



# 团 体 标 准

T/ZZB 3779—2024

## 150MW 以上立式轴流转桨水轮机

Large-capacity vertical kaplan turbines above 150MW

2024 - 08 - 24 发布

2024 - 09 - 24 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本要求 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 检验规则 .....	4
8 铭牌、包装、运输及贮存 .....	5
9 质量承诺 .....	6



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省质量协会归口。

本文件由浙江富春江水电设备有限公司组织制定。

本文件主要起草单位：浙江富春江水电设备有限公司。

本文件参与起草单位：杭州康鹏机械制造有限公司，浙江永誉机械制造有限公司。

本文件主要起草人：张续钟，沈钊根，李昀哲，凌成震，周庆大，施旭明，孙东明，沈杰。

本文件评审组长：赵奇。



# 150MW 以上立式轴流转浆水轮机

## 1 范围

本文件规定了150MW以上立式轴流转浆水轮机（以下简称“水轮机”）的基本要求、设计与校验、技术要求、试验方法、检验规则、铭牌、包装、运输及贮存和质量承诺。

本文件适用于功率为150MW以上且转轮公称直径不小于8m的立式轴流转浆水轮机。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191 包装储运图示标志

GB/T 2900.45 电工术语 水电站水力机械设备

GBZ/T 189.8 工作场所物理因素测量 第8部分：噪声

GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带

GB/T 6967 工程结构用中、高强度不锈钢铸件

GB/T 9239.1-2006 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分：规范与平衡允差的检验

GB/T 10969-2008 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机通流部件技术条件

GB/T 11805-2019 水轮发电机组自动化元件（装置）及其系统基本技术条件

GB/T 13683 销剪切试验方法

GB/T 15468-2020 水轮机基本技术条件

GB/T 17189-2017 水力机械（水轮机、蓄能泵和水泵水轮机）振动和脉动现场测试规程

GB/T 20043-2005 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能现场验收试验规程

GB/T 28546 大中型水电机组包装、运输和保管规范

JB/T 1270-2014 水轮机、水轮发电机大轴锻件 技术条件

JB/T 6402 大型低合金钢铸件

JB/T 7349 水轮机不锈钢叶片铸件

IEC 60041:1991 水轮机蓄能泵和水泵水轮机现场验收规程(Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines)

IEC 60193:2019 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机 模型验收试验 (Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests)

## 3 术语和定义

GB/T 15468-2020、GB/T 2900.45界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 立式轴流转浆水轮机 vertical Kaplan turbines

主要由转轮体、叶片、主轴、导轴承、轴瓦、主轴密封、活动导叶、固定导叶、座环、顶盖、底环、控制环、接力器、转轮室、尾水管等部件所组成，水流与水轮机主轴中心线平行，转轮叶片和活动导叶均可转动调节，将水能转换成机械能的水力机械。

## 4 基本要求

### 4.1 设计研发

应具备水轮机 CFD 分析、模型设计、模型机制造、模型试验等设计验证的能力。

## 4.2 原材料与零部件

- 4.2.1 转轮室采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 4237 中规定的 04Cr13Ni5Mo 不锈钢材料制作。
- 4.2.2 水轮机转轮叶片应采用屈服和拉伸强度不低于 JB/T 7350 中规定的 04Cr13Ni5Mo 马氏体不锈钢材料制作。
- 4.2.3 与水接触的紧固件应采用力学性能不低于 JB/T 6396 中规定的 35 CrMo 耐腐蚀合金钢材料制作。
- 4.2.4 水轮机主轴锻件应采用不低于 JB/T 1270 中规定的 20SiMn 材料制作。
- 4.2.5 水轮机转轮体铸件应采用不低于 JB/T 6402 中规定的 20SiMn 材料制作。
- 4.2.6 轴瓦应采用巴氏合金材料。轴瓦与瓦基接触面应不小于 95%，且单个脱壳面积不大于 1%；表面采用渗透法探伤应无缺陷。轴瓦与瓦基结合面应进行 100% 超声波检查。

## 4.3 工艺与装备

- 4.3.1 转轮体过流面应采用自动化设备进行堆焊。
- 4.3.2 应具备五轴联动加工中心、数控立车、数控卧车、数控铣镗床、数控火焰切割机、卷板机、激光切割机、热处理炉等设备。
- 4.3.3 主轴导轴承轴领等粗糙度要求高的部位应采用毫克能金属表面镜面加工设备加工。
- 4.3.4 转轮体各组内外轴套孔应采用带回转工作台数控铣镗床进行成组加工。
- 4.3.5 水轮机主轴和发电机主轴联接销孔、水轮机主轴与转轮体联接销孔宜采用同镗或镗模加工方式。
- 4.3.6 结构件焊接应进行工艺评定，编制合适的焊接工艺规程。

## 4.4 检验检测

- 4.4.1 应具备液压式万能试验机、直读光谱仪、金相检测仪、高频红外碳硫分析仪、微机控制低温自动冲击试验机、硬度计、超声波探伤仪、磁粉探伤仪、磁力探伤仪、超声波测厚仪、X 射线探伤机、三坐标测量仪、叶片三维扫描仪等检验设备。
- 4.4.2 应采用三维扫描设备及相关的分析软件检测实物表面与理论设计表面之间三维形状误差。

## 5 技术要求

### 5.1 主要零部件的重要检查项

- 5.1.1 水轮机叶片和导叶的尺寸、粗糙度、波浪度应符合 GB/T 10969-2008 中 4.7.1, 4.8.1, 4.8.2 的要求。
- 5.1.2 水轮机转轮室以及尾水管尺寸、粗糙度应符合 GB/T 10969-2008 中 4.7.1, 4.8.1 的要求。
- 5.1.3 转轮静平衡应符合 GB/T 9239.1-2006 中的 G6.3 级的要求。
- 5.1.4 采用摩擦装置和剪断销联合作用的接力器保护装置，剪断销的破断力不应小于 1.5 倍的接力器额定操作力作用于剪断销上的力。每一批至少多生产三只做该破坏性试验。
- 5.1.5 水轮机叶片、导叶等易空蚀和磨蚀损坏处表面硬度应不低于 221HBW。
- 5.1.6 转轮叶片外缘与转轮室之间的单边间隙应不大于转轮公称直径的 0.1%，不小于转轮公称直径的 0.05%。
- 5.1.7 水轮机转轮应采用无油润滑转轮。
- 5.1.8 转轮采用密封性好、结构简单可靠、检修方便的双向多层耐油耐压密封，并能在不拆卸叶片的情况下更换。
- 5.1.9 不允许为了吊装叶片和转轮而在桨叶上开吊孔，应采用其他不伤害桨叶强度和水力特性的成熟可靠吊装措施。
- 5.1.10 桨叶与枢轴应能成组互换。
- 5.1.11 水轮机主轴和发电机主轴的联轴找摆应符合 ANSI IEEE STD 810-1987 中的要求。

### 5.2 空化

- 5.2.1 模型机装置空化系数与临界空化系数之比应  $\geq 1.20$ 。

5.2.2 模型机装置空化系数与初生空化系数之比应 $\geq 1.05$ 。

### 5.3 压力脉动

水轮机尾水管进口下游侧压力脉动峰-峰值不应大于相应运行水头的5%。

### 5.4 温升

水轮机在额定工况运行时，其稀油润滑的导轴承的轴瓦最高温度 $\leq 70^{\circ}\text{C}$ ；径向推力轴承轴瓦最高温度 $\leq 70^{\circ}\text{C}$ ；油的最高温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.5 功率

水轮机在额定水头下的额定功率及在最大水头、加权平均水头、最小水头和其他特定水头下的功率应不低于设计输入的功率要求。

### 5.6 效率

水轮机的最优效率应不低于95%以上。

### 5.7 频率

转轮室、底环、转轮叶片、活动导叶、固定导叶的固有频率应与水力激振频率至少错开10%。

### 5.8 振动

5.8.1 在稳定运行范围（35%-100%Pr）内，水轮机顶盖振动值，应不大于表1的规定要求。

表1 顶盖振动允许值

项 目	额定转速/ (r/min)			
	$\leq 100$	$>100\sim 250$	$>250\sim 375$	$>375\sim 750$
	振动允许值（双振幅） ( $\mu\text{m}$ )			
水平振动	80	65	45	30
垂直振动	100	85	80	80

5.8.2 在稳定运行范围内正常运行时，主轴相对振动（摆度）应符合 GB/T 15468 附录 C 中所规定的 B 区上限线。

5.8.3 空载工况下，主轴相对振动（摆度）应不大于轴承冷态间隙的 70%。

### 5.9 噪声

水轮机在稳定运行范围内正常运行时，水轮机机坑地板上方1m处所测得的声级噪声应 $\leq 95\text{dB(A)}$ ，在距尾水管进入门1m处所测得的声级噪声应 $\leq 95\text{dB(A)}$ 。

## 6 试验方法

### 6.1 主要零部件的重要检查项

6.1.1 叶片、导叶的尺寸和叶型采用千分尺、复合式激光三维扫描仪等进行测量，粗糙度采用粗糙度测量仪测量，波浪度采用刀口尺直接测量或平尺与塞尺配合测量。

6.1.2 转轮室、尾水管的尺寸采用千分尺、水平仪和水准仪等进行测量，粗糙度采用粗糙度测量仪测量。

6.1.3 转轮静平衡按照 GB/T 9239.1 的方法进行。

6.1.4 剪断销的破断力按 GB/T 13683 的方法进行。

6.1.5 转轮叶片外缘与转轮室之间的单边间隙采用间接测量法测量。

6.1.6 水轮机叶片、导叶等表面硬度采用硬度计测量。

### 6.2 空化

空化测试按照IEC 60193:2019中5.3.5.2的规定。

### 6.3 压力脉动

原型水轮机尾水管进口下游侧压力脉动峰-峰值的测试按照GB/T 17189-2017中7.4的规定进行。

### 6.4 温升

水轮机在额定工况运行时，通过热电阻温度计测量导轴承的轴瓦、径向推力轴承轴瓦最高温度。

### 6.5 功率

水轮机功率按照GB/T 20043—2005中第4篇的规定，以间接法求取。

### 6.6 效率

水轮机效率按照GB/T 20043—2005中第3篇 9 效率的规定求取。

### 6.7 频率

转轮室、底环、转轮叶片、活动导叶、固定导叶的固有频率的计算宜采用ANSYS水中模态分析法。

### 6.8 振动

水轮机的振动的测量按照GB/T 32584及GB/T 17189-2017中7.2的规定进行。轴承的冷态间隙按轴瓦在安装时与主轴之间的间隙测量记录确定。

### 6.9 噪声

噪声声级应按GBZ/T 189.8检测。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

水轮机检验分出厂检验和现场试验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 每台水轮机应经检验合格方能出厂。

7.2.2 现场试验应在下列情况之一时进行：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次现场试验有较大差异时；
- e) 客户提出时。

### 7.3 检验项目

出厂检验和现场试验项目可按照表2的规定进行。

表2 立式轴流转浆水轮机试验项目表

序号	项目	出厂试验	现场试验	技术要求	试验方法
1	主要部件	√	√	5.1	6.1
2	空化*	/	/	5.2	6.2
3	压力脉动*	/	√	5.3	6.3

表2 立式轴流转浆水轮机试验项目表（续）

4	温升	/	√	5.4	6.4
5	功率*	/	√	5.5	6.5
6	效率*	/	√	5.6	6.6
7	频率	/	√	5.7	6.7
8	振动	/	√	5.8	6.8
9	噪声	/	√	5.9	6.9
注：1. “√”为检测项目，“/”为非检测项目； 2. 标“*”项按照模型试验进行。					

#### 7.4 判定规则

7.4.1 水轮机经出厂检验，所检项目全部合格则判定该产品为合格品，如有不合格项，允许进行修整，调试直到检验合格后方可出厂。

7.4.2 现场试验应从出厂检验合格品中选择 1 台进行试验，全部项目合格即判定该产品现场试验合格，如有一项不合格则该现场试验判为不合格。

### 8 铭牌、包装、运输及贮存

#### 8.1 铭牌

内容应包括：

- a) 产品名称、型号；
- b) 国家名称；
- c) 供方名称；
- d) 执行标准编号或技术条件编号；
- e) 供方出品编号；
- f) 最大水头；
- g) 额定水头；
- h) 最小水头；
- i) 额定功率；
- j) 最大功率；
- k) 额定流量；
- l) 额定转速；
- m) 飞逸转速；
- n) 出厂日期。

#### 8.2 包装及运输

8.2.1 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。

8.2.2 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。

8.2.3 水轮机及其辅助设备的包装运输应符合 GB/T 191 和 GB/T 28546 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。

8.2.4 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。

8.2.5 供方每次发运的件数、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，需方和供方的代表应共同参加，如发现损坏、错发、缺件等问题，由需方代表通知供方查找原因并尽快采取补救措施。

#### 8.3 贮存

- 8.3.1 水轮机的各加工工件不应随意叠放。
- 8.3.2 水轮机的各加工件运抵工地拆箱后，应避免日晒雨淋。
- 8.3.3 橡胶、塑料、尼龙制品应存放在干燥通风的仓库内，防止直接受日光照射，防止油类对橡胶的污损。制品距炉子或其他取暖设备的距离不小于 1.5 m。
- 8.3.4 电子电器产品、自动化元件（装置）或仪表应存放的库房，温度为  $-5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$  范围内，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。
- 8.3.5 供方自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。

## 9 质量承诺

生产厂家应在接到顾客诉求24h内作出响应，48h内提供解决方案。

水轮机自验收后2年内正常工况下运行，如出现质量事故生产厂家应免费维修或更换。10年内应提供备品备件，备品备件应符合GB/T 15468-2020附录E表E.2的规定。

