

略談《五福型》貫流式机组的改进

四川省水电厅规划設計处 刘德安

貫流式水轮发电机组是开发低落差、大流量水利资源的理想机组。它具有比转速高、水力效率高、气蚀性能好、机组安装周期短和土建投资省等优点。据统计资料与同直径轴流式机组相比，貫流式机组过流量大40%，转速高10—15%，，电站投资约省20%等。

重庆水轮机厂于64年开始研究灯泡貫流式机组，当时在既无完整的设计资料，又无经验可循的情况下，为四川省江津五福电站设计了第一台 GZ_{1.03}—WP—275 型灯泡貫流转浆式机组，并于78年投产发电。由于设计、制造和安装上的一些问题，机组运行不太正常。

为改进和完善“五福型”貫流式机组，几年来重庆水轮机厂进行了大量试验研究工作。目前不但原五福电站1*机组已得到改进，而且又为广东省鹤地电站设计制造了“五福型”新机组，并于82年3月投产发电。最近我们带着五福电站1*机组出现过的问题到鹤地电站进行了参观学习，所得的结果是令人满意的。曾在五福电站出现过的问题现已一一得到改善和解决。下面仅将所了解到的情况作一简要介绍：

一、机 组 参 数

水轮机

型号	GZ _{1.03} —WP—275
最大水头	8米(机组设计最大12米)
设计水头	4.9米
最小水头	2米
机组设计引用流量	42米 ³ /秒
额定出力	1720千瓦
转速	136.4转/分
飞逸转速	480转/分(H=8米)
叶片数	4片
导叶数	16个
吸出高度	-4米(算到转轮中心)
转轮中心至尾水管出口距离	7.35D ₁
灯泡比	1.1

导叶关闭	15秒(快关机4秒;慢关机11秒)
调速器	JSDT—100G
油压装置	HYZ—2.5
发电机	
型号	TSG286/54—44
容量	1600千瓦
电压	3150伏
电流	367安
$\cos\varphi$	0.9
绝缘等级	B级
GD ²	51 ⁷ -M ²
冷却方式	密闭管道循环(有空气冷却器)
励磁方式	可控硅静止励磁
发电机允许飞逸时间	30分钟

二、机组的改进情况

(一) 机组出力

原五福 1^{*} 机组投产时, 由于种种原因, 将转浆改为定浆 12.5° 运行, 机组在设计水头 4.9 米时, 出力为 1450 千瓦, 机组空载开度 35%。经采取措施后恢复双调, 并考虑到灯泡贯流式机组尾水管对回收能量的重要作用, 将原尾水管十字补气架切除后, 机组运行平稳, 空载开度 15%, 出力在设计水头下达到 1600 千瓦~1800 千瓦。这一情况说明灯泡贯流式机组设置尾水十字补气架对水轮机效率影响较大。

鹤地电站取消了尾水十字补气架, 还对流道作了相应修改(修改前见图 1-a; 修改后见图 1-b), 机组空载开度为 7~10%, 机组在设计水头下, 导叶开度 75% 时, 机组出力 1600 千瓦(发足额定出力)。

(二) 分段关闭装置与机组反推力

灯泡贯流式机组反推力的计算, 目前国内尚无确切的计算方法。五福电站 1^{*} 机组反推力轴承, 系按常规轴流式机组取反推力为正推力的 $\frac{1}{3}$ 倍设计(有资料认为反推力为正推力 3 倍)。初期运行时, 在一次对调速器的调整过程中, 将分段关闭切除后发生反推力, 使轴瓦严重烧坏的事故。由此证明: 安装了分段关闭阀(快关机 2 秒; 慢关机 9 秒), 至今运转良好, 未见异常。因此, 分段关闭装置是减小机组反推力的可靠措施。

鹤地电站除装设两段关闭阀外(快关机 4 秒; 慢关机 11 秒), 机组反推力按正推力设计轴承。

(三) 漏油问题

原机组导轴承, 推力轴承和受油器共用一个油源, 油泵从回油箱把油送至水机和电机轴承。现改为重力油箱供油后, 能在油泵发生故障后仍可安全供油半小时。

原机组发电机和轴承密封不好, 泄水锥与转轮体联接法兰等处漏油严重。发电机推力轴

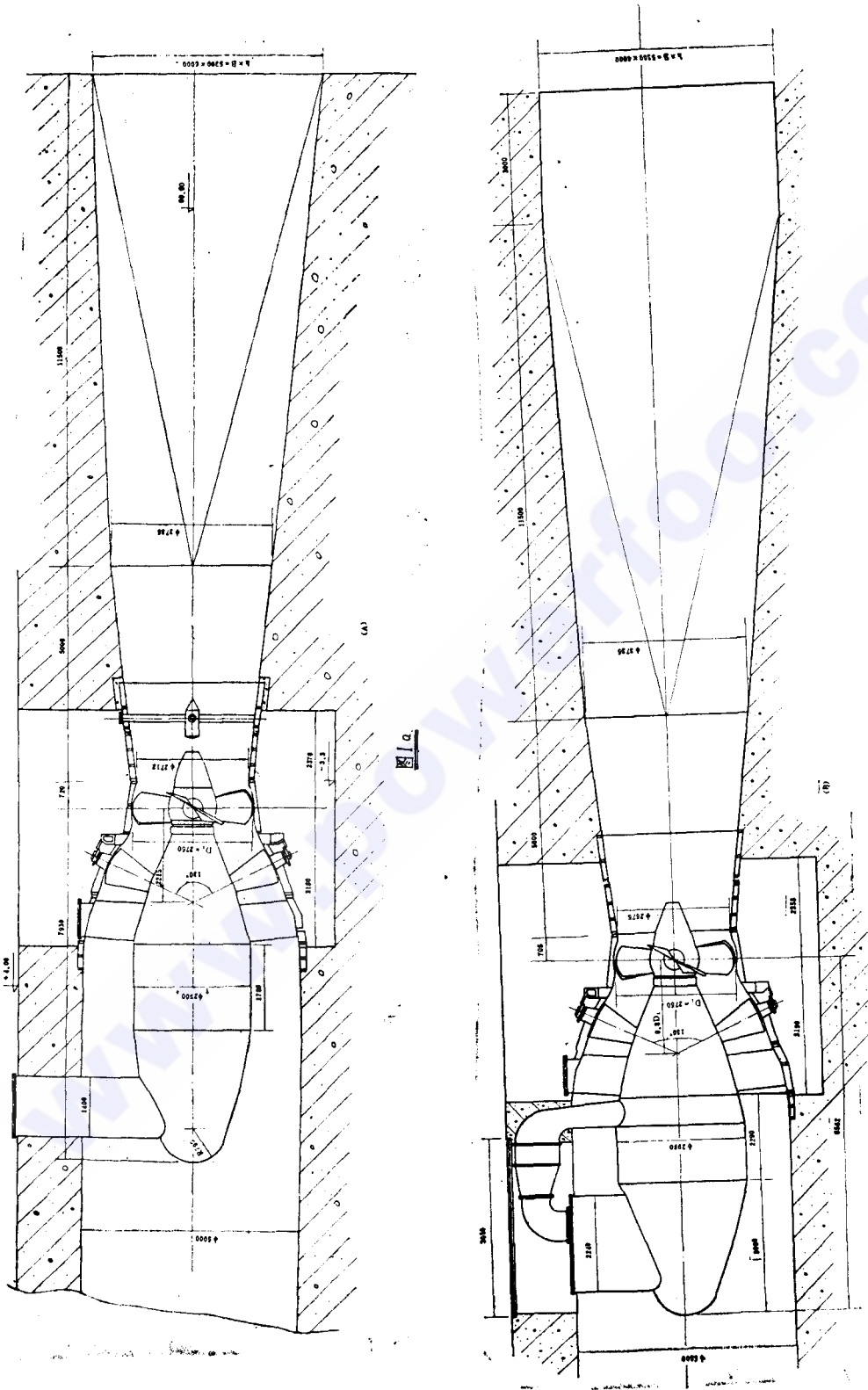


图1 鹤地水电站水轮机尾水十字补气架修改剖面图 a、修改前 b、修改后

承和受油器的漏油，使定子线圈下部经常浸泡在油中，定子绝缘受到严重破坏。在丰水期运行，7~10天就要停机擦油一次，对电机安全运行影响很大。

现鹤地电站机组，已将高压操作回路和轴承润滑油路分开，并改进了密封装置，消除了漏油现象。

(四) 漏水问题

五福电站1*机组活动导叶尼龙密封漏水和主轴尼龙密封漏水相当严重，实测漏水在枯水期达1008T/天（见图2），后来分别增加了一道橡皮密封和碳精密封，漏水量有所减少。

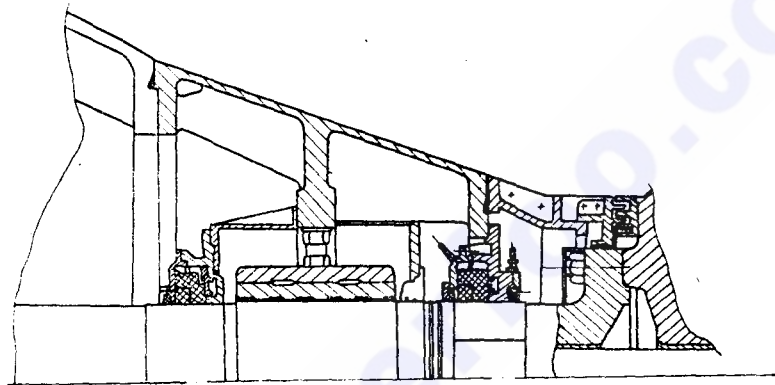


图2 五福1*机主轴密封

现鹤地电站改进了导叶密封，主轴采用平板、碳精、空气围带三道密封装置后（见图3）基本无漏水情况。

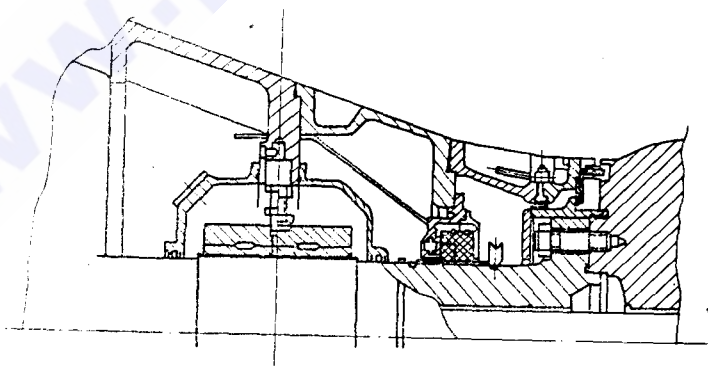


图3 改进后主轴密封

(五) 噪音问题

原五福1*机组噪音很大（音源主要是发电机冷却风机），灯泡体进入孔处实测噪音

102分贝以上，加了消音器后稍有好转（布置情况图4）。

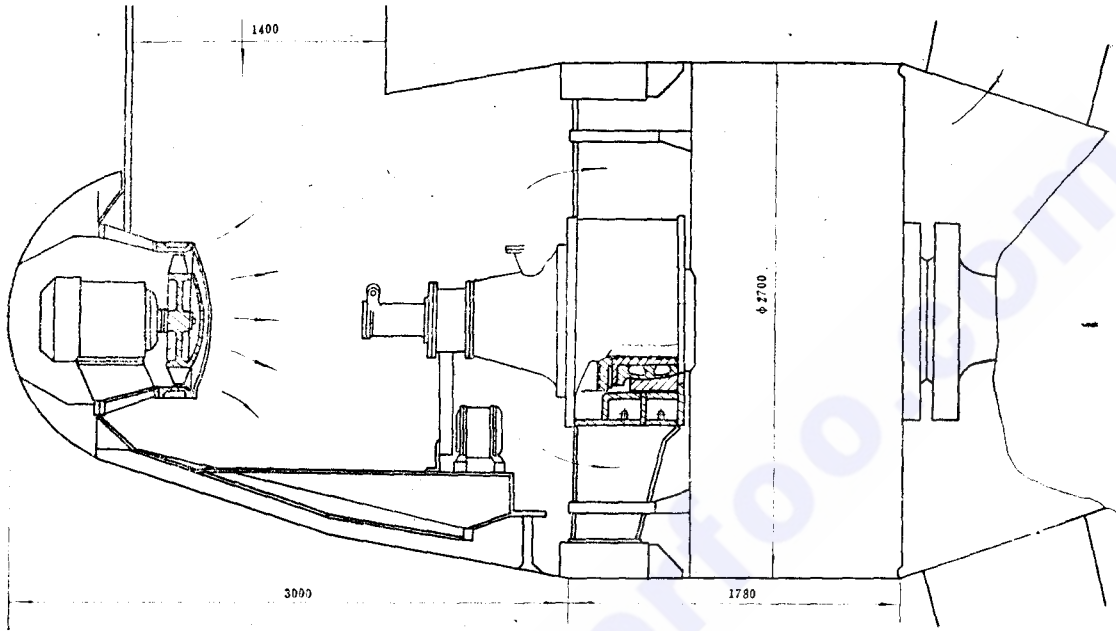


图4 消音器布置图

现鹤地电站发电机通风，改原半开敞式为密闭管道循环通风（原30千瓦轴流风机偏大），并取消原半导体励磁冷却风机。经实地测定，运行时灯泡体进入孔处噪音74分贝，达到设计要求（布置见图5）。

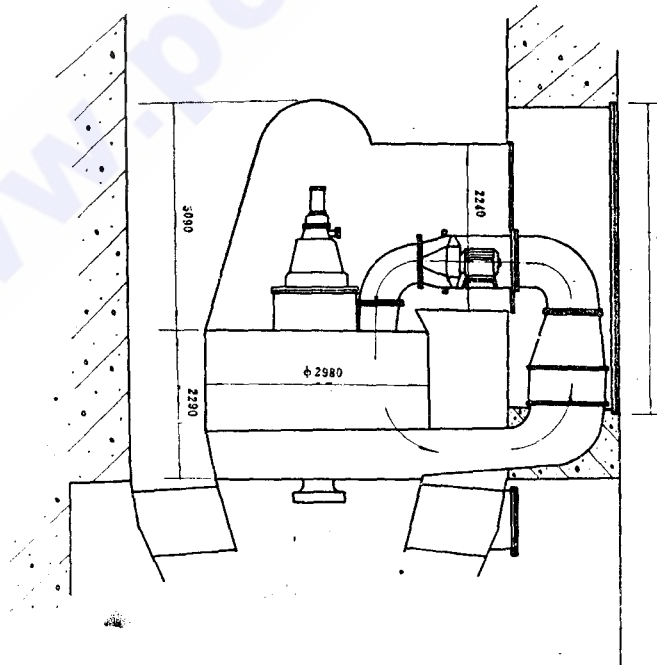


图5 发电机通风示意图

(六) 机组的安装、检修起吊问题

原五福1°机组起吊电机比较困难(见图1a)。经改进后,起吊电机只需揭开流道盖板,便可直接起吊电机(如图1b)。

(七) 定子刚度和防飞逸措施

原五福电站1°机组定子刚度不足,产生弹性变形。经处理后,发现气隙偏小(设计单边气隙3毫米、实测最大2.94毫米,最小2毫米,机组运行时带1200千瓦负荷,转子温升高,达不到设计要求。

现鹤地电站机组,加大了机座号,增加了极间距离,加大了灯泡比(原为0.95,现为1.1),解决了定子刚度不足的问题,并改善了转子通风条件(现机组带1600千瓦,转子温升正常)。

原五福电站1°机组进口设有快速事故闸门,现因发电机允许飞速30分钟,故可取消快速闸门,仅设置工作闸门,并不再另设防飞速措施。

三、几点建议

几年来,重庆水轮机厂对“五福型”贯流式机组作了大量的试验和改进工作,最近又较成功的设计制造了新的GZ₁₀₃—WP—275转桨灯泡贯流式机组(鹤地电站1°、2°机组),为我国今后设计新的贯流式机组积累了宝贵的经验。为使我国贯流式机组有一个较快的发展,我们有以下几点建议:

(一) 努力提高机组设计、制造质量及工艺水平,加强对设备的检验,提高产品质量,使之更能经受运行的长期考验。

(二) 不断总结经验,研制更多、更新的性能良好的转轮,供贯流式机组选用(目前可供选用的转轮品种较少,气蚀性能不够理想,与国外转轮相比差距较大)。

(三) 缩小发电机外径,对中小容量贯流式机组,应研制增速齿轮装置,以提高发电机转速。对大容量贯流式机组,应尽可能改进发电机结构和改进冷却方式。

(四) 解决好灯泡体内的结露、防潮问题,以便改善发电机绝缘条件(五福1°机组灯泡体内结露较严重,灯泡壁出现很多水珠)。

(五) 如何正确选择灯泡贯流式机组的安装高程问题,是降低电站造价的重要措施之一,目前所采用的贯流式机组开挖深度普遍较大,还有待进一步研究。

(六) 改善运行条件,发电机宜采用无刷励磁方式,并进一步改进机组辅助设备,提高机组自动化水平。

(七) 降低机组价格,使之在经济上更有竞争能力。

灯泡贯流式机组在我国还是一个新机型,在国内已成电站中安装此种机型的还为数不多。但从重庆水轮机厂对原“五福型”贯流式机组改进所取得的显著效果看来,贯流式机组是有强大生命力的,希望我国研究、设计、制造、安装、运行等单位的广大科技人员,为我国推广使用贯流式机组作出更大努力。