

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

电气运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

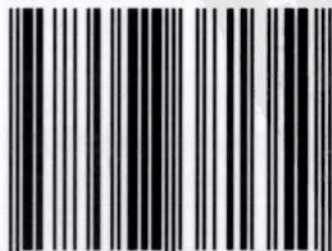
策划编辑 郑艳蓉
电子信箱 zheng_yanrong@cepp.com.cn
联系电话 010-63416252
封面设计 左 铭

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

电气运行

ISBN 978-7-5083-8135-0



9 787508 381350 >

定价：24.00 元

上架建议：电力工程 / 火力发电

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

电气运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

电气运行/《电气运行》编委会编. —北京: 中国电力出版社, 2009

(火电厂生产人员必读丛书)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8135 - 0

I. 电… II. 电… III. 火电厂—电力系统运行—基本知识 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 188119 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>)

北京盛通股份印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 64 开本 6.625 印张 258 千字 1 插页

印数 0001—3000 册 定价 24.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

内 容 提 要

为满足火电厂生产技术人员日常工作需要，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定，并结合火电厂生产实际的需要，特组织编写了《火电厂生产人员必读丛书》。本丛书以简明扼要的形式对火电厂生产人员必备的知识 and 技能要求予以精练，以便技术人员在工作中学习、查阅。本丛书按专业进行分册，从汽轮机、锅炉、电气、热工、集控、化学、环保等方面较系统、完整地介绍了火力发电厂运行、维护、检修等方面内容，突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本丛书的作者大都是来自生产一线的生产技术人员，他们具有多年的生产经验，有较好的理论基础。

本书是《火电厂生产人员必读丛书》之一，本分册主要包括电气基础知识、主系统运行及事故处理、辅助系统运行及事故处理、新技术应用及安全措施等内容。

本丛书既可供从事火力发电厂运行、维护、检修工作的技术人员使用，也可供火电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。



本书编委会

主 编 赵宗锋

副主编 刘 锋 杨新文 黄 亚

韦晓燕 李顺义

参 编 张 昱 黄新剪 谢超锋

武会菁 王文华 罗维建

吴哲龙

资源知识
PDG

前言

改革开放以来，我国经济进入高速、稳定、健康发展的轨道。作为现代经济发展和社会进步的重要支柱和标志，电力工业从 20 世纪 50 年代开始得到了蓬勃发展。截至 2006 年年底，全国发电装机容量已达到 62200 万 kW，居世界第二位。强大的电力供应已成为我国经济腾飞、人民生活水平和综合国力迅速提高的可靠保障和重要基础。

随着我国电力工业的发展，电力技术也有了巨大的进步，新能源和各种洁净煤发电技术正在加快步伐发展，各种新技术、新材料、新工艺正在得到广泛的应用，21 世纪中国电力工业正以一个崭新的面貌出现在全世界面前。

《火电厂生产人员必读丛书》就是在这种背景下组织编写的，是专供一线生产人员学习、使用的一套丛书。本丛书的作者大都是来自生产一线的工程技术人员，初审稿者也是来自生产一线的工程技术人员和有多年生产经验的技术人员，终审稿者是来自国内科研院所的知名专家。本套丛书可以说是“来自一线、服务一线”，是最了解生产情况和学习需求的一线技术人员写给一线生产人员的一套丛书。

本套丛书共 12 个分册，分别是《锅炉运行》、《汽轮机运行》、《电气运行》、《化学运行》、《集控运行》、

《燃料运行与检修》、《热工控制》、《锅炉检修》、《汽轮机检修》、《电气检修》、《化学检修》和《环境保护》，基本涵盖了火电厂生产的各技术层面。

本丛书内容简洁，便于查阅，外形小巧，便于携带，希望满足读者可随时查阅的需求，希望在读者需要某些专业知识的时候，可以方便地拿出来，并快捷地找到所需要的内容。

本丛书在编写过程中力求资料全面、权威，但由于国内发电机组形式众多，容量、压力等级差异较大，难以做到完全覆盖，只能以技术先进、代表发展方向的600MW机组为主，兼顾小容量的热发电机组。

本套丛书各分册章节安排是：第一章基础知识，介绍本专业的基本概念、技能、设备原理等专业知识；中间章节是生产实务，运行各专业的运行操作调整和故障异常及处理，检修各专业的各部分设备检修和典型故障诊断与处理；最后一章是安全生产管理和新技术应用拓展。各分册在编写过程中，尽量追求通俗易懂、编写风格统一，并突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本书由石家庄永泰电力培训中心组织编写，编写过程中得到了各发电企业、科研院所、仿真中心、电力建设单位专家、专业技术人员及具有丰富生产经验的生产人员的大力支持，在此一并表示诚挚的谢意。

本书编委会

2008年8月

目 录

前言

第一章 电气基础知识

第一节 发电机、变压器及电动机	1
一、发电机	1
二、变压器	7
三、电动机	12
第二节 配电装置	16
一、室内配电装置	17
二、室外配电装置	18
三、成套配电装置	19
第三节 微机保护	21
一、微机保护装置的构成	22
二、微机保护装置的优点	24
三、微机保护装置的种类	26
第四节 自动装置	27
一、同步发电机自动并列装置	28
二、励磁自动调节装置	30
三、电力系统频率及有功功率的自动调节	32
四、快切装置（备用电源自动投入装置）	33
第五节 直流系统	34
一、直流电源（即蓄电池组）	35

二、充电装置	38
三、微机监控装置	39
第六节 分散控制系统 (DCS) 及可编程序逻辑 控制器 (PLC)	40
一、分散控制系统 (DCS)	40
二、可编程序逻辑控制器 (PLC)	44
第七节 励磁系统介绍	47
一、发电机获得励磁电流的几种方式	49
二、发电机与励磁电流的有关特性	50
三、自动调节励磁电流的方法	51
四、自动调节励磁的组成部件及辅助设备	52

第二章 主系统运行及事故处理

第一节 电气主系统运行	54
一、调度管理	54
二、电压、频率管理	60
三、倒闸操作	82
四、工作票及执行工作票	95
五、事故处理	110
六、《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》中有关 电气部分的主要内容	113
第二节 变压器运行及事故处理	120
一、变压器概述	120
二、变压器及冷却系统运行	126
三、变压器运行检查、监视、操作及维护	128
四、变压器异常运行及事故处理	132
第三节 同步发电机运行及事故处理	141
一、发电机概述	141

二、运行参数不同于额定参数时发电机的运行	150
三、励磁系统运行	153
四、发电机运行中的检查、操作、监视及维护	154
五、发电机氢冷系统	160
六、发电机异常运行及事故处理	163
第四节 配电装置运行及事故处理	180
一、概述	180
二、配电装置的运行	184
三、配电装置停送电操作	188
四、配电装置异常运行及事故处理	193

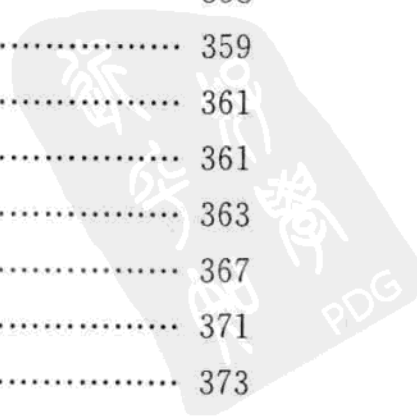
第三章 辅助系统运行及事故处理

第一节 电动机运行	207
一、电动机的运行操作	207
二、电动机的启动	208
三、电动机的停运	214
四、电动机的运行及维护	215
五、电动机的异常运行和事故处理	222
第二节 直流系统运行	231
一、直流系统概述及规范	231
二、直流系统运行方式	235
三、直流系统的运行维护及操作	238
四、直流系统的异常运行及事故处理	246
第三节 不停电电源系统 (UPS)	251
一、UPS 系统概述	251
二、UPS 运行方式	252
三、UPS 系统运行监视、检查与维护	254
四、UPS 异常及事故处理	263

第四节 柴油发电机系统	268
一、柴油发电机设备概述.....	268
二、柴油发电机的监视、检查与维护.....	268
三、柴油发电机的启动、停运及试验.....	271
四、柴油发电机的异常运行及事故处理.....	273
第五节 继电保护及自动装置运行	277
一、一般保护运行规定.....	277
二、发电机主变压器保护.....	281
三、厂用系统保护.....	299
四、自动装置.....	305

第四章 新技术应用及安全措施

第一节 电力系统中的新技术应用实例	323
一、微机型自动励磁调节器的应用实例.....	324
二、500kV SF ₆ 全封闭组合电器 (GIS) 的应用实例	337
三、交流不停电电源 (UPS)	342
第二节 电气倒闸操作的原则及注意事项	354
一、倒闸操作的定义.....	354
二、倒闸操作的原则.....	354
三、倒闸操作的具体规定.....	357
四、操作票有关事项.....	358
五、3/2 断路器接线的操作原则	359
第三节 电气防止事故反措	361
一、防止电缆火灾事故.....	361
二、防止电气误操作事故.....	363
三、防止发电机损坏事故.....	367
四、防止大型变压器损坏事故.....	371
五、防止断路器爆炸损坏事故.....	373



六、防止全厂停电事故·····	375
七、防止厂用电动机损坏事故·····	376

附录 A 电气常用小词典

一、基础部分·····	378
二、发电机组部分·····	381
三、变压器部分·····	383
四、配电设备部分·····	384
五、电动机部分·····	388
六、电源部分·····	388
七、继电保护及自动装置部分·····	389
八、运行调度部分·····	391

附录 B 电厂技术经济指标释义与计算

参考文献·····	409
-----------	-----



第一章

电气基础知识

发电厂是重要的二次能源生产单位，它能将其他形式的能量（如煤炭、石油的热能，核能等）转化为电能，提供给用户使用。电气设备是发电厂的重要组成部分，它包括发电机、变压器、配电装置、厂用电源以及自动装置等。

第一节 发电机、变压器及电动机

一、发电机

发电机是一种能量转换设备，它可以将机械能转变为电能，是发电厂主要设备之一。

（一）发电机的工作原理

同步发电机由定子和转子两部分组成。它的定子由用硅钢片叠压成的铁芯和三相绕组构成，它的转子由磁极铁芯及励磁绕组构成。

由原动机拖动同步发电机的转子，以每分钟 n 转的转速旋转，同时在转子上的励磁绕组中经过滑环通入一定的直流电励磁，转子磁极就形成对极的磁场，这个磁场随转子一起以每分钟 n 转的速度旋转，它对定子产生相对运动，在定子绕组中感应出交流电动势，在定子绕

组的引出端可以得到交流电动势。如果定子是三相绕组，那么就可以得到三相交流电动势，该电动势的大小为

$$E = 4.44fN\Phi K_1$$

式中 f ——电动势的频率，Hz；
 N ——每相定子绕组串联匝数；
 Φ ——每极基波磁通，Wb；
 K_1 ——基波绕组系数。

电动势的频率 f 决定于转子的转速 n 及极对数 p 。它们之间的关系为

$$f = \frac{pn}{60} \text{ 或 } n = \frac{60f}{p}$$

式中 p ——极对数。

我国电网的标准频率 $f=50\text{Hz}$ ，是一个固定的数值，它的大小与负载无关。

在火力发电厂中，应用汽轮机作为原动机，拖动同步发电机，整个机组称为汽轮发电机组。

(二) 发电机的基本构造

同步发电机由定子及转子组成，如图 1-1 所示。定子上置有三相交流绕组；转子上置有励磁绕组，当通入直流电流后产生磁场。定子有时也称为电枢，转子有时也称为磁极，转子的结构包括两种基本形式：凸极式和隐极式。

凸极式发电机从转子上看，有着明显的磁极。当通有直流励磁电流后，每个磁极就出现一定的极性，相邻磁极交替出现 S 极和 N 极。隐极式发电机从转子上看，

没有凸出的磁极，但通入励磁电流后，沿转子圆周也会交替出现 S 极和 N 极的极性。

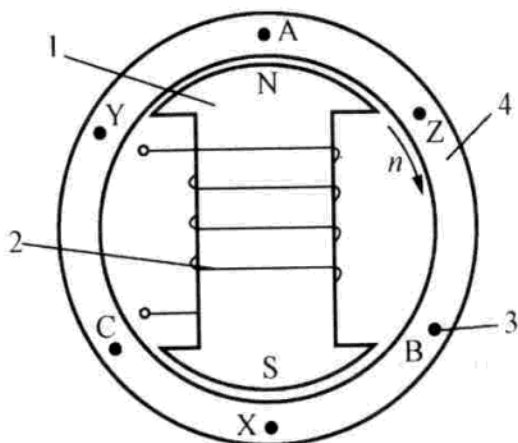


图 1-1 同步发电机结构示意图

- 1—转子铁芯；2—转子绕组；3—定子绕组；
4—定子铁芯

同步发电机采用哪种结构形式，要根据它的容量和转速来决定。大容量高转速的同步发电机，因为它的转子直径大、转速高，转子各部分所承受的离心力很大，一般采用隐极式结构。这是因为隐极式结构的转子可以把励磁绕组很好地固定在转子上，所以汽轮发电机多为隐极式。只有容量小（3000kW 以下）及转速低（1500r/min 以下）的同步发电机采用凸极式结构。下面仅介绍隐极式汽轮发电机。

1. 转子

转子是发电机的关键部件。在大容量高转速汽轮发电机中，转子圆周线速度最高可达到 205m/s，转子本体以及转子各部件都承受着巨大的离心力，对构成转子

的材料提出了极高的要求。同时由于转子的直径受到离心力的限制，随着发电机容量的增大，只能增加转子的长度，因此现代大型汽轮发电机转子都做成细长的圆柱体。转子长度的增加受到转子刚度和振动等因素的限制，在转子长度增加后，由励磁绕组的损耗所形成的热量也较难散发出去，这些都使转子的结构与加工变得复杂和困难。

(1) 转子铁芯。转子铁芯由于要导磁和固定励磁绕组，一般由高机械强度和导磁性能较高的铬镍钼合金钢锻制而成，并与轴锻制成一个整体。有时受制造大型锻件设备的限制，也可以把转子分成几块组合而成，称为组合转子。

(2) 励磁绕组。它是由裸扁铜线绕制成的同心式线圈。励磁绕组在铁芯槽内用槽楔压紧固定，槽楔一般采用铝青铜及硬质铝合金做成。绕组端部一般采用护环来固定，护环能保证绕组端部在运行中不会因被甩出而损坏，护环一般采用铬锰合金钢制作。

2. 定子

发电机的定子是由定子铁芯、定子绕组以及用于固定的零部件（如机座、铜线压板、绕组支架和槽楔等）组成。

(1) 定子铁芯。它是由具有铁芯损耗小及导磁性能好的硅钢片叠压而成。一般大型发电机定子铁芯外径都大于1m，定子冲片采用扇形片，由扇形片拼叠压紧成为一个整体的铁芯。每张冲片表面涂有绝缘漆，以减少铁芯中的涡流损耗。