

中等林业学校試用教材

# 測量学

朱 宪 文 編



中国林业出版社

中等林业学校試用教材

# 測 量 学

朱 宪 文 編

中国林业出版社

1959年·北京

中等林业学校試用教材

測 量 学

朱宪文編

---

中国林业出版社出版

(北京安外和平里)

(北京市书刊出版业营业許可証出字第007号)

工人出版社印刷厂印刷

---

787×1092 1/32 · 15  $\frac{9}{16}$  印張 · 356,000字

1959年12月第一版 1959年12月第一次印刷

印数:0001—5,000册 定价:1.35元

書号:(内)115

## 出版者的話

这本試用教材是林业部教育司在1957年組織編写的，曾油印出版。为了适应当前中等林业教育迅速發展的需要，并受林业部教育司的委托，特再鉛印出版。由于林业發展很快，書內某些材料可能已經过时，个别提法現在看来也不一定完全恰当，由于時間关系，未及送請原編者予以修改，希望各校教师在参考使用过程中加以具体掌握。

·中国林业出版社

1959年9月

# 目 录

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 第一章 測量学的初步知識 .....          | ( 1 )  |
| § 1 測量学的对象及其在国家建設中的作用 ..... | ( 1 )  |
| § 2 測量学發展簡史 .....           | ( 2 )  |
| § 3 地球的形狀和大小 .....          | ( 5 )  |
| § 4 地面点的地理坐标和高程 .....       | ( 7 )  |
| § 5 地面上圖形的投影 .....          | ( 10 ) |
| § 6 水准面可以作为平面的限度 .....      | ( 13 ) |
| § 7 平面圖、地圖和断面圖 .....        | ( 14 ) |
| § 8 圖的分幅和編号 .....           | ( 15 ) |
| § 9 測量的概念及其分类 .....         | ( 22 ) |
| § 10 測量上常用的量度單位 .....       | ( 25 ) |
| § 11 比例尺 .....              | ( 25 ) |
| 第二章 繪圖工作 .....              | ( 31 ) |
| § 12 繪圖用的各种工具与仪器 .....      | ( 31 ) |
| § 13 繪圖材料 .....             | ( 38 ) |
| § 14 繪圖技术 .....             | ( 40 ) |
| § 15 地形圖所用的地物慣用符号 .....     | ( 46 ) |
| 第三章 地面上直綫的定綫和丈量 .....       | ( 51 ) |
| § 16 地面上各点和直綫的标志 .....      | ( 51 ) |
| § 17 直綫定綫 .....             | ( 53 ) |
| § 18 丈量直綫的工具及其檢驗 .....      | ( 57 ) |
| § 19 地面上直綫長度的丈量 .....       | ( 60 ) |
| § 20 直綫水平長度的計算 .....        | ( 64 ) |

|      |                                     |         |
|------|-------------------------------------|---------|
| § 21 | 測斜器 .....                           | ( 72 )  |
| § 22 | 設角器及其应用 .....                       | ( 75 )  |
| 第四章  | 測量誤差的概念 .....                       | ( 82 )  |
| § 23 | 測量誤差及其分類 .....                      | ( 82 )  |
| § 24 | 算術平均值 .....                         | ( 84 )  |
| § 25 | 中誤差 .....                           | ( 87 )  |
| § 26 | 用似真誤差表示中誤差 .....                    | ( 89 )  |
| § 27 | 觀測值函数的中誤差 .....                     | ( 92 )  |
| § 28 | 觀測值的權 .....                         | ( 97 )  |
| § 29 | 測量的容許誤差和相對誤差 .....                  | ( 99 )  |
| 第五章  | 直綫定向 .....                          | ( 101 ) |
| § 30 | 直綫定向的意義和方法 .....                    | ( 101 ) |
| § 31 | 根據兩個方向的方位角或象限角求兩個方向間<br>的夾角 .....   | ( 105 ) |
| § 32 | 磁針及其性質 .....                        | ( 108 ) |
| § 33 | 磁方位角和磁象限角、與真方位角和真象限角<br>的互相換算 ..... | ( 111 ) |
| 第六章  | 羅盤儀測量 .....                         | ( 113 ) |
| § 34 | 羅盤儀 .....                           | ( 113 ) |
| § 35 | 用羅盤儀測定磁方位角和磁象限角 .....               | ( 117 ) |
| § 36 | 羅盤儀的檢驗和校正 .....                     | ( 119 ) |
| § 37 | 羅盤儀測量的外業 .....                      | ( 122 ) |
| § 38 | 羅盤儀測量的內業 .....                      | ( 125 ) |
| § 39 | 用日圭法測定磁偏角 .....                     | ( 131 ) |
| 第七章  | 經緯儀 .....                           | ( 133 ) |
| § 40 | 角度測量的一般原理 .....                     | ( 133 ) |
| § 41 | 經緯儀。普通經緯儀的構造 .....                  | ( 134 ) |
| § 42 | 度盤與游標盤 .....                        | ( 140 ) |
| § 43 | 望遠鏡 .....                           | ( 149 ) |

|      |                                   |         |
|------|-----------------------------------|---------|
| § 44 | 水准器及其用途 .....                     | ( 157 ) |
| § 45 | 光学經緯仪 .....                       | ( 162 ) |
| § 46 | 經緯仪的檢驗及校正 .....                   | ( 166 ) |
| § 47 | 經緯仪的保养 .....                      | ( 180 ) |
| § 48 | 安置經緯仪 .....                       | ( 181 ) |
| § 49 | 量水平角和傾斜角的步驟 .....                 | ( 183 ) |
| 第八章  | 經緯仪测量的外业 .....                    | ( 188 ) |
| § 50 | 經緯仪测量的一般原理。經緯仪导綫 .....            | ( 188 ) |
| § 51 | 經緯仪导綫的連結 .....                    | ( 192 ) |
| § 52 | 經緯仪测量的主要方法 .....                  | ( 193 ) |
| § 53 | 应用各种測繪碎部的方法测量独立的地区 .....          | ( 198 ) |
| § 54 | 經緯仪测量的外业成果 .....                  | ( 201 ) |
| 第九章  | 經緯仪测量的內业 .....                    | ( 210 ) |
| § 55 | 經緯仪测量野外成果的整理工作 .....              | ( 210 ) |
| § 56 | 高斯——克呂格座标的概念 .....                | ( 211 ) |
| § 57 | 閉合导綫的角閉合誤差的定义及其計算。<br>角度調整 .....  | ( 218 ) |
| § 58 | 根据閉合导綫的內角計算导綫各边的方位角<br>和象限角 ..... | ( 220 ) |
| § 59 | 經緯仪閉合导綫連同对角导綫的角度調整 .....          | ( 223 ) |
| § 60 | 点的直角座标。座标增量及其計算 .....             | ( 224 ) |
| § 61 | 座标增量閉合差与閉合导綫全長的閉合差 .....          | ( 230 ) |
| § 62 | 增量的調整和座标的計算 .....                 | ( 235 ) |
| § 63 | 联結于坚强点的附和导綫的計算工作 .....            | ( 241 ) |
| § 64 | 根据导綫站座标画出导綫。展繪碎部点 .....           | ( 246 ) |
| § 65 | 用直尺和特洛培雪夫尺在紙上画座标格網 .....          | ( 249 ) |
| 第十章  | 面积計算 .....                        | ( 254 ) |
| § 66 | 用圖解法和解析法計算面积 .....                | ( 254 ) |
| § 67 | 用机械法測定面积。定極求积仪 .....              | ( 261 ) |

|                            |                                   |         |
|----------------------------|-----------------------------------|---------|
| § 68                       | 求积仪的檢驗。使用求积仪时的規則 .....            | ( 268 ) |
| <b>第十一章 地形概念及等高綫 .....</b> |                                   |         |
| § 69                       | 地形的概念。地形主要的种类 .....               | ( 271 ) |
| § 70                       | 地形的表示方法 .....                     | ( 273 ) |
| § 71                       | 等高綫。等高綫及其性質 .....                 | ( 274 ) |
| § 72                       | 等高綫的标准間隔。用等高綫描繪出主要的<br>各种地形 ..... | ( 278 ) |
| § 73                       | 根据高程在地形圖上繪制等高綫 .....              | ( 281 ) |
| § 74                       | 借地形圖解决某些問題 .....                  | ( 288 ) |
| <b>第十二章 水准測量 .....</b>     |                                   |         |
| § 75                       | 高程測量的一般概念。高程測量的目的和种类 .....        | ( 294 ) |
| § 76                       | 水准測量的基本原理 .....                   | ( 295 ) |
| § 77                       | 水准点 .....                         | ( 301 ) |
| § 78                       | 水准尺及其使用 .....                     | ( 303 ) |
| § 79                       | 水准仪。水准仪的种类及其构造 .....              | ( 307 ) |
| § 80                       | 水准仪的檢驗及校正 .....                   | ( 313 ) |
| § 81                       | 路綫水准測量。进行水准測量的預备工作 .....          | ( 318 ) |
| § 82                       | 沿里程樁进行水准測量 .....                  | ( 322 ) |
| § 83                       | 路綫水准測量的校核 .....                   | ( 328 ) |
| § 84                       | 路綫水准測量的內业工业 .....                 | ( 332 ) |
| § 85                       | 橫断面水准測量。橫断面圖的繪制 .....             | ( 340 ) |
| § 86                       | 用方格法进行水准測量 .....                  | ( 342 ) |
| <b>第十三章 視距測量 .....</b>     |                                   |         |
| § 87                       | 視距測量的一般概念 .....                   | ( 346 ) |
| § 88                       | 視距法的原理。視距常数及其測定 .....             | ( 348 ) |
| § 89                       | 視距仪和視距尺 .....                     | ( 352 ) |
| § 90                       | 三角高程測量的概念及方法 .....                | ( 356 ) |
| § 91                       | 当視綫傾斜时求距离及高差的視距公式 .....           | ( 357 ) |
| § 92                       | 計算平距和高差的方法 .....                  | ( 361 ) |

|       |                                     |         |
|-------|-------------------------------------|---------|
| § 93  | 視距測量的外業。測站工作 .....                  | ( 367 ) |
| § 94  | 視距測量成果的整理和地形圖的繪制 .....              | ( 374 ) |
| 第十四章  | 全國性控制網的一般知識 .....                   | ( 378 ) |
| § 95  | 建立全國性控制網的基本原則 .....                 | ( 378 ) |
| § 96  | 三角測量及其等級 .....                      | ( 379 ) |
| § 97  | 精密導線測量 .....                        | ( 382 ) |
| § 98  | 全國性水準網 .....                        | ( 384 ) |
| 第十五章  | 真方位角的測定 .....                       | ( 385 ) |
| § 99  | 從標準時換算恒星時 .....                     | ( 385 ) |
| § 100 | 用太陽 (或恒星) 等高法測定真方位角 .....           | ( 386 ) |
| § 101 | 利用“各時角北極星平經表”求真方位角 .....            | ( 391 ) |
| 第十六章  | 平板儀測量 .....                         | ( 393 ) |
| § 102 | 平板儀測量概念 .....                       | ( 393 ) |
| § 103 | 平板儀的種類及其構造 .....                    | ( 395 ) |
| § 104 | 平板和照準儀的檢驗及校正 .....                  | ( 402 ) |
| § 105 | 平板儀的安置。在平板上畫出地面上角度的<br>水平投影 .....   | ( 408 ) |
| § 106 | 平板儀測量的方法 .....                      | ( 411 ) |
| § 107 | 根據三個已知點在測圖板上決定未知點的位置<br>(三點法) ..... | ( 416 ) |
| § 108 | 平板儀測量的作業 .....                      | ( 420 ) |
| § 109 | 圖解三角網各點高差的調整 .....                  | ( 425 ) |
| § 110 | 碎部測繪 .....                          | ( 427 ) |
| § 111 | 平板儀測量的視距法 .....                     | ( 427 ) |
| § 112 | 觇板照準儀的余切尺及其應用 .....                 | ( 432 ) |
| § 113 | 以經緯儀及水準儀測量為基礎的大比例尺的<br>平板測量 .....   | ( 434 ) |
| § 114 | 用經緯儀和小平板儀聯合測繪碎部 .....               | ( 435 ) |
| § 115 | 平板儀測量的整理工作 .....                    | ( 436 ) |

|                                          |         |
|------------------------------------------|---------|
| 第十七章 气压高程测量和草测.....                      | ( 437 ) |
| § 116 气压高程测量的概念及其方法 .....                | ( 437 ) |
| § 117 草测的意义和它的应用 .....                   | ( 447 ) |
| § 118 直线的定向、丈量和角度的测繪 .....               | ( 447 ) |
| § 119 草测的作业 .....                        | ( 450 ) |
| 第十八章 航空摄影测量 .....                        | ( 451 ) |
| § 120 摄影测量的种类和特点 .....                   | ( 451 ) |
| § 121 航空摄影测量工作 .....                     | ( 452 ) |
| § 122 航测照片与林业工作的关系 .....                 | ( 459 ) |
| 第十九章 地形圖的复制 .....                        | ( 460 ) |
| § 123 按照原圖比例尺复制地形圖的方法 .....              | ( 460 ) |
| § 124 改变原圖比例尺的地形圖的复制工作。縮放仪<br>及其应用 ..... | ( 464 ) |
| 第二十章 圖上設計工作 .....                        | ( 472 ) |
| § 125 圖上設計工作的概念及方法 .....                 | ( 472 ) |
| § 126 將圖上設計轉移到現場上 .....                  | ( 478 ) |

## 第一章、測量学的初步知識

### §1. 測量学的对象及其在国家建設中的作用

測量学是量地的科学，它的任务是研究地球表面各个部分的大小和形状的。这种研究是要通过仪器与运用各种不同的測量方法在野外进行量度来达到的。測量的結果或者用解析方法，或者用圖解方法表示出来。用解析方法时，我們可以获得有关研究的地区各部分的数值；用圖解方法时，我們可以得到一張圖，这个圖是縮小到某种程度而能明显地把該地区表示出来的。

因为人类文化的發展，以及与文化有关的技术方面的發展，測量学在人們生活中的作用就日益增大起来，測量学的任务也就日益擴張深入了，所以測量学又分为高等測量学和普通測量学。

高等測量学的目的是研究整个地球的形状和大小以及大区域的地球表面形状和大小的，做这种大区域的測量时，就必须考虑到地球的曲率。

普通測量学有时也称为地形測量学，它是研究地球上比較小的地区情况的，在这小地区內地球曲率可以不加考虑，具有这种內容的測量学就是本書所研究的对象。

測量学是在很久以前“划分土地”的实用基础上發展起来的。由于实际应用对它的要求，以及其他科学的不断發展，所

以測量學也不斷地在發展着。目前可以說在所有勘測工程和國防建設事業中，沒有測量學的幫助是不行的。

現代的工程建築、都是按照預先擬定的計劃圖樣來進行的。這種計劃主要是根據建築地區的形狀、大小、高低和一般性質編制的，因此，就必須要有這一地區的地形圖。為了修建鐵路、公路、疏濬江河、灌溉農田等，就必須要先作實地的測量工作，在這個基礎上才能獲得路線、橋樑、水閘、水庫、水電站和其他建築物的適當位置，根據精確的地圖，才能決定工程的大小、施工方法以及人員經費的多少。在施工中又必須借測量把設計轉移到現場，以及解決施工中發生的技術問題。建築後，測量又轉而為檢查建築物的穩定程度與施工質量。所以測量工作不論在建設之前，進行之中和建設以後都是十分必需的。

在社會主義建設中，必須找到足夠的地下資源，在尋找地下寶藏時，從普查、勘探、建井以及采掘有用礦物等全部過程中，都必須根據精密的地圖和測量工作，來正確填制地質圖，確定礦產儲量以及解決采掘中的各種技術問題。

改建和新建城市時，街道的路線，建築物的位置，給水和排水工程等，也必須在建設之前和建設中間用測量來確定。

在林业建設事業當中，測量也已經成為各項林业工作中必不可少的組成部分。如清查森林資源，區劃施業區、林班，勘測造林地，設計林場和苗圃以及護林防火設施與林区交通網修築等等，都需要進行調查工作，繪制圖形或求出數據作為基本材料；至於森林工業方面，如貯木場的開辟，水運、陸運等運材道路的修築等等，更需要進行測量工作。

其他如在農田、水利、土壤、植物、地理等調查及利用方面，尤其是在國防建設上，測量學是具有特別重要的意義的。

## § 2. 測量學發展簡史

測量學是一門古老的科學。它在公元前 4,000 多年，埃及人為了治理尼羅河每年的洪水氾濫和重新劃分土地界限，就在應用着幾何學和測量學的理論和技術。

此後，由於喬芬德（公元前 4 世紀）創始了代數學，歐幾里德（公元前約 330~275 年）發展了幾何學，歐幾里德（公元前 287—212 年）發展了力學和數學，托拉梅（公元 87—150 年）發展了三角學和天文學，因此，把測量進一步引導到科學的道路上來。

隨着人類經濟和政治生活的發展，人們不斷地在測量土地，設置邊界，修築道路，建立城市和要塞，因而測量學也不斷地隨着實際需要和其他科學而發展着。

公元 1492 年哥倫布發現了美洲新大陸，証實了地球是球形的事實。因此，引起了歐洲人對制圖學及測量地球形狀和大小的興趣。梅卡托地圖投影法就是 16 世紀著名的制圖方法。整個地球的形狀和大小，其間雖然測定了很多次，但到 1744 年才由法國科學家卡西尼和戈登等最後測定，這時才肯定了地球並不是真的球形，而是兩極略扁的旋轉橢圓體。這種測量學上重大的成就，與 1616 年前後望遠鏡、鐘表、三角測量、平板儀以及數學上如解析幾何、球面三角、對數等的發明，有着密切的聯繫。

蘇聯的歷史証明：在 9 世紀時，古代俄國就曾研究過土地測量和土地描繪的問題，1739 年成立了地理局後，在俄國科學家羅蒙諾索夫（1757—1763）的領導下，進行了繪制地圖的工作。1839 年成立了普爾科伐天文台，第一任台長斯特魯佛在在論証三角測量方面作了巨大的工作。偉大的 10 月社會主義革命後，列寧曾於 1919 年 3 月 15 日簽署了成立測繪總局及其地方機構的訓令，開辦了測繪學校，30 年來由於蘇聯政府的關懷和科

学家克拉索夫斯基、伊卓托夫、莫洛金斯基、契巴塔寥夫、波波夫、特洛貝雪夫、西蒙諾夫等創造性的劳动，使苏联的測量科学，大大地前进了一步。

我国測繪工作，也有着光輝的成就。根据历史材料：周礼夏官篇“职方氏掌天下之圖以掌天下之地”和地官篇“大司徒之职掌建邦之土地之圖与其人民之数”等記載，此足証明祖国在公元前4、5世紀便有地圖的具体应用，韓非子有度篇（公元前約3世紀）中有“司南”的記載司南是我国古代最早的指南針，它是在測量工作中判定方位，联系地圖和实地最常用的仪器，这种仪器的發明，不但对古代中国的測量工作起着重要作用，即对12世紀前后欧洲人的測量工作，也起了糾正方向錯誤的重大作用。

晋武帝时（公元265—289年）裴秀創立了制圖大体，即分率（比例尺）、准望（方位）、道里（距离）、高下（高低）、方邪（坡度）和迂直（曲直），使我国的測繪工作进入了新的領域，从此測繪工作有了科学根据。

唐开元12年（公元724年）太史监南官說曾在河南一带主持子午綫的弧長測量，以測定地球的形狀和大小，这是祖国大地測量的开始。

北宋时，我国科学家沈括（公元1032—1096年）在他的梦溪笔談里曾記載了磁偏角的现象，这是地磁学上的重大發現，对校正地圖的方位，也有着重大的意义。这个發現比哥倫布第一次横渡大西洋时（1492年）才發現磁偏角的問題要早400多年。

元代郭守敬（公元1231—1316年）实测了全国緯度27点，我国地圖开始应用經緯度。明代以后，繼續进行了經緯度的測量工作，在1603年用科学方法測繪了“两仪玄覽圖”。

清康熙年間，曾进行三角和天文測量，并在1718年完成了

“皇輿全圖”，其后补测了新疆和西藏等地，彙編了“大清一統輿圖”。

清光緒21年（1895年）以后，虽先后成立了各种測繪机构，培植了測量人材，但由于帝国主义压迫和反动統治，不重視科学，到1949年全国解放为止，測繪工作沒有获得应有的發展，因而遺留下來的測繪成果也十分貧乏。

全国解放后，国家进行了有計劃地大規模的建設，在党和政府的关怀下以及苏联无私的帮助下，測繪工作已随着国家建設的需要，逐步地迅速地發展着。

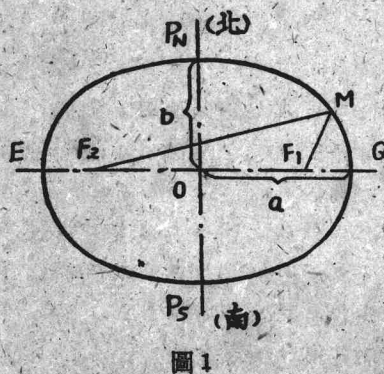
### § 3. 地球的形狀和大小

測量工作是在地面上进行的，为此必須具有地球形状和大小的概念。

地球表面虽有高山、平原、深谷和海洋等形状，但比起整个地球的大小是微不足道的。假使将地球縮小成以1公尺为半徑的地球仪，那么地球上最高的珠穆朗馬峰（高出海面8,882公尺）和最深的思登深淵（低于海面10,793公尺）在地球仪上的

起伏也不过像一顆小芝麻粒而已。所以初步研究地球的形狀問題时，我們可以将它当作一个球体，半徑为6,371公里。

作进一步地研究以后，我們就知道地球并不是真正的球形。其形状最近似一个兩極略偏的旋轉橢圓体，也就是将橢圓 $EP_NQP$ ，繞着短



軸 $P_N P_S$ 旋轉而得到的物體（圖1），短軸代表地球自轉的軸。這樣一個旋轉橢圓體我們簡稱為橢圓體或橢球。

橢圓體的大小由長（赤道的）半徑 $a$ 、短（極的）半徑 $b$ 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 等元素來決定的。

地球橢圓體的元素，已由各位科學家以不同的精度測定出來了，其中主要的有下列幾種（表1）。

地 球 元 素 表

表 1

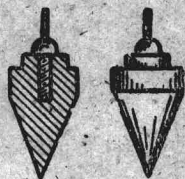
| 測 算 者  | 測 定 日 期 | 長 半 徑 $a$<br>(m) | 短 半 徑 $b$<br>(m) | 扁 率 $\alpha$ |
|--------|---------|------------------|------------------|--------------|
| 白塞爾    | 1841    | 6,377,397        | 6,356,079        | 1:299.2      |
| 克拉克    | 1880    | 6,378,249        | 6,356,515        | 1:293.5      |
| 海福特    | 1909    | 6,378,388        | 6,356,912        | 1:297.0      |
| 克拉索夫斯基 | 1940    | 6,378,245        | 6,356,863        | 1:298.3      |

應該指出：精確的地球橢圓體元素的測定，對測量科學是一個極其巨大的貢獻。海福特地球元素在1925年曾被公認為國際地球元素，我國自1932年起曾經採用過。但蘇聯學者克拉索夫斯基教授在最新的科學基礎上求得了最精確的地球元素。目前，蘇聯（1946年）和我國（1951年）都已採用。

為着研究測量工作，我們首先必須知道甚麼是鉛垂綫，水平綫、水平面和水准面，作為學習測量的人們來說，這些初步知識是十分重要的。

重力綫的方向稱為豎直綫或鉛垂綫。這個方向是用下面掛着重錘的細綫來決定的，通常我們把這綫和掛着的重量稱為垂球（圖2）。垂球是由金屬製成的，成倒立的圓錐形，在這個圓錐體的底心上鑽了一個具有螺紋綫的圓孔，圓孔內擰上空心

螺旋，用綫穿过这空心螺旋，在綫的末端打一个結，然后再擰入圓孔中。細綫延長的方向应该通过圓錐体的尖端。



垂直于鉛垂綫的一条直綫和一个平面称为水平綫和水平面。

靜止水面所表示的曲面称为水准面。此面永远与当地的重力方向即鉛垂綫垂直相交。任何与鉛垂綫成正交的光滑曲面都可以被看为水准面。因而在鉛垂綫上可以有許

圖 2



圖 3

許多多高低不同的水准面，其中用驗潮仪在海边經過多年观测而确定的平均海水面称为大地水准面。大地水准面是把海洋表面的平均位置看作为靜止的并且假想将这个表面延長穿过大陆与島屿而得出的一个閉合的表面（圖 3）。它是高程起算的标准。

#### § 4. 地面点的地理坐标和高程

由前述可知，地球的形状接近于橢圓体。地球的扁率是由于它繞着短軸很快的自轉所产生的，这軸称为地球自轉軸。地球自轉軸在地球表面上的終点称为極；北極 ( $P_n$ ) 与南極 ( $P_s$ )（圖 4）。

垂直于地球自轉軸并通过地球橢圓体中心的平面  $EQ$ ，称为地球赤道平面。

地球表面上每一点当在地球旋轉时所画出的圓周，称为緯圈。赤道是最大的緯圈，这緯圈离开兩極的距离相等。