

UDC 621.224

K 55



中华人民共和国国家标准

P

GB/T 15468—1995

---

# 水轮机基本技术条件

**Fundamental technical requirements  
for hydraulic turbines**

1995—01—27 发布

1995—09—01 实施

---

国家技术监督局 发布

## 目 次

1 主题内容与适用范围 .....	(3)
2 引用标准 .....	(3)
3 术语、符号 .....	(3)
4 技术要求 .....	(7)
5 技术保证 .....	(11)
6 供货范围和备品备件 .....	(12)
7 资料和图纸 .....	(13)
8 检验与验收 .....	(13)
9 铭牌、标志、包装、运输及保管 .....	(14)
10 安装、运行与维护 .....	(14)
附录 A 反击式水轮机效率修正公式 .....	(15)
附录 B 水轮机设备的仪表 .....	(16)
附录 C 水轮机备品备件表 .....	(17)
附加说明 .....	(18)

# 中华人民共和国国家标准

## 水轮机基本技术条件 Fundamental technical requirements for hydraulic turbines

GB/T 15468—1995

### 1 主题内容与适用范围

本标准水轮机产品的基本标准,规定了水轮机产品的技术要求与保证、设备供货范围与备品备件、检验与验收、包装、运输及保管、安装、运行和维护等方面的基本要求,是水轮机产品的设计、制造的依据。可供水轮机招标、订货、签订合同条款或技术协议使用。

本标准适用于容量为 10 MW 及以上,转轮直径为 1 m 及以上的混流式、斜流式水轮机以及转轮直径为 2 m 及以上的轴流式水轮机,还适用于容量为 10 MW 及以上的冲击式水轮机。尺寸及容量小于上述条件的可逆式、贯流式水轮机可参照使用。当水轮机产品的性能、结构、运行等方面超出本标准时,按供需双方签订的技术条款或技术协议的规定执行。

### 2 引用标准

GB 191—90	包装储运图示标志
GB/T 2423.4—93	电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db: 交变湿热试验方法
GB 2537—81	汽轮机油
GB 8564—88	水轮发电机组安装技术规范
GB 7233—87	铸钢件超声探伤及质量评级标准
GB 9444—88	铸钢件磁粉探伤及质量评级方法
GB 11805—89	大中型水电机组自动化元件及其系统基本技术条件
GB/T 15469—1995	反击式水轮机空蚀评定
JB 3160—82	水轮机通流部件技术条件

### 3 术语、符号

#### 3.1 水位

##### 3.1.1 正常蓄水位 normal pool level ( $Z_N$ )

是指水库在正常运行的情况下满足设计兴利要求,在开始供水时应蓄到的高水位。

##### 3.1.2 死水位 dead water level ( $Z_S$ )

是指在正常运行的情况下,允许水库消落的最低水位。

##### 3.1.3 设计洪水位 design flood level ( $Z_{gh}$ )

系遇到大坝设计标准洪水时水库达到的最高水位。

国家技术监督局 1995-01-27 批准

1995-09-01 实施

**3.1.4 最高尾水位 maximum tailwater level (  $Z_{wmax}$  )**

在水电站设计洪水流量时,尾水管出口断面处出现的最高水位。

**3.1.5 最低尾水位 minimum tailwater level (  $Z_{wmin}$  )**

相应水电站给定最小流量时,水轮机尾水管出口断面处出现的水位。

**3.1.6 设计尾水位 design tailwater level (  $Z_{stw}$  )**

系确定水轮机安装高程所用的尾水管出口断面处出现的水位。

**3.2 电站水头****3.2.1 电站最大水头(毛水头) max. head of plant(gross head) (  $H_{gmax}$  )**

指水电站上游正常蓄水位与最低尾水位之间的水位高程差。

**3.2.2 电站最小水头(毛水头) min. head of plant(gross head) (  $H_{gmin}$  )**

指水电站上下游水位在各种组合下出现的最小水位高程差。

**3.3 额定值 rated value**

表征水轮机特性,指水轮机在额定工作条件下水轮机铭牌的各项参数值。

**3.4 水轮机水头****3.4.1 水轮机水头(净水头) head (net head) (  $H$  )**

水轮机做功用的有效水头,为水轮机进、出口断面的总水位差。

**3.4.2 最大水头(净水头) maximum head(net head) (  $H_{max}$  )**

指电站最大水头减去一台机空载运行时引水系统所有水头损失后的工作水头。

**3.4.3 最小水头(净水头) minimum head(net head) (  $H_{min}$  )**

指电站最小水头减去水轮机发出允许功率时,引水系统所有水头损失后的工作水头。

**3.4.4 加权平均水头(净水头) weighted average head(net head) (  $H_w$  )**

在规定的运行条件下,考虑功率和工作历时的水轮机水头的加权平均值。

**3.4.5 设计水头(净水头) design head(net head) (  $H_d$  )**

水轮机具有最高效率的水头。

**3.4.6 额定水头(净水头) rated head(net head) (  $H_r$  )**

发电机发出额定功率时,水轮机所需的最小工作水头。

**3.4.7 发电机发出最大功率的水头(净水头) head of generating max. output(net head)**

发电机发出设计规定的最大功率时,水轮机所需的最小水头。

**3.5 水轮机流量****3.5.1 单位流量 unit discharge (  $Q'_1$  )**

转轮直径为 1 m,在 1 m 净水头下,水轮机所通过的流量。

**3.5.2 水轮机流量 turbine discharge (  $Q$  )**

单位时间内流过水轮机水的体积。

**3.5.3 额定流量 rated discharge (  $Q_r$  )**

水轮机在额定水头、额定转速下输出额定功率所需的流量。

**3.5.4 发电机发出最大功率时的流量 discharge of generating max. output (  $Q_f$  )**

水轮机在满足发电机发出设计规定的最大功率时所需的最小水头下的流量。

**3.5.5 水轮机空载流量 no-load discharge (  $Q_0$  )**

水轮机在额定水头和额定转速下,空载运行时的流量。

**3.6 水轮机功率**

**3.6.1 单位功率 unit power ( $P'_1$ )**

转轮直径为 1 m, 在 1 m 净水头下, 水轮机发出的功率。

**3.6.2 水轮机输入功率 turbine input power ( $P_d$ )**

通过水轮机的水流所具有的水力功率。

**3.6.3 水轮机输出功率 turbine output power ( $P_t$ )**

水轮机轴传递的机械功率。

**3.6.4 额定功率 rated power ( $P_r$ )**

由设计或合同规定的铭牌功率。

**3.6.5 最优工况功率 optimum operating condition power ( $P$ )**

水轮机在最优工况下运行时的输出功率。

**3.7 水轮机转轮公称直径****3.7.1 混流式转轮公称直径 Francis turbine runner diameter  $D_1$  (逐步向国际标准  $D_2$  过渡)**

指转轮叶片出水边正面和下环相交处的直径(见图示)。

**3.7.2 轴流式转轮公称直径 Kaplan turbine runner diameter ( $D_1$ )**

指转轮叶片轴线外缘处的最大直径。(包括: 斜流式和贯流式)

**3.7.3 冲击式转轮公称直径 impulse turbine runner diameter ( $D_1$ )**

指转轮水斗和射流中心线直径相切处的直径(即节圆直径)。

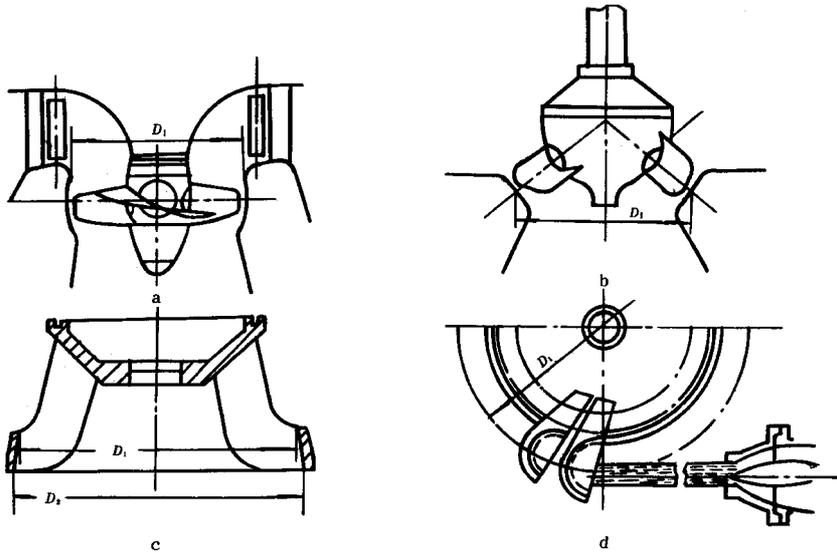


图 1 水轮机公称直径示意

**3.8 水轮机效率****3.8.1 效率 efficiency ( $\eta$ )**

水轮机输出功率与其输入功率的比值。

**3.8.2 加权平均效率 weighted average efficiency ( $\eta_w$ )**

计算公式如下:

$$\eta_w = (W_1 \eta_1 + W_2 \eta_2 + W_3 \eta_3 + \dots) / \sum W_i = (\sum W_i \eta_i) / \sum W_i$$

式中:  $\eta_i$  ——根据电站具体条件确定的不同水头与不同负荷下水轮机效率;

$W_i$ ——与各  $\eta$  相对应的负荷历时或电能加权系数。

$W_i$  值

H(m)	P(MW)				
	100 % P	X % P	X % P	X % P	X % P
$H_{max}$	×	×	×	×	×
$H_w$	×	×	×	×	×
$H_d$	×	×	×	×	×
$H_r$	×	×	×	×	×
$H_{min}$	×	×	×	×	×

$\Sigma W_i = 100$

注: P 为不同水头下,水轮机受功率限制或发电机容量限制可能发出的最大功率,若电站水头变化很小,也可用  $H_w$  一个水头进行加权平均效率计算。即:

H(m)	P(MW)				
	100 % P	X % P	X % P	X % P	X % P
$H_w$	×	×	×	×	×

$\Sigma W_i = 100$

### 3.8.3 最优效率 optimum efficiency ( $\eta_{max}$ )

水轮机各效率中的最大值。

### 3.9 水轮机转速

#### 3.9.1 单位转速 unit speed ( $n'_1$ )

转轮直径为 1 m,在 1 m 净水头下水轮机的转速。

#### 3.9.2 额定转速 rated speed ( $n$ )

水轮发电机组按电站设计选定的稳态同步转速。

#### 3.9.3 比转速 specific speed ( $n_s$ )

当净水头为 1 m,输出功率为 1kW 时水轮机的转速。

$$n_s = [n(P)^{1/2}]/[(H)^{5/4}]$$

式中:  $n_s$ ——水轮机比转速;

$n$ ——水轮机转速;

$P$ ——水轮机功率;

$H$ ——水轮机水头。

#### 3.9.4 额定比转速 rated specific speed ( $n_{sr}$ )

水轮机按额定工况计算得出的比转速。

#### 3.9.5 设计比转速 design specific speed ( $n_{sd}$ )

水轮机按最优工况计算得出的比转速。

#### 3.9.6 飞逸转速 runaway speed ( $n_R$ )

当甩去全部负荷,水轮机轴端负荷力矩为零时的最高稳态转速。

### 3.10 气蚀磨损

#### 3.10.1 气蚀 cavitation

在流道中水流局部压力下降到临界压力(一般接近汽化压力)时水流中气核成长、积聚、流动、溃灭、分裂现象的总称。

### 3.10.2 气蚀损坏 cavitation erosion

气蚀气泡溃灭或分裂时,造成的材料损坏。

### 3.10.3 磨损 wear

含沙水流对水轮机通流部件表面所造成的材料损失。

### 3.10.4 磨蚀 abrasion

在含沙水流条件下水轮机通流部件表面受气蚀和泥沙磨蚀联合作用所造成的材料损失。

### 3.10.5 临界气蚀系数 critical cavitation factor ( $\sigma_m$ )

按水轮机模型试验规程用能量法确定的气蚀系数。

### 3.10.6 装置气蚀系数 plant cavitation factor ( $\sigma_z$ )

电站确定水轮机安装高程所采用的气蚀系数,  $\sigma_z = k\sigma_m$ 。

### 3.10.7 吸出高度 suction height ( $H_s$ )

水轮机规定的基准面至设计尾水位的高度。

### 3.10.8 排出高度 discharge height ( $H_p$ )

竖轴冲击式为转轮节圆平面到设计尾水位的高度;横轴冲击式为转轮节圆直径最低点到设计尾水位的高度。

### 3.10.9 安装高程 setting elevation

水轮机基准点的海拔高程,竖轴反击式水轮机的基准点,指导叶中心高程;竖轴冲击式水轮机指喷嘴中心高程;横轴水轮机的基准点为主轴中心高程。

## 3.11 水轮机试验

### 3.11.1 模型试验 model test

为预测原型水轮机性能而利用模型水轮机进行的试验。

### 3.11.2 模型验收试验 model acceptance test

为验证模型水轮机各项性能,以达到验收目的的一种试验。

### 3.11.3 综合特性曲线 hill diagram

绘在以单位转速和单位流量为纵横坐标系统内,表示几何相似水轮机的性能(如开度、效率、气蚀、压力脉动等)的一组等值曲线。

### 3.11.4 运转特性曲线 performance curve

绘在以水头和输出功率为纵横坐标系统内,表示在某一转轮直径和额定转速下,原型水轮机的性能(如效率、吸出高度、压力脉动、出力限制线等)的一组等值曲线。

### 3.12 水轮机技术保证 turbine technical guarantee value

制造厂对水轮机的技术性能指标值必须达到的保证限值。

## 4 技术要求

4.1 水轮机的设计、制造应根据水电站的特点和基本参数优选水轮机的型式和主要参数。并保证水轮机安全可靠运行和获得最佳的经济效益。

4.2 水轮机的设计必须考虑到水电站厂房布置的要求以及与水轮发电机、调速器、进水阀等的相互关系。

4.3 水轮机产品的技术条款应包括下列内容:

#### 4.3.1 水电站参数

最大水头(m);

最小水头(m);

加权平均水头(m);

非常蓄水位(m);

正常蓄水位(m);

最低蓄水位(m);

尾水位和流量关系曲线;

最高尾水位(m);

最低尾水位(m);

设计尾水位(m);

过机水质:包括含沙量、粒径分析、矿物成份分析、水中含气量、pH值、水温等;

气象条件:包括多年平均气温、极端最高气温、极端最低气温、多年平均相对湿度等;

运行特点及要求;

引水系统参数;

装机容量和台数;

水轮机安装高程(m)。

#### 4.3.2 水轮机基本参数

型式和装置方式;

型号;

额定水头(m);

设计水头(m);

最大水头(m);

最小水头(m);

额定功率(kW、MW);

额定转速(r/min);

额定流量(m<sup>3</sup>/s);

飞逸转速(r/min);

额定比转速(m·kW制);

最优效率时的功率(kW、MW);

最大功率(kW、MW);

转轮公称直径  $D_1$  或  $D_2$  (mm);

额定效率(%);

加权平均效率(%);

最高效率(%);

射流直径(mm);

每个转轮的喷嘴数;

发电机发出最大功率时的最小水位(m);

发电机发出最大功率时的最大流量(m<sup>3</sup>/s);

允许吸出高度(m);

装置气蚀系数;  
排出高度(m);  
水轮机估算总质量(kg,t)。

#### 4.3.3 水轮机运行特性曲线

#### 4.3.4 技术保证值(详见第5章)

#### 4.3.5 水轮机配套的调速器、油压装置、自动化系统及进水阀的规格和要求。

#### 4.3.6 水轮机各主要部件的结构和材料说明。

#### 4.3.7 水轮机各大件的控制尺寸、质量和运输尺寸。

#### 4.3.8 其他技术要求

### 4.4 水轮机效率修正

4.4.1 原型反击式水轮机效率修正按合同规定。若未规定则由供需双方商定选用附录 A 中的公式进行修正。

4.4.2 冲击式水轮机的效率应不低于其模型水轮机的效率。当原型水轮机的喷嘴数多于模型喷嘴数时,可对效率进行修正,修正值由用户与制造厂商定。

#### 4.5 水轮机通流部件应符合 JB 3160 的要求。

4.6 水轮机结构应做到便于拆装、维修。对易损部件应便于检查、更换。水轮机必须保证在不拆卸发电机转子、定子和水轮机转轮、主轴等部件的情况下更换下列零部件:

a)水轮机导轴承瓦、冷却器和主轴密封。

b)反击式水轮机导水机构接力器的密封及活塞环、导水机构的传动部件。

c)转轮公称直径大于 3 m 的转桨式水轮机应能在不拆卸转轮叶片的情况下更换转轮叶片的密封零件。

d)冲击式水轮机的喷嘴、喷针及折向器等。

e)对于多泥沙的电站,对水轮机拆修有特殊要求时,按供需双方商定的技术协议或技术条款执行。

4.7 水轮机易气蚀部件一般应采用抗气蚀材料或必要的防护措施。若气蚀部位采用堆焊不锈钢时,加工后的不锈钢层厚度不应小于 3 mm。

在含沙水流以及高含气量、含酸性、含盐份和水温高等特殊水质下运行的水轮机及其过水辅助设备需采用防护措施时由供需双方商定。

4.8 竖轴水轮机转轮公称直径为 3 m 或以上时,水轮机室顶部宜设置起吊设施。

4.9 反击式水轮机宜设置紧急停机时的补气装置。当有调相运行要求时应设置调相压水补气装置。混流式、定桨式水轮机应设置减轻振动的补气装置或其他措施。

4.10 反击式水轮机的导水机构必须设有防止破坏及事故扩大的保护装置。并有全关位置的机械锁定装置。

4.11 水轮机应设置必要的防飞逸设施,允许最大飞逸转速持续时间不小于配套发电机允许的飞逸时间。在最大飞逸工况下,水轮机转动部件保证不产生有害变形。

4.12 水轮机应设置观察孔和进人孔,蜗壳、尾水管上的进人孔不宜小于  $\phi 600$  mm。进人孔、观察孔的位置、数量、尺寸由供需双方商定。

4.13 水轮机标准零部件应保证其通用性。采用摩擦传动的转轮及喷嘴、喷针应能互换。

4.14 新工艺、新技术、新材料的采用应经过工业试验和技术鉴定合格后才能正式使用。在特殊情况下,也可由供需双方协商采用。

4.15 水轮机主要结构部件的材料及铸锻件应符合国家或国际有关标准。重要铸锻件应有用户代

表参加验收。重大缺陷的处理应征得用户同意。

**4.16** 经过考试合格的并持有证明的焊接人员才能担任主要部件的焊接工作。主要部件的主要受力焊缝应进行 100 % 的无损探伤。

**4.17** 水轮机设备表面应有保护涂层并符合 GB 8564 的有关规定。对装饰性电镀层应符合 JB 2423.4 的规定。

**4.18** 凡是与水接触的紧固件均应采用防锈和耐腐蚀的材料制造或相应措施。

**4.19** 水轮机在各种运行工况时,其稀油轴承的轴瓦最高温度不应超过 70 ℃。卧式水轮机的径向推力轴承不超过 70 ℃。

**4.20** 水轮机设备配备的仪表(见附录 B),应安装在专门的盘柜上。

**4.21** 水轮机自动化元件及系统应符合 GB 11805 中的有关规定。

如水轮机要实现计算机监控并要求监测振动、摆度和蠕动时由供需双方商定并提供成组调节的接口。

**4.22** 水轮机自动控制系统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(当有调相要求时);
- d) 当运行中发生故障能及时发出信号、警报或停机。

**4.23** 发生下列情况之一时,水轮机应能自动紧急停机:

- a) 转速超过超速保护值;
- b) 压油罐内油压低于事故低油压;
- c) 导轴承温度超过允许值时;
- d) 水润滑导轴承的润滑水中断时;
- e) 机组突然发生异常振动和摆动(当设有振动、摆度测量装置时);
- f) 其他紧急事故停机信号。

**4.24** 水轮机及其辅助设备承受水压、油压、气压的部件,除需在工地组焊的部分外,均需按下列试验压力在厂内进行耐压试验:当工作压力  $P$  (包括升压)等于和小于  $25 \times 10^5$  (Pa) 时,以工作压力的 1.5 倍进行耐压试验。当工作压力  $P$  超过  $25 \times 10^5$  (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 10~15 min。

受压部件不得产生有害变形和渗漏等异常现象。金属蜗壳可根据合同要求进行水压试验。

**4.25** 转轮应做静平衡试验。

**4.26** 蜗壳尾水管的形状和尺寸应结合水电站厂房布置的需要进行设计,并进行模型试验或技术论证,提供模型试验的水压脉动值和效率值。

**4.27** 中高水头的混流式水轮机可采用从顶盖引取上密封的漏水,作为机组冷却水。

**4.28** 水轮机的顶盖排水设备,应有备用。轴流式水轮机必要时应有双重备用,主用和备用设备宜采用不同的驱动方式。排水设备应配备可靠的水位控制和信号装置。

**4.29** 轴流转桨式水轮机

**4.29.1** 转轮室应具有足够的刚度。

- 4.29.2** 应设置可靠的防抬机和止推装置。
- 4.29.3** 在水轮机转轮叶片上不宜开吊孔。
- 4.29.4** 转轮叶片的操作机构应动作灵活。协联装置应准确可靠。转轮叶片密封的漏油量应符合 GB 8564 的要求。
- 4.30 冲击式水轮机**
- 4.30.1** 大型冲击式水轮机应优先采用竖轴式。
- 4.30.2** 多喷嘴冲击式水轮机调速系统应根据系统负荷,按预定程序自动投入或切除喷嘴的运行数目,保证机组稳定高效率运行。并在喷嘴切换和负荷增减的全过程中水轮机应调节正常,机组振动、摆度在允许范围内。全部喷嘴同时工作时各射流间应无干扰。
- 4.30.3** 折向器和每个喷嘴宜有单独的操作接力器。各针阀应有单独的开度指示,折向器应有单独的位置指示。
- 4.30.4** 喷嘴的易磨蚀部位和喷针应采用抗蚀耐磨的材料制造。
- 4.30.5** 根据需要可设置反向喷嘴及相应的自动化元件供机组制动和反向水斗抑制飞逸转速。
- 4.30.6** 冲击式水轮机的排出高度应能满足水轮机安全稳定运行和效率不受影响。在最高尾水位时,尾水渠水面以上应有足够的通气高度。机壳上应装设必要的补气装置。
- 4.30.7** 电站尾水位变幅很大时,冲击式水轮机安装高程允许低于汛期尾水位。但应设有压低转轮室水位的压缩空气系统。
- 4.30.8** 转轮应安全可靠,按疲劳强度进行设计,并按 GB 7233 或 GB 9443 B1 级标准严格探伤,还必须定期检查水斗根部。
- 4.30.9** 机壳上宜采取必要的隔音或消音措施。
- 4.30.10** 应能在不拆卸发电机的情况下装拆冲击式水轮机的转轮。

## 5 技术保证

制造厂应对下列各项作出保证:

- 5.1** 在用户遵守保管、安装和使用规则的条件下,产品的保证期为自水轮机投入运行之日起两年,或从最后一批货物交货之日起三年,以先到期为准。在此期间如因制造质量而损坏或不能正常运行,制造厂应无偿地为用户修理、更换或按合同规定承担经济责任。
- 5.2** 水轮机在额定水头下的额定功率及水轮机在最大水头、设计水头,最小水头和用户提出的其他水头下的功率。
- 5.3 水轮机效率保证**
- 5.3.1** 模型和原型水轮机最高效率。
- 5.3.2** 在最大水头、最小水头范围内,用户提出的各种水头下不同功率工况点的模型和原型水轮机的效率及水轮机加权平均效率。加权因子由用户提出。
- 5.4** 反击式水轮机在一般水质条件下的气蚀损坏保证应符合 GB/T 15469 的规定。
- 5.5** 当水中含沙量较大时,应对水轮机的气蚀磨损量作出保证。其保证值可根据过机流速、泥沙含量、泥沙特性及电站运行条件等,由用户和制造厂商定。
- 5.6 水轮机的稳定运行范围及运行稳定性指标保证。**
- 5.6.1** 在空载情况下应能稳定地运行。
- 5.6.2** 在 4.3.2 条规定的最大和最小水头范围内,水轮机应在下表所列功率范围内稳定运行:

水轮机型式	相应水头下的机组最大保证功率(%)
混流式	45~100
定浆式	75~100
转浆式	35~100
冲击式	25~100

**5.6.3** 原型水轮机在 5.6.2 条所规定的运行范围内,混流式水轮机尾水管内的压力脉动值(双幅混频值)可采取除强迫补气之外的其他措施,应不大于相应水头的 3%~11%,高水头取小值,低水头取大值。

#### 5.6.4 振动

- a)在各种运行工况下,包括甩负荷,水轮机各部件不应产生共振和有害变形。
- b)顶盖垂直振动和主轴摆度应不大于 GB 8564 中所规定的允许值。
- c)大中型机组计算临界转速值一般不低于飞逸转速的 1.25 倍。

**5.7** 机组用全部或部分负荷时,蜗壳内压力升高。尾水管内压力降低和水轮机转速升高值不应超过设计允许值。

**5.8** 水轮机导叶和冲击式水轮机喷嘴的漏水量保证:

- a)在额定水头下,新导叶漏水量不应大于水轮机额定流量的 3%。锥形导水机构可适当放宽。
- b)冲击式水轮机新喷嘴在全关时不应漏水。

**5.9** 水轮机正常运行时,在水轮机机坑地板上方 1 m 处所测得的噪音不应大于 90 dB(A),在距尾水管进人门 1 m 处所测得的噪音不应大于 95 dB(A),冲击式水轮机机壳上方 1 m 处测得的噪音不应大于 90 dB(A)。

**5.10** 水轮机的最大水推力的保证。

**5.11** 水轮机的最大飞逸转速保证。

- a)混流式和定浆式水轮机取最大水头和导叶最大开度下所产生的飞逸转速;
- b)冲击式水轮机取最大水头和最大喷嘴开度下产生的飞逸转速;
- c)转浆式水轮机取水轮机导叶与转轮叶片协联条件下,在运行水头范围内所产生的最大飞逸转速。在特殊情况下,经供需双方商定可按协联关系破坏情况下,在运行水头范围内所产生的最大飞逸转速。

## 6 供货范围和备品备件

**6.1** 水轮机:从与发电机轴连接的法兰盘开始(联接螺栓和保护罩由发电机厂供给)。包括转轮、主轴、轴承、机壳、导水机构、金属蜗壳、直至尾水管里衬、机坑里衬、尾水管金属里衬、顶盖排水及蜗壳的排水阀以及其他配套设备等。当冲击式水轮机在低于汛期尾水位发电时,应提供压低转轮室水位的压缩空气接口。

**6.2** 压力引水设备:从电厂引水钢管末端至水轮机蜗壳进口的连接短管,凑合节及其法兰和连接螺栓、伸缩节、伸缩节连接法兰等,由供需双方商定。

**6.3** 各种自动化元件和仪表盘:包括水轮机及其附属设备在运行中需要监测的各种压力、温度、真空、流量、振动、摆度仪表和有关盘柜。油、气、水管路上为满足自动控制的各种差压信号计,液位信号计,示流信号器,温度信号器,行程信号器,各种液压、气压元件,电器控制元件,保护元件和合同规定的各种变送器,以及机坑内各元件与设备的联接电缆,供至机坑端子箱。

**6.4** 管路及其配件:成套设备中各单项设备之间所需的油管、气管、水管、水导滤水器、连接件和支架等。非成套设备供至机坑内壁或接力器法兰。

**6.5** 竖轴反击式水轮机的尾水管内应成套供给易于装拆的有足够承载能力的轻便检修平台。

**6.6** 安装和检修所需的专用工具、特殊工具。

**6.7** 原型水轮机验收试验所需的仪表和设备由供需双方商定。

**6.8** 调速器、油压装置、漏油装置及进水阀(包括配套设备)成套供货方式另定。

**6.9** 备品、备件

水轮机备品备件的项目和数量按照附录 C 中表 1、2、3 规定执行,超出另订合同。

## 7 资料与图纸

制造厂应向用户提交下列图纸资料。各种图纸资料交付时间在合同中规定。其数量每一电站第一台机供 6 套,以后各台机供 4 套。另向电站设计单位提供电站技施设计所需的图纸资料 3~5 套。

### 7.1 水轮机

**7.1.1** 水轮机及其附属设备布置图,调节保证计算结果。

**7.1.2** 水轮机的总装图、蜗壳、尾水管的单线图,各水轮机部件的组装图和易损部件的加工图,水轮机及其附属设备的管路布置图、基础图和埋件图等。

**7.1.3** 水轮机的综合特性曲线和运转特性曲线图、导叶开口与接力器行程关系图、座环传力资料、混流式水轮机的顶盖和底环在受水压和飞逸工况下的变形计算资料、水轮机的其他重要计算结果等。

**7.1.4** 有关水轮机及其附属设备在工地组装布置和焊接及工艺流程或加工的图纸或资料。

**7.1.5** 控制及监测: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,水轮机测量仪表配置图等。

**7.2** 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,产品检查及试验记录,主要部件的材料合格证明书,交货明细表等。

## 8 检验与验收

**8.1** 水轮机主要部件在制造过程中的检验和试验项目如下,用户参加检查试验的项目按合同规定执行。

a)各主要部件的几何尺寸、型线、加工精度、表面粗糙度及其互换性的检查、试验;

b)水轮机轴与发电机轴采用铰孔联接结构的轴线检查。水轮机、发电机不在同一厂制造时,轴线检查由发电机厂负责进行;

c)转轮的静平衡试验;

d)各受压部件的耐压试验、密封试验;

e)焊缝的质量检查;

f)按照 JB 3160 对全部通流部件进行验收。

**8.2** 水轮机各主要部件出厂检验,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,还应提交验收证明书。验收单位根据结构特点,对重点部位进行必要的复核检验。

**8.3** 水轮机预装按合同或技术协议执行。对于不能或难于在制造厂内进行预装的水轮机有关部件,经制造厂和用户协商一致后,可移到现场按 GB 8564 并参照制造厂的有关规定进行,由制造厂

负责技术指导。

**8.4** 可采用模型水轮机或原型水轮机进行水轮机的水力性能验收试验,必要时也可采用两种验收试验,按合同规定进行。

**8.5** 水轮机及其附属设置在工地安装、调试完毕投入运行之前应按 **GB 8564** 进行试运行。

**8.6** 水轮机保证期满,各项技术保证均达到后,由用户签署最终验收证明。

## 9 铭牌、标志、包装、运输及保管

**9.1** 水轮机铭牌内容包括:

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;

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。装箱单应装在箱内的防腐盒(袋)内。

**9.3** 水轮机及其供货范围内的零部件、备件、备品,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重量,应满足从工厂到电站的运输条件。

**9.5** 水轮机及其附属设备的包装运输应符合 **GB 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,应在发运的同时通知收货单位。设备运到工地后,开箱检查时,用户和制造厂的代表应共同参加,如发现有损坏、错发、缺件等问题,由厂方代表通知制造厂查找原因并尽快采取补救措施。

**9.7** 保管

**9.7.1** 水轮机的各加工工件须妥善保管,不得随意迭放。

**9.7.2** 水轮机的各加工件运抵工地拆箱后,必须遮盖,不得日晒雨淋。

**9.7.3** 橡胶、塑料、尼龙制品应防止直接受日光照射,并不得置于炉子或其他取暖设备附近 1.5 m 处的地方,还应防止油类对橡胶的污损。橡胶制品、填料等应存放在干燥通风的仓库内。

**9.7.4** 电子电器产品、自动化元件(装置)或仪表应存放在温度为 $-5\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 90%、无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用、不受灰尘、雨雪侵蚀的库房内。

**9.8** 制造厂从发货之日起至工地验收止,在正常的储运和吊装条件下应保证一年内不致因包装不善而引起产品的锈蚀、长霉、损坏和降低精度等。

## 10 安装、运行与维护

**10.1** 水轮机的安装必须符合 **GB 8564** 的要求。

**10.2** 电站引水系统第一次充水前必须彻底清除引水系统及水轮机过流部件中的杂物,严防异物对水轮机造成损害。

**10.3** 水轮机运行应符合制造厂提供的产品使用维护说明书的规定。

**10.4** 试运行前应用油对调速系统各流道进行反复循环清洗,然后更换为符合 **GB 2537** 规定的新油试运行。

附录 A  
反击式水轮机效率修正公式  
(补充件)

第一种方法:

混流式:

$$\Delta\eta = K(1 - \eta_{\max})[1 - (D_m/D_t)^{0.2}] \quad (\text{A1})$$

轴流式:

$$\Delta\eta = K(1 - \eta_{\max})[0.7 - 0.7(D_m/D_t)^{0.2}(H_m/H_t)^{0.1}] \quad (\text{A2})$$

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

$K$ ——系数,  $K=0.6\sim 0.8$ ;

$D_m$ ——模型水轮机转轮公称直径, m;

$D_t$ ——原型水轮机转轮公称直径, m;

$H_m$ ——模型水轮机试验水头, m;

$H_t$ ——原型水轮机水头, m。

第二种方法:IEC 推荐的反击式水轮机效率修正计算公式:

$$\Delta\eta_h = \delta_{\text{ref}} \left( \frac{\text{Reuref}}{\text{Reum}} \right)^{0.16} - \left( \frac{\text{Reuref}}{\text{Reup}} \right)^{0.16} \quad (\text{A3})$$

$$\delta_{\text{ref}} = \frac{1 - \eta_{\text{hoptm}}}{\left( \frac{\text{Reuref}}{\text{Reuoptm}} \right)^{0.16} + \frac{1 - V_{\text{ref}}}{V_{\text{ref}}}} \quad (\text{A4})$$

式中:  $\Delta\eta_h$ ——模型效率换算为真机效率的修正值;

$\delta_{\text{ref}}$ ——标称的可换算为真机效率的修正值;

$\text{Reuref}$ ——标准的雷诺数;

$\text{Reum}$ ——测点模型雷诺数;

$\text{Reup}$ ——测点原型雷诺数;

$\text{Reuoptm}$ ——模型最优效率点雷诺数;

$\eta_{\text{hoptm}}$ ——模型最优效率;

$V_{\text{ref}}$ ——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:

$$\Delta\eta_h = (1 - \eta_{\text{hoptm}}) V_M \left( 1 - \frac{\text{Reum}}{\text{Reup}} \right) \quad (\text{A5})$$

$$V_M = V_{\text{optm}} = V_{\text{ref}} \quad (\text{A6})$$

$$\text{Reum} = \text{Reuref} = 7 \times 10^6 \quad (\text{A7})$$

## 附录 B

### 水轮机设备的仪表 (补充件)

表 B1

仪表名称	混流式	轴流式	冲击式
水轮机进口压力表(钢管或蜗壳压力)	✓	✓	✓
活动导叶后转轮进口前压力表	✓	✓	
★上密封环后压力表	✓		
★下密封腔压力表	✓		
转轮顶部压力表	✓	✓	
机壳真空压力表			✓
尾水管真空压力表	✓	✓	
★尾水管标准段末端压力表	✓	✓	
主轴密封水压力表	✓	✓	
★水轮机差压流量计	✓	✓	✓
★水轮机振动监测表	✓	✓	✓
★主轴摆度监测表	✓	✓	✓
导轴承温度计	✓	✓	✓
导轴承冷却水或水导轴承润滑水压力表	✓	✓	✓
★抬机数字显示记录表	✓	✓	✓

注:表中★号由供需双方商定。

## 附录 C

### 水轮机备品备件表 (补充件)

表 C1 混流式水轮机备品、备件

序号	备品、备件名称	单位	数 量			备 注
			1~2 台机	3~4 台机	5台 以上	
1	导叶上、中、下轴套	套	1/2	1	2	
2	导叶密封圈	套	每台机一套			
3	导叶分半键	套	1/3	1/2	1	
4	导叶剪断销(拉断螺栓)	套	1/2	1	2	
5	导叶止推轴承块	套	1/2	1	2	
6	主轴工作密封件	套	1	2	3	
7	主轴检修密封件	套	1	2	3	
8	水导轴瓦	套	1	1	2	
9	水导轴承用油盘	套	1	1	1	
10	接力器活塞环	套	1	1	2	
11	接力器固定密封圈	套	1	1	2	
12	顶盖、底环抗磨板	套	1	1	1	过流面留加工余量
13	弹簧	套	1	1	2	
14	顶盖固定止漏环	套	1	2	3	
15	导叶连杆轴套	套	1/4	1/2	1	
16	稀油轴承油泵	套	1	1	1	

表 C2 轴流式水轮机备品、备件

序号	备品、备件名称	单位	数 量			备 注
			1~2 台机	3~4 台机	5台 以上	
1	导叶上、中、下轴套	套	1/2	1	2	
2	导叶密封圈	套	每台机一套			
3	导叶分半键	套	1/3	1/2	1	
4	导叶剪断销(拉断螺栓)	套	1/2	1	2	
5	导叶止推轴承块	套	1/2	1	2	
6	主轴工作密封件	套	1	2	3	
7	主轴检修密封件	套	1	2	3	
8	水导轴瓦	套	1	1	2	

续表

序号	备品、备件名称	单位	数 量			备 注
			1~2 台机	3~4 台机	5台 以上	
9	水导轴承用油盘	套	1	1	1	
10	接力器活塞环	套	1	1	2	
11	接力器固定密封圈	套	1	1	2	
12	各类弹簧	套	1	1	2	
13	导叶连杆轴套	套	1/4	1/2	1	
14	稀油轴承油泵	套	1	1	1	
15	抬机抗磨环	套	1	1	1	
16	转轮叶片密封圈	套	每台机一套			
17	受油器轴套	套	1	2	3	
18	受油器浮动瓦	套	1	2	3	

表 C3 冲击式水轮机备品、备件

序号	备品、备件名称	单位	数 量			备 注
			1~2 台机	3~4 台机	5台 以上	
1	喷嘴口	套	每台一套			
2	喷针头	套	每台一套			
3	喷针杆轴套	套	1	2	3	
4	折向器刀板	套	1	1	2	
5	接力器活塞环	套	每台一套			
6	接力器固定密封圈	套	每台一套			
7	制动喷嘴操作阀	套	1	1	1	
8	制动喷嘴	套	1	1	1	
9	导轴瓦	套	1	1	1	

### 附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国水轮机标准化技术委员会归口。

本标准由哈尔滨电机厂、昆明水电勘测设计院负责起草。

本标准主要起草人青长庚、陈泽铨。

本标准自实施之日起,原 JB 626—80《水轮机基本技术条件》及 DL 445—91《水轮机基本技术规范》标准作废。