



中华人民共和国国家标准

GB/T 22140—2008

小型水轮机现场验收试验规程

Code for field acceptance test of small hydro turbines

(IEC 62006:2001,

Hydraulic machines—Acceptance tests of small hydro turbines, MOD)

2008-06-27 发布

2008-10-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
小型水轮机现场验收试验规程
GB/T 22140—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 5.75 字数 167 千字
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-33796 定价 52.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 22140—2008

前 言

本标准修改采用 IEC 62006:2001《小型水轮机验收试验》，本标准与 IEC 62006:2001 的主要差异如下：

- 第 10 章空蚀和磨损的检查中对空蚀保证期进行了修改；
- 10.1.2 空蚀测量方法中，IEC 原文中系数 k 的取值较大，根据 GB/T 15469—1995《反击式水轮机空蚀评定》对表 4 中 k 的取值进行了调整；
- 第 10 章空蚀和磨损的检查中补充了磨损检查和磨损评定的相关内容；
- 第 11 章试验的组织中增加了 11.4 试验报告一节内容；
- 增加了第 12 章数据采集的相关内容；
- 附录 E 流量测量方法中补充了毕托管法和堰测法。

此外，还按我国规定对文字、单位和图表进行了规范化处理。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 为规范性附录，附录 A 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国水利部提出并归口。

本标准起草单位：中国水利水电科学研究院。

本标准主要起草人：孟晓超，潘罗平，杨弄玉。

目 次

前言 VII

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义、符号及单位 1

3.1 下标 1

3.2 几何术语 2

3.3 主要物理量 3

3.4 流量 3

3.5 转速 3

3.6 压力 4

3.7 水头 4

3.8 功率 5

3.9 损失 5

3.10 效率..... 5

3.11 其他参数..... 6

3.12 误差和其他术语符号..... 6

3.13 水轮发电机组示意图..... 7

3.14 典型小型水轮机水头的定义..... 8

3.14.1 概述..... 8

3.14.2 上下游均为自由水面的水轮机 10

3.14.3 上游具有压力引水管而下游为自由水面的水轮机 10

3.14.4 上下游均为具有压力引水管和排水管的水轮机 10

3.15 瞬时转速上升的定义 11

3.16 压力上升的定义 11

4 保证的性能和范围..... 12

4.1 规定和要求..... 12

4.1.1 合同规定..... 12

4.1.2 电站条件..... 13

4.1.3 试验仪器设备的技术要求..... 13

4.2 主要性能保证..... 14

4.2.1 最大输出功率..... 14

4.2.2 水轮机绝对效率..... 14

4.2.3 水轮机相对效率..... 14

4.3 保证的范围..... 14

4.3.1 保证的试验等级(A、B、C 三级) 14

4.3.2 试验等级的应用..... 14

4.3.3 水温的比尺效应..... 15

4.3.4 保证期..... 15

4.3.5 安全故障、试运行条件和性能试验	15
5 试运行前的安全验收试验	16
5.1 启动前试验(无水试验)	16
5.1.1 通则	16
5.1.2 流道充水前的检查(无水试验)	16
5.1.3 流道充水时的检查(充水试验)	16
5.2 关闭装置(无水与充水试验)	16
5.2.1 一般要求	16
5.2.2 进水口闸门或阀门	16
5.2.3 进水主阀	17
5.2.4 活动导叶(混流式和轴流转桨式水轮机)	17
5.2.5 针形阀和折向器(水斗式和斜击式水轮机)	17
5.3 试车和控制系统	17
5.4 轴承在额定转速下运行	17
5.5 紧急停机(空载)	18
5.6 电气保护	18
5.7 超速试验	18
5.8 飞逸试验	18
5.9 甩负荷试验	19
5.9.1 一般要求	19
5.9.2 试验程序	19
5.9.3 测量值	19
6 试运行和可靠性试验	20
6.1 通则	20
6.2 旋转部件的温度稳定性	20
6.2.1 一般要求	20
6.2.2 与合同保证值的比较	20
6.3 控制系统	20
6.3.1 说明	20
6.3.2 不带调速装置的机组运行	21
6.3.3 带有调速装置的机组运行	21
6.3.4 带有上游水位控制装置的机组运行	21
6.3.5 带有功率控制装置的机组运行	21
6.3.6 带有电子负荷调节装置的机组运行	22
6.4 在试验控制系统时的测量	22
6.5 设置静压基准标记	22
6.6 协联关系试验	22
7 性能保证和试验	23
7.1 一般要求	23
7.2 在净水头下发电机的最大输出功率	23
7.2.1 测量方法	23
7.2.2 保证的结果和范围	23
7.2.3 试验的实施	23

7.3 发电机输出功率与净水头和水轮机导叶(或喷针)开度的关系	24
7.3.1 测量方法	24
7.3.2 保证的结果和范围	25
7.3.3 试验的实施	25
7.4 指数试验	25
7.4.1 一般要求	25
7.4.2 定义	25
7.4.3 保证的应用和范围	25
7.4.4 试验的实施	26
7.5 根据流量测量进行的效率试验	26
7.5.1 一般要求	26
7.5.2 流量测量的选择	26
7.5.3 保证的应用和范围	26
7.5.4 试验的实施	27
7.6 根据热力学法进行的效率试验	27
7.6.1 原理	27
7.6.2 测量方法	27
7.6.3 适用条件	27
7.6.4 试验的实施	27
8 计算、评估和误差分析	27
8.1 计算和评估	27
8.1.1 通则	27
8.1.2 原型水轮机在现场条件下的物理、几何和静压值(常数)	27
8.1.3 测量值(变量)	28
8.1.4 发电机输出功率(P_{gen})	28
8.1.5 水轮机输出功率(P_t)	28
8.1.6 绝对流量(Q)	29
8.1.7 相对流量(指数试验)(Q_{ix})	29
8.1.8 毛水头、静水头和净水头($H_0/H_{\text{stat}}/H$)	30
8.1.9 水轮机绝对效率(η_t)	30
8.1.10 水轮机相对效率($\eta_{t,\text{ix}}$)	30
8.1.11 水电站装置效率(η_{plant})	30
8.2 误差分析	30
8.2.1 引言	30
8.2.2 系统误差评估	30
8.2.3 随机误差评估	32
8.2.4 性能测量的不确定度	34
9 试验结果与保证值的比较	35
9.1 水轮机特性的偏移	35
9.2 输出功率	36
9.3 效率	36
9.3.1 一般要求	36
9.3.2 指数试验的相对效率	37

9.3.3 根据流量测量或热力学法得到的绝对效率..... 38

10 其他保证 38

10.1 空蚀和磨损的检查 38

10.1.1 空蚀保证 38

10.1.2 空蚀测量方法 38

10.1.3 空蚀检查结果与规定的保证值比较 38

10.1.4 磨损 39

10.1.5 磨损检查 39

10.1.6 磨损的评定 40

10.2 水轮发电机组噪声试验 40

10.2.1 测量方法 40

10.2.2 验收准则 41

10.3 水轮发电机组振动试验 41

10.3.1 一般要求 41

10.3.2 固定支持部件的振动 42

10.3.3 轴的相对振动 43

11 试验的组织 43

11.1 试验步骤 43

11.2 现场试验的实施 44

11.3 试验结果的评估 44

11.4 试验报告 44

12 数据采集 45

12.1 数据采样 45

12.2 模拟与数字(A/D)的转换 45

12.3 人工读数 45

附录 A (资料性附录) 物理数据 46

A.1 概述 46

A.2 重力加速度与纬度和海拔高程的关系 46

A.3 水的密度 46

A.4 空气的密度 49

A.5 水银的密度 49

附录 B (规范性附录) 水头定义的标示 50

附录 C (规范性附录) 转速和水头测量方法 56

C.1 转速测量 56

C.1.1 功率直接测量时转速的测量 56

C.1.2 间接测量功率时转速的测量 56

C.2 水头测量 56

C.2.1 概述 56

C.2.2 压力测量断面的选择 56

C.2.3 上游测量断面 56

C.2.4 下游测量断面 56

C.2.5 测压孔布置 56

C.3 压力测量仪器 57

C.3.1 原级测量仪器 57

C.3.2 压力传感器 57

C.3.3 重力压力计 57

C.3.4 弹簧压力计 58

C.3.5 液柱压力计 58

C.4 水位测量仪器 58

附录 D (规范性附录) 输出功率测量 59

D.1 概述 59

D.1.1 发电机最大输出功率(见 7.2) 59

D.1.2 发电机输出功率与水轮机导叶开度之间的关系 60

D.1.3 指数试验(见 7.4) 60

D.1.4 效率试验 60

D.2 同步发电机输出功率测量的间接法 60

D.2.1 概述 60

D.2.2 发电机损耗的测量 60

D.2.3 在发电机出线端测量的有功功率应保持一致 61

D.3 异步发电机输出功率测量的间接法 62

D.4 输出功率测量的直接法(水轮机轴力矩) 63

D.5 发电机损失 63

附录 E (规范性附录) 流量测量方法 65

E.1 概述 65

E.1.1 选择测量方法 65

E.1.2 水流的稳定性 65

E.1.3 泄漏、渗透和分流 65

E.2 流速仪测量法 65

E.2.1 流速仪 65

E.2.1.1 使用条件 65

E.2.1.2 流速仪型式 66

E.2.1.3 流速仪安装 66

E.2.1.4 流速仪率定 66

E.2.1.5 测量采样时间 66

E.2.1.6 流速分布 66

E.2.2 明渠的流量测量 67

E.2.2.1 测量断面的选择 67

E.2.2.2 测点数目 67

E.2.2.3 测点布置 67

E.2.2.4 水流稳定——水位检测 67

E.2.3 圆形封闭管道的流量测量 67

E.2.3.1 测量断面的选择 67

E.2.3.2 测点数目 67

E.2.3.3 测点布置 68

E.2.4 流量计算 68

E.3 压力-时间法(Gibson 法) 69

E.3.1	方法原理	69
E.3.2	使用条件	69
E.3.3	方法的实施	70
E.4	堰测法	70
E.4.1	测量原理	70
E.4.2	测量装置	70
E.4.3	安装条件	71
E.4.4	溢流层高度测量	71
E.4.5	流量计算公式	72
E.5	毕托管法	72
E.5.1	概述	72
E.5.2	标准静压毕托管	72
E.5.3	非标准毕托管	72
E.6	容积法	72
E.7	声学法	73
E.7.1	方法原理	73
E.7.2	使用条件	73
E.7.3	圆管中声学法的实施	74
E.7.4	小型水轮机的声学测流法	75
E.8	电磁流量计	76
E.8.1	概述	76
E.8.2	原理与基本公式	76
E.8.3	使用条件	76
附录 F (规范性附录)	效率试验	77
F.1	概述	77
F.2	效率试验(绝对流量法)	77
F.2.1	概述	77
F.2.2	试验过程	78
F.3	效率测试的热力学法	78
F.3.1	概述	78
F.3.2	试验过程	79

小型水轮机现场验收试验规程

1 范围

本标准规定了小型水轮机进行现场验收试验的有关试验、测量方法,以及合同保证条件的评价方法。

本标准适用于单机输出功率小于(等于)15 MW 和转轮直径小于(等于)3.3 m 的水轮机现场验收试验。

本标准不涉及水轮机的具体结构和各种部件的机械性能。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1029—2005 三相同步电机试验方法

GB/T 7894—2001 水轮发电机基本技术条件(neq IEC 60034:1996)

GB/T 15469—1995 反击式水轮机空蚀评定

GB/T 17189—2007 水力机械(水轮机、蓄能泵和水泵水轮机)振动和脉动现场测试规程

DL 5061—1996 水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范

ISO 1438-1 应用堰和文杜里水槽在明渠中测流——第一部分:薄壁堰

ISO 3354:1988 封闭管路清洁水的流量测量——在满管中和固定流量条件下使用测速仪的速度截面法

ISO 3455 明渠的流量测量——转子式流速仪在直线明渠中的标定

ISO 3966 封闭管道中流体流量测量——采用皮托静压管的速度面积法

ISO 4373 明渠水流测量——水位测量设备

ISO 7194 封闭管道中流体流量测量——利用流速仪或皮托静压管对圆形管道中不均匀流或旋涡流量测量的速度面积法

IEC 60041:1991 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能现场验收试验

IEC 60193 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机——模型验收试验

3 术语、定义、符号及单位

下列术语、定义、符号及单位适用于本标准。

3.1 下标

3.1.1

高压基准断面 1 high pressure reference section(1)

确定高压侧的起始断面(或高程),见图 1。

3.1.2

低压基准断面 2 low pressure reference section(2)

确定低压侧的起始断面(或高程)。

3.1.3

高压测量断面 1' high pressure measuring section (1')

测压管所在断面如果与高压基准断面 1 不一致,其测量值应换算到高压基准断面 1。

3.1.4

低压测量断面 2' low pressure measuring section(2')

测压管所在断面如果与低压基准断面 2 不一致,其测量值应换算到低压基准断面 2。

3.1.5

规定值 specified(S_p)

符号表示的量值亦代表其他保证的量值。

3.1.6

测量值 measured(N)

符号表示试验时的量值。

3.1.7

变换值 transposed(R)

符号 R 表示在保证(或规定)条件下通过换算重新设定的量值。

3.1.8

加权值 weighted(W)

按照规定的权值得出的计算值。

3.1.9

指数 index(ix)

在水轮机相对效率试验中,用来表示水轮机的相对效率与压差方次关系的数。

3.2 几何术语

3.2.1

面积 area(A)

垂直于来流方向的过流净面积(单位: m^2)。

3.2.2

导叶开度 guide vane opening(a_0)

导叶背面出水边上给定点至相邻导叶体之间的最短距离(单位:mm)。

3.2.3

喷针开度 needle opening(s)

从关闭位置开始测得的喷针平均行程(单位:mm)。

3.2.4

转轮叶片安放角度 runner blade angle(β)

叶片外缘进、出水边上两点的轴向距离除以该两点间的弧长为其正弦值的角度(单位:度)。

3.2.5

高程 level(z)

系统中某一点位于规定的参考基准面(通常指平均海平面)以上的高程(单位:m)。

3.2.6

水轮机基准高程 turbine reference level(z_T)

在水轮机中所规定的某一点到参考基准面的高程(单位:m)。

3.3 主要物理量

3.3.1

重力加速度 acceleration due to gravity(g)

试验地点的 g 值,它是纬度和海拔的函数(单位: m/s^2),参见第 A.2 章。

3.3.2

温度 temperature(T)

热力学温度(单位:K 或 $^{\circ}\text{C}$)。

3.3.3

密度 density(ρ)

单位体积的质量。

水的密度值 ρ_w (单位: kg/m^3),参见第 A.3 章。

空气的密度值 ρ_a (单位: kg/m^3),参见第 A.4 章。

3.3.4

运动粘性系数 coefficient of kinematic viscosity(ν)

动力粘性系数与密度之比(单位: m^2/s^2)。

3.4 流量

3.4.1

流量 discharge(Q)

单位时间流过系统任何一断面水的体积(单位: m^3/s)。

3.4.2

相对流量 relative discharge(Q_{rk})

用指数试验方法计算得出的流量(单位: m^3/s)。

3.5 转速

3.5.1

转速 rotational speed(n)

每分钟的旋转次数(单位: r/min)。

3.5.2

瞬时转速 momentary speed(n_m)

暂态过渡过程中,某指定时刻(或瞬间)的转速(见图 3)。

3.5.3

最大瞬时转速 maximum momentary over speed($n_{m,\text{max}}$)

机组在用规定负荷的暂态过程中达到的最大转速(在某些情况下最大瞬时转速超过最大稳态飞逸转速)。

3.5.4

最大稳态飞逸转速 maximum steady state runaway speed (n_{run})

在最大水头下,发电机甩负荷或与电网解列发生的暂态过程波动消失后,喷针或导叶或转轮叶片所处的位置恰使转速达到最大值的转速。对高比转速的水轮机,其飞逸转速还受空化性能的影响,因而还取决于有效的吸出高程(H_s)值。

3.5.5

最终转速 final speed(n_f)

水轮机在所有暂态过程波动消失后的稳态转速。

3.6 压力

3.6.1

表计压力 gauge pressure(p)

高于或低于环境压力的表计显示压力(单位:Pa)。

3.6.2

环境压力 ambient pressure(p_{amb})

周围空气的大气压力(单位:Pa)。

3.6.3

绝对压力 absolute pressure(p_{abs})

表计压力和环境压力的代数和(单位:Pa)。

3.6.4

瞬时压力 momentary pressure(p_{+-m})

系统中指定点在规定的暂态过程中指定时刻出现的表压力(单位:Pa),见图4。

3.6.5

最大/最小瞬时压力 maximum/minimum momentary over pressure($p_{+-m,\text{max}}$)

机组在甩或增加规定负荷的暂态过程中出现的最高/最低瞬时压力(单位:Pa)。

3.6.6

最终压力 final pressure(p_f)

系统中指定点所有暂态过程波动消失后的稳态表压力(单位:Pa),见图4。

3.7 水头

3.7.1

水轮机水头 turbine head(H)

水轮机做功用的有效水头,为水轮机高压基准断面1与低压基准断面2之间包含动态能量的总压力差。净水头 $H=E/g$ (单位:m)。

3.7.2

额定水头 rated head(H_r)

水轮机在额定转速下,输出额定功率时的最小净水头(单位:m)。

3.7.3

毛水头 gross head (H_0)

水电站上游水位与尾水位之差(单位:m)。

3.7.4

静水头 static head(H_{stat})

水轮机高压断面与低压断面之间的静压力差(单位:m)。

3.7.5

动水头 dynamic head(H_{dyn})

用水柱高度表示的速度水头,其值等于在水轮机某一流速下通过高压基准断面或低压基准断面时的平均流速的平方除以两倍重力加速度: $H_{\text{dyn}}=v^2/(2g)$ (单位:m)。

3.7.6

总水头 total head(H_{tot})

总水头为静水头与动水头之和: $H_{\text{tot}}=H_{\text{stat}}+H_{\text{dyn}}$ (单位:m)。

3.8 功率

3.8.1

水轮机输入功率 **hydraulic power of turbine**(P_h)

水轮机进口水流可产生电能的水力功率(单位:W): $P_h = E(\rho Q) = gH(\rho Q)$, 其中(ρQ)可以是(ρQ)₁或(ρQ)₂。

3.8.2

水轮机输出功率 **mechanical power of turbine**(P_t)

水轮机主轴输出的机械功率(单位:W): $P_t = P_h \times \eta_t$ 。

3.8.3

发电机输出功率 **electrical power of generator**(P_{gen})

发电机母线出口处测得的输出功率(单位:W)。

3.8.4

电站输出功率 **electrical power of the power plant**(P_{out})

电站输出接线测得的功率(单位:W): $P_{out} = P_{gen} - P_{L,tf}$ 。

3.9 损失

3.9.1

传输损失 **losses of transmission**($P_{L,tr}$)

齿轮或其他传递部件(包括调速轮)传输的机械损失(单位:W)。

3.9.2

发电机损失 **losses of generator**($P_{L,gn}$)

发电机内部损失(包含发电机的轴承损失)(单位:W)。

3.9.3

变压器损失 **losses of transformer**($P_{L,tf}$)

变压器输入端与输出端的功率差(单位:W)。

3.9.4

用于辅助设备的功率 **power for auxiliary devices**($P_{L,ax}$)

电站辅助设备系统耗用的功率(单位:W)。

3.10 效率

3.10.1

水轮机绝对效率 **absolute turbine efficiency**(η_t)

水轮机输出功率与水轮机输入功率之比: $\eta_t = P_t / P_h = P_{gen} / (P_h \times \eta_{gn})$ 。

3.10.2

水轮机相对效率 **relative turbine efficiency**($\eta_{t,ix}$)

采用指数试验得到的流量计算得出的水轮机效率。

3.10.3

发电机效率 **generator efficiency**(η_{gen})

发电机输出功率除以发电机输出功率与发电机损失之和: $\eta_{gen} = P_{gen} / (P_{gen} + P_{L,gn})$ 。

3.10.4

变压器效率 **transformer efficiency**(η_{tr})

电站输出功率除以发电机输出功率: $\eta_{tr} = P_{out} / P_{gen} = (P_{gen} - P_{L,tf}) / P_{gen}$ 。

3.10.5

传输效率 **transmission efficiency**(η_{tr})

发电机输出功率、发电机损失和用于辅助设备的功率之和除以水轮机输出功率：

$$\eta_{tr} = (P_{gen} + P_{L,gn} + P_{L,ax}) / P_t。$$

3.10.6

水电站装置效率 **plant efficiency**(η_{plant})

电站输出功率除以水轮机输入功率： $\eta_{plant} = P_{out} / (H_0 \times g \times \rho \times Q)。$

3.11 其他参数

3.11.1

单位比能 **specific hydraulic energy of water**(E)

电站上游水位与尾水位之间可以利用的单位质量流体的能量(单位：J/kg)。

3.11.2

平均流速 **mean velocity**(v)

流量除以面积 A (单位：m/s)。

3.11.3

流道损失 **losses of water passage**(h_{Li})

水轮机上、下游流道断面间的水头降低(损失)(单位：m)。

3.11.4

净吸出高度 **net positive suction head**(H_s)

水轮机规定的基准面至尾水位的高度(单位：m)。

3.11.5

空化系数 **cavitation coefficient**(σ)

水轮机的空化系数是表示在水轮机运行过程中转轮内部动力真空的相对值： $\sigma = H_s / H。$

3.12 误差和其他术语符号

见表 1 和表 2。

表 1 误差符号

项 目	符号
压力测量 pressure measurement	f_p
净水头 net head	f_H
流量 discharge	f_Q
发电机输出功率 generator power output	f_{gen}
能量逆变 energy counter	f_{WH}
电压互感器 potential transformer	f_{PT}
电流互感器 current transformer	f_{CT}
计时器 timer	f_T
发电机损失 losses of generator	$f_{L,gn}$
转速 rotational speed	f_n
不带变压器的水轮发电机组输出功率 power output on hydroelectric unit without transformer	$f_{p,gen}$
水轮机主轴的输出功率 power output on turbine shaft	$f_{P,t}$
水轮机效率 turbine efficiency	$f_{\eta,t}$

表 1 (续)

项 目	符号
用热力学法得到的水轮机效率 efficiency of turbine using thermodynamic method	$f_{\eta,th}$
机械传输效率 efficiency of mechanical transmission	$f_{\eta,tr}$
变压器效率 efficiency of transformer	$f_{\eta,tf}$
总偏差 sum of bias errors	e_{bias}
总精度误差 sum of precision errors	e_{prec}
全部测量的总误差 overall errors of the whole measurement	$e_{overall}$

表 2 其他术语符号

项 目	符号
活动导叶 wicket gate	WG
固定导叶 stay vane	SV
转轮叶片 runner blade	RB
喷嘴开度 needle opening	NO
上游水位 head water level	HWL
下游水位 tail water level	TWL
流体动力学计算 calculation flow dynamics	CFD
初步验收证明 preliminary acceptance certificate	PAC
电压互感器 potential transformer	PT
电流互感器 current transformer	CT

3. 13 水轮发电机组示意图

水电站的流道由三个不同的部分组成(见图 1):

- 上游流道;
- 水轮机性能保证范围通流流道(在高压基准断面 1 与低压基准断面 2 之间);
- 下游流道。

在高压基准断面 1 以外的上游流道和在低压基准断面 2 以外的下游流道的水力损失不应归于水轮机,但有可能影响水轮机流道范围内的水力条件和水轮机的效率。因此,当考虑水轮机效率时,仅考虑水轮机保证范围内的能量损失。如果在高压基准断面 1 和低压基准断面 2 的能量测量不可能进行时,供需双方协议改变测量断面。

最常见的小型水轮机的高压基准断面 1 和低压基准断面 2 以及净水头和比能的定义见 3. 14。

性能保证范围:

- a) 最大输出功率:
 - 1) 水轮机输出功率 P_t ;
 - 2) 发电机输出功率 P_{gen} ;
 - 3) 水电站输出功率 P_{out} 。
- b) 特性曲线形状的控制
 - 1) 发电机功率与水轮机开度的函数关系 $P_{gen}=f(WG)$;
 - 2) 水轮机绝对效率与水轮机输出功率的函数关系 $\eta_t=f(P_t)$;
水轮机绝对效率与流量的函数关系 $\eta_t=f(Q)$;
 - 3) 水轮机相对效率与水轮机输出功率的函数关系 $\eta_{t,rel}=f(P_t)$;
水轮机相对效率与流量的函数关系 $\eta_{t,rel}=f(Q)$ 。

所有保证都基于高压基准断面 1 和低压基准断面 2(水轮机保证范围)以及相对应的净水头。

上游水位 0 与下游水位 3 没有定义参考面积或有效的过流断面,上游水位 0 与下游水位 3 的水位差代表着电站的毛水头,仅作为参考资料。

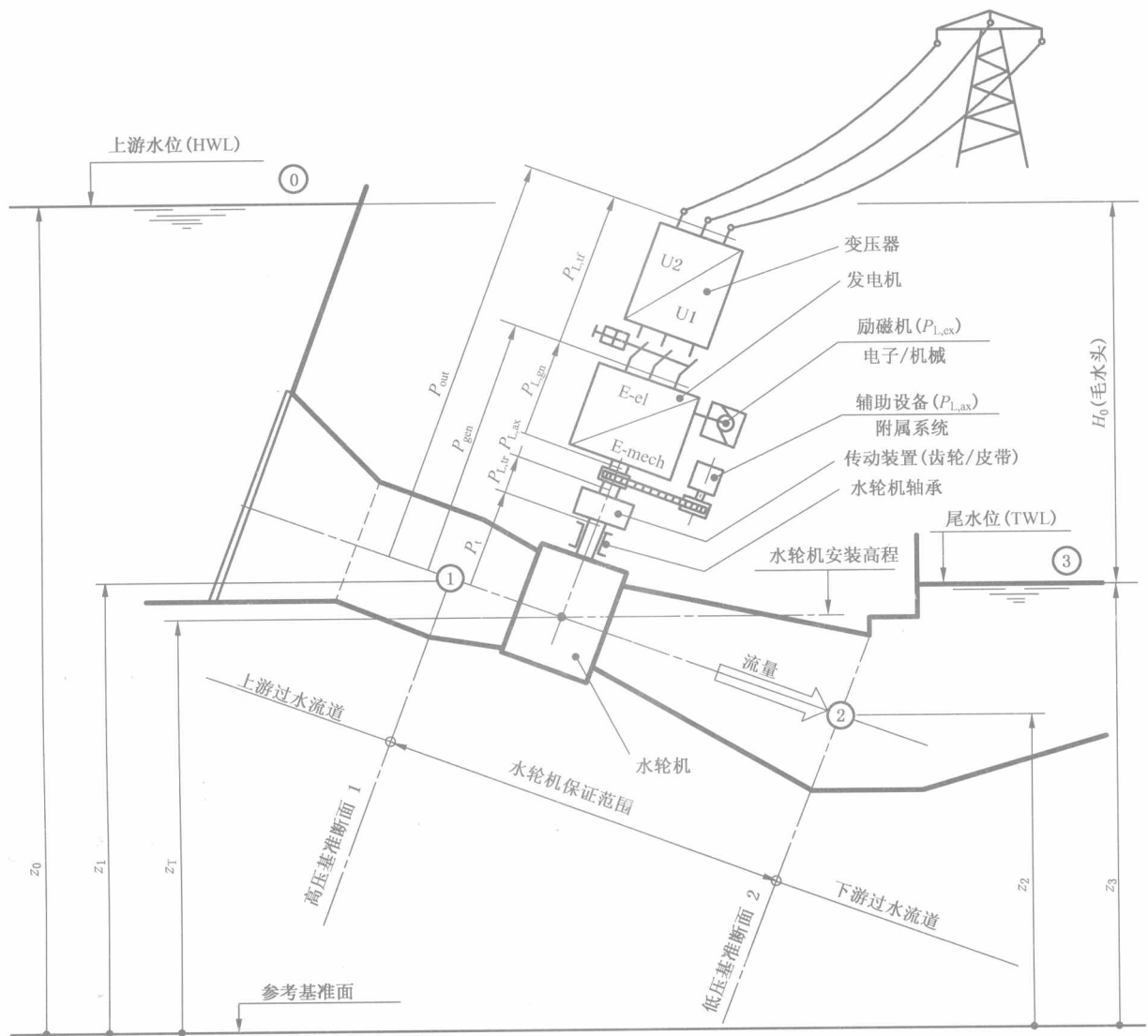


图 1 水轮发电机组示意图(水电系统)

3.14 典型小型水轮机水头的定义

3.14.1 概述

在这个标准中,术语 H 、 H_0 、 H_{stat} 和 H_{tot} 主要用于能量和压力。这些通常用于小型水轮机,如果必要,比能 E 能够很容易地用 $E = g \times H$ 计算得出。

$H_{1,\text{stat}}$ 和 $H_{2,\text{stat}}$ 分别代表水轮机高压基准断面 1 和低压基准断面 2 的静压力水头。

总压力 $H_{1,\text{tot}}$ 和 $H_{2,\text{tot}}$ 分别包含了高压基准断面 1 的速度水头 $v_1^2/2g$ 和低压基准断面 2 的速度水头 $v_2^2/2g$ 。

水轮机净水头 H 的一般定义为:

$$H = \frac{p'_1 - p'_2}{\rho g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + (z'_1 - z'_2) \quad \text{或} \quad H = (h'_1 - h'_2) + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + (z'_1 - z'_2)$$

注: $p = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$ 。

对于小型水轮机,其环境压力 p_{amb} 的影响非常小,因此可忽略。在水轮机净水头 H 中从高压基准断面 1 到低压基准断面 2 的流道损失比毛水头 H_0 小很多。因此, H 可以定义为(见图 2 和附录 B):

$$H = H_{1,\text{tot}} - H_{2,\text{tot}}$$