

DIANGONG RUMEN QIBUZOU

# 电工入门七步走

## 电工计算入门

孙克军 主 编  
刘 浩 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANGONG RUMEN QIBUZOU

# 电工入门七步走

## 电工计算入门

孙克军 主 编

刘 浩 副主编

王晓晨 孙会琴 杨国福 参 编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

《电工入门七步走丛书》是为了帮助广大电工能快速掌握电工基本知识和技能而编写的, 本丛书把学习电工知识分为七个步骤, 每个步骤为一分册, 学习步骤明确, 学习内容一目了然。内容密切结合生产实际, 突出实用、图文并茂、深入浅出、通俗易懂, 书中列举了大量实例, 具有实用性强, 易于迅速掌握和运用的特点。

本书是《电工入门七步走丛书》之一, 全书共十章, 内容包括电工常用数学基础、直流电路的分析与计算、动态电路的时域分析与计算、单相交流电路的分析与计算、三相交流电路的分析与计算、磁路的分析与计算、电机与电力拖动的计算、变压器的计算、低压电器的选择与计算、电动机使用与维修中的简易计算等。书中以简明扼要的形式介绍了各种常用电路的基本定律和各种常用电气设备的基本方程式, 并详细介绍了计算方法步骤和有关注意事项。

本书可作为电工上岗培训教材, 供维修电工、安装电工和电气管理人员学习, 也可作为高等职业院校及中等职业学校电类专业学生的课余阅读教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电工计算入门/孙克军主编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 7  
(电工入门七步走)

ISBN 978-7-5123-9110-9

I. ①电… II. ①孙… III. ①电工-计算 IV. ①TM11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 112757 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

\*

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.5 印张 327 千字

印数 0001—2000 册 定价 38.00 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



## 丛书前言

---

物质、能量和信息是人类赖以生存的三大基本要素。电能作为一种能量形式，由于其易于生产、传输、变换、分配和控制，已成为使用最为广泛的现代能源，也是人们生产和生活中使用的动力的主要来源。随着我国电力事业的飞速发展，电能在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。因此，各行各业急需大批基础理论知识扎实，实际操作技能熟练的维修电工。为了满足大量农民工、在职转岗职工和城镇待业人员等有志从事电气技术工作的读者的需求，由中国电力出版社策划并组织有关具有实践经验的专家、教师和工程技术人员编写了《电工入门七步走》丛书。

电工技术是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术。为此本丛书在编写过程中，充分考虑了许多电工初学者的具体情况，面向生产实际，搜集、查阅了大量与电动机、低压电器、电工仪表使用维修以及电工操作技能等有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点，将维修电工的必备知识和技能进行了归类、整理和提炼。

本丛书包括《电工基本知识入门》、《电工识图入门》、《电工计算入门》、《电工检测入门》、《电工操作入门》、《电动机使用入门》和《电气控制入门》等。本丛书的特点是密切结合生产实际，图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，实用性强，易于迅速掌握和运用。

本丛书着重于基本原理、基本方法、基本概念的分析和应用，重点阐述物理概念，尽量联系电动机、低压电器、电工仪表使用与维修的生产实践，力求做到重点突出，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上尽量采用了图表形式，尽量回避一些实用性不强的理论阐述，以便读者理解和掌握。因

此，本丛书具有简洁明了、适合自学的优点。另外，本丛书中的各册图书之间既有一些联系，又相对独立成册，更便于读者根据各自的需要选用。

本丛书可供初级电工及有关技术人员使用，可作为高等职业院校及专科学校有关专业师生的教学参考书，也可作为职工培训用参考书。

编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错漏，敬请各位读者提出意见和建议。

## 前 言

随着我国电力事业的飞速发展，电动机、变压器、低压电器等在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。由于电工基础理论与电工计算是从事电工专业必备的理论基础，所以，为了满足广大电工的需要，我们组织编写了这本《电工计算入门》。

本书内容包括电工常用数学基础、直流电路的分析与计算、动态电路的时域分析与计算、单相交流电路的分析与计算、三相交流电路的分析与计算、磁路的分析与计算、电机与电力拖动的计算、变压器的计算、低压电器的选择与计算、电机使用与维修中的简易计算等。

本书在编写过程中，根据电工专业技术人员的实际情况，以简明扼要的形式介绍了欧姆定律、基尔霍夫定律、电磁感应定律、电磁力定律等电路的基本定律，还介绍了支路电流法、节点电压法、网孔电流法、叠加定理和戴维南定理等求解直流电路、交流电路和磁路的基本方法和基本定理。而且还介绍了电动机、变压器和低压电器等电气设备在使用中的理论分析与计算。

本书的主要特点是突出实用，简要地介绍基本定理、基本定律的物理概念，重点介绍各种常用计算公式中各个物理量的含义、单位及正负号的选取，以及分析计算中的注意事项，力求帮助读者提高解决实际问题的能力。而且在编写体例上尽量采用了图表形式，具有简洁明了、便于查找、适合自学的优点。书中列举了大量实例，实用性强，易于迅速掌握和运用。

本书由孙克军主编，刘浩为副主编。第1、2章由刘浩编写，第3章由马超编写，第4章由孙克军编写，第5、6章由孙会琴编写，第7、8章由王晓晨编写，第9、10章由杨国福编写。编者

对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

丛书前言

前言

## 第 1 章 | 电工常用数学基础



- |     |                |   |
|-----|----------------|---|
| 1.1 | 重要数学常数         | 1 |
| 1.2 | 常用的代数公式        | 1 |
| 1.3 | 常用的三角函数公式      | 4 |
| 1.4 | 特殊角的三角函数值      | 6 |
| 1.5 | 常用的复数运算形式和运算法则 | 6 |
| 1.6 | 常用微积分运算法则和基本公式 | 7 |

## 第 2 章 | 直流电路的分析与计算



- |       |              |    |
|-------|--------------|----|
| 2.1   | 电路常用物理量与参考方向 | 9  |
| 2.1.1 | 直流电路常用物理量    | 9  |
| 2.1.2 | 电路的参考方向      | 10 |
| 2.2   | 欧姆定律         | 13 |
| 2.2.1 | 部分电路的欧姆定律    | 13 |
| 2.2.2 | 全电路的欧姆定律     | 14 |
| 2.3   | 电阻           | 15 |
| 2.3.1 | 电阻定律         | 15 |
| 2.3.2 | 电阻与温度的关系     | 16 |
| 2.3.3 | 电阻的串联        | 17 |
| 2.3.4 | 电阻的并联        | 20 |
| 2.3.5 | 电阻的混联        | 23 |



2.3.6	Y- $\Delta$ 连接的等效换算 .....	24
<b>2.4</b>	<b>基尔霍夫定律</b> .....	25
2.4.1	电路的基本术语 .....	25
2.4.2	基尔霍夫第一定律 .....	26
2.4.3	基尔霍夫第二定律 .....	28
<b>2.5</b>	<b>电源</b> .....	30
2.5.1	电压源 .....	30
2.5.2	电流源 .....	32
2.5.3	理想电源的串联与并联 .....	34
2.5.4	电压源与电流源的等效变换 .....	37
2.5.5	电池组 .....	40
<b>2.6</b>	<b>支路电流法</b> .....	41
<b>2.7</b>	<b>节点电压法</b> .....	43
<b>2.8</b>	<b>网孔电流法</b> .....	46
<b>2.9</b>	<b>叠加定理</b> .....	49
<b>2.10</b>	<b>戴维南定理</b> .....	52

## 第3章 | 动态电路的时域分析与计算



<b>3.1</b>	<b>动态元件</b> .....	55
3.1.1	电感元件 .....	56
3.1.2	电容元件 .....	59
<b>3.2</b>	<b>动态电路基本概念</b> .....	63
3.2.1	一阶电路 .....	63
3.2.2	换路与稳态 .....	64
3.2.3	过渡过程 .....	64
<b>3.3</b>	<b>换路定律及初始值</b> .....	65
3.3.1	换路定律的概念 .....	65
<b>3.4</b>	<b>动态电路初始值的确定</b> .....	65
<b>3.5</b>	<b>一阶电路的零输入响应、零状态响应和全响应</b> .....	70
3.5.1	一阶电路的零输入响应 .....	70

3.5.2	一阶电路的零状态响应	77
3.5.3	一阶电路的全响应	82
3.6	用三要素法分析一阶动态电路	86
3.6.1	三要素法	86
3.6.2	利用三要素法分析计算一阶动态电路	87
3.6.3	三要素法解题实例	88



## 第 4 章 | 单相交流电路的分析与计算

4.1	交流电路常用物理量	93
4.2	正弦交流电的基础知识	98
4.2.1	正弦交流电	98
4.2.2	正弦交流电的三要素	98
4.2.3	正弦交流电的表示法	105
4.3	纯电阻电路	108
4.3.1	电流与电压的相位关系	108
4.3.2	电流与电压的数量关系	109
4.3.3	纯电阻电路的功率	109
4.4	纯电感电路	110
4.4.1	电流与电压的相位关系	111
4.4.2	电流与电压的数量关系	112
4.4.3	感抗	112
4.4.4	纯电感电路的功率	113
4.5	纯电容电路	114
4.5.1	电流与电压的相位关系	115
4.5.2	电流与电压的数量关系	115
4.5.3	容抗	116
4.5.4	纯电容电路的功率	116
4.6	电阻与电感的串联电路	118
4.6.1	电流与电压的相位关系	118
4.6.2	电流与电压的数量关系	118

4.6.3	阻抗	119
4.6.4	电路的功率和功率因数	120
<b>4.7</b>	<b>电阻、电感、电容的串联电路</b>	<b>121</b>
4.7.1	电流与电压的相位关系	121
4.7.2	电流与电压的数量关系	122
4.7.3	阻抗	122
4.7.4	电路中的功率和功率因数	123
<b>4.8</b>	<b>电感线圈和电容器的并联电路</b>	<b>124</b>
4.8.1	电流与电压的相位关系	125
4.8.2	电流与电压的数量关系	125
4.8.3	电路的三种性质	126
<b>4.9</b>	<b>提高功率因数的意义和方法</b>	<b>127</b>
4.9.1	提高功率因数的意义	127
4.9.2	提高功率因数的方法	128



## 第5章 | 三相交流电路的分析与计算

<b>5.1</b>	<b>三相交流电的产生及表示</b>	<b>132</b>
<b>5.2</b>	<b>三相电源的连接</b>	<b>134</b>
5.2.1	三相电源的星形连接	135
5.2.2	三相电源的三角形连接	136
<b>5.3</b>	<b>三相负载的连接</b>	<b>138</b>
5.3.1	三相负载的星形连接	139
5.3.2	三相负载的三角形连接	142
<b>5.4</b>	<b>对称三相电路的计算</b>	<b>144</b>
5.4.1	对称三相电路计算的方法步骤	144
5.4.2	对称三相电路的计算实例	147
<b>5.5</b>	<b>三相电路的功率</b>	<b>149</b>
5.5.1	三相电路功率的一般计算	149
5.5.2	对称三相电路功率的计算	149



## 第 6 章 | 磁路的分析与计算

6.1	磁的基础知识	155
6.1.1	磁场	155
6.1.2	磁路常用物理量	157
6.1.3	铁磁材料及其特性	159
6.1.4	铁磁材料的损耗	161
6.1.5	铁磁材料的分类	163
6.2	磁路的基本定律	164
6.2.1	全电流定律	164
6.2.2	磁路的欧姆定律	164
6.2.3	磁路的基尔霍夫第一定律	166
6.2.4	磁路的基尔霍夫第二定律	166
6.2.5	电磁感应定律	167
6.2.6	电磁力定律	171
6.3	磁路的计算	173
6.3.1	磁路计算的方法步骤	173
6.3.2	磁路计算实例	175
6.4	自感电动势与互感电动势	177
6.4.1	自感和自感电动势	177
6.4.2	互感和互感电动势	180
6.4.3	互感线圈的同名端	181



## 第 7 章 | 电机与电力拖动的计算

7.1	直流电机	184
7.1.1	直流电机的励磁方式	184
7.1.2	直流电机的额定值及常用公式	186
7.1.3	直流电机的电枢感应电动势和电磁转矩	188
7.1.4	直流发电机的基本方程式	190

7.1.5	直流电动机的基本方程式	195
7.1.6	直流电动机的转速与转速调整率	199
7.1.7	直流电动机的机械特性	200
7.1.8	直流电动机的启动	204
7.1.9	直流电动机的调速	206
7.1.10	直流电动机的制动	211
<b>7.2</b>	<b>三相异步电动机</b>	<b>215</b>
7.2.1	三相异步电动机的额定值和转差率	215
7.2.2	异步电动机的基本方程式	217
7.2.3	异步电动机的功率方程和转矩方程	219
7.2.4	三相异步电动机的机械特性	223
7.2.5	三相异步电动机的启动	229
7.2.6	三相异步电动机的调速	241
7.2.7	三相异步电动机的制动	246
<b>7.3</b>	<b>电动机的选择</b>	<b>253</b>
7.3.1	电动机选择的一般原则	253
7.3.2	电动机选择的主要内容	253
7.3.3	连续工作制电动机的选择	256
7.3.4	短时工作制电动机的选择	259
7.3.5	断续周期工作制电动机的选择	261

## 第 8 章 | 变压器的计算



<b>8.1</b>	<b>变压器的额定值</b>	<b>263</b>
<b>8.2</b>	<b>变压器的负载运行</b>	<b>265</b>
8.2.1	感应电动势与变比	265
8.2.2	磁动势平衡方程式	269
8.2.3	变压器的基本方程式	269
<b>8.3</b>	<b>变压器的参数测定</b>	<b>274</b>
8.3.1	空载试验	275
8.3.2	短路试验	277

8.3.3	阻抗电压 .....	279
<b>8.4</b>	<b>变压器的标么值 .....</b>	<b>279</b>
8.4.1	基准值的选取与标么值的计算 .....	280
8.4.2	采用标么值的优点 .....	281
<b>8.5</b>	<b>变压器的电压变化率和效率 .....</b>	<b>283</b>
8.5.1	变压器的电压变化率 .....	283
8.5.2	变压器的效率 .....	284
<b>8.6</b>	<b>变压器的并联运行 .....</b>	<b>287</b>
8.6.1	变压器并联运行的条件 .....	287
8.6.2	变比不等时变压器的并联运行 .....	288
8.6.3	联结组别不同时变压器的并联运行 .....	290
8.6.4	短路阻抗不等时变压器的并联运行 .....	291
<b>8.7</b>	<b>小型电源变压器简易设计方法与实例 .....</b>	<b>293</b>
8.7.1	小型电源变压器简易设计的方法步骤 .....	293
8.7.2	小型电源变压器简易设计实例 .....	304

## 第 9 章 | 低压电器的选择与计算



<b>9.1</b>	<b>刀开关 .....</b>	<b>308</b>
9.1.1	刀开关的技术数据 .....	308
9.1.2	刀开关的选择 .....	311
<b>9.2</b>	<b>熔断器 .....</b>	<b>313</b>
9.2.1	熔断器的技术数据 .....	313
9.2.2	熔断器的选择 .....	316
<b>9.3</b>	<b>断路器 .....</b>	<b>319</b>
9.3.1	断路器的技术数据 .....	319
9.3.2	断路器的选择 .....	322
<b>9.4</b>	<b>交流接触器 .....</b>	<b>324</b>
9.4.1	交流接触器的技术数据 .....	324
9.4.2	交流接触器的选择 .....	326
<b>9.5</b>	<b>时间继电器 .....</b>	<b>328</b>

9.5.1	时间继电器的技术数据	328
9.5.2	时间继电器的选择	330
<b>9.6</b>	<b>热继电器</b>	<b>331</b>
9.6.1	热继电器的技术数据	331
9.6.2	热继电器的选择	333



## 第10章 | 电动机使用与修理中的简易计算

<b>10.1</b>	<b>三相异步电动机</b>	<b>336</b>
10.1.1	三相异步电动机电磁线代用	336
10.1.2	改变笼型三相异步电动机的极数	340
10.1.3	改变三相异步电动机的电压	345
10.1.4	改变三相异步电动机的频率	350
10.1.5	将三相异步电动机接入单相电源运行	356
10.1.6	三相异步电机自励发电	358
<b>10.2</b>	<b>单相异步电动机</b>	<b>363</b>
10.2.1	单相异步电动机电磁线代用	363
10.2.2	改变单相异步电动机的电压	363
<b>10.3</b>	<b>直流电动机</b>	<b>368</b>
10.3.1	直流电动机电磁线代用	368
10.3.2	改变直流电动机的电压	368
<b>10.4</b>	<b>单相串励电动机</b>	<b>372</b>
10.4.1	单相串励电动机电磁线代用	372
10.4.2	改变单相串励电动机的电压	372



## 附录A | 法定计量单位



## 附录B | 单位的换算



## 参考文献

## 1.1 重要数学常数

见表 1-1。

表 1-1 重要数学常数

$\sqrt{0.5}=0.7071$	$e=2.718$	$\ln 10=2.302$
$\sqrt{2}=1.414$	$e^2=7.389$	$\lg e=0.434$
$\sqrt{3}=1.732$	$e^3=20.085$	$g=9.81$
$\sqrt{10}=3.162$	$\sqrt{e}=1.648$	$g^2=96.236$
$\sqrt{20}=4.472$	$\sqrt[3]{e}=1.395$	$1/g=0.102$
$\sqrt{1000}=31.623$	$1/e=0.3678$	$1\text{rad}=57.2958^\circ$
$1/\sqrt{2}=0.707$	$\pi=3.1416$	$1^\circ=0.0175\text{rad}$
$1/\sqrt{3}=0.577$	$1/\pi=0.318$	$5!=120$
$1/\sqrt{10}=0.316$	$\pi^2=9.869$	$6!=720$
$1/\sqrt{20}=0.2236$	$\sqrt{\pi}=1.772$	$7!=5040$
$1/\sqrt{1000}=0.0316$	$\sqrt{2\pi}=2.507$	$8!=40320$
	$\sqrt[3]{\pi}=1.464$	$9!=362880$
	$\sqrt[3]{2\pi}=1.845$	$10!=3628800$
		$11!=39916800$
		$12!=479001600$

## 1.2 常用的代数公式

见表 1-2。

表 1-2 常用的代数公式

序号	项目	公式
1	恒等式	$a^2-b^2=(a+b)(a-b)$ $a^3\pm b^3=(a\pm b)(a^2\pm ab+b^2)$ $(a\pm b)^2=a^2\pm 2ab+b^2$ $(a\pm b)^3=a^3\pm 3a^2b+3ab^2\pm b^3$ $(a+b+c)^2=a^2+b^2+c^2+2ab+2bc+2ca$



续表

序号	项目	公式
2	分式	基本性质 $\frac{a}{b} = \frac{am}{bm} \quad (m \neq 0)$
		分式加减 $\frac{a}{b} \pm \frac{c}{b} = \frac{a \pm c}{b}$ $\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d} = \frac{ad \pm bc}{bd}$
		分式相乘 $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$
		分式相除 $\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}$
		分式乘方 $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$
		分式开方 $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$
3	根式	基本性质 $(\sqrt[n]{a})^n = \sqrt[n]{a^n} = a \quad (a \geq 0)$
		变形规则 $(\sqrt[n]{a})^n = \sqrt[n]{a^n} \quad (a \geq 0)$ $\sqrt[n]{a^m} = \sqrt[n]{a^m} \quad (a \geq 0)$ $\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b} \quad (a \geq 0, b \geq 0)$ $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} \quad (a \geq 0, b \geq 0)$
4	等差数列	通项 $a_n = a_1 + (n-1)d \quad (d \text{ 为公差})$
		前 $n$ 项和 $S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} n = na_1 + \frac{n(n-1)}{2} d$
		等差中项 设 $a, b, c$ 成等差数列, 则 $b = \frac{1}{2}(a+c)$
5	等比数列	通项 $a_n = a_1 q^{n-1} \quad (q \text{ 为公比})$
		前 $n$ 项和 $S_n = \frac{a_1 - a_n q}{1 - q} = \frac{a_1(1 - q^n)}{1 - q} = \frac{a_1(q^n - 1)}{q - 1}$
		等比中项 设 $a, b, c$ 成等比数列, 则 $b = \pm \sqrt{ac}$
6	级数	等差级数之和 $S = a + (a+d) + (a+2d) + \dots + [a + (n-1)d] = \frac{n[2a + (n-1)d]}{2}$
		等比级数之和 $S = a + aq + aq^2 + \dots + aq^{n-1} = a \frac{1 - q^n}{1 - q} = a \frac{q^n - 1}{q - 1}$