



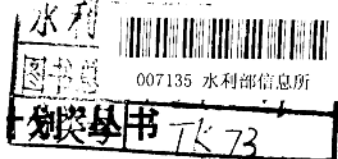
全国“星火计划”丛书

李大成 陈莱洲

小型水电站

第二版

水力机械



小型水电站

第二版

水力机械

李大成 陈莱洲

水利电力出版社

(京)新登字115号

全国“星火计划”丛书

小型水电站

第二版

水力机械

李大成 陈莱洲

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

787 × 1092毫米 32开本 18.875印张 418千字 2插页

1979年5月第一版

1993年10月第二版 1993年10月北京第三次印刷

印数28121—30340册

ISBN 7-120-01823-X/T V·656

定价 17.60 元

内 容 提 要

本书为《小型水电站》(第二版)水力机械部分,适用于装机容量25000 kW,单机容量500~12500 kW的小型水电站。在一定范围内,也可供一些中型水电站水轮机及其附属设备选择参考用。

本书共十四章。前七章为水轮机的类型、构造、性能、气蚀、安装高程、机组选择方法、调速器作用,规格、选择和调节保证计算方法,以及主阀的类型和选择;第八、九、十、十一章为水电站的水、气、油系统,以及起重、检修设备选择与通风;第十二、十三、十四章为水电站的水力测量系统、机组自动化元件,以及机组的起动试运行和检修。为使用方便,书中附有算例。

本书可供地、县各级从事小型水电站建设工作的工程技术人员,以及从事小水电研究工作的科技人员和大专院校有关专业师生参考。

21172/3205

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员 (以姓氏笔划为序)

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员 (以姓氏笔划为序)

王晓方 向华明 米景九 应曰璁
张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖
俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

前 言

为了适应小水电建设的需要，水利电力出版社于1976~1983年期间，陆续出版了《小型水电站》一书，上、中、下册共5本。其中，上册一本，内容包括规划和水工建筑物；中册两本，内容分别为水轮机和厂房；下册两本，内容分别为电气一次回路和电气二次回路。

十多年来，我国小水电建设发展迅速，为了及时总结小水电新技术和更好地满足小水电科技人员的需要，在原版本的基础上，重新编写出版《小型水电站》，包括：规划、水工建筑、水力机械、厂房、电气一次、电气二次，共6册。

本书为《水力机械》分册，为1979年出版的中册《水轮机部分》一书的修订版。

在此次修订编写中，根据新技术的发展，章节的内容作了较大的变动和修改；删节了过时不适用的内容；增补了一些新内容；吸取了有关设计和生产部门近些年来在实践中总结和发展的一些有益经验和新技术；参阅了近期出版的有关书籍和文献，并使之符合原水电部主持编写、于1985年1月开始试行的《小型水力发电站设计规范 GBJ 71-84》等标准和规范。此外，为增加本书的实用性和扩大读者范围，增加了“水轮发电机组的起动试运行和检修概述”一章。

本书经过修订，在适用范围和深度上有所扩大和加强。除小型水电站外，在一定范围内，对一些中型水电站的水轮机及其辅属设备的选择和应用，也有一定的参考价值。

本书共分十四章。其中第一、二、五、六、七、八、九、

十、十一章由天津大学李大成教授编写；第三、四、十二、十三、十四章及附录由湖南省水利水电勘测设计院陈莱洲高级工程师编写。

湖南省水利水电勘测设计院钟承纳高级工程师对本书进行了认真的审核，提出了不少宝贵意见，作者谨致谢意。在编写过程中，一些单位和同志提供了不少帮助和资料，作者亦深表谢意。

限于作者水平，书中错误与不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

1992年10月

目 录

序

前言

第一章	水轮机的主要类型和构造	1
1-1	水轮机的类型、适用范围和型号	1
1-2	水轮机主要构造	7
第二章	水轮机的工作原理和工作性能	29
2-1	水轮机工作原理	29
2-2	水轮机基本工作参数	32
2-3	水轮机相似律、单位参数和比转速	36
2-4	水轮机效率和单位参数的修正	42
2-5	水轮机飞逸转速	44
2-6	中小型轴流式、混流式转轮型谱数据	46
2-7	水轮机特性曲线	48
第三章	水轮机的气蚀、吸出高度和安装高程	72
3-1	水轮机的气蚀及其评定标准	72
3-2	水轮机的气蚀系数和安装高程	79
3-3	径流式水电站水轮机安装高程计算	91
第四章	水轮发电机组选择	97
4-1	水轮机选择的内容、要求和基本资料	97
4-2	图表法选择水轮发电机组	01
4-3	套用机组选择法	121
4-4	利用模型综合特性曲线选择水轮机和计算水轮机 主要参数	122
4-5	水轮机选择及其参数计算示例	127
4-6	水轮机运转特性曲线绘制	141
4-7	水轮机进室形式的选择和计算	153
4-8	水轮机尾水管形式选择	171

4-9	冲击式水轮机选择	182
4-10	水轮发电机主要参数选择	191
4-11	水轮发电机组重量估算	197
第五章	水轮机调速设备	202
5-1	调速器的作用和类型系列	202
5-2	调速器工作原理简述	206
5-3	调速器选择	212
5-4	调速系统油压装置	214
5-5	水斗式水轮机的双调节系统	216
5-6	调速器安装图	218
第六章	调节保证计算	224
6-1	调节保证计算的任务和准则	224
6-2	调节保证主要参数计算	227
6-3	调节保证参数的改善措施和防抬机	246
6-4	装有调压阀的调节保证计算	249
第七章	水轮机进水阀	257
7-1	进水阀的作用和设置条件	257
7-2	进水阀的类型、构造与选择	257
7-3	进水阀水头损失计算	273
7-4	进水阀操作系统	275
第八章	水电站水系统	280
8-1	技术供水系统	280
8-2	消防供水	332
8-3	排水系统	338
第九章	水电站压气系统	363
9-1	压气系统的分类和供气对象	363
9-2	机组制动用气	364
9-3	调相压水用气	370
9-4	风动工具和蝴蝶阀围带用气	377

9-5	油压装置用气	379
9-6	压缩空气综合系统	382
第十章	水电站油系统	391
10-1	油系统的分类和供油对象	391
10-2	油系统的组成、要求和设计步骤	391
10-3	用油量计算	394
10-4	油系统设备选择	396
10-5	油系统管网计算	400
10-6	油系统计算举例	402
第十一章	水电站厂房的起重和检修设备及通风	407
11-1	水电站主厂房起重设备选择	407
11-2	水电站机修设备	409
11-3	小型水电站通风、采暖简述	412
第十二章	水力测量系统	416
12-1	水力测量的任务和内 容	416
12-2	水力测量项目	418
12-3	测压管路的选择和布置	432
第十三章	机组自动化元件	439
13-1	概述	439
13-2	机组自动化元件	445
第十四章	水轮发电机组的起动试运行和检修概述	513
14-1	水轮发电机组的起动试运行	513
14-2	水轮发电机组检修概述	523
附 录		531
附录 I	中小型轴流式、混流式水轮机系列新型谱	531
附录 II	国内已生产的部分 500~1250kW 水轮发电机组 参数表	556
附录 III	国内主要水电设备制造厂名单	590

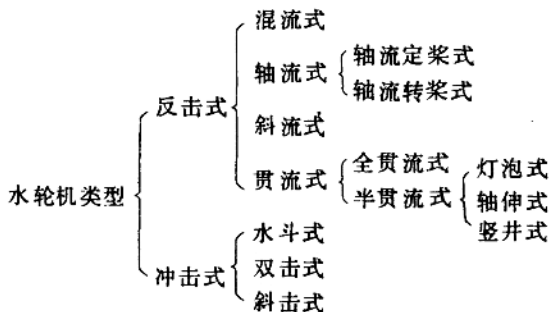
第一章 水轮机的主要类型和构造

1-1 水轮机的类型、适用范围和型号

一、水轮机的类型和适应范围

水轮机是把水流能量转变为机械能的一种动力机械，它利用水电站的水头和流量作功。由于水力资源的自然条件、开发方式、电站运行情况的不同，所以，每个电站所形成的水头和流量，也各不相同。为了适应各种水头和流量，有不同类型的水轮机，图1-1~图1-5是水轮机结构特征示意图。

按水流对转轮作用方式的不同，水轮机可分为反击式水轮机和冲击式水轮机两大类；每类又分为若干型式，如下所示：



各类水轮机水头的适用范围，如表1-1所示。

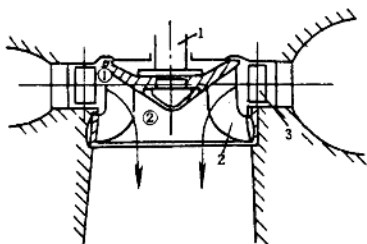


图 1-1 混流式水轮机

1—主轴；2—叶片；3—导叶

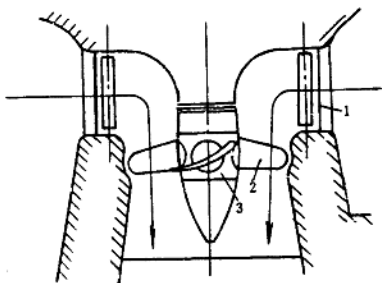


图 1-2 轴流式水轮机

1—导叶；2—叶片；3—轮毂

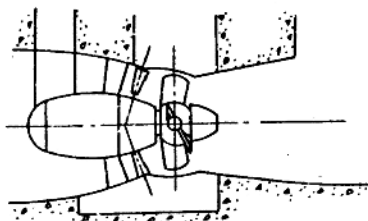


图 1-3 贯流式水轮机

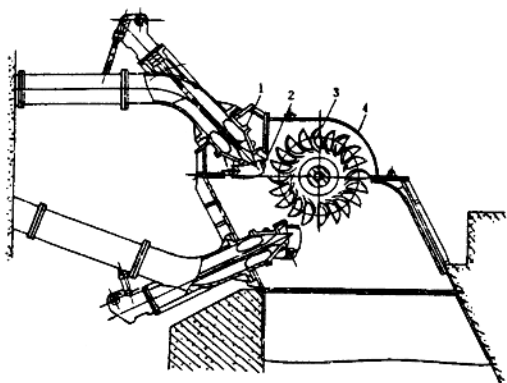


图 1-4 水斗式水轮机

1—喷嘴；2—折向器；3—转轮；4—机壳

表 1-1

水轮机水头的适用范围

类 型 名 称		水头适用范围 $H(m)$	比 转 速 $n_s(m \cdot kW)$	已建成电站的水轮机 最大适用水头 (m)
反 击 式	混 流 式	<700	50~300	672
	轴流定桨式	3~50	250~700	
	轴流转桨式	3~80	200~850	88
	贯 流 式	2~30	<1000	21
	斜 流 式	40~120	100~350	113.4
冲 击 式	水 斗 式	300~1700	20~70	1772
	双 击 式	50~80	35~150	
	斜 击 式	25~300	30~70	

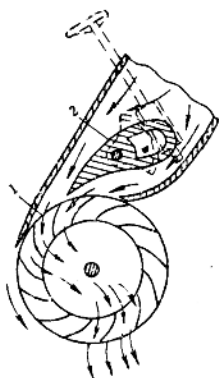


图 1-5 双击式水轮机
1—转轮；2—导叶

二、水轮机型号

1. 水轮机型号

水轮机型号由三部分组成，每一部分之间用“—”分开。第一部分由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，前者表示水轮机型式，后者表示转轮型号（入型谱的转轮采用比转速代号）；第二部分由两个汉语拼音字母组成，前一个字母表示水轮机主轴布置型式，后一个字母表示

引水室特征；第三部分是以厘米（cm）为单位的转轮标称直径。各种水轮机的代表符号见表1-2；主轴布置型式与引水室特征的代表符号见表1-3。

表 1-2 水轮机型式的代表符号

水轮机型式	代表符号	水轮机型式	代表符号
混流式水轮机	HL	贯流转桨式水轮机	GZ
轴流定桨式水轮机	ZD	水斗式水轮机	CJ
轴流转桨式水轮机	ZZ	双击式水轮机	SJ
斜流式水轮机	XL	斜击式水轮机	XJ
贯流定桨式水轮机	GD		

在水轮机型式代表符号后加“N”，表示可逆式水轮机。

2. 水轮机型号举例

（1）HL110-WJ-35 表示转轮型号为110的混流式水轮机，横轴，金属蜗壳，转轮标称直径为35cm。

表 1-3 主轴布置型式与引水室特征的代表符号

名 称	代表符号	名 称	代表符号
竖 轴	L	明 槽	M
横 轴	W	罐 式	G
金 属 蜗 壳	J	竖 井 式	S
混 凝 土 蜗 壳	H	虹 吸 式	X
灯 泡 式	P	轴 伸 式	Z

(2) ZD560-LH-100 表示转轮型号为560的轴流定桨式水轮机, 竖轴, 混凝土蜗壳, 转轮标称直径为100cm。

(3) GD002-WP-100 表示转轮型号为002的贯流定桨式水轮机, 横轴, 灯泡式引水, 转轮标称直径为100cm。

对于冲击式水轮机, 型号的第三部分应表示为:

$$\frac{\text{水轮机转轮标称直径}}{\text{作用在每一个转轮上的喷嘴数目} \times \text{射流直径}}$$

例如, CJ22-W-110/1×13 表示转轮型号为22的水斗式水轮机, 横轴, 转轮标称直径为110cm, 一个喷嘴, 射流直径为13cm。

3. 水轮机转轮标称直径

水轮机转轮标称直径是表征水轮机直径的一个重要参数, 通常以 D_1 表示。不同类型的水轮机, 其标称直径的量度各不相同, 如图1-6中, 轴流式水轮机 (图a) 和斜流式水轮机转轮的标称直径是指与转轮叶片轴线相交处的转轮室内径; 混流式水轮机的标称直径是指转轮叶片进水边上的最大直径 (图b); 而冲击式水轮机的标称直径是指转轮与射流中心线相切处的节圆直径。

我国转轮直径尺寸系列（以cm表示）规定如下：

25, 30, 35, 42 (40), 50, 60, 71, (80), 84,
100, 120, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 275, 300,
330, 380, 410, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750,
800, 850, 900, 950, 1000

其中括号内的尺寸，仅适用于轴流式水轮机。

4. 水轮机转轮新旧型号对照表

我国目前使用的反击式水轮机转轮新型号，与过去使用的旧型号的对照，如表1-4所示，供参考。

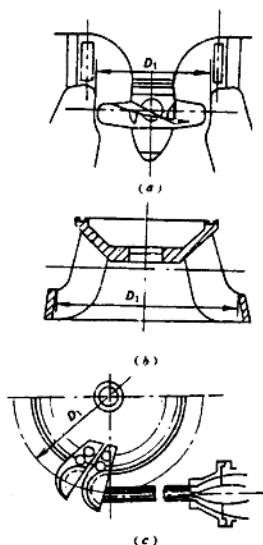


图 1-6 转轮标称直径

表 1-4 转轮新旧型号对照表

新 型 号	旧 型 号
ZZ 600	ZZ 55, ZZ 4 K
ZZ 560	ZZ 005, ZZ A 30
ZZ 440	ZZ 587
ZZ 460	ZZ 5 K
ZZ 360	ZZ A 79
ZD 760	ZDJ001(金华一号)
HL 260	HL 300, K 3
HL 310	HL 365, Q
HL 240	HL 123
HL 230	HL 263, H 2
HL 220	HL 702
HL 200	HL 741
HL 180	HL 662 及其改型
HL 160	HL 638
HL 119	HL 129, E 2
HL 120	HL A 41
HL 100	HL A 45

注 表中转轮新型号计算比转速时，假定效率为88%，水头以m计，出力以kW计，并取整数值。