

舰船消磁

杜志瀛 编

YUAN CHUAN XIAO CI

国防工业出版社

舰 船 消 磁

杜 志 瀛 编

国防工业出版社

内 容 简 介

《舰船消磁》是一本中等造船科技读物。内容包括：地球磁场、舰船磁场、消磁方法、消磁站、消磁电流调整器、消磁装置设计和安装基本要求、消磁装置试验调整及提高舰船磁性的防护措施等。本书着重以文字叙述，适当配以图表说明，避免复杂的数学计算，比较通俗易懂，便于自学。

本书可供造船、航运部门的工人、技术干部和舰船操纵、管理人员阅读，也可供舰船设计人员和有关同志参考。

舰 船 消 磁

杜 志 源 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 7 175千字

1983年1月第一版 1983年1月第一次印刷 印数：001—450册

统一书号：15034·2400 定价：0.92元

(限国内发行)

前 言

舰船消磁是现代舰船不可缺少的防护性措施。随着造船工业的不断发展，消磁技术得到了相应的发展，但是，可供参考的技术资料不多，更没有一本系统的介绍舰船消磁的书籍。为了适应造船工业发展的需要，根据舰船设计和配合工厂施工建造实践中的点滴体会，参考了有关书籍，编写了这本书。本书的特点是着重以文字叙述、适当配以图表说明，避免复杂的数学计算，以便于自学。此外，在附录中还编入了消磁线圈磁场基本计算公式、常用船用电缆和电机扩大机等有关资料，以便查阅。

本书在编写过程中，得到有关单位的领导和同志们的关怀和协助，在此表示衷心地感谢。

由于水平所限，难免有缺点和错误之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

绪论	1
第一章 地球磁场	2
§ 1 地磁要素	2
§ 2 地球磁场的变化	12
§ 3 地球磁场的起源	16
第二章 舰船磁场	17
§ 4 舰船固定磁性和舰船感应磁性	18
§ 5 舰船磁场分析	19
§ 6 舰船磁场垂直分量的计算	30
§ 7 舰船磁场测量	37
§ 8 影响舰船磁场的因素	44
§ 9 舰船磁场随深度变化的换算	48
§ 10 舰船磁场和水雷	54
第三章 舰船消磁	59
§ 11 消磁目的	59
§ 12 消磁方法	60
§ 13 消磁方法的选择	61
第四章 舰船临时线圈消磁法	63
§ 14 综合消磁法	64
§ 15 纵向消磁法	66
§ 16 横向消磁法	67
§ 17 垂直消磁法	68
第五章 消磁站	72
§ 18 消磁站的任务和分类	72
§ 19 移动式消磁站	73
§ 20 固定式消磁站	78

第六章	舰船固定线圈消磁法	87
§ 21	舰船固定线圈消磁基本原理	88
§ 22	消磁线圈分类	88
§ 23	消磁线圈布置基本原则	94
§ 24	消磁线圈区段划分	97
§ 25	消磁线圈电缆选择	99
第七章	消磁电流调整器	102
§ 26	继电器-接触器式消磁电流调整器	102
§ 27	机电式消磁电流调整器	105
§ 28	电子式消磁电流调整器	108
§ 29	磁罗经补偿装置	117
第八章	消磁装置设计和安装的基本要求	120
§ 30	消磁装置设计的原始资料	120
§ 31	消磁装置的设计图纸	124
§ 32	消磁装置设计和安装的基本要求	131
第九章	消磁装置的试验和调整	144
§ 33	消磁装置安装质量的检查	144
§ 34	消磁装置的系泊试验	146
§ 35	舰船消磁的程序	147
§ 36	消磁装置线圈的调整	149
§ 37	电子式消磁电流调整器的抗干扰调整	153
第十章	提高舰船磁性防护性能的途径	166
§ 38	几种低磁舰船	167
§ 39	无磁和低磁材料	170
§ 40	提高舰船磁性防护性能的途径	173
§ 41	舰船消磁效果估算	176
§ 42	舰船原始磁场最大值估算法	177
§ 43	舰船消磁效果评定法	179
附录		184
I	舰船消磁举例	184
II	舰船消磁装置能耗、重量估算表	185

VI

Ⅰ 消磁线圈磁场基本计算公式	185
Ⅱ 舰船磁场形状系数估算法	191
Ⅲ 消磁术语符号	192
Ⅳ 电磁学单位换算表	194
Ⅴ 常用电罗经主要技术数据	196
Ⅵ 常用船用电缆主要技术数据	196
Ⅶ ZKK系列电机扩大机主要技术数据	207
参考资料	216

绪 论

现代舰船大多是由钢质材料建造的。它在地球磁场的作用下，犹如一块巨大的浮动磁体。一旦遇到水雷，将能导致水雷引信动作而发生爆炸。为了提高舰船的磁性防护能力，必须采取舰船消磁措施。

据有关资料报导[●]，在第一次世界大战中，各交战国总共布设了约 31 万个水雷，结果炸沉的舰艇为舰艇总损失的 27%；而在第二次世界大战中，布雷总数比第一次世界大战多了两倍，但是，炸沉的舰艇却降为舰艇总损失的 10%。由此可见，虽然使用水雷的数目增加了，但由它所造成的损失反而减小了，这是由于采取了防御水雷的措施而取得的成效。当前，和水雷进行斗争的方法有两种：一是进行灭雷、扫雷；二是采取防护措施，即设法降低舰船的各种物理场。其中重要而有效的措施就是降低舰船磁场，也就是通常所说的进行舰船消磁。

目前世界各国主要采取三种消磁方法：临时线圈消磁法、固定线圈消磁法和联合消磁法。舰船经过消磁处理处于低磁状态，能减少舰船遭受磁性鱼、水雷的威胁，提高舰船进出基地、港口、航渡和在战区活动的安全性。潜艇通过消磁处理，还能防止空中磁性探测，增强隐蔽性、提高生命力和战斗力。

因此，积极开展舰船消磁工作，对实现国防现代化具有重要的意义。

● 这些数字仅供参考。

第一章 地球磁场

一根能自由转动的磁针，无论在什么地方都会停止在一定的方向——地磁南北方向。这个现象说明地球是一个巨大的磁体。它的周围（包括地面、地下、水上、水下和高空）空间各点都存在着磁场。这种由地球本身所产生的磁场称为地球磁场。

地球磁体和任何别的磁体一样，都具有两个磁极。地球磁场的磁力线布满了整个地球表面，见图 1-1。根据最近的观测，发现地磁极的概略位置是：磁北极——西经 101° 、北纬 76° ，即在北美洲帕里群岛附近；磁南极——东经 140° 、南纬 67° ，即在南极洲的威尔克斯地附近。地磁轴线和地理轴线之间约有 11.5° 的夹角。值得注意的是：在地理南极附近的磁极具有 N 极性；在地理北极附近的磁极具有 S 极性。

§ 1 地磁要素

磁场强度、磁偏角和磁倾角称为地磁三要素。下面分别介绍它们的特征。

（一）磁偏角

通常说磁针总是指向南北，可是经过仔细测量，就可以发现它实际上并不是真正指向地球的南北方向，而是有所偏差的。我们知道，在地球面上通过地理南北极的大圆圈是地理子午线。若将磁针所指的南北方向连接起来，同样可以画出一系列的大圆，即地磁子午线。这两条线实际上是不一致的，它们之间的夹角称为磁偏角，习惯上称为磁差或偏差。磁针的指北端在正北的东边称东偏差；在西边称西偏差。我国东部和沿海的磁差偏西，而且

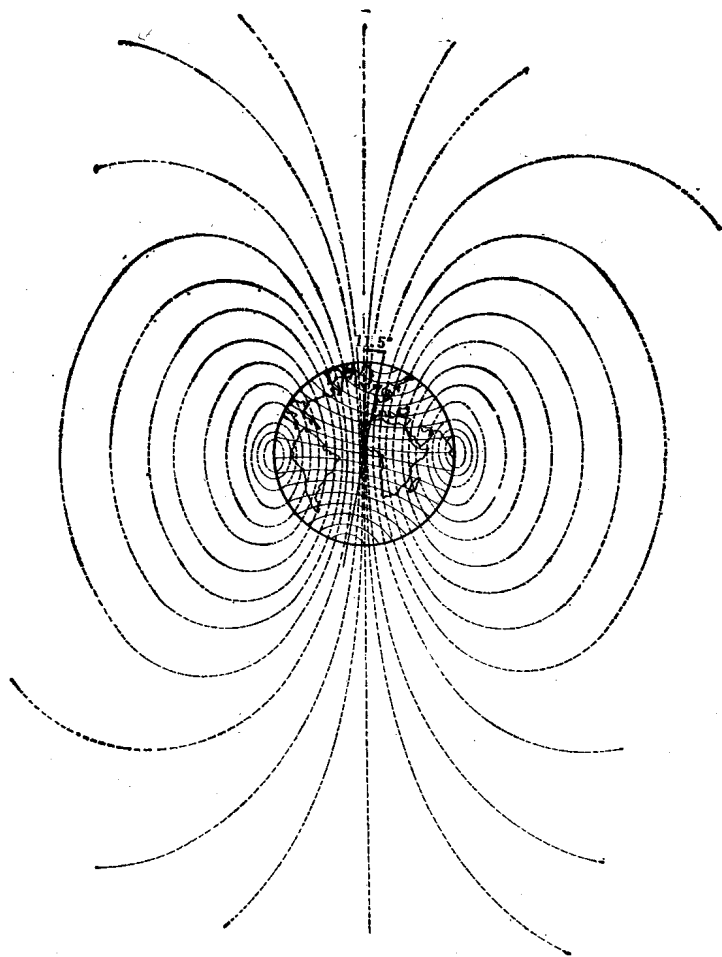


图1-1 地球磁场

纬度越高，偏角越大。但是，由于东亚椭圆零偏线的形成，使我国西部和南海地区的磁偏角偏东。各地磁偏角的大小并不相等，将磁偏角相等的点连成的曲线称为等偏线。一般地形图是用地理经纬度来表示方位的。而舰船和飞机航行时用磁罗经测得的却是地磁方位角，因此必需知道当时当地的磁偏角，才能正确地决定方位。

磁偏角现象首先是由我国发现的。远在唐代和宋代就有人知道磁针所指的方向和地理南北方向不一致。公元十一世纪，我国古代科学家沈括著的《梦溪笔谈》中就有“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也”的记载。

(二) 磁倾角

磁针所指方向不仅不是正南北方向，而且也不是完全水平的。如果我们用线系住一根竹针，把它悬挂起来，假定悬线正好通过竹针的重心，那么竹针最终将会停止在水平位置；如果系的是一根磁针，尽管悬线也通过针的重心，但它的一端却往下倾，另一端往上翘。磁针和水平线的夹角称为磁倾角。它也是各地不相同的。联接磁倾角为零的各个点，得到的曲线就是磁赤道。在磁赤道，磁针处于水平状态；在两极地区，磁倾角最大为 90° ，磁针处于垂直状态。

(三) 磁场强度

描述地球磁场和描述所有的磁场一样，可利用磁场的强度和它的分强度来表征。为了便于研究，将磁场强度按直角坐标系进行分解，见图 1-2。取 x 轴为地理子午面的方向，取 y 轴为纬度圈的方向，取 z 轴为垂直方向。

地球磁场总强度 F 在磁子午面上水平方向的投影称为水平强度或水平分量，以 H 表示。在磁子午面上垂直方向的投影称为垂直强度或垂直分量，以 Z 表示。 H 和 x 轴的夹角就是磁倾角，以 D 表示。 F 和 H 的夹角就是磁倾角，以 I 表示。 H 在 x 轴上的投影称为纵向分量，以 X 表示； H 在 y 轴上的投影称为横向分量，以 Y 表示。

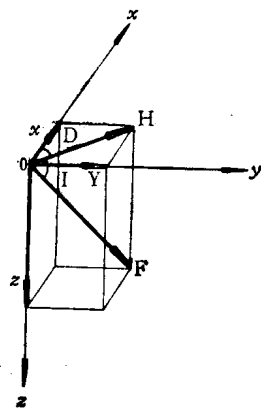


图1-2 地磁要素分解图

它们之间的关系如下:

$$\begin{aligned} X &= H \cos D & Y &= H \sin D & Z &= H \operatorname{tg} I \\ H &= F \cos I & Z &= F \sin I & \operatorname{tg} I &= \frac{Z}{H} \\ H^2 &= X^2 + Y^2 & F^2 &= H^2 + Z^2 & \operatorname{tg} D &= \frac{Y}{H} \end{aligned} \quad (1-1)$$

人们规定, 水平强度都是正的。垂直强度指向地心时为正, 相反时为负。磁偏角偏东为正, 偏西为负。同样, 磁倾角向下为正, 向上为负。

地磁要素汇总见表 1-1; 我国几个城市地磁要素近似值见表 1-2。

严格地讲, 地球磁场在各个地方都是不相等的。然而, 在某一个地区, 对一个不大的范围来说, 通常可以看作相等, 将地球磁场看作均匀磁场。但是, 有时某些地区的地球磁场和邻近的地球磁场存在着明显的差别, 这是由于某种原因引起的, 称为地磁异常。例如地下磁铁矿能引起局部地区异常磁场达到 1~2 奥之大, 一般情况下, 异常磁场大约在几千伽玛左右或是更小一些。此外, 沉船也会引起局部地区的磁异常现象。

表1-1 地磁要素

符 号	内 容
F	地球磁场总强度
H	地球磁场水平强度, 即总强度在水平方向的投影。方向总是正的
Z	地球磁场垂直强度, 即总强度在垂直方向的投影。向下为正, 向上为负
D	磁偏角, 地理正北和磁针指北端之间的夹角。磁针在正北以东时为正, 在正北以西时为负
I	磁倾角, 地球磁场总强度和水平线之间的夹角。自由悬挂的磁针指北端往下的区域为正, 往上则为负。在北半球极大部分地区都是正的

表1-2 我国几个城市地磁要素近似值⁽¹⁾

城 市	水平强度	垂直强度	磁 偏 角	磁 倾 角
	(毫奥)	(毫奥)	(西)	(正)
北 京	298	460	5°40′	57°00′
大 连	299	457	6°35′	55°20′
青 岛	314	405	4°40′	52°00′
武 汉	341	341	4°25′	45°10′
定 海	344	322	4°10′	43°00′
上 海	348	344	2°55′	44°30′
汕 头	376	235	1°20′	32°00′
广 州	381	235	1°10′	31°20′
湛 江	388	205	0°45′	28°00′
榆 林	398	156	0°20′	21°30′

(四) 地磁图

为了清晰地描绘地球磁场的分布情况,通常将地球磁场中数值相等的各个点联成等值曲线,由这种曲线绘成的图称为地磁图。图1-3~图1-7⁽¹⁾分别是1965年编制的全球地磁总强度、水平强度、垂直强度、等偏角和等倾角的图。测量和记录地球表面各点的地球磁场基本数据及其变化规律,绘成大面积的地磁图,是航海、航空和军事上决定方位和航行路线的必要工具。地磁图可以将地球磁场的数值和特性方向明显地表达出来。但是,由于地磁要素是随时间而发生不断变化的,因此,地磁图上标注的数据只适用于某一个特定的时期。一般说来,地磁图需每隔五年或十年绘制一次。在实际使用时,为了取得比较准确的数据,应尽量采用大比例的、最新出版的地磁图,同时还要根据年变率(如果地磁强度逐年增加,年变率是正值;如果是逐年减少,则是负值。大比例地磁图中有标注)进行修正,才能得到所需要的确切数据。

从地磁图中可以看出,这些等值曲线都是有规律变化的曲线族。零值等倾线绕地球一周构成的磁赤道同样通过赤道附近,由磁赤道向两边延伸到两极时,磁倾角由0°变到90°。等倾角的变

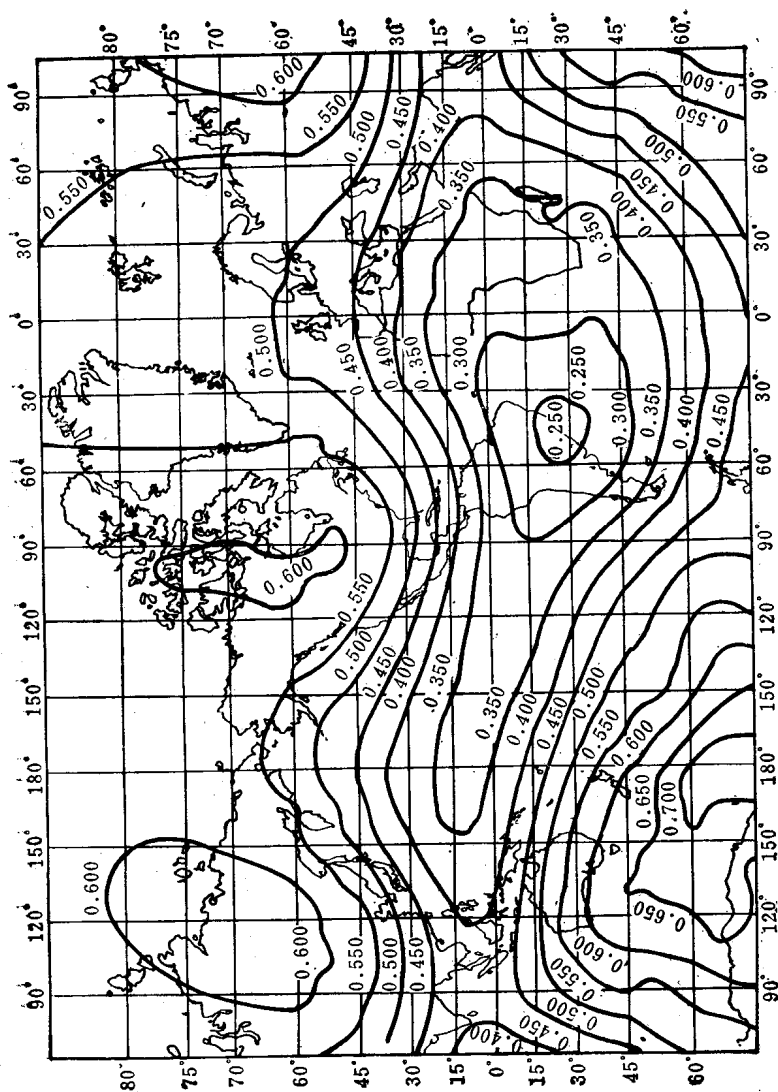


图1-3 1965年地球磁场总强度 (奥)

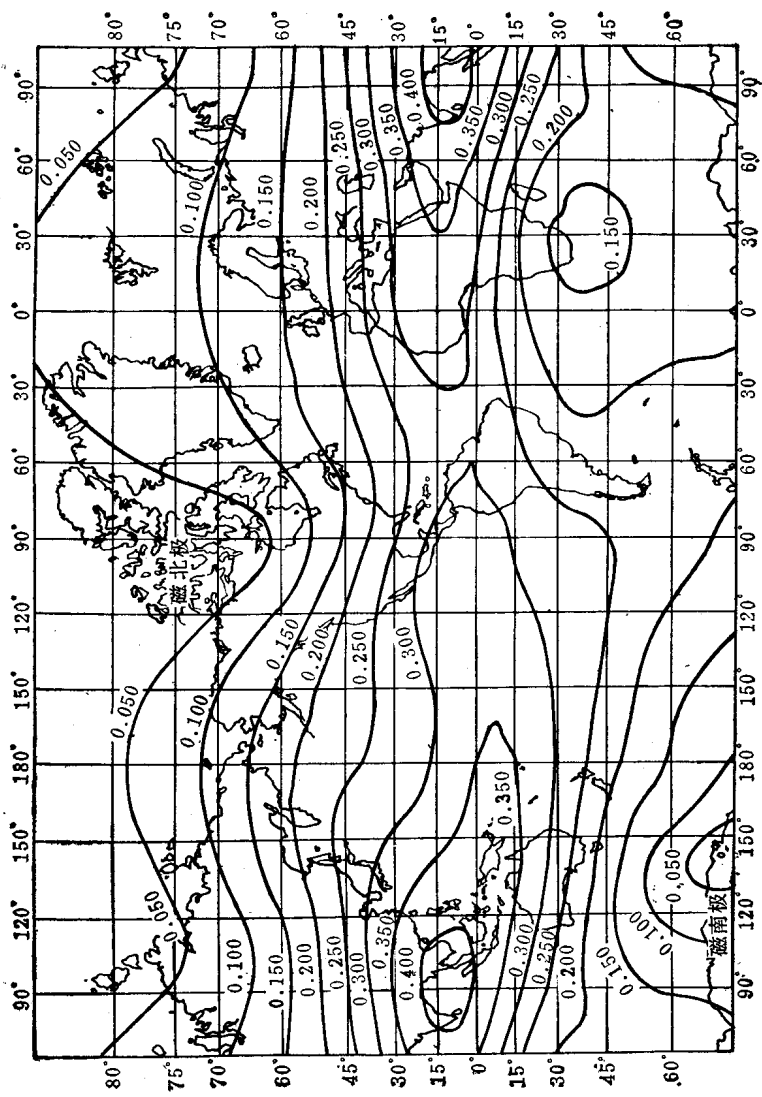


图1-4 1965年地球磁场水平强度 (奥)

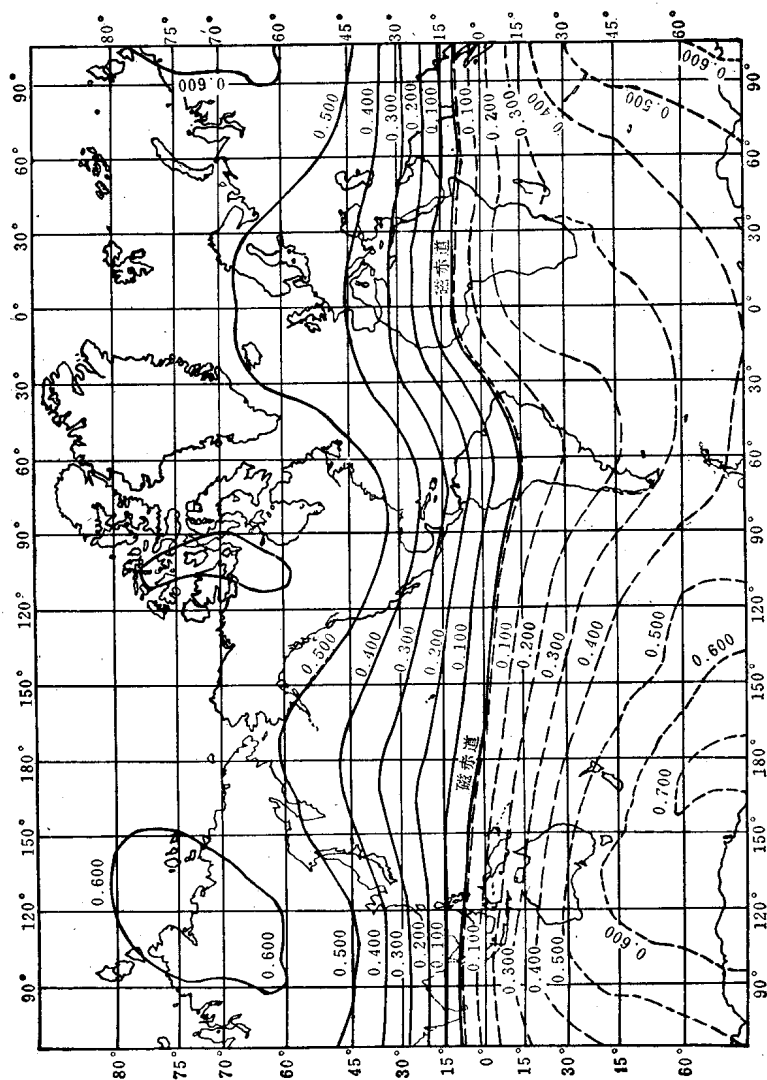


图1-5 1965年地球磁场垂直强度 (奥)
实线代表正磁倾角区的垂直强度, 虚线代表负磁倾角区的垂直强度。

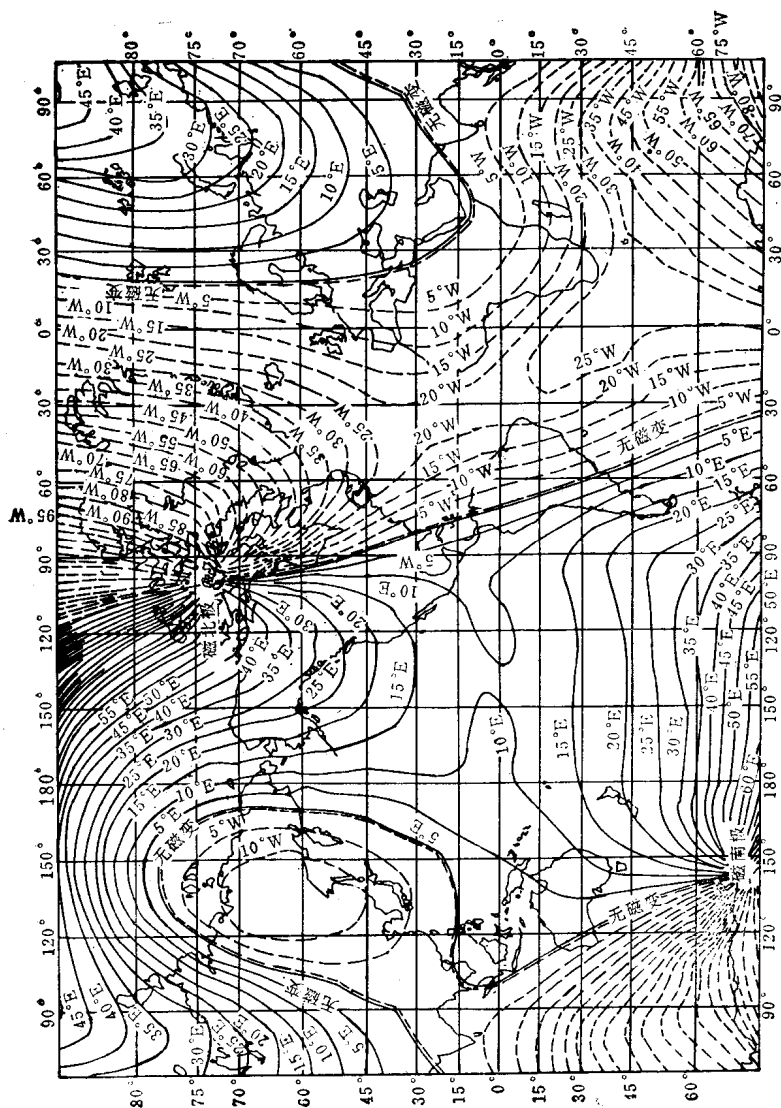


图1-6 1965年地球磁场等偏角图

等(磁)偏线表示磁差或磁偏角的度数,实线代表向东的(正)磁差,虚线代表向西的(负)磁差。