

21世纪农村电气化小水电实用技术丛书

21st C

灯泡贯流式 水轮发电机组运行与检修

刘国选 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪农村电气化小水电实用技术丛书

灯泡贯流式 水轮发电机组运行与检修

刘国选 主 编
石新华 副主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是应越来越多的从事灯泡贯流式水轮发电机组的安装、检修及运行工作人员的要求,由有多年该型机组安装、检修及运行经验的专家根据我国灯泡贯流式水轮发电机组的现场运行实践,辅之必要的理论知识,参考有关资料精心编写而成。

全书共二十章,从灯泡贯流式发电机组的结构开始,分别介绍了该机型的安装、检修内容,工艺方法及质量要求,对该种机型可能出现的各种故障及修理作了较全面的分析和指导。

本书可供从事灯泡贯流式水轮发电机组安装、检修及运行等工作的工程技术人员使用,亦可供大中专院校水电和电力相关专业的师生学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

灯泡贯流式水轮发电机组运行与检修/刘国选主编.

北京:中国水利水电出版社,2006

(21世纪农村电气化小水电实用技术丛书)

ISBN 7-5084-3615-6

I. 灯... II. 刘... III. ①贯流式水轮机—水轮发电
电机—灯泡型机组—运行②贯流式水轮机—水轮发电
—灯泡型机组—维修 IV. TM312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014989 号

书 名	21 世纪农村电气化小水电实用技术丛书 灯泡贯流式水轮发电机组运行与检修
作 者	刘国选 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19.5 印张 462 千字
版 次	2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	39.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

我国水电资源居世界第一，而低水头径流式水电站的装机约占水电总装机容量的16%。自20世纪90年代以来，灯泡贯流式机组由于效率高、投资省、建设工期短，特别适宜于低水头电站的开发而得到迅速发展。据不完全统计，我国目前已建的灯泡贯流式电站已过百家，且尚有更多的同类型电站正在规划建设之中，在全国范围内已经出现灯泡贯流式机组开发应用的高潮。即将从事灯泡贯流式机组的安装、检修及运行工作的人员越来越多，而灯泡贯流式机组与其他类型机组比较，由于其布置方式及结构的不同，其安装、检修的工艺方法及运行维护亦有很大的差别。为此，编者根据多年从事该型机组安装、检修及运行经验，参考众多有关资料编写了本书，以满足社会需要。

本书主要取材于现场实际经验，以帮助解决实际问题为主，辅之以必要的适用性理论知识。全书共二十章，从灯泡贯流式发电机组的结构开始，分别介绍了该机型的安装、检修内容，工艺方法及质量要求，对该种机型可能出现的各种故障及修理作了较全面的分析和指导。本书可供从事该类型机组安装、检修及运行的工作人员使用。

本书由刘国选任主编，石新华任副主编；前言由刘国选编写；第一章由石新华、刘国选编写；第二章由石新华、沈京卫编写；第三章由沈京卫、刘鸿燕编写；第四章由石新华、李聪、余红粒编写；第五、六、七章由刘国选编写；第八、九章由石新华编写；第十章由刘国选编写；第十一、十二章由沈京卫编写；第十三章由何川忠编写；第十四章由石新华、何川忠编写；第十五章由石新华、刘国选编写；第十六、十七章由陈学全编写；第十八、十九章由陈海珍编写；第二十章由陈海珍、刘鸿燕编写。

在本书编写过程中，还得到了湖南省潇湘电站和广西京南电站的协助，长沙理工大学饶洪德教授对部分章节进行了审阅，在此，谨向以上单位及关心帮助本书出版的同志一并致谢。

由于水平和经验所限，错误与不足之处恳请读者批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

前 言

第一章 灯泡贯流式水轮机的结构	1
第一节 贯流式水轮机的分类及简介	1
第二节 灯泡贯流式水轮机的布置方式	11
第三节 灯泡贯流式水轮机埋设部件的结构	14
第四节 灯泡贯流式水轮机导水机构的结构	18
第五节 灯泡贯流式水轮机转轮及转轮室的结构	29
第六节 灯泡贯流式水轮机水导轴承的结构	31
第二章 灯泡贯流式水轮发电机的结构	34
第一节 灯泡贯流式水轮发电机定子的结构	34
第二节 灯泡贯流式水轮发电机转子绕组的结构	37
第三节 灯泡贯流式水轮发电机组合轴承的类型及结构	39
第四节 灯泡贯流式水轮发电机灯泡头及中间环的结构	44
第三章 灯泡贯流式水轮发电机辅助设备的结构及特点	46
第一节 概述	46
第二节 灯泡贯流式水轮发电机的通风与冷却	46
第三节 灯泡贯流式水轮发电机的润滑油系统	50
第四章 灯泡贯流式水轮发电机组的安装	52
第一节 灯泡贯流式水轮发电机组安装概述	52
第二节 灯泡贯流式水轮发电机组安装流程	54
第三节 灯泡贯流式水轮发电机组埋设部分的安装	54
第四节 灯泡贯流式水轮机主轴及轴承的安装	61
第五节 灯泡贯流式水轮机转轮的组装和吊装	69
第六节 灯泡贯流式发电机转子的组装和吊装	75
第七节 灯泡贯流式机组的盘车	77
第八节 灯泡贯流式水轮机导水机构的安装	79
第九节 灯泡贯流式水轮机导叶接力器的安装	83
第十节 灯泡贯流式水轮机主轴密封和转轮室的安装	84
第十一节 灯泡贯流式发电机定子的组装和吊装	84

第十二节 灯泡贯流式发电机灯泡头及其他部件的安装	90
第五章 灯泡贯流式水轮机的检修内容及质量标准	92
第一节 灯泡贯流式水轮机的检修类别	92
第二节 灯泡贯流式水轮机的检修项目及质量标准	93
第六章 灯泡贯流式水轮机转轮的大修	95
第一节 灯泡贯流式水轮机转轮大修的判定	95
第二节 灯泡贯流式水轮机转轮大修前的准备	95
第三节 转轮大修的方式、步骤和方法	95
第四节 灯泡贯流式水轮机气蚀的处理	97
第七章 灯泡贯流式水轮机导水机构的检修	102
第一节 导水机构的检修分类、时间间隔及主要内容	102
第二节 导水机构扩大性大修的检修工艺及标准	102
第三节 灯泡贯流式水轮机导叶接力器的解体大修	107
第八章 灯泡贯流式水轮机受油器的检修	109
第一节 灯泡贯流式水轮机受油器的结构	109
第二节 灯泡贯流式水轮机受油器的拆卸及绝缘检查	111
第三节 灯泡贯流式水轮机受油器各部件的检查及安装	112
第九章 灯泡贯流式水导轴承的检修	113
第一节 灯泡贯流式水导轴承的拆装	113
第二节 筒式导轴瓦的间隙测量与调整	114
第三节 筒式导轴瓦的研刮	115
第四节 灯泡贯流式水轮发电机导轴承的故障及处理	115
第五节 灯泡贯流式水轮发电机导轴承的润滑	119
第十章 灯泡贯流式水轮机主轴密封的检修	120
第一节 灯泡贯流式水轮机主轴密封的解体检修	121
第二节 灯泡贯流式水轮机主轴密封的装复与调整	122
第十一章 灯泡贯流式水轮发电机的检修内容及质量标准	123
第一节 灯泡贯流式水轮发电机的检修类别	123
第二节 灯泡贯流式水轮发电机的检修项目及质量标准	125
第十二章 灯泡贯流式水轮发电机检修前的准备	128
第一节 灯泡贯流式水轮发电机检修前材料的准备	128
第二节 灯泡贯流式水轮发电机检修前工具的准备	140
第三节 灯泡贯流式水轮发电机检修前各种措施的落实	141
第十三章 灯泡贯流式水轮发电机定子检修	142
第一节 灯泡贯流式水轮发电机定子铁心的重新叠装	142

第二节	灯泡贯流式水轮发电机定子铁损试验	144
第三节	灯泡贯流式水轮发电机定子线棒的更换	147
第四节	灯泡贯流式水轮发电机定子绕组的端部连接	154
第五节	灯泡贯流式水轮发电机定子的局部检修	159
第六节	灯泡贯流式水轮发电机防电腐蚀处理	163
第十四章	灯泡贯流式水轮发电机转子的检修	167
第一节	灯泡贯流式水轮发电机转子的扩大性大修	167
第二节	灯泡贯流式水轮发电机转子的局部故障及处理	171
第三节	灯泡贯流式水轮发电机转子磁极线圈常见故障及处理	174
第四节	灯泡贯流式水轮发电机集电环的故障及处理	178
第五节	灯泡贯流式水轮发电机电刷装置的故障及修理	180
第十五章	灯泡贯流式水轮发电机组轴承的检修	184
第一节	灯泡贯流式发电机发导中置组合轴承的拆卸	184
第二节	灯泡贯流式发电机发导前置组合轴承检修后的装复	186
第三节	灯泡贯流式水轮发电机组轴线的测量与调整	187
第四节	灯泡贯流式发电机推力轴瓦的研刮	188
第五节	灯泡贯流式水轮发电机组轴承的常见故障及处理	196
第十六章	灯泡贯流式水轮发电机检修中的检查试验	200
第一节	灯泡贯流式水轮发电机的试验项目	200
第二节	灯泡贯流式水轮发电机定子绕组的绝缘电阻和吸收比的测量	201
第三节	灯泡贯流式水轮发电机定子绕组直流电阻的测量及三相电流的平衡	207
第四节	灯泡贯流式水轮发电机定子绕组直流耐压及泄漏电流的测定	212
第五节	灯泡贯流式水轮发电机定子绕组的交流耐压试验	218
第六节	灯泡贯流式水轮发电机转子绕组的试验	222
第七节	灯泡贯流式水轮发电机在线检测与诊断技术	224
第十七章	灯泡贯流式水轮发电机检修安装后的试验	233
第一节	灯泡贯流式水轮发电机空载特性和短路特性的测量	233
第二节	灯泡贯流式水轮发电机的温升及效率试验	236
第三节	灯泡贯流式水轮发电机参数的测定	247
第四节	灯泡贯流式水轮发电机的甩负荷试验	259
第五节	灯泡贯流式水轮发电机的干燥和试验	260
第六节	灯泡贯流式水轮发电机组的零起升压试验	263
第七节	发电机定子绕组相序的检查	264
第八节	某水电厂灯泡贯流式水轮发电机组扩大性大修的各种试验报告	265
第十八章	灯泡贯流式水轮发电机组的试运行	273
第一节	灯泡贯流式水轮发电机组启动试运行的目的和组织	273

第二节	灯泡贯流式水轮发电机组启动试运行的程序 and 基本要求	273
第三节	试运行过程中的监视	282
第十九章	灯泡贯流式水轮发电机组的运行和维护	284
第一节	灯泡贯流式水轮发电机组的正常运行	284
第二节	灯泡贯流式水轮发电机组的并网操作	286
第三节	灯泡贯流式水轮发电机正常运行时的维护	288
第二十章	灯泡贯流式水轮发电机组运行中的常见故障与处理	293
第一节	灯泡贯流式水轮发电机的常见故障与处理	293
第二节	灯泡贯流式水轮机的常见故障及处理	295
第三节	灯泡贯流式水轮发电机组辅助设备的常见故障及处理	296
附录 A	定子线圈绝缘交流介电强度试验标准	300
参考文献		301

第一章 灯泡贯流式水轮机的结构

灯泡贯流式水轮机是贯流式水轮机的主要类型之一。1919年初,美国工程师哈尔扎(Harza)首先提出其设计理念。经过瑞士爱舍维斯公司(Escher Wyss)公司近20年的研究,于1936年研制成功,并开始生产。该水轮机应用水头一般在25m以下,主要应用于潮汐电站,近年来逐渐应用到江河上的低水头电站。贯流式水电站是开发低水头水力资源较好的方式。它与中、高水头水电站和低水头立轴的轴流式水电站相比,具有如下显著的特点。

1. 效率高、结构简单、施工方便

贯流式水轮发电机组从进水到出水方向基本上轴向贯通,不拐弯,流道尺寸大而短,过流通道的水力损失少,效率高,结构简单,施工方便。

2. 尺寸小

贯流式水轮机有较大的比转速,所以在水头和功率相同的条件下,贯流式水轮机的直径要比转桨式水轮机的小10%左右。

3. 土建投资少

贯流式水电站的机组结构紧凑,与同一容量的轴流转桨式机组相比,其尺寸较小,可布置在坝体内,取消了复杂的引水系统,可以减少厂房的建筑面积,减少电站的开挖量和混凝土用量。根据有关资料分析,土建费用可以节省20%~30%。

4. 运行方式多

贯流式水轮机适合作可逆式水轮机运行。由于进出水流道没有急转弯,使水轮机发电和抽水均能获得较好的水力性能。它可应用于潮汐电站,具有双向发电、双向抽水和双向泄排水等6种功能。因此,很适合综合开发利用低水头水力资源。

5. 见效快

贯流式水电站一般比轴流式水电站建设周期短、投资小、收效快、淹没移民少;电站靠近城镇,有利于发挥地方兴建电站的积极性。

第一节 贯流式水轮机的分类及简介

贯流式水轮机组按总体布置方式的不同可分为以下几种:

- (1) 全贯流式。
- (2) 灯泡贯流式。
- (3) 竖井贯流式。
- (4) 轴伸贯流式。

(5) 虹吸贯流式。

按运行工况不同可分为以下 3 种：

(1) 单向贯流式。

(2) 双向贯流式。

(3) 可逆贯流式。

一般习惯按总体布置方式的不同来分类，而很少按运行工况分类，所以本节按总体布置方式的不同分类，介绍贯流式机组的类型。

一、全贯流式水轮机

全贯流式水轮机的流道平直，水流可沿轴向一直流过导叶、转轮叶片和尾水管，故称为全贯流式水轮机，也称为直线流动的水轮机——管型水轮机。由于全贯流式发电机转子布置在水轮机转轮的外缘，故称为轮缘贯流式水轮机，如图 1-1 所示。

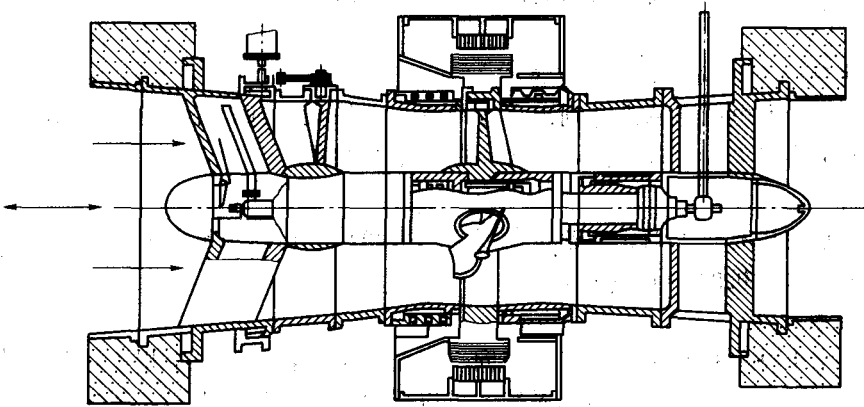


图 1-1 全贯流式水轮机

世界上第一台贯流式水轮发电机是全贯流式水轮机，由瑞士爱舍维斯 (Escher Wyss) 公司于 1937 年制造，并安装在德国的莱茵河上。单机容量为 1753kW，转轮直径为 2.05m。经过若干次改进，目前单机容量最大的全贯流式机组也是由爱舍维斯公司制造，安装在加拿大的安纳波利斯电站，于 1983 年投产发电。该机组最大出力达 20MW，转轮直径 7.6m，最大应用水头 7.1m。目前全世界已有 100 多台这类机组投入运行。由于全贯流式水轮机的发电机密封止水较困难，因此它在世界上应用不多，我国应用得更少。目前正在研制 500kW 的机组，已通过鉴定。正在运行的机组有 1958 年哈尔滨工业大学试制的功率为 200kW 的全贯流式水轮机，该水轮发电机组安装在黑龙江青年水电站；湖北白莲河水库渠首的机组容量为 120kW，转轮直径 1.2m，最大运行水头 5m。

全贯流式水轮机的优点是：无传动轴、结构紧凑、便于整装，这可直接放在溢洪道内或大坝溢流段的下部闸墩内。因该机组的发电机布置在过流道以外的宽敞处，所以通风好，检修方便。当发电机布置在轮缘外时，转子飞轮力矩大，运行易于稳定。实际上这类机组的发电机转子和水轮机的转轮已经结合为一体，所以厂房跨度很小，可节省大量土建投资。

全贯流式水轮机组的缺点是：发电机转子密封困难，漏水量大，漏水易使磁极线圈及定子线圈受潮。

全贯流式水轮机按主轴支承数量的不同，可分为双支承式和单支承式；按电机安装位置的不同，可分为电机直接安装在转轮外缘和不直接安装在外缘两种形式，当电机不装在外缘时，在转轮外缘上安装传动装置。

1. 双支承全贯流式水轮机

双支承式结构是在转轮的上游侧和下游侧各设一个支承，在上游支承内一般安装一个推力轴承和一个导轴承；在下游支承内只装一个导轴承，如图 1-2 所示。

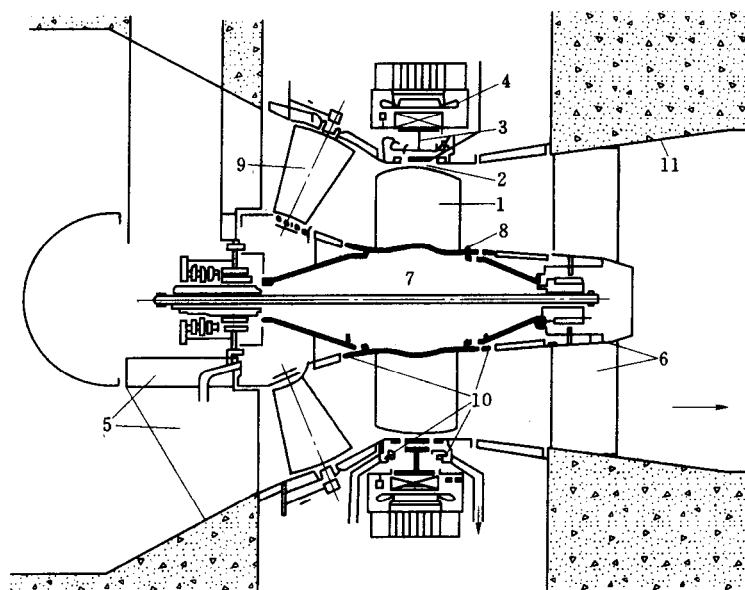


图 1-2 双支承全贯流式水轮发电机组

1—转轮叶片；2—轮缘；3—发电机转子；4—发电机定子；5—前支承；
6—后支承；7—主轴；8—轮毂；9—导水机构；10—密封箱；11—尾水管

双支承结构一般应用于大型全贯流式水轮机。全贯流式机组的转动部分重量较大，若采用一个支承，受力情况不好，故采用双支承结构。双支承结构一般应用于大型全贯流式水轮机。

图 1-2 为某双支承全贯流式水轮发电机示意图。该水轮机的主要参数为：最大水头 $H=7.9\text{m}$ ，流量 $Q=90\text{m}^3/\text{s}$ ，水轮机功率 $N=5800\text{kW}$ ，转轮直径 $D_1=33.55\text{m}$ ，额定转速 $n=120\text{r/min}$ 。

水轮机转轮由轮毂、叶片和轮缘组成。叶片为 4 片，叶片内侧焊接在轮毂上，叶片外缘由轮缘连成一个整体。发电机的转子磁轭直接热套在轮缘上，磁轭外装有磁极，采用螺栓固定。转轮中心是由轮毂锥体及中心轴组成的旋转轴，旋转轴由两侧的导轴承支承，作用在轴承上的全部载荷由上、下游支承环传递给厂房基础。上游支承环由 4 个空心体组成，采用钢板焊接结构，在安装和检修时，可由空心体进入转动部分；下游支承环与上游

支承环相似，但没有进入转动部分的进入孔。

导水机构为斜向式，当导叶关闭时，导水机构呈圆锥形。

转轮外缘与固定机壳之间的止水密封和密封结构有了新的发展，轴承由动压轴承发展成静压轴承；密封由唇工密封发展成静压密封。由于使用了新型的轴承和密封，从而使全贯流式水轮机能应用于较高水头和较大功率的电站，这进一步促进了全贯流式水轮机的发展。

2. 单支承全贯流式水轮机

单支承全贯流式水轮发电机组的结构如图 1-3 所示。单支承式结构的机组容量较小，一般功率约为 6000kW，转轮直径在 3.5 m 以内。所以其转动部分重量较轻，机组可以采用悬臂方式布置，即采用单支承式结构，这可节省一个支承。

3. 轮缘装传动装置的全贯流式水轮机

如图 1-4 所示为在转轮的轮缘处装传动装置，而不装发电机转子，对于尺寸较小的全贯流式水轮机，发电机转子可不装在轮缘上，而在轮缘上装传动装置，借助于皮带等传动设备与发电机相连，可采用标准型的高转速发电机。这样，既减少了设备投资，又减小了电机止水的困难。该机组主要应用于低水头的小型水电站。

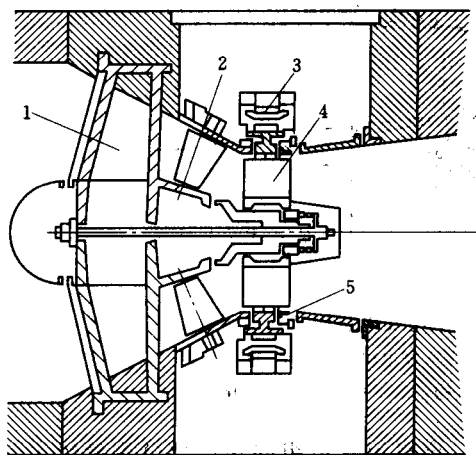


图 1-3 单支承全贯流式水轮机

1—支承；2—导叶；3—发电机定子；
4—轮叶；5—发电机转子

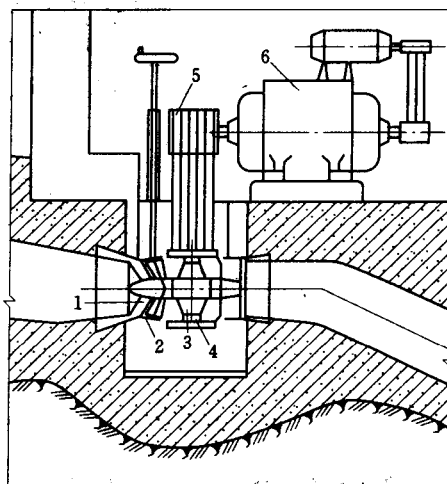


图 1-4 轮缘装传动装置的全贯流式机组

1—支承；2—导叶；3—转轮；4—皮带轮；
5—皮带；6—发电机

如图 1-5 所示，它是重庆电机厂制造的转轮外缘装皮带轮的贯流式水轮机。该水轮发电机组安装在四川省彭县的鹿乡电站，于 1985 年正式投入运行。

水轮机的主要参数为：设计水头 $H_t = 4.5\text{m}$ ，转轮直径 $D_1 = 4.2\text{m}$ ，设计流量 $Q = 0.8\text{m}^3/\text{s}$ ，额定功率 $N_e = 2965\text{kW}$ ，轮毂比 $d_h = 0.32\text{m}$ ，叶片数 $Z_1 = 4$ ，额定转速 $n = 600\text{r}/\text{min}$ ，配套发电机功率 $N_g = 24\text{kW}$ ，发电机额定转速 $n_g = 1500\text{r}/\text{min}$ 。该机组采用三角皮带传动，传动比 $= 2.5$ （增速传动）。

水轮机转轮由轮毂和叶片组成。叶片为 4 个，与轮毂制成一体，在叶片轮缘处安装

皮带轮，用皮带将皮带轮和发电机连接在一起。水轮机转轮轮毂空套在主轴上（两者不固定在一起），主轴固定，而轴承装在转轮轮毂内。主轴支承在进、出水管的上、下游支承内，进水管的支承有 4 条支筋，出水管支承有 3 条支筋。水轮机转轮与进水管和出水管之间的止水装置采用圆柱形橡胶板密封，用集水环和毕托管收集漏水。

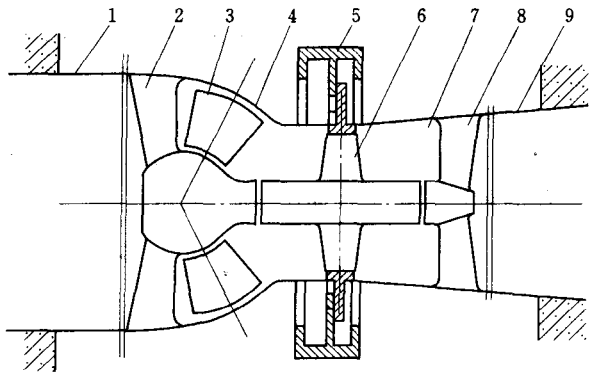


图 1-5 转轮外缘装皮带轮的贯流式水轮机
1—引水管；2—上游支承环；3—导水机构；4—进水管；5—皮带轮；6—转轮；7—出水管；8—下游支承环；9—尾水管

二、双向贯流式水轮机

既可正向运行发电，也可反向运行发电的贯流式水轮机，称为双向贯流式水轮机，如图 1-6 所示。双向贯流式水轮机主要应用于潮汐电站，它可以在涨潮和落潮的时候进行双向发电。我国从 20 世纪 70 年代开始研制双向贯流式水轮机，它的主要特点是采用 S 形双向转动的叶片。我国第一台双向贯流式水轮机安装在浙江省江厦潮汐水电站，单机额定功率为 500kW。该机组于 1980 年投入运行，具有 4 种运行工况。

在 20 世纪 80 年代初，富春江水工厂又研制出额定功率为 700kW 的双向贯流式机组，具有 6 种运行工况，也安装在浙江省江厦潮汐水电站。

SGZ005—WP—250 型贯流式机组由水轮机、发电机、增速行星齿轮及交流励磁机 4 部分组成。后三者均装于密闭的灯泡体内，灯泡体布置在上游侧。为增加转动惯量，在发电机和行星齿轮之间还装有飞轮。行星齿轮增速比为 4.24，发电机额定转速为 500r/min。

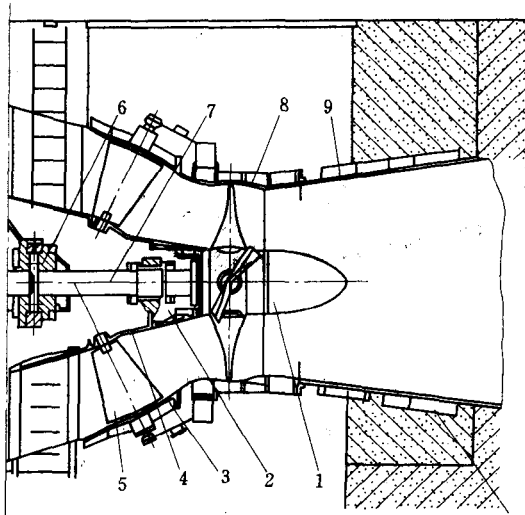


图 1-6 双向贯流式水轮机
1—转轮；2—导轴承；3—外配水环；4—内配水环；5—导叶；6—双向推力轴承；7—主轴；8—转轮室；9—尾水管

水轮机转轮直径为 250cm，叶片为 4 片，叶片转角范围为 $\varphi = -5^\circ \sim 40^\circ$ 。导水机构为斜向式，呈锥形布置。导水叶片为 16 片，转角为 100° 。水轮机主轴密封为双层平板密封，检修密封为空气围带式。

SGZ005—WP—250 型贯流式机组有 4 种运行方式，在海水涨潮和落潮时，它利用水库水位与海面的潮差进行正、反向发电。另外，为使电站获得更多的电量，在海、库两侧水位接近相等时，能迅速反向发电及正、反向泄水。

GZN—WP—250 型贯流式水轮机组，水轮机与发电机同轴连接，水轮机转轮为 4 片桨叶，转轮直径为 250cm，导水机构为斜向式，尾水管为直锥式。具有 6 种运行工况，除能正、反向发电，正、反向泄水外，还可以进行正、反向抽水，属于可逆式水轮机。

1. 单库单向发电

一般是在海湾处修堤坝形成水库，同时建有泄水闸和水电站厂房，在厂房内安装有单向工作的贯流式机组，如图 1-7 所示。

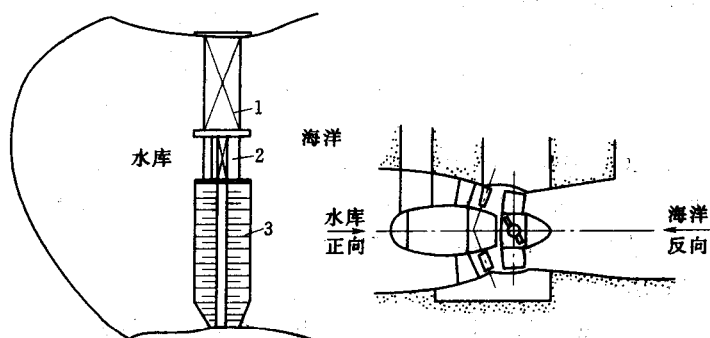


图 1-7 单库单向电站

1—厂房；2—泄水闸；3—堤坝

当涨潮时，开闸门向水库充水。落潮时，将闸门关闭，从而在水库和海洋间形成水位差。水轮发电机组启动后，水流便经过水轮机由水库流向海洋，从而将潮汐能转变为电能。一般规定水流由水库流向海洋的发电过程称为正向发电，如图 1-8 所示。

2. 单库双向发电

单库双向发电有两种情况。第一种情况的电站枢纽布置，与图 1-7 类似，不同的是它在厂房内装有双向发电的贯流式水轮机。该机在落潮时正向发电，在涨潮时还可反向发电。在涨潮时，海洋与水库之间形成水位差，此时若将闸门关闭，则海水可通过水轮机流入水库，从而将潮汐能转变成电能。这种发电过程称为反向发电，如图 1-9 所示。

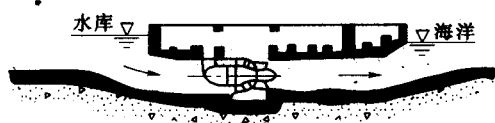


图 1-8 正向发电

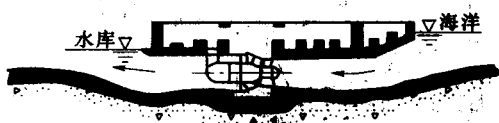


图 1-9 反向发电

第二种情况的电站枢纽布置，如图 1-10 所示。厂房布置在进水池和尾水池之间，在厂房内装有单向贯流式机组。利用装在进水池和尾水池上的闸门来控制水流的方向。在涨潮时，打开进水池上的闸门，关闭尾水池上的闸门，使海水由进水池经贯流式水轮机流入尾水池，尾水池中的水进入水库，此时水轮机进行反向发电；落潮时的过程与上述过程相反，即在落潮时，关闭进水池闸门，打开尾水池闸门，水流由水库经过水轮机后再从尾水池上的闸门而进入海，此时水轮发电机组进行正向发电。

3. 双库单向发电

双库即修建高、低两个水库，电站枢纽布置如图 1-11 所示。电站的厂房布置在两库之间，它建有进水闸和泄水闸，在厂房内装有单向贯流式机组。在涨潮时，开启进水闸门，关闭泄水闸门，使海水不断地进入高水库，当机组启动后，水流便经贯流式水轮机进入低水库，从而将潮汐能变成电能；在落潮时，关闭进水闸门，开启泄水闸门，使高水库的水经水轮机流入低水库进行发电，最后水经泄水闸进入海洋，这样机组可在一天内连续发电。

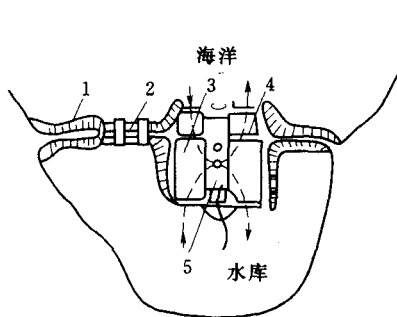


图 1-10 单库双向式电站
1—堤坝；2—水闸；3—进水池；4—尾水池；5—厂房

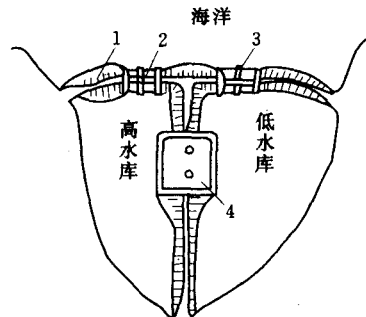


图 1-11 双库单向式电站
1—堤坝；2—进水闸；3—泄水闸；4—厂房

4. 抽水蓄能

为了多发电，当系统负荷较低而电能较多时，潮汐电站的机组可从系统吸收功率，从而带动水轮机作水泵抽水运行。在系统高峰负荷时，水电站放水发电。抽水有两种运行方式：一种是将水库的水抽到海洋中，称为反向抽水，如图 1-12 所示；另一种是将海洋中的水抽到水库去，称为正向抽水，如图 1-13 所示。世界上最大的潮汐电站是法国的朗格朗电站，装机容量达 2400MW，安装 24 台双向贯流式机组。

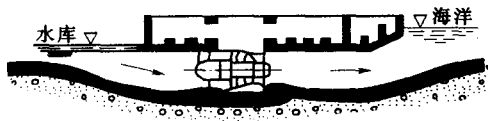


图 1-12 反向抽水

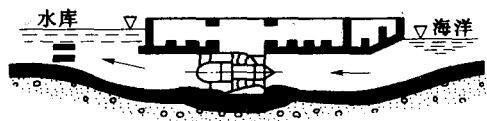


图 1-13 正向抽水

5. 泄水运行

在海水涨落过程中，当水库与海洋之间的水位接近时，由于潮差太小，水流经过水轮机时不能发电，这种运行称为泄水运行。泄水运行也分为两种运行方式：水流由水库流向海洋，称为正向泄水；水流由海洋流向水库，称为反向泄水。

三、竖井贯流式水轮机

竖井贯流式机组是将发电机布置在转轮前流道中的空心“闸墩”内的另一类贯流式机组，如图 1-14 所示。由于其空心“闸墩”提供的空间远比灯泡贯流式机组的密封仓大得多，可以布置增速齿轮以提高发电机转速，从而减少了更低水头。由于空心“闸墩”有如坑井，所以也被称为坑井贯流式机组。

竖井贯流式水轮机由于进水情况不同，它还可分为两向进水式和三向进水式两种：两

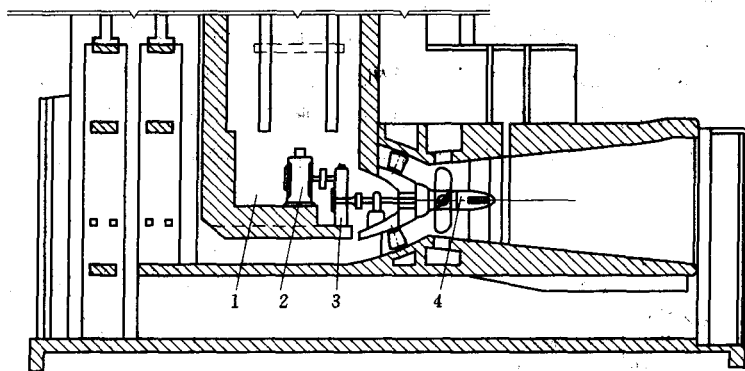


图 1-14 竖井贯流式水轮机

1—竖井；2—发电机；3—传动装置；4—水轮机

向进水式由竖井两侧面的流道进水；三向进水式除由两侧进水外，还从竖井底面进水。

竖井贯流式水轮机与立轴轴流式水轮机相比，它的流道平直，水流损失小，水轮机效率较高；与灯泡贯流式水轮机相比，机组结构简单，当采用传动装置时发电机可采用标准型号，因而电机造价低。由于发电机布置在竖井内，电机的安装、维修及监视十分方便，防潮及密封条件也较好。

竖井贯流式机组与灯泡式机组相比，其缺点是机组间距大，土建工程量大、过流条件较差，所以它一般只应用于中小型电站。

四、轴伸贯流式水轮机

轴伸贯流式水轮机一般都具有微弯的过水流道，水轮机装在流道内，水轮机轴穿过管壁与布置在流道外的发电机通过传动装置进行连接，如图 1-15 所示。由于微弯的过水流道有点像“S”，所以又称为 S 形贯流式机组。

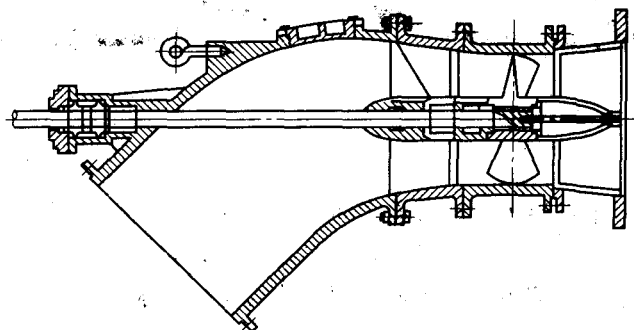


图 1-15 轴伸贯流式水轮机

按轴的布置方式不同，轴伸贯流式水轮发电机组可分为前伸轴式、后伸轴式和斜伸轴式三种。如图 1-16 所示。

一般采用较多的是后伸轴式水轮机，即发电机布置在下游侧。这种型式可使机组的轴向长度缩短，而且机组拆卸方便。主轴的布置可采用水平轴或斜向轴两种布置方式。

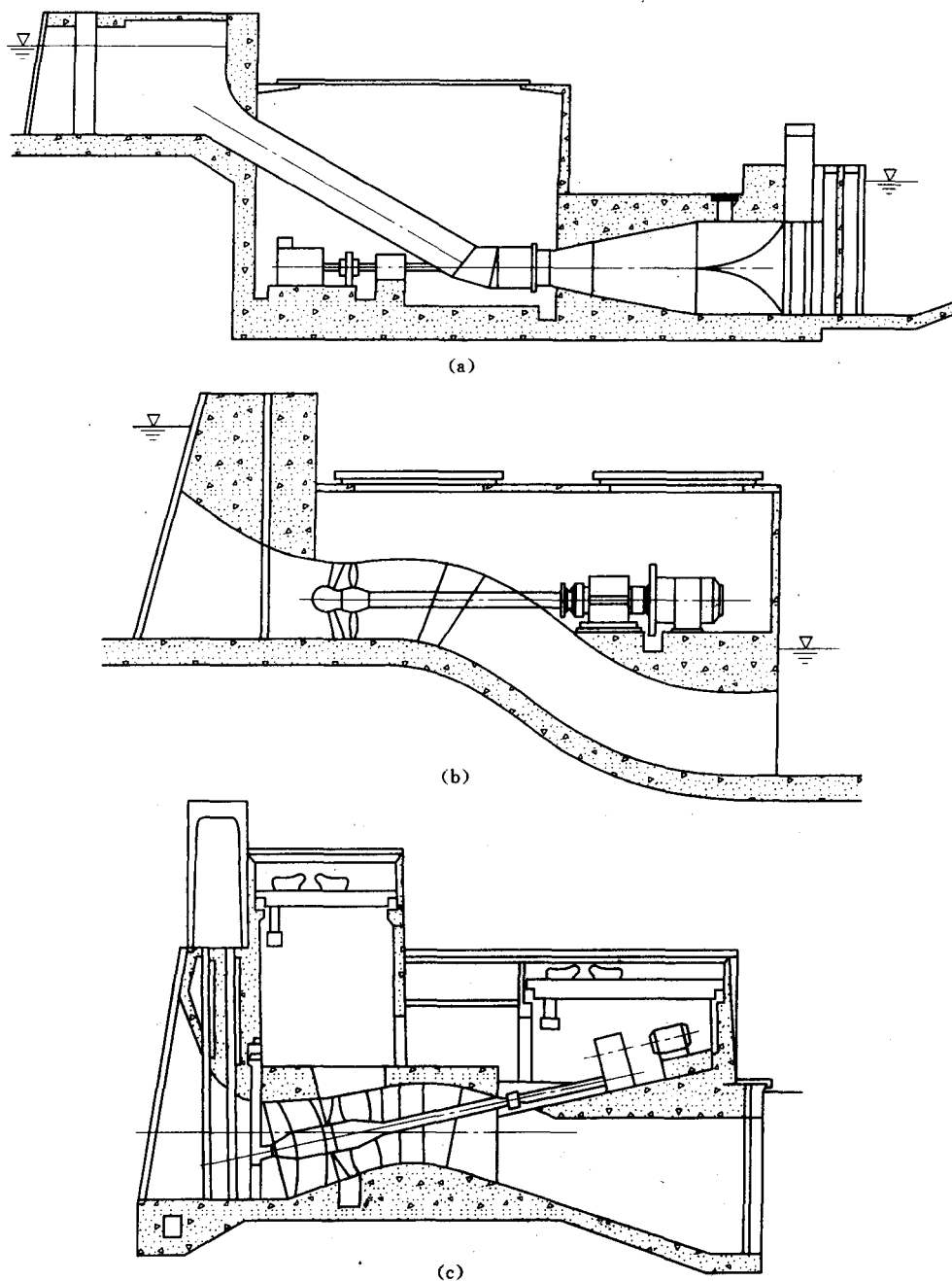


图 1-16 轴伸贯流式水轮发电机组
(a) 前伸轴式；(b) 后伸轴式；(c) 斜伸轴式

五、虹吸贯流式水轮机

虹吸贯流式水轮机如图 1-17 所示。贯流式机组安装在虹吸管道弯曲段附近，在虹吸管进口和尾水管出口不装闸门，水轮机靠虹吸作用来启动和停机。虹吸作用的产生是靠设