



科学文化工程
公民科学素养系列

中国大科学装置出版工程

北京时间

李孝辉 窦忠 赵晓辉 主编

——长短波授时系统

Beijing Time

— BPL and BPM National Time Service Systems



浙江出版联合集团
浙江教育出版社

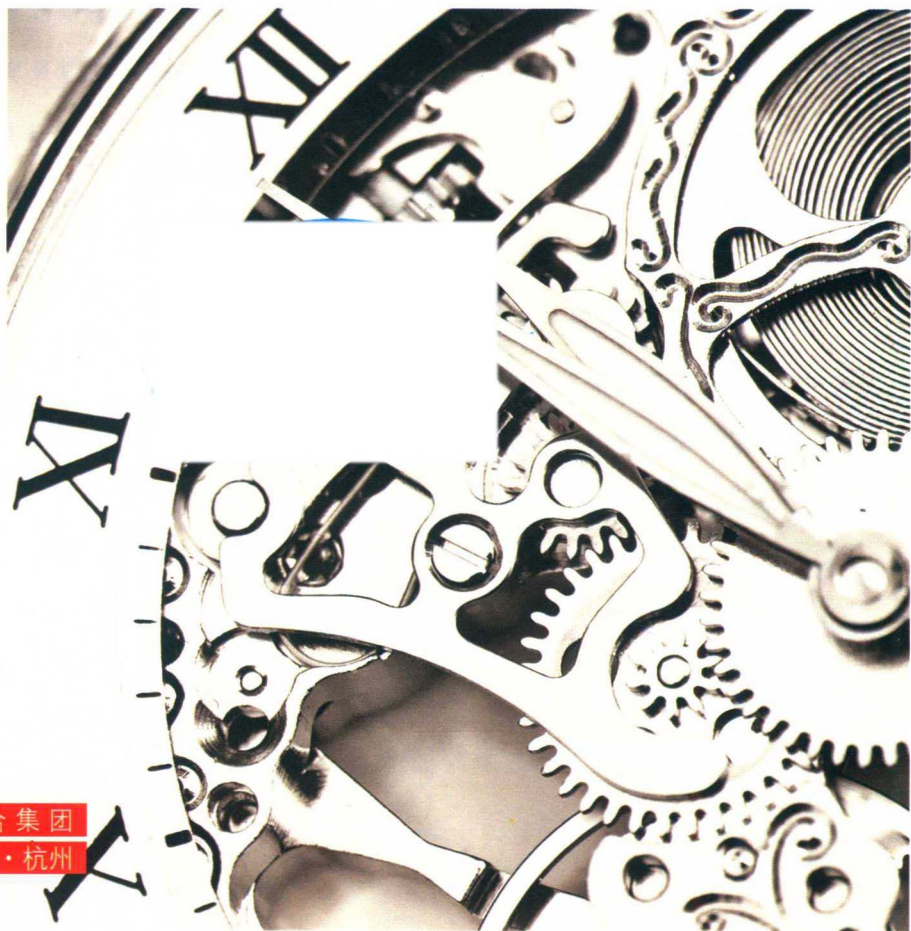


中国大科学装置

北京时间 ——长短波授时系统

Beijing Time
— BPL and BPM National Time Service Systems

李孝辉 窦忠 赵晓辉 主编



浙江出版联合集团
浙江教育出版社·杭州

图书在版编目 (C I P) 数据

北京时间 : 长短波授时系统 / 李孝辉, 窦忠, 赵晓辉主编. — 杭州 : 浙江教育出版社, 2015. 12 (2016. 10 重印)
中国大科学装置出版工程
ISBN 978-7-5536-4036-5

I. ①北… II. ①李… ②窦… ③赵… III. ①时间服务 IV. *①P127. 1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第317782号

策 划 周 俊 莫晓虹

责任编辑 江 雷

责任校对 戴正泉

美术编辑 曾国兴

责任印务 陈 沁

中国大科学装置出版工程 北京时间——长短波授时系统

BEIJING SHIJIAN
——CHANGDUANBO SHOUSHI XITONG

主 编 李孝辉 窦 忠 赵晓辉

出版发行 浙江教育出版社
(杭州市天目山路40号 邮编:310013)

图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司

印 刷 杭州富春印务有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

成品尺寸 170mm×230mm

印 张 14.75

插 页 2

字 数 297 000

版 次 2015年12月第1版

印 次 2016年10月第2次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5536-4036-5

定 价 42.00 元

联系电话:0571-85170300-80928

e-mail: zjjy@zjcb.com 网址:www.zjeph.com



总 序

新一轮科技革命正蓬勃兴起，能否洞察科技发展的未来趋势，能否把握科技创新带来的发展机遇，将直接影响国家的兴衰。21 世纪，中国面对重大发展机遇，正处在实施创新驱动发展战略、建设创新型国家、全面建成小康社会的关键时期和攻坚阶段。

在2016年5月30日召开的全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上，习近平总书记强调，科技创新、科学普及是实现国家创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。习近平总书记“两翼”之喻表明，科技创新和科学普及需要协同发展，将科学普及贯穿于国家创新体系之中，对创新驱动发展战略具有重大实践意义。当代科学普及更加重视公众的体验性参与。“公众”包括各方面社会群体，除科研机构 and 部门外，政府和企业中的决策及管理者、媒体工作者、各类创业者、科技成果用户等都在其中。任何一个群体的科学素质相对落后，都将成为创新驱动发展的“短板”。补齐“短板”，对于提升人力资源质量，推动“大众创业、万众创新”，助力创新型国家建设和全面建成

小康社会，具有重要的战略意义。

科技工作者是科学技术知识的主要创造者，肩负着科学普及的使命与责任。作为国家战略科技力量，中国科学院始终把科学普及当作自己的重要使命，将其置于与科技创新同等重要的位置，并作为“率先行动”计划的重要举措。中国科学院拥有丰富的高端科技资源，包括以院士为代表的高水平专家队伍，以大科学工程为代表的高水平科研设施和成果，以国家科研科普基地为代表的高水平科普基地等。依托这些资源，中国科学院组织实施“高端科研资源科普化”计划，通过将科研资源转化为科普设施、科普产品、科普人才，普惠亿万公众。同时，中国科学院启动了“科学与中国”科学教育计划，力图将“高端科研资源科普化”的成果有效地服务于面向公众的科学教育，更有效地促进科教融合。

科学普及既要求传播科学知识、科学方法和科学精神，提高全民科学素养，又要求营造科学文化氛围，让科技创新引领社会持续健康发展。基于此，中国科学院联合浙江教育出版社启动了中国科学院“科学文化工程”——以中国科学院研究成果与专家团队为依托，以全面提升中国公民科学文化素养、服务科教兴国战略为目标的大型科学文化传播工程。按照受众不同，该工程分为“青少年科学教育”与“公民科学素养”两大系列，分别面向青少年群体和广大社会公众。

“青少年科学教育”系列，旨在以前沿科学研究成果为基础，打造代表国家水平、服务我国青少年科学教育的系列出版物，激发青少年学习科学的兴趣，帮助青少年了解基本的科研方法，引导青少年形成理性的科学思维。

“公民科学素养”系列，旨在帮助公民理解基本科学观点、理解科学方法、理解科学的社会意义，鼓励公民积极参与科学事务，从而不断提高公民自觉运用科学指导生产和生活的能力，进而促进效率提升与社会和谐。

未来一段时间内，中国科学院“科学文化工程”各系列图书将陆续面世。希望这些图书能够获得广大读者的接纳和认可，也希望通过中国科学院广大科技工作者的通力协作，使更多钱学森、华罗庚、陈景润、蒋筑英式的“科学偶像”为公众所熟悉，使求真精神、理性思维和科学道德得以充分弘扬，使科技工作者敢于探索、勇于创新的精神薪火永传。

中国科学院院长、党组书记 

2016年7月17日

前言

时间是一个基本物理量。

时间是科学研究和国家建设的重要技术支撑。世界上许多大国，都有自己国家独立的标准时间和完善的授时体系。我国的标准时间——北京时间，由中国科学院国家授时中心建立并保持。标准时间信息的传递，国外叫作时间服务，我国称为授时，由国家授时中心承担。授时历史悠久，古代授时有敲钟、击鼓等方式，现代授时主要通过无线电信号传输等方式实现。

国家授时中心的短波授时台，始建于1966年。它是我国早期的重大科技工程项目之一，其科学目标为：在我国内陆建立独立自主的授时系统，为发射人造地球卫星等重要应用领域提供可靠的时间保障。短波授时台于1970年基本建成，负责发播我国短波授时信号。

国家授时中心的长波授时台，始建于1972年。它是我国“六五”计划中的重点工程项目，其科学目标有两个：一是建立我国的原子时标准；二是提高授时精度，与当时国际授时新技术接轨，完善我国授时体系。国家授时中心于1979年建立我国原子时标准，实现时间标准由天文时到原子时

的平稳过渡。长波授时台于20世纪80年代中期建成,1986年通过国家级技术鉴定,经国务院授权发播长波授时信号。长波授时台授时精度达到微秒(10^{-6} 秒)量级,跨入世界先进行列,1988年获国家科学技术进步奖一等奖。

长短波授时台建成后,为我国人造卫星发射、回收,远距离运载火箭发射试验,神舟飞船发射、返回,探月计划实施,以及通信、测绘等领域的应用,提供了可靠的高精度时间保障。

国家授时中心完成长短波授时系统建设后,努力拓展授时新技术,开展新型原子钟研制、导航定位以及空间科学相关领域研究,探索建立地空立体化国家授时体系。

本书主要介绍长短波授时系统的组成和工作原理,以及长短波授时系统在国家建设和科学研究中发挥的作用,力图以通俗语言解答人们对于时间测量、时间特性和时间应用中的一些疑问。本书第一、三、六、八章由李孝辉研究员执笔,第二章由赵晓辉工程师执笔,第四章由董绍武研究员执笔,第五章由刘建国高级工程师执笔,第七章由窦忠研究员执笔。漆贯荣、刘次沅、曹玉玻、刘建荣、刘长虹参与策划和统稿讨论,并提出修改意见。

感谢为本书策划、编写、定稿、付梓做出贡献的所有同事。

陕西天文台原台长 漆贯荣

2015年7月

第一章 时间的来龙去脉 1

- 1 时间的起源：比较先后的标准 3
- 2 时间的测量：当代最精密的仪器 10
- 3 时间的传递：使用一切通信手段 33
- 4 时间的应用：无时无处不在 41

第二章 长短波授时系统的诞生 49

- 1 北京时间：中国统一的标准时间 51
- 2 “326工程”：短波授时台建设 53
- 3 “3262工程”：长波授时台建设 60
- 4 我们国家的一面大钟 66

第三章 走近长短波授时系统 67

- 1 北京时间的产生地：陕西西安 69
- 2 北京时间的发射场：陕西蒲城 74

第四章 北京时间的产生和发展 77

- 1 世界时：地球钟指示的时间 79
- 2 原子时：由原子钟得到的时间 83
- 3 协调世界时：无可奈何的折中 88
- 4 北京时间：来自西安 93
- 5 未来的时间：更准、更稳、更可靠 99



第五章 北京时间的发播 105

- 1 发播控制：建立准确的发播标准 107
- 2 短波授时：信号覆盖全球 110
- 3 长波授时：精度百万分之一秒 120
- 4 长短波监测：系统的自我评估 135

第六章 长短波授时系统的拓展 139

- 1 长短波台改造：利用新技术提高性能 141
- 2 低频时码授时台：中国制式的电波钟 145
- 3 互联网授时：每秒上百个用户 149
- 4 电话授时：打电话就可以知道时间 155
- 5 卫星授时：与长短波授时密不可分 162

第七章 长短波授时系统的作用和贡献 171

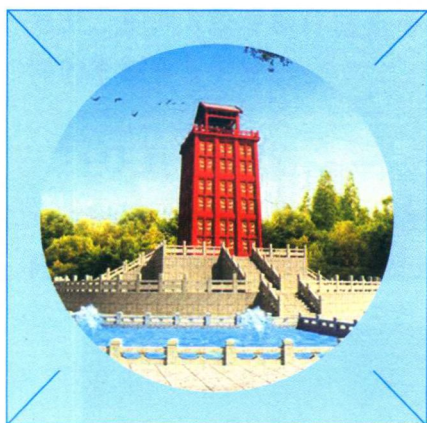
- 1 卫星火箭发射：时间统一系统 174
- 2 “神舟”“嫦娥”飞天：精密时间保障 175
- 3 空间大地测量：时间频率同步 178
- 4 服务国计民生：长短波授时应用广泛 180
- 5 展望未来：国家时频体系中的重要一环 181

第八章 时间的应用无处不在 183

- 1 导航定位：与时间结伴而行的兄弟 185
- 2 深空探测：时间拓展了探测范围 194
- 3 互联网：为电子文件留下时间证据 199
- 4 电力系统：根据时间探测故障位置 202



5 通信系统：利用时间连接用户	208
6 智能交通：时间换空间	212
7 抗灾防灾：靠时间确定灾害位置	214
8 竞技体育：提高计时精度	218



从工程技术和科学研究角度来说，时间是人们为了比较事件发生的先后顺序而定义的一维坐标。为了比较事件发生的先后顺序，需要在一定范围内统一时间，因此，标准时间的产生和传递就成为使用时间的两个基本前提。时间与人类生活密切相关，时间测量技术与授时技术都是当代的前沿技术，反映当代科技的发展水平。



时间尺度是用来比较先后的一维坐标。

① 时间的起源：比较先后的标准

时间究竟是什么？时间概念从哪里来？这些问题难倒了古圣先贤，多少人绞尽脑汁而不得其解。实际上，在现代社会，时间的来源非常清楚。

(1) 什么是时间

在久到时间开始以前，还没有宇宙，没有空间，也没有时间，只有一个奇怪的点。这个点的体积无限小，但质量非常大，



图 1-1 宇宙从大爆炸开始

引力也非常大，以至于连光线都被吸在里面，发不出光来，人们知道的物理定理在这里都失效了，这个点叫作奇点。奇点质量太大了，这里边，时间是停止的。

奇点静静地飘浮在那里，没有人知道它为什么在那，也没有人知道它要干什么，就那样静静地停在那里。

突然，“砰”的一声，奇点爆炸了。原子核、电子等形成物质的各种基本粒子一个接一个产生，这些粒子又相互结合、相互碰撞、相互分离，产生了各种物质。随后，逐渐形成星系。由于爆炸的冲击，这些星系一个接一个远离爆炸的中心。这个过程，就好像是推倒多米诺骨牌一样，一个事件导致另一个事件发生，慢慢就形成了宇宙。

宇宙经过一百三十多亿年演化，出现了人类。有一天，两个人发生了激烈争论，一个人说：“这朵黄色的花最先开放。”另一个人说：“不对，红色的花更早开放。”

他俩谁也不服谁，争论了好久都没有结果，只好去找族长。族长听完他俩的争辩，沉默不语，仰头看着天空，想了好半天，语重心长地说：“出现这个分歧一点也不奇怪，因为我们没有定义出时间。如果有了时间，我们只需要说出每件事发生的时间坐标，就可以比较它们发生的先后顺序了。”

“那么，族长，我们为什么不创造时间呢？”

“是呀！人类需要一个时间。”于是族长开始忙碌起来，他要创造时间。

族长集中了部落的几十位先知，成立了一个时间局，时间局的任务就是创造时间。他们绞尽脑汁，经过漫长的思索与漫长的讨论后，给出了时间的三条性质：

第一，时间的作用是打标记。制定时间要干什么？就是为了给事件打标记。这样，比较事件的时间标记，就可以知道事件发生的先后顺序了。

第二，时间要被大家承认。部落成员开展活动，大家要使用同一个时间。如果各自使用不同的时间，那么，时间对同一个事件的标记不同，就无法比较先后，时间也就失去了意义。

第三，时间要能被测量。我们制定一个时间，是要让大家都能使用。如果无法测量时间，那又怎么能够使用呢？

把时间的性质搞清楚后，他们很快确定了创造时间的方法：选一个起点，再选一个周期现象，对这个周期现象进行累计，这就是时间。

起点很容易确定，大家商议后决定选一个伟人的生日作为起点。至于周期现象，大家确实费了一番心思。

树上的年轮一年长一圈，这是一种周期现象，但观测这个现象要把树砍断，十分麻烦。喇叭花每天早上开放，也是一种周期现象，但喇叭花冬天就没有了。族长家的后院有个清泉，长年累月一滴一滴往外滴水，也是一种周期现象，但清泉在族长家，很多人无法观测。

最后，大家一致同意，用“日”这个周期现象。因为太阳升起一次就是过了一天，而且这种周期现象容易观测。这样，时间



图 1-2 时间的产生随时代的发展而越来越精确



图1-3 感受温度的变化

就产生了，人们开始使用由太阳东升西落得到的时间标准指导生产生活。

这就是时间的起源。人们定义出一个时间尺度，将这个尺度作为比较事件发生先后的依据。这个时间尺度可以一直向前推到宇宙大爆炸，向后推到宇宙消亡。

(2) 时间的性质独一无二

时间独特的地方在于看不见、摸不着，但它却是客观存在的。如果仔细观察，我们可以看到时间的痕迹，感受到时间的作用。

“有一个东西，在你身边，但你却看不见，闻不着，抓不住，也尝不了。”这个谜语就说明了时间最独特的性质，主要体现在三个方面。

第一，我们可以通过观察时间引起的变化来感知时间的存在。

第二，时间只有一个方向变化，即我们常说的“时间一去不复返”。对于长度，我们可以从西安到北京，也可以从北京到西安。如果我们要称量一堆物体的质量，可以从这一堆里挑选任何一个称量，也可以反复称量。但对时间而言，我们只能处于现在，即过去的现在、现在的现在和将来的现在。



图1-4 在小路任意点，可以往各个方向走

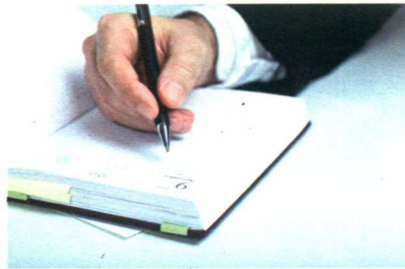


图1-5 写不出正确的时间