

数理地理

金祖孟編著

中華書局出版

数 理 地 理

(修訂本)

金祖孟編著



中 华 书 局

13.14
242

內 容 提 要

本書是就1953年初版本加以修訂而成，增加了不少新材料，添附了不少新插图。虽所述仍以(一)地球在宇宙間的位置，(二)地球的一般情形，(三)地球的自轉和公轉，(四)晝夜和季节，(五)時間和曆法，(六)月球和地球六个方面为范围，但材料的补充，叙述的加詳，已与旧版本有很大的不同。可供大中学校师生教学参考之用。

数 理 地 理

(修訂本)

金 祖 孟 編 著

*

中 华 書 局 出 版

(北京東总布胡同10号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第17号

上海洪兴印刷厂印刷

新华書店总經售

*

850×1168 耗1/32·8 1/2 印張·210,000字

1958年11月第1版

1958年11月上海第1次印刷

印数：1—3,400 定价：(10) 1.30元

統一書号：13013·11 58.10, 19型

目 录

第一編 緒論.....	1
第二編 位置和坐标.....	7
第一章 方向.....	7
第二章 距离.....	16
第三章 地理坐标.....	18
第四章 天球坐标.....	27
第三編 地球在宇宙間的位置.....	35
第一章 宇宙和天体.....	35
第二章 太阳.....	41
第三章 太阳系.....	45
第四編 地球概說.....	51
第一章 地球的起源和演化.....	51
第二章 地球的形狀和大小.....	58
第三章 地球的內部構造.....	74
第四章 地球的質量和密度.....	80
第五章 地球的重力和压力.....	88
第六章 地球內部的热能和溫度.....	97
第七章 地球的磁性.....	104
第五編 地球的自轉和公轉.....	116
第一章 地球的自轉.....	116
第二章 地球自轉的結果.....	122
第三章 地球自轉与恆星的周日运动.....	129
第四章 地球的公轉.....	136

第五章 地球公轉的結果·····	146
第六章 地球公轉与太阳的周年运动·····	151
第六編 昼夜和季节·····	159
第一章 昼夜的区分·····	159
第二章 昼夜長短的緯度分布的季节变化·····	164
第三章 昼夜長短的季节变化的緯度分布·····	169
第四章 日出时刻和日沒时刻·····	177
第五章 日出幅角和日沒幅角·····	185
第六章 正午的太阳·····	190
第七編 時間和历法·····	198
第一章 恆星时和太阳时·····	198
第二章 視太阳时和平太阳时·····	202
第三章 地方时刻和标准时刻·····	211
第四章 太阴历·····	217
第五章 太阳历·····	220
第六章 阴阳历·····	227
第八編 月球和地球·····	232
第一章 月球·····	232
第二章 月食和日食·····	243
第三章 潮汐的天文因素·····	255

第一編 緒 論

数理地理学与天文学 太阳、月亮以及各式各样的星（包括行星、恒星、卫星、流星、彗星和星云），总称为天体。研究天体的学問，叫做天文学。我們的地球，是宇宙間无数天体中的一个；它在許多方面与其他天体发生关系，尤其是太阳和月亮。因此，天文学家要站在地球上研究其他天体，就必须研究地球。反之，地理学家要明了地球的情形，就必须把地球当作一个天体，并且用研究天体的方法来研究地球及其与其他天体的关系，尤其是它与太阳、月亮的关系。这样的学問，叫做天文地理学。所謂“研究天体的方法”，实际上就是“数理的方法”。因此，天文地理学也叫做数理地理学。

数理地理学和天文学，是关系十分密切的两門科学。研究地球的数理地理学，必須同时提到其他天体以至宇宙構造。研究普通天体的天文学，也不能不研究地球。这样看来，好象二者很容易相混。其实，二者的目标不同。因此，二者的界限也是很清楚的。在数理地理中提到地球以外的天体，其目的在于說明地球在宇宙間的位置，在于說明地球本身的事实，是为地理学服务。举例來說，假如不观察其他天体，我們將无法知道地球是在繞着太阳公轉的。假如某一天文事实与地球没有什么关系，那么，我們当然用不着提它。在天文学上，地球是与普通行星相提并論的；太阳是与普通恒星相提并論的。天文学家确也很重視地球这一天体，但是，那只是因为地球也是一个天体，尤其是因为地球是天文学家观察一切其他天体的立足点。

地球与天球 地球每日旋轉一周；这种旋轉，称为自轉。地球自轉之軸称为地軸。地軸的中点，称为地心。地軸与地球表面，相交于

两点;这两点称为地极。严格的說,地极应该是地軸与地球海平面的交点;地球表面与地球海平面有可能的高度上的差异。地极有两个,即地球北极与地球南极。地球北极简称北极,位于北冰洋中;地球南极简称南极,位于南极洲上。

通过地心的平面与球面相交成一正圓。在一切不同的平面与同一球面相交而成的許多不同的正圓之中,这样的正圓是最大的,因而称为大圈。通过地心且与地軸相垂直的平面与地球表面相交而成的大圈,称为地球赤道,简称赤道。任何大圈都把球体分为相等的两个半球;赤道把地球分为相等的北半球与南半球。

所有通过地軸的平面,都与地球表面相交而成正圓,称为經綫。通过地軸的平面当然通过地心。因此,所有的經綫都是地球的大圈。通过地軸的平面,当然通过两极。因此,所有的經綫都在地球两极相交。地軸与赤道平面相垂直。因此,所有的經綫都与赤道相垂直。

所有与地軸相垂直的平面,都与地球表面相交而成正圓。所有这些正圓都与所有經綫相正交,因而称为緯綫,以示縱橫方向的不同。垂直于地軸的平面,当然互相平行。因此,所有的緯綫只有大小的不同,但都互相平行,因而又称为平行圈。赤道是緯綫之一,它是緯綫中的唯一大圈,因而在大小上不同于普通的緯綫。

宇宙間每一个天体,都有它自己的对于地球的方向和直綫离距。我們要知道它們的具体的位置,就必须知道它們的具体的方向和直綫距离。我們要表示它們的具体的位置,就必须同时表示它們的具体的方向和具体的直綫距离。但是,如果假想所有的天体都位于一个正球体的球面上,那么,每一个天体对于球心的方向,就足以表示各天体的相对位置。这样,事情就可以簡單得多了。为了这样的目的,天文学家假想有一个以地球为球心(严格地說,以观察者的眼睛为球心)以无穷大为半徑的正球体,并且把所有的天体都投影到这个假想的正球体的球面上去,并且把每一天体在这个球面上的投影代

替它的具体的位置。这样,这个假想的正球体,就成为简单地表示天体在天空中的相对位置的有效工具。这个假想的正球体,称为天球。

宇宙是无比广大的,天体是无比遥远的,而人类的眼睛是无法直接判断各个遥远天体之间的巨大的距离的。因此,所有的天体,包括太阳、月亮以及一切的星星在内,好象都位于一个以观察者为球心的球面上。这个球面,称为天穹。这样,天球虽然是人类所假想的,却和人类所直接感觉到的天穹相符合。二者之间的差异在于:天球是一个正球,而天穹好象是扁的。天穹中位于观察者的头顶的部分好象比较近一些,而其他的部分,尤其是地平附近的部分,好象远一些。

地球自转之轴(地轴)向两端无限延长而成天轴。天轴与天球相交于两点。这两点称为天极,以别于地极。天极有两个:位于地球北极的天顶的,叫做天球北极或天北极;位于地球南极的天顶的,叫做天球南极或天南极。

地球的赤道平面,向四周无限扩大,与天球相交成一大圈。这一大圈称为天球赤道,位于地球赤道的上空,距天北极与天南极各 90° 。

球面三角形 研究数理地理所需要的数学,主要的是球面三角法。球面三角法就是研究球面三角形的边和角的关系的科学。因此,在研究数理地理学以前,我们应该首先说明球面三角形和球面三角法。

球面三角形就是连结同一正球表面上不同的三点所成的三角形。这三点称为球面三角形的顶点。所有顶点在球面上的位置都用球面坐标表示。我们普遍用 A, B, C 三个大写字母表示这三个顶点,也就用 $\triangle ABC$ 表示这个球面三角形。

如同平面三角形一样,球

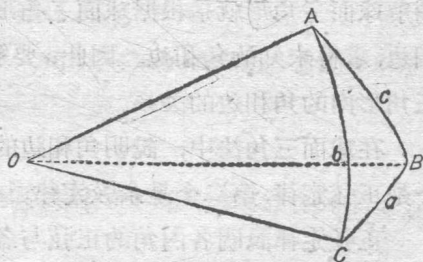


图 1 球面三角形的角和边

面三角形也有三角和三边。我們普通用 A, B, C 三个大写字母表示任意球面三角形的三个内角, 用 a, b, c 三个小写字母表示这三个内角所对的三边。

所有球面三角形的角和边的大小, 都是用大圈来决定的。所謂 a 边 (即 BC 弧), 就是自 B 至 C 的大圈的弧, 它的長短就是这一弧的度数, 即 B, C 两点在球心所張的角的度数。 b 边和 c 边的長短也是这样决定的。所謂 A 角就是 AB 弧与 AC 弧所代表的两个大圈的两个平面的交角, 即 ABO 平面与 ACO 平面的交角。 B 角和 C 角的大小也是这样决定的。

在球面三角形的三个内角之中, 如果有一个内角是直角, 这个球面三角形就称为直角三角形。我們普通用 C 表示直角三角形的直角的頂点。

在球面三角形的三边之中, 如果有一边之長是 90° , 这个球面三角形就称为象限三角形。我們普通用 c 表示等于 90° 的这一边。

在天文学上最常用的球面三角形, 就是天頂、天北极和天球上某一点所構成的三角形。这一个球面三角形, 普通称为天文三角形, 亦称为 ZPS 三角形; 其中 Z 指观察地点的天頂, P 指天北极, S 是天球上与某一待解决的問題有关系的一点。許多数理地理問題的解决, 实际上就是解这个三角形。

球面三角法大意 球面三角法的主要任务是解球面三角形。所謂解球面三角形就是根据球面三角形的角和边的关系, 由已知的角和边, 求得未知的角和边。因此, 要解球面三角形, 必須先知道球面三角形內的角和边的关系。

在球面三角法中, 說明角和边的关系的主要定律有两个。第一个是正弦定律, 第二个是余弦定律。

正弦定律說明各内角的正弦与各边的正弦的关系。具体的說, 正弦定律就是: 任意球面三角形的各边的正弦与所对各角的正弦互

成比例。如果用公式来表示,那就是:

$$\sin a : \sin A = \sin b : \sin B = \sin c : \sin C$$

即: $\sin a \sin B = \sin A \sin b$

$$\sin b \sin C = \sin B \sin c$$

$$\sin c \sin A = \sin C \sin a$$

如果这一球面三角形是直角三角形, $C = 90^\circ$, 那么, 正弦定律就成为如下的形式:

$$\sin a : \sin A = \sin b : \sin B = \sin c : 1$$

即: $\sin a = \sin A \sin c$

$$\sin b = \sin B \sin c$$

如果这一球面三角形是象限三角形, $c = 90^\circ$, 那么, 正弦定律就成为如下的形式:

$$\sin a : \sin A = \sin b : \sin B = 1 : \sin C$$

即: $\sin A = \sin a \sin C$

$$\sin B = \sin b \sin C$$

余弦定律可分为两部分, 即边的余弦定律与角的余弦定律。边的余弦定律, 说明球面三角形的两边夹角与夹角的对边的关系。如果用公式来表示, 那就是:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

如果这一球面三角形是直角三角形, $C = 90^\circ$, 那么, 边的余弦定律的第三公式就变成如下的形式:

$$\cos c = \cos a \cos b$$

如果这一球面三角形是象限三角形, $c = 90^\circ$, 那么, 上列三个公式, 就变成如下的形式:

$$\cos a = \sin b \cos A$$

$$\cos b = \sin a \cos B$$

$$\cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C = 0$$

角的余弦定律說明球面三角形的两角夾边和夾边所对的角的关系。如果用公式来表示,那就是:

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

$$\cos B = -\cos C \cos A + \sin C \sin A \cos b$$

$$\cos C = -\cos A \cos B + \sin A \sin B \cos c$$

如果这一球面三角形是直角三角形, $C = 90^\circ$, 那么, 角的余弦定律的三个公式就变成如下的形式:

$$\cos A = \sin B \cos a$$

$$\cos B = \sin A \cos b$$

$$-\cos A \cos B + \sin A \sin B \cos c = 0$$

如果这一球面三角形是象限三角形, $c = 90^\circ$, 那么, 角的余弦定律的第三个公式就变成如下的形式:

$$\cos C = -\cos A \cos B$$

如果在球面三角形的三边三角中, 已經知道两边一角或二角一边, 我們就可以直接运用上述的正弦定律和余弦定律的公式, 求得未知的边和角。

練 习 題

1. 数理地理学和天文学, 有何关系? 有何区别?
2. 何謂大圈? 它有什么特性?
3. 解釋下列名詞: 地軸、地心、地極、經綫、緯綫、赤道。
4. 何謂天球? 何謂天極? 何謂天球赤道?
5. 何謂球面三角形? 如何表示球面三角形的角和边?
6. 試以公式表示球面三角法中的正弦定律和余弦定律。
7. 在球面三角形 ABC 之中, 已知 A 角是 30° , B 角是 98° , a 边是 25° 。試运用正弦定律求 b 边。
8. 在球面三角形 ABC 之中, 已知 A 角是 60° , b 边是 90° , c 边是 108° 。試运用角的余弦定律, 求 a 边。
9. 在球面三角形 ABC 之中, 已知 a 边是 50° , B 角是 60° , C 角是 70° 。試运用边的余弦定律, 求 A 角。

第二編 位置和坐标

第一章 方 向

位置和坐标 我們要知道某一地点的数理地理事实（例如昼長和時刻），必須首先知道这一地点在地球上的位置。为了正确知道这一地点在地球上的位置，我們又需要知道一些天体（尤其是恒星）在天球上的位置。因此，位置在数理地理学上是一个非常重要的課題。有些数理地理学者甚至認為数理地理学的最終的目的，就是“严密决定固定在地球体上的点的位置”。

我們要决定某一点在平面上、球面上或空間上的位置，必須首先决定这一点对于特定的点、綫或面的方向和距离。我們要用語言文字說明某一点在平面上、球面上或空間上的正确位置，必須首先知道这一点对于特定的点、綫或面的方向和距离。因此，方向和距离，可以称为决定位置的要素。

一切的坐标，都是用来表示位置的。表示平面上的位置的，叫做平面坐标。表示球面上的位置的，叫做球面坐标。表示空間上的位置的，叫做立体坐标。在任何一种坐标里面，用来表示位置的，除了作为基准的点、綫和面以外，就是方向和距离。因此，我們在說明用坐标表示位置以前，應該首先說明方向和距离。

方向 地球上所用的方向，都是根据地球的自轉或天球的周日运动的。应用于地球本身的方向是这样的；应用于天球或大宇宙的方向也是这样的。

主要方向有四个,那就是北、东、南和西。北与东、东与南、南与西、西与北,相距都是九十度。

东与西的原始意义,都是根据太阳的周日运动的;东是日出的方向,西是日落的方向。但是,地平线上的日出点和日落点,都是因季节而变化的。在一年以内,除了春分、秋分两天以外,日出点并不位于正东;日落点并不位于正西。即使在春分、秋分两天,日出点和日落点也未必位于真正的东方和西方。因此“日出于东,日没于西”,只是约略的说法。真正的东方和西方并不一定是日出和日落的方向,也就不能直接决定于日出点与日落点。

南与北的原始意义,也都是根据太阳的周日运动的。南就是正午太阳所在的位置,即太阳在最高时的方向;北就是午夜太阳(普通在地平以下)所在的位置,即太阳在最低时的方向。其实,正午太阳位于南方,午夜太阳位于北方,这只有在北回归线以北的地带是正确的。在北回归线与南回归线之间的地带,正午太阳不一定位于南方,午夜太阳不一定位于北方。在南回归线以南的地带,正午太阳不位于南方,而位于北方;午夜太阳不位于北方,而位于南方。

东与西 真正的东,应该是地球自转的方向;真正的西,应该是与地球自转方向相反的方向。地球自转是一种迴转运动;地球自转的方向是一种迴转的方向。因此,东和西都是迴转方向。在北天看地球,东就是逆钟表指针的迴转方向,西就是顺钟表指针的迴转方向。反之,在南天看地球,东就是顺钟表指针的迴转方向,西就是逆钟表指针的迴转方向。

我们从地球上任何地点出发,向东前进,如果方向始终不变,我们可以在若干时间以后,从原来出发地点的西方,回到原来出发的地点。这因为我们前进的方向虽然并没有改变,而我们所走的路线并不是一条直线,而是一个圆。圆是没有起点和终点的。我们自东向西前进,其结果亦同。

緯綫代表地球上的东西方向。同一緯綫上的任何两个地点，一定互相位于东西方向；任何地点一定与其正东正西的其他地点位于同一緯綫。假如有两架飞机从两个并不互成东西方向的地点，自东向西或自西向东飞行，那么，这两架飞机就在各自的緯綫上前进。所有的緯綫都是互相平行的。因此，这两架飞机，即使永远前进，也不会有互相碰撞的一天。东西方向，由于具有这样的特性，可以称为无限方向。

南与北 真正的南北方向，是与地球自轉方向相垂直的方向。代表正北的一点，在地球上北极，在天球上是天北极。代表正南的一点，在地球上南极，在天球上是天南极。在地球上，朝北就是朝向北极；朝南就是朝向南极。在天球上，向北就是向天北极；向南就是向天南极。

南与北是两个相反的方向；其間的差別，可以拿所看見的地球自轉方向來說明。假如我們站在天空中与地球自轉方向相垂直的方向，而且所看到的地球自轉是逆鐘表指針的方向的迴轉。那么，我們的立足点是在地球的北方。反之，假如我們站在天空中与地球自轉方向相垂直的方向，而且所看見的地球自轉是順鐘表指針的方向的迴轉，那么，我們的立足点是在地球的南方。这样，我們就可以区别地球的北极与南极，天球上的天北极与天南极。

我們自北向南前进，最后一定停止在南极；假如不改变为向北，我們无法从南极繼續前进。这是因为在南极只有“北”这一个方向，沒有任何其他方向。同理，我們自南向北前进，最后一定停止在北极；假如不改变为向南，我們无法从北极繼續前进。这是因为在北极只有“南”这一个方向，沒有任何其他方向。南北方向，由于具有这样的特性，可以称为有限方向。

經綫代表地球上的南北方向。同一經綫上的任何两个地点，一定互相位于南北方向；任何地点一定与其正北、正南的其他地点位于

同一經綫上。假如有两架飞机同时在赤道上的两个地点起飞，而且都向北方飞行，那么，这两架飞机都在各自的經綫上前进。所有的經綫都会合在南北极。因此，这两架飞机愈向北飞，它們之間的距离就愈縮短。假如这两架飞机飞行的速度和高度都是一样的，那么，它們一定在北极的天空相会。南北方向，由于具有这样的特性，可以称为会合方向。

其他方向 除了北、东、南、西四个方向以外，罗盘上还有其他方向。正北与正东之間，是东北(NE)；同理，我們有东南(SE)，还有西南(SW)和西北(NW)。正北与东北，东北与正东，相距各为 45° 。余类推。

正北与东北之間，是东北偏北(NNE)；东北与正东之間，是东北

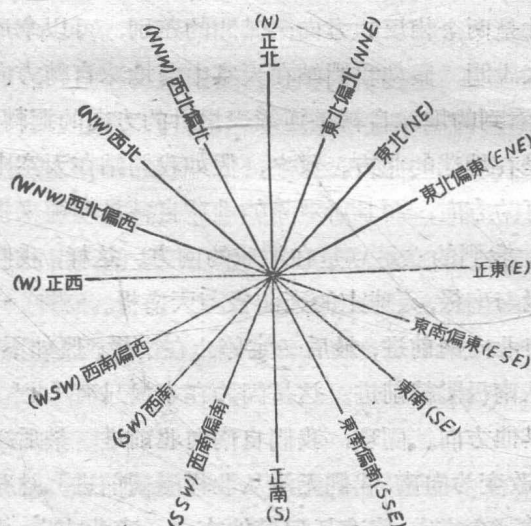


图 2 方向的表示(一)

偏东(ENE)。同理，我們有东南偏东(ESE)、东南偏南(SSE)、西南偏南(SSW)、西南偏西(WSW)、西北偏西(WNW)和西北偏北

(NNW)。东北偏北与正北及东北，相距为 $22^{\circ}30'$ 。余类推。

正北与东北偏北之間，是北略偏东(N by E)，正东与东北偏东之間，是东略偏北(E by N)。同理，我們有东略偏南(E by S)、南略偏东(S by E)、南略偏西(S by W)、西略偏南(W by S)、西略偏北(W by N)和北略偏西(N by W)。

东北与东北偏北之間，是东北略偏北(NE by N)；东北与东北偏东之間，是东北略偏东(NE by E)。同理，我們有东南略偏东(SE by E)、东南略偏南(SE by S)、西南略偏南(SW by S)、西南略偏西(SW by W)、西北略偏西(NW by W)和西北略偏北(NW by N)。

正北与北略偏东，正东与东略偏北，东北与东北略偏北，东北与东北略偏东，相距都是 $11^{\circ}15'$ 。

余类推。

假如我們循正北、正东、正南和正西以外的任何方向前进，而且保持同一方向，那么，我們所走的路綫，既不是直綫，也不是圓圈，而是螺旋的曲綫。由于具有这样的特性，正北、正东、正南和正西以外的一切方向，可以总称为螺形方向。

我們循螺形方向前进，只能逐渐接近北极或南极，不能象南北行者那样到达北极或南极，也不能象东西行者那样回到原来出发的地点。

方向的表示 以上所述共計三十二个方向。这种表示方向的方法，以簡單明了为特性，为航海人員所习用。但是，由于过分簡單，这种方法不能表示精密的角度。例如距正北 30° 、距正东 60° 的方向，就不可能用上述方法来表示。

为了精密地表示方向，測量仪器分全周为东北、东南、西南、西北

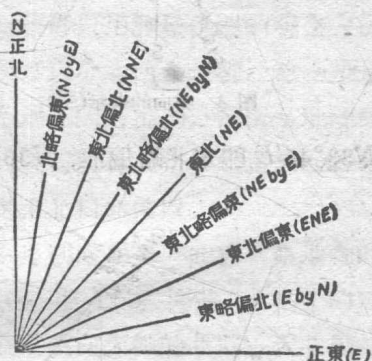


图 3 方向的表示(二)

四个象限。在同一象限内的不同的方向，用它对于正北或正南的距离来区别。例如，在东北象限内，距正北 30° （距正东 60° ）的方向称为

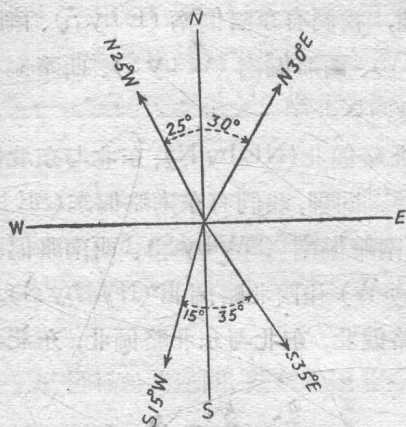


图 4 方向的表示(三)

为北偏东 30° ，即 $N30^\circ E$ 。在西南象限内，距正南 15° （即距正西 75° ）的方向，称为南偏西 15° ，即 $S15^\circ W$ 。同理，北偏西 25° （ $N25^\circ W$ ）位于西北象限，距正北 25° ；南偏东 35° （ $S35^\circ E$ ）位于东南象限，距正南 35° 。同理， $N45^\circ E$ 即东北； $N22^\circ 30' E$ 即东北偏北， $N67^\circ 30' E$ 即东北偏东， $N11^\circ 15' E$ 即北略偏东， $N78^\circ 45' E$ 即东略偏北；

$N33^\circ 45' E$ 即东北略偏北， $N56^\circ 15' E$ 即东北略偏东。余类推。

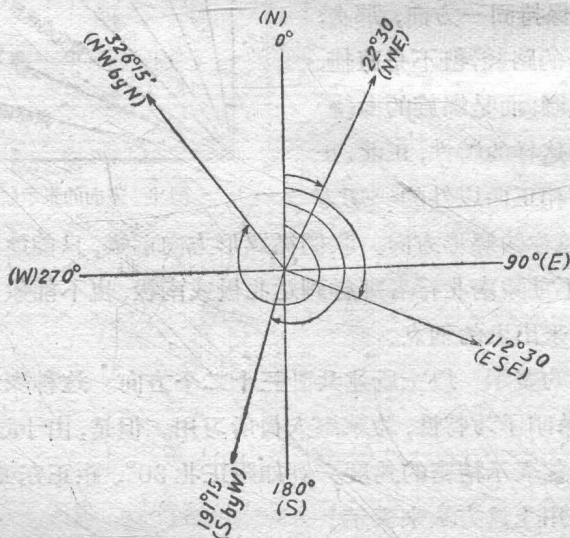


图 5 方向的表示(四)——方位角