

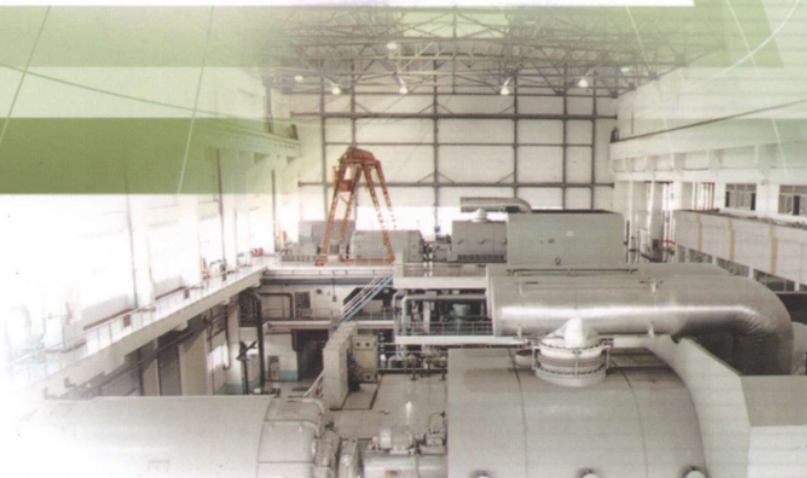
电业工人技术问答丛书

DIANYE GONGREN  
JISHU WENDA CONGSHU

# 电气运行技术问答

(第二版)

王彦忠 周巧俏 汤云岩 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电业工人技术问答丛书

DIANYE GONGREN  
JISHU WENDA CONGSHU

# 电气运行 技术问答

(第二版)

王彦忠 周巧倩 汤云岩 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## — 内 容 提 要 —

本书以问答形式对电气运行中经常遇到的问题进行了解答。全书共分十三章，主要介绍电工基础、电子技术基础、同步发电机、变压器、发电厂电气监控系统、发电厂电气主接线、直流系统、UPS及保安电源、发电厂防雷及过电压、厂用电动机、变频器、继电保护及自动装置、倒闸操作及运行防误操作等内容。

本书可作为火力发电厂运行人员技术学习用书，也可作为电网运行人员及设备检修人员学习参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电气运行技术问答 / 王彦忠, 周巧俏, 汤云岩编. — 2版. — 北京: 中国电力出版社, 2012.1

(电业工人技术问答丛书)

ISBN 978-7-5123-2578-4

I. ①电… II. ①王… ②周… ③汤… III. ①电力系统运行—问题解答 IV. ①TM732-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 003612 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

1997 年 7 月第一版

2012 年 8 月第二版 2012 年 8 月北京第十六次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 19.125 印张 396 千字

印数 68461—71460 册 定价 42.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪  
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

## 前 言

《电气运行技术问答》第一版自 1997年 7月出版至今,已经过多次重印,仍受到读者的欢迎,编者甚感荣幸。随着电力生产的不断发展,很多电力设备不断更新,第一版的内容也需要随之跟进。为更好地服务读者朋友,我们对《电气运行技术问答》第一版进行了修订,编写了《电气运行技术问答》第二版。与第一版相比,第二版的编写体系和内容组织有新的尝试,内容更加丰富,结构更加清晰。

同第一版一样,第二版也本着紧密联系生产实际的原则,采用问答形式并配以必要的图解,内容上强调技能为主,以基础训练为重点,突出了技能操作的通用性和规范化。书中多处提及 600MW 超临界机组的设备以及 DCS、ECS等控制系统,这些设备和系统是目前国内电力系统的主力设备和系统,这样第二版能更有针对性地为广大读者服务。

全书共分十三章,以问答的形式对基础知识及专业技能知识从基础原理、运行中及故障等情况下出现的问题进行简要的解答。在问题的提出和编排上,力求由简至难;对于具体设备,则按照原理、结构、作用、启动前、启动时、正常运行中、停运前、停运后以及故障情况下的顺序进行编排,尽可能联系实际,使读者对设备有系统的理解。

本书文字通俗易懂,是一套针对性较强的工人技术培训读物,适合于广大电力职工在职自学和岗位培训,亦可作为工程技术人员和技工学校技能教学和考核的参考书。

本书由王彦忠、周巧俏、汤云岩编写。由于时间和水平所限，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

**编 者**

2012年 5月

## 第一版前言

为了提高电力生产运行、检修人员和技术管理人员的技术素质和管理水平,适应工人岗位培训的需要,华东电管局组织网内有关省、市电力局和发电厂、供电局编写了《电业工人技术问答丛书》。丛书共十册,分别为:电气运行技术问答、锅炉运行技术问答、汽轮机运行技术问答、化学运行技术问答、燃料运行技术问答、热工自动控制技术问答、变电运行技术问答、继电保护技术问答、高压断路器技术问答、600MW 机组技术问答。

丛书本着紧密联系生产实际的原则,采用问答形式并配以必要的图解,内容以操作技能为主,以基础训练为重点,强调了基本操作技能的通用性和规范化。每本丛书汇编有800~1500道问答题,内容丰富,覆盖面广,文字通俗易懂,是一套适用性、针对性较强的工人技术培训读物,适合于广大电业职工在职自学和岗位培训,亦可作为工程技术人员和技工学校技能教学和考核的参考书。

《电气运行技术问答》由浙江省镇海发电厂编写。全书共分三章十二节,以问答的形式对电工电子基础方面及电力系统的高压设备和二次设备在原理上、运行中及故障情况下出现的问题进行简要的解答。在问题的提出和编排上,力求从简到难;对于具体设备,力求从原理、结构、作用、启用前、启用时、正常运行中、停用前、停用时、停用后及故障情况下这样的顺序进行编排,尽量联系实际,使运行人员对设备有系统的理解。

本书由王彦忠主编，参编为庄小红、李学民，由张雪樵初审。北京热电厂总工程师钱振华同志为本书作了系统的审阅，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，在编写的体系和内容组织方面作了一些新的尝试，加之时间仓促和编者水平有限，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第一版前言

## 第一章 电 工 基 础

1-1 什么是电场和电场强度? .....	1
1-2 电力线有什么性质? .....	1
1-3 什么是库仑定律? .....	1
1-4 什么是电流的磁效应? .....	1
1-5 什么是电磁感应? .....	2
1-6 如何确定载流导体产生磁场的磁力线的方向? .....	2
1-7 如何判断通电螺管的磁场方向? .....	2
1-8 如何判断感应电动势的方向? .....	2
1-9 如何判断通电导体在磁场中的运动方向? .....	3
1-10 什么是自感现象和互感现象? .....	3
1-11 什么是电路? 它的基本组成部件有哪些? .....	3
1-12 元件的电流、电压、电动势的大小和正方向 是怎样规定的? .....	4
1-13 电路的组成元件一般有哪些? 各有哪些特性? .....	5
1-14 什么是电气设备的额定值? .....	6
1-15 电路的三种工作状态是什么? .....	7
1-16 运用等效电源定理的目的是什么? .....	7
1-17 负载获得最大功率的条件是什么? .....	7
1-18 什么是欧姆定律? 应用欧姆定律时应注意什么? .....	8



1-19	电路的基本定律有哪些？	9
1-20	如何计算直流回路电能？电能的基本单位和常用单位是什么？	9
1-21	电功率是如何定义的？在计算时应注意什么？	10
1-22	电阻的串联和并联是怎样实现的？	10
1-23	电容的串联和并联是怎样实现的？	11
1-24	电感元件的串联和并联是怎样实现的？	12
1-25	直流串联电路有什么特点？	14
1-26	直流并联电路有什么特点？	14
1-27	恒压源和恒流源各有哪些特性？	14
1-28	电压源与电流源进行等效变换时，有哪些注意事项？	15
1-29	什么是叠加原理？如何理解叠加原理？	16
1-30	应用叠加原理时，应注意哪些问题？	16
1-31	什么是非线性元件？	17
1-32	为什么要采用交流电，它有什么好处？	17
1-33	正弦量的三要素指的是什么？各有什么含义？	18
1-34	电流的有效值是如何定义的？	18
1-35	用相量法表示正弦量时，应注意哪些问题？	19
1-36	什么是感抗？如何计算感抗？	19
1-37	什么是容抗？如何计算容抗？	19
1-38	电阻、电感串联电路的电压与电流间的相位差由什么决定？	20
1-39	什么是交流电的谐振？	20
1-40	串联谐振与并联谐振各有什么特点？	20
1-41	提高电网的功率因数有什么意义？如何提高功率因数？	22

1-42	星形电阻网络与三角形的等效变换是怎样推导的? .....	22
1-43	什么是正序分量、负序分量和零序分量? .....	23
1-44	什么是三相交流电的不对称度? .....	23
1-45	如何用公式表示三相不对称负载的有功功率? .....	24
1-46	如何用瞬时值表达式表示三相交流电动势? .....	24
1-47	在三相三线制中,任何瞬时三相电流关系是怎样的?在三相四线制中又如何? .....	24
1-48	当三相负载接成三角形时,线电流和相电流的相位及数值关系怎样?用相量图表示。 .....	25
1-49	如何计算 R、L、C 串联电路的复数阻抗?什么是复数形式的欧姆定律? .....	25
1-50	单相交流电路的有功功率、无功功率和视在功率的计算公式是怎样的? .....	25
1-51	什么是中性点位移? .....	26
1-52	什么是用电设备的效率? .....	26
1-53	发电机为什么不采用三角形接法? .....	26
1-54	利用电感滤波的原理是什么? .....	26
1-55	什么是尖端放电? .....	27
1-56	什么是过渡过程?产生过渡过程的原因是什么? .....	27
1-57	什么是保护接地与保护接零? .....	27

## 第二章 电子技术基础

2-1	什么是半导体? .....	29
2-2	什么是 N 型半导体?它的结构有何特点? .....	29
2-3	什么是 P 型半导体?它的结构有何特点? .....	30
2-4	什么是 PN 结?PN 结是怎样形成的? .....	30

2-5	PN结有何显著特性? .....	31
2-6	半导体二极管的结构是怎样的? .....	32
2-7	半导体二极管的伏安特性如何? .....	32
2-8	如何用万用表判别二极管的极性与好坏? .....	33
2-9	什么是稳压管? 它有何工作特点? .....	33
2-10	什么是半导体三极管? 它的基本结构是怎样的? ...	35
2-11	三极管的电流分配与放大原理是怎样的? .....	36
2-12	如何用万用表检查晶体管? .....	37
2-13	什么是放大电路的静态和动态? 静态分析和动态 分析的内容有哪些? .....	39
2-14	共发射极交流放大电路的组成元件各有何作用? ...	39
2-15	为什么有些放大电路采用多级式的? 级间耦合 方式有哪些? .....	40
2-16	场效应管结构有何特点? 它的工作原理是什么? ...	41
2-17	什么是晶闸管? 它的结构有何特点? .....	43
2-18	晶闸管的工作原理是怎样的? .....	44
2-19	如何用万用表对晶闸管进行简易测试? .....	45
2-20	晶闸管整流的控制过程是怎样的? .....	46
2-21	负载类型对晶闸管有何影响? .....	48
2-22	影响晶闸管选择的因素有哪些? .....	50
2-23	晶闸管使用时有哪些注意事项? .....	50
2-24	集成运算放大器有何特点? .....	51
2-25	集成运算放大器在实际使用中有哪些注意事项? ...	52
2-26	单相半波整流电路是根据什么原理工作的? 有何特点? .....	53
2-27	全波整流电路的工作原理是怎样的? 有何特点? ...	53
2-28	在单相桥式整流电路中, 如果有一个二极管短路、	

断路或反接，会出现什么现象？ .....	54
2-29 在整流电路输出端为什么要并联一个电容？ .....	54

### **第三章 同步发电机**

<b>第一节 同步发电机基础知识</b> .....	55
3-1 发电机铭牌上标示的型号、容量、电压、电流、温升、 功率因数是什么意思？ .....	55
3-2 同步发电机是如何发出三相正弦交流电的？ .....	56
3-3 同步发电机的转速、频率、磁极对数之间的关系 是怎样的？ .....	56
3-4 什么是有功？ 什么是无功？ .....	57
3-5 有功功率、无功功率、视在功率之间的关系是什么？ ...	57
3-6 何谓空载特性？ .....	57
3-7 何谓短路特性？ .....	58
3-8 何谓负载特性？ .....	58
3-9 何谓外特性？ .....	59
3-10 何谓调整特性？ .....	59
3-11 何谓功角特性？ .....	60
3-12 发电机绕组为什么一般都接成星形？ .....	62
3-13 发电机准同期并列有哪几个条件？ 不符合这些条件 将产生什么样的后果？ .....	63
3-14 什么叫同步发电机的滞相运行？ 什么叫同步发电机 的进相运行？ .....	63
3-15 为什么调节有功功率应调节进汽量， 而调节无功功率 应调节励磁？ .....	64
3-16 为什么发电机并网后， 机端电压会有所下降？ .....	65
<b>第二节 汽轮发电机概述</b> .....	65

3-17	汽轮发电机的结构是怎样的？	65
3-18	600MW 发电机的主要情况是怎样的？	65
3-19	发电机组为什么需要设置冷却系统？	
	常用冷却介质有哪些？	66
3-20	为什么水冷发电机端部构件发热特别厉害？	67
3-21	什么是水冷发电机端部的电屏蔽？	67
3-22	为什么有了电屏蔽就能挡住磁通呢？	67
3-23	什么是水冷发电机的磁屏蔽？	68
3-24	为什么磁屏蔽能够起到降低发电机端部 发热的作用？	68
3-25	目前大型汽轮发电机组多采用什么冷却方式？	69
3-26	用空气作发电机的冷却介质有何优缺点？	69
3-27	用氢气作发电机的冷却介质有何优缺点？	69
3-28	用水作发电机的冷却介质有何优缺点？	70
3-29	为什么不能用二氧化碳气体作为发电机长期 的冷却介质？	70
3-30	定子冷却水系统是如何构成的？	70
3-31	发电机通定子冷却水后，应做哪些检查及操作？	71
3-32	水冷汽轮发电机并列运行后，对升负荷速度应考虑 哪些因素？	71
3-33	水冷发电机在运行中应注意什么？	72
3-34	运行中，发电机定子汇水管为何要接地？	72
3-35	氢冷系统的工作原理图是怎样的？	73
3-36	氢气的置换通常采用哪些方法？如何进行？	73
3-37	在气体置换中，采用二氧化碳气体作为中间介质 有什么好处？	75
3-38	采用抽真空置换气体应具备哪些条件？	75

3-39	氢气冷却器如何布置？有何相关规定？	75
3-40	发电机内的冷却风是怎样循环的？	76
3-41	发电机内氢温过低有哪些影响？	77
3-42	入口氢温变化对发电机有哪些影响？	77
3-43	发电机的出、入口氢温差变化说明什么问题？	78
3-44	发电机气体冷却器结露的原因是什么？	78
3-45	气体冷却器结露有什么危害？	78
3-46	《电业生产安全工作规定》中对氢冷发电机 有何规定？	79
3-47	对发电机氢气质量有何要求？	80
3-48	发电机采用氢气冷却应注意什么问题？	80
3-49	引起氢气爆炸的条件是什么？	80
3-50	氢冷发电机在什么情况下易引起爆炸？	80
3-51	为什么提高氢冷发电机氢气压力可以提高效率？	81
3-52	氢气纯度过高或过低对发电机运行有什么影响？	81
3-53	氢气湿度大对发电机有什么危害？	81
3-54	氢冷发电机组漏氢有几种表现形式？哪种最危险？	81
3-55	对发电机内定子冷却水温、水压和氢温、 氢压之间有何规定？	82
3-56	密封油系统的工作要求是什么？密封油系统的 构成是怎样的？	82
3-57	为什么发电机在充氢气后不允许中断密封油？	82
3-58	为什么密封油温不能过高？	83
3-59	为什么要防止密封油进入发电机内部？	83
3-60	发电机进油有哪些原因？	84
3-61	发电机机座的结构是怎样的？	84
3-62	定子铁芯的结构是怎样的？	85

3-63	定子绕组的结构和作用是怎样的？	85
3-64	定子出线的结构是怎样的？如何通风？	86
3-65	转轴的结构及作用是怎样的？	86
3-66	转子绕组是怎样的？如何冷却？	87
3-67	转子引线与集电环各有何作用？	88
3-68	护环、中心环、阻尼环的作用是什么？	89
3-69	端盖与油封有什么作用？	89
3-70	轴承与油封的作用是什么？	89
3-71	电刷与刷架的结构是怎样的？	90
<b>第三节 东方汽轮发电机基本规范及技术要求</b>		<b>91</b>
3-72	发电机绝缘等级及温度限值是怎样的？	91
3-73	发电机基本技术要求有哪些？	92
<b>第四节 发电机正常运行与维护</b>		<b>94</b>
3-74	发电机的状态是如何划分的？	94
3-75	发电机启动前的检查包括哪些内容？	95
3-76	发电机的启动及升速过程是怎样的？	97
3-77	发电机启励、并网带负荷的过程是怎样的？	98
3-78	为何要对发电机有功功率进行控制？	100
3-79	为何要对发电机电压进行控制？	100
3-80	发电机的频率控制受哪些因素影响？	101
3-81	发电机停机程序是怎样的？	101
3-82	什么是发电机的额定运行方式？	103
3-83	什么是发电机容量限制曲线？	103
3-84	发电机的带负荷速度是怎样的？	104
3-85	发电机电压、频率的允许变动范围是多少？	104
3-86	发电机轴中心标高变化有何影响？	104
3-87	什么是强励？	104

3-88	发电机应监视哪些参数? .....	105
3-89	发电机正常及非正常运行期间对参数记录有何要求? .....	106
3-90	发电机运行期间维护工作的基本思想是什么? .....	107
3-91	怎样对集电环、电刷进行维护? .....	107
3-92	如何对冷却器进行维护? .....	109
3-93	发生短路故障后如何对发电机进行检查? .....	109
3-94	怎样进行长期停机维护? .....	111
3-95	怎样进行短期停机维护? .....	112
3-96	怎样进行发电机检修? .....	113
3-97	小修的项目主要有哪些? .....	113
3-98	大修的项目主要有哪些? .....	114
3-99	检修期间应如何保护发电机? .....	116
3-100	发电机怎样拆卸? .....	117
<b>第五节 发电机非正常运行</b> .....		117
3-101	什么是发电机过负荷运行? 如何处理? .....	117
3-102	什么是发电机三相电流不平衡? 怎样处理? .....	118
3-103	发电机温度异常如何处理? .....	119
3-104	发电机振荡或失步的原因和现象有哪些? 如何处理? .....	120
3-105	发电机失磁有哪些危害? 有何现象? 如何处理? .....	121
3-106	发电机逆功率运行有何现象? 如何处理? .....	122
3-107	试述发电机定子单相接地的现象、原因及处理。 .....	122
3-108	转子发生一点接地可以继续运行吗? .....	123
3-109	什么叫突然短路? 短路电流为何那么大? 发电机发生哪种类型短路时短路电流最大? .....	125



3-110	短路对发电机和系统有什么危害? .....	127
3-111	汽轮发电机的振动有什么危害? 引起振动的 原因有哪些? .....	128
3-112	为什么水冷发电机定子线棒的振动比较厉害? ...	129
3-113	发电机电压过高或过低, 对发电机本身有 什么影响? .....	130
3-114	频率过高或过低对发电机本身有什么影响? .....	131
3-115	发电机允许变为电动机运行吗? .....	131
3-116	发电机甩负荷有什么后果? .....	132
3-117	什么是电晕? 发电机中哪些部位易产生电晕? 电晕对发电机有什么危害? .....	132
3-118	汽轮发电机组为何会被磁化? 有什么危害? .....	133
3-119	雷击对发电机有危险吗? 发电机有哪些 防雷措施? .....	134
3-120	发电机在空气中运转有哪些条件? .....	137

## 第四章 变 压 器

<b>第一节</b>	<b>变压器基础知识</b> .....	138
4-1	变压器的作用和基本原理是什么? .....	138
4-2	大型变压器的构造是怎样的? 各部件的作用 是什么? .....	139
4-3	变压器的额定容量、额定电压、额定电流、空载损耗、 短路损耗和阻抗电压各有什么含义? .....	141
4-4	变压器铭牌上的字母有什么含义? .....	142
4-5	变压器如何分类? .....	142
4-6	变压器的绝缘是怎样划分的? .....	143
4-7	什么是变压器的分级绝缘? 什么是变压器	