国家出版基金资助项目
国家“十一五”重点出版规划项目



［古代卷］

中国计时仪器通史

ZHONGGUO JISHI YIQI TONGSHI

总 主 编　王綖瑄　席泽宗
本卷主编　陈美东　华同旭



时代出版传媒股份有限公司
安 徽 教 育 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目（CIP）数据

中国计时仪器通史. 古代卷 / 陈美东，华同旭主编.
—合肥：安徽教育出版社，2011.6
ISBN 978-7-5336-5744-4

Ⅰ.①中… Ⅱ.①陈… ②华… Ⅲ.①古代计时仪器
—技术史—中国 Ⅳ.①TH714-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 106933 号

书名：**中国计时仪器通史（古代卷）** 作者：陈美东 华同旭

出 版 人：朱智润 策划编辑：杨多文 责任编辑：杨多文 张 利
技术编辑：王 琳 封面设计：陈熙颖 版式设计：朱 锦

出版发行：时代出版传媒股份有限公司 http://www.press-mart.com
安徽教育出版社 http://www.ahep.com.cn
（合肥市繁华大道西路 398 号，邮编：230601）
营销部电话：（0551）3683010，3683011，3683015
排 版：安徽创艺彩色制版有限责任公司
印 刷：安徽新华印刷股份有限公司 电话：（0551）5859480
（如发现印装质量问题，影响阅读，请与印刷厂商联系调换）

开本：787×1092 1/16 印张：35 字数：650 千字
版次：2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5336-5744-4 定价：180.00 元

版权所有，侵权必究

序

时间是基本物理量。时间计量是定义和测量一切运动、一切过程的基础。计时仪器，作为时间计量的工具，它的发展，在科学、技术乃至生产的发展中，占有不容忽视的位置。

整理和编纂我国计时仪器史，最初策划于1995年，由薄树人先生主持。惜筹措之际薄先生遽然辞世。1998年再度策划，决定由陈美东主持，组织全国各方同行的力量，编写一部《中国计时仪器通史》，分为《中国古代计时仪器史》和《中国近现代钟表史》两卷。由陈美东和华同旭负责古代卷，张遐龄和吉勤之负责近现代卷。

时间标准的产生和标准时间的应用和普及，在古代已属国之大计，到现代则是一项重要的“国际共计”。其中不同时期的计时仪器，其性能与功效与各个时代的技术进展同步。在古代，用于时政和科学的计时仪器主要与天文测时相配合，可以归为天文仪器的一个门类，因而它的历史一直紧密地结合着古代天文学史。

我国古代天文学历史悠久，成就辉煌。近数十年，集全国同行之力，在中国古代天文学史的整理与研究上做了大量工作，成绩显著。其中计时仪器方面亦不乏力作，但相对来说，整体上尚失之零散，且存在缺憾。本书的古代卷在前人已有研究的基础上，对中国古代计时仪器的历史展开全面、系统的探讨，以史料（包括文物）的广泛收集和整理为基础，辅以必要的复原研究和模拟实验，充实了各个部分的内容，补齐了诸多环节，如各式日晷的天文、数学原理的论述……这一卷的完成，不但贡献于古代仪器发展的研究，对于我国古代天文学史的进一步完善和发掘，无疑也具有重要意义。

计时仪器进入到近代，见证了“时间服务”系统开始扩大服务范围，最终达到国际化，计时仪器高居精密仪表行列，并迅速“便携化”和“大众化”的过程。到了20世纪中叶，原子时间标准取代了自古以来以地球自转周期为基准的天

文时间标准，现代计时技术以及与之紧密关联的精确时间（频率）的产生和应用，已深植于多门科学和尖端技术领域。国际上的这一发展堪称迅速，与之接轨已是当代我国计时技术不断争取的目标。本书的近现代卷回顾了近代以来西方机械钟表的传入，官廷与民间的吸纳、仿制与发展；现代中国机械、电子钟表的技术引进、研制与创新；直到现代中国各类原子钟的引进和自主研制……对中国计时仪器史中近现代研究这一薄弱环节作了填补空白的工作。

《中国计时仪器通史》两卷共约120万字，是一项总结性的大型著作，今值完成面世。对于我国计时仪器史同仁们积十年的耕耘获得的这一成果，我们深感喜悦与钦佩。谨序如上。

王绶琯　席泽宗

2007年4月于北京

总 目 录



古代卷



引论…… 1

第一篇　时政制度

第一章　中国古代的时间工作 …… 23
第二章　天文台和进行时间工作的地方机构 …… 37
第三章　计时制度 …… 52

第二篇　漏　刻

第一章　漏刻概说 …… 71
第二章　漏刻的起源、发展与演变 …… 81
第三章　民用漏刻 …… 159
第四章　有关漏刻的几个物理问题 …… 176
第五章　漏刻换箭和昼夜漏刻计算 …… 210
第六章　历代漏刻著述 …… 256
第七章　现存漏刻 …… 267

第三篇　日　晷

第一章　日晷概说 …… 285

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第二章　中国日晷之起源与早期发展 …… 305
第三章　元明时期的日晷 …… 315
第四章　西方日晷之传入与早期研究 …… 327
第五章　《数理精蕴》中的日晷 …… 356
第六章　北京故宫博物院所藏西方日晷及其他 …… 368
第七章　清代民间对日晷之研究 …… 379
第八章　民国时期对日晷之研究 …… 406
第九章　现代学者对日晷之研究 …… 421

第四篇　机械计时器、香漏及其他

第一章　机械计时器概说 …… 439
第二章　水运浑象型机械计时器 …… 446
第三章　独立机械计时器 …… 523
第四章　香漏和辊弹漏刻 …… 535
后记 …… 547

近现代卷

第一篇　综　述

第一章　中华人民共和国成立前的计时仪器史(1601－1949) …… 3
第二章　中华人民共和国成立后的计时仪器史(1949—2009) …… 14

第二篇　清代机械钟表

第一章　西洋机械钟表的传入及各地的仿制 …… 93
第二章　最大的钟表制作中心——清宫做钟处 …… 99
第三章　几个主要地区的钟表制造 …… 138
第四章　《自鸣钟表图法》——中国古代唯一的一部钟表专著 …… 153

第三篇　时　钟

第一章　机械钟 …… 159

第二章　电钟和晶体管钟 …… 181
第三章　石英电子钟 …… 189
第四章　电波钟 …… 202

第四篇　表

第一章　概述 …… 209
第二章　机械表 …… 217
第三章　电子表 …… 254

第五篇　特殊用途计时仪器

第一章　公共用计时仪器 …… 273
第二章　军用计时仪器 …… 294
第三章　工业及工业产品用计时仪器 …… 306
第四章　其他特殊用途计时仪器 …… 313

第六篇　钟表外观件

第一章　手表外观件 …… 323
第二章　时钟外观件 …… 369

第七篇　钟表用元器件

第一章　钟表发条 …… 393
第二章　钟表游丝 …… 401
第三章　钟表宝石元件 …… 406
第四章　手表防震器 …… 414
第五章　钟表集成电路 …… 418
第六章　钟表石英振子 …… 423
第七章　钟表步进电机 …… 428

第八篇　钟表用材料设备仪器

第一章　钟表材料 …… 437

第二章　钟表设备 …… 445
第三章　钟表仪器 …… 457

第九篇　原子钟

第一章　绪论 …… 467
第二章　原子钟的发明与我国原子钟发展简述 …… 476
第三章　我国第一台“原子钟”——氨分子钟 …… 492
第四章　获得广泛应用的原子钟 …… 497
第五章　新型原子钟 …… 535

附录…… 553
后记…… 577

目　　录

引论…… 1

第一篇　时政制度

第一章　中国古代的时间工作 …… 23
　第一节　周代以前的时间工作 …… 24
　第二节　周代的时间工作 …… 26
　第三节　秦汉到隋以前的时间工作 …… 29
　第四节　隋唐的时间工作 …… 31
　第五节　宋辽金元的时间工作 …… 32
　第六节　明清的时间工作 …… 34
第二章　天文台和进行时间工作的地方机构 …… 37
　第一节　古代的国家天文台 …… 37
　第二节　见于史料的其他天文台 …… 39
　第三节　地方的时间工作机构 …… 40
　第四节　城市中时间讯号的播送 …… 44
第三章　计时制度 …… 52
　第一节　一天分为若干时段法与十六时制 …… 53
　第二节　百刻计时制 …… 56
　第三节　以太阳地平方位为准的十二时辰制与二十四时辰制 …… 59
　第四节　以漏刻刻数为准的十二辰刻制 …… 61

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第二篇　漏　刻

第一章　漏刻概说 …… 71
第二章　漏刻的起源、发展与演变 …… 81
第一节　漏刻的起源 …… 81
第二节　单壶泄水型沉箭漏 …… 87
第三节　多级补偿型浮箭漏 …… 98
第四节　秤漏 …… 114
第五节　漫流平水型浮箭漏 …… 134
第六节　漫流平水补偿混合型浮箭漏 …… 151
第三章　民用漏刻 …… 159
第一节　盂漏(附莲花漏、碗漏、椰漏) …… 159
第二节　几漏 …… 167
第三节　田漏 …… 169
第四节　船用漏刻 …… 171
第四章　有关漏刻的几个物理问题 …… 176
第一节　漏刻流量的稳定问题 …… 176
第二节　漏刻流量的计算问题 …… 193
第三节　流量可以与温度无关的问题 …… 198
第五章　漏刻换箭和昼夜漏刻计算 …… 210
第一节　漏刻换箭制度 …… 210
第二节　昼夜漏刻长度的计算方法 …… 238
第六章　历代漏刻著述 …… 256
第一节　历代漏刻著述概况 …… 256
第二节　重要漏刻著作简介 …… 258
第七章　现存漏刻 …… 267
第一节　汉代漏刻 …… 267
第二节　宋元漏刻 …… 274

第三节 明清漏刻 …… 280

第三篇 日 晷

第一章 日晷概说 …… 285
第一节 日晷的定义与功能 …… 285
第二节 日晷的分类 …… 287
第三节 日晷发展史简述 …… 300
第四节 日晷及日晷史的研究价值 …… 303
第二章 中国日晷之起源与早期发展 …… 305
第一节 中国日晷的起源 …… 305
第二节 最早的中国日晷 …… 307
第三节 隋唐时期的日晷 …… 310
第四节 宋代的赤道式日晷 …… 313
第三章 元明时期的日晷 …… 315
第一节 “西域”日晷 …… 315
第二节 仰仪 …… 316
第三节 西安化觉寺日晷 …… 319
第四节 “量天尺”及“马上日晷”史料 …… 321
第五节 “仰釜日晷”与明仿制简仪中的“日晷盘” …… 323
第四章 西方日晷之传入与早期研究 …… 327
第一节 西方日晷之传入与徐光启等人的研究 …… 327
第二节 陆仲玉与《日月星晷式》 …… 331
第五章 《数理精蕴》中的日晷 …… 356
第一节 梅文鼎等人对日晷的研究 …… 356
第二节 分圆线、正弦线、正切线与正割线法 …… 358
第三节 画日晷法 …… 361
第四节 假数尺 …… 366
第六章 北京故宫博物院所藏西方日晷及其他 …… 368

第一节　北京故宫博物院所藏赤道式日晷 …… 368
第二节　北京故宫博物院所藏地平式日晷 …… 372
第三节　北京故宫博物院所藏子午式日晷、月晷及星晷 …… 374
第四节　贝子庙蒙文日晷及其他 …… 376
第七章　清代民间对日晷之研究 …… 379
第一节　齐彦槐与张作楠对日晷之研究 …… 379
第二节　刘衡对日晷之研究 …… 387
第三节　徐朝俊对日晷之研究 …… 393
第四节　邹伯奇所制日晷 …… 397
第五节　温葆深对日晷之研究 …… 400
第八章　民国时期对日晷之研究 …… 406
第一节　高鲁对日晷之研究 …… 406
第二节　阮志明之五种日晷 …… 409
第三节　刘复设计的时节日晷 …… 415
第九章　现代学者对日晷之研究 …… 421
第一节　陈宛如等对日晷之介绍 …… 421
第二节　吴振华对日晷之研究 …… 427
第三节　苏州市古代天文计时仪器研究所仿制的日晷 …… 431
第四节　分布在全国各地的日晷 …… 435

第四篇　机械计时器、香漏及其他

第一章　机械计时器概说 …… 439
第一节　机械计时器的三要素 …… 439
第二节　机械计时器的产生 …… 440
第三节　漫长而辉煌的发展历程 …… 442
第四节　中国古代机械计时器在世界机械钟表史上的重要地位 …… 443
第二章　水运浑象型机械计时器 …… 446
第一节　水运浑象概说 …… 446

第二节 带日历的机械计时器:张衡水运浑象 …… 451
第三节 长期积累后的飞跃 …… 459
第四节 登峰造极的北宋水运浑象 …… 473
第五节 水运浑象型机械计时器制作的尾声 …… 520
第三章 独立机械计时器 …… 523
第一节 郭守敬的大明殿灯漏 …… 523
第二节 元末宫漏和明初水晶刻漏 …… 529
第三节 詹希元沙漏及其他 …… 531
第四章 香漏和辊弹漏刻 …… 535
第一节 香漏 …… 535
第二节 辊弹漏刻 …… 543

后记 …… 547

引　论

Yin Lun



郭盛炽 / 执笔

一、时刻和时间段

时间是看不见摸不着的，然而人们总是能够感觉得到它的存在，知道它一直在无声无息地从我们身边流逝。

什么是时间呢？理论上说，它是“物质存在的一种客观形式，是由过去、现在、将来构成的连绵不断的系统；是物质的运动，变化的持续性、顺序性的表现。”[1]恩格斯认为：“一切存在的基本形式是空间和时间，时间以外的存在和空间以外的存在，同样是非常荒诞的事情。”[2]这精辟地揭示了时间和空间一起反映了物质的客观存在。一般来说，人们对物质占据着一定的空间是可以直接感觉到的，任何物体都具有一定的体积，它们都存在于空间的某一位置上，这是人们的感官直接就可以给予证实的。这样，物质存在与空间联系起来就比较容易做到，而将其与时间联系起来就需通过长时期的观察与思考才能理解。

实际上任何存在的事物都具有一定的持续性，它们必然会持续存在于某一特定的时间段中。宇宙天体的形成和演化是一个十分缓慢的变化过程，有些天体从形成至今已有数百亿年，但在此以前它们并不存在，而是另外一种物质形式；它们虽然还能长期继续存在下去，但终究会随着时间的流逝而最终走向消亡。而且在这几百亿年的时间段中，随着时间的变化，它们的大小、位置都在发生着变化，它们的客观存在就是与时间紧密联系在一起的。某些基本粒子的寿命虽然十分短促，有的甚至短于10^{-16}秒，但人们既然能观察到它们，就表明它们确实存在过那么短的一段时间。应该说不管事物存在的形态、位置如何变化，它们都是与时间紧密联系在一起的。

时间是没有尽头的，它既没有开始也没有终点，就像一根坐标轴可以无限制地向两边延长。为了计量时间，我们可以在坐标轴上确定或假设一个原点，任何瞬间所对应的时刻都是由该瞬间在坐标轴上的对应点与原点之间的间距的大小所确定的。在这一意义上我们就可以将时间视为一种坐标。它和空间的三个坐标结合，可以描述不断运动着的事物的形态、位置等情况。近代出现的四维空间的概念就是将时间也视为空间的一个坐标，任何事物都用四个坐标（三维空间的三个坐标加上时间坐标）来确定。这一概念的出现对相对论的广泛传播具有重要的意义。如果将时间视为一种坐标，某一瞬间的坐标值也就是当时的时刻，它实际上也就相当于这一瞬间的标号

---

〔1〕 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典（修订本）. 北京：商务印书馆，1998：1143.

〔2〕 恩格斯. 反杜林论. 北京：人民出版社，1990：49.

或名称。如果确定的坐标原点不同或用来量度坐标的单位不同，时间的坐标值即时刻也就会出现不同。

时间可以用来描述事物的属性（例如年轻或年老）和运动状态，在这一意义上又可以将时间看做是物理量。时间可以不断叠加，也可以不断缩减（例如倒计时），其值也就能表示两个不同瞬间的间隔的大小，这就是所谓时间段的概念。它表示的是某两件事发生瞬间之间的时间间隔。它与时刻是完全不同的两个概念。

要确定时刻和时间段都离不开时间单位的确定。时间段的长短可以用时间单位对其量度来确定。时间单位不同，时间段的数值也就会不同。必须指出，时刻通常也是以其与时刻起点之间的时间段来命名的，时刻的不同，也就体现在该时间段的长短不同上。例如正午 12 点就是从一天的开始时刻（子夜 0 点）起算到当时所经过的时间段是 12 小时，而上午 11 时 30 分则是 11.5 小时。据此也就可以区分不同的时刻。显然，时间单位的长短不同，时刻的起算点不同，所表示的时刻名称也会有差异。我们现在通用的公历，是从传说中耶稣诞生之年开始纪年的，每年 365 天，逢上闰年为 366 天，年长大致与地球绕太阳公转的周期——回归年相当。每年分 12 个月，每月的天数都有相应的规定。而现在仍在使用的农历就与公历有较大的差别，它以月相的变化周期——朔望月作为一个月，平时每年 12 个月，逢上闰年则有 13 个月；而纪年的起算点往往带有人为的因素，作为其前身的中国古代历法有时以新皇帝即位的那年作为起始年，而在某一皇帝统治期间还会因为某一政治事件等原因而更改年号，重新确定起始年份，而现代的农历的年份是以干支序号来命名的。这样用公历和农历的规定来确定某一时刻就会有不同的结果。例如用公历确定的时刻是公元 2005 年 5 月 1 日 10 时 25 分，如果用农历来表示就是乙酉年三月二十三日的 10 时 25 分，这就是公历与农历的年、月的长度和起点不同造成的差别。如果时刻也用中国古代的时刻划分的规定来表示，两者就毫无共同之处了。而且中国古代时刻的划分又有一个发展过程，各个阶段的有关规定也有差异，对同一时刻的表述也就互不相同。但是一旦某种时间单位和计时的起点被人们广泛接受了，也就确定了相对统一的各时刻的名称，使它们互相之间得以区分。

同样需要指出的是时刻与时间段两个概念的区别也并非绝对的。它与当时生产力的发展水平和计时技术的精度是紧密联系在一起的。在生产力发展水平较低时，人们对计时技术的精度要求不高，即经常给某一个时间段一个名称，例如，将相当于上午 11 时到当天下午 1 时的这段长达 2 小时的时间段称为午时，在这段时间内的任何时刻均为午时。在这段时间内出生的小孩都被称为午时出生，尽管他们出生确有

先后。即使后来计时技术发展了,精度提高了,情况有所改善,但用时间段的名称代替时刻的做法并未完全销声匿迹,它们仍然与当时计时技术的精度水平紧密相连而只是改变了形式而已。

二、中国古代时间概念的形成

放眼四望,世界上万物都随着时间的变化而发生着变化。人类自产生以后就通过对周围事物的变化的观察建立起了最早的时间概念。即使在远古时代,人们也是相互间有交往的,这就会有各种各样的社会事件发生。要判断各个事件发生的先后,就需要将事件发生的时刻与一个坐标对应起来,这也就是说将时间与一个坐标轴对应起来,从而逐渐建立起时刻的概念。开始时人们并没有建立度量时刻起点的概念,只需以某些事物的比较明显的变化在坐标上的"位置"作为标准,其他只需与其对比也就可以了。应该承认,这样的时间概念直到现代仍能看到它在日常生活中的运用。有时我们没有认真注意记住某一事件发生的具体日期和时刻,往往会说:大概是那年的秋天吧,稻田里已一片金黄,但还没有开镰收割,太阳已经很高了,好像已经快中午了……这里秋天、稻子成熟了、还未开始秋收这几个特定的"坐标点"就将事件的发生日期锁定在不多的几天中,"快中午了"又将事件发生的时刻大体上确定了。为了区分发生时刻十分相近的两件事件的先后,人们还需要将这两件事的发生时刻相互作一比较,也可以与同一"标准时刻"作比较,其间隔时间的长短反映了事件发生先后的过程,这也就有了时间段的概念。在没有时间单位的时代里人们也会使用类似于"马上"、"一会儿"、"过了很长时间"……这样一些我们现在仍在应用的并无精确概念的语汇来表示时间段的长短。当然,在现代社会条件下,人们的时间概念肯定不是远古社会时所能相比的。即使是估计,人们也会用"七八分钟以后"、"过了个把钟头"之类有数量概念的词语来描述时间段的长短;用"大概是下午 1 点 25 分"之类的话来说明事件发生的时刻,但撇开现代计时仪器和相应的时间单位不说,人们的时间概念与远古时代应该是并无本质上的区别的。它们在一定程度上是存在某些相通之处的。

与现代社会一样,对远古先民们来说时刻和时间段的概念同样也是十分重要的。在远古时代,社会生产力发展水平十分低下,人们要在严酷的自然环境下生存、抗争,就只有采取群居的生活方式。而要使一群人能够步调一致地采取集体行动,没有时刻和时间段的概念肯定是不行的。在人类进入农牧社会以后,为了农牧业生产的需要,为了确定农时,人们就需要历法,这实际上就包含了时刻和时间段的概念;需要确定什么时刻可以开始从事哪一种农事,在哪一段时间里该进行哪一种劳作。这姑且可以不谈,即使在人类进入农牧社会前的渔猎采集阶段,人们也就早有了时刻和时间

需要全本请访问 www.ertongbook.com