



河南水利與環境職業學院
HENAN VOCATIONAL COLLEGE OF WATER CONSERVANCY AND ENVIRONMENT

数字流域与水利枢纽动态仿真实训 平台项目-混流式水轮机效率实验台

实 训 手 册



一、水轮机模型效率实验的意义

按相似理论，模型水轮机的工作完全能反映任何尺寸的原型水轮机。模型水轮机的运转规模比真机运转规模小的多，费用小，试验方便，可以根据需要随意变动工况。能在较短的时间内测出模型水轮机的全面特性。将模型试验所得到的工况参数组成单位转速 n_{11} 和单位流量 Q_{11} 后，并分别以它们作为纵坐标及横坐标，按效率相等工况点连线所得到的曲线图称为综合特性曲线。此综合特性曲线不仅表示了模型水轮机的工作性能，同样地反映了与该模型水轮机几何相似的所有不同尺寸，工作在不同水头下的同类型真实水轮机的工作特性。

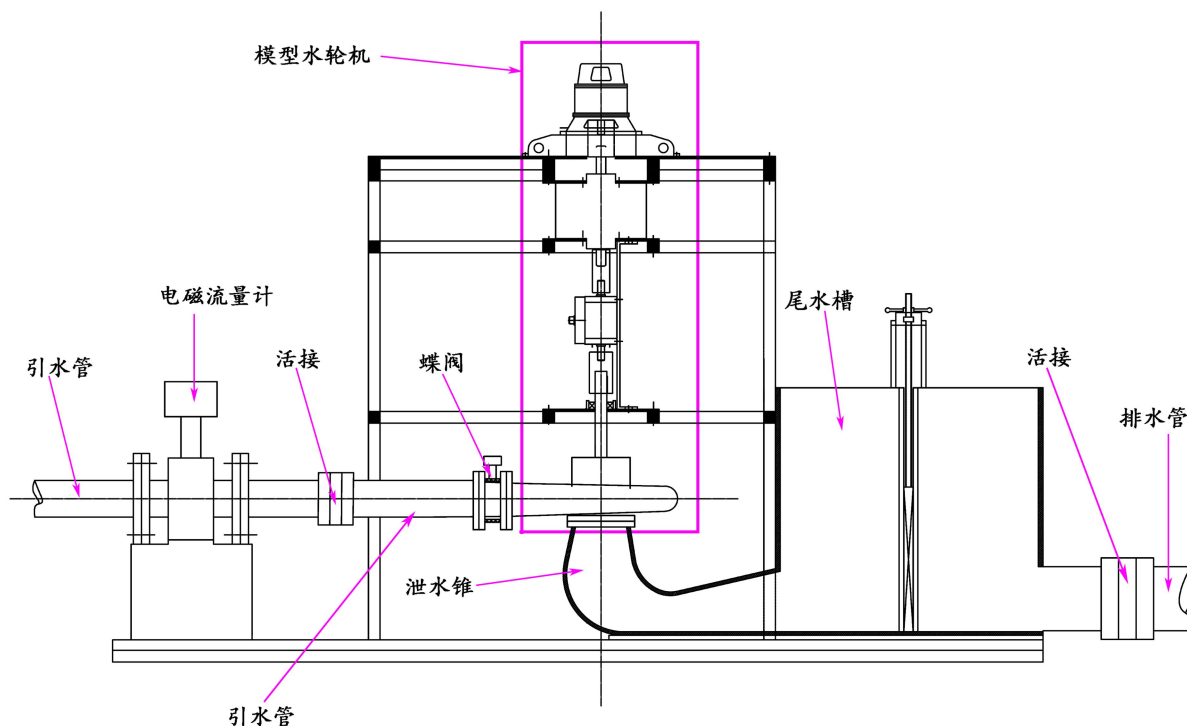
水轮机制造厂可从通过模型试验来检验原型水力设计计算的结果，优选出性能良好的水轮机，为制造原型水轮机提供依据，向用户提供水轮机的保证参数。水电设计部门可根据模型试验资料，针对所设计的电厂的原始参数，合理地进行选型设计，并运用相似定律利用模型试验所得出的综合特性曲线，绘出水电站的运转特性曲线。为运行部门提供发电依据，水电厂运行部门可根据模型水轮机试验资料，分析水轮机设备的运行特性，合理地拟定水电厂机组的运行方式，提高水电厂运行的经济性和可靠性。当运行中水轮机发生事故时，也可以根据模型的特性分析可能产生事故的原因。

二、实验台的组成

水轮机效率是水轮机能量转换性能的主要综合指标，因此，模型水轮机的能量试验主要是确立模型水轮机在各种工况下的运行效率。本实验台为开敞式实验平台，其组成结构如图一所示。它主要由下列装置组成。

1. 高位水箱：数字流域与水利枢纽动态仿真实训平台二滩水利枢纽上游的水库区域即是高为水箱。
2. 测流段：测流段包括引水管，电磁流量计。
3. 机组段：机组段包括引水管，模型水轮机。

4. 集水池：水流经泄水锥、尾水槽，通过排水管流入数字流域与水利枢纽动态仿真实训平台的下部蓄水池，然后启动平台的主水泵将下部蓄水池的水抽至上部二滩拱坝水利枢纽水库区，形成试验过程中水的循环。



混流式水轮机效率实验台示意图

三、实验步骤

1. 准备阶段

先将实验用水注入到集水箱14中（水位最高不能超过水箱挡水板），然后打开水泵1开始给高位水箱2蓄水，当高位水箱内开始溢流时操作导叶电控装置13使导叶打开一个较小开度，水轮机7开始工作，打开测功装置5给水轮机提供一个稳定的制动负载，提升调节闸门10使尾水槽9的液面稳定，当试验台运行稳定后打开电磁流量计和转矩转速传感器，开始测量。

2. 参数测量

模型水轮机效率为

$$\eta_M = \frac{P_M}{\gamma Q_M H_M} = \frac{\pi}{30\gamma} \cdot \frac{M n_M}{Q_M H_M}$$



因此，确定水轮机效率，首先必须准确地测量出模型水轮机4个试验参数 H_M , Q_M , n_M 和 P_M 。

(1) 测量水头 H_M 。模型试验水头 H_M 是上游高水箱水位与下游尾水槽水位之差。本实验台中 H_M = 高位水箱水位 H_1 - 尾水槽水位 H_2 + 台架高度差 h 。

(2) 测量流量 Q_M 。本实验台采用了电磁流量计来进行流量测量， Q_M 值可直接在仪表上读出。

(3) 测量转速 n_M 。本实验台采用转矩转速传感器来进行流量测量， n_M 值可直接在仪表上读出。

(4) 测量功率 P_M 。本实验台安装有电涡流制动器，其制动力可平滑调节。给定一个制动力矩，待系统运行平稳后可从转矩转速测量仪上读得其转矩值 M ，根据以下公式：

$$M = PL \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

可求得功率 P_M 。

3. 综合参数计算与试验成果整理

综合参数计算就是对模型水轮机的每一个工况，测出 H_M , Q_M , n_M , P_M 等参数后，计算出模型水轮机的 η_M , n_{11} 和 Q_{11} 值。

$$\text{效率} \quad \eta_M = \frac{P_M}{9.81 Q_M H_M}$$

$$\text{单位转速} \quad n_{11} = \frac{n_M D_{1M}}{\sqrt{H_M}}$$

$$\text{单位流量} \quad Q_{11} = \frac{Q_M}{D_{1M}^2 \sqrt{H_M}}$$

混流式水轮机能量试验一般选用8~10个导叶开度，分别在各个开度下进行若个（5~10个）不同工况点的测试。试验可按如下步骤进步：

(1) 调整上、下游水位，得到稳定的模型试验水头。



(2) 调整导叶在某一开度 a_0 。

(3) 用测功器改变转轮的转速，一般速度间隔为 100r/min 作一个试验工况点。

(4) 待转速稳定后，记录各参数(a_0 , H , Q , n 和 P)于表 3-1 中。

表 3-1 能量试验数据记录计算表

导叶 开度 a_0 (mm)	工况点 试 验 序 号	试验 水头 H_M (m)	转速 n_M (r/min)	制动 力 P (N)	轴功 率 P_M (kW)	堰 顶 水 深 h (m)	流 量 Q_M (m ³ /s)	单位 流量 Q_{11} (L/s)	单位转 速 n_{11} (r/min)	效 率 η_M (%)	备 注
a_{01}	1										
	2										
	3										
	4										
	⋮										
a_{02}	1										
	2										
	3										
	4										
	⋮										