



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

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	导言	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

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。

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)。