

9077

火力发电厂培训教材

燃烧和蒸汽发生

梁殿臣 主译



N0014150

TK 227

内蒙古人民出版社

● 现代化火力发电厂培训教材

燃烧和蒸汽发生

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

燃烧和蒸汽发生

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: 5.625 字数: 114 千 插页: 4

1991 年 3 月第一版 1991 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—8000 册

ISBN7-204-02445-1/G·421 每册: 3.80 元

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、魏启鼎、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. 燃 料	(1)
1.1. 概论	(1)
1.1.1. 燃料分类	(1)
1.1.1.1. 燃料的形成	(1)
1.1.1.2. 燃料矿藏及其开采	(2)
1.1.1.3. 燃料的组成	(3)
1.1.1.4. 燃料的主要特性	(3)
1.1.2. 燃料发热量的定义	(3)
1.2. 煤	(4)
1.2.1. 燃料分析	(4)
1.2.1.1. 发热量的测定	(4)
1.2.1.2. 水分含量	(5)
1.2.1.3. 灰分含量	(6)
1.2.1.4. 挥发分	(6)
1.2.1.5. 发热量计算	(6)
1.2.1.6. 采样	(7)
1.2.2. 硬煤	(8)
1.2.2.1. 种类	(8)
1.2.2.2. 品级	(9)
1.2.2.3. 劣质煤	(9)
1.2.3. 褐煤	(10)

1.2.3.1. 品种	(10)
1.2.3.2. 成分	(10)
1.2.4. 煤灰的熔化特性	(10)
1.2.4.1. 褐煤和硬灰分的组成	(10)
1.2.4.2. 灰分熔化特性的检测	(11)
1.2.5. 煤的可磨性	(13)
1.2.6. 燃料的堆积容重	(13)
1.2.7. 燃料的比热	(14)
1.2.8. 燃料的闪点	(14)
1.2.9. 煤的堆放	(15)
1.3. 液体燃料	(16)
1.3.1. 种类	(16)
1.3.2. 性能	(17)
1.3.3. 定义	(18)
1.3.3.1. 密度 φ	(18)
1.3.3.2. 闪点	(18)
1.3.3.3. 粘度	(19)
1.3.3.4. 凝固点	(21)
1.3.3.5. 燃料油中残炭的测定 ——康检德森试验	(21)
1.3.3.6. 燃料油中的含硫量	(21)
1.3.3.7. 燃料油中的灰分	(22)
1.3.3.8. 燃料油中的水分	(22)
1.3.3.9. 燃料油中的沉积物	(22)
1.3.3.10. 硬沥青和石蜡	(22)
1.3.4. 发热量	(23)

1.3.5. 采样	(23)
1.3.6. 燃料油的混合	(23)
1.4. 煤气	(23)
1.4.1. 分类	(23)
1.4.2. 品种和来源	(23)
1.4.2.1. 高炉煤气	(24)
1.4.2.2. 发生炉煤气	(24)
1.4.2.3. 水煤气	(24)
1.4.2.4. 焦炉煤气	(24)
1.4.2.5. 低温干馏煤气	(24)
1.4.2.6. 灯用煤气	(24)
1.4.2.7. 天然气	(25)
1.4.2.8. 精炼煤气	(25)
1.4.3. 煤气组成成分	(25)
1.4.4. 气体燃料的可燃性极限 (在 20℃ 空气中)	(26)
1.4.5. 相对密度	(27)
1.4.6. 沃波指数 (Wobbe 指数)	(27)
1.4.7. 天然气的特性	(27)
1.5. 其它燃料	(28)
2. 燃烧原理	(29)
2.1. 燃烧过程	(29)
2.2. 过剩空气	(32)
2.3. 最大二氧化碳含量	(33)
2.4. 燃烧用空气量及其所生烟气量	(34)
2.5. 燃烧三角形	(37)

2.6. 露点	(39)
2.7. 测量技术	(39)
2.8. 抽力的产生	(41)
3. 热效率	(42)
3.1. 定义	(12)
3.2. 正平衡确定法	(12)
3.3. 反平衡确定法	(14)
3.4. 热损失	(14)
3.4.1. 排烟热损失	(11)
3.4.2. 机械未完全燃烧热损失	(44)
3.4.3. 化学未完全燃烧热损失	(44)
3.4.4. 散热损失	(44)
3.4.5. 炉渣物理热量损失	(14)
3.5. 蒸汽锅炉热效率的经验数据	(18)
3.6. 炉膛和受热面的热效率	(49)
3.7. 蒸发率	(49)
3.8. 锅炉的自身能耗	(50)
4. 燃烧设备	(51)
4.1. 燃烧室的特性参数	(51)
4.2. 燃煤炉	(53)
4.2.1. 移动炉篦式燃煤炉	(53)
4.2.2. 煤粉炉	(55)
4.2.2.1. 制粉系统	(56)
4.2.3. 磨煤设备	(57)
4.2.3.1. 硬煤煤粉细度	(58)
4.2.3.2. 煤的可磨性	(59)

4.2.3.3. 格里万硬度磨煤机	(59)
4.2.3.4. 分离器的结构类型	(61)
4.2.3.5. 重力球磨机	(63)
4.2.3.5.1. 滚筒式球磨机	(63)
4.2.3.6. 中速磨煤机	(64)
4.2.3.6.1. 中速钢球磨煤机和轧辊式磨煤机	(64)
4.2.3.7. 锤式、冲击轮式和风扇式磨煤机	(66)
4.2.3.7.1. 克来码锤式磨煤机	(67)
4.2.3.7.2. 锤击式磨煤机	(67)
4.2.3.8. 磨煤机出力	(72)
4.2.3.9. 磨煤机的磨损	(73)
4.2.3.10. 磨煤机磨损件工作寿命	(73)
4.2.4. 煤粉喷燃器	(73)
4.2.4.1. 煤粉喷燃器的结构类型	(73)
4.2.4.1.1. 喷射式喷燃器	(74)
4.2.4.1.2. 涡流式喷燃器或圆形喷燃器	(75)
4.2.4.2. 固态排渣煤粉炉的燃烧器	(77)
4.2.4.3. 液态排渣燃烧室	(79)
4.2.4.3.1. 敞开式单室液态除渣炉	(81)
4.2.4.3.2. 封闭式双室液态除渣炉	(82)
4.2.4.4. 旋风式燃烧室	(86)
4.2.4.4.1. 卧式旋风燃烧室	(87)
4.2.4.4.2. 立式旋风燃烧室	(88)
4.3. 燃油炉	(89)
4.3.1. 燃油系统	(90)
4.3.2. 油喷燃装置	(92)

4.3.3. 油喷燃器结构类型	(96)
4.3.3.1. 压力式雾化油喷燃器	(96)
4.3.3.1.1. 回流式雾化油喷燃器	(98)
4.3.3.2. 喷射式雾化油喷燃器	(99)
4.3.3.3. 转杯离心式雾化油喷燃器	(101)
4.3.4. 喷燃器的布置	(102)
4.3.5. 高、低温腐蚀、污染和 SO_2 排放	(105)
4.3.6. 燃油安全技术规程和工作细则	(106)
4.4. 燃气炉	(106)
4.4.1. 供气系统	(106)
4.4.2. 煤气喷燃器结构类型	(108)
4.4.3. 液化气体雾化喷燃器、工作规则	(112)
4.4.4. 燃气安全技术规程和规定	(113)
4.4.5. 补述	(116)
5. 蒸汽锅炉	(117)
5.1. 火管锅炉	(118)
5.2. 水管锅炉	(118)
5.2.1. 自然循环蒸汽锅炉	(118)
5.2.1.1. 汽包内部构件	(119)
5.2.1.2. 锅炉热容量	(121)
5.2.1.3. 蒸汽锅炉受压元件的壁厚	(122)
5.2.2. 强制循环蒸汽锅炉	(122)
5.2.3. 直流锅炉	(123)
5.3. 受热面分配	(129)
5.4. 过热器	(129)
5.4.1. 过热器结构类型	(131)

5.4.1.1. 辐射式过热器	(131)
5.4.1.2. 对流式过热器	(131)
5.4.1.3. 屏式过热器	(131)
5.4.2. 过热器温度特性曲线	(131)
5.4.3. 过热器系统的布置方式	(132)
5.4.4. 过热器的悬吊	(133)
5.5. 过热蒸汽温度的调节	(133)
5.5.1. 烟气挡板调节	(133)
5.5.2. 喷水式减温器	(135)
5.5.3. 表面式减温器	(135)
5.5.4. 通过与“冷态”蒸汽混合方式调温度 ...	(136)
5.5.5. 自冷凝喷水减温器	(136)
5.5.6. 以气—汽—汽热交换法 调节再热蒸汽温度	(137)
5.6. 省煤器	(137)
5.7. 蒸汽锅炉管子材料	(138)
5.8. 蒸汽锅炉配件	(139)
5.8.1. 水位计	(139)
5.8.1.1. 直读式水位计	(139)
5.8.1.2. 间接指示式水位计	(140)
5.8.1.2.1. 机械传动式水位计	(141)
5.8.1.2.2. 重液传动式水位计	(141)
5.8.2. 锅炉给水配件	(142)
5.8.3. 锅炉截止配件	(142)
5.8.4. 安全阀	(143)
5.9. 锅炉钢架	(143)

5.10. 锅炉炉墙砌筑	(141)
5.11. 焊接式膜式炉壁	(146)
5.12. 空气预热器	(148)
5.12.1. 对流换热式空气预热器	(148)
5.12.1.1. 铸铁空气预热器	(148)
5.12.1.2. 板式空气预热器	(148)
5.12.1.3. 管式空气预热器	(149)
5.12.2. 回转式空气预热器	(150)
5.12.2.1 永司登式空气预热器	(151)
5.12.2.2. 罗特米勒式空气预热器	(153)
5.12.2.3. 弹簧带式空气预热器	(154)
5.13. 烟气侧清灰装置	(155)
5.13.1. 单喷嘴式吹灰器	(155)
5.13.2. 多喷嘴式吹灰器	(155)
5.13.3. 长管螺旋吹灰器	(156)
5.13.4. 耙式或十字梁式吹灰器	(156)
5.13.5. 钢珠清灰器	(158)
6. 烟气除尘	(161)
6.1. 除尘器效率	(161)
6.2. 除尘设备	(162)
6.2.1. 机械除尘装置	(162)
6.2.1.1. 重力除尘器	(162)
6.2.1.2. 离心式除尘器	(162)
6.2.1.3. 多旋风子除尘器	(163)
6.2.1.4. 湿式除尘器	(163)
6.2.1.5. 袋式除尘器	(163)

6.2.2. 静电除尘器	(164)
附录一：蒸汽锅炉规程	(166)
附录二：国际单位制新计量单位	(167)
说明	(169)

1. 燃 料

1.1. 概 论

1.1.1. 燃料分类

燃料可按其来源分为天然燃料和人工燃料两大类、又可根据其物理形态分为固体、液体和气体燃料。

1.1.1.1. 燃料的形成

天然固体均为植物所形成。由于地壳运动使地球表层发生猛烈的变迁，原来生长在地表的繁茂森林和植物群落被深埋入地层下面，这些树木和植物在高温高压和隔绝空气的状态下经历千百万年后，逐渐形成今日开采出来的各种形态的煤。其经历过程大致如下：

植物（主要为树木）→泥炭（沼泽地）→褐煤→无烟煤。

在上述成煤的碳化过程中，煤中的含碳量按一定的顺序逐渐增长：

泥煤，含碳量最高达 60%→褐煤，含碳量最高达 70%→无烟煤，含碳量最高达 90%。

泥煤的形成年龄约十万年；褐煤的形成年龄约 6 千万年；无烟煤的形成年龄约 2 亿 5 千万年。

随着成煤年龄的增长，煤的密实度、硬度和抗压强度也逐渐提高，而其中所含挥发份和水分却日趋降低。

石油和天然气则是由远古海洋中的动植物遗骸转化而成。也可在特定的催化剂作用下，在很高压力下，通过煤中

氢的分解和水的分离而得到。石油和天然气矿床常紧密地伴生在一起。

人工精炼燃料是煤和石油的转化产物：

a) 低温干馏焦（半焦）、焦炭、煤砖。

b) 燃料油（重油）、煤焦油。

c) 高炉煤气、发生炉煤气、焦炉煤气、水煤气、低温炼焦煤气、精炼煤气。

1.1.1.2. 燃料矿藏及其开采

德国最大的无烟煤矿位于鲁尔区、萨尔区和亚阿亨地区。

一般情况下，古老的无烟煤埋藏得很深，因而需要在地下深层挖掘矿井开采。生成年代较短的褐煤矿层却浅埋在紧挨地表的下面，因而只需剥离其上的复盖层即可露天开采。德国最大的褐煤矿位于科隆附近的莱茵河地区、德国中部地区和黑森地区。在埃姆斯发现规模较小的石油和天然气矿。

液体和气体燃料积聚在多孔的岩层中，用打井钻孔的方法开采出来。石油和天然气在地层中常处于高压状态下，因此井孔压力可高达 300 巴。

由于硬煤（无烟煤）矿层是从“复盖岩石层”下爆裂剥离出来，故开采出来的煤必须在洗煤厂进行特殊的选矿处理后才能燃用。在洗煤厂中被分选出的煤堆积如山，通过分选，块煤、小块煤、碎煤、煤粉、煤泥和其它中间产物的形态同时被分选出来。这些中间产物有介乎煤与岩石之间的比重等级。

褐煤却不需要作特别的分选处理就可用作燃料，与硬煤不同的地方仅仅是因为它含有大量水分，需要广泛地进行“干燥粉碎”处理。轻油为石油精炼时分馏获得，而重油则以精炼时的附带副产品形式出现。