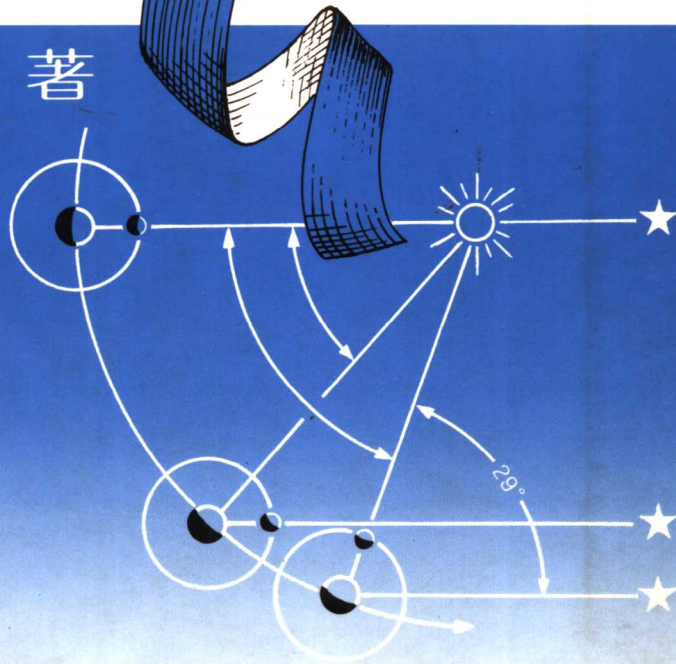
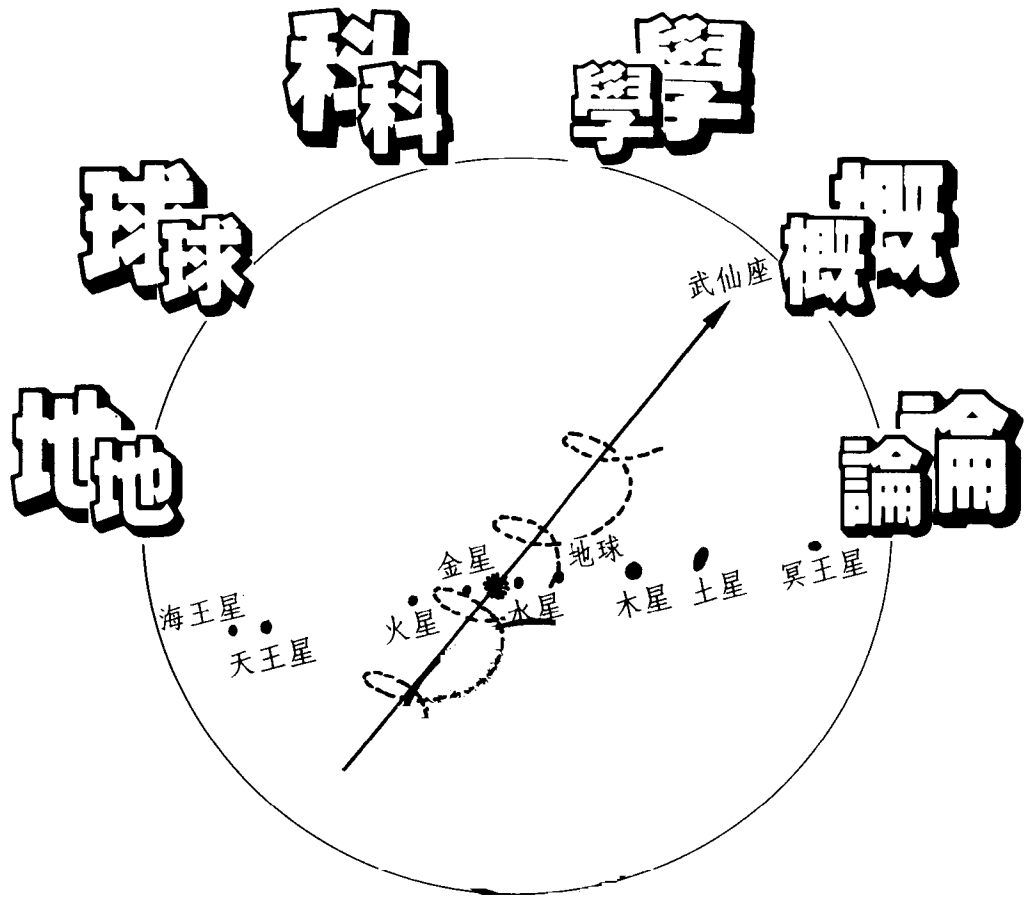


# 地球 科學概論

金祖孟 著



五南圖書出版公司



金祖孟 著

五南圖書出版公司印行

## 出版聲明

---

本書業經作者暨原出版機構同意，授權本公司在臺合法印行。若有侵害本書權益者，本公司當依法追究之。特此聲明。

## 地球科學概論

---

作者／金 祖 孟  
責任編輯／張 玉 蓉  
校 對／溫 媚 珍 · 張 凌 雲  
封面設計／林 光 樺  
內文插畫／李 麗 華

---

臺灣版／五南圖書出版有限公司  
發行所 登記證：局版台業字第 0598 號  
地 址：台北市和平東路2段339號4F  
電 話：(02) 7055066  
傳 真：(02) 7066100  
劃 撥：0106895-3

發行人／楊 榮 川  
原出版  
機 構／高等教育出版社

---

排版所／龍虎電腦排版股份有限公司  
印刷所／茂榮印刷事業有限公司  
地 址：臺北市西園路二段 140 巷 49 號  
電 話：3089357 · 3061972

---

中華民國 87 年 7 月初版一刷

ISBN 957-11-0510-0

---

基本定價 6 元

(如有缺頁或倒裝，本公司負責換新)

## 前 言

《地球科學概論》是大專院校的一門通識課程，也是地理系的一門基礎課。它的內容是關於行星地球的基礎知識。除《地球科學概論》外，地理系還有其它關於地球的課程。《地球科學概論》同它們的差別在於：《地球科學概論》所講的是地球的整體，而其它課程所講的是地球的某一圈層。因此，《地球科學概論》是地理系其它課程的先行課程。

地球首先是一個物體，因而有它的物理學；同時，地球也是一個天體，因而有它的天文學。因此，《地球科學概論》有兩方面的內容，即地球的物理學和天文學。在目前情況下，《地球科學概論》的內容首先是地球的天文學，其次是地球物理學。前者主要地講解地球的宇宙環境（第二章）、地球的運動及其地理意義（第三、四章）以及地球和月球的關係（第五章），而以地球、太陽和月球的相互關係為主；後者主要地講解地球的形狀、結構和物理性質（第六章）。在說明所有這些問題以前，我們要首先說明地理座標和天球座標（第一章）。

---

---

# 目 錄

---

---

## 前 言

### 第一章 地球和天球 ————— 1

#### 第一節 地球和地理座標 / 1

- 一 地球及其經緯線 / 1
- 二 經度和緯度 / 6
- 三 課堂實習：地理座標 / 10
- 四 複習題和思考題 / 11

#### 第二節 天球和天球座標 / 11

- 一 天球 / 11
- 二 天球座標 / 15
- 三 課堂實習：天球座標 / 26
- 四 複習題和思考題 / 28

### 第二章 地球的宇宙環境 ————— 31

#### 第一節 恆星和星系 / 31

- 一 恆星 / 32
- 二 星系 / 44
- 三 複習題和思考題 / 50

#### 第二節 太陽和太陽系 / 51

- 一 太陽 / 51

- 二 太陽系／60
- 三 複習題和思考題／71
- 第三節 月球和人造地球衛星／71**
  - 一 月球和地月系／71
  - 二 人造地球衛星／81
  - 三 複習題和思考題／89

### **第三章 地球的運動** 91

#### **第一節 地球的自轉／91**

- 一 地球自轉及其證明／91
- 二 地球自轉的規律性／96
- 三 地球自轉的後果／109
- 四 複習題和思考題／115

#### **第二節 地球的公轉／116**

- 一 地球公轉及其證明／116
- 二 地球公轉的規律性／123
- 三 地球公轉的後果／130
- 四 複習題和思考題／141

### **第四章 地球運動的地理意義** 143

#### **第一節 四季和五帶／143**

- 一 太陽的回歸運動／143
- 二 晝夜長短／149
- 三 太陽高度／163
- 四 地球上的四季／170
- 五 地球上的五帶／176
- 六 課堂實習：晝長的緯度分布／179
- 七 課堂實習：晝長的季節變化／180

八 複習題和思考題／181

## 第二節 曆法／182

一 曆法概說／183

二 陰曆和陰陽曆／185

三 陽曆／189

四 課堂實習：曆法原理／194

五 課堂實習：中國舊曆／195

六 複習題和思考題／196

## 第三節 時間／197

一 時間和時間單位／197

二 鐘表時刻與量時天體／200

三 鐘表時刻和地方經度／209

四 課堂實習：地方時換算／221

五 課堂實習：標準時換算／223

六 複習題和思考題／224

## 第五章 地球和月球 ————— 227

### 第一節 日蝕和月蝕／227

一 日月蝕現象／227

二 日月蝕的規律性／233

三 複習題和思考題／239

### 第二節 海洋天文潮汐／240

一 潮汐現象／240

二 引潮力／244

三 海洋潮汐的規律性／249

四 複習題和思考題／255

## 第六章 地球的結構和物理性質 ————— 257

### 第一節 地球的形狀／257

- 一 地球是一個球體／257
- 二 地球是一個扁球體／260
- 三 地球是一個不規則的扁球體／263
- 四 複習題和思考題／267

### 第二節 地球的結構／267

- 一 地球的圈層結構／267
- 二 地球的表面結構／272
- 三 複習題和思考題／279

### 第三節 地球內部的物理性質／279

- 一 地球的質量和密度／279
- 二 地球的重力和壓力／282
- 三 地球內部的溫度和熱源／287
- 四 地球的磁性／291
- 五 複習題和思考題／298

### 第四節 地球的演變／298

- 一 地球圈層的形成和演變／299
- 二 地球表面的變化／303
- 三 簡要的后語／307
- 四 複習題和思考題／307

**附錄一：球面三角定律** ————— 309

**附錄二：天文數據** ————— 317

**主要參考書** ————— 319

**台灣版後記**



---

---

# 第一章 地球和天球

---

---

## 第一節 地球和地理座標

### 一 地球及其經緯線

#### □ 地球上的經線和緯線

地球是一個球體；地球的球心叫地心。地球自轉，就是地球的旋轉；地球自轉的軸線叫地軸。地軸通過地心，同地面相交於兩點；這兩點叫地極，即地球北極和地球南極，合稱地球兩極。

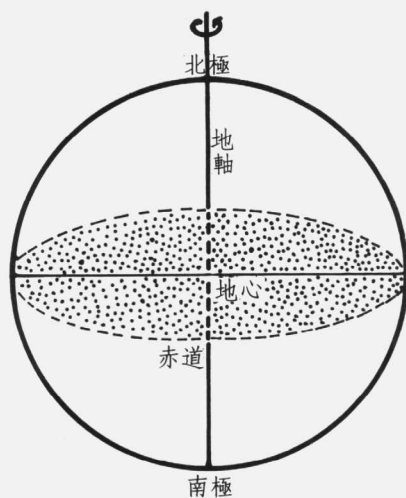


圖1.1 地心、地軸、地極和赤道

在幾何上，任何圓圈都代表一定的平面。球面上的圓圈也代表一定的平面。因此，一切球面上的圓圈都可以看成是一定的平面同一定的球面相割而成的，都是一定的平面和一定的球面的相交線。

球面上的圓，分為大圓和小圓。二者的基本差別在於：大圓平面通過球心，而小圓平面則不然。因此，大圓是同一球面上的

最大的圓；它們的半徑就是球半徑。在同一球面上，小圓總是小於大圓；它們的半徑總是小於球半徑，但是，小圓本身有不同的大小，因為它們所在的平面對於球心有不同的遠近。

地球上的經線和緯線，都是地面的圓。在二者之間，唯一的差別在於它們所在的平面同地軸的關係：經線平面通過地軸，而緯線平面垂直於地軸。通過地軸當然通過地心。因此，一切經線都是地面上的大圓。同時，垂直於地軸，未必通過地心。因此，緯線未必是大圓。

一切垂直於地軸的平面同地球表面相割而成的圓，都是緯線。不同的緯線平面既然都垂直於地軸，就必然相互平行；它們同地球表面相割而成的緯線，自然也是相互平行的。地球上的緯線是無窮多的，赤道是其中唯一的大圓，因為赤道平面通過地心；它把地球分成南半球和北半球。一般的緯線都是小圓；距赤道愈遠，它們就愈小。南北兩極是地面上距赤道最遠的兩點，因而可以被看成兩個最小的緯線。

一切通過地軸的平面同地面相割而成的圓，都是經圈。一切經圈都通過地球兩極，因而都在南北兩極相交。這樣，每一個經圈都被南北兩極等分成兩個  $180^\circ$  的半圓。這樣的半圓叫經線，即子午線，以別於  $360^\circ$  的經圈。經圈之所以必須分成兩根經線，是因為這兩根經線有不同的經度（二者相差  $180^\circ$ ），也就是說，是地理定位的需要。

經線是無窮多的。本初子午線是其中作為經度起算面所在的經線。我們知道，任何經線在本質上都是一樣的。因此，本初子午線是人為選定的。在歷史上，各國曾經使用各自的本初子午線。1884年，有關的國際會議決定以通過英國格林威治天文台的經線為全世界

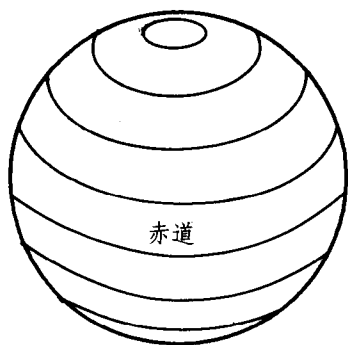


圖1.2 緯線

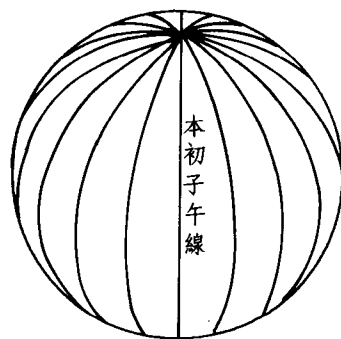


圖1.3 經線

通用的本初子午線。

### □ 地球上的方向

地球上的方向，通常是指地平方向，即地平面上的方向。這樣的方向，首先是正東、正南、正西和正北，簡稱東、南、西、北，合稱四正向。代表這四個方向的是羅盤儀上和地平圈的正東、正南、正西、正北四點，合稱四正點。其中，指向東西兩點的直線和指向南北兩點的直線，分別就是緯線和經線在當地的切線。二者的交點就是觀測地點。

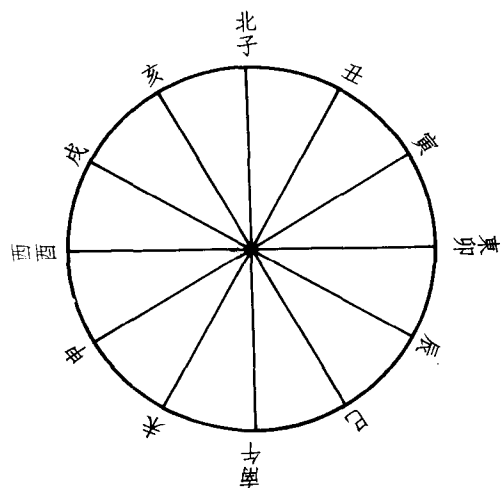


圖1.4 用十二支表示地平方向

(卯)的時候，就是一日內的卯時正。

從全球看，南北線就是經線，即子午線。一切經線都相交於南北兩極。因此，向北就是向北極；向南就是向南極。一切經線都是半圓，都是有起點和終點的；它們的起點和終點就是南北兩極。因此，南北方向是有限方向。人們沿地球

在我國古代，地平方向是用十二地支（子丑寅卯辰巳午未申酉戌亥）表示的。這樣，十二地支既表示一日內的十二時辰，又代表地平上的十二方向。對於太陽來說，這兩種定義是一致的。例如，太陽位於正南方（午）的時候，就是一日內的午時正；太陽位於正東方

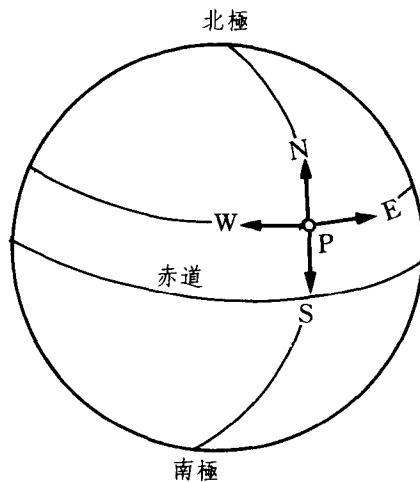


圖1.5 地球上的方向

大圓向北的旅行，在到達北極以後，如果要繼續向前，就自然而然地變成向南旅行。這是因為，地球北極是向南的起點；那裡只有向南，而沒有任何其它方向。同理，一個地點只能位於另一地點的南方或北方，而不能既位於它的南方，又位於它的北方。

東西線同南北線（經線）相垂直，在地面上表現為緯線。一切緯線都是全圓，都是沒有起點和終點的。因此，東西方向是無限方向。人們沿所在地的緯線向東方或向西方旅行，可以周而復始地永遠繼續下去，而不會改變方向。這樣，一個地點如果位於另一個地點的東方，就必然同時位於該地點的西方。這是因為，人們既然可以向東航行到達這個地點，就必然可以通過環形緯線從相反的方向到達同一地點。

我國中原地區位於北迴歸線以北。因此，我國古人把正南方定義為正午太陽所在的方向，而把東西方向分別定為日出方向和日沒方向。其實，太陽之所以從東方升起，在西方落下，正是因為地球自轉是自西向東的。因此，東就是地球自轉的方向，西就是同地球自轉方向相反的方向。那麼，地球自轉方向是怎樣的方向呢？那只能用逆時針方向或順時針方向來表達。但是，在這樣做的時候，觀測者必須明確他自己是在地球的北極還是南極的上空觀測地球自轉的。這樣，同地球自轉相聯繫的，不僅是東西方向，而且是南北方向。具體地說，在北極上空看地球，逆時針方向就是向東，順時針方向就是向西。反之，在南極上空看地球，順時針方向就是向東，逆時針方向就是向西。

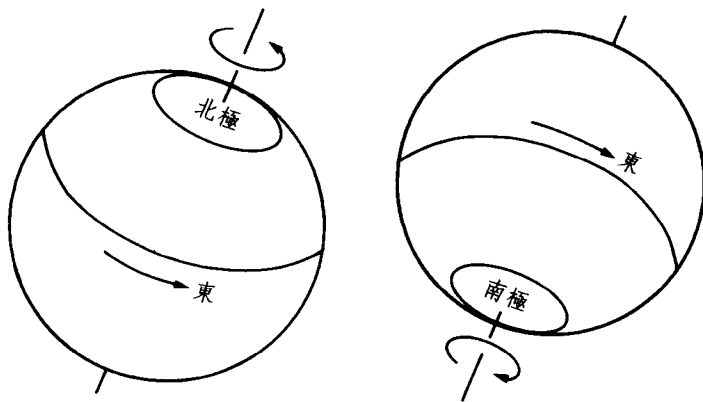


圖1.6 向東——地球自轉的方向

明確了南北方向和東西方向的意義，就可以根據地圖上的經線和緯線，判斷地面上兩點間的相對方向。需要特別注意的是東西方向的問題。由於東西方向是無限方向，如果某一點位於另一點的東方，那麼，它必然也位於它的西方。這是因為，從某一點出發，無論向東或向西，都可以到達另一點。但是，人們在實際應用上總是採取最短的路線。這樣，任何一點不是位於另一點的東方，就是位於它的西方，而不能二者兼而有之。概括地說，前一點是理論上的「亦東亦西」；後一點是實際上的「非東即西」。

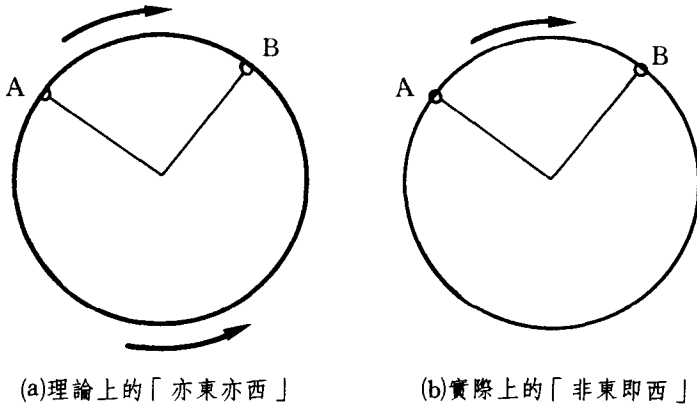


圖1.7 地面上A、B兩點間的東西方向

### □ 地面上的距離

地球是一個球體。如果我們所著眼的不是一個狹小的地區，那麼，地面上兩點間的連線，都是球面上大圓的弧段。因此，兩點間的最短距離，首先是角距離，直線距離通常是根據角距離推算出來的。例如，北京的市中心距離赤道大約 2397 海哩，因為從那裡到赤道的角距離是  $39^{\circ}57'$ 。在這種情況下，如果要用長度表示地面上兩點間的距離，那麼，所採用的長度單位和角度單位最好有簡單的換算關係。

在歷史上，人們曾經長期把地面看成平面。因此，古人在制訂地面長度單位的時候，也就不可能考慮它同角度單位的關係。當人類終於發現地球的球形的時候，這樣的長度單位顯然不能如實反映地面的

距離。爲了協調地面上的長度和角度的關係，近代自然科學在搞清地球圓周的基礎上，創造了一批新型的長度單位。在它們之中，典型的代表就是海哩。

在遠洋航行中，人們常用球面三角的方法來推算兩點間的距離。推算的直接結果總是角距離。爲了由角距離推算直線距離的方便，人們創造了海哩這個長度單位。所謂海哩就是經線一分的長度。因此，地面上一段弧的分數和海哩數，實際上是一樣的。採用這樣的單位，從南極到北極的經線全長是  $60 \text{ 海哩} \times 180 = 10800 \text{ 海哩}$ ；赤道的全長是  $60 \text{ 海哩} \times 360 = 21600 \text{ 海哩}$ 。北京對於赤道的距離之所以是  $2397 \text{ 海哩}$ ，因  $39^\circ 57' = 2397'$ 。這樣，形式上的長度，實質上是角度。

其實，公里本來也是這樣的單位。根據法國人本來的設想，將地球全周分成  $400^\circ$ ，每度分成  $100'$ ，每分的弧長就是  $1 \text{ 公里}$ 。因此，地球的圓周，論角度是  $40,000'$ ，論長度是  $40,000 \text{ 公里}$ 。這本來也是十分完美的。只是因爲全周分爲  $400^\circ$  即  $40000'$  的制度，沒有流行開來，才出現  $360^\circ = 40,000 \text{ 公里}$ ，即經線一度大約等於  $111.1 \text{ 公里}$  的情況。根據這樣的對應關係，北京市中心對於赤道的距離，大約是  $4438 \text{ 公里}$ 。

類似的單位還有華里和德里等等。華里本來是指經線一度之長的  $200$  分之一；德里是指赤道  $4'$  之長。所有這些單位的定義，都把長度單位和角度單位直接地聯繫起來。在明確地球是球形以後，這樣做是合情合理的。這就說明，地球上兩點間的距離首先是角距離。

## 二 經度和緯度

地面是一個球面。因此，點在地面上的位置，是它在這個球面上的位置。我們已經說過，在這個球面上，存在著無數的經線和無數的緯線，其中包括地球赤道。有了它們，我們就有條件說明點在地面上的位置。

在地面上，每一地點都有它自己的經線和緯線。因此，每一地點都可以看成特定的經線和特定的緯線的交點。兩個不同的地點可位於同一經線，或同一緯線。但是，任何兩個地點，不可能既位於同一經

線，又位於同一緯線。從這個意義上講，經線和緯線的設定是地理定位的需要。沒有經線和緯線就說不清任何地點在地球上的確切位置。

不同的經線和不同的緯線，分別以不同的經度和不同的緯度互相區別。在同一經線上，一切地點的經度是相同的；在同一緯線上，一切地點的緯度是相同的。因此，經線就是等經度線；緯線就是等緯度線。那麼，什麼叫做經度？什麼叫做緯度？

### □ 緯度

在立體幾何上，緯度是一種線面角，即一條線同一個面的交角。其中的面是地球赤道平面，是緯度度量的起點所在；其中的線是本地的地面法線，即在本地同地面的切平面相垂直的直線，是緯度度量的終點所在。這樣，本地法線和赤道平面的交角，就是本地的緯度。緯度是在本地子午線上度量的。如果某地點 P 所在子午線同地球赤道相交於 B，那麼，本地子午線上從 B 點到 P 點的  $\widehat{BP}$  就是本地的緯度。赤道把地球分成南北兩半球。因此，緯度也分為南緯和北緯。值得注意的是，如果地球是一個正球體，那麼，上述的線既是地面的法線，又是地球的半徑；上述的緯度既是地面上經線的弧段，又是地球的球心角。考慮到地球是一個扁球，地理學上的緯度所強調的是法線，而不是球半徑，是地面上的弧，而不是球心角。

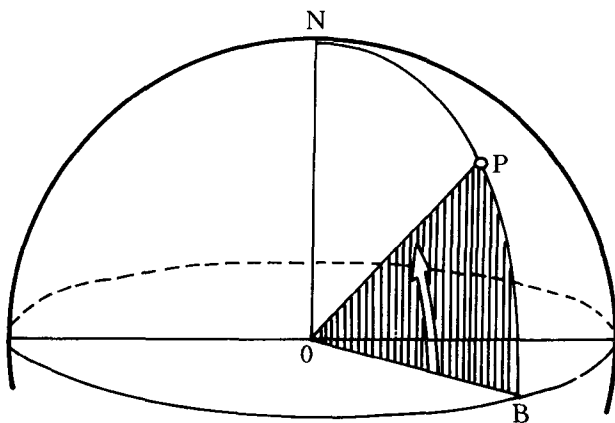


圖 1.8 緯度

緯度度量的起點都位於赤道面。因此，赤道上的點的緯度都是

0°。緯度的度量只有全球共用的起算面，而沒有全球共用的起算點。每一經線（全長 180°）各以它同赤道的交點為緯度的起算點，並且分南北兩個方向度量。因此，緯度以赤道之隔分為南緯和北緯，都以 90° 為極大值。南北兩極是地面上距赤道最遠的兩點。因此，它們的緯度分別是南緯 90° 和北緯 90°。南緯和北緯都可以分成低緯、中緯和高緯。這只是相對的說法，沒有客觀上的分界線。人們有時以南北緯 30° 和 60° 為三者之間的界線。但是，這種分法並沒有特殊的意義。綜合緯度的南北方向和度數大小這兩個方面，我們可以說，一個地點的緯度，就是這個地點相對於赤道平面的南北方向和角距離。體現這一量度的是從赤道到所在地的一段經線。

### □ 經度

經度的說明需要用本初子午線。對於經度的度量來說，本初子午線的選擇是人為的；而設置本初子午線的必要性是絕對的。這是因為，赤道（和一切緯線）是無頭無尾的圓圈；沒有本初子午線，就沒有經度，沒有原點，也就無所謂球面座標。

在立體幾何上，經度是一種兩面角，即兩個平面的夾角。在兩者之中，起點面是本初子午線平面，簡稱本初子午面，終點面是本地的子午線平面，簡稱本地子午面。兩個子午面的夾角通常是在赤道上度量的。如果本初子午線同赤道相交於 A 點，本地子午線同赤道相交

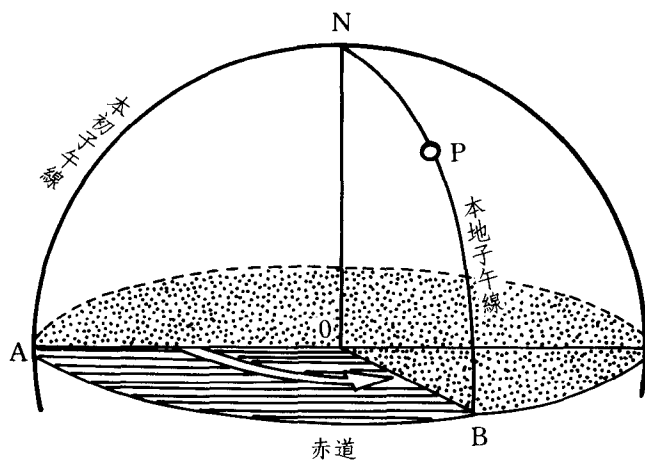


圖 1.9 經度



於 B 點，那麼，赤道上  $\widehat{AB}$  或其對應的球心角，就是本地的經度。經度也可以在所在地的緯線上度量，也可看成是緯線上的一段弧，或其圓心角，因為緯線平面和赤道平面都同所有的子午面相垂直。但是，在赤道上度量經度是更加方便的，因為赤道是緯線中的唯一大圓。

如果經度是在赤道上度量的，經度的度量不但有全球共用的起算面，而且有全球共用的起算點。這個起算點就是本初子午線和赤道的交點，位於大西洋幾內亞灣，在球面座標系中一般稱為原點。原點的設置，把無頭無尾的赤道，在經度的度量中變成有頭有尾的赤道。經度的度量通常以原點為起點，向東西兩個方向度量，各以  $180^\circ$  為極大值。因此，經度以本初子午線為起始線，分為東經和西經，各自  $0^\circ$  到  $180^\circ$ 。本初子午線的經度是  $0^\circ$ ，無所謂東經和西經。 $180^\circ$  的經度，根據具體情況，可以被看成東經或西經。使用這樣的經度，在東西向的環球航行中，輪流出現經度度數持續增加和持續減少的過程；為了避免這樣的情況，經度的度量以採用自西向東  $0^\circ$  到  $360^\circ$  為宜。綜合經度度量的東西方向和度數大小這兩個方面，我們可以說：一個地點的經度，就是這個地點所在的子午面相對於本初子午面的東西方向和角距離。體現這一量度的是赤道上的以本初子午面為起點、以本地子午面為終點的一段弧。

## □ 地理座標

緯度（記作  $\varphi$ ）表示地點相對於赤道的南北位置；經度（記作  $\lambda$ ）表示地點所在的子午面相對於一個特定子午面（本初子午面）的東西位置。兩個地點可能有相同的緯度或相同的經度，而不可能既有相同的緯度，又有相同的經度。因此，一定緯度和一定經度的結合，標誌著一個特定地點在地球表面上的位置，因而被稱為這個地點的地理座標。

一個地點的緯度和經度，叫做它的地理座標。度量全球任何地點的地理座標，需要一個統一的制度。這樣的制度，叫做地理座標系。按照這樣的制度，在地球表面上，同一個特定地點的地理座標相聯繫的，有三個大圓。它們是：赤道、本初子午線和當地的子午線。赤道是緯度度量的自然起點之所在；本初子午線是經度度量的人為起點之