

全国火力发电工人通用培训教材

电气设备运行

中级工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

全国火力发电工人通用培

电气设备运行

中级工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

《电气设备运行·中级工》是全国火力发电工人通用培训教材之一。本书根据《电力工人技术等级标准》的要求,从火力发电厂电机制氢、电气运行、厂用电岗位中级工应掌握的专业理论知识和应具备的技能出发,讲述了相应的制氢和交直流电路的理论知识、制氢的设备工艺、厂用电系统和电厂的电气主系统。

本书可供火力发电厂电机制氢、厂用电值班员、电气值班员上岗培训用,也可供相关专业的工人、技工学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备运行:中级工/山西省电力工业局编.-北京:
中国电力出版社,1997(重印)
全国火力发电工人通用培训教材
ISBN 7-80125-183-0

I. 电… II. 山… III. 电气设备-运行-火电厂-技术培训-教材 N.TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02025 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)
北京密云红光印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1997 年 5 月第一版 2003 年 7 月北京第九次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 16.5 印张 361 千字
印数 35231—38230 册 定价 15.00 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)

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨

丁巳年春

全国火力发电工人通用培训教材
编 审 委 员 会

名 誉 主 任：卞学海

主 任：刘润来

常务副主任：郭连邦

副 主 任：程忠智 李宝祺 曹德声
贺至刚 张克让 王靖中
金明轩 刘治国 顾希衍
程纪奎 刘玉柱 刘向东
王文杰

委 员：阎刘生 陈懋龙 贾 诚
王清文 王解新 梁秀生
燕福龙 刘宇平 张建国
王扁桃 曹保林 王 震
周 新 郭林虎 乔文普
马家斌

办 公 室 主 任：程纪奎（兼）

办 公 室 副 主 任：刘向东 乔文普
马家斌 郭林虎

办 公 室 工 作 人 员：曹 璘 王荣辉

序

《全国火力发电工人通用培训教材》出版、发行了，这是电力职工培训工作的一件大事。

工人技术培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。电力工业部领导对电力职工队伍的培训和教材建设非常重视，多次为之做过重要指示。

关于电力工人培训教材建设工作，多年来我部取得了较大的成绩，得到了劳动部的肯定。由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》已发行、使用 10 余年，并多次重印，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的需要，有力地促进了培训工作的开展。在 1987 年全国电力普及读物评优中，这两套培训教材荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

但是，随着我国电力工业技术装备的不断更新和技术水平的不断提高，对电业生产人员的素质相应地提出了更高的要求。此外，由于劳动、培训制度改革不断深化，关于工人培训教育的思想、方法和手段也发生了深刻变化。为适应这一新情况、新需要，进一步加强电力工人培训教材的建设，有必要对原编写的两套培训教材进行修订和增补。为此，决定由山西省电力工业局重新编写《全国火力发电工人通用培训教材》。这套新编的培训教材业经中电联教培部组织审定，

作为全国火力发电工人通用的培训教材，由中国电力出版社出版、发行。

《全国火力发电工人通用培训教材》具有相当的权威性。首先，这套培训教材的编写依据，是电力工业部、劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》和中电联教培部《关于电力工人培训教材建设的意见》，以及有关电业生产、建设的技术规程、规范。无论是在内容的取舍上，还是在深度的把握上，这套教材都是按以上国家标准和部颁规程、规范的要求来进行的。

其次，这套培训教材从总体设计上来讲，思路是清晰的，指导思想是正确的。教材的编写突破了传统的学校教科书模式，注意按照工人培训的特点和规律，安排教学内容，即强调实用性，并且“以工种立目，以岗位立篇”。与每一个专业工种对应的初、中、高三个分册在内容上是阶梯式递进的，互不重复或不简单重复。这些思路都是超前的、可行的，符合中电联教培部《关于电力工人培训教材建设工作的意见》的精神。

再有，这套培训教材的编写、出版力量都是相当强的。其作者是山西省电力系统中技术上比较权威的专家，有相当丰富的培训工作经验，基本上能够代表全国电力系统的技术力量水平。作为全国首批认定的15家优秀出版社之一的电力出版社，无论在编辑力量和水平上，还是在出版质量上，都是国内一流的。对于这套培训教材，出版社领导亲自挂帅，组织了20余人的编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此，其质量是高的。

《全国火力发电工人通用培训教材》的另一个特点是实用性较强。一方面，这套培训教材是从生产实际需要和工人实

际水平出发，进行设计、编写的。为了使教材更具有针对性，更加实用，我们做了大量的前期工作，对电力系统的人员结构、整体素质进行过调查和认真分析。这套培训教材不仅适用于具有初中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的电力生产人员，而且对于现场的工程技术人员，也是有参考价值的。另一方面，这套培训教材以培养工人实际能力为重点，以提高工人操作技能为主线，教材中所提供的“知识”是为“技能”服务的，因而增强了教材的实用性，使经过培训的工人能较快运用所学的知识 and 掌握的技能，指导或改进所从事的生产实践。

此外，这套培训教材图文并茂，通俗易懂，好学好用，特别适合于工人学习。

当然，《全国火力发电工人通用培训教材》所反映的是普遍适用的主要内容。各单位在使用过程中，只要结合本单位的设备、工艺特点和人员素质的实际情况，在内容上做适当的补充和调整，便可有针对性地对本单位职工开展培训。

《全国火力发电工人通用培训教材》是《全国电力工人公用类培训教材》的延伸，两套培训教材要配合使用。这些培训教材的出版，必将对我国电力职工培训工作的有效开展和“九五”期间电力职工素质的提高，产生积极而深远的影响。

中国电力企业联合会教育培训部

1996年12月

前 言

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中

级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又以各专业的不同岗位工种设“篇”，共覆盖了 40 余个工种。

在编写本套丛书的过程中，首先根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从火电生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的火力发电工人培训教材，深信是紧扣新的工人技术等级标准的实用性教材。

火力发电工人培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法；教材以 300MW 机组及其辅机为主，兼顾 600MW 和 200MW 机组及其辅机的内容，因而有相当的先进性和普遍适用性，适应于“九五”期间主要机型的技术要求。与每一专业对应的初、中、高级工三个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。有些习题，如操作题、读绘图题、设计试验题等，主要用以培养和巩固必备的技能。鉴于全国电力系统各基层单位、部门培训力量和师资水平并不平衡，学员水平也参差不齐，所以有必要为每一分册编写相应的《教材使用说明和习题解答》，这将在本套丛书出版后陆续推出。

本分册是《电气设备运行》中级工培训教材。全书共分

成四篇十七章。其中第一、四、五章为太原第二热电厂左学渊编写；第六、七、九章为太原第一热电厂梁天柱编写；第十章为山西电力局培训中心乔文普编写；第八章、第七章第四节、第十一章第六节、第十三章第四节、第十五章、第十七章第三节为山西电力局中调所李养善编写；第十六章为山西电力局培训中心程逢科编写；第二、三、十一、十二、十四、十七章由华北电力集团公司三河发电厂李冀先编写。全书由李冀先担任主编。山西省电力局沈忠民主审。

在中电联培训部为本套教材组织的审定会议上，本书由华北电力集团公司石景山发电总厂张保国、邹琪国工程师审定，并被推荐为全国火力发电工人通用培训教材。

在编写这套《全国火力发电工人通用培训教材》的过程中，得到了电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或需修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1996年11月

目 录

序

前言

第一篇 专业理论知识

第一章 电解水制氢原理	1
第一节 电解	1
第二节 超电压及其造成的因素	4
第三节 电解水制氢原理	6
复习题	11
第二章 交直流电路的分析计算	14
第一节 直流电路的基尔霍夫定律	14
第二节 复杂直流电路的分析计算	18
第三节 非线性串联电路的图解法	41
第四节 交流电路的基尔霍夫定律与叠加原理	46
第五节 电阻、电感和电容串并联的交流电路	48
第六节 三相交流电路的分析计算	69
复习题	78
第三章 过电压、绝缘、交流铁芯线圈	82
第一节 过电压的产生和分类	82
第二节 常见过电压的防护方法	84
第三节 电气设备的绝缘与电力系统的绝缘配合	93
第四节 交流铁芯线圈的涡流及其损耗	96
第五节 交流电的趋肤效应	102
复习题	105

第二篇 电机用氢常用的设备与工艺

第四章 ZHDQ—32/10 型电解水制氢系统

及电解槽	109
第一节 ZHDQ—32/10 型电解水制氢系统	109
第二节 电解槽的结构特点	111
第三节 电解槽极板	115
第四节 镀镍层与镍网活化处理	120
第五节 石棉隔膜垫片	122
复习题	124
第五章 电解液的配制	127
第一节 电解液的重要性	127
第二节 电解液的配制	129
第三节 电解液中的添加剂	134
第四节 电解液中的杂质对电解工艺的影响	136
复习题	138

第三篇 厂 用 系 统

第六章 电动机的运行	140
第一节 电动机启停操作注意事项	140
第二节 电动机的异常运行及事故处理	142
第三节 电动机的保护配置	150
复习题	152
第七章 厂用变压器的运行	155
第一节 厂用变压器的投入和停止	155
第二节 并列运行的厂用变压器	157
第三节 厂用变压器的异常运行及事故处理	159

第四节	厂用变压器中性点接地方式与保护方案	166
复习题	.....	171
第八章	厂用变压器继电保护的整定与运行	174
第一节	纵联差动保护	174
第二节	电流速断保护	184
第三节	瓦斯保护	186
第四节	过电流保护	191
第五节	低电压启动的过电流保护	198
第六节	复合电压启动的过电流保护	199
第七节	负序电流保护	202
第八节	零序电流保护	203
复习题	.....	209
第九章	厂用母线和专用盘的运行	213
第一节	厂用电接线及负荷的分配原则	213
第二节	厂用母线的停送电操作	218
第三节	专用盘的停送电操作	221
复习题	.....	223
第十章	柴油发电机组的运行	225
第一节	柴油发电机组的特点和功能	225
第二节	柴油发电机组的电气接线和励磁方式	228
第三节	柴油发电机组的运行	234
复习题	.....	237

第四篇 主 系 统

第十一章	主变压器的运行	240
第一节	变压器运行状态分析	240
第二节	自耦变压器	251
第三节	变压器合闸时的励磁涌流	261

第四节	变压器的负荷能力	263
第五节	变压器的并联运行	268
第六节	主变压器的保护原理与运行	272
复习题	.....	281
第十二章	同步发电机的运行	285
第一节	同步发电机的基本知识	285
第二节	同步发电机的运行特性	290
第三节	同步发电机负荷的接带与调整	295
第四节	同步发电机的保护原理与运行	304
第五节	同步发电机的事故处理	336
复习题	.....	347
第十三章	输电线路的运行	352
第一节	交流电弧的产生和熄灭原理	352
第二节	输电线路的操作	354
第三节	输电线路的事故处理	358
第四节	输电线路的保护及重合闸	361
复习题	.....	408
第十四章	六氟化硫 (SF ₆) 断路器的运行	415
第一节	六氟化硫气体的特性	415
第二节	六氟化硫断路器的性能及维护	420
第三节	六氟化硫气体绝缘金属封闭组合电器 (GIS)	425
复习题	.....	432
第十五章	500kV 电流互感器、电压互感器和并联电抗器的原理与运行	435
第一节	500kV 电流互感器的原理与运行	435
第二节	500kV 电压互感器的原理与运行	451
第三节	500kV 并联电抗器及其保护	461
复习题	.....	468
第十六章	消弧线圈的运行	472

第一节	消弧线圈的作用原理	472
第二节	中性点不接地系统单相接地时的分析	476
第三节	消弧线圈的运行维护	478
复习题	.....	484
第十七章	500kV 变电所主接线和母线的运行	487
第一节	对 500kV 变电所主接线的要求	487
第二节	500kV 主接线和母线的型式	490
第三节	母线保护	497
复习题	.....	503
附录	.....	507
后记	.....	李振生

第一篇 专业理论知识

第一章 电解水制氢原理

第一节 电 解

一、什么叫电解

当直流电流通过电解质溶液时引起的氧化还原反应过程叫电解。也可简化为电解质受电流作用而发生化学反应的过程。

当电解质溶解于水中时，电解质发生解离的过程是自发的，解离后产生的离子运动自由而无秩序。此时若通以直流电流，则离子的运动有了一定的方向，即阳离子向电流阴极移动，阴离子向电流阳极移动。如图 1-1 所示。

到达阴极的阳离子，由阴极供给电子，使阳离子还原，发

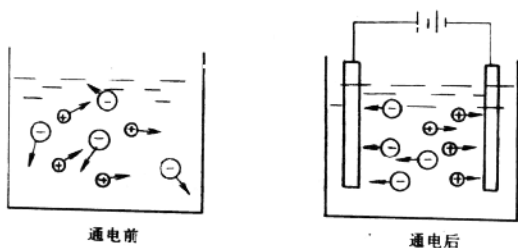


图 1-1 电解质离子通电前后的移动方向示意图