

1 300亿年差1秒 宇宙级精度如何测出来

“300亿年只差1秒”，听起来很抽象，但如果用宇宙与生活的尺度对比，就能直观感受它的震撼。

目前公认宇宙诞生于约138亿年前的大爆炸。如果这台光钟在宇宙大爆炸那一刻就开始运转，一路见证星系形成、地球诞生、生命演化，直到今天，它的总误差还不到半秒，比人类眨一下眼睛的瞬间（约0.3秒）还要短暂。

放到地球时间轴上看：6600万年前恐龙灭绝，到如今的现代社会，这台光钟几乎不会出现任何偏差；从5000多年前古埃及文明、华夏文明萌芽，到今天的数字时代，它的偏差不到0.1秒，足以精准记录每一段历史。

和日常时钟相比，它的优势更是碾压级：手机石英钟每年误差几秒；北斗导航、卫星通信常用的铯原子钟，精度约3亿年差1秒，已是工业时代巅峰；而中国这台铯原子光晶格钟，精度再提升一个量级。

很多人会问：没人能活300亿年，科学家怎么确定它这么准？其实原理很简单：判断一块手表准不准，不用戴几十年，测出一天的快慢，就能推算长期误差。

科研团队精确测量了两个核心指标：一是稳定度，团队测得光钟稳定度优于 2.9×10^{-19} ，意味着每一秒的波动都微乎其微；二是不确定度，系统总不确定度控制在 9.2×10^{-19} ，这意味着累计偏差满1秒，差不多需要300亿年。

为确保绝对可靠，团队还搭建了两台完全独立的光钟互相对比，连续运行5个多小时，偏差依然微小到可忽略，充分证明了精度的长期稳定性。

2 人类计时从“原子级” 迈入“光量子级”

人类丈量时间的历史，就是一部科技文明的进化史。

远古时期，人类只能依靠太阳的东升西落感知时间。随后，日晷、水钟、沙漏相继出现，将计时精度提升到分钟级，但精度严重依赖天气与环境条件。

14世纪，机械钟的诞生是人类计时史上的重要转折。凭借齿轮与摆锤的精准运转，人类首次真正触摸到了“秒”的概念。

进入20世纪，石英钟全面普及。利用石英晶体的高频振动进行计时，误差缩小至每年几秒，成为现代生活不可或缺的计时标准。

真正的革命性飞跃发生在20世纪中期。科学家发现，原子内部电子的振动频率极端稳定，堪称自然界最可靠的“天然节拍器”。1967年，国际计量大会正式决议，以铯原子的特定振动次数定义“一秒”，这一标准沿用至今，人类计时正式进入“原子级”时代。

然而，随着科技飞速发展，传统原子钟的技术天花板已然显现。自动驾驶需要厘米级定位，深空探测要求极致的时间同步，6G通信则需要纳秒级的精准协同。基于微波的传统原子钟，性能已难以满足这些前沿需求。

为此，科学家将目光投向频率更高的光。光的频率比微波高出近5万倍，这意味着它能将1秒切分成更为精细的刻度。铯原子光晶格钟的成功，让人类计时精度实现指数级飞跃，从“原子级”迈入“光量子级”新时代。

300亿年只差1秒！ 中国造出世界最准时钟 重新定义人类时间

时间，看不见、摸不着，却支撑着我们生活的方方面面。近日，中国科学技术大学潘建伟团队传来重磅成果：我国自主研发的铯原子光晶格钟，成功实现300亿年误差不过1秒，成为全球最准的时钟之一。

主笔：于梅君



光钟概念示意图 (AI生成)

3 把原子“冻住关牢”，中国光钟的硬核秘密

光钟要做到宇宙级的极致精准，仅靠光波作为“节拍器”远远不够。最核心的关键，是让作为计时主体的铯原子，始终保持最稳定、最可控的物理状态。

常温下的原子运动速度极快，每秒可达数百米。实现极致精准计时的第一道难关，就是让原子彻底“安静”下来。中国科学家攻克的核心技术，正是激光冷却。

团队选用铯87原子作为计时核心，它的光频振动频率高达429万亿赫兹，为超高精度计时奠定了先天优势。

科研人员利用多束激光，从不同方向同时照射原子，借助“光压”抵消原子的高速运动，逐步带走热量，最终将原子温度降至接近零下273.15摄氏度的绝对零度。

在这一极低温环境下，原子热运动几乎

完全停止，从“疯狂乱窜”变为“近乎静止”。

仅实现冷却还不够，自由飘散的原子无法维持稳定振动。于是，科学家利用多束激光交叉构筑三维光晶格。这如同一个精密的原子“鸡蛋托盘”，每个网格仅囚禁一个铯原子。在激光的紧密束缚下，原子被牢牢固定在晶格之中，有效隔绝了温度、振动、磁场等外界干扰，始终维持高度稳定的振动。

完成冷却与囚禁后，团队还对黑体辐射、原子间碰撞、外部磁场干扰等所有潜在误差源进行了精密修正，将精度推向极致。

而中国光钟最具突破性的原创成果，在于彻底攻克了全球学界长期面临的“死时间”难题。这正是它能够实现“300亿年误差仅1秒”的核心底牌，标志着我国在超高精度计时领域，实现了“中国芯”的自主可控。

4 超级精准时钟，和普通人有什么关系？

很多人觉得，日常看时间准到秒就足够了，光钟与普通人的生活关系不大。事实恰恰相反，极致精准的时间，是现代社会的“底层生命线”。

比如，自动驾驶车道线识别误差需控制在厘米级，航天器太空对接要求分毫不差。若将光钟应用于北斗地面时间基准系统，未来可将定位精度提升至毫米级，让前沿技术从“可行”变“可靠”。

此外，光钟还是探索宇宙与地球的“超级探针”。可能有人问：光钟明明是测时间的，怎么还能勘探地球、探测宇宙呢？

根据爱因斯坦的相对论，地球其实是个“巨大的引力锅”。引力越大的地方，比如深海或地下，时间过得越慢；引力越弱的地方，比如高山，时间就过得稍微快一点。这个差别非常微小，普通钟表察觉不到，但这台光

钟精度能捕捉到“亿分之一秒”的差别。

通过测量不同海拔时间流速的细微差别，光钟能反推出那里的重力强弱，从而画出一张厘米级精度的地球重力地形图。

地震、火山喷发前，地壳会挤压变形，重力场会悄然变样。光钟能提前捕捉到这种“时间变慢”的蛛丝马迹，发出预警信号。

当宇宙中的引力波经过地球时，会像水波一样扭曲时空。光钟作为全球最灵敏的“时空尺子”，能敏锐记录这种微小抖动，帮助人类探索宇宙的终极奥秘。

虽然光钟不会直接出现在家里的钟表上，但它支撑的所有技术——导航、通信、航空航天、地震预警——都是现代生活的必需品。光钟让人类第一次能以“秒”的精度，看清地球内部纹理与宇宙时空结构，也让社会运行更安全、更精准。

5 中国光钟拿下 时间标准话语权

2022年，第27届国际计量大会决议：2030年，人类将用光钟取代传统铯原子钟，重新定义“一秒”。这是近60年来人类时间单位最重大的变革，标志着全球计量体系的根本性升级。

这场变革门槛十分高，国际标准要求光钟不确定度优于 2×10^{-18} ，而中国铯原子光晶格钟不确定度达 9.2×10^{-19} ，已达到世界顶尖水平。

这意味着，在未来全球“一秒”的定义规则制定中，中国不再只是规则的“跟随者”，而是“制定者”。将带动激光、量子传感、精密制造、卫星导航等千亿级产业全面升级，为人类探索时间与宇宙奥秘，写下崭新的中国答案。

知多一点

所谓“死时间”，是光钟研制中最难攻克的世界级难题，也是限制精度提升的核心瓶颈。

光钟的计时核心是原子振动频率，但原子在常温下处于“疯跑”状态，无法直接精准计时。

因此，正式测量前，光钟必须完成一整套复杂流程：先用激光冷却给原子降温，再用光晶格捕捉固定，最后调整原子到达最佳能量状态。

在这段准备时间里，光钟暂时无法测量，相当于“停摆”。这段不能计时、等待原子就绪的空白期，就是死时间。

死时间危害极大：一是破坏计时连续性，时钟“走走停停”，长期稳定性下降；二是引入误差，准备阶段的激光噪声、电磁干扰、温度波动等会混入原子信号，导致频率飘移，越走越不准；三是限制精度上限，死时间越长，对精度的破坏越大。

中国科大团队首创双原子交替工作系统，解决了这一难题：设计两套完全独立的光晶格系统，像接力赛选手一样轮流工作，无缝接力：第一组原子冷却准备时，第二组原子稳定计时；第二组原子准备更换时，第一组原子已就绪，立刻衔接测量。

通过“你准备我计时，我准备你接力”的模式，从根本上消除死时间带来的中断误差和干扰，让光钟稳定性和精度达到前所未有的高度。

你知道什么是「死时间」吗

地球越转越快，我们真的会“少掉一秒”吗？

AI
越问



百科小灵通
DeepSeek

网友问：近年来科学家监测发现，地球自转正在悄悄变快，一天的时长已经比标准时间短了一点点。地球为什么会变快？未来我们会不会经历“一分钟只有59秒”？

DeepSeek答：地球自转从来都不是绝对匀速的，它会受到地核运动、潮汐摩擦、冰川融化等多种因素影响，转速出现微小波动。

近十几年来，地球自转速度明显加快，一天的时间比标准24小时短了约1.5毫秒（0.0015秒）。人类虽然感觉不到，但在卫星、通信等精密仪器面前，这个偏差已经十分明显。

过去，因为地球自转偏慢，世界曾多次增加“闰秒”，让时钟临时多跳一秒，以跟上地球的节奏。而现在地球变快，未来就可能出

现“负闰秒”，让某一分钟直接变成59秒。

别看只是一秒的差别，它会对卫星导航、网络通信、金融交易等高精度系统产生明显影响。

正是因为地球自转的天然不稳定性，人类才迫切需要更稳定、更可靠的时间基准。

这也是为什么像中国铯原子光钟这样的超高精度计时

器，会成为未来全球时间体系的核心支撑。

光钟不受地球运动影响，能提供几十亿年都几乎不变的精准时间，让整个世界的计时更加稳定、统一、安全。

未来即便取消闰秒、全面进入原子时时代，我们也依然要依靠光钟这类“宇宙级时钟”，守护人类文明最精准的时间尺度。