

黑龙江科学技术出版社

技术等级考试题解

黑龙江省劳动局 编



责任编辑：张坚石

封面设计：张雨龙

锅炉工技术等级考试题解

黑龙江省劳动局 编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

佳木斯书刊印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米32开本12.75印张 260千字

1987年7月第1版 · 1987年7月第1次印刷

印数：1—65,000册

书号：15217·288

定价：2.90元

ISBN 7—5388—0105—7/TK·1

内 容 提 要

本书以题解的形式，较全面而系统地介绍了工业锅炉和生活取暖锅炉的基本知识、燃烧设备、锅炉结构、附件仪表、附属设备、运行与保养、检验和修理、锅炉事故及处理、消烟除尘、节约用煤、供热采暖、水质处理以及安全技术等知识。此外，还附有1985年机械工业部新颁发的《锅炉工技术等级标准》、国家《低压锅炉水质标准》（GB1576—85）。

本书深入浅出，通俗易懂。可用于锅炉工培训和考核锅炉工技术等级；也可供锅炉管理人员、监察人员及技安人员参考。

前 言

为了贯彻国务院颁布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》及其实施细则、规程、规定和技术标准，普及工业锅炉基本知识，提高锅炉人员技术理论和实际操作水平，确保锅炉安全经济运行，我们根据1985年机械工业部新颁发的《锅炉工技术等级标准》编写了《锅炉工技术等级考试题解》一书。

考虑到锅炉工的实际文化程度，本书采用题解的形式编写。全书共分十章，460个题解，既系统全面、深入浅出，又通俗易懂。为了便于读者学习，全书采用法定计量单位和旧单位对照的形式。

本书由黑龙江省劳动局锅炉压力容器安全监察处王守江、张宇新、谢景晏、关永堂、何子申、陈峰同志执笔编写。陈景录同志协助完成插图的绘制工作。全书最后由王守江、陈峰同志整理。

由于我们水平有限，难免有漏洞，望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 锅炉基本知识

第一节	基本概念	1
第二节	锅炉工作原理	13
第三节	锅炉金属材料	27

第二章 燃烧设备

第一节	燃烧方式	30
第二节	层燃炉	31
第三节	沸腾炉	58
第四节	煤粉炉	63
第五节	油炉	65
第六节	简易煤气炉	68

第三章 锅炉结构

第一节	锅炉概述	82
第二节	立式锅炉	83
第三节	卧式锅炉	88
第四节	水管锅炉	96
第五节	过热器、省煤器、空气预热器	114
第六节	锅内设备	121

第四章 锅炉附件、仪表和附属设备

第一节	安全阀	126
-----	-----	-----

第二节	压力表	139
第三节	水位表	143
第四节	水位警报装置	150
第五节	防爆门	154
第六节	排污阀	156
第七节	常用阀门	160
第八节	测量仪表	171
第九节	附属设备	173
第十节	通风设备	183
第十一节	运煤和除灰设备	188

第五章 锅炉运行与保养

第一节	锅炉房规章制度	192
第二节	烘炉与煮炉	193
第三节	升火、升压和供汽	196
第四节	锅炉正常运行	203
第五节	停炉	216
第六节	停炉保养	220

第六章 锅炉的检验和修理

第一节	检验目的和要求	223
第二节	检验内容和重点	224
第三节	检验方法	227
第四节	锅炉缺陷与损坏	233
第五节	修理分类及基本要求	247
第六节	腐蚀处的堆焊	248
第七节	裂纹的修理	250

第八节	变形的修理和挖补.....	257
第九节	管子修理.....	263
第十节	辅助受热面.....	270
第十一节	阀门.....	272

第七章 锅炉事故及处理

第一节	事故概述.....	274
第二节	爆炸事故.....	275
第三节	爆管事故.....	276
第四节	缺水事故.....	278
第五节	满水事故.....	279
第六节	汽水供腾.....	281
第七节	水击事故.....	282
第八节	炉鸣.....	284
第九节	炉膛爆炸、烟道尾部二次燃烧、炉墙（拱） 损坏事故.....	284
第十节	水位表破裂事故.....	288
第十一节	省煤器、空气预热器事故.....	289
第十二节	燃烧设备故障.....	292
第十三节	电源中断事故.....	296
第十四节	热水锅炉事故.....	296

第八章 水质处理

第一节	基本知识.....	298
第二节	水垢的危害及清除方法.....	301
第三节	炉内水处理.....	309
第四节	炉外水处理方法.....	321

第五节 给水的除氧.....	347
----------------	-----

第九章 节约用煤和消烟除尘

第一节 节约用煤.....	352
---------------	-----

第二节 消烟除尘.....	354
---------------	-----

第十章 热水锅炉及供热采暖

第一节 热水锅炉.....	372
---------------	-----

第二节 供热采暖.....	376
---------------	-----

附 录

附录一 1985年机械工业部颁发的 锅炉工技术等级标准.....	388
-------------------------------------	-----

附录二 法定计量单位与工程单位的换算.....	394
-------------------------	-----

附录三 中华人民共和国国家标准 低压锅炉水质标准 (GB1576—85).....	396
--	-----

第一章 锅炉基本知识

第一节 基本概念

1. 什么叫力？

解：力是物体之间相互作用的一种形式。力的作用主要表现在两个方面：一方面，力能使静止的物体产生运动，或使运动的物体改变速度和方向；另一方面，力能使物体的形状发生变化，如弹簧受拉伸长，钢板受压变弯等。

2. 什么叫压力和压强？

解：垂直均匀作用在物体表面上的力叫压力。常用符号“F”来表示，单位为“牛顿”(N)。1N = 0.102kgf。

物体表面单位面积上受到的压力叫压强。常用符号“P”来表示，单位为“牛顿/米²”(N/m²)，常用“帕斯卡”(Pa)表示，即，1Pa = 1N/m²。

$$1 \text{ Pa} = 1.02 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$$

锅炉上通常所说的压力是指压强。1Pa的压力太小，故锅炉压力常用“兆帕”(MPa)表示。1MPa = 10⁶Pa
= 10.2kgf/cm²

3. 什么叫大气压、标准大气压和工程大气压？

解：空气作用于地球和地球物体单位表面上的压力叫大气压。

把标准状况下，即海拔为零米，温度为 0°C 时的大气压力定为标准大气压，也叫物理大气压，用“atm”表示。

$$\begin{aligned}1 \text{ atm} &= 760 \text{ mmHg} \\&= 10330 \text{ mmH}_2\text{O} \\&= 1.033 \text{ kgf/cm}^2 \\&= 101325 \text{ N/m}^2 \\&= 0.101325 \text{ MPa}\end{aligned}$$

工程中为了计算方便，取 1 kgf/cm^2 为1工程大气压，用“at”表示。即

$$\begin{aligned}1 \text{ at} &= 1 \text{ kgf/cm}^2 \\&= 98067 \text{ N/m}^2 \\&= 0.098067 \text{ MPa}\end{aligned}$$

4. 什么叫表压力与绝对压力？

解：压力表上指示的压力叫表压力，也叫相对压力。

作用于单位面积上的实际压力就是绝对压力，它的大小等于表压力与当地的大气压力之和，即，绝对压力 = 表压力 + 大气压力。

大气压力随纬度、高度和气候条件的变化而不同，但一般变化不大，通常简单地把大气压力当作1个工程大气压，即，

$$1 \text{ atm} \approx 1 \text{ at}$$

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + 1 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$= \text{表压力} + 0.098 \text{ (MPa)}$$

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - 1 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$= \text{绝对压力} - 0.098 \text{ (MPa)}$$

如：锅炉压力表指示 13 kgf/cm^2 (1.274 MPa)，则绝对压力为 $13 + 1 = 14 \text{ kgf/cm}^2$ ($1.274 + 0.098 = 1.372 \text{ MPa}$)。

5. 什么叫负压？什么叫真空度？

解：绝对压力低于大气压力的数值叫负压。旧单位是“毫米水柱”，用 mmH_2O 表示。 $1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.8 \text{ Pa}$ 。

负压 = 大气压力 - 绝对压力。

负压与大气压力之比的百分数叫真空度。即，

$$\text{真空度} = \frac{\text{负压}}{\text{大气压力}} \times 100\%。$$

6. 什么叫密度、比容？

解：物体单位体积的质量叫做密度。常用符号“ γ ”表示，常用单位为“ g/cm^3 ”。即，

$$\text{密度} = \frac{\text{质量}}{\text{体积}}$$

密度与温度有关，温度升高时，一般物体体积膨胀，而使密度降低。铁在常温下的密度为 7.85 g/cm^3 ；水在 4°C 时的密度为 1 g/cm^3 。

物体单位质量所占有的体积叫做比容。常用符号“ v ”

， ， ，

表示，常用单位是“ cm^3/g ”。即，

$$\text{比容} = \frac{\text{体积}}{\text{质量}}$$

比容与密度是互为倒数关系。即，

$$\text{比容} = \frac{1}{\text{密度}}$$

7. 什么叫温度？摄氏温度、华氏温度及绝对温度都是怎样规定的？

解：物体冷热的程度叫温度。

摄氏温度是把1个标准大气压下水的结冰温度（冰点）定为零度；沸腾温度（沸点）定为100度，分别用 0°C 和 100°C 表示，两者之间平均分成100格，每格为1度，即 1°C 。我国采用摄氏温度。

华氏温度是把1个标准大气压下水的冰点定为32度；沸点定为212度，分别用 32°F 和 212°F 表示，两者之间平均分成180格，每格为1度，即 1°F 。英、美、日等国应用华氏温度较普遍。

摄氏温度与华氏温度的关系为

$$\text{摄氏温度} = \frac{5}{9} \times (\text{华氏温度} - 32) \quad (^\circ\text{C})$$

$$\text{华氏温度} = \frac{9}{5} \times \text{摄氏温度} + 32 \quad (^\circ\text{F})$$

绝对温度是以摄氏温度的 -273.15°C （一般取 -273°C ）作为零度起点，即 0°K ，它与摄氏温度的关系为

$$\text{绝对温度} = \text{摄氏温度} + 273 \quad (^\circ\text{K})$$

摄氏温度 = 绝对温度 - 273 ($^{\circ}\text{C}$)

8. 什么是热量?

解: 热是物体所含能量的一种表现形式, 热量是热能变化过程中的数量表示, 用符号“Q”表示。旧单位用的是“卡”(cal) 或“千卡”(kcal), 也称大卡。1卡就是1克纯水从 14.5°C 加热到 15.5°C 所需要的热量。法定计量中采用“焦耳”(J) 为单位, $1\text{卡} = 4.18\text{焦耳}$ 。

9. 什么是比热?

解: 单位质量的物质, 温度升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量, 称为物质的比热, 用符号“C”来表示, 过去用的单位是“大卡/公斤度”(kcal/kg $^{\circ}\text{C}$); 不同的物质有不同的比热, 即使同一种物质, 在不同的温度下, 比热也是有差别的。通常说的比热数值是指它们的平均值。法定计算单位中采用“焦耳/公斤度”(J/kg $^{\circ}\text{C}$)为单位, $1\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C}^2 = 4186.8\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ 。

10. 怎样计算物体加热升温所需的热量?

解: 物体被加热到某一温度时所需要的热量按下式计算:

$$Q = Cm(t_2 - t_1)$$

式中 Q —— 物体的热量, J(或kcal);

m —— 物体的质量, kg;

C —— 组成物体的物质的比热, J/kg $^{\circ}\text{C}$ 或(kcal

/kg°C);

t^2 ——物体受热温度, °C;

t_1 ——物体原来的温度, °C。

11. 什么叫传热? 传热有几种方式?

解: 物体将热量传递给另一物体的现象叫传热。传热一共有三种方式:

(1) 传导 在同一物体内部或两个互相接触的物体间, 热量从高温部分传给低温部分, 这种传热方式叫传导。各种物质传导热量的能力是不相同的, 善于传导热量的物质称为热的“良导体”, 不善于传导热的物体称为“绝热体”。

(2) 对流 通过液体或气体的流动而传播热量的方式叫对流。对流传热中, 温差愈大, 流动速度愈快, 传热愈强烈。

(3) 辐射 物体以波的形式向四周传播热量的方式叫辐射。热源温度愈高, 辐射传热愈强; 热源温度愈低, 辐射传热愈弱。

12. 什么叫热胀冷缩? 对锅炉有什么影响?

解: 物体随温度升高体积增大, 温度降低体积缩小, 这种现象叫热胀冷缩。

在锅炉中, 热胀冷缩现象是经常遇到的。如炉墙, 从安装或停炉到正常运行, 温度升高几百度, 甚至一千多度, 热胀现象是很严重的。为了保证炉墙能自由膨胀, 砌筑时, 应留有足够的膨胀缝, 否则炉墙将会胀裂。对锅筒、集箱、管子等部件, 为了保证运行中能自由膨胀, 锅筒、集箱一端固

定，另一端采用活动支座，管子制成弯曲形状。锅炉点火、升压、暖管、停炉、放水等操作中，应严格遵守操作规程，防止各部件因热胀冷缩不均造成损坏。

13. 什么是线膨胀？怎样计算物体的线膨胀量？

解：温度升高时，物体长度方向上的伸长叫物体的线膨胀，也叫伸长量，它与物体材料、长度及温度变化有关。

物体的线膨胀量可用下式计算：

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_1)$$

式中 Δl —— 物体的线膨胀量，米

l —— 物体原来的长度，米

t_2 —— 物体受热后的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_1 —— 物体原来的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

α —— 物体的线膨胀系数，即单位长度的物体温度升高 1°C 时的伸长量 ($1/^{\circ}\text{C}$)；

钢的线膨胀系数 α 为 $0.000012 (1/^{\circ}\text{C})$ 。

14. 水的物理性质是什么？

解：纯净的水是无色、无味、透明的液体，它具有一定的体积，但没有一定的形状。水随着温度的变化有三种形态：即气态（水蒸汽）、液态（水）和固态（冰、雪、霜）。

在 1 个标准大气压（ 101325Pa ）下，水在 4°C 时，体积最小，密度最大，为 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。温度上升与下降，体积均膨胀。水在结冰时因体积膨胀，往往会把管道、阀门等胀裂。

水在连通器内，当水面上压力相同时，各处的水面位置

会保持一致。锅炉上的水位表就是根据这个原理装置的，通过观察水位表，就能知道锅炉里水位的高低。

水受到压力作用时，体积几乎不缩小，水在密闭容器内能将压力均匀地向各方向传递。水压试验就是利用水的这一性质来检查锅炉各部件的强度和严密性的。

水在同一温度时，各方向的压力相同；深度增加时，压力也随着增加，这个压力称为静压力。所以，在同一台锅炉上，压力表安装位置高低不同，表压力值也不同，高度相差1米，表压力值相差0.0098067MPa(0.1kgf/cm²)。

15. 什么叫水的汽化？什么叫蒸发？什么叫沸腾？

解：水由液态变成汽态的过程叫汽化。

在水表面发生的汽化现象叫蒸发。水温达到沸点，在水内部发生的剧烈汽化现象叫沸腾。

16. 什么叫饱和温度、饱和水和饱和蒸汽？

解：在一定压力下，水达到沸腾的温度（即沸点），叫饱和温度。饱和温度下的水叫饱和水。饱和温度下的蒸汽叫饱和蒸汽。汽化过程中，饱和温度不变。压力升高，饱和温度升高。

17. 什么叫显热和潜热？

解：在一定压力下，使1公斤的水由0℃加热到饱和温度所吸收的热量叫显热，也叫液体热。旧单位为“大卡/公斤”(kcal/kg)。法定计量单位中采用焦耳/公斤(J/kg)为单位，1 kcal/kg = 4186.8 J/kg。它与压力有关，压力愈

高，显热愈大。

在一定压力下，使 1 公斤的饱和水，变成同一饱和温度下的干饱和蒸汽所吸收的热量叫潜热，也叫汽化潜热，单位与显热相同。潜热也与压力有关，压力越高，潜热越小。干饱和蒸汽变为饱和水时，会放出同样数量的汽化潜热。

18. 什么叫蒸汽湿度？

解：饱和蒸汽中往往夹带一部分水分，一般把这种蒸汽叫湿饱和蒸汽。夹带水分占湿饱和蒸汽总重量的百分数叫蒸汽湿度。蒸汽湿度是衡量蒸汽品质好坏的一项重要指标。一般水管锅炉对水蒸汽湿度应控制在 3 % 以下，火管锅炉控制在 5 % 以下。

19. 什么叫干饱和蒸汽和过热蒸汽？

解：在饱和温度下，蒸汽湿度为零，即不带水分的蒸汽叫干饱和蒸汽。在一定压力下，超过饱和温度的干饱和蒸汽叫过热蒸汽。

20. 什么叫热焓？

解：热焓是工质的内能和压力能之和；一般用符号“ i ”表示，旧单位是“大卡/公斤”(kcal/kg)；法定计量单位中采用焦耳/公斤为单位(J/kg)，饱和水的热焓就等于显热或液体热；干饱和蒸汽的热焓等于显热与潜热之和(表 1—1)；过热蒸汽的热焓等于干饱和蒸汽热焓与过热蒸热焓之和；过热蒸汽的比容和热焓见表 1—2。