



中华人民共和国国家标准

GB/T 22140—2018/IEC 62006:2010
代替 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 62006:2010, Hydraulic machines—Acceptance tests of small hydroelectric installations, IDT)

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局
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、定义及示意图	2
3.1 术语和定义	2
3.2 水轮发电机组示意图	2
4 试验的等级和范围	3
4.1 保证的试验等级	3
4.1.1 一般要求	3
4.1.2 合同条件	5
4.2 性能保证范围	5
4.2.1 一般要求	5
4.2.2 等级 A:最大输出功率	5
4.2.3 等级 B:指数试验	5
4.2.4 等级 C:水轮机效率	5
4.2.5 损失的解释	5
4.3 试验范围	6
4.3.1 安全验收试验	6
4.3.2 试运行和可靠性试验	6
4.3.3 性能试验	6
4.3.4 试验人员能力要求	7
4.3.5 质保	7
5 试运行前的安全验收试验	8
5.1 启动前试验	8
5.2 水流关闭装置	8
5.2.1 一般性要求	8
5.2.2 进水口闸门或阀门	8
5.2.3 进水主阀	9
5.2.4 活动导叶(混流式和轴流转桨式水轮机)	9
5.2.5 针形阀和折向器(水斗式和斜击式水轮机)	10
5.3 首次开机的操作和控制	11
5.4 额定转速下的滑动轴承运行	11
5.5 空载条件下的紧急停机	11
5.6 电气保护	12
5.7 超速试验	12
5.8 飞逸试验	12
5.9 过压、紧急关闭和甩负荷试验	13

5.9.1	一般条件	13
5.9.2	导叶或喷针	14
5.9.3	水轮机进水阀门	14
5.9.4	减压阀	14
5.9.5	压力升高	14
5.10	测试参数	16
5.10.1	压力	16
5.10.2	转速	16
5.10.3	控制部件	16
6	运行和可靠性试验(试运行).....	16
6.1	一般规定	16
6.2	转动部件的温度稳定性	17
6.2.1	一般要求	17
6.2.2	温度保证	17
6.3	转速控制系统	17
6.3.1	说明	17
6.3.2	不带调速器的机组运行	18
6.3.3	带有调速器的机组运行	18
6.3.4	带有电压调节器的机组运行	19
6.3.5	带有其他控制器的机组运行	19
6.3.6	在试验控制系统时的测量	19
6.4	协联关系试验	20
7	性能保证试验.....	20
7.1	概述	20
7.2	在不同净水头下发电机(变压器)的最大输出功率	20
7.2.1	保证值	20
7.2.2	测试仪器要求	20
7.3	指数试验	21
7.3.1	一般要求	21
7.3.2	相对流量测量	21
7.3.3	特性曲线形状控制	22
7.3.4	电站相对效率	23
7.3.5	优化协联关系	23
7.4	水轮机效率	23
7.4.1	采用绝对流量测量的水轮机效率试验	23
7.4.2	采用热力学的效率试验	24
7.5	效率修正	24
8	结果计算与比较.....	26
8.1	概述	26
8.1.1	现场数据	26
8.1.2	测量值(读数)	26
8.1.3	水温的比尺效应	27

8.1.4	电站特性的平移变换	27
8.2	输出功率	27
8.2.1	电站输出功率测量	27
8.2.2	发电机输出功率测量	27
8.2.3	水轮机输出功率测量	28
8.3	水轮机相对效率	28
8.3.1	一般规定	28
8.3.2	相对流量	28
8.3.3	电站特性曲线的保证	29
8.3.4	电站相对效率	29
8.4	水轮机绝对效率	29
8.4.1	一般说明	29
8.4.2	绝对流量	30
8.4.3	电站效率的保证值与比较	30
9	误差分析	30
9.1	概述	30
9.2	系统不确定度	30
9.2.1	一般规定	30
9.2.2	典型的系统不确定度	30
9.2.3	水轮机用作流量计的系统不确定度	31
9.3	随机不确定度	32
9.3.1	单一运行工况点下的测量	32
9.3.2	对整个运行范围的测量	33
9.4	综合不确定度	34
9.4.1	一般规定	34
9.4.2	水头	35
9.4.3	输出功率	36
9.4.4	指数试验不确定度	38
9.4.5	采用绝对流量测量的效率试验	40
9.4.6	采用热力学法的效率试验	40
10	其他保证	41
10.1	空蚀	41
10.1.1	一般规定	41
10.1.2	测量方法	41
10.1.3	与规定的保证值比较	42
10.2	噪声	42
10.2.1	一般规定	42
10.2.2	测量方法	43
10.2.3	与保证值的比较	43
10.3	振动	43
10.3.1	一般规定	43
10.3.2	测试及其方法	43

- 10.3.3 与保证值的比较 43
- 附录 A (规范性附录) 术语、定义、符号和单位 45
 - A.1 术语和定义 45
 - A.1.1 说明 45
 - A.1.2 下标 45
 - A.1.3 几何术语和定义 45
 - A.1.4 主要物理量 46
 - A.1.5 水头的术语和定义 47
 - A.1.6 流量的术语和定义 47
 - A.1.7 功率的术语和定义 47
 - A.1.8 效率的术语和定义 48
 - A.1.9 不确定度的术语和定义 48
 - A.1.10 其他术语和定义 49
 - A.2 水的比能的定义 50
 - A.3 瞬态压力变化 50
 - A.4 物理数据 51
 - A.4.1 重力加速度和纬度、海拔高度的关系 51
 - A.4.2 纯水的密度 51
 - A.4.3 空气的密度 51
- 附录 B (规范性附录) 水头的测量 53
 - B.1 概述 53
 - B.2 压力测量断面的选取 53
 - B.2.1 一般规定 53
 - B.2.2 上游基准断面 54
 - B.2.3 下游基准断面 54
 - B.3 测量断面的定义 55
 - B.3.1 一般规定 55
 - B.3.2 轴流式水轮机(Kaplan turbine)水头定义 56
 - B.3.3 混流式水轮机(Francis turbine)水头定义 57
 - B.3.4 水斗式水轮机(Pelton turbine)水头定义 59
 - B.3.5 斜击式水轮机(Turgo turbine)水头定义 60
 - B.3.6 双击式水轮机(Crossflow turbine)水头定义 61
 - B.4 水头测量方法 62
 - B.4.1 一般规定 62
 - B.4.2 压力测量仪器 63
 - B.4.2.1 原级测量仪器 63
 - B.4.2.2 压力传感器 63
 - B.4.2.3 弹簧压力计 63
 - B.4.2.4 自由水位测量仪器 63
 - B.5 等级 A 测试中动水头评估 64
- 附录 C (规范性附录) 转速测量方法 65
 - C.1 旋转速度 65

C.1.1	直接测量功率时转速的测量	65
C.1.2	间接测量功率时转速的测量	65
C.2	过速和飞逸转速的定义	65
附录 D (规范性附录)	输出功率测量	66
D.1	概述	66
D.2	输出功率的测量	66
D.2.1	同步发电机	66
D.2.2	异步发电机输出功率测量的间接法	67
附录 E (规范性附录)	流量测量方法	69
E.1	概述	69
E.1.1	一般条件	69
E.1.2	流量测量方法的选取	69
E.1.3	流动稳定性	70
E.1.4	泄漏、渗透和分流	70
E.2	绝对流量测量方法	70
E.2.1	一般规定	70
E.2.2	适合小水轮机的声学方法	70
E.2.3	压力-时间法(Gibson 法)	71
E.3	相对流量测量	77
E.3.1	一般规定	77
E.3.2	差压方法	77
E.3.3	流量测量的二次方法	79
附录 F (资料性附录)	水电站条件	80
F.1	水电站条件列单	80
F.1.1	一般规定	80
F.1.2	需方提供的数据	80
F.1.3	合同规定水位	80
F.1.4	水质	80
F.1.5	整个过水流道可预计的水力损失	80
F.1.6	来流条件	80
F.2	确定基准高程	81
F.3	试验仪器设备的技术要求	81
附录 G (资料性附录)	调试	82
G.1	检查清单	82
G.2	调试报告	82
附录 H (资料性附录)	性能测试效率计算	83
H.1	一般试验条件	83
H.2	需要满足的保证值	83
H.2.1	等级 A	83
H.2.2	等级 B	83
H.2.3	变压器效率	83

H.3	物理常数	84
H.4	测量条件	84
H.5	数据测量与计算	84
H.5.1	数据测量	84
H.5.2	数据计算	85
H.6	不确定度	86
H.6.1	合成不确定度	86
H.6.2	随机不确定度	86
H.6.3	随机和总不确定度	86
H.7	试验结果和保证值的比较	87
H.7.1	等级 A:发电机最大输出功率	87
H.7.2	等级 B:水轮机特性曲线形状控制	88
附录 I (资料性附录)	协联关系试验	89
I.1	概述	89
I.2	试验程序	89
表 1	试验范围	4
表 2	最大飞逸转速(n_{rim})	13
表 3	性能试验参数	20
表 4	指数流量试验方法	22
表 5	现场数据	26
表 6	满负荷工况不确定度	31
表 7	不同开度下流量的系统不确定度	32
表 8	有关保证效率的水轮机特性曲线的整体不确定度	39
表 9	图 28 中用到的数据	40
表 10	空蚀破坏限制	42
表 A.1	水的密度	51
表 E.1	流量测量方法的选择	69
表 E.2	估算压力管道系数并评估系统不确定度	76
表 H.1	电站相对效率保证	83
表 H.2	变压器数据	83
表 H.3	数据测量 (不包括所有试验)	85
表 H.4	计算结果	85

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 22140—2008《小型水轮机现场验收试验规程》，与 GB/T 22140—2008 相比，除编辑性修改外主要技术内容变化如下：

- 调整原标准第 3 章“术语、定义、符号及单位”的内容至附录 A“术语、定义、符号和单位”（见 A.1～A.4）；
- 调整原标准第 4 章中“电站条件”和“试验仪器设备的技术要求”至附录 F“水电站条件”（见 F.1～F.3）；
- 原标准第 8 章中“误差分析”独立成为第 9 章（见 9.1～9.4）；
- 原标准第 9 章中“试验结果与保证值的比较”整合调整为第 8 章的部分内容（见 8.4.3）；
- 删除了原标准第 10 章中“磨损”的内容（2008 年版的 10.1）；
- 删除了原标准第 11 章中“试验的组织”的内容（2008 年版的 11.1～11.4）；
- 删除了原标准第 12 章中“数据采集”的内容（2008 年版的 12.1～12.3）；
- 删减了原标准附录 E 中“流量测量方法”的部分内容，“绝对流量测量方法”仅保留“声学法”和“压力-时间法”两种方法（2008 年版的 E.2.1、E.2.2、E.4～E.6 和 E.8）；
- 增加了附录 G“调试”、附录 H“性能测试效率计算”和附录 I“协联关系试验”（见 G.1、G.2、H.1～H.7、I.1 和 I.2）。

本标准采用翻译法等同采用 IEC 62006:2010《水力机械 小型水轮机现场验收试验》。

本标准与 IEC 62006:2010 相比技术内容和文本结构相同，仅存在最小限度的编辑性修改：

- 修改了标准名称。

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：张海平、孟晓超、张建光、朱雷、陈莹、马素萍、马兵全、周秋景。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 22140—2008。

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发电机组现场验收试验的内容、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不大于 15 MW 和转轮直径不大于 3.0 m 的冲击式和反击式水轮发电机组(含同步或异步发电机)的现场验收试验。

本标准给出了以下内容:

a) 小型水轮机验收试验的内容,如安全验收试验、试运行试验、性能保证试验等,及可选的空化、噪声和振动试验等试验。

b) 小型水轮发电机组中的典型试验方法,并分成以下三个等级(详见表 1):

——试验等级 A:	常规试验项目(仪表测量)	必选
	确定水轮发电机组的最大输出功率	
——试验等级 B:	扩展试验项目	推荐
	确定水轮发电机组运行特性	
——试验等级 C:	综合试验项目	可选
	确定水轮发电机组的绝对效率	

注:所有等级包括安全试验、试运行试验和可靠性试验。

c) 合同中应包含的水轮发电机性能指标,以便在各试验等级下对试验结果进行评估、计算和比较。

供方或监理负责所进行的各项试验符合标准。

本标准不涉及水轮机和各种部件的具体结构。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9239.1—2006 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第 1 部分:规范与平衡允差的检验(ISO 1940-1:2003, IDT)

ISO 1680 声学 测量旋转式电动机械发出的空中传播的噪音试验规程(Acoustics—Test code for the measurement of airborne noise emitted by rotating electrical machinery)

ISO 3746 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能级 反射面上方采用包络测量表面的简易方法(Acoustics—Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure—Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane)

ISO 4373 明渠水流测量 水位的测量设备(Hydrometry—Water level measuring devices)

ISO 4412(所有部分) 水力液压传动 空气噪声级检测规程(Hydraulic fluid power—Test code for determination of airborne noise levels)

ISO 5168 流体流量测量 不确定性的评估程序(Measurement of fluid flow—Procedures for the evaluation of uncertainties)

ISO 7919-5 机械振动 转动轴的机械振动评估 第 5 部分:在水电站和泵站的机械设置(Me-