

■ 邵彭年 郭延军 编

电力管道

实 用 问 答



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电力管道实用问答

邵彭年 郭延军 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书依据 DL/T 850 2004《电站配管》、DL 5054 1996《火力发电厂汽水管道设计技术规定》、DL/T 5031 1994《电力建设施工及验收技术规范（管道篇）》、DL/T 869 2004《火力发电厂焊接技术规程》等现行相关规程，以问答的形式对电力管道实用技术方面共 150 个问题进行了详尽的解答，具有较强的实用性和针对性。

本书分为七部分，分别为技术参数、材料、管道壁厚校核计算、电站配管与安装施工、管道应力、管道支吊架、管道质量检测。

本书可供电力管道技术人员学习参考，亦可作为管道制造、设计、安装、施工及发电厂运行、检修等专业技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力管道实用问答/邵彭年，郭延军编．—北京：中国电力出版社，2007

ISBN 978-7-5083-4832-2

I. 电... II. ①邵... ②郭... III. 火电厂-管道-问答 IV. TM621.7-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 114368 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 3.75 印张 73 千字

印数 0001 3000 册 定价 8.00 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)

前 言

QIANYAN

电力管道是火力发电厂工艺流程系统的纽带，随着电力工业的发展而发展，现已形成独立的格局。虽然它与石化、天然气、石油、燃气、冶金、轻纺等行业的管道有共性的一面，如管道截面为圆形、管道长度远大于管道截面直径等等，但是因高温高压蒸汽，亚临界和超临界参数带来的高端技术，是其他行业无法相比的。特别是近几年来迅速发展的大容量超超临界火力发电机组（如 1000MW），不断地对电力管道提出了新的要求。

关于电力管道技术，集中体现在工艺流程合理、先进，管道投入运行后安全、稳定，也体现在技术参数、采用的管材、强度计算、管线布置、支吊架选取、管道应力计算以及配管和管件质量等方面。本书拟通过 150 例问答来阐述基本的实用性管道技术，可供管件制造、电力设计、安装施工、发电厂运行、检修和科研教育工作人员查阅使用，不仅有针对性，还节省时间。同时该书通俗易懂，可作为初学管道技术人员的参考。

由于首次尝试，不周之处诚望专家指正。

编 者

二〇〇六年八月

目 录

MOULU

前言

第一部分 技术参数

1. 何谓管道设计压力?	1
2. 何谓管道设计温度?	1
3. 水的临界点压力和温度是多少?	1
4. 火力发电机组超临界和超超临界参数是多少?	1
5. 火力发电机组亚临界蒸汽参数是多少?	2
6. 目前我国正在发展中的火电超临界和超超临界 机组的容量是多少?	2
7. 目前我国正在发展中的火电超临界和超超临界 机组的蒸汽参数是多少?	2
8. 当前国际上超临界和超超临界机组发展情况 如何? 采用的蒸汽参数为多少?	2
9. 如何确定主蒸汽管道的设计压力?	3
10. 如何确定主蒸汽管道的设计温度?	3
11. 如何确定再热蒸汽管道的设计压力?	3
12. 如何确定再热蒸汽管道的设计温度?	4
13. 如何确定高压给水管道的的设计压力?	4
14. 如何确定高压给水管道的的设计温度?	5
15. 如何确定给水再循环管道的设计压力?	5
16. 如何确定给水再循环管道的设计温度?	5

17. 如何确定低压给水管道的的设计压力?	6
18. 如何确定低压给水管道的的设计温度?	6
19. 如何确定凝结水管道的的设计压力?	6
20. 如何确定凝结水管道的的设计温度?	6
21. 如何确定汽轮机抽汽管道的设计压力?	6
22. 如何确定汽轮机抽汽管道的设计温度?	7
23. 如何确定加热器疏水管道的的设计压力?	7
24. 如何确定加热器疏水管道的的设计温度?	7
25. 如何确定锅炉排污管道的设计压力?	7
26. 如何确定锅炉排污管道的设计温度?	8

第三部分 复习题

27. 电站耐热钢管的含义是什么?	9
28. 目前我国超临界和超超临界机组火力发电厂使用哪些 牌号耐热钢管? 它们的化学成分怎样?	9
29. 何谓“四大管道”?	11
30. 1000MW 超超临界机组的主蒸汽管道的材质和 规格有哪些?	11
31. 1000MW 超超临界机组的高温再热蒸汽管道的 材质和规格有哪些?	11
32. 1000MW 超超临界机组的低温再热蒸汽管道的 材质和规格有哪些?	12
33. 1000MW 超超临界机组的锅炉给水管道的材质 和规格有哪些?	12
34. 超超临界 600MW 机组的主蒸汽管道的材质和 规格有哪些?	13
35. 超超临界 600MW 机组的高温再热蒸汽管道的 材质和规格有哪些?	13

36. 超超临界 600MW 机组的低温再热蒸汽管道的 材质和规格有哪些？	13
37. 超超临界 600MW 机组的锅炉给水管道的材质 和规格有哪些？	13
38. 600MW 超临界机组的主蒸汽管道的材质和规格 有哪些？	13
39. 600MW 超临界机组的高温再热蒸汽管道的材质和 规格有哪些？	14
40. 600MW 超临界机组的低温再热蒸汽管道的材质和 规格有哪些？	14
41. 600MW 超临界机组的锅炉给水管道的材质和规格 有哪些？	14
42. 亚临界 600、300MW 机组的“四大管道”的材质和 规格有哪些？	14
43. 除了合金钢管，火力发电厂汽水管道系统还较广泛采用 哪些钢管？	16

第三部分 管道壁厚校核计算

44. 什么叫管道？	22
45. 什么叫管子？	22
46. 什么叫管件？	22
47. 什么叫管道附件？	22
48. 什么叫管道连接件？	23
49. 为什么管道壁厚校核计算非常重要？	23
50. 某工程输送饱和蒸汽的管道，其钢管直径和壁厚为 $\phi 219\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，在投运若干年后，检修时发现各 只弯头外弧侧壁厚因汽水冲刷减薄了 1mm，试问 应立即更换一批弯头，还是可继续使用一段时间？	

如何进行校核计算？	23
51. 管道系统的异径管（大小头）如何进行壁厚校核计算？	30
52. 如何校核三通壁厚？	31

第四部分 电站配管与安装施工

53. 什么叫电站配管？	33
54. 电站配管有哪些优点？	33
55. 开展配管设计时，首先应对管道施工图进行复验， 包括哪些内容？	34
56. 配管包括哪些技术文件和图纸？	35
57. 配管设计总图与管道施工图有哪些异同？	35
58. 在管段上敲打永久性标记时应注意些什么？	36
59. 叙述机械加工内径，即管道 C 值的含义和其在工程中的 应用及计算方法？	36
60. 为什么配管很重视或者说优先采用整体热处理？ 有哪些具体措施？	38
61. 什么是疲劳极限？什么是腐蚀疲劳？	39
62. 为什么配管很重视安排无损检测人员的岗位，其职责 如何？	39
63. 工地现场具备哪些条件时，配管可以就位安装？	40

第五部分 管道应力

64. 什么是管道应力计算？	41
65. 什么是管道一次应力和二次应力？	41
66. 什么是钢材的许用应力？	41
67. 如何确定钢材的许用应力？	42
68. 目前国内电力行业热机专业与管道应力计算相关的计算机 程序应用软件有几个？	43

69. 什么叫钢材的弹性模量?	43
70. 钢材的线膨胀系数 δ 含义是什么?	46
71. 什么叫端点附加位移?	49
72. 管道应力计算时需要以基本坐标系为参照把管道布置图输入 计算机, 基本坐标系的含义是什么?	50
73. 什么叫管道柔性?	50
74. 什么叫管道弹性?	50
75. 何谓管道冷紧?	50
76. 管道冷紧有何作用?	51
77. 什么叫静荷载?	51
78. 什么叫动荷载?	51
79. 什么叫集中荷载?	51
80. 什么叫均布荷载?	51
81. 何谓柔性系数?	51
82. 何谓应力增强系数?	51
83. 什么叫钢材的塑性变形?	52
84. 钢材蠕变的含义是什么?	52
85. 管道的应力验算分析包括哪些内容?	52
86. 通常管道的哪些部位应力比较大?	52

第六部分 管道支吊架

87. 什么是管道支吊架? 管道支吊架有哪些种类和型式?	53
88. 管道支吊架的主要作用有哪些?	53
89. 管道支吊架系统由哪几个部分组成?	53
90. 管道支吊架的设计应满足哪些要求?	54
91. 管道支吊架的选用原则是什么?	55
92. 何谓管道的自然补偿? 自然补偿有何特点?	56
93. 管道支吊架各部分的设计温度应如何选取?	57

94. 管道支吊架承受的载荷有哪几类? 各类载荷中 又包括哪些载荷?	57
95. 支吊架结构荷载的确定原则是什么?	58
96. 管道支吊架布置及位置确定的要点是什么?	58
97. 固定支架位置确定的要求有哪些?	60
98. 导向支架位置确定的要求有哪些?	60
99. 防振支架位置确定的要求有哪些?	61
100. 水平直管道上的支吊架间距如何确定?	61
101. 支吊架管部有哪些结构型式? 对管部结构有何要求?	63
102. 在什么情况下支吊架管部与管道的连接不应 采用焊接型式?	64
103. 采用管夹(管卡)作为支吊架的管部时应注意哪些问题? ...	65
104. 承重支吊架中支架与吊架的作用效果有何不同?	66
105. 刚性支吊架、变力弹簧支吊架、恒力支吊架的 理论刚度各为多少?	66
106. 变力弹簧支吊架及恒力支吊架用于什么场合? 两者在应用上有何限制?	67
107. 简易式弹簧支吊架与整定式弹簧支吊架有何不同?	67
108. 变力弹簧支吊架的荷载变化系数如何确定? 工程上对它有何要求?	68
109. 恒力支吊架的公称位移如何确定? 其荷载调整量有何规定?	68
110. 刚性支吊架有何特点? 在什么条件下使用?	68
111. 限位支吊架有何特点? 设计上有何要求?	69
112. 滑动支架和滚动支架有何要求?	69
113. 如何选择弹簧减振器?	70
114. 阻尼器在什么条件下使用? 设计和选择阻尼器时 应考虑哪些因素?	70

115. 吊架的吊杆有何要求?	71
116. 支吊架根部辅助钢结构应满足哪些要求?	72
117. 热态吊零和冷态吊零的载荷分配原则是什么?	72
118. 按照热态吊零载荷分配原则, 支吊架的弹簧 如何选择计算?	73
119. 按照冷态吊零载荷分配原则, 支吊架的弹簧 如何选择计算?	74
120. 按照热态吊零载荷分配原则, 弹簧的工作 高度、安装高度和安装荷载如何确定?	75
121. 按照冷态吊零载荷分配原则, 弹簧的安装高度、 工作高度和工作荷载如何确定?	76
122. 变力弹簧支吊架在什么情况下串联使用? 什么情况下 并联使用?	77
123. 变力弹簧支吊架串联或并联使用时应符合哪些要求? 总刚度如何确定?	78
124. 变力弹簧支吊架安装时应注意什么问题?	78
125. 弹簧减振器的安装应注意什么问题?	79
126. 带聚四氟乙烯板的底板型支架安装时应注意什么问题?	79
127. 导向支架安装时应注意什么问题?	79
128. 支吊架安装后为什么要进行调整? 支吊架调整的主要 内容是什么?	80
129. 何为支吊架的标定试验? 恒力支吊架与整定式弹簧支吊架 一般应进行哪些性能试验? 有何要求?	80

第七部分 管道质量检测

130. 管道检测中常用的检测技术包括哪些?	82
131. 常用的化学成分分析方法有哪些? 各有何特点?	82
132. 拉伸试验方法能够测试材料的哪些机械性能? 室温拉伸	

试验的温度有何要求?	83
133. 常用的金属材料硬度检验方法有哪些?	83
134. 不锈钢晶间腐蚀试验的方法主要有哪几种? 怎样选择?	85
135. 常用的应力腐蚀试验方法有哪些? 各有何特点?	86
136. 宏观组织检验的范围是什么? 检验方法有哪些?	87
137. 酸浸检验的内容有哪些?	88
138. 什么叫微观组织检验?	88
139. 管道检测中常用的无损探伤方法有哪些? 各有何特点?	88
140. 我国高压锅炉用无缝钢管有何检验要求?	90
141. 火电厂中低压钢制对焊无缝管件质量检验有何要求?	98
142. 钢板制对焊管件质量检验有何要求?	99
143. 电厂用高温高压管件质量检验有何要求?	100
144. 电站弯管质量检验有何要求?	102
145. 电站配管质量检验有何要求?	103
146. 金属波纹管膨胀节质量检验有何要求?	104
147. 电厂在役压力管道定期检验安全工作有何要求?	106
148. 电厂金属技术监督范围中包括哪些管道?	106
149. 阀门出厂前一般要进行哪些试验?	106
150. 哪些管道的阀门应逐个进行壳体压力试验和密封试验?	•
试验压力有何规定?	107

第一部分

技术 参 数

1. 何谓管道设计压力？

答：管道设计压力是指管道在工作过程中承受介质内压（或外压）与温度构成的最苛刻条件下的最大工作压力。对于水管道，设计压力的取用还包括水柱静压。

2. 何谓管道设计温度？

答：管道设计温度是指管道在工作过程中承受介质压力和温度构成的最苛刻条件下的材料温度，取用相应设计压力下介质温度。

3. 水的临界点压力和温度是多少？

答：按工程热力学的规定，水的临界点压力为 22.119MPa，温度为 374.15℃。

4. 火力发电机组超临界和超超临界参数是多少？

答：超临界压力：24.2MPa，温度：566℃；超超临界压力： ≥ 27 MPa，温度： ≥ 600 ℃。

5. 火力发电机组亚临界蒸汽参数是多少?

答: 20 世纪 80 年代开发的 600、300MW 亚临界机组, 主蒸汽压力通常为 18.64MPa 或 18.30MPa; 主蒸汽/高温再热蒸汽温度为 546℃/546℃。

6. 目前我国正在发展中的火电超临界和超超临界机组的容量是多少?

答: 超临界机组容量: 300、600、900MW; 超超临界机组容量: 600、1000MW。

7. 目前我国正在发展中的火电超临界和超超临界机组的蒸汽参数是多少?

答: 超临界机组主蒸汽压力 25MPa, 主蒸汽/高温再热蒸汽温度为 550℃/550℃; 超超临界机组主蒸汽压力 25~28MPa, 主蒸汽/高温再热蒸汽温度为 600℃/600℃。

8. 当前国际上超临界和超超临界机组发展情况如何? 采用的蒸汽参数为多少?

答: 近 30 年来, 国际上电站设备制造业向大容量、高效率发展, 在美、德、日、丹麦等国家已有 60 多台超超临界机组投入商业运行, 其中 1000MW 级机组约有 15 台, 火力发电厂效率接近 50%, 供电煤耗小于 290g/(kWh)。采用的蒸汽参数为下列数值等级: 超临界机组主蒸汽压力 24.6MPa, 温度为 538℃/566℃; 超超临界机组主蒸汽压力 27.46MPa, 温度为 600℃/610℃。

随着技术进步, 机组会继续向更高的蒸汽参数发展: 主

蒸汽压力为 35MPa，温度为 700℃/700℃，电厂效率超过 50%。

9. 如何确定主蒸汽管道的设计压力？

答：主蒸汽管道的设计压力取用锅炉过热器出口的额定工作压力或锅炉最大连续蒸汽量下的工作压力。当锅炉与汽轮机允许超压 5%（简称 5%OP 工况）运行时，应加上 5% 的超压值。

如超超临界 1000MW 机组锅炉过热器出口压力为 27.46MPa，该主蒸汽管道设计压力取用 27.46MPa（不考虑 5%OP 工况）。

10. 如何确定主蒸汽管道的设计温度？

答：主蒸汽管道的设计温度取用锅炉过热器出口的额定工作温度加上锅炉正常运行时允许的温度偏差。温度偏差值通常取用 +5℃。

如超超临界 1000MW 机组锅炉过热器出口蒸汽额定工作温度为 605℃，则该主蒸汽管道设计温度为 $605 + 5 = 610$ （℃）。

11. 如何确定再热蒸汽管道的设计压力？

答：取用汽轮机最大计算出力工况即调节汽门全开（简称 VWO）工况或调节汽门全开加 5%超压（简称 VWO+5%OP）工况下高压缸排汽压力的 1.15 倍。高温再热蒸汽管道，可减至再热器出口安全阀动作的最低整定压力。

如超超临界 1000MW 机组汽轮机 VWO 工况高压缸排

汽压力为 6.393MPa, 其管道设计压力为 $6.393 \times 1.15 = 7.352$ (MPa)。

12. 如何确定再热蒸汽管道的设计温度?

答: 高温再热蒸汽管道, 取用锅炉再热器出口蒸汽额定工作温度加上锅炉正常运行时允许的温度偏差。温度偏差值可取用 $+5^{\circ}\text{C}$ 。

低温再热蒸汽管道, 取用汽轮机最大计算出力工况下高压缸排汽参数, 等熵求取在管道设计压力下的相应温度。如制造厂有特殊要求时, 该设计温度应取用可能出现的最高工作温度。

如超超临界 1000MW 机组锅炉再热器出口蒸汽额定工作温度为 603°C , 则高温再热蒸汽管道的设计温度为 608°C ; 汽轮机制造厂明确高压缸排汽温度为 377.8°C , 则低温再热蒸汽管道的设计温度为 377.8°C 。

13. 如何确定高压给水管道的的设计压力?

答: 非调速给水泵出口管道, 从前置泵到主给水泵至锅炉省煤器进口区段, 分别取用前置泵或主给水泵特性曲线最高点对应的压力与该泵进水侧压力之和。

调速给水泵出口管道, 从给水泵到关断阀的管道, 设计压力取用泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进水侧压力之和; 从泵出口关断阀至锅炉省煤器进口区段, 取用泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍与泵进水侧压力之和。

以上高压给水管道路压力, 应考虑水泵进水温度对压力的

修正。

如某工程超超临界 1000MW 机组锅炉省煤器进口区段的高压给水管道的的设计压力为 35.5MPa。

14. 如何确定高压给水管道的的设计温度？

答：高压给水管道的的设计温度取用高压加热器后高压给水的最高工作温度。如某工程超超临界 1000MW 机组高压加热器后高压给水的最高工作温度为 297.7℃，则高压给水管道的的设计温度为 297.7℃。

15. 如何确定给水再循环管道的设计压力？

答：当采用单元制系统时，进除氧器的最后一道关断阀及其以前的管道，取用相应的高压给水管道的的设计压力；其后的管道，对于定压除氧系统，取用除氧器额定压力；对于滑压除氧系统，取用汽轮机最大计算出力工况下除氧器加热抽汽压力的 1.1 倍。

当采用母管制系统时，节流孔板及其以前的管道，取用相应的高压给水管道的的设计压力；节流孔板后的管道，当未装设阀门或介质双出路上的阀门不可能同时关断时，取用除氧器的额定压力。

16. 如何确定给水再循环管道的设计温度？

答：对于定压除氧系统，取用除氧器额定压力对应的饱和温度；对于滑压除氧系统，取用汽轮机最大计算出力工况下 1.1 倍除氧器加热抽汽压力对应的饱和温度。