

文章编号: 1000-5862(2012)03-0263-04

基于三方秘密共享 4 粒子团簇态实现三比特量子态的可控隐形传态

邹 昕¹, 叶志清^{1,2*}

(1. 江西师范大学物理与通信电子学院, 江西 南昌 330022; 2. 江西省光电子与通信重点实验室, 江西 南昌 330022)

摘要: 提出了三比特未知量子态的可控隐形传态方案, 利用 2 个三方共享的 4 粒子团簇态作为量子信道, 由第三方进行控制. 首先, 发送者(Alice)对其拥有的 3 个粒子对进行 3 次 Bell 基联合测量, 并把结果通过经典信道告诉接收者(Bob)和控制者(Charlie). 若控制者同意接收者重建未知量子态, 则对自己的粒子对进行 Bell 基测量, 并将结果通知接收者. 接收者根据发送者和控制者的测量结果, 对自己拥有的粒子对做相应的么正变换, 就可以重建发送者要传的二比特未知的量子态, 从而实现可控隐形传态.

关键词: 量子信息; 可控量子隐形传态; Bell 基联合测量; 团簇态; 第三方控制

中图分类号: TN 918

文献标志码: A

0 引言

量子纠缠是量子信息处理中的核心“资源”, 是量子通信及量子信息处理的基础, 而量子隐形传态是人们所能想到的对纠缠现象最精彩的应用. 不久以前, 量子隐形传态还仅仅停留在假想实验的阶段, 而在 1997 年, 2 个国际科学研究小组根据查尔斯·贝内特(Charles Bennett)1993 年发表的 1 篇物理学期刊论文中的提议, 成功地实现了隐形传输单粒子量子态的梦想^[1]. 迄今为止, 很多利用纠缠态作为量子信道的量子隐形传态方案^[2-7]已经由国内外许多研究组相继提出, 且在此基础上发展了可控隐形传态理论. 第 1 个可控隐形传态方案是于 1998 年利用 Greenberger-Horne-Zeilinger(GHZ)态作为量子信道而提出的^[8]. 在这些方案中, 量子信道的建立都是以 GHZ 态或 W 态为基础的. 然而, 多量子比特纠缠时, 显然会有更加复杂的情况, 并且能够发现一些特别的性质. 于是, 当粒子数 $N>3$ 时, 才能表现出特有性质的一种新的量子态——团簇态^[9], 引起了人们的关注. 团簇态是一种多粒子纠缠态, 它具有最大关联度和最大纠缠顽固度, 比 GHZ 类纠缠态更难被局域操作破坏^[10-13], 是量子信息领域的重要资源.

本文提出利用由三方秘密共享的 4 粒子团簇态为

量子信道, 实现 3 粒子量子态的可控隐形传态新方案. 在此方案中, 建立 2 个由三方共享的 4 粒子团簇态构成的量子信道是实现隐形传态的基础. 信道建立好之后, 发送者 Alice 首先对自己的粒子对进行 3 次 Bell 基联合测量, 使系统塌缩到由接收者 Bob 和控制者 Charlie 共享的纠缠态上; 只有当 Charlie 同意 Bob 重建待传态, 对自己的粒子对进行 Bell 基测量, 把测量结果通过经典信道传给 Bob, 最后 Bob 根据 Alice 和 Charlie 由经典信道发送来的测量结果, 作相应的么正变换, 即可在自己的粒子上重建待传态, 从而实现隐形传态.

1 利用 2 个共享的 4 粒子团簇态实现可控量子隐形传态

假设发送者 Alice 有一个未知的三比特量子态

$$|\psi\rangle_{D_1 D_2 D_3} = a|000\rangle + b|001\rangle + c|010\rangle + d|011\rangle + e|100\rangle + f|101\rangle + g|110\rangle + h|111\rangle,$$

其中 $|a|^2 + |b|^2 + |c|^2 + |d|^2 + |e|^2 + |f|^2 + |g|^2 + |h|^2 = 1$. 要传送该态必须先构建量子信道, 假设发送者 Alice、接收者 Bob 和控制者 Charlie 共享 2 个 4 粒子团簇态

$$|\psi\rangle_{A_1 C_1 A_2 B_1} = |\psi\rangle_{A_3 B_2 C_2 B_3} = \frac{1}{2}(|0000\rangle + |0011\rangle + |1100\rangle - |1111\rangle),$$

其中发送者 Alice 拥有粒子 A_1 、 A_2 、 A_3 , 接收者 Bob

收稿日期: 2012-01-19

基金项目: 国家自然科学基金(60967002), 江西省自然科学基金(20114BAB202003)和江西省教育厅科技课题(GJJ10401)资助项目.

作者简介: 叶志清(1960-), 浙江建德人, 教授, 主要从事光电子器件和光量子通信的研究.

拥有粒子 B_1 、 B_2 、 B_3 , 控制者 Charlie 拥有粒子 C_1 、 C_2 , 由此可见, 该量子信道为三方所共享, 由这 11 个粒子量子体系构成的系综态为 $|\Psi\rangle_{D_1 D_2 D_3 A_1 C_1 A_2 B_1 A_3 B_2 C_2 B_3} = |\psi\rangle_{D_1 D_2 D_3} \otimes |\psi\rangle_{A_1 C_1 A_2 B_1} \otimes |\psi\rangle_{A_3 B_2 C_2 B_3}$. 为了实现受控隐形传态, Alice 首先需要对自己拥有的粒子对(D_1, A_1)、(D_2, A_2)、(D_3, A_3)进行 3 次 Bell 基联合测量(BSM), 她将得到 64 种不同的测量结果, 每种结果的概率均为 1/64, 而且在 Alice 测量后, 子系统 C_1 、 B_1 、 B_2 、 C_2 ,

B_3 将塌缩到 64 种相应的态 $|\phi^i\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3}$ ($i=1, 2, \dots, 64$) 中. Alice 的测量结果及 Bob-Charlie 子系统的相应态如表 1 所示, 表 1 中 $|\Phi^\pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle \pm |11\rangle)$, $|\Psi^\pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle \pm |10\rangle)$; σ_i ($i=1, 2, \dots, 16$)、 $|g_m\rangle_j$ ($j=0, 1, \dots, 16$) 的对应关系式如表 2 所示.

表 1 Alice 的部分测量结果及 Bob-Charlie 子系统相应态

Alice 的测量结果			Bob-Charlie 联合系统得到的相应塌缩态	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^1\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_8 g_m\rangle_1 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_1 g_m\rangle_1 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_8 g_m\rangle_2 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_9 g_m\rangle_2$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Psi^-\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^2\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{13} g_m\rangle_3 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{10} g_m\rangle_3 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{13} g_m\rangle_4 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_3 g_m\rangle_4$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^-\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^3\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_4 g_m\rangle_1 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_5 g_m\rangle_1 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_4 g_m\rangle_2 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{11} g_m\rangle_2$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^-\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Psi^-\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^4\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{14} g_m\rangle_3 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{12} g_m\rangle_3 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{14} g_m\rangle_4 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_7 g_m\rangle_4$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Psi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^-\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^5\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_6 g_m\rangle_5 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_3 g_m\rangle_5 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_2 g_m\rangle_6 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{10} g_m\rangle_6$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Psi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Psi^-\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^6\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{13} g_m\rangle_7 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{10} g_m\rangle_7 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{13} g_m\rangle_8 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_3 g_m\rangle_8$	
$ \Phi^+\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Psi^-\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^7\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{15} g_m\rangle_5 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{11} g_m\rangle_5 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{14} g_m\rangle_6 + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_7 g_m\rangle_6$	
$ \Psi^-\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^8\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_9 g_m\rangle_9 + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_9 + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_1 g_m\rangle_{10} + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{10}$	
$ \Psi^-\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Phi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Psi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^9\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_9 g_m\rangle_{11} + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{11} + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_1 g_m\rangle_{12} + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{12}$	
$ \Psi^-\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Psi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Phi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^{10}\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_9 g_m\rangle_{13} + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{13} + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_1 g_m\rangle_{14} + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{14}$	
$ \Psi^-\rangle_{D_1 A_1}$	$ \Psi^+\rangle_{D_2 A_2}$	$ \Psi^+\rangle_{D_3 A_3}$	$ \phi^{11}\rangle_{C_1 B_1 B_2 C_2 B_3} = \Phi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_9 g_m\rangle_{15} + \Phi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{15} + \Psi^+\rangle_{C_1 C_2} \sigma_1 g_m\rangle_{16} + \Psi^-\rangle_{C_1 C_2} \sigma_{16} g_m\rangle_{16}$	

注: 常量因子为方便起见而省略.

表 2 σ_i ($i=1, 2, \dots, 16$)、 $|g_m\rangle_j$ ($j=0, 1, \dots, 16$) 的对应关系式

σ_i	具体形式	$ g_m\rangle_j$	具体形式
σ_1	$\sigma_I \otimes \sigma_I \otimes \sigma_Z$	$ g_m\rangle_1$	$a 000\rangle + b 010\rangle + c 100\rangle + d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle - g 101\rangle + h 111\rangle$
σ_2	$\sigma_I \otimes \sigma_Z \otimes \sigma_I$	$ g_m\rangle_2$	$a 001\rangle - b 011\rangle + c 101\rangle - d 111\rangle + e 000\rangle + f 010\rangle - g 100\rangle - h 110\rangle$
σ_3	$\sigma_I \otimes \sigma_Z \otimes \sigma_Z$	$ g_m\rangle_3$	$a 010\rangle + b 000\rangle + c 110\rangle + d 100\rangle - e 011\rangle + f 001\rangle + g 111\rangle - h 101\rangle$
σ_4	$\sigma_Z \otimes \sigma_I \otimes \sigma_I$	$ g_m\rangle_4$	$-a 011\rangle + b 001\rangle - c 111\rangle + d 101\rangle + e 010\rangle + f 000\rangle - g 110\rangle - h 100\rangle$
σ_5	$\sigma_Z \otimes \sigma_I \otimes \sigma_Z$	$ g_m\rangle_5$	$a 100\rangle + b 110\rangle + c 000\rangle + d 010\rangle - e 101\rangle + f 111\rangle + g 001\rangle - h 011\rangle$
σ_6	$\sigma_Z \otimes \sigma_Z \otimes \sigma_I$	$ g_m\rangle_6$	$a 101\rangle - b 111\rangle + c 001\rangle - d 011\rangle - e 100\rangle - f 110\rangle + g 000\rangle + h 010\rangle$
σ_7	$\sigma_Z \otimes \sigma_Z \otimes \sigma_Z$	$ g_m\rangle_7$	$a 110\rangle + b 100\rangle + c 010\rangle + d 000\rangle + e 111\rangle - f 101\rangle - g 011\rangle + h 001\rangle$
σ_8	$\sigma_I \otimes \sigma_I \otimes \sigma_I$	$ g_m\rangle_8$	$-a 111\rangle + b 101\rangle - c 011\rangle + d 001\rangle - e 110\rangle - f 100\rangle + g 010\rangle + h 000\rangle$
σ_9	$\sigma_I \otimes [\sigma_I \otimes (-\sigma_Z)]$	$ g_m\rangle_9$	$a 001\rangle - b 011\rangle - c 101\rangle + d 111\rangle + e 000\rangle + f 010\rangle + g 100\rangle + h 110\rangle$
σ_{10}	$\sigma_I \otimes [\sigma_Z \otimes (-\sigma_Z)]$	$ g_m\rangle_{10}$	$a 000\rangle + b 010\rangle - c 100\rangle - d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle + g 101\rangle - h 111\rangle$
σ_{11}	$\sigma_Z \otimes [\sigma_I \otimes (-\sigma_Z)]$	$ g_m\rangle_{11}$	$-a 011\rangle + b 001\rangle + c 111\rangle - d 101\rangle + e 010\rangle + f 000\rangle + g 110\rangle + h 100\rangle$
σ_{12}	$\sigma_Z \otimes [\sigma_Z \otimes (-\sigma_Z)]$	$ g_m\rangle_{12}$	$a 010\rangle + b 000\rangle - c 110\rangle - d 100\rangle - e 011\rangle + f 001\rangle - g 111\rangle + h 101\rangle$
σ_{13}	$\sigma_I \otimes [\sigma_Z \otimes (-\sigma_I)]$	$ g_m\rangle_{13}$	$-a 101\rangle + b 111\rangle + c 001\rangle - d 011\rangle + e 100\rangle + f 110\rangle + g 000\rangle + h 010\rangle$
σ_{14}	$\sigma_Z \otimes [\sigma_Z \otimes (-\sigma_I)]$	$ g_m\rangle_{14}$	$-a 100\rangle - b 110\rangle + c 000\rangle + d 010\rangle + e 101\rangle - f 111\rangle + g 001\rangle - h 011\rangle$
σ_{15}	$\sigma_Z \otimes [\sigma_I \otimes (-\sigma_I)]$	$ g_m\rangle_{15}$	$a 111\rangle - b 101\rangle - c 011\rangle + d 001\rangle + e 110\rangle + f 100\rangle + g 010\rangle + h 000\rangle$
σ_{16}	$\sigma_I \otimes [\sigma_I \otimes (-\sigma_I)]$	$ g_m\rangle_{16}$	$-a 110\rangle - b 100\rangle + c 010\rangle + d 000\rangle - e 111\rangle + f 101\rangle - g 011\rangle + h 001\rangle$

然后 Alice 通过经典信道告诉 Bob 和 Charlie 她的测量结果. 如果 Charlie 同意 Bob 重建 Alice 需要传送的初始量子态, 那么他对自己的粒子对(C_1, C_2)进行一次 Bell 基测量, 并将测量结果通过经典信道告诉 Bob. 根据 Alice 和 Charlie 的测量结果, Bob 就可以通过做相应的幺正变换来重建待传态 $|\psi\rangle_{D_1D_2D_3}$. 举例来说, 如果 Bob-Charlie 联合系统塌缩为图表中的第 1 个态 $|\phi^1\rangle_{C_1B_1B_2C_2B_3}$, 那么 Charlie 的测量结果和 Bob 得到的相应的态, 及 Bob 需要做的幺正变换如表 3 所示.

在表 3 中, 幺正变换 $U_i(i=1, 2, \dots, 4)$ 的形式如下:

$$U_1 = |000\rangle\langle 000| + |001\rangle\langle 010| + |010\rangle\langle 100| + |011\rangle\langle 110| + |100\rangle\langle 001| - |101\rangle\langle 011| - |110\rangle\langle 101| + |111\rangle\langle 111|,$$

$$U_2 = |000\rangle\langle 000| + |001\rangle\langle 010| + |010\rangle\langle 100| + |011\rangle\langle 110| - |100\rangle\langle 001| + |101\rangle\langle 011| + |110\rangle\langle 101| - |111\rangle\langle 111|,$$

$$U_3 = |000\rangle\langle 001| + |001\rangle\langle 011| + |010\rangle\langle 101| - |011\rangle\langle 111| + |100\rangle\langle 000| + |101\rangle\langle 010| - |110\rangle\langle 100| - |111\rangle\langle 110|,$$

$$U_4 = |000\rangle\langle 001| - |001\rangle\langle 011| + |010\rangle\langle 101| - |011\rangle\langle 111| - |100\rangle\langle 000| - |101\rangle\langle 010| + |110\rangle\langle 100| + |111\rangle\langle 110|.$$

显然, 通过 Charlie 的测量后, 粒子 B_1, B_2, B_3 的塌缩态 $|\phi^i\rangle_{B_1B_2B_3}$ 有 256 种可能的情况. 最后, Bob 可以通过适当的幺正变换来重建初始态 $|\psi\rangle_{D_1D_2D_3}$. 举例来说, 如果 Bob 得到的态为 $|\phi^1\rangle_{B_1B_2B_3}$, 则应对他所拥有的 3 个粒子作幺正变换 U_1 来重建 Alice 要传的初态 $|\psi\rangle_{D_1D_2D_3}$.

该方案的安全性由量子力学的基本原理所保证, 且由于团簇态的特性使得信息只在 Alice、Bob 和 Charlie 间秘密传送, 故该通信方式是安全的.

表 3 Charlie 的测量结果, Bob 得到的相应的态及 Bob 需要作的幺正变换

Charlie 的测量结果	Bob 得到的相应的态	U_i
$ \Phi^+\rangle_{C_1C_2}$	$ \phi^1\rangle_{B_1B_2B_3} = a 000\rangle + b 010\rangle + c 100\rangle + d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle - g 101\rangle + h 111\rangle$	U_1
$ \Phi^-\rangle_{C_1C_2}$	$ \phi^2\rangle_{B_1B_2B_3} = a 000\rangle + b 010\rangle + c 100\rangle + d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle - g 101\rangle + h 111\rangle$	U_2
$ \Psi^+\rangle_{C_1C_2}$	$ \phi^3\rangle_{B_1B_2B_3} = a 000\rangle + b 010\rangle + c 100\rangle + d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle - g 101\rangle + h 111\rangle$	U_3
$ \Psi^-\rangle_{C_1C_2}$	$ \phi^4\rangle_{B_1B_2B_3} = a 000\rangle + b 010\rangle + c 100\rangle + d 110\rangle + e 001\rangle - f 011\rangle - g 101\rangle + h 111\rangle$	U_4

注: 常量因子方便起见而省略.

2 结论

本文提出了利用由三方秘密共享的 2 个 4 粒子团簇态为量子信道, 实现 3 粒子未知态的可控量子隐形传态的新方案. 在该方案中, 一个发送者、一个控制者和一个接收者秘密共享 2 个 4 粒子团簇态, 利用团簇态各粒子关联度高、纠缠度大的优点, 使得基于该量子信道的通信方案能比其他通信方案更安全、保密性更高. 首先, 发送者对她拥有的 3 个粒子和未知态 3 粒子所构成的 3 个粒子对进行 3 次 Bell 基联合测量, 并通过经典信道告诉控制者和接收者. 接着, 若控制者同意接收者重建未知初态, 则对自己的粒子对做一次 Bell 基测量, 并将测量结果通过经典信道告诉接收者. 最后, 接收者根据发送者和控制者的测量结果, 执行适当的幺正变换, 可获得要传送的量子态, 从而完成了三比特未知态的可控量子隐形传态. 没有控制者的协作, 接受者无法重

建任意 3 粒子未知态的初态, 整个通信过程是安全、可靠的. 由于这一方案保密性好、可靠性高, 可以预见, 它在未来的量子计算、量子保密通信中定能发挥重要作用.

3 参考文献

- [1] 阿米尔·阿克塞尔. 纠缠态: 物理世界第一谜 [M]. 庄星来, 译. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2008: 135.
- [2] Bennett C H, Brassard G. Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing [EB/OL]. [2011-11-18]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030439751100750X?v=s5>.
- [3] Bennett C H, Wiesner S J. Communication via one and two particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states [J]. Phys Rev Lett, 1992, 69(20): 2881-2884.
- [4] Ekert A K. Quantum cryptography based on Bell's theorem [J]. Phys Rev Lett, 1991, 67(6): 661-663.
- [5] Dai Hongyi, Chen Pingxing, Li Chengzu. Probabilistic teleportation of an arbitrary two-particle state by a partially entangled

- three-particle GHZ state and W state [J]. Opt Commun, 2004, 231: 281-287.
- [6] 丁冬, 闫凤利. 任意 2 粒子态的概率隐形传输 [J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2006, 30(4): 407-410.
- [7] 丁冬, 闫凤利. 利用 4 粒子纠缠态对未知的两粒子态的概率的隐形传态 [J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2007, 31(1): 43-45.
- [8] Cleve R, Gottesman D, Lo H K. How to share a quantum secret [J]. Phys Rev Lett, 1999, 83(3): 648-651.
- [9] Briegel H J, Raussendorf R. Persistent entanglement in arrays of interacting particles [J]. Phys Rev Lett A, 2001, 86(5): 910-913.
- [10] Li Dachuang, Cao Zhouliang. Teleportation of two-particle entangled state via cluster state [J]. Commun Theor Phys, 2007, 47(3): 464-466.
- [11] Dong Ping, Xue Zhengyuan, Yang Ming, et al. Generation of cluster states [J]. Phys Rev A, 2006, 73(3): 33818.
- [12] 李渊华, 金翠平, 王永胜, 等. 基于六粒子团簇态实现二粒子任意态的量子信息分离 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2010, 34(5): 502-505.
- [13] 刘坤, 李渊华, 梁章坦, 等. 基于六粒子团簇态的可控量子隐形传态 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2010, 34(6): 612-614.

Based on Four-Qubit Cluster State Secretly Shared by Three Parties to Realize Controlled Teleportation of Three-Qubit State

ZOU Xin¹, YE Zhi-qing^{1,2*}

(1. Department of Physics & Communication Electronics, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;
2. Key Laboratory of Photoelectronic & Telecommunication of Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: A scheme for controlled teleportation of an unknown three-qubit state using two four-qubit cluster states which are shared by a sender, a receiver and a controller as the quantum channel is proposed in detail. In the scheme, the sender(Alice) performs Bell-state measurement(BSM) on her qubits three times and then tells the receiver(Bob) and the controller(Charlie) her measured results via a classical channel. If the controller agrees the receiver to reconstruct the unknown quantum state, he performs the BSM on his qubits and tells the receiver his measured result. According to the results from both the sender and the controller, the receiver could reconstruct the unknown three-qubit state by performing some appropriately unitary transformations on his qubits. Thus the controlled teleportation of an unknown three-qubit state is achieved.

Key words: quantum information; controlled quantum teleportation; bell-state measurement; cluster states; controlled by a third party

(责任编辑: 冉小晓)