

# 基于专利分析的量子通信技术发展研究

肖玲玲<sup>1</sup>, 金成城<sup>2</sup>

(1. 安徽省科学技术情报研究所, 合肥 230011; 2. 安徽省公安厅, 合肥 230061)

**摘 要:** 量子通信被认为是保障未来通信安全最重要的技术手段。基于专利分析方法, 对全球及中国量子通信技术发展现状及市场竞争态势进行了研究和分析。在量子通信的基础研究和应用技术方面, 美国、日本、中国等国家的量子通信技术水平居于世界前列。“基于量子密钥分配的保密通信装置”为国内外量子通信技术的研发热点和市场竞争焦点。

**关键词:** 量子通信; 量子密钥分配; 量子通信网; 专利分析

**中图分类号:** G306.7; TN91      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2015.05.011

量子通信是量子力学和经典通信的交叉学科, 量子通信以量子态作为信息单元来实现信息的有效传送, 在理论上可实现无条件安全的链路数据传输, 被认为是保障未来通信安全最重要的技术手段<sup>[1]</sup>。由于量子通信技术具有重大应用价值和发展前景, 美国、欧盟、日本等发达国家均将量子通信技术的发展提升至国家战略高度<sup>[2]</sup>。量子通信也是中国重点发展的具有引领新兴产业发展潜力的前沿技术, 已被列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》和《国家“十二五”科技发展规划纲要》<sup>[3]</sup>。在量子通信的技术研发和产业化竞争中, 中国后来居上, 在量子传输距离、量子纠缠等方面不断实现关键技术突破<sup>[4, 5]</sup>, 中国在量子通信领域的技术水平已居于世界领先地位<sup>[6]</sup>。

## 1 研究方法

2014 年 12 月, 通过 web of knowledge 信息检索平台 DII 数据库[Derwent Innovations Index (德温特世界专利创新索引)], 运用检索式检索查询了 1990 年至 2013 年量子通信领域的专利信息, 并排除不相关专利, 得到有效检索结果 1 274 条。通过将检索结果导入 TDA[Thomson data analyzer (汤森

路透数据分析软件)]和 Excel 等工具, 辅以实地调研和文献检索方法, 研究分析了中国量子通信的技术水平、发展历程、技术热点、技术应用情况等。在深入分析中国量子通信技术竞争态势时, 同时结合了 2015 年 1 月在中国国家知识产权局专利数据库的检索查询结果。

## 2 全球量子通信技术发展现状

### 2.1 发展历程

国际上, 量子通信领域的专利申请始于上世纪 90 年代初, 经过几年的摸索期, 1997 年以后专利申请量开始稳步增长, 2003—2008 年是量子通信技术研发的高峰期, 专利申请数量居高不下。2009 年开始, 专利申请量大幅下降, 2011 年再次回升, 到 2012 年产生第二个专利申请高峰, 意味着量子通信技术研发热潮的再次兴起。全球量子通信领域专利年度分布如图 1。

### 2.2 发展态势

截至 2013 年底, 美国在量子通信领域申请专利数量最多, 占全球量子通信专利总量的 37%; 其次为日本, 专利申请量占全球的 30%; 中国在量子通信领域的专利申请量占 14%, 居全球第三

第一作者简介: 肖玲玲(1982—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技战略研究、科技情报研究。

收稿日期: 2015-03-25

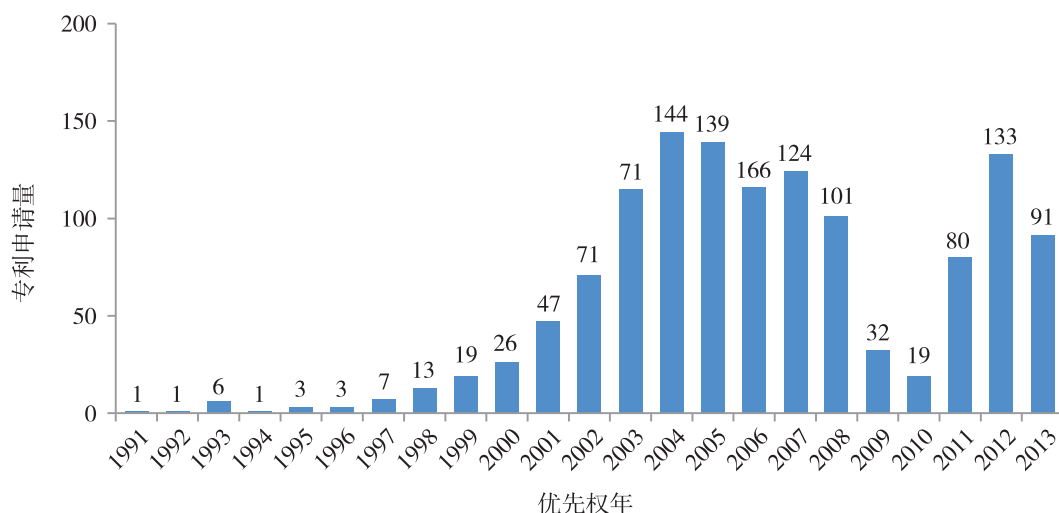


图1 全球量子通信领域专利年度分布

数据来源：DII数据库。

位；英国占6%，位居第四。

美国在量子通信领域申请的专利，70%在美国国内申请，28%为国际专利，在其他国家申请的专利占2%。日本在量子通信领域申请的专利，在本国申请的专利占71%，在美国申请专利占13%，国际专利占12%，在其他国家申请的专利占4%。中国量子通信领域的专利则主要是在中国国内申请，占比94%，在美国申请的专利占3%，在日本申请的专利占2%，国际专利占1%。

在量子通信领域，较高的专利申请数量体现了美国、日本、中国等国家量子通信技术的世界领先地位。同时，通过申请国际专利和在他国申请专利，美国、日本等国表现出了较强的技术创新能力和竞争实力；但中国申请相关国际专利较少，说明中国量子通信技术在国际市场的竞争力尚未凸显，中国还应加强在国际范围的专利布局。

### 2.3 技术热点

对全球量子通信相关专利的国际专利分类号（IPC）进行统计分析，得出全球量子通信技术研发的热点领域为：电通信技术中数字信息的传输（H04L）、半导体器件及电固体器件（H01L）、电通信技术中的传输（H04B）、电通信技术中的保密通信（H04K），各国专利布局尤其集中在“保密或安全通信装置”（H04L-009）领域，该技术领域的专利申请量约占全部量子通信专利的40%，其中，又以“基于量子密钥分配的保密通信

装置”（H04L-009/08）技术研究方向的专利数量最多，具体如图2和表1所示。可见，全球量子通信领域的技术热点主要集中在“保密或安全通信装置”领域，尤其是“基于量子密钥分配的保密通信装置”。

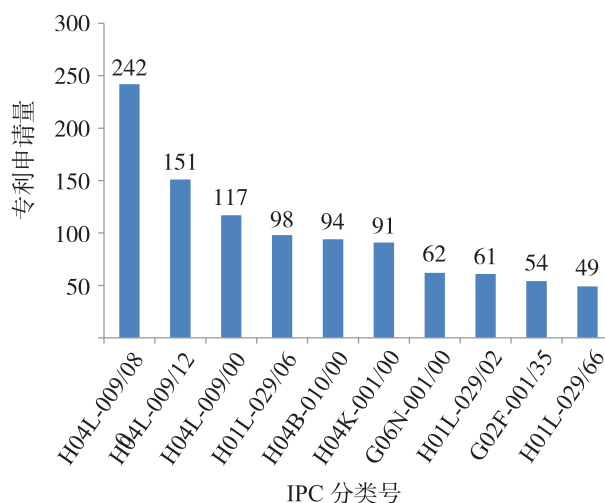


图2 全球量子通信领域专利的主要IPC分布

数据来源：DII数据库。

## 3 中国量子通信技术发展现状

### 3.1 发展历程

相比于国际量子通信相关专利申请始于20世纪90年代初，中国量子通信技术研发起步较晚，从2000年左右开始量子通信相关专利的申请，

表 1 全球量子通信领域专利的主要 IPC 注释<sup>[7]</sup>

| IPC 号       | 注释                                              |
|-------------|-------------------------------------------------|
| H04L-009/08 | 基于量子密钥分配的保密通信装置                                 |
| H04L-009/12 | 用于保密通信领域的同步的或最初建立特殊方式的发送和接收密码设备                 |
| H04L-009/00 | 保密或安全通信装置                                       |
| H01L-029/06 | 按形状区分的适用于整流、放大、振荡或切换的半导体器件                      |
| H04B-010/00 | 利用无线电波以外的电磁波（例如红外线、可见光或紫外线）或利用微粒辐射（例如量子通信）的传输系统 |
| H04K-001/00 | 保密通信（包括保密线路和辐射传输系统）                             |
| G06N-001/00 | 基于特定计算模型的计算机系统                                  |
| H01L-029/02 | 以协议为特征的数字信息传输                                   |
| G02F-001/35 | 在光波导结构中的用于控制光的强度、颜色、相位、偏振或方向的器件或装置              |
| H01L-029/66 | 按类型区分的适用于整流、放大、振荡或切换的半导体器件                      |

2012 年专利申请量迅速增长，较上年增长 6.6 倍，较 2000—2011 年年均申请量增长 6.6 倍，2013 年专利申请量在 2012 年基础上又增长了 32%，如图 3。这与中国量子通信技术的发展进程相符合。2000 年开始，中国科学家在量子通信的基础研究领域取得了一系列重要成果，为中国量子通信技术的进一步发展奠定基础。2009 年，量子政务网、量子通信网相继建成<sup>[8]</sup>，标志着中国量子保密通信基础研究的成果开始向产业化转化。国内有实力的高校、科研院所和地方政府开始联合组建企业进行量子通信的技术成果转化。这些企业依托高校的基础研究成果和研究人才，实现了量子通信应用技术研发的一系列突破，带动了量子通信产业的发展。近两年，应用研究成果频出，专利申请数量呈现激增态势。

### 3.2 技术热点

对中国申请专利的国际专利分类号（IPC）进行统计分析，得出中国量子通信技术研发的热点领

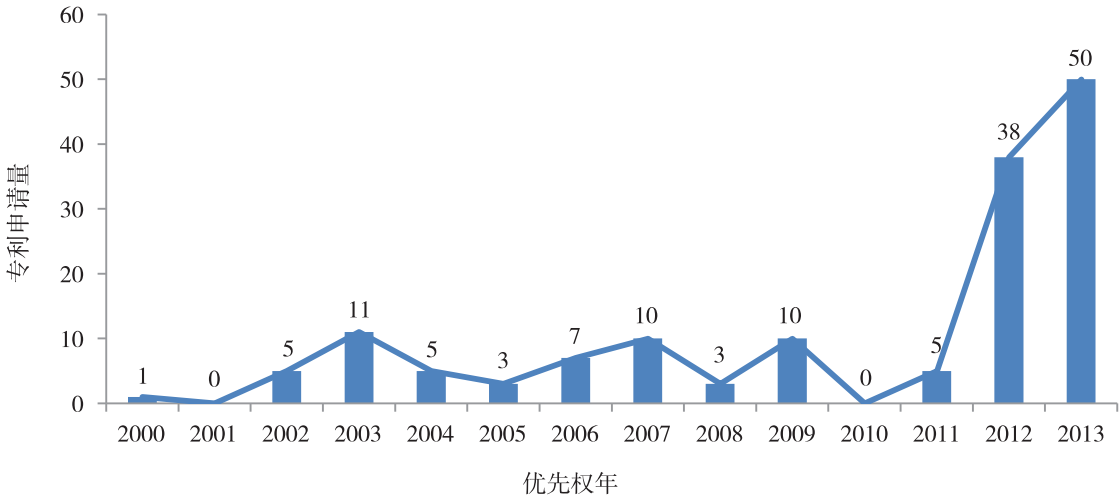


图 3 中国量子通信领域专利年度分布

数据来源：DII 数据库。

域为：电通信技术中数字信息的传输（H04L）、电通信技术中的传输（H04B）、电通信技术中的保密通信（H04K），尤其集中在“基于量子密钥分配的保密通信装置”（H04L-009/08）技术研究方向，该研究方向的专利申请量约占中国全部量子通信专利的 43%，如图 4 和表 2 所示。中国量子通信专利申请的热点领域与全球总体情况基本一致，但是中国在“半导体器件及电固体器件”

（H01L）领域涉及较少。可见，“基于量子密钥分配的保密通信装置”是包括中国在内的世界各国在量子通信领域的技术竞争热点；中国在将量子通信技术应用与半导体器件及电固体器件方面的技术实力相对较弱。

### 3.3 市场竞争态势

#### 3.3.1 重点企业

截至 2014 年底，在量子密码通信领域，在中

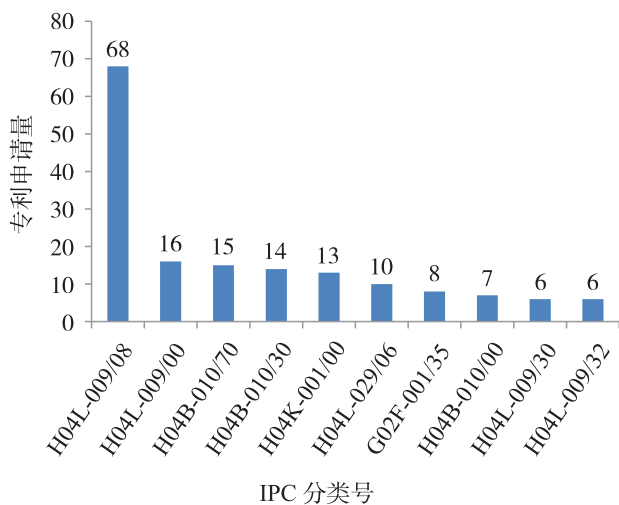


图 4 中国量子通信领域专利的主要 IPC 分布

数据来源：DII 数据库。

表 2 中国量子通信领域专利的主要 IPC 注释<sup>[7]</sup>

| IPC 号       | 注释                                              |
|-------------|-------------------------------------------------|
| H04L-009/08 | 基于量子密钥分配的保密通信装置                                 |
| H04L-009/00 | 保密或安全通信装置                                       |
| H04B-010/70 | 光子量子通信                                          |
| H04B-010/30 | 利用微粒束发散的传输系统                                    |
| H04K-001/00 | 保密通信（包括保密线路和辐射传输系统）                             |
| H04L-029/06 | 以协议为特征的数字信息传输                                   |
| G02F-001/35 | 在光波导结构中的用于控制光的强度、颜色、相位、偏振或方向的器件或装置              |
| H04B-010/00 | 利用无线电波以外的电磁波（例如红外线、可见光或紫外线）或利用微粒辐射（例如量子通信）的传输系统 |
| H04L-009/30 | 使用公用密钥的保密通信装置，计算的加密算法不能被变换并且用户的加密密钥不需要保密        |
| H04L-009/32 | 保密通信装置中，包括用于检验系统用户的身份或凭据的装置                     |

数据来源：中国国家知识产权局专利数据库。

国申请专利数量排名前十位的专利权人中，有六家为企业，依次为：安徽量子通信技术有限公司申请了 35 项专利、安徽问天量子科技股份有限公司 26 项、美国 MAGIQ 技术公司 18 项、山东量子科学技术研究院有限公司 16 项、中国国家电网公司 10 项、日本三菱电机株式会社 7 项，如表 3 所示。其中，安徽量子通信技术有限公司以拥有 5 项有效授权专利而领先，其技术竞争实力可见一斑。

表 3 主要专利权人（企业）专利情况

| 序号 | 主要专利权人（企业）      | 专利申请量 | 发明专利申请量 | 有权专利 |
|----|-----------------|-------|---------|------|
| 1  | 安徽量子通信技术有限公司    | 35    | 17      | 5    |
| 2  | 安徽问天量子科技股份有限公司  | 26    | 14      | 0    |
| 3  | 美国 MAGIQ 技术公司   | 18    | 10      | 0    |
| 4  | 山东量子科学技术研究院有限公司 | 16    | 8       | 1    |
| 5  | 国家电网公司          | 10    | 8       | 0    |
| 6  | 日本三菱电机株式会社      | 7     | 7       | 0    |

随着中国量子通信技术的不断发展，中国已形成了安徽量子通信、安徽问天量子、山东量子科技等一批技术含量高、带动能力强、成长性好的龙头企业，引领着中国量子通信产业的快速发展。安徽量子通信技术有限公司位于安徽合肥，该公司在量子通信设备研制和系统服务方面取得了一系列成果，建成了世界上首个规模化城域量子通信网络“合肥城域量子通信试验示范网”，并将量子通信网络化技术成功应用于金融领域，与中科大、新华社联合建成了“金融信息量子通信验证网”<sup>[9]</sup>。安徽问天量子科技股份有限公司位于安徽芜湖，该公司擅长于量子密钥通信系统服务和相关产品研制，在芜湖实现了世界上第一个完整意义的量子政务网，形

表 4 主要专利权人（企业）概况<sup>[11]</sup>

| 序号 | 主要专利权人（企业）      | 成立时间   | 企业性质 | 优势领域              |
|----|-----------------|--------|------|-------------------|
| 1  | 安徽量子通信技术有限公司    | 2009 年 | 民营   | 量子通信设备研制和系统服务     |
| 2  | 安徽问天量子科技股份有限公司  | 2009 年 | 民营   | 量子密钥通信系统和相关产品     |
| 3  | MAGIQ 技术公司      | 1999 年 | 外资   | 量子密钥分发方法和系统       |
| 4  | 山东量子科学技术研究院有限公司 | 2010 年 | 民营   | 量子通信技术系统化研发与工程化实现 |
| 5  | 国家电网公司          | 2002 年 | 国营   | 量子通信技术在电力行业的应用    |
| 6  | 三菱电机株式会社        | 1921 年 | 外资   | 量子密钥分发方法及装置       |

成了可连接多个用户的多功能量子保密通信网络<sup>[10]</sup>。山东量子科学技术研究院有限公司和国家电网公司则分别致力于量子通信技术的系统化研发、工程化实现和将量子通信技术应用于电力行业。

表 4 列出了几家重点企业的基本概况。

3.3.2 技术布局

十多年前，MAGIQ 和三菱电机两家外资企业即开始在中国进行量子通信技术的专利布局，但近几年没有进一步动作，如图 5 所示。日本三菱电机株式会在 2001—2004 年连续四年在中国申请

量子通信领域的专利，2005 年至今未再申请相关专利；美国 MAGIQ 技术公司于 2005 年开始在中国申请量子通信领域的专利，2005 年一年即申请了多达 14 项专利，在 2007 年以后未再继续申请专利。而安徽量子通信、安徽问天量子、山东量子科技、国家电网等国内重点企业在 2010 年以后才陆续开始量子通信领域的专利申请，可见，2010 年开始，中国量子通信技术的应用研究实现了一系列重要突破，产业转化逐渐兴起。

如表 5 所示，国内外企业所申请的专利都集中

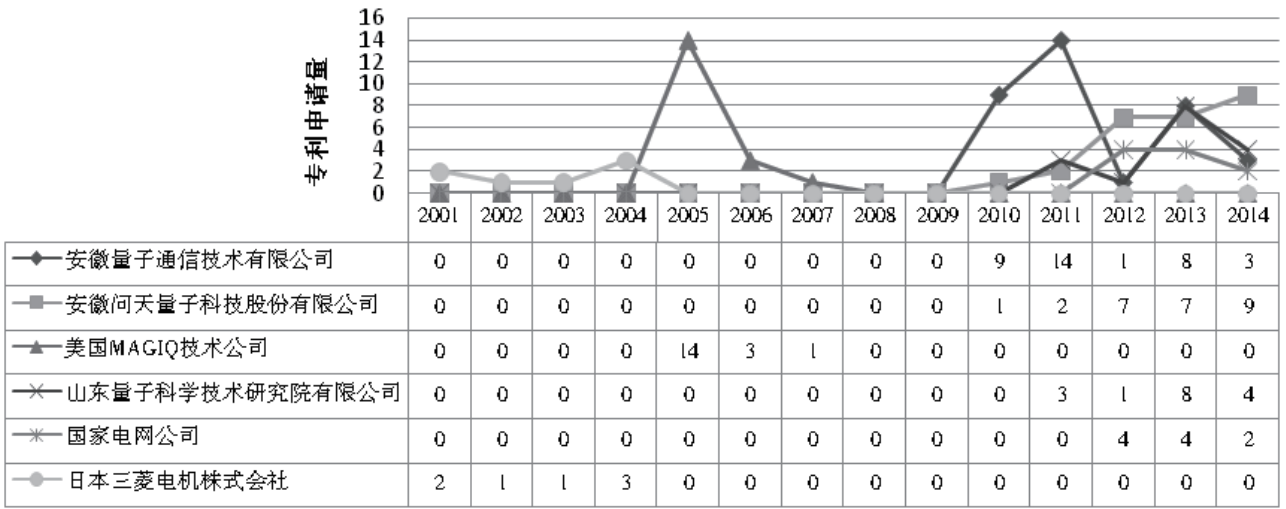


图 5 主要专利权人（企业）专利申请时间

数据来源：中国国家知识产权局专利数据库。

在“保密或安全通信装置”（H04L009）领域，可见，“量子保密通信装置”的相关技术和产品是各企业的竞争热点。但在进一步细分领域，国内外企业则呈现出明显差别。安徽量子通信、安徽问天量子等国内四家重点企业的专利申请主题高度集中在“基于量子密钥分配的保密通信装置”（H04L009/08），而外资企业则有所不同，美国MAGIQ 技术公司的专利申请主题集中于“保密或安全通信装置”（H04L009/00），日本三菱电机则集中于“同步的或最初建立特殊方式的发送和接收密码设备”（H04L009/12）。可见，“基于量子密钥分配的保密通信装置”将成为国内量子通信市场的竞争焦点。

IPC 小类注释：H04L009/08：基于量子密钥分配的保密通信装置；H04L009/00：保密或安全通信装置；H04L009/12：同步的或最初建立特殊方

表 5 主要专利权人（企业）技术布局

| 序号 | 主要专利权人（企业）      | 专利主分类号     | 占比  |
|----|-----------------|------------|-----|
| 1  | 安徽量子通信技术有限公司    | H04L009/08 | 66% |
| 2  | 安徽问天量子科技股份有限公司  | H04L009/08 | 58% |
| 3  | 美国 MAGIQ 技术公司   | H04L009/00 | 61% |
| 4  | 山东量子科学技术研究院有限公司 | H04L009/08 | 44% |
| 5  | 国家电网公司          | H04L009/08 | 80% |
| 6  | 日本三菱电机株式会社      | H04L009/12 | 71% |

数据来源：中国国家知识产权局专利数据库。

式的发送和接收密码设备。

4 结语

在量子通信技术领域，中国已居于世界前列。



基于专利分析数据,结合实地调研和文献检索结果,美国、日本、中国等国家的量子通信技术水平居于世界前列,“基于量子密钥分配的保密通信装置”是世界各国在量子通信领域的技术竞争热点,同时也是各企业在中国量子通信市场的竞争焦点。中国应着力加强在国际范围的专利布局,并在量子通信技术应用与半导体器件及电固体器件等方面加强技术攻关、增强竞争实力。■

#### 参考文献:

- [1] 苏小琴,郭光灿. 两种典型的量子通信技术[J]. 广西大学学报(自然科学版),2005(3):30-39.
- [2] 孔明辉,李云龙,刘乃乐,等. 量子通信技术的发展现状和前景展望[J]. 中国科学院信息化工作动态,2013,12(46).
- [3] 国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)[R]. 2006
- [4] 吴兰. 中国科学家刷新多光子纠缠世界纪录[EB/OL]. [2011-11-23]. <http://www.chinanews.com/gn/2011/11-23/3481867.shtml>.
- [5] 郭爽,蒋家平. 量子通信安全传输到更远[N]. 中国科学报. 2014-11-08(1).
- [6] 蒋家平. 拨通你的量子电话[EB/OL]. [2013-06-14]. <http://scitech.people.com.cn/n/2013/0614/c1007-21844333.html>.
- [7] 中国国家知识产权局. 国际专利分类表2015版[EB/OL]. [2015-02-02]. [http://www.sipo.gov.cn/wxfw/zlwxggfw/zsyd/bzyfl/gjzflf/201502/t20150202\\_1070536.html](http://www.sipo.gov.cn/wxfw/zlwxggfw/zsyd/bzyfl/gjzflf/201502/t20150202_1070536.html).
- [8] 沈选. 我国用上量子通信 想窃密除非逾越物理法则[EB/OL]. [2012-04-03]. <http://mil.huanqiu.com/china/2012-04/2580998.html>.
- [9] 汪永安. 国际量子安全防护工作组成立 安徽量通参与创建[EB/OL]. [2014-11-23]. <http://ah.anhuinews.com/system/2014/11/23/006605024.shtml>.
- [10] 江小飞. 问天量子: 高新技术产业的样本[N]. 芜湖日报. 2010-03-18(A02).
- [11] 程成. 量子通信: 国家信息安全的“秘密”武器[EB/OL]. [2014-10-28]. <http://stock.jrj.com.cn/2014/10/28/170318250862.shtml>.

## Study on the Development Status of Quantum Communication Technology Based on Patent Analysis

XIAO Ling-ling<sup>1</sup>, JIN Cheng-cheng<sup>2</sup>

(1. Anhui Institute of Scientific and Technical Information, Hefei 230011;

2. Anhui Provincial Public Security Department, Hefei 230061)

**Abstract:** Quantum communication is considered to be one of the most important technical means to protect the safety of future communication. The present development status and market competition situation of quantum communication technology in the world and China are studied and analyzed based on the patent analysis method. America, Japan and China are leading the world in basic research and applied technology of quantum communication. The technology of secret communication device based on quantum key distribution becomes a research priority and the focus of market competition in China and abroad.

**Key words:** quantum communication; quantum key distribution; quantum communication network; patent analysis