

● 现代化火力发电厂培训教材

电站构成、运行与环境保护

梁殿臣



内蒙古人民出版社



● 现代化火力发电厂培训教材

电站构成、运行与环境保护

梁殿臣 主译

内蒙古人民出版社



(内蒙)新登字1号

现代化火力发电厂培训教材
电站构成、运行与环保

梁殿臣 主译

*

内蒙古人民出版社出版发行

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华印刷厂科技分厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.625 字数: 157千 插页: 6

1991年3月第一版 1991年4月第1次印刷

印数: 1—8000册

ISBN7-204-02451-6/G·427 每册: 5.20元

内 容 提 要

本书是联邦德国大电厂运行协会（VGB）组织编写的系列教材中的《电站构成、运行与环保》分册，该书按 VGB 专业委员会“现代化大电厂培训教材”的要求，曾作过多次修改。

本书向未来电站工作者介绍了典型发电厂的系统构成和运行方式以及环境保护的内容，并附有现行的有关环境保护的重要极限数据表。书中每章都布置了作业，并附有答案，可供学习者自我检验所学的知识，并对学习目标进行比较。

主 译	梁殿臣		
编 委	梁殿臣	田 融	包贵珠
翻译人员	梁殿臣	王凤川	殷家琪
	石树人	朱建平	王大陆
	吴士宏	李惠卿	徐建华
	杜洪涛		
专业审核	梁殿臣	文志明	张兆亮
	魏启渊	张大忠	张君烈
	史有荣	陈士玮	魏心正
	贾应骥	崔学臣	

隨着我國大電網大機組
一大電廠的迅猛發展培養
一代掌握現代化技術人
才是一件當務之急的
大事情要引起各方面
的重視

史大楨
一九九二年十月

前 言

随着我国大电网、大机组、大电厂的迅速发展，在今后一个时期内，300MW、600MW 机组将成为我区乃至全国电力系统的主力机组。摆在我们面前的一项刻不容缓的任务就是要尽快学习和掌握现代化大机组生产技术和管理工作。为配合我区电力工业的迅猛发展，超前培养一支素质较高的职工队伍，我们决定组织翻译、编辑、出版这套系列教材。

此教材由我局副总工程师梁殿臣从联邦德国收集，是按照德国大电厂运行协会（VGB）规程要求，针对电站工作者编写的一套统一的、紧密结合专业的实用教材。该教材是西德埃森电站学校的系列培训教材，联邦德国所有电站都在这里进行较高层次人员的培训，是联邦德国唯一的电站培训学校。甚至瑞士、奥地利、法国也派电站工作人员到这里学习培训。该教材是专门培训技术工人等级以上的电站专业工作人员，包括技师（联邦德国称 Meister）、值长等不同档次的人员的专门教材，受培训者根据工作性质在突出重点的基础上进行普及教育。这套教材按专业分为 23 个分册，每册对各专业的基础知识、基本理论、基本操作及有关设备的性能、规范及使用等都做了详细的论述，归纳齐全、深入浅出、文字简炼、通俗易懂，特别是附有大量插图，方便了读者对文字的理解，并开阔了眼界。为便于读者学习和掌握专业知识，教材中还提供了综合练习题，供读者自己检验所学的知识。这是一套进行现代化电站运行管理的必读教材。

电力部史大桢部长对这套大机组培训教材的出版给予了极大的关怀和支持，并亲笔题词，指示尽快出好这套教材。

为了编译好这套培训教材，在局副总工程师梁殿臣同志和局科技处的亲自领导下，内蒙古电力试验研究所科技信息室组织了全国电业系统内通晓德文的专业骨干力量进行了认真、严肃的翻译工作；在此基础上，又组织了各专业的专家对译稿进行了审核、整理、编辑加工，并根据国内火力发电厂大机组发展趋势和生产运行的具体情况，按实际需要分为汽轮机、燃烧和蒸汽发生、电气设备、模拟电路、数字电路、热控技术、电站辅机与管道配件、电站构成运行与环保、化学水处理与劳动安全等十个分册陆续出版。在此期间，梁殿臣、王凤川、殷家琪、石树人、吴士宏、王大陆、李惠卿、杜洪涛、徐建华、朱建平、李士杰等同志做了大量的翻译工作，给予了大力支持和密切合作，在此表示衷心地感谢。在译稿的整理、编辑和校核过程中得到不少专家的热忱关怀和帮助，在此向参加这项工作的文志明、贾应骥、魏心正、陈士玮、张大忠、张君烈、张兆亮、魏启渊、史有荣诸位高工致以谢意。在译稿的编审过程中还得到了华北电力学院北京研究生部教授、专家们的指导，在此一并致以谢意。

限于资料来源及编者水平，在编译过程中可能有挂一漏万，甚至误解原文等不当之处，请广大读者指正。希望这套教材能对培训从事大机组生产、运行、检修、管理的专业人员有所帮助。

内蒙电管局副局长兼总工程师 陈文孝

目 录

1. 序论	(1)
2. 热(火)力发电厂的发展	(3)
2.1. 历史的发展	(3)
2.2. 技术的发展	(4)
2.3. 经济的发展	(8)
2.3.1. 生产过程的改进	(11)
2.4. 人员	(14)
2.5. 与环境的关系	(15)
2.6. 电力需求的增长	(17)
2.7. 未来的发展	(20)
2.8. 习题	(21)
3. 燃烧化石燃料的火力发电厂	(23)
3.1. 概述	(23)
3.2. 厂址和生产流程的选择	(23)
3.2.1. 主要产品	(24)
3.2.2. 燃料供应	(24)
3.2.3. 辅助材料供应	(25)
3.2.4. 冷凝热量的排放	(26)
3.2.5. 副产品的输出	(26)
3.2.6. 废料、废水和废气的排放	(26)
3.3. 发电厂内能量的转换及其设备	(27)
3.3.1. 工质和能量的转换	(27)

3.3.2. 发电厂中的工质流和能流	(28)
3.4. 发电厂的内部构成及其主要 工质流的循环过程	(30)
3.4.1. 燃料系统	(30)
3.4.1.1. 概述	(30)
3.4.1.2. 输煤系统	(30)
3.4.1.3. 油系统	(32)
3.4.2. 空气—烟气系统	(33)
3.4.2.1. 概述	(33)
3.4.2.2. 装有高温除氮装置的发电厂	(34)
3.4.2.3. 具有低温除氮装置的发电厂	(35)
3.4.2.4. 新建发电厂	(37)
3.4.3. 冷却水系统	(38)
3.4.3.1. 概述	(38)
3.4.3.2. 主冷却水系统	(39)
3.4.3.3. 辅助冷却水系统	(43)
3.4.4. 辅助材料系统	(44)
3.4.4.1. 概述	(44)
3.4.4.2. 水系统	(44)
3.4.5. 副产品系统	(46)
3.4.5.1 概述	(46)
3.4.5.2. 灰渣系统	(46)
3.4.6. 水—汽循环系统	(48)
3.4.7. 电气系统	(49)
3.4.8. 其它工质的流程和循环	(51)
3.5. 评价发电厂生产过程的主要参数	(52)

3.5.1. 概述	(52)
3.5.2. 效率	(52)
3.5.3. 单位参数 (单耗)	(56)
3.5.3.1. 单位汽耗	(56)
3.5.3.2. 单位燃料消耗	(57)
3.5.3.3. 单位热耗	(57)
3.5.4. 总功率、有效功率、厂用电	(58)
3.5.5. 温度梯度 (端差)	(61)
3.5.5.1. 概述	(61)
3.5.5.2. 主凝汽器	(62)
3.5.5.3. 表面式加热器	(63)
3.5.5.4. 混合式加热器	(66)
3.5.5.5. 小结	(66)
3.6. 能量转换过程中的损失	(67)
3.6.1. 概述	(67)
3.6.2. 过程损失	(68)
3.6.3. 锅炉损失	(69)
3.6.4. 管道损失	(70)
3.6.5. 汽轮机损失	(70)
3.6.6. 发电机损失	(71)
3.6.7. 电能传输损失	(71)
3.6.8. 厂用电	(72)
3.6.9. 其它损失	(72)
3.6.10. 总 (净) 效率	(73)
3.6.11. 能量转换的图形表示	(74)
3.7. 发电厂的外部构造	(76)

3.7.1. 火电厂的分类	(76)
3.7.1.1. 按企业的目的性质分类	(76)
3.7.1.2. 按产品分类	(78)
3.7.1.3. 按热力系统分类	(78)
3.7.1.4. 按管道系统分类	(83)
3.7.1.5. 按应用方式分类	(88)
3.7.1.6. 按燃料分类	(91)
3.7.2. 设备组和电厂	(92)
3.7.2.1. 燃料处理和锅炉设备	(96)
3.7.2.2. 电能生产和水处理设备	(97)
3.7.2.3. 电气和二次控制系统设备	(97)
3.8. 习题	(101)
4. 影响蒸汽热力过程的因素	(104)
4.1. 热力系统	(104)
4.2. 改进	(104)
4.2.1. 回热式给水预热	(106)
4.2.2. 蒸汽的中间再热	(106)
4.2.3. 提高主蒸汽参数	(107)
4.2.4. 降低排汽压力	(108)
4.2.5. 用烟气加热助燃空气	(109)
4.2.6. 热能输出	(109)
4.3. 与设计参数的偏离	(110)
4.3.1. 主蒸汽参数	(111)
4.3.2. 中间再热温度	(111)
4.3.3. 回热式给水预热	(112)
4.3.4. 凝汽器压力	(112)

4.3.5. 排烟温度和过剩空气	(113)
4.3.6. 使效率降低的其它因素	(113)
4.3.7. 热负荷的监视	(113)
4.3.8. 特征设计参数	(114)
4.4. 习题	(115)
5. 火电厂的运行方式和调控	(117)
5.1. 概述	(117)
5.2. 用户的要求	(117)
5.3. 电力企业的措施	(118)
5.4. 从联合电网到主蒸汽	(119)
5.5. 运行方式概述	(122)
5.6. 定压运行	(124)
5.6.1. 概述	(124)
5.6.2. 定压调节	(124)
5.6.3. 入口压力调节	(126)
5.7. 滑压运行	(128)
5.7.1. 概述	(128)
5.7.2. 自然滑压	(128)
5.7.3. 修正滑压	(129)
5.7.4. 滑压运行的优缺点	(131)
5.8. 背压调节	(132)
5.9. 习题	(133)
6. 燃化石燃料火电厂的运行	(134)
6.1. 概述	(134)
6.2. 规程	(134)
6.3. 火力发电厂的启动	(135)

6.3.1. 概述	(135)
6.3.2. 启动状态	(135)
6.3.3. 启动顺序	(137)
6.3.4. 供水系统	(142)
6.3.5. 辅助冷却水系统	(142)
6.3.6. 凝结水收集系统	(144)
6.3.7. 辅助蒸汽系统	(145)
6.3.8. 水—汽循环系统充水	(147)
6.3.8.1. 低压加热器和凝结水循环 系统的充水	(147)
6.3.8.2. 给水箱充水	(148)
6.3.8.3. 给水箱预热	(148)
6.3.8.4. 高压加热器、省煤器、蒸发器和 汽包的充水以及循环系统的启动 ...	(149)
6.3.9. 灰渣系统的启动	(150)
6.3.10. 汽轮机启动的准备	(150)
6.3.10.1. 油循环	(150)
6.3.10.2. 密封蒸汽供汽	(151)
6.3.10.3. 凝汽器抽真空	(152)
6.3.10.4. 用辅助蒸汽暖机	(153)
6.3.11. 烟气脱硫装置启动的准备	(155)
6.3.12. 空气—烟气系统的启动	(155)
6.3.12.1. 概述	(155)
6.3.12.2. 启动	(155)
6.3.12.3. 预通风	(156)
6.3.13. 燃料供应系统启动	(157)

6.3.13.1. 概述	(157)
6.3.13.2. 点火启动	(157)
6.3.14. 水—汽循环系统启动	(158)
6.3.14.1. 概述	(158)
6.3.14.2. 蒸发器开始产生蒸汽	(159)
6.3.14.3. 管道和阀门的预热	(160)
6.3.14.4. 汽轮机的升速、定速和并列	(161)
6.3.14.5. 升负荷直至额定功率	(163)
6.3.15. 烟气脱硫装置的启动	(164)
6.3.16. 除氮装置的启动	(165)
6.3.17. 投煤粉带负荷运行	(166)
6.3.18. 回热系统的启动	(167)
6.4. 带负荷运行及其控制	(168)
6.4.1. 概述	(168)
6.4.2. 最佳运行	(168)
6.4.2.1. 概述	(168)
6.4.2.2. 用喷射减温水调节中间再热器的 蒸汽温度	(170)
6.4.2.3. 水—汽循环中汽水损失的补偿	(172)
6.4.3. 非正常运行和故障的概述	(174)
6.4.4. 几种主要的故障	(175)
6.4.4.1. 燃料方面	(175)
6.4.4.2. 空气—烟气系统	(176)
6.4.4.3. 水—汽循环	(177)
6.4.4.4. 凝汽器方面—冷却水侧的管道污垢 ...	(178)
6.4.4.5. 发电机甩负荷	(180)

6.5. 火电厂停机	(182)
6.5.1. 概述	(182)
6.5.2. 停机的原因	(182)
6.5.3. 短时停机	(183)
6.5.4. 大修前停机	(184)
6.5.5. 由于锅炉故障停机	(184)
6.5.6. 由于汽轮机故障停机	(184)
6.6. 习题	(185)
7. 发电厂的应用	(187)
7.1. 保证供电	(189)
7.2. 备用容量	(190)
7.3. 电网运行	(191)
7.3.1. 联合电网运行	(191)
7.3.2. 孤立网运行	(193)
7.4. 可用率	(193)
7.5. 习题	(194)
8. 燃化石燃料的火电厂的环境保护	(196)
8.1. 概述	(196)
8.2. 环境保护的一般规定	(198)
8.3. 空气净化	(201)
8.3.1. 概述	(201)
8.3.2. 关于空气净化的规定	(202)
8.3.3. 有害物质的来源和构成	(204)
8.3.3.1. 一氧化碳 CO	(204)
8.3.3.2. 硫的氧化物 SO_2 和 SO_3 (SO_x)	(204)
8.3.3.3. 氮的氧化物 NO 和 NO_2 (NO_x)	(204)

8.3.3.4. 氢的卤化物 HCl 和 HF	(205)
8.3.3.5. 飞灰	(205)
8.3.3.6. 水滴	(205)
8.3.3.7. 排放量	(205)
8.3.4. 减少污染物排放的措施	(205)
8.3.5. 发电厂运行的影响	(208)
8.4. 水体保护	(209)
8.4.1. 概述	(209)
8.4.2. 水体保护的规定	(209)
8.4.3. 各种废水的来源和减少污染的措施	(211)
8.4.3.1. 废水的来源	(211)
8.4.3.2. 减少废水排放量和废水净化的方法	(213)
8.4.4. 发电厂运行的影响	(214)
8.5. 残余物质和废料	(214)
8.5.1. 概述	(214)
8.5.2. 废料排放的规定	(215)
8.5.3. 发电厂运行的影响	(216)
8.6. 噪音防护	(217)
8.6.1. 概述	(217)
8.6.2. 噪音防护的规定	(218)
8.6.3. 降低噪音的措施	(219)
8.7. 习题	(220)
附录	(222)
1. 空气净化的一些重要极限值	(222)
1.1. 按 GFAVO1983 年的要求(摘录)	(222)
1.1.1. 对 SO ₂ 排放的要求(固体燃料)	(222)