

宝珠寺水电站水轮机转轮静平衡试验

贾振兴

(宝珠寺水电建设管理局,四川广元,628007)

摘要 介绍了水轮机转轮静平衡试验方法、注意事项、对灵敏度 h 值的求取以及对灵敏度 h 值的重新认识,并对转轮静平衡方程式提出了修正。

关键词 水轮机转轮 静平衡 灵敏度 静平衡方程式

宝珠寺水电站采用的水轮机基本的数据为:

水轮机型号 HLD89-LJ-500

最大水头 103 m

额定水头 84.4 m

最小水头 68.5 m

额定功率 178.6 MW

额定转速 136.4 r/min

飞逸转速 275 r/min

额定流量 239 m³/s

水轮机转轮标称直径 $D_1 = 5\ 000$ mm, 转轮出口直径 $D_2 = 5\ 270$ mm, 转轮最大直径 $D = 5\ 420$ mm, 转轮高 2 875 mm, 转轮装配重量为 84.58 t, 转轮水平中心线至法兰上平面的距离为 890 mm, 转轮重心在水平中心线以下, 距水平中心距离约 152 mm。转轮均分两瓣, 在工地组装焊接成整体, 厂家要求在工地进行静平衡试验, 在 $R = 2\ 560$ mm 处, 转轮残余不平衡重量不应超过 0.8 kg。

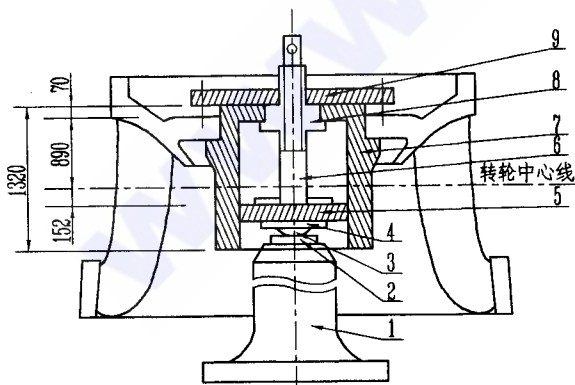


图1 转轮静平衡工具图

1 平衡工具见图1

静平衡工具由底座1、镜板2、球形块3、把合板4、导向板5、螺杆6、圆筒7、螺母8、盖板9等组成。镜板与球形块的材质为 GCr15, 淬火 HRC60~65。

球形块半径 $R\ 260$ mm。

2 平衡器具准备

支墩3个, 楔子板及垫板若干对; QF100-20 分离式油压千斤顶及超高压油泵站3套; 方型水平仪及调节架2个, 平衡块(与方型水平仪及调节架等重)2个; 百分表1只, 磁性表座1个; 试块(可用磅称砣代替); 小型磅称1台; 配重物若干千克。

3 平衡试验

(1) 将平衡工具底座吊装在平衡基础上, 并调整平衡工具底座的水平, 使镜板水平偏差不大于 0.02 mm/m, 将底座固定。

(2) 将引水板按工厂预装标记吊放在转轮上, 并使其与转轮四周间隙均匀。

(3) 将平衡工具装在转轮上, 要求平衡工具中心与转轮同心, 螺杆转动灵活。根据转轮重心位置(在转轮中心线以下约 152 mm 处, 见图1)及灵敏度(50~80 mm)的要求, 旋转螺杆调整平衡工具使球心位置高于转轮重心位置, 需将球形块缩进圆筒内 13 mm, 这时灵敏度理论值 $h = 260 - [1\ 320 - (70 + 890 + 152)] + 13 = 65$ mm(平衡工具球形块半径为 260 mm), 是 50~80 mm 的中间数。

(4) 按转轮下环直径交叉均布三个支墩和三个分离式油压千斤顶, 将转轮对准底座中心缓缓下降。当球形块与镜板的距离还剩 10~20 mm 时, 用楔子板和垫板垫在支墩上, 使楔子板受力, 卸掉吊具, 将油压千斤顶逐个升起与转轮下环接触, 再联动油压千斤顶将转轮顶起, 去掉支墩上的楔子板和垫板。随后通过单独操作每个油压千斤顶, 将转轮上法兰面调平, 其水平偏差应 ≤ 0.03 mm/m。然后再将两个方型水平仪连同调节架成 90 度方位放在转轮下环上平面上, 调整调节架将水平仪调平, 其对称方向等半径位置放上平衡块, 这时, 联动操作油压千斤顶下降, 让球形块落在镜板上, 并继续下降油压千斤顶,

注意观察方型水平仪的水平变化情况。在转轮下环上平面 $R_1 = 2\ 560\text{ mm}$ 最高方位放置配重物,直至两个方型水平仪恢复到水平状态为止。配重物的重量换算到上冠 $R_2 = 2\ 100\text{ mm}$ 处重量为 39.72 kg 。

4 灵敏度 h 实际值的求取

在转轮下环上平面最高方位放置重物,当两个方型水平仪都呈水平状态后,分别用 $P_1 = 1.0\text{ kg}$, $P_2 = 0.6\text{ kg}$ 试块进行试验,根据下沉值 H 求 h 值。

试验结果如下:

试 块 重	转 轮 下 环 下 沉 值
$P_1 = 1.0\text{ kg}$	$H_1 = 0.80\text{ mm}$
$P_2 = 0.6\text{ kg}$	$H_2 = 0.48\text{ mm}$

为了求 h 值,一般确定滚动摩擦系数 $\mu = 0.01 \sim 0.02$ 。我们取 $\mu = 0.01$,根据公式:

$$h_1 = \frac{(P_1 R - \mu G) R}{H_1 G}$$

式中 P_1 —— 试块重量,为 1.0 kg ;
 R —— 试块放置半径,为 $2\ 560\text{ mm}$;
 G —— 平衡物体重量,为 $94\ 046\text{ kg}$;
 H_1 —— 下沉值,为 0.8 mm ;

$$\begin{aligned} \text{则 } h_1 &= \frac{(1.0 \times 2\ 560 - 0.01 \times 94\ 046) \times 2\ 560}{0.8 \times 94\ 046} \\ &= 55.1\text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_2 = \frac{(P_2 R - \mu G) R}{H_2 G}$$

式中 $P_2 = 0.6\text{ kg}$;
 $H_2 = 0.48\text{ mm}$;
 R, G 同上。

$$\begin{aligned} \text{则 } h_2 &= \frac{(0.48 \times 2\ 560 - 0.01 \times 94\ 046) \times 2\ 560}{0.48 \times 94\ 046} \\ &= 16.4\text{ mm} \end{aligned}$$

h_1 与 h_2 不相等,并且相差较大,这显然是不对的。 h_1 与 h_2 不相等的关键在于滚动摩擦系数 μ 的取值问题。 μ 值不能事先设定,应通过计算来取得,为此:

将 $P_1, H_1; P_2, H_2$ 分别代入

$$PR = G \cdot Hh/R + \mu G$$

解联立方程得:

$$\mu = \frac{(H_1 P_2 - H_2 P_1) R}{(H_1 - H_2) G}$$

$$\mu = \frac{(0.8 \times 0.6 - 0.48 \times 1.0) \times 2\ 560}{(0.8 - 0.48) \times 94\ 046} = 0$$

$$\text{则 } h = PR^2/HG$$

$$h_1 = P_1 R^2 / H_1 G = 87.1\text{ (mm)}$$

$$h_2 = P_2 R^2 / H_2 G = 87.1\text{ (mm)}$$

因此,我们说灵敏度 h 实际值应是 87.1 mm ,而

不是 55.1 mm 和 16.4 mm 。

5 问题讨论

(1) μ 值为“0”是因为平衡工具的镜板与球形块都采用特种钢材,并经过淬火处理。在静平衡试验过程中,一定要做到使球形块轻轻地落在镜板上,不许产生一点冲击,更不许推动转轮使球形块在镜板上旋转。只要镜板与球形块均不发生压痕,则 $\mu = 0$ 。《水轮机的安装》一书中曾指出:“平衡底板(即镜板)有无压痕及平衡球(即球形块)接触点是否被压平了关系极大。如出现上述情况,应先处理试验工具本身的缺陷”。宝珠寺1号转轮试验时,就发现镜板被压凹陷 0.06 mm ,球形块出现压痕,其直径为 30 mm ,球形块未装配好,出现倾角。

(2) 对灵敏度 h 值的认识。以往书中都讲 h 值在规定取值范围内, h 值小则灵敏度高。笔者认为,这个结论是不正确的。应为 h 值小,灵敏度低,稳定性好,安全,不易发生事故; h 值大,灵敏度高,稳定性差,不安全,易发生事故。

(3) 对静平衡试验准确性的认识。在确保安全的情况下,应使 h 值偏大。 h 值大,灵敏度高,哪怕一块很轻的试块,也会使转轮倾斜下沉,只要是试块重量与下沉值之比等于常数,即:

$$P_1/H_2 = P_2/H_1 = \text{const}$$

说明试验是准确的。

(4) 基于上述认识,笔者认为,将水轮机转轮静平衡方程式 $PR - Ga - G\mu = 0$ 修正为(见图2):

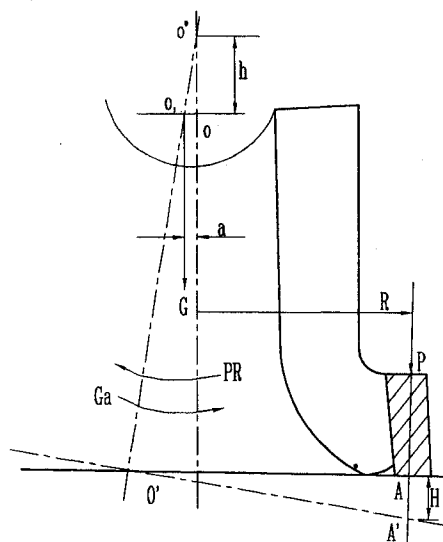


图2 静平衡时力矩的平衡

$$PR - Ga = 0$$

由于 $a = Hh/R$

这时 $PR - GHh/R = 0$

则 $h = PR^2/GH$

残余不平衡重量的计算:

$$P_0 R_0 = GHh/R_0$$

$$P_0 = GHh/R_0^2$$

$$H = \sqrt{(\delta_x R_0)^2 + (\delta_y R_0)^2} = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \cdot R_0$$

式中 P_0 —— 残留不平衡重量(kg);

G —— 平衡系统重量(kg)(包括转轮、引水板、平衡工具);

h —— 灵敏度(mm);

R_0 —— 方型水平仪放置位半径(mm 或 m);

H —— 下沉值(mm);

δ_x, δ_y —— 方型水平仪读数(mm/m)。

作者简介

贾振兴 男 宝珠寺水电建设管理局工程监理部 副部长 高级工程师

(收稿日期:1997-07-03)

(上接第 17 页)

成果,这些成果已成为全国各地推求无资料地区中小河流工程设计洪水的依据。因该成果均系采用实测资料分析而得,故更能满足改进方法的计算要求,且更能简捷地对 80 年代以后发生的较大的暴雨与洪水进行检验修正。

4 结 论

经过以上分析,可以认为:设计暴雨与设计洪水

(上接第 65 页)

Cr-Ni 共晶、晶粒长大的现象、增大热裂倾向,致使接头塑性降低和增大淬硬的倾向性。

A516·MGr.70(485)和 19Mn6 钢材淬硬倾向性也逐渐明显。

由工程可知,异种金属的焊接,国外按强度等级高一级的焊材选用,而在我国,拟用强度等级低一级的焊材相焊接,但是,焊接工艺需按强度等级高的选用执行。

5 结 语

二滩水电站的 6 号、5 号机蜗壳,于 1997 年 1

同频率的定义缺乏依据,由设计暴雨推求设计洪水存在着一些难以克服的困难。应尽可能地将实测暴雨系列转换成洪水系列,直接采用洪水系列进行洪水频率计算,并充分利用可调查到的历史洪水资料,降低设计洪水的抽样误差。

作者简介

熊 明 男 长江水利委员会水文局 高级工程师

涂荣玲 女 长江水利委员会水文局 高级工程师

(收稿日期:1997-03-17)

月 14 日,4 月 25~26 日,分别进行了 0.5 h×2.54 MPa 和 2 h×3.46 MPa 的水压试验,并作了 1.94 MPa 的压力埋设工艺,无异常工况发生,说明座环蜗壳整体结构的强度、刚度和稳定性能良好,符合设计和规范要求,并取得了一些成功的经验。二滩水电站将是我国在 20 世纪建成投产发电运行的、最大单机容量的机组,其成功的经验,将为我国的水电建设事业发展起到积极的推动作用。

作者简介

周关炳 男 中国水利水电第九工程局机电安装处 主任工程师
教授级高级工程师

汪炳舜 男 中国水利水电第九工程局机电安装处 质检科 科长
工程师

(收稿日期:1997-07-15)

水电水利规划设计总院改制

3 月 19 日,电力部同意水电水利规划设计总院改组为中国水电水利及新能源发电工程顾问有限公司并批准其章程。

此次改制,是将属于事业体制的水规总院逐步组建为水电顾问公司,作为国家电力公司的全资子公司。将部属水电设计院逐步组建为以从事水电水利工程勘测、设计和咨询为主的工程公司。作为水电顾问公司的全资子公司或控股、参股公司,建立资产纽带关系和法人治理结构。

水电顾问公司和各工程公司均为自主经营、自负盈亏、自我发展、自我约束的法人实体和市场竞争主体,形成水电和新能源发电工

程的中介体系。水电顾问公司采取国有独资形式,由国家电力公司出资设立,作为国家电力公司的全资子公司注册。注册资本为 800 万元人民币。公司的主要职责是经营和管理国家电力公司界定的国有资产,负有保值增值责任。对公司以国有法人资本出资设立子公司、控股公司和参股公司,依法享有出资权利。公司将按照国务院国发[1996]48 号文的规定,由国家有关部门批准取得进行项目评估的资格,审查评估结果作为国家批准项目可研报告的依据。公司作为独立的中介机构,参与市场竞争,为政府部门、投资主体和项目业主服务。

(成勘院 李燕辉)



■ 考察瀑布沟坝址 江宇 摄



■ 考察深溪沟坝址 江宇 摄

由四川省电力局和四川省水力发电工程学会倡议，四川省人民政府组织的大渡河水电考察团于1998年5月11日至5月16日对大渡河进行了考察。



■ 《四川水力发电》召开四届二次编委会 (1998.4.20-21)

活动 掠影



■ 省学会召开常务理事扩大会议 (1998.3.20)



■ 马怀新理事长讲话

摄影报道：李燕辉