

机械工人自学丛书



答 工 问 考
工厂实用电工

甘肃科学技术出版社

出版说明

本书是根据第一机械工业部颁布的《工人技术等级标准》第八册《电工》中维修电工应知应会条款编写的。内容包括：工厂电工基础知识；变压器；电工测量及仪器仪表；常用电工材料；半导体器件及电子线路；电动机；机床电器及控制线路；安全用电等八章共200个问答题。为便于工人自学和在工作中参考，在问答内容上由浅入深，由低级工应知应会到高级工应知应会拟题并详作解答。可供各级电工自学和工作之用，亦可作为职工的培训教材。

在编写过程中，我们力求做到问题明确，突出重点，文字简明，通俗易懂。并注意介绍工厂近年来大量应用的半导体器件、不可控和可控整流电路、交直流放大电路和常用的开关电路等电子线路的结构和工作原理。所以本书对工厂除电工以外其他工种的工人，也不无裨益。限于编者水平，书中难免有错误之处，敬请广大读者批评指正。

编者

一九八六年十二月

目 录

第一章 基础知识	(1)
1. 电路由哪几部分组成? 什么是电路的参数? 电路有哪些参数?	(1)
2. 短路、断路是什么意思? 什么是电气设备的额定值? 什么是电路的额定工作状态?	(2)
3. 什么是线性电阻、非线性电阻? 为什么欧姆定律只适用于线性电阻电路?	(4)
4. 什么是电功率、电能及效率?	(5)
5. 什么是克希荷夫电流定律和电压定律? 适用于什么电路?	(6)
6. 如何计算电阻串联电路、并联电路和串并联电路的等效电阻?	(8)
7. 如何将星形电路与三角形电路相互等效转换?	(11)
8. 如何计算电容器串联和并联的等效电容?	(14)
9. 电容器有哪些质量指标?	(15)
10. 电压与电位有什么区别? 怎样计算电路中某点的电位?	(16)
11. 什么是正弦交流电? 为什么正弦交流电得到了广泛应用?	(18)
12. 正弦交流电有哪几种表示方法?	(19)
13. 什么是交流电的周期、频率和角频率? 什么是工频?	(21)
14. 为什么两个正弦交流电之间除了大小关系以外还要考虑相位关系? 有哪几种相位关系?	(22)

15. 什么是正弦交流电的最大值和有效值？它们之间的关系如何？ (23)
16. 什么是交流电路的感抗、容抗和阻抗？什么是电压三角形、阻抗三角形和阻抗角？ (24)
17. 什么是交流电路的有功功率、无功功率和视在功率？ (27)
18. 功率因数 $\cos\varphi$ 的意义是什么？如何提高供电线路的功率因数？ (29)
19. 什么是谐振？什么是串联谐振、并联谐振？各有什么特点？ (31)
20. 什么是三相交流电路？什么是相序？什么是三相三线制和三相四线制？ (33)
21. 三相电路有几种联接方式？什么是线电压、相电压和线电流、相电流？ (35)
22. 三相电路的线、相电压之间和线、相电流之间具有什么关系？ (36)
23. 如何计算三相功率？ (38)
24. 什么是电压损失？如何计算线路的电压损失？ (39)
25. 什么是铁磁物质？铁磁物质为什么能磁化？ (41)
26. 磁场有哪些基本物理量？ (43)
27. 什么是磁路和磁路欧姆定律？ (45)
28. 什么是铁磁物质的磁滞回线和剩磁？什么是磁化曲线？ (47)
29. 什么是电磁感应？什么是集肤效应？什么是涡流？ (49)
30. 交、直流电磁铁的吸力与哪些因素有关？为什么交流电磁铁铁芯上嵌有短路铜环？ (51)
31. 为什么白炽灯、手提电钻可以交、直流两用，而电

磁线圈不可以交、直流两用? (54)

第二章 变压器 (56)

32. 变压器有哪些种类? 电力变压器的基本构造是怎样的?
..... (56)

33. 变压器为什么能变换电压、电流及阻抗? (58)

34. 变压器在运行中有哪些损耗? 什么叫做变压器的效率?
..... (61)

35. 运行中的变压器副绕组突然短路有什么危害? (62)

36. 什么是变压器绕组的极性? 如何测定? (62)

37. 电焊变压器与普通变压器有什么不同? (64)

38. 自耦变压器与普通变压器有什么不同? 什么是调压器?
..... (65)

39. 什么是电压互感器? 运行中为什么严禁其副绕组短路?
..... (67)

40. 什么是电流互感器? 运行中为什么严禁其副绕组开路?
..... (68)

41. 磁放大器的结构和工作原理是怎样的? (70)

第三章 电工测量及仪器仪表 (73)

42. 电气测量仪表如何分类? (73)

43. 电气测量过程中存在哪些误差? (74)

44. 什么是电气测量仪表的绝对误差、相对误差和引用误
差? (74)

45. 如何应用仪表的准确度来估计测量误差? (76)

46. 电气测量指示仪表有哪些表盘符号? (77)

47. 磁电系测量仪表的工作原理是什么? (77)

48. 磁电系电流表如何扩大量程范围? (81)

49. 如何用磁电系测量机构测量电压? (82)

50. 用磁电系测量机构测量电阻的原理是什么? (83)

51. 什么是万用表? 它的结构及各个部分的作用是什么?	(85)
52. 使用万用表应注意哪些问题?	(88)
53. 兆欧表的结构和工作原理是什么?	(89)
54. 如何正确使用兆欧表?	(92)
55. 钳形电流表的工作原理是什么?	(94)
56. 电磁系仪表的工作原理是什么?	(95)
57. 什么是电桥? 直流单臂电桥的工作原理是怎样的?	(96)
58. 直流双臂电桥的工作原理是怎样的?	(97)
59. 如何正确使用直流电桥?	(99)
60. 电桥如何保管和维护?	(102)
61. 示波器的阴极射线示波管构造是怎样的?	(103)
62. 示波器显示波形的原理是什么?	(105)
63. 如何正确使用示波器?	(109)
第四章 常用电工材料	(113)
64. 电线、电缆如何分类?	(113)
65. 什么是电磁线?	(113)
66. 什么是电气设备用电线电缆? 结构如何?	(114)
67. 什么是绝缘材料? 如何分类?	(115)
68. 绝缘材料的主要性能指标有哪些?	(115)
69. 如何划分绝缘材料的耐热等级?	(117)
70. 如何按发热条件选择导线截面?	(117)
71. 如何按允许电压损失选择导线截面?	(118)
72. 如何按机械强度选择导线最小截面?	(120)
73. 什么是熔断器?	(121)
74. 如何选择熔断器?	(124)
第五章 半导体器件及电子线路	(128)

75. 什么是半导体? 它有什么特性?(128)
76. 什么是P型半导体、N型半导体? 什么是PN结及其特性?(130)
77. 什么是半导体二极管? 如何判断它的极性? 它的伏安特性和主要参数是什么?(133)
78. 什么是稳压管? 稳压管为什么能稳定电压?(135)
79. 选用稳压管应注意哪些问题? 如何测试稳压管的稳定电压?(136)
80. 什么是半导体三极管? 它的伏安特性是怎样的?(138)
81. 三极管有哪些主要参数? 温度对它的参数有什么影响?(143)
82. 三极管为什么具有电流放大作用?(146)
83. 如何用万用表识别三极管的管脚?(149)
84. 如何判断是硅管还是锗管? 如何用普通万用表粗测三极管的穿透电流和电流放大系数?(151)
85. 使用三极管应注意哪些问题?(153)
86. 什么是可控硅? 它具有什么特性?(154)
87. 可控硅的伏安特性和主要参数如何?(157)
88. 可控硅的型号是如何表示的? 如何用万用表粗测可控硅?(159)
89. 什么是晶体管整流电路? 有哪些类型? 典型的二极管整流电路输出波形和特点是什么?(160)
90. 常用的滤波电路有几种?(160)
91. 为什么在整流滤波电路后面还要接稳压电路?(163)
92. 可控整流电路有几种类型?(163)
93. 常用的可控硅触发电路有几种? 对触发电路的要求是什么?(164)
94. 什么是单结晶体管? 单结晶体管触发电路的工作原理

- 是什么?(167)
95. 使用可控硅应注意哪些问题?(171)
96. 可控硅整流元件串、并联使用时应注意哪些问题?
.....(173)
97. 可控硅为什么会发生过电压? 有哪些过电压保护措施?
.....(175)
98. 可控硅为什么会发生过电流? 有哪些过电流保护措施?
.....(177)
99. 晶体管放大电路有哪几种类型?(178)
100. 低频电压放大器的基本线路是怎样的?(179)
101. 电压放大器的工作原理是什么?(180)
102. 什么是正反馈、负反馈? 什么是负反馈放大器? 放
大器为什么要采用负反馈?(183)
103. 什么是射极输出器? 它具有什么特点?(186)
104. 什么是功率放大器? 它有哪些类型?(187)
105. 多级放大器是如何构成的?(190)
106. 直流放大器与交流放大器有什么不同?(192)
107. 直流放大器如何抑制零点漂移?(194)
108. 什么是集成电路? 什么是模拟集成电路和数字集成
电路?(195)
109. 什么是运算放大器?(196)
110. 什么是正弦波振荡器? 它有哪几种类型?(197)
111. LC正弦波振荡器有哪三种基本电路?(198)
112. 什么是双稳态触发器? 集基耦合双稳态触发器的工
作原理是什么?(200)
113. 射极耦合双稳态触发器(施密特电路)是如何工作
的? 它有什么用途? 如何增大或减小回差?(202)
114. 集基耦合单稳态触发器是如何工作的? 它有什么用

途?(205)

第六章 电动机.....(207)

115. 直流电动机的工作原理是什么?(207)

116. 并激式直流电动机的工作情况如何?(208)

117. 串激式直流电动机的工作情况如何?(210)

118. 复激式直流电动机的工作情况如何?(212)

119. 直流电动机如何起动?(213)

120. 直流电动机如何制动?(216)

121. 并激直流电动机如何调速?(218)

122. 串激直流电动机如何调速?(220)

123. 如何实现直流电动机的反转?(221)

124. 什么是直流电动机的火花等级?(222)

125. 哪些故障会使直流电机换向出现有害的火花?(223)

126. 直流电机各出线端符号代表什么意义?(223)

127. 直流电机的铭牌数据代表什么意义?(224)

128. 什么是交磁放大机?有何用途?(225)

129. 电刷有哪几种类型?如何选择直流电机的电刷?(228)

130. 异步电动机的工作原理是什么?(229)

131. 三相异步电动机定子旋转磁场是如何产生的?(232)

132. 如何改变异步电动机的转向?(233)

133. 什么是三相异步电动机的同步转速和转差率?(235)

134. 三相异步电动机定子绕组的基本概念有哪些?(236)

135. 三相异步电动机的转矩与电源电压有什么关系?
.....(237)

136. 什么是异步电动机的机械特性?(238)

137. 三相异步电动机定子绕组如何联接?接法错误会带来什么后果?(240)

138. 异步电动机有哪些型号?它的意义是什么?(242)

139. 如何计算三相异步电动机的输入功率、输出功率、效率和转矩?(244)
140. 如何判断异步电动机定子绕组的首端和末端?(245)
141. 鼠笼式异步电动机如何直接起动?(248)
142. 鼠笼式异步电动机如何降压起动?(248)
143. 异步电动机温升超过规定标准是什么原因? 如何处理?(251)
144. 接通电源后, 电机嗡嗡响但不能起动是什么原因? 如何处理?(252)
145. 合上电动机的闸刀开关后熔丝熔断是什么原因? 如何处理?(253)
146. 电动机绝缘电阻降低是什么原因? 如何处理?(254)
147. 电动机轴承盖发热, 比机壳温度高是什么原因? 如何处理?(254)
148. 什么是三相异步电动机单相运行? 引起单相运行的原因是什么?(256)
149. 三相异步电动机如何调速?(255)
150. 转子断条如何检查和修理?(258)
151. 绕组绝缘不良如何检查和修理?(258)
152. 绕组接地如何检查和修理?(259)
153. 绕组断路如何检查和修理?(260)
154. 绕组短路如何检查和修理?(261)
155. 电动机修好后应进行哪些试验?(263)
156. 单相异步电动机有哪几种类型?(265)
157. 什么是单相交流串激电动机?(267)
158. 什么是测速发电机? 它的工作原理是怎样的?(268)
159. 什么是自整角机? 它的工作原理是怎样的?(270)
160. 什么是步进电动机? 它的工作原理是怎样的?(273)

161. 什么是伺服电动机？它的工作原理是怎样的？……(274)
- 第七章 机床电器及控制线路** ……(276)
162. 常用的机床电器有哪些？……(276)
163. 交流接触器的构造如何？怎样选用？……(279)
164. 什么是电动机的过载保护？热继电器的构造和工作原理是怎样的？如何选用？……(280)
165. 什么是电流继电器、电压继电器？……(283)
166. 什么是中间继电器？……(285)
167. 什么是时间继电器？电磁式和空气式时间继电器的结构及工作原理是怎样的？……(286)
168. 什么是速度继电器？它的结构和工作原理是怎样的？……(290)
169. 什么是温度继电器？……(292)
170. 什么是给油继电器？……(293)
171. 什么是牵引电磁铁、制动电磁铁？电磁工作台的构造和工作原理是怎样的？……(293)
172. 电磁离合器的结构和工作原理是怎样的？……(295)
173. 接触器、电磁式继电器和热继电器的日常维护有哪些？……(297)
174. 交流接触器有哪些常见故障？原因是什么？如何维修？……(299)
175. 热继电器、时间继电器和速度继电器有哪些常见故障？原因是什么？如何维修？……(303)
176. 电磁铁、电磁离合器的日常维护有哪些？常见的故障及其原因是什么？……(304)
177. 什么是电动机的继电接触控制？怎样读机床电路图？……(306)
178. 如何实现电动机的起停控制？什么是自保电路？

	(308)
179. 什么是短路保护、过载保护和欠压保护? 如何实现?	(311)
180. 什么是点动控制? 如何实现?	(313)
181. 如何实现电动机的正反转控制? 什么叫做联锁保护?	(314)
182. 什么是行程控制? 如何实现?	(316)
183. 如何实现异步电动机的Y— Δ 自动起动控制?	(318)
184. 鼠笼式双速电动机控制电路是怎样工作的?	(320)
185. 鼠笼式电动机反接制动控制电路是怎样工作的?	(322)
186. C620—1型车床的控制线路是怎样工作的?	(324)
187. C650型车床的控制线路是怎样工作的?	(325)
188. M7130卧轴矩台平面磨床的控制线路是怎样工作的?	(328)
189. T68型卧式镗床的控制线路是怎样工作的?	(332)
190. X62W型万能铣床的控制线路是怎样工作的?	(339)
191. 机床电气控制线路有哪些日常维护? 如何检查机床 电气控制线路的故障?	(350)
第八章 安全用电	(353)
192. 什么是触电? 如何防止触电?	(353)
193. 发生触电事故时如何急救?	(354)
194. 什么是保护接地、保护接零?	(355)
195. 在三相电源中性点接地的供电系统中, 电气设备为 什么要采取保护接零?	(357)
196. 在保护接零的供电系统中, 电气设备为什么不能再 采用保护接地?	(359)
197. 什么是重复接地? 有何作用?	(359)

198.	在保护接零中插座如何接线?	(361)
199.	什么是雷击? 有哪些防雷措施?	(362)
200.	电气设备发生火灾如何抢救?	(365)
附录一	常用电器图形符号	(366)
附录二	常用电气设备文字符号	(367)

第一章

基 础 知 识

1. 电路由哪几部分组成？什么是电路的参数？电路有哪些参数？

答：电路也叫做网络，是由许多电气元件或设备为实现能量的输送和转换（例如各种照明电路和动力电路），或者为实现信息的传递和处理（例如收音机电路）而组合在一起的总称。电源、负载和它们之间的联接导线，是组成一个完整电路的三个最基本的部分。其中，电源是将化学能、机械能等非电能量转换成电能的供电设备，如干电池、蓄电池和发电机等；负载是将电能转换成热能、光能、机械能等非电能量的用电设备，如电灯、电动机、扬声器等；电源和负载之间的联接导线，则起着沟通电路以达到输送电能和传递信息的作用。在实际的电路中，常常根据需要增添一些辅助设备，如开关、熔断器等。

用来表示电路或电路元件性质的物理量叫做电路的参数。电路共有三种参数：电阻、电感和电容。电阻是反映电路中电能的消耗的参数，电感是反映电路中磁场能量的贮存的参数，电容是反映电路中电场能量贮存的参数。任何电路或电路元件都可以用这三种参数或其中的某一、二种来表示。

因此，电阻、电感和电容这三个名词既是三种电路参数的名称，又代表了三种理想的电路元件。如果这三种理想电路元件的参数是恒定不变的常数，不随电流、电压和频率的变化而变化，这种元件叫做线性元件。

一般说来，电阻、电感和电容这三种参数在电路的各个部分都可能存在。不过，某一段电路上可能只有一、二种参数起主要作用，其余参数因十分微小可以忽略不计。例如，白炽灯和电阻炉贮存能量的作用并不显著，主要是消耗电能的作用，因此可以用电阻来表示它。电容器具有聚集电荷的能力，能在极板之间的介质中产生比较集中的电场，贮存电场能量的作用是主要的，而电能的消耗却很小，因此可以用电容来表示它。线圈中由于有比较集中的磁场，若线圈本身的电阻很小，则主要是贮存磁场能量的作用，因此可以用电感来表示它。

此外，电路中的参数往往并不是集中在某一段电路上，而是分布在整个电路上的，这样的参数叫做分布参数。例如联接导线的电阻就是分布在整個长度上的。在一般情况下，为了分析电路方便起见，可以用一个集中的参数来代替分布参数。

2. 短路、断路是什么意思？什么是电气设备的额定值？什么是电路的额定工作状态？

答：短路就是电源未经负载而直接由导线接通构成闭合回路，电源输出的电流经过短路点流回而不经负载。由于一般导线的电阻比负载电阻小得多，所以短路时流过电源和导线的电流很大。电源短路是一种严重事故，如不迅速排除，将会损坏电源和电路上的开关、电流表等电气设备。产生短

路的原因，往往是由于绝缘损坏或接线操作错误。因此，为预防短路，应定期检查电气设备和线路的绝缘情况。为了防止短路事故引起严重后果，通常在电路中接入熔断器或自动断路器，以便发生短路时能迅速将故障线路切断。

如果工作中需要将某一段电路短路而不会造成电源短路，这种操作叫做“短接”。例如在起动直流电动机时，为了避免过大的起动电流损坏电流表，可以在起动时间内将电流表用开关短接。

断路就是电源与负载未被接通成闭合回路，例如开关断开时的情况。对电源来说，断路相当于负载电阻等于无穷大。这时电路中的电流等于零，这种情况叫做电源空载。电源空载时的端电压叫做断路电压或空载电压，用 U_0 表示。电源的断路电压就等于电源的电动势，即 $U_0 = E$ 。

电源和负载等电气设备在工作时的电压、电流和功率都有一定的限额，这些限额是用来表示它们的正常工作条件和工作能力的，叫做电气设备的额定值。额定电流是电气设备在一定的环境温度下，长期连续工作时或在规定的时间内所允许通过而不会引起设备损坏的最大电流。额定电压是电气设备正常工作时的端电压。额定功率是电气设备正常工作时的输出功率或输入功率。有些电气设备还有其它的额定值，如频率、转速、温升等。额定值通常在铭牌上标出，也可以从产品目录中查到。

在一般情况下应该按照电气设备的额定值来使用它。如果电气设备接通电源后在额定值条件下工作，就叫做电路处于额定工作状态。这时，通过电气设备的电流等于设备的额定电流，叫做电气设备满载。如果电流超过电气设备的额定

电流，则叫做过载。过载是一种不正常的工作状态，严重时会导致电气设备损坏。反之，如果电气设备的电压和电流比额定值要小得多，这时不仅设备不能正常合理地运行，而且也不能充分利用设备的能力。

3. 什么是线性电阻、非线性电阻？为什么欧姆定律只适用于线性电阻电路？

答：把电阻值是一常数的电阻叫做线性电阻，线性电阻两端的电压与通过它的电流成正比。表示一个元件的电压与电流之间关系 $I = f(U)$ 的图形叫做伏安特性。线性电阻的伏安特性是一条通过原点的直线，这就是“线性”两字的由来。实际上，真正的线性电阻是不存在的。通常只要伏安特性基本是一条直线，即基本上满足 $R = \frac{U}{I}$ 关系，就可以认为这个电阻是线性的。例如，室温下工作的金属导体的电阻可以认为是线性电阻。

电阻两端的电压与通过它的电流不成正比时，叫做非线性电阻。它的阻值不是常数，而是随着电压或电流的变化而变动。非线性电阻电压与电流的关系很难用数学公式准确地表达出来，通常是根据实验结果用伏安特性来表示。例如，热敏电阻和半导体二极管的电阻就是非线性的，它们的伏安特性是一条曲线。

欧姆定律是欧姆对通电导线进行了一系列实验后得出的结论：当导线的温度不变时，导线中的电流与导线两端的电压成正比，即 $I = \frac{U}{R}$ 。式中的 R 是金属导线的电阻。由于温度不变时，一定长度和一定横截面积的金属导线的电阻值是