

机械工业出版社 汇编

水电设备标准汇编

水轮发电机



水电设备标准汇编

——水轮发电机

机械工业出版社 汇编



机械工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水电设备标准汇编：水轮发电机/机械工业出版社汇编.
—北京：机械工业出版社，2004.4
ISBN 7-111-14142-3

I. 水... II. 机... III. ①水力发电站-设备-标准-汇编-中国②水轮发电机-标准-汇编-中国
IV. TV73-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019332 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：沈 红 庞 晖 责任校对：陈延翔

封面设计：姚 毅 责任印制：施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm × 1240mm A4·18.5 印张·556 千字

0 001—1 000 册

定价：68.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

出版说明

自我国加入了世界贸易组织后，标志着我国要在更大范围和更深程度上参与经济全球化进程。标准化是推动技术进步、产业升级，提高产品质量，促进经济结构战略性调整，推进我国完成工业现代化建设，从而向信息化社会迈进的重要技术基础。积极采用国际标准和国外先进标准，提高我国电工产品的标准化水平，是提高我国产品国际竞争力的重要手段。

为满足广大水电设备生产企业和水电建设规划设计、施工单位，水电厂以及各级管理部门的需要，我们对水电设备标准进行了汇编。即将有关水电设备标准的最新版本尽快地提供给广大用户。

为便于使用，本汇编以水电设备成套设备为工作对象，分水轮机、水轮发电机、调速器与油压装置、水轮发电机励磁装置及电站自动化四册出版。

目 录

1. GB/T 7894—2001 水轮发电机基本技术条件	1
2. GB/T 7064—2002 透平型同步电机技术要求	15
3. GB 755—2000 旋转电机 定额和性能	38
4. GB/T 4942.1—2001 旋转电机外壳防护分级(IP 代码)	78
5. GB 10068—2000 轴中心高为 56mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值	93
6. GB/T 17948.1—2000 旋转电机绝缘结构功能性评定 散绕绕组试验 规程 热评定与分级	102
7. GB/T 4772.1—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 1 部分: 机座号 56 ~ 400 和凸缘号 55 ~ 1080	127
8. GB/T 4772.2—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 2 部分: 机座号 355 ~ 1000 和凸缘号 1180 ~ 2360	167
9. JB/T 3320.1—2000 小型无刷三相同步发电机技术条件	177
10. JB/T 3320.2—2000 小型单相同步发电机技术条件	193
11. JB/T 3334.1—2000 水轮发电机用制动器 第 1 部分: 立式水轮发电机用制动器	205
12. JB/T 3334.2—2000 水轮发电机用制动器 第 2 部分: 卧式水轮发电机用制动器	210
13. JB/T 6204—2002 高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐电压试验规范	215
14. JB/T 7023—2002 水轮发电机镜板锻件技术条件	220
15. JB/T 9615.1—2000 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘试验方法	224
16. JB/T 9615.2—2000 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘试验限值	233
17. JB/T 10098—2000 交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平	238
18. JB/T 10180—2000 水轮发电机推力轴承弹性金属塑料瓦技术条件	245
19. DL/T 817—2002 立式水轮发电机检修技术规程	251
20. GB 14711—93 中小型旋转电机安全通用要求	276

前 言

本标准非等效采用国际电工委员会标准 IEC 34-1:1996《旋转电机 定额和性能》(第 10 版)。部分条款技术指标高于 IEC 34-1 的要求,部分条款技术指标与 IEC 34-1 水平一致。在编制过程中参照了 IEC 894:1987(第 1 版),美国 Std IEEE 43—1974, Std NEMA MG5.1—1974, ANSI C50.12—1982 和俄罗斯 ГOCT 5616—1989 等有关标准。

本标准编制过程中在原标准的基础上,根据水电技术进步和发展,对国际标准和国外先进标准认真研究、积极采用、区别对待并针对原标准实施中存在的问题,主要作如下修改:

- 名词术语与 IEC 标准尽量统一;
- 总体框架及条文编排作重大增删和调整,以适应国内外水电设备招标需要;
- 补充了容量和效率、绝缘性能与试验、总体布置和结构强度等共约 50 余条文;
- 一些条文的指标和限值作了部分调整和提高。

本标准自实施之日起,原 GB/T 7894—1987《水轮发电机基本技术条件》作废。

本标准由国家机械工业局提出。

本标准由全国旋转电机标准技术委员会归口。

本标准由哈尔滨电机厂有限责任公司负责起草。

本标准主要起草人:刘公直、王建刚、朱元巢、韩祖荫、唐远伟、李渝珍、易卜吉。

本标准委托哈尔滨大电机研究所负责解释。

中华人民共和国国家标准

水轮发电机基本技术条件

GB/T 7894—2001

Fundamental technical specifications
for hydro generators

代替 GB/T 7894—1987

1 范围

本标准适用于与水轮机直接或间接连接的三相 50 Hz 凸极同步发电机(以下简称水轮发电机)。

本标准未规定的事项均应符合 GB 755—2000《旋转电机 定额和性能》。如有特殊要求,用户和制造厂可在专用的技术协议中规定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 156—1993 标准电压(neq IEC 60038:1983)

GB 755—2000 旋转电机 定额和性能(idt IEC 60034-1:1996)

GB/T 5321—1985 用量热法测定大型交流电机的损耗及效率(neq IEC 60034-2A:1974)

GB/T 7409.3—1997 同步电机励磁系统大、中型同步发电机励磁系统技术要求

GB 8564—1988 水轮发电机组安装技术规范

JB 8439—1996 高压电机使用于高海拔地区的防电晕技术要求

JB/T 8660—1997 水电机组包装、运输和保管规范

JB/T 10180—2000 水轮发电机推力轴承弹性金属塑料瓦技术条件

DL/T 622—1997 立式水轮发电机弹性金属塑料推力轴瓦技术条件

3 使用环境条件

水轮发电机在下列使用条件下应能连续额定运行;

- a) 海拔高度不超过 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、油冷却器和水直接冷却的水轮发电机的热交换器进水温度不大于 28 ℃,也不低于 +5 ℃;
- d) 水直接冷却的水轮发电机直接冷却部分的进水温度为 30 ℃ ~ 40 ℃,水的电导率不大于(0.5 ~ 5)μS/cm;
- e) 厂房内相对湿度不超过 85%;
- f) 安装在掩蔽的厂房内。

4 技术要求

4.1 基本技术要求

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2001-07-12 批准

2001-12-01 实施

4.1.1 在下列情况下，水轮发电机应能输出额定容量：

- a) 在额定转速及额定功率因数时，电压与其额定值的偏差不超过 $\pm 5\%$ ；
- 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超过 $\pm 1\%$ ；
- 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 $\pm 5\%$ 和 $\pm 1\%$ ），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，或为正与负偏差，两者偏差的百分数绝对值之和不超过 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）。

4.1.2 水轮发电机的额定功率因数一般为：

- a) 额定容量为 50 MVA 及以下者，不低于 0.8（滞后）；
- b) 额定容量大于 50 MVA 但不超过 200 MVA 者，不低于 0.85（滞后）；
- c) 额定容量大于 200 MVA 者，不低于 0.9（滞后）。

4.1.3 水轮发电机的额定电压值由用户和制造厂商定，应符合 GB 156 的规定。

4.1.4 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	333.3	300
250	214.3	200	187.5	166.7	150	142.9	136.4	125
115.4	107.1	100	93.8	88.2	83.3	75	71.4	68.2
62.5	60							

4.2 电气特性

4.2.1 容量

a) 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。

如用户有要求，水轮发电机可设置最大容量。此时的功率因数、参数值、允许温升以及与连续运行有关的产品性能由制造厂与用户商定并在专用技术协议中规定。

b) 水轮发电机应具备长期进相和滞相运行的性能。其进相和滞相的容量和运行范围及带空载长线路允许的充电容量由用户与制造厂协商并在专用技术协议中规定。

c) 对具有 8 个及以上空气冷却器的立式水轮发电机，在正常进水条件下停用 1 个冷却器时发电机仍能以额定容量连续运行，各部件的温升不超过规定值。对空气冷却器少于 8 个的发电机，当停用 1 个冷却器时的允许运行容量应在专用技术协议中规定。

4.2.2 温升

4.2.2.1 绕组、定子铁心等部件温升

空气冷却及水直接冷却的水轮发电机在规定的运行环境条件（按第 3 章）及额定工况下，定子、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限值

K

热分级	B			F		
	Th	R	ETD	Th	R	ETD
水轮发电机部件						
空气冷却的定子绕组		80	85		100	105
定子铁心		80	85		100	105
水直接冷却的定子绕组、转子绕组和定子铁心的出水	25			25		
两层及以上的转子绕组		80			100	
表面裸露的单层转子绕组		90			110	

表 1 (完)

K

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				
集电环	80			90	
注					
1 Th——温度计法；R——电阻法；ETD——埋置检温计法。					
2 考虑水轮发电机在非基准运行条件和定额(海拔高度超过 1 000 m, 冷却空气温度超过 40 ℃及额定电压超过 11 000 V 等)可参照 GB 755 进行修正。					
3 对经常承受周期负载或经常每天起动 2 次以上的水轮发电机, 应考虑对本表中所规定的温升限值降低(5 ~ 10)K。					

4.2.2.2 轴承温度

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应不超过下列数值:

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 ℃

4.2.3 效率

4.2.3.1 额定效率

水轮发电机在额定容量、额定电压、额定功率因数及额定转速运行时的额定效率保证值应在专用技术协议中规定。

4.2.3.2 加权平均效率

加权平均效率是发电机在额定电压、额定转速及规定不同的功率因数和不同容量工况下对应的发电机加权效率值。

发电机的加权平均效率按下列公式计算得出, 其中加权系数由用户提供。

$$\eta = A\eta_1 + B\eta_2 + C\eta_3 + \dots$$

式中: A、B、C、……——对应规定的功率因数和容量工况下的加权系数;

η_1 、 η_2 、 η_3 、……——对应规定的功率因数、容量及加权系数的效率值。

水轮发电机的损耗和效率采用量热法测定, 参见 GB/T 5321。

4.2.4 参数和时间常数

水轮发电机的电气参数如同步电抗、瞬态电抗、超瞬态电抗、短路比及时间常数等应在专用技术协议中规定。

4.2.5 波形畸变系数

a) 水轮发电机定子绕组接成正常工作接法时, 在空载及额定电压下, 线电压波形正弦性畸变率应为下列数值:

- 额定容量大于 300 kVA 者不超过 5%;
- 额定容量为 300 kVA 及以下者不超过 10%。

b) 水轮发电机在空载额定电压和额定转速时, 线电压的电压谐波因数(THF)应为下列数值:

- 额定容量为 300 kVA ~ 1 MVA 者不超过 5%;
- 额定容量大于 1 MVA ~ 5 MVA 者不超过 3%;
- 额定容量大于 5 MVA 者不超过 1.5%。

4.2.6 特殊运行要求

a) 水轮发电机在事故条件下允许短时过电流。定子绕组过电流倍数与相应的允许持续时间按表 2 确定。但达到表 2 中允许持续时间的过电流次数平均每年不超过 2 次。

表 2 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	
	空气冷却定子绕组	直接冷却定子绕组
1.1	60	
1.15	15	
1.20	6	
1.25	5	
1.30	4	
1.40	3	2
1.50	2	1

注：对具有过负荷运行要求的水轮发电机(见 4.2.1a)，其定子绕组允许过电流倍数及持续时间按专用技术协议。

b) 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：

空气冷却的水轮发电机不少于 50 s；

直接冷却或加强空气冷却的水轮发电机不少于 20 s。

c) 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电流 I_N ，且其负序电流分量(I_2)与额定电流之比(标么值)为下列数值时应能长期运行：

额定容量为 125 MVA 及以下的空气冷却水轮发电机不超过 12%；

额定容量为大于 125 MVA 的空气冷却水轮发电机不超过 9%；

定子绕组直接冷却的水轮发电机不超过 6%。

d) 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与额定电流之比(标么值)的平方与允许不对称运行时间 t (s) 之积 $(I_2/I_N)^2 \times t$ 应为下列数值：

空气冷却的水轮发电机：40 s；

定子绕组直接冷却的水轮发电机：20 s。

4.2.7 同期并入系统

水轮发电机应能适应在系统中调峰、调频及开、停机频繁的运行要求。对大、中容量的水轮发电机应采用自动准同期方式与系统并列。

4.2.8 主、中性引出线和相序

4.2.8.1 主、中性引出线

水轮发电机定子绕组主引出线数目一般为 3 个或 6 个。引出线的方向和布置及多支路的定子绕组结构主引出线和中性引出线数目由用户与制造厂商定。

水轮发电机中性点的接地方式、接地装置及其结构型式和技术数据应在专用技术协议中规定。

4.2.8.2 相序

发电机出线端相序排列应为：面对发电机出线端，从左至右水平方向的顺序为 U、V、W。

如采用其他相序排列，应在专用技术协议中规定。

4.2.9 绝缘性能与试验

a) 水轮发电机定子绕组对机壳或绕组间的绝缘电阻值在换算至 100 ℃，应不低于按下式计算的数值：

$$R = \frac{U_N}{1\,000 + 0.01 S_N}$$

式中： R ——绝缘电阻， $M\Omega$ ；

U_N ——水轮发电机的额定线电压，V；

S_N ——水轮发电机的额定容量，kVA。

对于干燥清洁的水轮发电机，在室温 t ($^{\circ}C$) 的定子绕组绝缘电阻值 R_t ($M\Omega$)，可按下式进行修正：

$$R_t = R \times 1.6^{\frac{100-t}{10}}$$

式中： R ——对应温度为 $100^{\circ}C$ 的绕组热态绝缘电阻计算值， $M\Omega$ 。

b) 转子单个磁极挂装前及挂装后在室温 $+10^{\circ}C \sim +30^{\circ}C$ 用 $500 V$ 或 $1\,000 V$ 兆欧表测量时，其绝缘电阻值应不小于 $5 M\Omega$ 。挂装后转子整体绕组的绝缘电阻值应不小于 $0.5 M\Omega$ 。

c) 水轮发电机定子绕组在实际冷态下，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% 。

d) 水轮发电机定子绕组的极化系数 R_{10}/R_1 (R_{10} 和 R_1 为在 10 min 和 1 min 温度为 $40^{\circ}C$ 以下分别测得的绝缘电阻值) 应不小于 2.0 。

e) 水轮发电机定子线棒(线圈)常态介质损失角正切及其增量的限值应符合表 3 的规定。

表 3 常态介质损失角正切及其增量限值

试验电压	$0.2 U_N$	$0.2 U_N \sim 0.6 U_N$
介质损失角 正切值及其增量	$\text{tg} \delta$	$\Delta \text{tg} \delta = \text{tg} \delta_{0.6 U_N} - \text{tg} \delta_{0.2 U_N}$
指标值, %	≤ 3	≤ 1

注： U_N ——水轮发电机额定线电压，kV。

f) 有绝缘要求的水轮发电机推力轴承、导轴承、座式滑动轴承及埋置检温计均应对地绝缘，其绝缘电阻值在 $+10^{\circ}C \sim +30^{\circ}C$ 测量时，应不小于表 4 的规定。

表 4 发电机轴承各部绝缘电阻

水轮发电机部件	绝缘电阻值 $M\Omega$	绝缘电阻 测量仪器	说 明
推力轴承	1	1 000 V 兆欧表	在推力轴承、导轴承装入温度计 注入润滑油前测量 卧式水轮发电机轴承仅需一端绝 缘
导轴承	1		
座式滑动轴承	1		
定子埋置检温计	1	250 V 兆欧表	

g) 额定电压为 $6\,300 V$ 及以上的水轮发电机，当使用地点在海拔高度为 $4\,000 \text{ m}$ 及以下时，其定子单个线棒(线圈)应在 1.5 倍额定线电压下不起晕；整机耐电压时，在 1.0 倍额定线电压下，端部应无明显的金黄色亮点和连续晕带。当海拔高度超过 $1\,000 \text{ m}$ 时，电晕起始电压试验值应按 JB 8439 进行修正。

h) 额定电压为 $6\,300 V$ 及以上的水轮发电机在进行交流耐电压试验前，应对定子绕组进行 3 倍额定电压的直流耐电压和泄漏测定。试验电压分级稳定地升高，每级为 0.5 倍额定电压，且持续 1 min 。泄漏电流应不随时间延长而增大，各相泄漏电流的差值应不大于最小值的 50% 。

i) 水轮发电机应能承受表 5 中所规定的 50 Hz 交流(波形为实际正弦波形)耐电压试验，历时 1 min 而绝缘不被击穿。

表5 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)
定子绕组: a) 额定线电压为 24 000 V 及以下 b) 额定线电压为 24 000 V 以上	2 倍额定线电压 + 3 000 V 按专用技术协议
转子绕组: a) 额定励磁电压为 500 V 及以下 b) 额定励磁电压为 500 V 以上	10 倍额定励磁电压(最低为 1 500 V) 2 倍额定励磁电压 + 4 000 V
注 1 表 5 中所列出厂试验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。其交接试验电压为出厂试验电压的 0.8 倍。 2 对在工地完成定子、转子分装配的发电机, 如定子、转子已分别按表 5 通过耐电压试验, 则在总装配后按表 5 试验电压的 0.8 倍进行交接试验。	

4.3 机械特性

4.3.1 水轮发电机的规定旋转方向, 从非驱动端看为顺时针方向。如有特殊要求, 应在专用技术协议中规定。

4.3.2 水轮发电机的转动部分, 应满足水电站调节保证计算和电网稳定性对 GD^2 值的要求。当调速器系统正常工作时, 允许水轮发电机在甩负荷后, 不经任何检查并入系统。

4.3.3 水轮发电机和与其直接或间接连接的辅机, 应能在飞逸转速下运转 5 min 而不产生有害变形。如要求飞逸时间超过 5 min 由用户与制造厂商定。

4.3.4 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或损坏。

4.3.5 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, 而不产生有害变形或损坏。

4.3.6 水轮发电机的结构强度应能满足使用地点地震烈度的要求。地震加速度数值由用户提出并在专用技术协议中规定。

4.3.7 水轮发电机的定子和转子组装后, 定子内圆和转子外圆半径的最大或最小值分别与其平均半径之差不大于设计气隙值的 $\pm 4\%$ 。

定子和转子间的气隙, 其最大值或最小值与其平均值之差应不超过平均值的 $\pm 8\%$ 。

4.3.8 对装有推力轴承和导轴承的立式水轮发电机的机架, 其垂直方向和水平方向的允许双幅振动值, 以及卧式水轮发电机轴承在垂直方向的允许双幅振动值, 应不大于表 6 的规定。

表6 水轮发电机振动(双幅)允许限值

项 目	额定转速, r/min				
	≤ 100	$> 100 \sim 250$	$> 250 \sim 375$	$> 375 \sim 750$	> 750
振动允许值(双振幅), μm					
推力轴承支架的垂直振动	100	80	70	60	50

表 6 (完)

项 目	额定转速, r/min				
	≤ 100	> 100 ~ 250	> 250 ~ 375	> 375 ~ 750	> 750
	振动允许值(双振幅), μm				
导轴承支架的水平振动	140	120	100	70	50
卧式机组各部轴承垂直振动	140	120	100	70	50

注: 振动值系指机组在各种正常运行工况下测得的以位移峰-峰值表示的最大振动值。

4.3.9 水轮发电机定子铁心在对称负载工况下, 100 Hz 的允许双幅振动值应不大于 30 μm。

4.3.10 在水轮发电机盖板外缘上方垂直距离 1 m 处测量的噪声水平, 应为下列数值:

额定转速为 250 r/min 及以下者不超过 80 dB (A);

额定转速高于 250 r/min 者不超过 85 dB (A)。

4.3.11 水轮发电机与水轮机组装完毕后, 机组转动部分的第一阶临界转速应不小于最大飞逸转速的 120%。

4.3.12 调峰用的水轮发电机允许年启动次数一般不超过 1 000 次。要求调峰的水轮发电机应在专用技术协议中说明。

4.3.13 水轮发电机的承重机架, 在最大轴向负荷作用下的垂直挠度值在专用技术协议中规定。

4.4 结构基本要求

4.4.1 总体结构

a) 水轮发电机的结构型式和总体布置由用户与制造厂商定。

b) 水轮发电机的结构应便于检修, 在结构允许的条件下应设计成其下机架及水轮机的可拆部件在安装和检修时能通过定子铁心内径。大型机组应设计成在不抽出转子和不拆除上机架的情况下更换定子线棒和转子磁极, 以及对定子绕组端部和定子铁心进行预防性检查。

c) 水轮发电机的集电环、导轴承及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。

d) 水轮发电机上机架、机座及下机架的埋件设计应满足安装调整方便以及承受定子绕组突然短路转矩、转子半数磁极短路不平衡磁拉力、不平衡水推力及振动力作用下, 不发生异常变形和位移。

e) 对可能引起有害共振的水轮发电机的机架、机座及其他结构件的固有频率应予以核算, 以避免与水轮发电机的振动频率和它的倍频, 或与不对称运行时转子和定子铁心的振动频率产生任何可能的共振。

f) 为便于靠近和检查集电环、电刷、轴承、制动器和测速装置, 应具备必须的平台或支撑或人孔或梯子或栏杆。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分周围应设置适当的防护。

g) 水轮发电机应根据需要决定是否设置一个粉尘收集系统或相应结构, 以便除去制动时产生的粉尘。具体设置位置和结构由用户与制造厂商定。

h) 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, 具体配置由用户和制造厂商定。

i) 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、发电机机坑内的金属管路及要求接地的其他部件应设有可靠接地的端子把合螺栓。具体要求由用户提出并在专

用技术协议中规定。

j) 凡需在工地组装的水轮发电机定子机座、机架和转子支架等应在工厂内进行预装，并在分瓣面设置定位连接结构。

k) 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的色卡确定。

4.4.2 主要结构部件

a) 水轮发电机的转子一般应具有阻尼绕组(或具有阻尼作用的结构)。如无阻尼绕组应在专用技术协议中说明。

b) 立式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，也可采用镜板泵外部冷却自循环系统或带油泵装置的外部冷却循环系统。

c) 采用巴氏合金瓦的推力轴承和导轴承的油温不低于 10℃时，应允许水轮发电机启动。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，但此种停机一年之内不宜超过 3 次。

如推力轴承采用高压油顶起装置时，则应允许在高压油顶起装置事故情况下不向推力轴承供压力油停机。

当油冷却器中的冷却水中断时，允许机组带额定容量无损运行的时间应在专用技术协议中规定。

d) 对采用弹性金属塑料瓦的推力轴承不应再设置高压油顶起装置。在油槽油温为 5℃及以上时，应允许水轮发电机启动，并允许机组停机后立即进行热启动。

在导水叶不漏水条件下，允许不施加制动进行惰性停机，但此种停机一年之内不宜超过 3 次。

当油冷却器的冷却水中断时，若瓦体温度不超过 55℃，油槽热油温度不超过 50℃，推力轴承仍应能继续运行，其允许运行时间由制造厂确定。

对推力轴承的结构和塑料瓦的设计制造及其他参数和性能等要求可参照专用技术条件 JB/T 10180 和 DL/T 622。

e) 推力轴承和导轴承的油槽应采取防甩油和密封措施，严防润滑油甩出及油雾逸出。

4.5 通风冷却系统

4.5.1 水轮发电机可采用以下通风冷却系统：

- a) 开启式自通风冷却系统(一般适用于额定容量为 1 MVA 及以下的水轮发电机)；
- b) 管道通风冷却系统(一般适用于额定容量大于 1 MVA 但不大于 4 MVA 的水轮发电机)；
- c) 密闭循环通风冷却系统(一般适用于额定容量大于 4 MVA 的水轮发电机)；
- d) 定子绕组直接冷却和转子绕组空气冷却系统；
- e) 定子绕组、转子绕组水直接冷却系统。

对空气通风冷却系统，允许从发电机出风口引出部分热风供厂房取暖，暖风量和补风量在专用技术协议中规定。

4.5.2 水直接冷却的水轮发电机绕组水系统的管道和设备应采用防锈材料制造。冷却系统的管路应有隔热措施。

4.5.3 空气冷却器和油冷却器的冷却水压力一般按(0.2~0.3)MPa 进行设计。冷却器的试验水压力为工作水压力的 1.5 倍(最低不小于 0.4MPa)，历时 60 min 无泄漏。

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

4.6 制动系统

4.6.1 额定容量为 250 kVA 以上采用滑动轴承的立式水轮发电机应设有制动装置。

额定容量为 1 MVA 以上的立式水轮发电机必须装设一套采用压缩空气操作的机械制动装置。制动系统靠压力供油应能顶起机组转动部分。

根据用户要求，可增设电气制动装置。正常停机时可采用机械制动或电气制动，也可两者配合使用。

根据用户要求，可以制造具有制动系统的卧式水轮发电机。

4.6.2 水轮发电机采用机械制动时,其空气压力一般为(0.5~0.7)MPa。制动系统应能在专用技术协议中规定的预定时间将机组转动部分从20%~30%(采用塑料瓦的发电机为10%~20%)额定转速下连续制动停机。

当水轮机漏水使机组产生的转矩不大于水轮机额定转矩的1%时,制动系统应保证机组制动停机。

4.6.3 水轮发电机单独采用电气制动,当机组转动部分转速达到50%额定转速时,按设置的程序自动投入电气制动停机。

水轮发电机可采用电气制动和机械制动配合使用,当机组转速下降到50%额定转速时,电气制动系统首先投入运行;转速继续下降到额定转速的5%~10%时,再投入机械制动系统直到停机。

电气制动时的电流值应按定子绕组温升和要求制动停机的时间确定,并在专用技术协议中规定。

4.7 灭火系统

4.7.1 额定容量为12.5 MVA及以上的水轮发电机,应在定子绕组端部适当位置装设水喷雾灭火装置。

4.7.2 根据需要可在大、中容量水轮发电机内部的适当部位设置火警探测器(如感烟、感温及红外线等),并可自动启动灭火装置和发出信号。

4.7.3 水灭火系统的供水压力为(0.3~0.6)MPa。灭火环管为紫铜管或不锈钢管,或其他能防锈蚀的管材。

4.8 检测系统和装置及元件

4.8.1 水轮发电机应装有不外界干扰且与发电机转速成线性关系的测速装置,作为调速器和信号装置的信号源。

4.8.2 为测量定子绕组和定子铁心的温度,应在发电机定子槽内至少埋置下列数量的电阻温度计。

对空气冷却的水轮发电机:

a) 额定容量为1 MVA及以下的水轮发电机可不必埋置温度计;

b) 额定容量大于1 MVA但不大于12.5 MVA的水轮发电机埋置6个。

c) 额定容量大于12.5 MVA的水轮发电机埋置12个;当定子绕组并联支路数大于2时,在绕组每相每个并联支路上埋置2个。

对水直接冷却的水轮发电机:

a) 在定子绕组每个并联水路出水端的上、下层线棒间埋置1个;

b) 在定子铁心槽底埋置6个;

c) 每套纯水处理系统进出水总管各埋置1个。

4.8.3 为测量水直接冷却的水轮发电机定子、转子绕组的出水温度:

a) 在定子绕组每个并联水路的绝缘引水管出水端埋置1个电阻温度计;

b) 在每个转子线圈出水端埋置1个电阻温度计。

注:对采用其他冷却介质直接冷却的水轮发电机,其绕组和铁心的检温计埋置数量和位置按专用技术协议。

4.8.4 在每个空气冷却器上均应装设测量冷风温度的电阻温度计1个,并至少在每台电机的2个空气冷却器上分别装设测量冷风温度的信号温度计和测量热风温度的电阻温度计各1个。

根据需要,空气冷却器供水或排水总管上可装设电阻温度计1个。

4.8.5 为测量推力轴承和导轴承的温度,在推力轴承和导轴承巴氏合金瓦内至少应分别放置2个电阻温度计和2个信号温度计;在推力轴承塑料瓦内至少应放置2个信号温度计且每块瓦内应放置1个电阻温度计;在座式滑动轴承内至少放置1个信号温度计或1个电阻温度计;在推力轴承和导轴承油槽内至少放置1个电阻温度计和1个信号温度计。

根据需要,推力轴承和导轴承冷却水出口可分别装设1个电阻温度计。

4.8.6 根据用户要求,可在导轴承、推力轴承及其他适当位置装设位移传感器、速度传感器或加速度传感器,以监测有关部位的振动和变形。

4.8.7 水轮发电机可供选择和采用的自动化检测系统和装置主要有：温度检测装置、液位检测装置、油位传感器、冷却水流量指示传感器、振动检测装置、油混水检测器、轴电流检测装置、火灾报警和自动化灭火系统、粉尘收集系统、加热干燥和除湿检测装置、局部放电检测系统、气隙测量系统及蠕变探测器等。

对每一种自动化检测系统和装置及相关元件的规格、型式和性能要求以及与计算机监控系统接口的配置及选择和采用的可能性和必要性由用户与制造厂商定。

4.9 励磁系统

4.9.1 水轮发电机的励磁系统型式为自并激可控硅整流励磁系统。根据用户要求，制造厂可以提供其他型式的励磁系统并在专用技术协议中说明。

4.9.2 励磁系统的基本技术条件应符合 GB/T 7409.3。

5 供货范围

水轮发电机供货范围包括下列内容：

- 发电机本体及其附属设备(盖板装配、挡风板装配、油水气管路装配、制动装置等)；
- 励磁系统成套装置；
- 供机组调速和信号用的测速装置(无调速系统则不提供)；
- 水直接冷却的水轮发电机成套水处理设备，补水及备用供水装置；
- 备品备件(按专用技术协议规定,表7供参考)；

表7 水轮发电机主要备品备件

名 称	单 位	数 量		
		1~2台机	3~4台机	5台机以上
定子条形线棒(上层)	台份	1/15	2/15	3/15
定子条形线棒(下层)	台份	1/30	2/30	3/30
定子多匝叠绕线圈	台份	1/15	2/15	3/15
推力轴承瓦	台份	1	1	1
上导轴承瓦	台份	1	1	1
下导轴承瓦	台份	1	1	1
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	1
磁轭键	对	1	2	3
磁极键	台份	1/8	1/8	1/8
滑环电刷	台份	每台机各一台份		
滑环电刷盒及弹簧	台份	1/4	2/4	3/4
轴承用绝缘板、绝缘套筒等	台份	1	1	2
磁极线圈(各类型)	个	1	1	1
阻尼环接头	台份	1/10	2/10	3/10
定子槽楔		按上层线棒备用量的 1/3 数量		
绝缘包扎材料		按一个节距定子线圈所需数量		
电阻温度计	个	每台机各类型各 2 个		

表 7 (完)

名 称	单 位	数 量		
		1~2 台机	3~4 台机	5 台机以上
电接点电阻温度计	个	每台机各类型各 1 个		
磁轭压紧螺杆	台份	每台机配各类螺杆的 1/10~1/20		
注				
1 “台份”系指每台机所需的份数(或数量)。				
2 对定子多匝叠绕线圈(项 3)最少分别不小于 1 个、2 个和 3 个节距定子线圈的数量。				
3 如需变更备品备件的数量或种类时,由用户和制造厂商定。				

f) 安装专用设备和工具(在专用技术协议中规定);

g) 安装图样和技术文件。

6 试验及验收

6.1 每台(件)产品须经检验合格后才能出厂,并须附有产品质量检查合格证。

6.2 对在工厂内进行的必要试验项目应有用户代表参加(具体项目按专用技术协议)。对不能在制造厂内进行总装配的水轮发电机,应以国家标准和制造厂的技术文件或有关规程为依据,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或起动试运行试验。

6.3 水轮发电机厂内主要检查试验项目应包括:

a) 硅钢片的磁化特性及损耗试验;

b) 关键部分(转轴、转子支架、冲片、推力头、镜板等)材料的化学成份和或机械性能试验;

c) 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;

d) 定子多匝叠绕线圈匝间耐电压试验;

e) 定子单个线圈冷热状态的介质损失角正切及其常态增量的测定,起晕电压的测定;

f) 对工件尺寸、装配尺寸进行校验,对部件(定子分瓣机座、圆盘式转子支架、导轴承和推力轴承装配及盖板、挡风板装配等)进行必要预组装;

g) 冷却器和制动器的耐压试验;

h) 水直接冷却定子线棒和转子线圈的水压、流量试验;

注:对在制造厂内完成定子、转子分装配的发电机,厂内检查试验项目还应包括第 6.4 条所列 a) 项~j) 项。

6.4 水轮发电机现场主要交接试验项目应包括:

a) 定子铁心磁化(铁损)试验(额定容量为 12.5 MVA 及以下者根据用户需要决定);

b) 水直接冷却定子和转子绕组的水压、流量和检漏试验;

c) 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定;

d) 测温元件绝缘电阻的测定;

e) 绕组在实际冷态下直流电阻的测定;

f) 定子绕组对机壳直流耐电压试验;

g) 绕组对机壳及绕组相互间工频交流耐电压试验;

h) 定子绕组整体起晕电压试验(额定容量为 12.5 MVA 及以下和额定电压为 6 300 V 以下者不试验);

i) 定子绕组对地电容电流测定(额定容量为 12.5 MVA 及以下者不测);

j) 转子每个磁极交流阻抗的测定(额定容量为 12.5 MVA 及以下者根据用户需要决定);

k) 轴承绝缘电阻的测定(滚动轴承无绝缘者不测);

l) 油-气-水系统试验(压力和功能试验)。