



# 水电站机电设备运行与 检修技术问答

上册 运行部分

李 启 荣 编 著



中国电力出版社



# 水电站机电设备运行与 检修技术问答

下册 检修部分

李启荣 编著

中国电力出版社

水电站机电设备运行与  
检修技术问答

上 册

运行部分

李启荣 编著

中国电力出版社

水电站机电设备运行与  
检修技术问答

下 册

检 修 部 分

李启荣 编著

中国电力出版社

## 内 容 提 要

本书采用问答形式,有针对性、比较全面地介绍水电站机电设备运行与检修工作中所需要的必备知识和操作技能。全书分上、下两册。

上册为机电运行工人所需的水轮机与主阀、调速系统、水轮发电机、电力变压器、电气一次设备、电气二次设备及倒闸操作等技术知识,以及水工建筑物及水工机械设备、电厂辅助设备、水轮发电机组及厂内经济运行等知识,还收录了机电常用名词解释和电工基本定律、定则和典型电路的计算公式。

下册为机电检修工人所需的水轮机、水轮发电机、辅助设备、调速系统、电力变压器、励磁机、异步电动机、高压断路器、隔离开关、母线与电缆等基本知识和检修工艺,并简要地介绍了短路电流计算知识。

本书主要供水电站的机电设备运行与检修工人自学使用。亦可作电力职业技术学校水动、电气运行与检修专业学生的实习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水电站机电设备运行与检修技术问答 上册:运行部分/  
李启荣编著. -北京:中国电力出版社,1996

ISBN 7-80125-147-4

I. 水… II. 李… III. 水力发电站-机电设备-运行-  
问答 IV. TV734-44

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第04870号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 邮政编码100044)

北京市社科印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1996年9月第一版 1996年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 21.875印张 452千字

印数 0001 3000册 上、下两册 定价 23.90元

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前 言

随着我国水力发电事业的迅速发展，水电站日益增多。

本书根据水电站的机电运行与检修人员在监视、操作、巡检、维护检修和处理事故等工作需要，同时，考虑原能源部1991年颁发的《电力工人技术等级标准》中初、中级技术工人必备知识和技能要求，为适应机电工人技术定级、升级、上岗、转岗进行专业理论知识和操作技能的考试、考核前的自学需要，采用问答形式，有针对性地、全面地回答了机电运行与检修人员在工作中所要熟悉和掌握的机电设备运行与检修知识和操作技能。

全书分上、下册。上册属于机电设备运行技术问答。其基本内容于1988年由湖南省电力职工教育学会铅印内部发行，受到工人的欢迎。下册为机电设备检修技术问答，其内容根据1989年中国电力企业联合会教育培训部的规定，作为全国电力技术学校水动专业实习指导书，并增写了水电站机械部分检修，于1992年在学校内部发行。现又按生产单位的要求，增写了水电站电气部分的检修内容。全书力求做到内容准确、文字精练、通俗易懂。

本书承蒙湖南省柘溪水电站高级工程师刘松茂审定，并提出了许多宝贵意见，在此对审者的辛勤劳动表示衷心地感谢。

由于笔者业务知识和实践经验水平有限,书中谬误之处,  
敬请读者赐教。

编著者

1995.7

# 目 录

## 前言

## 综述 ..... 1

0-1 目前国内、外水电站装机容量、单机容量最大值  
是多少? ..... 1

0-2 水电站在电力系统中的主要作用是什么? ..... 1

0-3 水电站有哪三大主设备? 它们的主要作用是什么? ..... 2

## 一、安全规程有关知识 ..... 3

1-1 为什么要进行安全规程教育? 工作人员进入现场应  
注意哪些事项? ..... 3

1-2 什么是高压电气设备? 设备不停电时的安全距离是  
多少? ..... 3

1-3 电力安全注意事项应包括哪些内容? ..... 4

1-4 保证安全的技术措施有哪些? ..... 5

1-5 “检修设备停电”是什么意思? ..... 6

1-6 装设接地线时, 应注意些什么? ..... 6

1-7 运用中的电气设备是指哪些设备? ..... 6

1-8 巡视高压设备应注意哪些问题? ..... 6

1-9 人身与带电导体间的安全距离应为多少? ..... 7

1-10 检修发电机应做好哪些安全措施? ..... 7

1-11 在设备检修时, 对安全技术有什么要求? ..... 8

1-12 设备检修工作中, 使用电动(气动)工具时应  
注意些什么? ..... 8

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <b>二、水工建筑物及水工机械设备</b>                         | 10 |
| 2-1 水电站布置有哪几种基本方式? 各有什么特点?                    | 10 |
| 2-2 水电站的水工建筑物主要由哪些部分组成?                       | 11 |
| 2-3 什么叫挡水建筑物? 它有什么功用? 有哪些型式?                  | 11 |
| 2-4 什么叫做引水建筑物? 它应满足哪些基本条件?                    | 12 |
| 2-5 什么叫水电站的泄水建筑物?                             | 12 |
| 2-6 水电站为什么要设置压力前池和调压室?                        | 12 |
| 2-7 对混凝土式水工建筑物的检查应包括哪些内容?                     | 13 |
| 2-8 对混凝土坝的观测包括哪几个项目?                          | 13 |
| 2-9 混凝土坝的保养和维修工作内容是什么?                        | 14 |
| 2-10 水工机械包括哪些设备? 它与水工建筑物的关系如何?                | 15 |
| 2-11 闸门和阀门的作用和区别?                             | 15 |
| 2-12 水电站常用的有哪几种闸门? 各用于什么场合?                   | 15 |
| 2-13 启闭机的作用是什么? 运行中应注意检查哪些方面的问题?              | 16 |
| 2-14 水电站金属结构的检查、观察和养护的内容是什么? 对闸门启闭机的运用应有哪些要求? | 17 |
| 2-15 拦污栅的作用是什么? 运行时应注意哪些问题?                   | 18 |
| 2-16 水电站厂房潮湿的原因是什么? 有哪些防潮措施?                  | 19 |
| 2-17 压力钢管的破坏原因是什么?                            | 19 |
| 2-18 水电站运行人员应具备哪些技术管理和法规知识?                   | 20 |
| <b>三、水轮机及主阀 (包括快速闸门)</b>                      | 22 |
| 3-1 什么是水轮机? 什么是反击式水轮机? 什么是冲击式水轮机? 其工作特点是什么?   | 22 |
| 3-2 我国生产的水轮机的型号由哪几部分组成? 并举例说明型号的含义是什么?        | 23 |

|      |                                                              |    |
|------|--------------------------------------------------------------|----|
| 3-3  | 试述不同类型水轮机的适用范围及其优缺点？ .....                                   | 24 |
| 3-4  | 什么是反击式水轮机的基本部件？混流式水轮机主要由哪些部件构成？ .....                        | 24 |
| 3-5  | 水轮机蜗壳的主要功用是什么？常用的有哪两种型式？ .....                               | 25 |
| 3-6  | 反击式水轮机导水机构的作用是什么？由哪些部件构成？ .....                              | 25 |
| 3-7  | 反击式水轮机为什么要设置尾水管？ .....                                       | 26 |
| 3-8  | 混流式水轮机的转轮由哪些部件组成？各部件的作用是什么？ .....                            | 27 |
| 3-9  | 轴流转桨式水轮机的转轮包括哪些部件？各部件起什么作用？ .....                            | 27 |
| 3-10 | 迷宫环起什么作用？ .....                                              | 28 |
| 3-11 | 水轮机有哪些保护装置？各起什么作用？ .....                                     | 28 |
| 3-12 | 水轮机蜗壳压力表和尾水真空表测量的量值反映了什么？ .....                              | 30 |
| 3-13 | 引起水轮机汽蚀的原因有哪些？汽蚀对水轮机的运行有什么影响？有哪几种汽蚀？有哪些防止和处理汽蚀的措施？ .....     | 30 |
| 3-14 | 什么是水轮机的泥沙磨损？哪些部位容易遭受泥沙磨损？影响泥沙磨损的因素有哪些？运行中有哪些减小泥沙磨损的措施？ ..... | 32 |
| 3-15 | 水轮机振动的原因是什么？消除振动的主要措施有哪些？ .....                              | 34 |
| 3-16 | 机组振动会带来什么样的危害？ .....                                         | 37 |
| 3-17 | 水轮机的补气装置起什么作用？常用的有哪几种补气方式？ .....                             | 38 |
| 3-18 | 水轮机中机械摩擦磨损的主要特征是什么？ .....                                    | 38 |
| 3-19 | 为什么反击式水轮机不宜在低水头和低出力下运行？ .....                                | 39 |

|                       |                                                  |           |
|-----------------------|--------------------------------------------------|-----------|
| 3-20                  | 导水机构中装设的剪断销剪断会出现什么现象？<br>简述被剪断的原因、预防措施及处理方法。     | 40        |
| 3-21                  | 引起水轮机导轴承进水的原因有哪些？                                | 41        |
| 3-22                  | 为什么转桨式水轮机在各种工况下均能保持较<br>平稳和高效率运行？                | 41        |
| 3-23                  | 水轮机包括哪几个基本工作参数？各参数的含<br>义是什么？                    | 41        |
| 3-24                  | 为什么水轮机效率总是小于1？效率受哪些因素的<br>影响？提高运行中水轮机的效率主要有哪些措施？ | 42        |
| 3-25                  | 什么是水轮机的工作特性曲线？不同型式水轮机<br>工作特性有何差别？               | 44        |
| 3-26                  | 水轮机静特性与机组静特性有什么区别？                               | 45        |
| 3-27                  | 什么叫水轮机运转特性曲线？该特性曲线上为什<br>么要设置出力限制线？              | 45        |
| 3-28                  | 什么叫水轮机飞逸转速？有什么危害？怎样处理？                           | 47        |
| 3-29                  | 水轮机为什么会出现抬机现象？有什么后果？运行<br>中怎样防止抬机？又该如何处理？        | 48        |
| 3-30                  | 什么叫水轮机主阀？它在水电站起什么作用？                             | 49        |
| 3-31                  | 水电站常用的主阀有哪几种型式？各有什么优<br>缺点？各适用于什么水头范围？           | 49        |
| 3-32                  | 蝴蝶阀和闸阀由哪些主要部件组成？                                 | 50        |
| 3-33                  | 球阀为什么能关闭严密且全开时没有水力损失？                            | 50        |
| 3-34                  | 蝴蝶阀中为什么要设置旁通阀和空气阀？                               | 51        |
| 3-35                  | 试述蝴蝶阀开启和关闭的操作程序。                                 | 51        |
| 3-36                  | 试述进水口快速闸门提升与关闭的操作程序。                             | 52        |
| 3-37                  | 进水口工作快速闸门应检查哪些项目？                                | 53        |
| 3-38                  | 水轮机投入运转前和运行中应进行哪些项目检查？                           | 53        |
| 3-39                  | 水轮机导轴承的常见故障是什么？怎样处理？                             | 54        |
| <b>四、辅助设备及油、水、气系统</b> |                                                  | <b>56</b> |

|      |                                                       |    |
|------|-------------------------------------------------------|----|
| 4-1  | 活塞式空气压缩机由哪几部分组成？试述其作用原理？ .....                        | 56 |
| 4-2  | 水电站压缩空气系统的作用是什么？ .....                                | 57 |
| 4-3  | 水电站有哪些设备需要使用压缩空气？所用气压是多大的工作压力？ .....                  | 57 |
| 4-4  | 空压机在运行中，应巡回检查哪些基本内容？ .....                            | 58 |
| 4-5  | 水电站的供水包括哪几个方面？各项供水的主要作用是什么？ .....                     | 59 |
| 4-6  | 水电站的供水系统由哪几部分组成？就用水设备讲，应满足哪些基本要求？有哪几种供水水源和供水方式？ ..... | 59 |
| 4-7  | 技术供水的水温、水压和水质不满足要求，会有什么后果？ .....                      | 60 |
| 4-8  | 水电站厂内的排水对象包括哪些方面？常用什么样的排水方式？ .....                    | 60 |
| 4-9  | 渗漏排水泵为什么都采用自动操作？又是采用什么元件来控制的？ .....                   | 61 |
| 4-10 | 离心水泵抽不上水的原因在哪里？ .....                                 | 61 |
| 4-11 | 油水（亦称汽水）分离器的作用是什么？ .....                              | 62 |
| 4-12 | 水电站用油有哪几种？哪些设备需要使用油？油的主要作用是什么？ .....                  | 62 |
| 4-13 | 什么叫做油的劣化？油劣化的主要原因是什么？采取什么样预防措施？ .....                 | 63 |
| 4-14 | 如何对油进行净化处理？ .....                                     | 64 |
| 4-15 | 水电站油系统的主要任务是什么？它由哪些部分组成？ .....                        | 64 |
| 4-16 | 水电站的调速油压装置的功用是什么？ .....                               | 65 |
| 4-17 | 水轮机调节系统中油压装置由哪些部件和元件组成？各自起什么作用？ .....                 | 65 |
| 4-18 | 机组正常运行中，应巡回检查油压装置的哪些                                  |    |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 项目？ .....                                            | 66 |
| 4-19 水电站油压装置的压力油槽上装有几个带接点<br>压力表？各自起什么作用？ .....      | 67 |
| 4-20 水轮发电机轴承的油位在运行中为什么会<br>升高或降低？ .....              | 67 |
| 4-21 水轮发电机为什么会甩油？如何处理？ .....                         | 68 |
| 4-22 水电站的辅助设备自动化包括哪些方面的内容？<br>对各种自动装置的要求是什么？ .....   | 69 |
| 4-23 水电站常用的信号器有哪些？它们的主要作用<br>是什么？ .....              | 70 |
| 4-24 机组装设了哪些水力机械保护？ .....                            | 71 |
| 4-25 油、水、气管路系统中常用的有哪些执行元件？ .....                     | 71 |
| 4-26 水电站的哪些地方要配置温度信号器？常用的<br>有哪几种型式？ .....           | 72 |
| 4-27 水轮发电机组的哪些地方要使用液流信号器？<br>常用的有哪几种型式？ .....        | 72 |
| 4-28 水电站装设各种水力测量仪表的目的是什么？ .....                      | 72 |
| 4-29 水轮发电机组的过水压力系统要进行哪些项目<br>的水力监测？ .....            | 72 |
| 4-30 为什么要测定水电站的上、下游水位？ .....                         | 73 |
| 4-31 为什么要监测水电站进水口拦污栅前、后的压<br>差？ .....                | 73 |
| 4-32 为什么要进行水轮机顶盖压力测量？ .....                          | 74 |
| 4-33 水电站油、水、气系统中管路错综复杂，如何<br>区别各种管路？ .....           | 74 |
| 4-34 水府庙水电站 4 号机组下导轴瓦为什么会烧坏？ .....                   | 74 |
| 4-35 柘溪水电站的辅助设备故障，为什么会引起停机<br>事故？ .....              | 75 |
| 4-36 葛洲坝水电站 1 号机推力轴瓦连续两次发生磨<br>损事故，其原因何在？如何处理？ ..... | 75 |

4-37 葛洲坝水电站的供水为什么会出现中断现象?

会导致停机事故吗? 如何处理? ..... 76

## 五、水轮机调速系统 ..... 78

5-1 水轮机自动调节系统主要由哪几个基本部分组成?

各主要元件的作用是什么? ..... 78

5-2 水轮机调速器的主要作用是什么? ..... 78

5-3 水轮机调速器分哪几种类型? 调速器型号的含义是什么? ..... 79

5-4 T 型机械液压调速器主要由哪些部件组成? ..... 80

5-5 机械液压调速器离心式飞摆和引导阀的主要作用是什么? ..... 80

5-6 T 型机械液压调速器中调差与变速机构的作用是什么? 变速机构的动作过程如何? ..... 80

5-7 T 型机械液压调速器中, 开度限制机构的作用是什么? 它是怎样限制导叶开度的? ..... 81

5-8 T 型机械液压调速器启动装置的作用是什么? 怎样实现快—慢—快的开机过程? ..... 81

5-9 电液调速器由哪几部分组成? 其主要元件叫什么? ..... 82

5-10 电液调速器中, 永磁发电机、测频回路和电液转换器各起什么作用? ..... 82

5-11 什么叫机组调差率? 什么叫做机组的永态转差系数? 若干台机组并列运行时, 各台机组的永态转差系数应如何整定才合理? ..... 83

5-12 调速器运行时, 为什么说指示器的红、黑指针呈分开状态才认为能真正起到自动调节的作用? ..... 85

5-13 调速器的永态转差系数  $b_p$  和缓冲时间常数  $T_d$  是怎样进行调整的? ..... 86

5-14 引起调速器运行不稳定的原因有哪些? ..... 87

5-15 调速器的飞摆电动机温升过高的原因是什么?

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 如何排除这些故障？ .....                                                                | 87 |
| 5-16 调速器正常运行中飞摆突然停转，其原因何在？ .....                                               | 88 |
| 5-17 水电站的调速器中的主配压阀控制不灵或卡死，<br>原因在哪里？ .....                                     | 88 |
| 5-18 机组转速在额定值，调速器的变速机构和事故<br>配压阀都正常，由自动切换至手动时，为什么<br>会出现接力器立即关闭的现象？ .....      | 89 |
| 5-19 机械液压型调速器手动开机开不起来，正常状<br>态下又不能自动和手动停机的原因有哪些？ .....                         | 89 |
| 5-20 DT-100 型电气液压调速器不能自动开机的原<br>因在哪里？ .....                                    | 90 |
| 5-21 DT 型电液调速器在水电站带负荷运行时常遇<br>到哪些不正常现象？是何原因？ .....                             | 91 |
| 5-22 调速器为什么会出现经常滴负荷现象？ .....                                                   | 92 |
| 5-23 装有 DT 型电液调速器的机组，正常运行中负荷为什<br>么会突然减至零？ .....                               | 93 |
| 5-24 配置 DT 型电液调速器的机组，正常运行时负荷<br>为什么会突然增大？ .....                                | 93 |
| 5-25 在什么情况下调速器才允许限制负荷运行？ .....                                                 | 93 |
| 5-26 长期停机或调速器大修后，首次开机，调速器产<br>生振动的原因是什么及如何处理？ .....                            | 94 |
| 5-27 调速器投入自动时，为什么要求引导阀、主配压<br>阀有微量跳动？ .....                                    | 94 |
| 5-28 对调速器、油压装置应巡回检查哪些项目？ .....                                                 | 95 |
| 5-29 机组运行中，调速器的开度限制的位置为什么要<br>经常调整？ .....                                      | 96 |
| 5-30 试以 DT 电液调速器为例说明调速器在运行中<br>容易产生哪些主要故障？并从中取出一种情况<br>分析其故障的原因、现象及处理方法？ ..... | 97 |
| 5-31 试述手动开、停机的操作方法？ .....                                                      | 98 |

|                |                                                                    |     |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 5-32           | 水轮机微机调速器有什么特点？ .....                                               | 100 |
| 5-33           | 水电站为什么要用双微机调速器替换原来的<br>机械液压或电气液压调速器？ .....                         | 100 |
| 5-34           | 试述双微机调速器的液压系统的工作原理。 .....                                          | 101 |
| 5-35           | 如何保养和维护调速器？ .....                                                  | 102 |
| 5-36           | 水府庙水电站 3 号机运行时尚未进行增负荷<br>操作，电网频率也稳定，导叶开度为什么会<br>突然增大使机组带满负荷？ ..... | 103 |
| 5-37           | 葛洲坝水电站的电液调速器在运行中出现过<br>哪些不正常现象？ .....                              | 104 |
| 5-38           | 调速器在调整完正式投入运行前，为什么要进<br>行空载扰动和负荷扰动试验？ .....                        | 105 |
| 5-39           | 机组大修后，为什么要进行甩负荷试验？ .....                                           | 107 |
| <b>六、水轮发电机</b> | .....                                                              | 108 |
| 6-1            | 立式水轮发电机由哪些主要部件组装而成？<br>其结构特点是什么？ .....                             | 108 |
| 6-2            | 水轮发电机铭牌上标示的型号、容量、电压、<br>电流、转速、温升等都是什么意义？ .....                     | 109 |
| 6-3            | 同步发电机的“同步”是什么意思？同步电机<br>的工作状态怎样？ .....                             | 110 |
| 6-4            | 发电机定子的三个绕组一般为什么都接成星形接<br>线？ .....                                  | 111 |
| 6-5            | 什么叫力率？力率的进相和迟相是怎么回事？<br>进相运行有什么不良影响？ .....                         | 112 |
| 6-6            | 同步发电机常用的特性曲线有哪些？各有什么<br>用处？ .....                                  | 112 |
| 6-7            | 水轮发电机运行时为什么会发热？ .....                                              | 113 |
| 6-8            | 发电机为什么要装设空气冷却器？ .....                                              | 113 |
| 6-9            | 水轮发电机的允许温度受其内部哪些材料的限                                               |     |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 制? 为什么? .....                                     | 114 |
| 6-10 空冷发电机的入口风温变化对发电机运行有什么影响? .....               | 115 |
| 6-11 水轮发电机出口和进口风的温差发生变化的原因有哪些? .....              | 116 |
| 6-12 在发电机运行中应监视哪些内容? 当其中某些参数超限时, 如何进行调整? .....    | 117 |
| 6-13 电力系统的电压、频率为什么会波动? .....                      | 117 |
| 6-14 发电机的端电压高于或低于额定值对运行有什么影响? .....               | 118 |
| 6-15 频率的变化对发电机运行有什么影响? .....                      | 119 |
| 6-16 如何实现水轮发电机组的有功和无功负荷的调整? .....                 | 120 |
| 6-17 发电机在不对称负荷(即三相电流不对称)下运行有什么危害? .....           | 121 |
| 6-18 水轮发电机的不对称运行主要决定于哪几个条件? .....                 | 121 |
| 6-19 发电机振荡现象是怎么回事? 表计有何反映? 值班人员应如何处理? .....       | 122 |
| 6-20 怎样判断水轮发电机是同步振荡还是异步振荡? .....                  | 123 |
| 6-21 引起发电机失磁的原因有哪些? .....                         | 123 |
| 6-22 水轮发电机失磁后会产生什么现象? 有何危害? .....                 | 124 |
| 6-23 发电机运行时发生失磁应如何处理? .....                       | 125 |
| 6-24 水轮发电机的中性点为什么有的不接地? 有的却经消弧线圈接地? .....         | 126 |
| 6-25 水轮发电机出口短路对发电机有何危害? .....                     | 126 |
| 6-26 事故情况下发电机为什么可以短时过负荷? 过负荷运行时值班人员应注意什么问题? ..... | 127 |
| 6-27 引起发电机非同期并列的原因是什么? 有什么危害? 应如何处理? .....        | 128 |