

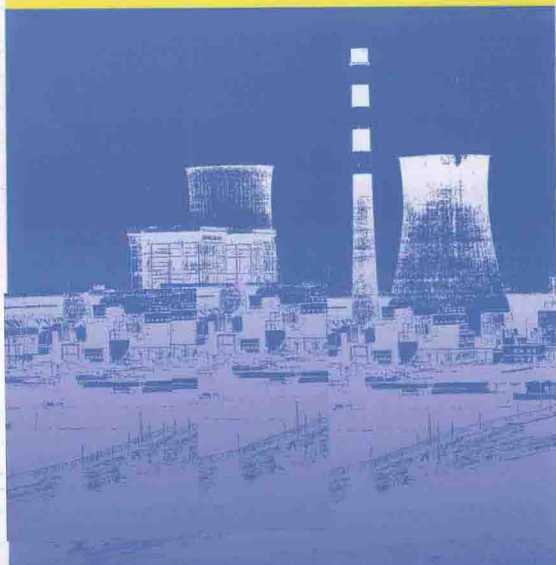
火电厂生产岗位技术问答丛书

汽轮机运行

300

问

简安刚 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电厂生产岗位技术问答丛书

汽轮机运行

300

问

内 容 提 要

为了满足火力发电生产人员、技术人员学习和掌握专业知识和职业技能的需要,加上近年来大型火电机组不断投产并依据相关规定,组织编写一套《火电厂生产岗位技术问答丛书》,包括《锅炉运行 300 问》、《汽轮机运行 300 问》、《集控运行 300 问》、《电气运行 300 问》和《化学水处理 300 问》等分册。

本书为《汽轮机运行 300 问》,以汽轮机运行专业知识为基础,介绍了电站汽轮机运行的原理及应用,针对现场运行实际情况和机组设备特点,对主要及辅助设备进行了阐述与说明;然后从运行中的安全、质量方面分别进行了问答;讨论了具体的运行方案,重点说明运行过程技术控制措施;最后对机组运行相关问题进行了分析处理。

本书可供从事火力发电厂运行工作的生产人员、技术人员和管理人员学习参考,以及为考试、现场考问等提供题库;也可供相关专业的大、中专学校师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮机运行 300 问/简安刚编. —北京:中国电力出版社, 2014. 8

(火电厂生产岗位技术问答丛书)

ISBN 978-7-5123-4690-1

I. ①汽… II. ①简… III. ①火电厂-汽轮机运行-问题解答
IV. ①TM621.4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 155404 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.25 印张 152 千字
印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

电力工业是能源工业的重要组成部分，是推动人类文明及支撑社会经济发展的重要基础。目前在世界范围内，火力发电是电力能源中重要的组成部分。因此，提高火力发电的运行技术水平，提升能源的综合高效利用，是当前电力运行的重要发展课题。

随着国家政策不断调控，能源建设的脚步越来越快。火力发电机组正在向高参数大容量迅速发展。在电厂生产实践中，运行人员是火力发电厂的主要力量，其专业技术水平的高低，直接影响到企业的安全、经济、可靠生产。因此，发电公司都非常重视运行人员的技能培训。在这样的背景下，编者结合现场运行实例，总结经验，将电厂电气专业运行技术结集成册，以期提高行业应用水平，实现能源与环境的和谐发展。

本套丛书采用问答形式编写，以岗位技能为主线，理论突出重点，实践注重技能。本书为《汽轮机运行 300 问》，简明扼要地介绍了汽轮机运行专业基础知识及汽轮机运行岗位技能知识。帮助广大火电机组运行技术人员了解、学习、掌握火电机组汽轮机岗位的各项技能，加强机组运行管理工作，做好设备的运行维护和检修工作。

通过本书的学习，达到提高运行人员工作水平，最终能够在

运行过程中，降低煤耗率，实现最佳一次能源利用效率，减少碳排放，改善生态环境。

限于时间和作者水平，疏漏和不妥之处在所难免，敬请广大读者指正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

前言

第一章 汽轮机结构及工作原理	1
第一节 汽轮机设备结构和工作原理	1
1. 汽轮机的基本工作原理是什么?	1
2. 汽轮机如何分类?	1
3. 汽轮机设备及系统有哪些?	2
4. 汽轮机由哪些参数表示?	2
5. 汽轮机的基本结构如何?	3
6. 汽轮机有哪些主要的热力系统?	3
7. 什么是中间再热式汽轮机?	4
8. 汽轮机的主要发展方向是什么?	5
第二节 汽轮机本体系统	6
9. 汽轮机本体主要由哪几个部分组成?	6
10. 汽轮机基础和台板的作用是什么? 有何特点?	6
11. 汽缸的作用是什么? 有哪些分类?	6
12. 汽轮机的汽缸是如何支承的? 有哪些特点?	7
13. 超超临界汽轮机组的汽缸结构是什么?	7
14. 超超临界机组各部件的支承结构有什么特点?	8
15. 上缸、下缸猫爪支承方式有什么优缺点?	9
16. 为什么大功率汽轮机的高、中压缸要采用 双层缸结构?	9
17. 运行中的汽缸, 受力情况如何?	10

18. 大机组的低压缸有哪些特点？	10
19. 为什么汽轮机采用多层缸结构？	10
20. 低压外缸的一般支承方式是怎样的？	11
21. 为什么排汽缸要装喷水降温装置？是怎样 设置的？	11
22. 汽缸进汽部分布置有哪几种方式？	11
23. 双层缸结构的汽轮机，为什么要采用特殊的 进汽短管？	12
24. 汽轮机喷嘴、隔板的定义是什么？	12
25. 什么叫喷嘴弧？有哪几种结构形式？	12
26. 隔板的结构有哪几种形式？	13
27. 什么叫汽轮机的级？什么叫调节级和压力级？ 什么叫双列速度级？	13
28. 高压高温汽轮机为什么要设汽缸、法兰螺栓 加热装置？	14
29. 为什么汽轮机第一组喷嘴安装在喷嘴室， 而不是固定在隔板上？	14
30. 什么是汽轮机的转子？转子的作用是什么？	15
31. 什么叫大功率汽轮机的转子蒸汽冷却？	15
32. 叶轮的作用是什么？为什么要开平衡孔？	16
33. 动叶片的作用是什么？	16
34. 汽轮机高压段为什么采用等截面叶片？	17
35. 为什么汽轮机有的级段要采用扭曲叶片？	17
36. 防止叶片振动断裂的措施主要有哪几点？	18
37. 多级凝汽式汽轮机最末几级为什么要采用 去湿装置？	18
38. 轴封的作用是什么？	18
39. 轴封的工作原理是什么？	19
40. 汽轮机为什么会产生轴向推力？	19
41. 如何减小汽轮机轴向推力？	20

42. 汽轮机为什么要设滑销系统？有什么作用？	20
43. 汽轮机联轴器起什么作用？有哪些种类？ 各有何优缺点？	21
44. 汽轮机的盘车装置起什么作用？	22
45. 盘车装置的投运与停运时间有哪些要求？	22
46. 对于运行人员而言，盘车装置自动脱开有 什么意义？	23
47. 主轴承的作用是什么？润滑油膜是怎样形成的？ ...	24
48. 推力轴承的作用是什么？	24
第三节 汽轮机主要辅助系统	25
49. 汽轮机主要有哪些辅助系统？	25
50. 汽轮机辅助系统主要有哪些重要设备？	26
51. 辅机设备启动前有哪些检查内容？	27
52. 辅机设备启动后的检查内容有哪些？	27
53. 汽轮机油系统的作用是什么？	28
54. 为什么要将抗燃油作为汽轮发电机组油系统的 介质？它有什么特点？	28
55. 主油箱的容量是根据什么决定的？有哪些特点？ ...	29
56. 汽轮机的润滑油压是根据什么来确定的？	29
57. 汽轮机正常运行中，主油泵提供哪些作用？	30
58. 润滑油泵和事故油泵在什么时候启用？	30
59. 汽轮机设置润滑油净化系统的目的是什么？	30
60. 汽轮机油箱为什么要装排油烟风机？底部为什么 要安装放水管？	32
61. 为什么汽轮机轴承盖上必须装设通气孔、 通气管？	32
62. 润滑油系统的安全运行意义有哪些？	32
63. 汽轮机设置顶轴油系统的目的是什么？	33
64. 套管式油管道为什么能够提高油系统的安全性？ ...	33
65. 转子接地装置有什么作用？	34

66. 汽轮机旁路系统的主要功能是什么？	34
67. 旁路控制系统由哪些部分组成？	34
68. 轴封蒸汽系统的功能是如何实现的？	35
69. 轴封蒸汽的工作流程是什么？	35
70. 汽轮机轴封有哪些特点？	36
71. 轴封蒸汽系统的运行注意事项有哪些？	36
72. 氢冷发电机是如何实现密封功能的？	37
73. 氢密封系统的各个部件的主要作用有哪些？	38
74. 发电机密封油的可靠性是如何实现的？	39
75. 发电机氢冷系统的作用是什么？	39
76. 氢冷系统组成和功能是什么？	39
77. 定子冷却水系统的主要功能是什么？	41
78. 发电机定子冷却水系统的工艺流程是怎样的？	41
79. 发电机定子冷却水系统有哪些主要结构部件？ 各有什么要求？	42
第四节 汽轮机调节与保护	43
80. 汽轮机调节系统的任务是什么？	43
81. 汽轮机调节系统一般由哪几个机构组成？	44
82. 对汽轮机调节系统有哪些具体要求？	44
83. 汽轮机有哪些主要保护？对其有何要求？	44
84. 自动主汽阀的作用是什么？	45
85. 危急保安器是如何动作的？	45
86. 汽轮机轴向位移保护装置起什么作用？	46
87. 汽轮机低油压保护装置的作用是什么？	46
88. 汽轮机低真空保护装置的作用是什么？	46
89. 机组间负荷的自动分配与一次调频是如何 实现的？	47
90. 汽轮机同步器有哪些基本功能？	47
91. 汽轮机供油系统对于机组保护的重要性有哪些？ ...	48
92. 一次调频与二次调频有什么区别？	48

第五节 电液控制系统及分散控制系统	49
93. 汽轮机数字电液控制系统的基本结构是怎样的?	49
94. 汽轮机数字电液控制系统有哪些组成部分?	50
95. 汽轮机数字电液控制系统基本功能有哪些?	51
96. 汽轮机数字电液控制系统保证的技术指标 有哪些?	51
97. 电液调节装置是如何进行自动调节的?	51
98. 汽轮机数字电液控制系统是如何进行升速 控制的?	52
99. 汽轮机数字电液控制系统在机组同期与并网中 起到了什么作用?	53
100. 汽轮机数字电液控制系统是如何进行超速 保护的?	53
101. 汽轮机数字电液控制系统如何对机组并网运行 进行控制?	54
102. 汽轮机数字电液控制系统如何进行协调控制?	55
103. 在一次调频限制中, 汽轮机数字电液控制 系统有哪些作用?	56
104. 汽轮机数字电液控制系统如何实行汽压保护?	56
105. 在运行中, 汽轮机数字电液控制系统的快速 减负荷 (RUNBACK) 是如何实现的?	56
106. 汽轮机数字电液控制系统在运行中是如何 实现阀门管理的?	57
107. 汽轮机运行中阀门试验是如何实现的?	57
108. 汽轮机自启动及负荷自动控制 (ATC) 系统功能是如何实现的?	58
109. 分散控制系统有什么作用?	60
110. 汽轮机系统控制有哪些?	60
111. 汽轮机数字电液控制系统如何实现机炉协调 控制?	61

112. 油动机是如何实现调节的？	61
113. 抗燃油的安全使用事项有哪些？	62
114. 汽轮机数字电液控制系统调节的液压伺服系统 有哪些特点？	63
115. 汽轮机危急遮断系统（ETS）能提供哪些 保护？	63
116. 汽轮机隔膜阀是如何实现机组安全的？	64
117. 汽轮机危急遮断系统（ETS）保护电磁阀组件 是如何构成的？	65
118. 汽轮机保护系统的技术特点是什么？	66
119. 汽轮机危急遮断系统（ETS）实现哪些 机组安全保护？	66
120. 什么是调节系统的静态特性和动态特性？	67
第六节 泵与阀门	68
121. 主汽阀和调节阀的结构是什么？	68
122. 再热主汽阀的再热调节功能是如何实现的？	69
123. 运行中凝结水泵的作用是什么？	70
124. 凝结水泵投入正常运行后，运行人员应 注意哪些事项？	70
125. 凝汽器如何进行真空泵的配置？	70
126. 给水泵的作用是什么？	71
127. 与电动给水泵相比，汽动给水泵有哪些优点？	71
128. 如何防止给水泵汽蚀？	72
129. 给水泵有哪些附件来保证安全运行？	72
130. 给水前置泵对主泵有哪些作用？	73
131. 液力耦合器有什么作用？有什么结构特点？	73
132. 液力耦合器是如何正常工作的？	74
133. 液力耦合器有哪些特点？	75
134. 液力耦合器调速给水泵可从哪些方面获得 经济性？	76

135. 汽动给水泵是如何实现调节功能的？	76
136. 汽动给水泵有哪些主要的辅助系统？	76
137. 给水泵汽轮机的油系统有哪些？	77
138. 给水泵汽轮机的调节系统是如何实现 给水调节的？	78
第二章 汽轮机运行操作与试验	79
第一节 汽轮机的启停操作	79
139. 为什么说启动是汽轮机设备运行中最重要 的阶段？	79
140. 汽轮机启动方式有哪些？	79
141. 汽轮机启动的基本原则是什么？启动前应做 哪些准备工作？	80
142. 什么是暖管？暖管时应注意哪些问题？	80
143. 汽轮机如何采取滑参数启动？滑参数启动 对系统有些什么要求？	81
144. 机组冷态启动时，汽轮机侧辅助系统应具备 哪些条件？	82
145. 汽轮机真空在启动前如何进行操作？	82
146. 高压缸预暖期间要注意哪些事项？	83
147. 汽轮机启动过程中应注意哪些事项？	83
148. 高压汽轮机启动有哪些特点？	85
149. 汽轮机启动有哪些基本原则？	85
150. 汽轮机有哪些冲转准备事项？	86
151. 汽轮机升速过程中有哪些注意事项？	87
152. 机组带负荷过程中，运行人员要重点关注 哪些事项？	87
153. 汽轮机组热态启动有些什么基本要求？	88
154. 汽轮机组热态启动有哪些主要步骤？	89
155. 机组热态启动有哪些注意事项？	89
156. 汽轮机停机方式有几种？如何选用？	90

157. 什么叫滑参数停机？滑参数停机时有哪些 注意事项？	90
158. 为什么滑参数停机过程中不允许做汽轮机 超速试验？	91
159. 何谓“惰走曲线”？绘制它有什么作用？	91
160. 为什么规定汽轮机打闸停机后要降低真空， 使转子静止时真空到零？	92
161. 汽轮机盘车过程和盘车后，油泵运行有 哪些要求？	92
162. 汽轮机停机后应做好哪些维护工作？	93
163. 停机后盘车状态下，对氢冷发电机的密封油 系统运行有何要求？	93
164. 汽轮机盘车装置运行时的注意事项有哪些？	93
165. 汽轮机停运后的强冷方式是什么？	94
166. 汽轮机快冷运行时有哪些注意事项？	95
第二节 汽轮机的正常运行与调整	96
167. 汽轮机正常运行时的基本要求是什么？	96
168. 汽轮机运行人员正常巡视的重点内容是什么？	97
169. 汽轮机在运行中要注意哪些事项？	97
170. 汽轮机切缸过程中有哪些注意事项？	98
171. 机组启动至并列，应重点注意哪些事项？	98
172. 汽轮机在运行时，对于蒸汽压力与温度有 哪些具体控制要求？	99
173. 轴承温度在正常运行时的控制参数有哪些？	100
174. 正常运行时，低压排汽缸喷水应如何操作？	101
第三节 汽轮机辅助系统运行	101
175. 辅机启动前有哪些注意事项？	101
176. 定子冷却水系统运行时有哪些注意事项？	102
177. 定子冷却水系统的监控内容有哪些？	103
178. 机组运行时如何对氢冷系统进行控制？	104

179. 对辅助油泵的运行有哪些要求?	104
180. 冷油器运行时对于油箱油温有哪些控制方式? ...	105
181. 给水泵汽轮机冲转前有哪些规定?	105
182. 汽轮机给水泵冲转、低速暖机与升速有哪些 注意事项?	106
183. 真空系统的启动条件和准备工作有哪些?	106
184. 真空泵启动有什么样的程序?	107
185. 真空泵的运行监视内容有哪些?	107
186. 在真空系统的切换与停用时, 运行人员应 如何操作?	108
187. 液力耦合器的启停有哪些注意事项?	108
188. 液力耦合器在运行中的监控与检查内容 有哪些?	110
189. 汽轮机疏水装置的操作有些什么要求?	110
190. 给水泵汽轮机停机操作注意事项是什么?	111
第四节 汽轮机组的试验	111
191. 自动主汽阀及调节汽阀试验的内容是什么?	111
192. 汽轮机全速后根据需要进行哪些试验?	112
193. 抗燃油 (EH 油) 系统调试的项目有哪些?	113
194. 为什么要进行汽轮机超速的机械保护试验?	114
195. 如何进行危急遮断器的超速过程试验?	114
196. 为什么要进行汽轮机的热力特性试验? 目的是什么?	115
197. 汽轮机热力试验的任务是什么?	115
198. 热力试验对人员和设备有什么要求?	116
199. 汽轮机真空系统灌水试验应注意什么?	116
200. 给水泵汽轮机的转速达到下限转速后, 应进行哪些试验?	116
第三章 汽轮机事故的处理和预防	118
第一节 汽轮机故障、异常与处理	118

201. 汽轮机紧急停机的条件有哪些？	118
202. 汽轮机故障停机的条件有哪些？	119
203. 预防汽轮机真空下降的运行措施有哪些？	120
204. 汽轮机真空急剧下降的原因和处理措施有哪些？ ...	120
205. 汽轮机超速可能是由哪些设备故障造成的？	121
206. 运行人员要采取哪些措施避免机组超速 的发生？	122
207. 防止汽轮机水冲击有哪些运行措施？	124
208. 为了预防汽轮机发生水冲击，在运行维护 方面着重采取哪些措施？	126
209. 汽轮机发生推力轴承损坏的原因是什么？	127
210. 支持轴承烧损的原因及处理是什么？	128
211. 为防止机组轴瓦烧损，运行人员可以采取 什么技术措施？	128
212. 汽轮机通流部分可能产生哪些故障？	129
213. 防止汽轮机通流部分发生故障的技术措施 有哪些？	130
214. 汽轮机叶片损坏有哪些现象？	130
215. 汽轮机运行时有哪些原因可能导致叶片损坏？ ...	131
216. 汽轮机叶片发生事故属于检修工艺不当的 原因有哪些？	132
217. 汽轮机叶片发生事故后的调查步骤有哪些？	132
218. 防止汽轮机叶片断裂事故的运行措施有哪些？ ...	133
219. 汽轮机大轴弯曲有哪两种？	134
220. 造成汽轮机大轴弯曲的因素有哪些？	135
221. 防止汽轮机大轴弯曲的运行措施有哪些？	136
222. 汽轮机转子发生轴向位移的现象及 原因有哪些？	138
第二节 汽轮机辅助设备及系统故障、异常与处理	139
223. 造成抗燃油（EH 油）系统油压异常的原因	

有哪些？	139
224. 抗燃油（EH 油）箱油位、油温异常的原因 是什么？	140
225. 高压加热器解列的现象及其原因是什么？	141
226. 高压加热器解列后，运行人员应当如何 进行处理？	142
227. 汽水管道发生水冲击有哪些现象？ 应当如何处理？	142
第三节 汽轮发电机组异常振动	143
228. 汽轮机振动过大有哪些危害和后果？	143
229. 有哪些原因会造成汽轮机发生振动？	144
230. 对于运行人员来说，汽轮机振动过大的 监视措施有哪些？	146
第四章 汽轮机的附属系统	147
第一节 凝汽器及真空系统	147
231. 凝结水系统由哪些设备组成？作用是什么？	147
232. 凝汽器的工作原理是什么？具体有哪些要求？ ...	147
233. 什么是凝汽器的极限真空？什么样的 真空度对机组运行最为有利？	148
234. 凝汽器胶球清洗系统的组成和清洗过程如何？ ...	149
235. 运行人员采取什么样的措施能够提高凝汽器 胶球清洗的效果？	149
236. 凝汽器进口二次滤网的作用是什么？	150
237. 凝汽器铜管腐蚀、损伤造成泄漏的原因 有哪些？	150
238. 防止铜管腐蚀的方法有哪些？	150
239. 改变凝汽器冷却水量的方法有哪几种？	151
240. 射水式抽气器的工作原理是什么？	151
241. 离心真空泵的工作原理是什么？	151
242. 对于真空破坏，超临界机组运行中	

有哪些规定？	152
第二节 给水回热系统与经济性	153
243. 什么是给水的回热加热？	153
244. 什么是表面式加热器？常见的结构是什么？	153
245. 高压加热器主要有哪些保护？	154
246. 加热器疏水装置的作用是什么？加热器疏水装置 有哪两种形式？	154
247. 高压加热器一般有哪些保护装置？	155
248. 给水经过除氧的目的是什么？	155
249. 除氧器加热除氧有哪两个必要的条件？ 高压除氧器有哪些优缺点？	155
250. 除氧器的标高对给水泵运行有何影响？	155
251. 除氧器水箱的作用是什么？	156
252. 除氧器再沸腾管起什么作用？	156
253. 什么是除氧器的“自生沸腾”现象？ 有什么不良后果？	157
254. 为保证除氧器正常工作，必须具备哪些 安全设施？	157
255. 除氧器有哪些水位保护？除氧器水位过高和 过低有何危害？	157
256. 什么是除氧器滑压运行？有什么特点？	158
第三节 离心泵的试验与经济调度	158
257. 火力发电厂主要有哪三种水泵？它们的作用 是什么？	158
258. 离心泵的工作原理是什么？它由哪些构件 组成？	159
259. 泵的主要性能参数有哪些？	159
260. 离心泵的并联运行有什么要求？特性曲线差别 较大的泵并联有什么不好？	159
261. 什么是离心泵的串联运行？串联运行有什么	