

DENGLAO GUANLIUSHI
SHUILUN FADIANJIZU
YUNXING YU JIANXIU

灯泡贯流式 水轮发电机组 运行与检修



五凌电力有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DENGAO GUANLIUSHI
SHUILUN FADIANJIZU
YUNXING YU JIANXIU

灯泡贯流式 水轮发电机组 运行与检修

五凌电力有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书详细介绍了灯泡贯流式水轮发电机组设备的基本结构、检修工艺流程、运维技术及故障处理,特别是结合五凌电力有限公司灯泡贯流式电站工程与生产案例进行了系统阐述。全书分为八章。第一章概述,主要讲述了灯泡贯流式机组的发展历程以及在五凌电力有限公司的应用。第二章主要讲述水轮机结构,第三章主要讲述发电机结构,第四章主要讲述水轮机检修,第五章主要讲述发电机检修,第六章主要讲述机组检修试验,第七章主要讲述运行与维护,第八章主要讲述机组故障处理。

本书可供水电站运行及检修维护人员阅读,也可供高等院校相关专业本科高年级学生和研究生阅读。

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 / 五凌电力有限公司编著. —北京: 中国电力出版社, 2018.3
ISBN 978-7-5198-1728-2

I. ①灯… II. ①五… III. ①灯泡贯流式水轮机—发电机组—电力系统运行②灯泡贯流式水轮机—发电机组—电力系统—检修 IV. ①TK733

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 023470 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 娄雪芳 (010-63412375)

责任校对: 常燕昆

装帧设计: 张 娟

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2018 年 3 月第一版

印 次: 2018 年 3 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 16.25

字 数: 351 千字

印 数: 0001—1500 册

定 价: 85.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编委会名单

主 任 姚小彦

副 主 任 徐树彪 曾再祥 谭文胜

编 委 莫迪云 邵湘萍

主 编 杜凯堂 刘强

副 主 编 陈海波

审 稿 徐跃云 周 乐 谭丕成 胡春林

朱红平 何 峰 贺湘林 龙曲波

张贵松

参 编 张宝庆 王哲亮 李永益 丁晖庆

陈 宏 包建军 陈 伽 罗红祥

管怀鸣 杨长乐 邓 亚 胡 阆

何 波 黄星德 黄效恩

前言

贯流式水轮发电机组从 1892 年开始研制到现在，已有一百多年的历史，机组设计水平日益成熟，灯泡贯流式机组在水电工程中得到了广泛的应用。巴西杰瑞水电站安装有目前世界上单机容量最大的灯泡贯流式水轮发电机组，单机容量达 75MW，代表当今世界最高水平。

了解并掌握灯泡贯流式水轮发电机组的基本理论、基本结构、检修工艺流程、运行与维护技术及故障处理，是电站生产管理人员必备的技能，对保证电网及电站安全稳定运行具有重大的意义。

编写组成员长期从事灯泡贯流式水轮发电机组检修维护工作，本书是在结合编者多年工作经验的基础上编写的，主要讲述了灯泡贯流式水轮发电机组的水轮机与发电机结构、检修方法、日常运行与维护工作，并对生产中的典型工程实例进行了剖析，力求通过通俗易懂的语言，使读者掌握灯泡贯流式机组的运行与维护技能。

本书编写过程中，参考了大量的书籍、科技文献和技术资料，在此对原作者表示诚挚的谢意！

由于编者经验和理论水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请各位专家和同行批评指正！

编委会

2018 年 1 月于长沙

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 贯流式水轮发电机组发展历程	1
第二节 贯流式水轮机分类	3
第三节 典型灯泡贯流式电站	5
第二章 灯泡贯流式水轮发电机组水轮机结构	8
第一节 埋设部件	9
第二节 导水机构	10
第三节 转轮与主轴	16
第四节 转轮室与伸缩节	19
第五节 受油器与操作油管	21
第六节 主轴密封	22
第七节 水导轴承	24
第八节 流道与闸门	26
第三章 灯泡贯流式水轮发电机组发电机结构	29
第一节 发电机定子	30
第二节 发电机转子	33
第三节 发电机灯泡头	35
第四节 发电机轴承	41
第五节 通风冷却系统	45
第六节 制动系统	47
第四章 灯泡贯流式水轮发电机组水轮机检修	48
第一节 检修周期	48
第二节 检修前期工作	49
第三节 一般工艺要求	51
第四节 检修项目与质量标准	53
第五节 转轮检修	60
第六节 主轴检修	93
第七节 转轮室与伸缩节检修	97
第八节 导水机构检修	100

第九节 受油器与操作油管检修..... 105

第十节 水导轴承检修..... 108

第十一节 主轴密封检修..... 114

第五章 灯泡贯流式水轮发电机组发电机检修..... 119

第一节 检修项目与质量标准..... 119

第二节 发电机定子检修..... 125

第三节 发电机转子检修..... 140

第四节 发电组合轴承检修..... 147

第五节 制动装置检修..... 159

第六节 通风冷却系统检修..... 160

第七节 出线设备与中性点设备检修..... 161

第八节 其他设备检修..... 164

第六章 灯泡贯流式水轮发电机组检修试验..... 167

第一节 试验概况..... 167

第二节 机组静态试验..... 173

第三节 机组空载试验..... 186

第四节 机组负载试验..... 195

第七章 灯泡贯流式水轮发电机组运行与维护..... 202

第一节 开停机与黑启动..... 202

第二节 并网操作..... 204

第三节 日常运行与维护..... 206

第八章 灯泡贯流式水轮发电机组故障处理..... 217

第一节 水轮机故障与处理..... 217

第二节 发电机故障与处理..... 236

第三节 辅助设备故障与处理..... 244

参考文献..... 250

概 述

第一节 贯流式水轮发电机组发展历程

贯流式水轮发电机组从 1892 年开始研制到现在,已有一百多年的历史,现在应用最广泛的是灯泡贯流式水轮发电机组。1919 年初,由美国工程师哈尔扎(Harza)首先提出设计理念,1930 年德国人库尼(kunhe)获得了贯流式水轮机专利,第一台贯流式水轮发电机组安装在德国莱茵河上,单机容量为 1753kW,转轮直径为 2.05m,最大水头为 9m。瑞士爱舍维斯(Escher Wyss)公司经过近 20 年的研究,于 1936 年研制成功,首台灯泡贯流式水轮发电机组安装在波兰诺斯汀(Rostin)电站,单机容量为 195kW,转轮直径为 1.95m,水头为 3.7m。1966 年法国奈尔皮克(Neyrpic)公司制造出单机容量为 20MW,转轮直径为 6.25m,水头为 8m 的灯泡贯流式水轮发电机组,标志着灯泡贯流式水轮发电机组技术已成熟。1978 年日本富士公司研制出单机容量为 32.4MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,达到世界先进水平。巴西杰瑞水电站是目前世界上机组台数最多、单机容量最大、转轮直径最大的灯泡贯流式水电站,共安装 50 台单机容量为 75MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,其中 22 台由中国东方电机厂(简称东方电机厂)提供,另 28 台由天津阿尔斯通电机有限公司(简称阿尔斯通)提供。

我国研制灯泡贯流式水轮发电机组起步较晚,但发展很快,从 20 世纪 70 年代初到现在,主要经历了六个发展阶段。

(1) 摸索和试制阶段。1965 年我国自行研制出第一台小型灯泡贯流式水轮发电机组,机组容量为 40kW,转轮直径为 0.8m,安装于浙江省蒋堂水电站。这个阶段的代表是 1984 年投产的转轮直径为 5.5m、单机容量为 10MW 的广东白坭电站机组,它是我国自行研制的大、中型灯泡贯流式水轮发电机组的始祖。

(2) 引进和试验阶段。1971 年 10 月,由国家按照“量体裁衣”的方式从日本富士电机株式会社进口建成我国第一座贯流式试验电站,电站单机容量为 2500kW,设计水头为 6.3m。

(3) 仿制阶段。20 世纪 80 年代,位于湖南省桃江境内的马迹塘水电站引进了奥地利 3 台单机容量为 18.5MW 的大型灯泡贯流式水轮发电机组,我国开始了较大规模的仿制、消化吸收和研制工作。期间代表产品是 20 世纪 80 年代后期生产的转轮直径为 5.5m、单机容量为 15MW 的灯泡贯流式水轮发电机组。

(4) 消化和吸收阶段。这个阶段的代表是 1997 年投产的转轮直径为 5.8m、单机容量

为 18MW 的广东英德白石窑机组，是我国在大、中型灯泡贯流式水轮发电机组的设计制造发展史上的第二级台阶。

（5）引进技术和合作生产制造阶段。20 世纪 90 年代后期，哈尔滨电机厂、东方电机厂分别与外商合作，研制出 45、57MW 的机组，标志着我国灯泡贯流式水轮发电机组生产水平已达到国际先进行列。

（6）自主创新高速发展阶段。21 世纪，由东方电机厂提供的 22 台单机容量为 75MW 的巴西杰瑞水电站投产，标志着我国灯泡贯流式水轮发电机组制造水平已达世界领先水平。

国内外代表性灯泡贯流式电站机组参数见表 1-1 与表 1-2。

表 1-1 国内代表性灯泡贯流式电站机组参数

电站名称	容量 (MW)	台数 (台)	水头 (m)	转速 (r/min)	转轮直径 (m)	投产 年份
桥巩电站	57	8	13.8	83.3	7.4 7.45	2008
炳灵电站	48	5	16.1	107.1	6.2	2008
蜀河电站	46	6	19.6	125	5.46 5.45	2010
铜湾电站	45	4	11	83.3	7.1	2008
康扬电站	40.7	7	18.7	125	5.46	2007
金银台电站	40	3	13	100	6.3	2005
金溪电站	37.5	4	14.5	115.4	5.9	2006
新政电站	36	3	11.2	93.75	6.3	2006
飞来峡电站	35	4	8.53	83.3	7.0	1999

表 1-2 国外代表性灯泡贯流式电站机组参数

电站名称	容量 (MW)	台数 (台)	水头 (m)	转速 (r/min)	转轮直径 (m)	投产 年份
日本只见电站	68.5	375	18.4	100	6.7	1989
美国石岛电站	54	481	12.1	85.7	7.4	1978
法国贝来电站	46.7	350	15.05	107.1	6.4	1982
瑞典帕基电站	21.1	168	11	115.4	4.9	1967
苏联 萨拉托夫电站	47.3	528	10.5	75	7.5	1968
匈牙利 纳吉马罗电站	37.65	520	9.77	65.2	7.5	1992
葡萄牙 贝尔佛电站	35.3	267	14.2	100	6.0	1980
奥地利 彼德森电站	48	500	10.8	75	7.5	1999

第二节 贯流式水轮机分类

贯流式水轮机按总体布置方式不同,分为全贯流式和半贯流式两种,半贯流式又分为灯泡贯流式、竖井贯流式、轴伸贯流式和虹吸贯流式四种。

一、全贯流式水轮机

全贯流式水轮机的流道平直,水流沿轴向流过导叶、转轮桨叶和尾水管,发电机转子布置在水轮机转轮的外缘,又称为轮缘贯流式水轮机,如图 1-1 所示。

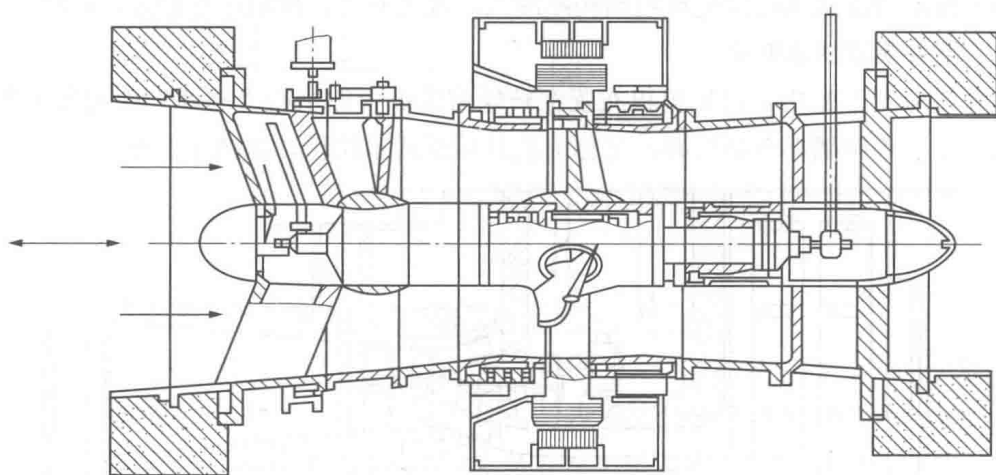


图 1-1 全贯流式水轮机结构图

二、灯泡贯流式水轮机

灯泡贯流式水轮机的水轮机与发电机同轴连接,水轮机转速较低,发电机侧尺寸较大,水轮机侧尺寸较小,机组外壳形状呈灯泡状,故称为灯泡贯流式水轮机,如图 1-2 所示。

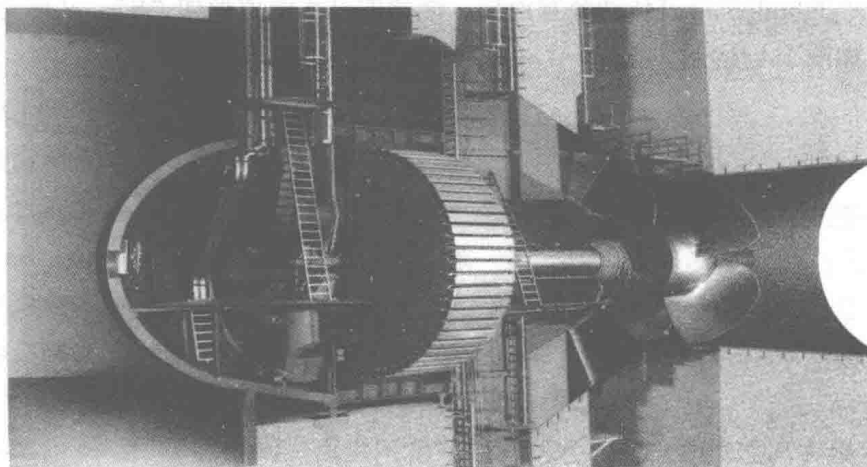


图 1-2 灯泡贯流式水轮机示意图

灯泡贯流式水轮机一般应用于 4~30m 水头，与中、高水头水电站及低水头立轴轴流式水电站相比，具有如下显著优势：

(1) 灯泡贯流式水电站进水管和出水管形状简单，施工方便，过流通道水力损失小，机组效率高，比轴流转桨式机组高 3%~5%。

(2) 灯泡贯流式电站机组结构紧凑，没有复杂的引水系统，可减少工程开挖量和混凝土浇筑量，经济优势明显。

(3) 灯泡贯流式水电站建设周期短，淹没移民少，投资小，收效快，电站靠近城镇，交通运输便利。

(4) 灯泡贯流式水轮发电机组结构刚度大，流道对称，机组运行稳定，振动摆度小。

三、竖井贯流式水轮机

竖井贯流式水轮机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，空心“闸墩”形如坑井，又称为坑井贯流式水轮机，如图 1-3 所示。

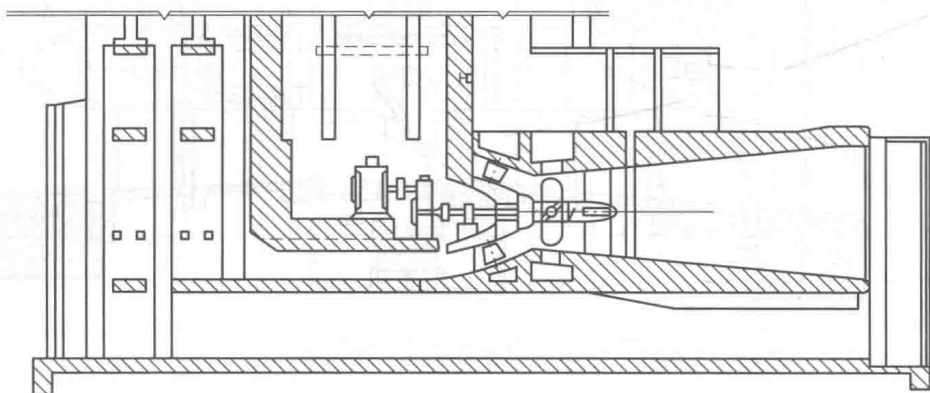


图 1-3 竖井贯流式水轮机结构图

四、轴伸贯流式水轮机

轴伸贯流式水轮机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连接，微弯的过水流道形如“S”，又称为 S 形贯流式水轮机，如图 1-4 所示。

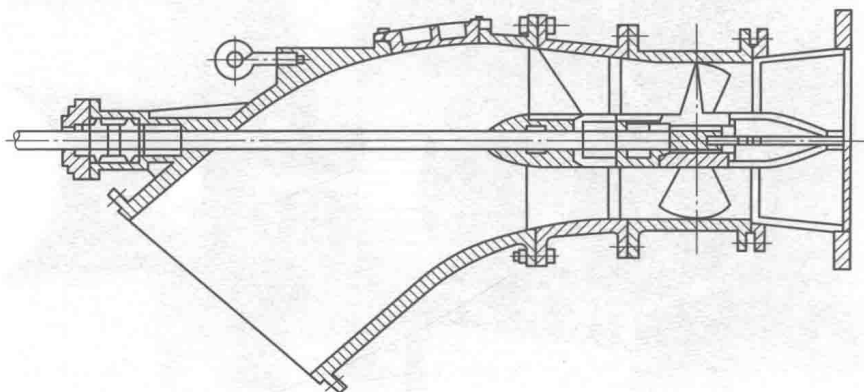


图 1-4 轴伸贯流式水轮机结构图

五、虹吸贯流式水轮机

虹吸贯流式水轮机安装在虹吸管道弯曲段附近，机组进水口和尾水管不装设闸门，水轮机靠虹吸作用启停，这种机型只适用于低水头小机组，如图 1-5 所示。

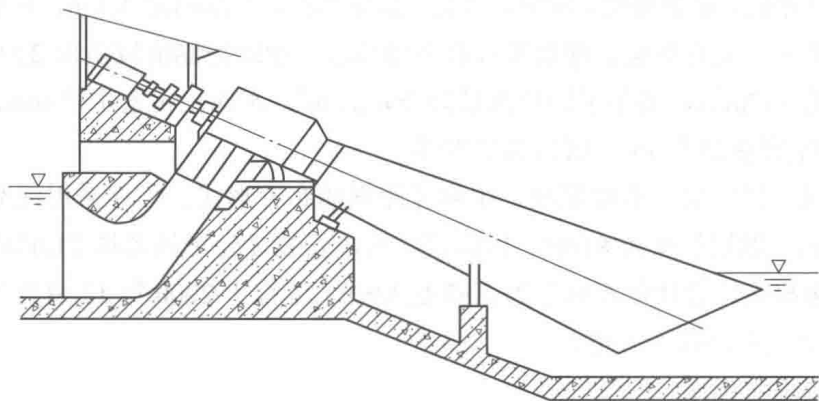


图 1-5 虹吸贯流式水轮机结构图

第三节 典型灯泡贯流式电站

五凌电力有限公司为国家电力投资集团公司控股的二级单位，旗下拥有洪江、凌津滩、近尾洲、马迹塘、株溪口和东坪 6 个灯泡贯流式水电站。

一、洪江水电站

位于沅水流域干流中游，上距怀化市 70km，下距洪江区 4.5km。工程以发电为主，兼有防洪、航运、灌溉、供水等综合利用效益。坝址控制流域面积 3.55 万 km^2 ，多年平均流量为 $705\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流量为 220 亿 m^3 。水库正常蓄水位为 190m，总库容为 3.2 亿 m^3 ，调节库容为 0.75 亿 m^3 ，属周调节水库。

枢纽采用左岸厂房、右岸船闸、中间溢流坝的布置形式。大坝采用混凝土重力坝，最大坝高 56.9m，坝顶长度为 456.5m。河床式厂房，安装 6 台单机容量为 45MW 的灯泡贯流式水轮发电机组，设计年发电量 10.17 亿 kWh。工程于 1998 年 3 月开工，2003 年 2 月首台机组并网发电，2005 年 7 月全部投产发电。

二、凌津滩水电站

位于沅水流域干流下游桃源县境内，上距五强溪水电站 47.5km，下距桃源县城 40km、常德市 80km，是沅水流域梯级滚动开发的最末一级。作为五强溪水电站的反调节电站，工程以发电为主，兼有防洪、航运等综合效益。坝址控制流域面积为 8.58 万 km^2 ，多年平均流量为 $2090\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流量为 659 亿 m^3 。水库正常蓄水位为 51m，总库容为 6.34 亿 m^3 ，调节库容为 0.46 亿 m^3 ，属日调节水库。

工程枢纽由发电厂房、船闸、泄洪闸和左、右挡水坝建筑物组成，大坝采用混凝土重力坝，最大坝高 52.05m，坝顶长度为 915.11m。河床式厂房，安装 9 台单机容量为 30MW

的灯泡贯流式水轮发电机组,设计年发电量为 12.15 亿 kWh。工程于 1995 年 12 月开工,1998 年 12 月首台机组并网发电,2000 年 12 月全部投产发电。

三、近尾洲水电站

位于湘江中游,地处衡南、常宁、祁东三县交界处,上距归阳 46km,下距衡阳 75km。工程以发电为主,兼有航运、灌溉等综合利用效益。坝址控制流域面积 2.86 万 km^2 ,多年平均流量为 $837\text{m}^3/\text{s}$,多年平均径流量为 264 亿 m^3 。水库正常蓄水位 66m,总库容 4.6 亿 m^3 ,调节库容 0.25 亿 m^3 ,属日调节水库。

枢纽采用左岸厂房、右岸船闸、中间溢流坝的布置形式。大坝采用混凝土重力坝,最大坝高 76m,坝顶长度为 810m。河床式厂房,安装 3 台单机容量 21.06MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,设计年发电量为 2.92 亿 kWh。工程于 2000 年 12 月首台机组并网发电,2002 年 2 月全部投产发电。

四、马迹塘水电站

位于资水流域干流下游湖南省桃江县马迹塘镇,上距柘溪水电站 86km,下距桃江县城 43km。工程以发电为主,兼有航运、灌溉、养殖等综合利用效益。坝址控制流域面积 2.62 万 km^2 ,多年平均流量为 $702\text{m}^3/\text{s}$,多年平均径流量为 221 亿 m^3 。水库正常蓄水位为 55.7m,总库容为 1.03 亿 m^3 ,调节库容为 0.103 亿 m^3 ,属日调节水库。

枢纽采用左岸厂房、右岸船闸、溢流坝的布置形式。大坝采用混凝土重力坝,最大坝高 26.8m,坝顶长度为 412m。河床式厂房,安装 3 台单机容量 18.5MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,设计年发电量 2.78 亿 kWh。工程于 1976 年 11 月开工,1983 年 6 月首台机组并网发电,1983 年 8 月全部投产发电。

五、株溪口水电站

位于资水流域干流中游湖南省安化县境内,上距东坪县城 15.8km。工程以发电为主,兼有防洪、航运等综合利用效益。坝址控制流域面积 2.32 万 km^2 ,多年平均流量为 $617\text{m}^3/\text{s}$,多年平均径流量为 195 亿 m^3 。水库正常蓄水位为 87.5m,总库容为 0.333 亿 m^3 ,调节库容为 0.052 亿 m^3 ,属日调节水库。

枢纽采用右岸坝后式厂房、中间溢流坝、左岸船闸的布置形式。大坝采用混凝土重力坝,最大坝高 39.2m,坝顶长度为 487.5m。河床式厂房,安装 4 台单机容量为 18.5MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,设计年发电量为 2.952 亿 kWh。工程于 2005 年 11 月开工,2008 年 4 月首台机组并网发电,2008 年 10 月全部投产发电。

六、东坪水电站

位于资水流域干流中游湖南省安化县境内,上距柘溪水电站 10km。作为柘溪水电站的反调节电站,工程以发电为主,兼有防洪、航运等综合利用效益。坝址控制流域面积为 2.28 万 km^2 ,多年平均流量为 $605\text{m}^3/\text{s}$,多年平均径流量为 190.8 亿 m^3 。水库正常蓄水位为 96.5m,总库容为 0.198 亿 m^3 ,调节库容为 0.056 亿 m^3 ,属日调节水库。

枢纽采用左岸厂房、右岸船闸、中间溢流坝的河床布置形式。大坝采用混凝土重力

坝,最大坝高 19m,坝顶长度为 482m。安装 4 台单机容量为 18MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,设计年发电量为 2.912 亿 kWh。工程于 2004 年 11 月开工,2007 年 3 月首台机组并网发电,2007 年 10 月全部投产发电。

灯泡贯流式水轮发电机组水轮机结构

水轮机是将水流的动能和势能转换成为旋转机械能的动力机械。按水流的能量转换特征划分,可将水轮机分为冲击式水轮机和反击式水轮机两大类。冲击式水轮机将水流的动能转换为旋转的机械能,通过特殊的导水机构,将水流的能量转换为动能,通过射流冲向转轮完成能量转换。反击式水轮机将水流的势能和动能转换为旋转的机械能,通过水流的势能完成能量的转换。按水轮机结构形式的不同,反击式水轮机可分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式。按桨叶的不同,轴流式、贯流式和斜流式水轮机还可分为定桨式和转桨式。

灯泡贯流式水轮机是一种卧轴式水轮机,引水部件、导水部件、工作部件、排水部件都在一条轴线上,水流流道呈线状。由于水流在流道内基本沿轴向运动,不转弯,所以机组的过水能力更大,水力效率更高。

灯泡贯流式水轮机主要由埋设部件、导水机构、转轮及主轴、转轮室及伸缩节、受油器及操作油管、主轴密封、水导轴承、进水和尾水流道及闸门等组成。以管形座支撑为主的灯泡贯流式水轮发电机组如图 2-1 所示。

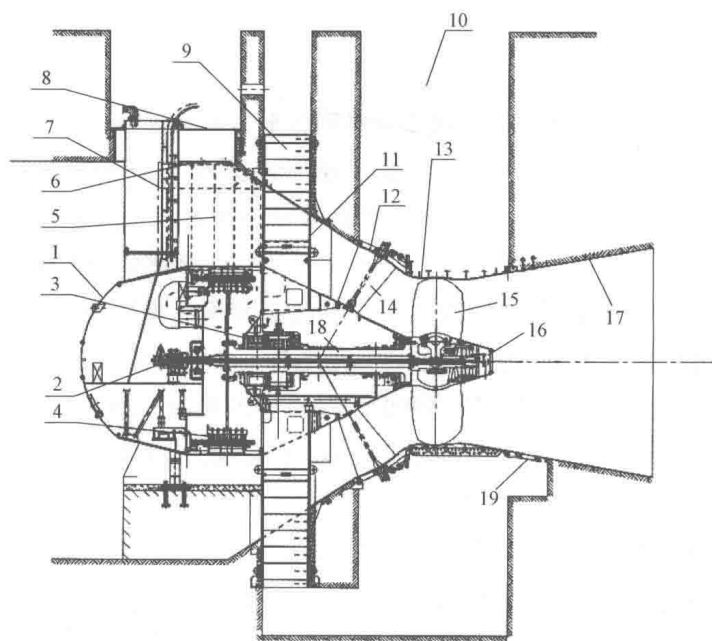


图 2-1 以管形座支撑为主的灯泡贯流式水轮发电机组

- 1—灯泡头; 2—受油器; 3—组合轴承; 4—转子; 5—导流板; 6—下盖板; 7—灯泡头竖井;
8—抗压盖板; 9—灯泡头竖井; 10—水轮机检修廊道; 11—管形座; 12—导水机构;
13—转轮室; 14—导叶; 15—转轮; 16—泄水锥; 17—尾水管; 18—大轴; 19—进人孔

第一节 埋 设 部 件

灯泡贯流式水轮机的埋设部件主要包括尾水管里衬、管形座（内、外管形座）等。

水轮机的尾水管是能量回收的重要部件，也是水轮机的主要过流部件和扩散流道，呈锥形扩散形状，一端通过伸缩节与转轮室相连，另一端与尾水流道相连。

管形座是灯泡贯流式水轮发电机组的主要受力部件和安装基准部件。发电机组所承受的水推力、重力、水浮力、发电机不平衡磁拉力等荷载均通过管形座传递至混凝土基础。管形座包括外管形座（座环外环）、内管形座（座环内环）和立柱。内管形座形成灯泡体；外管形座为预埋件，成为流道的一部分；立柱将内管形座与外管形座连成一个整体并成为构架支撑。外管形座下游侧与导水机构外配水环相连接，内管形座（灯泡体）的下游法兰面直接与导水机构内配水环相连接。管形座在垂直方向有两个竖井，为座环的主要受力构件。

一、尾水管里衬

尾水管里衬是灯泡贯流式水轮机最先埋设的部件，由钢板焊接而成，其形状为直锥形，尺寸大，过流量很大，长度一般按出口流速不大于 5m/s 确定。灯泡贯流式水轮机的尾水管通常由两部分组成：上游部分为金属里衬，下游部分为钢筋混凝土，如图 2-2 所示。根据运输条件，通常将灯泡贯流式水轮发电机组的尾水管里衬分成 3~7 节，运至现场后再拼焊成整体。

当管形座与尾水管里衬同时进行安装时，机组的高程、中心、水平应以管形座的法兰面为基准，尾水管基础环的法兰面应稍低。如果先安装尾水管里衬，后安装管形座，则尾水管基础环法兰的安装应稍高。尾水管里衬的中心、标高，尾水管里衬法兰面的波浪度均应符合 GB/T 8564—2003《水轮发电机组安装技术规范》的要求。在工地将尾水管里衬拼焊组装成整体时，应监视变形。

在尾水管里衬与转轮室之间安装了伸缩节，轴向伸缩量为 $15\sim 20\text{mm}$ ，以适应机组安装偏差和温度的变化。通常在尾水管里衬上游侧的下部设置了流道进入孔，方便安装、检修人员进出流道。

二、管形座

管形座通常由内、外壳体和上、下竖井四大部分组成。大型灯泡贯流式水轮发电机组管形座的内管形座一般分为 2 瓣，外管形座分为 4~6 瓣。外管形座由上、下两部分，四块侧向瓦形壳和前锥体组成；内管形座与外管形座通过灯泡体竖井相连，如图 2-3 所示。外管形壳体上游侧与混凝土、流道盖板构成前（上游）过流通道，下游侧与外导水环连接。内管形壳体的上游面与定子机座及轴承支架连接，下游面与内导水环连接。

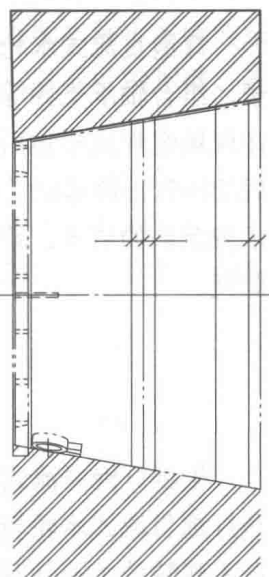


图 2-2 尾水管

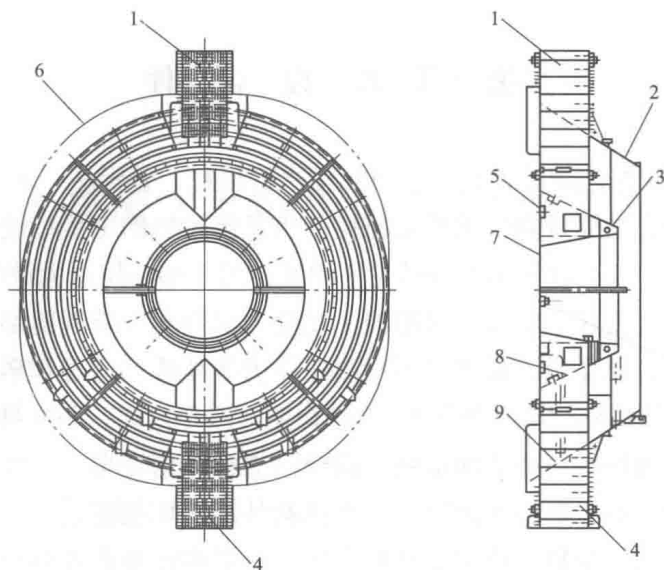


图 2-3 管形座

1—上管形座；2—前锥体；3—内配水环连接法兰面；4—下管形座；5—定子连接法兰面；
6—侧向瓦形壳；7—支持环连接法兰面；8—内管形座；9—外管形座

灯泡贯流式水轮发电机组的安装以管形座作为基础，水轮机的导水机构、发电机定子、组合轴承支撑等都固定在管形座的法兰上，以此为基础顺序安装。内、外管形座体在现场组焊成整体后，以安装基准点或尾水管基础环法兰面中心标高为基准，要求安装后的内管形座体法兰面的标高及波浪度均应符合 GB/T 8564—2003《水轮发电机组安装技术规范》的要求。管形座及尾水管基础环在安装过程中要加强基础环法兰面中心偏差的监视。

第二节 导水机构

根据灯泡贯流式水轮发电机组的特点，多采用锥角为 60° 的锥形导水机构。导水机构是灯泡贯流式水轮机的导水部件，它位于水轮机转轮和引水部件之间，主要功能有调节进入转轮的水流使其在进入转轮前产生环量；根据机组的负荷变化调整进入水轮机的流量；实现机组的开、停机。导水机构的主要部件包括配水环、导叶、导叶传动机构、控制环、接力器和重锤等。外配水环为导叶外端轴承和控制环的支座，上游侧与外管形座相连，下游侧与转轮室相连；内配水环上游侧与内管形座相连，下游侧与主轴密封相连。导叶布置在内、外配水环之间，控制环安装在外配水环上，通过连杆与接力器推拉杆相连，控制环上（或者接力器推拉杆上）安装有关闭重锤，在事故情况下，能可靠地关闭导叶，停机。

灯泡贯流式水轮机的导水机构如图 2-4 所示，当调速环在两个接力器的作用下顺时针旋转时开导叶增加导叶开度，逆时针旋转关导叶减小导叶开度。