

从中国最早使用的灯泡贯流式机组谈其兴衰与发展

胡锦涛, 余波, 刘彬, 李文浩

(西华大学 能源与环境学院, 四川 成都 610039)

摘要:针对灯泡贯流式和轴流转桨式两种机型在射洪县不同时期修建的五座水电站中的轮换选用情况,介绍了灯泡贯流式机组在国内水电站中的发展历程,对未来我国新建低水头电站机组的合理选型提出了相应的建议。

关键词:灯泡贯流式;轴流转桨式;涪江;射洪;水电站

中图分类号:TV7;TV734;TV738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)05-0091-03

在低水头、大流量水电站中,灯泡贯流式和轴流转桨式机组是其两种最常用的机型。贯流式水轮发电机组的引水部件、转轮、排水部件均布置在一条轴线上,水流平直通过,是一种开发利用低水头、大流量水力资源的良好机型。在各种类型的贯流式机组中,又属灯泡贯流式机组适应性最强、使用最广。该机组采用水平布置,水轮机没有蜗壳,土建开挖量小,发电机装置设在水轮机流道中的灯泡形壳体内,采用直锥扩散形尾水管,流道短而平直、对称,水流特性好,具有转轮效率高、过流量大、发电机尺寸小、建设周期短、总体投资省等优点。除此之外,其也存在单位电量耗水量大、油系统复杂、安装及大修难度大等缺点(图1)。

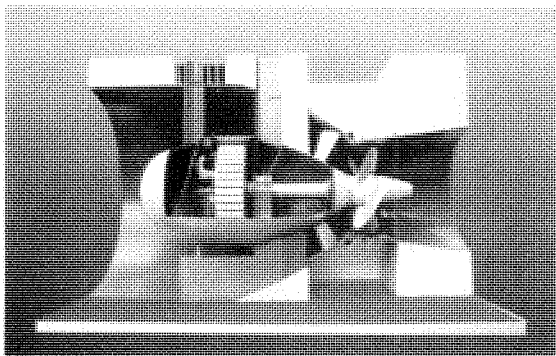


图1 灯泡贯流式机组模型示意图

轴流式水轮发电机组的叶片轴线与水轮机轴线垂直,水流在导叶和转轮之间由径向流动变为轴向流动;而在转轮区内,水流保持轴向流动,这种机组同样适用于开发较低水头、较大流量的水力资源,属于高比转速机组。根据其转轮叶片在

运行中能否转动,又可分为轴流定桨式和轴流转桨式两种。特别是轴流转桨式机组,由于其转轮叶片和导叶能随着工况的变化形成最优的协联关系,从而提高了水轮机的平均效率,扩大了运行范围,获得了稳定的运行特性,因此,其更成为一种广泛使用的机型。不过,其存在气蚀性能和强度条件差且土建施工土方开挖量大的缺点。

自20世纪70年代以来,在涪江干流中游段射洪县境内先后落成的五座水电站中,上述两种机型在几十年来不断地被轮换选用。笔者通过走访实地考察和查阅大量资料,对这种现象进行了思考与分析。

1 中国最早使用的灯泡贯流式机组——东风水电站1号机组

东风水电站位于四川省涪江干流中游段的射洪县境内,现隶属于国家电网四川明珠集团有限责任公司(以下简称“明珠公司”),设计水头为6.3 m,一期工程于1971年10月建成。据笔者查阅相关资料得知:东风水电站的1号机组是目前中国已知最早使用的灯泡贯流式机组,于“文化大革命”初期(1967年前)从日本富士电机株式会社进口,由国家当时的有关部门及四川省指定射洪县按照“量体裁衣”的方式建成的全国第一座安装贯流式机组的试验性水电站,比之前业界普遍认为采用引进设备的中国第一台灯泡贯流式机组——湖南省马迹塘电站的机组(1983年建成)早了十余年。

东风水电站1号机组的铭牌容量为2 500 kW,投运至今已达44 a,累计运行时间为26万余h,总发电量为5.6亿kW·h,目前仍在运行中。

收稿日期:2014-07-09

按照当年的施工计划,电站分两期建设,一期工程于1967年3月开工,安装了这台进口的贯流式机组(1号机组)并计划在1968年试车运行,但实际情况却是在1971年10月1日该机组才正式发电,其中的原因就是当时国内完全没有可供参考借鉴的关于灯泡贯流式机组的安装经验,加之土建工程量大(引水渠长达6.5 km)、施工方式原始及施工期间洪水突袭等原因,致使机组在其间被反复拆卸、修复和安装,并且还有15名工人在安装过程中牺牲了生命。在正常运行两年后,该机组就进入了其问题多发期,运行情况开始变得不理想,其2 500 kW的容量长期只能按最大出力2 000 kW限定运行,原因有三:一是机组在安装过程中受到的磨损过多;二是因为其为国内第一台灯泡贯流式机组,电站工作人员缺乏操作与维护的经验;三是因为其是进口机组,备品备件奇缺或根本没有(图1)。



图2 东风水电站前池及主厂房上游外观图

2 从射洪县五座水电站轮换选用两种机型谈灯泡贯流式机组的发展

按照东风水电站的施工计划,1期工程完成了全部土建施工,厂房中预留了2号机组的机窝,2期工程将安装1台单机容量同为2 500 kW的国产贯流式机组。尽管国家当时已将另1台同样的机组(与1号机组同时进口)指定由浙江萧山水轮机制造厂进行拆分、仿制(原计划的东电2号机组就是其仿制的国产机组,且2期工程与1期工程不间断进行),但厂家迟迟提供不了产品,致使2期工程停止。与此同时,我国对轴流转桨式机组的研发制造技术则相对于同期的灯泡贯流式机组要成熟得多,已经拥有了一批技术过硬的

厂商,国内电站对其的运行管理经验业已丰富,因此,在1号机组发电效益不理想的情况下,明珠公司决定修建2期工程,即增加一台轴流转桨式机组(机组由天津发电设备厂提供),工程于1980年7月开工,1982年6月投运,在预留安装贯流式机组的机窝中安装了轴流式机组,因此就出现了在同一个厂房里布置两种机型的局面(图3)。2号机组投产后,其发电效益很快让设置在同一厂房的1号机组相形见绌。此后,明珠公司相继在涪江上(射洪县境内)建起了螺丝池(3×10.5 MW,1991年3月首台机组发电)、金华(3×14 MW,1998年12月首台机组发电,图4)两座中型水电站。由于受到东风水电站1、2号机组表现出来的截然不同的效果影响,公司与设计方均坚定不移地为这两座电站选择了由东方电机厂生产的轴流转桨式机组。

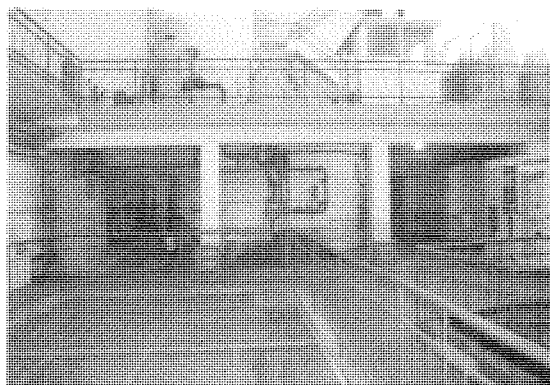


图3 东风水电站1、2号机发电层高差约达4 m的情景

1984年,由我国自行研制的第一台灯泡贯流式机组——广东白坭电站的机组(转轮直径5.5 m、单机容量10 MW)投运,标志着我国开始具有制造灯泡贯流式机组的能力。不过此时还处于低级的仿制、消化吸收阶段,与阿尔斯通、富士电机等国外著名厂家的产品差距仍然十分巨大。20世纪90年代初期,我国生产出了转轮直径为5.8 m、单机容量为18 MW的广东英德白石窑机组,这是我国在仿制、吸收消化阶段达到的最高水平。20世纪90年代后期,国内厂家对灯泡贯流式机组的研制进入了一个新的阶段,通过合资和引进技术等方式,使灯泡贯流式机组的开发设计能力大大增强,大量先进、独具特色的灯泡贯流式机组的设计、制造技术已被熟练掌握,对该类机组的研

制水平已经站在了一个高起点上,特别是东方电机厂,因为其长期与东风水电站合作,对贯流式机组的开发早,这一阶段生产出来的贯流式机组与轴流转浆式机组相比已经不再具有明显的劣势了。

2000年以后,随着四川红岩子电站机组($3 \times 30 \text{ MW}$ 、 $D_1 = 6.4 \text{ m}$,东电于2001年生产)、青海尼那电站机组($4 \times 40 \text{ W}$ 、 $D_1 = 6 \text{ m}$,天津阿尔斯通于2003年生产)等一批灯泡贯流式机组投产,标志着我国灯泡贯流式机组的设计和和生产已经具有了一定的规模和水平,机组的设计制造能力已接近国际先进水平,并且已经具备了生产大容量机组的能力。将这一阶段生产的灯泡贯流式机组与轴流转浆式机组相比较,已经具有了水轮机单位过流量大、效率高、年发电量高、稳定性好等诸多优势,并且还因为灯泡贯流式机组结构紧凑,使得土建工程量较小,从而可以缩短工期、提前发电。在随后修建的、额定水头低于30 m的低水头大中型电站中,大多数均选用了灯泡贯流式机组。以青海尼那电站和甘肃乌金峡电站为例,若选用轴流转浆式机组,工程投资分别会增加4 000余万元和9 850万元,年平均发电量则会减少3 580万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 和2 380万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。从相关数据分析看,电站水头越低,选用灯泡贯流式机组的优势越明显。因此,射洪县最近几年在涪江干流上新修建的打鼓滩电站($3 \times 10.5 \text{ MW}$,2014年1月3台机组全部发电,图5)和柳树电站($3 \times 15 \text{ MW}$,在建中)直接采纳了国内其他新建电站的经验,舍弃了曾经最为信任和熟悉的轴流转浆式机组,重新选择了早已今非昔比的灯泡贯流式机组。

据统计,国内目前还未开工或处于工程规划设计阶段的灯泡贯流式电站还有数十座,这些电站即将安装的机组数量将达到数百台,其中不乏

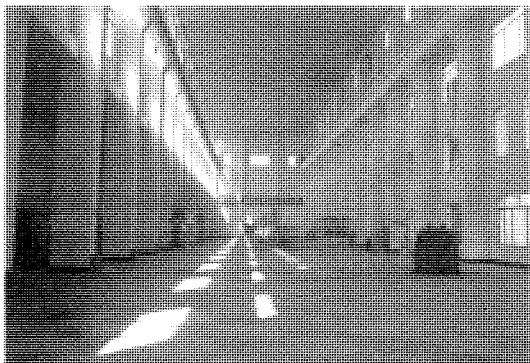


图4 金华水电站主厂房内景



图5 打鼓滩水电站主厂房内景

单机容量为40~50 MW、转轮直径为7 m左右的大型灯泡贯流式机组,它们的建设预示着我国在灯泡贯流式机组的设计与制造领域将会再竖立起一个里程碑。

3 结 语

随着近几年国家对低水头水能资源和潮汐能资源的大力开发,低水头电站的建设越来越多。灯泡贯流式机组由于其自身具有的优势,近年来发展较快,在中小型低水头电站的应用中已有取代轴流转浆式机组的势头。笔者认为:凭借着现阶段灯泡贯流式机组明显的技术与经济优势,在计划新建的额定水头小于30 m的电站中宜优先采用。但在中小型水电站的设计中,应根据技术经济比较并对机组特点进行综合考虑后,再决定是选用灯泡贯流式还是轴流转浆式机组。以上仅为笔者一些不成熟的观点,若有不足欠妥之处,还望同行和前辈们指正。

参考文献:

- [1] 四川明珠集团有限责任公司志编撰委员会. 四川明珠集团有限责任公司志[M]. 北京: 方志出版社, 2009.
- [2] 刘大恺. 水轮机[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [3] 杨类琪. 浅谈我国灯泡贯流式机组的发展[J]. 人民珠江, 2005, 26(增刊2): 80-81.
- [4] 李朝阳. 贯流式机组在低水头电站的应用[J]. 发展, 2006, 19(9): 145-146.
- [5] 梁章堂, 胡斌超. 贯流式水轮机的应用与技术发展探讨[J]. 中国农村水利水电, 2005, 47(6): 89-93.

作者简介:

- 胡锦涛(1991-),男,四川射洪人,在读硕士研究生,研究方向:水利水电工程及自动化、计算机监控和仿真技术等;
余波(1965-),男,四川西昌人,教授,硕士,硕士生导师,研究方向:水利水电工程及自动化、计算机监控和仿真技术等;
刘彬(1990-),男,四川泸州人,在读硕士研究生,研究方向:水利水电工程及自动化、计算机监控和仿真技术等;
李文浩(1990-),男,江苏丰县人,在读硕士研究生,研究方向:水利水电工程及自动化、计算机监控和仿真技术等。

(责任编辑:李燕辉)