式或等压流式水轮机）	(63)
-------------------------------------	------

3.01 引言与历史	(63)
------------------	------

3.02 培尔顿水轮机的主要部件	(65)
------------------------	------

3.03 水流通过培尔顿水轮机斗叶的流动	(67)
----------------------------	------

3.04 斗叶的主要尺寸	(69)
--------------------	------

3.05 斗叶数	(71)
----------------	------

3.06 理想的速度图	(75)
-------------------	------

3.07 射流直径的选择	(79)
--------------------	------

3.08	转速比 K_u	(79)
3.09	喷嘴数	(81)
3.10	其它类型的冲击式水轮机	(81)
第四章	水力机械的一般理论—— I	(105)
4.01	水力机械的分类	(105)
4.02	欧拉基本方程	(108)
4.03	反击度	(111)
4.04	流体通过流体动力机械的流动	(115)
4.05	不够完善的一维理论	(118)
第五章	反击式或有压流式水轮机	(120)
5.01	引言	(120)
5.02	改变叶片形状的影响	(121)
5.03	反击式水轮机的主要部件	(125)
5.04	尾水管	(127)
5.05	吸出高 h_s	(132)
5.06	翼型及其空气动力学特性	(134)
5.07	毕奥特-赛瓦特定律	(138)
5.08	库特-儒可夫斯基定理	(140)
5.09	叶栅	(144)
5.10	翼型理论的应用	(147)
5.11	其它类型的反击式水轮机	(150)
第六章	水轮机调节	(177)
6.01	引言	(177)
6.02	基本原理	(177)
6.03	调节机构	(178)
6.04	调节的复杂性	(180)
6.05	培尔顿水轮机的双重调节	(182)
6.06	调节理论	(182)

6.07	组成部件说明	(184)
6.08	卡普兰水轮机转轮叶片的调节	(185)
6.09	在变负荷情况下确定叶片位置	(186)
第七章	流体动力泵	(195)
7.01	引言	(195)
7.02	组成部件	(196)
7.03	吸水管和输水管	(197)
7.04	定义	(198)
7.05	级数	(201)
7.06	速度三角形	(202)
7.07	流体动力泵理论	(205)
7.08	泵输送液体的最小转速	(207)
7.09	实际速度图偏离理想速度图的影响	(207)
7.10	压力系数	(208)
7.11	叶片数目	(208)
7.12	最大允许吸上高度	(209)
7.13	充水及几种自吸装置	(210)
第八章	相似理论在水力机械中的应用	(232)
8.01	引言	(232)
8.02	相似条件	(232)
8.03	单位量	(236)
8.04	比转数	(237)
8.05	培尔顿水轮机的比转数	(240)
8.06	法兰西斯水轮机的比转数	(241)
8.07	卡普兰水轮机的比转数	(242)
8.08	按比转数进行水轮机的分类及选择	(243)
8.09	泵的比转数	(245)
8.10	白金汉 (Buckingham) 定理的应用	(245)

8.11	摩擦的影响	(254)
8.12	汽蚀	(257)
8.13	主要特性曲线	(263)
8.14	运行特性曲线	(267)
8.15	等效率曲线	(270)
8.16	反击式水轮机对高水头的适用性	(272)
第九章	液压转动	(288)
9.01	引言	(288)
9.02	透平联轴器	(288)
9.03	透平换矩器	(290)
9.04	一般原理	(291)
第十章	水力机械的一般理论——Ⅱ	(295)
第一部分		
10.01	引言	(295)
10.02	叶片厚度的影响	(297)
10.03	有限叶片数的影响	(297)
10.04	摩擦的影响	(299)
10.05	相对漩涡的影响	(300)
10.06	实际机械的理论速度三角形	(301)
10.07	彼弗利特尔 (Pfeiderer) 系数	(303)
10.08	压力测叶片角 (β_1 或 β_1^*) 的选择	(305)
10.09	汽蚀	(307)
10.10	吸入速度 V_s 和速度系数	(312)
10.11	水轮机和泵的叶栅	(312)
第二部分 冲击式水力机械的一般理论		
10.12	引言	(316)
10.13	速度三角形	(317)
10.14	理论与观察	(319)

10.15	斗叶分水刃	(320)
第十一章	汽蚀	(322)
11.01	引言	(322)
11.02	汽蚀破坏	(322)
11.03	汽蚀成因	(323)
11.04	汽蚀的机械破坏作用	(324)
11.05	液体的拉伸强度	(326)
11.06	汽蚀核的影响	(328)
11.07	紊流和边界层的影响	(329)
11.08	气体含量、汽化压力和液体温度的影响	(329)
11.09	表面张力和杂质的影响	(331)
11.10	液体粘度的影响	(331)
11.11	物体形状对汽蚀的影响	(331)
11.12	汽蚀的危害	(331)
11.13	汽蚀的防护	(334)
11.14	在设计阶段汽蚀的预防	(335)
11.15	对安装好的水力机械的汽蚀防护	(337)
11.16	汽蚀的探测	(337)
第十二章	其它动力式泵	(340)
12.01	引言	(340)
12.02	自吸泵	(340)
12.03	深井泵	(344)
12.04	杂质泵	(349)
12.05	化学和作业泵	(353)
12.06	高转速作业泵	(355)
12.07	其它多用途水动力式泵	(359)
第二篇 容积式水力机械		
第十三章	往复泵	(360)