

萬有文庫

第一集一千題

王雲五主編

談天

(二)

侯失勒著

偉烈亞力 李善蘭合譯

商務印書館發行

談 天

(二)

著者 侯失勒
譯者 李善蘭 譚烈



談天

卷五 天圖

測定天空諸曜相距之方向并遠近。作圖或球顯其象。作表詳其度分。較作地球圖表尤易。天空諸星俱可取爲本點。而用三角形求他星相距之度。與地面之理同。推蒙氣差求得真度。方可著於圖表。又與地面之山嶺城郭同。而安坐一處。可盡測半球。則較測地面更易也。又有簡法。因地球自轉。測各星過本地子午圈。而準赤道推其經緯度。即能一一定某星在天球某點。甚密也。蓋天球每一點之經緯度。與地球每一處之經緯度。理無異。知星之經緯度。能定其星於天球面。猶之知某城之經緯度。即能定其城於地球面也。而用子午圈測星。較弧三角法其便有四。各星至子午圈。高弧最大蒙氣最輕。一也。測器爲子午儀。子午環器差最微。二也。無論角之銳鈍俱甚便。三也。用此法測得之數。即可著於表。不似三角法須推算。四也。故今天文家恆用此法。

欲知星之經度。但用子午儀測其過子午圈。驗恆星鐘表之時刻。即得。地面可任取一處。爲經度所起。則作天圖。亦可任取一星。爲原點。不必從春分起也。準原點以測時角。有時之較。即知他星之經度。測諸較有微差。當正之。方得真經度。法詳後。

欲知星之緯度。有二法。一用牆環或子午環。測星過子午圈時之高弧。準本地緯度。即知星之緯度。一用牆環測星之距極數。見卷三與九十度相減。即星之緯度。去其蒙氣差。方得真緯度。既得諸曜之經緯度。即可作圖與球。

天空諸曜。有時時變其處者。月之變最速。其次爲日。其次爲諸行星。而恆星則相與之方位恆不變。然詳考歷代測望簿。亦有數星小變其處。是謂恆星之自動。然其動甚遲。作不動論亦可。故諸曜分爲二類。恆星類不變。日月行星彗星皆歸行星類。時時變作天圖者。於圖或球識天空諸曜之處。又識地球之極。爲天之不動處。即地軸諸平行線之合點。又識二分點。及赤道之處。極點分點及赤道爲虛點。虛圈。非有星顯之也。地軸變則亦隨之變。憑之測最便。故作球與圖恆識之。最妙者。造同心大小數地球。最外者識諸心於上。餘識便測望之諸點與圈。當知此諸球任相磨而轉。因地軸或他故緩緩變。則此

諸點及圈。與歷代所測之星簿皆合。而星之小變不足異。其故可考矣。

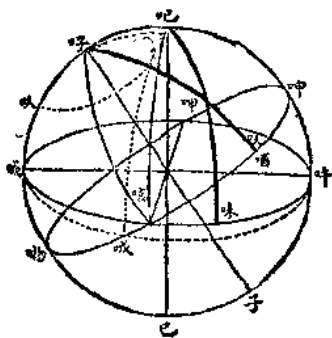
天空中人人能知者。爲天河。天河約略成天空大圈一帶。中分爲二道。後復合爲一。自古至今。其形狀不變。近代用遠鏡測之。見爲無數小星相聚而成。

黃道十二宮之星。爲日月諸行星之所經。故當論列之。設欲於諸星中測日月與諸行星之道。當屢測各曜與諸星相近之度。作線聯之。卽成本星道。一似航海者。日作海中所行之路圖也。日道爲球上一大圈。卽黃道也。與赤道相交於二點。卽春秋分點。其交角爲二十三度二十八分。太陽自南向北之點。爲春分。自北向南之點。爲秋分也。諸行星之道。亦周於天球。但不若日道之爲大圈。而成螺旋線之一種。又易其處。卽易其速率。與日同者。惟皆自西而東也。諸行星道恆在黃道兩邊。最遠不過八九度。火木二道然其體甚微。故不論。又恆變。自古至今黃道相近一帶中。各點俱曾經過。故其道不能著於圖。行星之動法最繁。因我所居之地亦動故也。設居日面觀諸行星。則不若是之繁矣。蓋居日面觀諸行星動。與居地面觀日動無異也。是以測日躔爲最要。其益非一事而已也。考定其行法。準之卽可考諸星之行法。

黃道爲日之視道。見日行黃道一周爲一歲。歲實三百六十五日六小時九分九秒六。此太陽時之數。若恆星時。則爲三百六十六日六小時九分九秒六。二時之異。蓋由每日見太陽與星。皆向西行。而一年見太陽於黃道。則向東行。卽如太陽西行遲於諸星。每日約一度。歷一年。則見太陽繞地較諸星少一周。而太陽時較恆星時少一日也。故恆星時與太陽時之比。若一・〇〇二七三七九一與一之比。以此二數測時。猶之以二國之尺度物。既有定率。則便於用也。

考古今測望簿。知黃道有小變。其故詳後卷。但其變甚緩。若數百年中。作不變論可也。

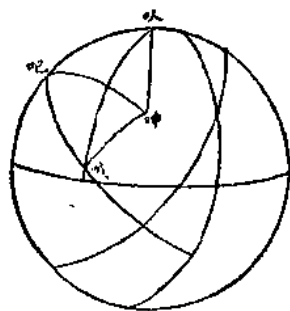
黃道之二極。爲球上相對二點。距黃道四面俱九十度。黃赤二極相距。如黃赤交角。亦二十三度二十八分。名曰黃斜度。如圖。巳己爲南北二極。凡舉言極皆指赤極後微此。戊呬呬呬爲赤道。呬子爲二黃極。咳呬呬呬爲黃道。呬咳呬呬角與呬呬呬呬呬二弧度俱相等。爲黃斜度。咳爲春分點。呬爲秋分點。呬呬俱爲黃道距赤道最遠點。名二至



點。呻在黃道最北爲夏至。嘓在最南爲冬至也。過黃赤兩極之大圈。吡呼吧吡子巳。名二至經圈。過二分之子午圈。吧咳已呬。名二分經圈。準從黃極過諸星之線。亦可推諸星之方位。理與赤道同。此諸線名曰黃經圈。黃經圈上星距黃道度分。名黃緯度。本經圈距春分度分。名黃經度。如前圖。呬爲星。吧呬味爲過星之赤經圈。呬呬呬爲過星之黃經圈。咳味爲星之赤經度。味呬爲赤緯度。咳呬爲星之黃經度。呬呬爲黃緯度。黃道在天球。如赤道在地球。黃道在諸星中間。方位永不變。如赤道在地面。方位永不變也。詳見後卷。

知星之赤道經緯度。即可推得黃道經緯度。反之亦然。如上圖。吡呼吧吡爲二至經圈。距春分咳俱九十度。咳點卽爲二至圈之極。故若知赤經度咳味。則亦知咳味。卽咳吧味角。亦卽呬吧呬角。今設有弧三角形呬吧呬。已知呬吧呬。卽黃斜度。亦知吧呬弧。卽星距極。亦卽赤緯味呬之餘度。又知呬吧呬角。依三角法可推得餘邊呬呬。及呬呬二角。夫呬呬弧卽黃緯呬呬之餘度。而呬呬呬角卽呻呬呬角。爲黃經呬呬之餘度。是知赤經緯。卽可推黃經緯也。若先知黃經緯。亦可反推之。此題在天文中。其用最廣。

設欲知某時黃道交地平之二點。及黃平象限。即高弧最大之點也。及此點距分點之度。當準天頂及黃赤二極所成之弧三角形推之。如圖。以爲天頂。即地平之極。吧爲赤極。吡爲黃極。設有恆星時。又有黃極赤經度十八時。即亦知叭吡吡時角。推黃道所在。取叭吧吡三角形。有叭叭弧。即天頂赤緯餘度。有吧吡弧。即黃赤二極距度二十三度二十八分。有叭吧吡角。即黃極距午度也。依三角法推得叭吡弧。等於黃平象限之高弧。又得吧叭角。爲黃極地平經度。以加減九十度。即得黃道交地平二點之地平經度。又推得吧吡叭角。其餘度即黃平象限之黃經度。設欲知星之黃赤二經交角。以呻爲星。用吧呻吡三角形推之。已有吧呻吧吡二弧。亦有呻吧吡角。爲星之赤經與二至經線之交角。依法可推得吧呻吡角。即所求之角也。



既測得諸星中間之黃道。亦可知此時春分點見黃道之二極條之圖所在。此點爲赤道經度所起。爲最要點。考歷代測簿。知此點時時移動。以平速行於黃道。自東至西。以諸曜每日西行言之。則分點恆速於星。

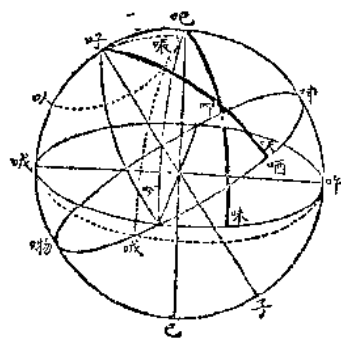
以東行言之。則分點每歲退行五十秒。一名歲差。雖甚微。然積久則大。亦天學中一不便事。因星表恆須改造故也。最古之星表。與今星表相較。二分點退至三十度。今推得二萬五千八百六十八年。行於黃道一周。

因有歲差。故恆星行星經度。俱以平速漸變。蓋春分點爲黃赤經度所起。此點退後。則無論恆星行星。經度必俱變也。一若天球自轉於黃道極。其一周與每日繞赤道極一周相似。諸星經度之變。非星自動。由原點即春分點退行而然也。若任取一恆星爲原點。則無此變矣。置分點不論。但觀赤極屢變其處。其故自明。無論何時。用子午環或牆環。任測三星。用三角形推之。能知赤極所在。黃道及他圈俱不論。細考之。雖二時甚相近。其變不能覺。然據理一定有變。赤極之變法有多端。其一略近平速。歲差所由生。又有諸不平速。章動詳後所由生。此二事本於一根。俱因地球自轉而生也。歲差之動。以平速繞行黃極。所行平員之半徑。爲二十三度二十八分。自東而西。一年行五十秒。一歷二萬五千八百六十八年而一周。觀極有如是行法。即明歲差之故矣。如圖。赤極吧繞黃極呼。行於小圈吧。人。赤極至。則赤道咳嗽呼變成咳嗽呼。距新極。振皆九十度。而黃赤交點即春分。自咳西行至。是歲差之理。由於赤極

繞黃極。行於諸星間。成小圈。故天球之轉。日日生變。而古今所見天球之極。恆易其處。夫極爲地軸諸平行線之合點。極既見有如是之行。則地軸必有尖錐形動法。其端恆指極所行之小圈。地軸變。全地球與之同變。蓋地軸一如鐵條貫地球。其兩端在地面。永不變方位。故從太古至今。地面之緯度永不變。而海潮升降。亦略無少異。此軸與球同變之明證也。

準歲差理。諸恆星與極有漸近者。有漸遠者。今之極星。昔非恆近於極。後亦非恆近於極。考最古之星表。此星距極十二度。今一度二十四分。後必近至半度。再後必復漸遠。而他星爲極星。後一萬二千年。織女大星必爲極星。最近時距極五度。

埃及峇塞之地。有石築四方大尖堆九。其築時迄今約四千年。爾時諸星之經度。較今少五十五度四十五分。推赤極當近右樞。相距三度四十四分二十五秒。爾時近極諸星中。此爲最明則必爲極星。考峇塞地北極出地三十度。故此星下過峇塞子午圈。其高度爲二十六度十五分三十五秒。近有西士



外仕者。開此諸尖堆驗之。其大者六。俱有隧道斜下。與地平交角略同。一爲二十六度四十一分。一爲二十五度五十五分。一爲二十六度二分。一爲二十七度。一爲二十七度十二分。一爲二十八度。約得中數爲二十六度四十七分。又阿婆媳地二尖堆。其隧道與地平交角。一爲二十七度五分。一爲二十六度。當時坐諸隧道底。能見極星下過子午圈。則此諸尖堆。蓋爲測極星而設。非漫然築之也。

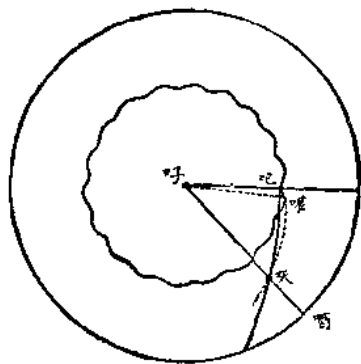
地軸除歲差外。別有搖旋之動。十九年一周。名章動。若無歲差。則十九年中。赤極必行成一小橢圓。長徑十八秒五。短徑十三秒七四。長徑恆向黃極。地軸有此動。故天空諸星。十九年中與赤極必乍近乍遠。而分點在黃道。必乍進乍退。諸星之黃赤二經度。必乍加乍減。

地軸兼有此二動。章動橢圓之長徑。一章中依歲差之動繞黃極行於小圈。過若干分。此若干分與圈之比。若一章與歲差周時之比。乃十九倍五十秒一。以真數計之。設小圈徑爲二十三度二十八分。則得六分二十秒。赤極依此二動而行。故其道非正圓。亦非橢圓。而成浪紋之圈。圖見後天空諸曜。無論或動或定。皆有此二差。故不能不云地軸之動。蓋若惟恆星有此二差。則可云恆星天如硬殼以黃極爲心而轉。二萬五千八百六十八年而一周。又有小動。十九年而一終。今日月行星俱有此二差。則其故

含地軸之動。不能解之矣。

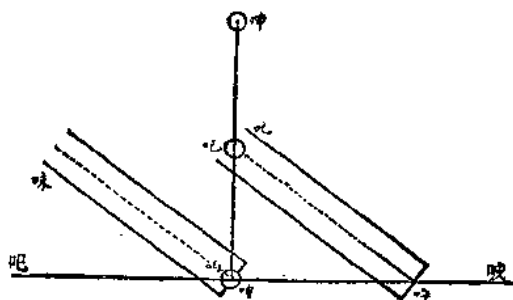
天空諸曜。因上二動。其方位時時生變。故凡言諸曜之經緯度。必當云在某年。又當分別平赤經度。真赤經度。真赤經度者。從春分實在之點起算也。凡推步皆用一定之元。或用正月初一日。或用每十年之第一年。或用每百年之第一年。皆推其時之歲差及章動而定其赤經緯度。其推法即前用黃經緯求赤經緯也。試依簡平儀法作圖。呼爲黃極。吧爲赤極。呋爲星。已有呋吧爲黃赤大距。呋呋爲星之黃緯餘度。吧呋呋角爲星之黃經餘度。呋呋不變。餘二數俱因歲差章動而微變。用所變弧角。求吧呋呋邊及呋吧呋角。即可定赤經緯度。蓋吧呋呋即赤緯餘度。而呋吧呋角。乃赤經加象限也。

歲差之經度。與積時比。若五十秒一。與一年比。而無緯度差。故黃赤大距不變。章動則兼有經緯度差。其數即地軸所行小橢圓之諸縱橫線也。

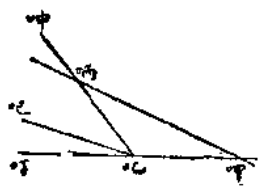


天算家所用之恆星時。以春分點過子午圈爲時之始。而春分點因章動而變。則時有加減不平矣。章動之差。已推得除去之。而時仍不平。蓋太陽一年中向西之行。比恆星少一日。而分點因逆行。二萬五千八百六十八年中多一日。故有平恆星時。真恆星時。平太陽時。真太陽時。歲差章動。令諸曜同變。而相與之方位不變。譬若舟在中流搖動。視岸上物俱生變。而相與之方位如故也。

諸曜又有光行差。因地球繞日行甚速。而諸曜之光亦有行法。故人視之。俱生微差。譬如無風時人立雨中。雨俱直下。僅着笠而不溼身。若疾行向前。則必着面。一若雨斜入笠下也。又譬如有球從甲下墜。斜置吧咤筒。筒口在吧承之。若筒不動。則着吧邊。若球至吧時。筒向伸行。筒底自咤至伸。與球自吧至伸。其速率恰相合。則球雖直下。人視之一若斜行於筒之軸線也。遠鏡與人目亦然。無論光或如浪之來。或爲無數細點相聯直射。過物鏡未至聚光點時。若鏡中之交線橫移。而聚光點不變。則與交點不能合。又過目明角罩未至聚光點時。若目中之腦筋衣橫移。而聚光點不變。則與目底之中點不能合。故視物之處不真。卽光行差也。今地球繞日行於橢圓道。每秒約五十五里。其方向刻刻不同。而光行



每秒約五十五萬五千里。此二速率之比例雖甚大。然非無窮。乃若二十秒五之正切與半徑比也。如前圖。呬爲星。呬呬呬爲星之光線。呬呬爲遠鏡筒。斜置之。令物鏡之聚光點恰遇銅線交點。則呬呬與呬呬比。必若光速率與地速率比。即若半徑與二十秒五正切之比也。故呬呬呬角。即呬呬爲遠鏡視軸方向與星真方向之交角。必爲二十秒五。若地行方向與星真方向非正交。理亦合。如圖。呬呬爲星之真方向。呬呬爲遠鏡斜置方向。則呬呬與呬呬比。若光速率與地速率比。亦若半徑與二十秒五正切比。準三角理。呬呬與呬呬比。若呬呬呬之正弦與呬呬呬。即呬呬之正弦比。夫呬呬呬即光行差角也。光行差之正弦與地道及視線交角之正弦有比例。故視線與地道正交。則光行差最大。此事本當詳於後卷。因與天圖之理有關。故先論之。



光行差令諸曜之度俱微移。共向天空一點。卽本時地行方向諸平行線之合點也。地球行於黃道。則此點必居黃道面。在地球所在經度前九十度。卽太陽後九十度。故此點刻刻變。一年周於黃道。若每星論其差。則一年必成一小橢圓。設地不動。必見星在橢圓之中心。

諸星之視赤經緯。歲差章動外。又有此光行差。西士白西勒已造表。故求赤道之真經緯。甚便也。

凡物發光入我目。我方見物。然我所見之光。非我見時所發之光。乃未見前所發之光。其光自物至我目。中間所行之時。卽我見物距物發光之時。準地球速率。推得光行差而改正之。得恆星之真方向。然此方向。非發光時地球至星之一直線。乃光到時。地球至星之一直線也。故凡步行星。當以星地之距推光行若干時始至地。此若干時中。地當行若干路。星當行若干路。乃能得星視行度之全差。此差令星行之方向與視行之方向不符。其故有二。一爲光行差。卽上條地行與光行相合而生。一爲光道差。乃因光行之時星亦行而生。光道差恆井入光行差而合推之。

凡用器測天。所得之數有五差。須改正之。方可著於圖。或球。一蒙氣差。二視差。三光行差。四歲差。五章動差。以蒙氣差改之。則知無蒙氣時星當在何處。以視差改之。則知從地心視星當在何處。以光行差

差角之正弦。是地半徑差與星距天頂度有正比例。故諸曜在地平時。視差最大。欲知諸曜在各高度時之視差。以其距天頂正弦乘地平視差。卽得。呬呬呬恆小於呬呬呬。故以視差改正之。距天頂度恆變小。與蒙氣差之改相反。

地半徑差。起於天頂點。黃道半徑差。起於衝日點。其差角在過星日地三心之面內。改後星距此點之角恆變小。卽距日之角變大。其推法。星日距與地日距比。若所見星日距度正弦與黃道半徑差正弦比。

諸改法分爲二類。其一。令諸曜相與之方位俱變爲實改。其一。相與之方位不變。爲法改。蒙氣差光行差視差之改。皆實改也。歲差章動差之改。皆法改也。

凡實改者。諸曜之差皆共向一點。如蒙氣差令諸曜皆向天頂點。地半徑差令皆向天底點。黃道半徑差令皆向太陽心點。光行差令皆向地行方向諸平行線之合點。改之。皆令向對面一點。

地半徑差黃道半徑差光行差大小之比。皆若距所向點度分正弦之比。蒙氣差之理較繁重。其比例略近於正切。而距所向點九十度。其差最大。則三者皆同。