

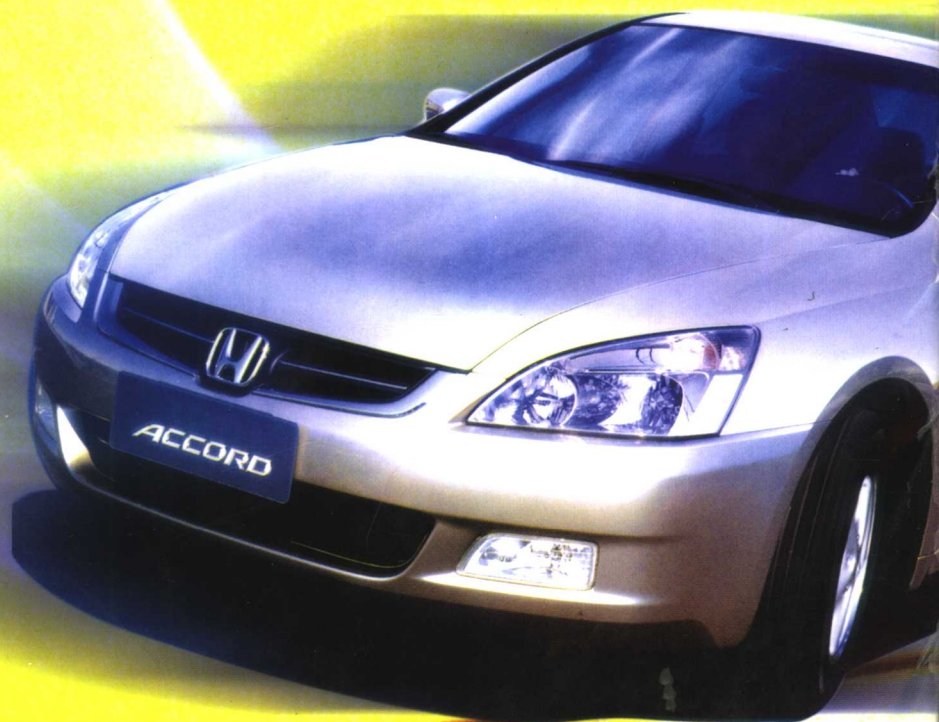
QICHEDIANZI

DIANZIGONGCHENGSHISHOUCE

汽车电气电子

工程师手册

吴基安 主编



黑龙江科学技术出版社

汽车电气/电子工程师手册

吴基安 主编

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气/电子工程师手册/吴基安主编. —哈尔滨:
黑龙江科学技术出版社, 2005. 2
ISBN 7-5388-4827-4

I. 汽... II. 吴... III. ①汽车—电气设备—技术
手册②汽车—电子设备—技术手册 IV. U463.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 014167 号

内容简介

本手册分三部分,共二十六章:第一部分为汽车电工基础,内容包括汽车电工常识、汽车电工常用检测设备、汽车电工测量;第二部分为普通汽车电器,内容有蓄电池、发电机、电压调节器、起动机、点火装置、照明装置、信号装置、汽车仪表、汽车空调、电动刮水器、洗涤器与除霜器、电动门窗与后视镜、电动门锁与防盗装置、电动座椅与电动车顶;第三部分为新型汽车电子装置,内容包括汽车电子技术基础、发动机电控汽油喷射系统、自动变速器、制动防抱死系统(ABS)、驱动防滑系统(ASR/TRC/TCS)、动力转向系统、巡航控制系统(CCS)、悬架控制系统、安全气囊系统等。

本书可供汽车驾驶员、修理工,尤其是汽车电工及有关工程技术人员阅读;也可作为大专院校汽车运用和维修工程专业师生的教学参考书。

责任编辑 张坚石
封面设计 晴天工作室

汽车电气/电子工程师手册

QICHEDIANQI/DIANZIGONGCHENGSHISHOUCHU
吴基安 主编

出 版 黑龙江科学技术出版社
(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)
电话 (0451)53642106 电传 53642143(发行部)

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

发 行 全国新华书店

开 本 787×1092 1/16

印 张 46.25

字 数 1 053 000

版 次 2005 年 8 月第 1 版·2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数 1-3 000

书 号 ISBN 7-5388-4827-4/U·139

定 价 88.00 元

前 言

随着国民经济的高速发展,建筑科技水平的不断提高,对建筑防水材料的技术要求和产品质量要求也越来越高。为了提高建筑防水材料检验人员的技术水平,方便检验人员工作,特编写了《建筑防水材料试验室手册》一书,以适应建筑防水材料发展的需要。这是继《环氧胶粘剂》、《石油沥青及其在建筑中应用》、《沥青防水材料性能与检验》、《聚合物沥青及其建筑防水材料》之后出版的又一部技术专著。尤其是《石油沥青及其在建筑中应用》一书,在1983年出版以后,在建筑防水材料行业曾引起很大的反响,并于1987年再版发行。《聚合物沥青及其建筑防水材料》一书又受到同行专家们的较高评价。这些图书的出版为我国建筑防水材料的科学技术知识普及和科学技术的发展起到积极推动作用,为我国建筑防水材料事业的发展作出了贡献。

本书主要介绍了建筑防水材料试验室的建设、所需的设置与设备、检测仪器与仪表、建筑防水材料所用的原材料。包括沥青材料、高分子材料、辅助材料的技术标准与试验方法;沥青防水卷材、聚合物沥青防水卷材、建筑防水涂料、建筑防水密封材料与胶粘剂、建筑刚性防水材料、建筑沥青混凝土和沥青砂浆、瓦类防水材料等技术标准与试验方法。尽量做到在本手册中可以查阅到建筑防水材料相关的试验方法。对检测人员所必须掌握的基本知识,如产品抽样方法、检测数据的读取与记录、数据的计算与处理、国家标准计量单位、常用计量单位都作了详细的介绍。

建筑防水材料是门综合性学科,现已不单纯是沥青和沥青防水材料学,还涉及合成树脂与塑料工艺学、合成橡胶与橡胶工艺学、合成树脂与涂料工艺学、水泥与水泥混凝土性能学、材料力学等,可以说是不少学科都已逐渐渗透到建筑防水材料方面,出现了许多边缘性学科。因此,需要多学科的专家共促建筑防水材料的发展。为此,要想把《建筑防水材料试验室手册》编写得既系统又完善并非易事。随着建筑防水材料日新月异的发展,建筑防水材料技术标准 and 试验方法亦随着不断更新,建筑防水材料试验仪器智能化水平不断提高,《建筑防水材料试验室手册》也需要不断进行增补和更新。希望同行的后起之秀们,能在本手册的基础上,不断提出增补和修改意见,使本手册真正成为建筑防水材料科技工作者一本必备的较好的参考用书。

在编写过程中,曾得到山西省建筑科学研究院、山西唐太沥青技术公司的支持,特表示感谢。

由于作者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

目 录

第一部分 汽车电工基础

第一章 汽车电工常识	(3)
一、汽车电工常用基本定律及计算公式	(3)
二、汽车电工常用法定计量单位	(11)
三、常见汽车电路原理图(新标准)图形符号	(16)
第二章 汽车电工常用检测设备	(36)
一、自制简易设备	(36)
二、常用仪表	(38)
三、常用仪器	(44)
第三章 汽车电工基本检测技术	(54)
一、基本电量的测量	(54)
二、电容器的简易判别	(60)

第二部分 普通汽车电器

第四章 蓄电池	(63)
一、蓄电池的类型与结构	(63)
二、国产蓄电池的型号、规格、主要参数及适用车型	(64)
三、蓄电池常见故障的诊断与排除	(67)
四、蓄电池主要部件的检测与维修	(68)
第五章 发电机	(75)
一、发电机的类型与结构	(75)
二、国产发电机的型号、规格及适用车型	(78)
三、发电机常见故障的诊断与排除	(81)
四、发电机主要部件的检修	(84)



第六章 电压调节器	(88)
一、电压调节器的类型与结构	(88)
二、国产电压调节器的型号、规格、主要参数及适用车型	(90)
三、电压调节器常见故障的诊断与排除	(95)
四、电压调节器的检修	(97)
第七章 起动机	(104)
一、起动机的类型与结构	(104)
二、国产起动机的型号、规格、主要参数及适用车型	(107)
三、起动机常见故障的诊断与排除	(110)
四、起动机主要部件的检修	(112)
第八章 点火装置	(122)
一、点火装置的类型与结构	(122)
二、国产点火装置的型号、规格、主要参数及适用车型	(129)
三、点火系常见故障的诊断与排除	(138)
四、点火装置主要部件的检修	(146)
第九章 照明装置	(155)
一、照明装置的类型与结构	(155)
二、国产照明装置的型号、规格、主要参数及适用车型	(159)
三、照明装置常见故障的诊断与排除	(164)
四、照明装置的检修与调整	(166)
第十章 信号装置	(169)
一、信号装置的类型与结构	(169)
二、国产信号装置的型号、规格、主要参数及适用车型	(172)
三、信号装置常见故障的诊断与排除	(178)
四、信号装置的检修与调整	(181)
第十一章 汽车仪表	(184)
一、汽车常用仪表的结构类型与报警显示装置	(184)
二、国产汽车仪表盘总成的型号、规格及适用车型	(192)



三、汽车常用仪表的故障诊断与排除	(198)
四、汽车常用仪表的检修与调整	(200)
第十二章 空调装置	(212)
一、汽车空调的分类、组成及功用	(212)
二、国产汽车空调的型号、规格、主要参数及适用车型	(228)
三、汽车空调系统的故障诊断与排除	(228)
四、汽车空调主要部件的检修	(239)
第十三章 电动刮水器、洗涤器与除霜器	(253)
一、电动刮水器、洗涤器与除霜器的类型及结构	(253)
二、国产电动刮水器、洗涤器与除霜器的型号、规格及适用车型	(258)
三、电动刮水器、洗涤器与除霜器的故障诊断与排除	(261)
四、电动刮水器、洗涤器与除霜器主要部件的检修	(263)
第十四章 电动门窗与后视镜	(271)
一、电动门窗与后视镜的类型及组成	(271)
二、电动门窗与后视镜的故障诊断与排除(以丰田凌志 LS400 型轿车为例) ...	(279)
三、电动门窗与后视镜主要部件的检修	(282)
第十五章 电子门锁与防盗装置	(290)
一、电子门锁的类型与防盗系统的组成	(290)
二、电子门锁与防盗系统的故障诊断与排除	(303)
三、电子门锁与防盗装置的检修	(308)
第十六章 电动座椅	(320)
一、电动座椅的基本结构与特点	(320)
二、电动座椅的电子控制系统与自动调节	(327)
三、电动座椅的故障诊断与排除	(332)
第十七章 电动车顶	(337)
一、电动车顶(天窗)的基本结构与特点	(337)
二、电动车顶(天窗)电子控制系统及工作过程	(341)
三、电动车顶(天窗)的故障诊断与排除	(344)



第三部分 新型汽车电子装置

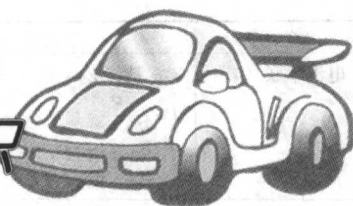
第十八章 汽车电子技术基础	(347)
一、二极管与整流电路	(347)
二、稳压管与稳压电路	(357)
三、晶体三极管与放大电路	(359)
四、晶闸管与可控整流电路	(368)
五、集成电路(IC)及其应用	(374)
六、数字电路及其应用	(378)
七、电子控制器(ECU)与微机	(382)
八、光电器件	(388)
第十九章 发动机电控汽油喷射系统	(396)
一、电控汽油喷射系统的分类及组成	(396)
二、电控汽油喷射系统的故障诊断与排除	(425)
三、电控汽油喷射系统主要装置的检修	(483)
第二十章 自动变速器	(525)
一、自动变速器的类型及组成	(525)
二、自动变速器的故障诊断与排除	(544)
三、自动变速器主要装置的检修	(556)
第二十一章 制动防抱死系统(ABS)	(565)
一、制动防抱死系统的类型及组成	(565)
二、制动防抱死系统的故障诊断与排除	(578)
三、制动防抱死系统主要装置的检修	(585)
第二十二章 驱动防滑系统(ASR/TRC/TCS)	(602)
一、驱动防滑系统的类型及组成	(602)
二、驱动防滑系统的故障诊断与排除	(612)
三、驱动防滑系统主要装置的检修	(615)
第二十三章 动力转向系统	(622)
一、动力转向系统的类型及组成	(622)



二、动力转向系统的故障诊断与排除	(637)
三、动力转向系统主要装置的检修	(641)
第二十四章 巡行控制系统(CCS)	(643)
一、巡行控制系统的类型及组成	(643)
二、巡行控制系统的故障诊断与排除	(654)
三、巡行控制系统主要装置的检修	(658)
第二十五章 悬架控制系统	(663)
一、悬架控制系统的类型及组成	(663)
二、悬架控制系统的故障诊断与排除	(685)
三、悬架控制系统主要装置的检修	(696)
第二十六章 安全气囊系统	(699)
一、安全气囊系统的类型及组成	(699)
二、安全气囊系统的故障诊断与排除	(712)
三、安全气囊系统主要装置的检修	(722)
参考文献	(728)

第一部分 汽车电工基础

第一章 汽车电工常识



一、汽车电工常用基本定律及计算公式

1. 直流电路计算公式(表 1-1-1)

表 1-1-1 直流电路的计算公式

名称	公式	备注
电阻	$R = \rho \frac{l}{S}$	l ——导体的长度(m) S ——导体的截面积(m^2) ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot m$) R ——导体的电阻(Ω)
	$r_2 = r_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$	t_1, t_2 ——导体的温度($^{\circ}C$) α_1 —— t_1 温度时导体电阻的温度系数 r_1 —— t_1 温度时导体的电阻(Ω) r_2 —— t_2 温度时导体的电阻(Ω)
	$R = \frac{U}{I}$	U ——电压(V) I ——电流(A) R ——电阻(Ω)
电导	$G = \frac{1}{R}$	R ——电阻(Ω) G ——电导(S)
电流	$I = \frac{Q}{t}$	Q ——电量(C) t ——时间(s)
	$I = \frac{U}{R}$	U ——电压(V) I ——电流(A)
电压	$U = \frac{W}{Q}$	W ——电功(J) U ——电压(V)
	$U = IR$	I ——电流(A)
全电路 欧姆定律	$I = \frac{E}{R + r}$	E ——电动势(V) R ——负载电阻(Ω) r ——电源内阻(Ω)
电功	$W = Pt = IUt = I^2 Rt$	P ——电功率(W) W ——电功(J)或($kW \cdot h$) t ——时间(s)或(h)
	$= \frac{U^2}{R} t$	
电功率	$P = \frac{W}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	
电阻串联	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	
电阻并联	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$	R ——总电阻(Ω) $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ ——分电阻(Ω)
电阻混联	$R = (R_1 // R_2) + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$	

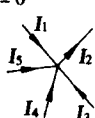
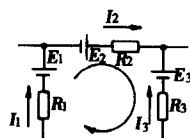


续表

名称	公式	备注
电池串联	$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$ $I = \frac{nE}{R + nr}$ 当 $R \gg r$ 时, $I \approx nE/R$ 当 $R \ll r$ 时, $I \approx E/r$	E ——电源电压(V) I ——电路中的电流(A) r ——电源的内阻(Ω) R ——外电阻(Ω) n ——每串电池数 m ——电池串数
电池并联	$E = E_1 = E_2 = E_3 = E_n$ $I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ 当 $R \gg r$ 时, $I \approx E/R$ 当 $R \ll r$ 时, $I \approx nE/r$	
电池混联	$I = \frac{nE}{R + \frac{nr}{m}}$ n 个电池串联后又与 m 串电池并联	
电容值	$C = \frac{Q}{U}$	Q ——电容器所带电量(C) U ——电容器两端电压(V) C ——电容器的电容量(F)
电容串联	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$	
电容并联	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$	

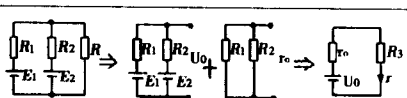
2. 基尔霍夫定律(表 1-1-2)

表 1-1-2 基尔霍夫定律

名称	公式	备注
基尔霍夫第一定律 - 流入任一节点电流的代数和等于零	$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad \text{或} \quad \sum I = 0$ 例:  $I_1 + I_3 + I_4 + I_5 = I_2 \quad \text{或} \quad I_1 - I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$	$\sum I_{\text{入}}$ ——流入节点电流之和 $\sum I_{\text{出}}$ ——流出节点电流之和 $\sum I$ ——电流代数和
基尔霍夫第二定律 - 任一回路中, 电阻压降的代数和等于电动势代数和	$\sum IR = \sum E$ 例:  $I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 = E_1 + E_2 - E_3$	$\sum IR$ ——电阻压降代数和 $\sum E$ ——电动势代数和

3. 戴维南定理、叠加原理及电流源与电压源的等效变换(表 1-1-3)

表 1-1-3 戴维南定理、叠加原理及电流源与电压源等效变换

名称	公式	备注
戴维南定理 - 任何一个有源二端网络都可用一个具有恒定电动势(U_0)和内阻(r_0)的等效电源来代替	 $I_3 = \frac{U_0}{r_0 + R_3}$	U_0 ——将待求支路断开的有源二端网络的开路电压 r_0 ——电路中所有电动势短路时的无源二端网络间的等效电阻 I_3 ——待求支路的电流



续表

名称	公 式	备 注
叠加定理 - 电路中任一 支路的电流是每一个电 源单独作用时,在该支路 中电流的代数和	$I_1 = I'_1 - I''_1$ $I_2 = -I'_2 + I''_2$ $I_3 = I'_3 + I''_3$	I_1, I_2, I_3 ——待求支路的 电流 I'_1, I'_2, I'_3 ——设 $E_2 = 0$ 时, E_1 单独作用在各支路 的电流 I''_1, I''_2, I''_3 ——设 $E_1 = 0$ 时, E_2 单独作用在各支路 的电流
电流源与电压源的等效 变换 - 串联内阻的电压 源与并联内阻的电流源 可相互等效变换	$E = I_s r_0 \quad I_s = \frac{E}{r_0}$ $I_{fx} = \frac{E}{r_0 + R_{fx}} \quad I_{fx} = \frac{r_0}{r_0 + R_{fx}} \times I_s$	E ——电压源 r_0 ——内阻 I_s ——电流源 R_{fx} ——负载电阻

4. 电阻的星形联接与三角形联接的等效变换(表 1-1-4)

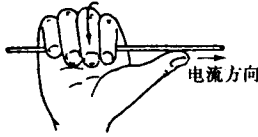

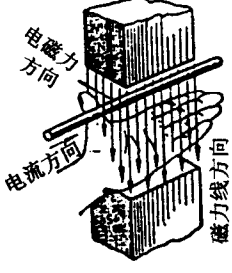
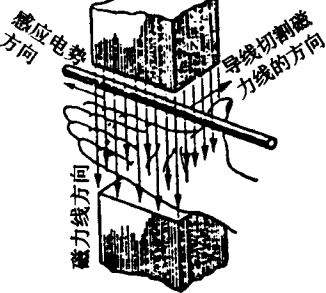
表 1-1-4 电阻的星形和三角形的等效变换

名称	公 式	备 注
电阻星形联接等效变换 为三角形	$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$	R_1, R_2, R_3 ——星形联接的 电阻 R_{12}, R_{23}, R_{31} ——等效变换 成三角形后的电阻
电阻三角形联接等效变 换为星形	$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$	R_1, R_2, R_3 ——星形联接的 电阻 R_{12}, R_{23}, R_{31} ——等效变换 成三角形后的电阻



5. 电磁感应定律(表 1-1-5)

表 1-1-5 电磁感应定律

名称	内容	备注
直导体右手螺旋定则	<p>磁力线方向</p>  <p>电流方向</p>	<p>大拇指——指向电流方向 弯曲四指——指向磁力线方向</p>
螺旋线圈右手螺旋定则	<p>电流方向</p>  <p>磁力线方向</p> <p>S N</p>	<p>大拇指——指向螺旋线圈内部的磁力线方向 弯曲四指——指向电流方向</p>
左手定则	 <p>电磁力方向</p> <p>电流方向</p> <p>磁力线方向</p>	<p>伸直四指——指向电流方向 掌心——穿过磁力线,即对住 N 极 大拇指——电磁力方向</p>
右手定则	 <p>感应电动势方向</p> <p>导线切割磁力线的方向</p> <p>磁力线方向</p>	<p>大拇指——导体运动方向 掌心——穿过磁力线,即对住 N 极 伸直四指——感应电动势方向</p>

6. 电磁吸力计算公式(表 1-1-6)

表 1-1-6 电磁吸力计算公式

名称	公式	备注
直流电磁铁吸力	$F = 4B^2 S \times 10$	<p>F——电磁铁吸力(N) B——磁感应强度(T) S——铁心截面积(cm^2)</p>
交流电磁铁吸力	$F_m = 4B_m^2 S \times 10$ $F = 2B_m^2 S \times 10$	<p>F_m——一个周期内电磁铁吸力的最大值(N) F——一个周期内电磁铁吸力的平均值(N) B_m——磁感应强度的最大值(T)</p>



7. 变压器计算公式(表 1-1-7)

表 1-1-7 变压器的计算公式

名称	公 式	备 注
变压比	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$	U_1 ——变压器一次侧电压(V) U_2 ——变压器二次侧电压(V) N_1 ——一次侧绕组匝数 N_2 ——二次侧绕组匝数
变流比 (理想变压器)	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$	I_1 ——变压器一次侧电流(A) I_2 ——变压器二次侧电流(A)
电压调整率	$\Delta U_N = \frac{U_{2N} - U_2}{U_{2N}} \times 100\%$	ΔU_N ——额定电压调整率 U_{2N} ——变压器二次侧额定电压(V) N_0 ——变压器每伏应绕匝数
每伏匝数	$N_0 = \frac{45 \times 10^{-4}}{BS}$	B ——铁心中磁感应强度(T) S ——铁心截面积(m ²)

8. 直流电动机计算公式(表 1-1-8)

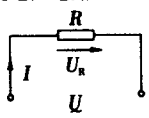
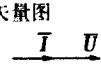
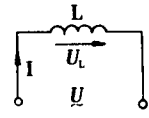
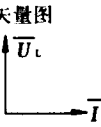
表 1-1-8 直流电动机的计算公式

名称	公 式	备 注
电枢电流	他励电动机: $I_a = I_N$ 并励电动机: $I_a = I_N - \frac{U_N}{R_f}$ $I_a = \frac{U_N - E_a}{R_a}$	I_a ——电枢电流(A) I_N ——电动机额定电流(A) U_N ——额定电压(V) R_f ——励磁绕组电阻(Ω) R_a ——电枢绕组电阻(Ω) E_a ——反电势(V)
功 率	额定功率: $P_N = I_N U_N \cdot \eta$ 输入功率: $P_1 = I_N U_N$	P_N ——电动机额定功率(W) η ——电动机效率 P_1 ——电动机输入功率(W)
反 电 势	$E_a = U_N - I_a R_a$ $= C_e \Phi_n$	C_e ——电势常数 Φ ——主磁通(Wb)
转 速	$n = \frac{E_a}{C_e \Phi}$ $= \frac{U_N - I_a R_a}{C_e \Phi}$ $= \frac{U_N}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi C_T \Phi} \cdot T_N$	$\frac{U_N}{C_e \Phi}$ ——理想空载转速 n_0 $\frac{R_a}{C_e \Phi C_T \Phi} \cdot T_N$ ——转速降落 Δn
转 矩	输出额定转矩: $T_{2N} = 9.55 \times \frac{P_N}{n_N}$ 额定电磁转矩: $T_N = C_T \Phi I_a$ $= 9.55 \times \frac{I_a E_a}{n_N}$	n_N ——电动机额定转速(r/min) T_{2N} ——输出额定转矩(N·m) T_N ——额定电磁转矩(N·m) C_T ——转矩常数



9. 交流电路计算公式(表 1-1-9)

表 1-1-9 交流电路计算公式

名称	公 式	备 注
周期、频率、角频率	$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	T ——周期(s) f ——频率(Hz) ω ——角频率(rad/s)
最大值	$I_m = \sqrt{2} I$ $U_m = \sqrt{2} U$ $E_m = \sqrt{2} E$	I_m ——电流最大值(A) U_m ——电压最大值(V) E_m ——电动势最大值(V) I ——电流有效值(A) U ——电压有效值(V) E ——电动势有效值(V)
有效值	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m$ $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m$	I_p ——电流平均值(A) U_p ——电压平均值(V) E_p ——电动势平均值(V)
平均值	$I_p = \frac{2}{\pi} I_m = 0.637 I_m$ $U_p = \frac{2}{\pi} U_m = 0.637 U_m$ $E_p = \frac{2}{\pi} E_m = 0.637 E_m$	
纯电阻电路  矢量图 	$I = \frac{U}{R} = \frac{U_R}{R}$ $P = IU_R$ $\cos \varphi = 1$ $i = I_m \sin \omega t \text{ (A)}$ $u = U_m \sin \omega t \text{ (V)}$	U_R ——电阻两端电压(V) P ——有功功率(W) $\cos \varphi$ ——功率因数 i ——电流的瞬时值(A) u ——电压的瞬时值(V) \bar{U} ——电压矢量 \bar{I} ——电流矢量
纯电感电路  矢量图 	$X_L = \omega L = 2\pi f L$ $I = \frac{U_L}{X_L} = \frac{U_L}{\omega L} = \frac{U_L}{2\pi f L}$ $Q_L = IU_L = I^2 X_L = I^2 \omega L$ $\cos \varphi = 0$ $i = I_m \sin \omega t \text{ (A)}$ $u_L = U_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ (V)}$	X_L ——感抗(Ω) L ——电感量(H) U_L ——电感两端电压(V) Q_L ——电感上无功功率(var)