

电工技术手册

第 1 卷

日本电气学会

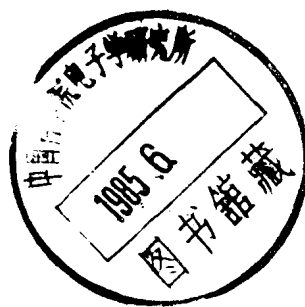
机械工业出版社

R 73-132
42
1-1

电工技术手册

第 1 卷

日本电气学会



机械工业出版社

851033

本书是日本电气学会组织编辑出版的《电工技术手册》(1978年第5版)的中译本。原书初版于1928年问世,迄今已改版4次。在有关电工技术的综合性工具书中,它是一部较有影响的手册,在内容广泛、综合性强等方面是颇具特色的。

全书共36篇,分4卷出版。本书是《电工技术手册》的第1卷基础部分,包括数学公式、数表、单位与物理常数,电气物理,电路,电子元器件,电子电路,测量,控制与系统,电子计算机与信息处理,电工材料,高电压技术等10篇。

本书可供从事电工技术及其他有关的广大科技人员、大专院校有关专业师生及其他有关人员参考使用。

電気工学ハンドブック

編集兼 社団法人 電気学会
発行所

1978

* * *

电工技术手册

第1卷

日本电气学会

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

建筑工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092^{1/16}·印张 58·插页 2·字数 1804 千字

1984年8月北京第一版·1984年8月北京第一次印刷

印数 00,001—37,000·定价 8.70元

*

统一书号: 15033·5508

翻译序例

一、本书是日本电气学会组织编辑出版的《电工技术手册》（電気工学ハンドブック）1978年第5版的中译本。原著初版于1928年问世，经历四次改版，已有半个多世纪的历史。在有关电工技术的综合性工具书中，它是一部有影响的书籍，其内容涉及的专业领域很宽，汇集的资料十分丰富，这是该书的一个显著特色。

二、科学技术的发展速度日益迅猛，学科之间相互渗透，促进了边缘学科的不断出现和科学技术综合性的大大加强。电工技术领域也和其他领域一样不断地发生深刻的变化。客观形势的发展不但要求科技人员掌握大量新知识、新理论、新成就和新应用，同时在从事本专业生产技术和科研过程中也要求十分重视科学技术综合性的研究与学习。本书的另一特色，就是着眼于反映和体现这种日益加强的综合性的客观要求。该书对促进日本科学技术的提高和发展所起的作用，原序对此的评价是十分肯定的。

我国正在向科学技术现代化进军，广大读者迫切需要从这一类综合性的工程技术手册中广泛了解各个有关的不同分支的专业知识，因此翻译此书不仅是读者的期望，也是我国科学技术发展的需要。

三、译文中的科学技术名词、术语，尽量以我国电工名词术语国家标准编审委员会、中国科学院和各学科有关部门审定的为正名。尚未经审定统一的名词、术语，则参照我国自编的《电机工程手册》和《机械工程手册》所采用的或有关专业所常用的名词。个别虽经审定，但译、校者认为需要更正者，根据译校者意见译出。

四、少量工程技术名词术语，其译名虽与我国常用名词术语相同，但由于日本工业标准与我国国家标准有差别（如电压等级、防爆规范等），其内涵不完全相同。为避免与我国习用概念相混淆，在首次出现时，一般用呼应注加以说明。

五、单位、代号、符号（包括数学、理化符号、图形符号等）一律采用原书所采用的，未加改变。

六、译、校中发现原文的错误，如属于内容上的错误，由译、校者加注说明。如明显属排印的错误，则由译、校者或编者直接改正，不逐一加注。

七、原书的图和表图中的日语汉字或假名一般均译出，个别图中的日语汉字和假名由于制版技术上的原因，按原图未作转译。

八、少量译文和译名由于不同的原因，采取了以下的处理方式：少量译文在保持原文真意的前提下，对原文采取必要的意译加工；对年代译法如昭和××年代，由于较难转译，仍译为昭和××年代，未加勉强转译为公元××年代；对原文中出现的“我国”处，仍译为“我国”，未译成“日本国”，但译者注中的“我国”是指“中国”而言；对外来语音译的名词或名称，一般均注有外来语原文，但也有个别的因有困难未曾注出。

九、原书索引按汉语拼音字母顺序重新排列，其中对重复的主标题和副标题作了必要的删节。

十、本书涉及的知识面很宽，有的内容较新，翻译这样的大型综合性电工技术手册，实践经验很少，我们的水平有限，译文中错误在所难免，热忱欢迎读者批评指正。

序

值此电气学会出版《电工技术手册》新版之际，由衷感到不胜欣幸。对以改版委员会委员长山村昌先生、干事长関根泰次先生为首的有关同仁，经过共同努力，克服种种困难，完成这项重大工作，表示衷心的感谢。

电气学会综合编辑的有关电工技术各专业的电工技术袖珍手册第一版(A 6版)，于昭和3年(1928年)8月公开出版，至今恰好已有五十年。昭和9年(1934年)12月进行第一次改版时，将其改为B 6版。从昭和17年(1942年)7月起曾计划进行增订，但由于战争、印刷厂烧毁等原因，出版中断。战后不久，于昭和23年(1948年)末，正式进行了手册内容的修订，昭和26年(1951年)7月将其改称为电工技术手册，并改为A 5版出版。昭和31年(1956年)2月又对手册进行了部分修订与补充。至昭和40年(1965年)，进行全面修订的时机已告成熟，为此，编集了36篇具有广泛内容的大手册，并采用先进的装帧技术，于昭和42年(1967年)出版发行。这部B 5版2000页大手册的内容和形式在一般书刊中是罕见的。近十年来，由于技术的迅速发展，要求手册内容加以全面更新，因此，组织此次修订，并改编成新版。上述历史表明，电工技术手册的编辑出版和改版是电气学会的基本工作之一。作为当代的标志，本书搜集了电工技术有关的各项技术，这些内容可以作为参考资料和教科书或作为百科辞典和查找有关问题的索引，有时也可作为专业指南书用，是电工技术人员和其他广大工程技术人员的常备工具书。由于其内容新颖正确，不仅从初学者到专家均可从中得到教益，而且对手册拥有者的作用，相当于收藏了具有无限信息量的有形和无形的记忆单元。

这样一部综合手册的编辑，是在严谨认真的基础上，通过很多不同专业的学者和技术人员同心协力而取得的硕果，它与单纯求快的技术快报等不同，手册内容的取材是直接以读者所密切相关的内容为前提。上次修订时，我国正处于经济高速增长的全盛时期，而这次修订，适逢石油价格猛涨，开始出现不景气的时期，尽管如此，这次改编的总篇数和页数仍和上一版保持相同的水平，但手册所收集的内容是极为有用的，其使用价值也将是无法估量的。最后，对承担编辑的各位同仁的努力再次表示谢意，并希望应用本手册的读者，能使它开拓多方面的用途。

电气学会会长 官地巖

昭和53年(1978年)3月

改版致词

电工技术手册从第一版发行至今正好半个世纪，随着电工技术的发展，手册也得到发展。在此期间曾对手册进行四次修订或改版工作，平均每十年修订一次。上次改版是昭和42年(1967年)，现在又到改版时期。

为适应十年来电工技术的发展，各篇的组成改变如下：考虑到电线和电缆的重要性，从旧版第7篇电气材料中分出，新增第11篇为电线电缆。旧版第32篇电子计算机经充实内容后，改为第8篇电子计算机与信息处理。旧版第16篇自动控制，经扩充内容改为第7篇控制与系统。为适应核能的重要性，旧版第21篇核能发电和特殊发电，经充实新的内容后，单独列为第23篇核能发电。旧版第29篇电气化铁路，因其范围扩大并充实现代化内容，改为第31篇电气化铁路和交通管制。删去了旧版第35篇土木建筑工程。总篇数与旧版相同，仍为36篇。为适应电工技术的发展，对其余未改篇名的各篇，也作了相当多的改写。

变动之一是单位制。旧版采用 MKS 有理制单位，新版原则上采用国际单位制 (SI 单位制)。SI 单位制在 IEC 标准和 ISO 标准中均已采用，我国 JIS 标准中也已开始采用。可以预见，将来国际上必将广泛采用统一的 SI 单位制，因此，在原稿开始执笔前为对这个问题进行研究，设置了单位制专题组，明确引用 SI 单位制所产生的问题，对因引用 SI 单位制而导致不便之处，可作例外处理。

旧版发行以来的十年间，我们正处于高速发展的时代，而世界各国的技术也正在迅速发展。本书是依靠第一线 386 名技术人员和研究人员拟订方案、执笔和编辑，把这期间电工技术的进展充分反映到新版里。为了避免过多地增大篇幅，保持手册的特色，对改写的各篇篇幅作了适当的分配，使篇幅只增加 5%。

版本大小和旧版相同，仍为 B 5 版，但采用了先进的印刷技术。为力求降低成本，编辑和索引编制中采用了计算机技术。

工程技术是依靠不断的积累贮备而保持其进展。贮备有各种形式，电工技术手册则是最重要贮备场所之一。它的特点在于任何人都能选取信息，便于应用。这部手册卷帙浩瀚，内容之广，质量之高，即使从世界范围来看，亦未有伦比者。电工技术手册不仅在电工技术领域内，而且对广大社会的贡献亦将很大，为此，希望新版电工技术手册能进一步得到多方面的灵活应用。

在进行改版工作期间，学会和我国都处于经济困难时期，前途莫测，困难重重。但由于拟订方案、执笔、编辑和印刷等有关各位同仁的努力，以致对资金的筹措也制订了细致的计划，因此，终于克服困难，顺利完成修订工作，令人不胜喜悦。最后衷心致以谢意。

电工技术手册改版委员会

委员长 山村昌

昭和53年(1978年)3月

凡 例

1. 手册内容资料丰富，文字说明力求简洁明瞭，避免教科书式记叙。
2. 对历史记叙原则上已尽量作了省略，对必须记叙的事物发展过程也只简单记叙。
3. 文中平假名和口语体（现代假名法）混合使用，尽量使用当用汉字。
4. 外来语名词中，熟知的用汉字和片假名表述，其他的用原文表述。某些熟知的缩写的外来语名词，仍用缩写字表述。
5. 术语采用文部省编的《学术用语集》和《电气学会专门用语集》中统一术语，但对特殊情况未能统一的术语，力求做到各篇内统一。
6. 单位原则上采用国际单位制（简称SI），特殊情况也有采用MKSA有理化单位。
7. 单位代号和缩写采用日本工业标准JIS Z 8203规定，量的符号采用JIS Z 8202规定（见表A）。此外，某些熟知的缩写单位仍用原有的缩写单位。
8. 数学符号采用表B所列符号。
9. 图形符号主要采用JIS C 0301（电气线路图符号）规定的符号。但是尚未规定的符号，尽可能采用常用的符号（见表C）。
10. 章、节、项的序号用点分隔的方式来区分，图、公式、参考文献的序号按各篇分别统一编号。
11. 文中参见本篇的章、节、项用相应的数字来表示，参见其他篇时，在表示章、节、项的相应的数字前加上第××篇。
12. 参考文献列于各篇的最后。其中对杂志和其他文献均按惯用缩写号方式表述，而其他读物则简略到不致于读错。
13. 文中有的地方也列出了注册商标名，但未一一具体指明。另外，文中所列有关设备等的价格图或表，只表示其中一例，未必是标准的。
14. 索引包括日语和其他文字两部分，其他文字部分中收入有以英文、希腊字母或符号开头的词：
 - ①排列次序，根据五十音图顺序，按片假名、平假名（按清音、浊音、半浊音的次序排列）、汉字的顺序集中排列。以同一汉字开头的词集中按读音顺序排列。
 - ②——表示主标题，（ ）表示说明语。
 - ③采用音读和训读两种读法时或即使用英文开头的词，广泛采用假名读法者，仍须参阅两种词。
15. 附于索引中术语的英文虽然采用比较确切的《学术用语集》、国际电工委员会编的《国际电工辞典》中规定的英文名词，但未确定的英文名词术语很多，所以所有的英文名词术语未必都是标准的。
16. 主编和执笔者的工作单位已有一些变化，文中所记的是根据执笔时所在的工作单位和所担任的工作。

表 A 国际单位制 (SI) 及符号

量的名称	单位的名称	单位的符号	量的符号
平面角, 角度	弧度	rad	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta, \varphi$
立体角	球面度	sr	Ω, ω
长度	米	m	l
面积	米 ²	m ²	A, S
体积	米 ³	m ³	V, v
时间	秒	s	t
角速度	弧度/秒	rad/s	ω
角加速度	弧度/秒 ²	rad/s ²	α
速度, 线速度	米/秒	m/s	u, v, w, c
加速度	米/秒 ²	m/s ²	a
频率	赫(兹)	Hz	f, ν
转速	转/秒	s ⁻¹	n
衰减常数	1/秒	s ⁻¹	δ
衰减常数	1/米	m ⁻¹	α
质量	千克, 吨	kg, t	m
线密度	千克/米	kg/m	ρ_1
密度, 浓度	千克/米 ³	kg/m ³	ρ
动量	千克·米/秒	kg·m/s	p
力	牛(顿)	N	F
力矩	牛·米	N·m	M
压力	帕(斯卡)	Pa	P
应力	帕(斯卡), 牛/米 ²	Pa, N/m ²	σ
粘度	帕·秒	Pa·s	η, μ
压缩系数	1/帕, 米 ² /牛	Pa ⁻¹ , m ² /N	κ
表面张力	牛/米	N/m	σ, γ
功, 能	焦(耳)	J	A, W
热力学温度	开(尔文)	K	T, Θ
摄氏温度	摄氏度或度	°C	t, θ, δ
线[膨]胀系数	1/开	K ⁻¹	α
热量	焦(耳)	J	Q
热导率(导热系数)	瓦/(米·开), 瓦/(米·度)	W/(m·K), W/(m·°C)	K, λ
传热系数	瓦/(米 ² ·开), 瓦/(米 ² ·度)	W/(m ² ·K), W/(m ² ·°C)	h, K, U, α
热容	焦/开, 焦/度	J/K, J/°C	C
比热容	焦/(千克·开), 焦/(千克·度)	J/(kg·K), J/(kg·°C)	c
电流	安(培)	A	I
电量, 电荷	库(仑)	C	Q
电荷体密度	库/米 ³	C/m ³	ρ, η
电荷面密度	库/米 ²	C/m ²	σ
电场强度	伏/米	V/m	E, K
电势(电位)	伏	V	V, φ, ϕ
电势差(电位差), 电压	伏	V	U, V
电动势	伏	V	E
电通量	库(仑)	C	Ψ
电容	法(拉)	F	C
电容率(介电常数)	法/米	F/m	ϵ
电极化强度	库/米 ²	C/m ²	P, D_i

量的名称	单位的名称	单位的符号	量的符号
电偶极矩	库·米	C·m	p, p_e
电流密度	安/米 ²	A/m ²	J, S
电阻	欧(姆)	Ω	R
电抗	欧(姆)	Ω	X
阻抗	欧(姆)	Ω	Z
电导	西(门子)	S	G
电纳	西(门子)	S	B
导纳	西(门子)	S	Y
电阻率	欧·米	$\Omega \cdot m$	ρ
电导率	西/米	S/m	γ, σ
电感, 自感	亨(利)	H	L
互感	亨(利)	H	M_{12}, L_{12}
损失角	弧度	rad	δ
有功功率	瓦(特)	W	P
无功功率	乏	var	Q, P_q
表观功率	伏安	VA	S, P_s
功率因数			P_f
磁场强度	安/米	A/m	H
磁势差(磁位差)	安	A	U_m, U
磁通密度, 磁感应强度	特(斯拉)	T	B
磁通量	韦(伯)	Wb	Φ
磁导率	亨/米	H/m	μ
磁偶极矩	牛·米 ² /安, 韦·米	N·m ² /A, Wb·m	j
磁阻	1/亨, 安/韦	H ⁻¹ , A/Wb	R, R_m
磁导	亨(利)	H	Λ, P
光通量	流(明)	lm	Φ, Φ_v, F
光量	流·秒	lm·s	Q, Q_v
光照度	勒(克司)	lx	E, E_v
光强度	坎(德拉)	cd	I, I_v
光亮度	坎/米 ²	cd/m ²	L, L_v
波长	米	m	λ
频率, 振动量子数	赫(兹)	Hz	f, ν
声强度	瓦/米 ²	W/m ²	I, J

表 B 数学符号

正、负 乘、等 等 不等 大小 大小 大小 恒等 恒等 成无 无穷 阶乘 总和	± 或 · × 或 · ≠ ≠ > < ≡ ≡ ≠ ∞ ∞ ∞ ∑ _{k=1} ⁿ	极 限 自然对数的底 平面角 自然对数 常用对数 正 弦 余 弦 正 切 余 切 正 割 余 割 反 正 弦 反 余 弦 双 曲 正 弦 双 曲 反 正 弦	lim _{x→0} e ∠θ, ABC log _e log ₁₀ sin cos tan cot sec cosec sin ⁻¹ cos ⁻¹ sinh sinh ⁻¹
---	---	--	--

单位制用的十进词头代号

倍数	词头名称	代号	倍数	词头名称	代号	倍数	词头名称	代号
10^{12}	太[拉]	T	10	十	da	10^{-9}	纳[诺]	n
10^9	吉[咖]	G	10^{-1}	分	d	10^{-12}	皮[可]	p
10^6	兆	M	10^{-2}	厘	c	10^{-15}	飞[姆托]	f
10^3	千	k	10^{-3}	毫	m	10^{-18}	阿[托]	a
10^2	百	h	10^{-6}	微	μ			

表 C 电气图图形符号 (摘自JIS C 0301)

基本图形符号					
名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
直流电	—	可变电阻或 可变电阻器		交流电源(一般)	
交流电	~	电感或电磁线圈		发电机	
频率		可变电感		电动机	
表示联动的 一般图形符号	----	有铁心的电感 有铁心的线圈		设备或装置	
导线(一般)	—	互感		仪表	
导线的分支线		电容或电容器		避雷器	
互相连接的 交叉导线		可变电容或 可变电容器		放电保护间隙	
不连接的 跨越导线		可变阻抗		熔断器	
端子	○ ●	电池或直流电源 (一般)		热电偶	
束线		灯		示波器测量元件	
接地					
电阻或电阻器					

电工系统图图形符号

名称	图形符号		名称	图形符号	
	单线	多线		单线	多线
1. 旋转电机					
并励直流发电机			同步发电机		
并励直流电动机			异步电动机 (一般)		
				电动发电机组	
串励直流发电机			2. 变 压 器		
串励直流电动机			变压器 (一般)		
复励直流发电机			单相变压器		
复励直流电动机					

(续)

名称	图形符号		名称	图形符号	
	单 线	多 线		单 线	多 线
三相变压器			汞弧整流器 (一般)		
4. 仪用电压互感器和电流互感器					
三相有载调压变压器			仪用电压互感器 (一般)		
单相自耦变压器			电流互感器		
三相自耦变压器					
单相感应调压器			5. 配电盘安装器件		
三相感应调压器			电流表用分流器		
3. 整流器			6. 电力触点		
整流器(一般)			触点(一般) 或手动触点	a 触点 	b 触点
整流器 (桥式联结)			手动操作 自动复位触点		
可控整流元件	P 门极	n 门极	机械触点		
			继电器触点 或辅助 开关触点		

		a 触点	b 触点	名称	图形符号	
电磁接触器触点				过电压继电器		
7. 开关和控制装置						
名称	图形符号		名称	图形符号	方向继电器	
	单 线	多 线				
开关(一般) 隔离开关 (一般)			无功功率继电器		差动继电器	
刀开关			9. 仪 表			
空气断路器 (一般)			电 流 表		电 压 表	
直流快速开关			功 率 表		电 度 表	
交流断路器 (一般)			无功功率表		10. 发电厂、变电所	
拨动式开关 或转换开关			发电厂(一般)		水力发电厂	
8. 继 电 器						
名称	图形符号		名称	图形符号		
继电器(一般)			火力发电厂			
短路继电器			核 电 站			
接地继电器			变 电 所			
电流继电器			开 关 站			
过电流继电器			11. 故 障 表 示			
过负荷继电器			故障(一般)			
			单相接地			

电气通信用图图形符号电路元件

名称	图形符号	名称	图形符号
三极管 (直热式阴极)		npn 型晶体管	
五极管和射束功率管		单结晶体管 (P型基极)	
冷阴极二极放电 管和稳压放电管		单结晶体管 (n型基极)	
氛管		pnp 光电三极管	
引燃管		光电二极管	
光电管		发光二极管	
二极管和整流器 (一般)		光电耦合管	
	在不致引起混淆时也可省去 圆圈(以下同)		
变容二极管		闭合触点	
隧道二极管		分断触点	
pnp 型晶体管		转换触点	

目 录

第1章 数学公式	1-1	1.16 统计, 质量管理, 可靠性	1-51
1.1 代数	1-1	1.17 逻辑数学	1-62
1.2 三角函数、双曲线函数	1-4	第2章 单位	1-65
1.3 解析几何	1-5	2.1 单位	1-65
1.4 微分	1-9	2.2 国际单位制, SI	1-65
1.5 积分	1-12	2.3 电学单位的导出	1-68
1.6 常微分方程	1-25	2.4 电磁量的 SI 单位及注意事项	1-68
1.7 偏微分方程	1-28	2.5 电学以外的单位与换算表	1-69
1.8 复变函数	1-30	2.6 单位的标准与校正系统	1-72
1.9 特殊函数	1-32	第3章 物理常数	1-73
1.10 傅里叶分析	1-36	第4章 数表	1-75
1.11 拉普拉斯变换	1-38	4.1 常用数表	1-75
1.12 矢量分析	1-39	4.2 三角函数(度)	1-77
1.13 微分几何	1-42	4.3 三角函数, 指数函数和双曲线函数	1-79
1.14 矩阵和行列式	1-44	参考文献	1-82
1.15 数值计算方法	1-46		

目 录

第1章 静电场2-1	8.3 固体中的电导现象2-41
1.1 电荷、电场和电位.....2-1	第9章 磁性体2-54
1.2 导体系统和电容.....2-3	9.1 磁矩和磁极化2-54
1.3 电介质内的静电场.....2-6	9.2 磁场及其产生方法2-55
1.4 静电场的特殊解法.....2-7	9.3 各种磁性体2-56
第2章 电流2-10	9.4 磁晶各向异性和磁致伸缩2-58
2.1 电流的种类2-10	9.5 磁畴与畴壁2-59
2.2 电阻和电动势2-11	9.6 磁化机构2-59
第3章 静磁场2-13	9.7 磁化的伴随现象2-60
3.1 磁通密度 B2-13	第10章 超导2-61
3.2 磁性体(I)电流模型2-15	10.1 超导体的性质.....2-61
3.3 磁性体(II)磁极模型2-16	10.2 超导磁体.....2-64
3.4 磁性体的性质2-18	10.3 超导的应用.....2-65
第4章 电磁感应2-20	第11章 电介质2-66
4.1 电磁感应2-20	11.1 电介质极化.....2-66
4.2 互感2-22	11.2 电介质内的电场.....2-66
4.3 自感2-24	11.3 自发极化.....2-67
第5章 电磁场2-26	11.4 介电常数、电极化率、原子极化率.....2-67
5.1 真空中的电磁场2-26	11.5 产生介质极化的原因.....2-68
5.2 物质中的电磁场2-27	11.6 LST关系式.....2-69
5.3 电磁辐射2-29	11.7 克拉玛斯-克略尼格关系式2-70
第6章 狭义相对论原理和变换关系2-31	11.8 介质损耗.....2-70
6.1 闵可夫斯基的四维空间2-31	11.9 起伏耗散定理.....2-70
6.2 四维空间的麦克斯韦方程式2-32	11.10 热电性2-70
第7章 量子力学2-33	11.11 压电性2-71
7.1 量子力学的基本原理2-33	11.12 铁电体2-71
7.2 量子力学的表象2-34	第12章 物质与电磁波2-74
7.3 运动方程式2-35	12.1 电磁波的传播与吸收.....2-74
7.4 空间表示的量子力学(波函数)2-36	12.2 电磁波的辐射(发光).....2-76
7.5 对称性与守恒律2-37	12.3 电磁波的散射.....2-76
7.6 全同粒子系的量子力学2-39	12.4 外场感生效应与非线性光学效应.....2-77
7.7 微扰论2-40	12.5 光电效应.....2-78
第8章 各种物质中的电导现象2-41	第13章 电子的运动与电子光学2-78
8.1 气体中的电导现象2-41	13.1 洛仑兹运动方程.....2-78
8.2 液体中的电导现象2-41	13.2 对称静电磁场中的旁轴轨迹.....2-80
	13.3 透镜系统各种特性的求法.....2-82

13.4	轴对称电子透镜	2-83	14.7	非线性现象与反常输运现象	2-100
13.5	像差	2-85	14.8	等离子体的测量方法	2-101
13.6	强聚焦透镜	2-86	第15章 原子核		2-101
13.7	电磁镜	2-89	15.1	原子核结构	2-101
13.8	电磁棱镜	2-89	15.2	原子核的衰变	2-103
第14章 等离子体、磁流体		2-92	15.3	原子核反应	2-106
14.1	序论	2-92	第16章 生物体的电现象		2-107
14.2	带电粒子的漂移运动	2-94	16.1	生物体的物理性质	2-107
14.3	输运现象	2-95	16.2	细胞的电现象	2-108
14.4	简化的磁流体方程	2-97	16.3	生物的电现象	2-110
14.5	等离子体中的振动与波动	2-98	16.4	电对生物体的作用	2-111
14.6	等离子体的不稳定性	2-100	参考文献		2-112