

水电厂生产人员岗位技能培训教材

# 水轮机调速器 机械检修

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编  
葛洲坝水电厂 汤正义 主编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 水轮机调速器机械检修


---

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编  
葛洲坝水电厂 汤正义 主编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



## 内 容 提 要

---

本教材是水电厂生产人员岗位技能培训教材的《水轮机调速器机械检修》分册，主要内容为调速器的基本知识，调速器的基本工作原理和结构，水轮机机械液压调速器及其附属装置的检修、调整和机液调速器的试验工作等。

本套教材是按照成人培训考核特点和规律建立的新教材体系，打破了传统教材的框架，强调实用性，融基础知识、专业知识和技能操作于一体，克服了以前教材存在的偏多、偏深、偏难及重理论轻技能的问题，具有重点突出、内容全面、针对性强、深入浅出、图文并茂的特点。读者对象为水电厂生产人员。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

水轮机调速器机械检修/汤正义主编. —北京: 中国电力出版社, 2003

水电厂生产人员岗位技能培训教材

ISBN 7-5083-1035-7

I. 水… II. 汤… III. 水轮机 - 调速器 - 检修 - 技术培训 - 教材 IV. TK730.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 088905 号

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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 13 印张 341 千字 2 插页

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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)

# 水电厂生产人员岗位技能培训教材

## 编委会名单

(按姓氏笔划为序)

- |     |                 |
|-----|-----------------|
| 于震  | 云峰水电厂培训专责       |
| 尤建  | 白山水电厂培训专责       |
| 文家来 | 辽宁恒仁水电厂总工       |
| 王洪祥 | 新安江水电厂教育科长      |
| 王育康 | 陕西安康水电厂培训专责     |
| 白青平 | 李家峡水电厂人资部主任     |
| 兰福军 | 龙羊峡水电厂副厂长       |
| 师桂霞 | 隔河岩水电厂培训专责      |
| 刘军  | 刘家峡水电厂厂长        |
| 刘庆芝 | 牡丹江水电总厂教育科长     |
| 刘晓萍 | 丰满水电厂培训专责       |
| 杨军  | 西藏满拉水电厂厂长       |
| 杨勇  | 佛子岭水电厂教育科长      |
| 李利华 | 三峡水电厂安全主管       |
| 吴兆旗 | 海南大广坝水电开发公司副总经理 |
| 吴洪林 | 江西柘林水电厂培训专责     |
| 汪国良 | 葛洲坝水电厂培训主任      |
| 张元领 | 甘肃小三峡水电开发公司总经理  |
| 张鹏骞 | 黄龙滩水电厂培训主任      |
| 陈绍群 | 广东新丰江水电厂副厂长、总工  |

- 陈建勋 东江水电厂教育科长  
赵眼川 以礼河水电厂人事部主任  
贺兴云 丹江口水电厂培训专责  
项洪高 乌溪江水电厂培训主任  
侯 伟 贵州乌江渡水电厂总工  
郭占祥 青铜峡水电厂教育科长  
姚志明 柘溪水电厂教育科长  
涂复礼 五强溪水电厂副总工  
郭凤英 盐锅峡水电厂培训专责  
梁超英 柘溪水电厂总工（“总前言”执笔者）  
黄忠生 广西岩滩水电厂人资部主任  
黄治均 丹江口水电厂安教科科长  
谢 成 天生桥一级水电厂培训专责  
谭诗念 天生桥水电总厂人事部主任  
谭建中 凤滩水电厂培训主任

## 总 前 言

在市场经济条件下，企业无法回避竞争。为了今后的生存和发展，企业必须参与竞争。

我国加入 WTO 后，各行各业的竞争已日趋激烈，企业在竞争中发展，人才是关键。培训是提高员工素质的主要途径，通过培训一方面使员工学会使用新技术、更新旧技术，另一方面使员工接受了一些时代的新信息、新观念。

水力发电委员会为了提高水电厂企业员工的人员素质和技术素质，以求在改革中求生存、求发展、永立于不败之地，特组织一批曾长期在水电生产一线从事技术工作的同志编写了一套水电厂主要专业九个工种的培训教材，即由柘溪水电厂主编的《水库调度》、刘家峡水电厂主编的《水轮发电机组值班》、新安江水电厂主编的《水电自动装置检修》、丹江口水电厂主编的《水轮发电机机械检修》、葛洲坝水电厂主编的《水轮机调速机械检修》和《水工机械检修》、龙羊峡水电厂主编的《水工建筑物维护》、五强溪水电厂主编的《水轮机检修》。

本教材的策划、编写、审查直至出版发行，首先要感谢中国电力企业联合会教培中心、中国电力出版社水电室的领导和同志们的悉心关怀、热情指导；其次感谢水力发电委员会各会员厂许多人倾注的大量心血，尤其是第一任主任委员厂葛洲坝水电厂、第二任主任委员厂丹江口水电厂、第三任主任委员厂柘溪水电厂的领导和同志们，他们本着高度负责的态度，做了大量的组织工作和事务工作；各教材的主编、主审、参审人员的辛勤劳动，更是功不可没；各会员厂给予了大力的支持，才使本套教材顺利问世。

由于时间仓促，水平有限，本套教材中的错误和遗漏之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

全国电力工人技术教育  
水力发电委员会

二〇〇二年十二月

## 前 言

本教材的主要内容为调速器的基本知识，调速器的基本工作原理和结构，水轮机的机械液压型调速器及其附属装置的检修、调整和机械液压型调速器的试验工作等。

水轮机调节系统是由调速器、水轮发电机组及其所在的电力系统，以及与水轮机相联系的水力系统组成的。调节系统是一个整体，调速器的结构、工作要求、调节参数等，无不与这个系统各组成部分的特性有关。因此，了解调速器，必须了解与之相联系的水轮机、发电机、过水系统等。调速器检修质量的好坏直接影响机组的工作，机组的运行及过渡过程反过来又对调速器的调节产生影响。因此在学习本教材的同时，还应根据《电力工人技术等级标准》及《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》的要求，学习有关水轮机、水轮发电机的相关知识。

现代的水轮机调速器已经逐步发展成为电气液压型，并进一步向微机型发展。由于水电厂内的具体分工，在调速器检修方面，机械与电气仍然是两个相对独立的工种，电气液压型调速器的电子调节装置与液压放大装置分属两个专业检修。根据教材编写大纲的要求，本教材主要是为水电厂的调速器机械检修工编写的，所以电气液压型调速器的电子调节装置不属于本教材的范围。由于电气液压型调速器的液压放大装置并不是一台完整的调速器，所以为了能完整地说明水轮机调速器的工作原理以及全面介绍机械液压系统的工作，本教材只能以机械液压型调速器为中心介绍调速器与机械液压系统的检修。电气液压型调速器的液压放大装置则只介绍工作原理，其检修要求与机械液压型调速器的有关部分相同，不再详加说明。

本教材是在葛洲坝水电厂教育处的直接领导和组织下，按编



写大纲的要求编写的。原稿写成后经葛洲坝水电厂检修分厂的王保成、王天宇、王建忠、鄢银汉及符建平同志审阅，最后由葛洲坝水电厂高级工程师刘庚辛审阅、校核和修改，在此表示感谢。

初稿经王云涛（丹江口水电厂）、容春良（刘家峡水电厂）、洪丙荣（新安江水电厂）、李建军（柘溪水电厂）、林秉良（古田溪水电厂）、杨建明（以礼河水电厂）等人组成的教材评审组审阅。根据评审组的意见，删除初稿中的水轮发电机组的基础知识部分和检修管理部分。为便于学习，不再按初级工、中级工、高级工三个部分划分。各水电厂可根据具体情况提出对初、中、高级工的要求。本教材中引用的国家标准和行业标准作为本教材的附录，附在后面，以供查阅。

根据评审小组的意见对教材作了全面修改，经丹江口水电厂总工程师张维平的修改和审阅后定稿。

本教材在编写过程中，虽然参考了不少著作，但由于编者本人的能力、水平有限，免不了有疏漏和错误，希望能得到同行与专家们的批评指正。

**编者**

2001 年

# 目 录

总前言

前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 水轮机与调速器 .....	1
第二节 检修制度 .....	4
第三节 水力发电设备的检修 .....	9
第四节 水轮机调速器的检修 .....	15
复习题 .....	20
<b>第二章 水轮机调节概述</b> .....	21
第一节 水轮机调节的任务 .....	21
第二节 水轮机调节的特点 .....	23
第三节 水轮机调节的方式 .....	30
第四节 手动调速设备 .....	31
第五节 自动调速器的分类和型号 .....	35
复习题 .....	40
<b>第三章 机械液压型调速器的结构与检修</b> .....	41
第一节 离心飞摆 .....	41
第二节 缓冲器与缓冲器切除装置 .....	51
第三节 主配压阀与辅助接力器 .....	58
第四节 调差机构与变速机构 .....	63
第五节 开度限制机构与启动装置 .....	66
第六节 双滤油器与减速装置 .....	74
第七节 回复轴与局部反馈连杆 .....	77
第八节 协联机构 .....	82

第九节	过速限制器与分段关闭装置 .....	87
第十节	接力器与锁定装置 .....	92
第十一节	调速器的故障种类及其可能原因 .....	98
	复习题 .....	102
<b>第四章</b>	<b>电气液压型调速器 .....</b>	<b>105</b>
第一节	机械液压型调速器与电气液压型调速器的比较 .....	105
第二节	模拟式电液调速器的基本环节 .....	109
第三节	微机式电气液压型调速器 .....	116
第四节	电液转换器 .....	119
第五节	位移量与电气量的相互转换 .....	129
第六节	电气液压型调速器的液压随动系统 .....	136
	复习题 .....	146
<b>第五章</b>	<b>水轮机调节的基本原理 .....</b>	<b>147</b>
第一节	反馈原理 .....	147
第二节	水轮机和发电机组的静态特性 .....	154
第三节	最简单的自动调速器 .....	158
第四节	回复机构和操作机构 .....	165
第五节	机械液压型调速器的动作原理 .....	170
第六节	调节系统的静态特性 .....	178
第七节	调节系统的动态特性 .....	184
	复习题 .....	190
<b>第六章</b>	<b>机械液压型调速器的调整 .....</b>	<b>192</b>
第一节	离心飞摆与缓冲器的调整 .....	192
第二节	控制机构的初步整定 .....	197
第三节	调速器充油后的调整 .....	201
	复习题 .....	216
<b>第七章</b>	<b>水轮发电机组的动态特性 .....</b>	<b>218</b>
第一节	运行工况和调节参数 .....	218

第二节	几种主要过渡过程的特点 .....	222
第三节	转动惯量与机组惯性时间常数 .....	229
第四节	水锤现象与水流惯性时间常数 .....	232
第五节	影响机组过渡过程的因素 .....	237
第六节	调节保证计算 .....	243
复习题	.....	251
<b>第八章</b>	<b>调速器的试验 .....</b>	<b>253</b>
第一节	离心飞摆的试验 .....	253
第二节	电液转换器试验 .....	260
第三节	各调节参数的初步整定 .....	264
第四节	调速器的静态特性试验 .....	270
第五节	调速器动态特性试验的基本要求 .....	275
第六节	机组启动与停机试验 .....	281
第七节	空载扰动和负载扰动试验 .....	288
第八节	甩负荷试验 .....	297
复习题	.....	306
<b>第九章</b>	<b>调速器的油压装置 .....</b>	<b>308</b>
第一节	油压装置的组成 .....	308
第二节	油泵及其附件 .....	315
第三节	漏油装置 .....	325
第四节	厂内油系统 .....	327
复习题	.....	329
附录一	水轮机调速器与油压装置技术条件	
	GB/T 9652.1—1997 .....	330
附录二	水轮机调速器与油压装置试验验收规程	
	GB/T 9652.2—1997 .....	340
附录三	水轮机调速器与油压装置术语	
	GB 10967—1989 .....	362
附录四	水轮机调速器及油压装置型号编制方法	

JB/T 2832—1993 .....	391
附录五 水轮机调速器及油压装置系列型谱	
JB/T 7072—1993 .....	396
参考文献.....	401

# 第一章 绪 论

在现代社会里，电能是一种至关重要的能源，工农业生产、人民生活以及各行各业都离不开电。电力工业就是把自然界的一次能源（煤、水能、核能、石油、天然气、太阳能、风能等）转化为电能的工业。发电厂实际上是能量转换的工厂。若将携带着能量的天然水源送入到水轮机中，使水轮机旋转并带动发电机发电，这种发电方式就是水力发电。它是现代化电力生产的重要方式之一。

## 第一节 水轮机与调速器

水力发电是利用水作为传递能量的介质来发电的。人类很早就知道利用河流，如航运、灌溉、水力开发等。到了现代，对河流的开发不仅规模日益扩大，并且逐步发展成为多目标的综合利用开发。依据一定的自然条件，或拦河筑坝，抬高上游水位，或采用引水的方式，来集中河段中的自然落差，形成水力发电所需要的水头。当已经形成水头的水经由压力水管流过安装在水电厂厂房内的水轮机而排至水电厂的下游时，水流带动水轮机的转轮旋转，使水能转变为水轮机的旋转机械能。水轮机转轮带动发电机转子旋转，由于磁场切割导体，从而在发电机的定子绕组上产生感应电动势。当发电机和外电路接通时，发电机就向外供电了。这样，水轮机的旋转机械能就通过发电机转变为电能。

上述就是水力发电的过程。为了实现这种能量的连续转换而修建的水工建筑物和所安装的发电设备及其附属设备的总体，就是水电厂。

水电厂安装的设备主要有水轮机、水轮发电机、变压器、开

关设备和辅助设备等，还有为保证各种设备正常运行而设置的测量、监视、控制、保护、信号等电气设备。

水轮机是水电厂的重要设备之一。水轮机是一种将水能转换为机械能的机器，有着悠久的历史，它是人类历史上出现最早比较完整的机器。远在公元前，人们就已经懂得利用简单的水轮来带动水磨、水碾及其他机械。现代水轮机可以分为冲击式水轮机和反击式水轮机两大类。反击式水轮机有混流式、轴流式、贯流式等几种型式；冲击式水轮机主要有水斗式、斜击式和双击式等几种型式。现代水力发电厂主要使用混流式、轴流式和水斗式水轮机。贯流式水轮机也开始发展使用范围，斜击式和双击式水轮机则多半在一些农村小电厂中使用，图 1-1 ~ 图 1-5 为几种水轮机的型式。

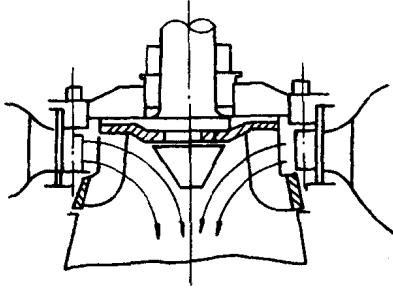


图 1-1 混流式水轮机

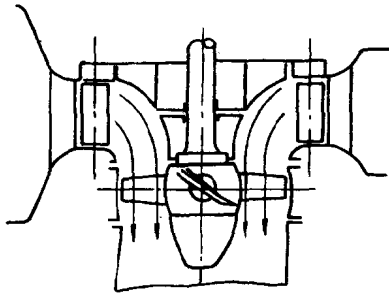


图 1-2 轴流式水轮机

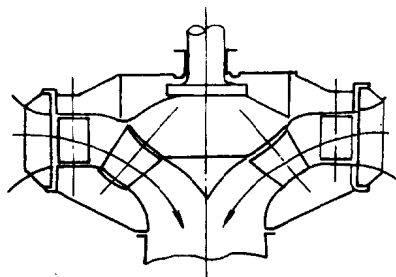


图 1-3 斜流式水轮机

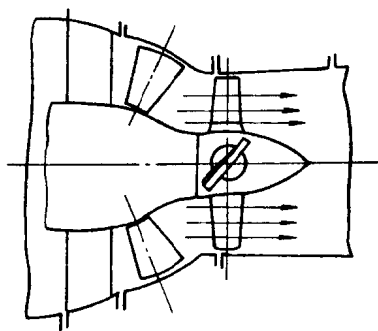


图 1-4 贯流式水轮机

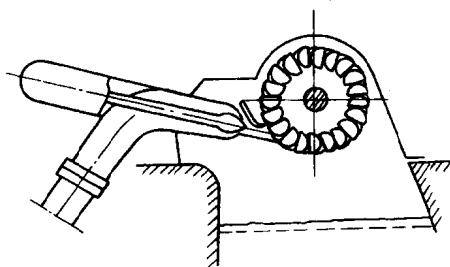


图 1-5 水斗式水轮机

无论哪种型式的水轮机，都必须配备调速器。调速器是水轮发电机组极其重要的调节装置。调速器除了用于机组的开、停



外，更重要的是用来稳定机组的转速和调节发电机的有功功率，调速器还是机组的保护装置。随着生产的发展和水平的提高，对电能的需求量越来越大，为保证电网频率的稳定，调速器还应具备成组调节的功能。

调速器与机组构成了水轮机调节系统，调速器是调节设备，机组是被调节对象。调速器是作用于水轮机的，为水轮机服务。处于原始阶段的水轮机，或者不需要调节，或者只需要用简单的方式调节，因此，这时候的调速装置是附属于水轮机的，与水轮机是一个整体。随着生产规模的发展，社会对电能的需求量越来越大，对电能质量（电压、频率、供电的连续性等）的要求越来越高，也随着科学技术的进步，调速器逐渐从水轮机中分离出来，形成了单一的设备。在水电厂的检修队伍里，也就形成了调速器检修这个工种。因此对于从事水电厂调速器检修工作的人来说，除了要熟悉和了解本专业的知识外，还应对水轮机有比较透彻的了解。特别是现代水轮机调速器已逐渐发展成电气液压型，所以还应了解有关电气、电子等方面的知识。

## 第二节 检修制度

设备在使用过程中不可避免的会发生磨损，我们希望设备的所有零、部件都在同时要求更换，这样就不存在检修的问题了。虽然这种等强度无维修的制度是我们追求的目标，但是目前还不能做到。设备零、部件的磨损总是不均匀的，损坏总是有先有后，因而需要对设备进行检修。通过检修，对部分磨损的零、部件进行修理，使设备恢复原有的精度和效率。

设备维修，就是指对设备的维护保养和修理，恢复设备性能所进行的一切活动。

### 一、检修的基本原则

电力生产对设备的安全性和可靠性要求很高，因此，发电设备的检修工作应遵守以下原则：