

发电生产“1000个为什么”系列书

热电联产

1000问

周武仲 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

发电生产“1000个为什么”系列书

热电联产 1000问

周武仲 编著

常州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共十四章,采用问答形式,以热电联产技术为主线,重点介绍热电联产基础知识、热电联产的现状和发展、常规的热电联产、燃气-蒸汽联合循环热电联产、热力网和集中供热、热电联产系统的自动化、热电联产技术、天然气-热电联产技术、气-热电联产技术、核热电联产技术、分布式热电联产、热电联产与环保、热电联产热经济性及其指标、热电联产的管理与政策等内容。本书内容紧密结合生产实际,知识点全面、理论重点突出,实用性和技术性强。

本书可供从事热电联产的技工、技术人员、管理人员使用,也可作为中、高等学校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

热电联产 1000 问/周武仲编著. —北京:中国电力出版社, 2017. 9
(发电生产“1000 个为什么”系列书)

ISBN 978-7-5198-1054-2

I. ①热… II. ①周… III. ①热电厂—问题解答 IV. ①TM621-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 196245 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 徐 超

责任校对: 王小鹏

装帧设计: 张俊霞 赵姗姗

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2017 年 9 月第一版

印 次: 2017 年 9 月北京第一次印刷

开 本: 880 毫米×1230 毫米 32 开本

印 张: 17.625

字 数: 477 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 58.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换



前言

热电联产技术是世界能源技术的重要发展方向，具有能源利用率高、对环境影响小、供应可靠和经济效益好等特点。国家计委、国家经贸委、国家环保总局、建设部在2000年下发的《关于发展热电联产的规定》，将热电联产列为重大节能措施，2004年国家发改委颁布的《节能中长期专项规划》中把热电联产列为10项重点工程之一。随着热电联产的装机容量迅速增加，预计到2020年，我国的热电联产机组装机容量将达到2亿kW，年节约标煤2亿t，减少SO₂排放360万t以上，减少NO_x排放130万t，减少CO₂排放35000万t。2016年国家发改委又颁布了《热电联产管理办法》，进一步明确了热电联产发展应遵循“统一规划、以热定电、立足存量、结构优化、提高能效、环保优先”的原则，力争实现北方大中型以上城市热电联产集中供热率达到60%以上，20万人口以上县城热电联产全覆盖，形成规划科学、布局合理、利用高效、供热安全的热电联产产业健康发展格局。

在我国中长期科学和技术发展规划纲要中，以热电联产为主要形式的分布式能源系统已被列为重要发展方向之一。本书是应时和应需之作，其内容包括热电联产基础知识、热电联产的现状和发展、常规的热电联产、燃气-蒸汽联合循环热电联产、热力网和集中供热、热电联产系统的自动化、热电冷联产技术、天然气-热电联产技术、煤气-热电联产技术、核热电联产技术、分布式热电联产、热电联产与环保、热电联产热经济性及其指标、热电联产的管理与政策等。本书采用问答的方式对热电联产的有关内容进行阐述，便于读者查找和阅读。

本书在内容上力求系统性、简洁性、实用性和先进性，可供从事热电联产的技工、技术人员、管理人员和中、高等学校的师

生作为培训参考用书使用。

由于编者的水平和时间有限，恳请广大读者对本书的不足之处提出批评和指正。

编者 2017.3



目 录

前言

第一章 热电联产基础知识	1
第一节 工程热力学基础	1
1. 什么是状态参数?	1
2. 什么是压力?	1
3. 什么是气体的绝对压力和表压力? 什么是真空度?	1
4. 什么是比体积?	2
5. 什么是温度?	2
6. 什么是热力学能(内能)?	3
7. 什么是焓?	3
8. 什么是熵?	3
9. 什么是流动工质的焓和焓损?	4
10. 什么是热力学第一定律?	4
11. 什么是热力学第二定律?	5
12. 什么是卡诺定理和卡诺循环?	6
13. 什么是水蒸气的焓熵图?	7
14. 试举例说明水蒸气焓熵图的应用。	8
15. 如何在焓熵图上表示水蒸气的热力过程?	9
16. 什么是朗肯循环?	10
17. 什么是温熵图?	11
18. 什么是蒸汽再热循环?	12
19. 什么是抽汽回热循环?	13
20. 什么是热电联产循环?	14
21. 什么是燃气-蒸汽联合循环?	15
22. 什么是逆向卡诺循环?	16

23. 什么是空气压缩制冷循环?	17
24. 什么是蒸汽压缩制冷循环?	17
第二节 工程传热学基础	18
25. 什么是导热?	18
26. 导热的基本定律是什么?	18
27. 什么是对流换热?	18
28. 什么是层流换热和湍流换热?	19
29. 什么是自然对流换热?	19
30. 什么是辐射传热?	19
31. 什么是换热器? 试说明其作用和分类。	19
32. 常用的工业换热器有几种?	20
33. 什么是管壳式换热器?	20
34. 什么是翅片管式换热器?	20
35. 什么是板式换热器?	22
36. 什么是螺旋板换热器?	23
37. 什么是板翅式换热器?	23
38. 什么是高温换热器?	24
39. 什么是蓄热式换热器?	25
40. 什么是椭圆翅片管换热器?	26
第三节 电学基础	27
41. 什么是正弦电路中的电流和电压?	27
42. 什么是正弦电流的有效值?	28
43. 什么是电功和电功率?	28
44. 试述三相交流电的产生原理。	29
45. 试述三相电路的电压和电流。	29
46. 什么是线圈的自感和互感现象?	29
47. 试述变压器的工作原理。	31
48. 试述三相异步电动机的工作原理。	32
49. 什么是电力系统?	32
50. 什么是电力负荷?	32
51. 什么是电力负荷曲线?	33

第二章 热电联产的现状和发展	35
第一节 我国的热电联产的现状	35
52. 试述我国热电联产的现状。	35
53. 试述我国热电联产存在的主要问题。	35
54. 试述我国热电联产的发展前景。	36
第二节 世界热电联产的现状和发展	37
55. 试述世界热电联产的现状。	37
56. 试述世界热电联产的发展趋势。	37
第三章 常规的热电联产	39
第一节 基本概念	39
57. 什么是热电联产?	39
58. 热电联产和热电分产有什么不同?	39
59. 热电联产有几种类型?	39
60. 什么是常规的热电联产?	40
第二节 锅炉和附属设备	40
61. 试述锅炉的构成和工作过程。	40
62. 试述锅炉的主要类型。	42
63. 试述锅炉用燃料。	44
64. 试述锅炉的热平衡。	46
65. 试述煤粉的性质。	49
66. 锅炉的制粉系统是什么样的?	50
67. 制粉系统还有哪些部件?	55
68. 试述煤粉炉的燃烧设备和燃烧过程。	57
69. 什么是点火装置?	64
70. 什么是锅炉的受热面?	66
71. 什么是水冷壁?	66
72. 什么是过热器?	68
73. 什么是再热器?	68
74. 什么是减温器?	70
75. 什么是省煤器?	72
76. 空气预热器的作用和分类。	72

77. 离心式风机的工作原理。	73
78. 什么是轴流式风机?	75
79. 什么是循环流化床锅炉?	76
80. 简述循环流化床锅炉的基本结构。	76
81. 什么叫流态化燃烧?	77
82. 试述循环流化床锅炉的结构特点。	77
83. 试述循环流化床锅炉的技术特点。	77
84. 循环流化床锅炉的缺点是什么?	79
85. 循环流化床锅炉是如何控制二氧化硫污染的?	79
86. 什么是循环流化床锅炉的床料和物料?	79
87. 在循环流化床锅炉中煤是如何燃烧的?	80
88. 试述循环流化床锅炉的展望。	80
第三节 汽轮机及其附属设备	81
89. 试述汽轮机的类型。	81
90. 试述冲动式汽轮机的工作原理。	81
91. 试述反动式汽轮机的工作原理。	82
92. 什么是凝汽式汽轮机?	82
93. 什么是调整抽汽式汽轮机?	82
94. 什么是背压式汽轮机?	82
95. 什么是中间再热式汽轮机?	82
96. 汽轮机本体由哪些部分组成?	82
97. 简述汽轮机转子的类型和结构。	83
98. 简述动叶片的作用和结构。	84
99. 试述汽缸的结构。	86
100. 试述隔板的作用和结构。	87
101. 什么是滑销系统?	88
102. 试述汽封的作用和结构。	88
103. 试述汽缸法兰和螺栓加热装置的作用和结构。	88
104. 简述汽轮机的轴承作用和结构。	91
105. 简述汽轮机的盘车装置。	92
106. 试述联轴节的作用、种类、结构和特点。	95

107.	试述汽轮机的调节系统的作用。	96
108.	试举例说明背压式汽轮机的液压调节系统。	97
109.	试举例说明背压式汽轮机的电液调节系统。	97
110.	试述背压式汽轮机的调节保安系统。	98
111.	试述抽背式汽轮机的电液调节系统。	100
112.	什么是汽轮机凝汽设备?	101
113.	试述表面式凝汽器的结构。	102
114.	试述抽气设备的作用、种类和结构。	103
115.	试比较各种抽气设备的优缺点和应用。	105
116.	试述胶球清洗装置功能和系统。	105
117.	试述汽轮机的给水回热系统。	106
118.	加热器可分成几类? 各有什么特点?	107
119.	试述高压加热器的结构。	108
120.	试述低压加热器的结构。	109
121.	试述除氧器的作用和分类。	110
122.	试述喷雾填料式除氧器的原理和结构。	111
123.	试述旋膜式除氧器的原理和结构。	112
124.	试述一体化除氧器的原理和结构。	112
125.	无头除氧器有什么特点?	112
126.	试述循环水泵的作用和结构。	113
127.	试述凝结水泵的作用和结构。	114
128.	试述给水泵的作用和结构。	115
第四节 发电机及附属设备		118
129.	试述同步发电机的原理和结构。	118
130.	同步发电机的励磁方式有几种?	120
131.	试述同步发电机的同步和并列操作。	121
132.	试述 MZ-10 型组合式同步表的工作原理。	122
133.	手动准同步装置的组成是什么样的?	123
134.	同步发电机的解列和停机操作是什么样的?	125
135.	试述变压器的原理和结构。	126
136.	油浸变压器有几种冷却方式?	128

137. 试述三相变压器的连接组别。	129
138. 什么是变压器的允许温升? 有什么规定?	130
139. 什么是变压器的过负荷? 有什么规定?	130
140. 并联运行变压器应满足什么条件?	131
141. 什么是电力互感器?	132
142. 什么是电磁式电流互感器?	132
143. 电磁式电流互感器是什么样的?	132
144. 电流互感器有几种接线方式?	133
145. 什么是电子式互感器?	134
146. 什么是电磁式电压互感器?	135
147. 电磁式电压互感器是什么样的?	136
148. 电压互感器有几种接线方式?	136
149. 试述高压断路器的作用和分类。	138
150. 试述少油断路器的基本结构和原理。	138
151. 试述六氟化硫断路器的结构和原理。	138
152. 简述高压断路器的操动机构。	139
153. 试述隔离开关的用途和要求。	141
154. 试述隔离开关的种类和结构。	142
155. 试述高压熔断器的工作原理。	145
156. 试述高压熔断器的类型及结构。	145
157. 什么是高压开关柜? 试述其类型和特点。	146
158. 什么是 GIS? 试述其优点和结构。	147
159. 什么是低压电气设备, 包括哪些元件?	148
160. 试述低压刀开关的用途、分类和结构。	149
161. 试述低压熔断器的作用、种类和结构。	149
162. 试述自动空气开关的原理、分类和结构。	150
163. 什么是电气主接线? 有哪几类?	151
164. 什么是发电厂的厂用电? 厂用负荷分几类?	151
165. 高压厂用工作电源的接线如何考虑?	151
166. 厂用启动/备用电源接线有几种类型?	151
167. 什么是避雷器? 试述其分类和结构。	153

168. 什么是电气二次回路?	154
169. 什么是原理接线图?	156
170. 什么是展开接线图?	157
171. 什么是安装接线图?	157
172. 电气二次回路包含哪些微机装置?	158
173. 微机装置的硬件由哪些部分组成?	159
174. 简述 110kV 断路器的控制回路及动作过程。	160
175. 信号系统是如何分类的?	161
176. 继电保护有什么作用?	162
177. 对继电保护的要求是什么?	162
178. 举例说明继电保护的接线和动作过程。	162
179. 举例说明自动装置的二次回路。	163
180. 什么是可编程控制器 (PLC)?	166
181. 举例说明 PLC 的应用。	166
第五节 化学水处理设备和系统	168
182. 汽水品质不良有什么危害?	168
183. 电厂水处理工作包括哪些内容?	168
184. 天然水中有哪些杂质?	168
185. 试述电厂中的主要水质指标。	169
186. 什么是水的预处理?	169
187. 什么是水的混凝处理?	169
188. 什么是水的沉淀软化?	169
189. 什么是水的过滤处理?	170
190. 什么是水的离子交换处理?	170
191. 简述水中只有 Ca^{2+} 型和 Na 型交换树脂的交换过程。	171
192. 水的离子交换处理有几种?	171
193. 目前采用哪几种离子交换器?	172
194. 什么是膜分离技术?	172
195. 什么是反渗透技术?	174
196. 什么是 EDI 技术?	174
197. 热电厂水汽循环系统和特点是什么?	175

198. 给水系统的腐蚀原因是什么?	175
199. 锅炉给水的热力除氧有哪些方法?	176
200. 锅炉给水的化学除氧有哪些方法?	176
201. 锅炉水水质调节有什么方法?	177
202. 如何防止蒸汽中的杂质对过热器和汽轮机的腐蚀?	177
203. 循环水的防垢处理有哪些方法?	178
204. 如何控制凝汽器的腐蚀?	179
205. 热网水质不良有什么后果?	179
206. 供热站有哪些水处理方法?	179
207. 简述锅炉的化学清洗方法。	180
208. 简述凝汽器的清洗方法。	180
第六节 供热式汽轮机的热力系统	181
209. 什么是原则性热力系统?	181
210. 什么是全面性热力系统?	181
211. 试述背压式机组的原则性热力系统。	181
212. 试述抽背式机组的原则性热力系统。	181
213. 试述抽汽凝汽机组的原则性热力系统。	182
214. 热电机组的选择原则是什么?	183
215. 试举例说明原则性回热系统的组成。	184
216. 试举例说明供热机组原则性热力系统的组成。	184
217. 试举例说明换热站系统。	184
218. 热力系统中对补充水的要求是什么?	187
219. 试举例说明补充水引入系统的组成。	187
220. 试举例说汽包锅炉连续排污扩容系统的组成。	188
221. 试述减温减压器及其系统的组成。	188
第七节 凝汽式汽轮机组的供热改造	189
222. 小型的机组如何进行改造?	189
223. 凝汽式机组如何进行打孔抽汽改造?	190
224. 大型凝汽式机组如何改造为供热机组?	190
225. 凝汽式机组如何进行循环水供热改造?	190

第四章 燃气-蒸汽联合循环热电联产	191
第一节 概述	191
226. 什么是燃气轮机?	191
227. 什么是燃气-蒸汽联合循环发电?	191
228. 燃气-蒸汽联合循环发电有什么优点?	192
229. 燃气-蒸汽联合循环发电设备如何分类?	192
230. 试述燃气轮机的理想简单循环。	192
231. 试述燃气-蒸汽联合循环的形式。	192
232. 什么是注蒸汽的燃气轮机循环?	194
第二节 燃气轮机及其附属设备	195
233. 什么是压气机? 常见的压气机有几种?	195
234. 简述轴流式压气机的结构。	195
235. 燃烧室的作用是什么?	196
236. 简述燃烧室的结构。	196
237. 如何减少燃烧室的 NO_x 排放量?	198
238. 试简述燃气透平的结构。	199
239. 试简述燃气轮机透平零部件的冷却方式。	200
240. 试举例简述燃气轮机的整体结构。	200
第三节 余热锅炉及其附属设备	201
241. 余热锅炉是如何分类的?	201
242. 余热锅炉本体有什么特点?	203
243. 余热锅炉的辅助系统有什么特点?	203
第四节 汽轮机及其附属设备	204
244. 联合循环的汽轮机汽缸有什么特点?	204
245. 联合循环的汽轮机转子有什么特点?	204
246. 联合循环的凝汽器有什么特点?	204
247. 联合循环的旁路系统有什么特点?	205
248. 试举例说明联合循环的汽轮机。	205
第五节 发电机及附属设备	205
249. 试述联合循环的发电机组配置方式。	205
250. 单轴联合循环机组是如何布置的?	206

251. 单轴联合循环机组有什么优点?	207
252. 多轴联合循环机组是如何布置的?	207
253. 多轴联合循环机组有什么特点?	207
第六节 燃气轮机的辅助系统	208
254. 燃气轮机有哪些辅助系统?	208
255. 什么是燃气轮机的燃料供给系统?	208
256. 什么是燃气轮机的启动机系统?	208
257. 什么是燃气轮机的盘车系统?	209
258. 什么是 SSS 离合器?	209
259. 什么是燃气轮机的进气滤清系统?	210
260. 什么是燃气轮机的进气冷却/加热系统?	210
261. 什么是燃气轮机的进、排气消音系统?	210
262. 什么是燃气轮机的重油处理系统?	210
263. 什么是燃气轮机的雾化空气系统?	211
第七节 燃气轮机的控制和保护系统	211
264. 试简述燃气轮机的主控系统。	211
265. 试简述燃气轮机顺序控制系统。	211
266. 什么是燃气轮机的 IGV 控制系统?	211
267. 试简述燃气轮机的燃料控制系统。	212
268. 什么是燃气轮机的超速保护?	212
269. 什么是燃气轮机的超温保护?	212
270. 什么是燃气轮机的燃烧监测?	213
271. 什么是燃气轮机的熄火保护?	213
272. 什么是燃气轮机的振动保护?	213
第八节 余热锅炉及汽轮机的控制和保护系统	214
273. 简述余热锅炉的控制和保护系统。	214
274. 简述汽轮机的控制系统。	215
275. 简述汽轮机的保护系统。	215
276. 联合循环的烟气旁路控制有什么作用?	215
277. 烟气旁路系统如何进行控制?	215
278. 联合循环的蒸汽旁路控制有什么作用?	216

279.	蒸汽旁路如何进行控制?	216
第九节	燃气轮机的热电联产	217
280.	什么是燃气轮机热电联产?	217
281.	什么是带辅助燃烧器的燃气轮机?	217
282.	什么是带背压汽轮机的燃气轮机?	218
283.	什么是用离合器连接的燃气轮机和汽轮机?	219
284.	什么是燃气轮机热泵热电联产系统?	219
第十节	燃气-蒸汽联合循环热电联产	220
285.	什么是燃气-蒸汽联合循环热电联产?	220
286.	试简述燃气轮机的主要性能。	221
287.	试述余热锅炉的选择原则。	221
288.	试述蒸汽轮机的选择原则。	221
289.	试述燃气轮机及其辅助设备的布置。	222
290.	试述余热锅炉及其辅助设备的布置。	222
291.	试述汽轮机的布置。	222
292.	试述控制室的布置。	222
第五章	热力网和集中供热	223
第一节	热负荷	223
293.	热负荷有几种类型?	223
294.	什么是热负荷图?	223
295.	连续性热负荷图是如何绘制的?	224
第二节	热力网供热系统	224
296.	热力网供热系统有几种?	224
297.	什么是自然循环供热系统?	225
298.	什么是机械循环供热系统?	225
299.	机械循环供热系统中垂直式系统有几种?	225
300.	什么是上供下回式供热系统?	226
301.	什么是下供下回式双管热水供热系统?	227
302.	什么是中供式热水供热系统?	227
303.	什么是下供上回式热水供热系统?	228
304.	什么是混合式热水供热系统?	228

305. 机械循环热水供热系统中水平式系统有几种?	229
306. 什么是水平顺流式系统?	229
307. 什么是水平跨越式系统?	229
308. 水平式系统与垂直式系统比有什么优点?	230
309. 什么是同程式系统?	230
310. 什么是异程式系统?	230
311. 高层建筑供热系统有几种?	230
312. 什么是分层式供热系统?	231
313. 什么是设置热交换器的分层式系统?	231
314. 什么是设置双水箱分层式系统?	231
315. 什么是设置断流器和阻旋器的分层式系统?	231
316. 什么是设置阀前压力调节器的分层式系统?	233
317. 什么是垂直双线单管式供热系统?	233
318. 什么是水平双线单管式供热系统?	233
319. 什么是单双管混合式供热系统?	235
320. 供热系统中的膨胀水箱有什么作用? 其构造是什么样的?	235
321. 什么是自动排气阀和手动排气阀?	236
322. 什么是调压板?	237
323. 什么是散热器温控阀?	237
324. 试述蒸汽供热系统的原理。	238
325. 蒸汽供热系统有什么特点?	238
326. 蒸汽供热系统如何分类?	239
327. 低压蒸汽供热系统有几种形式?	239
328. 什么是双管上供下回式蒸汽供热系统?	239
329. 什么是单管上供下回式蒸汽供热系统?	239
330. 什么是双管下供上回式蒸汽供热系统?	240
331. 什么是双管中供式蒸汽供热系统?	241
332. 什么是重力回水式系统?	241
333. 什么是机械回水式系统?	241
334. 什么是高压双管上供下回式蒸汽供热系统?	242
335. 什么是高压双管上供上回式蒸汽供热系统?	243