

机械工业出版社 汇编

# 水电设备标准汇编

## 水轮机



# 水电设备标准汇编

## ——水轮机

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：水轮机/机械工业出版社汇编.

—北京：机械工业出版社，2004.4

ISBN 7-111-14143-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019654 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：刘志文

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 A4·19 印张·568 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，本汇编以水电及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 18110—2000 小水电站机电设备导则 .....                                              | 1   |
| 2. GB/T 8564—2003 水轮发电机组安装技术规范 .....                                             | 34  |
| 3. GB/T 17189—1997 水力机械振动和脉动现场测试规程 .....                                         | 90  |
| 4. GB/T 19184—2003 水斗式水轮机空蚀评定 .....                                              | 126 |
| 5. JB/T 8660—1997 水电机组包装、运输和保管规范 .....                                           | 135 |
| 6. DL/T 507—2002 水轮发电机组启动试验规程 .....                                              | 145 |
| 7. DL/T 827—2002 灯泡贯流式水轮发电机组启动试验规程 .....                                         | 163 |
| 8. JB/T 9579—1999 水轮机型号编制方法 .....                                                | 178 |
| 9. JB/T 7349—2002 混流式水轮机焊接转轮不锈钢叶片铸件 .....                                        | 182 |
| 10. JB/T 7350—2002 轴流式水轮机不锈钢叶片铸件 .....                                           | 188 |
| 11. JB/T 1270—2002 水轮机、水轮发电机大轴锻件技术条件 .....                                       | 196 |
| 12. JB/T 10384—2002 中小型水轮机通流部件铸钢件 .....                                          | 202 |
| 13. DL/T 5070—1997 水轮机金属蜗壳安装焊接工艺导则 .....                                         | 216 |
| 14. DL/T 5071—1997 混流式水轮机分瓣转轮组装焊接工艺导则 .....                                      | 234 |
| 15. JB/T 8994—1999 大电机、水轮机大型光滑工件尺寸的检验方法及限值 .....                                 | 253 |
| 16. JB/T 8995.1—1999 大电机、水轮机大尺寸公差与配合总论<br>标准公差与基本偏差 .....                        | 270 |
| 17. JB/T 8995.2—1999 大电机、水轮机大尺寸公差与配合 尺寸大于 500 mm 至<br>3 150mm 孔、轴公差带与配合 .....    | 279 |
| 18. JB/T 8995.3—1999 大电机、水轮机大尺寸公差与配合 尺寸大于 3 150 mm 至<br>16 000 mm 常用孔、轴公差带 ..... | 291 |

## 前 言

本标准是根据国际电工委员会 IEC 61116: 1992《小水电站机电设备导则》(Electromechanical equipment guide for small hydroelectric installations)制定。

为统一国内小水电站机电设备的有关标准,提高小型水电设备的质量,并尽可能与国际一致,以尽快适应国际招投标、技术和经济交流的需要,本标准在技术内容上等效采用该国际导则,在适用范围、水电站运行和检查等章节进行了部分修改,补充了与泥沙磨损有关的若干内容,按我国法规对文字和图表进行了规范化处理。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由中华人民共和国水利部提出。

本标准由水利部国际合作与科技司归口。

本标准负责起草单位:中国水利水电科学研究院;参加起草单位:水利部国际合作与科技司、水利部农村电气化研究所、国家机械工业局天津电气传动设计研究所。

本标准主要起草人:徐洪泉、乐枚、李勇、王曰平、杨庆生。

## IEC 前言

——由国际电工委员会各技术委员会制定、表述各国委员会所特别关心技术问题的正式决定或协议,应尽可能贴切地表述所涉及问题的国际一致性观点。

——本标准为国际通用的推荐性标准,已得到国际电工委员会认可。

——为了促进国际一致性,国际电工委员会希望各国委员会在国家条件允许的范围内采纳国际电工委员会推荐的文本作为他们的国家标准。在国际电工委员会推荐标准与对应的国家标准之间的任何不一致都应在该标准后清楚的注明。

本国际规程已由国际电工委员会第四技术委员会(IEC TC No.4)——水轮机技术委员会制定。

附录 A 是本标准的唯一附录。

# 中华人民共和国国家标准

## 小水电站机电设备导则

Electromechanical equipment guide  
for small hydroelectric installations

GB/T 18110—2000  
eqv IEC 61116:1992

### 1 概述

#### 1.1 范围和目的

本标准规定了电站装置和运行条件、小水电站机电设备技术条件及检查、发货、运行和维护的要求。

本标准适用于机组功率为 10 MW 及以下,并且水轮机转轮直径为 1 m 及以下的冲击式和混流式,以及转轮直径为 3.3 m 及以下的轴流式和贯流式水轮发电机组。

本标准仅涉及需方与供方之间的直接关系,不涉及土建工程、行政事务或商务。

本标准完全建立在实际资料基础上,目的是向需方提供其所需的资料,以帮助需方做好如下工作:

- 招标的准备;
- 标书评估;
- 在设备设计和制造期间与供方协商;
- 在制造过程和厂内试验时的质量控制;
- 现场安装监督;
- 试运行;
- 验收试验;
- 运行和维护。

本标准包括:

- a) 小型水电站机电设备的一般要求;
- b) 机电设备的技术要求(不包括尺寸和标准化);
- c) 验收、运行和维护要求。

考虑到设备的类型,文件应尽可能地简单,但必须充分地定出特殊运行条件。过高的技术要求对工程的经济性不利。

本标准不涉及前期科学研究和可行性研究阶段,也不涉及与能源供求有关的经济研究。

本标准不能代替关于设备选型、设计、制造、安装和试验所必需的工程研究,其要旨是让需方知道小水电站建造中应提供、说明及应考虑的要点和资料。

#### 1.2 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 1094.1—1996 电力变压器 第 1 部分 总则(eqv IEC 76.1:1993)
- GB 1094.2—1996 电力变压器 第 2 部分 温升(eqv IEC 76.2:1993)
- GB 1094.3—1985 电力变压器 第 3 部分 绝缘水平和绝缘试验(neq IEC 76.3:1980)
- GB 1094.5—1985 电力变压器 第 5 部分 承受短路的能力(neq IEC 76.5:1976)

- GB 1207—1997 电压互感器(eqv IEC 186:1987)  
GB 1208—1997 电流互感器(eqv IEC 185:1987)  
GB 1984—1989 交流高压断路器(neq IEC 56:1987)  
GB 1985—1989 交流高压隔离开关和接地开关(eqv IEC 129:1984)  
GB/T 2900.45—1996 电工术语 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机  
GB/T 7894—1987 水轮发电机基本技术条件(neq GOCT 5616:1981)  
GB/T 9652.1—1997 水轮机调速器与油压装置技术条件(neq IEC 308:1980)  
GB/T 9652.2—1997 水轮机调速器与油压装置试验验收规程(neq IEC 308:1980)  
GB/T 10585—1989 中小型同步电机励磁系统基本技术要求  
GB/T 14478—1993 大中型水轮机进水阀门基本技术条件  
GB/T 15468—1995 水轮机基本技术条件  
GB/T 15469—1995 反击式水轮机空蚀评定(neq IEC 609:1978)  
GB/T 15613—1995 水轮机模型验收试验规程(neq IEC 193:1965)  
DL 507—1993 水轮发电机组起动试验规程  
JB/T 6310—1992 中小型轴流式混流式水轮机转轮系列型谱  
JB/T 6474—1992 中小型轴流式混流式水轮机产品系列型谱  
JB/T 6752—1993 中小型水轮机转轮静平衡试验规程  
IEC 41:1991 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能的现场验收试验  
IEC 70:1967 电力电容器  
IEC 545:1976 水轮机验收、运行和维护导则

### 1.3 名词术语

可参照 GB/T 2900.45。

### 1.4 程序方法

为清楚起见,图 1 以框图的形式给出了小型水电站建设必需的步骤。

它主要包括了技术说明书的准备、标书审查、设备的制造及最终的运行和维护。

该框图还表述了所有有关人员(顾问工程师、监理工程师和需方)之间各阶段的关系和责任范围。

若需方本身没有这方面的能力或没有顾问工程师为其服务,则可以要求简化合同体系,采用“交钥匙工程”的方法,或至少使供方对部分或全部机电设备(例如,水轮机/发电机成套设备或“从水到输电线路”的成套设备)的供货负责。

## 2 电站装置和运行条件的说明

在询价过程中,应给供方提供尽可能多的数据资料和供货进度要求,以便获得更好的技术方案。

### 2.1 现场条件

2.1.1 提供地形平面图和断面图,给出标记点的海拔高程和主要水工建筑物(见图 2a、图 2b、图 2c 和图 2d)——水库、进水口、引水道、调压井或前池、压力钢管、厂房、上游和尾水所要求的位置,并给出它们的主要特征(引水道和压力钢管等的断面、长度及材质),标明地质条件。

2.1.2 附有与本标准 2.1.1 条所述地形图相互参照的图纸,标明主要水工建筑物的标高及位置。

2.1.3 提供在极限温度下的水质化学分析。必要时,还需提供进水口区域或沉砂池下游处水中含有泥沙的浓度、成分、级配及硬度等。

标明存在的有机生物或浮游物等。

2.1.4 地域条件:极限气温、湿度,发生过的强风暴及地震等。

2.1.5 指明各类运输或道路限制。

2.1.6 在本标准 4.1.5.1 和 4.1.5.3 条中所述的一些资料,如果能反映需方所属地域的特征,也应在标书中说明。

2.1.7 说明是径流式电站(见图 3a 和图 3b)还是带有水库的电站。

指明是否有特殊运行条件;例如综合利用的方案、环保、养鱼等。

绘图说明电站的哪些现存的部分预计将继续使用。

2.1.8 说明是有人或无人值守电站。

2.2 电站水力条件及对机组设计的要求。

2.2.1 引水系统最大允许的涌浪上下限。

2.2.2 提供流量随时间变化的曲线(见图 4),并标明限制流量(保证供水量、灌溉用水和生活用水)。

2.2.3 选定的设计流量  $Q_r$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )及年利用小时。

2.2.4 以海拔高程(m)说明进水口和尾水处的极限水位如下:

a) 上游 最高……m,

最低……m;

b) 下游 最高……m,

最低……m;

c) 允许运行范围 ……m。

并给出下列曲线:

a) 上下游水位与流量关系曲线;

b) 上游水库或前池水位与容积的关系曲线(对有水库的方案是必不可少的)。

2.2.5 说明预计的设计功率和相应的运行时间。

2.2.6 建议机组台数。

2.2.7 规定整个运行范围以及过负荷条件下的效率评定标准,加权平均效率应根据不同水头和流量下发出电能的总和计算。对某特定效率或过负荷所给出的加权值取决于所研究运行点的利用时间和设备所回收的能量。常规的投标须知见本标准 3.5 条。

注

1 对于具有短进水口的低水头电站,为防止诸如旋涡和掺气等水力问题,进水口设计必须非常小心。

2 为减小水头损失(毛水头与净水头之差),必须正确设计流道。

2.3 电站运行电气条件

电站的电气条件和要求在本标准 2.3.1 或 2.3.2 列出。

2.3.1 在孤立电网中运行的电站

a) 没有任何外来能源加入该网。

对于孤立负荷的电网,直接起动能力非常重要。

1) 要求的电网电压 ……V

在稳定条件下容许偏差 + ……% ~ - ……%

2) 电网频率 ……Hz

在稳定条件下容许偏差 + ……% ~ - ……%

3) 电网在全年内要求的最小功率 ……kW

4) 电网承受负荷的变化率(确定是否需要飞轮的因素之一) ……kW/s

5) 电网能承受的最大负荷阶跃变化值 + …kW ~ - …kW

6) 功率因数( $\cos \phi$ )

b) 与其他供电电源永久性并网运行:

1) 水电机组 型式……

最小功率……kW

2) 火电机组 型式……

3) 发电机特性(同步机或异步机)

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 额定电压               | ……V                           |
| 额定频率               | ……Hz                          |
| 额定输出功率             | ……kVA                         |
| 转动惯量 $GD^2$        | …… $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ |
| 功率因数( $\cos\phi$ ) |                               |

## 4) 水轮机调速器特性

电网条件由本标准 2.3.1 条 a) 中的 1) 到 4) 决定。

## 5) 电压调节器特性(无功功率分配)

## c) 能量利用:

每日和每季的负荷变化

| 功率                 | 最小, kW | 平均, kW | 最大, kW |
|--------------------|--------|--------|--------|
| 非动力负荷 (照明、电热、烘干……) |        |        |        |
| 动力负荷(电动机)          |        |        |        |
| 总计                 |        |        |        |

为决定调速器的调节及设计方法, 必须给出负荷变化(负荷曲线)的指标:

- 1) 每天;
- 2) 每周;
- 3) 每季。

标明优先和非优先负荷(可卸负荷), 这对设计调速器是有用的。

## 2.3.2 与承担基荷的电网并网运行的电站

## a) 电网特性

- 1) 电压 ……V  
容许偏差  $+ \dots\dots\% \sim - \dots\dots\%$
- 2) 频率 ……Hz  
容许偏差  $+ \dots\dots\% \sim - \dots\dots\%$
- 3) 短路功率(新电路在此处与电网连接) ……kVA
- 4) 功率因数( $\cos\phi$ )

## b) 电网中最大发电机的视在功率 ……kVA

## 2.3.3 电能输送和分配

提供下述图纸;

- 在孤立负荷运行时整个电网的总体布置图;
- 在与一大电网并联运行时, 给出与电网连接的图纸。

布置图中还应标明能源供求的重点。

还要提供电网任何可能的发展规划。

## 2.4 调节类型和运行方式

## 2.4.1 频率调节

如果机组或电站运行于孤立电网, 或在电网起主导作用, 当负荷变化时需要由调速器维持电网频率。

对于小容量机组且水力资源丰富的情况, 也可以使用简单的调速器, 在满负荷下发出恒定的功率, 将多余的水能弃掉。

## 2.4.2 水位控制

说明是必须保持上游或下游水位稳定,还是利用发电机组或某些其他流量装置使其保持在一定范围内。若为后者,水轮机导叶开度则必须采用水位反馈控制,通常这是径流式电站(本身位于河中或旁通渠道中)或由灌渠中引水的情况。

注:在孤立负荷时,水位或频率均能控制,但不能两者兼顾。

#### 2.4.3 流量调节

说明提供给机组的流量是稳定的,还是随时间变化的。

注:在孤立负荷时,流量或频率均能控制,但不能两者兼顾。

#### 2.4.4 简单调节

若电站运行于能控制频率的电网中,其机组可装配带有水位反馈或负荷反馈的简单的调速器。当电网的一部分偶然出现解列而又采用简单的调速器时,电网稳定性会受到影响。

### 2.5 自动化、遥测、遥控、报警

- a) 说明起动和停机程序的操作人员是分开的,还是合二为一的;
- b) 若为无人值守电站,指明警报器安装的位置;
- c) 说明启动、并网、加载及停机等操作是:
  - 1) 手动;
  - 2) 自动;
  - 3) 遥控(在该情况下,说明中央控制室位置、信号传输的载体、方式和方法)。
- d) 若设计方案有水库并有几台机组,则应说明水库水位是手动控制还是自动控制(按程序操作);
- e) 说明电站是否是电网中其他供电能源的控制中心。

## 3 设备技术条件

### 3.1 技术要求

除提供设备外,供方还应提供:

- a) 所提出的技术方案在水力特性和运行要求方面的适用性;
- b) 供方向需方提供必要的前期水工建筑物数据,以使设计的水工建筑物适应设备的要求。核实水工建筑物与机电设备配套性(总体尺寸、地板负载、提供并校核早期水工建筑物设计图等);
- c) 设备安装、启动、运行和维护方面所需的资料。

### 3.2 供货范围

应逐项清楚地确定供货范围,检查确认没有被遗漏的设备。

常规主机设备供货范围一般都包括:水轮机、发电机、励磁装置、调速器、油压装置、自动化元件、备品备件、专用工器具及主阀等。

#### 3.2.1 水力系统

水力系统供货范围自拦污栅和拦污栅清污设备起,至尾水管末端止。

#### 3.2.2 电气系统

可以包括所有电气设备,直到需方规定的与电网的第一个接点。

#### 3.2.3 常规供货范围不包括的内容

常规供货范围不包括下列各项:

- a) 水工金属结构;
- b) 遥测装置和遥控设备。

### 3.3 电站设备技术条件

在考虑到小水电站要求简单、安全、经济的前提下,应充分采用国内外的新技术成果——新技术、新材料、新工艺、新产品,有利于提高电站的可靠性和延长电站寿命。

#### 3.3.1 拦污栅和拦污栅清污设备

拦污栅栅格间的开口应尽可能大,但应小于过水断面的最小尺寸(例如,混流式水轮机转轮叶片之间的最小开口)。当拦污栅完全被阻塞时,它应能承受可能产生的压力。

拦污栅清污设备可以是手动或自动的,均应考虑到杂物的清除、输送和排放。

在多泥沙河流中,拦污栅前应设排沙设施。

### 3.3.2 水位控制

根据电站运行的需要,水位控制可作为参考,也可作为保护措施和辅助控制措施。

水位控制装置通常位于机组的上游侧(进水口、拦河坝等),但有些情况可能需要控制下游水位(因流量需要、下游电站要求等)。

如果水位测量装置采用电子装置且距电站很远,则应连同连接线一起加以保护,以防电脉冲干扰。

此外,水位控制装置(和其他辅助设备)亦应加以保护,以免受环境或其他因素的破坏。

对于低水头电站,在大多数情况下,水位控制装置可装于水轮机进口处。

### 3.3.3 截流装置(见图 5)

应至少有一个对机组起保护作用的截流装置。在紧急情况下,无论是没有电信号(这一情况可能发生在虹吸式水轮机补气时)还是有电信号,该装置均可关闭。这一装置也可是导水机构。

导叶和主阀的操作机构应能在不平衡压力下开启。

在任何情况下,为安全起见,均应能确保关闭:

a) 对于闸门,应能通过自身重量使其关闭;

b) 对起安全关闭作用的主阀和导叶,应有平衡重量或有等效作用的其他装置使其关闭。

为使叠梁闸门和主阀能正确且持久的工作,必须保证固定导槽的平行。

主阀和闸门应设计成能承受最大总压力(包括水锤波)1.5 倍的耐压试验,并能够截断最大流量,包括截断压力钢管水流。

密封系统的研究很重要,应规定出允许的泄漏保证极限(单位用 L/min)并要求密封可更换。

#### 3.3.3.1 叠梁闸门或检修闸门

在某种情况下,它们可作为备用关闭装置。

#### 3.3.3.2 进水口闸门和主阀(见 GB/T 14478)

如果需要这些装置的话,则必须研究它们的关闭速度和步骤,以避免在流道内和水力机组中产生不利的干扰。压力钢管末端关闭装置处设置合适的通风口,对防止压力钢管破裂或输水设备的严重破坏是必要的。

#### 3.3.3.3 保护机组的主阀

如果压力钢管短且装有一个进水口闸门,则通常不需要主阀。如果几台机组由同一根压力钢管供水,则建议每台机组安装一个单独的主阀。

对灯泡式和转桨式水轮机,在某些情况下,将阀门装于尾水侧对水流较好。

应细致研究调节保证计算,并提出优化的关闭速度,根据相应的设备建立机组过速和压力钢管过压之间的优化关系。

主阀应缓慢关闭,目的是减小“水锤”引起的过压,但它也许会引起过速增加。

### 3.3.4 压力钢管

使用标准直径和厚度的钢管做压力管道是合理的。压力钢管应能承受最大总压 1.5 倍的压力,该总压力包括机组飞逸水力关闭装置动作形成水锤所引起的压力升高。水力管道中某一部位设置调压井有助于减少压力上升和压力下降。应考虑是否需要安装真空破坏阀。

在某些情况下,有必要将压力钢管掩埋起来以防受到岩崩、雪崩和冰冻的破坏。一旦水轮机选定之后,“水锤”效应的计算应由供方进行核实。应该注意过压对压力钢管设计的影响。受压力钢管长度和机组功率的影响,压力上升的降低会引起机组过速的上升。

在长压力钢管和小流量的情况下,应考虑采用卸荷阀。因为这是一个安全装置,应仔细进行检验和

维护。

可以考虑不用钢而用其他材料制造压力管道(如预应力钢筋混凝土管)。

### 3.3.5 水轮机(见 GB/T 15468)

本标准所列水轮机结构形式主要为冲击式和反击式,包括大多数水轮机系列(水斗式、斜击式、双击式、混流式、轴流式和贯流式)。应尽量选择型谱(见 JB 6310 和 JB/T 6474)推荐和国内外新开发的优秀转轮。

水轮机应具有良好的抗疲劳、抗空蚀、抗磨损及和电站水质条件相适应的耐磨蚀性能。

机组,特别是转轮和其他易磨损部件的材料及结构应易于修复和更换。每种情况应结合运行条件(运行时间和停机时间)单独进行研究。

轴承和轴宜使用耐腐蚀材料制成,轴瓦优先采用自润滑方式。

卧式、立式或倾斜式的机组对土建工作量和进入维修的难易程度有重要影响。

#### 3.3.5.1 冲击式水轮机(水斗式、斜击式、双击式)

通常要求其关闭装置在甩负荷时具有自关闭趋势。喷针应缓慢动作,以减小压力上升;如果有折向器,则可快速动作。

喷嘴和喷嘴中的喷针应具有良好的抗磨蚀性能且易于更换。

水斗也是易受严重磨损的部件,应易于修复;由于受射流水的反复冲击,易产生严重的疲劳,应精心选择材料,合理进行机械设计,并保持低应力水平。

#### 3.3.5.2 反击式水轮机(混流式、轴流式、贯流式)

为避免空蚀,水轮机安装高程通常选得较低,但这往往会使土建费用增加。

建议导水机构的轴承采用自润滑材料制造。必须有一相应的安全装置(剪断销或等效的元件),以避免夹在导叶之间的物体影响其他导叶转动。

固定部件和活动部件采用的材料(尤其是转轮迷宫)应是抗腐蚀的。应根据水轮机的尺寸和运行工况确定选用的材料,便有利于迷宫、转轮和连接件的拆卸。

对于过机泥沙浓度较大的电站,在易产生磨损的部位,应采用抗磨损的材料或采取其他防护措施。

为了便于维修和更换,水轮机主轴密封应进行认真研究和设计。

#### 3.3.5.3 导轴承和推力轴承

在轴系设计中应尽量减少轴承的数量,有必要将水轮机轴承和发电机轴承作为一个系统来研究。在选择滑动轴承、球轴承或滚柱轴承时,应注意其承受振动、涡流和飞逸的能力。

如果机组尺寸允许的话,为简便起见,可以考虑采用自润滑轴承。

#### 3.3.5.4 联轴器、直联或用增速器联接

水轮机和发电机之间可以是直接联接或通过增速器联接。采用增速器便可使用标准尺寸的或具有较小尺寸的高速发电机。齿轮或皮带传动是最广泛采用的增速装置。如果采用齿轮增速,则应考虑效率、飞逸工况、噪声、振动、预期的寿命及性能价格比等。

为便于大轴的对中找正,特别是在长轴卧轴机组中可以采用柔性联轴器。在这种情况下,更应检验其临界转速。

#### 3.3.5.5 监测和保护

原则上可规定两级保护:报警和事故停机。

应考虑的要素有:

- a) 转速;
- b) 润滑油循环;
- c) 冷却水循环;
- d) 调速器系统油压;
- e) 导水机构剪断销剪断;

- f) 轴承油位和温度;
- g) 调速器油位和油温;
- h) 增速器油位和油温;
- i) 拦污栅压差;
- j) 振动和摆度。

a)至 e)项要求立即事故停机; f)至 j)项,如果电站有人值守,可以先报警并进行人工处理。但无论怎样,在没有进行人工处理的情况下,终将发生事故停机。在有些情况下,采用制动刹车以减少停机的持续时间。

对于较大型机组,不能按持续飞逸设计,建议采用两个独立的过速停机装置。

根据需要,应在上游和下游提供必要的测压点(供试验和运行监视用)。

### 3.3.5.6 调速系统(见 GB/T 9652.1)

必须规定出机组是与电网并联运行,还是在孤立负荷系统运行。通过一个长的输电线在一个单一的点上与电网连接的电站则介于二者之间。

#### a) 与大电网并联运行

用于操作水轮机开度装置的调速器(或导水机构操作器),至少应通过开度反馈实现比例控制。

被控参数为:

- 1) 流量;
- 2) 水位(迳流式电站);
- 3) 功率。

#### b) 在孤立负载系统运行

用于操作水轮机开度装置的调速器,至少应通过开度和速度反馈实现比例和积分控制。

在分析整个水力系统时,综合考虑调节质量和其成本(机组的惯性和转速,压力和转速变化)是很重要的。

必须明确给定供电电网的频率控制精度(波动界限和响应速度)及其对水力系统的影响(压力变化)。如 2.4 条所述,供方所需的资料应在投标询价时予以说明。

对于上述两种运行模式,有必要研究在负载突变(压力上升、压力下降、过速等)时的特性。其对水力系统(管道的厚度、材料种类)和机械系统(轴承、飞轮、密封间隙、增速器等)的影响是至关重要的。

调节系统应有足够的能量储备(压力罐容量)以确保事故停机。

调速器通常由油压系统操作,此油压系统也可用于主阀或进水闸门的操作。

对小功率机组,为简单起见,调速器也可采用电气-机械系统驱动。

如果在一座电站中有几台机组(见本标准 2.2.6),研究负荷分配方案是很重要的。这既可以是对操作人员的指示,也可以是对每台机组设定永态转差系数。

### 3.3.5.7 水轮机辅助设备

#### a) 冷却

为简单起见,应尽量采用自冷却轴承

有必要检查计算时所做的假设是否与实际环境条件(水-空气)一致。

#### b) 润滑

润滑油应符合润滑要求,应了解和注意最低和最高允许工作油温。

#### c) 辅助设备用水的沉淀和过滤系统

应尽量采用净化水。如水中含有悬浮固体颗粒,则应设有相应的沉淀和过滤装置。也可采用带热交换器的闭路冷却系统。

#### d) 引排水系统

要有相应的引排水设备。

## e) 辅助管道

为了避免电化学腐蚀,建议金属管道全长都用同一种材料制成。脆性材料(例如灰铸铁)制成的阀门应谨慎使用,且只能用于低压端。

## 3.3.6 发电机(见 GB 7894)

交流发电机有两种基本类型:同步发电机和异步(或感应)发电机。选择使用哪种类型,取决于发电机并入电网的特性以及对发电机运行的要求。

同步发电机用于孤立负荷电网或机组对电网有较大影响的情况。在某些特殊情况下,也可采用异步发电机。

在大电网内,两种类型的发电机都可使用。

在决定采用哪种类型发电机之前,重要的是应考虑到以下几点:

——同步发电机可以调节电网电压和对电网提供无功功率。因此它可以与任何类型的电网连接。

——异步发电机运行简单,仅需要用一台转速表便可以接入电网。当发电机与电网连接时存在一个暂态电压降;一旦与电网连接,发电机将从电网吸收无功功率。在功率因数需要改善时,有必要设置电容器组。异步发电机的效率一般低于同步发电机。

应尽可能采用标准化的、优质的、批量生产的发电机。大多数成品的或批量生产的发电机所设计的超速值(一般为 1.25 ~ 1.5 倍额定转速)比水轮机低。因此,这种发电机的设计应按水轮机的飞逸工况校核。

气候条件(环境温度、海拔高程、湿度)可能影响绝缘等级和温升的选择。

应评价发电机冷却系统。在发电机散发的热量排入厂房时,厂房应充分通风。

必要时,应考虑设置制动系统(气动或液压制动)。

## 3.3.6.1 同步发电机

在孤立负荷电网运行时,除特殊气候条件外,一般应采用同步发电机,其主要性能如下:

a) 定子:推荐采用 F 级绝缘,B 级温升。

b) 转子:推荐采用 F 级绝缘,B 级温升。

c) 励磁装置(见 GB/T 10585):推荐选择所需维护最少的系统(例如静止无刷励磁)。

d) 电压调节装置:其宗旨应是便于维护。该装置可包括在控制系统内。

e) 同步装置:可以是手动和/或自动的。同步包括电压、频率和相位。通常该装置包括在自动控制系统中。

f) 功率因数:在 0.8 到 1.0 之间,取决于无功功率要求。

为安全起见,同步发电机组的设计应满足 GB/T 7894 的飞逸时间要求。

## 3.3.6.2 异步(感应)发电机

在与大电网连接时,除特殊气候条件外,通常采用异步发电机,设计应能承受持续飞逸。

a) 定子:推荐采用 F 级绝缘,B 级温升。

b) 转子:推荐采用鼠笼式结构,F 级绝缘,B 级温升。

c) 电压和转速:电压和转速的选择影响使用标准发电机的可能性。

## 3.3.6.3 导轴承和推力轴承

与水轮机一样,见本标准 3.3.5.3。

## 3.3.6.4 监测和保护

与水轮机一样,可以规定两级防护:报警和事故停机。

通常进行下列监测:

a) 过电流(定子和转子);

b) 接地故障电流限值(定子和转子);

c) 最大和最小电压;

- d) (功率)变换;
- e) 频率变化超标;
- f) 定子温度;
- g) 轴承油槽内油位;
- h) 轴承温度;
- i) 冷空气温度。

对于 a) 至 e) 项要求立即事故停机; f) 至 i) 项, 如果电站是有人值守, 允许先报警, 然后人工处理。但在任何情况下, 如没有人工处理时, 应立即事故停机。

在某些情况下, 发热设备对于防冷凝可能是需要的。

如发电机的尺寸和/或其环境适当, 可考虑采用差动保护。

通常推荐用于监测和防护的仪表和装置如下: 伏特计, 安培计, 瓦特表, 电度表, 功率因数表, 转速计, 运行形式计数器, 同步装置, 水位和/或压力指示计, 水轮机开度指示计, 事故停机装置, 短路电流保护器, 过电流保护器, 无功功率继电器, 频率监测器, 电压监测器, 轴承监测器等。

### 3.3.7 自动控制系统

自动化的特点和程度取决于电站的运行方式(手动的、自动的、遥控的)和运行操作人员的技能等。

可使用简单的人工控制屏或带有所有指令和控制功能的自动程序装置。

有必要研究适用于特殊情况的最佳方案, 同时考虑到运行条件和成本。在这方面最重要的是应考虑到制动停机的后果(电站停运、备件库存、手动操作的可能性、无电源起动等等)。

可以考虑两种类型的控制:

- a) 现场(靠近被监测或被防护的部件处);
- b) 遥控(距被监测部件有一段距离, 位于电站内部或外部)。

在每种情况下, 应从简单和有效的观点出发选择出最佳的解决方案:

a) 自动化装置应尽可能简单, 以避免事故停机并减少停机持续时间。设计还应考虑到易损件便于更换。一般采用标准组件(新生产的备件), 以减少停机时间。

b) 至少在当地(孤立负荷)无辅助能源的情况下应能手动起动。

图 6 示出了两个电气单线图(异步和同步)。

### 3.3.8 主变压器(见 GB 1094)

应考虑下列最重要的性能:

- a) 额定容量;
- b) 匝数;
- c) 额定电压和电压调节;
- d) 频率;
- e) 变压比;
- f) 每匝的连接方式;
- g) 总体布置;
- h) 冷却方式(最好是自然对流);
- i) 短路电压。

根据变压器的型式和尺寸, 最好做如下监测:

- 1) 温度;
- 2) 内部故障(对于充油变压器, 建议使用气体探测器);
- 3) 接地故障。

### 3.3.9 辅助设备

#### 3.3.9.1 断路器(见 GB 1984)