

淡

美

五

談

天

錢塘洪葆榮書



光緒丙申夏上
海著易堂石印

西士言天者曰恆星與日不動地與五星俱繞日而行故一歲者地球繞日一周也一晝夜者地球自轉一周也議者曰以天爲靜以地爲動靜倒置違經畔道不可信也西士又曰地與五星及月之道俱係橢圓而歷時等則所過面積亦等議者曰此假象也以本輪均輪推之而合則設其象爲本輪均輪以橢圓面積推之而合則設其象爲橢圓面積其實不過假以推步非真有此象也竊謂議者未嘗精心攷察而拘牽經義妄生議論甚無謂也古今談天者莫善於子輿氏苟舉其故之一語西士蓋善求其故者也舊法火水土皆有歲輪而金水二星則有伏見輪同爲行星何以行法不同歌白尼求其故則知地球與五星皆繞日火水土之歲輪因地繞日而生金水之伏見輪則其本道也由是五星之行皆歸一例然其繞日非平行古人加一本輪推之不合則又加一均輪推之其推月且加至三輪四輪然猶不能盡合刻白爾求其故則知五星與月之道皆爲橢圓其行法面積與時恆有比例也然俱僅知其當然而未知其所以然奈端求其故則以爲皆重學之理也凡二球環行空中則必共繞其重心而日之質積甚大五星與地俱甚微其重心與日心甚近故繞重心卽繞日也凡物直行空中有他力爰加之則物卽繞力之心

而行而物直行之遲速與力之大小適合平圓率則繞行之道爲平圓稍不合則恆爲橢圓惟歷時等所過面積亦等與平圓同也今地與五星本直行空中日之攝力加之其行與力不能適合平圓故皆行橢圓也由是定論如山不可移矣又誰以距日立方與周時平方之比例及恆星之光行差地道半徑視差而地之繞日益信證以煤坑之墜石而地之自轉益信證以彗星之軌道雙星之相繞多合橢圓而地與五星及日之行橢圓益信余與偉烈君所譯談天一書皆主地動及橢圓立說此二者之故不明則此書不能讓故先詳論之

咸豐己未重陽後八日海甯李善蘭序於崑山舟次

如氣不能辨爲星之聚設異日遠鏡更精今所見者俱能辨恐更見無數遠星氣仍不能辨也如是累推不可思議劫法亦然月繞行星行星繞太陽近代或言太陽率諸行星更繞他恆星與雙星同然則安知諸雙星不又同繞一星而所繞之星不又繞別星耶如是累推亦不可思議偉哉造物神妙至此蕩蕩乎民無能名矣昔大闢有詩曰觀爾所造之穹蒼又星月之輝光世人爲誰兮爾垂念之人子爲誰兮爾眷顧之夫大闢所見天空理非甚深也尙歎欣贊歎不能自己况我人得知天空如此精奇神妙耶夫造物主之全智鉅力大至無外小至無內罔不蒞臨罔不鑒察故人雖至微無時不蒙其恩澤試觀地球上萬物莫不備具人生其間渴飲饑食夏葛冬裘何者非造物主之所賜竊意一切行星亦必萬物備具生其間者休養樂利如我地上造物主大仁大慈必當如是也設他行星之人類漁樵未離與天合一見我地球天性盡失欺僞爭亂厥罪甚大而造物主猶不棄絕令愛子降生舍身代贖當必贊歎造物主之深仁厚澤有加無已而身受者反不知感激圖報可乎余與李君同譯是書欲令人知造物主之大能尤欲令人遠察天空因之近察已躬謹謹焉修身事天無失秉彝以上答宏恩則善矣

談天

凡例

一此書原本爲侯失勒約翰所撰約翰昔爲英國天學公會之首其父曰維廉日爾曼之阿諾威人遷居英國專精天學不假師授有盛名維廉有妹曰加羅林相助測天功亦不細約翰有子亦名約翰乃印度軍中之武官卽有博學之名其次子名亞力已勤習天學而今卽大學內之一師也侯失勒氏言天者凡五人學者勿混爲一云

一此書原本咸豐元年刊行其後測天家屢有新得今一附入如小行星最後有如同治十年所得者又有論太陽等事說非原書所有而由重刊之本文新譯之也一凡年月日時原本皆用西國法準倫敦經度今用中國法準順天經度譯改以便讀者如第八百二十三條中本文爲耶穌降世一千八百四十六年正月三日○時九分五十三秒今譯改道光二十五年十二月初六日戊初三刻十分四十七秒是也亦間有用各國本地時者如第五百九十條中午後三小時六分若改用中國時則在夜中不能見日與下文測見其中體距日心句不合故仍原文也

一中國步天黃經赤經皆用度分西國黃經用度分赤經用時分例見第九十一一百零八一百零九三條今間依中法亦譯改度分如八百二十九條本文爲十六小時五十一分一秒五今譯改二百五十二度四十五分二十二秒五是也

一凡數皆直書單位下帶小數則以·別之如三百五十條·〇一六七九其小數卽十萬分之一千六百七十九也間有橫書者則因與代數記號相雜依代數例不便直書也

一凡度里尺諸數皆遵數理精蘊每度二百里每里一千八百尺近代西國細測地球密推赤道徑得英尺四千一百八十四萬八千三百八十赤道周得英尺一億三千一百四十七萬五百六十五以三百六十度約之則一度得英尺三十六萬五千一百九十六破一度爲中尺三十六萬乃以一度之英尺爲一率一度之中尺爲二率一爲三率求得四率〇九八五七七是英國一尺爲中尺九寸八分五釐七毫七絲也凡原文英尺譯改中尺俱準此又英國一里得英尺五千二百八十中國一里得英尺一千八百二十五九八依此推得英一里當中國二里八九一六凡原文英里譯改中里俱準此

一中國天圖有新舊二種舊圖與步天歌合新圖與經天
該合書中諸星凡舊圖所有者則云某座第幾星如角
宿第一星之類是也若舊圖無而新圖所有者則云某座
增第幾星如老人增第二之類是也若二圖俱無則或
云近某星如近外屏第三星之類是也

僕失勒約翰傳

僕失勒約翰英國斯羅人也天性開明父曰維廉以博學聞尤精天文維廉有妹加羅林亦頗慧維廉歿天輒輻相之約翰自幼見父若姑朝夕營營以測望爲事耳目濡染既久稍長遂能一一詳說其理約翰童時嘗問其父曰萬物之中何者最古父曰爾以何爲最古約翰所答父不然之因俯取一石子示之曰有古於此石子者乎他日父問之曰何物何類絕相似約翰默思移時曰一樹之葉皆相似焉父命拘葉令於中擇二葉絕相似者以呈約翰辭無可擇由是知物雖同類終無恰似者家庭問答一若無甚相關然推此而知萬物之中有幾種可合爲一類而又可各分其本性後約翰論物理格物性一本於此此實佳種播於心田發生滋長以得佳果非細事也年既長入以教之大學離家近常省其母未幾爲同學所假每憐之延師家課學日進嘗讀書能各國方言又精音律名漸著每曲全其師評譚然師教殊不靈敏約翰曾言幾何原本雖能背誦而精意茫然此未能受益於師之證焉年十七入塔比日大書院學益精院師令學者治奈端萬物總理一書書俱賦了文師適日用之篇譯以英文授諸生各手錄一本以便誦習約翰必合本文以研究不拘拘於英文也蓋

其生平之學必包舉全體不安小就可概見矣院中因推選約翰爲第一比各格次之亦有聲當時者約翰初入院時算理諸學教法尙未盡善既而武賈斯首創新規以去弱更強然亦非因其甚深諸論僅以三角術一本開導後學此書成於約翰進院之年以資探索未幾白撰一書其理一本武賈斯說蓋名未立時輔武賈斯以立室及學大成專心教學者令知新理與同學二人共譯微分學論其書妙緒理生未附有眼較數法一篇此不獨堪比日一院受其益卽通國皆奉爲圭臬也其後三人又另備精理推算諸式約翰所附爲有限較數說罷拔起所附爲面數方程理從此英之數學家相繼而起推算精微不讓歐洲諸大家約翰之功也嘉慶十七年著書一章由其父呈王立公會所論微分奧義本武賈斯三角術書所引費愛他之術而引伸之更得精深之理焉十九年選爲會士復作一論自呈公會刊入本年載冊此論發明詳推諸例縷晰相生之函數皆本拉白拉斯所傳深思而得之者細玩此論可知其用心所在實本於童年悟徹石葉二喻其言曰此時算理詰論略已美備用勸天算之家毋偏守各門之精意須綜乎至公之大道推其宗旨在約萬物之繫統歸於一理雖此別有所著言算學其推法極精微在書院名既

著即赴倫頓學律例約翰之性好全不好偏好公不好私
居恆當由萬殊索一本即一本貫萬殊而律例之道在公
而直行之卒不免曲而私與素性不合意不屑遂舍去已
而過武喇斯頓蒐德二人武喇斯頓精化學及萬物總理
約翰聞其議論大悅之引爲他山之助最後治天學自云
非特性所近且可述父之業故其平生習化學究光理然
不專於此反潛心於天學用以續承遺緒蓋孝道焉二十
四年又著書一卷論輕礮強酸諸和刊入格物月冊中內
言礮礮之本性昔待味所制照像事未得定畫之法所照
過光即飛倘已知其業性則預於二十五年而制照之法
已成既又著一卷論光學表明萬物一貫之公理究凡平
面紋之理推悟螺錙錫成五采之故又著一卷亦論光學呈
王立公會卷中研究諸雙軸水晶爲歧光所微因發爲五
采自創一術能窺測此事傳至於今有用之者又著一卷
呈王立公會論遠鏡內物鏡玻璃凹凸相消令無光行差
卷內用記載甚繁立術甚深時光學家畏其難未取用近
日作鏡之大者異於曠昔約翰雖算數不差第成昔者之
鏡使用然近時甚大之鏡必待工藝之善者也約翰自交
蒐德得助良多蒐德有至精無量遠鏡巧妙絕倫雖未及
今時至大遠鏡然已測得諸雙星著功天學迨與約翰交

適天學公會創始之時蒐德輔成其會總領即約翰父約
翰爲書記長首呈二論均有益天學家凡算術之繁重者
均改以簡易先論月掩諸恆星理多類幾何次論立表所
以能從定記推諸恆星平度其推法必通天重學極繁且
奧之理道光元年迄三年備蒐德於倫頓重測維廉所得
諸雙星初嘉慶二十一年與父家居時覺天上諸日中多
有互相旋繞者即留心測之至是得蒐德相助據備至精
器克承先業與蒐德合測而詳誌之事成王立公會歲冊
公會重其勞績贈金牌各一天學公會亦贈焉法國大學
亦以拉朗金牌奇贈之此時斯德路佛在俄國陶伴德用
拂靈斛弗無暈之遠鏡測天有所得英之天學公會表以
金牌斯德路佛曰觀維廉之功勳巍巍莫比曷勝情殷則
儼既蒐德以倫頓天氣不甚清明往巴黎斯二人合測之
事遂中止然蒐德於巴黎斯所測亦未見有勝也約翰周
游歐洲各國晚歸斯羅重繼父志維廉已歷多年測諸雙
星及諸星氣的輪起而重測之其自論測器曰父維廉昔
所用掃天遠鏡架木已朽無濟於用乃於嘉慶二十年重
造仿古制父子共監督所謂對面鏡是也古之回光鏡專
守測望極細之功其用最妙故新造回光鏡徑十八寸距
聚光點二丈初維廉掃天時其妹加羅林助之凡北極距

與亦經等常代筆於書此時加羅林已死約翰無人佐理每事必手錄之殊不便故所測僅得其半又須光以記之目視眩故最淡之星氣不能測成雙星第六表天學公會刊入道光十五年歲冊又測北半球諸星氣刊入王立公會歲冊今世學天文者當奉侯失勒父子爲標準後之測天者定亦服此二人之巧思蓋其精心力學以成各式精妙之法超越尋常試測今測器之妙轉滑而靜出於自然無俟假手始知古法之不易七年約翰爲天學公會總領每年集會士自講諸論文極博例極備大開數學之門超羣絕類無可比擬約翰既測北半球諸雙星復思測南半球諸星乃攜所用二丈聚光點遠鏡又有徑五寸之七尺聚光點無暈之赤道儀並他儀器於十三年十月二日放船南行十二月六日抵亞非利加洲岷外欲城置精舍事測望至明年正月十四日測得十字架第二星海山第二星之二星氣等事至二十五日遂起掃天之事自此掃南半球之天應四年功甚深十八年反故里以所測諸事推算修列成書二十七年刻始竣是書初編凡八十二頁言南半球所測星氣及星圖次列表載一千七百七事俱記以道光十年之經緯度各有記載約而明又選其中最奧者細圖其像另取相近諸小星并繪於圖以誌之以便將

來攷其形有變動與否其圖說代第二星及海山第二星二處之星雲爲獨出之妙論今已歷三十餘年據之以辨相近星氣之形有變與否故測此二處較致一切餘諸星氣功更大焉於倍月面積之界內測記一千二百十六星之經緯自云於此用數月苦功次致此諸星散列之理初雜靡意諸星氣非任散於天蓋亦有法必皆聚集於天河一層星笠中其厚不遠於十一等星之距而約翰所攷得之理與父意合次論掃天時所得雙星全列之表此後天學家可比而攷焉初五十年前維廉初測此諸星以爲因之可知恆星與太陽之距及攷之與意不合而得知諸星中有無數雙星相與環繞而行至此約翰復創一法能定其繞道之行與行道周時如太微左垣上相亦雙星也測其行道至交會時遠鏡不能分而合爲一星與預推之時合喜甚于是修整其推測之法得其行道之周時約近一百八十二年與海王繞太陽之周時略同次論諸恆星之等以明暗定之次論好星彗星一編論其體質之本性及動重學理既而克考父黑京沙帕勒利諸人精益求精後來居上約翰亦自謂不及也然創始之功不可輕焉約翰又始攷太陽面諸黑斑而特勒路色而混諸人因之細測太陽之面更得最要之理焉其測簿事繁且多英國

天學家愛慕不已初道光十年已刊格致入門行世既又著天文略卽談天初稿至二十九年詳推諸根而增廣之至今行世已重刊十有二次矣光理音理二論經始于十年通國數學家無不習焉約翰子天算外又能詩所作亦可傳年七十漸衰辭職歸閒時以英文譯希臘詩又愿叙其父與已前所測諸事俱極詳備刊入月報內又有論格致理諸篇年七十二作一大表呈王立公會父子所測得諸星氣咸列焉後數年又作一表列所測得一切雙星各星或有攻論諸事亦附焉是表成于臨歿之歲凡一萬雙星其赤經及距極度俱詳備其中五千星皆載有攻測之事此表今存天學公會約翰爲英國士林所欽仰其性寬宏謙抑迥逾尋常四爲天學公會總領而未任王立公會總領者謙讓故也嘗詔授寶泉局首領職雖尊事實閒也與人交輒傾肝膽不立城府見庸愚流樂爲開導未嘗輕訶攻其一生苦志研求細入微奧實天學之功臣也然深自掩抑信奉耶穌益可敬焉年七十八卒於家同治十年三月二十三日也詔賜葬于倫頓之大禮拜堂其在亥村故時交游甚廣去後同人愀慕不已其建石塔於所置測天鏡處以誌不忘并收其事實首於篇

試天卷首

海南 李善蘭 刪述

英國侯夫勒原本

英國 偉烈勞 口譯

無錫 徐建寅 續述

例

爲學之要必盡祛其習聞之虛說而勤求其新得之實事萬事萬物以格致眞理解之與目所見者大不同所以萬物相關之理當合見而學卽覺昔之未明因昔眞理多未知且爲習俗舊說所惑也故初學者必先去其無據之空意凡有理依格物而定雖有舊意不合然必信其眞而求其據此乃練心之門博學之階也

凡有據之理卽宜信之難與常人之意不合然無可疑一切學皆如是而天學乃以此爲要道凡世上無據之意未敢其據而止憑目所見與天學之諸端大不同如人居之地卽世世爲最堅房屋之基以爲最靜之物而天學家之意則謂不靜而繞軸而轉最速又同時行於空中亦最速人見日與月爲連體不甚大天學家則謂之甚大球月則略配地球日則甚大於地球諸行星目見之與恆星略同而較明而天學家以爲大亦如人居之球其中或甚大於地球或小於地球者人見恆星以爲一點光而天學家謂

之最明甚大乃太陽之類爲無數未見之地球所繞行之中心故天學家方開發已心以自心之本力通其所至之意又盡己之意與說造譬語以明宇宙之大至末四視地球止覺一點之大也乃繞本太陽諸行星之一而行星中之大者有不能見我地球因其小也况在恆星乎

天學之諸端心中已明若心中無疑阻卽能信之已信之則固守不失所以知眞理在人心之本力故此書以爲人欲學其眞而不辨其假學今時之實事則舊時之虛說不必論有誠心信此者卽能省多少議論而爲此書之益且學亦易進自邇而行遠自卑而登高爲益甚大焉

此書之法非純言當然之理亦非純言所以然之理而並用此二理因第二理更合於學故多用之本意非辨論如勝敵亦非以假爲自未明而攷其理其意以已知而攷人此書不甚繁每段必略細解說因人現已熟天學之理也故不辨而但攷爲便也諸學中有新創而不甚定者常有新理混亂已有之說但天學則不然若辨駁已廢之理引學者漸知去其假而信其眞不如說明眞理而使知萬物相關之道所以非不用當然之理此書不過欲語簡而使

人易明不欲因法而阻其學也此書以歌白尼之理爲眞解說萬物之變攷明其理簡易

自然不必用辨論而使學者信爲真卽倍根所言凡理之據依其諸分與全體相合如一橋環之諸石相靠而成全體也間有指舊說之繁而比新理之簡愈發明其新理之勝

凡學者觀此書而得益應先明算學諸法又須略知幾何平弧三角法及重學之初理另略知光學以通造遠鏡與凡測天之器此上諸事皆明則更易進前所得之學更全備但大概此書各事欲全說故不必仗別書

凡學者此書之外不親天學書則不能得天學之全其意惟引人入格致一角之門或如高立在宮外能略見其全或如助明其房基之圖卽知如何而入欲進密室得學者之心止有一法乃熟數學之理爲攷究之根未有此理之人不能入博學諸技而於辯論之時不能自己造意有此智者與無此智者談之不易皆明此事蓋無公說使此等人明之也智者觀二例略相同易明不智者爲要而難之題其據二人見之亦大不同如此攷題不能用心理而必用譬喻或已知之事明之凡不知算理不能以公論而明之惟常欲推公論之源卽必由其萬物日常之事所發出之本理卽因事而另造一理其二法之別如新聞未走路之難與行已走路之易若必欲人通此理無有別法至於

使學者不明而信之則余不用此法亦勸人不用也

不用算術而用譬說論格致之理雖非常法然已略知天學者恐不厭此譬自此路可到一處或自彼路亦可到也其有真理之據更多更好如此發明諸式各人觀之心各不同因每二人心意之象不相同故常有人已熟之懸而可用新勢明之使觀之如新式者或新明從前之不明或開疑竇或續鏈其缺環所以忽見與他理相合書中所用之各式皆余心中生出而非自別所錄者冀益於學者也

已知數學者知重學內常有之事其數已全其數理與幾何理皆顯明其諸力已算明其緣已度其例已推過所得者不差而於心中實有缺非在憑據因其事已攷各理俱全非在其理因知其爲堅固不搖但在其行運之法有不明此人已用有理之法推得但心中所成之象非萬物之實象若用日常之事發明其理則怒補其所缺以其多虛之記號皆爲實物恐有時此意亦不得成有時其日常之事不足明之但此意常須勉而爲之如此勉之時余自得者行星移動最密之事比算得更明所以冀人亦如此也按上言可知此書之天學不細論測天諸例與細論推步之諸法學者觀此書之用法恐少本意不過欲明各事各

論各法所得之理免得用多代數與幾何之號令其書帙繁而難閱卽列易明之實事天學猶經線一條可穿多珠也所以人觀此珠之妙而不知其內有線之貫之也此書以示明其經線卽天學之根爲主諸珠卽各家推得之理有時其珠之排列非直而易於從既不直而不易從亦非穿珠者之錯其穿珠之人必用心甚廣有時其自己雖極明不得使人通此理之難亦不知何法能使人明爲最要故用心之學者常有謬誤之意而常人言此學法之不明現解學者之疑又使常人明天學難能得與不能得之二事知二等之人俱有差會處

談天目錄

序

凡例

侯失勒約翰傳

卷首 例

卷一 論地

卷二 命名

卷三 測量之理

卷四 地學

卷五 天圖

卷六 日晷

卷七 月離

卷八 動理

卷九 諸行星

卷十 諸月

卷十一 彗星

卷十二 攝動

卷十三 指圖諸根之變

卷十四 延時經緯度之差

卷十五 恆星

卷十六 恆星新理

卷十七 星林

卷十八 曆法

附表

英國 偉烈聖方 口譯

海寧 李善蘭 刪述

無錫 徐建寅 續述

論地

欲知經緯星之大小遠近方位軌道及相屬之理必先於地面測之不明地之理則所測得之理俱誤故以論地居首

地為球體乃行星之一也第憑目所見則地甚大行星俱只一點地無光行星俱有光地不覺動行星刻刻移動悉皆相反是以人非大覺聞此說未有不駭異者然強分地與行星為二類則推步諸曜俱扞格不通矣故天學入門當首明此理

假如空中有諸物欲悉定其方位必先知我身之或動或靜若我身實動而欲為靜則所定方位俱不合矣我身居地面動靜因乎地故欲定諸曜方位必先致地之為動為靜此實天學中最要事也

地係行星故地亦動地動而所載之物如山岳河海風雲之類莫不隨之俱動故人不能覺譬如舟不遇風浪車在坦道以平速行所載什物與之俱行人坐其中如居安宅

初不覺動其理一也

以地為不動者由於未明地之狀蓋常人之心必以地為無限之平面而之上為虛空面之下為無窮深皆土也果如此日東出西沒將洞穿堅實之地底而過乎抑地中有穴自西通東為日出入之路乎而日出入之方位日日不同且月與諸星亦每日出入將地有無數穴如蜂巢乎必不然矣故地不能無限廣且厚其體必有邊界而浮於空中四周無他物相連若然則地不難於動而返難於靜蓋無他物粘連之令不動則有力加之即動矣故地動無疑欲明地之形狀必于大平原或大海面無林木峯巒礙目之處測之凡陸登高塔海居船頂并桅末所見地面水面必有一定界線四周成大平圓界線外不能見非業氣遮隔也登高山頂則界線之周更大亦成平圓此事無論何地皆然凡體無論何方觀之其見界恆成平圓則必為球體



如圖丑辛卯午球為地丙為心甲庚寅為高出地面之三點正距地面甲庚寅三點遠近不同從寅作地面之切線寅卯卯為切點即寅點所見地面界線內之一點以

寅寅爲軸將切線旋轉一周必經過寅辰辰寅巳巳寅午
子諸切線切點卯必行成卯辰巳午平圓人在寅則平圓
內之地面可見其外不可見故名地面界線卯寅午爲對
平圓全徑之角不論名測深角卽地之視徑度寅距寅愈
遠則卯辰巳午圓面愈大寅卯距亦愈遠而卯寅午角愈
銳地之視徑度愈小寅庚甲三點高卑不同各有地面界
線今但論最高者以例其餘假設以卯寅寅午爲規尺之
二股寅點爲活銷中銜一球則寅點愈近球二股愈開寅
寅合爲一點則尺爲球面之切線天地

寅寅正交地面于寅點垂準線必與寅寅合于寅點作地
平線天地必正交寅寅而與寅點之切線天地平行人在
寅點不僅見天地地平線上之天空并見天寅卯地寅午
二角內之天空故所見天空較半球多地午天卯一段其
較角地寅午各地面界深度深度四周皆同故地面界爲
平圓無疑

地面必有平圓界線者此非爲平面而爲球面之覆蓋界
外不見非目力不能及乃目之視線直行不能如弧線之
無故不見也是以地形大略如球海陸皆在球面雖山谷
有高深不過如輪皮之微不平耳

凡海船出洋人在海岸中望之未過地面界雖漸遠漸小



然俱見全身過界乙後則一若沉入水中
而漸不見至丙一若船身全入水僅見桅
至丁則并桅入水幾全不見矣若人在高
處西令地面界屢遠至丁則船至丁時尙
全見過丁而漸不見然則船非因漸遠而
不見乃地面界遮隔而然也

昔阿爾蘭國都柏林之地有人曰熱特拉乘氣球上升風
吹過海近威勃士球忽下墜將入海時日已昏黑急去藤
牀中之石復上升至極高仍見太陽行至威勃士乃下墜
至地再見日入

乾隆四十八年法國都城巴黎斯有人曰查里士乘輕
氣球上升所見與此同此皆非平面之證也
設有二峯等高登此頂僅望見彼頂若無家氣差則測其
高及相距卽可推地球大小



如圖甲乙二峯其高相若爲甲甲乙乙相距
爲甲丁乙丁爲中點丙丁爲地半徑設峯高
與距俱甚大則乙乙與丁乙比若丁乙與倍
丙丁比故測得高與距離可推地球半徑也
以數推之有二點高千地面十尺相距二十
二里無家氣時相望地面界參相遠別得

十尺爲一百八十分里之一釐二十二折半得十一以一百八十乘之得一千九百八十則一與一千九百八十比爲高與半距比同于半距與地徑比故以半距十一里乘一千九百八十得二萬一千七百八十里爲地球徑然地面有蒙氣差此所推斷雖密合不過得其大約耳

山之最高者不能至十五里較地徑約得一千六百分之一假如地球徑十六寸其微凸處不及百分之一則其高畧如一厚紙耳故諸高山不過如諸細沙而高原不過如一薄紙整之最深者不過一里半此如球面針芒之孔非顯微鏡不能見也而海之最深處畧如山之最高則僅若點塵之著紙矣前條以橋皮之凹凸喻地面之高山深谷猶未確切也

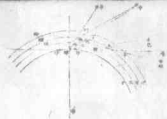
同治二年七月二十三日英國格賴夫與吉水勒二人乘氣球上升二十里之高若非雲隔之則所當見之地面甚大於古今所曾見之地面也推算全地球之面與在此高所當見地面之比例準弧三角法凡球面截段與全球比若截段之厚與球半徑比按此次氣球距地面之高畧等於所見地面截段之厚故全地球面與所見地面比若八千與七比約得全地球面一千一百四十分之一按德納德內黎非某納羅三山最高峰之巔

所見之地面約爲全地球面四十分之一

凡人或乘氣球上升或登高山去地漸遠氣漸輕而薄呼吸必漸苦用風雨表測之高一千尺氣輕三十分之一高一萬零六百尺輕三分之一高一萬八千尺輕二分之一準此推之則氣愈高愈薄而無盡界雲最高不過二十九里測其氣重爲海面氣重八分之一故氣居地球之外近地最重漸上漸輕離地稍遠已甚薄無迹矣無論地面何處離地若干則氣清若干皆同故氣全包地球可任分爲無數層逐層以漸而輕也

或云氣如水有靈界亦近理蓋高如地徑一百分之一氣已薄極不能生物故無論氣有靈界與否但高過地徑一百分之一外作無氣論可也

氣能變光道令生差角所謂蒙氣差也如圓子甲子爲地面丑寅寅卯卯爲氣之諸層與地子子同圓心人在甲申爲星在氣之外若無蒙氣差則人視星其視線之方向當爲申甲而準光學理申甲光線遇氣面于下必曲向下如丁丙在上氣甚薄曲甚微漸下氣漸厚曲漸大故申甲光線變爲申丁丙乙申曲線過地面不在甲而在申另有申子光線無蒙氣差當過地面于子因蒙氣變爲申丁丙乙申曲線而過地面于甲故人目不能由甲申直線見星



而由甲乙丙丁申曲線見星準光
 學理光線入目之方向即目見物
 之方向故人見星不在甲申方向
 而在甲申方向即申丁丙乙甲曲
 線內甲點之切線也光線恆曲而
 下視線方向恆差而上故視高度
 恆大于真高度焉光線但有上下
 差而無旁差因環人目甲四周其
 氣皆同故也故其差角恆在星地

心人員三點所居之申甲平面內

蒙氣恆映卑為高故諸曜在地平線時視之亦有高度不
 第此即在地平下視之反在地平上如日在地平下已點
 光線成已午未酉甲曲線故人見在地平上已點即甲點
 切線之方向也

曜在申見在申故必測定其差角申甲申以減視高度申
 甲辛方得真高度申甲辛然測差角最難其故有三氣漸
 高漸薄而漸薄之率未能定一也氣之厚薄每因寒暖而
 變二也燥溼亦能變差角而氣之逐層燥溼未有測法三
 也因此三端差角未能測定故天文有數事亦未能定以
 近時推步之精言之雖未定其差亦甚微但精益求精則

必思求定耳列蒙氣差角諸例子左

一凡天頂點無差角諸曜至此點與無蒙氣同

一漸遠天頂差角漸大至地平為最大

一差角漸大之比略如視點距天頂度切線漸大之比此

例近天頂則合近地平則不合蓋切線驟增大且有氣

變諸事故也

一視點高四十五度差角約一分而在地平面差角得三

十三分大于日月視徑故人見日月全體初出地平其

真體尚俱在地平下也

一凡風雨針以五十五度為中數升則差角變大降則差

角變小升降十分寸之一差角變三百分之一

一凡寒暑針降則差角變大升則差角變小升降一度差

角變四百二十分之一

蒙氣差角表詳列各處自地平至天頂諸高度之差角再

用風雨寒暑二針隨時校正之以加減諸視度可畧得諸

真度

準蒙氣差角之理則視日月在地平上之時刻必大于真

時刻而夜之時刻小于真時刻不特此也日之視體入地

平後尚有朦朧影成晨昏分此其故由蒙氣回太陽之光

返照地面而然也蓋光線遇物即返射氣中有無數細質

點能令光返照於暗室中開微隙日光僅添入一線而
滿室皆明此其證也如圖甲乙丙丁爲地面甲點見日在
地平申寅光線拾切甲點而過申卯申辰二光線在甲點



之上三線出蒙氣在巳午未三點
二線入蒙氣皆微曲向下故出蒙
氣成折勢申巳寅折勢最大申午
卯畧小至申辰切蒙氣界未點而
過不復折甲寅線爲暗界乙丙丁
諸點遞遠于甲入暗遞深甲點尚
有日之一線真光又有巳未酉甲

一段蒙氣回光乙點日已入地不能得真光回光亦少僅
有地平乙未上巳午未天一段蒙氣返射而已未點回光
最盛漸近巳漸微至巳面而無丙點則僅有地平丙午上
巳午人一段回光更小子乙點至丁點則無回光而爲夜
矣
太陽在地平之上其光照於空氣與雲之諸點此諸點
將光返照而四面散射至地面各處故晝時所有返照
之光與曠曠影時返照之光其理無異若空氣無此返
照散射之性則不在正日光之下不能有所見雲下之
影及房中無日光之感黑暗如夜晝能見星也空氣返

照之光差另有能增加之性即以空氣之受日光各處
熱度不勻而常波運動其不同熱度地段之交界亦稍
有返照與光差光乃不直而曲而散至四面爲各物
所受故在丁點之後尚有謂曠曠影即正曠曠影也
四散於空氣而重返照所生也阿非利加洲努比阿國
之曠野空氣極清日落之後仍有光名曰夜光即此理
也

凡光線斜入氣中無論自上至下自下至上不能直射必
曲向下故或測星或測高山皆有差角但蒙氣差逐層不
同地面之物僅有下諸層差而無上諸層差與諸曠曠故
各地蒙氣差以別之

蒙氣差不獨變物之高度且能變物之形狀如太陽近天
頂時則見爲平圓近地平則橫徑大于直徑而見爲橢圓
最近地平則下半更圓于上半既非平圓亦不成正橢圓
蓋漸近地平差角漸變大下差角大于上差角故直徑變
小而橫徑不變也人視日月近地平時覺大于近天頂時
此非由蒙氣差亦非目誤乃意會之誤蓋近地平有遠樹
相襯而覺大近天頂無物相襯而覺小用器測之則近地
平時日之視徑與近天頂時畧同月之視徑非特不變大
且反變小離人目更遠故也

準上諸條當氣界與地面相距線較之地半徑爲甚小天
空諸曜距地俱甚遠不在蒙氣內與地不相涉也

諸曜距地遠近不一近則見大遠則見小人視月大小無
異于日者因遠近相懸而然視日月俱大于恆星亦然實
則日與恆星大小畧同而甚大于月也

設人不附地立于空中盡見上下四周天空諸曜一若爲
一大球諸曜皆在球殼而已在球心也人居地面則不能
見地平下諸曜升最高處有地面界深處加蒙氣差所見
亦不過二度且不能了了蒙氣昏濁故也故若人不遠行
星不自移地球不自轉則地平下半諸曜永不能見矣人



在地面畧移其處則所見天空界亦必畧
移譬人背大樹而立樹後諸物俱不能見
環樹而轉則盡見四周之物故人每日向
南行則每夜必見南方新出地平之星地
平界漸移而南反若天星漸移而北也觀
圖中甲乙丙三點之地平界理自明

地球自轉人居地面亦隨之而轉然不覺者因地平上諸
物與之俱轉一切山河林木房屋俱不變狀大塊全動極
安穩故也而天空諸曜不與地連皮若刻刻移動與人繞
地球行無異焉故前圖或人不動而地轉人隨之自甲至

乙至丙或地不動而人行自甲至乙至丙見天空界移換
同也譬人或繞樹轉或倚樹樹轉而人隨之轉理無異所
異者一則能見樹全體一則僅見樹之一面也

地自轉故地平界之東半向下行而西半向上行然其行
人不能覺故反疑諸曜漸移見地平界吐星而曰星出地
平焉見地平界掩星而曰星入地平焉嗚呼亦僞矣

準重學理地自轉必有定則二一其轉不變方向恆用平
速一轉必有軸軸之兩端不變方位或曰物既自轉則軸
未始不可變方位曰正體行於空中不遇他物亦無他力
加之其軸斷無變方位之理也

設自轉不用平速或軸變方位則視天星必有變行而自
古測諸星周時載於典籍者俱與今同故云地球之轉必
依二定則焉

欲知地球自轉之說于理合否當先攷天體左旋與地球
自轉目所見盡同與否

一設居赤道北夜觀天則見諸星皆行平圓線圍之大小
各不同在地平界上之度多少亦不同正當地平圍午點
之星纔出卽入其度最少自午點進東地平所出諸星其
度漸增平圍漸大自出至入歷時亦漸久出地點在午點
東若干度則入地點在午點西亦若干度而出卯點者必

人西點自出至入恰得六時在地平界上之度恰得半周其平圓爲最大自卯點過北地平所出諸星其時遞增于六時其度遞增于半周而平圓漸小至子點之星則漸降切地平而過又漸升不復入地子點上面諸星則常在地平界之上平圓俱全見而漸小至于一點即北極也北極無星而有相近之星名極星極星之平圓最小非細測幾疑不動焉諸星每日皆于本平圓行一匝而其相距之方位不變聯一切星爲諸星座諸座向地平界之體勢刻刻不同最甚者北方諸星座常見不隱者其向地平界體勢有時相反然各星座距極之體勢永不變故無論何時無論離地平若干度測各座之形狀亦永不變然則聯周天爲一大座必如一星圖畫于球殼地爲球心球之軸貫北極斜交地平

一冬時澈夜觀天則昏所見沒于西方之星且必見其復出東方昏所見初出東方之星且必見其已沒西方故昏所見半球諸星且已全沒而且所見半球諸星乃昏所不見者然則一夜中已盡見全球之星故上所云聯周天星爲一大星座者此大星座布滿全球也是則地平上之半

一星若知其經緯度不須遠鏡亦不必坐深井但竭目力察之亦能見也又日食既大星俱見此尤明證焉

一全球之星雖依次遞隱然地平上近北極一段常見不隱地平下近南極一段常隱不見其常隱段界上之星每漸升切地平界而過復漸降離之常見段界上之星每漸降切地平界而過復漸升也蓋球面每點必有正相對之點地平界既中分球面則有出地之北極點即有入地之南極點繞北極既有常見界中諸點則繞南極即有常隱界中諸點一一相對也

欲觀常隱界中之星必向南行向南行則前所見北方諸星或切地界而過或并不切地平者今俱見其入地矣其初入地即出漸南則入地漸久然繞北極如故北極漸低故也北極低若干度則南極于地平上升若干度故愈南則見常隱界中之星愈多直至赤道則二極俱在地平界而全見天球諸星此即前論樹而轉之理也

準上諸條則謂諸星不動而地球每日自轉一周于理亦合也

假如人定立一處四望峯巒林屋遠近不一畧移數武則諸物之近者方位各大變如向北行則初見在正東西者俱漸退後一若物之向南行也初見一線上之物若相合

者今見其相離初見其相離者今適在一線而見其相合而遠物則但覺微變如初見在正東者行三四里仍見在正東也此何故蓋由人心有一虛空之平圓周以己目爲



圓心人行則此平圓隨之而行設行于甲丁線在甲時見已午二物同在一半徑線甲丙內行至乙則甲已丙變爲乙己已甲午丙變爲乙午午此二視線以已午爲心而旋而二線遇虛空圓周之點向後而移已物近已點之移速午物遠午點之移速故甲己乙角大于甲午乙角即丙己已角大于丙午午角凡視線漸移所生視差角卽今視線與原視線之交角也如人于甲乙二點望已物其視差角爲丁乙己丁甲己二角之較夫丁乙己爲



乙甲己三角形乙角之外角依三角例必等于甲己二角之和故丁乙己丁甲己二角之較等于甲己乙角也準此理則視差角之大小由于物距人目之遠近若物甚遠則視差角甚小而不覺人視之若不變方位也

星之距地必甚遠否則在天頂時其視徑及星座所占之度必大于在地平時以圓



明之如甲乙甲乙甲乙三弧俱等人在甲望之則甲申乙角必大于甲申乙角而星則無論在甲乙在甲乙用最精之器測之不見有差角任于地面何處測之皆然故星距地必甚遠以視地半徑蓋甚微矣于高平之地以數百步爲徑作大平圓任取其周甲乙丙三點用象限儀測地面界上已午二物成已甲午已乙午已丙午三角目中雖不覺有視差然察儀器實有微差物之距目縱十萬倍于平圓徑用最精儀器測之亦能得其差而于地球赤道上用最精器測星畧無微差故星距地球必遠于十萬倍地徑也

假若有人居恆星上用我所用之儀器以望我地球必不能見又當恆星處設有體大若地球我用器望之亦不能見故若自我目至恆星作一平面又于地心作一平面與之平行此二面雖永不相遇然自地望至恆星處則二面若合爲一不能分也命地心之平面爲眞地平我目之平面爲視地平至極遠若合爲一處爲天空地平界則或居地心依眞地平界望星或居地面依視地平界望星俱見在天空地平界上無纖毫異也觀上諸說則或人居一處而星環行或星不動而人依正

東西線繞地球行所見無少異也又或地不動而諸星西
轉繞地或諸星不動而地球東轉所見無少異也



英國侯失粉原本

英國 偉烈聖力 口譯

海寧 李善蘭 刪述

無錫 徐建寅 續述

命名

古有諸層玻璃天載星而轉之說此于恆星環繞之理未始不可通而于日月及諸行星之理則殊不合然即以恆星天言之如此大玻璃球每日自轉一匝亦大不易或古人力大故作此想耳近已廢此說不用而以歌白尼地球自轉之說為定論既除舊法必立新名故此卷專主命名

地球以平速向東自轉所繞中心直線為地軸見某星在地平上某度某分明日復見其在某度某分為自轉一周地軸之兩端為二極終古不變近中國者為北極遠中國者為南極

平分地為南北二半球之大圈為赤道赤道每點距南北二極俱等故赤道所居之平面必過地心且正交地軸

凡地面任一點作過兩極之大圈為地子午圈子午圈所居面為子午面

凡地平有真地平視地平詳前卷

各地子午面交地平面之線名午線所以定地平面正南北二點

各地子午圈上距赤道之度為各地緯度最小為0最大為九十度在赤道南為南緯在北為北緯如順天府為北緯四十度是也按緯度之名初學地理者之地名以及天文之理皆謂此名當改也

凡地球面與赤道平行之諸小圈為赤緯圈圈之各點緯度皆同如順天府在四十度緯圈上是也

歷家恆以本國都城之觀星臺為原點各地子午圈與原點子午圈交赤道二點之距度為各地經度即二經圈之交角度分也以後凡經度皆以順天為原點

緯度分南北則經度自當分東西如法蘭西都城巴黎斯或為東經二百四十五度五十一分五十二秒或為西經一百十四度八分八秒是也然不若從原點。度起至三百六十度俱向西推更便故以後俱用西經度經度亦可

以時分秒計之法以一小时代十五度以一分代十五分以一秒代十五秒如巴黎斯為十六時二十三分二十七秒九是也

知各處之經緯度即可準之作地球儀及地球全圖若作各國圖不過地球面之一段可以法改球面為平面蓋但欲知本地之經緯度不必拘定作球形也餘詳四卷

赤道南北各約二十三度二十八分之緯度圈爲晝長晝短圈二圈上諸點當春秋分時俱見太陽過天頂

距南北極各約二十三度二十八分之緯度圈爲南北二寒帶圈其緯度約六十六度三十二分

此二圈及晝長晝短圈在地面恆恆

虛擬一無窮大之球以定諸星之方位爲天空球其半徑無窮長地心及人目俱可作球心

地軸所指天空球之點爲天空南北極

地赤道所居面割天空球之線爲天赤道乃天空球之大圈也展廣地平面所割天空球之線爲天空地平界視眞二地平面無異

所居地平面正中點作垂線上過天球之點爲天頂點下過天球之點爲天底點

凡過天頂天底二點之大圈爲垂圈必正交地平亦名地平經圈諸曜在地平上依此諸線測其高度高度之餘度爲距天頂度

地子午圈所居面割天空球之線爲本處天子午圈曆書凡宮每處于午圈者皆指天子午圈乃過天空兩極之垂圈也正交地平界于子午二點

正交于午圈之垂圈爲卯酉圈必過地平界正東西二點

諸曜所居垂圈交地平圈之點距正南北二點爲地平經度乃過極過曜二垂圈之交角也地平經度舊從正南北二點向東向西計之例不過一百八十度今從距極最遠點向西計之自○至三百六十度爲正度向東計之爲負度以免淆亂便于用代數也

諸曜在地平上之度爲高度卽爲距天頂之餘度知高度及地平經度卽知其所居之點

凡諸曜距天赤道度名赤緯度其餘度名距極度赤緯度以北爲正南爲負距極度從北極起至一百八十度無正負較便于用

過極正交赤道之圈爲赤經圈亦名時圈時圈交赤道之點一如垂圈交地圈之點也

凡過某曜及本處天頂二時圈之較度爲本曜之時度恆從子午圈正向西度之從○至三百六十度與曜之每日視行合也

凡從春分點至某曜經圈交赤道點爲本曜之赤經度卽春分及本曜時圈之交度也攷定春分點法詳後

凡諸曜之赤經度從春分點起以度分秒計之與地赤經度同例自○至三百六十度或以時分秒計之自○至二十四小時諸曜之視行與地自轉相反故亦向西度之

用恆星每日向西行計時名恆星時從春分點起春分點雖有變然甚微在一周時中不覺可不論一周名恆星日亦分爲二十四小時及分秒凡星臺中必用恆星鐘表以分點在午線爲針之始卽○時○分○秒也諸曜之時度以十五度爲一小時卽指距午線若干時也在午線後爲正在前爲負諸亦隨時度卽本曜及分點距午線時之和較也在前後同則爲較異則爲和

凡渾天球及全天圖或一段天圖亦仿地球地圖法作之則位置諸星一一與天合觀其圖如在地心觀天也故不論在地面何處用之皆與天合蓋此圖無天頂天底二點亦無地平界及東西方位而道兩極之大圓與地諸子午圓合然與地面各處之定子午圓不同蓋地面各點每日必盡經過天之各子午圓也

歷家欲天地二圖通爲一理以地球之赤道與地球之赤道合而地之諸子午圓在天球各時圖諸圓於極成角度名時度此法甚便于用又有黃道經緯圖地球所無惟天球有之以地與諸行星繞日之軌道爲主二者歷家兼用之

如圖丙爲地心卯丙申爲軸卯申爲二極戊午爲赤道甲乙爲地面甲點上赤緯圖甲已與申丙卯平行乃人在甲



點望天極之視線甲入由地半徑丙甲引長乃天頂之視線卯甲戊申爲甲點之子午圓卯庚申爲原點之子午圓如中國卽順天之子午圓也庚戌卽庚卯戌之弧角爲甲點之經度戊甲卽緯度卯申爲地面之切面卽視地平面面之正南北二點爲卯申故卯甲申線爲甲點之午線



作天球圖法地之大小不論一若人居地心準其地平面作之如圖丙爲人目人爲天頂卯爲天底辛甲辰爲天空地平界以人卯爲二極己巳爲南北二極辛巳爲極出地度辛巳人戊辰爲子午圓戊酉午大圓正交己巳爲天赤道設星在申準赤道推之則己申酉己爲本星之時圖辛爲春分點辛酉爲申點之赤經度酉申爲赤緯度己申爲距極度乙申丁爲每日視緯極之圖若準人申寅垂圖推之則辰寅爲申點之地平經度寅甲爲高度人申爲距天頂度辰辛爲地平正南北點戊物爲正東西點辛辛辰辰爲南北點上二赤緯圖故辛辛爲恆星圖其內

之星永不入地辰辰爲恆隱圈其內之星永不出地二圈之間任何星如申每日視繞極之度甲乙甲一分在地平上甲丁申一分在地平下餘仿此

天視學爲視學之一門知諸隱顯角動等事之實象即能知其視象或先測得其視象亦可推得實象僅論天之一小分與地面同若測天之大分或測全天球則與地面不同地面視法只有一個視點乃作畫之心畫心至人目之線正交畫面爲一點餘直線顯于畫面仍爲直線天之視法各點皆爲畫心畫心至人目之線爲球之半徑餘直線引長之皆爲球之半周任作若干平行線方向不論皆視合于球之相對二點常視學只用其一點名曰合點餘一點不用天球上無論何點從地望之皆爲本點上半徑平行諸線之合點對面之點爲餘一合點而凡球之大圈爲本圈平行諸面之合線

凡雲開微隙日光漏入成直線數條此諸線從天之最遠處來可作平行線論成天球之大圈有二合點一在日一在日對面之點在日之點平地可見而對面之點必登高山當日初出或將入時見此諸線發于東漸欽于西或發于西漸欽于東成對面合點也又北曉俗名天或云是電氣光其光成諸直線皆與指南針平行視之向地平漸欽

若合于針所指之點其上皆如天球之大圈而合于對面之點又立冬後四五兩夜諸奔星之方向若引長之可彙于一點故諸奔星大約方向平行觀此諸事前條之理自明

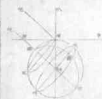
準天視學則南北二極爲地軸諸平行線之合點頂底二點爲地平面垂線諸平行線之合點也

天赤道爲地赤道諸平行面之合線天球之地平界爲真地平面諸平行面之合線

測地面物能知遠近故目之視差易改測天空諸曜不能預知其實體大小故視差不易知欲知其方向遠近之真非精心攷察不能然必先測其實象方能得其視差此天學之最要事也

用弧三角以推諸曜乃天學之一門今畧論之爲學者入門之法

凡各處極出地度卽各處赤道之緯度如圓極距天頂之角度巳甲人卽卯丙甲而人甲卯與卯丙戊皆爲直角則極出地度巳甲卯必等于赤道緯度甲丙戊也故居地之北極則以天之北極爲頂點向南行則北極出地度漸小至赤道則



二極皆在地平面再南行則北極入地南極出地至南極則天之南極爲頂點

諸星每日繞地復至本所爲十二恆星時其繞地用平速故至本處之時同星過二子午圈之時較爲二地經度較率二星過子午圈之時較爲二星經度較率

赤道交地平面在正東西二點其交子午圈點之高度爲極出地度之餘度天之南北極爲赤道之二極各處地平東西二點爲子午圈之二極南北二點爲卯酉圈之二極天頂天底二點爲地平圈之二極諸曜皆以至子午圈爲最高度蒙氣最小最便于測

諸曜在恆星圖中且兩次至子午圈一在極上一在極下凡推天星諸題皆用弧三角推其純正銳形而弧三角依大圓之二極布算較便故用距極度便于赤緯度用距天



頂度便于高度知此則推星較易矣若但求一星之位置可仿下推之如圖人已申三角形人爲天頂己爲出地之極申爲星此形有極出地己辛之餘度己人即天頂赤緯之餘度有

星赤緯之餘度己申即星距極度有星距天頂度人申即星餘高度若己申大于九十度則星

必赤道下若人申大于九十度則星必在地平下又有人己申角爲距午度有己人申角爲地平經度申人辰之餘度有己人申角因無大用不立名故有五事一天頂赤緯餘度一星距極度一星距天頂度一距午度一地平經餘度不論何題任有五事之三則餘二事亦可推假如有赤道經度有距極度求其出入時凡見星初出地平實尙存地平下三十四分此由于蒙氣差故有人申邊爲九十度三十四分又有距極度己申天頂赤緯餘度人己則已有三角形之三邊求得人己申距午角以減赤經度得出時以加赤經度得入時此係恆星時欲知太陽時依表變之凡星在子午圈兩邊其高度相等之時測其距時若干即知其地之恆星時及赤道緯度凡高度等其距午亦等故測其兩邊相距度半之即本時距午度也此三角形有距午時度人己申角有星距極度己申有高餘度人申故可求赤緯餘度己人又若已知距午度赤經度即知此時之分點距地平度故亦知此時之本地恆星時是爲求新地緯度之要術

談天卷三

英國 偉烈勞 口譯

英國侯失勒原本

海寧 李善詞 刪述

無錫 徐建寅 續述

測量之理

前二卷論地球之大凡諸曜之相屬測量所憑諸事及諸名目今以天學之實事及諸法詳論之其要每法之立必攷求其測量之理蓋不明測量之理不能深信其法故特詳論之俾學者確知古法之誤而今有法以改其誤然後歎立法之精密無可疑焉

造測天器爲工之最精細者非精通幾何之理不能充此工如作銅環分爲三百六十等分置其中心于軸端令其面恰平似甚易事而不知此事極難蓋測角用透鏡設遠鏡力爲一千則測天差一分一若差一千分矣設一尺爲半徑則一分角度爲周線三百五十分之一非顯微鏡不能察矣然此尚爲測天儀器今西國觀星臺之器能分一秒之角度夫一秒之弧不滿二十萬分半徑之一故以六尺爲徑則一秒之弧不滿六千八百分之一非大力顯微鏡不能分也于銅環周分三百六十度令無微差已非易事况度既成再作分分既成再作秒世未有能作

如此細分而無差也卽曰能之而寒暑及質重俱能生差蓋寒暑能令銅長縮不能令環通體同變故生差而四周所憑不能如一故質重亦生差又安環于架時必微有震動亦能生差故近法先安環于架然後分爲度分再用諸巧法分爲極細分然亦不能無差也要之天學家所願得之器良工不能造不得已精心設法補救良工之差故測量必當擇時又必當知器之差又必當知器之質性攷之既詳乃用其正者去其差者此爲天學家之妙用然理甚深曲此特言其大略耳

用有差之器能令測得之數不差爲天學家之要事其法必精心勤求其差或改正器或改正所得之數故器生差之故其大端有三一曰自然之差人力不能爲氣之變化是也所以蒙氣差雖有表與實測恆不合其理人不能知故大小不能定又器之大小方向亦因寒暑而生差其餘不能備述二曰測量之差乃人不巧便或自力不精或測量略先略後不得真時之度或天氣不清或器之力不足或器微動如是者亦難枚舉三曰器之諸差分爲二端其一器不精或軸節不正圓或環心不在正中或非的係正圓或非真平面或度分不停勻其他亦難盡言此非心目之過測天者每恨之其一置器不審或配合未能恰好或

動分相屬未能恰好此不能免者如地面或房屋不十分堅實雖生差甚微在他事可不論而于測天則不能不論也又如工匠安器時非極穩固久而生差此諸差最難知蓋非用本器不能知器之地平子午卯酉地軸等諸要線有差與否而用本器測本差則甚難也

設所差有定數則用法改正之而自然及測量諸差參差不齊故必累次測量約取其中數則出入相消而得數畧近也至于工匠及安器諸差須預防之凡人之手器之體必不能成正圓及直線垂線但其差甚微目不能見手不能揣而測量時必能覺之蓋人所造之器與造所生之物以大力鏡勘之而知人所造者其差甚大可立見也故先測量以所得之數造法即以其法攷測量之器求其誤而改正之循環察驗其差易去也攷天地自然之法必由漸而精先用疎器測得數亦疎命名亦疎以所得數細攷之而知其不合或仍其名而釋其理或立新名如此攷察必至其名與測量之實合而止當攷求時大法之中又生小法故初所立名及數皆當改易而用新法時其中又有分支之法必再攷之凡初得之法其理往往誠會心以爲如此與所測恆不合初以爲偶然再四推之皆然然後知器必有差乃推其差之最大當得若干若最大之差大于

測量當得之差則器爲無用或棄之或改正之改正非能消其差但令差益明而知前所立法俱當改故幾次測量新理乃明

凡攷天覺有不合理處必思有未知之理隱而未顯則以測量之數列表見表有級數之理則再改正器復測之而不合之數與前不同則或係器差用幾何之理推其差之根凡器必有差若不知其差之例恆誤謂天地之理蓋天地之理與器之差恆雜而難分也此差非同測量之差生子偶然由于器之病器不改差不滅所以或造器或安器必俱有一定法推其差此差既明方知其中有一級數之差與此不合理之事合昔所難分者一旦忽分故測量能正器之差也

天學家最要當先明器之理此理明則造器安器差俱能知而有法以消其差測天乃密也假如器之理環與活軸當同心而人所造不能一定同心則攷其不同心當得差若干乃準幾何理環軸不同心一邊之角必較小一邊之角必較大又兩心相去無論若干于環之相對二分各測其角取所得之中數必無差蓋此大彼小恰相消也又器之理其軸當與地軸平行而人所安不能恰平行則當攷其不平行之差凡此攷器差之理乃最要事若一一明

之則器雖不精用以測天仍精密也此準幾何理致之不難後凡言器俱作精器論也

上所論凡欲從事天學者必應知之天學必由疎漸密今製舉數條言之古未有測天之器有俱大智慧者仰觀而知各星每晝夜繞極一匝後用疎器測之覺諸星繞極之道非平圓而近橢圓愈近地平愈橢攷知非器之差推求其故忽悟蒙氣之理與前同則知測望所得星道有蒙氣差以法推之而得眞星也

未有器時覺諸曜一晝夜俱繞地心一匝後用器測諸曜過午以鐘表測時知有不同且亦非測量之差細測諸恆星至子午圓時俱同而一匝非同太陽二十四小時乃爲二十三小時五十六分四秒。九故有恆星日有太陽日二日不同若以太陰言之所得之日更長爲二十四小時五十四分也

以太陽每至子午圓爲日之本攷諸恆星之日爲二十三小時五十六分四秒。九俱同故知此係地球自轉一周無疑

太陽太陰之周時與公法不合故二物自有動法無論或眞或視與地之動法無涉欲測證之不必用器任取一牆之界線用銅板中開小穴安定一處令不動人立于牆之

北方以鐘表攷各星過穴之時太陽過時用煤薰玻璃測其東西二邊至界線之時取其中數即太陽心至界線之時依此測之即知日至子午圓每日不同或早于鐘或遲于鐘故太陽周時長短不同冬至大于平周時半秋分小于平周時半相連二周時長短不同故太陽之視動不獨與恆星異且每日不同其遲速可以法測之測此理必用精器非徒仗目力所能也既有子午儀再細攷鐘表之差如此攷之至器之理極精細則知太陽周時差中又恆生諸細差昔未知者因與器差相雜故也海中之平面可比太陽之平周時一月之潮差可比一年中太陽之差太陽日與恆星日之別爲西歷諸法大綱之一匝用者太陽平日中衝起于子正至明日子正爲一晝夜西衝起于午正至明日午正爲一晝夜推民事機常照者自子正至子正與中衝無異如正月初二午初歷家謂一日二十三小時初二未初歷家謂二日一時此法有便有不便

二地推時必不同此自然之理爲地球相對二地此方日中彼方夜半此方日出彼方日沒甚或差至一日是甚不便也近立新法編地球周用一時不以本地儀器中星爲主而以太陽與度爲主名之爲分點時其詳見後以天文言時其要有一二類動角地球平轉一匝各星用

平時繞地故以各星過子午圈時計之爲星之赤經度一
用歷法之時恆爲自變數天文之大綱在求諸曜之動法
及其故而星視動之法及攷其過去見在未來之方位用
此法與測量比較必先有古測望之簿及測之時

古測時用水漏沙漏沙漏最疎而未有鐘表時水漏製造
亦甚精今因不及鐘表故廢之獨用鐘表近代武弁邇得
以法令水銀恆滿器中下開微穴恆漏而不淺測時承以
斜溝令注他器測畢去其溝秤他器水銀之輕重即得二
時中間之分秒此法甚妙可用也

擺鐘及度時表亦之別一種歷家恆憑以測時近日二器
造法益精密一晝夜差至一秒即以爲無用故所用者十
二時以內其差不過十分秒之二三然積時愈多其差必
大故相連數日欲全憑鐘表心不能須逐日察其差而改
之則積時雖久與暫無異焉

測中星得時最準確故歷家取最明便測之星定時以察
鐘表之差

用光差遠鏡測中星法如圖甲乙爲筒以螺旋定于架甲
爲象鏡用二種玻璃相合而成令無紅藍景色鏡以銅圈
圈周作螺旋旋入筒口令不動丙爲目鏡或用數鏡依光
學令視力增大視物更明目鏡亦須旋定令象鏡目鏡筒



三者合爲一體則不生變已午線過象目二鏡
之心此線之方向與筒合名曰視軸戊爲所測
物已爲戊之倒象在象鏡聚光點從目鏡窺之
如眞形目鏡力增大如眞形增大焉此象在筒
之空際無實體故當象處作二正交徑或用銅
絲或畫于平面玻璃俱可窺之見二徑交點與
物點成合爲一設微不合目鏡增大力能覺之
即知視軸非正射戊則微轉螺旋令恰合乃止
用此法而置鏡又極平則縱有差角不過十分
秒之二三測物每患不恰當視軸有此法可免
此患如此用遠鏡能分微角如顯微鏡之能察微物焉再
用變大理推其微度能知其形狀所得與幾何所推幾無
別焉



測中星之鏡名于午儀其鏡連一橫軸
鏡與軸必正交則測望所得皆眞軸之
兩端其徑必等以銅爲圓殼兩半合而
固之殼之下半堅定于石安軸時必正其高低及卯酉二



方向高低憑視軸準卯酉憑測望皆用
螺旋正之當目鏡聚光點處作一地平
線正交視軸又作垂線若干相距俱等

皆以細鋼絲爲之測時須令諸線全見畫則映以日光夜則用法映以燈光線之外圈用螺旋正之令中垂線正交視軸則星過中線卽過子午圈驗表記其時再以所測星過左右諸線之時較其誤若恐器本平則易置橫軸之東西而測之所得仍不異則筒與橫軸果正交而筒旋轉恰在天空大圈面內也最精者子午儀測中星除鐘表差外所差不過十分秒之二三

視軸旋轉之面當合本地之子午面放察法取恆見界中一星測其二次過鏡中線若在中線兩邊之時相等俱得半周時則其面爲真子午面蓋子午面必正交星所行圈子相對二點也

用子午儀及鐘表測度分所得卽赤極之角度也此法卽以地球自轉之時刻爲準不必用銅環之度分蓋若干時有一定若干弧分過去也其率一時十五度若非赤道經



欲知其度分須作銅環細分度分秒以測之

如圖甲乙丙丁爲銅環分爲三百六十度用

天地人諸驅連于中心心開圓孔孔中線以

短活軸可旋轉軸上裝一遠鏡鏡之視軸甲

乙與環面平行而正交短軸鏡之腰連一橫

桿桿正交視軸短軸轉動則鏡與桿循環而轉假使欲知

申酉二物之距度先令環合于申酉及人目所居之面而以法定環不動乃轉鏡令視軸正射申復定鏡令不動而視桿端小針所指察其度或恰滿一度但察其度或在二度之間須細察分秒法詳後復移鏡令視軸正射酉定鏡察其度二度之較卽環中心之角申酉之距度也



一法遠鏡筒與環合爲一體不動而活軸另連一銅墩理亦同如圖酉爲遠鏡筒以己巳二柱連于甲乙環丁爲環之活軸轉于戊戊銅墩墩裝一曲尺已其端有針近環乙以指環之度鏡與環轉時過針之度分卽角度也



針若鐘表之針如甲或用佛逆如乙最妙者用雙顯微鏡如丙法于目鏡象鏡公聚光點處作正交二線用細螺旋轉之如丁先令交



點與所察點之最近度合乃轉螺旋復令與所察點合螺旋若于轉卽知距視軸所指點若干分秒鏡力須極深螺旋須極佳此法能



辨度分之極微與遠鏡之細測相輔而行也

用此法測量全憑三事甲乙筒向物須的準一也環之度分須極勻二也二分中間須細辨其秒微三也察筒之方向甲乙兩端或用

交線或開小穴或一端用交線一端開穴俱可皆全憑目力若易以遠鏡象鏡在乙目鏡在甲而于公聚光點置交線則遠勝目力之細測也

前條爲測度分之最簡法但僅能測不動之角度如地平界之類若天星則刻刻漸移此法不能合惟測二恆星視道相距則亦合諸星每日周行天空所成之道若有迹可見隨時可測其相距今無迹可見然鏡之交點與星合卽與其道合故候星過時以交點合之而定其鏡察其度分乃轉遠鏡候他星過復以交點合之而定其鏡察其度分二度分之較卽二星道之距也連測之以放其誤否此乃牆環之理牆環者卽前條之環而與子午面合法令環連一地長軸堅固不動軸深入石牆用螺旋正其高卑及東西方向令環與子午面合凡恆星道皆正交子午面牆環測得二星過子午點中間之角度去蒙氣差爲二星道之距卽二星赤緯之較亦卽子午圈高度之較

凡曜之赤緯度爲距極之餘度極在子午圈內設極點有星以環測定其度則餘星之距極及赤緯度俱可測今極點無星故取一近極之最明星測其上下過子午圈之較度折半以加下高度或減上高度卽極之高度如圖辛已辰爲天空于午圈已爲極乙未甲午丙丁爲二星道上過



子圈在乙甲丙三點下過子午圈在末午丁三點辛已辰爲牆環申爲心其邊乙甲丙已丁諸度分與天空乙甲丙已丁諸星相合既測得乙甲乙丙乙丁丙丁四度分則各星距極俱可知蓋丙已等于乙丁故丙已等于乙丁俱爲丙丁之半則環之極點已知而乙乙乙甲丙三星距極度分亦可知矣

極星爲最近極之明星距極約一度半過子午圈上下二點甚相近極出地度多則二點距地平俱遠蒙氣甚微又甚明畫亦可測故天學家恆用之以正諸器之差如子午儀測此星以驗其合子午圈與否法見前是也

環上極點既測定永爲原點諸星距極度皆準之設環上度分或有不均可旋轉其環再測三測比勘以定之移動遠鏡有螺旋能定之故環可任意旋轉也

牆環上更有最要者爲地平點一切子午圈高度皆準之測定之法與極點同天空地平交于午圈點無星法于夜中測一星過子午圈明夜測水銀中此星之影過子午圈環上二測中間之度去蒙氣差爲星之倍高度折半得地平點準視學理光射平面之倚度與回光之倚度等水銀

之面極平星在地平上影在地平下其度極相等也故水銀而名曰借地平

牆環之軸惟一端着于牆力不甚固亦不能如子午儀兩端可易置以正其差故其用不若子午儀然其環可連于子午儀之軸與鏡同轉定顯微鏡于銅墩以測其分秒名曰子午環可并測赤道經度及距極度測時用鐘表定其過午時用顯微鏡察其分秒欲造恆星表用此法經緯度一時同得甚便也子午環上之遠鏡其力無論若干大俱可牆環鏡太大則重力不能勝也

環上定地平點爲天學最要事其法不一曰借地平曰垂線準曰酒準曰視軸準借地平已見前垂線準用極細鐵絲或銅線或麻線下懸種種浸入水中則不擺動線之方向卽地心力方向此法非精心細察最易差故今不用酒準用玻璃管貯燒酒等物微不滿令中有小空著于直



板上邊微凸準平則小空恆在中如圖甲

乙爲管定于直板丙丁先置板令底極平

于小空之界甲乙二點各作識後凡置準

令小空與甲乙合則丙丁必與地平合若

稍不平小空必偏向高邊也如欲驗已平

合地平否置丙丁板于上視小空二界合甲乙反置之視

小空仍合甲乙則已午必合地平若不然而則小空所向一邊必偏高也天學家所用酒準皆有細分視小空二界所在能辨一秒之角差此準必用法細磨管內非易造也用



酒準定環之地平點法如圖甲乙爲遠鏡與戊已環相附而轉于橫軸丙其軸亦可東西易置而環固定于軸丑爲酒準正文戊已桿而于己或戊用顯微鏡或佛進察其分秒已戊桿與丙軸連

或令易轉而軸不轉或與軸俱轉將遠鏡正對物申乃定之令酒準之小空合甲乙二點亦定其桿則桿與鏡成一定角度乃察已點之度而以橫軸東西易位令環南北易位復將環與鏡同轉于軸令鏡仍對申定之如前定酒準再察已點之度二測中間之度折半得申距天頂度其餘張爲高度知申之高度即可定環之地平點此法雖繁然用酒準必如此不能簡也

視軸準者邇得所創乾隆五十年立敦厚始依光學之理用之此器佳者用遠鏡當聚光點有交線其鏡之筒連以二柱橫立于厚鐵板上而鐵板浮于水銀面故與地平成角恆同用燈映鏡中之交線交線在象鏡聚光點令光線出鏡平行復聚于他鏡之聚光點與同方向天空之星無



異鏡之倚度卽星之高度故測二線之交
點如測星焉法置視軸準于環之兩邊距
環遠近不論以環之鏡二次鏡之俱令二
鏡交線之點相合則環上半之度卽倍距
頂點度故天頂及地平點俱可知準鏡二
交線一正交地平一與地平平行環鏡二
交線俱交地平四十五度故測時交角之

度互相平分焉後便孫伯又變化其法卽以環鏡正對水
銀面而以燈傍映鏡中之交線交線之光出家鏡平行還
水銀面而回復入象鏡聚于聚光點成交線之象故轉動



其鏡令象與線合卽知鏡之視
軸正對天底點

子午儀與牆環皆所以測諸星過子午圈之時刻測星過
子午圈時刻以正遠鏡方向最易蓋星視道與鏡中文線
之橫者平行而用螺旋能細移至密合少有未合有餘暇
改正他處不能也凡測角務得準確若角有變者則當于
最大最小時測之蓋此時不驟變有餘暇可安徐細測也

星之高度亦然其變之最大最小皆在子午圈上

星任在何處皆當測之不定在子午圈也其法地球上無
論何點以正交二大圈定之幾何所謂點之縱橫線是也
如知地面之經緯度卽知本地之點知赤道之經緯度卽
知本星之點知地平經度及高度卽知出地之點是也

欲任測星道上何點先當置遠鏡令有上下及四周二旋
動法用二環令所居之面恆正交亦與遠鏡旋動之二面
平行二環之軸亦正交一爲本軸其兩端裝入銅殼可旋
轉餘一軸卽裝入本軸之腰二環或用二佛逆或用二順
微鏡一着于石墩一着于本軸察其度二環俱可任意定



於軸其定之之物亦連於墩及軸此器
測天之大用在置本軸丙丁有二方向
一與地軸平行直指天空之極則甲乙
環與赤道面合測其時角卽赤經度之

較丙丁軸旋轉則庚辛環恆與天空之諸時圈合其環之
度分爲赤緯度或距極度此置法名赤道儀欲久測一星
此器最便蓋遠鏡已正對其星則遠鏡與極軸交角等于
星距極度乃定遠鏡于庚辛環隨極軸而轉如此鏡所指
不出星道也正赤道儀最不易其法先隨極星轉一周則
知極軸偏于何方向而改正之極軸已定乃以緯度環依

子午圈定于極軸任取數星緯度大不同者各測其過子午圈若其過午之時較俱與表合則鏡正對子午圈而環之軸正交極軸或與表有不合則視其差而改正之近時亦道儀用輪法測時能自轉于極軸以隨星測者但專心候星無煩手轉也法用懸錘轉諸輪以轉極軸錘力極準恰二十四小時極軸一轉二令本軸為地平垂線而甲乙環與天空地平面合庚辛環恆與天空垂大圈合甲乙環上之度為地平經度庚辛環上之度從頂點起則為距天頂度從地平起則為高度此置法名地平經儀用垂線準正本軸或用酒準置器上而轉之視小空不變即正矣

定平環上南北二點則以垂環正向子午用攸子午儀合子午面法定之前又法取子午圈東邊一星令與遠鏡丙之交點合察地平環上之度分乃定鏡于垂環俟此星過午後轉器隨之至星復與交點合再察平環之度分乃以二度分之較折半即得地平之南北點蓋前後所測二高度等凡星在子午圈兩邊之高度等則兩點距午之地平程度亦必等故也此名等高度法歷家恆用鐘表測二高點之時較折半得午正此法亦可正鐘表之差

亦然過此二點之線為午線地平經儀之妙用莫大于測紫氣差法先取一過天頂之星再取一切地平而過之星俱測其視道致每點與平圈差若干即知紫氣大小

天頂尺地平尺製與地平經儀皆畧同天頂尺細測近天頂諸星垂環惟用下面之一分餘俱不用故垂軸極長環之半徑極大令弧度寬大便于細分也地平尺用以測地面諸物遠鏡俯仰無幾度故不用垂環或用小者亦不必細分也遠鏡連一橫軸着于二柱與子午儀同二柱堅定于平環之輻與環同轉

又有紀限儀用以測二物之距度或測一物之高度如圖



甲乙為全圓之六十度分為一百二十等分丙乙半徑上有鏡半回光半透光正交儀面而與甲丙半徑平行丙戊為活半徑可移動其末有佛逆戊可細測度分其端有回光鏡丙亦

正交儀面而與本半徑平行甲丙半徑上有遠鏡視軸與乙丙半徑成已丁丙六十度角如欲測已午二物先以遠鏡從丁之透光鏡正對午乃移動活半徑令已光線從丙回至丁從丁回入遠鏡筒至遠鏡內二物之聚合于一即定其活半徑則丙已午二線之交角必倍于戊丙甲角

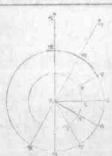
即二物之距度也故此儀倍其分數以三十分爲一度蓋光與二次回光三線在一面內則首末二線之交角必倍于二回光鏡面之交角也此器或云哈得烈所造實則作于奈端可手握而測航海者測星距天陰及高度非此器不能蓋海面高度酒準垂線準借地平俱不可用故必用此器令所測之星與海中地面界合即得星距地面界之高度見前滅地面界深度即得真高度陸地可用借地平無地面界深度也

正紀限儀之差法最簡令活半徑所指之度爲○則二回光鏡當平行若不平行則任測一星令遠鏡見了透光回光鏡中星之二象合爲一即知其差數蓋象合時其度當爲○若不爲○所得度分即差數每測去其差數即得真度分焉若回光鏡不正交儀面則鏡傍有小螺旋可旋動正之大率活半徑上之回光鏡造儀者已詳細定之無須正惟丁鏡當正其差而遠鏡之視軸亦必詳審令與儀面平行其正差法用一地平線一垂線相交而以儀面合地平之垂面以遠鏡正對交線移動活半徑令地平線與回光之影相合又轉小螺旋令垂線與回光之影相合視地平線仍與影合即正矣

回光環之用與紀限儀同而圓周皆有度分此器有三佛

逆每測俱察其度分以三度分相并約之三差相消畧得真度分故此器稱最精妙

疊測之例實大所造有大小二環遞次疊測可任至若干次故其差幾可消盡也如圖甲寅丑爲定環子丑爲遠鏡



定于甲乙丙環與甲辰活桿其轉子定環之心辰活桿之端有針或佛逆設欲測巳午二物之距度先以遠鏡正對巳察其度乃定桿于內環旋鏡正對午桿隨之俱轉過環

甲乙弧與巳辰午角度等再察其度二度之較必等于巳辰午角然必有二差一分度差一測量差乃定桿于定環脫于內環轉遠鏡向巳復定桿于內環脫于定環轉遠鏡向午桿同轉至丙所過乙丙弧亦等于巳辰午角再察其度二次察得度之較弧甲辰丙倍于巳辰午角亦有二差如此累測至十次得十倍所求之角以十約之則其差幾可消盡此法甚妙然依此測之仍有差未知其故俟測者攷之

分微尺能細分角度之秒微可測諸曜視徑之角度其妙全憑螺旋法于遠鏡內象目二鏡公聚光點置二平行線



以細銅絲爲之定于二活架用二螺旋移其架其動之方向俱正交平行線令二線恰至星之二界再轉至二線相合視螺旋轉幾周幾分知在星界時二線之相距以轉數化爲度分秒即得或僅用一螺旋移一界之線亦可

分微術或用光學法能變其象爲雙象如圖甲爲本象變



爲相等相似甲乙二象其相距若干及方向一任測望者令之故可令二象相切如甲丙復令移于又一邊相切如甲丁自此切移成彼切所過之分秒即象之倍徑也



變一象爲雙象法甚多一法平分象鏡即能變其象爲二



以象鏡之兩半分置二架而參差移動之此名量日鏡用以量日之徑最便也如圖甲乙爲象鏡之兩半準光學理二半鏡之象俱在本軸上故目鏡窺聚光點處有二

相似之象並列轉螺旋能令相近相遠也一法用水晶之一種視物成雙象者此水晶中有一線名光軸二象之相距準此線有定限最近至相合最遠至眼而止用此水晶作球代目鏡轉其球則球之光軸與目之視線角度漸變當光軸與象鏡之視軸合則象爲一轉之至光軸正交視軸則見本象分爲二漸離而遠視晶球所轉度分而知二象相距度分也

又一法最簡易凡三稜體二種玻璃名曰石玻璃相併

能消去光之彩暈而視物形狀不變但有光線差法令二稜體彼此相對各面畧近平行光線差甚小約五分平削之兩半各裁爲正圓鑲以銅架而以尋常平面玻璃隔之



如圖虛線爲一半玻璃架之輻實線爲又一半玻璃架之輻令在後之架能轉動亦可察其轉之度若二半相合其差角爲十分則相逆必無差角而自相逆至相合俱有差角自○至于十分皆以

圓架之轉若干計之凡光自象鏡至聚光點成尖錐形置此兩半玻璃于尖錐之腰恰占截而之半則象鏡之光一半有差一半無差故成雙象其分合之度可測也若象鏡不大則置于象鏡之外貼近象鏡其徑較象鏡之徑比例

當爲七百零七與一千又幅響礙光約爲七與十

方位分微尺只一線轉于目象二鏡之公聚光點恆正交
透鏡之視軸取視界中一線爲準線依準線以定二物聯
線之方向法轉分微線令與二物相合或與二物聯線平
行遠鏡外有度分小環察其度分若干卽聯線與本線之
交角也此尺若用于赤道遠鏡上則本線方向合于赤道
其方位角恆從原點一邊計之自北而後而南而前原點
之方向正北也九十度之方向正東卽後也一百八十度
之方向正南也二百七十度之方向正西卽前也

二星相近而能並見欲定其聯線之方向則不用單線
而平行雙線若二星大小不等此法更使用法使二星
在雙線之間而相配則易知其聯線之方向若人立之
勢頭正直立則更易準

凡在夜中窺測必用燈光使視界亮而線暗或視界暗
而線亮否則分微尺中之交線難見使視界亮之法以
燈光自遠鏡筒邊之孔映入筒內不亮之白面使光圓
散不礙成象之尖錐形光也惟所用燈光之色爲要試
知用紅色之光見線甚明於別色之光使交線亮之法
以燈光映入筒內交線向目之面燈光之餘者或至筒
內之黑面或自對面之孔入照箱中皆能滅也

窺測太陽必用暗玻璃隔之紅玻璃易透太陽之熱而
傷目不可用若用深紅玻璃而久觀之則目眩而不能
見惟用青綠二色之上品玻璃相疊最佳此二色相疊
透純黃之色而略無熱焉日之光熱遇玻璃面亦能返
照而甚減小其返照者約爲正光千分之二十五故造
窺測太陽之回光遠鏡可用玻璃作回光象鏡二面俱
凹前面合拋物線與聚光點之距相合後面合大曲率
之球體使其餘光由玻璃透出而折射散入空中故或
正或斜或粗或細俱無妨也前面所回之光已能顯甚
清之象矣若第一次回光光尚太多則或多用數平行
玻璃回光以減之或用三稜玻璃以一面回光一面放
餘光則所回得之光約爲正光九百分之一因依光差
之理使面與光線成正角可稍得回光而減小甚多也
若用大力之鏡欲細察太陽面之小處可用金類板作
小孔安於聚光點以透所欲察太陽面小處之光則光
熱多爲所阻而至目鏡者已甚少可不害目矣導斯物
設此法能見太陽面最奇之狀別法所不能也後詳論
之

天學家多用回光大遠鏡其體重大難於安置使鏡面
不改方位故必有便易之法可時時試較其視軸設鏡

面有改方位可改正其視軸故用視軸準之法

見本卷

外以燈光映之視軸準象鏡之端向回光鏡自回光

鏡筒之目鏡窺見視軸準內之銅絲對燈火則與窺同
方向之星無異視軸準之俯度卽星之高度也因使此
銅絲正對一星則回光鏡或平動或立動其銅絲仍必
對其星而星之光線與視軸準之視軸仍平行故可用
視軸準之視軸爲回光鏡之實視軸而回光鏡筒之軸
非爲回光鏡之實視軸也惟欲測微差或所窺之物不
明及視界不明而不能用此法則必時時試較回光鏡
之改動而有機稍動回光鏡以改正之使分微之銅絲
與回光鏡之視軸相合

談天卷四

英國侯失勒原本

英國 偉烈華方 口譯

海真 李善蘭 刪述

無錫 徐建寅 續述

地理

地理乃天文之一事而實爲最要蓋地球爲測天之公方位如兩地測星得數不同而生角差即可據之推星之遠近然必先知地面諸方位之不同推之方不誤故此卷詳論測天以定地理之事

地理家所論之大概爲洲島海洋山河之形以及地質地氣物產人民諸事地質物產人民無異于天文故不論今僅論地之形狀及大小地球之面爲海洋爲洲島洲島之形狀有山谷有原隰而海底與洲島土面相連其形狀亦當攷之今未能悉知若悉知之實有裨于天學

地之狀大約近圓球卷一而細測之知非正球乃微扁狀

若橋其南北軸短于赤道徑然所差甚小不過三百分之一

設以木仿此作徑十五寸之球其差不過二十分之一

一雖目力甚精者亦難辨故恆以球稱之必細度始知非

正球也

地之狀若此故若非依赤道平割之其面皆非正圓而爲

橢圓人居地面舍二極外所見地面界亦非正圓但所差甚微目既不能覺深度尺亦不能辨苟不知測地球大小法則地非正球亦不能知也

圓之周徑率爲三一四一五九二六與一之比例故若地爲正球則測得其大圓爲幾里幾尺即知其徑若干而但測大圓之一分即可知全周如測一度即知三百六十度也故若依子午圓測一度之里數即全周可知然地面無表亦無準繩指南針不能無小差亦無用則何以能知度分何以能不離子午圓故法當用地外之表恆星是也恆星距極度可查故測其高度即知本地極出地度乃依子午圓向南或向北至極出地差一度計其所過里數即三百六十分地球大圓之一也

用子午儀則逐秒知子午圓之方向雖地面有諸阻礙不能盡依子午圓行然其差可知即能算而除去之

用上法量子午圓度分之里數最簡要但不能步步築星臺故二測處相去不能恰得一度然此亦無須可任意築

星臺相去或一度或二三度或度下帶奇零俱可測星之高度須精心細察不可令有差蓋在一度爲小差在全周則三百六十倍在全徑則一百十五倍即積成大差也故

二測處須取一星近本處天頂者測之則數氣小生差甚

微幾若無也以一百二十設一處測此星過天頂一處測

此星過于午隨時距天頂或南一度或北一度則知二處

地面緯度差一度一度之二界已知即有法量其里數尺

數定地面一度之二界有微差必不能大于測星距天頂

度之微差而精心細測所差不能過半秒幾二處相去五

度而地面每度之差為一丈用此差并二處之測差各半

秒以推地之全徑其差僅約二里耳

右測地球大小法蓋以地為正球于午圈上每度長短俱

相等也乃如法依子午圈逐度量其距則其差大于上所

言且逐度不同故知地非正球今取各國天文名家用最

精器測得之數列表于左

| 國名 | 地極點 | 中點分 | 之度 | 極端 | 之度 | 英尺 | 英里 |
|------|-------------|-----|----|----|----|----|----|
| 倫敦 | 51° 30' 00" | 51 | 30 | 00 | 51 | 30 | 00 |
| 巴黎 | 48° 28' 00" | 48 | 28 | 00 | 48 | 28 | 00 |
| 里斯本 | 38° 26' 00" | 38 | 26 | 00 | 38 | 26 | 00 |
| 孟買 | 18° 54' 00" | 18 | 54 | 00 | 18 | 54 | 00 |
| 仰光 | 16° 52' 00" | 16 | 52 | 00 | 16 | 52 | 00 |
| 宿務 | 10° 33' 00" | 10 | 33 | 00 | 10 | 33 | 00 |
| 新加坡 | 1° 16' 00" | 1 | 16 | 00 | 1 | 16 | 00 |
| 泗水 | 6° 09' 00" | 6 | 09 | 00 | 6 | 09 | 00 |
| 巴達維亞 | 6° 11' 00" | 6 | 11 | 00 | 6 | 11 | 00 |
| 馬尼拉 | 14° 34' 00" | 14 | 34 | 00 | 14 | 34 | 00 |
| 宿務 | 10° 33' 00" | 10 | 33 | 00 | 10 | 33 | 00 |
| 仰光 | 16° 52' 00" | 16 | 52 | 00 | 16 | 52 | 00 |
| 孟買 | 18° 54' 00" | 18 | 54 | 00 | 18 | 54 | 00 |
| 里斯本 | 38° 26' 00" | 38 | 26 | 00 | 38 | 26 | 00 |
| 巴黎 | 48° 28' 00" | 48 | 28 | 00 | 48 | 28 | 00 |
| 倫敦 | 51° 30' 00" | 51 | 30 | 00 | 51 | 30 | 00 |

此中環白字二字蓋指地
球白物也
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極
測地極極

末行數以前二行數比例而得此法若弧線太大則不甚
密觀表中二五兩行知緯度愈大度之尺數亦愈大故近

極最大近赤道最小準此推之得地之形狀

假如以木作一地球象不許以規尺度球之各相對二點

而欲知其是正球否則當別用法測之法製

一薄銅板其底微凹置于甲密合無縫乃移

于球之各處試之若俱密合則為正球設有

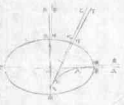
時其下中空如乙有時兩端空如丙是乙平

球面逐度測之也蓋曲面逐點之切線方向俱不同地若

為正球則向前行所過里數同地面之切線變方向其角

度亦同今測地或前後所行二里數同則所變方向二角

度不同又或前後變方向其角度同則二次所行里數不



同故知地球于午圈赤道凸于二極
而地非正球乃扁球形也如圖卯甲
乙丁戊己為依子午圈割地球之面
丙為心卯甲乙丁戊戊為子午圈內
三段皆密緯一度即人行于午圈測
極高弧各差一度也卯為極戊為赤
道卯卯甲甲乙乙丁丁庚庚戊戊為

卯甲乙丁庚戊地面六點之垂線六點之切線必正交諸垂線諸垂線引長之兩兩相交于天地人三點卯天甲乙地丁庚人戊俱爲一度之角故甲卯丁乙戊庚皆可當作平圓一度之弧其心卽天地人以幾何言之此三點爲曲率之心天卯等于天甲地乙等于地丁人庚等于人戊皆爲曲率半徑故諸點之曲率可測而知凡大小正圓其等角弧之比若半徑之比今卯甲弧長于乙丁弧乙丁弧長于庚戊弧故卯天半徑大于乙地半徑乙地半徑大于戊人半徑故諸垂線之交點不能在圓心丙而在天地人三點此三點同在一曲線內此曲線爲卯甲乙丁庚戊曲線之母曲線乃諸曲率心點之聯線

凡圓面一徑略短而其正交之徑略長則爲橢圓故子午圈非正圓而微橢其短徑卯申卽地軸長徑戊己卽赤道徑蓋因地球自轉于卯申軸而成此形也此與從極至赤道逐度漸大之里數密合凡橢圓長徑端之曲率半徑最小短徑端之曲率半徑最大準幾何凡橢圓可因曲率變之比例而定長短二徑之比例亦可任取一處之度度其長若干而定其二徑之長若干今不細論但本此攷幾何家用所度緯度之里數推地球二徑近有二家一爲白西勒取十一弧推之一爲愛里取十三弧推之其數如

赤道徑四千一百二十五萬二千九百六十一尺卽二萬

二千九百八十三里三一

二極徑四千一百一十一萬五千零八十八尺卽二萬二千八

百四十一里七一

二徑之較十三萬七千七百八十三尺卽七十六里四六

二徑比例率二百九十九一五二九九十八一五

右白西勒推得之數

赤道徑四千一百二十五萬三千一百九十三尺卽二萬

二千九百八十八里四四

二極徑四千一百一十一萬五千三百七十二尺卽二萬二

千八百四十一里八七

二徑之較十三萬七千八百二十一尺卽七十六里五六

二徑比例率二百九十九三三二九九十八三三

右愛里推得之數

前卷約言地球徑二萬一千七百八十里以今測較之實

略小其較爲一千一百三十八里約差二十分之一也夫

略一度得二百里共三十六萬尺一秒得一千五百尺地

赤道之周爲七萬二千里其扁率約三百分赤道徑之一

依軸線割地球意其面必爲橢圓以前所列諸數攷之而

信雖間有不合處大于測量之差然較之正球差甚小矣

其不合處或因地勢所生或更有他故耳

作前表之數後至今人欲得地球之真形與大小益明取大弧線二以測量地球之面一弧線過俄羅斯國長二十五度二十分一弧線過印度國長二十一度二十分近時武官格拉格將各處所測地面之度數以推算法合成一帙其說曰地球非是正扁橢圓體而當赤道亦略擗其長徑四千一百二十五萬八千五百五十三尺其短徑四千一百二十四萬八千九百二十四尺赤道周之擗率爲四千二百八十三分之一長徑約大於短徑五里有半長徑之兩端一在西經二百零二度五分一在東經七十七度五十五分短徑之兩端一在西經十二度五分一在東經一百六十七度五十五分地球南北極相對之徑四千一百一十一萬五千五百四十五尺故經圈之擗最多者擗率爲二千八百七十五分之十經圈之擗最少者擗率爲三千零八十三之十書白得將軍另用別法推之所得略同惟赤道圈之擗率爲八千八百八十五分之一長徑之兩端則在格拉格所得者之東二十六度四十一分依俄國印度國法國三處大弧線推得地球之南北極相對之徑一爲四千一百一十一萬八千七百二十三尺一爲四千一

百一十二萬零二百一十六尺一爲四千一百一十萬五千三百九十一尺取此三數之中數畧得四千一百一十一萬六千四百四十六尺再取此數與格拉格所得數之中數爲四千一百一十一萬五千九百九十六尺略近於四千一百一十一萬六千尺

致地球自轉所當生之形與測得之數相符故定地爲扁球無可疑議設云地爲正球不動各處之質俱相同統地面之海等深如此輕重相抵定水不流若移二極多質于赤道令極與赤道之徑差七十六里令赤道上成山與洲然水必流向二極此理易明蓋定質隨所置而定而流質則一若在高山必流向也如此二極必成大海而赤道爲高地以環之乃今赤道與二極皆有海而海面距地心赤道多于二極三十八里未嘗背赤道向極流此必有力攝之若正球不動不啻有此力故地球必動此與地形扁圓及地自轉之說俱合其理詳下

凡重物旋行每欲離心名曰離心力試以繩一端繫石手執一端旋舞空中其理自見又試懸桶水于繩旋轉其桶水面必中凹蓋水之諸點皆欲離軸向外行故積于桶之四邊而漸高至離心力與抵力相等而止若



轉漸緩則四邊之水漸降中心之水漸升而凹漸小其水面
面如玻璃無波至轉定而平故設地爲正球靜而不動
四周有海其深俱等忽令自轉由緩而速至十二時行一
周水之諸點生離心力皆欲離軸勢必四面散飛試于兩
中轉其纖纖上之水皆四面散飛此其證也然有重力阻
之水恆欲離軸而不能故常離兩極向赤道成凸勢與
趨桶邊之理同焉水恆趨赤道令兩極生夾力而當赤道
有地心攝力二力相等故水之凸勢不變如此二極必有
大地而無水故地形若爲扁球而不自轉則水必向二極
赤道必有大地若爲正球而轉則水必向赤道二極必有
大地

海水衝激堤岸漸被消蝕成泥沙石子沉海底察地家放
今所有大洲皆如此蓋陸地被海水蝕盡成泥復積成大
洲非一次矣地面陸地無一定之處今所有高地久必墮
故地之形狀依等重之理屢變設地球不動則赤道所有
大洲必漸壞其質移至二極成正球設地球復動則極上
之高地必漸壞其質移至赤道成扁球與今之形同
已知地球大小及自轉時分則離心力亦可知赤道上無
論何物其離心力爲向心力二百八十九分之一赤道上
之海水必依此而輕故所居之面高于極上極上無離心

力海水必依此而重故所居之面低于赤道上幾何家曾
準此理推之謂地體若各處等重或有一分水或全體皆
水自轉二十四小時一周當成此形算數所得與測驗所
得約畧相近故若能明知地中之質則算與測當無絲毫
差也

地形扁圓乃地球自轉之明證昔人言地球自轉但用以
解每日恆星繞地耳未嘗及此理然已知自轉即可爲扁
球之證自轉與球扁理相關如此初奈端用自轉之理推
地之形謂當爲扁球時尙未測量也今既測量而知奈氏
之說果不謬

離心力必減地面諸物之重力當赤道上所減最大漸遠
赤道漸小至二極而無故凡物南北移置緯度變重力亦
變曾于各緯度測其輕重故能定其級數物至二極增重
最大比赤道重一百九十四分之一從赤道行至極加重
之比若各地緯度正弦幕之比

各緯度測物之輕重不能用天平及秤蓋二器皆用此重
測彼重彼重變此重亦變故不能用也假如有物在赤道
重一百九十四觔移至極重一百九十五觔若用天平于
赤道平之移至極加法碼一觔必偏重不能平矣設有重
物懸于赤道如天其索過滑車甲又過滑車乙至北極過



滑車丙亦懸以重物如地設此二重在赤道或在北極用天平平之輕重相等則如圖懸之必不能相定地重必向下行若干天重加一百九十四分之一則定矣

故各緯度測物之輕重必用別器一用黃簧力不隨地面



而變也如圖甲乙丙為鋼曲尺與底板戊丁連為一體板內鑲以光面白瑪瑙如丁置板用酒準令極平庚為螺線簧懸于尺之鈞丙己為圓體重

物底下須極光先于緯度最大之地懸簧及重物令己丁相距僅一絲復以微重物遞加于己令丁己相切而止乃去微重及己重又輕輕去簧裝于匣內于路須謹慎防護勿令生鏽亦勿動搖至緯度漸小之地再懸簧懸己重并前所加諸微重必不能復切瑪瑙再遞加微重令復切瑪瑙而止則後加微重為己重前所加微重半簧三重和二地重力之較設螺線簧之力連本體能懸一萬分伸縮一寸不壞則加一分重能加長一萬分寸之一其數易測故不論何處測其重力其差不能過一萬分寸之一此靜重學之理也

一用鐘擺凡同一鐘擺用大小二力擺動之則同時分中擺動之次數不同置于緯度大小二地擺動之亦然因重力有大小也其二力之比若二次數平方之比假如用一擺置赤道上一太陽平日擺動八萬六千四百次移置倫敦擺動八萬六千五百三十五次則赤道與倫敦二處重力之比若八萬六千四百自乘數與八萬六千五百三十五自乘數之比約之若一與一〇〇三一五之比故倫敦有體質十萬勛與赤道上體質十萬零三百十五勛二重力相等此動重學之理也

各緯度用上法細測知赤道與二極重力較數為一百九十四分之一此與赤道離心力數二百八十九分之一不合二數之較為重力五百九十分之一蓋地球自轉生離心力離心力令地成扁球扁球變地面之攝力而生此較數攝力雖一而分為二一直如一傳遞而加直加易推傳加須用幾何精理解之別有專書今略言其理凡物不論離心力但論其重即地之攝力奈端論攝力云諸質點非其向一心乃各點為餘諸點所攝故地攝地面之物非用一力而用地球中各點所生之諸力也若地為正球則物不論在地面何處所得攝力皆等因所有諸質點之方向皆相似故也今地為扁球則地面各點所有諸質點之方

向各不相似則所得攝力亦各不同故設有二等體一在赤道一在極則二體與扁球相關之理大不同球攝此二體其力亦不同測而推其數與說合此乃數學中理之最深者奈端麥祿林格來老諸家俱詳推之從赤道至北極若無離心力當加重五百九十分之一依其數再加離心力則爲一百九十四分之一

地面有恆風爲航海者所必需西人名之曰貿易風此風之生其故有二一地面赤緯度不同受太陽之熱氣亦不同二流質之公理熱則漲大而輕冷則縮小而重準此二故合地球東西自轉即能明此風之理蓋二至圈中間之地太陽恆正照故地面恆熱于他處傳入氣中氣得熱則漲大輕而上升二至圈外南北之冷氣重輒來補之已升之氣高出氣面即分流向二極漸遠赤道漸冷漸降以補前氣向赤道之空如此上下循環流轉不息

自二至圈向赤道其空氣之壓力遞減在赤道上風雨表之水銀恆低于溫帶五分寸之一乃實據也

地球自轉當赤道之地面最速漸遠赤道漸遲各緯度地面之速率比若各距等圈比當無風時非氣停也乃隨地而轉似氣不動耳近極之氣行至赤道其向東本速遲于近赤道之地面必一若風逆行自東而西故地球若不自

轉則赤道北恆北風其南極南風今因自轉故北恆東北風南恆東南風也二至圈外之氣若忽移至赤道兩地之速率不同必激成颶風然恆徐行沿路爲地面所攝速率漸增若畧停不行則速率驟增必與所停之地面同速蓋包地之氣甚薄見卷一凡人乘其積較地球積約僅一億分之一故地面攝之東行甚易其原動力若非恆有新

生則易消盡也近赤道距等圈大小之差甚微故風西行之方向漸消至赤道而消盡而南北二風相遇若無他故其方向亦必互相消盡故赤道上應無風左右有二大帶在北者恆東北風在南者恆東南風驗之悉合或問曰此二大帶之風恆與地面逆行則必順地面而令地轉漸遲以至于停今地轉不變何也曰赤道上之氣流向二極其向東速于各緯度地面故降至地面而在北爲西南風在南爲西北風則必磨地面令地轉漸速與前恰相消故地轉不變溫帶中多西風西南風大西洋之北恆有西風皆其證也

大緯度帶內緯較不甚多之兩緯圈已大不同設有故而使北半球數方度內之空氣自北極移向赤道而行人在近赤道之帶內必初覺有風正自北極來繼必漸改至自東來此因初來之風自相近處所來其轉速與

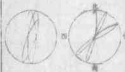
人所在處相同故略無向西行後來之風自漸北之緯度所來其轉速小於人所在之處故漸後於人所在處地面之東行而人漸覺爲東風也因此初有北風不能久存必漸改而東其方向由子而丑而寅也風若自赤道向極則方向之漸變相反初爲南風漸變向西其方向由午而未而申也南半球之空氣與此同理而各相反故在二至圈內之帶其風之方向漸變恆有一定而同於太陽繞行之方向以測候學之據推之亦確合故可無疑也

最大之颶風吹掃地面海面有絕大之力熾與地震相摶亦爲此之大據蓋颶風之發也緣北半球之某處或陸或海受日熱獨多于周圍故空氣甚熱而成柱上升風雨表卽降周圍之空氣速卽衝來以補其虛其自東自西所來者同得地面自轉之動各至中心卽相遇而直上升其自北來者漸近方卽漸小其自東北來者向西之力必漸加其自西北來者向東之力必漸減故其自北來者略總得自東向西之動其自南來者略總得自西向東之動故南北兩風相遇必成圈形繞立軸旋轉而上升其旋轉之方向自北而西而南而東此因地球自轉之故也若地球靜而不自轉則周圍之氣衝來

之力相平而同直至中心相遇上升必不能成圈形也其圈形上升而旋轉之方向在北半球者與時辰表針之行相反在南半球者與時辰表針之行相同其圈形所現之風力與所有成其圈形之風力有比遠赤道之處日熱小而所成空氣柱上升之力不能大近赤道之處日熱雖大而地面轉動之較不多所成空氣柱旋轉之力不能大難成圈形故圈形旋轉之力最大者在遠近之中處攷大西洋中及米利堅國西印度島之西邊印度洋中國南海颶風羊角風之故其廣大而暴猛在兩半球恆相同赤道無此風與上理悉合來特非爾黎特畢丁登三人攷得此理爲地球自轉之大據也

近時富告得亦攷得與此相似者非地球自轉不能解釋也法以長細鐵線掛重鉛球於屋梁之下球下置平面鐵線下端連棉線合子午線橫引而繫定之將火燒斷棉線則鉛球合子午線移過絕無東西之動細察其動在其下平面上作多點記其相對之行跡初時專向東西數分時後則行跡已變若在北半球行跡之北端漸向東南端漸向西在南半球則反是其行跡之變數動之後已然惟微而難覓耳依動重學之理平面若不動則鉛球之行跡在平面必成直線今乃漸變而行

曲線如甲圖其各次行跡之曲線俱相交於中心知平
面必有動也設鉛球初動時微有東西動必與此甲圖
不合而成諸長橢圓線或橢圓線不交於中心而環繞
中心如乙圖其初動偶偏於何方向則行跡之方向隨



甲圖之理在緯度大之處更易見也以圖之吧為北極
柄為地心吧吧呼為引長之地軸吧吧為平面在歷一
分時所在之二處此時中子午線吧吧已繞吧點過十
五分之角而至吧吧其吧吧與地面既為切面則或在

之反之若球之行跡絕不變而球
下之平面自此而西進行則球之
行跡在平面上必與甲圖合地球
自轉則平面實有如此之動而目
不見也蓋地球向東自轉故全平
面隨之行過南北兩邊不能平行
同在某時中兩邊向東之動必多
於北邊其所旋轉之角度與南北
二邊移動之較相配也平面適在
地球之極則二邊之較最大僅在
本處旋轉而不移動平面適在赤
道則二邊之較無而絕不旋轉故

吧點或在吧點引長其面必遇軸線於吧假設一圓推
形以吧為頂點以吧吧為底則一分時中所過之吧吧
吧面為圓錐面之一分而吧吧吧吧又為此面內之一
分其平面自吧以吧點為樞環繞而至吧則其經線甲
甲必移至乙乙成吧吧吧吧也故在地球之兩極則其
角最大因原平面以中心旋轉也在赤道則其角小至
無因圓錐形之頂點無窮遠也



富告得初造之環繞器亦可微地球之自轉凡體環繞
其軸而自轉有不肯改其自轉面之性如無外力強動
之則可久存其方位而不改如圖吧吧為銅圓板之剖
面內心薄而外邊甚厚吧
吧為軸定於板之中心而
正交兩端在銅環之小孔
內能旋轉銅環外又有二
樞與軸孔之方向正交此
二樞在半環或吧吧兩端
之二孔內半環中點啖繫以不能絞之絲線上繫活鈎
鈎於鋼架端之碼頭小杯內造此器之工宜極精必面
阻力極小且能真相定乃使其圓板速旋轉而任其自
轉板重而旋轉極速則可久轉不停而方向久不改故

可徵地球之自轉也蓋其樞與掛點絕無面阻力不能改其旋轉之平面故轉軸叮叮之方向可久不改而久平行假如在某時叮叮軸指某恆星若以地爲不自轉而恆星繞地行動則少頃之後其星必已在軸所指之點之前而軸與地之方向則絕不改若以地爲自轉而恆星不動則星必久對軸所指之點而軸與地面之方向則少頃之後而已覺其改圓板之旋轉若能一日夜不停則軸能指定恆星在地平之上下行成一週以此徵地球之自轉更無疑義矣

若能使其圓板之軸不離與地平有定度之平面如正合地面或合經線之面則依動重學之理得圓板旋轉與地球自轉之并力此理詳於卜爲勒所撰咸豐五年四月英國天學公會之月冊茲姑不論惟此器速轉之時其轉軸有不肯改方向之性甚大可用備法明之將二尺徑之地球自其架取出數手執其銅環使銅環與地面平行另使人速轉其球若不改其軸之方向則手中心覺其重與不轉之時同若改其軸之方向無論依地平面或立平面或斜平面皆覺其球現不肯動之大力與地不轉時大異似球爲活物欲自手中躍出者又似大小性在球內現力者又以球不以重心而掛者也又

將球速轉而用手扶其銅環使直立而礙於地面則覺其球不肯直行必扶之始能循直線而行也若將環直立而合地球之午午線軸合地平使球旋轉合視天繞行之方向以二指輕夾環之頂使縱向北則必覺球漸向東而環在地面行之跡與時辰表針之轉相合使縱向南則其跡與時辰針之轉相反在上向下視之似球之軸上升之端隨地球自轉而動者

欲作地球或地圖當詳攷陸海之界限大洲羣島之位置山脈河流之方向城郭部落之形勢而尤當知各處之經緯度知緯度則知各處之距極與赤道知經度則知各處所居之午線

定球上每處之位置其緯度乃本處午線上距赤道之度分亦即極出地之度分然地爲扁球故緯度不過用以測量與地之形像不合作地圖無論全體或一段當知緯度之較同里數未必同也

用三角法測地面之形狀先當細定各地之緯度舊法用天頂尺測過子午圈時近天頂之星其星之赤緯可檢表而知故名測量之基星近法用一器略如子午儀而鏡之轉面不與子午圈合而與卯酉圈合如圖甲丙乙丁爲地平上天空半球已爲極入爲天頂甲乙爲子午圈丙丁爲



卯酉限午未申為星一日之道
過子午圈時星在未距極已未
略六于天頂距極度已人星過
卯酉圈在午申二點若器極準
則恰當遠鏡中間之界線上前
卷子午二次至界線中間之時
分即過午未申度之時分故知

時分即知極上午巳申角即午未申弧度也已知午巳申
角或午巳未半角及星距極已午用午人已正弧三角推
之可得天頂距極度已人即本地餘緯也此法之妙有三
緯度之弧不須測可免察度細分之差一也午未申弧較
其矢未人甚大未人即本地天頂與星二緯度之較是測
大而知小故午未申即有大差未人之差必甚小二也此
器測天有器差可不論反鏡測之即相消三也

定各地之緯度易定各地之經度難假如二地同在一子
午圈內則所見各星道交地面之角與地面割星道所分
上下二分及高度兩地俱不同若二地同在一距等圈內
則所見各星道交地面之角與地面割星道所分上下二
分及高度兩地俱同故曰定緯度易定經度難也然二地
緯度同同時測天所見半地球必不能相同假如二地同

在赤道上相去一象限同時中在東之地見一星在天頂
則在西之地必見此星初出地平歷六小時方至天頂也
故若能知此星過子午圈與彼地星過子午圈二時之
較即知二地之經度較假如星過甲地子午圈後歷一小
時過乙地子午圈一小時當弧線十五度即知乙地在甲
地西十五度也

欲明測定經度法當先知統地球之公時及各地之星時
取黃道之一點為時之元點推日平行距元點若干度分
得若干日時名分點時乃地球之公時也春分在子午圈
為○刻○分○秒乃各地之星時也西國有恆星鐘表春
分在子午圈為針之始各星距分點俱有一定度分歷家
時測大星以攷恆星鐘表有微差即改之故各地之恆星
時無纖毫差也設有二人于甲乙二地各測大星以正恆
星表令二分至子午圈時表針正指○刻○分○秒乃取
二表並置一處視其二時之較即星自甲子午圈至乙子
午圈之時分化為度分即兩地經度較也
鐘表有搬遷移動必生差而海船所用之度時表獨不
生差故莫如以度時表與甲地恆星表較其時揣至乙地
復與乙地恆星表較其時即得二恆星表之時較測經度
之法無妙于此者

假如在甲地分點至子午圈時令度時表針指○刻○分○秒○西行歷二十四恆星小時過十五度至乙則度時表之針仍行至○時而分點仍在甲地子午圈上必再歷一小時方至乙地子午圈然表之針已不指○時而指一時矣是度時表之時必先夭也若東行則必後天

設人向西行繞地一周復至本處則計月日必少一日如至日實初二必誤爲初一也蓋所謂晝夜者因日出入而生實則因地球自轉而生也地自轉人隨之而轉歷明暗二界而成一晝夜轉若干周即有若干晝夜若人繞地一周與地自轉方向同則較地必多轉一周與地自轉方向逆則較地必少轉一周多轉一周必多一日少轉一周必少一日又方向與地轉同所得晝夜必短于眞晝夜與地轉逆所得晝夜必長于眞晝夜所以二地同在一子午圈上緯度遠者其曆書或差一日蓋其民古時一自東而來一自西而來二地之民偶相會見始知也若統地面用黃道時即無此差矣

度時表雖極精然遠行日久或偶有差不能知則亦未足憑或用數表比勘可令差畧小然費太費且亦不能消盡故測定經度用通標更妙于度時表何謂通標甲乙二地俱建星臺可互相望見各以法測定本處之時正其鐘表

甲地驗鐘表至某時即發標以報乙地乙地即驗鐘表察二地之時差即知二地之經度較如甲地之針指恆星時五小時乙地之針指恆星時五小時四分則兩地之時較爲四分化爲度分得一度即兩地之經度較或累次測時連發標以相比勘則鐘表之差可消盡更妙也標或用花爆當憑地勢而異令彼此可望見海面距四百三四十里放花爆能見有山之地以懸貯火藥發于山頂望見之地更遠有時火光上照雲則望見之地更遠今用電氣通標無論遠近俱能比勘鐘表之時則更精矣

咸豐四年用此法測固林爲志與巴黎斯經度之較二十九次其最差之一次所差者約四秒之一



無電氣通標之處兩地中間另取一地發標令兩地皆見之或兩地中間取相連數地相間發標則兩地相去任何遠任有何阻隔俱能比勘鐘表時亦妙法也如圖甲人爲最遠二地中間取乙丙丁戊己五地乙地于某時放花爆甲丙二地各驗度時表丁地于某時又放花爆丙戊二地各驗度時表己地于某時又放花爆戊入二地各驗度時表則甲丙二地之時差望乙標而定丙戊二地之時差望丁標而定戊入二地

之時差望已標而定并三時差即得甲人二地之時差乙丁已三地以次發標每次遇早相去不及一刻表差不大又累次連發則得數之差可消去

用奔星代發標最妙奔星自發至隱歷時無幾二地雖極遠可同見立秋後二三兩夜立冬後五六兩夜奔星最多二地可預期約同測之

指南針有時忽自動偏而復正數萬里內皆同時而動或統地球皆同亦未可知今諸國常觀針候之若果同用以測經度差法無妙于此者

木星月蝕半地球同見之乃自然之標也此事臺官已預推得一定之時故不必多地多人但一人于一地測之即能知本地之經度也然此法非最密又海舶搖盪測亦不便

測月離亦可以定各地經度月之動法甚繁今不細論略以其理淺言之譬如有時表其針恆指京師之時則無論何處已測知本地之時與此表之時相較即可知本地經度又設此表面其周記分秒之刻識非勻分且表針之軸又不在中心而針之轉又非平速則欲知表之時當先知三事一表周時分當先測定造立成以記之二針軸距中心若干三表內之巧機以定速時速率知何時何分當轉

若干度知此三事方能知此表所指之時夫天空界時表之面也諸恆星表面分秒之刻識也月表之針也月繞地球之一心是針軸不在中心也月行有遲速是針不以平速轉也月行之差甚繁其根之理極深妙即表中之機巧也月一月約行一周行時或掩星或出二星之間不論何時可用紀限儀測之如用規尺量表面之針也又月甚近地星甚遠地人在地面見月行于星中之道各處不同所謂里差當以地心所見月道為準各地須推其差角而加減之此暨針不貼表面相離甚遠人立于旁側視則見針所指必生大差須知已目視線之方向而推正之方得真時也有表如此用之甚難然憑此表能知至難知之事則實爲至寶當殫心竭力以攷察上所言諸事矣猶之月離可憑之定經度故不憚詳攷其行法列爲表細載某月某日某時某分某秒月離何處經緯度各若干又詳攷各處月道之里差以近月道諸星距月各地之角差列爲表從此無論或居陸地或在海中但測月距表中諸星之度又知本處之時即知各處星臺距本地之經度

準上諸法則一切要地之經緯度可定中間之地可細測量以作圖今量地之法最便捷法分大地面爲諸三角形令諸角俱可彼此相望用地平尺測其角先用法測定一

邊爲三角底約以六十里爲率不可太長底之二端爲測量處須擇極平之地用金版錄于太平石內而精測其

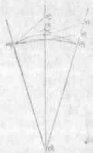


底長既確準乃各作點于金版上次測其底交千線之角度次測二端之經緯度依此連作三角形如圖甲乙爲底辰丙爲地面二點甲乙俱能望見之辰點最近底有星臺便測也丁戊己庚辛子爲地面附近各點已測定甲乙丙二形之底甲乙及其三角則甲丙乙丙二邊亦可知復以二邊爲甲丙庚乙丙己

二三角之二底各測定其角則二形之餘邊甲庚丙庚丙己乙己皆可復以丙庚丙己爲庚丙己三角形之二邊測定庚丙己角則餘邊庚己亦可知餘倣此可推無數三角形以作一國或一洲全地圖

右法有二要須知一當擇地令三角略相等如子乙己形從乙子二點測定已點大不便因己角太銳故測子角之度若小差則乙己線上之己點必大差所以三角若大不等不適于用也能免此病則測與量無大異故愈遠第一三角形可愈用大邊爲底如庚己庚辛辛子三邊是也後測所得地面漸大于初測所得地面則分一國之地爲諸

三角形亦不甚繁大約其邊自三百里至九百里俱可諸大邊已測定可更分爲諸小形而細測之若欲作圖極細可分至最小形令一人可測則作圖最密矣二諸三角形非平面皆弧三角也小形之邊四十五至六十里不甚覺



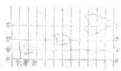
若大形不能作平算也如圖戊爲地心甲乙丙爲球面三點甲己午爲戊甲戊乙己戊丙午引長三半徑之三點若于甲點置地平尺極正無差則地平環之

軸必指戊而其面與甲點之切線合割戊乙己戊丙午二半徑引長線于寅卯二點轉遠鏡先對己後對午觀地平環上之度不得己甲午角而得地平經實甲卯角卽弧三角形之乙甲丙角故凡測地面所得三角之和必大于一百八十度若平三角則止一百八十度不當有餘度也此地形爲球之證地面高卑不一各處以海面爲準作地圖乃于平面畫球面悉依視法有處當大有處當小與地面之真大小比例俱不合作圖有三法一曰簡平儀法如圖以球腰之平面爲準于半球面各點作線正交此平面憑之作圖此如遠見球之半近中心則與真形合漸



近地則漸變狹而
不合故此法可作
地面小分圖若作
大分圖不甚妙也
二曰渾蓋通憲法
如圖亦以球腰之

平面甲丁己爲準甲乙己半球面之物各點俱作線至對
半球之中點戊取過平面諸點憑之作圖如庚辛壬三角
形爲庚辛壬三角形天員面爲天員面而甲乙己半圓線
爲甲丙己直線此法如人目在戊點窺半球之凹面球面



之形在平面俱略相似無大差
勝于簡平儀法三日墨加扁名
法乃以意造之以赤道爲直線
諸經線正交赤道皆爲直線經
緯度大小俱同此法亦可作地
面小分圖而大分不合愈近極
愈不合也

又法其理甚簡知某地面或某星之經緯度則易畫於

圖內或觀圖內之某地面或某星亦易知其經緯度法
以半徑平分九十分每分各爲距極之度作同心諸圈
過其各分爲緯度圈作各半徑爲經度圈此法作地圖
則不同處而等面積者在圖內之比例畧合且較諸別
法更近于眞形雖作多于半球之圖其差亦不過大也
昔密司設新法可作三分球之二之圖亦能如此又法
圖面各相等之面積與球面各相等之面積相配有時
用此爲便後失物在知望角測天記內第法依任何比
例取正弦之三十分與一度與一度三十分至於四十
五度爲半徑同以一點爲心作圓線可爲一度與二度
與三度至於九十度之各緯度圈也

于球面畫大洲及海可平分全地球爲二諸大洲在半球
諸洋面在半球英京倫敦約居諸大洲半球之中如是分
球爲天學中之要事蓋準此知地兩半球之質輕重不等
也土本重于水則大洲半球當重于洋面半球今仍相定
與常例若不合然此必別有理須深思之後卷論地與攝
圓球應得之輕重不合可與此事互相證明欲詳知地球
土面當細測陸地各處高于海面若干海底各處低于海
面若干海底之深淺于海船沉錘測之陸地之高卑用三
角法測之或用風雨針測之視水銀升降即知氣厚薄此

與沉鐘之理同蓋一用實繩測海底距海面若干一用虛

繩測地面距氣面若干也假使地球四周

非氣包之而有油包之如甲乙丙丁戊為

積土甲乙丙一段出水面成洲島丙丁戊

一段在水下為海底己丙為水面庚為油

面設欲測海底任一點丁之深淺法子已

沉鐘至丁量其繩即知距海面若干也設

欲測陸地乙點之高卑則用繩繫一物上

浮油面如庚復于丙點上浮一物二繩之

較即乙距海面也今地外所包者為氣無

從測其面亦不能浮物然凡兩地距海面等則氣之輕重

亦等是無面而有面之理設任取地面一點乙欲知其高

卑視風雨針水銀高若干則知乙之上面有若干氣壓之

依重學之理即知乙距海面若干高也

上法二地相去不甚遠則可用之若太遠則不合蓋地面

有常風令氣層不平與地之高卑相似故有地水銀高于

常度而南北海水銀低于常度一寸蓋各處氣俱輕故此

處獨重也

續 在急流小河之底有凸出之石水面必成常浪故知流

頓之面常有高低之狀非奇事也

既測定各地高卑分為數層各作虛線聯之以海濼為最
下一層最高山頂為上一層設海盡包陸地極高山頂亦
在水中則于水面用垂線測之最高山頂為最短之線最
深壑底為最長之線是原陸山嶺為水淺諸層而江湖川
澗為水深諸層也

近察地家言各大洲若平其山谷改為大平原則亞西亞
高于海面一千一百二十一尺歐羅巴高于海面六百六
十一尺北亞墨利加七百三十七尺南亞墨利加一千一
百三十五尺