

锅炉技术问答

GUOLU JISHU WENDA 1100TI

1100题(上册)

丁明舫 崔百成 陆其虎 薛继承 时静茹



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

201225

TK22-44

D541

锅炉技术问答

GUOLU JISHU WENDA 1100TI

1100 题 (上册)

丁明舫 崔百成 陆其虎 薛继承 时静茹



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

201226

TKD-44
D541

锅炉技术问答

GUOLU JISHU WENDA 1100TI

1100 题 (下册)

丁明舫 崔百成 陆其虎 薛继承 时静茹



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书根据作者近 40 年在锅炉运行、检修第一线工作中积累的经验和解决疑难技术问题取得的成果,以及从事锅炉工作的人员必须掌握的相关知识,理论紧密联系实际,采用问答形式,介绍了火力发电厂、热工理论、仪表、水处理、金属材料、锅炉检验和环境保护等基本知识,重点介绍了锅炉的构造、工作原理和运行中遇到的各种技术问题,使读者花较少的时间很快掌握较多的现场工作经验并很快具备独立解决工作中遇到的各种复杂技术问题的能力。

本书深入浅出,书中部分内容作为专题文章已在国、内外十余家专业刊物上发表(约 70 余篇),有的文章还被国外专业刊物摘录,有的成果被中国专利局授予发明专利权,因此该书可读性和实用性较强。

本书适于电力、石油、化工、冶金、纺织企业中,从事锅炉和水处理工作的技术人员阅读,亦可供技术人员参考,也是锅炉和水处理技术工人培训和自学较理想的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉技术问答 1100 题/丁明舫等编著. —北京:中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0725-9

I. 锅… II. 丁… III. 锅炉-基本知识-问答 IV. TK22-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 052134 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 2 月第一版 2002 年 2 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 29.5 印张 744 千字

印数 0001—5000 册 (上、下册) 定价 49.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

序

本书是由从工作第一天起直至退休始终在电厂锅炉生产第一线从事运行和检修技术工作的同志，用10年的时间写成的，其间曾经过多次修改和补充。本书理论紧密联系实际，用理论解释生产中出现的各种疑难问题或异常现象。将实践经验总结上升为理论是本书的特色。作者处理各种疑难复杂技术问题的经验、独特的分析问题的思路和方法值得参考和借鉴。

随着生产的发展和水平的提高，对能源的需求越来越大，作为能源主要组成部分的煤、石油和天然气等不可再生的常规燃料，其储量越来越少。能源紧缺导致价格上涨将是制约全球经济发展的主要因素之一。常规燃料大量消耗产生的 CO_2 使大气中 CO_2 含量不断增加，导致温室效应加剧，对人类产生了严重的影响。

锅炉消耗的燃料总量在任何一个国家所占的比例均是最大的，电站锅炉消耗燃料的总量占锅炉总消耗量的比例也是最大的。因此，提高锅炉热效率和电厂循环热效率，以缓和能源紧缺和温室效应是锅炉工作者终生追求的目标。

采用单一工质循环的火力发电厂的循环热效率，经过一百多年的努力已接近极限，目前世界先进水平可达49%左右。采用燃气和蒸汽联合循环发电技术可以大幅度地降低发电煤耗，是今后火力发电的发展方向。因此，联合循环发电技术引起各国的高度重视，纷纷投入大量的人力和物力进行研究和开发，已投入商业运行的联合循环发电机组取得了非常令人鼓舞的业绩，其循环热效率已达56%~58%。书中有较多内容介绍了国内外提高锅炉热效率和电厂循环热效率的先进技术和经验。

锅炉是高温高压的设备，承压部件在高温、高压、腐蚀、磨损等严酷的条件下工作，其内部储存了具有很高内能的汽和水，一旦发生重大事故，不但会造成巨大的直接和间接损失，而且还会造成重大的人员伤亡。所以，锅炉的安全生产极为重要。各国均有专业监督机构，代表国家对锅炉的设计、制造、安装、运行和检修等各个环节进行全面的监督和管理。

即使是在锅炉设计、制造和安装等环节中没有问题或缺陷，但是锅炉的各个部件长期在高温、高压、磨损和腐蚀等严酷条件下工作，逐渐会形成缺陷和隐患。如果缺陷或隐患积累发展到一定程度仍未能及时发现和消除，则会发生事故。及时发现并消除锅炉的缺陷和隐患，事故发生后能迅速查明原因并采取正确的防范措施，对确保锅炉长期安全运行是极为重要的。作者根据近40年的现场工作经验总结出一套行之有效的方法，采用逐项排除法，分析和确定事故原因。作者运用这种方法，迅速和准确查明了近40年工作中发生的每一起事故原因，在查明事故原因的基础上提出的防范措施简单有效并切实可行。

锅炉排烟中含有的炭黑、尘粒、 SO_x 和 NO_x 等有害物质是造成大气污染的主要原因。随着保护环境呼声的日益高涨，降低排烟中的有害成分成为日益紧迫的问题。消除烟气中的炭黑（冒黑烟）和降低尘粒数量的难度较低，是治理大气污染的初级阶段。随着二级燃烧、循环流化床锅炉、烟气脱硫脱硝等技术的出现和完善， SO_x 和 NO_x 达标排放是指日可待的事情。

锅炉是一种投资大，技术含量高的通用设备。锅炉的设计、制造、安装、运行和检修涉及流体力学、传热学、金属学、锅炉原理、物理、化学、自动控制和测量等多种学科的知识。由于作者长期在锅炉生产第一线从事技术工作，不但富有实践经验还查阅了大量与锅炉有关的各学科参考书加以提炼、归纳和总结，可使读者花较少的时间较快地掌握与锅炉运行和检修密切相关的各种专业知识，这也是作者编著此书的目的。

作者对工作中遇到的每一个疑难复杂的技术问题，即使是现有国内外资料上没有记载或报道过的，也从不回避，而是将其看成是对自己工作能力和水平的挑战，将其当作是一个难得的和极

好的学习提高机会。每遇到难题，作者都深入地进行思考和分析，直至找到正确圆满的答案为止。作者坚信办法总比困难多，在弄清原理查明原因的基础上提出的解决方案，往往是非常简单和行之有效的。作者将难题解决后写成的技术总结在国内外专业刊物上已发表 70 余篇，其中有的被国内外专业刊物摘录和引用，被中国专利局授予专利权的有 6 项。有两篇论文被国际动力会议录用，作者应国际动力会议邀请，分别在 1997 年东京国际动力会议和 1999 年旧金山国际动力会议上宣读论文并进行技术交流。我是这两次国际动力会议的三位主席之一，负责组织国内学术论文去参加会议，代表对这两篇论文的新颖性、可行性和实用性给予了较高评价。

锅炉专业人员处理复杂技术问题的能力和水平，除决定于是否具备扎实的理论基础外，还在很大程度上与工作经验有关。如果完全靠个人亲自经历积累经验，不但受工作年限和技术岗位的限制，而且还是一个漫长的过程，其间还要走不少弯路。往往在精力充沛的年轻时期因经验较少难于解决复杂的技术问题，等到经过反复实践和摸索积累了较多经验时已达到不惑之年，这对社会或个人均是一种损失和遗憾。学习他人在这几十年中积累的宝贵经验，掌握他人分析复杂技术问题的思路和方法，将他人的经验消化吸收变成自己的经验，并加以提高发展，各种疑难复杂的技术问题均可圆满解决，不但起到了事半功倍的效果，而且可使年青人在精力充沛的时期即具备了丰富的经验和解决复杂技术问题的能力。

本书采用问答形式是为了便于将复杂的问题分解成几个较小的问题来叙述和解答，不但便于理解而且也便于读者根据需要查阅参考。全书共 1100 题，基本上涵盖了锅炉及与锅炉相关的各学科知识和锅炉运行、检修中遇到的各种技术问题。作者 1965 年毕业参加工作的第二年即发生了文化大革命。文化大革命期间作者在锅炉分场的各个岗位顶岗操作近 10 年，利用顶岗操作的有利条件不断试验来验证各种因素和操作方法对锅炉水位、汽温、汽压、炉膛负压、汽水流量的影响，当有了新的设想或准备对设备和操作方法进行改进时，就先通过在岗操作来验证是否可

行和有效。作者这段经历所提供的素材增强了该书的可读性和实用性。

该书深入浅出，由浅入深，既有许多相关的基本知识，又有解决复杂疑难技术问题的分析方法和方案，锅炉专业各个层次的读者均可从书中找到有关和有用的知识和经验，做到不但知其然，而且知其所以然，以达到读者花较少的时间较快掌握他人几十年积累的经验和分析问题的方法，很快具备独立分析和解决复杂技术问题的能力。

虽然人类已进入信息时代，传播科技知识的手段和载体已多样化，但是图书以其价格低便于保管和阅读等优点，仍然是传播科技知识的最佳载体，书籍是人类进步阶梯的作用仍然没有被动摇。相信广大读者会从阅读该书中得到收获和启发，并加以发展和提高，使锅炉技术不断进步，我相信作者苦心编著这本书的目的也在于此！



于浙江大学求是园

2001.2.18

前言

锅炉是电力、石油、化工、冶金和纺织部门不可缺少的设备。锅炉是耗能和污染环境的大户，锅炉的工作压力和温度较高，因此提高锅炉工作人员理论和操作水平，对节约燃料、保护环境 and 安全生产有着重要意义。

经验和处理复杂技术问题的能力，通常是随着工作年限的增长而增加和提高的。当一个人的经验较多和处理复杂技术问题的能力较高时，往往已到不惑之年。刚刚从事锅炉工作的年青人，缺乏的是经验和处理复杂技术问题的能力。如果仅靠在工作中逐渐积累经验和提高能力，则是一个漫长和艰难的过程。通过阅读学习掌握他人已取得的经验和解决复杂技术问题的思路及方法，可以使年青人在精力充沛的时候就有了较多的经验并具备解决复杂技术问题的能力。正是为了实现上述愿望和目的，作者根据近40年工作中积累的经验 and 解决复杂技术问题取得的成果，以及锅炉工作人员必须掌握的相关知识，本着将实践经验上升为理论，用理论解释现场中遇到的各种技术问题，理论紧密联系实际的精神，采用问答的形式，介绍与锅炉相关的各种知识和解答运行及检修中遇到的各种技术问题。希望读者能花较少的时间很快掌握较多的经验，在掌握基本理论，弄清设备构造和工作原理的基础上，能很快独立地解决运行和检修中遇到的各种疑难技术问题。

由于一个题目的容量有限，难于对该题目的内容作详细的说明和介绍，为了便于希望了解更详细内容的读者查阅，将发表在十余家国内外专业刊物上的70余篇文章的题目，期刊名称、日期和页数采用页下注的形式列在对应的题目下部。

江苏技术监督局锅炉处潘解季处长和南京师范大学动力学院

金宏亮教授审阅了全书并提出了很多具体修改意见；中国工程院院士、浙江大学机械与能源工程学院院长、浙江大学热能工程研究所所长岑可法教授为本书作序；丁怀远、丁振远帮助整理书稿，对此，一并表示感谢。

由于作者实践经验和理论水平有限，书中错误不当之处在所难免，恳请大家批评指正。

丁明舫

2001年1月



丁明妨 1942年生于上海川沙县，1965年毕业于南京工学院（现为东南大学）动力工程系。自工作之日起，始终在电厂生产第一线从事锅炉运行和检修的技术工作。作者利用文革期间顶岗操作的有利条件，对锅炉各项参数和控制指标相互间的影响和关系进行了大量试验，为本书提供了丰富的素材。作者对遇到的各种疑难复杂技术问题从不畏惧和回避，并且将其看作是对自己能力和水平的挑战，是难得的学习和提高自己的机会。作者坚信办法总比困难多，在对各种疑难复杂技术问题进行深入仔细地分析和思考的基础上，有针对性地提出各种对策或方案，取得了很好的效果。其技术总结已在国内外的专业刊物上发表70余篇，有些被国内外的专业刊物摘录和引用。有两篇文章被国际动力会议录用，并应国际动力会议主席的邀请先后在“97—东京国际动力会议”和“97—旧金山国际会议”上宣读论文。获六项专利权，与他人合作出版过《热电机组的安装与调试》。

目录

序
前言

上册

第一章 锅炉型式

第一节 锅炉分类	1
1. 什么是锅炉?	1
2. 锅炉如何分类?	1
3. 什么是火管锅炉? 有何优缺点?	2
4. 什么是水管锅炉? 有何优缺点?	4
5. 什么是蒸汽锅炉的参数? 我国的蒸汽锅炉参数系列标准 是什么?	5
6. 燃煤锅炉有何优缺点?	6
7. 燃油锅炉有何优缺点?	7
8. 为什么容量相同, 燃油锅炉的炉膛比煤粉炉小?	7
9. 什么是微正压锅炉? 有何优缺点?	8
10. 为什么我国生产的大、中型锅炉大多是倒 U 形炉?	8
11. 锅炉型号中各符号所代表的意义是什么?	9
12. 什么叫容积热负荷? 容积热负荷与哪些因素有关?	10
13. 为什么采用双面吸热水冷壁的锅炉的炉膛容积热负荷 较高?	10
14. 为什么随着煤中灰分熔点的降低, 煤粉炉炉膛容积 热负荷 q_v 也随之降低?	11
15. 为什么炉膛容积热负荷 q_v 随着锅炉容量的增加而下降?	12

16. 为什么炉膛的形状通常为长方体, 而不是圆柱体?	13
第二节 自然循环锅炉及水循环	14
17. 自然循环锅炉的原理及优缺点是什么?	14
18. 什么是循环倍率?	15
19. 为什么采用小直径水冷壁管后, 循环倍率降低?	15
20. 为什么随着自然循环锅炉工作压力等级的提高, 循环倍率 K 反而下降?	15
21. 为什么工作压力等级相同时, 燃油锅炉的循环倍率 比燃煤锅炉的低?	16
22. 为什么工作压力等级相同时, 随着锅炉容量的增大 循环倍率反而降低?	17
23. 为什么低压锅炉的循环倍率与中压及中压以上锅炉相 差很大, 而中压与中压以上锅炉的循环倍率相差不大?	18
24. 什么是界限循环倍率?	18
25. 为什么要以上升管入口处水的流速作为循环流速?	19
26. 为什么随着锅炉工作压力等级的提高, 循环流速 w_0 提高?	20
27. 为什么直接引入汽包的水冷壁管的循环流速比通过上联箱 由汽水引出管引入汽包的水冷壁管循环流速高?	21
28. 什么是自然循环锅炉水循环的自补偿特性?	22
29. 为什么随着自然循环锅炉容量的不断增大, 锅炉的工作压 力等级不断提高?	23
30. 对流管束中的水循环是怎样进行的?	23
31. 什么是水冷壁管的省煤段高度?	24
32. 什么是锅炉的蓄热能力? 为什么自然循环锅炉的蓄热能力 比直流锅炉的大?	25
33. 什么是循环停滞? 什么是自由水面?	25
34. 什么是循环倒流?	27
35. 什么是水冷壁管的汽水分层?	28
36. 为什么下降管不受热却要保温?	29
37. 为什么下降管与汽包连接的部分直径加大?	29
38. 为什么要采用大直径集中下降管?	29
39. 为什么采用大直径集中下降管时, 要在下降管入口装设消 旋十字板?	31
40. 为什么每侧水冷壁要分成几个独立的循环回路?	31

第三节 直流锅炉和强制循环锅炉 33

41. 直流锅炉有何优缺点? 33

42. 为什么直流锅炉适用于压力等级较高的锅炉? 34

43. 为什么直流锅炉点火升压并汽所需要的时间很短? 35

44. 为什么直流锅炉比自然循环锅炉节省金属? 35

45. 为什么直流锅炉的耗电量比自然循环锅炉的大? 36

46. 为什么直流锅炉的水冷壁管直径很小? 36

47. 为什么直流锅炉的省煤器出口水温要比饱和温度低 30℃? 38

48. 为什么直流锅炉对自动控制系统要求很高? 38

49. 为什么直流锅炉对给水品质的要求比汽包锅炉高? 39

50. 强制循环锅炉的优缺点是什么? 40

第四节 煤粉炉及液态排渣炉 40

51. 煤粉炉有何优缺点? 40

52. 马弗炉的作用是什么? 41

53. 为什么固态排渣的煤粉炉燃烧器离炉底的距离较燃油炉
或燃气炉高? 41

54. 液态排渣炉有何优缺点? 42

55. 为什么燃用无烟煤采用液态排渣炉较好? 43

第五节 链条炉 44

56. 链条炉有何优缺点? 44

57. 链条炉的前后拱有何作用? 什么情况下可以不用拱? 44

58. 为什么链条炉要分区供风? 45

59. 为什么链条炉需要燃用质量较高的煤? 46

60. 链条炉怎样调整负荷? 47

61. 为什么链条炉的炉膛容积热负荷比煤粉炉的高? 47

62. 煤闸门的作用是什么? 48

63. 链条炉炉排后部的老鹰铁有何作用? 48

64. 为什么链条炉炉排两侧要设防焦箱? 50

65. 链条炉为什么要设二次风? 50

66. 为什么燃煤的小型热电厂大多采用链条炉, 而大、中型电
厂大多采用煤粉炉? 51

67. 什么是抛煤机链条炉? 抛煤机有哪几种? 52

68. 为什么采用风力抛煤机时, 炉排的运动方向是由前向后, 而采用机械抛煤机或风力机械抛煤机时, 炉排的运动方向是由后向前的?	55
69. 抛煤机链条炉有何优缺点?	55
70. 为什么链条炉的炉排要安装可以变速的减速器?	56
第六节 流化床锅炉及循环流化床锅炉	57
71. 流化床锅炉(沸腾炉)的工作原理是什么?	57
72. 流化床锅炉的优缺点是什么?	59
73. 为什么流化床锅炉要采用低温燃烧?	60
74. 为什么流化床锅炉在低温燃烧状态下燃料的燃尽程度很高, 溢流灰渣的含碳量不超过1%?	60
75. 为什么流化床锅炉中煤的燃尽程度很高, 溢流灰渣含碳量不超过1%, 而流化床锅炉热效率却较低?	61
76. 为什么流化床锅炉中埋管的传热系数很高, 埋管的传热系数是水冷壁管的5~6倍?	61
77. 什么是流态化临界速度? 什么是极限速度?	63
78. 为什么流化床锅炉正常运行时, 气流速度增加流化床的阻力却基本保持不变?	63
79. 什么是流化床的膨胀度?	64
80. 什么是流化床的假液化系数?	65
81. 什么是循环流化床锅炉?	65
82. 循环流化床锅炉采取了哪些措施消除或克服了流化床锅炉存在的缺点?	66
83. 什么是循环流化床锅炉的物料循环倍率?	67
84. 循环流化床锅炉怎样分类?	67
85. 循环流化床锅炉为什么要设置物料分离器?	68
86. 为什么循环流化床锅炉在尾部烟道前设置了物料分离器后, 尾部受热面的磨损仍比煤粉炉严重?	69
第七节 废热锅炉	70
87. 为什么要设置废热锅炉?	70
88. 废热锅炉与蒸汽发生器有何区别?	71
89. 为什么废热锅炉的运行比常规锅炉更复杂?	71
90. 为什么现在废热锅炉大多是中压锅炉?	72

91. 为什么大多数废热锅炉没有水冷壁?	73
92. 为什么有些废热锅炉的过热器布置在蒸发受热面之前?	74
93. 为什么过热器布置在蒸发受热面之前的废热锅炉, 从点火到并汽所需的时间很长?	74
94. 为什么有些废热锅炉装有辅助燃烧器?	76
95. 为什么废热锅炉一般都没有空气预热器?	76
96. 为什么 WGZ 65/39-6 型锅炉悬吊管频繁损坏?	77
97. 为什么有些废热锅炉的烟囱上开有很多孔?	79
98. 为什么有些废热锅炉设有水封装置?	80
99. 为什么废热锅炉的水封装置要安装紧急排放管?	81

第二章 锅炉本体设备

第一节 汽包

1. 汽包的作用是什么?	84
2. 汽包内有哪些汽水分离装置? 其工作原理如何?	85
3. 为什么有的汽包的人孔是椭圆形的?	86
4. 为什么内置旋风分离器的壁很薄, 而外置旋风分离器的壁很厚?	87
5. 为什么随着锅炉容量的增大, 仅汽包的长度增加, 而汽包的內径没有增加?	88
6. 为什么汽包人孔水平中心线处要冲一排凹坑标记?	89
7. 锅炉运行时, 怎样确保汽包的自由膨胀?	89
8. 汽包内的连续排污管安装在什么位置较好?	91
9. 事故放水管的作用是什么? 其开口在什么位置较好?	92
10. 为什么水位计的汽水连通管在汽包内有保护装置?	92
11. 汽包内旋风分离器筒体下部的托水斗起什么作用?	93
12. 为什么汽包内相邻两个旋风分离器的汽水混合物的旋转方向相反?	93
13. 为什么下汽包通常是不固定的?	94
14. 为什么超高压及以上压力锅炉的汽包用合金钢制造?	94
15. 锅炉升火过程中汽包上下壁温差是怎样形成的? 温差超过规定有何危害?	95
16. 为什么停炉以后汽包上下壁也会形成温差?	96

17. 为什么汽包在停炉冷却过程中产生的热应力比升火期间产生的热应力更危险? 97
18. 为什么事故放水管接在下汽包上不安全? 97

第二节 水冷壁、对流管及下降管 99

19. 水冷壁的作用是什么? 99
20. 水冷壁有哪几种类型? 100
21. 为什么悬吊式锅炉的水冷壁要设置刚性圈梁? 102
22. 为什么炉膛位于四个角的水冷壁管要向炉内突出? 103
23. 为什么在水冷壁管安装完进行冷拉后才焊接下降管? 103
24. 为什么水冷壁管要在上部设置挂钩, 在下部设置拉钩装置? 104
25. 为什么大、中容量锅炉大多采用悬吊结构? 105
26. 什么是卫燃带? 有何作用? 107
27. 什么是费斯顿管? 有何作用? 107
28. 什么是折焰角? 有何作用? 108
29. 为什么折焰角的悬吊水冷壁管内要设节流孔? 109
30. 为什么固态排渣的煤粉炉的炉底是斗状的, 而燃油炉和燃气炉的炉底是平的? 109
31. 什么是冷炉底和热炉底? 110
32. 什么是水冷壁的角度系数? 什么是水冷壁的辐射受热面? 111
33. 什么是炉子的水冷程度? 112
34. 联箱的作用是什么? 112
35. 为什么联箱上的手孔是椭圆形的? 112
36. 为什么炉膛温度很高, 水冷壁管用碳素钢制造也很安全? 113
37. 为什么水冷壁管间一般都有间隙, 即相对节距大于1? 113
38. 为什么有些锅炉的水冷壁管不是紧靠炉墙, 而与炉墙有一定的间隙? 114
39. 为什么采用小管径水冷壁可以节省大量钢材? 114
40. 为什么大型锅炉采用双面水冷壁? 115
41. 为什么自然循环锅炉随着工作压力等级的提高, 下降管与上升管截面之比随之增加? 116
42. 为什么前后墙水冷壁管直接与汽包相连, 而侧墙前、后循环回路的水冷壁管一般通过上联箱与汽包相连? 116
43. 水冷壁管在正常运行时, 热应力是怎样产生的? 117