



燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答

余热锅炉设备与运行

丛书主编 张 磊
主 编 单志栩
副 主 编 吴 华 史国梁
孙华强 张乃强



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

策划编辑：郑艳蓉

电子信箱：freezyr_cn@sina.com

联系电话：010-63412379

燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答

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

热工仪表及控制



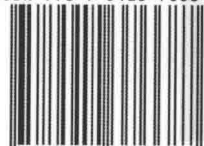
中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



ISBN 978-7-5123-7668-7



9 787512 376687 >

定价：35.00 元

上架建议：电力工程/火力发电

燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答



余热锅炉设备与运行

丛书主编 张 磊
主 编 单志栩
副主编 吴 华 史国梁
孙华强 张乃强



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应对新知识、新技能带来的挑战,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。

本套丛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《余热锅炉设备与运行》分册,介绍了燃气机组余热锅炉系统及设备,包含发电厂运行维护人员从事本系统相关工作所必须掌握的专业基础理论知识、系统的构成及相关连接、系统中各设备的工作原理、设备系统的启停操作及正常运行调整、节能经济运行方式、各种工况下巡回检查的内容及标准、设备检修维护时安全隔离要求及措施、作业危险因素的分析及防止、系统常见故障的分析处理等内容。

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

余热锅炉设备与运行/单志栩主编. —北京:中国电力出版社, 2015.7

(燃气-蒸汽联合循环发电机组运行技术问答)

ISBN 978-7-5123-7668-7

I. ①余… II. ①单… III. ①燃气-蒸汽联合循环发电-废热锅炉-问题解答 IV. ①TM611.31-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第091629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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年7月第一版 2015年7月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 10.125印张 246千字

印数0001—3000册 定价35.00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

编 委 会

主 任 张 磊

副主任 (排名按姓氏笔画)

李广华 时海刚 单志翔 张 嵩

成 员 (排名按姓氏笔画)

王 旭 王华告 王合录 王学训

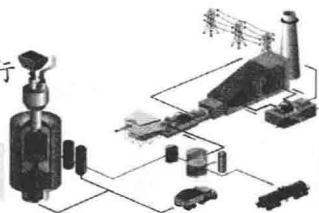
王新举 史国梁 田韵法 孙华强

刘培勇 李 芳 李大俊 李秀英

吴 华 张乃强 张亚娟 张雪然

邵德让 孟庆臣 赵建文 曹西忠

黄改云 潘 淙



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、保护环境的战略，是集新技术、新材料、新工艺于一身的国家高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《余热锅炉设备与运行》分册，由青海京能建设投资

有限公司单志栩，深圳钰湖电力有限公司吴华，山东电力建设第一工程公司史国梁、孙华强、张乃强、李芳，华能曲阜电厂田韵法合作完成。其中单志栩为主编，吴华、史国梁、孙华强、张乃强为副主编，李芳参加编写。

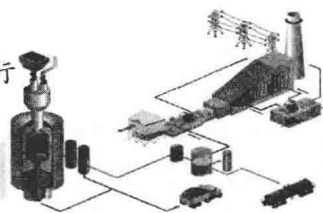
本丛书由国网技术学院张磊担任丛书主编并统稿。

在本丛书编写过程中，受到北京能源集团有限责任公司、山东华能集团公司、山东电力建设第一工程公司、山东钢铁厂、山东电力集团总公司等企业大力支持，借此深表感谢。

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

2015年6月



目 录

前言

第一部分 岗位基础知识

第一章 余热锅炉专业基础知识	3
1-1 余热锅炉的定义是什么?	3
1-2 联合循环机组中余热锅炉系统的作用是什么?	3
1-3 联合循环机组中余热锅炉型燃气-蒸汽联合循环方案的设计基础是什么?	3
1-4 余热锅炉按烟气侧热源分类有哪些?	4
1-5 余热锅炉按产生蒸汽压力等级分类的形式有哪些?	4
1-6 余热锅炉按受热面布置方式分为几类?	4
1-7 余热锅炉按工质在蒸发受热面中的流动特点(工作原理)分为几类?	6
1-8 余热锅炉按所处的自然环境条件分为几类?	9
1-9 简述卧式自然循环余热锅炉的优点。	9
1-10 简述卧式自然循环余热锅炉的缺点。	10
1-11 简述立式强制循环余热锅炉的优点。	10
1-12 简述立式强制循环余热锅炉的缺点。	10
1-13 简述余热锅炉的组成。	11
1-14 试绘制余热锅炉汽水流程图。	11
1-15 简述联合循环机组中余热锅炉的特点。	12
1-16 简述余热锅炉汽包的构成。	13
1-17 简述余热锅炉活动烟罩的构成。	13
1-18 简述余热锅炉烟道的构成。	14

1-19	列举燃气轮机电厂简单循环与联合循环机组功率与效率的差异。	14
1-20	简述余热锅炉的热力学特性。	15
1-21	节点温差和接近点温差对余热锅炉特性的影响有哪些?	15
1-22	入口烟气温度与排烟温度对余热锅炉特性的影响有哪些? ...	15
1-23	影响余热锅炉特性的烟气成分是什么?	16
1-24	影响余热锅炉特性的烟气压力损失有哪些?	16
1-25	影响余热锅炉特性的蒸汽参数有哪些?	16
1-26	大型燃气-蒸汽联合循环余热锅炉为什么要采用多压设计?	17
第二章	余热锅炉运行岗位安全知识	19
2-1	简述余热锅炉运行岗位的基本要求。	19
2-2	简述余热锅炉启动前的检查及准备注意事项。	20
2-3	简述进行余热锅炉电动门、气动门及调整门校验时的注意事项。	22
2-4	简述向给水系统充水的方法。	23
2-5	简述向锅炉汽包充水的方法。	23
2-6	交接班制度包括哪些内容?	23
2-7	交接班中的“三不接”内容是什么?	23
2-8	什么是巡回检查制度?	23
2-9	为什么各岗位要定期巡视设备?	24
2-10	什么是设备定期试验、维护、切换制度?	24
2-11	为什么要定期切换备用设备?	24
2-12	锅炉本体主要由哪几部分组成?	24
2-13	给水系统主要由哪几部分组成?	25
2-14	烟道膨胀节的作用有哪些?	25
2-15	高压循环泵的作用有哪些?	25
2-16	简述汽包水位高、低的危害性。	25
2-17	简述汽蚀的原理及防止措施。	25
2-18	锅炉从备用到供汽的过程中,除蒸汽流量和给水流量外,	

	有哪几个因素会干扰汽包水位?	26
2-19	简述两种不同的启炉方式及注意事项。	26
2-20	停炉后为什么保持高、低压循环泵继续运行?	27
2-21	结合除氧水箱的结构,简述热力除氧过程。	27
2-22	给水箱调节包括哪两种?各具有哪些作用?	27
2-23	常用的汽包水位计有哪几种?反事故措施中水位保护是如何规定的?	27
2-24	锅炉化学监督的作用是什么?	28
2-25	锅炉加药系统中的药品主要有哪几种?分别向何处加药?每种药品所起的作用是什么?	28
2-26	锅炉高压回路主要组成部分有哪些?试说明该部分的汽水流程。	28
2-27	对水平蒸发器而言,为什么必须防止汽水分层的产生?	28
2-28	试从安全性和经济性两方面简述蒸发器流量过少产生的影响。	29
2-29	锅炉运行中为什么必须控制水的品质?	29
2-30	何为除盐水?如何得到?	29
2-31	简述化学除氧和热除氧的原理。	29
2-32	为什么要对锅炉出口蒸汽温度进行调节?	30
2-33	为什么锅炉出口压力需要调节?	30
2-34	为什么不允许省煤器内的水汽化?如何避免?	30
2-35	简述锅炉过热蒸汽温度调节的原理。	30
2-36	简述汽包压力调节原理。	31
2-37	简述省煤器再循环阀的作用及动作过程。	31
2-38	何为余热锅炉负荷限制?	31
2-39	简述省煤器再循环阀故障时的补救措施。	31
2-40	省煤器出口温度调节回路的作用是什么?	32
2-41	锅炉正常运行过程中,因电网故障出现全厂厂用电丢失,锅炉岗位应完成哪些检查和操作?	32
2-42	锅炉满水的原因有哪些?	32

2-43	给水泵发生汽蚀的原因有哪些？	32
2-44	锅炉满水的现象有哪些？	33
2-45	锅炉满水时应做哪些处理？	33
2-46	锅炉缺水的原因有哪些？	33
2-47	锅炉缺水有哪些现象？	34
2-48	锅炉缺水时应如何处理？	34
2-49	锅炉超压应如何处理？	34
第三章 余热锅炉热控专业基础知识		36
3-1	简述余热锅炉给水调节系统的调节目和主要信号。	36
3-2	余热锅炉正常运行时汽包的水位定值是多少？	36
3-3	余热锅炉给水调节门自动控制有几种调节模式？	36
3-4	简述单冲量调节模式。	36
3-5	简述三冲量调节模式。	36
3-6	简述单冲量与三冲量切换的前提条件。	37
3-7	简述给水调节门自动控制系统的强制手动条件。	37
3-8	简述余热锅炉高压给水差压控制的调节目、主要信号及 差压定值。	37
3-9	简述余热锅炉高压给水差压控制的逻辑。	37
3-10	简述给水泵变频器手/自动切换的条件。	38
3-11	简述高压主蒸汽温度控制的调节目、主要信号及 设定值。	38
3-12	简述高压主蒸汽温度控制的逻辑。	38
3-13	简述高压主蒸汽温度控制强制手/自动切换及强关条件。	39
3-14	简述再热蒸汽温度控制的调节目、主要信号及设定值。	39
3-15	简述再热蒸汽温度控制的逻辑。	40
3-16	简述再热蒸汽温度控制强制手/自动切换、强关条件。	40
3-17	简述高压省煤器出口温度控制的调节目、主要信号及 设定值。	41
3-18	简述高压省煤器出口温度控制的逻辑。	41
3-19	简述高压省煤器出口温度控制强制手动条件。	41

3-20	简述低压省煤器出口温度控制的调节目、主要信号及设定值。	41
3-21	简述低压省煤器出口温度控制的逻辑。	42
3-22	简述低压省煤器出口温度控制强制手动条件。	42
3-23	简述连续排污扩容器水位控制的调节目、主要信号及设定值。	42
3-24	简述连续排污扩容器水位控制的逻辑。	42
3-25	简述连续排污扩容器水位控制强制手动条件。	43
3-26	简述余热锅炉热控保护的目。	43
3-27	简述余热锅炉热控保护的主要项目。	43
3-28	简述余热锅炉汽包水位信号的“三取二”选择模块逻辑。 ...	44
3-29	余热锅炉设置有哪些保护？为何要设置水位保护？水位保护动作的结果是什么？	44
3-30	简述余热锅炉高压汽包保护逻辑。	45
3-31	简述余热锅炉中压汽包保护逻辑。	45
3-32	简述余热锅炉低压汽包保护逻辑。	45
第四章 余热锅炉燃料专业基础知识		46
4-1	简述燃气的定义。	46
4-2	什么是标准煤？	46
4-3	简述天然气的定义。	46
4-4	简述天然气的化学成分。	47
4-5	简述甲烷的爆炸限值。	47
4-6	试列出甲烷燃烧方程式。	47
4-7	简述天然气的使用优点。	47
4-8	天然气燃烧耗氧情况如何计算？	48
4-9	天然气的燃烧热值是多少？	48
4-10	简述天然气前置精过滤模块检查的具体内容。	48
4-11	简述燃气轮机危险气体探测系统。	48
4-12	为什么说火力发电厂潜在的火灾危险性很大？	49
4-13	简述燃烧室的工作原理。	49

4-14	简述点火火花塞的工作原理。	49
4-15	氮氧化物 (NO_x) 是怎么形成的?	49
4-16	扩散燃烧方式的特点是什么?	50
第五章 余热锅炉金属材料基础知识		51
5-1	什么叫强度? 强度指标通常有哪些?	51
5-2	什么叫塑性? 塑性指标有哪些?	51
5-3	什么叫变形? 变形过程包括哪三个阶段?	51
5-4	什么叫热应力?	52
5-5	什么叫热冲击?	52
5-6	什么叫热疲劳?	52
5-7	什么叫蠕变?	52
5-8	什么叫应力松弛?	52
5-9	什么是碳钢? 按含碳量如何分类? 按用途如何分类?	52
5-10	什么是超温或过热? 两者之间有什么关系?	53
5-11	为什么要对热流体通过的管道进行保温? 对管道保温材料有哪些要求?	53
5-12	何谓疲劳和疲劳强度?	53
5-13	蒸汽与金属表面间的凝结放热有哪些特点?	54
5-14	蒸汽与金属表面间的对流放热有何特点?	54
5-15	什么叫金属的低温脆性转变温度?	54
5-16	什么叫低温腐蚀?	55
5-17	何谓金属腐蚀和金属侵蚀?	55
5-18	何谓应力腐蚀? 应力腐蚀的特征有哪些?	55
5-19	金属腐蚀破坏的基本形式有哪几类? 它们各有何特点?	55
5-20	局部腐蚀的形式有哪几种? 各有何特点?	56
5-21	氧化铁垢的形成原因是什么? 其特点是什么?	56
5-22	锅炉金属的应力腐蚀有几种类型? 分别是什么?	57
5-23	影响金属腐蚀的内部因素有哪些?	57
5-24	什么叫苛性脆化? 产生的原因有哪些?	57

第二部分 设备、结构及工作原理

第六章 余热锅炉汽水系统	61
6-1 什么叫工质?	61
6-2 何谓工质的状态参数? 常用的状态参数有几个? 基本状态参数有几个?	61
6-3 什么叫温度、温标? 常用的温标形式有哪几种?	61
6-4 什么叫压力? 压力的单位有几种表示方法?	62
6-5 什么叫能? 能的形式有哪些? 热力学中应用的能有哪些?	62
6-6 什么叫动能? 物体的动能与什么有关?	62
6-7 什么叫机械能?	63
6-8 什么叫热力循环?	63
6-9 闸阀和截止阀有什么区别? 各有何优、缺点?	63
6-10 阀门常见的故障有哪些? 阀门本体泄漏是什么原因?	63
6-11 增强传热的方法有哪些?	64
6-12 冷却水供水系统的种类有哪些?	64
6-13 简述余热锅炉闸阀的作用。	64
6-14 简述余热锅炉截止阀的作用。	65
6-15 简述余热锅炉节流阀的作用。	65
6-16 简述余热锅炉蝶阀的作用。	65
6-17 简述余热锅炉止回阀的作用。	65
6-18 简述余热锅炉安全阀的作用。	65
6-19 简述余热锅炉减压阀的作用。	66
6-20 什么叫锅炉?	66
6-21 什么叫锅炉效率?	66
6-22 锅炉酸洗的目的是什么?	66
6-23 余热锅炉启动方式可分为哪几种?	66
6-24 何谓虹吸现象?	66
6-25 什么叫绝对压力、表压力?	67
6-26 什么叫真空和真空度?	67

6-27	什么叫位能？	67
6-28	什么叫热能？它与什么因素有关？	67
6-29	什么叫比热容？影响比热容的主要因素有哪些？	68
6-30	什么叫汽化？它分为哪两种形式？	68
6-31	什么叫干度？什么叫湿度？	68
6-32	朗肯循环是通过哪些热力设备实施的？各设备的作用 是什么？	69
6-33	简述朗肯循环的工作过程。	69
6-34	影响朗肯循环效率的因素有哪些？	69
6-35	什么是偏差分析法？	70
6-36	什么叫循环倍率？	70
6-37	按布置方式分类，过热器有哪几种形式？	70
6-38	按传热方式分类，过热器的形式有几种？	70
6-39	什么叫换热器？有哪几种形式？	71
6-40	卧式布置的过热器有何特点？	71
6-41	什么叫热偏差？	71
6-42	什么叫热力不均和水力不均？	71
6-43	流动阻力分为哪几类？阻力是如何形成的？	71
6-44	减温器的形式有哪些？各有何特点？	72
6-45	什么叫层流？什么叫紊流？	72
6-46	简述层流、紊流、液体的流动状态用什么来区别。	72
6-47	何谓对流换热？影响对流换热的因素有哪些？	72
6-48	什么叫比体积和密度？它们之间有什么关系？	73
6-49	什么叫标准状态？	73
6-50	什么叫功？单位如何换算？	73
6-51	什么叫功率？单位如何换算？	74
6-52	什么叫热量？	74
6-53	什么叫比焓？	74
6-54	什么叫熵？	74
6-55	什么叫循环的热效率？它说明什么问题？	75

6-56	什么叫凝结? 水蒸气凝结有什么特点?	75
6-57	什么叫动态平衡、饱和状态、饱和温度、饱和压力、饱和水、饱和蒸汽?	75
6-58	什么叫湿饱和蒸汽、干饱和蒸汽、过热蒸汽?	76
6-59	什么叫临界点? 水蒸气的临界参数为多少?	76
6-60	什么叫节流? 什么叫绝热节流?	76
6-61	什么叫雷诺数? 它的大小能说明什么问题?	76
6-62	何谓流量? 何谓平均流速? 它与实际流速有什么区别?	77
6-63	何谓准稳态点、准稳态区?	77
6-64	热力学第一定律的含义和实质是什么? 它说明了什么问题?	77
6-65	简述热力学第二定律。	78
6-66	什么叫压红线运行?	78
第七章 余热锅炉烟气系统		79
7-1	锅炉正常运行中对烟温偏差有何要求?	79
7-2	受热面烟气低温腐蚀有哪些危害?	79
7-3	简述余热锅炉烟气系统的作用。	79
7-4	简述余热锅炉烟气系统的组成。	79
7-5	简述余热锅炉烟气入口过渡段烟道的作用。	80
7-6	简述余热锅炉烟气入口过渡段烟道的组成。	80
7-7	简述余热锅炉本体炉墙组成。	81
7-8	简述余热锅炉本体炉墙的作用。	82
7-9	简述余热锅炉出口烟道的作用。	83
7-10	简述余热锅炉烟囱的作用。	83
7-11	试列表说明 9F1 型蒸汽-燃气联合循环余热锅炉烟气系统的设备参数。	83
7-12	简述立式自然循环余热锅炉的烟气系统。	84
7-13	简述立式自然循环余热锅炉烟气系统的烟气流程。	85
7-14	简述卧式自然循环余热锅炉烟气系统的组成。	86
7-15	简述卧式自然循环余热锅炉烟气系统的特点。	87

7-16	简述卧式自然循环余热锅炉烟气系统的烟气流程。·····	88
第八章 余热锅炉烟气脱硝系统 ·····		89
8-1	氮氧化物 (NO_x) 的定义是什么?·····	89
8-2	氮氧化物控制方法主要有哪些?·····	89
8-3	SCR 的全称是什么?·····	89
8-4	简述 SCR 的原理。·····	89
8-5	简述 SCR 的工艺特点。·····	89
8-6	简述 SCR 工艺常见的还原剂。·····	90
8-7	简述 SCR 的基本操作运行过程主要包含的步骤。·····	90
8-8	简述 SCR 系统运行时的安全注意事项。·····	91
8-9	氨逃逸率的定义是什么?·····	91
8-10	脱硝治理工艺有哪些?·····	91
8-11	简述燃烧后 NO_x 的脱除技术。·····	92
8-12	简述氮气吹扫系统的必要性。·····	92
8-13	简述氨的危害。·····	92
8-14	氨中毒后的处理方法是什么?·····	92
8-15	燃烧过程中 NO_x 的生成机理是什么?·····	93
8-16	简述低氧燃烧的原理。·····	94
8-17	简述选择性非催化还原的定义。·····	94
8-18	简述余热锅炉脱硝系统的构成。·····	95
8-19	简述氨水系统。·····	95
8-20	简述氨气系统。·····	96
8-21	喷氨格栅的定义是什么?作用是什么?简述喷氨格栅的构成。·····	97
8-22	简述输氨螺杆泵 (G 型单螺杆泵) 的构成及工作原理。·····	98
8-23	简述波纹蜂窝式催化剂。·····	99
8-24	简述脱硝风机的构成及工作原理。·····	99
8-25	氨供应泵 (以 1 号为例) 的连锁保护逻辑是什么?·····	100
8-26	简述脱硝风机的保护逻辑。·····	100
8-27	简述脱硝风机入口电动门的保护逻辑。·····	100