

蔣友仁(Michael Benoist) (1715-1774)法國

西洋四附

疇人傳卷第四十六

蔣友仁

蔣友仁，乾隆二三十年間入中國。進《增補坤輿全圖》及新製渾天儀。奉旨翻譯《圖說》，命內閣學士兼禮部侍郎何國宗、右春坊右贊善兼翰林院檢討錢大昕爲之詳加潤色。

其《坤輿全圖說》言：天體渾圓，地居天中，其體亦渾圓也。地圓如球，今畫大地全圖，作兩圈界，以象上下而半球，合之即成全球矣。大地之經緯度各分三百六十，與天度相應，而以天上相應之處名之。如圖之上下頂衝兩點，與天之南北兩極應者，亦名南北兩極；橫線平分南北爲兩半，與天上赤道應者，亦名赤道。餘線倣此。經線以赤道爲主，平分赤道爲三百六十度，每度各作一橢圓之弧，上會于北極，下會于南極，以象地周三百六十經度，此線即爲各處之子午線。緯線以子午線爲主，平分子午線，爲三百六十度，每度各作一圈，惟赤道爲大圈，漸遠赤道則漸小，至南北二極則合爲一點，以象地球，南北各九十距等圈，是爲緯度。

其論測量地周新程，言：凡圓形有二，一爲平圓，一爲橢圓。設經圈爲平圓，則分全圓三百六十度，其容積皆等。自古天文家但論地爲圓形，未察此圓形何類。今西士以新製儀器，屢加推測，則疑地球大圈未必是平圓形，而其度所容之遠近亦未必相等。以故拂郎濟亞國王特遣精通數術之士，分往各國，按法細測南北各度所容之里數。自近赤道者，自近北極者，自居北極赤道之中者，凡三處，測其高度之容。近赤道則狹，漸離赤道則漸寬，由此推得地球大圈之圓形不等，止赤道爲平圓，而經圈皆爲橢圓。地球長徑過赤道，短徑過兩極，短徑與長徑之比例，若二百六十五與二百六十六。設如修地球或坤輿圖者，命過赤道徑二尺六寸六分，則過極徑止二尺六寸五分。然斯差微小，而于修地球或地圖，或可不論也。按京師營造尺，一里得一百八十八丈，而新法測得赤道各度一百九十二里七十八丈九尺七，經圈上之初度一百九十里一百十八丈三尺，第四十度一百九十一里九十五丈四尺，第九十度一百九十二里一百四十六丈八尺。總合經圈上諸度之里數，則得經圈周圍六萬九千零二十四里一百零二丈七尺。

其論七曜序次，言：自古天文家推七政躔離行度，其法詳矣。西士殫其聰明，各自推算，乃創想宇內諸曜之序次，各成一家之論。今姑取其緊要四宗，以齊諸曜之運動而已。第一，多祿某論地爲六合之中心，地周圍太陰、水、金、太陽、火、木、土及恆星，各有本輪，俱爲實體，不相通而相切。本輪之外，又有均輪。七政各行于均輪之界，而均輪之心又行于本輪之界。然此論不足以明七政運行之諸理，今人無從之者。第二，的谷論地爲六合之中心，地周圍太陰、太陽及恆星，各有本輪，隨地旋轉，水、金、火、木、土五曜之本輪則以太陽爲心。而本輪之上，俱有均輪。第三，瑪爾象論地爲六合之中心，不距本所，而每日旋轉一周于南北兩極，地周圍太陰、太陽及恆星。旋轉太陽周圍，水、金、火、木、土之輪。以上二家，雖有可取，然皆不如歌白尼之密。第四，歌白尼置太陽于宇宙中心，太陽最近者水星，次金星，次地，次火星，次木星，次土星。太陰之本輪繞地球。土星旁有五小星繞之，木星旁有四小星繞之，各有本輪，繞本星而行。距斯諸輪最遠者，乃爲恆星天，常許不動。按歌白尼敘諸曜之次，蓋本于尼色達之論，而歌白尼特闡明之。繼之者有刻白爾、奈端、噶西尼、辣喀爾、肋莫尼，皆主其說。今西士精求天文者，並以歌白尼所論序次推算諸曜之運動。歌白尼論諸曜，以太陽靜、地球動爲主。人初聞此論，輒驚爲異說，蓋止恃目證之故。今以理明之。如人自地視太陽、太陰，謂其兩徑相等，而大不過五六寸，若以法推，則知太陽之徑百倍大于地球之徑，而太陰之徑止爲地球徑四分之一也。人自地視太陽，似太陽動而地球靜。今設地球動，太陽靜，于推算既密合，而於理亦馬無礙。試舉一二端以驗其理。其一曰，人在地面，視諸曜之行，皆環繞地球，而地似常靜不動，究不可以爲地靜而諸曜動之據也。譬如舟平浮海，舟中之人見舟中

諸物遠近彼此恒等，則不覺舟行，而視海岸山島及舟以外諸物時近時遠、時左時右，則反疑其運動矣。今地球及地周圍之氣，一無阻礙，運動均勻，人在地面上，視周圍諸物之遠近恒等，則不能覺地之運行，而視地球外之諸曜，見其時上時下、時左時右，則謂諸曜繞地球而旋行。其二曰，雖設地動而太陽靜，自地視之，必似太陽動而地靜。然以斯二者推太陽出入地平之度，其數必相等。如太陽西行繞地，太陽在卯，則見太陽出地平；太陽自卯向午則漸升，自午向酉則漸降；太陽至酉，見太陽入地平；太陽行地平之下，自酉過子，復至卯，又出地平。此太陽動而地靜之說也。今設太陽常靜不動，而地球左行，自東往西，旋轉於本心，則視太陽似升降出入於地平，與前無異。其三曰，太陽本為光體，月、水、金、火、木、土六曜皆為暗體，借太陽之光以為光，與地球相似。設有人在太陰及他曜面上，則其視地球，亦如地面上之視太陰，有時晦，有時光滿，有時為上下弦。此理凡通天文者皆知之。今六曜既皆似地球，豈有六曜及太陽循環地球，而獨地球安靜之理乎？不如設太陽于宇宙中心，而地球及其餘游曜皆旋繞太陽，以借太陽之光。斯論不亦便捷乎？又言水、金、地、火、木、土六曜之本輪旋繞乎太陽，太陰之本輪旋繞乎地球，而土、木二星又各有小星之本輪繞之。然太陽、地球、土、木非為各本輪之中心，而微在其一偏。其相距之數，名為兩心差。歌白尼將此諸輪作不同心之圈，而刻白爾細察游曜之固然，證此諸輪皆為橢圓。橢圓有大小二徑，並有三心，即中心及兩偏心。若知大小兩徑之比例，或兩心差，則可畫橢圓之式。又言水、金、地、太陰、火、木、土，並木、土周圍九小星，皆有而運動，一循行其本輪，一旋轉於本心。太陽雖無本輪，亦如他游曜旋轉于本心。既設地球之兩運動，若地球於本心，每日東行一周，則諸曜在地周圍似每日西行一周，地西行一年一周輪，則太陽似東行一年一周天。

其論恒星，言：恒星在天，終古常靜不動。自地視之，似有兩種運動，皆因地球旋轉之故。每九十五刻一分四秒，恒星似西行一周，蓋此時地球於南北兩極之軸東行一周故也。每七十二年，恒星與黃道南北兩極似東行約一度，蓋此時地球兩極之軸漸轉，微偏約一度也。七政體之大小及距地之遠近，天文家皆能測知其數，惟恒星不然，因其距地最遠，雖細加測量，僅知其大小遠近不等而已。又恒星本各有光，其中多有較太陽更大者。恒星距地最遠，故地球並地球本輪之徑，自恒星天視之，僅如微點。地球行本輪之時，其南北二極恒向於天之南北二極，在地雖相距有遠近，以應恒星天之兩極，常若無二。

其論諸曜徑各不同，言：天文家測量七政遠近大小不等，取規于地球半徑，若測量土、木旁九小星，取規于本星之徑。既知地徑之里數，由此可推知他曜遠近大小之里數。地徑二萬八千六百五十里。徑較于地徑，日一百倍，水三分之一，金等，月四分之一，火五分之一，木十倍，土十倍弱。取規于地半徑：水距日最遠一萬零二百七十四，最近六千七百五十四；金距日最遠一萬六千零六十，最近一萬五千七百九十六；地距日最遠二萬二千三百七十四，最近二萬一千六百二十六；月距地最遠六十二，最近五十四；火距日最遠十一萬九千九百，最近十萬八千九百；土距日最遠二十二萬一千八百七十，最近十九萬七千八百零四。旋轉于本心：日二十五日四十八刻，金九十三刻五分，地九十五刻一分四秒，月二十七日，火一日三刻十分，木三十九刻一分。循行一周輪：水八十七日九十三刻七分，金二百二十四日六十七刻三分二十秒，地三百六十五日二十三刻三分五十七秒，月二十七日三十刻十三分五秒，火六百八十六日九十四刻零三十秒，木四千三百三十二日四十八刻，土一萬零七百五十九日三十二刻。自地視徑：日三十二分五秒，水七秒十五微，金一分十七秒三十微，月二十八分四十六秒，火八秒六微，木三十七秒十五微，土十六秒。自日視徑：水二十一秒，金三十秒，地二十五秒，火十二秒，木三十七秒，土十六秒。橢圓之比例：水長徑七千七百四十二，短徑七千五百七十，兩心差八百一十；金長徑一萬四千四百七十二，短徑一萬四千四百七十一，兩心差五十二；地長徑二萬，短徑一萬九千九百九十七，兩心差一百六十八；火長徑三萬零四百七十四，短徑三萬零三百四十二，兩心差一千四百一十五；木長徑十萬零四千零二十，短徑十萬零三千八百九十九，兩心差二萬五千零五十一；土長徑十九萬零七百五十八，短徑十九萬零四百四十八，兩心差五萬四千二百九十八。

其論春夏秋冬，言：歌白尼論春夏秋冬四季之輪流，亦由地運動而所生。地球所

循之本輪相應于渾天之黃道，地兩極之軸斜行於黃道之軸，而地赤道斜行於本輪，各二十三度半，是為黃赤距緯。地循本輪，其軸恒斜，而其極恒向天之兩極。設地球之與太陽應者，在赤道北二十三度半，此處見太陽於天頂，此時地旋轉於本心，則見太陽于夏至圈，繞地左行，北方之晝長，南方之晝短。夏至後第八日為太陽最高之時，因此時地距太陽最遠故也。地循本輪與太陽應者，漸近赤道，太陽正當地之赤道，此時地旋轉於本心，則見太陽於赤道圈旋行，而晝夜適平。秋分後地球與太陽應者，漸距赤道向南，在赤道南二十三度半，此時地旋轉於本心，則見太陽於冬至圈，繞地左行。冬至後第八日，是為太陽最卑之時，因此時地距太陽最近故也。地循本輪與太陽應者，漸近赤道，則見太陽于赤道圈旋行。地行本輪一周，人從地面視之，則見太陽于黃道上循行一周，而為一歲也。太陽之視徑大小，太陽之視行盈縮，隨時不等，皆自地兩運動而生。

其論太陽，言：太陽之光雖大，其面上每有黑點，或一或二，或三四不定。其點初小漸長，然後漸消，以至於盡。黑點或多且大，則能減太陽之光。此點特在太陽之面，究不審其何物。然視其自此往彼，每以二十五日半復歸於原所，則知太陽二十五日半旋轉於本心一周。太陽每一日似西行繞地一周，每一歲似東行一周，然此兩動，非太陽之實動，乃由地球旋轉於本輪而生。

其論太陰，言：太陰及五星之體皆無光，借太陽之光以為光。若以望遠鏡望太陰之面，則見其黑暗之處，似山林湖海，及地面上所有之物。太陽之光，照太陰之面，其點皆生黑影。於太陽正對處，測其所生之影，則知太陰面上之山，其高過于地面上之山也。太陰面上黑點，各有定所，天文家各以名命之，以為考驗東西經度之用。設如太陰食而入地影，或地影相切於太陰面上某黑點，雖無先後，然其虧復各分限時刻，各處俱不等。若知兩處時刻相差幾何，即知兩處東西經度相距幾何。如人在京師，觀月食初虧及地影相切於某黑點在子初二刻三分，又有人在伊犁觀月食初虧及地影相切於某黑點在亥初一刻二分，兩處時差為兩小時一刻一分，以每時行度之率推之，得三十四度，即伊犁距京師西之經度。

其論五星，言：水、金、火、木、土之體，與地球相似。其向日之半球恒明，背日之半球恒暗。金、水二星，自地視之，有朔望、上下兩弦，順合如月之望，退合如月之朔，東西大距如月之上下弦。但人以目視之，不覺其變，若以望遠鏡窺之，可得金星朔望兩弦之象。惟水星距太陽最近，其體又微小，故難以分耳。土、木、火三星，自地常視其光面。獨火星距地九十度時，自地視其光面稍背，似月望前後兩日，因火星距地近故也。土星旁有五小星，各有本輪，繞土星而行，如金、水二輪之圍繞太陽。各小星行之遲疾，隨其輪之大小不等。第一星行一日八十五刻，第二星行兩日七十刻，第三星行四日四十九刻，第四星行十五日九十刻，第五星行七十九日三十一刻，俱循本輪一周。木星旁有四小星，各有本輪繞木星而行。第一星行一日七十三刻，第二星行三日五十二刻，第三星行七日十四刻，第四星行十六日六十六刻，俱循本輪一周。土、木兩星既全為暗體，必於太陽相對之處生影，其周圍諸小星之體亦無光，光借於日，故人本星之影則食。木星旁四小星，以遠鏡望之易見，又其食最繁，每日或一或二，可視其出入本星之影，故用此以定各處之經度，與月食同理。又以遠鏡望土星之體，有一光圈，似渾天儀之地平。此圈隨時變更，未審其為何物。按歌白尼所定諸曜次第，五星皆如地球，繞日順行於橢圓形之本輪，其行一周之遲速不等，由其距日遠近而生。水星距日最近，故其循本輪最速，八十八日而一周。土星距日最遠，故其循本輪最遲，計二十九年零一百五十五日而一周。太陽在五星諸輪之一偏心，凡各星相等之時，所循本輪弧之面積亦相等。設自太陽視之，諸星雖遲速不等，而皆為順行；若自地視之，則見其有留退等變。然此變非諸星之變，乃自地本輪半徑差所生也。其變有二類，由星輪在地輪內外不同之故，各有圖詳之。

其論客星，言：《明史》曰：“客星者，言其非常有之星，殆諸異星之總名。若客星不發光芒，則曰客星。若發光芒，則曰孛、彗長。”今按客星之體，非地氣上升，亦並非妖瑞之兆，第如諸恒星及游星之體。其行於天上也，亦如游星行於本輪。客星之本輪為橢圓形，太陽在其一偏心。客星距地遠，故自地不見；距地近，故自地可見。相等之時，其所行本輪弧之面積皆相等。星行本輪之弧愈大，而行愈速。又橢

圓之長徑愈長，則其行一周愈遲。故客星或五六十年止行一周，止見一次。古今懼客星爲災，因未明其實理耳。茲千百餘年來，已測得五六客星再見之準策。日後屢測諸客星之見，庶可得其一定之數，并隱見之諸策也。

友仁明水法，在養心殿造辦處行走。

(《地球圖說》)

論曰：古推步家齊七政之運行，於日躔日盈縮，於月離日遲疾，於五星曰順留伏逆，而不言其所以盈縮、遲疾、順留伏逆之故。良以天道淵微，非人力所能窺測，故但言其所當然，而不復強求其所以然，此古人立言之慎也。自歐邏向化遠來，譯其步天之術，於是有本輪、均輪、次輪之算，此蓋假設形象以明均數之加減而已。而無識之徒以其能言盈縮、遲疾、順留伏逆之所以然，遂誤認蒼蒼者天果有如是諸輪者，斯真大惑矣。乃未幾，而向所謂諸輪者，又易爲橢圓面積之術，且以爲地球動而太陽靜，是西人亦不能堅守其前說也。夫第假象以明算，則謂爲橢圓面積可，謂爲地球動而太陽靜，亦何所不可？然其爲說至於上下易位，動靜倒置，則離經畔道不可爲訓，固未有若是甚焉者也。地谷至今才百餘年，而其法屢變如此。自是而後，必更有於此數端之外，逞其私知創爲悠謬之論者，吾不知其伊於何底也。夫如是而曰西人之言天能明其所以然，則何如曰盈縮、曰遲疾、曰順留伏逆，但言其當然而不言其所以然者之終古無弊哉。