

ICS 29.160.20
K 21



中华人民共和国国家标准

GB/T 27989—2011

小型水轮发电机基本技术条件

Fundamental technical requirements for small hydraulic generators

2011-12-30 发布

2012-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会



目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 使用环境条件	2
5 技术要求	2
6 供货范围	10
7 试验、验收	10
8 标志、包装、运输和保管	11
9 安装	12
10 试运行及保证期	12
附录 A (资料性附录) 备品备件	13
附录 B (资料性附录) 专用工具	14
附录 C (资料性附录) 技术资料	15
表 1 绕组、定子铁心等部件允许温升值	3
表 2 常态介质损失角正切及其增量限值	4
表 3 绕组交流耐电压试验标准	4
表 4 定子绕组允许过电流倍数与时间关系	5
表 5 不同地震烈度下的设计加速度值	6
表 6 水轮发电机振动(双幅)允许值	7
表 A.1 水轮发电机主要备品备件	13
表 B.1 水轮发电机主要专用工具	14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国水利部提出。

本标准由水利部综合事业局归口。

本标准起草单位：水利部产品质量标准研究所、杭州江河机电装备工程有限公司。

本标准主要起草人：陈立卫、周争鸣、刘长陆、俞剑锋、朱春英。

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

小型水轮发电机基本技术条件

1 范围

本标准规定了小型水轮发电机产品的技术要求,供货范围,试验、验收,标志、包装、运输和保管,安装、试运行及保证期,备品备件,专用工具,技术资料的基本要求。

本标准适用于3相、50 Hz、125 kVA及以上、12 500 kVA以下的立式或卧式(灯泡贯流式除外)凸极同步发电机(以下简称水轮发电机)。频率为60 Hz的水轮发电机也可参照执行。

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 156 标准电压

GB/T 191 包装储运图示标志

GB 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 1029 三相同步电机试验方法

GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机

GB/T 5321 量热法测定电机的损耗和效率

GB/T 7894—2001 水轮发电机基本技术条件

GB/T 8564 水轮发电机组安装技术规范

GB/T 10069.1 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电机噪声测定方法

GB/T 10585 中小型同步电机励磁系统基本技术要求

GB 11120 L-TSA 汽轮机油

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

DL/T 507 水轮发电机组启动试验规程

DL/T 622 立式水轮发电机弹性金属塑料推力轴瓦技术条件

JB/T 6204 高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐电压试验规范

JB/T 7023 水轮发电机镜板锻件技术条件

JB/T 8439 使用于高海拔地区的高压交流电机防电晕技术要求

JB/T 8660 水电机组包装、运输和保管规范

JB/T 10098 交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平

JB/T 10180 水轮发电机推力轴承弹性金属塑料瓦技术条件

JB/T 56183 中小型水轮发电机产品质量分等

SDJ 278—1990 水利水电工程防火规范设计

3 术语和定义

GB 755 和 GB/T 2900.25 界定的术语和定义适用于本文件。

4 使用环境条件

除非另有规定,水轮发电机应能在下列使用环境条件下连续额定运行:

- a) 海拔高程不超过 1 000 m(以黄海高程为准);
- b) 冷却空气温度不超过 40 ℃;
- c) 空气冷却器、油冷却器的进水温度不高于 28 ℃,不低于 5 ℃;
- d) 厂房内相对湿度不超过 85%;
- e) 安装在厂房内。

当水轮发电机的使用环境条件与上述各条件有差异时,应在专用的技术协议或合同中说明。

5 技术要求

5.1 概述

本章对水轮发电机的具体技术条款作出规定,凡未规定的事项,均应符合 GB 755 和 GB/T 7894—2001 中有关规定。如有特殊要求,用户和制造厂可在专用的技术协议中规定。

5.2 额定参数

5.2.1 在下列情况下,水轮发电机应能输出额定容量:

- a) 在额定转速和额定功率因数时,电压与其额定值的偏差不得超过±5%;
- b) 在额定电压和额定功率因数时,频率与其额定值的偏差不得超过±1%;
- c) 在额定功率因数时,当电压与频率同时发生偏差(两者偏差分别不超过±5%和±1%),若两者偏差均为正偏差时,两者偏差之和不超过6%;若两者偏差均为负偏差,或为正偏差与负偏差,两者偏差的绝对值之和不超过5%。

当电压与频率偏差超过上述规定值时应能连续运行,此时输出容量以励磁电流不超过额定值、定子电流不超过额定值的105%为限。

5.2.2 水轮发电机的额定功率因数一般不低于0.8(滞后)。

5.2.3 水轮发电机的额定电压应根据不同的额定容量、转速、水轮发电机电压设备选择等因素综合技术经济比较后选定,并符合 GB/T 156 的规定。

可选用下列电压等级(V):400,3 150,6 300,10 500。

5.2.4 水轮发电机的额定转速优先在下列转速(r/min)中选择:

1 500,1 000,750,600,500,428.6,375,300,250,214.3,200,187.5,150,142.9,136.4,125,115.4,107.1,100,93.8,88.2,83.3,75。

5.2.5 水轮发电机在额定容量、额定电压、额定转速及额定功率因数运行时的额定效率保证值应在专用技术协议或合同中规定。

5.3 温度、温升

5.3.1 空气冷却的水轮发电机在规定的使用环境条件下,应能在额定工况时长期连续运行,此时定子绕组、转子绕组和定子铁心等的温升限值应不超过表1的规定。

表 1 绕组、定子铁心等部件允许温升值

项号	水轮发电机部件	测量方法	不同耐热绝缘等级材料的最高允许温升(K)	
			B级	F级
1	定子绕组	电阻法或埋入检温计法	80	100
2	定子铁心	埋入检温计法	80	100
3	转子绕组	电阻法	85	105
4	不与绕组接触的其他部件	这些部件的温升应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘		
5	集电环	温度计法	80	90

5.3.2 非基准运行条件和定额时温升限值应作以下修正：

- 空气冷却的水轮发电机，当使用地点在海拔 1 000 m 以上至 4 000 m，且最高环境空气温度不超过 40 ℃时，其温度限值不必修正。当海拔超过 4 000 m 时，应在专用技术协议或合同中规定；
- 当水轮发电机冷却空气温度与 40 ℃有差异时，表 1 中规定的温升限值应作如下修正（限于用埋设检温计法测量）：
 - 冷却空气温度低于 40 ℃时，则允许温升限值可比表 1 中规定值高，提高的度数为冷却空气低于 40 ℃的差值。但在任何情况下其温升限值的提高不应超过 10 K；
 - 冷却空气温度超过 40 ℃但不到 60 ℃时，则允许温升限值应比表 1 中规定值低，降低度数为冷却空气超过 40 ℃的差值；
 - 冷却空气温度超过 60 ℃时，允许温升的限值应在专用技术协议或合同中规定。

5.3.3 水轮发电机在额定运行工况下，其轴承的最高温度采用埋置检温计法测量不应超过下列数值：

- 推力轴承巴氏合金瓦：75 ℃；
- 推力轴承塑料瓦体：55 ℃；
- 导轴承巴氏合金瓦：75 ℃；
- 座式滑动轴承巴氏合金瓦：80 ℃；
- 滚动轴承：95 ℃（温度计法）。

5.4 绝缘性能

5.4.1 水轮发电机定子绕组对机壳或绕组间用兆欧表测得的绝缘电阻值在换算至 100 ℃时，不应低于按式(1)计算的数值：

$$R = \frac{U_N}{1\,000 + 0.01S_N} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

R ——绝缘电阻，单位为兆欧(MΩ)；

U_N ——水轮发电机的额定电压，单位为伏(V)；

S_N ——水轮发电机的额定容量，单位为千伏安(kVA)。

对于干燥清洁的水轮发电机，在室温 $t(℃)$ 时的定子绕组绝缘电阻值 $R_t(MΩ)$ 可按式(2)进行修正：

$$R_t = R \times 1.6^{\frac{100-t}{10}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

5.4.2 转子单个磁极挂装前及挂装后在室温 +10 ℃~+30 ℃用 1 000 V 兆欧表测量时，其绝缘电阻应不小于 5 MΩ。挂装后转子整体绕组的绝缘性能电阻值应不低于 0.5 MΩ。

5.4.3 有绝缘要求的水轮发电机推力轴承、导轴承及埋置检温计均应对地绝缘，其绝缘电阻值在

+10℃~+30℃测量时应为下列数值:

- a) 在推力轴承、导轴承装入温度计注入润滑油前,用1000V兆欧表测得的绝缘电阻应不小于1.0MΩ,注入润滑油后,用500V兆欧表测得的绝缘电阻应不小于0.5MΩ;
- b) 用250V兆欧表测得埋入式温度计和其他自动化元件的绝缘电阻值应不小于1.0MΩ。

5.4.4 实际冷态下,定子绕组直流电阻最大与最小两相间的差值,在校正了由于引线长度不同引起的误差后,应不超过最小值的2%。

5.4.5 定子线棒(线圈)常态介质损失角正切($\tan\delta$)及其增量($\Delta\tan\delta$)的限值应符合表2的规定。

表2 常态介质损失角正切及其增量限值

试验电压	$0.2U_N$	$0.2U_N \sim 0.6U_N$
介质损失角正切值及其增量	$\tan\delta$	$\Delta\tan\delta = \tan\delta_{0.6U_N} - \tan\delta_{0.2U_N}$
指标值/%	≤ 3	≤ 1
注1: U_N 为水轮发电机额定电压(V)。 注2: 每台水轮发电机按3%抽检,如不合格则加倍抽检。		

5.4.6 定子绕组的极化系数 R_{10}/R_1 (R_{10} 和 R_1 为在10min和1min温度为40℃以下分别测得的绝缘电阻值)不应小于2.0。

5.4.7 定子线圈绝缘的工频击穿电压应不小于5.5倍额定线电压,可在专用技术协议或合同中规定,并通过抽样试验进行验证。

5.4.8 额定电压为6300V及以上的水轮发电机,当使用地点在海拔高度为4000m及以下时,其定子单个线圈应在1.5倍额定线电压下不起晕,整机应在1.0倍额定线电压下不起晕,端部应无明显的金黄色亮点和蓝色连续晕带。当使用地点海拔高度超过1000m时,试验地点电晕起始电压试验值应按JB/T 8439进行修正。

5.4.9 额定电压为6300V及以上的水轮发电机,在进行交流耐电压试验前,定子绕组应进行三倍额定电压的直流耐电压试验和泄漏电流测定。试验电压应分级稳定增加,每级增加0.5倍额定电压,每级电压持续1min。泄漏电流应不随时间而增大,各相泄漏电流的差值不宜大于最小值的50%。

5.4.10 水轮发电机应能承受表3中所规定的50Hz交流(波形为实际正弦波形)耐电压试验,历时1min,绝缘不被击穿。

表3 绕组交流耐电压试验标准

水轮发电机部件	出厂试验电压(有效值)
定子装配完成后的定子绕组	2倍额定线电压+1000V
转子装配完成后的转子绕组	10倍额定励磁电压,最低为1500V
注1: 成品定子线圈和定子线圈安装过程中各阶段的耐压试验按JB/T 6204规定。 注2: 表中所列出厂电压适用于在制造厂内进行总装配或完成定子、转子分装配的发电机,其工地交接试验电压为出厂电压的0.8倍。 注3: 对在工地完成定子、转子分装配的水轮发电机,如定子、转子已按表中通过交流耐电压试验,则在总装配后按表中试验电压的0.8倍进行交接试验。 注4: 对经过大修的水轮发电机,在清洗和烘干后,应承受1.5倍额定电压的试验电压进行试验。	

5.4.11 定子绕组耐冲击电压试验应按JB/T 10098执行。

5.5 电气特性

5.5.1 允许用提高功率因数的方法把水轮发电机的有功功率提高到额定容量；若水轮发电机设置最大容量，此时的功率因数、参数值、允许温升及相关的性能参数应在专用技术协议或合同中规定。

5.5.2 水轮发电机如有进相和滞相运行要求可在专用技术协议或合同中规定。

5.5.3 水轮发电机定子绕组接成正常工作接法时，在空载额定电压和额定转速时，线电压波形的全谐波畸变因数(THD)为：

a) 额定容量为 300 kVA 及以下者不超过 10%；

b) 额定容量为 300 kVA 以上者不超过 5%。

5.5.4 水轮发电机的电气参数如瞬态电抗、超瞬态电抗、短路比及时间常数应满足电力系统运行的要求，并应在专用技术协议或合同中规定。

5.5.5 水轮发电机的加权平均效率是水轮发电机在额定电压、额定转速及规定的功率因数和不同容量工况下对应的加权效率值。加权平均效率应在专用技术协议或合同中规定。

水轮发电机的加权平均效率按式(3)计算得出，其中加权系数(系水轮发电机在不同容量下运行所占的百分数)由用户提供。

$$\eta = A \cdot \eta_1 + B \cdot \eta_2 + C \cdot \eta_3 + \dots \quad (3)$$

式中：

η —— 加权平均效率；

$A、B、C、\dots$ —— 在不同容量下水电站机组运行的加权系数($A+B+C+\dots=1$)；

$\eta_1、\eta_2、\eta_3、\dots$ —— 在额定电压、额定转速及规定的功率因数时对应于机组在不同容量下的水轮发电机效率值。

5.5.6 发电机的损耗和效率应采用量热法测定，应符合 GB/T 5321 的规定。其损耗包括以下损耗：

a) 定子绕组的铜损耗；

b) 转子绕组的铜损耗；

c) 铁心损耗；

d) 风损耗和摩擦损耗；

e) 导轴承损耗；

f) 推力轴承损耗(仅计及分摊给水轮发电机部分的损耗值)；

g) 杂散损耗；

h) 励磁系统设备损耗。

5.5.7 水轮发电机在不对称电力系统中运行时，如任一相电流不超过额定值，且其负序分量与额定电流之比不超过 12%时应能长期运行。

5.5.8 水轮发电机在事故条件下允许短时过电流，但不得发生有害变形及接头开焊等情况。定子绕组过电流倍数与相应的允许持续时间按表 4 确定，但达到表 4 中持续时间的过电流次数平均每年不应超过 2 次。

表 4 定子绕组允许过电流倍数与时间关系

定子过电流倍数 (定子电流/定子额定电流)	允许持续时间 min
1.10	60
1.15	15
1.20	5

表 4 (续)

定子过电流倍数 (定子电流/定子额定电流)	允许持续时间 min
1.25	5
1.30	4
1.40	3
1.50	2

注：对具有过负荷运行要求的水轮发电机，其定子绕组允许过电流倍数及持续时间应在专用技术协议或合同中规定。

5.5.9 水轮发电机的转子绕组应能承受 2 倍额定励磁电流，持续时间为不少于 50 s。

5.5.10 水轮发电机在故障情况下短时不对称运行时，应能承受的负序电流分量 I_2 与额定电流 I_N 之比的平方与允许不对称运行时间 $t(s)$ 之积 $(I_2/I_N)^2 \times t$ 不超过 40 s。

5.5.11 水轮发电机应能适应频繁开、停机的运行要求，允许年启动次数一般不超过 1 000 次，具体次数应在专用技术协议或合同中规定。

5.5.12 水轮发电机采用准同期方式与电力系统并列。

5.6 机械特性

5.6.1 水轮发电机的旋转方向，从非驱动端看为顺时针方向。旋转方向如有特殊要求，应在专用技术协议或合同中规定。

5.6.2 水轮发电机转动部分的 GD^2 值，应满足水电站调节保证计算、电力系统稳定性及水轮发电机制造经济合理性的要求。 GD^2 值应在专用技术协议或合同中规定。

5.6.3 水轮发电机和与其直接或间接相连的辅机，应能在飞逸转速下运转 5 min 而不产生有害变形或损坏。

5.6.4 水轮发电机各部分结构强度应能承受在额定转速及空载电压等于 105% 额定电压下历时 3 s 的三相突然短路试验而不产生有害变形。同时还应能承受在额定容量、额定功率因数和 105% 额定电压及稳定励磁条件下运行时，历时 20 s 的短路故障而无有害变形和损坏。

5.6.5 水轮发电机的结构强度应能承受转子半数磁极短路产生的不平衡磁拉力的作用，而不产生有害变形和损坏。

5.6.6 水轮发电机的结构强度应能承受使用地点地震烈度的要求。地震的设计加速度值见表 5。

表 5 不同地震烈度下的设计加速度值

设计加速度	地 震 烈 度		
	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
水平方向	0.2g	0.25g	0.4g
垂直方向	0.1g	0.125g	0.2g

注：g 为使用地点的重力加速度。

5.6.7 水轮发电机的定子和转子组装完毕后，定子内圆和转子外圆半径的最大值或最小值分别与其平均半径之差不应大于设计气隙值的 $\pm 4\%$ 。定子和转子间的气隙，其最大值和最小值与平均值之差不应

超过平均值的 $\pm 8\%$ 。

5.6.8 水轮发电机的振动(双幅)允许值,应不大于表6的规定值。

表6 水轮发电机振动(双幅)允许值

项 目	振动(双幅)允许值 mm				
	$n \leq 100 \text{ r/min}$	$100 \text{ r/min} < n \leq 250 \text{ r/min}$	$250 \text{ r/min} < n \leq 375 \text{ r/min}$	$375 \text{ r/min} < n \leq 750 \text{ r/min}$	$750 \text{ r/min} < n$
推力轴承支架的垂直振动	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03
导轴支架的水平振动	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04
定子铁心部位机座水平振动	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
定子铁心振动(100 Hz)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
卧式机组各部分轴承垂直振动	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04

注:振动值系指机组在除过速运行以外的各种稳定运行工况下的振动(双幅)值。

5.6.9 水轮发电机定子铁心在对称负载工况下,100 Hz的振动(双幅)允许值应不大于 $30 \mu\text{m}$ 。

5.6.10 水轮发电机的噪声水平,应为下列值(噪声测定方法应按GB/T 10069.1执行):

- 对于额定转速为250 r/min及以下的立式水轮发电机,在水轮发电机盖板外缘上方垂直距离1 m处不超过80 dB(A);
- 对额定转速为250 r/min以上的立式水轮发电机,在水轮发电机盖板外缘上方垂直距离1 m处的不超过85 dB(A);
- 对于卧式水轮发电机,在水轮发电机非驱动端距离机组1 m处不超过85 dB(A)。

5.6.11 水轮发电机与水轮机组装完毕后,机组转动部件的第一阶临界转速应不小于飞逸转速的120%。

5.6.12 在调速系统正常工作时,水轮发电机在甩负荷后可不经任何检查并入系统。

5.6.13 推力轴承支架应能承受水轮发电机组所有转动部件的重量和水轮机最大水推力叠加后的动载荷,并应能与导轴承机架一起安全地承受由于水轮机转轮引起的水力不平衡力,以及由于水轮发电机绕组短路、半数磁极短路等引起的不平衡磁拉力,且不发生有害变形。

5.6.14 水轮发电机推力轴承支架在最大推力负荷作用下的垂直挠度不宜大于1.5 mm。

5.7 结构要求

5.7.1 总体结构

5.7.1.1 水轮发电机的结构型式和总体布置应在专用技术协议或合同中规定。

5.7.1.2 水轮发电机的结构应便于检修,立式水轮发电机在结构允许的条件下应设计成其下机架及水轮机的可拆卸部件在安装和检修时能通过定子铁心内径。

5.7.1.3 水轮发电机的集电环、导轴承和推力轴承的结构应设计成在不影响转子和相关部件情况下便于拆卸、调整和更换。

5.7.1.4 水轮发电机的机座、机架基础的设计应满足安装调整方便以及承受定子绕组突然短路扭矩、转子半数磁极短路不平衡力、不平衡水推力及振动力作用下,不发生异常变形和位移。

5.7.1.5 水轮发电机的机座、机架及其他结构部件的固有频率应予以核算,以避免与水轮机的转频、水力脉动频率及其倍频,或与不对称运行时转子和定子铁心的振动频率、电网频率及其倍频、建筑物的频率产生任何可能的共振。

5.7.1.6 应根据检修维护集电环、电刷、轴承、制动器和测速装置的需要,考虑必需的平台、支撑、人孔、梯子、栏杆等。应设置可观察电刷磨损情况的观察孔。在所有转动部件和带电部件周围应设置适当的防护。

5.7.1.7 水轮发电机机坑内应视情况分别设置电热、除湿系统和照明系统,具体配置应在专用技术协议或合同中规定。

5.7.1.8 水轮发电机出线端相序排列应为:面对水轮发电机出线端从左至右排列顺序为 U、V、W。如采用其他相序排列,应在专用技术协议或合同中规定。

5.7.1.9 水轮发电机的定子绕组主引出线、中性点引出线的数目、方向和布置以及中性点的接地方式应在专用技术协议或合同中规定。

5.7.1.10 水轮发电机的结构部件表面应清理干净,并涂以保护层或采取防护措施。表面颜色按用户提供色卡确定。

5.7.1.11 为防止杂散电流通过,水轮发电机的轴承及其他导电部件,如定子、机架、支撑件、密封件和检测器等应根据需要设置绝缘。水轮发电机的定子机座、机架、油冷却器、空气冷却器、机坑内的所有金属管路及要求接地的其他部件应可靠接地。

5.7.2 主要部件

5.7.2.1 定子

水轮发电机定子应满足下列要求:

- 根据运输条件和具体要求,水轮发电机的定子机座可采用整体或分瓣结构。整体结构定子机座的定子应在工厂内组装、叠片和嵌线,整体运输至电站现场。分瓣结构定子机座的定子应在电站现场组圆、叠片和嵌线。制造厂应提供吊装方法及起吊专用工具。
- 定子铁心应由高导磁率、低损耗、无时效、机械性能优良的优质冷轧薄硅钢冲片叠压而成。
- 定子线圈的绝缘可采用加热模压固化工艺成型或真空压力浸渍。

5.7.2.2 转子

水轮发电机转子应满足下列要求:

- 水轮发电机的轴系可采用一根轴或多段轴的组合结构,其转子支架可采用整体锻造、整体铸造、铸焊组合或钢板焊接结构。轴系结构设计应便于现场轴线找正和调整。
- 磁轭可采用整体、厚板叠片式或薄板叠片式结构。对薄板叠片式磁轭结构,磁轭钢板可经高精度的冲模或激光切割加工而成。
- 磁极结构的设计应能承受运行时的振动、热变形、飞逸时的离心力及电气短路等所产生的作用力。
- 转子绕组可由铜排经银铜焊焊接而成,或由无氧退火铜排采用扁绕工艺制成。其连接接头应设计成便于拆卸和检修。
- 转子应设置完整的阻尼绕组(或具有阻尼作用的结构),如无阻尼绕组应在专用技术协议或合同中规定。

f) 转子组装后应满足整体吊装的要求。制造厂应提供吊装方法及相关吊具。

5.7.2.3 轴承

水轮发电机轴承应满足下列要求：

- a) 水轮发电机的推力轴承，可采用润滑油在油槽内冷却的自循环系统，也可采用外部冷却循环系统；导轴承宜采用润滑油在油槽内冷却的自循环系统。
- b) 推力轴承瓦可采用轴承合金（巴氏合金）瓦或弹性金属塑料瓦。弹性金属塑料瓦技术要求应符合 JB/T 10180 和 DL/T 622 的规定。
- c) 采用轴承合金（巴氏合金）的推力轴承和导轴承，在油槽油温不低于 10℃ 时，应允许水轮发电机组启动；采用弹性金属塑料瓦的推力轴承和导轴承，在油槽油温不低于 5℃ 时，应允许水轮发电机组启动，并允许水轮发电机在停机后立即启动和在事故情况下不制动停机。
- d) 水轮发电机可采用可更换的镜板，或镜板与推力头锻成一体的推力头镜板，或镜板与推力头和主轴锻成一体的组合结构。镜板满足 JB/T 7023 和 JB/T 56183 的规定。
- e) 当油冷却器冷却水中断时，轴承允许运行时间应在专用技术协议或合同中规定。
- f) 推力轴承和导轴承的油槽应采取防甩油和密封措施，严防润滑油甩出和油雾逸出。
- g) 用于所有轴承的透平油，其物理特性和化学特性应符合 GB 11120 的规定。

5.7.2.4 机架

水轮发电机机架应满足下列要求：

- a) 机架的结构设计应保证轴系在导轴承处有足够的刚度，并应能满足在各种事故工况下（如半数磁极短路、水轮发电机出口短路等）机组稳定的要求；
- b) 负荷机架应能承受水轮发电机组所有转动部分的重量和水轮机最大水推力叠加后的动荷载，并应能与导轴承支架一起安全地承受由于水轮机转轮引起的不平衡力，以及由于水轮发电机绕组短路、半数磁极短路等引起的不平衡磁拉力，且不发生有害变形。

5.8 通风冷却系统

5.8.1 水轮发电机可采用下列通风冷却系统：

- a) 开启式自通风冷却系统；
- b) 管道通风冷却系统；
- c) 密封循环通风冷却系统。

具体的通风冷却系统方式，可在专用技术协议或合同中规定。

5.8.2 空气冷却器和油冷却器的冷却水压力可按 0.2 MPa~0.3 MPa 进行设计，水压降应不超过 0.1 MPa。冷却器的试验压力为工作压力的 1.5 倍，历时 60 min 无渗漏。

5.8.3 空气冷却器和油冷却器应采用紫铜管、铜镍合金的无缝管或其他能防锈蚀的管材。

5.8.4 冷却器应能防止沉淀物的堆积，并便于检修和清洗。油冷却器在拆卸和复位时，不需要拆卸推力轴承。

5.9 制动系统

5.9.1 额定容量为 250 kVA 以上采用滑动轴承的水轮发电机（具有制动喷嘴的冲击式水轮发电机组除外）应设置有制动装置；额定容量为 1 000 kVA 以上的水轮发电机优先采用压缩空气操作的机械制动装置。

5.9.2 采用压缩空气操作机械制动装置的立式水轮发电机，其机械制动装置靠压力供油应能顶起机组转动部件并可靠地锁定。

5.9.3 水轮发电机采用压缩空气操作的机械制动时,其空气压力一般为 0.5 MPa~0.8 MPa。制动系统应能在专用技术协议或合同中规定的时间内,使机组的转动部分从 20%~30% 额定转速(当推力轴承采用巴氏合金瓦时)和 10%~20% 额定转速(当推力轴承采用弹性金属塑料瓦时)连续制动停机。

5.9.4 制动器应安全可靠,动作灵活,无吸持卡阻状况。

5.10 灭火系统

水轮发电机灭火系统的设置应符合 SDJ 278—1990 的规定或在专用技术协议或合同中规定。

5.11 检测系统

5.11.1 为测量定子绕组和定子铁心的温度,额定容量大于 1 000 kVA 的水轮发电机应在定子槽内至少埋设 6 个电阻温度计;额定容量 1 000 kVA 及以下的水轮发电机可不必埋设温度计。

5.11.2 为测量推力轴承及导轴承的温度,应在轴承瓦内至少放置 1 个温度计和 1 个温度信号计,具体数量应在专用技术协议或合同中规定。

5.11.3 水轮发电机的检测装置及相关的自动化元件,其规格、型式和性能要求应在专用技术协议或合同中规定。

5.12 励磁系统

水轮发电机励磁系统的供货和技术性能要求应在专用技术协议或合同中规定,并符合 GB/T 10585 的规定。

6 供货范围

水轮发电机供货范围包括下列内容:

- a) 发电机本体及其附属设备;
- b) 备品备件(参见附录 A);
- c) 专用工具(参见附录 B);
- d) 技术资料(参见附录 C)。

注:励磁系统成套装置的供货应在专用技术协议或合同中规定。

7 试验、验收

7.1 每台(件)产品应经检验合格后才能出厂,并应附有产品质量检查合格证。

7.2 产品试验项目能在制造厂内进行的,均应在制造厂内完成。对不能在制造厂内进行总装配的水轮发电机,应以国家标准和有关规程规范及制造厂的技术文件为依据,在工地安装完毕后,在制造厂技术人员指导、检查和监督下进行交接试验和启动试运行试验。

7.3 水轮发电厂内主要检查项目应包括:

- a) 转子单个线圈电阻和绝缘电阻测定及定子、转子单个线圈耐电压试验;
- b) 定子多匝叠绕线圈匝间耐电压试验;
- c) 定子单个线圈冷热状态的介质损失角正切试验及常态增量测定,起晕电压的测定(额定电压 6 300 V 以下者不试验);
- d) 对工件尺寸、装配尺寸进行校验,对部件进行必要的预组装;
- e) 水轮发电机和水轮机轴的预组装并检查轴线偏差;
- f) 冷却器和制动器的耐压试验。

注:对在制造厂内完成定子、转子分装配的水轮发电机,厂内检查项目还应包括本标准 7.4 所列的 a)~h) 项。

7.4 水轮发电机现场主要交接试验项目应包括：

- a) 定子铁心的铁损试验；
- b) 绕组对机壳及绕组相互之间绝缘电阻的测定；
- c) 测温元件绝缘电阻的测定；
- d) 绕组在实际冷态下直流电阻的确定；
- e) 定子绕组对机壳直流耐电压试验；
- f) 绕组对机壳及绕组相互间工频耐电压试验；
- g) 定子绕组整体起晕电压试验(额定电压 6 300 V 以下者不试验)；
- h) 转子每个磁极交流阻抗的测定；
- i) 轴承绝缘电阻的测定(无绝缘者不测)；
- j) 油-气-水系统试验(压力和功能试验)。

7.5 水轮发电机启动试运行的主要试验项目应包括：

- a) 轴承温度的测定；
- b) 振动测定；
- c) 动平衡校准(有必要时)；
- d) 超速试验；
- e) 相序测定；
- f) 短时过电流和升高电压试验；
- g) 空载特性的测定；
- h) 三相稳态短路特性的测定；
- i) 额定励磁电流和电压变化率的测定；
- j) 电压波形正弦性畸变率和电压谐波因数的测定；
- k) 甩负荷试验。

7.6 水轮发电机性能试验的主要试验项目应包括：

- a) 噪声水平测定；
- b) 绕组电抗和时间常数的测定(仅对额定容量 500 kVA 以上的水轮发电机进行,测量方法应按 GB/T 1029 执行)；
- c) 效率和损耗的测定(水轮发电机的推力轴承损耗,只计入由水轮发电机转动部件引起的那部分损耗)；
- d) 温升试验；
- e) 过励调相及欠励进相运行试验(可按用户要求进行)；
- f) 三相突然短路试验(可按用户要求进行)；
- g) 飞逸转速试验(可按用户要求进行)。

注：由用户选择一台机组在设备保证期内的适当时机进行。

8 标志、包装、运输和保管

8.1 每台水轮发电机应有一个永久性固定的铭牌,在水轮发电机的铭牌上应标明：

- a) 产品名称；
- b) 制造厂名；
- c) 制造厂出厂编号；
- d) 产品型号；
- e) 额定容量(kVA)；
- f) 额定电压(V)；

- g) 额定电流(A);
- h) 额定频率(Hz);
- i) 相数;
- j) 定子绕组接线;
- k) 额定功率因数($\cos\phi$);
- l) 额定励磁电压(V);
- m) 额定励磁电流(A);
- n) 额定转速(r/min);
- o) 飞逸转速(r/min);
- p) 绝缘等级;
- q) 出厂年月。

8.2 水轮发电机及其所有合同供货范围内的附件,其包装、运输、保管和储运应满足 GB/T 13384、JB/T 8660 和 GB/T 191 的要求。

8.3 制造厂每次发运的货物名称、数量、箱数、编号、发运时间、地点、车次等应在发运的同时通知收货单位。

8.4 设备运到工地后,应由制造厂代表、用户代表及监理人员共同参加开箱检查,如发现所到设备损坏、错发、缺件等问题,应由制造厂尽快采取补救措施。

8.5 水轮发电机及其所有合同供货范围内的附件运到工地后,均应储存在有掩蔽的库房内,并将以下零部件储存在温度不低于 5℃ 的干燥保温库房内:

- a) 定子线圈和下线后的定子;
 - b) 转子线圈和磁极装配;
 - c) 定子和转子冲片;
 - d) 推力轴承和导轴承;
 - e) 转轴;
 - f) 集电环;
 - g) 空气冷却器、油冷却器;
 - h) 高压油顶起装置;
 - i) 励磁装置(如果由水轮发电机制造厂供货);
 - j) 精密仪表、各种盘柜、互感器、电气绝缘部件等。
- 特殊材料(润滑油、绝缘漆等)应按制造厂保管说明存放。

9 安装

小型水轮发电机的安装应符合 GB/T 8564 的要求和制造厂提供的产品安装、使用、维护说明书的规定。

10 试运行及保证期

10.1 水轮发电机及其附属设备在工地安装、试验完毕后正式投入商业运行之前,应进行试运行和交接试验。试运行和交接试验按 GB/T 8564、DL/T 507 等有关规定执行。

10.2 每台水轮发电机应进行试运行试验,以验证机组进行正常连续商业运行的能力,试运行持续时间为 72 h。验收合格后由用户签署验收证书。

10.3 水轮发电机及其附属设备保证期限为投入商业运行后 1 a,但从最后一批交货之日起不超过 2 a。保证期内如因制造质量不良而损坏或不能正常工作,制造厂应无偿为用户修理或更换。

附 录 A
(资料性附录)
备 品 备 件

A.1 额定容量为 2 000 kVA 以下的水轮发电机,可不提供备品备件。如需提供备品备件,其种类和数量可由用户和制造厂协商后在专用技术协议或合同中规定。

A.2 额定容量为 2 000 kVA 及以上者,制造厂应随水轮发电机提供表 A.1 开列的最小数量的备品备件。如需变更备品备件的种类和数量,用户和制造厂协商后可在专用技术协议或合同中规定。

表 A.1 水轮发电机主要备品备件

序号	名 称	单位	数 量		
			1 台机~2 台机	3 台机~4 台机	5 台机~6 台机
1	定子条形线棒(上层)	台份	1/15	2/15	3/15
2	定子条形线棒(下层)	台份	1/30	2/30	3/30
3	定子多匝叠绕线圈	台份	1/15	2/15	3/15
4	推力轴承瓦	台份	1	1	1
5	上导轴承瓦	台份	1	1	1
6	下导轴承瓦	台份	1	1	1
7	套筒轴承瓦(卧式轴承)	台份	1	1	1
	制动块、密封圈、弹簧	台份	1	1	2
8	磁轭键	对	1	2	3
9	磁极键	台份	1/8	1/8	1/8
10	集电环电刷	台份	每台机各 1		
11	集电环电刷盒及弹簧	台份	1/4	2/4	3/4
12	轴承用绝缘板、绝缘套筒	台份	1	1	1
13	磁极线圈(各类型)	个	1	1	1
14	阻尼环接头	台份	1/10	2/10	3/10
15	定子槽楔	—	按上层线棒备用量的 1/3 数量		
16	绝缘包扎材料	—	按一节距定子线圈所需数量		
17	电阻温度计	个	每台机各类型各 2		
18	电接点电阻温度计	个	每台机各类型各 1		
19	磁轭压紧螺杆	套	每台机配各类螺杆 1/10~1/20		
注 1:“台份”系指每台机所需的份数(或数量)。					
注 2:对定子多匝叠绕线圈(项 3)最少分别不少于 1 个、2 个和 3 个节距定子线圈的数量。					

附 录 B
(资料性附录)
专 用 工 具

制造厂宜随同水轮发电机提供表 B.1 开列的最小数量的专用工具,如需变更专用工具的种类和数量,用户和制造厂协商后可应在专用技术协议或合同中规定。

表 B.1 水轮发电机主要专用工具

序号	项 目	单 位	数 量
1	定子吊装工具	套	1
2	转子吊装工具	套	1
3	磁极紧固及拆卸专用工具	套	1
4	推力轴承、导轴承组装及拆卸工具	套	1

附 录 C
(资料性附录)
技 术 资 料

水轮发电机制造厂应向用户提交必要的图纸、资料。图纸、资料提交的种类、份数和日期,可在专用技术协议或合同中规定。

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
小型水轮发电机基本技术条件
GB/T 27989—2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235
读者服务部: (010) 68523946

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 1.25 字数 32 千字
2012年3月第一版 2012年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-44410 定价 21.00 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) 68510107



GB/T 27989—2011