

水电厂生产人员技术问答丛书

水轮发电机检修技术问答

中国长江电力股份有限公司 余维坤 汤正兴 编

7-44



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电厂生产人员技术问答丛书

水轮发电机检修技术问答

中国长江电力股份有限公司 余维坤 汤正义 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《水电厂生产人员技术问答丛书》之一。

本书以问答的形式详细讲述了水电厂水轮发电机检修工所需要的各方面专业知识。全书分为机械部分和电气部分，各部分又按基础知识、专业基础知识、操作知识、操作技能、法规和规程知识、管理知识等几方面的内容分别介绍。

内容以操作技能为主，以基本训练为重点，强调了基本操作技能的通用性和规范化。

本书适用于各水电厂水轮发电机检修工技能培训、学习。

图书在版编目 (CIP) 数据

水轮发电机检修技术问答/余维坤, 汤正义编. —北京: 中国电力出版社, 2005

(水电厂生产人员技术问答丛书)

ISBN 7-5083-3159-1

I. 水… II. ①余… ②汤… III. 水轮发电机 - 检修 - 问答 IV. TM312.07 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 012976 号

中国电力出版社出版

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

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 8 月第一版 2005 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 7.5 印张 190 千字

印数 0001—3000 册 定价 15.00 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)

目 录

一、机械部分 1

1. 什么是水力发电? 1
2. 检修前应做好的准备工作有哪些? 1
3. 检修施工过程中有哪些管理工作? 2
4. 设备检修后应达到的要求有哪些? 3
5. 检修结束后的验收工作要注意哪些方面? 4
6. 对检修的总结评价有哪些重点? 5
7. 对检修人员有哪些要求? 5
8. 水轮发电机检修的工艺要求一般有哪些? 6
9. 什么是水轮发电机的额定转速和飞逸转速? 8
10. 什么是水轮发电机的飞轮力矩? 9
11. 什么是机组的惯性时间常数? 10
12. 和其他发电机相比, 水轮发电机有哪些特点? 11
13. 什么是全伞式和半伞式水轮发电机? 11
14. 立式水轮发电机主要由哪几部分组成? 12
15. 水轮发电机的定子由哪些部分组成? 12
16. 在机组检修时, 对发电机定子有哪些检查项目? 13
17. 水轮发电机的冷却方式有哪几种? 14
18. 水轮发电机的通风系统有哪几种? 14
19. 什么是闭路自循环通风系统? 15
20. 对水轮发电机转子有哪些基本要求? 15
21. 水轮发电机转子由哪几部分组成? 16
22. 水轮发电机的主轴有哪几种结构? 17

23. 水轮发电机的转子支架有哪几种形式?	18
24. 水轮发电机转子磁轭的结构怎样? 如何固定?	18
25. 水轮发电机转子的磁极有哪几种固定方式?	19
26. 水轮发电机的机架是怎样分类的?	20
27. 水轮发电机的机架的主要结构形式有哪几种?	20
28. 制动器有哪些作用?	22
29. 制动器的一般结构是怎样的?	22
30. 如何按密封槽来选用“O”型盘根?	24
31. 推力轴承的作用是什么?	25
32. 推力轴承有哪些形式?	25
33. 刚性支柱支承的推力轴承的结构特点有哪些?	25
34. 弹性油箱支承的推力轴承的结构特点有哪些?	26
35. 平衡块支承的推力轴承的结构特点有哪些?	28
36. 弹簧支承式推力轴承的结构特点有哪些?	28
37. 弹性圆盘支承和活塞支承的推力轴承的结构 特点有哪些?	29
38. 什么是内循环和外循环?	29
39. 热交换器的作用及结构是怎样的?	31
40. 如何防止油槽中的油雾逸出?	31
41. 什么是摆度?	32
42. 怎样进行盘车?	34
43. 盘车摆度形成的原因有哪些?	35
44. 如何对刚性支承推力轴承进行盘车测摆度?	36
45. 如何对非刚性支承推力轴承盘车测摆度?	38
46. 盘车摆度值如何计算?	39
47. 机组轴线的允许摆度值是怎样规定的?	41
48. 盘车摆度值过大时如何处理?	42
49. 如何在盘车过程中检查镜板工作面的水平?	43
50. 如何计算导轴瓦的调整间隙?	44
51. 如何计算螺栓的扭矩?	45
52. 螺栓防松有哪些方法?	46

53. 什么是矢量合成法?	47
54. 什么是轴承?	49
55. 什么是润滑?	49
56. 对润滑油有哪些要求?	50
57. “动压油膜”的压力是怎么产生的?	51
58. 如何满足卧式机组轴瓦的润滑条件?	52
59. 立式机组的导轴瓦有哪些改进?	53
60. 对轴瓦的材料有哪些要求?	54
61. 水轮发电机使用的轴瓦材料有哪几种?	54
62. 什么是塑料瓦?	55
63. 聚四氟乙烯有哪些主要特性?	56
64. 塑料推力瓦有哪些主要优缺点?	57
65. “烧瓦”有哪几种表现形式?	59
66. 水轮发电机轴承“烧瓦”的原因主要有哪些?	59
67. 为什么不要热启动?	60
68. 水冷推力瓦有哪些缺点?	61
69. 推力瓦为什么要有进油边?	61
70. 为什么现在多采用双层结构的推力瓦?	62
71. 机组运行时, 推力瓦面的压力是如何分布的?	63
72. 推力瓦的支撑位置如何确定?	63
73. 什么是转动部分的平衡?	64
74. 静平衡试验的方法是怎样的?	66
75. 什么是动平衡?	67
76. 什么是“三次试加重法”?	69
77. 如何进行发电机转子的平衡试验?	70
78. 水轮发电机的空气间隙是怎样要求的?	73
79. 如何测量发电机的空气间隙?	74
80. 空气冷却器系统检修的一般工艺要求有哪些?	75
81. 转子吊出前应完成哪些工作?	75
82. 转子吊出和吊入时的注意事项有哪些?	76
83. 水轮发电机转子的主要检查项目有哪些?	77

84. 用测圆架测量转子圆度, 应符合哪些要求?	77
85. 转子吊入前应完成哪些工作?	78
86. 机坑内拆除磁极的工序要求有哪些?	78
87. 机坑内回装磁极的工序是怎样的?	79
88. 机组检修时, 机架的主要工作有哪些?	79
89. 机架拆、装工作应注意哪些方面?	80
90. 机架的起吊工作主要应注意些什么?	81
91. 制动器的检查分解步骤是怎样的?	81
92. 制动器装复后应符合哪些要求?	81
93. 如何套拔推力头?	82
94. 推力头安装应符合哪些要求?	83
95. 检修中, 对推力轴承要进行哪些检查?	84
96. 检修中对推力瓦应做哪些检查?	84
97. 油槽安装应满足哪些要求?	85
98. 推力轴承检修工艺的一般要求有哪些?	85
99. 推力瓦的研刮有哪些具体要求?	86
100. 对镜板的研磨有哪些要求?	87
101. 推力瓦的受力调整有哪些要求?	88
102. 如何用锤击法调整推力轴承的受力?	89
103. 怎样用百分表测量托盘的变形来检查推力瓦 的受力?	90
104. 如何用测量轴瓦托盘应变的方法调整受力?	91
105. 怎样进行弹性油箱支撑结构推力轴承的受力 调整?	91
106. 在什么情况下可以不调整推力瓦的受力?	92
107. 检修后的导轴瓦应符合哪些要求?	92
108. 导轴瓦装复前应满足的条件有哪些?	93
109. 导轴瓦安装应达到的要求有哪些?	93
110. 导轴承装复后应达到的要求有哪些?	93
111. 推力轴承座的绝缘有些什么要求?	93
112. 悬吊式机组推力轴承的绝缘有哪些要求?	94

	113. 高压油减载装置的检修要求有哪些?	95
二、电气部分	96
(一) 发电机理论部分	96
1. 什么是“同步”发电机? 同步转速是如何确定的?		96
2. 什么是发电机的飞轮力矩 GD^2 ? 它在电气上有什么意义?		97
3. 什么是发电机的短路比 K_c ? K_c 与发电机结构有什么关系?		97
4. 什么是发电机的直轴瞬变电抗 X_d' ? 与发电机结构有什么关系?		98
5. 什么是发电机的直轴超瞬变电抗 X_d'' ? 与发电机结构有什么关系? X_d'' 的大小对系统有什么影响?		98
6. 阻尼绕组的作用是什么?		99
7. 3Y 接线是什么含义? 发电机为何多采用星形接线?		99
8. 什么是励磁绕组? 什么是电枢绕组?		100
9. 什么是叠绕组? 有何特点? 什么是波绕组? 有何特点?		100
10. 什么是每极每相槽数 q ? 什么是整数槽绕组? 什么是分数槽绕组?		100
11. 什么是分数槽绕组的循环数 (或轮换数)? 它是如何组成和确定的?		101
12. 什么是波绕组的合成节距? 合成节距中的数值各代表什么意义?		102
13. 如何根据绕组接线图编制绕组方块图和绕组支路图?		102
14. 分数槽绕组有何优缺点?		105
15. 什么是齿谐波电势? 削弱齿谐波电势有哪些方法?		105
16. 发电机运行中的损耗主要有哪些?		106

17. 发电机突然短路有哪些危害?	106
18. 什么是绝缘的局部放电? 发电机内的局放 有哪几种主要形式?	106
19. 发电机主绝缘内的局部放电产生的原因是 什么? 有什么危害?	107
20. 什么是电晕? 电晕对发电机有什么危害?	107
21. 发电机内哪些部位易产生电晕?	108
22. 发电机电晕与哪些因素有关系?	108
23. 什么是电腐蚀? 什么是内腐蚀和外腐蚀? 防止 电腐蚀的措施有哪些?	109
24. 永磁发电机有什么作用? 一般采用什么类型的 永磁机?	110
25. 感应子式永磁机转子没有线圈也没有极性, 为 什么永磁机也能发出交流电? 它是如何反映机 组转速的?	110
26. 什么是发电机的轴电压和轴电流? 轴电压产生的 原因是什么? 它对发电机的运行有何危害?	111
27. 什么是发电机的“调相运行”?	112
28. 什么是发电机的“进相运行”? 对发电机有何 影响? 针对进相对应发电机作哪些检查?	112
29. 为什么发电机停机采用电气制动? 如何实现?	113
30. 什么是发电机绝缘的在线监测? 在线监测有 哪些方法?	113
31. 发电机局部放电在线监测电测法有哪些主要 方法?	115
(二) 发电机结构部分	118
32. 什么是发电机定子绕组的主绝缘?	118
33. 发电机使用什么类型的主绝缘材料? 多胶带与 少胶带有什么区别? 主绝缘经历了哪些发展 过程?	119
34. 什么是线棒绝缘的少胶 VPI 工艺? 其应用情况 如何?	120

35. 线棒主绝缘的多胶固化工艺有哪些？其应用情况如何？	121
36. 什么是黑绝缘？什么是黄绝缘？	122
37. 条形定子线棒由哪些部分组成？	122
38. 什么是线棒的内均压层？其作用是什么？	122
39. 什么是涡流？什么是集肤效应？发电机线棒如何克服涡流和集肤效应？	123
40. 什么是循环电流？发电机线棒如何克服循环电流引起的损耗？	123
41. 什么是换位？什么是“罗贝尔线棒”？	123
42. 线棒有哪些换位方式？各有什么特点？	124
43. 绝缘材料的耐热等级如何分类？发电机使用什么等级的绝缘？	125
44. 什么是发电机的温升和温升限度？实际运行中如何确定温升？	126
45. 发电机有哪些防晕材料？	126
46. 定子线棒的防晕结构是怎样的？	127
47. 定子线棒的防晕处理有哪些方式？	129
48. 什么是定子端部整体防晕？	129
49. 水内冷定子线棒内的导线有哪些构成方式？各有什么特点？	129
50. 定子绕组水内冷如何组成水冷却回路？	130
51. 水内冷定子线棒有哪些检漏环节？	131
52. 线棒接头有哪些连接方式？	132
53. 什么是钎焊？什么是硬钎焊？什么是软钎焊？	133
54. 什么是大过桥？什么是小过桥？	133
55. 定子绕组接头的绝缘处理有哪些方式？	134
56. 定子线棒和铁芯线槽间允许有多大的间隙？应采用哪些措施消除间隙？	134
57. 发电机定子线棒在定子线槽中的固定有哪些要求？有哪些固定方式？	135

58. 线棒半导体槽衬固定工艺有哪些方式? 各有 什么工艺特点和要求?	136
59. 定子槽楔有哪些结构型式?	138
60. 定子绕组端部为何需要绑扎? 其结构是 怎样的?	139
61. 金属端箍和非金属性材料端箍各有什么特点?	140
62. 发电机埋入式温度检测计选用的是什么型式? 它在线槽内是如何放置的?	141
63. 发电机对定子铁芯有什么要求?	142
64. 什么是磁滞损耗?	142
65. 硅钢片是什么性质的材料? 硅钢片有哪些 型式? 什么是硅钢片轧制的“取向”?	142
66. 什么是铁磁材料? 什么是软磁材料? 什么是硬磁 材料? 各适合作什么用途?	143
67. 为什么发电机转子对铁芯的磁滞性能要求不高?	144
68. 转子磁极由哪些部分构成?	144
69. 磁极线圈部分是如何组成的?	145
70. 什么是极身绝缘?	145
71. 发电机有哪些冷却方式?	145
72. 发电机空冷和水内冷方式各有何特点?	146
73. 水内冷定子纯水处理系统应包括哪些部件?	147
74. 什么是蒸发冷却? 其原理是怎样的?	148
75. 转子集电环(滑环)有哪些技术要求?	149
76. 发电机有哪些常用电刷? 不同种类的电刷是如何 构成的?	149
77. 电刷的引线是如何与电刷固定的?	150
78. 什么是电刷的电阻系数? 为什么同一发电机滑环 上不允许采用不同牌号的电刷?	150
79. 滑环表面的氧化膜有什么作用?	151
80. 电刷的弹簧压力对电刷的运行有什么影响?	151
81. 水轮发电机的励磁系统有哪些方式?	152
(三) 发电机检修法规部分	152

82. 水轮发电机检修中有哪些检修规程可以参照?	152
83. 电力标准对水轮发电机组的检修有什么规定? 新的检修等级与原检修分类有什么不同?	153
84. 什么是机组的状态检修? 状态检修有什么 特点?	155
85. 什么是机组的定期检修?	156
86. 发电机组检修的检修间隔和检修等级组合方式 有何规定?	156
87. 发电机各等级检修的主要内容有哪些?	157
88. 发电机检修有那些主要项目?	157
89. 发电机大型检修前应做好哪些准备工作?	162
90. 发电机定子转子应检查的部位有哪些?	162
91. 工作人员进入发电机内工作有何注意事项?	165
92. 发电机检修要进行哪些电气试验项目?	166
93. 发电机绝缘电阻试验的测试项目中为什么增加了 极化指数这一项?	167
94. 发电机定子绕组局部更换线棒在电气交流耐压 试验上有什么规定?	167
95. 为什么将发电机泄漏电流试验和直流耐压试验 分开描述?	168
96. 为什么对发电机绝缘要采用交流耐压和直流 耐压两种方式?	168
97. 为什么要在发电机开机时测量转子升速 绝缘?	169
98. 发电机内应埋置多少电阻温度计?	169
99. 水内冷机组线棒对水质有什么要求? 运行中应 监测哪些参数?	170
100. 对发电机主要电气部分的温升有何要求?	170
101. 发电机组对其附件的管道颜色有什么规定?	170
(四) 发电机检修工艺部分	171
102. 发电机定子线棒更换有哪些主要工序?	171
103. 更换定子线棒有哪些技术和工艺要点?	172

104. 为什么玻璃丝材料的绑绳使用前要进行脱蜡处理? 应如何进行脱蜡处理?	174
105. 应如何进行线棒的起晕试验?	174
106. 应如何检查线棒直线段低电阻防晕层的表面电阻?	175
107. 条形线棒拔出有哪些工艺要点?	176
108. 条形线棒嵌入线槽有何工艺要求?	177
109. 采用适形毡工艺材料的线棒下线工艺有何要求?	180
110. 低阻适形毡的制作工艺有何要求?	181
111. 应如何检查自制的低阻适形毡是否合格?	181
112. 线棒采用半导体胶的槽衬工艺下线有何工艺特点?	181
113. 定子端部整体防晕工艺结构操作有什么特点?	183
114. 剥除接头绝缘盒有何工艺要求?	183
115. 解开锡焊定子绕组接头有哪些工艺要求?	183
116. 锡焊接头在连接并头铜套时有何工艺要求?	184
117. 锡焊接头的焊接工艺有哪些要求?	185
118. 铜焊定子接头的焊接工艺有哪些要求?	185
119. 定子绕组接头焊接后应如何检查质量?	187
120. 如何测试定子绕组接头的电阻?	187
121. 接头注胶绝缘盒安装有什么工艺要求?	189
122. 绝缘盒填充剂应怎样配制?	189
123. 定子接头绝缘盒注胶为什么使用石英沙作填充剂?	190
124. 大过桥接头绝缘处理有什么工艺要求?	190
125. 定子端箍的连接有何工艺要求?	191
126. 绝缘包扎有何工艺要求?	192
127. 应如何测定定子线棒的表面电位? 表面电位多高为合格?	192
128. 为什么要检查并重新打紧定子槽楔?	193
129. 检查定子槽楔的紧度标准是什么?	193

130. 退出旧槽楔有何注意事项?	193
131. 应如何打紧定子槽楔?	194
132. 槽楔打紧后的质量检查标准是什么?	194
133. 拆装定子线圈上下部盖板及挡风板有何注意 事项?	195
134. 为什么用气密试验检测水内冷线棒微渗漏?	195
135. 阻尼环接头的检修有什么要求?	196
136. 转子滑环的运行和维护有什么注意事项?	196
137. 更换电刷的原则和注意事项有哪些?	197
138. 安装电刷有何工艺要求?	197
139. 应如何测试电刷恒压弹簧的压力?	198
140. 转子滑环室有哪些检修和维护要求?	198
141. 感应子式永磁机应如何分解检修?	199
142. 感应子式永磁机应如何退磁和充磁?	200
143. 什么是发电机的电动盘车? 其盘车原理是 怎样的?	201
144. 电动盘车需要多大的定、转子电流?	201
145. 电动盘车应具备哪些条件? 应如何操作?	203
(五) 发电机故障处理部分	204
146. 发电机有哪些常见故障?	204
147. 发电机非全相有什么危害? 发生非全相后, 发电机应作那些检查?	205
148. 发电机定子线棒更换的原则是什么? 现场检修 应如何掌握?	205
149. 更换一根波绕组定子下层线棒应拔出多少 上层线棒?	206
150. 如何在没有发电机备品线棒的情况下, 应急 处理有绝缘故障的线棒?	206
151. 发电机定子线棒应如何进行局部故障修理?	207
152. 铁磁杂物对发电机有何危害? 检修中应 如何防止?	208

153. 定子铁芯某些局部为什么会出现红粉? 为什么硅钢片松动或硅钢片片间绝缘损坏会引起局部过热? 局部振动和发热对发电机有什么危害?	209
154. 槽间铁芯片的松动应如何处理?	209
155. 铁芯压指的损坏应如何处理?	210
156. 如何结合定子铁芯的调整(穿芯螺杆、调整螺栓)处理铁芯压指的松动?	211
157. 定子绕组接头过热有什么危害?	211
158. 定子绕组端部的口部垫块松动应如何处理?	212
159. 发现定子绝缘盒有裂缝应如何处理?	212
160. 如何查找和处理发电机定子绕组接地故障?	213
161. 为什么线棒上下层间垫条防晕处理不当也会烧坏发电机线棒?	214
162. 定子绕组开机前泄漏电流增大的原因是什么?	215
163. 转子绕组回路哪些部位容易发生故障或绝缘降低? 应如何查找和处理?	215
164. 如何用直流电压法查找转子绕组金属性接地?	216
165. 如何进行磁极分解检修?	217
166. 转子磁极引出连接线的接头过热应如何处理?	218
167. 转子磁极匝间绝缘故障应如何处理?	219
168. 阻尼绕组的故障应如何修理?	220
169. 螺栓连接的汇流母线接头过热应如何处理?	221
170. 发电机检修后, 定转子绝缘降低应如何处理?	222
171. 线棒电晕应如何处理?	224
172. 如何处理线棒出槽口处的磨卡现象?	225

一、机械部分

1. 什么是水力发电？

答：水力发电是利用水作为传递能量的介质来发电的。依据一定的自然条件，或拦河筑坝，抬高上游水位；或采用引水的方式，来集中河段中的自然落差，形成发电所需要的水头。水头表示单位重量的水体所具有的势能。当已经形成水头的水经由压力水管流过安装在水电厂厂房内的水轮机而排至水电厂的下游时，水流带动水轮机的转轮旋转，使水能转变为水轮机的旋转机械能。水轮机转轮带动发电机转子旋转，由于磁场切割导体，从而在发电机的定子绕组上产生感应电动势。当发电机与外电路接通时，发电机就向外供电了。这样，水轮机的旋转机械能又通过发电机转变为电能。这就是水力发电的过程。

为了实现这种能量的连续转换而修建的水工建筑物和所安装的发电设备及其附属设备的总体，就是水电厂（站）。

水电厂（站）安装的设备主要有水轮机、水轮发电机、变压器、开关设备和辅助设备等，还有为保证各种设备正常运行而设置的测量、监视、控制、保护、信号等电气设备。

2. 检修前应做好的准备工作有哪些？

答：认真做好检修前的各项准备工作，是完成检修任务的首要条件。

(1) 人员的组织。充分做好动员工作，组织好各班组的劳动力，平衡施工进度，编制班组作业计划，组织劳动竞赛。将工作任务分解，落实到人。每一个工作面都应由技术比较全面、熟悉设备和系统的人担任工作负责人。工作负责人不仅应对所担负的

工作全面负责，还应是安全监护人。全体施工人员应在了解全面工作的基础上弄清楚自己应做的工作，即熟悉图纸，熟悉设备，了解自己所检修设备的工作原理、拆装和修理的方法。

(2) 工器具准备。工器具是完成检修工作任务的物质基础。检修前应根据检修项目，检查专用工具（包括安全用具）是否齐全完好；检查必需的工具是否足够；专用机械、起重设备和其他起重机械有无缺陷，是否可用。如果有问题应及时处理，必要时还应对起重设备进行一些试验，以确保其完好可用。

(3) 物资准备。做好物资准备，包括材料、备品、安全用具、消防器材等。根据检修项目，编制大修需要材料、工具、备件及量具仪表等清单。清点库存备品数量，若有不足应及时补充。检修所需的材料应在开工前采购回来，并送到班组。

(4) 编制计划。检修前，根据年度检修计划、设备缺陷、运行情况、上次大修总结、小修查核结果，以及决定采用的技术革新项目和先进经验等，进行现场查对，深入分析各项资料，做好必要的设计、试验和鉴定工作，落实检修计划项目。根据检修计划和设备缺陷记录，以及改进工程项目等资料编写检修项目、计划工时和网络计划，做到科学合理。根据网络计划安排班组的施工进度，并在设备拆开后，根据检查结果进行最后修正。同时绘制必要的图纸，印好原始记录表格等，以及编制各施工项目的具体技术措施和安全措施，特别是技术改进项目的技术措施，更应认真做好，并向施工人员进行技术交底。

(5) 编制检修设备一览表、大修项目表、施工进度表和大修准备工作进度表。准备好检修工作场地，并绘制场地布置图。工作场地的布置，特别是大部件的摆放，要做到井然有序，不要影响其他机组的运行，还要考虑放置大设备场地的承载能力，同时要给检修工作创造一个较好的工作环境。

3. 检修施工过程中有哪些管理工作？

答：在大修施工中应特别注意抓好安全、进度、质量等几个方面的管理。