

時測儀午子

И. И. 达尔果夫著

科学出版社

時 測 儀 午 子

И. И. 达尔果夫著

鄒儀新 李 华 合譯
苗永容 王政序

科 学 出 版 社

1958

П. Н. ДОЛГОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ
ПАССАЖНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ
В МЕРИДИАНЕ
ГОСТЕХИЗДАТ
МОСКВА

1952

內 容 簡 介

本書主要分为三篇来叙述,第一篇叙述了时刻的意义、测时簡史及各种有关的仪器;第二篇叙述了子午仪的誤差理論及其研究方法;第三篇叙述了测时的原理、观测結果的整理以及光电子午仪的結構和测时的誤差等。

本書是测时工作中的一本有系統的著作,內容丰富,包括了很多的經驗,总結了許多篇論文的精华,对測量工作者,尤其是对测时授时工作具有重要的参考价值,同时亦可供有关測量專業的師生参考。

子 午 儀 測 时

П. Н. 达尔果夫著
鄒儀新 李 华 合譯
苗永容 王政序

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市书刊出版業營業許可証出字第061号

科学出版社上海印刷廠 新华書店总經售

*

1958年8月第一版

書号: 1330 字数: 311,000

1958年8月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(86)0001-1,034

印張: 12 7/8

定价: (10) 2.10 元

譯 者 的 話

I. 本書中的名詞絕大部分系按照中国科学院編譯出版委員會名詞室編訂的天文学名詞、数学名詞、物理学名詞譯出。而地名大多數是按照“俄華世界地名簡明手冊”譯出，若遇該手冊中所沒有的，即參照該手冊附刊之譯音表譯出。人名亦參照上述之譯音表譯出。其他名詞或按“俄華技術字典”（北京俄文專修學校編譯，1953），或按“俄華大辭典”（五十年代出版社）譯出。

天文名詞苟與測繪界已出版之書籍有不同之譯名時，取已習用者，例如 пассажный инструмент 在測繪出版社出版之 К. А. 茨維特考夫著之“實用天文学”一書中譯為“子午儀”而在本書中，此一名詞亦可用 меридианный инструмент 表之，故亦一律譯為“子午儀”。又如 хронометр 在上述書中譯為“天文表”，而該件之結構沒有“鐘”的形式，實類似於“表”之結構。則此種譯法亦甚恰當，故本書亦依此譯法。

II. 本書是我們結合業務和俄文閱讀的一種學習，因覺得其內容豐富，陳之座右可解決工作中不少困難，為時辰工作者不可多得之手冊，故以供之同好。但由於我們俄語和專業水平不夠，譯文中的錯誤必不可免，尚請讀者不吝指教。

最後向協助我們校訂的李維容同志深致謝意。

中国科学院紫金山天文台

鄒儀新 李 華

苗永容 王政序

同識

1. 0. 1. 0. 4

序

在人类活动范围中,也許沒有任何方面对精确时刻的知識会認為沒有重大意义的。在有計劃的社会主义社会里,非常注意确定精确时刻的問題。苏联在全国范围內,組織了完整的授时網,不断地改进仪器和观测方法,广泛地使用自动化。苏联天文学家、授时工作者,大地測量机构和天文台的工作人員,繼承着普尔科沃天文台那些工作絕頂精确、已成为諺語般馳名的天体測量学家們的傳統,并力求获得优良的結果。

本書是提供讀者們一些关于子午仪在子午面測星定时的現實問題——这一測时法是授时工作和測定基点与主点經度所采用的最精确測时法之一。作者写本書时利用了亲身多年的工作經驗,和在1935年所写的“用自記測微器輕便子午仪在子午面測时(Определение времени в меридиане переносным пассажным инструментом с регистрирующим микрометром)”一書的材料。此外,在这方面作者并力求闡述一些新的觀念、方法和改进。

本書分为三篇。

第一篇敘述輕便子午仪和各种类型的附件、用法和安裝,星过时刻的自动記錄及一些新穎子午仪。

第二篇論述子午仪誤差理論及其研究方法,仪器誤差及观测者人差对于观测結果的影响問題;这里也說到周圍事物,首先是气象因素对于观测的影响。

第三篇說到观测綱要、程序、观测处理的所有阶段和測时准确度問題。在这一篇里,还有一章專論星过时刻的光电記錄測时法。这是斯大林獎金获得者 Н. Н. 巴甫洛夫 (Павлов) 教授研究出来的,該章即为巴甫洛夫教授亲自所写。

最后我愉快地对帮助我写这本书的各位表示衷心的感谢,首先应向下列各位致谢: Н. Н. 巴甫洛夫教授, 数理硕士 В. Э. 勃蘭特(Брандт)和 П. И. 巴庫林(Бакулин), 工科硕士 А. М. 斯塔罗斯廷(Старостин)和 В. И. 弗尔索夫(Фурсов), 中央航攝·測繪科学研究院(ЦНИИГАиК)的科学工作者 П. С. 波波夫(Попов)及中央統一时辰工作科学研究所(ЦНИВ Времени)科学工作者 А. И. 康斯坦季諾夫(Константинов)和 К. В. 普魯斯(Пурсе).

Н. Н. 巴甫洛夫和 В. Э. 勃蘭特还辛劳地校訂了本書, 作者亦在此深深致谢。

П. Н. 达尔果夫

目 录

譯者的話	iii
------	-----

序	v
---	---

第一篇 子午仪測时的主要設備和附件

第一章 历史概况	1
----------	---

§ 1. 准确时刻的意义	1
--------------	---

§ 2. 子午仪簡史及其用法簡述	1
------------------	---

§ 3. 俄国用子午仪測定經度的簡史	4
--------------------	---

§ 4. 外国用子午仪測定經度的簡述	8
--------------------	---

§ 5. 苏联时辰工作簡史	12
---------------	----

第二章 子午仪主要部分的結構	14
----------------	----

§ 6. 子午仪的概略	14
-------------	----

§ 7. 光学設計	14
-----------	----

§ 8. 物鏡	16
---------	----

§ 9. 目鏡	19
---------	----

§ 10. 棱鏡	22
----------	----

§ 11. 天文望遠鏡的基本光学特性	23
--------------------	----

§ 12. 星像的亮度	25
-------------	----

§ 13. 絲網	27
----------	----

§ 14. 望遠鏡視場的照明	29
----------------	----

§ 15. 仪器的鏡身和水平旋轉軸	33
-------------------	----

§ 16. 水准	35
----------	----

§ 17. 接触測微器	39
-------------	----

第三章 各种子午仪的描述	48
--------------	----

§ 18. 老式子午仪	48
-------------	----

§ 19. 直軸輕便子午仪	50
---------------	----

§ 20. 折軸輕便子午儀·····	52
§ 21. 偏心輕便子午儀·····	65
§ 22. 子午儀的保養·····	66
第四章 檢查的輔助儀器和設備·····	70
§ 23. 水銀水平·····	70
§ 24. 照准標·····	72
§ 25. 准直管·····	76
§ 26. 關於使用輔助儀器的若干結論·····	77
第五章 恆星觀測的記錄器·····	78
§ 27. 書寫式記時器·····	78
§ 28. 現波器·····	80
§ 29. 印字記時器·····	81
§ 30. 攝影記時器·····	87
§ 31. 某些共同的見解和結論·····	90
第六章 量度記時器紙條的工具·····	91
§ 32. 奧波爾采爾-布柳姆巴赫量度器·····	91
§ 33. 量度記時器紙條的普列依比奇——巴拉諾夫斯基的萬能比長 儀·····	93
§ 34. 記時器紙條的量度·····	94
第七章 天文儀器的電路·····	96
§ 35. 子午儀的電路·····	96
§ 36. 筆頭差·····	97
§ 37. 接觸測微器和鐘與記時器聯接的電路·····	98
第八章 星過時刻的目視記錄法·····	105
§ 38. “耳一目”法和簡單的接觸法·····	105
§ 39. 快門法·····	106
§ 40. 接觸測微器法·····	106
第九章 星過時刻的攝影記錄法·····	113
§ 41. 動片攝影法和定片攝影法·····	113
§ 42. 返光天頂攝影筒·····	116

第十章 新穎結構的子午儀	122
§ 43. 丹容子午儀	122
§ 44. 彎月形子午儀結構的設計	126
§ 45. 水平子午儀結構的設計	130
第十一章 安放子午儀的墩子和觀測室	134
§ 46. 安放子午儀的墩子	134
§ 47. 子午儀觀測室的結構	138
第二篇 子午儀的誤差及其檢驗方法	
第十二章 子午儀誤差的一般理論	141
§ 48. 把星體的觀測時刻化為過子午綫的時刻的白塞爾, 罕孫和梅耶公式	141
§ 49. 梅耶公式的訂正項	144
§ 50. 周日光行差的改正	146
§ 51. 化旁絲觀測到中絲	147
第十三章 子午儀的准直差和平經差的測定	149
§ 52. 用准直管測定折軸子午儀的准直差	149
§ 53. 用水銀水平測定准直差	150
§ 54. 用觀測恆星測定子午儀的平經差	152
§ 55. 用一個照準標或准直管檢查儀器平經差的永恒性	153
§ 56. 用兩個照準標或准直管來測定和檢查子午儀平經差	154
§ 57. 儀器平經差的變化	155
第十四章 水平軸水平差的測定	160
§ 58. 用 A. C. 華西里耶夫法檢驗水準	160
§ 59. 求儀器水平軸水平差的基本公式的推導	168
§ 60. C. H. 勃拉日哥的水平軸測平法	172
§ 61. 子午儀轉軸次序不同的水平差的系統差	172
§ 62. 水平軸水平差測定的準確度	177
§ 63. 用水銀水平測定水平軸的水平差	178
第十五章 子午儀的軸頸和彎曲的檢驗	180
§ 64. 絕對和非絕對幾何形狀的軸頸	180

§ 65. 軸頸檢驗方法的分类	180
§ 66. 軸頸檢驗的一般原理	181
§ 67. 軸頸不規則对水平軸的水平差和平經差及望远镜准直差影响的公式的推导	191
§ 68. M. A. 斯米尔洛娃方法	195
§ 69. 查理斯法	198
§ 70. 接触法	199
§ 71. 埃里法	210
§ 72. 普尔科沃的自动准直法	210
§ 73. A. A. 伊利尼奇法	217
§ 74. 某些軸頸檢驗的見解和結論	218
§ 75. 子午仪的旁側弯曲	220
第十六章 接触測微器的檢驗	223
§ 76. 班貝爾螺旋檢驗器及用它檢驗測微器螺旋的程序	223
§ 77. 螺旋周期誤差的檢驗	225
§ 78. 螺旋行差的檢驗	230
§ 79. 螺旋齿隙差的檢驗	231
§ 80. 測微器鼓形輪接触条寬的測定	233
§ 81. 測定目鏡測微器的螺旋周值	239
第十七章 論人差	242
§ 82. 关于人差和个人差异的概念的建立	242
§ 83. 人差的性質及其种类	243
§ 84. 測定个人差异的观测方式	248
§ 85. 測定人差的观测方式	250
§ 86. 根据用兩架子午仪同时观测分析人仪誤差	251
§ 87. 用假星仪測定人差的方法	254
§ 88. 拉姆別特 (Lambert) 假星仪及用它測定运动 (跟星) 的人差和中分 (星) 的人差	256
§ 89. 蔡司人差測定仪	260
第十八章 气象因素对于測时的影响	264

§ 90. 大气层倾斜对天体通过时刻影响的计算	264
§ 91. 关于气压和温度梯度的推论	265
§ 92. 地方性的折射反常和季节误差	268
§ 93. 风对天文观测的影响	272
§ 94. 天文台的外在误差	273
 第三篇 用观测测定钟表改正量	
第十九章 编制观测计划时恒星的选择	275
§ 95. 钟表改正量和仪器平经差的权的推算	275
§ 96. 讨论恒星分组的标准情况来了解编制观测计划时恒星选择的 最有利条件	278
§ 97. 结论	280
第二十章 子午仪的安装和调整及观测程序	283
§ 98. 子午仪各部分的安装和调整	283
§ 99. 观测程序	289
第二十一章 用备有接触测微器的子午仪在子午面观测钟表 改正量的算法	292
§ 100. 测定钟表改正量和子午仪平经差计划的简述	292
§ 101. 根据播时站的计划观测钟表改正量的算法	293
§ 102. 按照 H. X. 普列依比奇计划所得钟表改正量的计算	301
§ 103. 基本经度测定时的钟表改正量计算	308
第二十二章 星过时刻的光电记录法	310
§ 104. 绪论	310
§ 105. 光电装置的叙述	312
§ 106. 光电装置对暗星的灵敏度	330
§ 107. 光电放大器的迟滞差	341
§ 108. 光电法的系统误差	348
§ 109. 装置的毛病及其消除的方法	359
§ 110. 通常的工作程序, 观测结果的整理和选星	360
§ 111. 光电子午仪观测的某些结果	363

§ 112. 結論	368
第二十三章 論測時的準確度	370
§ 113. 測時誤差和觀測地緯度之間的相依關係	370
§ 114. 測時的兩類主要誤差	371
§ 115. 測時的偶然誤差	372
§ 116. 測時的系統誤差	377
§ 117. 鐘表改正量測定的總誤差	380
§ 118. 關於授時站材料的測時中誤差	380
参考文献	388

第一篇

子午仪測时的主要設備和附件

第一章

历史概况

§ 1. 准确时刻的意义

精确测定时刻的重要性几乎不需要說明，尤其在我們的日子
里，一方面是科学性問題，另一方面国民經济任务，如繪制地圖、勘
查新地区、重力測量、頻率工作、航空、航海和其他等等的問題都需
要知道精确的时刻。至于人們日常生活方面需要知道正确时刻，
更不用說了。

为了保証供应科技上換算的参考，各国無線电台晝夜地每隔
兩小时發播精确时刻的訊号，这种时号全世界均可接收。

制造精确时鐘和天文表这方面，对精确测定时刻所提出的要
求是起了特殊作用的重要一环。这种情况也引起了对記錄时刻的
工具——記时器和記时鏡的研究和改进。

如果由天文觀測来测定时刻的准确度約达 $0''.02$ ，那末近代的
自由摆鐘，日速平均每日变化約为 $0''.002$ ，而石英鐘还要小一些。
可見，目前測时的准确度大大地低于用近代摆鐘和石英鐘守时的
准确度。

§ 2. 子午仪簡史及其用法簡述

子午仪是丹麦天文学家 O. 聊麦尔在十七世紀六十年代末所

發明，這一發明在天體測量的發展上有特殊巨大的意義。但那時天文學家認為太陽等高法好於中天法。可是僅過了一百年（1771年）詹·別爾努利在其著作“天文家選集”^[121]里，就大力推荐使用子午儀。

太陽等高法可在白天得出準確時刻，可是需要準確時刻的天文觀測恰巧是在黑夜進行，那時的鐘還沒有完善到這種程度，以致外插到夜間的鐘差因鐘速的不規則引起了本質上的畸變。此外，觀測太陽需要長的時間間隔，在這過程中，天空可能被雲遮住，这样就妨礙了天文工作者完成其觀測。但是子午儀的方法需要精確地知道所測恒星的赤經。詹·別爾努利提出了成為現代觀測基礎的意見：要估計到所有誤差的原因來計算恒星赤經；觀測幾顆不同高度的恒星；如果最後數個延續較久，則在觀測整理時要注意到鐘速；要檢查儀器軸的水平，並且計算它的傾斜誤差。

詹·別爾努利的著作出現之後，子午儀受到了越來越廣泛的推廣。

昔日子午儀觀測所以不夠準確，首先是由於星表的不够完善；同時時鐘和天文錶的質量不高也起着決定性的作用。如果以太陽為標準，那麼精確測定恒星位置，實在是非常困難的，因為介乎太陽和恒星中天觀測之間的時間間隔太長，所以不能保證在這段間隔之內來保持準確的時刻。由於这样便發生了極大的赤經誤差，並且這些誤差對每個恒星都不同。使用這種不精確的星表，所以我們的前輩們沒有獲得十分好的測時結果。由此它們便作出了結論，說中天法不如設想的那樣準確。其實即使有較完善的星表，他們也會失望的，因為所觀測到的鐘表改正量變動很大，而他們沒有懷疑到這點；在這方面他們很自然地認為這種變動與其說是由於鐘表不如說是由於觀測方法的緣故。由此，為了檢查子午儀的工作，必須改進守時，而要檢驗守時工作又要求子午儀的改進。時鐘事業的發展，對於子午觀測起了重要的作用；它給出了這樣的可能

性:不仅可以确定中天法的真正价值,而且也促进了子午仪的改善。

十九世纪中叶以前,星过物镜焦平面丝网的时刻是用“耳目法”来估计的。嗣后流行着用电键在记时器上记录的方法。这两种方法有共同的缺点:由于估计星过蛛丝时刻的人差,不同观测者所得的结果,有时波动达十分之几时秒。为了研究这种所谓人差的误差,以后用两个观测者观测同一恒星所得结果的差值来测定。为了同样的目的,发明了专供测人差用的假星仪。

1865年勃拉乌恩在匈牙利发明了测微器^[104]。用这种仪器本来是可以解决使观测者的人差缩减到最小限度的问题的,但是由于构造过于复杂,这种测微器并没有能够实现。

1890年列普索尔特在汉堡设计了第一具测微器,它显著地减少了人差,由此产生了它的原名“超人测微器”。这种测微器的现代名字是“接触”测微器,这是因为观测星过动丝在镜筒视场内一定位置的时刻是用记录在记录器上的电符号(电接触)来测定的。列普索尔德测微器的使用结果非常满意。而在以前的那种测法中,两个观测者的相对人差常常超过 $0^{\circ}.3$,现在则它仅仅是百分之几时秒;观测的准确度也大为提高。

这种测微器的螺旋是用手来转动的;后来某些仪器用钟机或马达来转动,其速度可由观测者调节。但后者这一系统需要辅助机械,它应赋予马达以这样的速度,使得蛛丝的移动速度和物镜焦平面上星像的运动速度相符合。列普索尔德测微器也应用于新式子午仪上。

观测的继续改进是和更多的自动化有关系的,在这方面,普尔科沃天文台的工作具有重大的价值,该台的天文学家 H. H. 巴甫洛夫研究出并且采用了星过的光电记录法。在 1939 年他成功地获得了 8.1 等恒星中天时刻的记录。

另一种自动化观测法是关于照相术的应用,这方法在摄影天

頂筒上获得了最成功的应用。

外国的著作者們錯誤地認為儀器在每星觀測中間于支座上轉軸的方法是德国天文学家史乃德尔想出来的。实际上，觀測每顆恒星时儀器的轉軸早在 1839 年为 В. Я. 斯特魯維 (Струве) 所首創 (儀器安裝在卯酉圈上)。大概过了四分之一世紀以后 (1863 年)，普尔科沃天文台的天文学家焦林 (Деллен) 写道：“在儀器的一个位置觀測結束时进行水平軸精密的測量，或者最好是作兩次水平測量，把恒星觀測夾在兩次測量之間，兩次測量的一致，將表示儀器真正的穩定。但更重要的是立刻在另一位置觀測，以便消去准直差和軸頸粗細不等的影响，因为沒有必要引入这些誤差”。又說：“…如果欲使整个測時具有高度的准确度，那末必須使得：第一，水准不仅在觀測时而且在轉軸时始終保留在軸上；第二，轉軸要用很快的特殊裝置，尤其是要比單純用手轉軸更为可靠”^[28]。

在上面所引用的条文中，对改造当时的輕便子午儀，焦林提供了有相当理由的計劃。并且應該指出，他首先提出了挂水准和轉置儀器水平軸的器械。

普尔科沃天文台的著名机械师勃拉烏埃爾 (Брайер) 在焦林的指导下實現了改造輕便子午儀的構造。这一構造即成为以后班貝尔厂所制造的結構較完善的子午儀的基础。

史乃德尔在 1891 年使用班貝尔子午儀，在觀測每顆星的中途实行轉軸，他成功地實現了焦林的观念。这种儀器有折軸式鏡筒，并且測微器安在水平軸的一端。經過物鏡进入鏡筒的星光，藉助于全內反射的稜鏡，沿中空的水平軸趋向測微器。不論任何天頂距的恒星，目鏡总是在同一位置，甚至于觀測天頂恒星时，觀測者也保持着舒适的姿勢。

§ 3. 俄国用子午儀測定經度的簡史

在俄国，由于 В. Я. 斯特魯維組織了測定黑海与北冰洋間子

午綫弧長 (1816—1855) 这一大規模的科学事業, 开始了用子午仪測定經度的工作。

用子午仪放在卯酉圈上測定緯度; 而放在子午面上測定時刻和平經; 并直接进行子午标的平經測定。O. 斯特魯維, 薩布列尔 (Саблер), 金涅尔 (Теннер) 將軍, 希德洛夫斯基 (Шидловский) 教授和格盧什克維奇 (Глушкович) 均亲自参加了这些工作。1854 年在 O. 斯特魯維和薩布列尔的共同领导下, 曾用兩架子午仪交換它們的地点, 用天文表搬运法測定了普尔科沃到捷尔普特之間的經度差, 并且为了檢查起見, 进行了兩組观测者人差的測定。从上世纪三十年代开始, 总參謀部軍事地形測量处进行了經度的測定; 为了这一目的, 曾观测月亮的中天。

測定經度差的第一个基本工作是測定普尔科沃和格林尼治間的經度差, 这一工作由普尔科沃天文台 B. Я. 斯特魯維所领导, 八位俄国天文学家和二位丹麦天文学家参加, 在 1843—1844 年完成。于这工作中采用了天文表搬运法, 由于兩点之間的距离过大, 在 1843 年測定了普尔科沃至亞尔多那* 的經度差, 而在 1844 年測定亞尔多那至格林尼治的經度差^[174, 175]。用“耳目法”于数架子午仪上同时进行观测。在 1843 年的工作中搬运的天文表为数竟达 81 个之多, 但在最后采用到結果中只有 68 个, 其余 13 个由于它們的質量不好而淘汰了。用到 1844 年的經度測定內的天文表有 40 个。每个鐘表改正量是用赤緯 $40^{\circ}-60^{\circ}$ 的时星和兩顆近極星的中天观测来决定的, 近極星用来測定仪器的平經差。在結果整理时, 精密地計算所有的仪器誤差和各观测者对于 B. Я. 斯特魯維的人差。所得鐘表改正量的概差是 $\pm 0''.04$ 。普尔科沃天文台的經度从那时起至 1925 年以前沒有再进行測定; 这个經度比現在所采用的經度大了 $0''.11$ 。想到当时所用的測定方法, 仪器的不完善以及那时星表的不够精确, 这一結果應該認為是好的。

* 亞尔多那系在德国汉堡西部鄰近——譯者注。