

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水工机械检修

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 胡毅力 许功华 马炳奇 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 工 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 胡毅力 许功华 马炳奇 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

全书共分九章,内容包括常用水工机械简介、钢闸门及检修、卷扬式启闭机及检修、液压启闭机及检修、拦污栅及其清理机械、启闭机的电气设备及安全防护装置、辅助设备、几种特殊水工机械简介、水工机械常见破坏机理。每章之后都附有复习题。

本书可供从事水电厂水工机械检修工作的人员学习和培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

水工机械检修/胡毅力,许功华,马炳奇编. —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 7-5083-1038-1

I. 水… II. ①胡…②许…③马… III. 水利工程-工程
机械-检修-技术培训-教材 IV. TV530.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030766 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](http://www.cepp.com.cn))

航远印刷厂印刷

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 16.25 印张 428 千字
印数 0001—3000 册 定价 34.00 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 |
| 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 |
| 文家来 | 辽宁恒仁水电厂总工 |
| 尤建 | 白山水电厂培训专责 |
| 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 |
| 李利华 | 三峡水电厂安全主管 |
| 杨军 | 西藏满拉水电厂厂长 |
| 杨勇 | 佛子岭水电厂教育科长 |
| 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（“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。

企业在竞争中发展,人才是关键,而员工的成才途径是抓培训。随着改革的不断深化,随着我国加入 WTO 形势的发展,各行各业的竞争已日趋激烈,抓员工的培训显得尤为重要,一方面必须学会使用新技术、更新旧技术,另一方面必须接受时代的新信息、新观念。

我们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》。现拟出版,奉献给水电厂的广大员工。

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

为加强职工岗位技能培训工作,提高水电厂生产人员的技术业务素质,以适应电业发展的需要,葛洲坝水电厂受全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会的委托,根据新的《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》,结合现场工作实际,编写了本教材。

本教材根据专业知识(应知)和操作技能(应会)方面的要求,紧扣新的技术等级标准,突出工作实践,结合必要的理论知识,注重教材的实用性和通用性,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,为本工种职工的岗位技能培训和职业技能鉴定考核工作服务,是本工种的职业技能鉴定培训教材。

本教材共分九章,基本涵盖了大、中型水电厂水工机械方面的有关内容,书中着重介绍了水工钢闸门、拦污栅、启闭机等常见水工机械的作用、类别、主要技术参数、基本构造和工作原理,以及使用操作、维护保养和检修方面的知识。同时,为了适应“机电合一”和“一专多能”的要求,也介绍了启闭机电气设备和控制原理方面的一些基本知识。为增强本教材在水利水电行业的通用性,书中还介绍了人字闸门、卷扬式快速启闭机、盘香式启闭机和接力式液压启闭机等特殊水工机械,以及水泵、空压机和电梯等常用辅助设备。另外,考虑到高级工能朝技师方向努力和发展,本教材也介绍了水工机械设备大修计划编制、大修的基本工艺、钢闸门和启闭机安全检测技术,以及水工机械常见的破坏机理等基础专业理论知识。为便于培训与考核,各章之后都附有复习题。

本教材适用于从事水电厂水工机械检修工作的人员学习。各

水电厂可根据自己的实际情况，选择本教材中相对应内容对本工种人员进行岗位培训。

我国水电事业发展迅速，技术不断进步，水电厂水工机械设备多种多样，新设备、新技术、新工艺、新方法不断涌现，要使这套教材做到面面俱到，符合各个水电厂的实际，达到完全通用是十分困难的。因此，本教材只对通用的水工机械及其常规的使用与维修知识加以介绍，供大家在学习和工作中参考。由于我们知识面和实践经验的局限，加上时间仓促，教材的内容编排不当和错误之处在所难免，敬请专家和读者予以批评和指正。

本教材由葛洲坝水电厂胡毅力、许功华、马炳奇编写，由刘家峡水电厂任煜峰主审，参审人员还有寇立斌（丰满水电厂）、徐永付（岩滩水电厂）、王国平（凤滩水电厂）、杨秦川（安康水电厂）、王建义（乌溪江水电厂）。

在本教材的编写过程中，得到了葛洲坝水电厂喻希麟、吴水生、唐传元、陈双全等人的大力支持和帮助，特表示衷心的感谢。

编 者

一九九九年九月二十八日

目 录

总前言

前言

第一章 常用水工机械简介	1
第一节 闸门及其主要技术参数	1
第二节 启闭机及其主要技术参数	4
第三节 拦污栅及其清理机械	14
复习题	16
第二章 钢闸门及检修	18
第一节 平面闸门的构造	18
第二节 弧形闸门的构造	40
第三节 拱形闸门的构造	50
第四节 闸门的维护与使用	51
第五节 平面闸门的检修	55
第六节 弧形闸门的检修	63
第七节 金属结构防腐蚀	66
第八节 闸门的安全检测	70
复习题	76
第三章 卷扬式启闭机及检修	78
第一节 固定卷扬式启闭机的构造	78
第二节 移动式启闭机（门式起重机）的构造	106
第三节 卷扬式启闭机的使用与维护	126
第四节 卷扬式启闭机的检修	145
第五节 卷扬式启闭机的大修及试验	157
第六节 启闭机的安全检测	227

复习题	229
第四章 液压启闭机及检修	236
第一节 液压启闭机的构造	236
第二节 油压启闭机的液压回路	268
第三节 液压启闭机的维护	278
第四节 液压启闭机的检修及试验	282
复习题	290
第五章 拦污栅及其清理机械	292
第一节 拦污栅的构造	292
第二节 拦污栅清理机械的工作装置	296
第三节 拦污栅的使用与维护	301
第四节 移动式拦污栅的检修	308
复习题	309
第六章 启闭机的电气设备及安全防护装置	311
第一节 启闭机的电气设备	311
第二节 安全防护装置	322
复习题	326
第七章 辅助设备	327
第一节 水泵及检修	327
第二节 空压机及检修	364
第三节 电梯及运行	406
复习题	426
第八章 几种特殊水工机械简介	430
第一节 人字闸门及其启闭机	430
第二节 卷扬式快速闸门启闭机	449
第三节 盘香式弧门启闭机	456
第四节 接力式液压启闭机	460

复习题	466
第九章 水工机械常见破坏机理	468
第一节 磨损	468
第二节 疲劳破坏	483
第三节 金属结构的腐蚀	485
第四节 闸门的空蚀	489
第五节 闸门的振动	492
第六节 焊接应力与焊接变形	494
复习题	501
参考文献	504

第一章 常用水工机械简介

水力发电厂中的各种闸门、拦污栅,以及闸门、拦污栅的启闭机械、拦污栅的清理机械等都属于水工机械的范畴。水工建筑物的正常工作,发电厂的安全、可靠运行,都与水工机械设备的运行可靠性有着密切关系。

本章将简单介绍常见水工机械设备的名称、作用、分类和总体布置形式,以及它们的主要技术参数。通过学习,将使我们对水工机械设备有一个总体的、概括性的了解,为以后章节的学习打下一个良好的基础。

第一节 闸门及其主要技术参数

闸门是用来关闭和开启水工建筑物过水孔口的活动结构。闸门的作用是封闭水工建筑物孔口,并能够按照需要全部或局部开启这些孔口,以调节上、下游水位,泄放流量,用于防洪、灌溉、引水发电、通航、过木及排除泥沙、冰块和其他漂浮物等。

闸门的安全性和适用性,在很大程度上决定着水工建筑物使用效果的好坏,它是水工建筑物的重要组成部分。

一、闸门的分类

闸门的类型很多,主要划分如下:

(1) 根据工作性质,闸门可以分为工作闸门、事故闸门、检修闸门、施工导流闸门等。

1) 工作闸门是指经常用来调节孔口流量,并在动水中启闭的闸门。

2) 事故闸门是指闸门的下游(或上游)发生事故时,为

防止事故扩大，能够在动水中关闭孔口的闸门。当需要快速关闭时，则称为快速闸门。事故闸门一般是在静水条件下开启的。

3) 检修闸门是指当水工建筑物及其机械设备需要检修时用以防水的闸门，这种闸门一般是在静水中启闭的。

4) 施工导流闸门指在结构物施工期间，用来关闭导流孔口的闸门。这种闸门的操作条件与采用的施工组织有关。一般是在动水条件下关闭孔口，导流完毕、孔口堵塞后，这种闸门常被封死而不再使用。

(2) 根据孔口位置，闸门又可分为露顶闸门和潜孔闸门（如图 1-1 所示）。

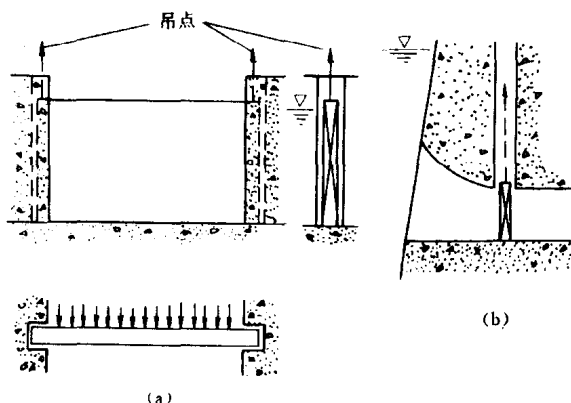


图 1-1 根据孔口位置划分的平面闸门类型

(a) 露顶平面闸门；(b) 潜孔平面闸门

1) 露顶闸门指关闭孔口后，门叶顶部高出正常设计水位，门叶上只设置两侧和底缘三边止水，一般用于开敞式孔口。

2) 潜孔闸门指关闭孔口后，门叶顶部低于正常设计水位，门叶的四周均需设置止水，即有顶部、两侧和底部止水。

(3) 根据结构型式，目前大、中型水电厂常采用的有平面闸门、弧形闸门、拱形闸门，以及船闸上广泛使用的人字闸门等。

(4) 根据制造材料，分为钢闸门、钢丝网水泥闸门和木闸门等。由于钢材的强度高、塑性和韧性均较好，且可以采用机械加工，焊接、铆接或螺栓连接都很方便，因此，钢闸门应用十分广泛。大、中型水电厂使用的闸门基本上都是钢闸门。

二、闸门主要技术参数

1. 平面闸门的主要技术参数

平面闸门的主要技术参数有孔口尺寸、支承跨度、止水宽度、止水高度、设计水头、总水压力、启闭力、吊耳间距、闸门自重等。

(1) 孔口尺寸：闸门所要关闭的过水孔口的尺寸，一般用孔口的宽度 $\times$ 孔口的高度来表示，计量单位为米（m）。

(2) 支承跨度：闸门两侧行走支承装置的中心线之间的距离，计量单位为米（m）。

(3) 止水宽度：闸门两侧止水橡胶中心线之间的距离，计量单位为米（m）。

(4) 止水高度：对于潜孔闸门而言，是指从底止水到顶止水中心线的垂直距离；对于露顶闸门，其止水高度就是挡水高度，在数值上等于露顶闸门的设计水头。计量单位为米（m）。

(5) 设计水头：闸门设计所能承受的最大工作水头，即闸门前后的最大水位差，计量单位为米（m）。

(6) 总水压力：闸门在设计水头作用下，闸门面板上所承受的水压力的总和，计量单位为牛〔顿〕（N）。

(7) 启闭力：一般指的是开启或关闭孔口时提升或下放闸门所需要的力的大小。实际上，把启闭机械的提升力（额定起重量）看作闸门的启门力；而闭门力往往被看作是闸门的自重、加重块和作用在门体上的水柱重量之和；对于液压启闭机来说，闭门力又被看作是油缸下行时对门体的作用力。启闭力一般用千牛（kN）来计量。

(8) 吊耳间距：对于双吊点闸门，两吊耳之间的距离称为吊耳间距，计量单位为米 (m)。

(9) 闸门自重：闸门所有活动部件重量的总和，计量单位一般用吨 (t) 来表示。

(10) 闸门的外形尺寸：整个闸门在宽度、高度和厚度方向的最大尺寸，计量单位为米 (m)。

另外，对于滑动支承闸门，滑块的线压强是指滑块沿竖直方向单位长度所承受的水压力，计量单位为牛 [顿] / 米 (N/m)。对于滚动支承闸门，滚轮的轮压是指一个滚轮上所承受的水压力的大小，计量单位为牛 [顿] (N)。

2. 弧形门的主要技术参数

弧形闸门的主要技术参数与平面钢闸门基本相似，但还有几个特殊的参数，如支铰高程、弧面半径、支臂长度等。

第二节 启闭机及其主要技术参数

在水工建筑物中，用来操作闸门、拦污栅等设备的起重机械称为启闭机。根据水电厂的运行需要，启闭机担负着调节闸门过流量、宣泄洪水、排沙冲沙等重要任务；同时，启闭机械也可以完成其他金属结构与机电设备的安装和检修等辅助工作。

启闭机与通用起重运输机械类似，基本上是由类似的零部件组成的，但也有其自身的特点。首先，启闭机操作的不是自由悬挂的重物，而是沿着闸槽做上下移动或者绕着支铰旋转的闸门，所以闸门作用于启闭机起升机构的载荷不仅取决于闸门活动部分的重量，在很大程度上还取决于止水装置和行走支承装置的摩擦阻力，以及泥沙淤积、各种飘浮物、闸槽埋件结冰等运行阻力；另外，在动水中操作闸门的启闭机，载荷的大小还与随闸门开度而变化的动水压力有关。还有一种特殊情况，当闸门靠自重和门顶水柱重量关闭孔口时，作用在启闭机起升

机构的力可能为零，从而会引起柔性构件（钢丝绳、链条、多节吊杆等）的松弛，如果闸门“悬空”之后发生脱钩，则将会因闸门的跌落而产生猛烈的冲击。由此可见，启闭机在操作闸门过程中的载荷变化是非常不均匀的，载荷有可能大大超过额定值。其次，多数闸门特别是大跨度闸门，需要双吊点启闭，这时必须保证启闭机的两个吊点同步运动，否则将会引起闸门歪斜，从而导致启闭机过载或闸门的止水装置、行走支承装置等损坏。第三，启闭机的工作速度很低（一般不超过 4m/min ，只有某些快速闸门启闭机的下降速度有时可达 $10 \sim 14\text{m/min}$ ）。一般启闭机的传动比都很大；大多数启闭机的作业强度小，运行工况属于轻级或重复而短暂的工作制。根据水电厂的运行需要，启闭机广泛采用集中控制远距离监控操作，而且自动化程度也在不断提高，但为了检修和调试方便，采用遥控操作的启闭机还必须配备现场操作装置。综上所述，启闭机是一种比较特殊的起重传输机械。

一、启闭机的分类

启闭机的传动方式有机械传动和液压传动两种型式。采用机械传动的固定式启闭机有卷扬式、螺杆式、齿条式、链式等类型，其中以卷扬式最为常见。采用机械传动的移动式启闭机，根据其金属结构的型式分有门式、半门式、桥式等类型，其中以门式起重机最为常见。采用液压传动的启闭机一般都是固定式布置，而且通常以油液作为工作介质，因此又称为油压启闭机。

液压启闭机是利用液体的压力来传递能量的闸门启闭设备，与机械传动形式相比，液压启闭机有传动平稳，可实现无级变速，液压元件能够自动润滑，易于防止过载，而且结构紧凑、重量轻。因此，在机械加工水平不断发展进步（加工尺寸越来越大，加工精度日益提高）的今天，液压启闭机在大、中型水电厂被广泛采用。

根据液压启闭机油缸的工作方式不同，液压启闭机可分为以