

电力工业标准汇编

水电卷

2000

中国电力企业联合会标准化中心 编



中国电力出版社

电 力 工 业 标 准 汇 编

水 电 卷

2000

中国电力企业联合会标准化中心 编

中国电力出版社

电力工业标准汇编

水 电 卷

2000

中国电力企业联合会标准化中心 编

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

*

2002年4月第一版 2002年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 39.75印张 983千字

印数 0001—3000册

*

书号 155083·366 定价 105.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

汇 编 说 明

为使已出版的《电力工业标准汇编》具有连续性，中国电力企业联合会标准化部从 1996 年起，按综合、电气、火电、水电四卷每年编辑、出版上年度标准汇编，以满足当前电力行业广大技术人员的需要。

本标准汇编收集了 2000 年颁布的有关电力工程设计、建设、生产运行等方面的国家标准、行业标准及相应标准的编制说明和条文说明等。

本标准汇编中所有的标准都是最新颁布的，其名称和编号均采用已颁布标准最新版本的用名和编号，并按顺序号列出，以方便查检、使用。但是，在有的标准内容中引用的标准，其编号可能不是最新的，请读者在使用时注意。凡本年度标准汇编中收入的标准与在此前出版的《电力工业标准汇编》中的标准重复时，以本年度标准为最新有效版本，并替代原标准，被修订或被替代的标准即废止。此外，在汇编各标准时，对原标准内容中的编校、印刷方面的疏漏、错误也尽可能地改正。

中国电力企业联合会标准化中心

2001 年 10 月

目 录

汇编说明

DL/T 730—2000	进口水轮发电机（发电/电动机）设备技术规范	1
DL/T 5110—2000	水电水利工程模板施工规范	33
DL/T 5111—2000	水电水利工程施工监理规范	57
DL/T 5112—2000	水工碾压混凝土施工规范	241
DL/T 5113.8—2000	水电水利基本建设工程 单元工程质量等级 评定标准（八）水工碾压混凝土工程	269
DL/T 5114—2000	水电水利工程 施工导流设计导则	293
DL/T 5115—2000	混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范	331
DL/T 5116—2000	水电水利工程 碾压式土石坝施工组织设计导则	359
DL/T 5117—2000	水下不分散混凝土试验规程	383
DL/T 5123—2000	水电站基本建设工程验收规程	413
DL/T 5050—2000	水电水利工程坑探规程	441
DL 5073—2000	水工建筑物抗震设计规范	497
GB 13788—2000	冷轧带肋钢筋	545
GB/T 9142—2000	混凝土搅拌机	557
GB/T 8077—2000	混凝土外加剂匀质性试验方法	609

进口水轮发电机（发电/电动机） 设备技术规范

Specifications for imported equipments of
hydro-generators and generator-motors

DL/T 730—2000

前 言

本标准是根据原电力工业部 1996 年制定、修订电力行业标准计划项目（第一批）（技综〔1996〕40 号文）的安排制定的，在编写格式和规则上以 GB/T1.1《标准化工作导则》为基础，并符合 DL/T 600《电力标准编写的基本规定》。

随着我国改革开放进一步深化和水电建设管理体制的转变，为拓宽建设资金来源，利用外资进口一定数量的水轮发电机和发电/电动机已成为大中型水电站机电设备融资采购和装备现代化的一个重要手段。作为进口设备招标文件编制和合同技术谈判的指南，原能源部曾以能源技〔1992〕75 号文发出通知，印发《进口水轮发电机（发电/电动机）设备技术谈判指南》（以下简称《指南》），在电力（水电）行业内掌握使用。该《指南》由电力行业水电站水轮发电机标准化技术委员会组织编写和技术归口，近几年来在水电工程引进先进的水轮发电机、发电/电动机和灯泡式水轮发电机设备方面起到了谈判指南和技术保证、质量保证的作用，并且对设备采购标书的编制给予了全面的指导。在此期间，我国又引进了一大批包括二滩、三峡（左岸电站）、天荒坪在内的大型水轮发电机、发电/电动机和包括贵港、百龙滩在内的灯泡式水轮发电机组，国际性招标和技术谈判中对《指南》的使用又充分证实了它的实用性和先进性，并且也充实和完善了部分技术内容。为了进一步发挥《指南》在电力行业引进或采购设备中的技术保证作用，水轮发电机标准化技术委员会于 1996 年提出将《指南》作重新修订，修订后的《指南》将作为电力行业标准正式颁发使用。原电力工业部科技司和原中国电力企业标准化部立即给予肯定，作为 1996 年制定、修订电力行业标准计划给以安排。

本标准修订工作由中国水利水电工程总公司和电力行业水电站水轮发电机标准化技术委员会负责组织，修订后的标准主要内容包括：范围，一般（技术）要求，主要参数与技术条件，励磁系统，试验、验收，包装、运输、保管等。考虑到水电站工程项目的具体情况和条件的不同，以及引进设备融资条件的较多差别，将原《指南》可变动性较大的条文即供货范围、技术保证、罚款、索赔等内容在修改及重新编制后列入标准附录。在技术内容上增加了推力轴承弹性金属塑料瓦、定子绕组绝缘冲击强度试验、机组运行状态自动监测系统、自动励磁调节器技术特性和发电机几项试验等方面的内容，补充了直接水冷电机的一些特定的技术要求和试验项目。同时对条文的用语进行了规范。

本标准可作为电力行业进口水轮发电机、发电/电动机、灯泡式水轮发电机设备招标、谈判的通用技术条件，亦可作为国内择优采购国产发电机的技术依据。

本标准附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 都是提示的附录。

本标准由电力行业水电站水轮发电机标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国水利水电工程总公司。

本标准主要起草人：付元初、秦森、许松林。

本标准由电力行业水电站水轮发电机标准化技术委员会负责解释。

目 次

前言

1 范围 4

2 引用标准 4

3 一般要求 5

4 主要参数与技术条件 7

5 励磁系统..... 16

6 试验、验收..... 18

7 铭牌、出品编号..... 21

8 包装、运输、保管..... 23

附录 A（提示的附录）供货范围界定和服务 25

附录 B（提示的附录）备品与备件 26

附录 C（提示的附录）技术文件和图纸 27

附录 D（提示的附录）技术保证、罚款和索赔 30

中华人民共和国电力行业标准

进口水轮发电机（发电/电动机） 设备技术规范

DL/T 730—2000

Specifications for imported equipments
of hydro-generators and generator-motors

1 范围

本标准规定了进口水轮发电机设备的技术要求、试验验收方法及包装、运输、保管的要求。

本标准适用于进口的三相 50Hz 额定容量为 200MVA 及以上的水轮发电机和额定容量为 100MVA 及以上的发电/电动机及额定容量为 20MVA 及以上的灯泡式水轮发电机。

本标准适用于密闭循环空气冷却方式、风扇强迫冷却方式和直接水冷却方式的水轮发电机和发电/电动机。

其他进口水轮发电机、发电/电动机、灯泡式水轮发电机设备可参照本标准的规定执行。

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为本标准的条文。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/T 755—1999 旋转电机——定额和性能
- GB/T 1029—1993 三相同步电机试验方法
- GB/T 1800.3—1998 极限与配合 基础 第三部分：标准公差和基本偏差数值表
- GB/T 1804—1992 一般公差线性尺寸的未注公差
- GB/T 2649—1989 焊接接头机械性能试验取样方法
- GB/T 2650 ~ 2656—1989 焊接接头机械性能试验方法
- 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/T 7894—1987 水轮发电机基本技术条件
- GB 8564—1988 水轮发电机安装技术规范
- DL/T 583—1995 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件
- 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
- SD152—1987 大中型水轮发电机基本技术条件
- SD 287—1988 水轮发电机定子现场装配工艺导则
- IEC 60034—1 1996 旋转电机——定额和性能

中华人民共和国国家经济贸易委员会 2000-11-03 批准

2001-01-01 实施

IEC 60034—2 1972 旋转电机的损耗和效率试验方法

Г OCT 5616—1989 水轮发电机基本技术要求

ANSIC50·12, 1982 Requirements for salient-pole synchronous generators and generator-motor for hydraulic turbine applications

INEMA NO·MG5·1 —1974 (R1979) Large hydraulic-turbine-driven synchronous generators and reversible synchronous generator-motor units for pumped storage installations

EUROPEAN COMMITTEE ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION 1978—02—15, HD345, Test of the insulation of bars and coils of high voltage machine

3 一般要求

- 3.1** 水轮发电机（发电/电动机）所采用的新结构、新材料和新工艺，应至少有三年以上在相当容量的机组上成功使用的经验，并经合同双方签署技术协议同意。
- 3.2** 水轮发电机（发电/电动机）组件、部件、零件的公差配合、质量标准的规定和所有图纸尺寸标注均采用国际单位制（SI）。各部件加工必须符合图纸要求，所有配合件的加工公差应符合 ISO 标准的规定。对标准零件的加工必须保证其通用性，对相同工件的加工必须保证其互换性。
- 3.3** 水轮发电机（发电/电动机）主要结构部件的材料，包括硅钢片、绝缘材料、定子导线、水冷电机的空心导线及转子磁轭钢片、主轴、镜板的材料等，均应进行试验和检查验收，并有可信的试验、验收报告。
- 3.4** 水轮发电机所有部件的设计应具有足够的刚度和强度，使之在包括瞬态、飞逸转速状态以及短路等各种运行工况下，其变形、振动和安全系数均在规定的范围内，供方应提供发电机主要结构部件在受力情况下的刚度和变形值。
- 3.5** 水轮发电机所有非转动部件，当运行在额定转速和额定负荷时，其单位应力的选择一般不应超过下列数值（表 1）：

表 1 材料工作应力

材 料 名 称	最 大 许 用 应 力	
	拉 应 力	压 应 力
灰 铸 铁	U.T.S/10	70MPa
碳素铸钢和合金铸钢	U.T.S/5 Y.S/3	U.T.S/5 Y.S/3
碳钢锻件	Y.S/3	Y.S/3
主要受力部件的碳钢板	U.T.S/4	U.T.S/4
高应力部件的高强度钢板	Y.S/3	Y.S/3
其他材料	U.T.S/5 Y.S/3	U.T.S/5 Y.S/3
注：U.T.S 材料极限强度，Y.S 材料屈服强度。		

3.6 除主轴以外的转动部件，在飞逸转速下的最大主应力不得超过材料屈服强度的 2/3。在临时过载或地震情况下，其应力值不得超过表 1 所列应力值的 1.33 倍，转动部件最大剪应力不得超过允许拉应力的一半。

3.7 水轮发电机（发电/电动机）耐受地震能力可根据水电站所在地区地震基本烈度在表 2 范围内选取。

表 2 水轮发电机（发电/电动机）耐受地震能力参数表

设计地震烈度	7	8	9
水平向加速度	0.2g	0.25g	0.4g
垂直向加速度	0.1g	0.125g	0.2g
注：g 为重力加速度。			

3.8 主轴最大复合应力定义为 $S_{\max} = \sqrt{S^2 + 3T^2}$ ，其值不得超过材料屈服强度的 1/4。式中，S 为由于水力、动负荷和自重引起的轴向应力和弯曲应力的总和，T 为水轮机最大出力时的扭转切应力。

按上式算出的最大复合应力 $S_{\max}$ 并计入应力集中因数后出现的最大应力不得超过材料屈服强度的 2/5。在最大出力且水轮机在最高水头下的扭转切应力，不得超过 42MPa。

3.9 当要求有预应力时，螺栓、螺杆及连杆等均应进行预应力处理，其值不得大于该材料屈服强度的 7/8，预加应力后，螺栓承受负荷不得小于设计连接负荷的 2 倍，且各螺栓之间的应力差不得超过设计值的 $\pm 5\%$ 。

3.10 水轮发电机（发电/电动机）与水轮机（水泵/水轮机）组装后转动部分的一阶临界转速，应大于 1.2 倍飞逸转速。

3.11 水轮发电机部件的精加工要求应在工厂图纸中规定，精密度单位为 μm 。除镜板以外，一般滑动接触表面粗糙度（ R_a ）不得超过 $0.8\mu\text{m}$ ，永久接触的紧固连接表面不得超过 $3.2\mu\text{m}$ ，无需紧固连接的表面不超过 $6.3\mu\text{m}$ ，其他加工表面不得超过 $12.5\mu\text{m}$ 。轴或轴套的联接表面对非接触性的不得超过 $3.2\mu\text{m}$ ，对连接法兰和止口不得超过 $1.6\mu\text{m}$ 。

3.12 部件焊接工艺应符合美国焊接学会（AWS）、美国机械工程师协会（ASME）的有关规定。

焊接合格证明：焊接件及焊工的合格证明应符合美国焊接学会（AWS）、美国机械工程师协会（ASME）《锅炉和压力容器规程》的规定。

焊接检查：必须按 GB/T 2649 ~ 2656 的规定进行，以确认是否符合要求。

3.13 水轮发电机（发电/电动机）的铸锻件应符合国际先进标准和我国专门技术条件的规定，重要铸锻件如主轴、推力头、镜板、转子中心体等，应提供质量检测报告，必要时由制造厂在有用户代表参加下进行验收。

3.14 水轮发电机所有未加工的表面，除埋设体外，均需涂防护漆。所有油槽内部应涂耐油漆。涂漆应遵守有关工艺标准，涂层的有效期不低于 5 年。

所有机械加工面应涂防锈涂料，其防锈期应大于一年。对重要的接合面、精密加工面涂封前要进行清洗，在涂封防锈涂料后要采取保护措施。

3.15 对于耐磨性、耐蚀性、导电性或装饰性的镀层，应按专业标准规定进行选择镀制、试

验及检查验收。

4 主要参数与技术条件

4.1 除机组合同另有规定外,水轮发电机(发电/电动机)应能在下列使用条件下连续额定运行:

- a) 符合水电站所在地海拔高程;
- b) 冷却空气温度不超过 40°C ,对于灯泡式水轮发电机采用二次热交换方式,其冷却空气一般不超过 45°C ;
- c) 空气冷却器、油冷却器和直接水冷水轮发电机(发电/电动机)热交换器的进水温度,一般不超过 28°C 。对于二次热交换冷却时的进水水温一般不超过 32°C 。
- d) 直接水冷水轮发电机(发电/电动机),直接冷却部分的进水温度一般不超过 40°C 。进水温度的下限应在机组合同技术条件中规定;
- e) 安装在掩蔽的厂房内。

4.2 水轮发电机(发电/电动机)的结构型式和冷却方式,由供买双方在机组合同技术条件中规定。

4.3 水轮发电机(发电/电动机)的额定转速,随水轮机(水泵/水轮机)特性而定,但应按 $6000/2P$ 的同步转速选定, P 为电机的极对数(频率为 50Hz)。

4.4 在下列情况下水轮发电机应能输出额定功率,发电/电动机应能输出或吸收额定功率。

- a) 在额定转速及额定功率因数时,电压与额定值偏差不超过 $\pm 5\%$;对发电/电动机在额定转速及额定功率因数时,电压与额定值偏差可允许不超过 $\pm 7.5\%$ 。
- b) 在额定电压时频率与额定值偏差不超过 $\pm 1\%$;
- c) 当电压和频率同时发生偏差时(两者偏差分别不超过 $\pm 5\%$ 和 $\pm 1\%$),若两者偏差都是正值,则两者之和不超过 6% ;若两者偏差都是负值,或为一正一负,则两者绝对值的和不超过 5% 。

对允许电压与额定值偏差为 $\pm 7.5\%$ 的发电/电动机,在电压和频率同时发生偏差值时(两者偏差分别不超过 $\pm 7.5\%$ 和 $\pm 1\%$),若两者偏差都是正值,则两者之和不超过 8.5% ;若两者偏差都是负值,或为一正一负,则两者绝对值的和不超过 7.5% 。

电压和频率偏差超过上述规定值时,应能连续运行,此时输出或吸收功率以励磁电流不超过额定值,定子电流不超过额定值的 105% (发电机)和 107.5% (发电/电动机)为限。

4.5 水轮发电机(发电/电动机)的额定电压,应根据不同额定容量、转速,经综合经济技术比较后,可选用如下电压等级: 13.8kV 、 15.75kV 、 18kV 、 20kV 。

灯泡式水轮发电机的额定电压,可在 $3.15\text{kV} \sim 10.5\text{kV}$ 之间取一合理的电压值。

4.6 水轮发电机(发电/电动机)额定功率因数一般按如下情况选择:

- a) 额定容量为 $200\text{MVA} \sim 350\text{MVA}$ 者,不低于 0.875 (滞后);发电/电动机的电动机工况功率因数则不宜低于 0.9 (滞后)或接近 1 ;
- b) 额定容量为 350MVA 以上者,不低于 0.9 (滞后);发电/电动机的电动机工况不宜低于 0.95 (滞后)或接近 1 ;
- c) 灯泡式发电机不低于 0.95 (滞后)。

4.7 水轮发电机应能作调相运行和进相运行。对于发电/电动机应允许在发电机工况和电动

机工况均能作调相和进相运行。允许的调相容量和超过 0.95 的进相深度，低功率因数运行范围、带空载长线路的充电容量应由供买双方在机组合同的技术条件中规定。

允许提高功率因数为 1 运行，以使发电机有功功率等于视在功率。

4.8 水轮发电机定子绕组接成正常接法时，在空载额定电压下，线电压波形正弦性畸变率不超过 5%。在空载额定电压和额定转速时，线电压的电压谐波因数（THF）应不超过 1.5%。

4.9 水轮发电机（发电/电动机）的效率，一般可按水电厂优化运行所要求的加权平均效率来衡量，也可用发电机在额定容量、额定电压、额定功率因数、额定转速时的效率来衡量。

$$\eta = A\eta_1 + B\eta_2 + C\eta_3 + D\eta_4 + \cdots \quad (1)$$

式中： η ——加权平均效率；

$A、B、C、D\cdots$ ——在不同负荷下水电厂机组运行的加权因子， $A+B+C+D+\cdots=1$ 。

$\eta_1、\eta_2、\eta_3、\eta_4\cdots$ ——在额定电压、额定功率因数、额定转速时，相应于机组不同负荷下的发电机和电动机效率值。

水轮发电机（发电/电动机）额定负荷下的效率、加权平均效率和效率计算方法按国际电工委员会标准 IEC60034—2 中有关规定执行。

效率计算时电机各部分损耗应包括如下内容：

- 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（应分摊给发电机部分的损耗值）；
- g) 杂散损耗；
- h) 励磁系统设备损耗；
- i) 强迫风冷的发电/电动机冷却风扇的电动机功率。

4.10 水轮发电机（发电/电动机）的允许噪声级（声压级）应在机组合同的技术条件中规定。

一般在距发电机上盖板以上高 1m 处的总噪声级不应超过 80dB（A）。

对于灯泡式水轮发电机，在发电机进入孔外上方 1m 处（开门状态下）连续总噪声不超过 85dB（A），在发电机舱内的受油器端上游 1m 处的连续总噪声不应超过 90dB（A）。

4.11 水轮发电机在不对称的电力系统中运行时，如任一相电流不超过额定值，且其负序电流分量（ I_2 ）与额定电流之比（标么值）不超过下列数值时，应能长期运行。

- a) 额定容量在 200MVA 及以上的空气冷却水轮发电机（发电/电动机）不超过 9%。
- b) 定子绕组采用直接水冷的水轮发电机（发电/电动机）不超过 6%。
- c) 额定容量在 100MVA ~ 200MVA 的空气冷却发电/电动机和灯泡式水轮发电机不超过 12%。

4.12 在不对称故障时，短时间允许的不平衡电流值：

- a) 对空气冷却的水轮发电机（发电/电动机）其负序电流标么值 I_2/I_N 的平方与时间 t

的乘积 $(I_2/I_N)^2 t$ 应不超过 40s。

b) 对直接水冷的水轮发电机（发电/电动机）的 $(I_2/I_N)^2$ 与时间 t 的乘积应不超过 20s。

4.13 空气冷却的水轮发电机（发电/电动机）在热状态下应能承受 150% 额定电流历时 2min；直接水冷的水轮发电机（发电/电动机）历时 1min，均不得发生有害变形、机械损伤或其他损害。

4.14 水轮发电机（发电/电动机）和与其直接或间接连接的辅机应能在飞逸转速下安全运行，其时间为 5min。如有特殊要求，可由供买双方在机组合同的技术条件中规定。

水轮发电机（发电/电动机）甩 100% 额定负荷，调速系统正常工作的条件下，应允许机组不经任何检查再次并入系统。

4.15 水轮发电机的可用率、无故障连续运行时间、大修间隔时间、退役前的使用期限等可靠性指标由供买双方协商，并在机组合同的技术条件中规定。

4.16 水轮发电机（发电/电动机）的电气参数，如短路比、瞬态电抗、超瞬态电抗等，由供买双方协商，并在机组合同的技术条件中规定。

4.17 水轮发电机（发电/电动机）的转动部分的结构和尺寸应满足机组调节保证计算和电网稳定性对其转动惯量 GD^2 值的要求。

4.18 水轮发电机（发电/电动机）各部分结构设计强度应能承受在额定负荷以及端电压为 105% 额定电压下，定子出口突然对称或不对称短路，而不产生有害变形。短路持续时间在机组合同的技术条件中规定，一般不超过 30s。

4.19 水轮发电机转子绕组应能承受 2 倍额定励磁电流，持续时间为：

a) 空气冷却的水轮发电机和发电/电动机不小于 50s；

b) 直接水冷或风扇强迫空气冷却的水轮发电机和发电/电动机不小于 20s。

4.20 水轮发电机（发电/电动机）应具有完整的交直轴阻尼绕组，其交、直轴超瞬态电抗之比 (X_q/X_d) 一般为 1.0~1.3。

4.21 水轮发电机（发电/电动机）均应适应系统中调峰、调频及开停机频繁的运行要求，其年平均开停机次数应根据各电站的不同情况而定，并在机组合同的技术条件中规定。

对于发电/电动机还应根据系统调度要求，对各种工况转换时间在机组合同的技术条件中作出规定。

4.22 水轮发电机（发电/电动机）应采用自动准同期方式与系统并列。

4.23 发电/电动机在电动机工况运行时应能承受 150% 过转矩，持续时间为 15s 而不失同步，不论何种冷却方式，其持续时间不变。这时，励磁电流应不超过额定值。

4.24 如果买方需要，水轮发电机在额定电压、额定频率及额定功率因数下，应能在规定的最大容量下连续安全运行，并应在机组合同的技术条件中规定。

4.25 作为水轮发电机（发电/电动机）的调速器信号电源的测速装置（包括用电压互感器、齿盘装置或永磁机等）应不受外界干扰，并与发电机转速成线性关系。

4.26 空气冷却的水轮发电机（发电/电动机），在正常情况下停用空气冷却器总数的 1/8（至少一台冷却器）时，应仍能以额定功率连续运行，其各部分的温升不应超过规定值。

灯泡式水轮发电机当冷却用风机和空气冷却器退出运行时，对发电机出力的限制应在机组合同的技术条件中规定。

4.27 水轮发电机（发电/电动机）中性点接地方式，可采用电阻接地，也可经高阻抗接地或消弧线圈接地，其具体方式应在机组合同的技术条件中规定。

4.28 水轮发电机（发电/电动机）所有部件的结构刚度应能承受转子半数磁极短路的不平衡磁拉力的作用，而不产生有害变形和不稳定现象。

4.29 发电/电动机在电动机工况下的起动方式应经技术经济比较后选定，并在机组合同的技术条件中予以明确。

用于可逆式的发电/电动机的一般起动方式如下：

- a) 静止变频器（SFC）起动；
- b) 同步或半同步起动（即背靠背起动）；
- c) 全压或降压异步起动；
- d) 与主机同轴安装的感应电动机起动（即辅助电机起动）。

机组作电动机工况运行时，转轮一般应在空气中起动。

4.30 当水轮发电机（发电/电动机）使用条件符合本标准中 4.1 的规定时，应能在额定工况下长期连续运行，此时定子与转子绕组以及铁心的最高温升不超过表 3 的规定值。

表 3 水轮发电机、发电/电动机各部件允许温升值 K

项号	水轮发电机部件	不同等级绝缘材料的最高允许温升限值					
		B 级			F 级		
		温度计法	电阻法	检温计法	温度计法	电阻法	检温计法
1	定子绕组		80	85		100	105
2	定子铁心	80		85	100		105
3	表面裸露的单层转子绕组	90	90		110	110	
4	不与绕组接触的其他部件	这些部件的温升不应达到使附近的任何绝缘或其他材料有损坏危险的数值					
5	集电环	80			90		
6	直接冷水水轮发电机定子、转子绕组和定子铁心的出水端	25		25	25		25
注：定子绕组和转子绕组绝缘一般应为 F 级，定子铁心涂刷绝缘漆的耐热等级水平应不低于定子绕组。							

4.31 空气冷却的水轮发电机（发电/电动机），在下列使用条件时，其温升限值应作以下修正：

a) 对于频繁起动的机组（如调峰和抽水蓄能等运行方式复杂的电站），每天起停次数超过两个循环则其温升限值应降低 5K ~ 10K。

b) 当使用地点的海拔为 1000m 以上至 4000m 时，在海拔 1000m 以上每超过 100m，其温升限值应按表中数值降低 1%。

c) 当水轮发电机（发电/电动机）的冷却空气温度超过 40℃ 但不到 60℃ 时允许温升限值应降低，降低度数应为冷却空气超过 40℃ 的差值。

d) 当冷却空气超过 60℃ 时，允许的温升限值可在机组合同的技术条件中规定。

e) 当冷却空气低于 40℃ 时，其温升限值可比表中所规定之值提高，提高的数值为冷

却空气温度低于 40℃的差值；但在任何情况下，其温升限值的提高不应超过 10K。

对空气冷却的水轮发电机（发电/电动机），如铁心长度大于 2m 时，其温升限值则不应提高。

上述 c)、d)、e) 中均限于用埋设检温计法（RTD）测量。

4.32 空气冷却的水轮发电机（发电/电动机）额定电压超过 10.5kV，其温升限值应作以下修正（限于用埋设检温计法测量）：

a) 当额定电压为 17kV 及以下，从 10.5kV 起，每增加 1kV（不足 1kV 时按 1kV 计算），温升限值应降低 1K。

b) 当额定电压为 17kV 以上，除按上述 a) 规定修正到 17kV，从 17kV 起每增加 1kV（不足 1kV 时按 1kV 计算）温升限值应降低 1.5K。

4.33 直接水冷却水轮发电机（发电/电动机）定子绕组和定子铁心不作温升值修正，但定子绕组的出水温度不应超过 65℃。

4.34 绕组对机壳及各相绕组相互间的绝缘应能承受表 4 所规定的频率 50Hz，实际为正弦波的交流介电强度试验，在试验电压下持续 1min 而不得有任何损坏。

表 4 水轮发电机（发电/电动机）绕组绝缘介电强度试验标准

项 号	水轮发电机部件		试 验 电 压
1	定子 绕组	定子成品线圈	$(2.75 U_N + 6.5) \text{ kV}$
2		定子线圈在工地嵌装前	$(2.75 U_N + 2.5) \text{ kV}$
3		定子安装完成	$(2 U_N + 3) \text{ kV}$
4	转子 绕组	额定励磁电压 500V 及以下	10 倍额定励磁电压 (但最低不得低于 1500V)
		额定励磁电压 500V 以上	2 倍额定励磁电压 + 4000V

注 1 表中 U_N 为发电机额定线电压（有效值），单位 kV。
2 转子绕组试验电压值为转子装配完成后的耐压值。

对于直接水冷却的水轮发电机（发电/电动机），定子交流耐压试验一般应在通水情况下进行。

4.35 水轮发电机（发电/电动机）定子线棒绝缘的工频击穿电压一般为 5.5~6.0 倍额定线电压持续 1min，由供买双方在机组合同的技术条件中规定，并通过抽样试验进行验证。

4.36 水轮发电机（发电/电动机）定子绕组交流耐压试验前，应进行 3 倍额定电压的直流绝缘介电强度试验和泄漏电流的测定。在规定的试验电压下，各相泄漏电流的差别不应大于最小值的 50%，且泄漏电流不随时间延长而增长。

4.37 有绝缘要求的推力轴承和导轴承以及埋入式检温计，均应对地绝缘，其总绝缘电阻在 10℃~30℃时，用 1000V 兆欧表测量，其值应不小于 1MΩ。

4.38 水轮发电机（发电/电动机）的定子绕组，当使用地点在海拔高程 4000m 及以下时，定子单个线棒的起晕电压应在 1.5 倍额定线电压以上，整机起晕电压不应低于 1.1 倍的额定线电压，以端部无明显晕带和连续的金黄色亮点为准。

4.39 定子线棒介质损失角正切值及增量 ($\Delta \tan \delta$) 的指标应符合表 5 规定。

表 5 定子线棒介质损失角正切值及增量 ($\Delta \tan \delta$) 指标 (常态)

试验检查项目	试 验 电 压	指 标 %	备 注
$\tan \delta_{0.2U_N}$	$0.2U_N$	≤ 1.0	每台按 3% 抽检, 如不合格, 则应加倍抽试
$\Delta \tan \delta = \tan \delta_{0.6U_N} - \tan \delta_{0.2U_N}$	$0.2U_N \sim 0.6U_N$	≤ 0.5	每台按 3% 抽检, 如不合格, 则应加倍抽试

4.40 定子线棒的端部绝缘, 一般应采用防晕层与主绝缘一次成型的结构。

4.41 在水轮发电机 (发电/电动机) 的定子槽内至少应埋设下列数量的电阻测温元件 (RTD):

a) 空气冷却的发电机定子绕组并联支路大于 2 时, 在绕组每相每个并联支路至少埋设两个, 当定子绕组为单支路时, 总数不应少于 12 个。

b) 直接水冷式水轮发电机 (发电/电动机) 定子绕组的每个并联水路出水端的线棒层间 (如为单层绕组则在槽楔下) 埋设 1 个。

c) 在定子铁心槽底至少应埋设 6 个。

d) 对于定子铁心高度大于 2m 及以下的空气冷却式发电机定子绕组, 每相每个并联支路应至少埋置 3 个, 为上、中、下布置。

4.42 对直接水冷式水轮发电机 (发电/电动机) 尚应埋设下列数量的电阻测温元件:

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。

b) 在每个磁极线圈引水管出水端埋置 1 个。

c) 在定子铁心冷却水管每个支路出水端埋置 1 个。

4.43 在发电机的每个空气冷却器上应装设测量冷风温度的电阻温度计 1 个。其中应有两个是带电接点的电阻温度计 (或信号温度计, 下同)。此外, 对整台电机的空气冷却器, 尚应装设测量热风的电阻温度计和带电接点的电阻温度计各 2 个。每个空气冷却器的出水口应装设测量出水温度的电阻温度计 1 个, 整台电机尚应装设测量进水温度的电阻温度计 4 个。

4.44 在每块推力轴承瓦和导轴承瓦内应装设 1 个电阻温度计, 整个轴承至少应装设 2~4 个带电接点的电阻温度计。在油槽内至少应装设 2 个电阻温度计, 分别测量冷油和热油的温度。

在座式滑动轴承内至少应装设 1 个带电接点的电阻温度计。

发电/电动机推力轴承瓦所埋设的测温元件, 应能测出发电机工况和电动机工况时最热点的瓦温。

水轮发电机 (发电/电动机) 应设置轴电流信号保护装置。

4.45 水轮发电机 (发电/电动机) 在额定工况下运行时, 其轴承最高温度不应超过下列的数值:

a) 推力轴承和导轴承 巴氏合金轴瓦 75℃
弹性金属塑料轴瓦瓦体 55℃

b) 座式滑动轴承 巴氏合金轴瓦 80℃

4.46 发电机定子绕组在冷态下, 各分支路间的直流电阻最大与最小两相间差值, 在校正了由于引线长度不同引起的误差之后应不超过最小值的 2%。

4.47 竖轴式水轮发电机和可逆式发电/电动机的旋转方向应规定为向机组俯视, 发电机为顺时针方向, 电动机为逆时针方向。当有特殊要求时应在机组合同的技术条件中加以说明。