

徐 雷 等 编

Dianying Fangying
Yingyong jishu Shouce



**电影放映
应用技术手册**

中国电影出版社

(京)新登字 076 号

D1138/26

出版说明

本书由我国电影放映系统中长期从事电影放映技术及管理工作的专家、学者共同编写。针对电影放映的特点,共分为 15 章,是一本应用性很强的技术工具书。编者以巩固基础知识、提高技术水平、建立标准化管理制度为主旨,为广大电影放映管理人员及各级电影放映员、技师提供了一本随时便于参阅的工具书。全书分类齐全、信息量大、数据可靠、查找方便,实为从事放映专业的技术人员不可或缺的良好良师益友。

责任编辑:徐维光

封面设计:肖万庆

责任校对:洁莹

电影放映应用技术手册

*

中国电影出版社出版发行

(北京北三环东路 22 号)

北京丰华印刷厂印刷 新华书店经销

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:42.75 插页:2

字数:347000 印数:2000 册

1994 年 11 月第 1 版北京第 1 次印刷

ISBN 7-106-00479-0/TB·0062 定价:82 元

前 言

在科学技术迅速发展、人民群众对文化生活的要求日益提高、我国电影发行放映管理体制逐步走向规范化标准化的形势下，广大放映技师、技术管理干部、电影学校教师和城乡各级放映人员，迫切需要一本《电影放映应用技术手册》，作为日常工作的查阅工具。为了适应这一要求，我们组织了全国电影系统中在电影放映技术方面长期从事科研、生产、教学和管理同志，经过广泛调查和反复研讨后，共同编写了这本《手册》。

电影兼容吸收了声、光、电、机械等方面的成就，形成了应用性很强的综合技术，而且随着现代科学技术、工艺、材料的进步，电影放映设备也在不断更新、发展。基于这一特点，我们从实际出发，以放映应用技术为主导，立足于国内的放映工作现状，同时着眼发展，重视检测，围绕电影放映质量，将《手册》分为电影放映基础、电影放映专业和电影放映技术标准及检测技术共三编15章，即放映电工基础、放映机械基础、放映光学基础、电子技术基础、电影院建筑声学基础、热工学基础、电影胶片与影片、电影放映机、电影扩音机、电源设备、电声器件与录像机、银幕、观众厅与放映工作室、特种电影放映技术、电影放映技术标准、电子仪表与放映电声测量以及附录、常用资料等，并尽力将目前新的工艺、技术成就及有关资料收进《手册》，做到全面、准确、专业、系统，以满足实际工作各方面的需要。

《手册》编写以图、表为主要形式。篇幅少，信息量大，查找方便，数据可靠。是放映技师、技术管理干部、放映教师以及等级放映人员理想、实用、必备的工具书。

《手册》编写过程，得到了中国电影科研所顾问、高级工程师马守清同志的热情帮助与指导，同时受到了安徽、湖北省文化主管部门、湖北省电影公司、黄石市电影公司、徽州地区电影公司以及机械部仪表局标准室、秦皇岛视听中心、电影科研所、电影机械研究所等单位的大力支持。在此谨向他们表示衷心地感谢！

由于我们编写经验不足，水平有限，错误和疏漏之处在所难免，希望广大放映技术工作者给予批评指正。

编委会

电影放映应用技术手册

编辑委员会

主编：徐 雷 梅长庚

编委：（按姓氏笔划顺序）

王浚堂 叶宏才 付炳祥 冯翔云 刘会政 肖元虎 杜审初 余炳林 阿都沁夫（蒙） 周 政 张仁清 范国志 欧 阳 赵天明 钟龙章 徐 雷 梅长庚 聂焕臣

各章编写负责人：

放映电工基础 阿都沁夫（蒙）

放映机械基础 冯翔云

放映光学基础 余炳林 范国志

电子技术基础 范国志 钟龙章

电影院建筑声学基础 范国志 梅长庚

热工学基础 赵天明

电影胶片与影片 周 政 施树林

电影放映机 王浚堂 王 琳 杨永生

电影扩音机 李维璠 范国志 梅长庚

电源设备 付炳祥 刘会政 肖元虎 赵天明

电声器件与录像机 范国志 梅长庚

银幕、观众厅与放映工作室 欧 阳

特种电影放映技术 张仁清

电影放映技术标准 聂焕臣

电子仪表与放映电声测量 范国志 梅长庚

常用资料 聂焕臣

绘图 徐 健

目 录

第一编 电影放映基础

第一章 放映电工基础

电工学常用定律及其计算公式	3
直流电路的计算	6
磁与电磁学常用计算公式	11
单相正弦交流电路及其计算	18
三相正弦交流电及其电路的简单计算	21
非正弦交流电路及其简单计算	24
变压器原理与简单计算	27
电动机的结构、原理及其简单计算	34
电工测量仪表及其简单计算	51
低压电器	55
常用电表	65

第二章 放映机械基础

工程力学基本知识	70
常用材料与处理	73
公差与配合	78
常用机构	82
机械传动	86
润滑	93

第三章 放映光学基础

光的基本性质	97
几何光学基础	98
典型光学系统分析	102
放映光学常用物理量	104
光的干涉和偏振	105
色度学基础	107
电光源基础	108

第四章 电子技术基础

低频放大电路	116
集成运算放大电路	128
电子管与场效应管放大电路	133
直流电源电路	139
振荡电路	147
调制波与解调电路	150

脉冲电路	152
数字电路	155
第五章 电影院建筑声学基础	
声学常用术语	161
声音的产生与传播	163
声音的计量	163
听觉特性	164
室内声学原理	165
吸声材料	166
电影院观众厅内的音质要求	169
电影院观众厅噪声控制方法	169
观众厅音质改善方法	170
典型电影院观众厅混响时间特性	170
第六章 热工学基础	
热工学常用物理量含义及其单位	172
传热学常用名词、物理量及其含义与表达式	175
气体的热力性质及其状态方程	177
热力学基本定律	178
热机的热力循环与热力过程	179
各种热机比较及内燃机的热平衡	180
内燃机的主要性能指标及其计算公式	182
常用燃料的热值与我国部分原油及燃料油数据	183
常用固体物质的线胀系数和导热系数	184
物态变化过程中的几种潜热	185
电影院观众厅空气调节的内容与指标	186
用于空调系统的冷源、制冷方法及优缺点	186
机械制冷的种类、特点及主要用途	187
蒸汽压缩制冷机的制冷过程及其主要参数	187
制冷剂与载冷剂	189
制冷机的制冷量及制冷工况	189
电影院观众厅冷负荷的计算	192
观众厅空调指标的测定	192
第二编 电影放映专业	
第七章 电影胶片与影片	
电影胶片的种类和基本结构	197
片基的种类及其物理机械性能	199
电影胶片的几何尺寸	201
影片画面、声迹的质量指标	203
影片拷贝的使用和贮存规范	204
影片拷贝的维护措施和方法	206
影片拷贝的常见损伤及其原因	213
影片拷贝的修补	214
第八章 电影放映机	
常用电影放映机技术规格	219

35mm 电影放映机	219
16mm 电影放映机	222
70/35mm、35/16mm 两用固定式放映机	224
输片部分的技术要求及规格	225
输片齿轮	225
滑轮、压片瓦	229
片门	232
马尔蒂间歇机构	237
抓片爪间歇机构	244
槽轮式间歇机构	249
收片机构	252
遮光器	253
输片片路	254
输片部分的要求、调整、检查	257
传动部分	259
对传动部分的要求	259
典型传动系统	259
故障与分析	264
放映机电路	266
控制电路	266
换机线路	274
还音稳速系统	276
还音的速度失真和原因	276
几种稳速系统及主要件技术规格	277
还音光学系统	278
对还音光刀的技术要求	278
光刀宽度	279
还音光学系统分类	279
典型还音光学系统	279
光电接收元件	283
还音光学系统故障及分析	285
放映光学系统	286
典型的放映光学系统	286
放映光源	288
放映聚光系统	296
放映物镜	300
放映机的安装调试和故障检测	308
第九章 电影扩音机	
电影扩音机的基本结构	317
常用电影扩音机的主要技术规格	317
常用电影扩音机电路原理图	317
电影扩音机常用电子器件参数	351
电影扩音机的使用维护与调试	353
基本电路的故障分析	355

故障检修的方法与步骤	359
603A 型电影扩音机几种故障检修	364
第十章 电源设备	
整流器	366
放映光源整流器的分类、结构及型谱	366
常用放映光源整流器的技术规格	378
常用放映光源整流器的电路及其参数	378
氙灯触发器的种类、结构、技术规格与电路	378
整流器常用元件的型号、规格与技术参数	404
放映光源整流器的安装	412
放映光源整流器主要技术指标测量	416
放映光源整流器的调整及典型故障的分析	419
发动机	425
内燃机的主要特性	425
二冲程发动机	425
发动机工作过程参数范围	427
发动机的充气系数	427
二冲程发动机的装换效率	428
发动机的压缩比	428
混合气浓度与燃烧情况对发动机的影响	428
三种放映发动机的产品规格	429
三种活塞的材料性能和工艺参数	430
三种活塞环的材料性能和工艺参数	430
三种活塞销的材料性能和工艺参数	431
三种连杆曲轴的材料性能和工艺参数	431
连杆曲轴组合的公差与配合	433
三种气缸盖、气缸的材料性能和工艺参数	433
三种曲轴箱的材料性能和工艺参数	434
三种发动机主要部分的配合间隙及磨损极限	434
化油器的主要参数	436
三种磁电机的主要参数	437
发动机的几种修理工艺	438
发动发电机测试与鉴定	442
汽油的性能指标与牌号	443
润滑油的主要性能和用途	444
机械油的主要性能和用途	445
润滑脂的主要性能和用途	445
发电机	446
三种发电机主要技术规格	446
三种发电机绕组、节距展开图	446
发电机绕组的检查	450
发电机绕组的重绕	451
发电机大修后的检验	453
第十一章 电声器件与录像设备	

传声器	454
扬声器	455
电唱机	459
录音机	461
录像机	463
常用几种投影机主要性能	470
常用几种摄像机主要性能	470

第十二章 银幕、观众厅与放映工作室

银幕	472
观众厅	478
电影院选址	478
影院总平面布局	479
观众厅的几何形状	481
观众厅观众席位范围的确定	483
观众厅地坪坡度升高的计算方法	487
观众席位的安排	489
观众的疏散	490
电影院建筑的安全防火	491
观众厅的卫生规范	492
放映工作室	492

第十三章 特种电影放映技术

电影近况与特种电影发展趋势	498
环幕电影	499
球幕电影	505
巨幅银幕电影	512
立体电影	516
立体声电影	523
视盘(镭射)电影简述	538
全息立体电影发展概述	544

第三编 电影放映技术标准及检测技术

第十四章 电影放映技术标准摘编

放映影片、检验片、片夹

GB 4636-84 35mm 影片的放映画面面积	551
GB 4638-84 35mm 电影发行拷贝上画面和光学声带的位置和尺寸	551
GB 4637-84 35mm 磁片上单轨及三轨声带的录音与还音磁头的隙缝位置和宽度尺寸	553
GB 5298-85 35mm 电影遮幅法影片画面的位置和尺寸	553
GY 101-91 35mm 环幕电影摄影机片窗所形成的影像和发行拷贝可放映画面的位置 和尺寸	554
ZB Y006-81 16mm 电影放映画面的位置和尺寸	554
GB 5299-85 16mm 电影发行影片上的画面面积和光学声带的位置和尺寸	555
GB 4644-84 单边片孔单条16mm 影片的磁性声带的录音与还音磁头的隙缝位置和宽度 尺寸	555
GB 5300-85 16mm 和35mm 电影影片粘接接片的位置及尺寸	556
GB 9048-88 70mm 电影拷贝最大可放映画面的位置和尺寸	557

GB 9047-88 70mm 电影发行拷贝上六轨磁性声迹的位置和尺寸	558
GB 2926-82 35mm 和 16mm 电影发行影片用片头和片尾的技术规格	559
ZB Y 211-84 16mm 电影放映画面检验片技术条件	561
ZB Y 212-84 35mm 电影放映画面检验片技术条件	564
ZB Y 210-84 35mm 变形宽银幕电影画面检验片技术条件	567
ZB Y 209-84 16mm 电影—单声道光学声带检验片技术要求	570
JB/T 2221-91 16mm 电影放映片夹尺寸	572
放映物镜	
ZB Y 012-81 电影放映物镜鉴别率检验板	573
JB/T 1786-91 35mm 电影放映物镜技术条件	575
JB/T 1787-91 16mm 电影放映物镜技术条件 (合编)	575
电影放映机	
ZB Y 208-84 16mm 电影放映机技术条件	578
ZB Y 277-84 35mm 电影放映机技术条件 (合编)	578
银幕及银幕亮度	
GB—报批稿 反射放映银幕	584
GB 5880-86 电影院和鉴定放映室放映幕干扰光的测量方法和技术要求	594
GB 2925-82 影片技术鉴定放映室的银幕亮度	594
GB 4645-84 室内影院放映的银幕亮度 (合编)	594
电源设备和光源设备	
ZB—报批稿 电影放映用整流器	595
QB 674-76 超高压球形氙灯技术条件	598
D 336-63 电影放映碳棒	600
Q/JB 04-04-79 电影放映反光镜	601
Q/JB 04-05-79 电影放映冷反光镜	602
电影还音及电影放映用扬声器	
GB/T 13157-91 35mm 影片光学声迹的还音电声频率响应特性	603
SJ 1128-77 电影放映用扬声器系统电声参数和要求	608
电影院工艺设计	
GB 5302-85 观众厅银幕的设置	609
GB 5303-85 观众厅的座位和地面坡度	610
GB 3557-83 观众对银幕的视距、视点和视线与银幕的夹角	610
GB 5878-86 放映机房、放映机、放映孔及观察孔的位置和尺寸	612
GB/T 13156-91 电影院观众厅建筑声学的技术要求	613
片边涂磁录音与还音	
ZB WH1-85 35mm 光磁两用发行影片片边涂磁录音技术要求	614
ZB WH4-85 16mm 光磁两用发行影片片边涂磁录音技术要求 (合编)	614
ZB WH2-85 35mm 光磁两用发行影片片边磁性转录设备的技术条件	616
ZB WH5-85 16mm 光磁两用发行影片片边磁性转录设备的技术条件 (合编)	616
ZB WH3-85 35mm 电影放映机片边磁性还音装置的技术要求	618
ZB WH6-85 16mm 电影放映机片边磁性还音装置的技术要求 (合编)	618
单机偏光立体电影	
GY 41-87 35mm 单机立体电影的摄影画幅位置和尺寸	619
GY 43-87 16mm 单机立体电影拷贝的画幅位置和尺寸	620

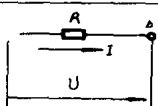
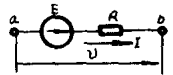
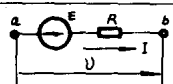
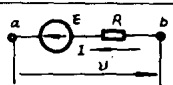
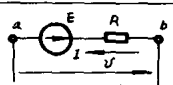
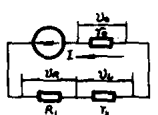
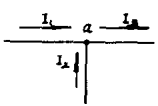
GY42-87 35mm单机偏光立体电影放映效果技术要求	621
GY44-87 16mm单机偏光立体电影放映效果技术要求(合编)	621
第十五章 电子仪表与放映电声测量	
常用测试仪表	622
扬声器性能的测量	634
扩音机技术指标的测量	637
电影院建筑声学指标测量	641
附录	
常用字母及有关符号	648
我国法定计量单位和常用单位的换算	653
常用电路图形和电工元、器件的符号	657
常用国产电子管和半导体器件命名法	662
电容器、电阻器和电位器的型号意义	664
常用电工指示仪表	665
滚动轴承代号表示法	667
润滑油和润滑脂的命名及代号表示法	669

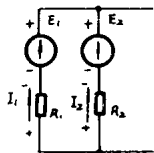
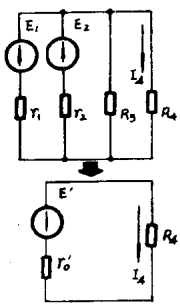
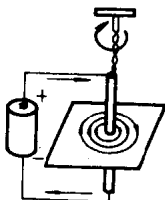
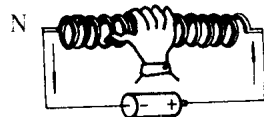
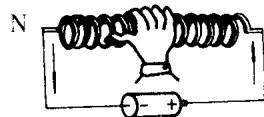
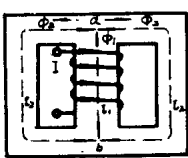
第一编 电影放映基础

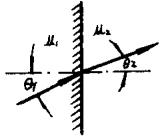
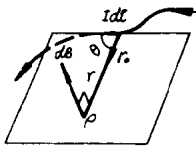
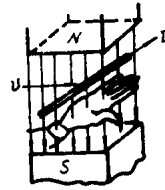
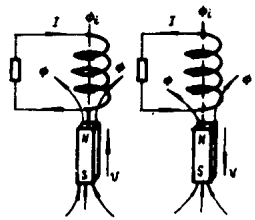
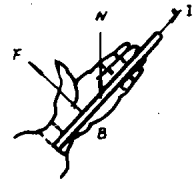
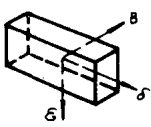
第一章 放映电工基础

— 电工学常用定律及其计算公式

表 1-1

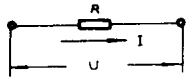
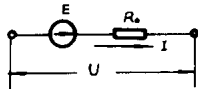
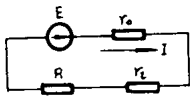
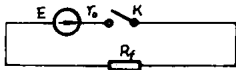
名 称	含 义 及 图 示	计 算 公 式
库仑定律	两个点电荷之间的作用力 F 与两个电荷的电量 $q_1 q_2$ 的乘积成正比, 与两个电荷间的距离平方 r^2 成反比, 与电荷所处介质的介电常数 ϵ 有关。	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} (N)$
导体的电阻定律	导体内的电阻 R 与其长度 L 成正比, 与其截面积 S 成反比, 与导体材料的电阻率 ρ 及其电阻温度系数 α 和导体本身的温度 t° 有关。	$R = \rho \frac{L}{S} \cdot \alpha \cdot t^\circ (\Omega)$
无源局部电路欧姆定律	在任一段无源局部电路中, 电流 I 的大小与加在该电路两端的电压 U 成正比, 与该电路中的电阻 R 成反比。 	$I = \frac{U}{R} (A)$
有源支路欧姆定律	在电动势 E 、端电压 U 的正方向与电流 I 的正方向一致时: 	$I = \frac{E + U}{R} (A)$
	在 E 与 I 的正方向相反, 而 U 与 I 的正方向一致时: 	$I = \frac{-E + U}{R} (A)$
	在 E 与 I 的正方向一致, 而 U 与 I 的正方向相反时: 	$I = \frac{E - U}{R} (A)$
	在 E 与 U 的正方向与 I 的正方向相反时: 	$I = \frac{-E - U}{R} (A)$
有源回路欧姆定律	有源回路中电流 I 的大小, 与该电路的电源电动势 E 成正比, 与整个回路中的总电阻 ΣR 成反比。 	$I = \frac{E}{R_1 + r_0 + r_2} = \frac{E}{\Sigma R} (A)$ R_1 —负载电阻 (Ω) r_0, r_2 —电源内阻和导线内阻。
基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)	在任何一段电路中, 流入节点 a 的电流之和总是等于流出该节点的电流之和, 即每个节点 a 的电流代数之和等于零。 	$I_1 + I_2 = I_3$ 或 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ $\Sigma I_a = 0$

名 称	含 义 及 图 示	计 算 公 式
基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)	在任何一点回路方向上, 回路中的电动势代数和等于电路中的电压降的代数和。即回路中各部分电压的代数和等于零。 	$E_1 + I_2 \cdot R_2 = E_2 + I_1 \cdot R_1$ 或 $E_1 - E_2 = I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2$ $\sum E = \sum (I \cdot R)$ 或 $E_1 - E_2 - I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 = 0$ $\sum U = 0$
等效电源定理 (戴维南定理)	在一复杂电路中如只需求其中某一支路中的电流时, 可把其余部分看成“有源二端网路”——即具有电动势 E' 和内阻 r'_0 的等效电源。 右上图为一复杂电路, 如只需计算 I_4 , 即可简化为右下图所示的等效电源电路。 	$I_4 = \frac{E'}{r'_0 + R_4} \quad \text{其中:}$ $E' = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \right) \cdot r'_0$ $r'_0 = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{R_3}}$ $I_4 \cdot R_4 = U$ 可视为端电压; $I_4 \cdot r'_0 = U_0$ 可视为等效电源的内压降
焦耳定律	通电导体所产生的热量 Q , 与通过导体的电流 I 的平方, 导体本身的电阻 R 和导体通过电流的时间 t 成正比。	$Q = 0.24 I^2 \cdot R \cdot t$ $= 0.24 \frac{U^2}{R} \cdot t (\text{cal})$ 0.24——热功当量
法拉第电解定律	物质在被电解时分解出来(或沉积在电极上)的物质质量 Ma , 与通过电解液的电流强度 I 和通过电流的时间 t 成正比。	$Ma = \alpha \cdot I \cdot t (\text{g})$ α ——物质的电化当量
右螺旋定则 (单根导线螺旋定则)	当用右螺旋钻的前进方向代表导体中的电流方向时, 钻柄旋转的方向便是导体通过电流后所产生的以导体为圆心的闭合磁力线的方向。 	右螺旋定则也称为单根导线右手定则: 当用右手拇指与四指垂直地指向电流方向时, 握住导线的四指方向便是闭合磁力线的环绕方向。
螺管线圈右手定则	当用右手握住通电螺管线圈, 并用四指代表其电流方向时, 与四指垂直的拇指所指的方向便是线圈内的磁力线方向 (即线圈磁场的 N 极)。 	
磁路磁阻定律	磁路中的磁阻 R_m 的大小与磁路平均长度 l_0 成正比, 与磁路铁芯的截面积 S 成反比, 与磁路材料的导磁率 μ 成反比。	$R_m = \frac{l_0}{\mu \cdot S} (1/H)$
磁路欧姆定律	磁路中的磁通 Φ 的大小, 与磁通势 F_m 成正比, 与磁路中的磁阻 R_m 成反比。	$\Phi = \frac{F_m}{R_m} (W_b)$
磁路克希霍夫定律	1. 磁路中每一分支 (节点 a 或 b) 处的磁通 Φ 的代数和等于零。 2. 对任一闭合磁路来说, 在任一绕行方向上, 磁通势 Ni (A) 的代数和恒等于磁压降 $Hi li$ (A) 的代数和。 	$\sum \Phi = 0$ $\sum Ni = \sum Hi li$ N ——线圈匝数; I ——电流 (A); Hi ——磁场强度 (A/m); li ——磁路平均长度 (m)。

名 称	含 义 及 图 示	计 算 公 式
磁场的 折射定律	磁场在没有面电流、各向同性的两种导磁物质分界面上的折射率$\tan\theta$，与各该导磁物质本身的导磁率μ成正比。 	$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$ θ_1, θ_2 —— 两种物质中磁场与界面法线的夹角。 μ_1, μ_2 —— 两种物质的导磁率。
磁感应 强度定律 (毕奥— 萨伐尔定 律)	任一形状的载流导体的长度元dl (或电流元$I dl$) 在给定P点所产生的磁感应强度dB，与该导体电流元$I dl$的大小成正比，与该电流元至P点距离的平方r^2成反比，与该电流元和它指向P点的矢径r_0之间夹角θ的正弦成正比 (θ 小于180°)。 	$dB = \frac{\mu I dl \sin\theta}{4\pi r^2} \quad (\text{Wb/m}^2)$ μ —— 介质的导磁率 $(\text{Wb/A} \cdot \text{m})$ dB —— P 点的磁感应强度, 其方向垂直于dl 与 r 组成的平面。
电磁感 应定律	穿过回路的磁通量Φ发生变化时, 回路中产生的感应电动势e与磁通变化率$\frac{d\Phi}{dt}$和回路匝数N成正比。	$e = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{V})$
右手定 则	用来确定在均匀磁场中移动的导体内所产生的感应电动势e (闭合回路时产生的感应电流I) 的方向: 将右手手掌朝向N极, 拇指与四指在同一平面上垂直地伸入磁场中, 如果拇指指向导体运动方向, 四指指向即感应电动势 (或电流) 方向。	
楞次定 律	用来确定闭合回路中由磁通变化而产生的感应电流的方向: 当穿过闭合回路的磁通增加时, 所产生的感应电流的磁通方向将与外磁通方向相反; 减少时产生的感应电流的磁通方向将与外磁通方向相同。(即感应电流的磁通方向总是反对外磁通的变化)。	
电力 左手定则	用来确定在均匀磁场中的导体内通过电流时导体所受到的电力F的方向: 将左手掌心向N极、拇指与四指在同一平面上垂直地伸到磁场中, 如四指指向为导体内的电流方向, 则拇指指向即是导体受力方向。	
霍耳效 应	处于外磁场中的导电板, 如在与磁场垂直的方向上通有电流时, 则在同磁场与电流均垂直的方向上建立电场e, 其大小正比于B和δ。 	$e = R_H B \times \delta \quad (\text{V/m})$ B —— 磁感应强度; δ —— 电流密度; R_H —— 霍耳系数。

二、直流电路的计算

表 1-2

电 路	图 示 及 说 明	计 算 公 式
无源局 部电路	 I —— 电路中的电流 (A) U —— 电路两端电压 (V) R —— 电路中的电阻 (Ω) P —— 电路中的消耗功率 (W)	$I = \frac{U}{R};$ $U = I \cdot R;$ $R = \frac{U}{I};$ $P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$
有源局 部电路	 E —— 电源电动势 (V) U —— 电源端电压 (V) R_0 —— 电源内阻 (Ω) I —— 电路中的电流 (A) U_0 —— 电源内压降 (V) P_0 —— 电源内部消耗的功率 (W)	$I = \frac{E - U}{R_0};$ $R_0 = \frac{E - U}{I};$ $U_0 = I \cdot R_0 = E - U;$ $U = E - I R_0$ $E = U + I R_0 = U + U_0$ $P_0 = U_0 \cdot I = I^2 \cdot R_0 = \frac{(E - U)^2}{R_0}$
回 路 (完 整 电 路)	 r_0、U_0 —— 电源内阻及内压降 r_i、U_i —— 导线电阻及导线中的电压降 R、U —— 负载电阻及其端电压 E —— 电源电动势 I —— 整个电路中的电流 P —— 整个电路中消耗的功率	$I = \frac{E}{r_0 + r_i + R}$ $U = I \cdot R = E - I (r_0 + r_i)$ $U_0 = I \cdot r_0 = E - I (R + r_i)$ $U_i = I \cdot r_i = E - I (R + r_0)$ $E = U + U_0 + U_i = I \cdot (R + r_0 + r_i)$ $R = \frac{U}{I} = \frac{E}{I} - (r_0 + r_i)$ $r_0 = \frac{U_0}{I} = \frac{E}{I} - (R + r_i)$ $r_i = \frac{U_i}{I} = \frac{E}{I} - (R + r_0)$ $P = E \cdot I = \frac{E^2}{R + r_0 + r_i}$
断 路 (开路)	 E_K、U_K —— 开路电动势和端电压 R_{fK}、I_K —— 负载电阻和开路电流 P_K —— 开路功率	$R_{fK} = \infty$ $I_K = 0$ $U_K = E_K$ $P_K = 0$