

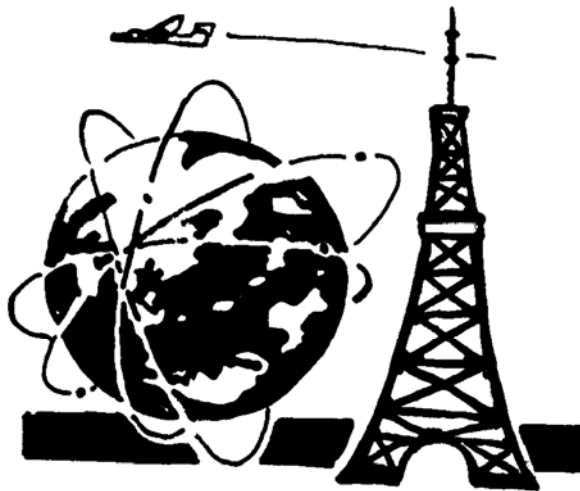
北斗导航系统与全球卫星定位系统

司德平 王彦海
(平顶山市一中 河南 467001)

1. 北斗导航系统

2000年10月31日凌晨0时2分,由我国航天科技集团空间技术研究院自行研制的第一颗导航定位卫星——“北斗导航试验卫星”在西昌卫星发射中心发射成功。“北斗导航试验卫星”的发射成功,为我国“北斗导航系统”的建设奠定了基础。2000年12月21日零时20分,我国自行研制的第二颗

“北斗导航试验卫星”,在西昌卫星发射中心用“长征三号甲”火箭发射升空,并准确进入预定轨道。它与10月31日发射的第一颗“北斗导航试验卫星”一起,构成了“北斗导航系统”。这标志着我国将拥有自主研制的第一代卫星导航定位系统。我国的“北斗导航系统”是全天候、全天时提供卫星导航信息的区域导航系统。这个系统建成后,主要为公路交通、铁路运输、海上作业等领域提供导航服务。各种车



辆、船舶等交通工具,只要装备卫星接收设备,就可以在任何地方随时接收该系统发射的导航信号,进行高精度的定位和测速。

卫星导航是从一起有趣的发现开始的。1957年10月4日,前苏联发射了第一颗人造地球卫星,美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的吉勒(W. H. Guler)和韦芬巴克(G. C. Weiffenbach)

两位科学家在用无线电跟踪人造卫星时,发现接收到的电磁波频率随着卫星的运动而发生变化。分析其原因是由于卫星相对地球运动时,电磁波在传播过程中出现了多普勒效应。于是他们研究出一种根据地面跟踪站的位置和测量到的多普勒频移来计算卫星运行轨道的方法,从而确定了前苏联人造地球卫星的轨道参数。随后,当时任该实验室研究中心主席的麦克卢尔(E. T. McClure)等人受此启发,

和死亡;宏观上看,酒、醋和酱油中的细菌总数也会下降。此外,强电场对细菌的杀菌作用也是一个不可忽视的问题。从物理学的角度看,组成细菌的每个细胞,可以等效为一个微形的球形“电容器”,当高压静电场作用到样品液体上时,样品中的细菌也同时受到电场的作用,当细胞所在处的场强为 E 时,细胞膜内外的电势差为:

$$\Delta V = -3/2Eb\cos\theta \quad (1)$$

式中: b 为细胞膜外半径($b \sim 3 \times 10^{-6} \text{m}$), θ 为球坐标(坐标原点 O 位于细胞中心, Z 轴正向与外电场的场强方向相同)。

取 $\theta = 0$, $b = 3 \times 10^{-6} \text{m}$,代入(1)式,得到细胞膜内外最大电势差为:

$$|\Delta V| = 4.5 \times 10^{-6} E \quad (2)$$

例如对酱油的处理,采用了 $E_1 = 270 \text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$ 和

$E_2 = 4200 \text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$ 两种电场。代入(2)式得到:

$$\text{对 } E_1: |\Delta V| = 1.215(\text{V})$$

$$\text{对 } E_2: |\Delta V| = 1.890(\text{V})$$

当细胞壁上电势差达到 $0.4 \sim 2.0 \text{V}$ 时,细胞会被击穿死亡。可见处理酱油的电场,已达到使细胞失活的条件。

用电晕放电的方法,对酒和食醋进行人工老熟,可大大缩短后熟陈酿期,为酒和醋的生产开辟了一条新途径。利用电晕放电产生的臭氧和活性氧。可杀灭酱油中的细菌,在保持酱油的香气和营养成分方面,电晕法要优于加热灭菌法。

笔者认为,高压静电场在酿造品生产中,可拓宽到对酵母菌和其他酿造品的处理。静电场的生物效应和化学效应,将会带来前所未有的效益。

运用逆向思维方法,认为由已知的卫星轨道和测得的多普勒频移能确定地面接收站的位置。从而产生了卫星导航的想法,并很快变成了美国海军的导航计划。1960年4月,美国将“子午仪”导航试验卫星成功地送入了轨道,并于1989年发射成功第一颗全球卫星定位系统(GPS)的工作卫星。

2. 卫星多普勒定位技术

多普勒效应是1842年由奥地利物理学家多普勒首先发现的。可以表述为:由于波源或观察者的运动而出现观测频率与波源频率不同的现象。波源相对于观测站运动所引起的多普勒频移效应可用下式表示:

$$f_r = \frac{c}{c - v \cos \alpha} f_s$$

式中 c 为真空中的光速, v 为卫星相对于观测站的瞬时速度, f_s 为波源发射频率, f_r 为观测站接收到的频率, α 为波源瞬时速度方向与波源至观测站联线的夹角。如果波源是卫星上已知发射频率的无线电信号发射源,卫星到观测站的距离为 r ,则称 $dr/dt = v \cos \alpha$ 为卫星的径向速度。由上式整理可得:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{c}{f_s} (f_r - f_s) = \frac{c}{f_s} \Delta f$$

观测站就可根据所测量的接收频率而得出多普勒频移 Δf ,再经过技术处理,算出卫星在某一瞬时与观测站的距离差,从而确定观测站的地心坐标。实际应用时,为了精确地测量多普勒频移 Δf ,通常在地面接收机内增加一个固定的频率,即“本征频率”,将接收到的频率与“本征频率”混频,得出差拍频率,最后用积分的方法导出多普勒频移或直接进行定位计算。

3. 全球卫星定位系统

全球卫星定位系统(Global positioning system,简称GPS),由空间卫星部分、地面监控部分和用户接收部分组成。

GPS的空间部分由21颗工作卫星和3颗备份卫星(共24颗卫星)组成。它们分布于6条不同平面的轨道上(如图1所示),轨道平均高度约20200km,运行周期为11小时58分,使同一观测站上空每天出现的卫星分布图形基本相同,只是时间相对提前了几分钟。每颗卫星均向地面发出导航电文。每颗卫星的信号覆盖区域为37.92%的地球表面。每颗卫星每天约有5个小时在地平线以上,以保证世界上任何一个地区的用户至少能同时接收4颗(最多可达11颗)GPS卫星的导航信息。

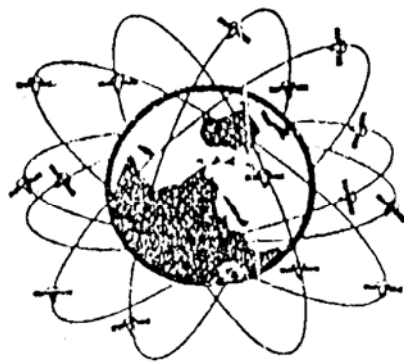


图1 全球定位卫星系统

地面监控部分由5个监控站、3个上行数据注入站和一个主控站组成。地面监控站跟踪视场内的所有卫星,根据多普勒效应取得卫星的观测数据。主控站的主要任务是收集各监控站对GPS卫星的全部观测数据,利用这些数据计算每颗GPS卫星的轨道和卫星原子钟的修正值,进而推算出一天以上的卫星星历及时钟差,并按一定格式转换为导航电文送到注入站,由注入站向卫星发送导航数据和控制指令,刷新卫星上的旧数据。主控站还能进行卫星轨道修正、调度等工作。

用户接收部分一般由天线、接收机、处理机、定时器和显示器组成,能同时接收4颗以上卫星发射的L波段信号,经数据解调、处理后,得出用户位置的三维坐标、三维速度和时间信息,并在显示器上显示出用户所在空间直角坐标系中的坐标或转换成用户所需的地理坐标。

物理学家的研究为GPS系统提供了时空计量的方法,但要精确地进行时空测量还必须考虑相对论效应以及卫星运动过程中的受摄情况等因素。然而,人们通过物理学原理引入适当的物理学模型,并采取相应的技术措施,对产生的误差加以修正,使GPS系统的三维空间定位精度利用民用无加密的导航数据(C/A码)可达14m,利用军用加密的导航数据(P码)可达3m,测速精度可达0.1m/s乃至更高。

