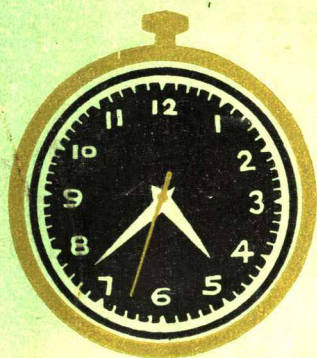




钟表机构

[苏]И. С. 别辽科夫 著

刘元亨 李宝善 等译
罗耀杰 乔万胜

中国财政经济出版社

И. С. БЕЛЯКОВ
ЧАСОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

(本書系根据苏联国立机械制造出版社1957年莫斯科版譯出)

钟 表 机 构
〔苏〕И. С. 別辽科夫 著

刘元亨 李宝善 等譯
罗耀杰 乔万胜

*

中国財政經濟出版社出版
(北京永安路18号)
北京市書刊出版业营业許可証出字第111号
中国工业出版社第三印刷厂印刷
新华書店北京发行所发行
各地新华書店經售

*

850×1168毫米 $\frac{1}{32}$ •11 $\frac{4}{32}$ 印张•283千字
1963年11月第1版
1963年11月北京第1次印刷
印数: 1~2,500 定价: (10)1.70元
統一書号: 15166·138

钟 表 机 构

〔苏〕И. С. 别辽科夫 著

刘元亨 李宝善 等译
罗耀杰 乔万胜

中国财政经济出版社

1963年·北京

內 容 介 紹

本書系根据苏联国立机械制造出版社出版的別辽科夫(И.С.БЕЛЯКОВ)著“鐘表机构”(Часовые Механизмы)一書譯出的。本書对机械鐘表的結構原理、設計計算和使用檢驗作了全面系統的闡述，此外并介紹了各种电鐘的典型方案。本書原来是苏联专科学校教学参考書。由于該書理論闡述比較全面、系統，帶有基础知識性質，因此，不仅可作为鐘表专业和精密仪表专业的教学参考書，而且可供鐘表制造、仪表制造部門的工程技術人員参考。

本書譯文曾得到輕工业部鐘表处高振华、朱学成兩同志的校閱，譯文中个别疑难还曾得到天津大学精密仪器系苑文炳教授的指正。

前 言

我国（苏联）钟表工业以及与钟表工业有关的仪器制造部门的发展，要求为培养专门人材提供若干教材。

本书是一本供专科学校学生用的钟表机构教学参考书。

本教材的叙述符合于专科学校“钟表机构”课程的教学大纲，探讨了有关钟表机构及其元件的理论、结构、设计以及检验方法的一整套问题。

本书还可供从事钟表工业和仪器制造业的工程技术人员参考。由于考虑到专科学校学生的数学程度，书内对一些需要用高等数学基础知识才能推出的公式，只将其最后表达式写出。书后附有参考文献目录，可供深入研究本书所提及的问题时参阅，本书正文就是引用了这些文献的。作者编写本书时考虑了我国钟表工业的最新技术成就，并采用了通用的标准和国家标准(ГОСТ)所规定的符号和术语。

作者将虚心接受对本书提出的一切意见，意见请寄：莫斯科 И—164 雅罗斯拉夫大街 8 号机械工业出版社机械制造及仪器制造编辑部。

目 录

第一章 时间及其测量计时仪器的分类	(9)
1. 时间测量的一般原理.....	(9)
2. 计时技术的发展简史.....	(13)
3. 计时仪器的分类.....	(19)
4. 作为自振系统的钟表。计时仪器的元件.....	(21)
5. 机械钟表的展开图.....	(24)
第二章 机械钟表的原动机	(26)
1. 几种主要类型原动机的特性.....	(26)
2. 重锤原动机的构造及计算.....	(26)
3. 弹簧原动机装置.....	(29)
4. 发条扭转力矩与扭转角的关系.....	(31)
5. 发条、条盒及条轴的几何参数的基本关系.....	(34)
6. 固定发条的几种形式.....	(40)
7. 选择发条时在结构方面的考虑.....	(41)
8. 发条的类型及其制造.....	(42)
9. 发条上紧限制器及扭转力矩均衡器.....	(44)
第三章 钟表机构的齿轮传动装置	(46)
1. 钟表机构齿轮传动装置的定义及示意图.....	(46)
2. 齿轮及齿轴的单元, 啮合模数.....	(47)
3. 传动比.....	(50)
4. 齿轮传动装置中力的转化.....	(54)
5. 钟表上条和拨针机构组件中的齿轮传动.....	(57)
6. 齿轮和齿轴的齿形.....	(59)
7. 部门专用的齿轮啮合标准.....	(63)
8. 擒纵轮扭转力矩的均衡装置.....	(66)

第四章 擒纵机构的功用和分类	(72)
1. 擒纵调速器的定义和类型.....	(72)
2. 擒纵机构的动作原理.....	(75)
3. 格拉哈姆擒纵机构的设计作图.....	(84)
第五章 摆轮钟表的自由锚式擒纵机构	(87)
1. 自由锚式擒纵机构的结构和动作.....	(87)
2. 牵引装置.....	(90)
3. 擒纵轮的转角.....	(93)
4. 擒纵叉的转角.....	(95)
5. 摆轮的转角.....	(96)
6. 擒纵机构的保险装置.....	(97)
7. 停在冲面上和停在锁面上.....	(99)
8. 瑞士等臂锚式擒纵机构的作图.....	(101)
第六章 销式擒纵机构和天文钟擒纵机构	(104)
1. 销式擒纵机构装置的元件和动作.....	(104)
2. 等臂销式擒纵机构的作图.....	(105)
3. 天文钟擒纵机构的作图.....	(108)
4. 各种天文钟擒纵机构元件的比较数据.....	(111)
5. 设计天文钟擒纵机构的基本原理.....	(112)
6. 现代优等天文钟的设计和走时参数.....	(116)
第七章 摆锤调速器的计算和设计基础	(118)
1. 数学摆.....	(118)
2. 物理摆.....	(121)
3. 摆的角速度和冲击影响.....	(122)
4. 挂摆器的类型.....	(126)
5. 摆的振动周期的调节方法.....	(130)
6. 钟表走时的精度, 修正值和日误差.....	(131)
7. 温度对摆的振动周期之影响.....	(133)
8. 摆的温度补偿.....	(135)

9. 摆的气压补偿	(137)
第八章 摆輪調速器的理論、計算及設計基礎	(141)
1. 摆轮的振动周期公式	(141)
2. 不平衡的摆轮	(145)
3. 游絲惯性和离心力的影响	(148)
4. 摆轮振动周期的调节方法	(149)
5. 外界作用对摆轮振动的影响	(151)
6. 齿轮传动、游絲下垂和牵引角对等时性 的影响	(153)
7. 钟表机构內的溫度补偿	(154)
8. 游絲所用的合金	(163)
9. 游絲的试验	(167)
10. 设计补偿摆轮的方向	(168)
11. 高溫及低溫对钟表和天文钟走时精度的影响	(171)
12. 磁場对钟表走时的影响	(172)
13. 大气压力和空气湿度对钟表走时的影响	(175)
第九章 鐘表的主要构成元件	(178)
1. 摆轮和游絲	(178)
2. 游絲的末端曲线	(182)
3. 摆支承防震器	(187)
4. 钟表走时的动力调整	(190)
5. 摆轮钟表擒纵调速器的图解解析计算	(193)
6. 带有锚式擒纵机构的天文钟的图解解析验算	(206)
第十章 几种主要的机械鐘表和鐘表机构	(216)
1. 定义及用途	(216)
2. 各种类型的钟表及天文钟的特性	(217)
3. 秒表和带有秒表的钟表	(231)
4. 专用的钟表机构	(242)
第十一章 电鐘的分类。母鐘和子鐘	(252)

1. 电钟的分类.....	(252)
2. 母、子钟的原理图及其主要部件和零件的特性.....	(256)
3. 电上条的重锤钟表.....	(263)
4. 电上条的发条钟表.....	(272)
5. 直接作用电传动的钟表.....	(275)
6. 间接作用电传动的母钟.....	(280)
7. 子钟的主要类型.....	(283)
8. 统一时间的电钟装置.....	(286)
9. 同步电钟的构造和动作.....	(293)
第十二章 鐘表的走时質量及其試驗.....	(296)
1. 精密钟合格试验的公式和指标.....	(296)
2. 钟表的检验性试验.....	(300)
3. 记录时间的和检查钟表走时的仪器.....	(306)
附录 I	(318)
附录 II	(329)
附录 III	(340)
参考文献.....	(353)

第一章 時間及其測量

計時儀器的分類

1. 時間測量的一般原理

我們周圍的一切事件或物體都存在于空間。自然界中的任何現象或任何事物都伴隨著時間而發生。

時間也如同空間和物質一樣，它是一種不因人們的感覺、意識及意志為轉移的客觀現實。它是物質存在的基本形式之一。列寧說過^{[1]*}《世界上除了運動着的物質以外，什麼也沒有，而運動着的物質除了在空間和時間之內就不能運動。》

……《因為任何存在的基本形式，是空間和時間；離開時間的存在和離開空間的存在同樣也是絕大的荒謬》（恩格斯）^[2]。

時間是以完全相同的重複過程的延續來測量的。測量距離時人們截取一定的長度單位；與此相似，測量時間時人們把時間和一個已知的週期性地重複着的过程相比較。

地球繞其軸線晝夜旋轉乃是均勻地重複過程的典型實例。根據天文學的觀察數據，近兩千年內晝夜延續時間的變化甚至連百分之一秒都沒有。地球繞其軸線旋轉一周的時間稱為一恆星日。根據太陽計算時間比根據恆星計算時間要困難得多。因為太陽本身是沿星際空間移動的。連續兩個上中天之間太陽視中心處於同一子午線上的時間間隔稱為真太陽日。因為，太陽的視運動不均勻，而且在不同的季節里相對於赤道而言方向並不完全相同，所謂真太陽日的延續時間在一年之內是變化的。這種情況就造成了

* 見本書參考文獻[1]。

不便。所以人们就用平太阳时来代替“真”太阳时。假定有一个假想的太阳沿天球赤道均匀地运动着，用真正的太阳那样多的时间在天空中一年旋转一周。可把这个假想的太阳称为平太阳，而其两个中天之间的时间间隔则称为一平太阳日。太阳日的延续时间永远是那样长——24小时。平太阳时的单位与恒星时的单位之间的关系如下表所示：

平 太 阳 时	恒 星 时
24小时	24小时 3 分56.555秒
1 小时	1 小时 0 分9.856秒
1 分	1 分0.164秒
1 秒	1.00274秒

按照OCT/BKC 7132 “时间单位”，平太阳时变为恒星时的换算系数等于1.00273791，而恒星时变为平太阳时的换算系数等于0.99726957。平太阳时和真太阳时之间的差称为时差，时差在一年之内是变化的。例如，符号“+”表示真太阳时慢于平太阳时，而符号“-”表示真太阳时快于平太阳时。

月 日	时 間 差	月 日	时 間 差
2 月11日	- 14分32秒	7 月26日	- 6 分12秒
4 月15日	0	9 月 1 日	0
5 月14日	+ 3 分55秒	11月 2 日	+16分18秒
6 月14日	0	12月24日	0

在日常生活中，是采用夜半时刻作为一昼夜的开始点，而时间的计算或是按12小时，或由0到24小时。由夜半起算的平太阳时，也叫作民用时间。地球上每一条子午线都有自己的所谓当地

时间，当地时间在使用上是不方便的，因此通常采用地区时间。

把地球用间隔 15° 宽的子午线分成 24 个地区。在每一个区内采用与穿过该地区中部的主子午线时间相当的同一民用时间。陆地上的时区界线通常偏离于子午线，而沿自然界线（河流、山脉）或沿政治及行政边界线通过。始区（零时区）的中心子午线经过格林威治，因而把格林威治时间称为世界时间。相邻两地区之间的时间差等于一小时。莫斯科和列宁格勒位于第二时区内，这里的地区时间与格林威治时间相差两小时。第三时区称为伏尔加时区（沙拉托夫），这里的地区时间比格林威治时间早三小时；第四时区为乌拉尔时区（斯维尔德洛夫斯克）；第五时区为西伯利亚时区（鄂木斯克）；第六时区为叶尼谢时区（克拉斯诺雅尔斯克）；第七时区为依尔库茨克时区；第八时区为黑龙江时区（由赤塔至雅库茨克）；第九时区为滨海时区（海参威）；第十时区为阿霍特时区；第十一时区为卡田卡特时区；第十二时区为丘科特时区。这样在苏联国土上有十一个时区通过，即由第二时区到第十二时区。区域的号数表明该区的时间比格林威治时间早几小时^[3]。

为了节约用来照明的电能以及充分利用白昼光起见，从一九三〇年夏季起，苏联实行经常工作的法定时间比地区时间早一小时。

时间的基本单位——平太阳日——对于计算大的时间间隔是不方便的。因此，在这种情况下，采用回归年作为测量时间的单位。回归年等于 $365.24220\cdots$ 昼夜，或 365 昼夜 5 小时 48 分 46 秒，而归历月等于 $29.53059\cdots$ 昼夜，或 29 昼夜 12 小时 44 分 2 秒。

天文学上测量时间，是以地球的旋转作为周期过程的基础，并且假定地球绕其轴线的旋转是等速的。在这种条件下，测量时间就归结为测量角度，而测量的精度则取决于天文测角仪的精度高低。尽管这样的测量方法有着很好的理论根据，但是它在实际

使用上是不方便的。当用机械方法测量时间时，是以某种人为方法建立起来的不断重复的可以精确调整的周期过程作为基础的，例如摆的摆动。这种钟表机构的指示可以与天文测时的指示甚为接近。所谓摆式天文钟在数年前还是一种最精确的仪器，因为一昼夜之间的误差不超过0.01秒。在目前，测量极小的时间间隔——毫秒（千分之一秒），微秒（百万分之一秒）日益具有重大意义。可能在不久的将来，会要求测量微微秒这样短的时段。当设计测量这样短时段的计时仪器时，我们应当由使用机械振动系统过渡到利用高频电振荡及分子内部振荡。

所利用的现象的周期越短，测量的精度也就可能越高。

为了测量时间，可以利用在各种不同物体内部产生的高频振荡过程，这些物体如石英、氦等等。

在石英钟内，是利用石英晶体的固有振荡。作为振荡元件的石英片一般是沿平行于电轴方向截成的。石英的电极就是在长方片表面上用阴极发射的方法涂上的银层。

石英片振荡的固有频率主要取决于其几何尺寸，也与外部影响，特别是与温度有关。因此，将石英片装在恒温器内，恒温器挂在减震弹簧上，以使石英免受外界颤动与震动的影响。

在天文台和科研机关内，用于在天文观察周期内守住时间的现代石英钟表，保证昼夜走时精度达到0.001秒。

近来人们利用氦分子内的氦原子振荡作为标准频率的振荡。

实验确定，氦分子（ NH_3 ）内的氮原子在脉冲能量的作用下，以约为23870兆赫的频率振荡着。这些分子振荡的频率借助于专用仪器可以同石英振荡器的频率相比较。如果石英钟表的精度为 1×10^{-9} ，则分子钟可以得到的理论精度在 1×10^{-18} 以内。但是，现时这种钟的实际精度还未超过 1×10^{-8} *。在外国这种类型的天文钟称为“原子钟”。

* 根据一些文献，分子（原子）钟现在的实际精度已可达 1×10^{-10} 以上（校者註）。

2. 計时技术的发展簡史

在人类社会发展的初级阶段，人们已经有了测量时间的需要。

天球现象——太阳、月亮和星星在天空中的视运动——乃是测量及表示时间的基础。这种测量时间的方法，当然是极不完善的。但是，在人类发展的初期这种量度时间的方法却完全是可行的。然后，由直接按照太阳测量时间演变为按照地上物体或人的影子位置及长度来测量及表示时间。地上的树或竖杆影子的长度是古代美索布达米亚人和埃及人就已经熟知的的时间标准。

人们由利用地上物体的阴影进而创造出太阳钟。由于地球的旋转，太阳钟上阴影的位置及长度是变化着的。因此，太阳钟就成为最早的钟表。在中国，公元前2700年以前白昼时间是用指针（铅直杆）型的日晷来确定的。时间用铅垂杆的影子长度来确定。古埃及最广泛采用的也是日晷。这种日晷是一个中心带有心轴的水平刻度盘。心轴的阴影起指针作用。带有刻度的日晷在许多古代建筑物内一直保持到现在。日晷的缺点就是它不能够在阴天和夜晚起作用。因此，还在远古时期就出现了一种水钟——漏钟。这种钟表利用了水均匀地填满容器的原理。埃及人、巴比伦人以及古代希腊人是用经过小孔由容器内流出的水量来测量时间的。

为了创造更方便更精密的水钟，就给这种钟表内装上机械装置。第一个带有水轮和自动作用的漏钟是由阿基米德创造的（公元前287~212年）。在公元前二世纪杰出的亚力山大的数学家和力学家切济比所制的漏钟有着齿轮传动装置和自动装置。漏钟在使用上也是不方便的，因为在严寒的天气不能工作。砂钟在使用上比较切合实际，这种钟表在古代和中古时运用的非常广，而在目前有时也还作为手术医疗钟使用。

在古代还采用过其他类型的钟表，例如“火钟”，这种钟是

根据灯台内烧完油的多少，蜡烛燃烧的长度或专门的油料作成刻有刻度的油芯来测量时间的。

日晷，水钟，砂钟，火钟在目前仅只有历史的意义，而没有实用价值。

机械钟表的出现是测量时间技术发展的转折点。首先要提到的是公元578年古代拜占庭文献上提到的机械钟表，在那时，拜占庭皇帝查士丁尼二世和皇后索菲亚曾赠给君士坦丁堡一种可以鸣响的机械钟表。直到十五世纪以前，在制造机械钟表技术方面，掌握制造复杂水钟高度技能的东方各国比西欧国家要高明。机械钟表的出现不仅在时间测量方面向前大大的迈进了一步，而且一般讲来，在力学方面也是大大地向前推进了一步。钟表机构对自动机构和调节理论的发展起了巨大的影响。

西欧制造出的初期机械钟表在结构上非常简陋、笨重，而且一般使用在寺院和城堡的钟楼上。

在巴黎第一个结构异常简单的机械塔钟在1370年才造起。而东方术士阿卜杜勒·哈桑·阿里·班·阿赫默德在1358年间制造的著名“曼加纳赫”钟以其独特的风格见称。这种钟表带有自动装置。在十四世纪时一般最常用的钟表是一种心轴式机械钟表。

心轴式钟表，就其结构而言很近于现代的挂钟。在这种钟内扭转力矩由原动机（重锤）带动，经过齿轮传动装置传给擒纵轮，而擒纵轮将冲量传给固定在铅直轴（心轴）上的叉瓦。在心轴上也固定着带有配重的摇臂，移动摇臂可以调节心轴振动的周期。后来，为了使系统达到更好的平衡，采用摆轮（平衡轮）来代替摇臂。这种摆轮安装和摇臂一样，装在带有叉瓦的心轴上。这种机构的缺点就是心轴与擒纵轮的运动联系是经常的，摆轮没有固有的振动周期。这种钟表指示时间的精度每昼夜为半小时。通常这种钟表都装在钟楼上。

1404年间，莫斯科公侯瓦西里·德米特里耶维奇在克里姆林宫内装上了第一个塔钟。在史料内载有十五、十六和十七世纪时

期独立制造塔钟的俄国钟表匠人的名字。他们把这些钟表安装在各个城市里面。俄国钟表匠在外国也享有盛名。

机械钟表不断的得到改进，在十六世纪初，纽伦堡的工匠彼得·亨莱因（德国人）首次把盘簧作为原动机设计了第一个带有心轴擒纵机构的怀表。为了减小发条扭转力矩的不恒定性，布拉格的技师雅可夫·采赫在1525年采用了目前我们大家都熟知的一种装置，称为螺旋均力器。

1595年伽利略发现数学摆振动定理。而到1656年时丹麦天文学家克里斯迪安·惠更斯将伽利略的理论工作发展之后，采用摆作为钟表的调速器。

1660年，英国人虎克建议用摆轮——平面弹簧系统作为调速器。

1674年惠更斯在怀表中采用了一种摆轮——游丝系统作为调速器。惠更斯将心轴式钟表内所采用的摆轮与具有阿基米德螺旋线形状的钢游丝结合起来就得到一个具有自振周期的振动系统。采用这种调速器创出了一种可携带的钟表。以适应航海的需要。新型的有摆轮的调速器与心轴调速器比较起来具有很多的优点，尤其是在摆轮振动的稳定性方面使得钟表的精度提高了。1675年伦敦钟表匠克利门特·威廉发明了一种钩形钟表擒纵机构。1695年伦敦人托马斯·东平发明了一种无冲击损失的擒纵机构，即当反向摆动时擒纵机构并不运动。托马斯还发明了一种工字轮式擒纵机构。这种机构后来又为格拉哈姆、尤尔京斯·列宾、达万等人加以完善。

温度影响的补偿问题的解决对于钟表的精确走时具有重要意义。1715年英国技师乔治·格拉哈姆采用了一种水银摆，以抵消温度对钟表走时的影响。1726年英国技师约翰里逊也发明一种栅式摆来作为温度的补偿器。1728年法国人皮埃尔·列儒提出了一个新系统方案，就是将摆悬挂在一个所谓悬簧式挂摆器上。1750年到1754年英国人托马斯·迈治发明了一种自由锚式擒纵机构；