

方正证券研究所证券研究报告

通信行业研究报告

行业深度报告
2015.11.18 推荐

通信行业

首席分析师：段迎晟

E-mail: duanyingsheng@foundersc.com

执业证书编号：S0360513070001

联系人：侯宾

TEL: 010-68584892

Email: houbin@foundersc.com

联系人：李宏涛

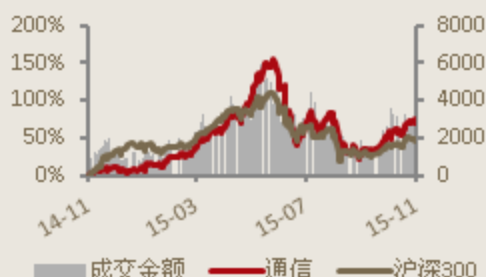
TEL: 010-68584857

E-mail: lihongtao@foundersc.com

重要数据

上市公司总家数	61
总股本(亿股)	601.91
销售收入(亿元)	3737.14
利润总额(亿元)	208.73
行业平均 PE	54.67
平均股价(元)	16.37

通信行业相对指数表现



相关研究

关注短期事件因素带来的个股机会
持续推荐信息经济、信息基础设施与国企改革主题个股

请务必阅读最后特别声明与免责条款

投资要点

1. 量子通信是无条件安全的通信方式，已列入十三五规划重点

量子通信是利用量子的“纠缠”效应进行信息传递的新型通信方式。建立量子通信网，可以完成任意两点之间无条件的保密通信过程，不仅可以实现保密声音、保密文件和保密动态图像的无条件安全通信，还能满足通信量巨大的视频保密会议、公文保密传输的需求，有效对抗黑客攻击和木马窃听。

近期国家十三五规划正式发布，量子通信成为其中重大科技专项之一。基于量子密码技术的保密通信不仅可用于军事、国防安全，还可用于涉及秘密数据、票据，以及政府、电信、证券、保险、银行、工商、地税、财政等领域和部门。国家对于量子通信的专项投入和政策扶持，将为其快速发展注入强劲的动力。

2. 未来千亿市场空间可期

量子通信已具备产业化应用条件，将量子通信网络与现有网络进行融合是主要的发展战略。预计主要应用于专网（政务、金融、军事等，并有望成为最早和最直接的催化剂）、公众网、云安全及空天等特殊应用领域，近期市场规模在百亿级别，未来市场空间将有望超千亿。量子通信将成为网络信息安全领域的战略制高点。

3. 我国量子通信技术世界领先、已具产业化条件

我国已经实现了超过两百公里的安全信息传输，实用化安全传输距离已达到几十公里，量子通信网络技术已发展成熟。目前国内合肥城域量子通信网、芜湖市量子政务网已于 2012 年建成使用，城域量子通信方面已达到产业化要求。世界上最远距离的光纤量子通信干线京沪线已近完工，并有望于 2016 年后发射全球首颗量子通信卫星。

我国在量子通信领域的技术研究、产业应用与国际发展基本保持同步，未来在国家十三五规划科技专项、政策扶植以及产学研用等各方的共同努力下，有望实现超越。

4. 投资建议：

量子通信产业链相关企业预计将会受益。上市公司建议重点关注新海宜（002089）、蓝盾股份、浙江东方，关注皖能电力、华工科技、华夏幸福、中信国安、神州信息，非上市公司关注科大国盾量子、安徽问天量子。

风险提示：量子通信关键器件的研发进度导致产业化进展缓慢，产业应用规模和盈利不达预期。

目录

1、量子通信是无条件安全的通信方式	4
2、量子通信已具备产业化条件	5
2.1 量子通信已走出实验室	5
2.2 我国量子通信技术世界领先、应用丰富	6
2.3 量子通信列入国家十三五规划重点	9
3、量子通信前景广阔——千亿级市场空间	9
3.1 主要应用领域——信息安全	9
3.2 量子通信产业链分析	11
3.3 市场应用场景分析——专网、公众网、云安全	13
3.4 市场规模测算——百亿、千亿级	14
4、相关公司	15
1) 新海宜 (002089)	15
2) 蓝盾股份 (300297)	15
3) 浙江东方 (600120)	15
4) 华工科技 (000988)	15
5) 华夏幸福 (600340)	16
6) 皖能电力 (000543)	16
7) 中信国安 (000839)	16
8) 神州信息 (000555)	16
9) 国盾量子 (非上市公司)	16
10) 问天量子 (非上市公司)	17
5、量子通信原理及国际发展情况	17
5.1 量子通信原理——基于量子“纠缠”	17
5.2 量子通信关键技术——单光子源、同步系统、单光子探测器	18
5.3 量子保密通信接近成熟应用	20
5.4 国际量子通信产业发展迅速	21
6、量子通信产品形态及技术改进	24
6.1 量子通信典型产品形态	24
6.2 量子通信技术仍有改进空间	26
7、投资建议	27
8、风险提示	28

图表目录

图表 1 量子技术的主要应用方向.....	4
图表 2 量子通信是无条件安全的通信方式.....	5
图表 3 合肥首个量子电话网.....	6
图表 4 北京-天津“京-津 125 公里光纤量子单向通信”.....	7
图表 5 京沪量子保密干线.....	7
图表 6 量子卫星 星地通信.....	8
图表 7 量子通信在信息安全方面的应用机会.....	10
图表 8 在信息安全有投入的公司占比--分行业.....	10
图表 9 量子通信系统的组成.....	11
图表 10 一种典型的量子通信组网结构.....	11
图表 11 量子中继.....	12
图表 12 量子通信产业链组成.....	13
图表 13 国内专网、全球云安全市场规模.....	15
图表 14 量子纠缠态.....	18
图表 15 量子通信的传输信道.....	18
图表 16 QKD 协议及技术成熟度.....	19
图表 17 日本-量子加密通信-成功传输影像.....	21
图表 18 美国空间量子通信系统.....	22
图表 19 欧洲空间量子通信系统.....	23
图表 20 QKD 协议与关键器件.....	24
图表 21 量子集控站.....	25
图表 22 全通型光量子交换机.....	25
图表 23 问天量子公司量子通信产品.....	26
图表 24 工行北京分行使用安徽国盾量子的设备.....	26

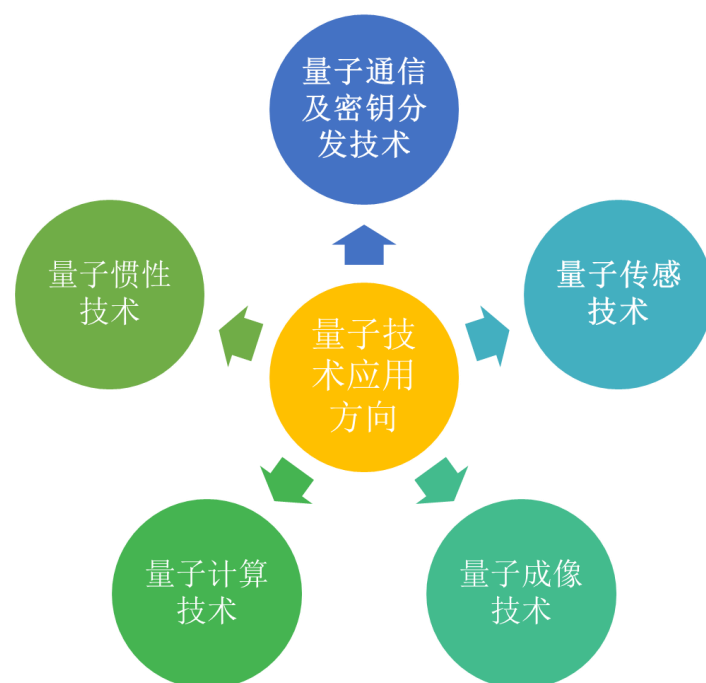
1. 量子通信是无条件安全的通信方式

量子通信是由量子态携带信息的通信方式，它利用光子等基本粒子的量子纠缠原理实现保密通信过程。

量子保密通信是目前唯一接近成熟应用的量子通信，也是中国科学家在全球技术领先的项目之一。简单来类比，量子通信可视为单模光纤两端加上能代替常用光模块功能的、光量子态的发送和接收设备，实现基于物理加密的保密通信。

量子通信的关键要素是“量子密钥”，它用具有量子态的物质作为密码，一旦被截获或者被测量，其自身状态就会立刻发生改变。截获量子密钥的人只能得到无效信息，而信息的合法接收者则可以从量子态的改变中得知量子密钥曾被截取过。

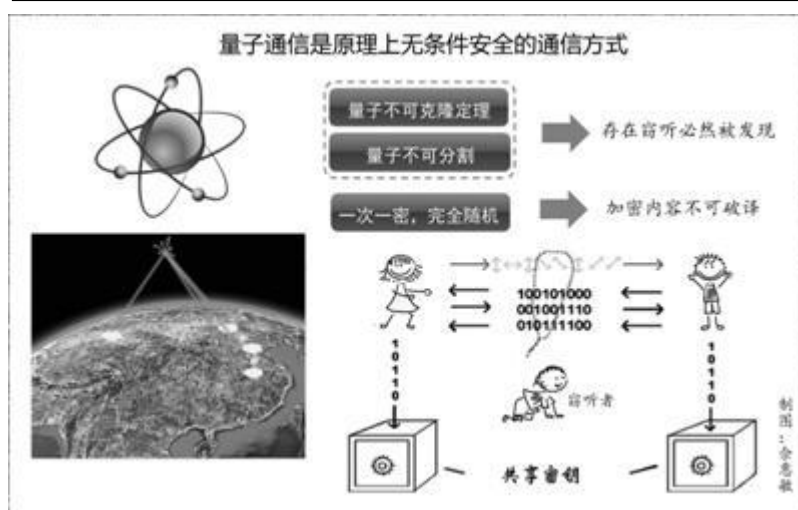
图表 1 量子技术的主要应用方向



资料来源：公开资料，方正证券研究所

用光量子通信网，虽然跟平常通信一样，却不用担心被窃听，相互之间通信绝对安全。这是因为，量子通信采用的是“一次一密”的加密方式，两人通话期间，密码机每分每秒都在产生密码，牢牢“锁”住语音信息；一旦通话结束，这串密码就会立即失效，下一次通话绝对不会重复使用，而且量子通信所提供的密钥无法被破解。

图表 2 量子通信是无条件安全的通信方式



资料来源：公开资料，方正证券研究所

量子通信相比经典通信有着明显优势：

- 1) 具有极高的安全性和保密性。根据量子不可克隆定理，量子信息一经检测就会产生不可还原的改变，如果量子信息在传输中途被窃取，接收者必定能发现；量子通信没有电磁辐射，第三方无法进行无线监听或探测；
- 2) 时效性高、传输速度快。量子通信的线路时延近乎为零，量子信道的信息效率相对于经典信道量子的信息效率高几十倍，并且量子信息传递的过程没有障碍，传输速度快；
- 3) 抗干扰性能强，量子通信中的信息传输与通信双方之间的传播媒介无关，不受空间环境的影响，具有完好的抗干扰性能，同等条件下，获得可靠通信所需的信噪比比传统通信手段低 30~40dB；
- 4) 传输能力强，量子通信与传播媒介无关，传输不会被任何障碍阻隔，量子通信的其中一种方式——隐形传态，还能穿越大气层，既可在太空中通信，又可在海底通信，还可在光纤等介质中通信。

2. 量子通信已具备产业化条件

量子通信的试点应用催生了一批由科研机构孵化的科技产业实体。具有代表性的如美国 MagiQ 公司和瑞士 IDQ 公司等，能够提供初步商用化的量子密钥分发系统器件、终端设备和整体应用解决方案。在国内，中科大在量子通信产业化方面表现突出，其衍生与合作建立了科大国盾量子等公司，进行量子保密通信前沿研究成果向应用技术和商用化产品的转化。

2.1 量子通信已走出实验室

从 1993 年到 2005 年这个阶段，实验技术发展迅猛。1995 年，中国科学院物理研究所吴令安小组在实验室内完成了我国最早的

量子密钥分发实验演示。2000 年，该小组又与中国科学院研究生院合作利用单模光纤完成了 1.1 公里的量子密钥分发演示实验。

2002 年至 2003 年间，瑞士日内瓦大学 Gisin 小组和我国华东师范大学曾和平小组分别在 67 公里和 50 公里光纤中演示了量子密钥分发。

2005 年，中国科学技术大学郭光灿小组在北京和天津之间也实现了 125 公里光纤的量子密钥分发演示性实验。

2006 年，中国科学技术大学潘建伟团队在世界上首次利用诱骗态方案实现了安全距离超过 100 公里的光纤量子密钥分发实验。同时，美国 Los Alamos 国家实验室—美国国家标准局联合实验组和奥地利的 Zeilinger 教授领导的欧洲联合实验室也使用诱骗态方案实现了安全距离超过 100 公里量子密钥分发。量子诱骗态打开了量子通信技术应用的大门，开始从实验室演示走向实用化和产业化。

量子通信技术已经获得了空前的发展，特别是 QKD(量子密钥分配)技术，已经可以进行上百公里的传输实验，并且大规模的 QKD 网络已经初步建成；量子离物传态技术也已经获得了传输 16 km 的实验进展。近年来的量子通信突破性进展层出不穷，尤其是随着关键量子器件技术的成熟，部分成果已经达到实用化水平，完全脱离了纯理论阶段，基本进入了应用阶段。

2.2 我国量子通信技术世界领先、应用丰富

我国在量子通信领域处于世界领先水平，已经实现了超过两百公里的安全信息传输，实用化安全传输距离已达到几十公里，量子通信网络技术已发展成熟。从目前的实际情况来看，将量子通信网络与现有网络进行融合是其最优的发展战略。我国量子通信技术经过多年研究，已经处在产业化的前夕。

2005 年，潘建伟院士的团队在世界上第一次实现 13 公里自由空间量子通信实验，证实了星-地量子通信的可行性。

2007 年 3 月，郭光灿院士领导的研究团队在北京成功试验了“量子路由器”，并获得美国授权专利。还在北京网通（现联通）建立了有 4 个用户的量子密码通信网络，用户间最短距离 32km，最长距离 42.6km。

2009 年，潘建伟、陈增兵、彭承志等人所组成的团队针对量子通信实用化展开了攻关研究，研制成功量子电话样机，在商业光纤网络的基础上，组建了可自由扩充的光量子电话网（见下图），节点间距达到了 20 公里，实现了“一次一密”加密方式的实时网络通话和 3 方对讲机功能，真正做到了“电话一拨即通、语音实时加密、安全牢不可破”的量子保密电话。这是我国科学家继自由空间量子纠缠分发、绝对安全距离大于 100km 的量子保密通信之后，在实用化量子通信领域取得的又一国际领先的研究成果。

图表 3 合肥首个量子电话网

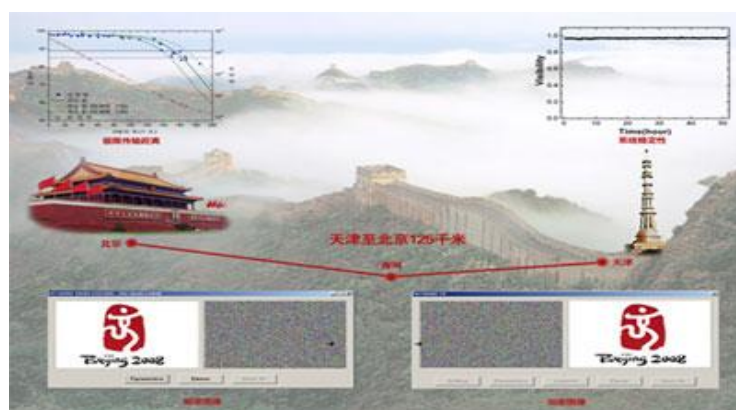


2009 年，国内首个“量子政务网”在安徽芜湖建成，标志着量子密码保密通信已经进入工程化阶段。

2012 年初，以潘建伟院士为团队核心的技术队伍，在合肥市建成了国际上首个规模化的城域量子通信网络，节点数达到了 46 个，远远超过此前国际上已有的同类网络，投入资金 6000 多万元。使用光纤约 1700 公里，通过 6 个接入交换和集控站，连接 40 组“量子电话”用户和 16 组“量子视频”用户。该网络目前主要用户为对信息安全要求较高的政府机关、金融机构、医疗机构、军工企业及科研院所，如合肥市公安局、合肥市应急指挥中心、中国科技大学、合肥第三人民医院及部分银行网点等。

合肥量子通信网的建成使用，标志着我国继量子信息基础研究跻身全球一流水平后，在量子信息先期产业化竞争中也迈出了重要一步。合肥城域量子通信网络建成 3 年以来，运行良好，通信正确率达到 99.6%，超过了目前移动通信水平。部分城市的城域量子通信网也在建设之中，未来这些城市将通过量子卫星等方式联接，形成我国的广域量子通信体系。

图表 4 北京-天津“京-津 125 公里光纤量子单向通信”



资料来源：公开资料，方正证券研究所

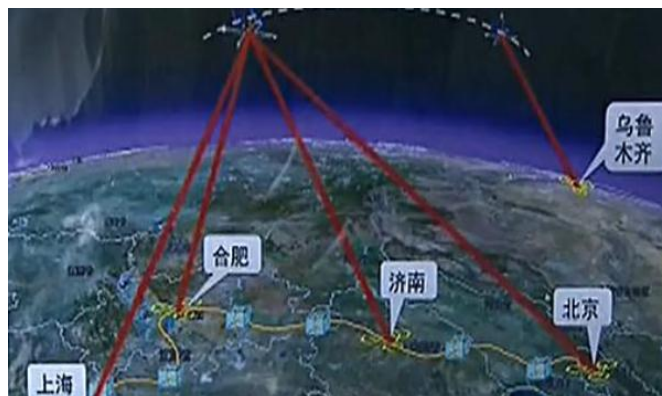
2012 年，新华社和中国科大合作建设的金融信息量子通信验证网在北京开通，在世界上首次实现利用量子通信网络对金融信息的安全传输。

2014 年，中国开始建设全球最长的量子信息通道，总长度达 2000 公里。世界第一条量子信息保密干线——“京沪干线”量子通信工程开工建设，建设连接北京、上海的高可信、可扩展、军民融合的广域光纤量子通信网络。预计 2016 年世界首条千公里量子通信保密干线将在北京和上海之间建成，沿途城市都可以用量子保密方式安全传输政府公务信息和银行数据等。

图表 5 京沪量子保密干线



数据 7 研究创造价值

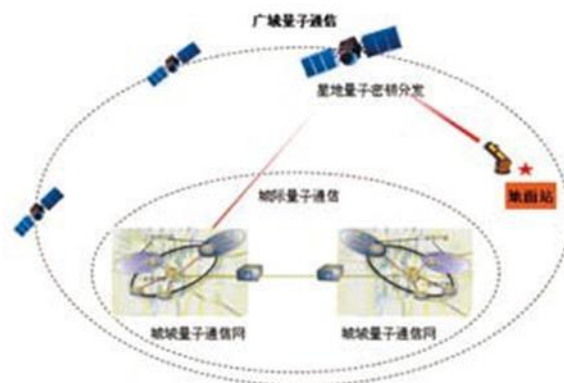


资料来源：公开资料，方正证券研究所

2014 年，济南市建设的“济南量子通信试验网”正式投入使用。这是我国第一个以承载实际应用为目标的大型量子通信网，也是世界上已知的规模最大、功能最全的量子通信试验网。目前，山东省内已有 50 个单位。“济南量子通信试验网”不仅是我国量子技术上的重大突破之一，也是目前世界上量子节点、用户数量、业务种类和“密钥”发放最多、规模最大的量子试验网。

2016 年，中科院计划发射首颗“量子科学实验卫星”，以实现自由空间量子通信网，使量子通信网络最终能够覆盖全球。首颗卫星发射后还将发射更多卫星，到 2020 年实现亚洲与欧洲的洲际量子密钥分发，届时联接亚洲与欧洲的洲际量子通信网也将建成。到 2030 年左右，中国将建成全球化的广域量子通信网络。量子科学试验卫星的发射将率先实现星地一体广域量子通信技术以及全球化量子网络。

图表 6 量子卫星 星地通信



资料来源：公开资料，方正证券研究所

专网的行业应用方面，量子通信已实现在国内银行业的首次成功应用：安徽量子通信有限公司的量子通信系列产品于 2015 年 2 月在中国工商银行通过用户验证并投入使用，成功实现了该行北京分行电子档案信息在同城间的量子加密传输。

2.3 量子通信列入国家十三五规划重点

国家十三五规划正式发布，量子通信成为其中重大科技项目之一。“在航空发动机、量子通信、智能制造和机器人、深空深海探测、重点新材料、脑科学、健康保障等领域再部署一批体现国家战略意图的重大科技项目”。

基于量子密码技术的保密通信不仅可用于军事、国防安全，还可用于涉及秘密数据、票据，以及政府、电信、证券、保险、银行、工商、地税、财政等国民经济各个领域和部门。21 世纪信息科学从“经典”时代跨越到“量子”时代，将成为各国未来高技术的战略竞争焦点之一。

国家层面对量子通信的专项投入和政策扶持为其快速发展注入了强劲动力。

3. 量子通信前景广阔——千亿级市场空间

3.1 主要应用领域——信息安全

量子通信在军事、国防、金融等信息安全领域有着重大的应用价值和前景，不仅可用于军事、国防等领域的国家级保密通信，还可用于涉及秘密数据和票据的电信、证券、保险、银行、工商、地税、财政以及企业云存储、数据中心等领域和部门，而技术又相对成熟，未来市场容量极大。

在国防和军事领域，量子通信能够应用于通信密钥生成与分发系统，向未来战场覆盖区域内任意两个用户分发量子密钥，构成作战区域内机动的安全军事通信网络；能够应用于信息对抗，改进军用光网信息传输保密性，提高信息保护和信息对抗能力；能够应用于深海安全通信，为远洋深海安全通信开辟了崭新途径；利用量子隐形传态以及量子通信绝对安全性、超大信道容量、超高通信速率、远距离传输和信息高效率等特点，建立满足军事特殊需求的军事信息网络，为国防和军事赢得先机。

在专网及公众领域，量子通信可用于金融机构的隐匿通信等工程以及对电网、煤气管网和自来水管网等重要基础设施的监视和通信保障，促进经济发展。

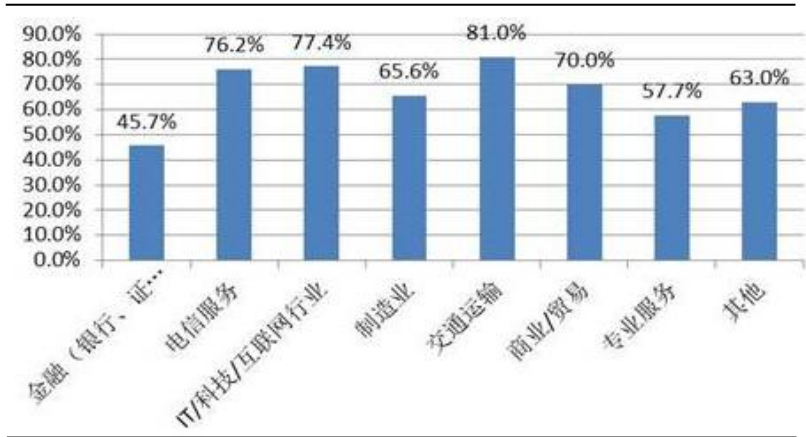
图表 7 量子通信在信息安全方面的应用机会



资料来源：公开资料，方正证券研究所

此前出台的国家安全法规定，国家加强自主创新能力建设，加快发展自主可控的战略高新技术和重要领域核心关键技术。同时，实现网络和信息核心技术、关键基础设施和重要领域信息系统及数据的安全可控。

图表 8 在信息安全有投入的公司占比--分行业



资料来源：CTO 企业信息安全调查报告，方正证券研究所

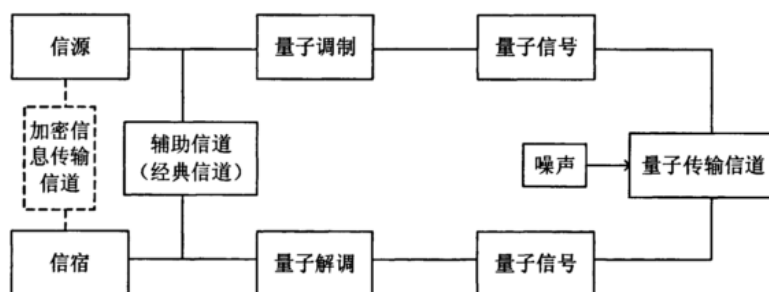
量子态的传输损耗和退相干效应随距离呈指数增长，真正意义上的量子通信广域组网必须借助量子中继技术。现阶段，量子态的控制存储和纠缠纯化等技术尚不成熟，量子中继短期内难以突破。

星地量子通信通过发射近地空间量子卫星，在星地之间进行量子纠缠对分发或量子密钥传输，能够为广域量子通信提供量子纠缠源和密钥中继，成为下一阶段广域量子通信组网的可行技术方案。而星地技术的突破，也将为空天等特殊领域应用打开空间。

3.2 量子通信产业链分析

量子通信系统的简化模型包括量子信源，量子信道和量子信宿三个主要部分。量子信源产生消息并发送出去；量子调制将原始消息转换成量子态形式，产生量子信号；量子信宿是消息的接收者，量子解调将量子态的消息恢复成原始消息；其余都属于量子信道范畴。另外通常还有辅助信道，是指除了传输信道以外的附加信道，如经典信道，主要用于密钥协商等。

图表 9 量子通信系统的组成

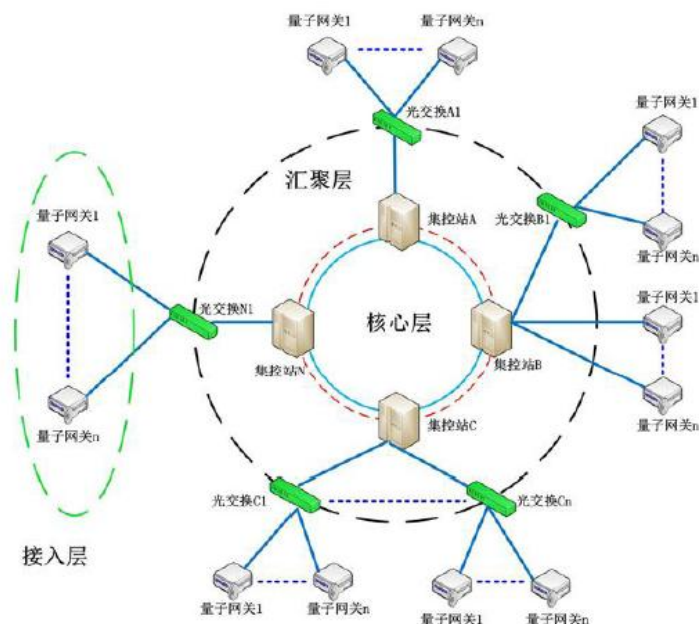


资料来源：公开资料，方正证券研究所

量子通信系统的主要设备包含：通信网络主设备（含核心器件）、终端设备，还包括配套的科学仪器以及系统性的管控和应用软件等。

当前可应用的量子通信技术主要是基于弱相干激光的单光子协议，典型的技术有 BB84 协议和 DPS 协议等。其中基于诱骗态的 BB84 协议由于其克服了 PNS 攻击，是目前实际采用的量子通信技术。总体方案是尽量采用现有光纤量子通信线路，在其上面添加核心量子设备，建立 QKD 中心。网络部分应当分为量子通信网与经典通信网两种网络独立建设，两者通过 QKD 终端连接，最终生成密钥通过该终端输出至经典通信网。

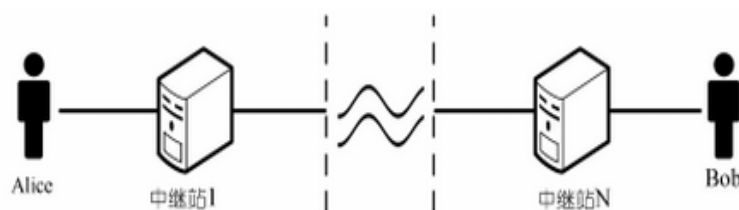
图表 10 一种典型的量子通信组网结构



资料来源：公开资料，方正证券研究所

目前采用诱骗态方法的最远实验距离是 200km，基于经典相干态光源的诱骗态方法很难直接完成全球化量子通信任务。远程量子通信的最终实现将依赖于量子中继：在空间建立许多站点，以量子纠缠分发技术先在各相邻站点间建立共享纠缠对，以量子存储技术将纠缠对储存，采用远距离自由空间传输技术实现量子纠缠转换，即增长量子纠缠对的空间分隔距离。如果预先将纠缠对布置在各相邻站点，纠缠转换操作后便可实现次近邻站点间的共享纠缠，继续操作下去，原则上可以实现在很远的两个站点间建立共享纠缠。即实现远距离量子通信。

图表 11 量子中继

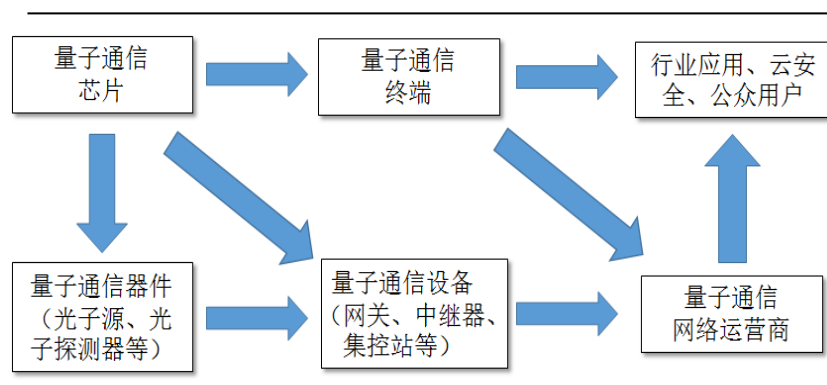


资料来源：公开资料，方正证券研究所

量子中继与经典中继(俗称“可信中继”)在安全性上是完全不同的。可信中继是通过中继把形成的密码“接力”下去，它要求所有中继站都是安全的，在通信双方跨越的中继站中只要有一个不安全，则通信内容完全不安全。而量子中继的中继站只转换纠缠却看不到密码，即便所有中继站都不安全，两个通信终端间形成的密钥及以此为基础的通信仍然绝对安全。

根据量子通信系统的结构，参考产业化的可能路径，分析得出量子通信产业链结构如下：

图表 12 量子通信产业链组成



资料来源：方正证券研究所

3.3 市场应用场景分析——专网、公众网、云安全

1) 场景一：城域安全通信专网

在城域量子密钥生成与分发系统的支撑下，在城域网范围内，任意两用户之间可以实现量子密钥逐比特加密通信，从而构成具有严格安全性能的通信网络。

2) 场景二：广域安全通信专网

目前量子传输信道长度有限，还不能直接构建广域量子通信网。但是，可以通过分段采用量子密钥逐比特实时加密，构成较经典网络具有更高安全等级的广域通信网。目前在节点加密信息需要落地，存在安全隐患。

未来随着基于自由空间量子通信技术的成熟，通过建立天基平台，可以扩大覆盖范围，延伸量子信道传输距离。在量子存储和量子中继技术得以突破后，将进一步延伸量子信道传输距离，构建成具有严格安全性能的广域通信网络。

3) 场景三：公众网络安全和云安全

随着量子通信技术的产业化和广域量子通信网络的实现，作为保障未来信息社会通信安全的关键技术，量子通信极有可能会进入公众通信网，服务于大众，成为电子政务、电子商务、电子医疗、生物特征传输和智能传输系统等各种电子服务的驱动器，为高度信息化的社会提供基础的安全服务。

在 ICT 大融合的趋势下，用户手中的移动终端越来越瘦，用户数据逐渐上传到云端，量子通信可为公有云、私有云存储及数据中心提供安全传输解决方案。量子加密通信不只是一种全新的加密手段，还将是新一代网络信息安全解决方案的关键技术，云服务和量子加密技术的结合将让整个社会享受量子技术革命带来的好处。

2015 年 10 月 14 日杭州云栖大会上，阿里云量子加密通信产品正式发布。国盾量子的量子通信产品落地阿里云，支撑公共云提升数据安全，契合大数据、云计算发展的浪潮，标志着“云+量子”作为基础设施与服务开始面向广泛的社会及行业应用。双方已在阿里云网络环境建立了多个量子安全域，通过量子传送门（Quantum Portal）实现同城数据中心互联组网，能够为客户提供无条件安全

数据传输服务，并已用阿里业务实现小规模测试，可实现到达、保密、组网、密钥分发的功能；今年将正式把合适的阿里业务切到量子安全域，进行规模化验证，同步进行开服的准备工作。这是全球范围内量子加密通信技术与云服务的首次结合。

2013 年，美国独立研究机构 Battelle 公布了环美量子通信骨干网络项目，计划采用分段量子密钥分发，结合安全授信节点进行密码中继的方式为谷歌、微软、亚马逊等互联网巨头的数据中心之间的通信提供量子安全保障服务。

随着量子通信的应用越来越广泛、技术越来越成熟，将会有更多的公司参与其中，各种解决方案的成本将逐步降低，提供更具安全可靠性的产品和服务。

3.4 市场规模测算——百亿、千亿级

基于信息安全性需求、技术发展进度和市场推广速度，我们主要从专网、公众网、云安全及特殊应用领域等几个方面进行市场规模的测算：

1) 短期市场规模

专网：市场规模预计到 2017 年将达到 180 亿左右，按照届时 20-25% 的专网采用量子通信，专网领域量子通信的市场规模在 35-45 亿元。

公众网：以覆盖和渗透到公众网、尤其是运营商的网络为主，按照其每年总投资 3500 亿、其中传送网相关投资 1200 亿元，按照 3-5 年内量子通信渗透率 4-5% 测算，公众网领域量子通信的市场规模在 50-60 亿元。

云安全及特殊领域：随着云计算、IDC/CDN 等的飞速发展，按照 Gartner 的估算，2017 年全球云安全市场规模有望达到 240 亿元（41 亿美元），5 年内，量子通信在国内云安全领域的市场规模预计在 10 亿元。特殊应用领域，在十三五规划指引的带动下，预计将会加速应用至空、天及其他领域，市场规模预计在 10-20 亿元。

小结：3-5 年内，量子通信市场规模有望达到 100-130 亿。预计短期催化剂主要包括：十三五规划等政策层面的推动、政务和军事专网的信息安全需求加强、高校等科研机构的产业化动力增强、量子通信技术在公众通信网的现网测试和小范围应用。

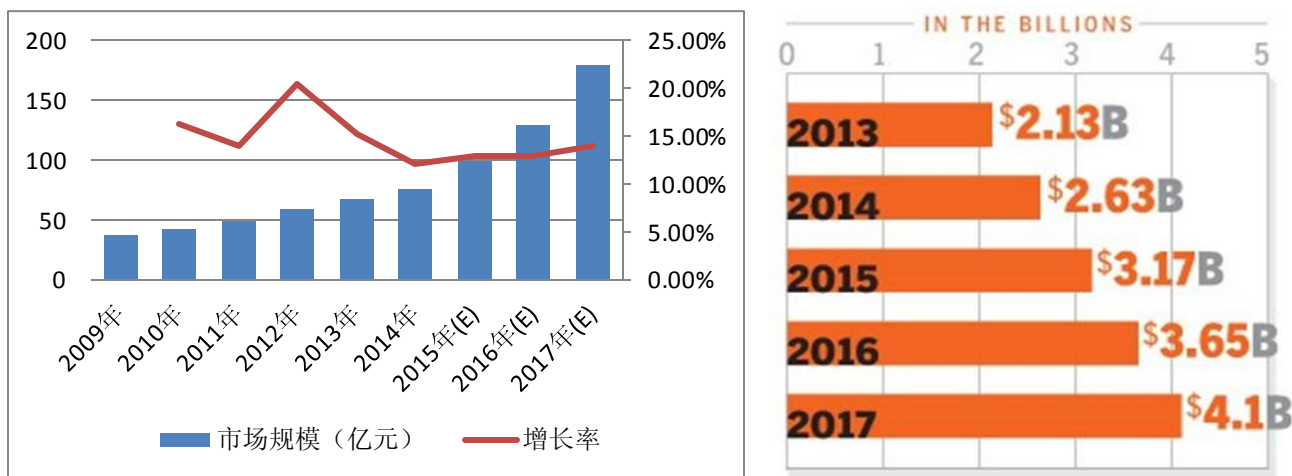
2) 长期市场规模

在 5-10 年内，预计在十三五等顶层设计的推动、科研的持续投入、技术成熟度提高和产业化加速，市场规模有望进一步扩大，尤其是在互联网领域，信息安全问题刻不容缓。经过国内的规模化市场应用，随着一带一路大政策等技术和产品的海外拓展，量子通信很可能逐步打开海外市场。

到 2025 年，a) 预计专网市场规模达到 500 亿，量子通信渗透率 60%；b) 预计公网市场年投资达到 2000 亿，量子通信渗透率 30%；c) 预计云安全及特殊领域的规模达到 500 亿，量子通信渗透

率 60%; d) 合计市场规模=500*60%+2000*30%+500*60%=1200 亿, 达到千亿级。

图表 13 国内专网、全球云安全市场规模



资料来源: 左: 智研数据中心, 右: Gartner, 方正证券研究所

4. 相关公司

4.1 新海宜 (002089)

新海宜的专网通信业务增速快, 已经成为第一大业务。其产品采用自组网、量子通信加密等先进技术, 并通过总参信息化部的认证, 公司能够提供整体系统集成。未来预计公司还将向信息安全领域拓展, 加上现有专网通信产品的民用化, 市场空间广阔。

4.2 蓝盾股份 (300297)

蓝盾信息安全技术股份有限公司与华南师范大学信息光电子科技学院近日签署了《共建量子密码技术联合实验室框架协议》, 双方拟共同筹建量子密码技术联合实验室。联合实验室的总体目标是通过校企产学研合作, 推动量子密码技术的产业化应用, 分步骤推出量子密码网络的通信终端产品和网络节点产品, 构建量子密码应用网络, 最终为信息安全领域提供量子密码产品的销售和具体应用案例的解决方案。

4.3 浙江东方 (600120)

东方股份所属浙江国贸东方投资管理公司与中科大量子通信技术团队达成意向, 在浙江省杭州市海创园内设立“浙江神州东方量子网络技术有限公司”。该公司作为浙江省首家量子通信产业化平台, 将由国贸东方投资管理公司联合中科大量子物理和量子信息技术团队等组建, 主要从事浙江省内量子保密通信固网建设和运营业务。

4.4 华工科技 (000988)

量子通讯技术的发展对光电子器件提出新的需求，尤其是单光子源的研发，成为当前必须解决的问题，量子点结构是制备单光子源的最佳解决途径。华工科技子公司华工正源的首席科学家王肇中教授正在研制的量子点激光器正是服务于国家的量子通讯系统，属于量子通讯中所需要的量子点激光器。在国际上处于技术前瞻性研究，工程实践性研究处于刚开始阶段，进入商用和批量化生产的阶段尚需一段时间。量子点激光器具备低阈值电流、高通讯保密性，高光转换效率、更强的干涉性，可以极大地改善光电器件的性能，能在高速光通信、量子通信、图像显示、导航、高功率激光武器等领域发挥巨大的应用。

4.5 华夏幸福（600340）

15 年 11 月 13 日，华夏幸福和问天量子通过共建量子保密通信展示控制中心、举办量子保密通信高端研讨会、标准研讨会活动等系列举措，推进“产学研”深度合作，打造“下一代信息网络创新产业园”，推动量子保密通信产业的优势资源在河北集聚，推动区域经济高质量、可持续的发展。问天量子落户固安“下一代信息网络创新产业园”后，将重点发展结合应用场景的量子安全技术研发与推广，以及量子保密示范系统的建设。项目将覆盖京津冀地区的信息安全网络，并辐射延伸至整个华北地区，构筑华北大数据和信息安全中心。同时，问天量子还将在园区推进院士工作站和省级工程技术中心(或重点实验室)等产学研平台的搭建。

4.6 皖能电力（000543）

中国科学技术大学联合安徽省皖能集团（皖能电力第一大股东）和铜陵润丰集团，合资成立安徽量子通讯技术有限公司，进行安徽的量子通信建设。

4.7 中信国安（000839）

公司持股 40%的联营企业合肥有线电视宽带网络有限公司参与潘建伟团队在合肥建成世界上已知规模最大的 46 节点量子通信试验网项目。

4.8 神州信息（000555）

量子信息“京沪干线”即将进入正式建设期，分为两阶段：第一阶段为开展小规模系统的室内联调；第二阶段是在此基础上做全线项目的集成建设，建成后将负责金融、电子政府、多媒体互联网等多个领域长途加密通信的应用验证。神州数码系统集成公司以第一名中标室内联调系统，如果能够顺利完成技术验证和应用示范项目的室内联调，将有望成“京沪干线”的整体系统集成商。神州数码是神州信息的下属子公司。神州数码是我国国家安全可靠计算机信息系统集成八家重点产业之一，曾经也参与过政府、金融、电信、交通能源等重要领域安全可靠信息系统的建设和保障工作，具备高复杂系统的集成建设能力。

4.9 国盾量子（非上市公司）

科大国盾量子技术股份有限公司（原安徽量子通信技术有限公司，2009 年 5 月创立）发源于中国科学技术大学，是中国第一家从事量子信息技术产业化的创新型企业，是中国最大的量子通信设备制造商和量子信息系统服务提供商，是全球广域量子通信网络化技术和商用服务的开拓者、实践者和引领者。科大国盾量子秉持执着创新、追求卓越、开放共赢、实业报国的理念，坚定服务国家信息安全战略，践行量子梦想。

科大国盾量子拥有中国最多的量子通信领域技术专利，自主研发的系列化产品涵盖量子通信网络设备、终端设备、核心器件、科学仪器，以及系统性的管控和应用软件等，并提供信息安全整体解决方案。公司是国家高新技术企业，国家密码管理局授权批准的商用密码产品定点开发、生产和销售许可单位，国家密码行业标准化技术委员会首批会员单位，通过中国质量认证中心 ISO9001 质量管理体系认证，系安徽省量子信息工程技术研究中心依托单位，是国际云安全联盟 Cloud Security Alliance (CSA) 成员，量子安全国际工作组 Quantum-Safe Security Working Group (QSSWG) 发起人。

4.10 问天量子（非上市公司）

公司系由芜湖市建设投资有限公司、中国科学技术大学共同投资成立，注册资金 3010 万元。公司依托中科院量子信息重点实验室，致力于将实验室的科研成果转化为产品以服务社会。现已建成省级量子安全工程技术研究中心、院士工作站等量子信息研发平台，研发实力雄厚。自主研发的系列化产品涵盖量子密码通信终端设备、网络交换/路由设备、核心光电子器件、开放式实验系统、科学仪器以及网络化安全管控和应用软件等，并提供量子信息安全系统整体解决方案。

公司拥有点对点量子密码通信方案、量子密码通信组网技术、量子密码通信核心器件多项国际和国内专利，是全球少有的同时拥有全部量子密码自主知识产权的公司，负责建设的“芜湖量子政务网”是世界首个多层级的试运行量子密码网络。

5. 量子通信原理及国际发展情况

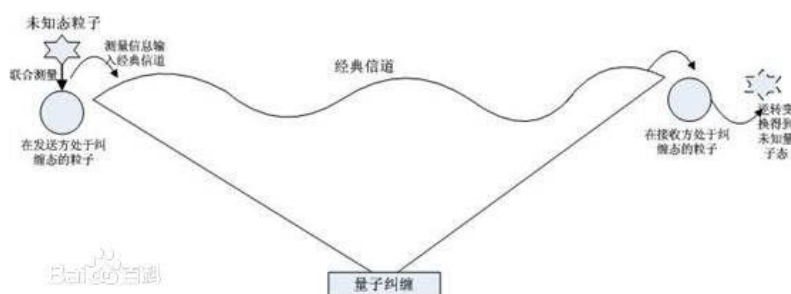
5.1 量子通信原理——基于量子“纠缠”

量子是最小的、不可再分割的能量单位。在微观世界里，有共同来源的两个量子之间存在着“纠缠”关系，无论二者相距多远，只要其中一个量子状态发生变化，另一个量子就能立即“感应”，并做出相应变化。在量子纠缠理论的基础上，1993 年，美国科学家提出了量子通信（Quantum Teleportation）的概念。

量子通信分为广义量子通信和狭义量子通信两个层面。广义量子通信是基于量子力学的基本原理，使用微观粒子做载体，通过“量子纠缠效应”实现经典通信无法实现的任务。主要涉及：量子保密通信、量子远程传态和量子密集编码等。一般所指的量子通信，主要指的是狭义量子通信，称为量子保密通信，或者称为量子密钥分配（Quantum Key Distribution, QKD），其希望解决的是通信的安全性问题，并非取代传统通信技术。

广义量子通信是指利用量子纠缠效应进行信息传递的一种新型的通讯方式。量子通信主要包含：量子密码通信、量子态隐形传输和量子密集编码等，已逐步从理论走向实验，并向实用化发展。高效安全的信息传输日益受到关注。

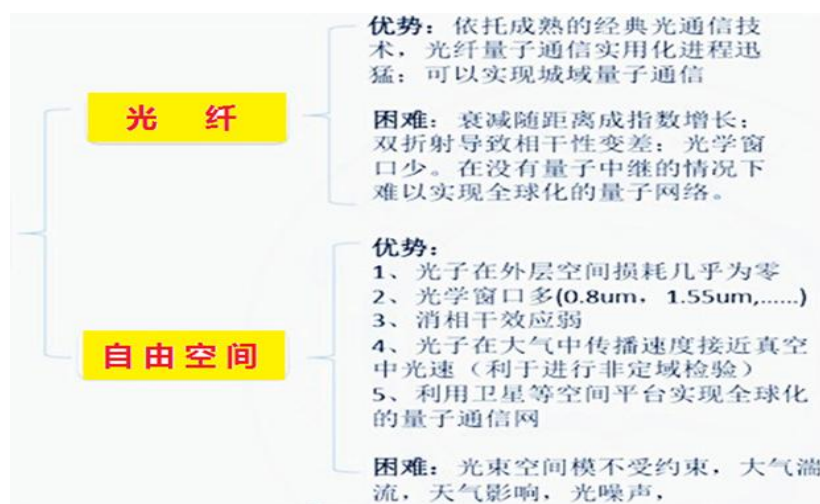
图表 14 量子纠缠态



资料来源：公开资料，方正证券研究所

光量子通信主要基于量子纠缠态的理论，使用量子隐形传态（传输）的方式实现信息传递。根据实验验证，具有纠缠态的两个粒子无论相距多远，只要一个发生变化，另外一个也会瞬间发生变化，利用这个特性实现光量子通信的过程如下：事先构建一对具有纠缠态的粒子，将两个粒子分别放在通信双方，将具有未知量子态的粒子与发送方的粒子进行联合测量（一种操作），则接收方的粒子瞬间发生坍塌（变化），坍塌（变化）为某种状态，这个状态与发送方的粒子坍塌（变化）后的状态是对称的，然后将联合测量的信息通过经典信道传送给接收方，接收方根据接收到的信息对坍塌的粒子进行幺正变换（相当于逆转变换），即可得到与发送方完全相同的未知量子态。

图表 15 量子通信的传输信道



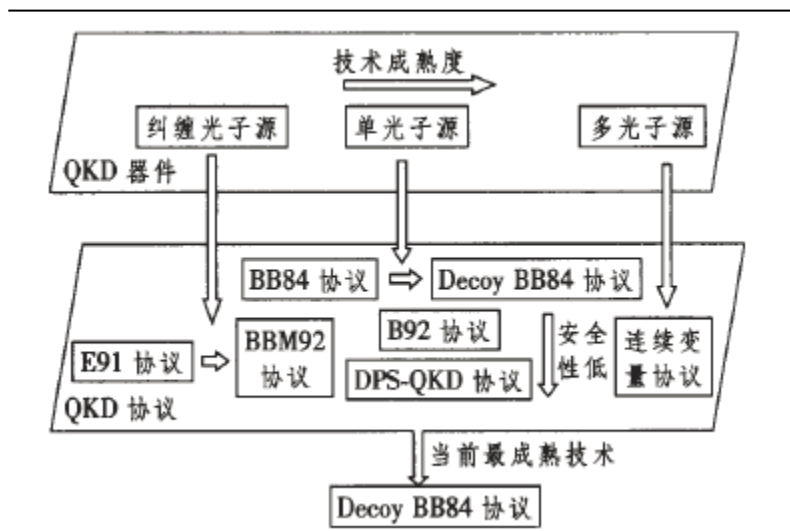
资料来源：公开资料，方正证券研究所

5.2 量子通信关键技术——单光子源、同步系统、单光子探测器

量子通信技术可分为 4 个部分，分别为量子密钥分配 QKD、量子通信协议、量子器件和量子编码。量子编码技术主要应用于量子计算，现阶段实用的量子通信系统主要涉及前三种技术。

量子密钥分配的最终成码率与安全距离和单光子源、同步系统、单光子探测器这三大关键技术密切相关。激光源的稳定性、同步系统的时间分辨率以及单光子探测器的工作频率、探测效率和暗计数等指标对最终的成码和所能达到的安全通信距离起着决定性作用。

图表 16 QKD 协议及技术成熟度



资料来源：公开资料，方正证券研究所

1) 单光子源

量子密钥是编码在单光子上的，这一点与经典密码系统有很大的不同。若是不能实现用单光子进行编码，则 Eve 就可以采取与经典窃听相同的办法，截取拥有相同信息的多个光子中的一个或多个用于测量以获取信息，海森堡测不准原理和量子不可克隆定理将无法发挥作用，量子密钥的安全性将无法保证。

但是到目前为止，单光子源还停留在理论和实验研究阶段，比如目前提出的一些采用 Na 粒子发射、量子点或者光学微球腔等方法，这些无论在技术实现上还是效率上都存在难以克服的问题。在现阶段的 QKD 中，比较常用的方法是使用经过强衰减的脉冲激光器来代替单光子源，我们把这种光源称为“弱相干光源”。

在这种弱强度脉冲激光中，每个脉冲中的光子分布遵从泊松分布，在一定光子数概率下，可以近似认为就是单光子源，不过会因此引入一定概率的误码，以及增加了被窃听的概率。

多光子脉冲会让 Eve 有可能分离出其中一个光子做测量而不影响其它光子，再通过窃听对基信息而得到密钥，因此可以在不引入误码的情况下获得密钥信息，导致安全性降低，这种窃听方式称为“光子数分束攻击”(Photon Number splitting Attack, PNS)。如果弱相干光源的系统损耗超过某一值时，PNS 攻击就会威胁系统的安全性。有文献介绍了采用诱骗态(Decoy State)的方案，使得弱相干光源能够完全抵抗 PNS 攻击，因此让弱相干光源的实用性得到了很大的扩展。

单光子源的最重要的指标是功率稳定性、波长稳定性、光谱线宽和可调制带宽，这些特性和整个量子密钥分配系统的成码率直接相关。

2) 单光子探测器

在接收端接收信号光子的器件就是单光子探测器。

单光子探测技术是一种极弱光检测技术，它不仅使用在量子密钥分配中，在高分辨率的光谱测量、非破坏性物质分析、精密分析、大气测污、生物发光、放射探测、高能物理、天文测光、光时域反射等领域也有着广泛的应用。

能实现单光子探测的器件种类较多，比如光电倍增管(PMT)、雪崩光电二极管(APD)、超导探测器、增强型光电极管(IPD)、微球板(MSP)、真空光电二极管(vAPD)等。光电倍增管适合在紫外光和可见光波段的测量，但对于量子通信中常用的红外波段其探测效率很低。量子通信中目前应用比较多的是 APD 探测器和超导探测器，其中最常见的是 APD 探测器。

3) 同步系统

量子通信中，由于工作在脉冲的方式下，需要收发双方都处于相同的工作频率，使发射方按照一定的工作频率发送信号光子，接收方也必须按照相同的频率探测光子，并且能准确分辨相互对应的脉冲信号。为达到此目的，收发双方需要有一个同步系统作为联系，起到连接收发双方工作的作用。

量子通信分为量子信道和经典信道，量子信道是作为光子传输量子态的路径。而经典信道指的是在作基矢比对时所需的传统信道，也即同步系统。同步系统的具体作用主要有：一是控制 APD 探测器的门时间，二是作为外部标准，对 APD 探测器输出的随机信号计数，以便进行后续的数据筛选、数据纠错等工作。同步系统作为一个经典通信技术，主要是由电子学方法实现的，不过为了使两个信道在时间上严格一致，通常会选择将电信号转为光信号，通过光信道传输后再转回电信号。

由于量子通信系统工作时的脉冲宽度很窄，在 ns 的量级，这就决定了同步系统需要高精度、高稳定性的特点。同步系统的精度、稳定度不够，不但可能引入不必要的误码率，甚至有可能使整个系统完全错位而无法成码。

5.3 量子保密通信接近成熟应用

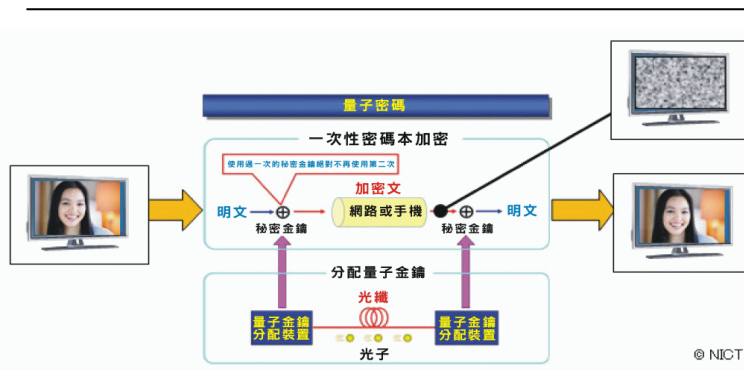
传统的密码学是基于数学上的因式分解的计算复杂度。随着科技的发展，破解传统加密技术（如 RSA）只是时间问题，故研发一种更加安全的加密方式已迫在眉睫。

在量子通信中，一旦有第三方试图窃听信息，通信者便会通过量子密钥而得知。量子密钥分发是利用量子力学特性来保证通信的安全性。它使通信双方能够产生并共享一个随机产生的安全密钥，来加密和解密信息。根据量子不可克隆原理，已知的量子态不可能被精确复制，即窃听者无法复制出一把相同的“密钥”来对加密的信息进行相应的解码；根据信息干扰理论和海森堡不确定性原理，任何检测通信过程中的窃听，都会毁坏密钥的保护层，从而使传输双方得知窃听者的存在以及他所截获的信息数量。

量子保密通信主要解决的是安全问题：在“一次一密”下，密钥分发采用量子技术，主要利用量子测不准和不可克隆的特性，这

样传送密钥（利用量子态来编码）时一旦被窃听就能主动发现，并重新发送，实现密钥绝对安全。未来可以在现有 IP 网、光传输网上面直接加载 QKD 网（量子通信网），实现大规模量子通信网建设，并打开更广阔的市场空间。

图表 17 日本-量子加密通信-成功传输影像



资料来源：公开资料，方正证券研究所

5.4 国际量子通信产业发展迅速

经过 20 多年的发展，量子通信技术已经从实验室演示走向产业化和实用化，目前正在朝着高速率、远距离、网络化的方向快速发展。由于量子通信是事关国家信息安全和国防安全的战略性领域，且有可能改变未来信息产业的发展格局，也成为世界主要发达国家如欧盟、美国、日本等优先发展的信息科技和产业高地。

发展量子通信技术的终极目标是构建广域乃至全球范围的量子通信网络。通过光纤连接一个中等城市内部的通信节点、通过中继技术实现邻近两个城市之间的连接、通过卫星与地面站之间的自由空间光子传输和卫星平台的中转实现两个遥远区域之间的连接，是目前条件下实现全球广域量子通信最理想的途径。

在这一路线图的指引下，欧洲、美国和中国等在近十几年中均进行了战略性部署，投入了大量的科研资源和开发力量，进行关键技术攻关和实用化、工程化探索，力争在激烈的国际竞争中占据先机。光纤量子密码技术目前正从点对点量子密钥分发的初级阶段向实现多节点网络内的量子安全性方向深入发展阶段，全球各地正在加紧进行量子通信系统的实用化和工程建设。

1) 美国

美国上世纪 90 年代初期，美国 IBM 公司在实验室中以 10bit/s 的传输速率成功实现了世界上第一个量子信息传输，虽然传输距离只有 32cm，但这拉开了量子通信实验研究的序幕。

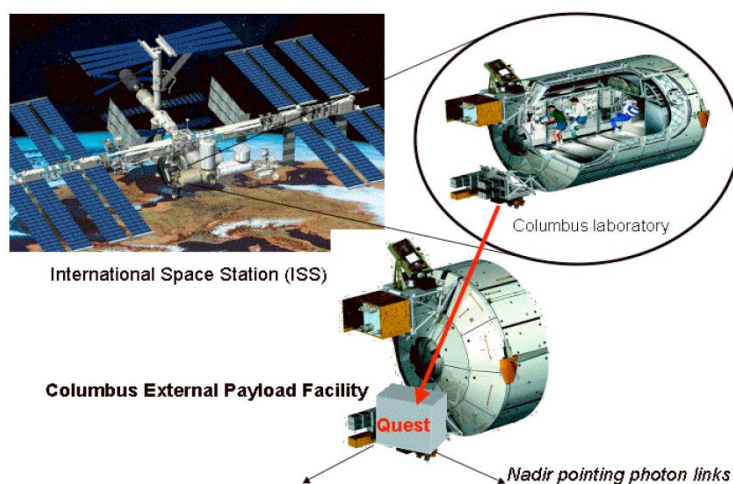
2000 年，LosAlamos 国家实验室宣布实现了在全日照条件下的 1.6km 自由空间量子密钥的分发，进而在 2006 年基于诱骗态 (Decoy-state) 方案实现了能保证绝对安全的 107km 光纤量子通信实验。

美国国防部高级研究计划署（DARPA）和 Los Alamos 国家实验室于 2009 年分别建成了两个多节点量子通信互联网络，并与空军合作进行了基于飞机平台的自由空间量子通信研究。

由美国国防部高级研究署（DARPA）支持，BBN 公司（具有很强的军方特色）技术部联合波士顿大学与哈佛大学共同开展了量子保密通信与 IP 互联网结合的五年试验计划。该计划主要内容是以 BBN 技术部、波士顿大学和哈佛大学作为三个节点以构建融合现行光纤通信网、互联网和量子光通信的量子互联网，并在此基础上实现保密通信。

下一步计划把研究结果推进到空间实现阶段，未来将实现由国际空间站（ISS）搭载量子中继端进行空间试验，试验将在国际空间站上的一个量子通信终端与一个或多个地面站上的光学接收终端之间建立自由空间光学通信链路，进行量子密钥的分发，接收到密钥的地面站之间即可以用该密钥加密重要信息，在传统信道中进行传输，实现长距离完全保密通信。

图表 18 美国空间量子通信系统



资料来源：公开资料，方正证券研究所

2) 欧盟

2008 年，欧盟发布的《量子信息处理和通信：欧洲研究现状、愿景与目标战略报告》中给出了欧洲未来五年和十年量子信息的发展目标，例如将重点发展量子中继和卫星量子通信，实现 1000 公里量级的量子密钥分配。

欧洲空间局计划到 2018 年将国际空间站上的量子通信终端与一个或多个地面站之间建立自由空间量子通信链路，首次演示绝对安全的空间量子密钥全球分发的可行性。

欧洲方面利用欧盟国家联合技术力量，在多个研究机构之间形成了有效合作体制，在量子通信领域走在前列。2002 年欧盟多国科学家在欧洲空间局（ESA）的 General Studies Programme 框架下启动量子通信研究计划，2004 年该小组 Zeilinger 教授向 ESA 提交了名为“Space-QUEST”的计划书，欲将量子通信推向空间应用。

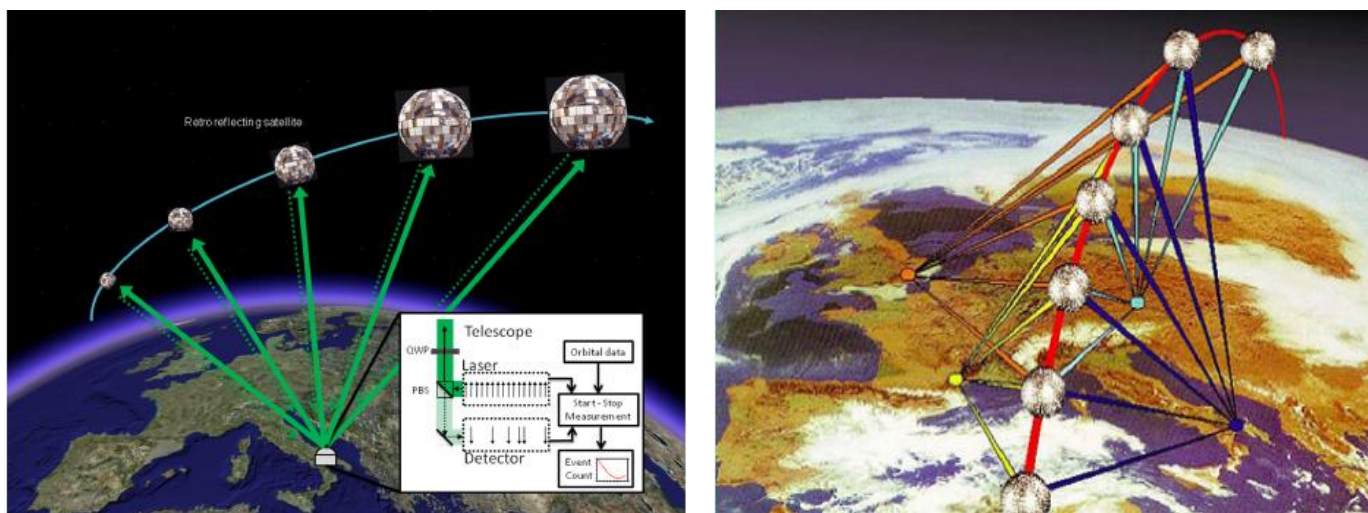
2007 年，来自德国、奥地利、荷兰、新加坡和英国的联合团队在大西洋中两个海岛 Canary Island of La Palma 和 Tenerife 间实现

了 144 km 的基于 BB84 协议的诱骗态自由空间量子密钥分发以及基于纠缠的自由空间量子密钥分发。这个实验的成功是最终实现星地间量子通信的重要基石。

2008 年，据《新科学家》杂志等媒体综合报道，一支由意大利帕多瓦大学的炮罗·维罗来斯和奥地利恺莎尔·巴伯利领导的联合研究小组宣布，他们成功地利用意大利名为马泰拉（Matera）激光测距天文台的 1.5 米望远镜向地球上空 1500 公里处的日本阿吉沙（Ajisai）人造卫星发射出光子，并让这些卫星将这些光子反弹回到了原始出发地，实现了太空绝密传输量子信息的重大突破。此研究小组从意大利马泰拉（Matera）激光测距天文台的望远镜向阿吉沙（Ajisai）人造卫星发射出一束普通的激光。阿吉沙（Ajisai）人造卫星由 318 面镜片组成，从精确的镜片上反弹回来的单批光子成功地回到了此天文台，证实了地面能观测到从轨道卫星上发送回来的光子。

国外有研究团队正在建设人造卫星，用于产生纠缠光子，接收信息并对信息编码，之后再对编码的信息反射回来，以建立全球量子通信网络。这一突破表明在太空和地球之间可以构建安全的量子通道来传输信息，标志着无法偷听的量子编码通信可望通过人造卫星来实现。

图表 19 欧洲空间量子通信系统



资料来源：公开资料，方正证券研究所

3) 日本

日本也提出了量子信息技术长期研究战略，目前年投入 2 亿美元，规划在 5 至 10 年内建成全国性的高速量子通信网。日本的国家情报通信研究机构（NICT）也启动了一个长期支持计划。

日本国立信息通信研究院计划在 2020 年实现量子中继，到 2040 年建成极限容量、无条件安全的广域光纤与自由空间量子通信网络。

2010 年，日本 NICT 主导，联合当时欧洲和日本在量子通信技术上开发水平最高的公司和研究机构，在东京建成了 6 节点城域量子通信网络“Tokyo QKD Network”，东京网在全网演示了视频通话，并演示网络监控。

4) 大型企业深度介入产业化

一些世界著名的公司也对量子信息技术投入了大量研发资本，介入了产业化开发，例如：美国电话电报公司（AT&T）、Bell 实验室、IBM、Hewlett-Packard，荷兰 Philips，日本 Hitachi、NEC、NTT、Toshiba，英国电话电报公司，德国西门子公司等。2010 年 10 月，日本在东京展示一个由 NEC、Toshiba、三菱电子等公司支持建设的量子通信网络。大型国际企业已经实际地介入了量子通信技术的研发和产业化。

6. 量子通信产品形态及技术改进

6.1 量子通信典型产品形态

量子存储和量子中继技术当前均不成熟，基本处于实验研究阶段，离实际应用还有很大距离。但是这两种技术可以解决量子网络问题，可以应用各种 QKD 协议搭建大型量子通信网络。

目前比较成熟的量子器件技术是单光子源及其探测器，当前的 QKD 网络基本都是基于这两种技术搭建。但是真正的单光子源均存在技术难题，目前采用弱脉冲激光单光子源替代。探测器则多采用 InGaAs / InP 半导体单光子探测器纠缠态技术的成熟度介于上面两种技术之间，目前已经有实验网络采用 BBM92 协议，并且已经取得 16 km 的离物传态的实验成果。根据以上分析，结合 QKD 协议以及量子器件成熟实用性分析，受量子器件制约的 QKD 协议及其发展状况如下。

图表 20 QKD 协议与关键器件

器件类型	相关 QKD 协议	主要技术	存在的问题	技术评价
单光子源	BB84、B92、DPS、QOTP QSDC	量子点单光子源 ^[3] 、下参量单光子源 ^[3] 、弱脉冲激光单光子源	弱强度脉冲激光近似单光子源，会引入一定概率的误码，而且增加了被窃听的概率。	现有单光子技术均存在技术难题，一般采用弱衰减激光代替
单光子探测	BB84、B92、DPS、QOTP QSDC	光电倍增管(PMT)、超导单光子探测器 ^[4] (SSPD)、半导体单光子探测器 ^[4] (InGaAs/InP-APD)	红外单光子探测器重复频率较低，适应短程量子保密通信，InGaAs/InP 材料雪崩二极管工艺也相对落后，发生其暗计数与后脉冲的概率较高	PMT 不适合红外，SSPD 需低温，一般采用 InGaAs/InP 半导体探测器
纠缠态	E91、BBM92、Two-Step QSDC、QSS、HBB99、量子离物传态	腔 QED 技术、腔增强参量转换技术	纠缠光源的光子相干长度太短（大约 100 μm），不可能在长距离下稳定；需要高亮度、高品质、窄带纠缠光子源	总体上尚不成熟
量子存储	MBE-QKD、QOTP-QSDC、延迟测量的 QSS、量子离物传态	自旋波激发、腔增强参量下转化	由于退相干机制的存在，使得已实现的量子存储的寿命都非常短	总体上尚不成熟
量子中继	QSS、量子离物传态	量子纠缠、纠缠交换	需要纠缠交换、制备窄带多光子纠缠态、实现多光子纠缠态的量子存储等新的技术	总体上尚不成熟

资料来源：公开资料，方正证券研究所

1) 量子密钥的分发（即密钥生成），需要单光子源（由高性能激光器产生）和单光子探测器。

量子密钥分配终端(一体机),包含了激光器和单光子探测器。在功能上实现:量子密钥生成,量子密钥管理,加密数据转发,网络控制等功能。目前采用收发独立型结构与收发一体型结构,收发独立型设备是指发送端机和接收端机是分开的两台独立设备,也被称为单向量子密码系统,收发一体型设备包含量子密码发射端机。量子密钥分配终端部署在核心层的集控站中。与接收端机,也被称为双向量子密码系统。设备搭配较为灵活,有利于在较为复杂的网络配置中节省组网成本。

2) 集控站可同与之相连的量子网关及其他集控站进行密钥产生,并完成其所辖区域内各用户的密钥产生调度。集控站内包括量子网关、光交换、密钥管理与应用系统,以及网络管理系统构成。收发一体的量子密钥分发器位于集控站中。

图表 21 量子集控站



资料来源:国盾量子官网,方正证券研究所

3) 量子网关

进行信号转换,并对接支持各种应用业务的协议。量子网关中加入了量子密钥注入模块,通过量子密钥分配终端所提供的绝对安全量子密钥对数据进行加密。

4) 量子交换机、量子路由器、系统、光纤光缆

图表 22 全通型光量子交换机



图表 23 问天量子公司量子通信产品



量子密钥分配终端
问天量子公司研发的量子密钥分配终端（QKD）是实现量子密钥分配的专用设备，以多项国内外量子密码技术的... [详细内容]



百兆量子安全网关
安徽问天量子QVPN安全网关是国内首款也是唯一一款获得国家密码管理局产品型号证书的量子密码产品，并拥... [详细内容]



千兆量子安全网关
安徽问天量子QVPN安全网关是国内首款也是唯一一款获得国家密码管理局产品型号证书的量子密码产品，并拥... [详细内容]



百兆红外单光子探测器
应用范围：量子密码通信、激光测距、量子生物、光纤化学、非破坏性物质分析、微弱光源探测 [详细内容]



光强度涨落仪
WT-OPM100光强度涨落仪采用PIN光电二极管作为光敏元件，在零偏置模式下，将输入光功率转化成... [详细内容]

资料来源：问天量子官网，方正证券研究所

图表 24 工行北京分行使用安徽国盾量子的设备



资料来源：安徽国盾量子官网，方正证券研究所

6.2 量子通信技术仍有改进空间

- 1) 在量子信号制备上，目前有单光子量子信号、微弱激光脉冲量子信号、光孤子量子信号等方式。但是，单光子量子信号难以制备，且难以判定。微弱激光脉冲量子信号的激光脉冲序列中包含许多零光子脉冲，不利于量子信号的检测；光孤子量子信号的技术也不成熟，许多理论问题有待进一步探索。
- 2) 在系统的探测端，目前可采用超导探测、雪崩二极管探测、量子点探测等方式，其中超导探测的性能最好，可支持 GHz 的脉冲

频率，但由于其实现所需的超低温条件，让其距实用化尚有距离。雪崩二极管探测是最成熟的方式，但脉冲频率只能达到 MHz。量子点探测器在探测效率方面还有提升的空间。

3) 基于量子纠缠的量子密钥分发距离受限于量子纠缠的退相干效应。量子纠缠在传送过程中极易与环境相互作用而导致纠缠品质的下降，虽然研究者提出了基于量子中继的方案来解决这一问题，但目前来看，实现量子中继所需的量子存储和纠缠纯化技术都不成熟：量子存储技术无论是存储时间还是独处效率都还有待大幅提升，还无法应用在量子密钥分发系统中；而纠缠纯化则是概率性的，当通信收发双方之间存在多个量子中继节点时，只有每个量子中继节点的纠缠纯化同时成功的情况下才能进行一次成功的通信，这样事件的概率随着节点数的增加呈指数衰减。量子中继技术仍需要开展向实用化迈进的研究。

4) 对于自由空间传输领域最有应用前景的星地量子密钥分发，大气量子信道中的背景光和大气扰动会增大通信的误码率。现有的通信手段只能减小而不能完全消除大气信道中的干扰，在实现中仍不可避免的引入误码。此外，由于低轨卫星与地面相距遥远且与地面不相对静止，要实现精确的同步、跟瞄十分困难。

5) 由于量子密钥分发系统在协议原理、组网方式、器件性能和现实安全性等方面存在局限，商用化系统的安全密钥速率仅为 10kbit/s 量级，现网传输距离 100km 左右，实验报道的最高密钥速率为 2Mbit/s 量级（约 40km 传输距离时），光纤传输距离最长达 200km（约 1kbit/s 密钥速率时）。量子密钥分发目前主要面向城域范围的语音加密应用，随着协议、器件和系统技术的发展与改进，有望提高密钥速率和传输距离，逐步扩展到干线高速传输的加密应用。

6) 基于量子中继器的未来远程量子网络的技术基础包括光存储和两光子态的联合测量。目前这两项技术都已经在实验室中获得实现，然而量子关键器件的研发，对量子通信网络实用化至关重要。对于无存储量子通信网络，以光开关为代表的弱光传输路径的有效控制也是关键技术之一。

7) 小结：

目前的不足，对量子通信技术和产业的发展，既是挑战也是机遇，更成熟、更可靠的技术，成本更低、范围更广的应用领域，都意味着量子通信的市场空间和机会将更广阔。

7. 投资建议

量子通信具有高效性、安全性，在理论上具有绝对保密性，未来主要应用于对安全性异常重要的军事、金融和公共安全等领域。我国的量子通信研发起步早，技术基础好，国产化程度高，在世界上处于领先地位。随着量子通信技术产品成熟度提高，产业化能力提升，近些年已经开始逐步向商用领域拓展。

目前涉足量子通信的上市公司较少，未来随着量子通信“产、学、研”结合的逐步推进，预计会有更多的有核心技术和产品的科研团队与产业进行深度合作，其中的投资机会也值得关注。

量子通信行业未来的发展前景看好，建议密切关注其产业化发展。

8. 风险提示

量子通信关键器件的研发进度导致产业化进展缓慢，产业应用规模和盈利不达预期。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

方正证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司客户使用。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离制度控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“方正证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

公司投资评级的说明：

强烈推荐：分析师预测未来半年公司股价有20%以上的涨幅；
推荐：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的涨幅；
中性：分析师预测未来半年公司股价在-10%和10%之间波动；
减持：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的跌幅。

行业投资评级的说明：

推荐：分析师预测未来半年行业表现强于沪深300指数；
中性：分析师预测未来半年行业表现与沪深300指数持平；
减持：分析师预测未来半年行业表现弱于沪深300指数。

	北京	上海	深圳	长沙
地址：	北京市西城区阜外大街甲34号方正证券大厦8楼（100037）	上海市浦东新区浦东南路360号新上海国际大厦36楼（200120）	深圳市福田区深南大道4013号兴业银行大厦201（418000）	长沙市芙蓉中路二段200号华侨国际大厦24楼（410015）
网址：	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com
E-mail：	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com