

高等学校试用教材

锅炉习题实验及 课程设计

(第二版)

同济大学等院校 编



中国建筑工业出版社

第一版前言

本书为高等学校供热与通风专业《锅炉及锅炉房设备》课程的辅助教材，是以1980年编写的《锅炉及锅炉房设备习题、实验及课程设计汇编》为基础，加以充实修订而成。

《锅炉及锅炉房设备》是一门涉及基础理论面较广而专业实践性又较强的课程。在教学过程中，除了应选配必要的习题及复习思考题外，还需有相应的教学实验和课程设计（作业）等环节相配合。以使学能更好地理解 and 掌握本课程的有关知识，本书正是按此需要，同时也兼顾函授等业余学习的迫切需要而编写的。

本书的取材和深度，以紧密配合教学为原则，适当有所扩充。全书分六篇编排，其中第一篇是习题及复习思考题，主要配合课堂教学和满足函授等业余教学的需要。第二篇为实验指示书，除了教学大纲规定的教学实验，还增加了锅炉水质分析和水循环方面的实验。第三篇锅炉的热力计算及通风计算，是课程设计（作业）和毕业设计的重要计算内容；本书以SHL10-13/350-W型锅炉产品为对象，按校核计算的方法和步骤，详细具体地作了示范性演算。第四篇为课程设计（作业）指导书，对设计原则、综合分析、基本方法和步骤等，一一作了具体指导。第五篇是课程设计示例，列举了各种类型的锅炉房设计。此外，为了加深对锅炉房工艺设计的认识，书末专列一篇工业锅炉房设计及布置，选用了四套已投入运转的工业锅炉房工艺设计图。

本书采取各校分工编写、集中汇编的办法，广采各家之长，博收各校之萃。但因各校教学风格及所在地区和习惯的不同，也给全书的贯串统一带来一定困难。由于目前较为完整的综合成册的辅助教材很少，难于借鉴，本书的编写无疑是一种带有尝试性质的工作；加之修订时间紧迫和限于编者水平，难免会存在不少缺点和错误，恳望批评指正。

本书在编写过程中，曾得到上海机电设计院、上海轻工业设计院、上海工业建筑设计院和中国船舶工业总公司第九设计研究院等单位及有关同志的大力协助并提供宝贵资料 and 意见，特在此表示诚挚的感谢。

参加本书编写工作的有：同济大学吴味隆、蒋君衍（第二篇、第三篇一、第六篇及附录），湖南大学邵锡奎（第一篇），太原工学院胡连祯（第二篇），重庆建筑工程学院关正安、马孝聪（第三篇二、第五篇二），西安冶金建筑学院傅裕仁（第四篇）、天津大学赵之敏（第五篇一），哈尔滨建筑工程学院董珊（第五篇三），北京建筑工程学院卢桂菊（第五篇四）和清华大学蔡启林、陈雨田（第五篇五）等同志。《锅炉及锅炉房设备》教材的主编肖友瑟、奚士光同志和主审解鲁生同志也都曾积极参与并支持过本书的编写。

本书由吴味隆同志主编，解鲁生同志主审。

编者

1983年12月

第二版前言

本书和《锅炉及锅炉房设备》是高等学校供热通风与空调工程专业“锅炉及锅炉房设备”课程的两本配套使用的教材。它初版于1984年底，三年里两次印刷，发行了近三万册，较好地满足了日校教学和函授等业余教学的需要，也颇受其它有关专业及工程技术人员的欢迎和使用。

本书初版至今已有五年时间。其间，我国锅炉技术有了新的发展，与锅炉有关的国家标准和规范规程大都作了修订，与本书配套使用的教材《锅炉及锅炉房设备》亦已于1986年修订再版，并改用了法定计量单位。所有这些，都使得有必要对本初版教材进行一次全面的修订，以更好适应和满足当前教学的需要。为此，1988年5月在上海召开了本教材的修订工作会议。

本版教材仍以1983年6月制订的本课程教学大纲为依据，保持原有特色和篇章结构。在总结教学经验的基础上，修订时力求突出主要内容，注意改进教学方法，密切理论与实践的联系，着重培养和提高学生的能力。与初版相比，本修订版主要作了以下变动：

全书采用了我国法定计量单位，书末附录中列出各单位制之间的换算表，以备查用。

书中凡与国家标准和规范规程有关的章节内容，一律以新的标准、规范规程为准进行了全面修订校正，相关计算相应作了校核或重新演算。

修订和部分重写了第二篇“实验指示书”，对其中某些术语和概念作了较为详尽的说明，并注意加强了学生的实验操作技能的训练。

重写了第四篇中的“课程设计（作业）指导书”，更为详细、具体地论述了设计原理、计算方法、方案分析以及设备选择等有关内容，以期学生能较系统、全面地了解 and 掌握课程设计（作业）的程序和方法。

第五篇中，根据我国目前燃料的实际供应情况和教学需要，删除了燃油锅炉房设计等三个示例，综合增补了一个采暖用的热水锅炉房课程设计示例。

在本版修订过程中，承蒙上海交通大学、中国纺织大学和上海机电设计研究院等兄弟院校及单位给予大力支持，提供了许多宝贵的意见和资料，在此深表感谢。

参加本次修订编写的有同济大学吴味隆（第二篇、第三篇一、第六篇及附录）、蒋君衍（第三篇一），上海城市建设学院邵锡奎（第一篇），太原工业大学胡连祯（第二篇一、二、三、四），重庆建筑工程学院关正安（第三篇二、第五篇二（五））、马孝聪（第五篇二（一）～（四）及（六）、（七）），西安冶金建筑学院傅裕仁（第四篇），天津大学赵之敏（第五篇一）和哈尔滨建筑工程学院董珊（第五篇三）等同志。

本书仍由吴味隆同志主编，青岛建筑工程学院解鲁生同志主审。

修订时编者竭尽全力，试图本版教材能更符合教学规律和要求，以利提高教学质量。能否获得预想效果，还有待实践检验。对于书中存在的错误和不足之处，恳请读者批评指正，编者将不胜感谢。

编者

1989年5月于上海

目 录

第二版前言

第一版前言

第一篇 习题及复习思考题	1
一、习题	1
二、复习思考题	12
第二篇 实验指示书	22
一、煤的工业分析	22
二、煤的发热量测定	28
三、烟气分析	39
四、锅炉的热工试验	43
五、蒸汽湿度的测定	55
六、硬度的测定 (EDTA 滴定法)	58
七、碱度的测定 (容量法)	62
八、溶解氧的测定 (两瓶法)	65
九、锅炉水循环实验	68
第三篇 锅炉的热力计算及通风计算	71
一、SHL10-1.3/350-WI型锅炉的热力计算	71
(一) 锅炉参数	71
(二) 锅炉燃料与燃烧计算	71
(三) 锅炉热平衡及燃料消耗量计算	74
(四) 炉膛的热力计算	75
(五) 凝渣管的热力计算	80
(六) 蒸汽过热器的热力计算	82
(七) 锅炉管束的热力计算	88
(八) 省煤器的热力计算	91
(九) 空气预热器的热力计算	93
(十) 锅炉热力计算汇总表	97
二、SHL10-1.3/350-W I型锅炉的通风计算	98
(一) 计算依据	98
(二) 锅炉的烟气阻力计算	99
(三) 锅炉的空气阻力计算	105
第四篇 课程设计指导书	111
一、课程设计 (作业) 任务书	111
(一) 目的	111
(二) 设计题目	111

(三) 原始资料·····	111
(四) 设计(作业)内容和要求·····	111
二、课程设计(作业)指导书·····	113
(一) 锅炉型号和台数的选择·····	113
(二) 水处理设备的选择及计算·····	115
(三) 给水设备和主要管道的选择计算·····	120
(四) 送、引风系统的设计·····	125
(五) 运煤除灰方法的选择·····	127
(六) 锅炉房工艺布置·····	128
(七) 制图要求·····	133
(八) 设计说明书的编制·····	135
第五篇 锅炉房课程设计示例·····	138
一、三台KZL4-0.7-A锅炉房工艺设计·····	138
(一) 设计概况·····	138
(二) 原始资料·····	138
(三) 热负荷计算及锅炉选择·····	139
(四) 给水及水处理设备的选择·····	139
(五) 汽水系统主要管道管径的确定·····	142
(六) 分汽缸的选用·····	143
(七) 送、引风系统的设备选择计算·····	144
(八) 燃料供应及灰渣清除系统·····	146
(九) 锅炉房布置·····	148
(十) 锅炉房人员的编制·····	148
(十一) 设计技术经济指标·····	148
(十二) 锅炉房主要设备表·····	148
二、两台SHL10-1.3-P锅炉房工艺设计·····	152
(一) 设计的原始资料·····	152
(二) 锅炉型号和台数选择·····	154
(三) 水处理设备的选择·····	155
(四) 汽水系统的设计·····	160
(五) 通风系统的设备选择计算·····	161
(六) 运煤、除渣和除尘设备的选择·····	175
(七) 锅炉房主要设备表·····	177
三、三台SHW4.2-1.0/130/70-H热水锅炉房工艺设计·····	181
(一) 原始资料·····	181
(二) 热负荷、锅炉类型及台数的确定·····	182
(三) 给水和热力系统设计·····	183
(四) 通风系统设计及设备选择·····	192
(五) 燃料供应及除灰渣设备·····	200
(六) 锅炉房布置的简要说明·····	202
(七) 锅炉房主要设备表·····	203
第六篇 工业锅炉房设计及布置·····	208

一、锅炉房设计原则和方法	208
二、锅炉房的布置	210
三、与有关专业的协作关系	213
四、工业锅炉房设计布置实例	217
(一) 两台KZL4-1.3-A II 锅炉房工艺设计	217
(二) 两台SHL6-1.6-A III 锅炉房设计	222
(三) 三台SHL10-1.3-A 锅炉房设计	232
(四) 两台SHL20-1.3/350-A 锅炉房设计	234

附录

表 1 单位换算表	237
表 2 饱和水与水蒸汽特性表(按压力排列)	238
表 3 过热蒸汽特性表(按压力排列)	238
表 4 水的比容和焓	240
表 5 各类管道的规定代号	240
表 6 蒸汽、水及压缩空气管道推荐流速	241
表 7 常用钢管规格及质量表	241
表 8 蒸汽往复泵性能表	242
表 9 102型离心塑料泵性能表	242
表10 电动离心水泵性能表	242
表11 锅炉风机性能表	244
表12 逆流再生钠离子交换器(S_{51})技术参数	245
表13 大气热力喷雾式除氧器技术参数	245
表14 排污扩容器技术参数	245
表15 取样冷却器技术参数	246
表16 分汽缸技术参数	246
表17 管壳式热交换器技术参数	247
表18 SS型螺旋板热交换器技术参数	247
表19 碳钢 I 型不可拆式螺旋板热交换器技术参数	247
表20 换热设备的放热系数和传热系数概略值	248
表21 常用热电偶分度(自由端温度为0°C)和热电阻分度	248
表22 工业锅炉设计用代表性煤种的理论空气量和燃烧产物体积	249
表23 利用工业分析结果计算煤的低位发热量	249
表24 热水锅炉技术性能汇总表	251
表25 蒸汽锅炉技术性能汇总表	253

第一篇 习题及复习思考题

一、习 题

1. 已知煤的分析基成份: $C' = 60.5\%$, $H' = 4.2\%$, $S' = 0.8\%$, $A' = 25.5\%$, $W' = 2.1\%$ 和风干水分 $W_f = 3.5\%$, 试计算上述各种成分的应用基含量。

($C' = 58.38\%$, $H' = 4.05\%$, $S' = 0.77\%$, $A' = 24.61\%$, $W' = 5.53\%$)

2. 已知煤的分析基成分: $C' = 68.6\%$, $H' = 3.66\%$, $S' = 4.84\%$, $O' = 3.22\%$, $N' = 0.83\%$, $A' = 17.35\%$, $W' = 1.5\%$, $V' = 8.75\%$, 分析基发热量 $Q_{w'} = 27528 \text{ kJ/kg}$ 和应用基水分 $W' = 2.67\%$, 煤的焦渣特性为 3 类, 求煤的应用基其它成分、可燃基挥发物及应用基低位发热量, 并用门捷列夫经验公式和我国煤炭科学研究院由工业分析直接计算煤的低位发热量公式^①进行校核。

($C' = 67.79\%$, $H' = 3.62\%$, $S' = 4.78\%$, $O' = 3.18\%$, $N' = 0.82\%$, $A' = 17.14\%$, $V' = 10.78\%$, $Q_{w'} = 27172 \text{ kJ/kg}$; 按门捷列夫经验公式 $Q_{w'} = 26825 \text{ kJ/kg}$, 按我国煤炭科学研究院计算公式 $Q_{w'} = 26618 \text{ kJ/kg}$)

3. 下雨前煤的应用基成分为: $C_1' = 34.2\%$, $H_1' = 3.4\%$, $S_1' = 0.5\%$, $O_1' = 5.7\%$, $N_1' = 0.8\%$, $A_1' = 46.8\%$, $W_1' = 8.6\%$, $Q_{w1}' = 14151 \text{ kJ/kg}$ 。

下雨后煤的应用基水分变动为 $W_2' = 14.3\%$, 求雨后应用基其它成分的含量及应用基低位发热量, 并用门捷列夫经验公式进行校核。

($C_2' = 32.07\%$, $H_2' = 3.19\%$, $S_2' = 0.47\%$, $O_2' = 5.34\%$, $N_2' = 0.75\%$, $A_2' = 43.88\%$, $Q_{w2}' = 13113 \text{ kJ/kg}$, 按门捷列夫经验公式 $Q_{w2}' = 13297 \text{ kJ/kg}$)

4. 某工厂贮存有应用基水分 $W_1' = 11.34\%$ 及应用基低位发热量 $Q_{w1}' = 20097 \text{ kJ/kg}$ 的煤 100t, 由于存放时间较长, 应用基水分减少到 $W_2' = 7.18\%$, 问这 100t 煤的质量变为多少? 煤的应用基低位发热量将变为多大?

(煤的质量变为 95.52t, $Q_{w2}' = 21157 \text{ kJ/kg}$)

5. 已知煤的成分: $C' = 85.00\%$, $H' = 4.64\%$, $S' = 3.93\%$, $O' = 5.11\%$, $N' = 1.32\%$, $A' = 30.05\%$, $W' = 10.33\%$, 求煤的应用基成分, 并用门捷列夫经验公式计算煤的应用基低位发热量。

($C' = 53.31\%$, $H' = 2.91\%$, $S' = 2.46\%$, $O' = 3.21\%$, $N' = 0.83\%$, $A' = 26.95\%$, $Q_{w'} = 20730 \text{ kJ/kg}$)

6. 用氧弹测热计测得某烟煤的弹筒发热量为 26578 kJ/kg , 并知 $W' = 5.3\%$, $H' = 2.6\%$, $W_f = 3.5\%$, $S' = 1.8\%$, 试求其应用基低位发热量。

① 详见附录表 23

($Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 24727 \text{ kJ/kg}$)

7. 一台4t/h的链条炉, 运行中用奥氏烟气分析仪测得炉膛出口处 $\text{RO}_2 = 13.8\%$, $\text{O}_2 = 5.9\%$, $\text{CO} = 0$; 省煤器出口处 $\text{RO}_2 = 10.0\%$, $\text{O}_2 = 9.8\%$, $\text{CO} = 0$ 。如燃料特性系数 $\beta = 0.1$, 试校核烟气分析结果是否准确? 炉膛和省煤器出口处的过量空气系数及这一段烟道的漏风系数有多大?

(烟气分析结果准确, 炉膛出口 $\alpha' = 1.39$, 省煤器出口 $\alpha'' = 1.88$, 烟道的漏风系数 $\Delta\alpha = 0.49$)

8. SZL10-1.3-W II型锅炉所用燃料成分为 $\text{C}' = 59.6\%$, $\text{H}' = 2.0\%$, $\text{S}' = 0.5\%$, $\text{O}' = 0.8\%$, $\text{N}' = 0.8\%$, $\text{A}' = 26.3\%$, $\text{W}' = 10.0\%$, $\text{V}' = 8.2\%$, $Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 22190 \text{ kJ/kg}$ 。求燃料的理论空气量 V_{t}^{I} 、理论烟气量 V_{t}^{II} 以及在过量空气系数分别为1.45和1.55时的实际烟气量 V_{y} , 并计算 $\alpha = 1.45$ 时300℃及400℃烟气的焓和 $\alpha = 1.55$ 时200℃及300℃烟气的焓。

($V_{\text{t}}^{\text{I}} = 5.82 \text{ m}_N^3/\text{kg}$, $V_{\text{t}}^{\text{II}} = 6.16 \text{ m}_N^3/\text{kg}$; $\alpha = 1.45$ 时 $V_{\text{y}} = 8.82 \text{ m}_N^3/\text{kg}$; $\alpha = 1.55$ 时 $V_{\text{y}} = 9.41 \text{ m}_N^3/\text{kg}$; $\alpha = 1.45$ 及300℃时 $I_{\text{y}} = 3688 \text{ kJ/kg}$; $\alpha = 1.45$ 及400℃时 $I_{\text{y}} = 4983 \text{ kJ/kg}$; $\alpha = 1.55$ 及200℃时 $I_{\text{y}} = 2581 \text{ kJ/kg}$; $\alpha = 1.55$ 及300℃时 $I_{\text{y}} = 3922 \text{ kJ/kg}$)

9. 一台蒸发量 $D = 4 \text{ t/h}$ 的锅炉, 过热蒸汽绝对压力 $P = 1.37 \text{ MPa}$, 过热蒸汽温度 $t = 350^\circ\text{C}$ 及给水温度 $t_{\text{gs}} = 50^\circ\text{C}$ 。在没有装省煤器时测得 $q_2 = 15\%$, $B = 950 \text{ kg/h}$, $Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 18841 \text{ kJ/kg}$; 加装省煤器后测得 $q_2 = 8.5\%$, 问装省煤器后每小时节煤量为多少?

(节煤量 $\Delta B = 77 \text{ kg/h}$)

10. 由热工试验测得锅炉运行参数如下: 饱和蒸汽绝对压力 $P = 0.93 \text{ MPa}$, 给水温度 $t_{\text{gs}} = 45^\circ\text{C}$, 3.5h内共用煤1325kg, $Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 21562 \text{ kJ/kg}$, 给水量 $D = 7530 \text{ kg}$; 试验期间汽动给水泵共用汽220kg, 送引风机等辅机共用电35kWh。若试验期间不排污, 试计算锅炉的毛效率及净效率。

($\eta_{\text{gl}} = 68.15\%$, $\eta_{\text{j}} = 65.53\%$)

11. 某厂SZP10-1.3型锅炉燃用应用基灰分为17.74%、低位发热量为25539kJ/kg的煤, 每小时耗煤1544kg。在运行中测得灰渣和漏煤总量为213kg/h, 其可燃物含量为17.6%; 飞灰可燃物含量为50.2%, 试求固体不完全燃烧热损失 q_4 。

($q_4 = 11.31\%$)

12. 某链条炉热工试验测得数据如下: $\text{C}' = 55.5\%$, $\text{H}' = 3.72\%$, $\text{S}' = 0.99\%$, $\text{O}' = 10.38\%$, $\text{N}' = 0.98\%$, $\text{A}' = 18.43\%$, $\text{W}' = 10.0\%$, $Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 21353 \text{ kJ/kg}$, 炉膛出口的烟气成分 $\text{RO}_2 = 11.4\%$, $\text{O}_2 = 8.3\%$ 以及固体不完全燃烧热损失 $q_4 = 9.78\%$, 试求气体不完全燃烧热损失 q_3 。

($q_3 = 0.98\%$)

13. 已知SHL10-1.3-W II型锅炉燃煤元素成分: $\text{C}' = 59.6\%$, $\text{H}' = 2.0\%$, $\text{S}' = 0.5\%$, $\text{O}' = 0.8\%$, $\text{N}' = 0.8\%$, $\text{A}' = 26.3\%$, $\text{W}' = 10.0\%$, $Q_{\text{w}}^{\text{I}} = 22190 \text{ kJ/kg}$, $\alpha_{\text{py}} = 1.65$, $\vartheta_{\text{py}} = 160^\circ\text{C}$, $t_{\text{lk}} = 30^\circ\text{C}$, $q_4 = 7\%$, 试计算该锅炉的排烟热损失 q_2 。

($q_2 = 7.55\%$)

14. 某链条锅炉参数和热平衡试验测得的数据列于表1-1, 试用正反热平衡方法求该锅炉的毛效率和各项热损失。

锅炉参数及热平衡试验数据

表 1-1

序号	项 目		符 号	单 位	数据	序号	项 目		符 号	单 位	数据
1	蒸 发 量		D	t/h	36.5	12	漏 煤	漏 煤 量 可燃物含量	G_{lm} R_{lm}	t/h %	0.248 16.4
2	蒸汽绝对压力		P	MPa	2.55		13 14 15 16	飞灰中可燃物含量	R_{fh}	%	11.5
3	过热蒸汽温度		t_{rg}	°C	400	燃料消耗量		B	t/h	4.96	
4	给水绝对压力		P_{gs}	MPa	2.94	应用基低位发热量		Q_{dw}^*	kJ/kg	22391	
5	给水温度		t_{gs}	°C	150	煤的元素 分析成分		碳 氢 硫 氧 氮 灰 分 水 分	C'	%	58.30
6	排 污 量		D_{pw}	t/h	0				H'	%	3.09
7	排烟温度		θ_{py}	°C	150		S'		%	4.34	
8	冷空气温度		t_{lk}	°C	25		O'		%	0.74	
9	灰渣温度		t_{hz}	°C	600		N'		%	0.51	
10	排烟成分	三原子气体	RO_2	%	12.2	17	散 热 损 失	A'	%	27.90	
		氧 气	O_2	%	6.9			W'	%	5.12	
		一氧化碳	CO	%	0.2			q_s	%	1.1	
灰 渣	灰 渣 量	G_{hz}	t/h	1.19	灰 渣 中 可燃物含量			R_{hz}	%	8.8	
	灰 渣 中 可燃物含量	R_{hz}	%	8.8							

(正平衡 $\eta_{gl} = 85.57\%$,反平衡 $\eta'_{gl} = 85.65\%$, $q_2 = 7.12\%$, $q_3 = 0.97\%$, $q_4 = 4.51\%$, $q_6 = 0.65\%$)

15. 某锅炉房有一台QXL200型热水锅炉,无尾部受热面,经正反热平衡试验,在锅炉房现场得到的数据有:循环水量118.9t/h,燃煤量599.5kg/h,进水温度58.6°C,出水温度75.49°C,送风温度16.7°C,灰渣量177kg/h,漏煤量24kg/h,以及排烟温度246.7°C和排烟烟气成分 $RO_2 = 11.2\%$, $O_2 = 7.7\%$, $CO = 0.1\%$ 。

同时,在实验室又得到如下分析数据:煤的元素成分 $W' = 6.0\%$, $A' = 31.2\%$, $V' = 24.8\%$, $Q_{dw}^* = 18405\text{kJ/kg}$,灰渣可燃物含量 $R_{hz} = 8.13\%$,漏煤可燃物含量 $R_{lm} = 45\%$,飞灰可燃物含量 $R_{fh} = 44.1\%$ 。

试求该锅炉的产热量、排烟处的过量空气系数、固体不完全燃烧热损失、排烟热损失(用经验公式计算)、气体不完全燃烧热损失(用经验公式计算)、散热损失(查图表)以及锅炉正反热平衡效率。

($Q = 8.418 \times 10^6\text{kJ/h}$, $\alpha_{py} = 1.551$, $q_4 = 10.09\%$, $q_2 = 12.21\%$, $q_3 = 0.50\%$, $q_5 = 2.55\%$, $q_6 = 0.89\%$, 正平衡 $\eta_{gl} = 76.29\%$, 反平衡 $\eta'_{gl} = 73.76\%$)

16. 东北某一采暖锅炉房有三台QXW2.9-1/130-70-A型热水锅炉,在额定供热量 $Q = 2.9\text{MW}$ 下运行时,每小时耗煤1791kg,经热量计测得燃煤的应用基低位发热量 $Q_{dw}^* = 21512\text{kJ/kg}$,问这三台热水锅炉的平均热效率为多少?

($\eta_{gl} = 81.29\%$)

17. 某新建化工厂预订DZD20-1.3-P型锅炉三台,经与制造厂联系,得知它在正常运行时热效率不低于76%,但汽水分离装置的分离效果较差,蒸汽带水率不低于4.5%。锅炉给水温度为55°C,排污率为6%,三台锅炉全年在额定蒸发量和额定蒸汽参数下连续运行,问该厂锅炉房全年最少应计划购买多少吨煤(按标准煤计算)?

($B = 2248.7\text{kg/h}$, $G = 59095.8\text{t/a}$)

18. 有一台链条炉, 蒸发量为4t/h, 饱和蒸汽压力为1.37MPa (绝对压力), 给水温度为20℃, 当燃用无烟煤块时要求锅炉效率为75%, 试确定这台锅炉所需炉排面积及炉膛容积。

($q_R = 800 \text{ kW/m}^2$ 时 $R = 5.01 \text{ m}^2$; $q_V = 300 \text{ kW/m}^3$ 时 $V = 13.36 \text{ m}^3$)

19. 有一台旧式锅炉, 炉排长3m, 宽2.5m, 炉膛高5m, 拟用它作为4t/h风力机械抛煤机炉, 每小时燃用应用基低位发热量为21939kJ/kg的烟煤630kg, 试判断上述基本尺寸是否合适? 若不合适应如何修改?

($q_R = 512 \text{ kW/m}^2$, $q_V = 102 \text{ kW/m}^3$)

20. 某厂有一锅筒, 直径1m, 长3.5m, 原用于蒸发量10t/h、蒸汽绝对压力2.55MPa的锅炉, 如该锅炉的锅筒汽水容积各占一半, 求蒸汽空间容积负荷强度。若蒸发量不变, 蒸汽绝对压力变为1.37或0.88MPa, 试问此时锅炉的蒸汽空间容积负荷强度是否正常?

($P = 2.55 \text{ MPa}$ 时 $R_v = 570 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ 。当 $P = 1.37 \text{ MPa}$ 时, $R_v = 1044 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, 正常; $P = 0.88 \text{ MPa}$ 时 $R_v = 1593 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, 过高, 不正常)

21. SHL6-25-A II型锅炉额定蒸发量 $D = 6 \text{ t/h}$, 饱和蒸汽绝对压力 $P = 2.55 \text{ MPa}$, 给水温度 $t_{gs} = 20^\circ\text{C}$, 冷空气温度 $t_{lk} = 30^\circ\text{C}$, 排污率为5%。

设计燃料为山东良庄 II 类烟煤, 应用基燃料特性: $C' = 46.55\%$, $H' = 3.06\%$, $S' = 1.94\%$, $O' = 6.11\%$, $N' = 0.86\%$, $A' = 32.48\%$, $W' = 9.0\%$, $V' = 38.5\%$, $Q_{L'}$ = 17693kJ/kg。

炉膛出口过量空气系数 $\alpha'_l = 1.40$, 炉膛漏风系数 $\Delta\alpha = 0.1$ 。炉膛烟气容积 $V_l = 7.17 \text{ m}^3/\text{kg}$, RO_2 容积份额 $r_{\text{RO}_2} = 0.123$, 水蒸汽容积份额 $r_{\text{H}_2\text{O}} = 0.078$, 三原子气体容积总份额 $r_g = 0.201$, 烟气质量 $G_g = 9.47 \text{ kg/kg}$, 飞灰浓度 $\mu_{fh} = 0.00686 \text{ kg/kg}$ 。

温度100℃时理论空气的焓 $I_a = 636 \text{ kJ/kg}$, 在过量空气系数 $\alpha = 1.4$ 时烟气的焓 I , 如表1-2所示。

$\alpha = 1.4$ 时烟气的焓 I , (kJ/kg)

表 1-2

烟气温度 θ ($^\circ\text{C}$)	800	900	1000	1500	1600
烟气热焓 I_y (kJ/kg)	8545	9726	10926	17112	18382
ΔI_y (kJ/kg)	1181	1200		1270	

锅炉排烟热损失 $q_2 = 8.61\%$, 气体不完全燃烧热损失 $q_3 = 1\%$, 固体不完全燃烧热损失 $q_4 = 13\%$, 散热损失 $q_5 = 2.3\%$, 其它热损失 $q_6 = 0.82\%$, 锅炉效率 $\eta_{gl} = 74.27\%$, 保热系数 $\varphi = 0.97$, 耗煤量 $B = 1260 \text{ kg/h}$ 。

炉膛容积 $V = 19.92 \text{ m}^3$, 炉墙面积 $F_{bz} = 47.43 \text{ m}^2$, 炉排有效面积 $R = 8.27 \text{ m}^2$, 辐射受热面面积 $H_f = 30.6 \text{ m}^2$, 水冷壁平均有效角系数 $\alpha = 0.6452$, 水冷壁平均沾污系数 $\zeta = 0.5206$ 。

锅炉无空气预热器。

试用校核计算方法求炉膛出口烟气温度及炉内辐射传热量, 并计算辐射受热面热强度、燃烧室热强度及炉排热强度。

(炉膛出口烟气温度 $\theta'' = 921^{\circ}\text{C}$, 炉内辐射传热量 $Q_r = 7384\text{kJ/kg}$, 辐射受热面热强度 $q_r = 73.5\text{kW/m}^2$, 燃烧室热强度 $q_v = 310.9\text{kW/m}^3$, 炉排热强度 $q_R = 748.8\text{kW/m}^2$)。

烟道各处漏风系数 表 1-3

名 称	漏风系数 $\Delta\alpha$	过 量 空 气 系 数	
		入口处 α'	出口处 α''
炉 膛	0.1	1.25	1.35
凝 渣 管	0	1.35	1.35
对流管束	0.1	1.35	1.45
省 煤 器	0.1	1.45	1.55
空气预热器	0.1	1.55	1.65

22. 本题拟分五个小题进行SZS10-1.3-W II型锅炉本体受热面的校核热力计算。现将有关数据给出或列于表1-3~表1-6中。

SZS10-1.3-W II型锅炉额定蒸发量 $D = 10\text{t/h}$, 蒸汽绝对压力 $P = 1.37\text{MPa}$, 饱和温度, 给水温度 $t_{gs} = 105^{\circ}\text{C}$, 冷空气温度 $t_{lk} = 30^{\circ}\text{C}$, 热空气温度 $t_{rk} = 160^{\circ}\text{C}$, 排污率 5%, 制粉系统采用锤击式磨煤机竖井式直吹系统。

应用基燃料特性: $C' = 59.6\%$, $H' = 2.0\%$, $S' = 0.5\%$, $O' = 0.8\%$, $N' = 0.8\%$, $A' = 26.3\%$, $W' = 10.0\%$, $V' = 8.2\%$, $Q_{L'} = 22190\text{kJ/kg}$; 灰的变形温度 $t_1 = 1345^{\circ}\text{C}$, 理论空气量 $V_0 = 5.82\text{m}^3/\text{kg}$, 理论烟气量 $V_0' = 6.16\text{m}^3/\text{kg}$ 。

各 受 热 面 中 烟 气 平 均 容 积

表 1-4

名 称	符 号	单 位	炉 膛	防 渣 管	对 流 管 束	省 煤 器	空 气 预 热 器
烟气容积	V_y	m^3/kg	7.93	8.23	8.52	9.12	9.71
RO_2 容积份额	r_{RO_2}	—	0.141	0.136	0.131	0.122	0.115
水蒸汽容积份额	$r_{\text{H}_2\text{O}}$	—	0.059	0.058	0.056	0.053	0.051
三原子气体容积份额	r_g	—	0.200	0.194	0.187	0.175	0.166
烟气质量	G_y	kg/kg	10.62	11.00	11.38	12.13	12.89
飞灰浓度	μ_{fh}	kg/kg	0.0235	0.0227	0.0220	0.0206	0.0194

锅炉排烟热损失 $q_2 = 7.55\%$, 气体不完全燃烧热损失 $q_3 = 0$, 固体不完全燃烧热损失 $q_4 = 7\%$, 散热损失 $q_5 = 1.75\%$, 其它热损失 $q_6 = 0$, 锅炉效率 $\eta_{gl} = 83.70\%$, 保热系数 $\varphi = 0.9795$, 耗煤量 $B = 1274\text{kg/h}$ 。

理 论 空 气 的 焓 表 1-5

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	理论空气焓 I_k^0 (kJ/kg)
100	770
200	1550

(1) SZS10-1.3-W II型锅炉炉膛体积 $V_1 = 47.4\text{m}^3$, 炉墙面积 $F_{bs} = 99.3\text{m}^2$, 辅助炉排面积 $R = 2.1\text{m}^2$, 辐射受热面面积 $H_r = 47.8\text{m}^2$, 水冷壁平均有效角系数 $\alpha = 0.492$, 燃烧器高度 $h_r = 4.15\text{m}$, 炉膛高度 $H_1 = 9.0\text{m}$ 。试用校核计算方法求炉膛出口烟气

温度及炉内辐射传热量。

注意: 在竖井煤粉炉中最高温度的位置与进入炉膛的燃料+空气混合物的流束方向有关。当没有分流器而将流束的基本部分向下导流时, $X_{\max} = \frac{h_r}{H_1} - 0.15$, 本题即属于这种情况。

($\theta'' = 1003^{\circ}\text{C}$, $Q_r = 10929\text{kJ/kg}$)

不同过量空气系数下烟气的焓

表 1-6

烟 气 温 度 ϑ (°C)	烟 气 焓 I_y (kJ/kg)							
	$\alpha = 1.35$		$\alpha = 1.45$		$\alpha = 1.55$		$\alpha = 1.65$	
	I_y	ΔI_y	I_y	ΔI_y	I_y	ΔI_y	I_y	ΔI_y
100							1354	1383
200					2582		2737	1418
300			3686		3921	1339	4155	
400			4981	1295	5296	1375		
500			6311	1330				
900	11183							
1000	12561	1378						
1100	13953	1392						
1200	15350	1397						
1700	22583							
1800	24048	1465						
1900	25542	1494						

(2) SZS10-1.3-W II型锅炉凝渣管外径为51mm, 横向管距 $s_1 = 190\text{mm}$, 纵向管距 $s_2 = 210\text{mm}$, 横向管排数 $n_1 = 9.5$, 纵向管排数 $n_2 = 2$, 受热面面积 $H = 6.45\text{m}^2$, 烟气流流通截面积 $F = 1.749\text{m}^2$, 管子为错排, 冲刷系数 $\omega = 1.0$, 凝渣管入口烟温为 1003°C , 试用校核计算方法校核凝渣管出口烟气温度及凝渣管对流传热量。

($\vartheta'' = 950^\circ\text{C}$, $Q_{n2} = 716\text{kJ/kg}$)

(3) SZS10-1.3-W II型锅炉对流管束外径为51mm, 横向管距 $s_1 = 120\text{mm}$, 纵向管距 $s_2 = 110\text{mm}$, 平均纵向管子排数 $z_2 = 12$, 受热面面积 $H = 189.2\text{m}^2$, 烟气流流通截面积 $F = 1.362\text{m}^2$, 对流管束前烟气空间深度为 0.33m , 对流管束深度为 2.52m , 对流管束为顺排, 冲刷系数 $\omega = 1.0$, 入口烟温为 950°C 。试用校核计算方法求对流管束出口烟气温度及对流管束传热量。

($\vartheta'' = 324^\circ\text{C}$, $Q_{gs} = 7736\text{kJ/kg}$)

(4) SZS10-1.3-W II型锅炉采用方型鳍片铸铁省煤器, 受热面面积 $H = 70.8\text{m}^2$, 烟气流流通截面积 $F = 0.72\text{m}^2$, 水流通截面积 $f = 0.005655\text{m}^2$, 给水绝对压力 $P = 1.52\text{MPa}$, 入口烟温为 324°C , 试校核计算铸铁省煤器出口烟气温度及吸热量。

($\vartheta'' = 246^\circ\text{C}$, $Q_{sm} = 805\text{kJ/kg}$)

(5) SZS10-1.3-W II型锅炉管式空气预热器管子外径为40mm, 内径为37mm, 管长 $l = 2.265\text{m}$, 横向管距 $s_1 = 73\text{mm}$, 纵向管距 $s_2 = 44\text{mm}$, 空气行程数为3, 每个行程中沿空气流动方向管子排数 $n_2 = 41$, 受热面面积 $H = 202.7\text{m}^2$, 烟气流流通截面积 $F_y = 0.5075\text{m}^2$, 空气流通截面积 $F_k = 0.497\text{m}^2$, 入口烟气温度为 246°C , 入口冷空气温度为 30°C 。试用校核计算方法决定排烟温度、空气预热温度和空气预热器吸热量。

($\vartheta_{ly} = 152^\circ\text{C}$, $t_{rk} = 151^\circ\text{C}$, $Q_{ky} = 1168\text{kJ/kg}$)

23. 一台蒸发量为 10t/h 的抛煤机锅炉, 炉排面积 $R = 9.9\text{m}^2$, 炉膛四周炉墙面积 $F_{bs} = 72\text{m}^2$, 各墙水冷壁结构特性如表1-7所示, 试求此锅炉炉膛的总有效辐射受热面面积及炉膛平均热有效系数。

水冷壁结构特性

表 1-7

名 称	符 号	单 位	前 墙	两 侧 墙	后 墙	炉膛出口烟窗
管子外径	d_w	mm	51	51	51	51
管子节距	S	mm	130	80	80	130
管子中心与墙距离	e	mm	100	40	40	—
炉墙面积	F	m^2	7.6	39.5	13.4	1.6

$$(H_f = 56.77m^2, \psi_f = 0.473)$$

24. 有一台SZP6.5-1.3-A型锅炉, 其燃烬室容积 $V_{rj} = 3.64m^3$, 包复面积 $F_f = 18.69m^2$, 有效辐射受热面面积 $H_f = 8.3m^2$, 漏风系数 $\Delta\alpha_{rj} = 0$ 。由炉膛热力计算得知: 炉膛出口烟气温 $\vartheta'_f = 930^\circ C$, 出口烟焓 $I'_f = 9948kJ/kg$; 在炉膛出口过量空气系数 $\alpha'_f = 1.5$ 时, 水蒸汽容积份额 $r_{H_2O} = 0.082$, 三原子气体容积份额 $r_g = 0.123$; 烟温为 $850^\circ C$ 时的烟气焓 $I_g = 8870kJ/kg$, 计算燃料消耗量 $B_f = 1149kg/h$, 由炉膛投射到燃烬室的辐射热量 $Q_f = 81.6kJ/kg$, 保热系数 $\varphi = 0.969$, 试计算燃烬室辐射受热面所吸收的热量和烟气出口温度。

$$(Q_{cr} = 1091kJ/kg, \vartheta'' = 846^\circ C)$$

25. 在SHL20-1.3/350-A型锅炉的尾部烟道中装有管式空气预热器, 其管径为40/37mm, 管长3.5m, 由中间管板分成两节, 受热面面积为 $400m^2$; 管子呈错排, 横向管距为78mm, 纵向管距为43mm, 纵向管排为19, 烟气流通截面积 $F_y = 1.01m^2$, 空气流通截面积 $F_k = 1.34m^2$ 。计算燃料消耗量 $B_f = 2990kg/h$, 理论空气量 $V_g = 5.61m^3/kg$, 炉膛出口过量空气系数 $\alpha'_f = 1.4$, 炉膛漏风系数 $\Delta\alpha = 0.1$; 流经空气预热器的平均烟气容积 $V_g = 9.66m^3/kg$, 水蒸汽容积份额 $r_{H_2O} = 0.071$, 烟气进口温度为 $265^\circ C$, 烟焓 $I_g = 3496kJ/kg$; 在排烟过量空气系数下对应烟温 $175^\circ C$ 和 $155^\circ C$ 的烟焓为 $2349kJ/kg$ 和 $2081kJ/kg$ 。若冷空气温度为 $30^\circ C$, 要求出口热空气温度为 $160^\circ C$, 保热系数 $\varphi = 0.9836$, 试对此空气预热器作校核热力计算。

$$(\vartheta'' = 170^\circ C, Q_{ky} = 1265kJ/kg)$$

26. 烟气横向冲刷顺排光管锅炉管束, 管子外径51mm, 横向管距120mm, 纵向管距110mm, 纵向管子总排数为48, 烟气平均流速6.2m/s, 烟气平均温度 $550^\circ C$, 试求烟气横向冲刷对流管束的阻力(不必对烟气密度、大气压力及烟气含尘浓度进行修正)。

$$(\Delta h = 87.7Pa)$$

27. 烟气横向冲刷错排光管组成的凝渣管, 管子外径51mm, 横向管距190mm, 纵向管距210mm, 纵向管排数为2排, 烟气平均流速7.08m/s, 烟气平均温度 $977^\circ C$, 试求烟气横向冲刷凝渣管的阻力(不必对烟气密度、大气压力及烟气含尘浓度进行修正)。

$$(\Delta h = 10.3Pa)$$

28. 管式空气预热器管子外径40mm, 内径37mm, 管壁绝对粗糙度0.2mm, 管长2.265m, 烟气在管内流动, 烟气平均流速10.9m/s, 烟气平均温度 $199^\circ C$, 求管式空气预热器烟气侧的沿程摩擦阻力(不必对烟气密度、大气压力及烟气含尘浓度进行修正)。

$$(\Delta h = 43.6Pa)$$

29. 方形鳍片铸铁省煤器管子外径76mm, 横向管距150mm, 纵向管距150mm, 纵向管排数为4排, 鳍片节距25mm, 鳍片平均厚度4.5mm, 鳍片高度37mm, 每根管子有鳍片75片, 每根管子受热面面积为 2.95m^2 , 烟气平均流速 8.51m/s , 烟气平均温度 285°C , 求烟气横向冲刷铸铁省煤器的阻力(不必对烟气密度、大气压力及烟气含尘浓度进行修正)。

$$(\Delta h = 29.2\text{Pa})$$

30. 某锅炉房装有三台4t/h锅炉, 每台锅炉计算耗煤量 $B_j = 717\text{kg/h}$, 排烟温度 $\vartheta_{py} = 200^\circ\text{C}$, 排烟处烟气容积 $V_{py} = 10.33\text{m}^3/\text{kg}$, 锅炉本体及烟道总阻力约为 343Pa , 冷空气温度 25°C , 当地大气压为 1.025bar 。若此锅炉房已有一个高度为 35m 、上口直径为 1.5m 的砖烟囱($i = 0.02$), 试核算此烟囱能否满足锅炉克服烟气侧阻力的需要, 计算时不考虑烟气在烟道及烟囱中的温度降, 也不考虑烟道及烟囱的漏风。并按锅炉房总蒸发量来核算此烟囱高度是否符合环保要求。

($h_{f1} = 143\text{Pa}$, $1.24H_{f1} + \Delta h_{yz} = 431\text{Pa}$, 故烟囱不能满足克服烟气侧阻力的需要, 需装置引风机。 $D = 12\text{t/h}$, 环保要求烟囱高度为 40m , 故烟囱高度不能满足环保要求)

31. 某工厂有三台2t/h蒸汽锅炉, 锅炉本体及烟道总阻力为 127Pa , 每台锅炉计算耗煤量为 291kg/h , 排烟温度为 180°C , 排烟处烟气容积为 $11.40\text{m}^3/\text{kg}$, 冷空气温度 25°C , 当地大气压为 1.0106bar 。若三台锅炉合用一个砖烟囱进行自然通风, 试确定烟囱高度及上下口直径大小。计算时不考虑烟气在烟道及烟囱中的温度降, 也不考虑在烟道及烟囱中的漏风, 且烟囱坡度 $i = 0.02$, 烟囱出口烟气流速 6m/s 左右。

$$(d_2 = 1\text{m}, d_1 = 3\text{m}, H_{yz} = 50\text{m})$$

32. 锅炉房装有三台4t/h锅炉, 它的分汽缸开孔如图1-1所示。分汽缸工作压力为 0.785MPa (表压力), 考虑锅筒安全阀开启压力后分汽缸强度计算压力为 0.863MPa , 分汽缸外径为 412mm , 材料为10号碳钢, 壁厚为 6mm , 试进行分汽缸筒体的强度校核计算。

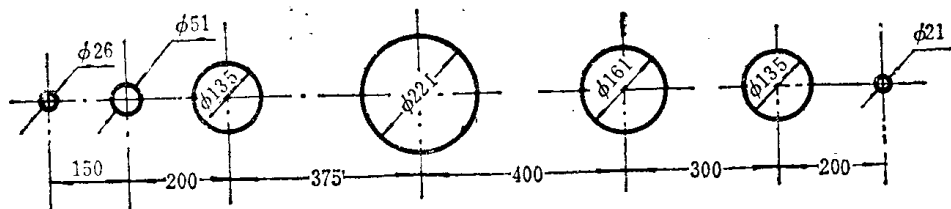


图 1-1 分汽缸开孔图

分汽缸上自左至右开孔尺寸、所焊管接头用途、管接头内径及管接头壁厚如表1-8所示, 焊缝高度均为 5mm , 问上述管孔在分汽缸上是否需要加强? 如何加强?

分汽缸平端盖材料为20g钢板, 采用VI型平端盖, 开有直径为 108.5mm 手孔, 壁厚为 25mm , 试计算该平端盖强度。

(分汽缸最小需要壁厚 $s_{\min} = 2.9\text{mm} < 6\text{mm}$ 。分汽缸最大允许开孔直径 $[d] = 89\text{mm}$, 故1*锅炉出汽管、采暖用汽管、2*及3*锅炉出汽管、生产用汽管等管孔需要加强, 采用单面管接头加强。平端盖 $s_{1\min} = 24.7\text{mm} < 25\text{mm}$, 该平端盖已满足强度要求)

33. SZL10-1.3-W II型锅炉上锅筒开孔见图1-2。锅筒和SZS10-2.5-W II型锅炉通用, 故锅筒工作压力为 2.75MPa 绝对压力, 锅筒内径 900mm , 锅筒置于炉膛内不绝热,

锅筒材料为12Mng,管子胀接于锅筒上,锅筒采用熔剂层下的自动焊,双面焊接有坡口对接缝,冷卷冷校,试校核采用壁厚21mm是否符合强度要求,并校核最大开孔处是否要加强。

上锅筒封头内径900mm,封头凸出部分内高度225mm,封头上最大开孔直径400mm,当封头材料采用16Mng,壁厚为18mm,且封头上无焊缝时,试校核其强度。

分汽缸上开孔尺寸表

表 1-8

管接头用途	分汽缸孔径 (mm)	管接头内径 (mm)	管接头壁厚 (mm)	管接头用途	分汽缸孔径 (mm)	管接头内径 (mm)	管接头壁厚 (mm)
蒸汽泵供汽管	26	19	3	2"及3"锅炉出汽管	161	150	4.5
安全阀管	51	44	3	生产用汽管	135	124	4.5
1"锅炉出汽管	135	124	4.5	压力表管	21	16	2
采暖用汽管	221	209	6				

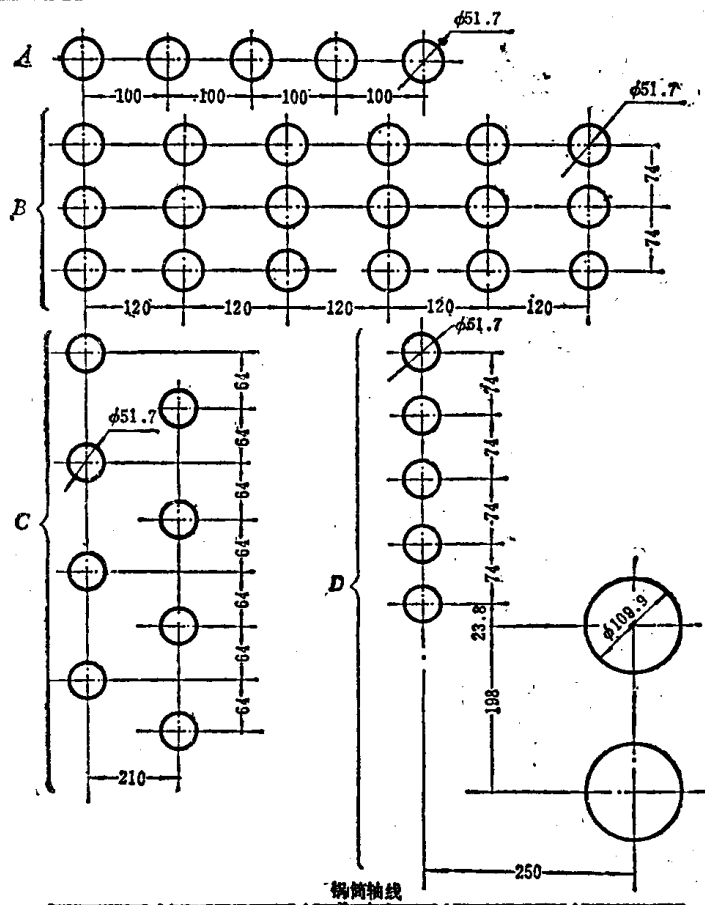


图 1-2 上锅筒开孔图

(锅筒 $s_{\min} = 20.9\text{mm} < 21\text{mm}$, 封头 $s_{\min} = 17.6\text{mm} < 18\text{mm}$, $[d] = 174\text{mm} > 109.9\text{mm}$, 故锅筒及封头强度均满足要求, 锅筒最大开孔处也不需加强)

34.SZL10-1.3-W II型锅炉后墙下集箱开孔如图1-3所示, 工作压力 2.82MPa (绝对压力), 集箱外径219mm, 材料为20号碳钢, 壁厚10mm, 试校核强度是否满足要求。

集箱上下降管内径100mm, 管子壁厚4mm, 焊缝高度5mm, 问下降管孔是否需要加强?

集箱平端盖采用VI型, 开有直径为108.5mm手孔, 采用壁厚23mm, 试校核其强度。

(集箱 $s_{\min} = 6.3\text{mm} < 10\text{mm}$, 集箱最大允许开孔直径 $[d] = 88\text{mm} < 100\text{mm}$, 平端盖 $s_{\min} = 21.8\text{mm} < 23\text{mm}$, 故集箱及端盖强度满足要求, 但下降管孔需要加强)

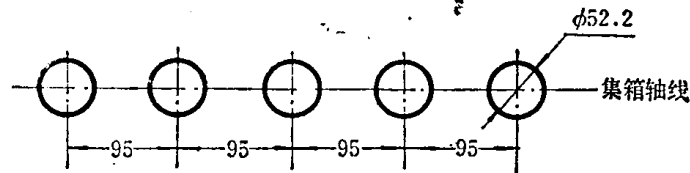


图 1-3 下集箱开孔图

35. 椭球体凸形封头的工作压力为 1.27MPa (表压), 内径 1600mm , 内高度 600mm , 用 15g 整块钢板压制而成, 不受热, 其中心部位开一椭圆形人孔, 长轴为 400mm , 求封头所用钢板的厚度。

(封头 $s_{\min} = 9.2\text{mm}$, 钢板厚度取用 10mm)

36. SZP6.5-1.3-A 型锅炉原设计工作压力为 1.27MPa (表压), 下锅筒由 20g 钢板焊制, 锅筒内径为 1000mm , 置于烟道内且有可靠绝热。由于使用年久, 严重腐蚀, 经大修检验测得原设计减弱系数 $\varphi_{\min} = 0.53$ 处的实际壁厚 $s_1 = 12\text{mm}$, 在 $\varphi = 0.56$ 处的实际壁厚 $s_2 = 10\text{mm}$ 。若上下锅筒中心之间的垂直距离为 4.6m , 试验算该锅炉继续投入运行时的最大允许压力。

(实际允许的最大工作表压力为 1.23MPa)

37. 某厂锅炉房某日水质化验数据如下: 总碱度为 3.9me/L , 总硬度为 7.7°G , 求此水的暂硬、永硬或负硬为多少?

(暂硬 $H_T = 2.75\text{me/L} = 7.7^\circ\text{G}$, 永硬 $H_{FT} = 0$, 负硬为 $1.15\text{me/L} = 3.2^\circ\text{G}$)

38. 试将某厂锅炉房锅水标准的碱度及氯根换算成 mg/L 及 ppm , 碱度为 $25 \sim 60^\circ\text{G}$, 氯根为 300mg/L 。

(碱度 $= 8.93 \sim 21.43\text{me/L} = 447.5 \sim 1074\text{ppm}$, $\text{Cl}^- = 8.45\text{me/L} = 423\text{ppm}$)

39. 原水的碳酸盐硬度为 5.97me/L , 钙离子含量为 73.8mg/L , 镁离子含量为 38.9mg/L , 试计算其永久硬度为多少度?

($H_{FT} = 2.55^\circ\text{G}$)

40. 某厂锅炉房原水分析数据如下:

(1) 阳离子总计为 155.332mg/L , 其中: $\text{K}^+ + \text{Na}^+ = 146.906\text{mg/L}$, $\text{Ca}^{2+} = 5.251\text{mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} = 1.775\text{mg/L}$, $\text{NH}_4^+ = 1.200\text{mg/L}$, $\text{Fe}^{3+} = 0.200\text{mg/L}$ 。

(2) 阴离子总计为 353.042mg/L , 其中: $\text{Cl}^- = 26.483\text{mg/L}$, $\text{SO}_4^{2-} = 82.133\text{mg/L}$, $\text{HCO}_3^- = 219.661\text{mg/L}$, $\text{CO}_3^{2-} = 24.364\text{mg/L}$, $\text{NO}_2^- = 0.001\text{mg/L}$, $\text{NO}_3^- = 0.400\text{mg/L}$ 。

总硬度为 1.142°G , 总碱度为 4.412me/L , 溶解氧为 8.894mg/L , 可溶性二氧化碳为 14.000mg/L , $\text{pH} = 8.85$, 试求其相对碱度, 并说明是否需要除碱。

(相对碱度为 $0.347 > 0.2$, 需要除碱)

41. 若锅水碱度基本保持 14me/L , 软水碱度为 1.6me/L , 凝结水回收率为 40% , 求此锅炉的排污率为多少?

($P = 7.74\%$)

42. SHL10-1.3/350 型锅炉采用连续排污, 锅水标准碱度为 701.4ppm 以下。生水软

化不除碱, 软水碱度为4.56me/L; 生水软化除碱, 软水碱度为1.17me/L, 若此厂给水中软水占50%, 问生水除碱与不除碱时, 锅炉排污率各为多少?

(生水不除碱, $P = 19.45\%$; 生水除碱, $P = 4.36\%$)

43. 某厂SZD10-1.3型锅炉的给水水质化验得 $\text{HCO}_3^- = 195\text{mg/L}$, $\text{CO}_3^{2-} = 11.2\text{mg/L}$, 阴阳离子总和为400mg/L, 试判断给水是否需要除碱。

(按含盐量计算 $P = 12.9\%$, 按碱度计算 $P = 21.73\%$, 故需要除碱)

44. 某厂锅炉房具有两台SZS10-1.3-W II型锅炉, 凝结水回收率为40%, 锅炉排污率为5%, 生水总硬度为10.0me/L, 锅炉给水的允许硬度为0.03me/L, 选用顺流再生单级钠离子变换软化设备, 采用732*树脂作为交换剂, 试计算连续工作时间、还原一次盐耗量及用水量。

(连续工作时间 $t = 7.5\text{h}$, 再生时食盐单耗量 b 取130g/ge时, 还原一次盐耗量 $B = 172\text{kg}$; 每一周期用水量 $G = 11.3\text{t}$; 采用 $\phi 1000$ 交换器, 交换剂层高度 $h = 1.6\text{m}$)

45. 某厂锅炉房设置两台SHL20-1.3/350型锅炉, 凝结水回收率20%。生水水质分析如下: $\text{Ca}^{2+} = 72\text{mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} = 24.0\text{mg/L}$, $\text{Na}^+ = 27.6\text{mg/L}$, $\text{Cl}^- = 49.7\text{mg/L}$, $\text{SO}_4^{2-} = 96\text{mg/L}$, 酚酞碱度 $P = 0.2\text{me/L}$, 甲基橙碱度(总碱度) $A = 3.4\text{me/L}$, 含盐量 $S = 464.3\text{mg/L}$ 。

试求: (1) 生水中 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 的碱度 A_{OH^-} 、 $A_{\text{CO}_3^{2-}}$ 、 $A_{\text{HCO}_3^-}$ 的大小, 分别以me/L、 $^{\circ}\text{G}$ 、mg/L为单位表示之。

(2) 生水中暂硬 H_T 、永硬 H_{PT} 和负硬的大小, 分别以me/L、 $^{\circ}\text{G}$ 、ppm为单位表示之。

(3) 用并联氢-钠离子交换软化, 控制残余碱度 $A_0 = 0.5\text{me/L}$, 试求分别进氢、钠离子交换器水量的份额 α_{H^+} 、 α_{Na^+} 。

(4) 假定并联氢-钠离子交换软化后残余碱度全部为 HCO_3^- , 锅水允许含盐量 $S_0 = 3000\text{mg/L}$, 锅水允许碱度 $A_0 = 14\text{me/L}$, 求锅炉排污率。

(5) 若改用单级钠离子交换软化, 求锅炉排污率, 以排污率说明是否允许采用单级钠离子交换软化。

($A_{\text{OH}^-} = 0$, $A_{\text{CO}_3^{2-}} = 0.4\text{me/L} = 1.12^{\circ}\text{G} = 12\text{mg/L}$, $A_{\text{HCO}_3^-} = 3\text{me/L} = 8.4^{\circ}\text{G} = 183\text{mg/L}$; $H = 5.6\text{me/L} = 15.68^{\circ}\text{G} = 281\text{ppm}$, $H_T = 3.4\text{me/L} = 9.52^{\circ}\text{G} = 170\text{ppm}$, $H_{\text{PT}} = 2.2\text{me/L} = 6.16^{\circ}\text{G} = 111\text{ppm}$, 负硬 = 0; $\alpha_{\text{H}^+} = 0.518$, $\alpha_{\text{Na}^+} = 0.482$; 并联氢-钠离子交换软化, 按碱度计算 $P = 2.94\%$, 按含盐量计算 $P = 7.63\%$; 单级钠离子交换软化, 按碱度计算 $P = 24.11\%$, 按含盐量计算 $P = 15.28\%$, 排污率偏高, 不宜采用单级钠离子交换软化)

46. 如42题中所示的锅炉有三台, 在生水除碱情况下运行。三台锅炉为了回收连续排污水热量及减少工质损失, 合用一个连续排污扩容器, 排污扩容器在0.1MPa表压下工作, 锅炉连续排污水进排污扩容器的绝对压力为1.47MPa, 排污管道热损失系数为0.98, 排污扩容器出口二次蒸汽干度为97%, 排污扩容器容积富裕系数取1.5, 单位容积蒸汽分离强度取500 $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, 问排污扩容器能回收多少工质及热量, 并选择一个合适的排污扩容器。

(回收二次蒸汽量 $D_q = 196.9\text{kg/h}$, 回收热量 $Q = 0.519 \times 10^6\text{kJ/h}$, 选用容积 $V = 0.75\text{m}^3$ 的 $\phi 670$ 型连续排污扩容器一台)