



600MW火力发电机组技术问答丛书

# 电气运行技术问答

谷振宇 董银怀 闵聿华 等 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

600MW火力发电机组技术问答丛书

# 电气运行技术问答

谷振宇 董银怀 闵聿华 等 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

《600MW 火力发电机组技术问答丛书》共分为《锅炉运行技术问答》《汽轮机运行技术问答》《电气运行技术问答》三册。

本书为《电气运行技术问答》分册，采用简明扼要的问答形式介绍电气运行的知识要点，以方便读者的理解和掌握，具体内容包括电工基础、旋转电机、变压器、高压电器、低压电器、过电压保护及接地技术、继电保护、电测仪表、蓄电池通信和运动、安全和节约用电、直流及 UPS 系统、智能电网技术等。本书着重解答大机组电气运行中遇到的实际问题，从而使读者达到学以致用目的。

本书主要作为从事 600MW 亚临界、超临界、超超临界机组生产一线电气运行、维护、管理人员的技能培训读本，也可作为大机组电气专业技术人员的生产技能指导参考书和具有大中专以上文化程度的专业电力生产人员的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气运行技术问答/谷振宇等编著. —北京: 中国电力出版社, 2012. 11

(600MW 火力发电机组技术问答丛书)

ISBN 978-7-5123-3778-7

I. ①电… II. ①谷… 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 279865 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](http://www.cepp. sgcc. com. cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 14.75 印张 328 千字

印数 0001—3000 册 定价 40.00 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

超临界、超超临界发电技术是目前广泛应用的一种成熟、先进、高效的发电技术，可以大幅提高机组的热效率。自 20 世纪 80 年代起，我国陆续投建了大批的大容量 600MW 级及以上超(超)临界机组。目前 600MW 级火力发电机组已成为我国电力系统的主力机组，对优化电网结构和节能减排起到了关键的作用。随着发电机组单机容量的不断增大，对机组运行可靠性的要求也越来越高，由此对电厂的运行、管理等技术人员提出了更高的要求。为了满足大型发电厂运行人员学习专业知识、掌握机组运行技能的专业需要，特组织生产一线的有关专家历时两年多编写了一套《600MW 火力发电机组技术问答丛书》，分《锅炉运行技术问答》《汽轮机运行技术问答》《电气运行技术问答》三分册。

本丛书以 600MW 火力发电机组为介绍对象，以做好基层发电企业运行培训、提高运行人员技术水平为主要目的，采取简洁明了的问答形式，将大型机组新设备的原理结构知识、机组的正常运行、运行中的监视与调整、异常运行分析、事故处理等关键知识点进行了总结归纳，便于读者有针对性地掌握知识要点，解决实际生产中的问题。

本书为《电气运行技术问答》分册，通过总结多年来大机组电气运行的实践经验，根据电气运行的理论知识，将电气运行中诸多实际生产知识贯穿其中，实现理论与实际

的紧密结合。力求满足当前大型发电厂集控运行人员学习和掌握电气运行技能的迫切需求。

本书由鹤壁电厂高级工程师谷振宇编写，定州电厂董银怀工程师及华电集团闵聿华参与编写，华能石洞口第二电厂高级工程师杨茂生审阅书稿并提出了完善意见。在编写过程中，得到张海涛高级工程师、刘家深高级工程师、倪志英高级工程师的大力支持，谨此致谢。

限于编者的水平，本书疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订，提高质量。

**编 者**

2012年11月



# 目录

## 前言

<b>第一章 电工基础</b> .....	1
1-1 什么是正弦交流电？为什么普遍采用正弦交流电？ .....	2
1-2 什么是交流电的周期、频率和角频率？ .....	2
1-3 什么是交流电的相位、初相角和相位差？ .....	2
1-4 简述感抗、容抗的意义。 .....	3
1-5 交流电的有功功率、无功功率和视在功率的定义是什么？ .....	3
1-6 什么是交流电谐振？ .....	4
1-7 什么是并联谐振？ .....	4
1-8 什么是串联谐振？ .....	4
1-9 涡流是怎样产生的？什么叫涡流损耗？ .....	5
1-10 什么叫过渡过程？产生过渡过程的原因是什么？ .....	5
1-11 什么是叠加原理？ .....	5
1-12 什么是电磁感应？ .....	5
1-13 如何判断感应电动势的方向？ .....	6
1-14 什么是自感现象和互感现象？ .....	6
1-15 采用三相发、供电设备有什么优点？ .....	6
1-16 为什么三相电动机的电源可以用三相三线制，而照明电源必须用三相四线制？ .....	6
1-17 什么是交流电的有效值？ .....	6
1-18 什么叫集肤效应？ .....	7

1-19	什么是沿面放电？ .....	7
1-20	什么是尖端放电？ .....	7
1-21	什么是微分电路和积分电路？ .....	7
1-22	滤波电路有什么作用？ .....	7
1-23	半波整流电路是根据什么原理工作的？ 有何特点？ .....	8
1-24	全波整流电路的工作原理是怎样的？ 有何特点？ .....	8
1-25	如何用晶闸管实现可控整流？ .....	8
1-26	三相全波整流器的电源回路有时发生直 流母线电压显著下降的情况是什么原因？ .....	8
1-27	在整流电路输出端为什么要并联一个电容？ .....	9
1-28	为什么要采用安全色？设备的安全色是 如何规定的？ .....	9
1-29	什么是电气一次设备和一次回路？ .....	9
1-30	什么是电气二次设备和二次回路？ .....	9
<b>第二章 旋转电机</b> .....		<b>11</b>
<b>第一节 发电机及励磁系统</b> .....		<b>12</b>
2-1	发电机定子、转子主要由哪些部分组成？ .....	12
2-2	简述同步发电机的运行原理。 .....	12
2-3	同步发电机的定子旋转磁场有何特点？ .....	12
2-4	发电机定子绕组为什么不采用三角形接法？ .....	12
2-5	什么叫同步发电机电枢反应？ .....	13
2-6	发电机的损耗分为哪几类？ .....	13
2-7	同步发电机的基本运行特性有哪些？ .....	13
2-8	同步发电机和系统并列应满足哪些条件？ .....	13
2-9	发电机防虹吸管的作用？ .....	13
2-10	《防止电力生产重大事故的二十五项重点 要求》(国电发〔2000〕589号)中，关于水内冷	

	发电机的绕组温度是如何规定的？ .....	14
2-11	什么是发电机的调整特性？ .....	14
2-12	发电机冷却介质的置换为什么要用 CO <sub>2</sub> 做 中间气体？ .....	14
2-13	发电机气体置换合格的标准是什么？ .....	14
2-14	发电机运行特性曲线( <i>P-Q</i> 曲线)的四个限制 条件是什么？ .....	15
2-15	对发电机内氢气品质的要求是什么？ .....	15
2-16	大型发电机的定期分析内容有哪些？ .....	15
2-17	什么是发电机漏氢率？ .....	15
2-18	提高发电机的功率因数对发电机的运行有 什么影响？ .....	15
2-19	发电机入口风温为什么规定上下限？ .....	16
2-20	发电机短路试验的目的何在？ 短路试验的 条件是什么？ .....	16
2-21	如何防止发电机绝缘过冷却？ .....	16
2-22	励磁调节器运行时，手动调整发电机无功 负荷时应注意什么？ .....	16
2-23	发电机进相运行受哪些因素限制？ .....	17
2-24	运行中在发电机集电环上工作应注意哪些 事项？ .....	17
2-25	水冷发电机在运行中要注意什么？ .....	17
2-26	为什么发电机要装设转子接地保护？ .....	18
2-27	一般发电机内定子冷却水系统泄漏有哪 几种情况？ .....	18
2-28	发电机过热的原因是什么？ .....	18
2-29	发电机在运行中功率因数降低有什么影响？ .....	19
2-30	短路对发电机有什么危害？ .....	19
2-31	发电机定子绕组单相接地对发电机有何危险？ .....	19
2-32	如何根据发电机的吸收比判断绝缘受潮情况？ .....	19



2-33	发电机启动升压时为何要监视转子电流、定子电压和定子电流？ .....	20
2-34	发电机漏氢的薄弱环节有哪些？ .....	20
2-35	氢冷发电机漏氢有哪几种表现形式？哪种最危险？ .....	20
2-36	什么叫同步发电机的同步振荡和异步振荡？ .....	20
2-37	发电机常发生哪些故障和不正常状态？ .....	21
2-38	运行中，定子铁芯个别点温度突然升高时应如何处理？ .....	21
2-39	发电机电压达不到额定值有什么原因？ .....	21
2-40	氢冷发电机在运行中氢压降低是什么原因引起的？ .....	22
2-41	运行中如何防止发电机集电环冒火？ .....	22
2-42	为何要在集电环表面上铣出沟槽？ .....	23
2-43	运行中，对集电环应定期检查哪些项目？ .....	23
2-44	为什么发电机定子铁芯采用硅钢片叠成？ .....	23
2-45	为什么发电机转子可采用整块钢来锻成？ .....	23
2-46	大型发电机解决发电机端部发热问题的方法有哪些？ .....	24
2-47	发电机过负荷运行应注意什么？ .....	24
2-48	运行中引起发电机振动突然增大的原因有哪些？ .....	24
2-49	发电机定子线棒或导水管漏水有何现象？如何处理？ .....	25
2-50	发电机断水时应如何处理？ .....	25
2-51	运行中励磁机整流子发黑的原因是什么？ .....	25
2-52	简述发电机电压互感器回路断线的现象和处理方法。 .....	26
2-53	发电机启动前运行人员应进行哪些试验？ .....	27
2-54	发电机启动前，对碳刷和集电环应进行哪	

	些检查? .....	27
2-55	综合分析氢冷发电机、励磁机着火及 氢气爆炸的特征、原因及处理方法。 .....	28
2-56	氢冷发电机内大量进油有哪些危害? 怎样处理? .....	28
2-57	发电机应装设哪些类型的保护装置? 有何作用? .....	29
2-58	发电机甩负荷有什么后果? .....	30
2-59	机组正常运行时,若发生发电机失磁 故障,应如何处理? .....	30
2-60	发电机非全相运行的处理步骤是什么? .....	31
2-61	对于主变压器为 YNd11 接线的发电 机—变压器组系统,发电机非全相 运行有什么现象? .....	32
2-62	发电机低励、过励、过励磁限制的 作用是什么? .....	32
2-63	防止励磁系统故障引起发电机损坏的 要求是什么? .....	33
2-64	发电机启动前应进行哪些检查工作? .....	33
2-65	发电机电流互感器二次回路断线的故 障现象及处理措施是什么? .....	34
2-66	简述发电机逆功率现象及处理措施, 逆功率与程跳逆功率的区别。 .....	35
2-67	发电机并网后怎样接带负荷? .....	36
2-68	为什么发电机在并网后,电压一般 会有些降低? .....	36
2-69	频率过高或过低对发电机有何影响? .....	37
2-70	如何区分系统发生的振荡属同步振荡 还是异步振荡? .....	37
2-71	为什么提高氢冷发电机的氢气压力可	

	以提高发电机效率? .....	37
2-72	发电机的同期装置在使用时一般应注意哪些事项? .....	38
2-73	发电机误上电保护何时投切? .....	38
2-74	不对称运行对汽轮发电机有哪些危害? .....	38
2-75	电力系统发生振荡时会出现哪些现象? .....	39
2-76	发电机振荡应如何处理? .....	39
2-77	发电机仪表指示不正常,应如何分析和处理? .....	40
2-78	发电机温度异常升高如何处理? .....	41
2-79	如何对电压降低的事故进行处理? .....	41
2-80	发电机假同期试验的目的是什么? .....	42
2-81	试述非同期并列可能产生的后果及防止非同期并列事故应采取的技术和组织措施。 .....	42
2-82	试述准同期并列法。 .....	43
2-83	发电机—变压器组接线方式,发电机大修应做哪些安全措施? .....	43
2-84	发电机—变压器组保护动作跳闸,应如何处理? .....	44
2-85	发电机必须满足哪些条件才允许进相运行? .....	45
2-86	发电机运行中两侧汇流管屏蔽线为什么要接地?不接地行吗?测发电机绝缘时为什么屏蔽线要接绝缘电阻表屏蔽端? .....	45
2-87	发电机大轴接地电刷有什么用途? .....	46
2-88	为什么电压变动调无功负荷? .....	46
2-89	发电机失磁后为什么必须采用瞬停方法切换厂用电? .....	47
2-90	端电压高了或低了对发电机本身有什么影响? .....	47
2-91	发电机转子绕组匝间短路有哪些危害? .....	47
2-92	发电机转子绕组匝间短路的原因有哪些? .....	47
2-93	发电机转子绕出现匝间短路如何处理? .....	48

2-94	发电机转子绕组发生一点接地可以继续运行吗? .....	48
2-95	发电机运行中在什么情况下立即停机处理? .....	49
2-96	600MW 发电机中性点采用何种方式接地? 有什么优缺点? .....	49
2-97	发电机在运行中功率因数过低有什么影响? .....	49
2-98	大容量发电机为什么要采用 100% 定子接地保护? .....	50
2-99	发电机为什么要装设负序电流保护? .....	50
2-100	什么是发电机安全运行极限? .....	50
2-101	什么是发电机的空载特性? .....	51
2-102	什么是发电机的短路特性? .....	51
2-103	什么是发电机的负载特性? .....	51
2-104	什么是发电机的外特性? .....	51
2-105	什么是发电机的调整特性? .....	51
2-106	什么是发电机的功角特性? .....	51
2-107	什么是发电机不对称运行? .....	51
2-108	定子铁芯采用何种通风方式? 采用氢气作为冷却介质有何优点(与空气作比较)? .....	52
2-109	试述发电机异步运行时的特点。 .....	52
2-110	汽轮发电机为什么需要冷却? .....	52
2-111	发电机与主变压器的连接采用什么母线及其优缺点? .....	53
2-112	带发电机出口断路器(GCB)的接线方式与不带发电机出口断路器的接线方式相比有何优点? .....	53
2-113	哪些情况可能造成发电机过励磁? 哪些情况可能造成变压器过励磁? .....	54
2-114	发电机逆功率运行但逆功率保护未动作如何处理? .....	55

2-115	发电机为何要装设逆功率保护？ .....	55
2-116	发电机失步与系统短路故障两种情况下， 机端测量阻抗的变化规律有什么不同？ .....	55
2-117	什么是发电机的轴电压及轴电流？ .....	55
2-118	发电机的轴电流的危害有哪些？ .....	56
2-119	防止发电机轴电流的措施有哪些？ .....	56
2-120	为什么大容量发电机应采用负序反时限 过流保护？ .....	56
2-121	电力系统有功功率不平衡会引起什么 问题？怎样处理？ .....	57
2-122	大型发电机定子接地保护应满足哪几个 基本要求？ .....	57
2-123	发电机自动励磁调节系统的基本要求是 什么？ .....	57
2-124	励磁系统的电流经整流装置整流后的 优点是什么？ .....	57
2-125	发电机励磁回路中的灭磁电阻起何作用？ .....	58
2-126	为什么同步发电机励磁回路的灭磁开关 不能装设动作迅速的断路器？ .....	58
2-127	励磁系统的主要作用有哪些？ .....	58
2-128	发电机获得励磁电流有哪几种方式？ .....	58
2-129	发电机为什么实行强行励磁(简称强励)？ 强励时间受哪些因素限制？强励动作后 不返回有哪些危害？应怎样处理？ .....	59
2-130	何谓强励顶值电压倍数？ .....	59
2-131	何谓励磁电压上升速度？ .....	59
2-132	试分析引起转子励磁绕组绝缘电阻过低 或接地的常见原因有哪些？ .....	60
2-133	励磁系统故障对电力系统有什么影响？ .....	60
2-134	励磁系统故障对发电机有什么影响？ .....	61

2-135	什么是无励磁机的励磁方式? .....	61
2-136	什么是发电机电压的调节? .....	62
2-137	什么是发电机无功功率的调节? .....	62
2-138	自动电压调节器的调节范围是多少? .....	62
2-139	励磁系统必须满足哪些要求? .....	62
2-140	什么是发电机静止励磁系统? 其主要 组成有哪几部分? .....	62
2-141	自并励静止励磁系统的主要优点有哪些? .....	63
2-142	自并励静止励磁系统的主要缺点是什么? .....	63
2-143	过励磁限制的作用是什么? .....	63
2-144	欠励限制的功能是什么? .....	63
2-145	什么是电力系统稳定器(PSS)? .....	64
2-146	简述大型发电机组加装电力系统稳定器 (PSS)的作用。 .....	64
2-147	双通道励磁调节器通道控制方式如何 实现自动/手动的切换? .....	64
2-148	双通道励磁调节系统如何实现通道的切换? .....	65
2-149	励磁机的正负极性反了对发电机的运行有 没有影响? 什么情况下, 励磁机的极性 可以变反? .....	65
2-150	简述发电机灭磁开关的作用。 .....	66
2-151	运行中, 整流柜应进行哪些检查? .....	66
2-152	PSS 的运行有哪些规定? .....	67
2-153	AVC 装置的功能是什么, 运行中有哪些 限制条件? .....	67
2-154	AVC 装置的使用规定有哪些? .....	68
2-155	什么是发电机空载特性试验? .....	68
2-156	什么是同步发电机的三相稳态短路特性 试验? .....	68
2-157	简述发电机定子三相电流不平衡时的运	

	行处理。 .....	68
2-158	简述发电机出口 TV 电压回路断线时的运行处理。 .....	69
2-159	发电机运行参数指示失常时如何处理? .....	70
2-160	发电机转子一点接地时如何处理? .....	71
2-161	发电机失磁后有何现象? .....	71
2-162	发电机升不起电压时运行人员如何处理? .....	72
2-163	造成发电机失步及电力系统振荡的可能原因有哪些? .....	72
2-164	发电机运行中发生系统振荡时, 由于振荡中心位置的不同, 振荡分别呈现何种特点? .....	73
2-165	发电机运行中发生系统振荡时, 集控值班人员应按什么原则处理? .....	73
2-166	发电机非全相运行的现象有哪些? .....	74
2-167	发电机非全相运行后, 当保护拒动时如何处理? .....	74
2-168	氢冷发电机着火和氢气系统爆炸后如何处理? .....	75
2-169	发电机非同期并列如何处理? .....	76
2-170	发电机—变压器组保护动作跳闸后的运行处理原则是什么? .....	76
2-171	发电机—变压器变组保护异常的处理原则是什么? .....	77
2-172	600MW 汽轮发电机经大、小修或较长时间备用后, 启动前应做哪些试验? .....	78
2-173	汽轮发电机经检修后或较长时间备用后, 启动前必须由检修人员测量发电机定子回路、励磁回路及发电机轴承等发电机各部分的绝缘, 绝缘数据有何规定? .....	79

2-174	汽轮发电机励磁系统经大、小修后或较长时间备用后，必须确认哪些电气试验并检查合格？ .....	80
2-175	汽轮发电机主变压器、各高压厂用变压器、各高压备用变压器、励磁变压器及各厂用变压器经大、小修后或较长时间备用后，启动前应进行哪些检查？ .....	81
2-176	何谓发电机进相运行？发电机进相运行时应注意什么？为什么？ .....	82
2-177	发电机中性点一般有哪几种接地方式？各有什么特点？ .....	82
2-178	发电机失磁对系统有何影响？ .....	83
2-179	发电机失磁对发电机本身有何影响？ .....	84
2-180	发电机定子绕组中的负序电流对发电机有什么危害？ .....	85
2-181	试述发电机励磁回路接地故障有什么危害？ .....	85
<b>第二节</b>	<b>电动机及变频调速 .....</b>	<b>86</b>
2-182	电动机的设备规范一般应包括哪些？ .....	86
2-183	对三相感应电动机铭牌中的额定功率如何理解？ .....	86
2-184	电机中使用的绝缘材料分哪几个等级？各级绝缘的最高允许工作温度是多少？ .....	86
2-185	发电厂中有些地方为什么用直流电动机？ .....	86
2-186	电动机的启动间隔有何规定？ .....	87
2-187	什么叫电动机自启动？ .....	87
2-188	三相异步电动机有哪几种启动方法？ .....	87
2-189	直流电动机常用的启动方法有哪些？ .....	87
2-190	同步电动机为什么要采用异步启动法？ .....	87
2-191	电动机检修后试运转应具备什么条件方可进行？ .....	88



2-192	为什么要加强对电动机温升变化的监视？	88
2-193	电动机绝缘低的可能原因有哪些？	88
2-194	异步电动机空载电流出现不平衡是由 哪些原因造成的？	88
2-195	电动机启动困难或达不到正常转速是 什么原因？	88
2-196	电动机空载运行正常，加负载后转速 降低或停转是什么原因？	89
2-197	绕线式电动机电刷冒火或集电环发热是 什么原因？	89
2-198	电动机在运行中产生异常声是什么原因？	89
2-199	电动机温度过高是什么原因？	89
2-200	电动机温度高应怎样处理？	90
2-201	三相电源缺相对异步电动机启动和运行 有何危害？	90
2-202	异步电动机的气隙过大或过小对电机运行 有何影响？	90
2-203	电动机接通电源后电动机不转，并发出“嗡嗡” 声，而且熔丝爆断或开关跳闸是 什么原因？	90
2-204	异步电动机在运行中，电流不稳、电流 表指针摆动如何处理？	90
2-205	电动机振动可能有哪些原因？	91
2-206	三相异步电动机发热的原因有哪些？	91
2-207	电动机发生着火时应如何处理？	91
2-208	试述电动机运行维护工作的内容。	91
2-209	启动电动机时应注意什么？	92
2-210	保证电动机启动并升到额定转速的条件 是什么？	93
2-211	检修高压电动机和启动装置时，应做好	