

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水轮发电机 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
丹江口水电厂 陈秀芝 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水轮发电机机械检修

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编
丹江口水电厂 陈秀芝 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内 容 提 要

全书分为三篇：第一篇初级工部分，第一～三章；第二篇中级工部分，第四～五章；第三篇高级工部分，第六～九章。

《水轮发电机机械检修》主要讲述水轮发电机的结构、一般检修项目、检修技术、检修管理、检修和安装工艺、常见故障和缺陷及其处理、启动试运转，以及水电厂的油、水、气系统。每章之后均附有复习题。

本书为水电厂水轮发电机检修工培训教材，亦可作为水电厂水轮发电机组运行管理人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水轮发电机机械检修/陈秀芝编. - 北京: 中国电力出版社, 2002

水电厂生产人员岗位技能培训教材

ISBN 7-5083-1034-9

I. 水… II. ①陈…②贺… III. 水轮发电机 - 检修 - 技术培训 - 教材 IV. TM312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 088907 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>)

利森达印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 10 印张 259 千字

印数 0001—3000 册 定价 21.00 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	伊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

为了提高水电厂生产人员的技术素质，以适应电力生产的发展需要，由丹江口水力发电厂组织有关专业人员按照新的《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》要求，编写了这本水轮发电机检修工技术培训教材。教材内容按初、中、高三个级别所应达到的技术水平和培训考核的特点编写，层次分明，注重实际，溶基础知识、专业理论、操作技能为一体，图文并茂、通俗易懂。书中列举有实际例题，以培养分析问题、解决问题的能力；各章后面附有复习题，便于思考与加深理解。

本书由丹江口水电厂陈秀芝编写。盐锅峡水电厂高级工程师胡金主审，丹江口水电厂教授级高级工程师王云涛、高级工程师张维平进行了初审，大广坝水电厂王泰庚、青铜峡水电厂纪辉、佛子岭水电厂吴卫东、东江水电厂伍力洪等同志参加教材审定。丹江口水电厂贺兴云对全书进行统稿、校核。在本书收集资料和编审过程中得到了有关单位领导及许多同仁的大力帮助与支持，在此表示衷心地感谢。

由于我们的知识水平和实践经验有限，加之时间仓促，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

2003年2月

目 录

总前言
前言

第一篇

初 级 工

第一章 水轮发电机结构	1
第一节 水轮发电机概述	1
第二节 水轮发电机的定子、转子和机架	13
第三节 推力轴承和导轴承	31
第四节 通风系统和制动系统	56
复习题	70
第二章 水轮发电机一般检修项目	74
第一节 推力轴承、导轴承的检修	74
第二节 固定部件的检修	85
第三节 转动部件的检修	87
第四节 制动系统的检修	92
第五节 空气冷却器、油水管路及阀门的检修	93
第六节 永磁机、主副励磁机检修	95
复习题	97
第三章 水电厂的油、水、气系统	100
第一节 水电厂的油系统	100
第二节 水电厂的水系统	104
第三节 水电厂的气系统	106
复习题	108



第二篇

中 级 工

第四章 水轮发电机检修技术	109
第一节 水轮发电机检修的一般注意事项	109
第二节 发电机转子的大修	111
第三节 轴承的检修	124
第四节 机组轴线的处理与调整	137
复习题	203
第五章 水轮发电机常见故障及处理	208
第一节 巴氏合金推力瓦磨损事故的一般原因及处理	208
第二节 推力轴承甩油的一般原因及处理	212
复习题	217



第三篇

高 级 工

第六章 水轮发电机的检修管理	218
第一节 水轮发电机的大修	218
第二节 检修质量标准及其验收	220
复习题	226
第七章 水轮发电机检修与安装工艺	227
第一节 发电机转子校平衡	227
第二节 发电机转子中心找正	243
第三节 机组中心测定	248
第四节 巴氏合金轴瓦研刮	259
第五节 镜板与推力头之间的止油处理及盘车测镜板水平	268
第六节 水轮发电机的一般安装程序	272

复习题	277
第八章 水轮发电机的启动试运转	280
第一节 启动试运转前的检查	280
第二节 启动及试验时的监视与检查	282
复习题	284
第九章 水轮发电机常见缺陷及处理方法	286
第一节 定子铁芯的冷态振动及处理	286
第二节 转子磁轭松动及下沉处理	290
第三节 水轮发电机组的机械振动	295
复习题	303
参考文献	305



第一章 水轮发电机结构

第一节 水轮发电机概述

一、水轮发电机的类型

水轮发电机是水电厂的主要动力设备之一，它是由水轮机带动，将机械能转换成电能的一种装置，它发出的电能通过电力变压器升压输入电网，这就是水轮发电机的基本原理。

水轮发电机的类型按其布置方式的不同，可分为立式装置、卧式装置和斜式装置三种。卧式装置的水轮发电机适用于小型水轮发电机组以及部分大中型水斗式、灯泡贯流式水轮发电机组；斜式装置的水轮发电机，主要用于明槽贯流式、虹吸贯流式水轮发电机组以及十几米水头以下的其他形式的水轮发电机组；中、低速大中型水轮发电机，绝大多数均采用立式装置。水轮发电机的布置方式，除部分农村小型水电厂的水轮发电机有通过齿轮或皮带变速传动外，一般均采用直接连轴传动即同步传动。机组的结构形式对水电厂主厂房高度、机组的技术经济指标、运行稳定性及维护检修等都有影响，选择机组结构形式时必须对各种因素进行综合考虑。

水轮发电机不论其布置方式如何，一般由发电机定子、发电

机转子、推力轴承、导轴承、上下机架、制动系统、励磁系统等部分组成。

推力轴承是水轮发电机的一个重要部件。它承受着水轮发电机组转动部分的重量以及水流所产生的全部轴向水推力。

根据推力轴承位置不同，立式水轮发电机分为悬式和伞式两大类。悬式水轮发电机的推力轴承位于上机架，在转子的上方，通过推力头将机组整个旋转部分的重量悬挂起来，并由此而得名，如图 1-1 所示。主要由主轴 13、转子 8、定子 9、上机架 7、下机架 11，推力轴承 5、上导轴承 6、下导轴承 12 等部件构成。大容量悬式水轮发电机均装有两部导轴承，转子上导轴承（简称上导），位于上机架内；下导轴承（简称下导），位于下机架内。也有取消下导轴承，仅有上导轴承，即所谓“三导”悬式和“二导”悬式（包括水轮机导轴承在内），如图 1-2 (a)、(b) 所示。

伞式水轮发电机的推力轴承，位于发电机转子下方的下机架上或位于水轮机顶盖上的推力支架上。伞式水轮发电机（包括水轮机的导轴承在内）亦有“二导”半伞式和“二导”全伞式之分，如图 1-2 (c)、(d)。半伞式水轮发电机的主要特点是装有上导轴承而不装下导轴承，即“有上无下”；全伞式水轮发电机的主要特点是装有下列导轴承而没有上导轴承，即“有下无上”，如图 1-3 所示。

悬式水轮发电机与伞式水轮发电机相比，它的主要特点是：

(1) 机组径向机械稳定性较好，这是因为它的转子重心在推力轴承的下面，上机架为承重机架。

(2) 检修及日常维护都比较方便，这是因为它的推力轴承在发电机层。

(3) 机组的总安装高度较高，导致机组总造价高。

(4) 机组转速大多在中速以上（大、中容量的机组额定转速通常在 100r/min 左右，中、小容量的额定转速多在 375r/min 左

右)。

悬式机组的应用范围，目前国内主要以定子铁芯内径 D_1 与定子铁芯的长度 L_1 和机组额定转速 n_e 的乘积之比判定，即当

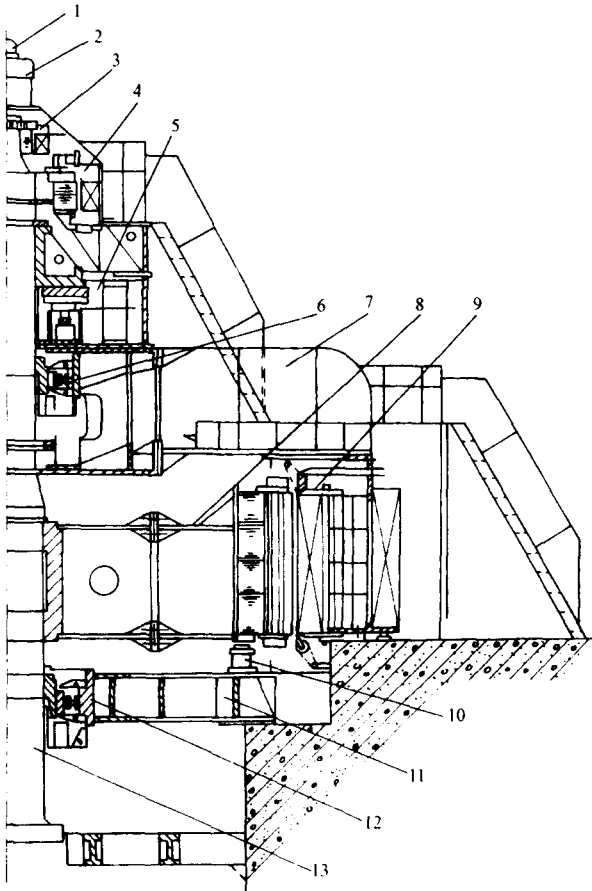


图 1-1 悬式水轮发电机结构简图

- 1—转速继电器；2—周期发电机；3—副励磁机；4—主励磁机；
5—推力轴承；6—上导轴承；7—上机架；8—转子；9—定子；
10—风闸；11—下机架；12—下导轴承；13—主轴

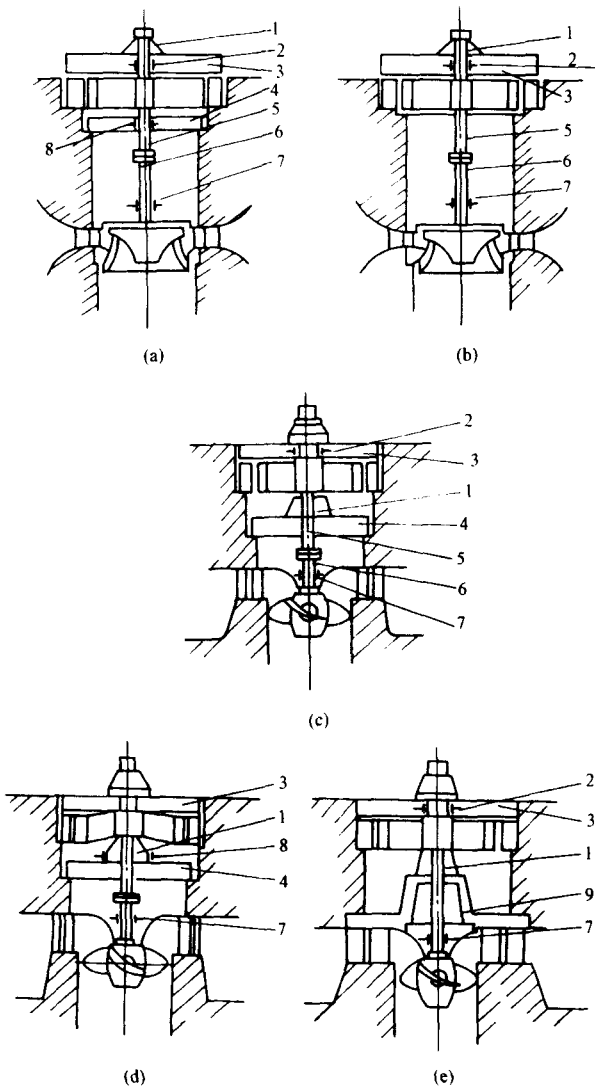


图 1-2 立式水轮发电机组结构简图

(a) 三导悬式; (b) 二导悬式; (c)、(e) 二导半伞式; (d) 二导全伞式

1—推力轴承; 2—上导轴承; 3—上机架; 4—下机架; 5—主轴;

6—水轮机主轴; 7—水导轴承; 8—下导轴承; 9—水轮机顶盖

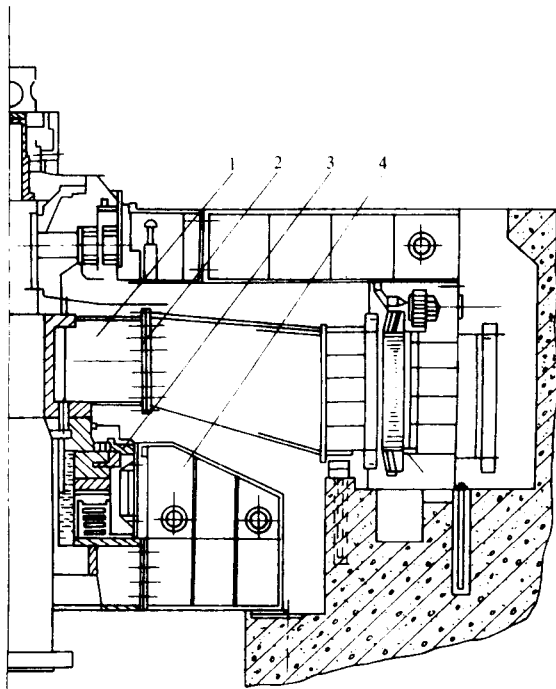


图 1-3 全伞式水轮发电机结构简图

- 1—转子中心体；2—合缝板；3—弹性支柱式推力轴承及导轴承；
4—下部（负荷）机架

$\frac{D_i}{L_i n_e} \leq 0.035$ 时，多采用悬式水轮发电机。

伞式与悬式机组比较，其主要特点是：

(1) 上机架是非承重机架，它不承受推力负荷，故可采用轻型结构。

(2) 有的伞式机组只用一根轴，有的伞式机组主轴与推力头焊为一个整体，这样可以提高加工精度，使机组轴线工作大为简化，如图 1-2 (e) 所示。

(3) 全伞式水轮发电机的推力轴承与下导轴承放在一处，并

合用一个油槽，因此结构较紧凑，但这样也使检修和日常维护稍有不便。

(4) 伞式机组及厂房的总高度都稍低（与悬式相比），这样可降低总造价。与同容量的悬式水轮发电机相比，可以减轻发电机的重量。

(5) 伞式机组主要适用于中、低转速范围，即 $n_c < 100 \sim 150\text{r/min}$ 。近年来，国内外伞式水轮发电机应用转速范围有提高的趋势，如我国东方电机厂生产的伞式机组，其额定转速 $n_c < 166.7\text{r/min}$ ，法国全伞式水轮发电机转速已用到 $n_c = 300\text{r/min}$ ，日本半伞式水轮发电机转速已用到 $n_c = 450\text{r/min}$ 。

当 $0.05 > \frac{D_i}{L_i n_c} > 0.035$ 时，宜采用半伞式；当 $\frac{D_i}{L_i n_c} \geq 0.05$ 时，采用全伞式。

水轮发电机的类型，根据水轮发电机冷却方式的不同，可分为空冷式、水冷式及蒸发冷却等方式。国产大、中型水轮发电机中的绝大多数为封闭自循环空冷式。封闭自循环空冷式在通风系统中将重点介绍。水冷式水轮发电机按其冷却部位的不同，分为双水内冷、半水内冷和全水内冷三种方式。所谓双水内冷，就是将经过专门水质处理的冷却水通入转子和定子的空心绕组内，从而带走绕组散发的大部分热量。如果只对定子绕组进行水冷，而转子仍用空气循环冷却，称为半水内冷，如前苏联的克拉斯诺雅尔斯克水电厂的 500MW 机组就采用了半水内冷方式。如果对转子和定子绕组、定子铁芯、定子铁芯齿压板以及推力瓦等设备全部采用水冷却方式，称为全水冷。蒸发冷却方式，是指用三氟三氟乙烷（即氟利昂 113）作为发电机绕组的冷却介质，该介质在常压下，于 47.6°C 开始蒸发，吸收热量以后汽化进入冷凝器，凝结成液态再进入空心绕组，形成一个密闭的蒸发冷却自循环系统，其相对导热能力是水的 5 倍以上。

二、水轮发电机的型号

1. 旧型号