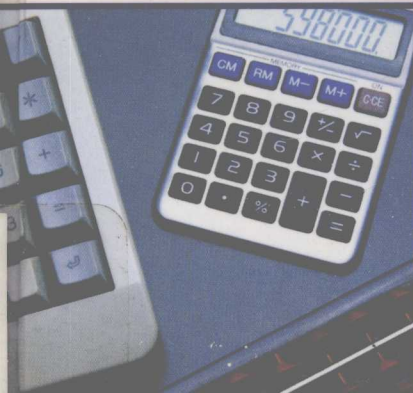
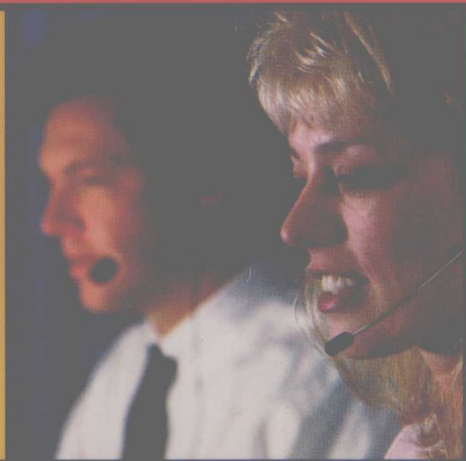
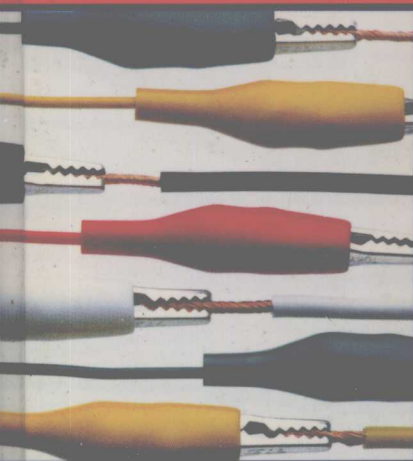




电力设计、建设、施工、监理新技术、新工艺、新标准实用手册



电力设计、建设、施工、监理 新技术、新工艺、新标准 实用手册

杜宏伟 曹月荣· 主编

第三册

当代中国音像出版社

第三篇

电力设备选用

第一章 大中型水轮机选用导则

(DL/T 445—2002)

一、内容概要

随着国民经济的发展,电力行业使用的大中型水轮机不断增多,使用范围和使用条件越来越广泛,水轮机的功率、尺寸不断增大,特别是技术指标日益提高,为了保证大中型水轮机在水电工程使用中安全、高效、稳定、可靠运行,特结合改革开放以来水轮机在选型、设计、制造以及安装运行中的经验教训将《大中型水轮机技术条件》制定更名为《大中型水轮机选用导则》。

该导则为大中型水轮机产品的选用导则,它规定了水轮机产品的技术要求与技术保证、设备检验验收、包装运输、备品备件、供货范围、资料提供以及安装运行和维护方面的要求,供水轮机选型、招标、订货、签订合同的技术协议使用,是水轮机设计、制造和水电站水力机械设计的依据。本条件未规定事项按供需双方签定的技术协议执行。

该标准与 1991 年版比较有以下一些主要变化:

1. 技术内容主要针对大中型水轮机的特点。
2. 增加了水轮机整体性能的技术保证条款。
3. 提出了水轮机备品备件。

该标准代替 DL 445—1991

其附录的 A 为规范性附录,附录 B、C 为资料性附录。

该标准自 2002 年 7 月 1 日起实施。

二、导则的具体内容

1 范 围

本标准适用于单机功率为 25MW 及以上或转轮公称直径为 3m 及以上的混流式和轴流式水轮机,单机功率为 15MW 以上的冲击式水轮机。贯流式水轮机、可逆式水泵水轮机和小于 25MW 的反击式水轮机以及小于 15MW 的冲击式水轮机可参照使用。

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 191—1990 包装储运图示标志

GB 8564—1988 水轮发电机组安装技术规范

GB/T 10969—1996 水轮机通流部件技术条件

DL 507—2002 水轮发电机组启动试验规程

DL/T 710—1999 水轮机运行规程

JB/T 8660—1997 水轮发电机组包装、运输、保管技术条件

3 一般技术要求

3.1 水轮机应根据水电站和水轮机的运行特点,合理选择其型式,保证机组长期安全、稳定、可靠、高效地运行,以获得最佳经济效益。

3.2 水轮机的比转速、额定转速应通过技术经济比较确定。

3.3 水轮机转轮公称直径应在保证发足额定功率和获得最佳经济效益的前提下选取。

3.4 为避免引水系统的水力共振,引水系统的参数和水轮机参数的选择、匹配应特别注意。

3.5 水轮机的吸出高度(排出高度)的选择应满足水轮机在规定的运行范围内稳定运行和经济合理。

3.6 水轮机的设计和供货必须考虑到水电站厂房布置、运行检修方式、运输条件、制造能力等的要求以及与水轮发电机、调速器、进水阀等的相互联系,按合同技术协议执行。

3.7 水轮机产品的技术参数和技术要求。(本标准的有关术语和符号见附录 A)。

3.7.1 水电站参数。

水电站水库调节性能

水头

最大毛水头 (m)

最小毛水头 (m)

加权平均水头 (m)(净水头)

水位

正常蓄水位 (m)

非常蓄水位 (m)

最低蓄水位 (m)

最高尾水位 (m)

设计尾水位 (m)

最低尾水位 (m)

引用流量 (m^3/s)

引水系统的参数(包括从进水口或调压井进口至水轮机进口断面及尾水管标准段和其后尾水洞在额定工况的 ΣL 、 ΣLV)

装机容量 (MW)

单机容量 (MW)

装机台数 (台)

水轮机安装高程 (m)

水电站尾水位与流量的关系曲线

过机水质(包括含沙量、粒径级配、矿物成分、含气量、pH值和水温等)

水电站运行特点(水电站在系统中担任的主要任务,如调峰、调频、调相等)

水电站气象条件(包括气温、水温、相对湿度等)

水电站设计地震烈度

电站地理位置(厂房地区海拔高程、大气压力和重力加速度)

3.7.2 水轮机基本参数。

型式及装置方式

转轮型号

净水头

额定水头 (m)

设计水头 (m)

最大水头 (m)

最小水头 (m)

流量

额定流量 (m^3/s)

转速

额定转速 (r/min)

飞逸转速 (r/min)(轴流转桨式水轮机指协联关系破坏时的飞逸转速)

额定比转速 ($\text{m}\cdot\text{kW}$)

功率

额定输出功率 (MW)

最优工况功率 (MW)

最大输出功率 (MW)

效率

最优效率 (%)

额定工况效率 (%)

加权平均效率 (%)

转轮公称直径 (m)

射流直径 (mm)

每台冲击式水轮机的转轮数 (个)

每个冲击式水轮机转轮的喷嘴数 (个)

水轮机输出最大功率时的最小水头 (m)

水轮机输出最大功率时的最大流量 (m^3/s)

空化

初生空化系数 σ_i

临界空化系数 σ_c

水电站空化系数 σ_p

空化安全系数 K_s

水轮机压力脉动 A (%) [指由水轮机尾水管涡带引起的,并在尾水管规定部位所

测得的压力脉动值(混频峰—峰值)与相应水头的比值 $A = \Delta A / H$

允许最大吸出高度 (m)

允许最小排出高度 (m)

3.7.3 水轮机综合特性曲线图(包括以 n_{11} 、 Q_{11} 为坐标轴,内含 η 、 σ 、 α_0 、 ϕ 、 A 、 $5\%P$ 等等值曲线及叶道涡起始线、尾水管涡带起始线、叶片进口正背面初生化空线),最大、额定、最小和加权平均水头和不同功率下的尾水管涡带图,以及全模拟流程图。

3.7.4 水轮机运转特性曲线图(包括以 H 、 P 为坐标轴,内含 η 、 H_s 、 α_0 、 ϕ 、 A 等等值线及叶道涡边界线的曲线图)。

3.7.5 各种技术保证值(详见第7章)。

3.7.6 水轮机的引水和排水方式及其要求。

3.7.7 水轮机各主要零部件的结构和材质说明。

3.7.8 水轮机及其附属的调速器、油压装置、进水阀的主要参数及自动控制程序框图和说明。

3.7.9 水轮机转轮、主轴、座环、蜗壳、顶盖等大件的质量、控制尺寸、运输尺寸和水轮机的总质量。

3.8 原型与模型水轮机的全套装置必须自蜗壳(分流管)入口至尾水管(渠)出口全模拟;冲击式原型和模型水轮机的喷嘴数应相同, d_0/D_1 应相等,并具有相似的水力特性。

3.9 反击式水轮机蜗壳、尾水管(含中间墩)的形状和尺寸,冲击式水轮机的分流管、机壳和机坑应结合水电站厂房布置的要求设计,并经模型试验优化;同时应提供对水轮机效率和运行稳定性的影响情况。

3.10 水轮机的效率修正。

3.10.1 反击式水轮机的效率修正,应经供需双方商定任选下述二种方法之一。

第一种方法。混流式水轮机效率修正值计算公式(Moody 公式):

$$\Delta \eta = K(1 - \eta_{\max})[1 - (D_m/D_p)^{1/5}] \quad (1)$$

轴流式水轮机效率修正值计算公式(Hutton 公式):

$$\Delta \eta = K(1 - \eta_{\max})[0.7 - 0.7(D_m/D_p)^{1/5} \times (H_m/H_p)^{1/10}] \quad (2)$$

式中 $\eta_{\max}$ ——模型水轮机的最高效率(对转桨式水轮机为叶片在不同转角条件下的最高效率);

K ——系数, $K = 0.5 \sim 1$, 由供需双方商定;

D_m ——模型水轮机转轮公称直径, m;

D_p ——对应于模型水轮机 D_m 的原型水轮机转轮公称直径, m;

H_m ——模型水轮机试验水头, m;

H_p ——原型水轮机的设计水头, m。

第二种方法。IEC995 推荐的反击式水轮机效率修正值计算公式:

$$\Delta \eta_h = \delta_{\text{ref}} \left[\left(\frac{Re_{\text{ref}}}{Re_m} \right)^{0.16} - \left(\frac{Re_{\text{ref}}}{Re_p} \right)^{0.16} \right] \quad (3)$$

$$\delta_{\text{ref}} = \frac{1 - \eta_{h, \text{opt}, m}}{\left(\frac{Re_{\text{ref}}}{Re_{\text{opt}, m}}\right)^{0.16} + \left(\frac{1 - V_{\text{ref}}}{V_{\text{ref}}}\right)} \quad (4)$$

式中 $\Delta \eta_h$ ——模型效率换算为原型效率的修正值;

η_{ref} ——标称的可换算为原型效率的修正值;

Re_{ref} ——标准的雷诺数;

Re_m ——测点模型雷诺数;

Re_p ——测点原型雷诺数;

$Re_{\text{opt}, m}$ ——模型最优效率点雷诺数;

$\eta_{h, \text{opt}, m}$ ——模型最优效率;

V_{ref} ——标准的损失分布系数。

对过去已有的模型试验曲线和注明雷诺数和水温的模型试验资料,建议按下式计算:

$$\Delta \eta = (1 - \eta_{h, \text{opt}, m}) V_m \left(1 - \frac{Re_m}{Re_p}\right) \quad (5)$$

$$V_m = V_{\text{opt}, m} = V_{\text{ref}} \quad (6)$$

$$Re_m = Re_{\text{ref}} = 7 \times 10^6 \quad (7)$$

$$\delta_m = \delta_{\text{opt}, m} = \delta_{\text{ref}} \quad (8)$$

3.10.2 冲击式原型水轮机的效率应不低于其模型水轮机的效率,效率修正值由供需双方商定。

3.11 水轮机通流部件应符合 GB/I 10969 的要求。

3.12 水轮机的结构在保证必需的刚度、强度下应做到便于装拆、维修。对易损部件应便于检查、更换。部件结构和设备布置应按供需双方商定的技术协议设计制造。

3.13 必须保证水轮机在不拆卸发电机转子、定子和水轮机顶盖、主轴等主要部件的情况下能够更换下列零部件:

- a) 水轮机导轴承、冷却器和主轴的工作及检修密封。
- b) 水轮机导水机构接力器的密封件及活塞环。
- c) 导水机构的传动部件、导叶轴颈密封件及保护元件。
- d) 转桨式水轮机转轮叶片的密封零件及保护元件。
- e) 冲击式水轮机的喷管、折向器及转轮等。

3.14 在水轮机易空蚀部位应采用抗空蚀材料或必要的减少空蚀危害的措施。在含沙水流及高含气量以及酸、碱等特殊水质条件下运行的水轮机,应采取相应的减轻磨蚀和腐蚀的措施。

3.15 水轮机标准零部件应保证其通用性。

3.16 水轮机的转轮、导叶、顶盖、底环、喷针、喷嘴等部件宜能互换。

3.17 新技术、新材料、新工艺一般应经过工业试验或技术鉴定合格后才能正式采用。在特殊情况下,也可由供需双方签定技术协议或保证条款后予以采用。

3.18 水轮机主要结构部件的材料均应符合国家或行业标准,尚无标准的应通过协商或

选用有关的国际标准。

3.19 铸锻件材料应符合国家专门技术条件的规定并有出厂合格证书,重要铸锻件应有需方代表参加检验。铸锻件的较大缺陷处理应征得用户同意。

3.20 水轮机的转轮应作静平衡试验。必要时可作动平衡试验。

3.21 竖轴反击式水轮机转轮直径为 3m 及以上(冲击式在 1.5m 以上)时,水轮机室顶部宜设置起吊装置。

3.22 反击式水轮机宜设置紧急停机和保证机组稳定运行的补气装置。当有调相运行要求时应设置调相补气装置。

3.23 水轮机进水阀后的压力管道顶部和卧式水轮机的蜗壳顶部应设置自动排气、补气装置。

3.24 反击式水轮机的导水机构必须设有防止导叶破坏及事故扩大的保护装置,以及导叶最大开度限位装置和导叶轴向位置的调整和止推装置。

3.25 水轮机的接力器应在空载以下小开度行程内设有节流缓冲装置及全关位置的液压锁定和在全开位置的机械锁定装置。

3.26 在竖轴反击式水轮机尾水管内应设置易于拆装的有足够承载能力的轻便检修平台。

在冲击式水轮机机坑内的稳水栅应有足够的强度,以便于水轮机转轮、喷管等的拆装和检修。

3.27 水轮机应有必要的防飞逸设施,水轮机允许飞逸转速持续时间应不小于配套发电机允许的飞逸时间。

3.28 水轮机上应设有进人门。

3.28.1 反击式水轮机蜗壳和尾水管进人门不宜小于 $\Phi 600\text{mm}$ 。冲击式水轮机分流管直径不小于 1m 时,宜在分流管上设进人门。

3.28.2 冲击式水轮机机坑进人门一般不宜小于 $600\text{mm} \times 1200\text{mm}$ 。

3.28.3 大型轴流式水轮机可根据需要在顶盖上开进人门。

3.29 允许水轮机以空载或带负荷方式排除引水隧洞和压力钢管内的积水。

3.30 主要部件的焊接工艺必须遵守由供需双方同意的有关规定,焊缝应进行 100% 的无损探伤。

3.31 水轮机设备表面应有保护涂层并符合 GB 8564 的有关规定,对表面粗糙度要求严格的转轮、叶片、水斗及导叶等部件要经验收合格后方能涂保护层。

3.32 凡是与水接触或处于潮湿位置的紧固件和管道、阀门均应用防锈和耐腐蚀的材料制造。

3.33 水轮机导轴承瓦可采用钨金瓦或塑料瓦。

3.34 水轮机在各种运行工况时,其稀油导轴承金属轴瓦的温度最高不应超过 70°C 。塑料轴瓦的温度最高不应超过 50°C 。

3.35 水轮机可配备附录 B 所列或由供需双方商定的仪表,安装在专门的盘柜上。

3.36 水轮机应具有下列信号和保护装置,其项目由供需双方商定。

a) 电气转速信号器和变送器。

b) 机械过速机构的信号和保护装置。

c) 压油罐的油压信号器、变送器。

d) 压油罐的液位信号器和变送器。

e) 冷却、润滑水管路和主轴密封水管路上的示流信号器、压力信号器和变送器。

f) 导叶(针阀)开度和折向器位置的信号接点、位置指示器和变送器。

g) 导轴承的温度信号器、变送器和保护装置。

h) 油导轴承的液位信号器和变送器。

i) 水轮机涡壳、导叶、尾水管压力脉动信号器和变送器。

j) 导水机构保护装置的信号器。

k) 反击式水轮机机坑内积水水位信号器。

l) 冲击式水轮机尾水坑水位信号器。

m) 反击式水轮机尾水管内供调相用的水位信号器。

n) 水轮机蠕动信号器。

o) 水轮机空蚀信号和变送器。

p) 转桨式水轮机转轮叶片转角位置指示和变送器。

q) 水轮机各主要部位压力、真空信号器和变送器。

r) 水轮机流量指示和变送器。

s) 中高水头混流式水轮机顶盖取水流量信号器和变送器。

t) 水轮机运行水头信号器和变送器。

u) 水轮机运行效率显示器、信号器及变送器。

v) 水轮机振动、摆度信号器和变送器。

3.37 水轮机在自动控制系统中应能安全可靠地实现以下基本功能:

a) 正常开机和停机。

b) 在系统中处于备用状态,随时可以启动投入。

c) 从发电转调相或由调相转发电运行。

d) 当运行中发生故障时,能及时发出信号、警报或停机。

e) 凡由计算机控制的水电站各机组应能实现成组调节。水轮机应能自动保持在给定的负荷范围内稳定高效率运行;冲击式水轮机应能自动投入和切换喷嘴数并保持在稳定和高效率运行。

3.38 发生下列情况之一时,水轮机应能自动紧急停机,并具有相应保护措施:

a) 转速达到或超过过速保护停机整定值时。

b) 压油罐内油压降至事故低油压时。

c) 导轴承温度超过允许值时。

d) 水润滑导轴承主轴密封的润滑水中断时。

e) 机组振动、摆动达到和超过停机整定值时。

f) 其他因电气、水工等原因引起的紧急事故停机信号时。

3.39 水轮机蜗壳、分流管应按下列试验压力进行水压试验。

当工作压力 p (包括升压) 等于和小于 $25 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,以工作压力的 1.5 倍进行压力试

验。

当工作压力 p 超过 $25 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,其超过的部分取 1.25 倍,试验压力按下式计算确定: $p_s = 25 \times 10^5 \times 1.5 + (p - 25 \times 10^5) \times 1.25 (\text{Pa})$,试压时间应持续稳压 30min。受压部件不得产生有害变形、裂缝和渗漏等异常现象。

蜗壳是否进行水压试验,可视蜗壳用材、焊接工艺及探伤等措施由供需双方商定。

3.40 冷却器的试验压力为 2 倍工作压力,但不小于 0.4MPa,保压 60min 无渗漏现象。

3.41 其他承受水压、油压、气压的部件和管路均需按下列试验压力进行试验。

液压试验:

$$P = 1.5p' \frac{[\sigma]}{[\sigma]'} \quad (9)$$

$$p = 1.15p \frac{[\sigma]}{[\sigma]'} \quad (10)$$

式中 P ——试验压力 MPa;

p' ——最大工作压力,MPa;

$[\sigma]$ ——容器元件材料在试验温度下的许用应力,MPa;

$[\sigma]'$ ——容器元件材料在设计温度下的许用应力,MPa。

容器铭牌上规定有最大允许工作压力时,公式中应以最大允许工作压力代替设计压力 p' 。

容器各元件(圆筒、封头、接管、法兰及紧固件等)所用材料不同时,应取各元件材料的 $[\sigma]/[\sigma]'$,比值中最小值。

3.42 反击式水轮机顶盖应设置可靠的且采取不同驱动方式的排水设施,并应有 100% 备用,排水所用的水位控制和信号装置应十分可靠。

4 混流式水轮机

4.1 水轮机座环宜采用平行边式结构。

4.2 蜗壳进口流速应结合模型试验通过技术经济比较确定。

4.3 水轮机应具有足够的结构刚度,并采用自然补气或其他减振措施,以保证水轮机在规定功率范围内,机组的振动值不超过相关规程的规定。

4.4 中高水头混流式水轮机可在转轮上冠设置泵板结构,采用从顶盖上引取上密封环漏水作为机组冷却水,并配套采用不接触型主轴密封结构。

4.5 混流式水轮机根据需要可采用与顶盖、座环相配套的筒型阀设备。

4.6 过机含沙量较大的水电站,水轮机设计应合理选择水力设计参数,其某些过流部件应采用耐磨蚀材料制造或采取必要的防磨蚀措施,以减轻其表面的损坏。

a) 转轮可分别采用在易磨蚀部位堆焊不锈钢或其他抗磨蚀材料制造;或用不锈钢叶片与合金钢上冠、下环组焊制造加工;也可用全不锈钢加工制造。

b) 顶盖、底环和座环应具有足够的刚度,并应严格控制在受水压条件下顶盖、底环在导叶枢轴处的变形。

c) 顶盖、底环的过流表面应有便于修补或拆换的耐磨蚀材料抗磨板。

d) 可采用刚度大的大轴径导叶,导叶表面及上下端面应有足够厚度的抗磨蚀保护层。

4.7 对过机水流含沙量较大、采取从中部或下部拆装转轮的水轮机,应能在不吊出发电机转子条件下,对水轮机个别易损部件进行更换。

4.8 大型、特别是运行水头变幅较大的混流式水轮机转轮应研究并优化其水力稳定性,并在充分考虑强度、刚度基础上,合理增加上冠、叶片高应力部位和下环的厚度,以保证转轮的疲劳寿命。

4.9 转轮在制造焊接中应采用各种措施确保转轮叶片中不出现裂纹。

5 轴流式水轮机

5.1 转轮的轮毂表面、叶片和转轮室的喉管部分宜用不锈钢制造,如采用堆焊,加工后的焊层厚度不应小于 10mm。

5.2 水轮机的转轮室应有足够的刚度。

5.3 水轮机转轮室内壁与叶片外缘的间隙要均匀,最大、最小间隙与平均间隙之差不得超过 $\pm 15\%$,单边间隙值不应大于 $0.0005 D_1$ 。

5.4 水轮机应设置可靠的防抬机和止推装置。

5.5 水轮机转轮叶片应采用专用工具吊装,不允许在叶片上开吊孔吊装叶片及吊起转轮体。

5.6 转桨式水轮机转轮叶片的操作机构的动作应灵活,不允许有卡阻现象,协联装置应准确可靠。

5.7 转桨式水轮机转轮叶片的密封应为双向多层耐油耐压材料,并能在不拆出叶片条件下更换密封,出厂试验时叶片密封应无漏油现象。

5.8 采用混凝土蜗壳时,座环与混凝土相接部位应设置防渗用的嵌入钢板。

6 冲击式水轮机

6.1 大型冲击式水轮机应优先采用竖轴式结构。

6.2 冲击式水轮机转轮、喷嘴和喷针宜采用不锈钢制造,在高速水流作用的部件表面宜采用高硬、耐磨材料制造。

6.3 竖轴冲击式水轮机的转轮和喷管应满足从上经发电机定子中心和向下自机壳内拆装运出。

6.4 多喷嘴冲击式水轮机应根据输出功率的大小自动投入或切除相应数目的喷嘴,改变喷嘴数时水轮机应能正常安全稳定运行,各射流间应无干扰。

6.5 冲击式水轮机的每个喷嘴和折向器均应有单独的操作接力器。各喷针应有单独的电气回复机构和开度指示,折向器应有单独的开、关位置指示信号。

6.6 冲击式水轮机应有制动喷嘴及相应的自动化元件。

6.7 冲击式水轮机可采用反向水斗装置,以抑制其飞逸转速。

6.8 冲击式水轮机的排水高度应满足水轮机安全稳定运行和效率不受影响。在设计最高尾水位时,尾水渠水面以上应有足够的通气高度。

6.9 水电站尾水位变幅很大时,允许冲击式水轮机在高尾水位,即在排出高度小于设计要求甚至负值的情况下运行,但必须有压低转轮室水位的压缩空气装置和保压设施。其补气量和补气位置应通过模型试验确定。

6.10 冲击式水轮机转轮应采用整体铸造、铸焊、锻造加微铸结构,并应进行必要的热处理和多种探伤检查。

6.11 冲击式水轮机的机壳上应有必要的补气、隔音或消音措施。

7 技术性能保证

7.1 水轮机产品的质量保证期:

7.1.1 水轮机通过 72h 满负荷连续试运行后,从收到机组初步验收鉴定书之日起两年,或从最后一批货物交货之日起三年,以先到期为准,在此期间如供货设备因设计、制造、工艺、材料以及运输等原因引起的质量问题而损坏或不能正常运行,供方应按合同规定无偿地为需方修理、更换相关设备部件或承担经济责任。

7.1.2 如合同规定有 30d 考核性试运行的机组,水轮机应先通过 72h 带满负荷连续试运行,然后进行 30d 考核性试运行,通过后,从收到机组初步验收鉴定书之日起两年,或从最后一批货物交货之日起三年,以先到期为准,在此期间如供货设备因设计、制造、工艺、材料以及运输等原因引起的质量问题而损坏或不能正常运行,供方应按合同规定无偿地为需方修理、更换相关设备部件或承担经济责任。

7.2 功率保证。水轮机在最大水头、额定水头、最小水头和需方提出的其他水头下的输出功率和最大输出功率保证。

7.3 效率保证:

7.3.1 模型和原型水轮机的最优效率保证、其他水头下的模型和原型水轮机的最优效率保证以及在这些水头下的各不同功率工况点的模型和原型水轮机的效率保证。

7.3.2 模型和原型水轮机加权平均效率保证。加权因子由需方提出。

7.4 空蚀保证。对反击式水轮机的空蚀保证应符合 DL444 的规定。对冲击式水轮机的空蚀损坏保证应符合在经过 8000h 运行后(其中超过和低于允许输出功率范围的运行时间分别不大于 100h)空蚀损坏量的最大允许值应不超过下式的规定:

$$\text{深度 } h_{\max} \leq (0.2 \sim 0.4) B^{0.5} (\text{cm})$$

$$\text{面积 } A_{\max} \leq (300 \sim 900) B^{1.7} (\text{cm}^2)$$

$$\text{体积 } V_{\max} \leq (60 \sim 240) B^2 (\text{cm}^3)$$

式中 B 为以 m 计的水斗内部宽度。

7.5 磨蚀保证。当水流含沙量较大时,应对水轮机的磨蚀失重作出保证,其保证值可根据过机流速、泥沙含量、泥沙特性、运行条件及水电站水头等情况由供需双方商定。

7.6 稳定保证。水轮机的稳定运行范围及运行稳定性指标应满足下述规定。

7.6.1 在空载工况下应能稳定地并网。

7.6.2 在最大水头和最小水头范围内,要求水轮机在表 1 所列功率的范围内稳定运行。规定有最大功率的机组,在最大功率下也应保证稳定运行。

7.6.3 水轮机供方应对水轮机过流部件主要测试部位的压力脉动(混频峰—峰)相对幅值作出保证,对大型混流式水轮机过流部件的测试部位为蜗壳进口、转轮进口、尾水管锥管段颈部和肘管末端及尾水管扩展段出口,具体测试部位和保证值由合同确定。

表 1 水轮机稳定范围

水轮机型式	相应水头下的机组功率 %
混流式	45 ~ 100
轴流定桨式	75 ~ 100
轴流转桨式	35 ~ 100
冲击式 ^①	单喷嘴额定功率的 50 ~ 100

① 冲击式水轮机喷嘴数不一样(有 1~6 个多种),用单喷嘴为基准来表示比较科学,本导则按单喷嘴列出。

7.6.4 混流式和轴流定桨式水轮机在采取除强迫补气之外的其他必要措施后,尾水管直锥段内的压力脉动相对幅值 $\Delta H/H$ (混频峰—峰值)应不大于相应水头的 3%~10%。高水头水轮机取小值;低水头水轮机取大值。

7.6.5 顶盖或机壳盖的垂直振动和主轴摆度应不大于相关规程所规定的允许值。

7.7 机组甩去全部或部分负荷时,蜗壳或引水管内压力升高、尾水管内压力降低和水轮机转速升高值不应超过水电站设计允许值。

7.8 水轮机导叶和喷嘴的漏水量应作出保证。在质量保证期内和额定水头条件下,新导叶漏水量不应大于水轮机额定流量的 30%。新喷嘴在全关时不应漏水。

7.9 水轮机在 7.6.2 所规定的运行范围内,水轮机顶盖上方 1m 处和距尾水管进入门或冲击式水轮机机壳进入门 1m 处所测得的噪声值不应大于 90dB(A)。

7.10 水轮机最大水推力的保证。

7.11 水轮机最大飞逸转速保证(对转桨式水轮机指协联破坏时的保证值)。

7.12 水轮发电机组的临界转速保证。

7.13 水轮发电机组自振频率保证。

7.14 水轮机可用率不小于 95%。

7.15 水轮机无故障累计运行时间不得低于 16000h。

7.16 水轮机大修期应不低于 8 年(总运行历时应不少于 32000h);对多泥沙河流水电站水轮机由供需双方在合同中确定,但不得低于 5 年。

7.17 水轮机使用寿命不少于 50 年。

8 检验、试验、验收

8.1 水轮机主要部件在制造过程中的检验、试验等验收应按照 DL 443 执行。并应包括以下项目:

8.1.1 各主要部件的几何尺寸、型线、加工精度、表面波浪度、表面粗糙度及其互换性的检查、试验。

8.1.2 水轮机轴与发电机轴(含中间轴)的轴线检查(包括推力头和镜板与轴线垂直度的检查)。如水轮机、发电机不在同一厂制造时,由合同规定的工厂负责进行。

8.1.3 重要铸锻件如转轮、主轴等的无损探伤。

8.1.4 转轮的静平衡试验,必要时作转轮的动平衡试验。

8.1.5 各受压容器、部件的渗漏试验和耐压试验。

8.1.6 焊缝的质量检查及无损探伤。

8.1.7 水轮机预装试验:

a)按照 GB/T 10969 对全部通流部件进行检验。

b)混流式水轮机包括转轮与主轴,蜗壳与座环,座环与顶盖、底环,以及导水机构和接力器等。

c)轴流式水轮机包括转轮与主轴,转轮室与座环、顶盖、底环、工装,导水机构和接力器,转轮体与叶片控制机构和叶片接力器等;

d)冲击式水轮机包括转轮与主轴,分流管与喷嘴、喷针、折向器装配及稳水栅等。

8.2 水轮机各主要部件出厂检验时,除应具有材料出厂合格证明文件、工厂材料化验、强度试验报告外,还应提交验收合格证书。需方可根据结构特点,对重要部件进行必要的复核检验验收。

8.3 对于不能或难于在制造厂内进行预装的水轮机有关部件,经供需双方协商一致后,可移到安装现场按 GB 8564 并参照供方的有关规定在供方技术指导下进行。

8.4 模型水轮机的验收试验可按 DL 446 标准进行。原型水轮机的验收试验,由供需双方根据合同的规定进行。

8.5 水轮机及其附属设备在工地安装、调试完毕,正式投入运行之前应按 GB 8564 和 DL 507 试验验收,并进行试运行。

8.6 水轮机保证期内进行水轮机特性试验和空蚀、尾水管压力脉动的检测试验,保证期满,各项技术保证均达到后,应签署最终验收证明。

9 铭牌、标志、包装、运输及保管

9.1 铭牌、标志的内容包括名称、型号、产品编号,最大水头、额定水头、最小水头,额定流量,最大功率、额定功率,额定转速、飞逸转速、额定比转速,吸出高度(冲击式水轮机为排出高度),产品质量,制造厂名、出厂年月等。

9.2 包装箱中应有产品出厂证明书、技术文件及图纸。装箱单开列的名称、数量应与箱内实物和图纸编号相符合。装箱单应采取密封防潮措施。

9.3 水轮机及其供货范围内的零部件、备品、备件,必须检验合格后才能装箱运输。

9.4 水轮机部件的包装尺寸和质量,应满足从工厂到水电站的运输条件。

9.5 水轮机及其附属设备的包装运输,应符合 JB/I 8660 和 GB/T 191 的规定,并按设备的不同要求和运输方式采取防雨、防潮、防震、防霉、防冻、防盐雾和防运输变形等措施。

9.6 制造厂每次发运的件数、箱数、编号、发运时间、车次等应在发运前通知收货单位。设备运到工地后,开箱检查时,供需双方的代表应共同参加,如发现有损坏、错发、缺件等问题由供方负责查找原因并尽快采取补救措施。

10 供货范围和备品备件

参见附录 C。

11 资料提供

11.1 供方应向需方提交下列图纸资料,其交付的数量和时间在合同中规定。

11.2 水轮机:

11.2.1 水轮机及其附属设备布置图。

11.2.2 水轮机的总装图,蜗壳、尾水管的单线图,水轮机各部件的组装图、主要部件图和易损部件的制造加工图,水轮机及其附属设备的基础图、埋设件图和管路布置图等。

11.2.3 调节保证计算成果。

11.2.4 水轮机的综合特性曲线(全特性)和运转特性曲线图,接力器行程与导叶开度关系图,喷针行程与喷嘴开度关系图,座环传力资料,反击式水轮机的顶盖和座环在受水压和飞逸工况下的变形计算资料,水轮机转轮、主轴、顶盖等主要部件的应力计算和过流部件的自振频率和其他重要计算资料等。

11.2.5 分瓣转轮及上冠、叶片、下环分件组焊转轮在现场组焊的布置图,加工车间(含机床)布置图及转轮现场组焊加工工艺流程图,有关水轮机及其附属设备需在工地组装或加工的部件的图纸和资料以及特殊工具图等。

11.3 附属设备:各种盘柜和自动化设备的安装和布置图,水轮机自动化操作和油、气、水的系统图,水轮机量测仪表配置图等。

11.4 产品技术条件、产品说明书、安装使用说明书、自动控制设备调试记录、厂内各产品检查及试验记录和合格证书、主要部件的材料合格证明书、供货清单等。

12 安装、运行与维护

12.1 水轮机安装应符合 GB 8564 要求。

12.2 水轮机运行和维护应符合 DL/T 710 的要求。