# 量子无线通信技术在海洋环境监测中的应用

李　浩[1], 任宇辉[1], 刘凤娇[2]

(1. 西北大学信息学院, 陕西 西安 710000; 2. 福建省现代分离分析科学与技术重点实验室, 闽南师范大学, 福建 漳州 363000)

**摘要**: 以量子技术为基础, 利用光子基本粒子的量子纠缠原理, 由量子态携带在线实时海洋环境监测数据信息, 构建基于量子无线通信的海洋环境监测系统。该系统在无线通信中可确保数据的安全性、系统性、及时性和准确性, 提高信息化和灵活化水平, 可为海洋环境规划、环境管理、环境治理等提供全面安全可靠的监测数据。

**关键词**: 量子通信技术; 无线传输; 海洋环境监测; 数据安全

**中图分类号**: TN929.1/X84　　**文献标识码**: B　　**文章编号**: 1000-3096(2018)02-0094-05

DOI: 10.11759/hykx20171010001

全球范围内普遍存在的海洋环境问题, 危及海洋生态系统的安全和人类健康。在线、实时、灵敏、安全地实施海洋环境监测, 为海洋环境规划、环境管理(特别是污染物总量控制、环境执法)、环境治理等提供科学依据, 已成为重大社会需求和关键科学问题。

《全国环境监测报告制度》(暂行)中就指出"监测数据、资料、成果均为国家所有, 任何个人无权独占。监测数据资料属秘密级, 必须严格按照国家保密的有关规定管理。任何监测数据、资料、成果向外部提供, 均要严格履行审批手续"[1-2]。海洋环境监测的数据安全管理是关键、敏感环节, 其中涉及的地理、气候、水文等信息更涉及国家安全。

目前已建立自动连续监测系统结合地理信息和全球卫星定位系统等技术对大气、水、土壤、固体废弃物等的污染状况及生态环境变化实施连续观测, 实现监测的实时性、连续性、完整性, 预测未来环境质量[3]。海洋环境监测系统主要通过有线或有线加调制解调器或光纤等方式进行传输数据[3]。无线传感器网络是在半导体、无线通信技术、微电子机械系统等发展的基础上而兴起的新型测控网络, 因其特有的微型化及智能属性现已成为海洋环境监测领域的研究热点。该网络利用各种微型传感器实现对监测信息的实时监测、采集和传输, 从而降低功耗和人员成本[4]。自容式系统已实现海洋环境实时监测, 并与无线通信技术相结合, 实现稳定的、智能化、精度高、容量大的数据采集和传输[5]。郭祥东[6]采用无线射频传输技术建立了可实时监测和数据传输的海洋生态环境监测系统。吕斌等[7]综合 ZigBee、GPRS 和卫星通信技术建立了可测量气象、水文及水质生态等参数的海洋环境监测网络。然而, 这些海洋环境监控系统, 均无法保证数据安全。

量子通信(Quantum Teleportation)技术是在无线通信基础上又一项突破性进展, 它是利用微观世界中的量子纠缠效应特性进行信息传递, 亦是一种隐形传送, "teleportation"即无影无踪的传送过程, 通过量子态传送信息再运用光子量子纠缠原理进行保密传递。它主要利用单个或纠缠光子传送数字信息建立理论上"无条件安全"的密钥, 并应用此密钥进行通信[8]。

量子通信技术与传统的通信技术相比, 具有一定的优势: 时效性高, 传送速度快, 零障碍; 抗干扰性强, 不通过传统信道进行信息传输, 与通信双方之间传播媒介无关; 保密性好, 这是由于量子不可克隆定理决定的; 同等条件下量子通信技术获得可靠通信所需的信噪比低 30~40dB[9]。

综上, 安全化、无线化、智能化、微型化、集成化、网络化是海洋环境监测系统的发展趋势, 创新性地结合量子通信技术和无线传感器网络应用到海洋

收稿日期: 2017-10-12; 修回日期: 2018-01-28

基金项目: 中国博士后科学基金(No. 2017M622065)

[Foundation: Postdoctoral Science Foundation of China, No.2017M622065]

作者简介: 李浩(1996-), 男, 本科生, 主要研究方向: 量子通信技术, 电话: 0596-2592563, E-mail: 895395498@qq.com; 刘凤娇, 通讯作者, 女, 博士后, 主要研究方向: 海洋环境化学。电话: 0596-2592563, E-mail: liufengjiao1110@163.com

环境监测将是海洋环境监测系统技术的新突破。

## 1 量子通信技术及无线通信网络

光量子通信是根据量子纠缠态理论进行隐形传态的，若两粒子具纠缠态，不论距离远近，一方均会随另一方的改变而瞬间改变。其工作原理为：首先构建通信双方的纠缠态粒子，发送方对未知量子态粒子进行测量，而接收方会产生瞬间坍塌，且接收与发送双方粒子产生对称的坍塌状态，然后将发送方测量的信息作为经典信息传递到接收方，接收方收到信息后逆转变换坍塌的粒子，因此复制出发送方的量子态[8, 10]。

量子隐形传态包括三大特性：量子态的塌缩是瞬间的；量子态转移时无需预先知道对方在哪里；转移过程不会为任何障碍所阻隔。将其应用在量子无线通信中，除建立量子信道和经典通信的时间，量子态的塌缩不需要时间，因此可以构建量子同步通信系统[11]。如图 1 所示，发送方为 Alice，接收方为 Bob，在 Alice 与 Bob 之间建立量子信道进行通信[12]。

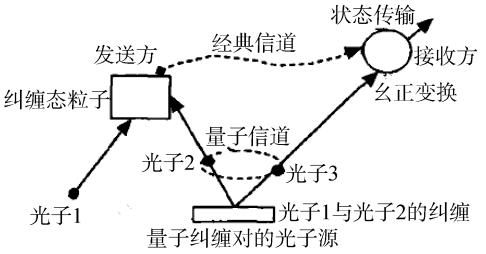



图 1 量子通信模型[12]

Fig. 1 Quantum transmission model

无线局域网的拓扑结构包括两种[13]：一种为自组织无线网络，另一种为有中心的结构化无线网络，如蜂窝移动通信网络。有中心的结构化量子通信网络包含一个无线接入点及若干具无线通信的节点(各个节点皆为量子移动设备)。他们之间包含量子信道(两者之间拥有量子纠缠(EPR)对) 与经典信道，即原物质信息分为经典和量子两种信息，经典信息为发送方对原物测量所得，量子信息为发送方进行测量时未捕捉的信息，二者通过相应的通道传递到接收方。量子信道进行信息的传输，无线信道作为经典信道起辅助作用。通过将量子隐形传态与经典网络相结合的方式，形成新的有中心的结构化量子通信网络，从而运用量子隐形传态技术解决无线局域网的安全问题[14]。

在整个量子通信网络中含有多个无线接入点，这些接入点的有效范围是相互重叠且覆盖整个网络的。基于此类模式，整个量子网络就变为基于有线网络的无线多接入点网络。 如若有新的节点欲进入此网络，其只需向最近的接入点进行认证，如若认证成功，便可以访问整个网络，从而完成量子无线通信网络的认证[14]。

## 2 量子无线通信在海洋环境监测系统的应用

为了实现在线、实时、灵敏、安全地实施海洋环境监测，建立一个安全可靠的海洋环境监测系统至关重要。该系统须对全国各种海洋监测数据全程自动化并准确完成实时数据采集、接收、管理和汇总，从而及时评价相应的海洋环境质量和分析污染变化情况，同时可监测相关的环境质量评价指标如化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮和石油类等。所查询的数据和统计结果可以导出和深入分析，同时上报国家海洋局或相关海洋环境保护主管部门[15]。

本系统的设计原理：首先通过各种环境指标的可视化化学传感器感应采集各采样点的数据，利用摄像头高清获取相应的图片信息，然后通过量子无线通信技术汇总海洋环境数据传送到相关管理部门(图 2)。系统中量子信源是量子信息产生的基础装置，量子信宿是量子信息的接收装置，量子编码将量子信息转化成量子比特，然后量子解码将量子比特进一步转为可直接阅读的信息。

该海洋环境监测系统通过量子无线通信技术收集各个监测点数据，最终可得到相关统计分析结果，实现各海域质量日报、水质自动监测、在线实时接收污染源监测数据等先进功能，然后在电子地图上完成实时数据更新。同时可在地理信息系统部分插入视频、音频等多媒体的表现手法，通过各种图形、颜色的变换及等值线自动计算等各种编程手段，实现对环境监测数据的深入理解和直观分析。系统数据库系统服务器这种多层结构的分布式应用，兼容国际因特网的超文本传输协议，因特网用户可以浏览面向 Web 的海洋环境监测信息系统站点中的数据、制作专题图，进行各种海洋环境信息的空间检索和空间分析[15]。

## 3 系统可行性分析

随着浏览器/服务器计算模式的成熟和电子通信网络计算的迅速发展，海洋环境监测信息系统与量子无线通信技术的结合是海洋环境信息安全系统发展的必然趋势。

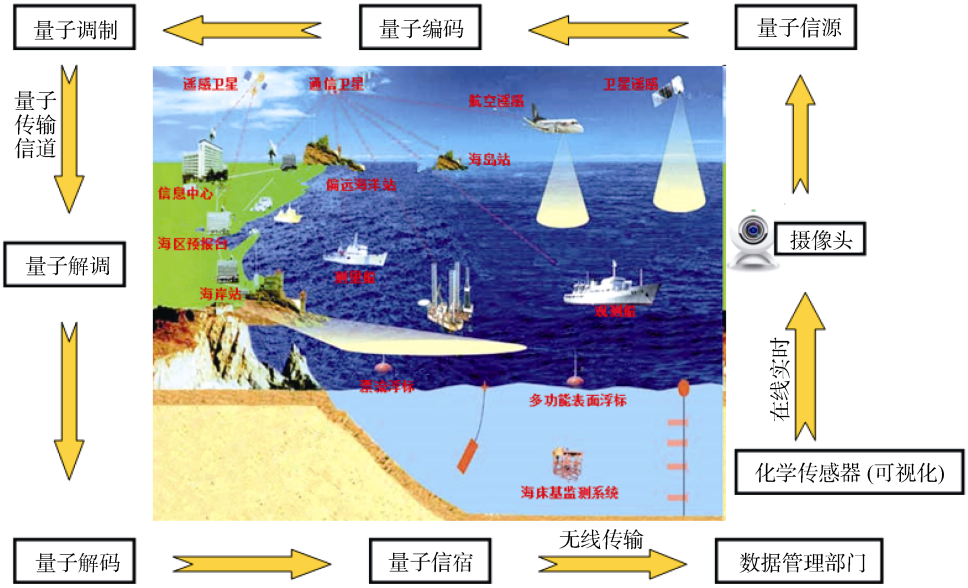



图 2　海洋环境监测系统框架图

Fig. 2　Marine Environment Monitoring System Framework

翟维枫等[16]以现场总线和 Zigbee 无线通信为基础设计了一种基于 Zigbee 无线网关的环境监测系统。该方案中环境监测数据均由无线传感器发送至 Zigbee 无线网络，通过 Zigbee 网关协议转换并输送至 Profibus 总线，最后从总线上读取监测数据并根据预设的控制策略对环境进行调控。

罗克佳华[17]采用网格布点首次构建了“生态环境微观监测站”和“大气网格化环境监管系统”，可通过瞄准污染源进行靶向治理。太原市已成功运用该系统在大气中布设“环保天眼”，然后顺藤摸瓜找到污染来源，进而根据污染源制定出相应的治理措施。

目前无线通信和传感器技术在海洋环境监测系统中已广泛应用。付良瑞等[5]结合自容式存储和无线通信技术，把离线与在线监测相融合，构建稳定、智能化、精度高、容量大的海洋环境实时监测系统。何世钧等[18]和杨祯明等[19]综合采用无线传感器网络、3G 无线通信和 GIS 空间信息处理等技术，实现海洋环境动态可视化、在线监测、信息实时处理等功能。王骥等[20]智能化地将各种传感器构建成传感器网络，再融无线传感器网络和通信、信息分布智能处理及现代网络等技术为一体，搭建以无线传感器网络为基础的海洋环境监测系统。

汤煜等[21]利用定点量子通信数据仿真星地量子通信数据，成功应用于卫星发射前检测不同轨道高度下卫星信号的时间同步性能。目前世界上已用超导电路实现固态系统中最大的多重量子比特纠缠状态——10 量子比特的量子纠缠，这是大规模量子计算的新突破[22]。特殊的量子计算机——量子模拟器已问世，它有效结合大尺度系统与高维度的量子相干性，由激光捕获的超冷铷原子所编码，将这些冷原子以特定的顺序进行排列实现量子计算。该模拟器系统可用于揭示一系列复杂的量子过程，包括量子力学和材料性质之间的联系以及物质的新相态等[23]。

量子隐形传态技术已成功应用到无线通信网络的身份认证，通过对无线局域网的认证进行探讨进而推广至整个无线通信网络中。首先，在无线局域网中获得共享密钥与量子纠缠对，客户端与接入点两端通过量子信道传输信息，然后接入点对手中的量子态进行幺正变换，最后将变换后的信息与原先的备份信息进行保真度计算，因此来判定是否认证成功[14]。

因此，以无线传感器通信网络的海洋环境监测系统和量子无线通信技术为基础，结合二者的技术优势，设计数据安全、系统全面和实时在线的海洋环境监测系统方案可行。

## 4　结论

该海洋环境监测系统利用分析化学传感器手段实现在线实时监测，海洋环境数据利用光子基本粒子的量子纠缠原理由量子态携带信息进行无线通信，为海洋环境规划、环境管理和污染物总量控制等提供全面安全可靠的监测数据。该系统可满足安全化、无线化、智能化、微型化、集成化、网络化等海洋

环境监测系统的发展要求，是海洋环境现场监测系统技术的新突破。

参考文献:


[1] 国家环境保护局. 全国环境监测报告制度(暂行) [M]. 北京: 中国环境出版社, 1991: 5-6.
National Environmental Protection Agency. National Environmental Monitoring Report System (Interim)[M]. Beijing: China Environment Press, 1991: 5-6.

[2] 陆刚, 安海容, 王琳, 等. 加强环境监测数据安全措施的探讨[J]. 环境科学与技术, 2004, 27: 191-192.
Lu Gang, An Hairong, Wang Lin, et al. Discussion on strengthening safety measures for environmental monitoring data[J]. Environmental Science and Technology, 2004, 27: 191-192.

[3] 陈莉. 基于 ZigBee 协议的环境监测无线传感器网络测量节点的设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2008: 1-92.
Chen Li. The Node Design of Environment Monitoring Wireless Sensor Network Based on ZigBee[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2008: 1-92.

[4] 于海斌, 曾鹏. 智能无线传感器网络系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 5-11.
Yu Haibin, Zeng Peng. Smart Wireless Sensor Network System[M]. Beijing: Science Press, 2006: 5-11.

[5] 付良瑞, 朱宝良, 胡祥超, 等. 一种多通道无线静态应变测量装置[J]. 仪表技术与传感器, 2017(11): 45-50.
Fu Liangrui, Zhu Baoliang, Hu Xiangchao, et al. Multichannel wireless static strain measuring device[J]. Instrument Technique and Sensor, 2017(11): 45-50.

[6] 郭祥东. 基于无线射频传输技术的海洋环境监测系统的设计[J]. 科技创新与应用, 2015, 33: 41-42.
Guo Xiangdong. Design of marine environmental monitoring system based on wireless radio frequency transmission technology[J]. Technological Innovation and Application, 2015, 33: 41-42.

[7] 吕斌, 贺海靖, 刘杰. 基于无线传感器网络的海洋环境监测技术研究[J]. 山东科学, 2011, 24: 41-44.
Lü Bin, He Haijing, Liu Jie. Development of a wireless sensor networks based ocean environment monitoring system[J]. Shandong Science, 2011, 24: 41-44.

[8] 高永强. 量子通信原理及应用[J]. 通信企业管理, 2017, 1: 61-63.
Gao Yongqiang. Quantum communication principles and applications[J]. Communications Enterprise Management, 2017, 1: 61-63.

[9] 吕艺. 浅析量子通信技术及其发展前景[J]. 科技创新与应用, 2016, 17: 91.
Lü Yi. Analysis of quantum communication technology and its development prospects[J]. Science and Technology Innovation and Application, 2016, 17: 91.

[10] 姚猛, 张文博. 量子通信技术原理与未来的应用研究[J]. 数码世界, 2017, 10: 192.
Yao Meng, Zhang Wenbo. Quantum communication technology principles and future application research[J]. Digital World, 2017, 10: 192.

[11] 范新灿, 刘凯洋, 温晓军. 量子移动互联通信传输及路由协议研究[J]. 量子电子学报, 2017, 34: 581-587.
Fan Xincan, Liu Kaiyang, Wen Xiaojun. Communication transmission and routing protocols of quantum mobile internet[J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2017, 34: 581-587.

[12] 黄红梅. 利用一个两粒子纠缠态实现 N 粒子 GHZ 纠缠态的隐形传态[J]. 量子电子学报, 2012, 6: 695-700.
Huang Hongmei. Using a two-particle entangled state to realize the teleportation of the n-particle GHZ entangled states[J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2012, 6: 695-700.

[13] 刘乃安, 李晓辉. 无线局域网: 原理, 技术与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004: 5.
Liu Naian, Li Xiaohui. Wireless LAN: Theory, Technology and Application[M]. Xi'an: Xidian University Press, 2004: 5.

[14] 张沛, 周小清, 李智伟. 基于量子隐形传态的无线通信网络身份认证方案[J]. 物理学报, 2014, 63: 1303011-1303015.
Zhang Pei, Zhou Xiaoqing, Li Zhiwei. Identification scheme based on quantum teleportation for wireless communication networks[J]. Acta Physica Sinica, 2014, 63: 1303011-1303015.

[15] 畅福善. 基于 VPN 网络的环境监测信息系统的设计与实现[J]. 通信技术, 2009, 42: 151-157.
Chang Fushan, Design and Implementation of VPN-based Environment Monitoring Information System[J]. Communications Technology, 2009, 42: 151-157.

[16] 翟维枫, 张晓楠, 孙德辉. 基于无线传感网络的环境监测系统设计[J]. 中国农机化学报, 2016, 37: 226-230.
Zhai Weifeng, Zhang Xiaonan, Sun Dehui. Design of environmengal monitoring system based on wireless sensor network[J]. Journal Chinese Agricultural Mechanization, 2016, 37: 226-230.

[17] 罗克佳华. 布设"环保天眼" 实现靶向治理[N/OL]. 太原日报, 2017-10-04[2017-10-10], http: //www.hbzhan.com/company_news/detail/369160.html.
Luo Kejiahua. Put "Eco-friendly Sky Eyes" to Realize Targeted Governance [N/OL]. Taiyuan Daily. 2017-10-04[2017-10-10], http://www.hbzhan.com/company_news/detail/369160.html.

[18] 何世钧, 陈中华, 张雨, 等. 基于物联网的海洋环境监测系统的研究[J]. 传感器与微系统, 2011, 30: 13-15.
He Shijun, Chen Zhonghua, Zhang Yu. Research on moni-

toring system of marine environment based on internet of things[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2011, 30: 13-15.
[19] 杨祯明. 基于海洋环境数据的物联网动态监测系统设计[J]. 舰船科学技术, 2017, 39: 153-155.
Yang Zhenming, Design of dynamic monitoring system of internet of things based on marine environmental data[J]. Ship Science and Technology, 2017, 39: 153-155.
[20] 王骥, 周文静, 沈玉利. 基于无线传感器网络的海洋环境监测系统研究[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29, 3334-3337.
Wang Ji, Zhou Wenjing, Shen Yuli. Research on marine environment monitor system based on wireless sensor network[J]. Computer Engineering and Design, 2008, 29, 3334-3337.
[21] 汤煜, 刘尉悦, 李凤芝. 基于定点数据的星地量子通信数据仿真[J]. 量子电子学报, 2017, 34: 441-445.
Tang Yi, Liu Weiyue, LI Fengzhi. Date simulation of satellite-ground quantum communication based on fixed point data[J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2017, 34: 441-445.
[22] Song Chao, Xu Kai, Liu Wuxiu, et al. 10-qubit entanglement and parallel logic operations with a superconducting circuit[J]. Physical Review Letters, 2017, 119: 180511.
[23] Bernien H, Schwartz S, Keesling A, et al. Probing many-body dynamics on a 51-atom quantum simulator[J]. Nature, 551: 579-584.

# Application of quantum wireless communication technology in environmental monitoring

LI Hao[1], REN Yu-hui[1], LIU Feng-jiao[2]
(1. Institute of Information, Northwest University, Xi'an 710000, China; 2. Fujian Province Key Laboratory of Modern Analytical Science and Separation Technology, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China)

**Received:** Oct. 10, 2017
**Key words:** Quantum Communication Technology; Wireless Transmission; Marine Environmental Monitoring; Data Security

**Abstract:** In this study, a marine environmental monitoring system was developed based on quantum technology. The quantum entanglement principle of fundamental particles was employed, whereby the quantum state was the carrier of the real-time marine environmental monitoring data. This quantum-assisted wireless communication system ensures the security, systematicness, timeliness, and data accuracy in wireless communications, thereby improving informationization and flexibility. Thus, it can provide comprehensive and safe monitoring data for marine environmental planning, environmental management and environmental management.

(本文编辑: 张培新)