

13.2412/119

地球的形狀和運動

王祥珩編著



商務印書館

地球的形狀和運動

王祥珩編著

商務印書館

1960年·北京

本書原由新知識出版社出版,自1959年6月起改由我館出版。

地球的形狀和運動

王祥珩編著

商 務 印 書 館 出 版

北京東總布胡同10號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第107號)

新 華 書 店 總 經 售

上 海 市 印 刷 四 廠 印 刷

統一書號 12017·39

1959年6月新1版

開本 787×1092 1/32

1960年5月上海第2次印刷

字數 60,000

印張 2 15/16

印數 1,601—8,100

定價:(7)0.28元

目 錄

第一章	地球的形狀	1
第二章	地球的大小	10
第三章	地球和太陽	16
第四章	地球的自轉	23
第五章	地球上的縱綫和橫綫	30
第六章	晝夜怎样区分	40
第七章	一天的時間怎样計算	45
第八章	怎样測量經度和緯度	58
第九章	地球的公轉	67
第十章	年和月	72
第十一章	春夏秋冬的循环	82
第十二章	气候上的五帶	87

第一章 地球的形狀

肉眼看不出整個地球

一只螞蟻爬在輕氣球上，看不出整個輕氣球的形狀。人類生活在地球上，如果光靠一雙肉眼，也看不出整個地球是個什麼樣子。在廣闊的平原上觀察四周的景物，近處的樹木、房屋和人物，雖然歷歷可數；但距離愈遠，景物就愈模糊，最後只見一片淺藍色的煙霧。實際上我們的視野有限得很，我們看得見的最遠處只有4公里左右。這塊小小的地面，還不到整個地球表面的千萬分之一，自然不能看出整個地球的形狀來了。

古代的“天圓地方”說

古代科學還不發達，交通條件又很差，因此古人就把他們所能直接看見的一小片地面當做地球的眞面目。我國有一本很古的書叫“周髀”，以為“天圓如張蓋，地方如棋局”，這是一種“天圓地方”的說法。古代希臘人以為地的形狀像一個凸起的大圓盤，盤的四周都被海水包圍着；在海洋的邊緣上，張起了圓形天幕似的天穹。這又是一種“天圓形、地扁平”的說法。

古人看見了天地相接的地平綫，以為就是大地的邊緣。因此相信天和地都是有盡頭的，盡頭處就叫做“天涯地角”；但是自古以來從沒有人到過這樣的地方。日本有些迷信的人，還相

信海和天相接的一綫以外就是陰間地府，所以駕船出海的時候，总是小心翼翼，生怕駛出那條可怖的界綫以外，永遠不得回來；但是從來沒有人超越過這可怖的一綫。

交通愈來愈發達，人們在地面上愈走愈遠，才逐漸知道大地是根本沒有邊緣的，於是推想到大地的形狀也不可能是方的或扁平的，因為方的和扁平的東西都會有邊緣存在。

古代的“地圓說”

古代也有人主張過“地圓”的學說，例如“渾天儀註”中就說“天如雞子，地如卵中黃，孤居于天內”。可惜說得還不夠明白，後來又很少有人加以研究和說明。古代希臘學者畢達哥拉斯主張地圓的學說，但找不出足夠的事實來證明，當時的人還是不肯深信。

最初比較詳細地說明地球是個圓球的人，是古代希臘大哲學家亞里士多德。他發現月食的時候月亮上面有一個黑影，邊緣成圓弧形（圖1）。因為月食就是由於地影遮月，他就斷定那黑影就是地影的一部分。由圓弧形的影子推測地球的形狀，整個“地”一定不是方的，而是一個圓球。

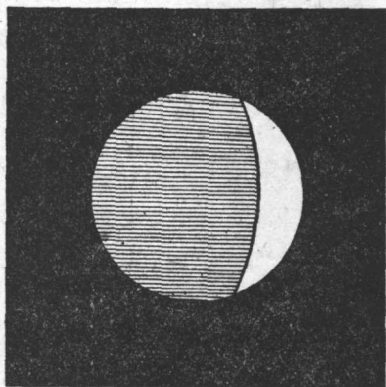


圖1 月食的時候，地影的邊緣成圓弧形。

以後，想找證據來證明地球是球形的人就漸漸多起來。

大地是球形的証明

俗話說“登高望遠”。站在廣闊的平原上，最遠只能看到 4 公里左右；爬到山上望遠，爬得愈高，眼界就愈廣闊。大約升高 20 公尺，就可以看到 16 公里左右的遠處。乘飛機飛到 1,000 公尺的高空，可以看見周圍 113 公里的地面；如果飛到 5,000 公尺的高空，就可以看到周圍 252 公里的地面。

為什麼會發生“登高望遠”的現象呢？假使大地是扁平的，那麼用遠程望遠鏡向空曠的地面望去，應該可以看得見幾十或幾百公里以外的地方；但是實際上還是不能超越 4 公里左右的距離，這足以證明大地決不是扁平的，而是球形的，因為圓球的隆起部分會阻擋視線，使我們看不見隆起部分以外的地方。試看圖 2，就可以明白離地愈高、眼界愈廣的道理。近年來科學家利用火箭飛到高空給地球攝影，更可以清楚地看出大地表面是一個大圓弧。

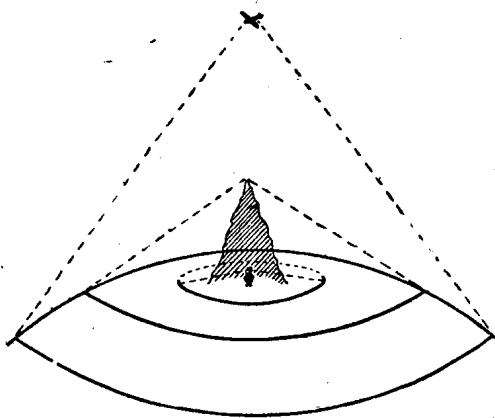


圖 2 離地愈高，眼界愈廣。

我們習慣上把天和地相接的地方叫做“地平綫”，這只是我們的一種直接的視覺。其實大地並不是平的，地平綫也沒有

固定的一綫，只要我們所在的地点有了变动，我們所看見的地平綫就会跟着变动。

古代希臘的天文学家欧多克斯發現了一个秘密：他向南走，看見北方的星逐漸低沒，南方的星逐漸升高；向北走，所見的情形恰好相反。假使大地是一个平面，那么在地面上任何地方看那顆星的高度應該是差不多相同的；現在既不是这样，可見大地并不是一个平面，而是一个圓球。我們最熟悉的北極星，在哈尔滨看起來，它位于地平綫上45度左右；向南走到广州，它位于地平綫上23度；再向南走到我國最南的領土曾母暗沙，它高出地平綫上只有4度左右。这是因为北極星的位置不变，哈尔滨、广州和曾母暗沙在圓球上的位置却不相同，所以看見北極星的高度也就不相同了(圖3)。

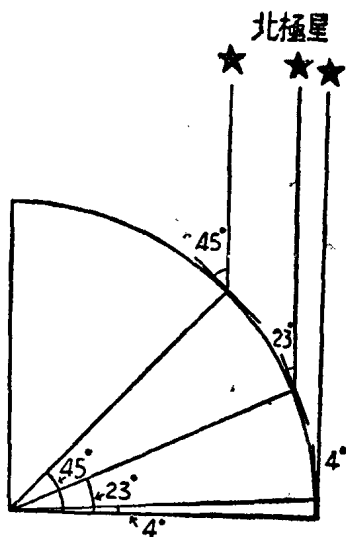


圖3 北極星的位置不变，哈尔滨、广州和曾母暗沙的地平綫却不相同，所看見的北極星的高度也不相同。

古代波蘭的天文学家哥白尼，有一次站在海边远望，看見由远处海面駛來的船，总是先見船桅，后見船身；向远处海面駛去的船，总是船身先隱沒在地平綫下，最后船桅才隱沒(圖4)。只有大地是一个圓球，凸起的圓弧擋住了我們的視線，才会有这种情形發生。我們向一座高山走去，在大約一二十公里

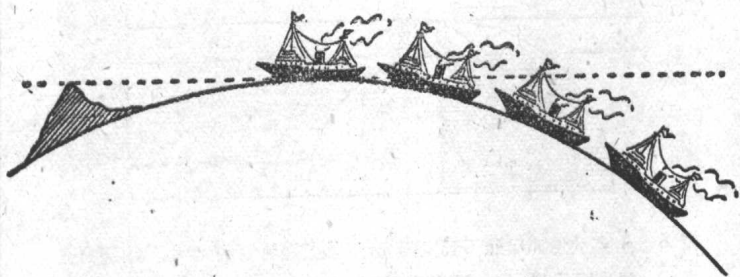


圖 4 在海岸遠望來船，總是先見船桅，後見船身。

以外，只看得見山頂，還看不見半山和山麓。繼續往前走，才逐漸看見半山的樹木，最後才看見山麓的田園和村庄（圖 5）。我們向那座高山走，那座高山就好像逐漸從地平綫下爬出來一樣。這也是地是球形的証據。

黎明太陽還沒有出來，太陽光不能照到地面，但能夠照到高空的大氣層；黃昏太陽雖然已沉沒在地平綫下，太陽光還是可以照到高空的大氣層。因此在這兩個時間里，部分的天空還是明亮的，其中一部分的亮光反射到地面上，使黎明和黃昏出現微明現象。所謂“東方發白”和“暮色蒼茫”，就是這時的景

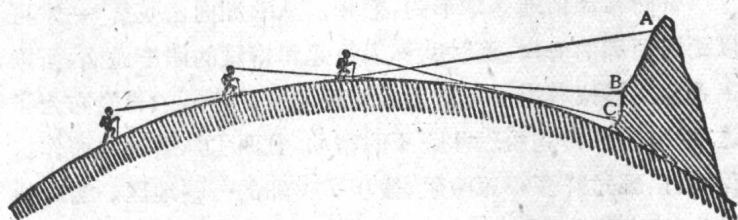


圖 5 在遠處看得見山頂，走近才看得見半山和山麓。

色。圖 6 上 A 點太陽正在落下，黃昏開始，A 點的地面已照不到太陽光，但是在虛綫所劃的大氣層里還有太陽光照耀着，

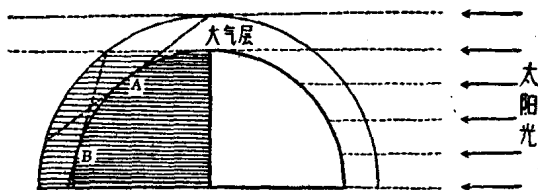


圖 6 A 点的地面已照不到太阳光，但是虚线所划的大气层里，还有太阳光照耀着。而在离开更远的 B 点，天空已是一片漆黑了。

在 A 点看这一部分的天空还是明亮的，这就是黄昏的微明现象。但是在离开更远一些的 B 点，连大气层上也看不见一丝太阳光，这时天空和大地就都黑暗了。假使大地是一个平面，天明、天黑和日出、日落应该同时发生，决不会有黎明、黄昏的微明现象。

经过种种证明，相信大地是一个圆球的人愈来愈多了。于是有人这样想：地球既然是一个圆球，沿着同一方向一直走去，不就可以环绕地球一周，从相反的方向回到原来出发的地方了吗？话虽然这样说，想用事实证明可不容易。

哥伦布深信地是球形的，他相信从欧洲向西航行，一定可以到达亚洲的海岸。当时欧洲人很想和富饶的印度通商，所以很希望能够找寻出一条较短的通向印度的新路。哥伦布为了这个目的，又得到西班牙国王的帮助，曾四次从欧洲向西作远程航行，经过许多艰难险阻，发现了美洲的一些地区。当时他以为已到了亚洲东岸，以为古巴岛就是日本。直到他逝世，他还不知道他已发现了“新大陆”。但在他逝世后不久，大家就肯定了他发现新大陆的伟绩；而且他的英勇和果敢，给后人不少启示和鼓励，从此奠定了环球旅行的基础。

真正繼承哥倫布偉業的，當推偉大的航海家麥哲倫，他是第一次完成環球航行的英雄。1519年9月，他率領了五艘西班牙兵艦沿着非洲向南駛去，渡過大西洋，到了南美洲的東岸。直到1520年，他才在南美洲的南端找到一個海峽，這就是“麥哲倫海峽”。

麥哲倫率領的艦隊通過麥哲倫海峽以後，又到了茫茫的大洋中。這一段航程風平浪靜，因此麥哲倫把這個大洋叫做“太平洋”。但是整個航程卻是非常艱苦而危險的：艦隊無限期中駛向不可知的遠方，船員們發生了抗拒思想和暴動，在荒涼的礁石和海島上，找不到淡水和食物的補充，疾病和死亡嚴重地威脅着船員們的生存。由於麥哲倫的英勇和堅定，艦隊才能繼續前進，終於在1521年發現了一群新的島嶼，這就是菲律賓群島。

這裡離開亞洲東岸愈來愈近了，麥哲倫的理想快要實現了，但當他到達菲律賓群島後，島上的居民為了反對他的占領企圖而和他作戰，把他殺死了。剩下的船員繼續向西航行，橫渡印度洋，繞過非洲南端，於1522年9月回到西班牙的海港。原有的五艘兵艦，剩下的只有一艘。他們第一次完成了環繞地球的偉業，以親身經歷的事實証明了地球是球形的。

在我們這個時代，已可以用高速飛機作環球旅行。飛機從北京向西飛行，經過莫斯科、華沙、柏林、倫敦，橫渡大西洋，再經過紐約、舊金山，然後橫渡太平洋，經過檀香山和東京，就可以在三天之內從東方飛回北京來。從此以後，地圓的學說再沒有人懷疑了，“地球”這一名稱也就確定下來了。

地球是一个不規則的球体

地球虽然是一个圓球，但是不像皮球那样渾圓光滑，而是一个不規則的球体，叫做“地球形体”。

十七世紀末，英國的物理学家牛頓，根据理論上的見解，認為地球由于環繞地軸自轉，赤道地方旋轉的速度最大^①，發生的離心力也應該在赤道地方最大，因此地球在赤道部分較為膨脹凸起，兩極地方較為扁平，成了一個因迴轉而成的橢圓形球体，叫做“迴轉橢圓体”。

牛頓這個假說，經過科學家長期間精密的測算，知道地球在赤道地方的半徑較兩極地方的半徑大約要長 21.5 公里，確是一個兩極扁平的橢圓体。

但是後來再經過科學家更精密的測量，才發現地球並不是一個真正的“迴轉橢圓体”。因為一個“迴轉橢圓体”應該是緯綫正圓，經綫橢圓；但測算的結果，赤道的形狀也有些帶橢圓形，經綫也有近似正圓的，並不像想像中那樣整齊。這樣看來，地球是一種不規則的，近似迴轉橢圓体的球体，這種球体，無以名之，只好稱為“地球形体”。

話雖這樣說，實際上極地半徑比赤道半徑只短了約 21.5 公里，相差僅三百分之一，如果我們照這扁平率做一個半徑 300 公分的地球儀，那麼兩極半徑比赤道半徑所短還不到 1 公分，扁平率是很微小的。經緯綫的曲率相差也很小，緯綫最大的一圈（赤道）和經綫最大的一圈比較，僅長了五百分之一。所

① 赤道的圓周最大，愈接近兩極圓周愈小，每一晝夜自轉一周，所需要的時間都是 24 小時，赤道上圓周既然是最大的，所以旋轉得最快。

以地球和一个真正的球体大致上还是相差无几的。

从地球表面的实际形状看来，最不易使人相信地球是一个和真正球体相差无几的球体，因为地球表面有凸起的高原和山地，也有低凹的平原和盆地，还有更低平的海洋和湖泊，所以到处都显出凹凸不平的样子。世界最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8,882 公尺；世界最深的海渊，在太平洋上的马里亚纳群岛和加罗林群岛之间，深达 10,960 公尺（近 11 公里）^①，最高和最深相差几乎达 20 公里，在人们的眼睛看来，这种凹凸是很大的了。但是地球上最高的山峰，还不及地球直径的一千四百分之一；最深的海渊，也不及地球直径的千分之一，这样一点点的凹凸，从整个地球看来，算得什么呢？所以它虽不像皮球那样浑圆，大致看来还是一个圆球，就像一个橘子的粗糙表皮的一些凹凸，并不会破坏橘子的圆形一样。

① 苏联考察船“勇士号”最近用无线电探测器探测出的深度。

第二章 地球的大小

怎样测量地球的大小

人們自从相信地球是一个球体以后，对于测量地球的大小便發生了很大的兴趣。但是地球实在太龐大了，想直接测量出整个地球的大小是有困难的，只有一面直接测量地球表面一部分地方，一面运用数学的方法計算，才能推算出整个地球的大小來。

在公元前 200 多年，有一位希臘的数学家和天文学家埃拉托斯芬，他不但主張地是圓球形，而且第一次用测量方法推算出地球的大小。他原來住在埃及的亞歷山大港，亞歷山大港以南的西耶納（即現在的阿斯旺）有一口很深的枯井，每年“夏至”（6 月 22 日）那一天的正午，太陽光能够一直射到井底^①，但是过了这一天，太陽就射不到井底了；而且在这一天，亞歷山大港正午的陽光并不是直射的，物体在太陽光下是有陰影的。他就用一根很高的柱子，垂直地立在地面，測出亞歷山大港在夏至那天正午，太陽光射到地面时，由天頂向南傾斜了 7 度 12 分（即 7.2° ）。这 7 度 12 分的相差，正是西耶納和亞歷山大港兩地在地球弧形地面上的距离（圖 7）。

① 西耶納（阿斯旺）的位置正在北回归綫上，夏至那一天，太陽正好直射那里的地面，所以太陽光能直射到井底去。

当时埃拉托斯特尼认为西耶纳和亚历山大港同一条经线上^①。在这两个城市之间，有一条古代的通商大道，无数商队赶着骆驼来往不绝，经过长时间的实地推算，知道这两个城市间的距离是 5,000 希腊尺。

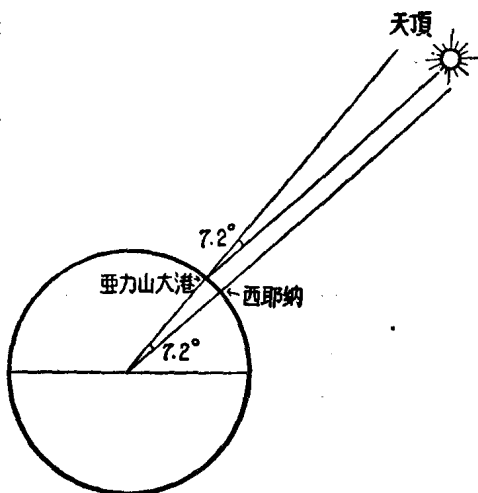


图 7 最初测量地球大小的方法。

这么一来就好办

了。由西耶纳到亚历山大港的距离是 5,000 希腊尺，在地球表面上相差 7 度 12 分；地球的圆周是 360 度，这 7 度 12 分恰好是整个地球圆周的五十分之一，就是说西耶纳到亚历山大港的距离正是整个地球圆周的五十分之一。既然五十分之一等于 5,000 希腊尺，整个地球圆周的长度就可以这样计算出来：

$$5,000 \times 50 = 250,000 \text{ 希腊尺。}$$

希腊尺的长度，现在已无法查考。根据比较可靠的计算，250,000 希腊尺等于 39,816 公里，这数字和目前计算出来的地球圆周比较，只略为小一点。远在 2,000 多年前，测量的器具很不精密，测量的方法也很原始，能够测出这么一个相当接近实际的数字，实在是一件了不起的大事！

我国在 1,300 多年前，也有人注意到怎样测量地球的大

① 其实西耶纳在亚历山大港以东 3 度的地方。

小。隋朝有一位科学家刘焯，他主張在同一經綫上的兩個地方，利用日影長度的相差，找得兩地緯度相差的度数。再計算出緯度每一度有多少里，就可以計算出地球圓周和半徑的長度來。他这种測算法原來是很正确的，可惜当时的封建帝王——隋煬帝不重視科学，沒有采納他的建議，使他无法实现他的偉大理想。

以后，科学家會运用相似的方法，測算过地球的大小；还利用三角測量法作比較精密的測算，地球的大小已有了更确实的数字，并且在 1924 年經過国际協議，作了統一的規定。

地球的半徑、圓周和面積

地球是一种近似“迴轉橢圓体”的球体，赤道部分較為膨脹凸起，兩極地方較為扁平，由赤道地方到地球中心的半徑，比較兩極地方到地球中心的半徑要長一些。根据实测，赤道半徑長 6,378.4 公里，極半徑長 6,356.9 公里，兩者相差 21.5 公里。人类为了开采礦產，在地面掘了礦井，我們乘升降机下到礦井里，似乎入地已經很深了，但是实际上世界上最深的礦井不过深入地底 1.5 公里左右，要到地心还有很远的路程。

地球的圓周不是各处一样長的。赤道大圈因为地球膨脹凸起，圓周比較長，全長为 40,076.6 公里。通过兩極的經綫大圈，因为地球兩極扁平，圓周比較短，全長为 40,009.1 公里。說得明白些，沿着同一方向环绕地球一周，不管向哪一个方向出發，全部路程总在 40,000 公里以上。如果我們从亞洲最北的半島尖端——車留斯肯角一直向南飛行，飛到亞洲最南的大島爪哇，要經過苏联、蒙古、中國、越南、泰國、馬來亞、印度

尼西亞等國家，全部航程約達 9,800 公里，這是多么遙遠的路程！但如果想繼續向前飛行，環繞地球一周，那麼這一段路程還沒有達到全部路程的四分之一。

整個地球圓周這樣長，如果我們搭火車環繞地球一周，火車的速度是每小時 50 公里，並且是片刻不停，也需要走 33 個晝夜。假使有人以每日 50 公里的速度步行，環繞地球一周，所需的时间大約是兩年又兩個多月。

地球表面的總面積是 510,100,934 方公里，差不多有 49 個歐洲那樣大。

地球在宇宙間的地位

地球的半徑這樣長，圓周這樣大，面積這樣廣，可是在人們眼中那麼龐大的地球，在宇宙間卻是一顆非常渺小的行星。

在晴朗無雲的晚上，仰望廣闊遼遠的天空，就會看見無數的星星，有些較大，有些較小；有些排列得很密，有些排列得很疏；有些發出很亮的白光，有些發出黯淡的紅光。

天文學家為了研究的方便，把滿天的星星分成兩個部分：絕大部分的星星都是恆星，只有極小一部分是屬於太陽系的行星和衛星。

我們最熟悉的一顆恆星就是太陽。它距離地球最近，所以看來就顯得特別大、特別亮、特別熱，就像一個巨大的火球掛在天空。還有千千萬萬顆恆星，都能夠自己發光，就像千千萬萬顆太陽一樣，有許多比太陽還大上幾千幾萬倍，所發出的光也強得多，例如天鵝座有一顆恆星叫“天津四”，它的體積是太陽體積的 64,000 倍，它的光是太陽亮度的 10,000 倍。只