

gps 卫星铷原子钟在中电 25 所的成功案例

2017 年年末，西安同步电子自主研发生产的 gps 卫星铷原子钟在中国电子集团第 25 所的成功使用。为 25 所提供标准的频率源，为后续的科研工作提供了必不可少的基准源。

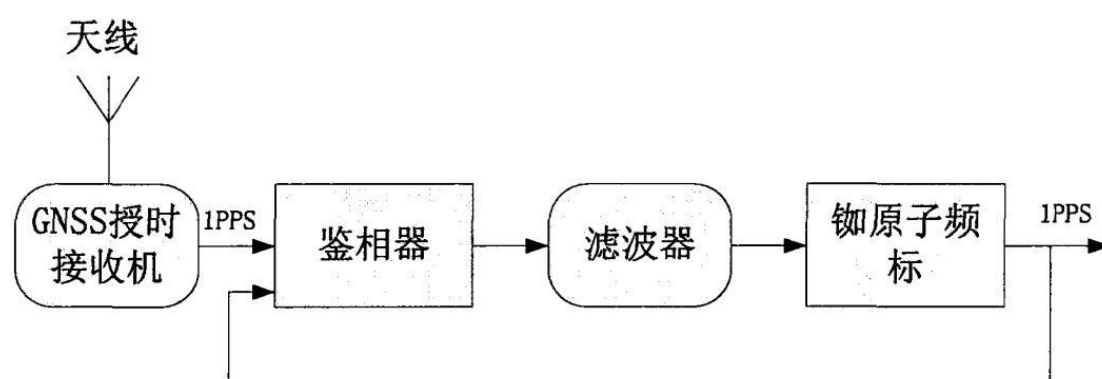
前言

时间频率标准分为一级频率标准、二级频率标准。现代多以实验室铯束频率标准、铯原子喷泉频标为一级频率标准，一级频率标准根据秒的定义、通过实验测量和理论计算，估计出各种已知因素引起的频率偏差的数值，并给出估算的不确定度，定出频标的准确度。虽然一级频率标准有很好的长期稳定性和准确度，但是其使用条件苛刻，维护成本高，而且售价昂贵，因而只能使用在一些有条件的实验室中。二级频率标准中的铷原子频标价格较为低廉，是使用最广泛的频率标准设备，同时输出频率具有较好的频率稳定性和频率准确度指标。目前，许多工程应用领域对时间频率提出了高精度的要求，例如智能电网、数字移动通信网和无源定位系统等。但是，铷原子频标的频率不够准确，频率被校准后还会随着时间缓慢漂移，因而并不能满足高精度的时间同步的要求。最近二十年，随着美国的全球卫星导航系统的不断现代化、俄罗斯的、欧洲的系统，以及中国正在全面部署的北斗卫星导航系统的迅猛发展，通过导航卫星将守时实验室的时间频率的准确度传递到远端的用户已经非常容易实现，或者说这种技术大范围应用的条件已经非常成熟，已经能够提供廉价并且性能优越的时间频率产品。而小型铷原子频标，因为其功耗低、体积

小、价格低廉、抗恶劣环境能力出众，并且具有较好小型铷原子频标的时间应用研究的中短期稳定度，可以显著消除时间在传递路径中引入的中短期稳定度的恶化，能很好的完成用户端的时间频率的传递和保持功能。因而，通过授时设备将守时实验室的标准的频率的准确度传递给小型铷原子频标，最终提高用户端的时间同步精度将成为一种很好的选择。

gps 卫星铷原子工作原理

gps 卫星接收机能够提供非常好的频率长期稳定度和准确度，恰好能够补偿铷原子频标的频率漂移和频率准确度差的缺点。如果通过一个外部的频率反馈环路将铷原子频标锁定在接收机输出的秒脉冲上，通过恰当的环路控制参数，使其既保持铷原子频标的良好短期稳定度，又具有卫星接收机输出的秒脉冲的长期稳定度和频率准确度，这就是驯服铷原子频标。



小型铷原子频标的优化

在驯服铷原子频标系统中，铷原子频标的温度系数和中长期稳定度决定了系统的稳定性和时间保持的能力。铷原子频标的温度系数和中长期稳定度受很多因素的影响，例如抽运光谱线的线宽，吸收泡的

温度，静磁场的大小和微波场的波动等。为提高驯服铷原子频标的稳定性和时间保持能力，必须研究减小铷原子频标的温度系数和频率漂移系数的方法。一方面需要减小这些因素的波动幅度，另一方面还必须选择适当的参数和工作状态来削弱这些因素对频率的中长期稳定度的影响。而本章参数优化的主要任务是在给定电路的条件下，通过选择适当的物理参数，减小光频移、减小线宽、提高信噪比、减小微波功率频移，降低温度系数，使得整机频率输出具有最佳长期稳定度。

原子频标的指标和表征

原子频标性能的可用准确度、稳定度及复现性来表征。

频率准确度

频率准确度是表征频标输出信号频率与其标称频率的偏离程度的一个量，而所谓标称频率是以国际上规定的原子基态零场超精细跃迁频率为标准所给出的频率。对于一级频标，其频率准确度是一项最重要的指标。对于二级频标，一般只是在它们被外部参考驯服较长一段时间后给出频率准确度的指标。

频率稳定度

频率稳定度是表征频标的输出频率随时间随机波动的一个量。它通过在给定时间间隔 τ 内测得的频率变化来表示。和引起频率长期漂移的系统影响不同，频率稳定度表征的频率随时间的波动，主要由频标内部的噪声所致，是一种随机变量，可在频域中用瞬时相对频偏的谱密度表示和在时域中用方差或方差表示。

频率的复现性

频率复现性反映同类频标或同一台频标多次开机时输出频率 的一致性，通小型铷原子频标的时间应用研究常以多次开机相对频差值的标准方差或最大频差值来表征，其优劣和量子鉴频系 统工作机理、实际结构、制作工艺关系密切 。

GPS 驯服铷原子内置 GPS 接收机，可通过天线接收 GPS 时间信号，使铷振荡器输出频率和 GPS 卫星铯原子钟信号进行同步，通过内部铷钟和 GPS 时间频率信号进行同步，提高了频率信号的长期稳定性和准确度，同时也能够提供和铯钟为同一个量级的高精度时间频率标准，省下不少的人力财力、物力，这款驯服铷钟是通信广电、科研等部门替代铯钟的高性价比标准频率源产品。

结束语

卫星驯服铷原子频标的本质是将其的长期稳定性和频率准确传递给铷原子频标。目前卫星驯服铷原子频标更多的应用是在时间领域，求在一定的范围工作的台驯服铷原子频标输出时间信息统一，也就是要求相互间的时间同步精度高。同时，因为系不稳定性，有可能发生突然的信号恶化甚至不可用的情况。此时，求驯服铷原子频标的频率准确度很高，并且能够在相当长的时间段内持时间的准确度不恶化太多，才能满足应用系统的守时要求。基于此，提出一种面向时间应用的驯服铷原子频标的方法，最大限度的保证不同地的驯服铷原子频标的时间同步，在此基础上再寻求频率的准确度指标。