**公示材料**

**项目名称**：基于量子自动机的量子通信理论及其应用

**推荐单位（专家）意见**

该项目优化地设计了量子网络信息中多种通信方案的量子线路图，包括多方量子隐形传态，量子态远程制备，量子信息集中及相关信息共享与分裂等任务的量子线路图。另外该项目还研究了量子自动机的最小化理论、代数结构等价性等，并根据量子自动机的思想，设计出全国第一台3D陶瓷打印机，无限教育音频系统，游贝游戏平台，销售额已达2496.33万元，经过进一步推广，预计销售额能达到5000万。

在研究期间发表论文52篇，其中SCI达38篇，授权国家发明专利1项，实用新型专利1项。C114中国通信网于2016年7月11日以《不仅发射量子卫星：中国量子通信基础研究成果同样雄厚》为题作了相关的新闻报道，文中引用了该专利成果“未知任意二粒子的双向受控量子隐形传态方法”。项目取得了突破性成果，部分成果在相应研究领域达到国际领先水平。

综上所述，该项目在理论研究上，进一步完善了量子信息的理论和技术，取得了突破性成果，部分研究成果在国际相应的研究领域范围达到领先水平。在推广应用方面，成果已经转让给多家企业，从而开发了多种能产生经济效益的专利和产品。

同意推荐其申报高等学校科技进步奖。

**项目简介**

本项目来源于国家自然科学基金(面上项目), 项目编号：11071178； 以及教育部高等学校博士学科点专项科研基金(博导类)，项目编号：20135134110003。  
   量子通信是在经典信息论和量子力学的基础上发展起来的通信技术。其利用量子纠缠效应采用单光子加载和传输信息，由于量子态具有叠加性、不可克隆和测不准等特性，因此，与传统通信技术相比，量子通信具有传输容量大、保密性强等特点，其在军事、国防、信息安全等领域拥有广阔的应用前景。  
  然而随着社会发展网络化需求的增强，两方量子通信并不能满足现实需要，量子网络通信成为必然。量子网络通信主要是基于各种网络拓扑结构，多方之间进行量子信息的传输和编码，从而实现网络化的安全通信。量子线路是刻画量子网络的有效工具，量子线路中的“源、线、门”可以被物理装置实现，因此量子线路是连接理论上的量子通信协议和具体物理实验之间的桥梁。  
  项目研究基于量子通信方案相对应的量子线路的设计与优化，以及量子自动机的最小化理论、代数结构与等价性等。这些研究进一步拓展和完善了量子信息的理论和技术研究，为量子通信提供新的方式，进一步提高量子了隐形传态传输的信息量和提高量子信息的传输效率，为实现网络化奠定基础，对基于量子力学物理系统的数学刻画具有重要意义。  
  通过设计量子网络信息中多种通信方案的量子线路图，包括多方量子隐形传态，量子态远程制备，量子信息集中及相关信息共享与分裂等任务的量子线路图，以及研究量子自动机在量子通信协议设计中的应用，达到进行大规模量子信息处理的目的。

主要完成了以下四方面工作：  
  （1）在量子自动机领域，提出基于unsharp量子逻辑的自动机及文法理论，揭示了unsharp量子逻辑自动机与其真值格之间的内在联系。  
  （2）系统地研究了量子态制备问题：提出了以GHZ态为量子信道的三方及任意多方远程联合制备任意二粒子态的协议；融合双向受控隐形传态和远程态制备思想，提出四方双向受控联合远程态制备协议；利用多个类GHZ态的复合作为共享信道，实现了多方发送、多方接收的联合远程态制备。  
  （3）在量子态分享方面：提出了以八粒子团簇态为量子信道，四方双向量子态分享协议；基于量子隐形传态和量子操控分享的思想，提出了七粒子Brown态为通信信道的双向量子操控分享协议；基于双向操控分享的思想，提出了三方循环操作分享的通讯协议。  
  （4）针对概率相对度量与程度绝对度量进行双量化信息集成。      
在研究期间发表论文52篇，其中SCI达38篇，授权国家发明专利1项，实用新型专利1项。C114中国通信网于2016年7月11日以《不仅发射量子卫星：中国量子通信基础研究成果同样雄厚》为题作了相关的新闻报道，文中引用了该专利成果“未知任意二粒子的双向受控量子隐形传态方法”。项目取得了突破性成果，部分成果在相应研究领域达到国际领先水平。  
   本项目设计了3D粘土打印机，其程序体现了量子自动机原理。可实现设计作品实物化，如陶瓷类产品个性化的制作。已实现生产销售，截止目前初期销售额达到324.73万元，经过进一步推广，预计销售额能达到2000万。

本项目同时与成都创客无限网络科技有限公司、成都世纪阳天科技有限公司、成都万美时光科技股份有限公司签订了成果转让协议，金额达到210万。

本项目成果创新性突出，具有显著的社会效益和潜在的经济效益，理论研究及成果居国际领先水平。  
“3D陶瓷打印机”。产品已实现生产销售，截止目前销售额达到344.13万元，经过进一步推广，预计销售额能达到2000万。

本项目同时与成都创客无限网络科技有限公司、成都世纪阳天科技有限公司、成都万美时光科技股份有限公司签订了成果转让协议，金额达到210万。

本项目成果创新性突出，具有显著的社会效益和潜在的经济效益，理论研究及成果居国际领先水平。

**主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | 四川师范大学 |
| 对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： | |
| 全面负责了本项目科技创新和推广应用工作。研究了研究基于量子通信方案相对应的量子线路的设计与优化，以及量子自动机的最小化理论、代数结构等价性等，共获得两项专利，发表相关论文26篇，还负责3D粘土打印机等产品的推广应用工作。 | |
| 单位名称 | 电子科技大学 |
| 对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： | |
| 负责了本项目科技创新理论研究工作。研究了基于量子通信方案相对应的量子线路的设计与优化，及量子自动机代数结构等价性等研究，发表相关论文23篇。 | |
| 单位名称 | 内江师范大学 |
| 对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： | |
| 负责了本项目科技创新理论研究工作和专利“未知任意二粒子的双向受控量子隐形传态的方法”的部分科研工作，发表论文15篇。 | |

**推广应用情况**

本项目组设计了3D粘土打印机，其程序体现了量子自动机原理。可实现设计作品实物化，如陶瓷类产品个性化的制作。本产品可运用于教学或科研，供学生将自己所设计作品实物化，也可以应用于市场进行个性化陶瓷类产品的制作。目前已与多家公司签订合同，初期销售额达324.73万元，经过进一步推广，预计能产生经济效益2000多万。

项目组与成都创客无限网络科技有限公司达成合作协议，将项目的研究成果转让给该公司。该公司在其产品“无限教育音频系统”和“无限教育视频系统”中运用项目组的研究成果，设计和优化了网络通信协议，大大提升了产品的性能。在其“无限教育网站平台”中，运用了项目组关于量子自动机的研究成果，实现了高度智能的信息处理。

项目组同时与成都世纪阳天科技有限公司就“量子自动机、量子线路及其在量子网络中的应用”技术达成合作协议，将项目研究成果转让给该公司。该公司平台“游贝游戏”长期受到非法盗号、消息破解等安全问题困扰，在掌握转让成果相关技术后，平台升级了数据及通信加密机制，综合使用了数字加密与量子加密技术，有效的解决了平台安全问题，同时能够抵抗量子计算机破解。目前该平台有二十万注册用户，升级加密机制后基本上解决了用户安全投诉相关问题。成都世纪阳天科技有限公司目前已将“游贝游戏”使用的加密机制应用到公司教育平台的研发中。此外，成都世纪阳天科技有限公司与四川师范大学智能信息与量子信息研究所达成了深入合作的协议，将量子技术上升到公司战略高度，并将应用于公司区块链项目底层加密、网络通信乃至矿机设计的关键技术中。

项目组与成都万美时光科技股份有限公司签订了成果转让协议，转让费70万，并同时参与区块链产品的研发工作。

## 主要知识产权证明目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 授权发明专利 | 未知任意二粒子的双向受控量子隐形传态的方法 | 中国 | ZL201510073676.8 | 2017-06-09 | 第2510859号 | 四川师范大学 | 彭家寅； 莫智文；柏明强 ；陈晴雷 | 有效 |
| 实用新型专利 | 3D粘土打印机 | 中国 | ZL201420352720.X | 2014-10-29 | 第3880977号 | 姚云峰 | 姚云峰、曹阳 | 有效 |
| 其他 | Several teleportation schemes of an arbitrary unknown multi-particle state via different quantum channels | 中国 |  | 2012-08-22 |  |  | 彭家寅、莫智文 |  |
| 其他 | Quantum Sharing an Unknown Multi-Particle State via POVM | 中国 |  | 2012-09-29 |  |  | 彭家寅、莫智文 |  |
| 其他 | Joint remote state preparation of arbitrary two-particle states via GHZ-type states | 中国 |  | 2013-01-12 |  |  | 彭家寅、罗明星、莫智文 |  |
| 其他 | Remote information concentration by W state | 中国 |  | 2013-06-13 |  |  | 彭家寅、柏明强、莫智文 |  |
| 其他 | Hierarchical quantum information splitting with eight-qubit cluster states | 中国 |  | 2012-06-16 |  |  | 柏明强、莫智文 |  |
| 其他 | Transformation from Probabilistic Channel to Deterministic Channel Based on Eight-Qubit Quantum Chan | 中国 |  | 2012-12-17 |  |  | 柏明强、彭家寅、莫智文 |  |
| 其他 | Controlled teleportation of a qudit state by partially entangled GHZ states | 中国 |  | 2013-09-20 |  |  | 王进伟 、舒兰、莫智文、章志华 |  |
| 其他 | Joint remote state preparation between multi-sender and multi-receive | 中国 |  | 2013-08-22 |  |  | 章志华、舒兰、莫智文、郑军、马松雅、罗明星 |  |

**主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | | **姓名** | **技术职称** | **行政职务** | **是否留学归国** | **工作单位** | **完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 1 | 莫智文 | | 正高 | 院长 | 否 | 四川师范大学 | 四川师范大学 | 全面负责 |
| 2 | 舒兰 | | 正高 |  | 否 | 电子科技大学 | 电子科技大学 | 主研 |
| 3 | 彭家寅 | | 正高 | 院长 | 否 | 内江师范学院 | 内江师范学院 | 主研 |
| 4 | 柏明强 | | 正高 |  | 否 | 四川师范大学 | 四川师范大学 | 主研 |
| 5 | 张贤勇 | | 正高 |  | 否 | 四川师范大学 | 四川师范大学 | 主研 |
| 6 | 陈晴雷 | | 中级 |  | 否 | 四川师范大学 | 四川师范大学 | 主研 |
| 7 | 曹阳 | | 正高 |  | 否 | 四川师范大学 | 四川师范大学 | 主研 |
| 8 | 刘军 | | 中级 |  | 否 | 西华师范大学 | 四川师范大学 | 主研 |