



燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答

电气设备与运行

丛书主编 张 磊
主 编 张 嵩
副 主 编 李大俊 李秀英
张亚娟 黄改云



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答

电气设备与运行

丛书主编 张 磊
主 编 张 嵩
副 主 编 李大俊 李秀英
张亚娟 黄改云



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

由于我国大容量、高参数的燃气—蒸汽联合循环发电机组的装机容量逐年上升,为满足广大生产管理人员和专业技术人员对新知识、新技能的挑战,特组织编写《燃气—蒸汽联合循环发电机组运行技术问答》丛书。

本套书采用问答形式编写,以岗位技能为主线,理论突出重点,实践注重技能。

本书为《电气设备与运行》分册,针对大型燃气—蒸汽联合循环发电机组中的发电机及其他电气设备,系统地阐述了联合循环电厂中所涉及的电气部分结构、运行原理以及故障分析与处理。本书共分四部分,第一部分是岗位基础知识,第二部分是设备结构及工作原理,第三部分是运行岗位技能知识,包括变压器发电机、厂用电设备的运行原理和运行所必须遵守的规程、规定,第四部分是故障分析与处理。

本书适用于从事大型燃气—蒸汽联合循环电厂设计、安装、调试、运行、维护的技术人员和管理人员使用,也可供高等院校热能及动力类专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备与运行/张嵩主编. —北京:中国电力出版社, 2014. 12

(燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答/张磊主编)

ISBN 978-7-5123-5911-6

I. ①电… II. ①张… III. ①燃气-蒸汽联合循环发电-发电设备-问题解答②燃气-蒸汽联合循环发电-发电设备-运行-问题解答
IV. ①TM611.31-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108700 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 12 月第一版 2014 年 12 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 13.875 印张 339 千字

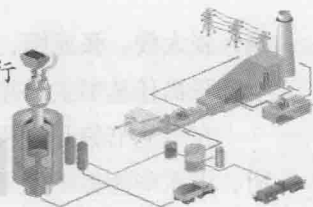
印数 0001—3000 册 定价 45.00 元

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

当前我国对能源需求迅猛增长,天然气资源进入大规模开发利用阶段,大容量、高参数的燃气—蒸汽联合循环发电机组的装机容量逐年上升。燃气—蒸汽联合循环是把燃气轮机循环和蒸汽轮机循环组合在一起进行能量梯级利用,从而将热功转换效率提高至接近 60%。这种技术燃烧清洁能源,降低污染物排放,符合我国节约能源、保护环境战略,是集新技术、新材料、新工艺于一身的国家高新技术水平和科技实力的重要标志之一。

预计到 2020 年,我国燃气—蒸汽联合循环装机容量将达到 5500 万 kW,是 1951~2000 年已建成的同类机组装机容量的 25 倍。为满足广大生产管理人员和专业技术人员应对新知识、新技术带来的需要,国网技术学院组织并与有关企业合作编写了《燃气—蒸汽联合循环发电机组运行技术问答》丛书,包括《燃气轮机和蒸汽轮机设备与运行》、《余热锅炉设备与运行》、《电气设备与运行》和《热工仪表及控制》四分册。

本丛书适应时代发展需要,减少了基础理论知识所占比重,突出了大型燃气—蒸汽联合循环的运行技术,以实用和提高技能为核心,针对余热锅炉、燃气轮机及压气机、汽轮机、电气以及仪表和控制系统的设备原理、结构、运行技巧等方面,展开岗位应知应会知识问答,填补了关于大型燃气—蒸汽联合循环发电机组运行技术培训教材的市场空白。

本书为《电气设备与运行》分册,由国网技术学院张嵩主

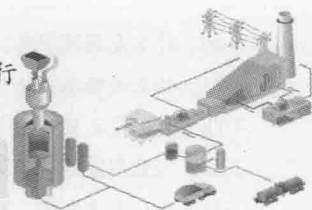
编，张大俊、张亚娟、黄改云和李秀英参编。本丛书由国网技术学院张磊任丛书主编并统稿。

在本丛书编写过程中，受到北京京能国际能源股份有限公司、山东华能集团公司、山东电建一公司、莱芜钢铁分公司等企业大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编写人员水平所限，疏漏和不足之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月



目 录 >>

前言

第一部分 岗位基础知识

第一章 电工学基础知识	3
1-1 电路由哪几部分组成？各部分的作用是什么？	3
1-2 电流是怎样形成的？其大小和方向是如何确定的？	3
1-3 电动势是怎样形成的？其大小和方向是如何确定的？	4
1-4 电压是怎样形成的？其大小和方向是如何确定的？	4
1-5 简述导体电阻的形成及其作用。什么是电导？其大小单位如何？	5
1-6 简述电功和电功率的概念，其大小单位如何？	6
1-7 欧姆定律的内容是什么？	7
1-8 基尔霍夫定律的内容是什么？	7
1-9 电场和磁场的基本概念是什么？	8
1-10 电力线与磁力线各有何特点？	8
1-11 电路和磁路的基本概念是什么？	8
1-12 如何描述电和磁之间的基本关系？	9
1-13 什么是楞次定律？	10
1-14 物质的磁性是哪里来的？	11
1-15 磁场的特征是什么？	11
1-16 表征磁场特性的四个物理量是什么？	11
1-17 什么是铁磁性物质的磁滞回线？	12
1-18 电动机的性能与其磁场有什么关系？	13
1-19 电动机绕组的电抗（电感）与什么因素有关？	14

1-20	什么是涡流损耗?	15
1-21	什么是磁滞损耗?	15
1-22	什么是正弦交流电? 有什么特点?	15
1-23	正弦交流电是怎样产生的?	16
1-24	正弦交流电的三要素是什么?	16
1-25	什么是交流电的有效值? 有效值和最大值之间的关系 如何?	17
1-26	交流电路中电阻元件的特点是什么?	17
1-27	交流电路中电感元件的特点是什么?	17
1-28	交流电路中电容元件的特点是什么?	18
1-29	电阻、电感、电容串联电路的性质如何?	18
1-30	什么叫有功功率、无功功率和视在功率? 三者单位是什么? 三者关系如何确定?	19
1-31	什么是相电压、线电压? 什么是相电流、线电流?	20
1-32	什么是三相交流电源?	20
1-33	三相电源的连接方法有哪些? 相电压与线电压之间的大小关系 如何?	20
1-34	三相负载的连接方法有哪些? 相电流与线电流之间的大小关系 如何?	21
1-35	怎样计算三相电路的功率?	23
1-36	什么是交流电的谐振?	23
1-37	什么叫过渡过程? 产生过渡过程的原因是什么?	23
1-38	什么是基波? 什么是谐波?	24
1-39	什么是交流电的集肤效应? 有什么作用?	24
1-40	什么是邻近效应?	24
1-41	什么是静电屏蔽?	24
1-42	为什么要测量电气设备绝缘电阻? 测量结果与哪些因素 有关?	25
1-43	用绝缘电阻表测量绝缘时, 为什么规定摇测时间为 1min?	25

1-44	电气设备绝缘电阻合格的标准如何?	26
1-45	为什么电动机的额定容量用有功功率表示, 而变压器的额定容量以视在功率表示?	26
1-46	什么是电气设备的额定电压? 为什么要规定额定电压等级?	26
1-47	什么叫功率因数? 为什么要提高功率因数?	27
1-48	怎样提高电网的功率因数?	27
1-49	电能的生产与其他工业生产相比有什么特点?	27
1-50	什么是正序分量、负序分量、零序分量?	27
1-51	什么是中性点位移?	28
1-52	什么是保护接地和保护接零?	28
1-53	滤波电路有什么作用?	28
1-54	如何用可控硅实现可控整流?	29
1-55	逆变电路必须具备什么条件才能进行逆变工作?	29
1-56	单相半波整流电路的工作原理及特点是什么?	29
1-57	全波整流电路的工作原理及特点是什么?	29
1-58	防止晶闸管误触发有哪些措施?	30
1-59	DC/DC 变换电路的主要形式和工作特点是什么?	30
1-60	斩波电路的主要功能和控制方式是怎样的?	31
第二章	电机学基本知识	32
2-1	三相交流对称绕组的构成原则是什么?	32
2-2	发电机铭牌上标示的型号、额定容量、额定电压、额定电流、额定温升、额定功率因数是什么意思?	32
2-3	发电机的容量如何选择?	33
2-4	三相正弦交流电流流过对称三相交流绕组时, 合成磁动势的基波具有什么特点?	34
2-5	大型发电机的定子绕组为什么采用三相双层短距分布绕组?	34
2-6	发电机有功功率、无功功率、视在功率之间的关系是什么?	34

2-7	高次谐波电动势的存在有什么不良影响, 大型发电机采用哪些措施削弱其影响?	35
2-8	发展大容量发电机存在的主要问题是什么?	35
2-9	燃气轮发电机定子、转子分别由哪几部分构成?	36
2-10	燃气轮发电机冷却技术的发展情况如何?	36
2-11	燃气轮发电机冷却技术, 有何主要问题?	38
2-12	同步发电机的“同步”是什么意思?	38
2-13	同步发电机是如何发出三相正弦交流电的?	38
2-14	同步发电机的功角 θ 的物理意义是什么?	39
2-15	何谓燃气轮发电机的功角特性?	39
2-16	快速自动励磁调节如何调节系统稳定性?	40
2-17	如何提高具有快速励磁系统的发电机的静态稳定性?	41
2-18	同步发电机运行中有功功率和无功功率的调整应满足哪些条件?	41
2-19	为什么调节无功时有功不变, 而调节有功时无功会自动改变?	42
2-20	什么是同步发电机的 V 形曲线?	43
2-21	同步发电机的 V 形曲线有什么指导意义?	44
2-22	什么叫同步发电机的迟相运行? 什么叫同步发电机的进相运行?	44
2-23	发电机失磁后, 如何进入再同步?	45
2-24	发电机变为同步电动机运行有何现象? 如何处理?	45
2-25	异步电机“异步”的含义是什么?	45
2-26	异步电机有哪几种运行状态?	46
2-27	为什么风电站、小型水电站常选用异步发电机?	47
2-28	异步发电机如何并网? 并网运行时特点如何?	48
2-29	与同步发电机相比较, 异步发电机的主要优点是什么?	48
2-30	与同步发电机相比较, 异步发电机的主要缺点是什么?	49
第三章 电气安全基础知识		51
3-1	什么是电气事故?	51

3-2	电气事故是如何分类的？各类事故的含义是什么？	51
3-3	什么是电击？电击有哪些伤害？有几种电击情况？	52
3-4	什么是电伤？电伤有几种？各有什么危害？	52
3-5	什么是人身触电？触电形式有几种？	53
3-6	简述跨步电压和接触电压的含义。	53
3-7	什么是单相触电？其危害与哪些因素有关？	53
3-8	中性点接地对触电程度的影响如何？	54
3-9	什么是两相触电？其危害如何？	55
3-10	何为跨步电压触电？其后果怎样？	55
3-11	简述接触电压触电的含义。如何防范接触电压触电？	56
3-12	直接接触的防护措施是什么？	57
3-13	常用的绝缘安全用具及其作用是什么？	57
3-14	什么是屏护？使用屏护装置的注意事项有哪些？	58
3-15	什么是漏电保护器？其作用是什么？	58
3-16	必须安装漏电保护器的设备和场所有哪些？	59
3-17	安全电压的定义、安全电压的限值、安全电压的额定值分别 是什么？	59
3-18	什么是安全间距？设置安全间距的目的是什么？	60
3-19	什么是间接触电？间接触电防护的方法有哪些？	60
3-20	接地装置有哪些？	61
3-21	简述电气“地”和对地电压的概念。	61
3-22	接地电阻含义是什么？	61
3-23	零线和接零的区别是什么？	61
3-24	接地短路和接地短路电流主要包括哪些内容？	62
3-25	保护接地的含义和适用范围及保护接地的作用是什么？	62
3-26	保护接零的含义和适用范围是什么？	63
3-27	保护接零原理是什么？	63
3-28	对接零装置的要求主要包括哪些内容？	65
3-29	低压配电系统保护接地和保护接零形式有哪些？	66
3-30	配电系统接地要求包括哪些内容？	69

3-31	电力安全生产管理制度主要包括哪些内容？	70
3-32	带电灭火应注意哪些问题？	70
3-33	电气设备着火后，能直接用水灭火吗？	71
3-34	消除静电危害的措施有哪些？	71
3-35	消除静电的方法有哪些？	72
3-36	触电急救的一般原则是什么？	72
3-37	怎样使触电者脱离电源？	73
3-38	帮助触电者脱离电源应注意哪些问题？	74
3-39	触电者脱离电源后如何处理？伤情怎样判定？	74
3-40	处理电气设备事故或故障的一般方法有哪些？	75

第二部分 设备结构及工作原理

第四章 互感器 79

4-1	互感器是根据什么原理工作的？	79
4-2	互感器有什么作用？	79
4-3	互感器和普通变压器相比有什么异同点？	79
4-4	什么是电压互感器，它的作用是什么？	80
4-5	什么是电流互感器？电流互感器的作用是什么？	81
4-6	什么是光电式互感器？	81
4-7	与传统电磁式互感器相比较，光电式互感器具有哪些 优点？	81
4-8	电流互感器的结构及基本原理是什么？	82
4-9	电流互感器与普通变压器相比较，在原理上有何特点？	83
4-10	什么是电流互感器的极性？极性弄错有何影响？	84
4-11	什么是电流互感器的误差？影响误差的主要因素是什么？	84
4-12	什么是电流互感器的准确等级？	86
4-13	电流互感器的配置应满足哪些要求？	86
4-14	电流互感器二次接线有几种方式？	87
4-15	电流互感器二次侧为什么不允许开路？开路以后有什么 现象，如何处理？	87

4-16	更换电流互感器及其二次线时, 应注意哪些问题?	88
4-17	短路电流互感器二次侧为什么不允许用保险丝?	88
4-18	电流互感器二次侧为什么要接地? 对二次侧接地有何 要求?	89
4-19	电流互感器为什么不允许长时间过负荷? 过负荷运行有什么 影响?	89
4-20	电流互感器与电压互感器二次为什么不允许相连接, 否则会 造成什么后果?	89
4-21	什么情况下电流互感器的二次绕组采用串联或并联接线? ...	90
4-22	什么原因会使运行中的电流互感器发生不正常声响?	90
4-23	电流互感器的启动、停用操作应注意什么问题?	91
4-24	零序电流互感器是如何工作的? 分几种?	91
4-25	电流互感器允许在什么方式下运行?	92
4-26	何谓电流互感器的末屏接地? 不接地会有什么影响?	92
4-27	采用暂态型电流互感器的必要性是什么?	92
4-28	套管式电流互感器的作用和结构特点如何?	93
4-29	电子式电流互感器的优点是什么?	93
4-30	电流互感器在运行时有哪些常见的故障?	94
4-31	电压互感器的额定电压如何选择?	95
4-32	电压互感器二次绕组数量如何确定?	95
4-33	电压互感器的配置需考虑哪些因素?	96
4-34	电容式电压互感器工作原理是什么? 电容式电压互感器与 电磁式电压互感器相比有何优缺点?	96
4-35	电压互感器在运行中, 二次侧为什么不允许短路?	97
4-36	如何选择电压互感器的运行方式?	98
4-37	什么是电压互感器的电压误差和角误差, 影响误差的因素 有哪些?	98
4-38	什么是电压互感器的准确度等级? 不同准确度使用在什么 场合? 它与容量有什么关系?	99
4-39	电压互感器的多个容量分别是什么含义?	99

4-40	电压互感器的一、二次侧装设熔断器是怎样考虑的? 什么情况下可以不装设熔断器, 其选择原则是什么?	100
4-41	电压互感器二次侧在什么情况下不装熔断器而装小开关?	100
4-42	电压互感器二次侧为什么必须接地?	101
4-43	为什么电压互感器二次侧有的采用零相接地, 而有的采用V相接地?	101
4-44	为什么电压互感器V相接地的接地点一般放在熔断器之后, 为什么V相也装设熔断器?	102
4-45	电压互感器铁磁谐振有哪些现象? 发生铁磁谐振的危害是什么?	102
4-46	电磁式电压互感器如何防止铁磁谐振?	103
4-47	电容式电压互感器的铁磁谐振有什么特点?	104
4-48	ZH-WTXX 微机型铁磁谐振消除装置的原理是什么?	104
4-49	电压互感器有哪些常见故障?	105
4-50	电压互感器断线时有何现象显示?	105
4-51	电压互感器产生断线的原因是什么?	106
4-52	电压互感器断线后如何处理?	106
4-53	电压互感器的操作顺序是什么? 停用电压互感器应注意哪些问题?	106
第五章 发电机		108
5-1	联合循环发电机组的立体布置图是什么样子的?	108
5-2	发电机铭牌上有哪些内容?	108
5-3	大功率发电机的冷却介质和冷却方法有哪些组合形式?	109
5-4	发电机绕组为什么都接成双星形?	109
5-5	发电机定子绕组接成三角形有何现象?	110
5-6	发电机的机座和端盖有何作用?	110
5-7	发电机定子结构主要有哪几部分组成?	110
5-8	发电机的定子绕组结构有什么特点? 其目的是什么?	110
5-9	发电机转子结构主要由哪几部分组成?	111

5-10	转子护环、中心环、阻尼环的作用是什么？	111
5-11	燃气轮发电机的转子结构特点有哪些？	111
5-12	燃气轮发电机常用冷却介质的相对指标有哪些？	111
5-13	燃气轮发电机的主要组成部件有哪些？	112
5-14	氢冷系统的功能有哪些？	112
5-15	何谓发电机的水—氢—氢冷冷却方式？	113
5-16	水氢氢冷汽轮发电机的氢气系统主要由哪几部分组成？	113
5-17	燃气轮发电机组氢气去湿装置由哪些系统组成？	113
5-18	水氢氢冷燃气轮发电机冷却水系统由哪几部分组成？ 对定子冷却水有何要求？	114
5-19	直接空冷系统是如何组成的？	115
5-20	在空冷机组中完成热态清洗的部件有哪些？	115
5-21	空冷系统清洗的注意事项有哪些？	116
5-22	发电机的励磁系统有什么作用？	116
5-23	为了保证安全运行，对大型发电机的励磁系统有什么 要求？	117
5-24	发电机励磁系统中，灭磁电阻的作用是什么？	117
5-25	什么是强励？强励的作用是什么？	117
5-26	大型发电机组在参数设计方面具有哪些独到的特点？	118
5-27	常见的燃气轮发电机的参数有哪些？	119
5-28	同步发电机的工作原理是怎样的？	119
5-29	隐极发电机空载运行时的电磁状况是怎样的？	121
5-30	什么是同步发电机的空载特性？空载特性试验的意义 是什么？	121
5-31	同步发电机对称负载运行时的电磁状况是怎样的？	122
5-32	发电机同步电抗的含义是什么？	123
5-33	什么是同步发电机的短路特性？有何意义？	124
5-34	什么是短路比？短路比的大小对发电机有何影响？	124
5-35	什么是同步发电机的外特性？有何意义？	125
5-36	什么是同步发电机的调整特性？有何意义？	126

5-37	单纯的燃气轮机发电机组效率不高的主要原因有哪些？	126
5-38	解决单纯燃气轮机发电机组效率不高的方法有哪些？	127
5-39	微型燃气轮发电机组的技术特征及优势有哪些？	127
5-40	微型燃气轮机在电力方面的发展有哪些？	127
5-41	微型燃气轮机与常规发电装置比具备的优点有哪些？	128
第六章	变压器	130
6-1	变压器的主要组成部件有哪些？	130
6-2	为什么采用硅钢片作为变压器铁心的材料？	130
6-3	硅钢片表面为什么要涂绝缘漆？	131
6-4	变压器铁心的作用是什么？	131
6-5	铁心的散热形式主要有哪几种？	132
6-6	大型变压器的铁心为什么要加装磁屏蔽？	132
6-7	大型三相变压器为什么要采用三相五柱式铁心？	132
6-8	三相变压器的磁路系统有什么特点？	132
6-9	变压器绕组的作用是什么？对绕组有什么要求？	133
6-10	大型变压器绕组在绕制时为什么要采用多股导线并联绕制？ 并联绕制时导线为什么要进行换位？	133
6-11	为什么降压变压器的低压绕组在里边，而高压绕组 在外边？	134
6-12	为什么大容量变压器的一次或二次总有一侧接成 三角形？	134
6-13	为什么小容量的变压器一般都接成 Yy0 或 Yy 接线？ 有何优缺点？	135
6-14	什么叫分接开关？什么叫无载调压？什么叫有载调压？	136
6-15	变压器的绝缘是如何分类的？	136
6-16	变压器油的作用是什么？	137
6-17	变压器油箱的作用是什么？	137
6-18	胶囊袋的作用是什么？胶囊式储油柜有什么特点？	137
6-19	油位计的作用是什么？	138
6-20	油流继电器的作用是什么？	138

6-21	防潮吸湿器、吸湿器内部的硅胶、油封杯各有什么作用？	138
6-22	变压器的安全装置的作用是什么？	139
6-23	变压器为什么必须进行冷却？冷却器的作用是什么？	139
6-24	变压器冷却方式有哪几种？	139
6-25	有载调压变压器和无载调压变压器有什么不同，各有何优缺点？	140
6-26	有载分接开关由哪些主要部件组成？各部件的作用是什么？	141
6-27	为什么要从变压器的高压侧引出分接头？	142
6-28	引线的作用是什么？	142
6-29	变压器的绝缘套管的作用是什么？有哪些要求？	142
6-30	温度计的作用是什么？有几种？	142
6-31	变压器净油器的作用是什么？	143
6-32	什么是自耦变压器，它有什么优点？	143
6-33	自耦变压器有何特点？	143
6-34	高压自耦变压器为什么都制成三绕组？	144
6-35	变压器主要技术参数的含义是什么？	144
6-36	变压器型号的含义是什么？	146
6-37	变压器型号 SFPSZ—63000/110 代表什么意义？	146
6-38	什么叫变压器的接线组别，举出双绕组三相变压器常用的三种接线组别。	146
6-39	接线组别受哪些因素的影响？	147
6-40	对于远距离输电，为什么升压变压器接成 Dy 接线，降压变压器接成 Yd 接线？	147
6-41	变压器有哪些损耗？	148
6-42	变压器的阻抗电压在运行中有什么作用？	149
6-43	变压器短路阻抗 $Z_k\%$ 的大小对变压器的运行性能有什么影响？	149
6-44	为什么规定变压器上层油温不允许超过 95°C ？上层油温不宜	

经常超过 85℃?	149
6-45 什么叫温升? 变压器温升规定值是怎样规定的? 为什么要限制变压器的温升?	150
6-46 为什么将变压器绕组温升规定为 65℃?	150
6-47 变压器的铁心为什么要接地? 为什么铁心不能两点接地或多点接地?	150
6-48 变压器运行中, 运行电压高于额定电压时, 各运行参数将如何变化?	151
6-49 变压器允许过电压能力是如何规定的?	151
6-50 变压器运行电压过高或过低对变压器有何影响?	152
6-51 什么是变压器的正常过负荷?	152
6-52 变压器正常过负荷如何确定?	152
6-53 为什么要规定变压器的允许温度?	153
6-54 表示变压器油电气性能好坏的主要参数是什么?	153
6-55 变压器常用的 A 级绝缘材料有哪些? 耐热温度是多少?	153
6-56 什么叫绝缘老化? 什么是绝缘寿命六度法则?	153
6-57 变压器的寿命由什么决定?	153
6-58 主变压器新投运或大修后投运前为什么要做冲击试验, 冲击几次?	153
6-59 变压器工作的基本原理是什么?	154
6-60 变压器储油柜的工作原理是什么?	154
6-61 浮子式油位计的结构原理是什么?	155
6-62 气体继电器的作用是什么?	155
6-63 气体继电器的工作原理如何?	155
6-64 压力继电器的作用是什么?	156
6-65 压力继电器的工作原理如何?	156
6-66 油面温度计(压力式)的工作原理是什么?	156
6-67 绕组温度计(压力式)的工作原理是什么?	157
6-68 电阻温度计(电阻式)的工作原理如何?	157
6-69 为什么加装变压器检测仪, 其工作原理是什么?	158