

中小型水电站 设备运行技术问答

ZHONGXIAOXING SHUIDIANZHAN
SHEBEI YUNXING JISHU WENDA

尹斌勇 李一平 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中小型水电站 设备运行技术问答

ZHONGXIAOXING SHUIDIANZHAN
SHEBEI YUNXING JISHU WENDA

尹斌勇 李一平 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据作者多年的工作实践并在广泛收集国内外有关资料的基础上,针对水电站运行与检修人员在理论学习、监视操作、巡检维护、安装检修等工作中的需要,系统总结了我国中小型水电站机电设备的基本理论、基本结构、基本概念、技术要求、基本操作等。主要内容包括综述、水轮机、发电机、辅助设备、调速器、变压器、电气一次系统、电气二次系统、计算机监控系统、安全知识等十章。本书内容涵盖水电站所有机电设备,考虑到实际生产的需要,除辅助设备中的油、气、水系统外,还将日常工作中需要熟悉和掌握的水力测量、焊接检测、钢铁及热处理、起重知识、轴承与润滑、钳工知识、公差与配合等内容也作了介绍。

本书内容全面,实用性强,面向基层,可供中小型水电站机电设备安装、运行与维修人员培训上岗使用,也可供生产制造、设计科研的工程技术人员以及专业院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中小型水电站设备运行技术问答/尹斌勇,李一平编著. —北京:中国电力出版社,2017.10
ISBN 978-7-5198-0396-4

I. ①中… II. ①尹… ②李… III. ①水力发电站-电力系统运行-问题解答 IV. ①TV737-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 028665 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:韩世韬

责任校对:郝军燕

装帧设计:张俊霞 赵姗姗

责任印制:蔺义舟

印 刷:三河市百盛印装有限公司

版 次:2017 年 10 月第一版

印 次:2017 年 10 月北京第一次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:56.25

字 数:1333 千字

定 价:148.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

序

应作者之邀为本书写序。作者出身书香门第，高校毕业之后，投身水电站生产一线工作，注重积累与总结经验，十年之内就能编写出这本厚厚的书稿，实在不易。在当前浮躁、功利之世俗社会中，在繁忙的工作之余，能静下心来，坐在电脑前，忘掉窗外花花世界的种种诱惑，潜心于书稿编写之中，尤为可贵。没有平和的心态，没有一定的毅力是很难完成这本书稿的。

本书是写给中小型水电站的运行、检修人员看的。那些没有经过专业学习与培训的大型水电站运行、检修人员也值得一看。那些缺少生产经验的管理人员也尽可以看看，熟悉一下生产环境，有利于更好做好管理工作。

本书没有什么高深理论与独特观点，更没有什么深奥的数学推导。但是，本书是实用的，既介绍了水电站一些基本知识，尤其是机电设备概况，又阐述了水电站机电设备的操作管理、检修维护要点，对一些技术力量较弱的中小水电站，尤其是农村小水电站来说，可以作为培训教材与工作手册。也可供从事水电相关工作（如水电建设、安装队伍）人员与学校教职员工、学生学习和参考。

本人也好舞文弄墨，时常写点文字，深知要写一本书不那么容易。写一篇文章简单许多，可以就一个观点论述，不必考虑其他，而一本书要前后呼应，互不冲突，没有点文字功底是不行的。尤其对于学理工科的工程技术人员更不容易。

写这本书的两个年轻人是值得学习的有为青年，玩物丧志作为千年古训，发人深思。

当与不当，任人评说。支持年轻人做点有益社会的正事是我的目的。是为序。

西北勘测设计研究院 田树棠

2017年4月

前 言

进入 21 世纪以来,随着我国中小型水电站的快速发展,许多新设备、新技术得到了广泛应用,相对于以前的老设备而言,有很多不同之处,广大电力职工亟须对这些新设备、新技术全面地了解和掌握。目前来看,这方面的书籍较少,且有些书籍不够系统。鉴于这种情况,作者编辑本书,采用问答的形式,有针对性和较全面地介绍在实际工作中所要熟悉和掌握的水电站机电设备的相关知识和操作技能,以满足水电站运行与检修人员在理论学习、监视操作、巡检维护、安装检修等工作中的需要。

本书内容主要包括综述、水轮机、发电机、辅助设备、调速器、变压器、电气一次系统、电气二次系统、计算机监控系统、安全知识等十章,水电站运行的专业知识基本都纳入其中。其中,对于辅助设备部分,考虑到实际生产中应用的需要,本书中将其范围进行了扩展,除了编写有辅助设备中的油、气、水系统外,还将日常工作中需要熟悉和掌握的水力测量、焊接检测、钢铁及热处理、起重知识、轴承与润滑、钳工知识、公差与配合等内容也纳入其中。此外,由于在近几年中,贯流式水电站得到了迅速发展,因此本书中也特别将贯流式水电站的有关内容编入其中。

本书的编写原则是精练、全面和实用,其主要特点有:①基础性与全面性相结合。在本书中,对各部分的介绍,主要是从基本理论、基本结构、基本概念、技术要求、基本操作等需要基本掌握的知识点入手,并从理论到实践、从安装到检修、从运行到维护等予以了较全面的介绍。②理论性与实践性相结合。本书除了对我们在实际工作中所需要掌握的基本理论等知识点进行了介绍之外,同时还结合实际工作,把具有实用性和常识性的东西予以总结、归纳、整理,且做到图文并茂。③系统性与前沿性相结合。在本书中,虽然是采用技术问答的形式,但对各个章节和各个知识点都是由浅入深,从易到难,呈系统分布,做到条理清晰,同时,还根据当前中小型水电站中新设备、新技术的发展情况,将有关较新的内容也纳入其中。所以,本书不仅适合于电站安装、运行与维修人员培训上岗使用,同时也可供生产制造、设计科研的工程技术人员以及专业院校师生参考使用。

本书第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第十章由尹斌勇编写，第六章、第七章、第八章、第九章由李一平编写。在本书的编写过程中，编者查阅和参考了大量参考文献，在此对各参考文献的作者一并表示诚挚的感谢。此外，本书承蒙西北勘测设计院田树棠教授级高工、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司薛瑞宝教授级高工、湖南省大源渡航电枢纽王兵高级工程师、湖南省大源渡航电枢纽孙小兵高级工程师对本书各部分章节予以审查，并对相关内容提出了许多宝贵意见，田树棠教授为此书作序。在此，对审者的辛勤劳动表示衷心感谢，也衷心感谢长沙市湘江综合枢纽工程办公室、湖南省水运建设投资集团有限公司、湖南省大源渡航电枢纽、华自科技股份有限公司、永州潇湘水电站各级领导和同事对本书的大力支持。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在不当或错误，敬请广大读者批评指正。

作者

2017年5月

目 录

序 前言



第一章 综 述

第一节 水电站基础知识	1
1-1-1 什么是水力发电，它有哪些优点?	1
1-1-2 什么是水电站，它有哪些类型?	1
1-1-3 水电站是怎样发出电的?	1
1-1-4 什么是径流式水电站?	2
1-1-5 水电站由哪些部分组成，各有什么作用?	2
1-1-6 水电站中各水工建筑物的作用是什么，大坝的类型有哪些?	2
1-1-7 有些水电站为什么要设置压力前池和调压室，其作用分别是什么?	3
1-1-8 对于不同布置方式的水电站，其各自的特点怎样?	3
1-1-9 水电站厂房的功用是什么，它由哪些部分组成，各部分的作用是什么?	3
1-1-10 水电站的厂房有哪些类型，各有什么特点?	4
1-1-11 在副厂房中所设立的中央控制室，其作用是什么，对其有什么要求?	5
1-1-12 在水电站中，主厂房的高程如何划分，为什么在有些电站中用高程数值命名?	5
1-1-13 水电站厂房的机电设备由哪些部分组成?	5
1-1-14 水电站有哪三大主设备，各起什么作用，水电站在电力系统中的主要作用是什么?	6
1-1-15 什么是日调节、周调节、年调节和多年调节?	6
1-1-16 什么是河流的落差和比降，河流的流量、径流总量、多年平均流量是什么含义?	6
1-1-17 什么是水电站的保证出力，有什么意义，什么又是装机年利用小时数?	6
1-1-18 水电站的主要经济指标有哪些，各是如何计算的?	7
1-1-19 什么是电力系统，对电力系统运行的基本要求是什么?	7
1-1-20 水电站接入电力系统的电压一般是如何估算选定的?	7
1-1-21 水电站接入电力系统电压选择的原则是什么?	8
1-1-22 电力系统的运行状态有哪几种，各有什么特点?	8
1-1-23 电力网的负载由哪几个部分组成，什么是高峰负载、低峰负载、平均负载?	8
1-1-24 为什么要将负载分成不同等级，一类负载、二类负载、三类负载各是怎样划分的?	9
1-1-25 水电站的系统图有什么作用，它包含哪些内容?	9

第二节 水电站运行 10

1-2-1 什么是水电站的运行工作，其值班方式有哪些？ 10

1-2-2 进入水电站运行岗位工作，应进行哪些培训和教育？ 10

1-2-3 运行技术管理的基本任务有哪些？ 10

1-2-4 运行技术管理的主要内容有哪些？ 11

1-2-5 运行人员的“三熟”“三能”分别指哪些内容？ 11

1-2-6 什么是运行规程，什么是调度规程，各有什么作用？ 11

1-2-7 调度机构是如何设置的，调度管理的任务是什么？ 11

1-2-8 水电站运行值班人员的任务是什么？ 12

1-2-9 什么是交接班制度，其包含哪些内容？ 12

1-2-10 在交接班时，其程序怎样，交接的主要内容有哪些，什么是“三接”“五不交”？ 13

1-2-11 水轮发电机组的正常运行状态（运行方式）有哪几种，各有什么区别？ 13

1-2-12 水轮发电机组的正常运行监视包含哪些内容，其中哪个参数最为重要，为什么？ 14

1-2-13 为什么要对发电机的温度、温升和冷却水（气体）温度进行监视，各有什么要求？ 14

1-2-14 为什么要对机组的轴承温度进行监视，对其要求如何？ 14

1-2-15 对发电机频率和电压、电流的监视有什么要求？ 15

1-2-16 如何对发电机的绝缘电阻进行监视，其要求是什么？ 15

1-2-17 对机组振动、冷却系统以及测量、控制、保护屏的监视有什么要求？ 16

1-2-18 什么是事故，什么又叫事故处理？ 16

1-2-19 对水轮发电机组事故处理的一般原则是什么？ 16

1-2-20 在停机过程中，当发电机出口开关跳不开时，应如何处理？ 16

1-2-21 当发生全厂停电的事故时，其处理原则怎样？ 17

1-2-22 如何防止全厂停电事故的发生？ 17

1-2-23 机组的非正常停机方式有哪几种情况，为什么要设置这几种停机，有什么区别？ 17

1-2-24 事故停机与紧急事故停机各在什么条件下执行，其动作情况各有什么不同？ 18

1-2-25 进行反事故演习的目的有哪些，考问讲解的目的有哪些？ 18

1-2-26 巡视检查的目的是什么？ 19

1-2-27 巡视检查的项目有哪些，巡视的主要内容是什么？ 19

1-2-28 巡视时的检查方法有哪些，如何进行？ 19

1-2-29 巡视检查所发现的缺陷有哪几种，什么是一般缺陷、重要缺陷、严重缺陷？ 19

1-2-30 “巡回检查制度”对巡回检查的要求是什么，什么是巡回检查的“五定”？ 20

1-2-31 对高压设备进行巡视时，应注意哪些问题？ 20

1-2-32 为什么要制定安全距离，对高压设备安全距离的规定各是多少？ 20

1-2-33 为什么运行中的星形接线设备的中性点必须视为带电体？ 21

1-2-34 雷雨天气巡视电气设备时，为什么要穿绝缘靴，并不得靠近避雷装置？ 21

1-2-35 机组在运行中的定期工作有哪些，为什么要进行定期工作？ 21

1-2-36 为什么要对电气设备摇测绝缘电阻，怎样衡量电气设备绝缘电阻是否合格？ 22

1-2-37 摇测绝缘电阻时应注意哪些事项？ 22

1-2-38 摇测绝缘电阻时，如何正确选用绝缘电阻表？ 22

1-2-39 为什么摇测电缆绝缘前先要对电缆进行放电？ 23

1-2-40	为什么绝缘电阻表测量用的引线不能编织在一起？	23
1-2-41	影响设备绝缘电阻阻值的外部因素有哪些，怎样对其测试结果进行分析和判断？	23
1-2-42	水轮发电机组的正常运行操作有哪些？	24
1-2-43	什么是“两票三制”，指的是哪些内容？	24
1-2-44	水电站的工作票有哪几种，其执行程序如何，有哪些注意事项？	24
1-2-45	运行值班人员在接受工作票进行安措审核时，所需做的“四考虑”指的是什么？	24
1-2-46	第二种工作票注意事项栏内应填写哪些内容？	25
1-2-47	什么是电气安全标识牌，其作用是什么？	25
1-2-48	常用的电气安全标识牌有哪几种，各有何使用要求？	25
1-2-49	什么叫作一个电气连接部分？	26
1-2-50	什么是安全色，水电站中的设备为什么要采用安全色，它们是如何规定的？	26
1-2-51	电气运行人员常用的工具、防护用具和携带型仪表各有何哪些，如何维护和保管？	26
1-2-52	什么叫倒闸及倒闸操作，水电站倒闸操作的主要内容有哪些，其执行程序怎样？	27
1-2-53	倒闸操作应遵循哪些基本原则？对倒闸操作的基本要求是什么？	27
1-2-54	电力系统中的设备有哪几种状态？什么是热备用，什么是冷备用？	27
1-2-55	倒闸操作前应做好哪些准备工作，需注意些什么？	27
1-2-56	为什么要填写操作票，操作票的范围是什么，哪些倒闸操作可不用操作票？	28
1-2-57	操作票应填写哪些内容，为什么操作票中应填写设备双重名称？	28
1-2-58	填写操作票时“四个对照”“五不操作”“四不开工”“五不结束”指的是什么？	28
1-2-59	倒闸操作前书写操作票时应考虑哪些问题？	29
1-2-60	怎样进行倒闸前的模拟操作，现场操作应如何进行？	29
1-2-61	操作票制度在执行中有何哪些要求？	30
1-2-62	操作监护制在执行中有何哪些要求？	30
1-2-63	倒闸操作时监护复诵应怎样进行？	31
1-2-64	倒闸操作中应重点防止哪些误操作事故？防止误操作的措施有哪些？	31
1-2-65	断路器在操作和使用中应注意什么？	31
1-2-66	隔离开关在操作及使用中应注意什么？	32
1-2-67	倒闸操作时继电保护及自动装置的使用原则是什么？	33
1-2-68	倒闸操作时系统接地点应如何考虑？	33
1-2-69	倒闸操作时对解并列操作有何要求？	34
1-2-70	倒闸操作时使用哪些安全用具？如何检查及有何哪些问题？	34
1-2-71	倒闸操作使用绝缘棒时为什么还要戴绝缘手套，绝缘棒为什么要加装防雨罩？	34
1-2-72	倒闸操作在哪些情况下应穿绝缘靴，为什么在有雷电活动时禁止倒闸操作？	35
1-2-73	母线倒闸操作的一般原则要求是什么？	35
1-2-74	在倒闸操作中为什么要验电，验电操作时有何哪些要求？	36
1-2-75	验电的方法有何哪些，各有何特点？	36
1-2-76	进行现场验电时怎样判断有电或无电？	36
1-2-77	装设接地线的保护作用是什么？应遵循何哪些原则？	36
1-2-78	装设接地线时应注意何哪些事项？	37
1-2-79	挂、拆接地线有何哪些要求，为什么严禁用缠绕的方法进行接地或短路？	37

1-2-80	为什么装设接地线必须由两人进行?	37
1-2-81	装设接地线为什么要先接接地端? 拆除时后拆接地端?	38
1-2-82	发电厂、变电站的电气设备和电力线路应接地的部分有哪些?	38
1-2-83	对系统合环与解环操作有哪些要求?	38
1-2-84	线路的停送电操作有哪些规定?	38
1-2-85	防止带负载拉合隔离开关有哪些措施?	39
1-2-86	防止带电挂地线(带电合接地隔离开关)有哪些措施?	39
1-2-87	防止带地线合闸有哪些措施?	39
1-2-88	为防止事故扩大, 事故单位可不待调度指令进行哪些操作?	40
第三节 水电站检修		40
1-3-1	水力机组的检修分为哪几类, 各有什么特点?	40
1-3-2	水力机组的检修有哪几个等级, 新的检修等级与原检修等级有什么不同?	41
1-3-3	对于小修、大修及扩大性大修, 其各自的基本任务是什么?	41
1-3-4	什么是水力机组的定期检查, 它包含哪些内容, 主要检查的项目有哪些?	42
1-3-5	什么是机组的状态检修, 状态检修有什么特点?	42
1-3-6	实现状态检修的基本步骤怎样?	42
1-3-7	状态检测和故障诊断的任务是什么?	42
1-3-8	什么是设备的正常状态、异常状态和故障状态?	43
1-3-9	对于水轮发电机组, 其状态检测与诊断分析的主要内容有哪些?	43
1-3-10	在水电站中, 对于机组的检修管理, 常规的实施方法怎样?	44
1-3-11	在确立检修项目和规模时, 应把握哪些原则?	44
1-3-12	机组损坏的情况有哪几种, 如何根据水力机组的情况来确立检修周期和规模?	44
1-3-13	水轮发电机组检修的进度计划如何制订, 有哪些方法, 各有什么特点?	45
1-3-14	什么叫作检修施工中的网络技术, 它具有什么特点?	45
1-3-15	检修施工中的网络图由哪几部分组成?	45
1-3-16	如何绘制检修施工中的网络图?	47
1-3-17	什么叫作现场见证点和停工待检点, 它们在检修过程中各有什么要求?	47
1-3-18	现场见证点的运作程序怎样, 如何实施, 应注意些什么?	48
1-3-19	什么是电厂的设备维护和检修 ABC 制度, 其作用和意义如何?	48
1-3-20	在电厂的设备维护和检修 ABC 制度中, “ABC” 的具体含义是什么?	48
1-3-21	什么是电厂的设备点检与点检制?	48
1-3-22	水轮发电机组检修技术的发展及国内外现状怎样?	49
1-3-23	水轮发电机检修中有哪些检修规程可以参照?	49
1-3-24	电力标准对水轮发电机组的检修有什么规定?	50
1-3-25	在《水轮发电机组安装技术规范》中, 其“一般规定”包含哪些内容?	50
1-3-26	对于新安装和大修后的机组, 为什么要进行启动试运行?	52
1-3-27	进行启动试运行的步骤怎样, 包含哪些内容?	52
1-3-28	在机组试运行过程时, 需进行哪些试验, 其各自的目的是什么?	52
1-3-29	在机组的首次手动启动试验中, 应注意哪些事项?	54
1-3-30	在对机组进行过速试验及检查时, 对动平衡试验有什么要求?	54

1-3-31	发电机在什么情况下要定相，定相时应进行哪几项检查？	54
1-3-32	发电机定相的目的是什么？相序不一致并列有何危害？	55
1-3-33	为什么假同期试验不能代替发电机定相？	55
1-3-34	对变压器进行定相序试验时，应注意哪些事项？	55
1-3-35	什么叫机组的黑启动？有何意义？	55
1-3-36	电气试验的种类有哪些，各有什么目的和作用？	56
1-3-37	什么是电气设备的绝缘试验，什么是电气设备的特性试验？	56
1-3-38	在水工金属结构涂漆工艺中，对涂漆颜色怎样规定？	56
1-3-39	在通用涂漆技术条件中，对涂层的选择有什么要求？	57
1-3-40	在通用涂漆技术条件中，在对金属结构涂漆前，对其表面处理有什么要求？	57
1-3-41	在通用涂漆技术条件中，对涂装的技术要求有何规定？	58
1-3-42	电力生产企业必须严格执行的九项技术监督制度是指哪些？	58



第二章 水 轮 机

第一节	水轮机基本理论	59
2-1-1	什么叫作水轮机，现代水轮机有哪些类型？	59
2-1-2	什么叫作反击式水轮机，什么叫作冲击式水轮机，它们各有什么特点和区别？	59
2-1-3	不同类型的水轮机，其适用范围怎样，各有什么优缺点？	60
2-1-4	为什么反击式水轮机不宜在低水头和低出力下运行？	60
2-1-5	国产水轮机的型号由哪几部分组成？	60
2-1-6	水轮机的主要工作参数有哪些，其概念是如何定义的？	61
2-1-7	什么叫作静水头、设计水头、工作水头、有效水头，它们的区别和关系如何？	61
2-1-8	水轮机的过流部件由哪几部分组成，其作用分别是什么？	62
2-1-9	什么叫作转轮的标称直径，各类型转轮的标称直径是如何定义的？	62
2-1-10	什么叫作水轮机的装置方式，它是如何分类的？	63
2-1-11	水电站是如何对水轮机进行选择的，一般包含哪些内容和要求？	63
2-1-12	水轮机的型号选择应根据什么来确定，高比速转轮与低比速转轮各有什么特性？	63
2-1-13	什么是“水轮机的单位参数”，其有什么意义，怎样换算？	64
2-1-14	什么叫作水轮机的比转速，提高水轮机的比速对水电站有什么意义？	64
2-1-15	如何提高水轮机的比速，提高比速对水轮机又有什么影响？	64
2-1-16	比速与水轮机的型式有什么关系？	65
2-1-17	水轮机的转轮直径是如何确定出来的？	65
2-1-18	机组的额定转速是如何确定出来的？	65
2-1-19	在进行水轮机选择的过程中，如何确定水轮机的吸出高度？	66
2-1-20	什么叫作水轮机模型试验，为什么要进行水轮机的模型试验？	66
2-1-21	水轮机模型试验的任务是什么，它包含哪些内容？	66
2-1-22	什么叫作水轮机的特性曲线，具体包含哪些部分，各有什么意义？	67
2-1-23	对于不同型式的水轮机，其工作特性有何差别？	68
2-1-24	在水轮机综合特性曲线中，其各曲线的含义是什么？	68

2-1-25	在水轮机运转特性曲线中,为什么要设置出力限制线?	69
2-1-26	水轮机综合特性曲线与运转特性曲线相比,有什么联系,又有什么区别?	69
2-1-27	什么叫作水轮机的运行工况,什么又是水轮机的最优工况,如何保证最优工况?	70
2-1-28	什么叫作水轮机水流的无撞击进口,满足无撞击进口的条件是什么?	70
2-1-29	什么叫作水轮机水流的法向出口?	70
2-1-30	什么叫作空蚀,引起空蚀的条件是什么,空蚀与沸腾又有何区别?	71
2-1-31	水轮机发生空蚀的过程怎样,空蚀对水轮机的运行有什么影响?	71
2-1-32	水轮机的空蚀有哪些类型,各有什么特点?	71
2-1-33	运行水头对水轮机的空蚀会产生什么影响?	72
2-1-34	功率不同对水轮机的空蚀会产生什么影响?	72
2-1-35	什么是吸出高度,它的意义是什么?	73
2-1-36	不同型式、不同装置方式的水轮机,其吸出高度的位置是如何规定的?	73
2-1-37	如何进行吸出高度的计算?	74
2-1-38	什么叫作名义吸出高度,它与吸出高度有什么区别,又是如何规定的?	74
2-1-39	在水电站中,下游尾水位为什么会对空蚀产生影响?	74
2-1-40	什么叫作水轮机空蚀系数?	75
2-1-41	什么叫作水轮机装置的空蚀系数,它与水轮机的空蚀系数有什么联系和区别?	75
2-1-42	引起水轮机空蚀的原因有哪些,又有哪些防止和处理空蚀的措施?	76
2-1-43	贝尔佐纳材料对处理和防止水轮机空蚀的作用如何,其工艺过程怎样?	76
2-1-44	反击型转轮的空蚀破坏常发生在什么部位,转轮空蚀检查包括哪几项内容?	77
2-1-45	什么叫作空蚀指数,对空蚀补焊需注意哪些问题?	77
2-1-46	转轮的空蚀破坏区应如何处理,有什么要求,转轮空蚀区清理后如何进行补焊?	77
2-1-47	对混流式转轮进行空蚀补焊,应达到什么质量要求?	78
2-1-48	什么叫作水轮机的安装高程,不同类型的机组,其安装高程是如何规定的?	78
2-1-49	如何计算水轮机的安装高程?	78
2-1-50	运行中的水轮机为什么会存在振动,其原因是什么?	78
2-1-51	我国标准对机组振动的允许范围是如何要求的?	79
2-1-52	机组振动的主要危害有哪些?	79
2-1-53	对于由于水力方面引起的振动,消除振动的主要措施有哪些?	79
2-1-54	什么是涡列,其作用原理如何?	80
2-1-55	对于机械和电气方面的振动,消除的主要措施有哪些?	80
2-1-56	机组的振动情况与其本身的哪些因素有关?	81
2-1-57	机组转速的测量方式有哪几种,运行时有哪几种转速工况,其整定值一般为多少?	81
2-1-58	什么叫水轮机的飞逸转速,它对机组有什么危害?	81
2-1-59	最大飞逸转速是如何计算的?	82
2-1-60	防止水轮机发生飞逸的措施有哪些?	82
2-1-61	在通过截断流量来防止发生飞逸的措施中,常用的方法有哪些?	82
2-1-62	在运行过程中,当机组发生飞逸时,应如何处理?	83
2-1-63	为什么水轮机效率总是小于1,效率受哪些因素的影响?	83
2-1-64	提高运行中水轮机的效率主要有哪些措施?	84

第二节 混流式水轮机	84
2-2-1 什么是混流式水轮机,与其他类型的水轮机相比,它有哪些特点?	84
2-2-2 混流式水轮机由哪些部件组成,各部件的作用是什么?	84
2-2-3 混流式水轮发电机组的整体结构主要由哪些部件组成?	85
2-2-4 为什么混流式转轮有不同的形状,如何分类,各有何特点?	86
2-2-5 混流式转轮有哪几种结构型式,各有何特点?	86
2-2-6 混流式水轮机分半转轮在制造和出厂时应符合哪些要求?	86
2-2-7 混流式转轮叶片在何种情况下要进行整形处理?	87
2-2-8 对转轮叶片进行修型时,如何保证工艺及质量要求?	87
2-2-9 混流式水轮机转轮的止漏装置有哪几种类型,其应用范围和要求如何?	87
2-2-10 在止漏环的安装检修中,如何对其测圆及圆度处理?	88
2-2-11 混流式水轮机的减压装置有哪几种,其工作原理和具体结构如何,各有何特点?	89
2-2-12 混流式转轮各部位的同轴度及圆度有什么要求?	89
2-2-13 水轮机为什么要设补气装置,起什么作用,常用的有哪几种方式?	89
2-2-14 对于不同的补气装置,它们各有什么特点?	90
2-2-15 尾水管十字架补气装置的结构如何,对其布置有什么要求?	90
2-2-16 短管补气装置的结构如何,对其有什么要求?	91
2-2-17 轴心孔补气装置的结构如何,其工作原理是怎样的?	91
2-2-18 水轮机主轴的作用是什么,它有哪些结构型式,有的主轴为什么开有中心孔?	91
2-2-19 什么叫作主轴轴颈,它的结构怎样,一般有什么要求?	92
2-2-20 主轴与转轮的连接方式有哪些,在安装与检修中连接主轴应注意哪些技术要求?	93
2-2-21 为什么要对螺栓进行预紧,其大小如何确定?	93
2-2-22 如何对螺栓的预紧力进行控制和测量,常用的方法有哪些?	94
2-2-23 水轮发电机组上的大型螺栓有哪些,这些螺栓有什么特点?	94
2-2-24 螺栓的紧固方法有哪些,它们各有什么特点?	94
2-2-25 对于常规的普通螺栓,其预紧力矩的大小一般为多少?	94
2-2-26 对于水轮发电机组上的大型螺栓,各种紧固方法的大体操作程序怎样?	95
2-2-27 当采用加热拉伸法紧固螺栓时,其具体的操作程序和方法怎样,有哪些注意事项?	96
2-2-28 当对大型螺栓采用液压拉伸法紧固时,如何测量螺栓的伸长值?	96
2-2-29 反击式水轮机为什么会出现抬机现象,有什么后果,运行中怎样防止抬机?	96
第三节 轴流式水轮机	97
2-3-1 什么叫作轴流式水轮机,与其他类型的水轮机相比,轴流式水轮机有哪些特点?	97
2-3-2 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?	97
2-3-3 轴流式水轮机的转轮体有哪几种结构型式,各有什么特点?	98
2-3-4 转桨式水轮机轮叶操纵机构有哪些类型,各有何特点?	99
2-3-5 轮叶操纵机构的工作原理怎样?	99
2-3-6 转桨式水轮机轮叶操纵机构检查和测量的主要内容有哪些?	99
2-3-7 如何对轮叶止推轴套进行更换,有什么要求?	100
2-3-8 在转桨式水轮机中,为什么都需要在轮毂内充满润滑油?	100
2-3-9 转桨式转轮叶片的密封装置有哪些结构类型,工作原理如何?	101

2-3-10	为什么要对转桨式水轮机转轮进行耐压试验,其目的和要求是什么?	101
2-3-11	对于无操作架、活塞动的转轮,如何对其进行耐油压试验,又有什么要求?	102
2-3-12	转轮叶片为什么会出现开度不一致,如何测量和调整叶片的开度?	102
2-3-13	什么叫轮毂比,对其要求如何?什么又叫叶片的安放角?其0位是如何定义的?	103
2-3-14	转桨式转轮为什么要设置受油器?	104
2-3-15	受油器的结构和工作原理怎样?	104
2-3-16	受油器在检修时要进行哪些测量工作,有什么要求,如何进行检查和处理?	105
2-3-17	操作油管的作用是什么,其结构如何?	105
2-3-18	操作油管检修的主要内容有哪些,为什么要对其进行盘车,若不合格应如何处理?	106
2-3-19	操作油管和受油器在安装时应符合哪些要求?	106
第四节 贯流式水轮机		106
2-4-1	什么叫贯流式水轮机,什么叫贯流式水电站?	106
2-4-2	与其他类型的机组相比,贯流式机组具有哪些特点?	107
2-4-3	贯流式机组与立轴转桨式机组相比,它有哪些优点?	107
2-4-4	卧轴布置的贯流式机组与立轴布置的转桨式机组相比,在结构上有什么差别?	107
2-4-5	贯流式水电站具有哪些特点?	108
2-4-6	贯流式电站一般采用按天然流量来控制水位的自然出力运行方式,有何优缺点?	108
2-4-7	什么是贯流式机组的最佳运行方式?	108
2-4-8	贯流式水电站在电力系统中应采用什么样工作方式才能充分利用水能?	109
2-4-9	贯流式水轮机就提高单机容量来说为什么受到一定限制?	109
2-4-10	贯流式水轮机适用水头范围怎样?	109
2-4-11	贯流式水轮机有哪些类型?	110
2-4-12	对于各种类型的贯流式机组,其各自的特点怎样?	110
2-4-13	如何区分全贯流式机组和半贯流式机组,它们分别有什么优缺点?	111
2-4-14	灯泡贯流式机组在结构上具有桨叶可随导叶协联动作的协联装置,其特点如何?	111
2-4-15	灯泡贯流式机组过渡过程有何特点?	111
2-4-16	灯泡贯流式水轮发电机组的整体结构主要由哪些部件组成?	112
2-4-17	灯泡贯流式水轮发电机组埋设部件包括哪些部分?	112
2-4-18	灯泡贯流式水轮发电机组为什么要设置伸缩节,运行中有什么要求?	112
2-4-19	伸缩节在运行中为什么会出现漏水问题,在检修中又该如何处理?	113
2-4-20	灯泡贯流式水轮机尾水管的结构如何,在安装过程中应注意什么?	113
2-4-21	灯泡贯流式水轮机尾水管在安装中应达到哪些技术标准?	114
2-4-22	在灯泡贯流式机组中,管形壳的结构怎样,有什么特点?	114
2-4-23	灯泡贯流式水轮机管形壳在安装中应达到哪些技术标准?	115
2-4-24	贯流式水轮机转轮室为什么要设置喉管?	115
2-4-25	在安装与检修中,为什么要对轮叶与转轮室间隙进行测量,对其有什么要求?	115
2-4-26	在什么情况下,应对转轮进行大修,并应进行哪些检查和处理?	116
2-4-27	在灯泡贯流式机组的常规检修中,对转轮应进行哪些项目的检查和处理?	116
2-4-28	贯流式水轮机泄水锥在机组运行中起什么作用?	116
2-4-29	为什么贯流式水轮机的桨叶做成边缘薄根部厚的形状,且叶片外缘做成唇边?	117

2-4-30	什么叫液体静压轴承，它的工作原理怎样？	117
2-4-31	在灯泡贯流式机组中，水导轴承常采用什么型式的导轴承，有哪几种结构？	117
2-4-32	水导轴承在运行中怎样适应机组轴线的倾斜、位移等变化，以防止烧瓦？	118
2-4-33	在贯流式机组的安装与检修中，为什么要测量主轴上抬量，如何进行？	118
2-4-34	导轴承的工作方式怎样，为什么要设置高压顶起装置，如何对其进行监控？	119
2-4-35	在贯流机组中，对筒式导轴瓦的间隙值一般作何要求？	119
2-4-36	对于灯泡贯流式机组中的筒式导轴承，对其间隙应如何进行调整？	119
2-4-37	为什么要进行导轴瓦的研刮，如何进行？	120
2-4-38	如何用压铅法测量导轴承的轴瓦间隙？	120
2-4-39	在贯流式机组中，其主轴密封的结构怎样，它是如何起作用的？	120
2-4-40	贯流式机组中的主轴密封装置有哪些结构型式，各有什么特点？	121
2-4-41	灯泡贯流式机组有哪些支承（撑）方式？	121
2-4-42	何谓灯泡贯流式机组单支腿支承结构？	122
2-4-43	何谓灯泡贯流式机组多支腿支承结构？	122
2-4-44	贯流式水轮机控制环的结构怎样，为什么要设置重锤，它起什么作用？	122
2-4-45	贯流式水轮机导叶枢轴结构有何特点？	123
2-4-46	贯流式水轮机的锥形导水叶，叶型呈空间曲面形状，什么是空间曲面形状？	123
2-4-47	为什么制造厂要绘制导叶布置图，并提供给电厂？	124
2-4-48	在贯流式机组中，水轮机导叶接力器有哪些结构型式？	124
2-4-49	为防止灯泡贯流式机组飞逸，在设计上采取了哪些措施？	124
2-4-50	贯流式水轮机的空化特性怎样？	124
2-4-51	灯泡贯流式机组为什么会产生轴向反推力？	125
2-4-52	贯流式水轮机有哪些主要控制尺寸？各有什么要求？	125
2-4-53	在灯泡贯流式机组中，其轴承供油系统有哪几种供油方式？	125
2-4-54	在贯流式机组中，为什么要在调速系统中设置事故配压阀，其工作原理如何？	126
2-4-55	在贯流式机组中，紧急停机电磁阀和事故配压阀各是如何设置的？	126
第五节 水轮机公共部分		127
2-5-1	什么叫水轮机主阀，它起什么作用，又有哪几种型式，各有什么优缺点？	127
2-5-2	反击式水轮机为什么要设置尾水管？	128
2-5-3	尾水管有哪几种类型，分别有何特点？	128
2-5-4	在立式反击式水轮机中，对尾水管安装的技术要求是如何规定的？	128
2-5-5	引水室有哪些类型，蜗壳的主要功用是什么？	129
2-5-6	蜗壳有哪几种型式，蜗壳的主要参数是什么？	129
2-5-7	蜗壳在安装中的焊接应符合哪些要求，在拼装中的允许偏差又有哪些要求？	130
2-5-8	蜗壳在安装时的允许偏差应符合哪些要求？	130
2-5-9	蜗壳安装时应进行哪些无损探伤检查，有何要求，在浇注混凝土时需注意什么？	130
2-5-10	座环的作用是什么，其结构怎样？	131
2-5-11	在立式反击式水轮机的转轮室、基础环、座环安装中，其总体允许偏差有何要求？	131
2-5-12	在水轮发电机组中，导水机构的作用是什么？	132
2-5-13	导水机构有哪些类型，其应用情况怎样？	132

2-5-14	导叶的结构组成是怎样的, 又有哪些型式, 其主要的几何参数有哪几个?	133
2-5-15	什么叫作导叶开度, 在安装和大修中为什么要测定导叶开度, 对其有何要求?	133
2-5-16	导叶密封的作用是什么?	134
2-5-17	导叶密封包含哪几部分, 常用的有哪些型式?	134
2-5-18	什么叫作导叶的端面间隙, 对它有何要求, 若不合格, 在安装与检修中如何处理?	134
2-5-19	什么叫作导叶的立面间隙, 其技术要求是什么, 如何测量?	135
2-5-20	导叶立面间隙不合格时, 常采用哪些方法进行处理?	135
2-5-21	采用均布法调整导叶立面间隙的原理和方法是怎样的?	136
2-5-22	导叶的轴颈易发生什么问题, 对导叶轴颈的破坏应怎样进行处理?	136
2-5-23	对导叶叶片的破坏应怎样进行处理?	137
2-5-24	导水机构为什么要在安装之前进行预装?	137
2-5-25	在对导水机构进行预装时有什么要求?	137
2-5-26	导叶传动机构的作用是什么, 有哪些类型, 其结构怎样, 各有何特点?	138
2-5-27	导水机构的安全保护装置有哪些保护方式, 各有何特点?	138
2-5-28	液压连杆的结构如何?	139
2-5-29	挠曲连杆的结构如何?	140
2-5-30	弹簧安全连杆的结构与动作过程如何?	140
2-5-31	在导水机构中, 控制环的作用是什么, 有哪些类型?	140
2-5-32	导水机构中装设的剪断销剪断会出现什么现象和造成什么影响?	141
2-5-33	剪断销被剪断的原因有哪些, 如何预防和处理?	141
2-5-34	为什么要进行导叶漏水量的测定, 常采用什么方法进行测量和计算?	141
2-5-35	为什么要进行导水机构最低动作油压的测定, 如何进行, 又有什么要求?	142
2-5-36	导叶接力器有哪些类型, 各有什么特点?	142
2-5-37	单导管直缸式接力器的结构怎样, 具有什么特点?	143
2-5-38	接力器安装时应符合哪些要求?	143
2-5-39	什么叫作导叶接力器压紧行程, 为什么要设置压紧行程, 有什么要求?	143
2-5-40	如何对导水机构的压紧行程进行调整和测量, 若压紧行程偏小, 应如何处理?	144
2-5-41	对导管直缸接力器检修时, 其检查的主要内容有哪些, 装配质量有何要求?	144
2-5-42	如何测定环形接力器的压紧行程, 分解后应检查哪些内容, 装配后又有什么要求?	145
2-5-43	导水机构检修的主要内容有哪些?	145
2-5-44	水轮机导轴承的作用是什么, 其所受的径向力包含哪些部分?	145
2-5-45	水轮机导轴承有哪些类型, 各有什么特点?	146
2-5-46	对于不同类型导轴承的轴瓦, 各应符合哪些要求?	146
2-5-47	轴瓦在安装时有哪些条件和要求?	146
2-5-48	水导轴承安装应符合哪些要求?	146
2-5-49	水轮机为什么要设置主轴密封, 它通常包含哪两部分, 各起什么作用?	147
2-5-50	水轮机的工作密封有哪些类型, 各有什么特点?	147
2-5-51	主轴密封在安装中应符合哪些要求?	148
2-5-52	什么叫转动部分中心调整, 其目的是什么?	148
2-5-53	对于立式机组的中心调整, 其工艺程序怎样?	148

2-5-54	在立式机组中, 主轴的安装程序怎样, 应注意哪些事项?	148
2-5-55	什么叫机组的理想轴线、实际轴线、旋转中心线, 机组轴线工作的意义是什么?	149
2-5-56	什么叫摆度, 什么叫旋转轴的摆度圆, 摆度是如何产生的, 其主要原因是什么?	149
2-5-57	什么叫作盘车摆度, 什么叫作运行摆度, 它们存在什么区别和联系?	150
2-5-58	为什么要对机组的轴线进行检查, 有哪些检查方法?	150
2-5-59	对于立式水轮发电机组的轴线摆度, 有哪些测量项目, 其具体要求是多少?	151
2-5-60	对于立式机组轴线的测定和调整处理, 其操作步骤怎样?	151
2-5-61	对于卧轴灯泡贯流式机组的轴线摆度, 其具体要求怎样?	151
2-5-62	什么叫盘车? 盘车的目的是什么? 常用的盘车驱动方法有哪些?	152
2-5-63	盘车时应具备哪些基本条件, 盘车为什么要分发电机单盘和机组盘车两次进行?	152
2-5-64	在对立式机组进行盘车测量前, 要做好哪些准备工作?	152
2-5-65	什么叫全摆度和净摆度, 主轴倾斜度与净摆度有什么关系? 示例说明。	153
2-5-66	相对摆度、绝对摆度、全摆度、净摆度有什么联系和区别?	153
2-5-67	绘制摆度曲线的步骤怎样, 它有什么意义?	154
2-5-68	如何区分机组轴线、机组中心线和主轴旋转中心线?	154
2-5-69	什么是发电机的电动盘车, 其盘车原理是怎样的?	154
2-5-70	电动盘车需要多大的定、转子电流?	155
2-5-71	电动盘车应具备哪些条件?	155
2-5-72	当采用电动盘车时, 应如何操作, 有哪些注意事项?	155
2-5-73	什么叫静平衡, 什么叫动平衡, 它们有什么区别与联系, 如何判断?	156
2-5-74	为什么要在制造和扩大性大修中对转轮进行静平衡试验?	156
2-5-75	对转轮进行静平衡试验的方法有哪些, 对转轮静平衡的要求怎样?	156



第三章 发 电 机

第一节	发电机基本理论	158
3-1-1	什么叫作水轮发电机, 它的基本工作原理是怎样的?	158
3-1-2	同步发电机的“同步”是什么意思, 同步发电机的工作状态怎样?	158
3-1-3	什么是同步发电机的电枢反应?	158
3-1-4	水轮发电机有哪些类型?	159
3-1-5	水轮发电机由哪些主要部件组装而成, 其特点是什么?	159
3-1-6	在机组的布置型式中, 什么叫机组的悬式结构和伞式结构, 如何区分?	160
3-1-7	悬式水轮发电机与伞式水轮发电机相比, 具有什么特点, 适用范围怎样?	160
3-1-8	伞式机组与悬式机组相比, 具有什么特点, 适用范围怎样?	161
3-1-9	我国水轮发电机的型号是如何表示的, 各代表什么含义?	161
3-1-10	水轮发电机有哪些基本技术参数, 各是如何定义的?	161
3-1-11	什么是发电机的短路比 K_c , K_c 与发电机结构有什么关系?	162
3-1-12	水轮发电机铭牌上有哪些内容, 各代表什么意义?	162
3-1-13	3Y 接线是什么含义, 发电机定子的三个绕组一般为什么都接成星形接线?	163
3-1-14	影响发电机效率的损耗有哪几类?	163