

时间频率：5G 叠加自主可控， 被忽视的高精尖领域

时间频率体系，用于保证全球时间统一。整个时间服务体系，通过测时、守时、授时、用时四个步骤，最终实现全球的时间统一。而唯有时间的统一，才能保证社会生活各行各业正常运转。其主要产品形态包括两类：**1) 频率类产品**，为时间的载体，主要包括原子钟、晶振、频率组件及设备，产生稳定的频率信号；**2) 时间同步类产品**，即时间同步算法在硬件的实现，为时频行业的主要应用，一般形态为授时板卡、时间服务器，以稳定的信号为基准信号，对输入的信号进行校准。

授时体系事关国家安全，是国家经济命脉、国家安全，处于战略核心位置。1) 授时应用领域广泛，包括军用、通信、电力、金融等。美国国土安全部提供的资料，第 21 号总统政策指令中所确定的 16 个关键行业里，有 11 个依赖于精确授时。2) **美军提出授时战概念，凸显时频行业的重要性。**2017 年，美国空军战略与技术中心研究人员提出授时战概念，指出授时要像定位、导航那样重视。3) **授时体系对于国家经济命脉、国家安全至关重要。**一旦授时系统受到攻击，如国防系统、通信系统、电力系统等，产业、生活的方方面面，都将面临瘫痪无法正常工作的危险。

军工信息化建设持续推进，拉动对时频行业的稳定增长需求。1) **高精准时频技术是信息化作战的基石。**所有信息化武器装备系统都必须有高精度的频率源作支撑，时间应用主要体现在信息化作战装备、主站武器平台、大型信息系统等方面，时间精度的需求从秒级到纳秒级不等。2) **国内军工信息化建设为大方向。**美军经历从机械化向信息化发展的变革，2010 年美军信息化程度达到 80%-90%，国内目前信息化装备水平低，总体信息化程度不足 10%，差距巨大。根据我国国防和军队现代化建设“三步走”战略，到 2020 年要基本实现机械化，信息化建设取得重大进展，到 2050 年实现国防和军队现代化，因此未来想当长一段时间，军工信息化建设为军费投入的重点。根据中国产业网数据，假设未来 20 年军费保持 7% 的增速，装备费用占比为 32%，20 年后信息技术含量水平累计增长达到 50%，预计未来 10 年军用信息化市场需求保持 15%-20% 的复合增速。而军用信息化市场的增长，将直接带来时频市场的稳定增长。

通信

维持

增持

武超则

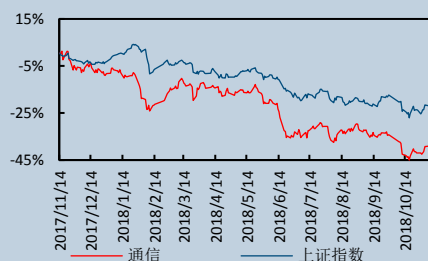
wuchaoze@csc.com.cn

010-85156318

执业证书编号：S1440513090003

发布日期：2018 年 11 月 14 日

市场表现



相关研究报告

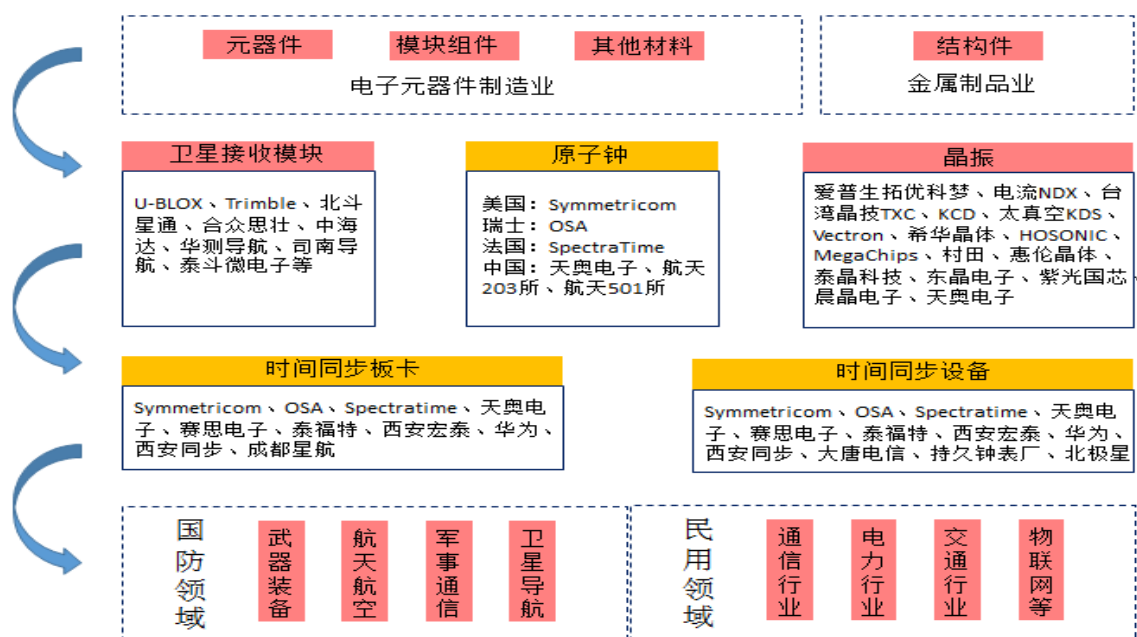
5G 拉动时间产品需求增长。1) 在通信领域，时间同步产品包括：时间服务器、时间同步板卡。时间服务器可以理解为有线侧中的时间同步，主要放置于一级时钟节点（全网中心及各省中心）、二级时钟节点（省内重要通信局）以及楼内通信设备比较多的通信局，需要使用通信楼综合定时供给系统同步钟；而时间同步板卡主要用于基站侧，接受卫星授时或者有线侧时间服务器的授时，保证基站之间及基站和有线侧的时间同步。2) 5G 建设提速，新增宏基站预计有数百万，小基站有上千万，而这些基站彼此之间，及基站与整个有线侧网络必须事先时间同步，叠加通信领域存量市场的国产化替代。我们预计，通信领域，存量市场大约有 22.5 亿元，5 年更新换代期，主要是国产化替代；5G 拉动增量市场预计有 137.5 亿元。

高精尖技术持续突破，国产化替代加速。1) 中高端产品对国外依赖强，国产化替代必要性强。主要是原子钟、高稳晶振、时钟芯片。原子钟中，铷原子钟、氢原子钟可实现国产化，但铷钟、铯钟目前还是依赖于国外，最具产业化前景的 CPT 原子钟，目前也只有国外一家厂商能够实现批量生产，国内天奥电子正在突破；高稳晶振国外依赖性强，2016 年全球晶振市场，国内企业占比只有 6% 左右；时钟芯片，主要包括锁相环、混频器之类，基本上全都依赖于海外。时频为国家经济命脉，非常核心，国产化替代必要性强。2) 技术持续突破，国产化替代加速。原子钟领域，铯钟、CPT 原子钟国内都已研发出样机，批量化生产在即；高稳晶振、时钟芯片则突破难度较大，预计还需要一段时间，但高稳晶振在特定的军用领域，国产化做的还是不错；时钟服务器则基本可以实现国产化替代，通信、电力等领域每年新增的设备基本都是国产。

产业链分析——原子钟行业集中度高，时钟服务器厂家发展同质化

整个时频行业相对较小，产业链环节也相对较少。上游电子元器件行业竞争充分，下游应用领域较广，这里我们主要分析中间时频部分。时频部分可具体拆分成：频率类产品，主要包括原子钟、晶振（偏上游），时间同步类产品（偏下游），卫星接收模块。结合整个产业现状，卫星接收模块主要下游还是各种各样的导航场景，晶振下游更是广泛的各类消费电子、汽车等，时间同步领域只是其细分应用领域之一，做卫星接收模块、晶振的厂商也不独为了时间同步，从时间同步这个领域研究晶振、卫星接收模块意义不大。这里针对时间领域，我们主要研究原子钟、时间同步产品这两个子领域。1) 原子钟技术门槛高，集中度也高。目前原子钟主流的生产厂家，国际上主要是：Symmetricom, SpectraTime, Oscilloquartz SA，国内则主要是天奥电子，此外航天 203 所、航天 501 所国内原子钟研发方面走在前列。整体来看，由于原子钟技术门槛较高，因此集中度也高，全球能做的企业不多。2) 时间同步设备门槛低，发展同质化。时间同步设备，本质上就是做系统集成，通常是将原子钟、或高稳晶振、或者卫星导航模块，以及 MCU、FPGA、以及时间同步芯片集成到一起。技术门槛相对较低、发展同质化比较严重。除了传统原子钟厂商如也 Symmetricom、SpectraTime、OSA、天奥电子覆盖此项业务外，就国内而言，能够做时钟同步设备的，大约有几十家企业，大多数收入在 1000-5000 万之间。通信领域的厂商主要包括华为、赛思电子、大唐移动。

图：时频行业产业链示意图



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

投资建议——看好技术领先、产品系列完备类企业

整个时频行业，在国产化替代大趋势下，我们主要看好技术领先、产品完备类企业。从海外几家公司普遍发展历程来看，Symmetricom，SpectraTime，Oscilloquartz SA，产品都是涵盖从原子钟到时钟同步设备，包括频率类、时间同步类产品的企业。主要原因是行业市场相对较小，企业主要是通过相关产品类别、应用领域的持续性外延及增长，最终实现持续性成长。重点推荐：天奥电子、赛思时钟。

天奥电子：公司为国内时间频率行业唯一上市公司。1）拥有完整的频率系列产品，产品涵盖器件、部件、模块、设备乃至系统。频率类产品频率覆盖范围 5MHz-18GHz，时间同步精度则是到毫秒到纳秒量级。当前以军用为主，包括机载、车载、地面、船载等场景，民用也在积极拓展，是华为原子钟产品的重要供应商，目前也在跟华为谈 5G 方面的合作。2）技术积累及渠道资源积淀方面，护城河足够高。国内具备绝对领先优势，技术门槛足够高，比如原子钟方面公司也是有近 10 年的技术积累，是国内唯一可量产原子钟的厂家，国内几乎不具备能对它直接构成威胁的厂商，军用领域也是深耕多年，技术及渠道资源积累深厚，护城河足够高。在行业持续增长及国产化大趋势，天奥优势明显。3）当前主要产品产能利用率维持在高位，产业化项目建设在即，进一步扩张产能、产品类别，支撑业务增长。2015-2017 年，公司原子钟产能利用率在 90%左右、时频板卡及模块产能利用率在 95%-107%，时间同步设备产能利用率在 75%-97%。产能利用率维持在相对高位。一方面公司要扩张产能，另一方面如 CPT 原子钟、铯钟等产品也完成技术突破，要进行批量化生产，公司向社会公开发行 2667 万股，扣除发行费用，拟募集 5.23 亿元资金，用于投资产业化项目。主要包括原子钟产业化项目、时间同步产业化项目、北斗卫星应用产业化项目，技术研发中心项目，项目建设期 18 个月。前三个项目可分别为公司带来营收为：3.1 亿、7.0 亿、4.8 亿，带来净利润分别为：0.50 亿、0.66 亿、0.61 亿。

公司为国内时间频率行业唯一上市公司，5G+自主可控+高精尖技术，具备稀缺性。2018-2020 年，军改落地后行业恢复性增长驱动公司经营好转；2020 年，5G 建设进入高峰期，公司作为华为原子钟、Branch 合路器

等高端产品的供应商，相关业务直接迎来高增长；同时新增产能落地投产，新产品及产能持续扩张驱动业务增长（当前主要产品产能利用率在 90%左右的高位），尤其 CPT 原子钟量产在单兵装备领域的国产化替代，公司整体收入利润增长将呈加速态势，预计公司 18-21 年归母净利润为 0.99 亿、1.13 亿、1.46 亿、1.95 亿元，当前时点重点推荐。

赛思电子（一级）：专业的时间同步解决方案提供商。公司产品主要是时钟服务器、时频板卡，当前正在研发时间时钟芯片。公司主要的投资看点：**1）具有行业颠覆性的时间同步 SOC 芯片解决方案。**目前用在基站里的时间同步均是板卡，板卡上包括 MCU、FPGA、频率源、时钟芯片。公司将整个时钟同步板卡的性能设计到一款 SOC 芯片上，具备行业颠覆性，可实现高精度、高集成度，同时可以降低成本。**2）时钟芯片国产化。**目前基站上时间同步板卡上的时钟芯片几乎都是国外的，公司研发这款芯片，有望实现国产化替代；**3）技术研发、营销能力强。**公司核心团队人员来自一线厂商，技术研发能力及营销能力强。在时钟服务器领域，国内目前厂商较多，相对同质化，公司有望进一步扩大市场份额。

风险提示

5G 建设进度不达预期；军工信息化推进不达预期。

目 录

一、时间频率——被忽视的全球生活生产活动的核心命脉.....	7
1.1 全球的时间是如何实现统一的？	7
1.2 时频行业的主要产品：频率为时间载体，时间同步产为核心的应用	8
1.2.1 频率类产品——时间的硬件载体.....	9
1.2.1 授时类产品——时间同步的核心应用.....	11
1.3 时频为国家安全/经济命脉——战略位置核心，应用场景广泛.....	12
二、美军提出授时战概念凸显重要性，军工信息化持续推进推动时频产品需求持续增长.....	13
2.1 美国空军提出“授时战”，凸显高精度时频技术是信息化作战的基石	14
2.2 军工信息化建设的持续推进，拉动军用时频产品需求稳定增长.....	15
三、短期 5G 建设驱动市场增长，长期 5G 后周期创新应用兴起拉动时频产品需求	16
3.1 通信 5G 建设，拉动时间同步产品需求.....	17
3.2 5G 后周期创新应用兴驱动时频产品需求增加.....	18
四、高精尖技术持续突破，国产化替代加速	19
4.1 中高端产品，对国外厂商依赖强	19
4.2 技术持续突破，国产化替代加速	21
五、投资建议分析——小却美的高精尖行业，看好技术领先，产品系列完备的企业.....	23
5.1 产业链环节分析——原子钟厂商集中度高，时间同步类厂商发展同质化.....	23
5.1.1 原子钟技术门槛高，集中度也高	24
5.1.2 时间同步设备门槛低，发展同质化	25
5.2 投资建议——看好技术领先、产品系列完备类企业.....	25
5.2.1 天奥电子——国内时频行业唯一上市公司，国内绝对龙头.....	25
5.2.2 赛思电子（一级）——专业的时间同步解决方案提供商.....	27

图表目录

图 1：时频行业主要产品	9
图 2：原子钟示意图	10
图 3：晶体振荡器产品分类	11
图 4：时间同步板卡	12
图 5：时间服务器	12
图 6：授时技术用于军用示意图	14
图 7：美国军工信息化发展历程	16
图 8：美国军工信息化市场空间预测（亿元）	16
图 9：授时设备用于通信系统中的示意图	17
图 10：时钟同步用于电力自动化系统	18
图 11：2016 年石英晶体全球元器件市场份额.....	20

图 12: 晶体器件全球主要厂商营收（百万美元）	23
图 13: 晶体器件全球市场份额占比	23
图 14: 时频行业产业链示意图	24
图 15: 天奥电子营收变化（亿元）	26
图 16: 天奥电子归母净利润变化（亿元）	26

表 1: 时间体系介绍	8
表 2: 原子钟主要介绍	10
表 3: 按行业划分的民用授时需求	12
表 4: DARPA 推出的精准授时相关项目	14
表 5: 通讯时钟芯片主要厂商	20
表 6: 国家时间频率体系	22
表 7: 天奥电子募投项目产业化情况	26

一、时间频率——被忽视的全球生活生产活动的核心命脉

1.1 全球的时间是如何实现统一的？

“时间”是表征物质运动的最基本物理量，而“频率”是单位时间内周期性运动的次数，是与“时间”密切相关的一个基本量。时间和频率的物理定义互为倒数，概念上密不可分。对于时间而言，全球所有时间的统一很重要，这是一个巨大的体系，体系主要分为：测时（基础时间系统的规范）、守时、授时、用时。前两者共同构成时间基准，也可以看作日程生活中所用时间的源头。

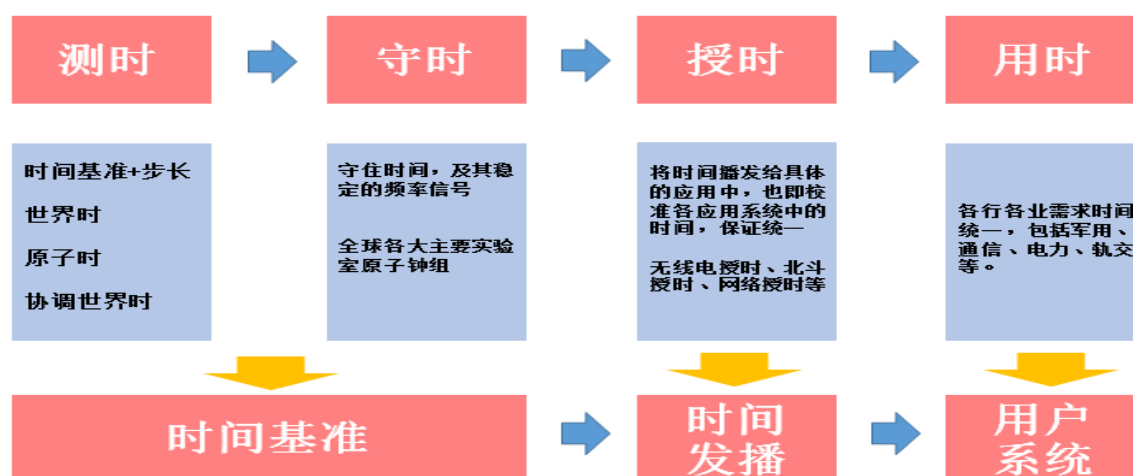
测时，可以简单理解为最基础的时间系统的定义，是一套时间系统最基本的定义与规范。时间系统有两个要素构成：时间基准和时间步长，时间基准是衡量时间流逝的起点，时间步长是衡量时间变化的单位，时间基准理论上可以任意选取，时间步长则应该精确又均匀，这样我们知道步长数量就可以准确的推算时间流逝的长短。目前主要的几种时间系统包括：世界时、原子时、协调世界时（UTC）、力学时等，目前全球最主流的时间系统是协调世界时（UTC）。具体见表 1。

守时，就是把时间保存起来。在实际使用中需要经常不断地知道准确的时刻。把时间保存起来，就能保证在随时用得着的时候就会知道准确的时刻。一般是通过原子钟组来保持、优化、计算、比对，获得很高稳定性时间，这就是守时。守时工作的好坏与原子钟资源、守时算法、比对技术密切相关。

授时，指通过各种方式发播标准时间信号，即将守时的时间基准发播出去，校准各种应用中的时间，保证时间同步。从主流技术上，授时主要分为以下几大类：无线电授时（长波、短波、低频时码授时）、卫星授时、网络授时、电话授时、其他授时方式等。目前主流的是卫星导航授时。具体介绍如表 1。从产业角度来讲，整个时频行业生产厂商的产品主要集中在授时环节。

用时，主要指时间广泛的应用于各行业，下面文会详细介绍其应用。

图 1：时间体系示意图



资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

表 1：时间体系介绍

测时	➤ 世界时：世界时是以地球自转运动为标准的时间计量系统。地球自转的角度可用地方子午线相对于地球上的基本参考点的运动来度量。为了测量地球自转，人们在天球上选取了两个基本参考点：春分点和平太阳。 ➤ 原子时：以物质的原子内部发射的电磁振荡频率为基准的时间计量系统。 ➤ 协调世界时：原子时与地球自转没有直接联系，由于地球自转速度长期变慢的趋势，原子时与世界时的差异将逐渐变大，为了保证时间与季节的协调一致，便于日常使用，建立了以原子时秒长为计量单位、在时刻上与“平均太阳时”之差小于 0.9 秒的时间系统，称为世界协调时（UTC）
守时	➤ 主要是实验室有原子钟组进行授时，国际上一些主要的守时实验室包括：USNO（美）、NAO（日）、NIST（美）、NRL（美、NIM APL（美）、NTSC SU（俄）、BIRM（203 所）、PTB（德）、SCL（香港标准与校准实验室）、NICT（日）、HKO（香港天文台）、NMIJ（日）、TL（台湾电信实验室）
授时	➤ 长波授时系统的信号通过地波和天波传播。地波传播是通过大地传导无线电信号，信号稳定，授时性能可靠；天波传播是靠电离层反射，由于夜晚电离层高度高于白天，因此天波传播路径有昼夜区别，授时性能较差。一个长波授时台信号的覆盖范围地波约 1000 千米，天波≤1500 千米。我国的长波授时系统覆盖范围为我国内陆及近海海域，定时精度为微秒量级。长波指频率为 30KHz~300KHz，波长为 1 千米~10 千米范围内的电磁波。 ➤ 短波授时信号传播方式有 2 种：地波传输和天波传输。在距离授时台 100 千米的范围内，使用地波传输时间信号；依靠电离层对短波的多次反射实现的天波传播，可将信号传播到很远的地方。因此，短波授时信号覆盖半径约 3000 千米，用 4 个频率交替发播结合可覆盖全国疆域，授时精度为 1~3 毫秒。短波指频率为 3MHz~30MHz，波长为 10~100 米范围内的电磁波。 ➤ 低频时码授时属于一种特殊的长波授时，它适用于区域性的标准时间频率传输，其传播的稳定度、覆盖范围的广泛性，使其在各个领域都发挥了重要的作用。低频时码授时的特点是利用微电子技术，使用户设备可以做得非常简单且价廉，具有十分广阔的产业化前景。 ➤ 卫星授时，一般 GPS、北斗等导航系统内部原子钟会产生的稳定的频率信号，地面设备装上天线后就可以接受这种稳定的信号，作为基准信号，去校准时间。卫星授时具有授时精度高、覆盖地域范围广、使用方便等优点。由于 GPS 发展较早，GPS 授时是目前使用最为广泛的授时手段，随着我国北斗卫星导航系统的不断建设完善，北斗授时将在我国国防及国民经济重要领域逐步兼容替代 GPS 授时。 ➤ 网络授时。一般网络中指定若干稳定的时间服务器，这些时间服务器内部也会内置原子钟或者高温晶振，以有线的方式为外部网络时间同步提供基准信号。网络同步主要有 NTP、PTP 两种方式。PTP 相对于 NTP，时间同步精度可达亚微秒量级。作为一种新的授时手段，PTP 提供了高精度、低成本的分布式时钟同步方法，是时间同步网络化发展方向。 ➤ 电话授时，采用用户询问方式向用户提供标准时间信号

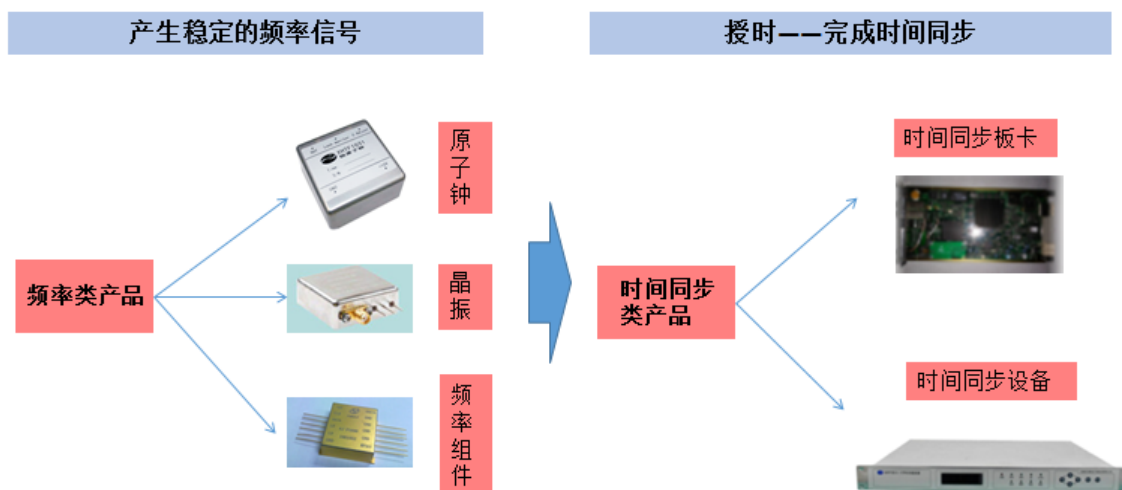
资料来源：公开资料搜集，中信建投证券研究发展部

1.2 时频行业的主要产品：频率为时间载体，时间同步产为核心的应用

从产品形态上，我们将时间频率产品主要分为两大类：频率系列产品、时间同步产品。两者的区别，简言

之，频率系列产品产生具有稳定频率的信号，某种程度上也可以看作是频率源，一般可以看作基准信号；而时间同步产品，则是时间同步算法以电路的形式实现，根据基准信号，去校准时间。比如说，时间同步板卡，两路输入信号，一路基准信号，一路是要被校准的时间信号，输出则是被校准后的信号，其误差与基准信号控制在一定范围内。

图 2：时频行业主要产品



资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

1.2.1 频率类产品——时间的硬件载体

频率产品主要分为三类：**原子钟、晶振、频率组件设备**。原子钟、晶振是最原始的能够产生稳定频率信号的装置或者产品，而频率组件设备则是依托于前者，在兼顾成本及性能的条件下，通过一些分频、混频等算法及电路的实现，得到符合具体应用场景的稳定的频率信号。

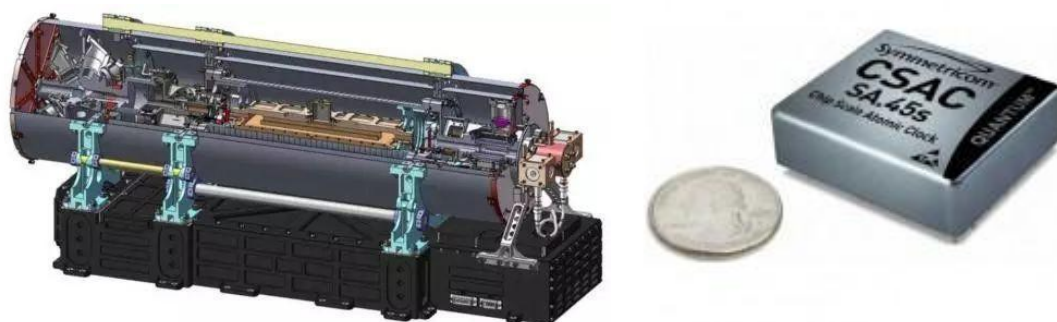
原子钟，是一种利用原子、分子能级差为基准信号来校准晶体振荡器或激光器频率，以使其输出标准频率信号的一种装置。它的**工作原理**是：利用原子吸收或释放能量时发出的电磁波来计时的。由于这种电磁波非常稳定，再加上利用一系列精密的仪器进行控制，原子钟的计时就可以非常准确了，可以达到千万年仅差一秒或者更好的水平。目前常用的原子钟可分为铷原子钟、铯原子钟、氢原子钟、CPT 原子钟这四类。

根据原子钟里的元素主要分为**氢原子钟、铷原子钟、铯原子钟**。铷钟精度可以达到 $1e-10$ ，目前是工程化应用最广泛的原子钟；铯钟可以达到 $1e-12$ 量级，而氢原子钟精度误差可达到每天变化只有十亿分之一秒，一般主要是在实验室及卫星上用得比较多。根据原子钟装置技术，一般常用的原子钟包括：冷原子喷泉钟、原子光钟、CPT 原子钟（相干布居囚禁原子钟）等。其中**CPT 原子钟符合小型化趋势，是未来最具产业前景的原子钟**。美国 NIST 研制的 CPT 原子钟物理部分甚至比一粒米还要小，CPT 原子钟被认为可以集成到一个芯片上，也叫芯片级原子钟（CSCA, chip scale atomic clock），一般可以达到 $1e-10$ 量级以上的精度，具有很好的稳定性

表 2：原子钟主要介绍

名称	性能	具体介绍
氢原子钟	频率稳定度可达 10-15， 频率准确度较铯原子钟略 差:体积较大	氢钟主要应用于实验室原子时标系统，以及航天测控、卫星导航系统等领域。国际上批量生产的单位有 KVARZ 公司、Symmetricom 公司和 T4 Science 公司，我国上海天文台实现了国产化氢原子钟的小批量生产。
铯原子钟	频率准确度高 频率稳定度高，无频率漂 移	国际上已经实现产业化的有 Symmetricom 公司、OSA 公司等。我国工程用铯钟全部依赖进口，许多重要领域急需的铯钟只能采用微型驯服高性能铷钟的方式来代替，系统性能受到限制。我国近来加大了铯钟研究支持力度，北京大学、天美电子等单位于 2007 年开始进行光抽运铯钟研究工作，其中天美电子完成了激光抽运小型铯原子钟样机研制，将实现铯钟的工程化和产业化。
铷原子钟	体积小、重量轻、功耗低； 环境适应能力强； 应用广泛	国际上已经实现产业化生产的有 Symmetricom 公司、FEI 公司、SpectraTime 公司等。国内从事铷原子钟研究的主要有北京大学、武汉物数所、航天 203 所和天美电子等单位。其中，天美电子是我国主要的铷原子钟生产企业，拥有国际先进的原子钟生产关键技术及设备，推出了满足电信、航空、航天及国防应用的系列化铷钟，处于国际先进水平。
CPT 原子 钟	微型化、低功耗 精度与铷原子钟相同	CPT 原子钟是美国 DARPA 计划支持的十大技术之一，目标是实现十立方厘米、10mW 边耗的新品原子钟，并大规模应用。目前，国际上仅有美国的 Symmetricom 公司实现了产业化。我国从事芯片原子钟技术研究的有武汉物数所、天美电子、北京大学等单位，先后实现了小型 CPT 原子钟样机研制，为小型 CPT 原子钟的批量生产以及芯片原子钟的产业化奠定了基础。

资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

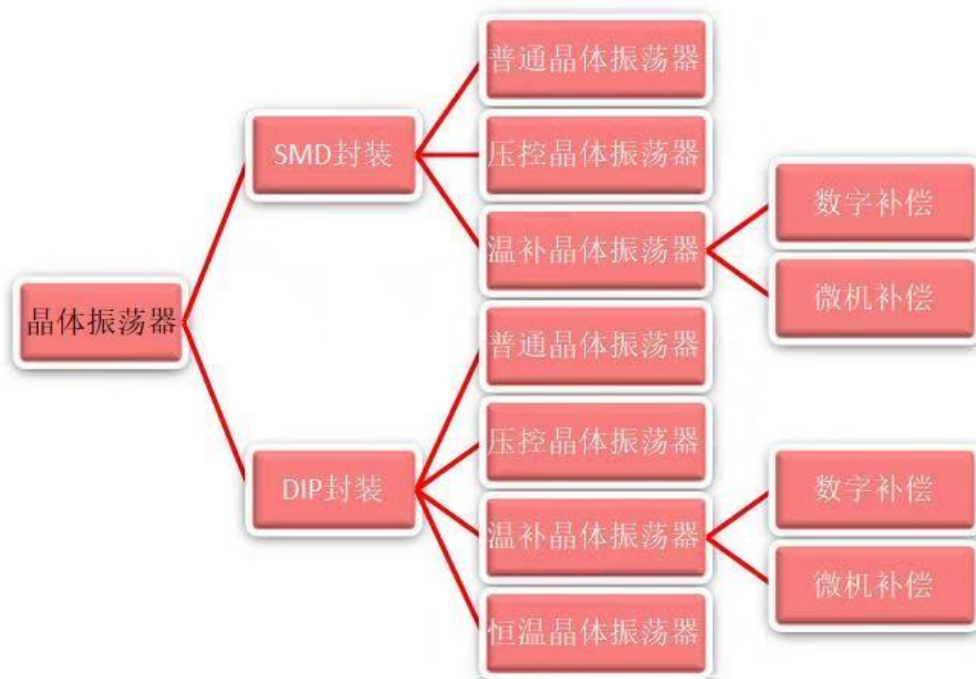
图 3：原子钟示意图


资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

晶振，是晶体振荡器简称，是一种能把电能和机械能相互转化的晶体在共振的状态下工作，可以提供稳定、精确的单频振荡。1）从结构上，通常是从一块石英晶体上按一定方位角切下薄片（简称为晶片），石英晶体谐振器，简称为石英晶体或晶体；而在封装内部添加 IC 组成振荡电路的晶体元件称为晶体振荡器。其产品一般用金属外壳封装，也有用玻璃壳、陶瓷或塑料封装的。2）晶振一般广泛应用于彩电、计算机、遥控器等各类振荡电路中，以及通信系统中用于频率发生器、为数据处理设备产生时钟信号和为特定系统提供基准信。3）从分类上看，可分为：非温度补偿式晶体振荡器、温度补偿晶体振荡器（TCXO）、电压控制晶体振荡器（VCXO）、恒温

控制式晶体振荡器（OCXO）和数字化/ μ p 补偿式晶体振荡器（DCXO/MCXO）等几种类型。

图 4：晶体振荡器产品分类



资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

频率组件及设备：一般指通过频率信号的合成、变换、滤波及放大，实现电子系统所需的各类频率信号。频率系列产品的精度、频段范围从低到高，覆盖面广，应用于通信、导航、雷达、侦察、测控等军民用电设备和系统。如锁相环、倍频器、混频器等都属于这类产品。

1.2.1 授时类产品——时间同步的核心应用

时间同步，就是以外部稳定信号为标准，经过某些操作，达到为分布式系统提供一个统一时间标度的过程。其工作原理，可以简单理解为：以稳定频率的信号为基准，如原子钟或高稳晶振，然后对统一系统内的其他时间进行定期的校准，保证统一系统内各地的时间保持在较小的误差。

为什么需要时间同步？在分布式系统中，由于物理上的分散性，系统无法为彼此间相互独立的模块提供一个统一的全局时钟，而由各个进程或模块各自维护它们的本地时钟。由于这些本地时钟的计时速率、运行环境存在不一致性，因此即使所有本地时钟在某一时刻都被校准，一段时间后，这些本地时钟也会出现不一致。为了这些本地时钟再次达到相同的时间值，必须进行时间同步操作。

从产品形态上，目前主要分为两种：**时间同步板卡及模块、时间同步设备。**1) **时间同步板卡及模块，**一般以标准时间频率信号为参考，产生、保持、分发系统或设备所需要的各种时间和频率信号，通常主要在通信基站、军用领域比较多；2) **时间同步设备，就是通常所说的时间服务器，**一般通过接收北斗/GPS/标准时间信息，产生、保持时间频率信号，并通过有线或无线方式进行接收或传递，为系统提供多种形式的的时间和频率信号。产品主要应用于通信、电力、交通、国防等军民领域。

图 5：时间同步板卡



图 6：时间服务器



资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

1.3 时频为国家安全/经济命脉——战略位置核心，应用场景广泛

时间频率产品应用场景及其广泛，据应用领域不同，授时服务可分为军用和民用用户两种。1）军用授时主要用于信息化作战装备、主站武器平台、大型信息系统等方面，对时间精度的需求范围从秒量级到纳秒量级。2）民用授时主要包括了通信（移动通信基站、承载网设备、个人用户位置服务）、电力系统（运行调度、故障定位、电力通信网络）、公路交通（道路导航、救援、车辆管理）、航海（航海导航、港口疏浚、航道搜救、航道测量）、测绘、防震救灾（地震观测、地震调查、地震救助、勘测、应急指挥）、公安（户籍管理、交通管理、警卫目标保障、缉毒禁毒、反恐维稳、巡逻布控、安全警卫、指挥调度）、林业（森林防火、森林调查）、广播电视、气象、信息业、激光测距、科研等，这些应用对时间精度的需求范围从秒量级、到纳秒量级，甚至到皮秒量级。

表 3：按行业划分的民用授时需求

行业	应用方向/应用领域	精度要求	覆盖需求
电力	运行调度	1ms	中国本土
	电力通信网络时钟同步信号	1μs	中国本土
	故障定位	0.5μs	中国本土
通信	移动通信基站	3μs	中国本土
	个人位置服务（定位手机、计算机等）	1μs	中国本土及周边
交通	公路运输（道路导航、道路救援、车辆管理、智能收费、危险品及货物跟踪管理等）	1s	全国
	航海（航海导航、轨道测量、港口疏浚、船舶进港、航道搜救等）	1s	中国本土及周边
测绘	需要与地球相关的世界时消息（UT1）	1ms~1μs	全国
科研	对时间频率都有要求，对各种精度都有要求	1s~1ps	全国

防 震	数字地震观测，地震前兆观测，地震现场调查、勘测	0.1μs~1ms	中国本土及周边
减灾	地震救助及地震应急指挥	1s	中国本土
	公共治安管理（110、119、122 指挥调度、巡警执法、巡逻布控、安全警卫、刑侦、户籍管理、大型活动预案管理、社区警务管理等公安内部业务）	1ms	中国本土及周边
公安	交通管理（道路交通安全预警、交通控制）交通管理效能分析评价）	1ms	中国本土及周边
	警用航空领域、警用海上应用、警卫目标保障、缉毒禁毒、反恐维稳、警用特种运输工具监控	1ms	中国本土及周边
林业	森林调查、森林防火、林业作业、飞播造林、病虫害、数字林业	1μs	中国本土

资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

授时处于国家战略位置高度，在日常生活、经济活动、科学试验、国防等领域中起命脉作用。据美国国土安全部提供的资料，第 21 号总统政策指令中所确定的 16 个关键行业里，有 11 个依赖于精确授时。依赖于精确授时的军事能力包括传感技术、传感器融合、数据链、安全通信、电子战、网络作战以及指挥和控制。在民用领域，使用精确授时的行业包括通信、移动电话、电力分配、金融和信息技术。

授时体系对于国家经济命脉、国家安全至关重要。一旦授时系统受到攻击，如国防系统、电力系统、通信系统等，产业、生活的方方面面，都将面临瘫痪无法正常工作的危险。如 2017 年 1 月 18 日，欧洲伽利略卫星导航系统在轨运行的 18 颗卫星上 9 台原子钟出现了故障并停止运行，甚至到了危及系统安全的地步。2017 年 6 月 28 日，印度 IRNSS 卫星导航系统 6 颗卫星上的 4 个原子钟出现了故障，面临了提供数据的困难。如 2010 年 1 月，我国采用 GPS 授时的通信基站，由于 GPS 升级，其授时功能受到影响，导致我国沿海多个省份的 CDMA 网络出现大量告警。

二、美军提出授时战概念凸显重要性，军工信息化持续推进推动时频产品需求持续增长

高精度时频技术是信息化作战的基石。所有信息化武器装备系统都必须有高精度的频率源作支撑，而时频的准确性和稳定度将会直接影响通信、技术侦察、电子对抗、敌我识别及联合作战系统的有效性。侦察预警到信息传输，从导航定位到精确打击，每一个环节都需要精准的时频强力支撑。时间应用主要体现在信息化作战装备、主站武器平台、大型信息系统等方面，时间精度的需求从秒级到纳秒级不等。如靶场测控，需要优于 100 ns 的授时精度；信息化装备一般需要 10~20 ns 的授时精度；军事指挥系统、以及大型信息系统的授时精度需求一般优于 100 ns。

具体来看，高精度时间频率技术在军事领域主要作用包括：1）对于作战单元而言，可以保证更精确的测距准确度和指导能力、更高的 GPS 制导武器的抗干扰能力、更短的响应时间；2）对于指挥中心而言，更好的四维坐标以定位作战网格，便于互联网战术指挥和决策，更快的时间发播和同步，提高分布式军事资源协调，使用最合理的资源完成打击任务。

图 7：授时技术用于军用示意图



资料来源：公开资料，中信建投证券研究发展部

2.1 美国空军提出“授时战”，凸显高精准时频技术是信息化作战的基石

美军提出“授时战”，凸显授时重要性。2017 年 5 月，美军《防务一号》网站提出“授时战”概念，提出要对授时信息像定位、导航一样重视。具体提出提升“授时战”能力措施如下：**1）找到新的识别美国授时系统遭遇威胁的综合途径**，美国授时系统遭遇的威胁不仅来自电子攻击，而且也来自其他的作战领域。同时意味着要创建防卫授时基础设施和网络作战，以设计、创造、维护和改进友好的授时资源和授时分配，重点关注精确授时的广泛使用。并且意味着要规划进攻性授时作战，使得美国的各个军种和所有军事功能都取得军事优势。**2）美国国防部应该提升授时的地位**，将授时从定位和导航中分解出来，并且将精确授时的工作摆脱政策、规划和条令的阴影。**3）美国军队必须选定一个机构来负责授时战方面的作战动**。如果选定联合导航作战中心的话，它就应该重新命名为联合授时作战中心来全面反映其 PNT 任务。同时，该中心也应该从美国战略司令部的联合太空业务下属司令部中分离出来，削弱其对于天基系统，例如用于 PNT 的 GPS 的侧重，交给美国战略司令部的参谋机构，以强调其授时战方面的作战。

美国高级研究计划局（DARPA）推出了精准授时的相关项目，主要包括：1）量子辅助传感与读取（QuASAR）项目；2）超快激光科学与工程（PULSE）项目；3）定位、导航与授时微技术（Micro-PNT）；4）对抗环境中的空间、时间和方位信息（STOIC）项目。

表 4：DARPA 推出的精准授时相关项目

QuASAR 项目	该项目目标是研发工作在低于或接近于标准量子极限下具有鲁棒性和可移植性的原子钟。目前，高精度原子钟只能在实验室固定环境下工作，QuASAR 研究人员已经在实验室环境下开发出了光学原子钟，其在 50 亿年内的误差小于 1 s。通过研发可移动的原子钟，提高 GPS 的精确度，开发新型雷达、激光雷达和测量系统等。
-----------	---

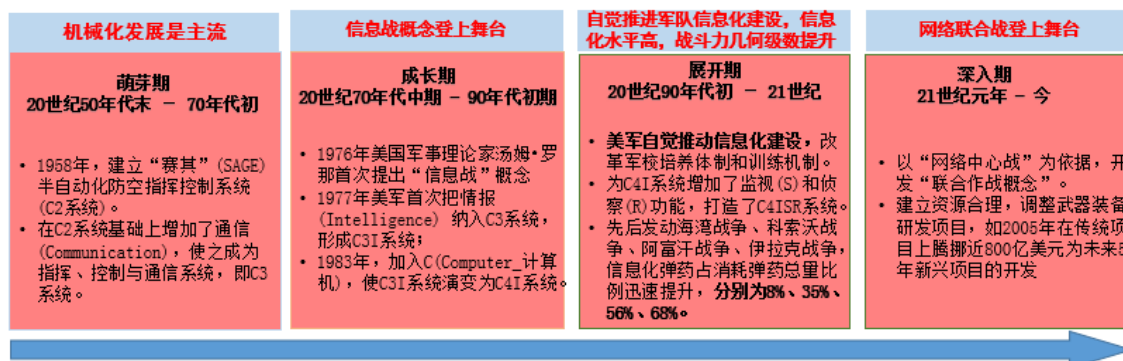
PULSE 项目	芯片级原子钟 (CSAC)	CSAC 的目标是开发超小型、低功耗的原子时间和频率基准单元, 其稳定性优于 1×10^{-11} , 体积小于 1 cm^3 , 功耗小于 30 mW 。美国早在 2002 年就开始发展 CSAC, Microsemi 公司、Sandia 实验室、Draper 实验室等 11 家单位参与了该项目。在 DARPA 启动 Micro-PNT 项目之前, 就已经取得了丰硕的成果。2011 年 1 月上市的 CSAC 型号为 CSAC SA.45 s, 功耗为 125 mW , 整机 (含电路板) 体积约为 16 cm^3 , 质量 35 g , Allan 方差小于 $5 \times 10^{-12} / \text{h}$ 。
	综合微型主原子钟技术 (IMPACT)	IMPACT 的目标是构建小型化、低功率、集成微型主原子钟, 改进微型原子钟的稳定性和精确性。IMPACT 技术将使原子钟的尺寸大幅减小、功耗大幅降低。目前已经实现了功率低于 250 mW , 时间误差小于 160 ns/d 的性能指标。由于主原子钟一般用于提供绝对时标, 于是, 精度和可靠性有望比芯片级原子钟高两个数量级。未来, 可望实现尺寸 5 cm^3 、功耗 50 mW 、Allan 方差 $1 \times 10^{-13} / \text{h}$ 、稳定度优于 5 ns/d 的芯片级原子钟。
	增强稳定性原子钟 (ACES) 项目	ACES 是 DARPA 于 2016 年发布的一个新项目。项目以及总经费为 5000 万美元, 从 2016 年 8 月开始, DARPA 先后与 8 家公司签订了合同, 要求对方为 GPS 无效环境中的电池供电的便携式应用领域开发小型、轻型及节能的原子时钟。该项目重点关注两大领域: 研制一部满足技术指标的集成原子钟样机以及进行备用原子钟体系结构、部组件技术和探测方法的基础研究。
STOIC 项目	该项项目的目标是开发对抗环境下的与 GPS 相当的超稳定战术时钟。STOIC 具有与 GPS 系统相当的定时和定位精度, 包括三个主要元素: 远程健壮的参考信号, 极稳定的战术时钟以及为多用户提供 PNT 信息的多功能系统	

资料来源: 公开资料收集, 中信建投证券研究发展部

2.2 军工信息化建设的持续推进, 拉动军用时频产品需求稳定增长

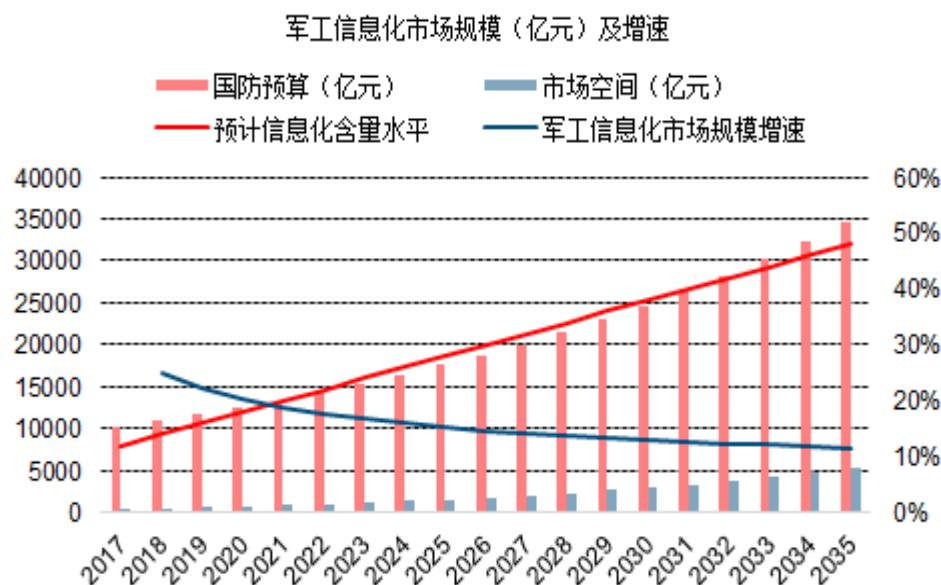
军工信息化为军工装备建设的大方向。1) 从美军发展历程来看, 经历了从机械化向信息化发展的变革。美军自上世纪 90 年代起开始实施 C4ISR 建设, 2010 年信息化程度达到 80%-90%。据统计, 在海湾战争、阿富汗战争与伊拉克战争中, 美军使用精确制导导弹的比例分别为 8%、60%与 90%, 信息化战争成效显著。2) 我军相比美军信息化程度落后, 军工信息化为未来相当长一段时间我军投入的重点。我军目前大部分武器仍处于机械化、半机械化装备, 信息化武器装备水平较低, 总体信息化程度不足 10%, 相比于美国差距还是比较大。根据我国国防和军队现代化建设“三步走”战略, 到 2020 年基本实现机械化, 信息化建设取得重大进展, 到 2050 年实现国防和军队现代化, 我国信息化水平提升空间巨大。因此未来相当长一段时间, 信息化建设将是我军投入的重点。根据中国产业网数据, 假设未来 20 年军费保持 7%的增速, 装备费用占比为 32%, 20 年后信息技术含量水平累计增长达到 50%, 预计未来 10 年军用信息化市场需求保持 15%-20%的复合增速。

图 8：美国军工信息化发展历程



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

图 9：美国军工信息化市场空间预测（亿元）



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

时频产品为军用信息化的核心产品，整个军工信息化建设的持续推进，预计也会拉动时频产品需求的稳定增长。我们预测未来 5 年时频产品在军用市场空间大约有 100 亿左右

三、短期 5G 建设驱动市场增长，长期 5G 后周期创新应用兴起拉动时频产品需求

民用产品的形态主要有两种：时钟服务器、授时板卡。前所述原子钟、高稳晶振等频率产品则是集成在时钟服务器或板卡中。其中，授时板卡主要是用在通信基站中，而时钟服务器则是更广泛的产品形态，除了通信外，还广泛应用于电力、金融、轨交领域等。

我们认为，以 5G 为契机，时频民用市场需求会迎来持续性增长，核心逻辑是：1) 短期来看，5G 建设在即，新建基站包括 5G 初期宏基站、以及 5G 后期小基站大量的铺设，直接拉动对时频产品的需求。2) 时间同步实际上和通信数量呈正相关。5G 后周期中万物互联，连接数呈爆发式增长，如 5G 的标准是 1 公里范围内支持百万终端数连接，且万物互联还要实行智能化运作，如自动驾驶、智能家居、智能制造、智慧城市等。而但凡用到通信的地方就必须要有时间同步，大量通信连接数的诞生直接线性拉动时间同步的需求。

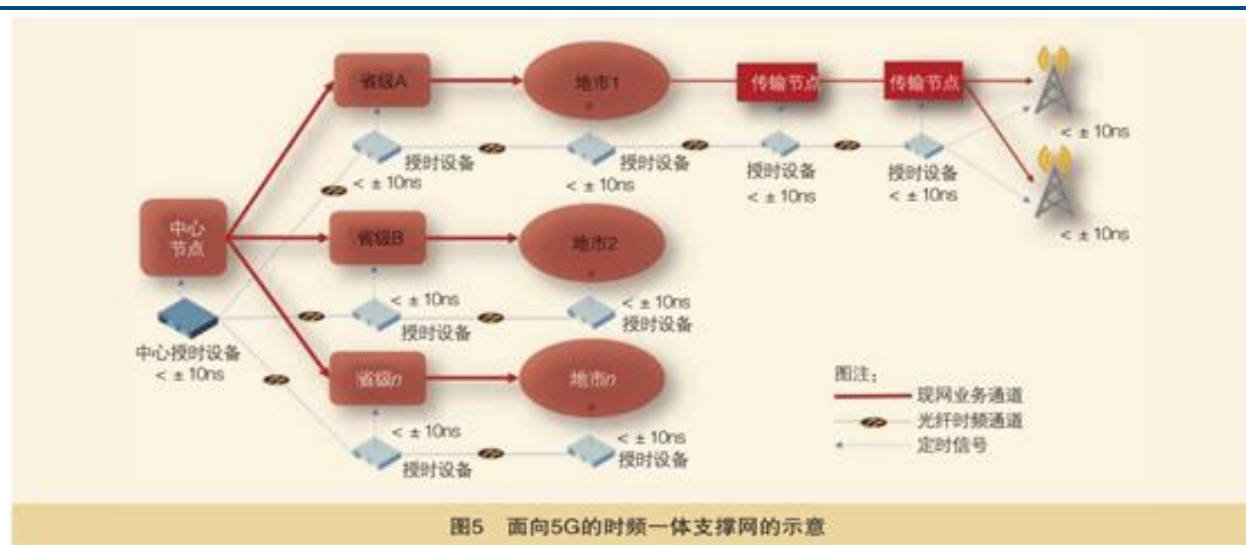
3.1 通信 5G 建设，拉动时间同步产品需求

通信领域为什么需要时间同步？

一方面，从通信原理上看，在无线信号传播过程中，载波频率的稳定、上下行时隙的对准、高质量的可靠传送、基站之间的切换、漫游等都需要精确的同步控制，若没有精准的时间同步，可能会出现误码，严重的会导致通话中断。如 2010 年 1 月，我国采用 GPS 授时的通信基站，由于 GPS 升级，其授时功能受到影响，导致我国沿海多个省份的 CDMA 网络出现大量告警。另一方面，从商业上来看，只有让通讯系统内的交换设备，接入设备，终端，计费系统，BOSS 系统等通信设备工作在同一个时间基准上，所有的通话时间、收费信息等才能够被系统准确的记录下来，保证衍生出的相关服务不会出错。此外，对于 5G 而言，由于低时延高可靠的特性，对时间同步精度也提出更高要求。4G 时代，端到端时间同步误差在 1500ns 以内，而在 5G，这个标准提高到了 130ns。

在通信领域，时间同步产品包括：时间服务器、时间同步板卡。时间服务器可以理解为有线侧中的时间同步，主要放置于一级时钟节点（全网中心及各省中心）、二级时钟节点（省内重要通信局）以及楼内通信设备比较多的通信局需要使用通信楼综合定时供给系统同步钟；而时间同步板卡则主要用于基站侧，接受卫星授时或者有线侧时间服务器的授时，保证基站之间及基站和有线侧的时间同步。

图 10：授时设备用于通信系统中的示意图



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

从 5G 建设来看，基站数量大量增长，5G 基站数量预计数百万，小基站数量预计上千万。而这些基站彼此之间，及基站与整个有线网络必须做好时间同步。这将直接拉动时钟服务器需求。

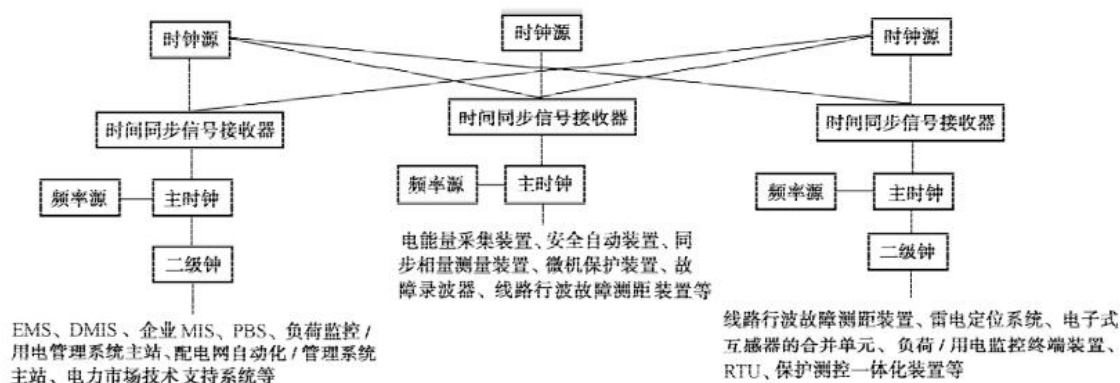
在 4G 时代一台时钟服务器可服务于 100-200 个基站，而到了 5G 时代，随着时间延迟大幅缩减（4G 要求是 1500ns，5G 要求 130ns），有线网络将更扁平化，预计一台时钟服务器将服务于 50-100 个基站，基站授时板卡数量的需求明显增加。正常一个宏基站中需要 2 张板卡，而小基站需要一张板卡。基站数量也直接拉动相应时间同步模块的增长。而从这里，更可以直接感受到时间同步和通信数量的线性相关性，只要有通信，就必然需要时间同步。我们预计，通信领域，存量市场大约有 22.5 亿元，更新换代周期 5 年，有个国产化替代的国产；5G 拉动增量市场预计有 175 亿元，其中 75 亿元为时钟服务器，100 亿元为时间同步板卡。

3.2 5G 后周期创新应用兴驱动时频产品需求增加

4G 后周期，拉动了移动支付、微信、淘宝、抖音等一系列的创新应用；而在 5G 后周期，结合人工智能、云计算、物联网等技术的成熟，将催生出一系列新的大连接、低时延、智能化的应用场景，如自动驾驶、远程医疗、智慧城市等。一方面，连接数量的增加直接拉动对时间同步产品数量的需求。根据 5G 要求，每平方公里支持百万终端数的连接，是 4G 时代的 10 倍，而在任何一个应用场景中，但凡涉及到各子系统的协同工作，都将需要时间同步；另一方面，如自动驾驶、远程医疗等对低时延要求很高的应用场景，更是提出对时间同步精度更高的要求，从而带来产品价值量的提升。

目前，时间同步应用最广的两大民用领域是通信、电力。我们就以时间同步在电力系统中的应用为案例，具体分析时间同步在一套自动化系统中是如何发挥作用的。在一套电力自动化系统中，包括发电厂自动化控制系统、变电站综自系统、调度自动化系统、PMU、故障录波装置、微机继电保护装置等。这些分系统的运作必须要有同一时间基准，这就需要时钟同步技术为每个系统馈送的正确时钟信号，结合自动化运行设备的实时测量功能，实现了对线路故障的检测、对相量和功角动态监测、提高在电网事故中分析和判断故障的准确率，提高了在电网运行中控制机组和电网参数校验的准确性。如果时间不统一，就会造成内部之间的运行不能准确备份，难以保障整个系统运行的可靠性。

图 11：时钟同步用于电力自动化系统



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

再以自动驾驶为例。自动驾驶应用所应对的是一个随时间变化的环境，所以时间坐标系统的设立于统一也是至关重要的一环。自动驾驶中一般使用多种不同类型的传感器，彼此独立地对环境进行感知。这样会造成各传感器收集的环境数据并不在同一个时间点。即便空间坐标系已经建立了完美的转换关系，在时间上也无法将环境数据进行统一。因此各个设备之间的时间坐标系也需要进行同步，这就需要一个高精度授时系统然让各个设备使用相同的时间基准，一般需要纳秒级的授时精度。

梳理上述过程发现，物联网在重构传统产业过程中，为了实现自动化、智能化，时间同步是系统内所有子系统运作的基础，5G 后周期对时间同步精度的高要求以及连接数的增长，直接驱动的是时间同步产品量价的提升。因此可以看到，在未来 5G 后周期，物联网、人工智能、云计算融合式发展重构传统产业时，如制造、农业、能源、物流、交通、教育等诸多传统领域相继都将被互联网所改变和重构，并通过互联网提高跨行业协同的效率，实现跨越式发展，而这些大小系统之间均需时间同步

就目前而言，时频产品应用比较大的领域主要包括：通信、电力、轨交、金融等领域，整个时频民用市场容量大约在 300 亿元，其中通信领域存量为 22.5 亿元，5G 带来增量市场为 175 亿元，电力、轨交、金融等领域市场为容量约为 100 亿左右。

四、高精尖技术持续突破，国产化替代加速

4.1 中高端产品，对国外厂商依赖强

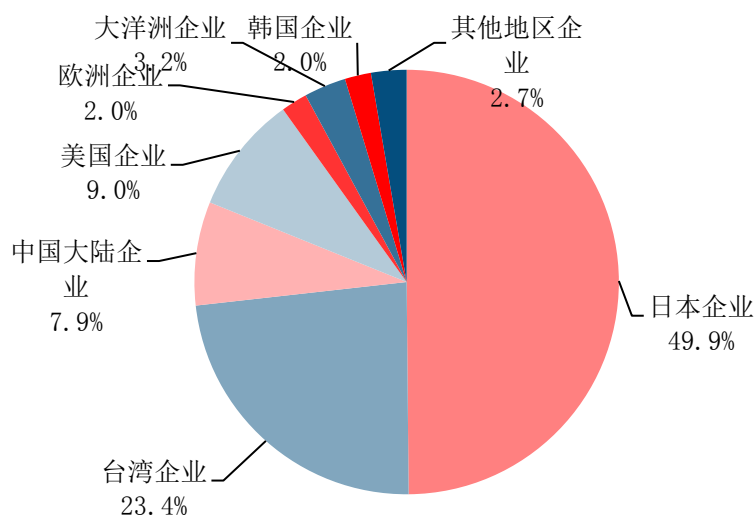
中高端产品，我们通常指高精度时间频率产品。一般而言，时间精度达到 $10e-10$ 以上，我们认为中高端产品。而从时间频率产品体系来看，上文讲到时间频率产品可分为：原子钟、晶振、频率组件及设备、时间同步产品。而真正决定其产品中高端的部分主要是：原子钟、高稳晶振、时间同步板卡中的时钟芯片。这几部分，代表整个时间频率产品中最高精尖的部分，恰恰也是目前国内对国外依赖性较强的部分。

原子钟相比国外依然有差距，但部分已能批量化国产化，部分产品也突破在即。原子钟常用的包括：铷原子钟、铯原子钟、氢原子钟，以及最具产业化前景的 CPT 原子钟。1) 铷原子钟可国产量产。铷原子钟是目前批量生产最大、应用最广泛的原子钟，美国、瑞士、俄罗斯、中国都能够实现批量化生产，市场竞争相对充分。2) 铯原子钟完全依赖进口。铯原子钟主要由国外的 Symmetricom 公司和 OSA 公司生产，我国的铯原子钟完全依赖进口。由于铯原子钟是重要的战略物资，国外的出口管制导致我国大量工程应用需求的铯原子钟无法及时进口。目前来看，国内天奥电子已研发出铯原子钟样机，产业化也不远。3) CPT 原子钟是未来最具批量化生产和应用前景的产品，因为 CPT 原子钟是目前唯一可实现小型化、微型化的原子钟，可实现电池供电长期工作。当前国际上只有 Symmetricom 具备批量化生产能力，国内天奥电子也将批量化生产。

中高端晶体器件对国外产品依赖较大。目前全球主要的石英晶体元器件厂家主要集中在日本、美国、台湾及中国大陆地区。根据日本水晶工业协会数据，2016 年全球市占率最大的是日本企业，市场份额约在 50%，其次是台湾地区企业，市场份额在 23.4%，美国企业占比 9.0%，产量较小，但研究水平高，以军工为主。大陆地区占比 8%。晶体器件广泛应用于电子产品中，从市场需求来看，以手机为例，中国市场约占全球的三分之

一，因此估算晶体器件市场需求占比全球的三分之一，对比企业占比来看，国内市场还是大量依赖进口，尤其是中高端产品。

图 12：2016 年石英晶体全球元器件市场份额



资料来源：日本水晶工业行业协会，中信建投证券研究发展部

此外在时间同步板卡中，通常有几部分组成：卫星接收模块负责接受卫星授时、FPGA 模块主要负责一些计算的功能、MCU 具备控制功能、存储模块、以及时间同步模块。其中时间同步模块中主要都是一些芯片包括：频率合成类器件、抖动过滤芯片、驱动芯片等。这些核心的同步模块中的芯片，基本上主要 TI、ADI、Microsemi、IDT、ON、SLAB 等国外厂商，对国外厂商依赖性极强。

表 5：通讯时钟芯片主要厂商

频率合成类器件	ADI	AD951X
	TI	LMK04208
	SLAB	SI532X、SI534X
	Microsemi	ZL30352
	IDT	8T49N281
	ON	
抖动过滤芯片	ADI	AD9523
	TI	LMK04208
	SLAB	SI5342/5344/5345/5346/5347
	Microsemi	ZL3025X

驱动芯片	IDT	813N252DI-02
	ON	
	ADI	AD9513
	TI	LMK00338
	SLAB	SI53305
	Microsemi	ZL40210
时钟产生芯片	IDT	8P391208
	ON	NB3N108K
	ADI	AD952X
	TI	CDCM6208
	SLAB	SI5380
	Microsemi	ZL3025x
时钟同步芯片和 1588 芯片	IDT	5P49V5914
	ON	NB3H60113G
	Microsemi	ZL303xx
	大普	ACS9522
	海思	XXX
	NXP	MCF5234

资料来源：公开资料搜集，中信建投证券研究发展部

4.2 技术持续突破，国产化替代加速

中美贸易摩擦背景下，自主可控越发迫切，而时间频率处于国家战略位置高度，更是自主可控重中之重。

1) 原子钟为高精尖技术，部分类型产品已实现国产化，但铯钟、CPT 原子钟则突破在即，将实现国产化；2) 高端晶振，军用逐步实现替代，民用则还是依赖于国外，国内厂商份额虽然很低，但在逐步追赶；3) 时间服务器领域，已完全可实现国产化替代。

国家持续推进建立独立完备的国家时间频率体系。1) 独立自主的时间频率体系关乎国家安全和核心利益。世界主要发达国家都非常重视时间频率体系建设，美俄均建有独立完备的国家时间频率体系。如美国国家计量院（NIST）负责国家时间频率基准和美国时标，美军海军天文台（USNO）保持 GPS 地面时标，二者分工合作，保证了美国军民时间频率准确统一。2) 目前，我国正在建设和完善以卫星导航系统授时为主导，以无线、网络

等授时手段相辅助的国家时间频率体系。国家时频体系主要包括：秒长基准、时标基准、授时系统、时频应用。其中，授时系统的主渠道是北斗系统（BDS），还利用军队和国家授时中心的无线电导航授时系统，以及守时实验室建设的其他手段（如电话，网络等）授时。具体介绍如下表 6 所示。3）时频计量中心在各地持续推进建设，促进时频应用发展。2018 年 8 月，中国计量院与重庆市质监局签署“国家时间频率计量中心重庆应用中心”建设合作协议；2016 年 11 月，中国计量科学研究院与贵州省共建国家时间频率计量中心贵州应用中心。

表 6：国家时间频率体系

秒长基准	中国计量科学研究院（以下简称中国计量院）国家时间频率中心、中科院上海光机所和中科院国家授时中心研制基准钟
时标基准	中国现有 4 家守时实验室，即位于北京的中国计量院、北京卫星导航中心、中国航天 203 所和位于西安的中科院国家授时中心。4 家守时实验室分表利用商品原子钟组守时，独立守时不确定度在 5e-13 量级。除卫星导航中心，其余 3 家都通过卫星系统传输数据，参加国际原子时合作，经国际合作返回的协调世界时驾驭后，时标不确定度可以改进大约 100 倍，达到 5e-15。
授时系统	主渠道是北斗系统（BDS），还利用军队和国家授时中心的无线电导航授时系统，以及守时实验室建设的其他手段（如电话，网络等）授时。
时间频率应用	部分应属于市场行为。但国外仍然将国防安全、通讯、电力、交通、金融等关系国计民生行业的关键部门以立法方式纳入国家法制计量范围，由相关归口部门强制管理。

资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

原子钟领域，技术持续突破，加速国产化替代。目前国内在原子钟方面做得比较好的主要是天奥电子、航天 203 所、兰州 501 所。1）天奥电子，铷钟已实现国产化，铯原子钟、CPT 原子钟也已突破在即。2018 年 9 月，中国工博会，天奥电子展示“激光小型铯原子钟 TA1000”，是我国第一台铯原子钟产品，也是国际上第一台激光小型铯原子钟产品。CPT 原子钟也实现小批量生产。这两个项目，预计明年都能实现批量化生产。2）航天 203 所，持续提供北斗系统中的铷原子钟，截止 2018 年 1 月，累计为客户提供 40 余台星载原子钟。2018 年 3 月，航天 203 所研制出小型便携式 CPT 原子钟，体积约半个烟盒大小，功耗约 1 瓦，守时精度可达每天 1 微秒，目前该产品正在进行小批量生产。3）2018 年 9 月，兰州空间技术物理研究所(即 510 所)成功研制出优质型铯原子钟，经中国计量科学研究院检定测试,天稳定度相当于 50 万年时间误差不超过 1 秒，是目前中国最高指标的磁选态铯原子钟，达到国际先进水平。

晶体器件距离国外差距较大，持续追赶国产化。由于我国政府对国防科技领域的国产化推进工作的大力支持，天奥电子、航天 203 所、晨晶电子、海创电子等国内制造商的产品在军品市场已逐渐实现国产化替代；民品市场竞争激烈充分，国内部分行业领先企业，主要包括泰晶科技、惠伦科技、东晶电子、紫光国芯，凭借多年的研究开发和生产实践积累的技术实力和工艺改进，外加生产成本优势，国内企业市场份额占比逐步提升。2016 年国内厂商占全球市场份额为 7.9%。

图 13：晶体器件全球主要厂商营收（百万美元）

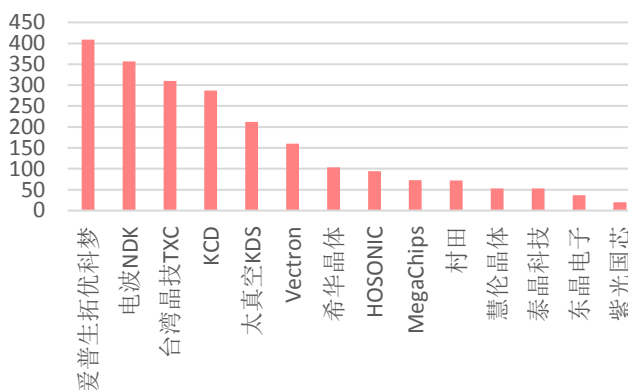
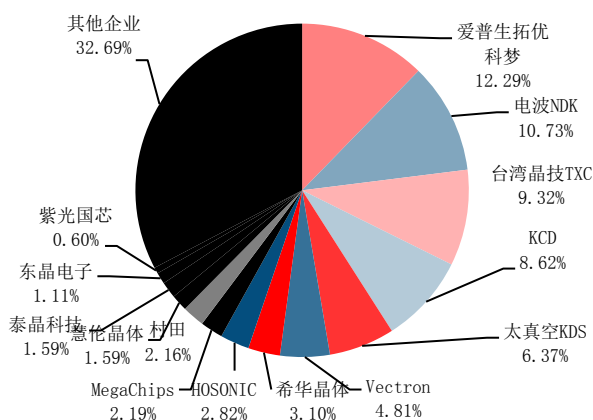


图 14：晶体器件全球市场份额占比



资料来源：日本水晶工业行业协会，中信建投证券研究发展部

资料来源：日本水晶工业行业协会，中信建投证券研究发展部

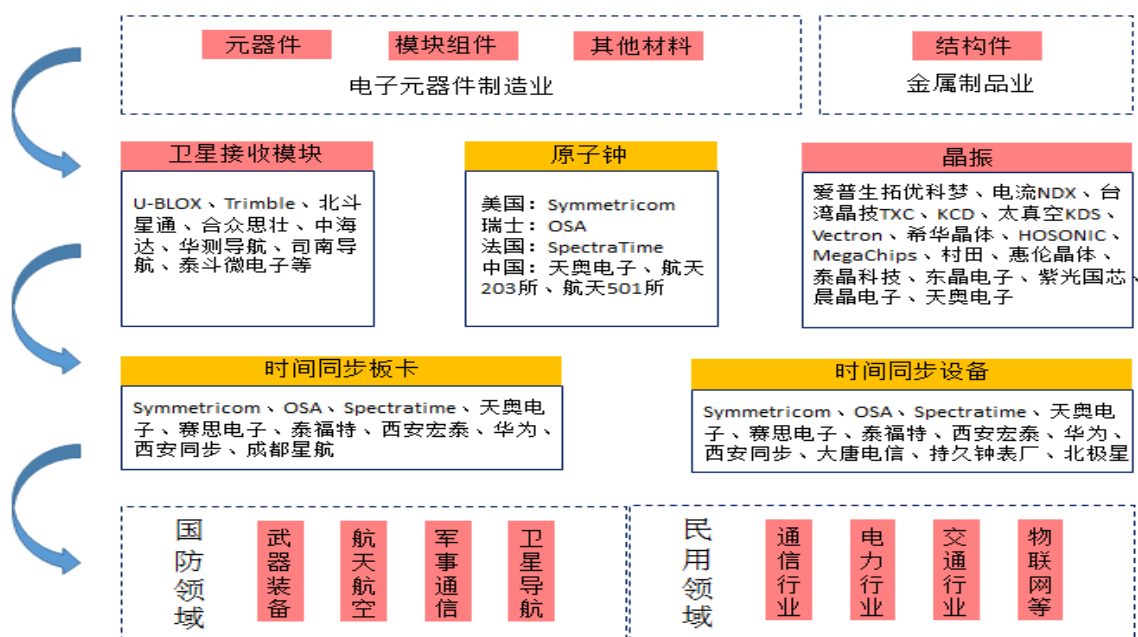
时间服务器已不输于国外产品，完全可实现国产化替代。通信、电力、轨交、金融等领域，早期时钟服务器都是以 GPS 为主，也都是以海外厂商产品为主，如国内通信系统早期时间服务器，90%来自于海外巨头 Symmetricom。后来，一方面，国外企业高价格和轻市场服务，另一方面国内推进自主可控，越来越多行业开始降低对国外品牌的依赖，尝试 GPS 转北斗，国内国产化率在逐步提升。当前阶段，国内存量的时钟服务器还是以海外厂商 GPS 授时为主，但新增的服务器已大部分替代为国内厂商的 GPS/北斗双模授时产品，同时存量产品的更新换代也将逐步替换成国内产品。

五、投资建议分析——小却美的高精尖行业，看好技术领先，产品系列完备的企业

5.1 产业链环节分析——原子钟厂商集中度高，时间同步类厂商发展同质化

整个时频行业相对较小，产业链环节也相对较少。上游电子元器件行业竞争充分，下游应用领域较广，这里我们主要分析中间时频部分。时频部分可具体拆分成：频率类产品，主要包括原子钟、晶振（偏上游），时间同步类产品（偏下游），卫星接收模块。结合整个产业现状，卫星接收模块主要下游还是各种各样的导航场景，晶振下游更是广泛的各类消费电子、汽车等，时间同步领域只是其细分应用领域之一，做卫星接收模块、晶振的厂商也不独为了时间同步，从时间同步这个领域研究晶振、卫星接收模块意义不大。这里针对时间领域，我们主要研究原子钟、时间同步产品这两个子领域。

图 15：时频行业产业链示意图



资料来源：公开资料收集，中信建投证券研究发展部

5.1.1 原子钟技术门槛高，集中度也高

目前原子钟主流的生产厂家，国际上主要是：Symmetricom，SpectraTime，Oscilloquartz SA，国内则主要是天奥电子，此外航天 203 所、航天 501 所国内原子钟研发方面走在前列。整体来看，由于原子钟技术门槛较高，因此集中度也高，全球能做的企业不多。

Symmetricom 技术实力最强，是世界上目前唯一能够量产铷钟、铯钟、CPT 原子钟的厂商。成立于 1985 年，美国纳斯达克上市公司，先后收购了 FTS 公司、Datum 公司、HP、Agilent 的时间频率产品部，主要从事时钟芯片、原子钟、时间同步终端、设备的研发和生产，为全球领先的时间频率产品生产厂家。2013 年底被 Microsemi 公司收购，2018 年 3 月 Microsemi 被 Microchip 收购。

SpectraTime 公司成立于 1995 年，现隶属于法国 Orolia 集团，主要从事铷钟、氢钟的研发生产，曾是华为公司最大的铷钟供应商。

瑞士的 OSA 公司（Oscilloquartz SA 简称 OSA）于 1949 年成立，总部位于瑞士的纳沙泰尔，专业从事同步时钟设备的研发和生产。公司创立初期致力于原子钟的开发，曾经在 1958 年生产氢原子钟，1964 年生产铯钟；从 1978 年开始设计制造数字同步时钟设备，业务重心转型到通信领域。到现在，OSA 公司从事同步时钟设备制造已经有超过 25 年的历史，是世界上最早和最大的专业同步时钟设备厂家之一。2014 年 4 月被 ADVA 光网络收购。

天奥电子，中电科 10 所旗下上市公司，国内唯一原子钟批量生产供应商。可量产铷钟、铯原子钟、CPT 原子钟目前也已实现突破，即将量产。公司也是华为的供应商，主要给华为供货原子钟、频率组件及设备。根据公告数据，2015 年公司收入中约有 4000 多万来自华为。

航天 203 所成立于 1957 年，以计量测试技术为总体，以溯源性研究为主线的国防基础性研究所，同时也从事原子钟、晶体器件等频率控制技术的研究，国内为数不多的同时能够研制氢钟、铷钟、铯钟的单位。多次为北斗系统提供原子钟。

5.1.2 时间同步设备门槛低，发展同质化

时间同步设备，本质上就是做系统集成，通常是将原子钟、或高稳晶振、或者卫星导航模块，以及 MCU、FPGA、以及时间同步芯片集成到一起。技术门槛相对较低、发展同质化比较严重。除了传统原子钟厂商如 Symmetricom、SpectraTime、OSA、天奥电子覆盖此项业务外，就国内而言，能够做时钟同步设备的，大约有几十家企业，大多数收入在 1000-5000 万之间。这里面主要重点介绍：华为、赛思电子、大唐。

华为：华为的时频产品为基站配套产品。早年华为是国内第一批投入研发时频的企业，技术实力国内相对较强，产品主要面向移动通信、电力等专网领域。

大唐电信：大唐电信是国内最早从事同步技术研究，并首家取得同步产品电信入网证的厂商。产品可广泛应用于电信、联通、移动、电力、军队，以及各新兴运营商的省内骨干网和本地网。

赛思电子：专业的时间同步解决方案提供商。公司核心团队拥有多年时频领域研发经验，专注于时间&频率系统解决方案的研制、生产和销售，为各行业提供各类时间、频率基准。目前涉及的领域有通信、电力、轨道交通、金融商业、医疗和特殊应用等行业。是国家电网骨干网、国家电网特高压、南方电网超高压、白俄罗斯国家电网骨干网、中国移动、中国联通、贵阳地铁、石家庄地铁、青岛地铁、长沙磁悬浮、郑州地铁、武汉地铁、北京地铁和天津地铁等国家重大项目的时钟系统和同步设备的供应商。

5.2 投资建议——看好技术领先、产品系列完备类企业

整个时频行业，在国产化替代大趋势下，我们主要看好技术领先、产品完备类企业。从海外几家公司普遍发展历程来看，Symmetricom, SpectraTime, Oscilloquartz SA，产品都是涵盖从原子钟到时钟同步设备，包括频率类、时间同步类产品的企业。我们认为，其主要原因是行业市场相对较小，企业的持续性成长，主要是通过相关产品类别、应用领域的持续性外延及增长，最终实现持续性成长。**重点推荐：天奥电子、赛思时钟。**

5.2.1 天奥电子——国内时频行业唯一上市公司，国内绝对龙头

公司主营业务产品包括：频率类产品、时间同步类产品、以及北斗卫星应用产品。其中频率类产品主要包括原子钟、晶体器件、频率组件及设备；时间同步类产品包括：时频模块及板卡、时间同步设备；北斗应急预警通信终端/北斗卫星手表，2017 年三者收入占比分别为 52%、44%、4%。

这家公司投资看点主要是如下几点：

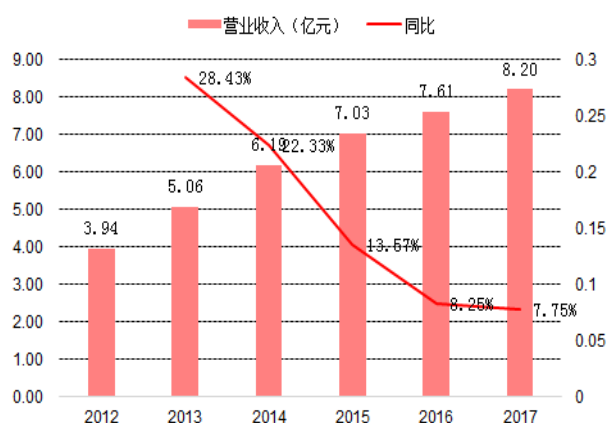
1) 公司拥有完整的频率系列产品，产品涵盖器件、部件、模块、设备乃至系统。频率类产品频率覆盖范围 5MHz-18GHz，时间同步精度则是到毫秒到纳秒量级。当前以军用为主，包括机载、车载、地面、船载等场景，民用也在积极拓展，是华为原子钟产品的重要供应商，目前也在跟华为谈 5G 方面的合作。

2) 技术积累及渠道资源积淀方面，护城河足够高。国内具备绝对领先优势，技术门槛足够高，比如原子钟方面公司也是有近 10 年的技术积累，是国内唯一可量产原子钟的厂家，国内几乎不具备能对它直接构成威胁的

厂商，军用领域也是深耕多年，技术及渠道资源积累深厚，护城河足够高。在行业持续增长及国产化大趋势，天奥优势明显。

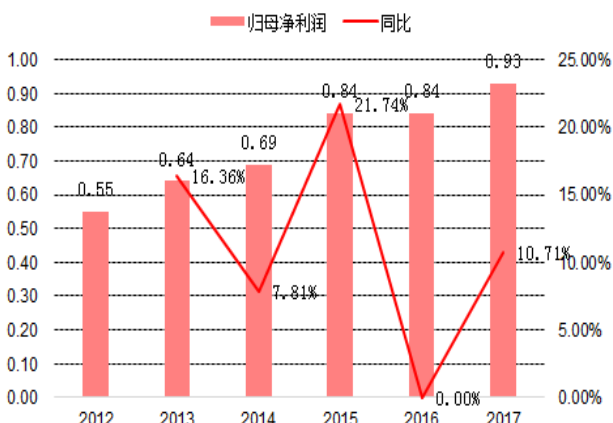
3) 当前产品产能利用率维持在高位，产业化项目建设在即，进一步扩张产能、产品类别，支撑业务增长。2015-2017 年，公司原子钟产能利用率在 90%左右、时频板卡及模块产能利用率在 95%-107%，时间同步设备产能利用率在 75%-97%。产能利用率维持在相对高位。一方面公司要扩张产能，另一方面如 CPT 原子钟、铯钟等产品也完成技术突破，要进行批量化生产，公司向社会公开发行 2667 万股，扣除发行费用，拟募集 5.23 亿元资金，用于投资产业化项目。主要包括原子钟产业化项目、时间同步产业化项目、北斗卫星应用产业化项目，技术研发中心项目，项目建设期 18 个月。前三个项目可分别为公司带来营收为：3.1 亿、7.0 亿、4.8 亿，带来净利润分别为：0.50 亿、0.66 亿、0.61 亿。

图 16：天奥电子营收变化（亿元）



资料来源：天奥电子公告，中信建投证券研究发展部

图 17：天奥电子归母净利润变化（亿元）



资料来源：天奥电子公告，中信建投证券研究发展部

表 7：天奥电子募投项目产业化情况

	项目投资总额	拟投入募集资金	建设期	收入增量	净利润增量
原子钟产业化项目	1.30	1.16	18 个月	3.1	0.50
时间同步产品产业化项目	1.73	1.73	18 个月	7.0	0.66
北斗卫星产业化项目项目	1.54	1.24	18 个月	4.8	0.61
技术研发中心项目	0.66	0.66	18 个月		

资料来源：天奥电子公告，中信建投证券研究发展部

公司为国内时间频率行业唯一上市公司，5G+自主可控+高精尖技术，具备稀缺性。2018-2020 年，军改落地后行业恢复性增长驱动公司经营好转；2020 年，5G 建设进入高峰期，公司作为华为原子钟、Branch 合路器

等高端产品的供应商，相关业务直接迎来高增长；同时新增产能落地投产，新产品及产能持续扩张驱动业务增长（当前主要产品产能利用率在 90%左右的高位），尤其 CPT 原子钟量产在单兵装备领域的国产化替代，公司整体收入利润增长将呈加速态势，预计公司 18-21 年归母净利润为 0.99 亿、1.13 亿、1.46 亿、1.95 亿元，当前时点重点推荐。

5.2.2 赛思电子（一级）——专业的时间同步解决方案提供商

公司产品主要是时钟服务器、时频板卡，当前正在研发时间同步芯片。公司主要的投资看点：1）具有行业颠覆性的时间同步 SOC 芯片解决方案。目前用在基站里的时间同步均是板卡，板卡上包括 MCU、FPGA、频率源、时钟芯片。公司将整个时钟同步板卡的性能设计到一款 SOC 芯片上，具备行业颠覆性，可实现高精度、高集成度，同时可以降低成本。2）时钟芯片国产化。目前基站上时间同步板卡上的时钟芯片几乎都是国外的，公司研发这款芯片，有望实现国产化替代；3）技术研发、营销能力强。公司核心团队人员来自一线厂商，技术研发能力及营销能力强。在时钟服务器领域，国内目前厂商较多，同质化严重，公司有望进一步扩大市场份额。

六、风险提示

5G 建设进度不达预期；军工信息化推进不达预期。

分析师介绍

武超则： 中信建投研究所所长、TMT 行业组长、通信行业首席分析师。2013-2017 年《新财富》连续五年最佳分析师通信行业第一名。2014 年-2017 年《水晶球》最佳分析师通信行业第一名、wind 最佳分析第一名；2015 年《金牛奖》最佳分析师通信行业第一名。

报告贡献人

汤其勇 15901307701 tangqiyong@csc.com.cn

研究服务

机构销售负责人

赵海兰 010-85130909 zhaohailan@csc.com.cn

保险组

张博 010-85130905 zhangbo@csc.com.cn

高思雨 gaosiyu@csc.com.cn

张勇 010-86451312 zhangyongzgs@csc.com.cn

张宇 010-86451497 zhangyuyf@csc.com.cn

北京公募组

黄玮 010-85130318 huangwei@csc.com.cn

朱燕 85156403 zhuyan@csc.com.cn

任师惠 010-8515-9274 renshihui@csc.com.cn

黄杉 010-85156350 huangshan@csc.com.cn

王健 010-65608249 wangjianyf@csc.com.cn

杨济谦 010-86451442 yangjiqian@csc.com.cn

私募业务组

李静 010-85130595 lijing@csc.com.cn

赵倩 010-85159313 zhaoqian@csc.com.cn

上海销售组

李祉瑶 010-85130464 lizhiyao@csc.com.cn

黄方禅 021-68821615 huangfangchan@csc.com.cn

戴悦放 021-68821617 daiyuefang@csc.com.cn

翁起帆 wengqifan@csc.com.cn

李星星 021-68821600-859 lixingxing@csc.com.cn

范亚楠 fanyanan@csc.com.cn

李绮琦 liqiqi@csc.com.cn

薛姣 xuejiao@csc.com.cn

许敏 xuminzgs@csc.com.cn

王罡 wanggangbj@csc.com.cn

深广销售组

胡倩 0755-23953981 huqian@csc.com.cn

许舒枫 0755-23953843 xushufeng@csc.com.cn

程一天 chengyitian@csc.com.cn

曹莹 caoyingzgs@csc.com.cn

张苗苗 020-38381071 zhangmiaomiao@csc.com.cn

廖成涛 0755-22663051 liaochengtao@csc.com.cn

陈培楷 020-38381989 chenpeikai@csc.com.cn

评级说明

以上证指数或者深证综指的涨跌幅为基准。

买入：未来 6 个月内相对超出市场表现 15% 以上；

增持：未来 6 个月内相对超出市场表现 5—15%；

中性：未来 6 个月内相对市场表现在-5—5%之间；

减持：未来 6 个月内相对弱于市场表现 5—15%；

卖出：未来 6 个月内相对弱于市场表现 15% 以上。

重要声明

本报告仅供本公司的客户使用，本公司不会仅因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证本报告所包含的信息或建议在本报告发出后不会发生任何变更，且本报告中的资料、意见和预测均仅反映本报告发布时的资料、意见和预测，可能在随后会作出调整。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不构成投资者在投资、法律、会计或税务等方面的最终操作建议。本公司不就报告中的内容对投资者作出的最终操作建议做任何担保，没有任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，据本报告做出的任何决策与本公司和本报告作者无关。

在法律允许的情况下，本公司及其关联机构可能会持有本报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式翻版、复制和发布本报告。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中信建投证券研究发展部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和/或修改。

本公司具备证券投资咨询业务资格，且本文作者为在中国证券业协会登记注册的证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰地反映了作者的研究观点。本文作者不曾也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

股市有风险，入市需谨慎。

中信建投证券研究发展部

北京

东城区朝内大街 2 号凯恒中心 B
座 12 层（邮编：100010）
电话：(8610) 8513-0588
传真：(8610) 6560-8446

上海

浦东新区浦东南路 528 号上海证券大
厦北塔 22 楼 2201 室（邮编：200120）
电话：(8621) 6882-1612
传真：(8621) 6882-1622

深圳

福田区益田路 6003 号荣超商务中心
B 座 22 层（邮编：518035）
电话：(0755) 8252-1369
传真：(0755) 2395-3859