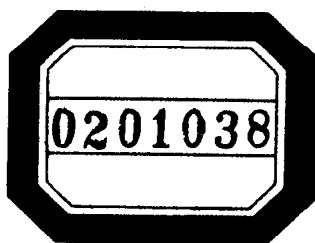


水电站机电设计手册

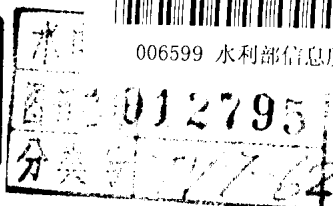
水 力 机 械

水电站机电设计手册编写组

水利电力出版社



006599 水利部信息所



水电站机电设计手册

水 力 机 械

水电站机电设计手册编写组

水利电力出版社

内 容 提 要

本手册系统地介绍了水电站水力机械的设计内容、设计方法和有关技术资料。主要内容有水轮机和水轮发电机的选择及外形尺寸的估算,水轮机进水阀的选择,调速系统的设备,水轮机输水系统的调节保证计算,主厂房起重设备的选择,技术供排水系统、油系统、压缩空气系统和水力监测系统的设备选择、计算和布置,此外,对水轮发电机组及辅助设备的自动化元件、机械修理设备的选择及水电站主、副厂房的布置等也作了较详细的介绍。

书中给出了设计所需要的常用计算数据、图表和曲线,并列举了大量工程实例和部分算例,可供查阅或参考。

本手册是水电站水力机械专业设计人员必备的工具书,也可供从事水电站机电设备安装、运行、检修人员和其他专业有关技术人员以及大专院校有关专业的师生参考。

21259/5670

水电站机电设计手册

水 力 机 械

水电站机电设计手册编写组

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 46印张 1054千字

1983年11月第一版 1983年11月北京第一次印刷

印数 0001—7860册 定价7.85元

书号15143·5111

前 言

为适应水电建设事业发展的需要,我们组织有关设计单位,在总结经验并吸收新技术的基础上共同编写了一套《水电站机电设计手册》,可供从事大中型水电站设计人员使用。

这套手册分为水力机械、电气一次、电气二次、金属结构、采暖通风和通信共六册,主要介绍水电站机电方面各有关专业的设计原则和方法,设计方案的比较和选择,设备和构件的选择与计算,设计所需技术资料,以及一些典型示例等,基本上可满足初步设计和技术设计的需要。由于篇幅有限,文字力求简明,手册中对产品原理一般不作介绍,计算公式不作推导。

本书为水力机械手册,共分十四章,主要内容为水电站水轮机设备及进水阀的选择,水轮发电机结构,调速系统设备选择,水轮机输水系统的调节保证计算,主厂房起重设备,技术供排水、油、压缩空气及水力监测系统的设计及设备选择,主厂房布置设计,机械修配厂设计等。

参加本书编写的单位和主要执笔人:第一、二、四章为水电部昆明勘测设计院青长庚、吴次光编写,其中第一章还有水电部成都勘测设计院佟文敏、李国梁和水电部北京勘测设计院周益参加。第三章为水电部中南勘测设计院陈祖谋编写,第五、六章为长江流域规划办公室于明新、郭建业、吴应文、韩玉珍编写,第七、十三章为水电部西北勘测设计院李明松、王通林、朱家诚编写,第八章为水电部东北勘测设计院李春波、陈森编写,第九章为广东省水利水电勘测设计院黎新盛编写,第十章为水电部天津勘测设计院骆碧芾、于新生编写,第十一章为水电部北京勘测设计院范超宗、张占荣编写,第十二章为水电部贵阳勘测设计院宁福海编写,第十四章为江西省水利水电勘测设计院李玉华、郭饶鑫编写。

在各单位完成初稿的基础上,我们组织了手册编审组,对各章进行了审查、整编、修改、补充和定稿。编审组由水电部北京勘测设计院负责,水电部的成都勘测设计院、东北勘测设计院、昆明勘测设计院、中南勘测设计院参加,成员有:范超宗、王福源、李春波、青长庚、奚家则和张占荣等六同志。最后由范超宗、张占荣同志统稿。

由于我们调查研究不够深入,经验不足,缺点、错误之处在所难免,希望广大读者、以及已选用本手册初稿部分材料用于教材等出版的单位,发现问题后及时告诉我们,以利再版时修订。

水利电力部水利水电建设总局

一九八二年九月

目 录

前 言

第一章 水轮机选择	1
第一节 水轮机的型式及基本工作参数	1
第二节 水轮机选择	33
第三节 水泵-水轮机选择	65
第四节 水轮机的汽蚀、泥沙磨损与振动	70
第五节 国内部分水电站水轮机主要参数	78
第二章 水轮机结构与外形尺寸估算	94
第一节 各种型式水轮机结构	94
第二节 水轮机主要部件的结构型式	94
第三节 水轮机外形尺寸估算	115
第四节 水轮机重量估算	138
第三章 水轮发电机的结构与外形尺寸估算	141
第一节 水轮发电机的型式选择	141
第二节 水轮发电机的通风冷却方式及其选择	150
第三节 水轮发电机结构	153
第四节 水轮发电机外形尺寸估算	159
第五节 水轮发电机有关资料	165
第四章 水轮机阀门	175
第一节 进水阀的类型及选择	175
第二节 进水阀的结构	178
第三节 进水阀的操作机构	181
第四节 进水阀附件	185
第五节 进水阀的重量估算及有关资料	187
第六节 调压阀	201
第五章 调节保证计算	206
第一节 调节保证计算的任务和标准	206
第二节 水锤压力计算	207
第三节 转速变化计算	217
第四节 改善调节保证参数的措施和防抬机问题	226
第五节 用电子数字计算机进行调节保证计算	229
第六章 调速系统	238
第一节 调速系统的任务和特点	238
第二节 调速器的结构、性能和特点	239

第三节	调速器的型式及工作容量的选择	252
第四节	各类调速器的结构特点及主要参数	255
第五节	调速器的调节规律及整定参数范围的选择	285
第六节	油压装置及漏油装置	287
第七节	防机组飞逸措施	297
第七章	起重设备	299
第一节	主厂房起重机的选择	299
第二节	桥式起重机的安装与维修	307
第三节	辅助起重设备的选择	309
第四节	起重机试验	313
第五节	起重机的轨道与阻进器	320
第六节	起重机的容量和重量的估算	326
第七节	起重设备有关资料	328
第八章	技术供排水系统	351
第一节	技术供水系统	351
第二节	排水系统	385
第三节	供排水管网的水力计算	400
第四节	水泵和阀门的选择	429
第五节	设备、管件及管路的布置	447
第九章	油系统	459
第一节	油的性质和选用	459
第二节	油系统的设备选择	461
第三节	管网计算	471
第四节	运行油的吸附处理	479
第五节	油化验	481
第六节	油系统原理图	485
第七节	设备布置与管路敷设	490
第八节	油罐及油系统常用附件	492
第十章	压缩空气系统	497
第一节	低压压缩空气系统	497
第二节	高压压缩空气系统	509
第三节	压缩空气管路计算	514
第四节	空压机室与设备、管路的布置	517
第五节	空气压缩装置有关附件的计算	519
第六节	压缩空气系统设计参数资料	525
第十一章	水力监视测量系统	544
第一节	水力监测项目的选择	544
第二节	水力监测项目	544
第十二章	自动化元件和常用仪表	558
第一节	常用仪表	558

第二节	电动单元组合仪表	591
第三节	其他类型自动化元件及仪表	598
第十三章	机修设备和机械修配厂	612
第一节	机修设备的配置	612
第二节	机械修配厂	615
第十四章	厂房布置	630
第一节	立轴反击式机组的布置	630
第二节	机组附属设备的布置	634
第三节	安装场的布置及尺寸的确定	641
第四节	主厂房主要尺寸的确定	645
第五节	装有其他型式机组的厂房布置	656
第六节	不同型式厂房的布置	658
第七节	辅助设备房间的布置	662
第八节	通道、楼梯、吊物孔等的布置	678
第九节	厂房布置典型实例	680
第十节	厂房布置有关资料	722

第一章

水轮机选择

第一节 水轮机的型式及基本工作参数

一、水轮机的型式及适用范围

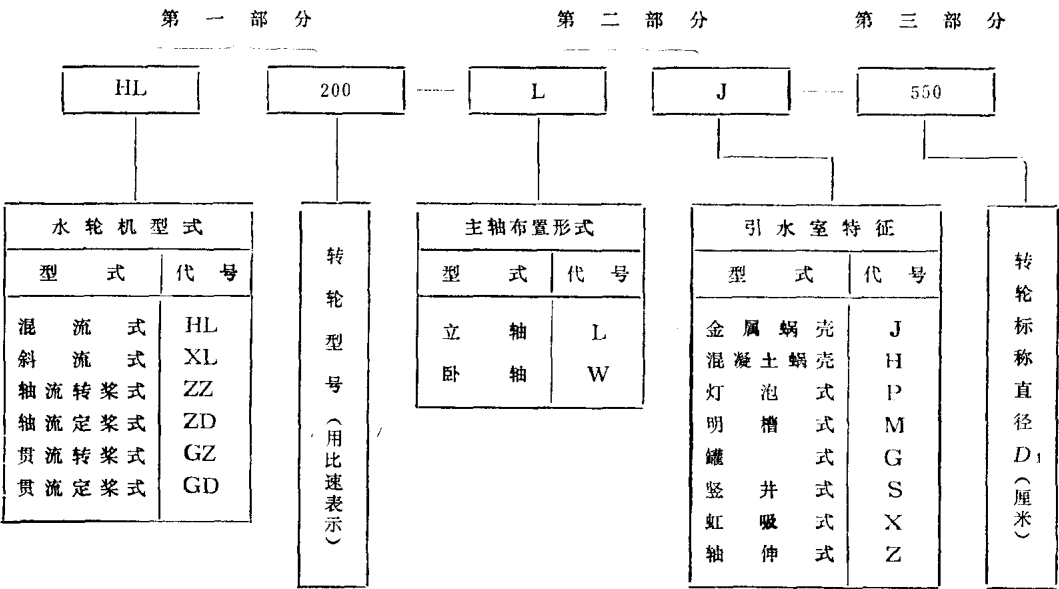
大中型水轮机的类型及其所适用的水头范围、比转速范围见表1-1；

表 1-1 水 轮 机 的 类 型 及 适 用 范 围

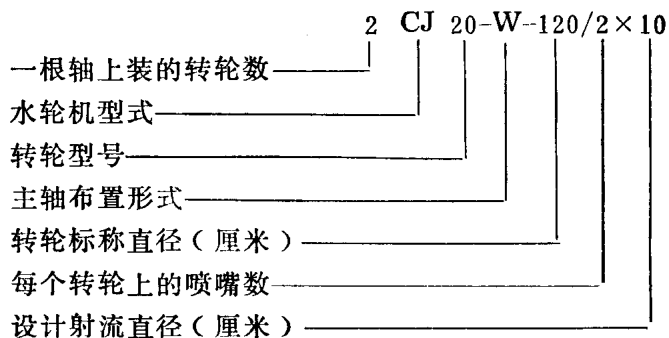
水 轮 机 型 式			适用水头范围 (m)	比 转 速 范 围 n_s (m·kW)
按能量转换分	按水流方式分	按结构特征分		
反 击 式	贯 流 式	灯 泡 式 轴 伸 式	<20	600~1000
	轴 流 式	定 桨 式 转 桨 式	3~80	200~850
	斜 流 式		40~120	150~350
	混 流 式		30~700	50~300
冲 击 式	射 流 式	水 斗 式	300~1700	10~35 (单喷嘴)

二、水轮机型号

反击式水轮机型号由三部分组成，其表示方式如下：



冲击式水轮机的型号用以下方式表示：



三、水轮机的基本工作参数

水轮机基本工作参数如下：

- （1）静水头 H_j ：电站上下游水位差（米）。
- （2）净水头 H ：水轮机做功的有效水头，等于水轮机进口断面和出口断面的单位能量差（米）。不同型式水轮机的净水头，可由以下公式计算：
- 1）立轴反击式水轮机在具有方形断面混凝土蜗壳和弯形尾水管时，其净水头 H 计算公式（参见图1-1）为：

$$H = (Z_1 - Z_2) + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (1-1)$$

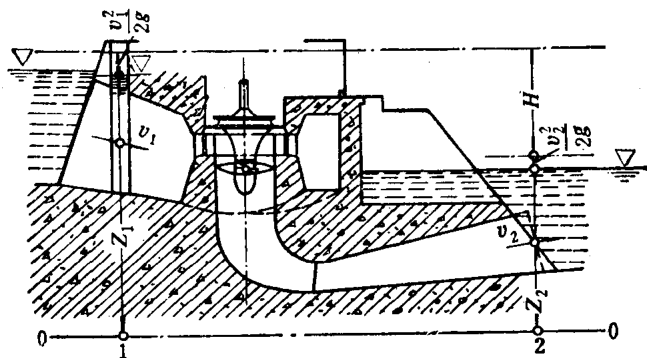


图 1-1 立轴反击式水轮机的净水头（具有方形断面混凝土蜗壳和弯形尾水管）

- 2）立轴反击式水轮机在具有圆形断面蜗壳和弯形尾水管时，其净水头 H 计算公式（参见图1-2）为：

$$H = (Z_1 + a - Z_2) + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (1-2)$$

- 3）卧轴反击式水轮机净水头 H 计算公式（参见图1-3）为：

$$H = (Z_1 + a - Z_2) + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (1-3)$$

- 4）卧轴水斗式水轮机净水头 H 计算公式（参见图1-4）为：

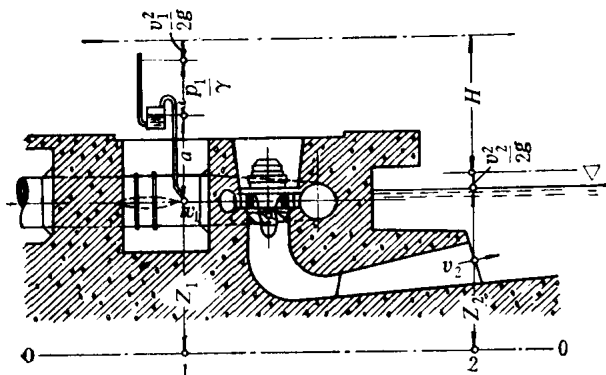


图 1-2 立轴反击式水轮机的净水头
(具有圆形断面蜗壳和弯形尾水管)

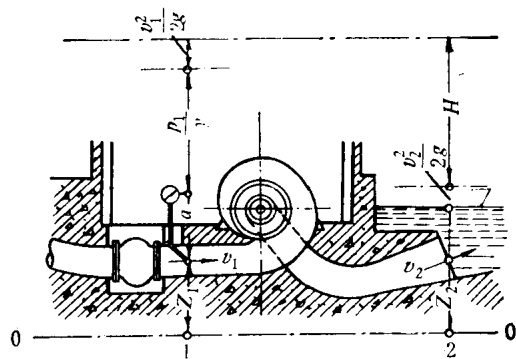


图 1-3 卧轴反击式水轮机的净水头

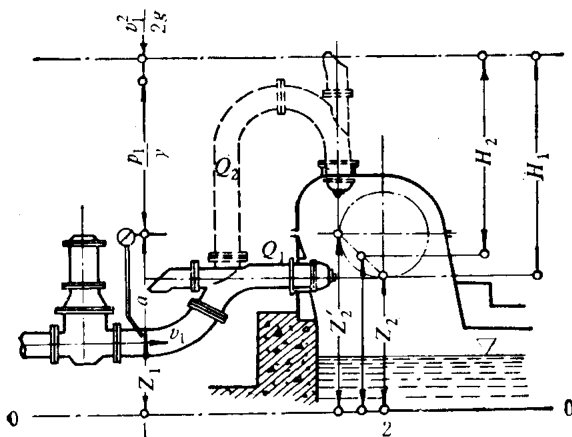


图 1-4 卧轴水斗式水轮机的净水头

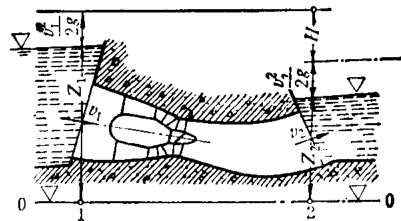


图 1-5 灯泡式机组水轮机的净水头

$$\text{单喷嘴} \quad H_1 = (Z_1 + a - Z_2) + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \quad (1-4)$$

$$\text{双喷嘴} \quad H_2 = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} (Z_1 + a - Z_2) + \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} (Z_1 + a - Z_2') + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \quad (1-5)$$

5) 灯泡式机组的水轮机净水头 H 计算公式 (参见图1-5) 为:

$$H = (Z_1 - Z_2) + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (1-6)$$

(3) 最大水头 $H_{\max}$: 允许水轮机运行的最大净水头, 通常由水轮机强度所决定 (米)。

(4) 最小水头 $H_{\min}$: 能保证水轮机安全、稳定运行的最小净水头 (米)。

(5) 设计水头 H_d : 水轮机发出额定出力时的最小净水头 (米)。

(6) 设计流量 Q_d : 在设计水头和额定转速下, 水轮机发出额定出力时通过的流量 (米³/秒)。

(7) 额定转速 n_n : 设计选定的同步转速 (转/分)。

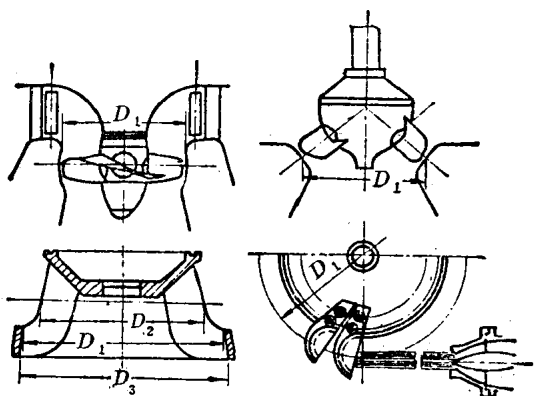


图 1-6 水轮机标称直径

(8) 额定出力 N_{Te} : 在设计水头、设计流量和额定转速下水轮机的轴功率 (千瓦)。

(9) 转轮直径 D_1 : 即水轮机的标称直径 (米)。我国对各类水轮机的标称直径规定如图 1-6 所示。国外有的制造厂把图中的 D_2 或 D_3 作为混流式水轮机的标称直径。

(10) 比转速 n_s : 在 1 米水头下产生 1 千瓦功率的水轮机转速 (米·千瓦)。

$$n_s = \frac{n \sqrt{N_T}}{H^{5/4}} \quad (1-7)$$

式中 N_T ——在净水头 H 和全开度下的水轮机出力；

n ——水轮机转速。

(11) 模型汽蚀系数 σ_M : 由模型试验获得。

(12) 装置汽蚀系数 σ_Z : 根据同型机组运行的经验用统计法确定。

$$\sigma_Z = \frac{10 - \frac{\nabla}{900} - H_s}{H} \quad (1-8)$$

式中 ∇ ——电站装机高程 (m)；

H_s ——吸出高度 (m)；

H ——水轮机运行时的净水头 (m)。

(13) 水轮机效率 η_T : 水轮机轴功率与水流出力之比值。原型水轮机的效率通常由模型效率换算求得。

(14) 单位流量 Q'_1 : 为 1 米直径的转轮在 1 米水头下通过水轮机的流量 (升/秒)；

$$Q'_1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (1-9)$$

式中 Q ——水轮机运行时相应于水头 H 的流量 (m^3/s)。

(15) 单位转速 n'_1 : 为 1 米直径的转轮在 1 米水头下水轮机的转速 (转/分)；

$$n'_1 = \frac{n D_1}{\sqrt{H}} \quad (1-10)$$

(16) 射流直径 d_0 : 水斗式水轮机喷嘴出口最小的射流直径 (厘米)。

四、各种水轮机转轮参数

1. 轴流式水轮机转轮参数

部分大中型轴流式转轮的特性参数 (暂行系列型谱) 可参见表 1-3, 图 1-8 至图 1-12 为

其相应的模型综合特性曲线，图1-7和表1-2为其流道尺寸。

图1-13至图1-17为型谱外部分可供选用的轴流式、贯流式及斜流式转轮综合特性曲线。

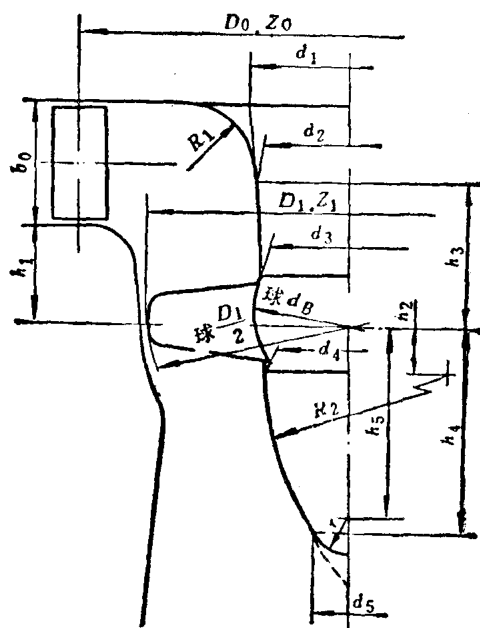


图 1-7 轴流式转轮流道尺寸

表 1-2

轴流式转轮流道尺寸表

流道尺寸	型 号				
	ZZ360	ZZ440	ZZ460	ZZ560	ZZ600
D_1 (球)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Z_1	8	6	5	4	4
D_0	1.160	1.160	1.255	1.160	1.255
Z_0	24	32	20	24	20
b_0	0.350	0.375	0.382	0.400	0.488
d_B (球)	0.550	0.500	0.500	0.400	0.333
R_1	0.250	0.275	0.236	0.230	0.236
R_2	0.930	0.675	0.948	0.650	0.944
r	0.062	0.090			
d_1					0.500
d_2	0.500	0.450	0.467	0.400	0.292
d_3	0.500	0.450	0.435	0.350	0.292
d_4	0.460	0.450	0.435	0.350	0.278
d_5				0.0105	
h_1	0.2085	0.2085	0.2450	0.2085	0.2390
h_2			0.1230		0.0920
h_3	0.3085	0.3095	0.2980	0.4000	0.1080
h_4				0.4800	
h_5	0.6647	0.3740			

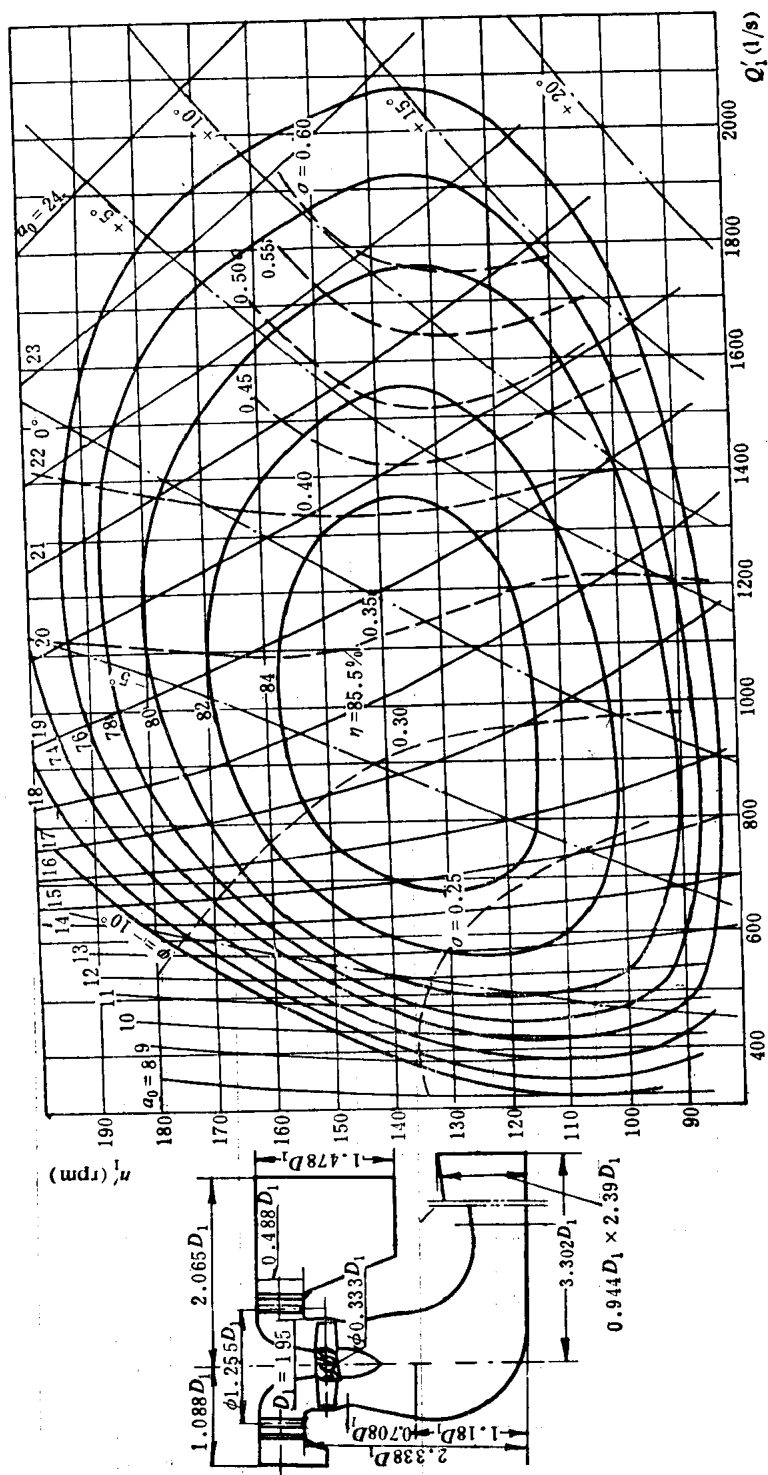


图 1-8 ZZ600-19.5转轮综合特性曲线
 试验水头: 1.5m, 使用水头: 3~8m, 水推力系数: 0.67, 导叶数 $Z_0 = 20$, 叶片数 $Z_1 = 4$, 单位飞逸
 转速 $n_{1f} = 352 \text{ rpm}$

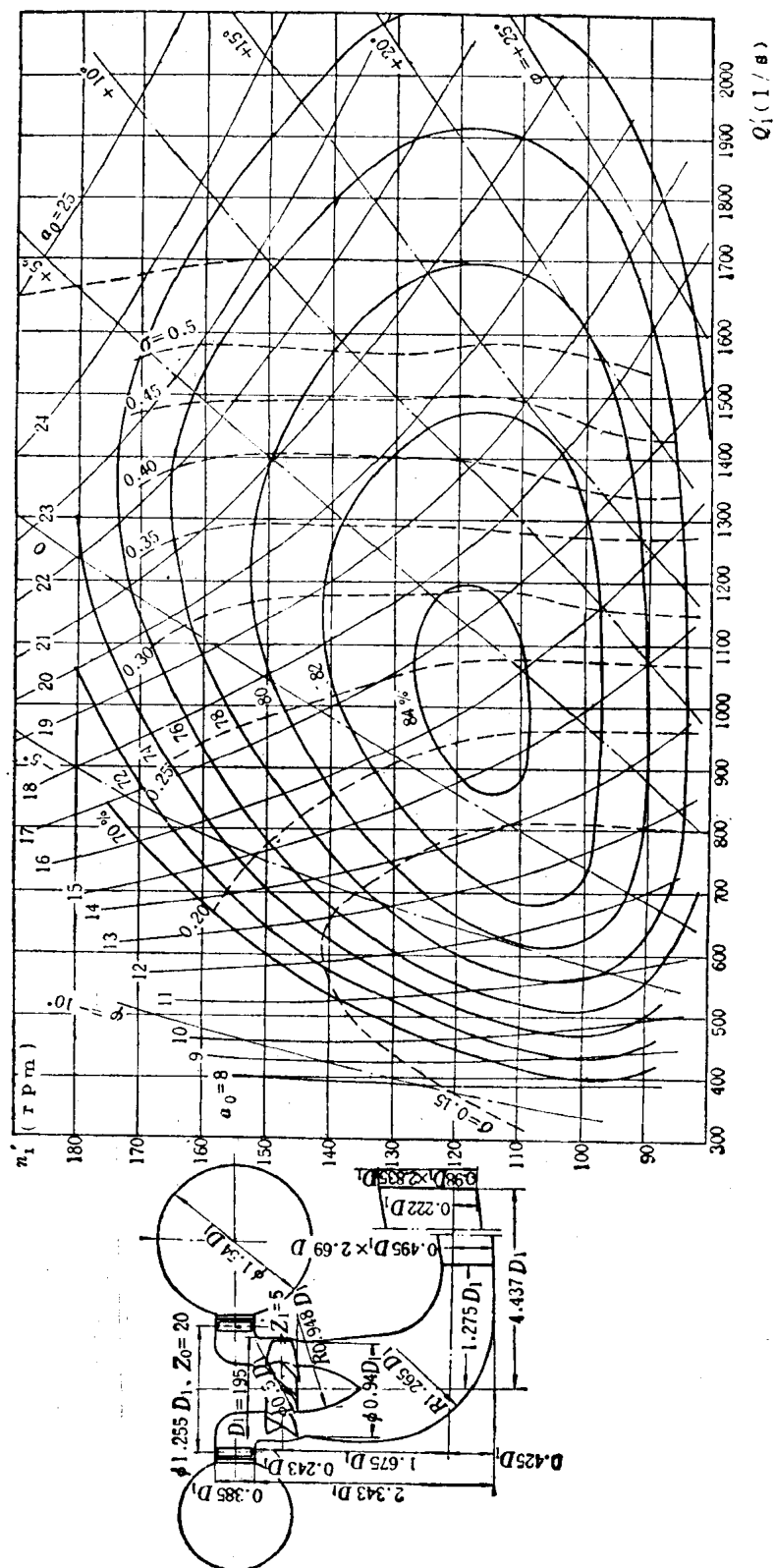


图 1-10 ZZ460-19.5 转轮综合特性曲线

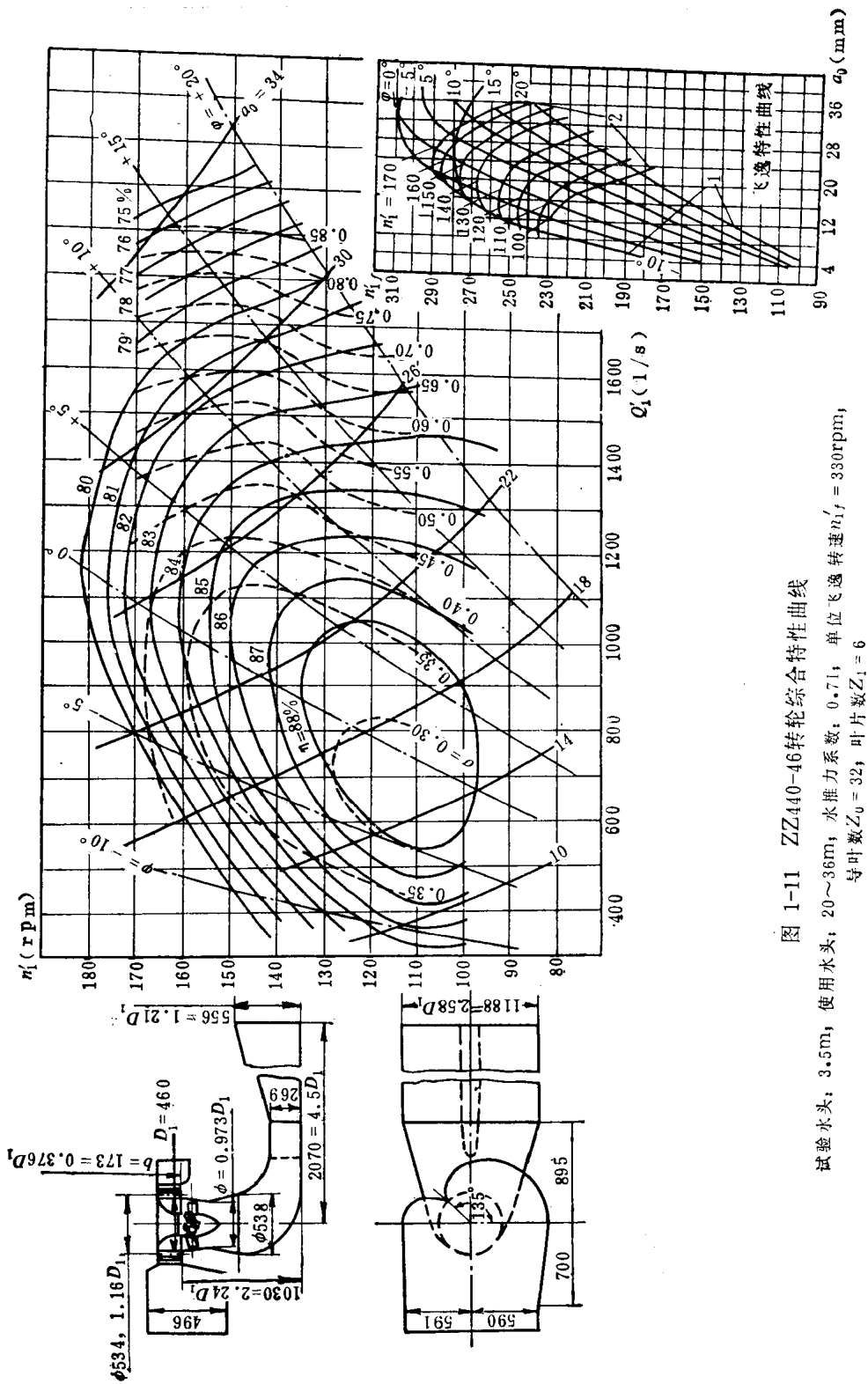


图 1-11 ZZ440-46 转轮综合特性曲线

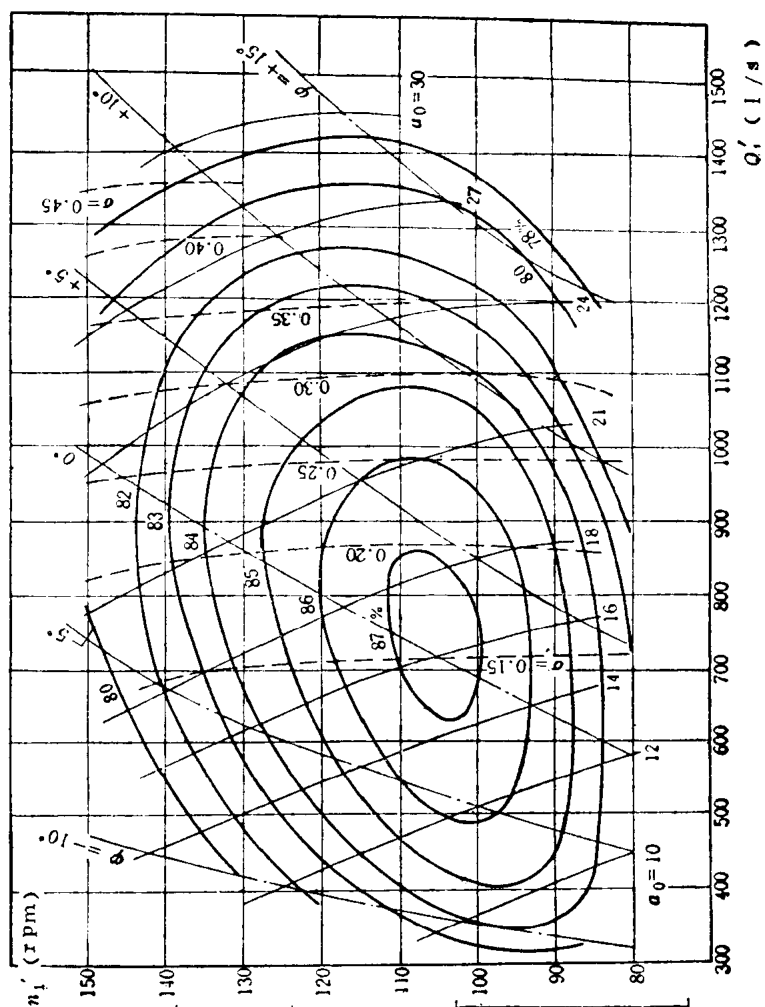
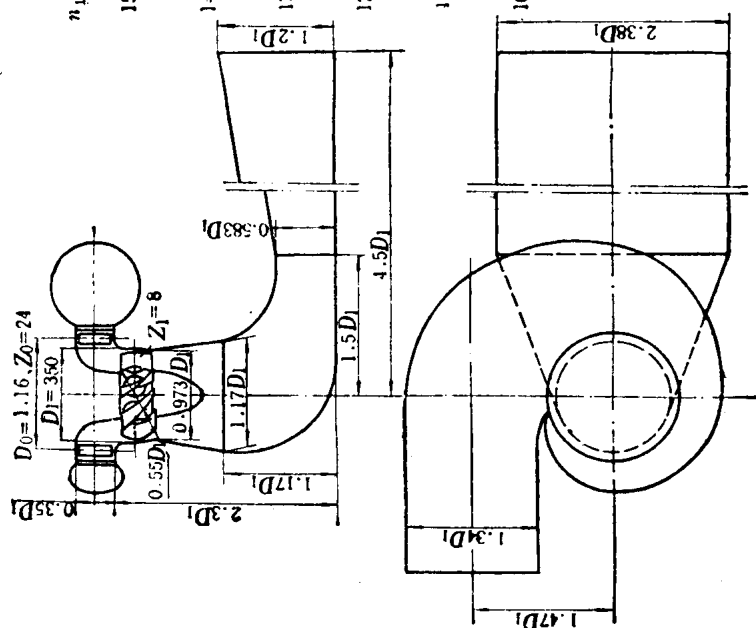


图 1-12 ZZ360-35 转轮综合特性曲线