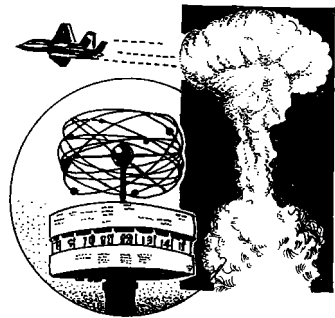


原子钟、原子弹哪个更重要

李 滚 蔡成林 袁海波

(中国科学院国家授时中心 陕西 临潼 710600)

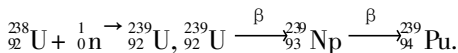


1945年原子弹(Atomic Bomb)在广岛长崎爆炸之前,一般人很难理解原子弹的威力,原子钟(Atomic Clock)也不是大家都能一睹为快的;但是,原子弹和原子钟的概念的确已是家喻户晓。如果我们要比较原子钟和原子弹谁更重要还真不容易,原因很简单:它们自从诞生之日起,就对世界产生了极其深远的影响;而且,随着时间的推移,这种影响不是在减弱,而是在日益加剧。从理性上来讲,原子钟的贡献并不比原子弹小,也并不让人毛骨悚然。我们认为,原子钟给人类的贡献要远远大于原子弹,而且,在社会和科学研究中日益发挥着更为重要的作用,从这些意义上来讲,当然是原子钟比原子弹更重要。

1. 什么是原子弹和原子钟

首先应该说明的是,原子弹是原子核物理的产物,原子钟则属于原子物理学和量子物理的范畴,它与量子频标和微电子技术研究的飞速发展分不开。

原子弹:要了解什么是原子弹,至少得具备一些简单的原子物理知识。把纯 $^{235}_{92}\text{U}$ 或 $^{239}_{94}\text{Pu}$ 集合在一起,裂变出来的快中子就能激发链式反应。原子弹没有减速剂,把纯铀 235 制成球形,如果外加中子反射层,那么据说有4.8厘米的直径就达到中肯体积,中肯体积中材料的质量称为中肯质量。上述 ^{235}U 制成的球形中肯质量为1千克左右。有一种结果简单的原子弹由两块半球构成。这样平日贮藏,两块相隔一定的距离,每块大小不到中肯体积,不会爆炸,使用时,把两块骤然和为一个球体,这时超过中肯体积,就会发生爆炸;其巨大能量可以从爱因斯坦的质能方程中得到估算,质量转化为巨大的能量,是理解核爆炸的简单基础。爱因斯坦的著名公式 $E = mc^2$ 预言,一个正常人的75千克质量的相当能量为 7×10^{18} 焦耳,是爆炸过的最具威力的氢弹的30倍,这些巨大能量要是用在生产建设方面最好不过。其反应的大概过程可以表示为:



我国在1958年开始运用原子反应堆,1964年第一次爆炸了一颗原子弹。

原子钟:我们知道,原子核周围的电子会因为吸收或放出能量而跃迁,从而辐射频率稳定的电磁波,我们把这种频率标准称为原子频率标准。这种原子谐振频率(原子在特定能级之间跃迁的辐射频率)控制的实用标准频率发生器和计时装置就成为原子钟。图1为原子钟的结构图。目前,可供使用的商品原子钟有铷原子钟、铯原子钟、氢原子钟。主要技术指标有频率稳定度,频率漂移率,频率准确度,频率复现性等。时间间隔的基本单位秒的定义就是“铯原子(^{133}Cs)基态($6S_{1/2}[F=4, m_F=0 \leftarrow F=3, m_F=0]$)。其中,6为主量子数; $S_{1/2}$ 为原子态符号; $F=4, m_F=0; F=3, m_F=0$ 分别为两种不同的能态)的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9 192 631 770个周期所持续的时间。”把这个时间间隔称为原子秒(Atomic Second)。国际原子时(TAI International Atomic Time)就是根据世界上50多个国家的200多台原子钟的地方原子时归算得来。目前TAI的准确度为 $10^{-14} \sim 10^{-15}$,稳定度为 $10^{-15} \sim 10^{-16}$ 量级。

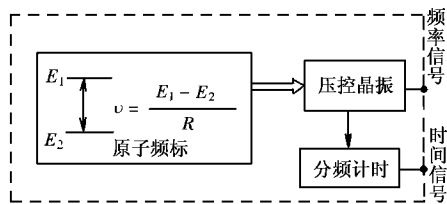


图1 原子钟的组成

2. 它们给世界带来的直接影响

奥本海默被认为是原子弹之父。因为它领导了“曼哈顿计划”,设计和制造美国的原子弹。在华盛顿汉佛,惠勒作为首席科学家,设计和建造世界上第一个生产规模的原子核反应堆,为“长崎原子弹”制造燃料。请看看当广岛和长崎在原子弹中毁灭,几

十万人在原子弹下丧失生命,奥本海默及其他一些物理学家的感受:奥本海默很痛苦,“如果原子弹一定要添加进战争国家的军火库或者准备战争国家的军火库,那么人类总会有诅咒洛斯阿拉莫斯和广岛的一天。”惠勒却另有一番悔恨:“回头来看 1939 年我与玻尔关于裂变理论的研究,我感到很难过”。恐怕参与这项研究的任何一个理论物理学家都与此同时发出深深的忏悔(包括任何一位有社会良知的科学家)。忏悔也罢,幽默也罢,总之,在一定程度上来说,物理学家已经认识到犯罪了;而这是他们不能失去的良知。也许,科学是一把双刃剑,这时人们才理解得更深刻一些。令人遗憾的是,我们的理解在逐日升华,这与全球的生态环境的恶化和国际局势的不安宁都有很大关系。总之,任何一个人只要稍微花一点时间阅读一下关于第二次世界大战的那段历史和随后美苏之间的一场殊死竞争,美苏之间为了得到核武器的制高点,几代物理学家殚精竭虑,就会明白原子弹究竟给人类带来了什么——恐惧还是文明?当然应该补充的是,从国家安全和国防建设的角度而言,有一些尘封网结的核弹头,总还能换来一些不多的安全感。

客观而言,原子钟没有让人感觉到危机四伏和恐慌。原子钟的年龄和原子弹差不多,但它的出现主要是促进了其他计量事业的蓬勃发展,使其他计量朝着量子计量转化。以 GPS(Global Positioning system)、GLONASS(Global Navigation Satellite System)为例,它的核心是什么?毋庸置疑,其核心就是高精度的原子钟(铯钟和铷钟等),如果没有高精度的原子钟,则 GPS 在高精度导航定位和时间传递方面将功亏一篑,这是因为, $\lns(10^{-9} \text{ s})$ 的卫星钟差对应 0.3m 的距离误差,而 GPS 在各行各业的广泛应用,给人类每年节省的大量资金,则难以估算。GPS 历经 20 多年的发展,仍在各行各业开拓广泛应用领域,其发展日新月异,这很多功劳恐怕还要归功于这些性能优异的原子钟。全球高精度的时间同步,原子钟更是功不可没。原子钟是量子物理和微电子技术发展的产物,我们认为,时间这个基本物理量的测量是非常重要的,原子钟的诞生正是人们在这一领域研究的结晶,只要看看我们周围与速度、距离有关的测量就足够了,因为它基于这个简单方程,它的基本测量还是时间: $|\vec{r}(t_r) - \vec{r}(t_s)| = c(t_r - t_s)$ 。

3. 我国的原子钟研究

我国的量子频标研究起步比较晚,(50 年代末

期),但经过一大批科学家近半个世纪的不断探索和艰苦工作,我国的量子频标研究取得了飞速的进展。上海天文台从 1970 年开始研制氢脉泽标准,于 1972 研制成功我国第一台氢钟。应该承认,我国自己研制的氢钟在一些关键技术环节、工艺上和国际水平有一定的差距。我国的量子频标研究欣欣向荣;铯喷泉和光抽运作为主要项目也取得了阶段性成果。

4. 原子钟比原子弹更重要

原子钟比原子弹更重要,是因为前者在社会生活,经济建设和科学研究等领域日益发挥重要的应用价值。叶叔华院士认为,在现代战争中,高性能的原子钟毫不逊色于原子弹,在国防和现代战争中,精密的定位和高精度的时间分不开。人们对高精度时间的需求越来越广泛,数字时间戳、电子商务、网络授时等领域亟待高精度的时间研究。

以我国研究和建立数字同步网为例。我国自 1994 年确立独立型同步网整体方案以来,到目前为止,以基本完成省、市级以上的交换中心的建设,但是目前我国采用的方法是在所有的基准钟上配备 GPS 接收机,使所有的基准钟通过 GPS 系统跟踪 UTC(Coordinated Universal Time),对基准钟不断地进行调整,使之与 UTC 同步。但由于 GPS 系统受控于美国国防部,可靠性、自主性差。因此必须采用 SDH 网(数字同步传输网)进行同步网时间传递。

同步网是一个提供同步参考信号的网络,是通过同步链路将各级时钟连接起来而形成的物理网,国内网络采用同步状态,即网络中的所有时钟都跟踪到同一个或一组基准源上,并接受一个或几个基准钟的单独控制或共同控制。数字同步网的结构如图 2。

同步网中一级时钟包括铯钟 PRC(Primary Reference Clock)和 GPS 配铷钟构成的 PRS(Primary Reference Source),铷钟或晶体钟配置输入/输出以及监测功能就构成了同步网设备 BITS(Building Integrated

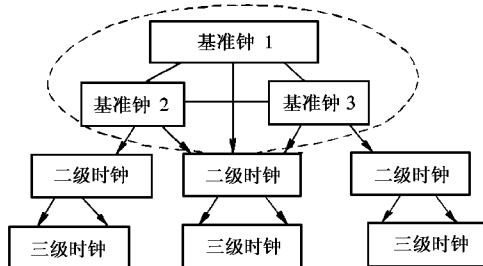
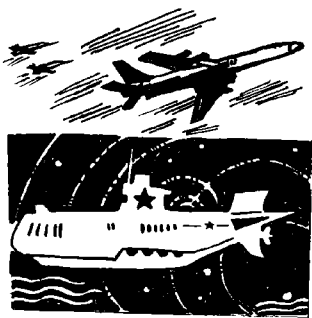


图 2 数字同步网结构



声波的军事运用

胡祥发

(昆明陆军学院物理教研室 云南 650207)

人类生活在充满各种声音的世界中,我们无论走到哪里,总会听到一些不同的声音。如人们的谈话与欢笑声,节日的爆竹与锣鼓声,汽车的喇叭声、机器的轰鸣声、火车的汽笛声、城市的喧闹声,大自然的风雨声、雷鸣声、林涛声、海浪声……。总之,我们处在声音的包围之中,如果没有声音,人类的生活将多么枯燥无味。

然而,随着科学技术的发展,声音居然成了一种威力强大的武器。科学家利用声音在不同媒质中的传播,研制了多种测量仪器、侦察工具和武器装备,比如“闻声而起”的音响水雷和音响地雷,“寻声追击”的声制导鱼雷和直接用声音进行杀伤的次声波武器等。

声音是物体在振动时发出的。物体振动发声时,就会把振动传递给紧挨着的空气分子,由近及远地使周围的空气分子依次振动起来,于是就形成了声波。所以,声波是一种在弹性媒质中传递的机械波。其中频率在 $20\text{Hz} \sim 20000\text{Hz}$ 范围的机械波,能够引起人的听觉,就是常说的声波或可听声;频率低于 $20\text{Hz} \sim 10^{-4}\text{Hz}$ 的波叫做次声波;而高于 $20000\text{Hz} \sim 5 \times 10^9\text{Hz}$ 的波叫超声波。声波具有一般波动所共有的特征,也能产生反射、折射、衍射、干涉等现象。理论和实验都表明,声波在空气中只能以 340m/s 左右的速度传播,而在水中声速却可达到

1500m/s ,是空气中声速的 $4 \sim 5$ 倍,而且衰减小。正因为声波具有以上物理特性,被科学家们应用到武器装备的研制中。

1. 声纳

声纳的意思是“声音导航和测距”,是利用声波在水中传播速度大、衰减小的物理特性对水中目标进行搜索、定位、识别和跟踪的技术装备,被誉为水下“千里眼”“顺风耳”。它的工作原理与雷达相似,但是,电磁波在水中传播衰减大,发现目标距离很近,而声波在水中传播时衰减要小得多且距离远,因此,声纳仍是目前惟一有效的水中侦察武器。世界上第一台声纳是在 1917 年由法国物理学家朗之万发明的,它是完全利用声波来侦察水下目标的侦察工具。可它还没有来得及对付德国的潜艇,第一次世界大战就结束了,但在第二次世界大战时期,交战双方损失的潜艇有一千多艘,其中大部分都是被声纳发现的。

声纳按照作用原理和工作方式的不同,可分为主动式声纳和被动式声纳。被动式声纳仅依靠接受各种舰船航行时由于机械振动和螺旋桨转动发出的噪声来发现目标,测定其方向。主动式声纳则是由发射机、换能器、接收机、显示器、定时器、控制器等几个主要部件构成的。发射机产生电信号,输送给换能器基阵,换能器基阵把电信号换成声信号,向海

Timing System)。SDH 定时链路分为 3 层基准时钟 PRC 层、同步网设备时钟 SSU 层、SDH 设备时钟 SEC 层。定时链的时间传递采用 STM-N 接口,关键技术是使用 SSM 编码技术 (Synchronization Status Message)。SSM 是同步状态标记,用于在同步定时链路中传递定时信号的质量等级,使得同步网中的节点时钟通过对 SSM 的解读获得上游时钟的信息,由此对本节点时钟进行如跟踪、锁定、倒换、转入保持等

工作状态的相应操作,并将该节的同步信息传递给下游,它采用 4bit 编码,共有 16 种信号,反应不同的质量等级。

也许这样介绍原子钟在现代社会的广泛应用近乎管中窥豹。总而言之,与原子钟开拓的广泛应用领域相比较,毫无疑问,原子弹则相形见绌,因为它只是放在武器库里让人听而生畏的死神而已。