

文章编号: 1000-5862(2015)01-0079-04

4 粒子团簇态的远程制备方案

曾 山, 聂义友*

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

摘要: 提出了用 2 个 3 粒子 GHZ 态作为量子信道远程制备实系数和复系数 4 粒子团簇态的 2 种方案. 对于实系数的 4 粒子团簇态, 提出了一个确定性的远程制备方案. 在这一方案中, 先让发送者 Alice 与接受者 Bob 共享 2 个 3 粒子 GHZ 态, 然后 Alice 对自己手中的粒子在适当的基下进行 2 粒子联合测量, 并将测量结果通知 Bob, Bob 通过进行适当的幺正变换就能获得需要制备的 4 粒子团簇态. 这个制备方案成功的概率是 100%. 对于更一般的复系数 4 粒子团簇态的远程制备, 提出了一个成功概率为 25% 的一般方案, 并讨论了在某些特殊条件下, 制备成功的概率可以达到 50% 甚至 100%. 此外, 还讨论了不同方案的经典资源成本.

关键词: 远程制备; 量子信道; 4 粒子团簇态; 2 粒子联合测量; 幺正变换

中图分类号: O 431.2 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2015.01.15

0 引言

自 1993 年 C. H. Bennett^[1] 提出量子隐形传态这个概念以来, 量子信息领域得到了极大的发展. 许多新的概念相继被提出来, 例如可控量子隐形传态^[2]、量子远程克隆^[3-4]、量子密集编码^[5-6]、量子身份认证^[7-8]、量子安全直接通信^[9-11]等. 2001 年, C. H. Bennett 等^[12] 又提出了量子态远程制备这一新概念. 这个制备过程虽然仍用了经典通道和量子通道来实现, 但它并不需要传送粒子的态就可以通过操作让远处的多个粒子纠缠起来, 并假设发送者(Alice)事先已经知道待制备的态, 而接受者(Bob)并不知道. 这样与量子隐形传态相比, 量子态远程制备在过程中就节约了许多资源. 这一概念吸引了众人的关注, 并相继提出了单粒子态^[13-14]、2 粒子纠缠态^[15-17]、3 粒子纠缠态^[18-19]、4 粒子团簇态^[20-22]的远程制备方案. 在文献[20]中, 提出利用 4 个 EPR 对作为量子信道远程制备 4 粒子团簇态的方案, 制备成功的概率为 25%; 文献[21]提出利用一个 EPR 对与 2 个 3 粒子 GHZ 态联合作为量子信道实现 4 粒子团簇态的远程制备方案, 并将制备成功的概率提升至 50%. 在这 2 个方案中, 所用到的量子资源

(8 qubits) 相同, 但均需要进行复杂的 4 粒子联合测量. 尔后, 文献[22-24]又提出了一个 4 粒子团簇态的远程制备方案, 这一方案虽然只用了 2 个 2 粒子纠缠态(4 qubits)作为量子信道, 但在制备过程中需要引入 3 个附加的辅助粒子(3 qubits), 且要进行多次粒子间的联合测量. 本文将介绍一种新的、更加经济的 4 粒子团簇态的远程制备方案. 在该方案中, 仅利用 2 个 3 粒子 GHZ 态(6 qubits)做量子信道, 且仅需进行 1 次 2 粒子联合测量即可实现 4 粒子团簇态的远程制备.

1 实系数的 4 粒子团簇态的远程制备

设 Alice 与 Bob 事先共享 2 个 3 粒子 GHZ 态为

$$\begin{aligned} |\varphi\rangle_{A_1B_1B_2} &= (|000\rangle + |111\rangle)_{A_1B_1B_2}/\sqrt{2}, \\ |\varphi\rangle_{A_2B_3B_4} &= (|000\rangle + |111\rangle)_{A_2B_3B_4}/\sqrt{2}, \end{aligned} \quad (1)$$

其中粒子 A_1 和 A_2 属于 Alice, 粒子 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 属于 Bob. 由这 2 个 3 粒子纠缠态组成的量子系统的初态可表示为

$$\begin{aligned} |\varphi\rangle_{A_1B_1B_2} \otimes |\varphi\rangle_{A_2B_3B_4} &= (|000000\rangle + |000111\rangle + \\ &|1111000\rangle + |1111111\rangle)_{A_1B_1B_2A_2B_3B_4}/2 = (|000000\rangle + \\ &|1010011\rangle + |101100\rangle + |1111111\rangle)_{A_1A_2B_1B_2B_3B_4}/2. \end{aligned} \quad (2)$$

现在 Alice 想通过远程制备的方式帮助 Bob 制

收稿日期: 2014-10-26

基金项目: 国家自然科学基金(61265001, 11264016), 江西省自然科学基金(20122BAB202005, 20142BAB202005)和江西省教育厅科研课题(GJJ13236)资助项目.

通信作者: 聂义友(1963-), 男, 江西丰城人, 教授, 主要从事量子光学、量子通信和量子信息方面的研究.

备一个 4 粒子团簇态为

$$|C_4\rangle = a|0000\rangle + b|0011\rangle + c|1100\rangle - d|1111\rangle, \quad (3)$$

其中 a, b, c 和 d 均是实数, 满足 $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = 1$, 并且 a, b, c 和 d 均是 Alice 所知道的.

为了远程帮助 Bob 制备 4 粒子团簇态, Alice 需要选择一组适当的测量基对自己手中的粒子 A_1 和 A_2 进行联合测量. 由于 Alice 事先知道要制备的态中的参量 a, b, c 和 d , 她选择在 $\{|M_1\rangle, |M_2\rangle, |M_3\rangle, |M_4\rangle\}$ 这一组正交基下对 A_1 和 A_2 进行测量, 这一组基的具体形式为

$$\begin{aligned} |M_1\rangle &= a|00\rangle + b|01\rangle + c|10\rangle - d|11\rangle, \\ |M_2\rangle &= b|00\rangle - a|01\rangle + d|10\rangle + c|11\rangle, \\ |M_3\rangle &= c|00\rangle - d|01\rangle - a|10\rangle - b|11\rangle, \\ |M_4\rangle &= d|00\rangle + c|01\rangle - b|10\rangle + a|11\rangle, \end{aligned} \quad (4)$$

这样, 可以将 (2) 式改写为

$$\begin{aligned} |\varphi\rangle_{A_1B_1B_2} \otimes |\varphi\rangle_{A_2B_3B_4} &= [|M_1\rangle_{A_1A_2} (a|0000\rangle + b|0011\rangle + c|1100\rangle - d|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + |M_2\rangle_{A_1A_2} \cdot \\ & (b|0000\rangle - a|0011\rangle + d|1100\rangle + c|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + \\ & |M_3\rangle_{A_1A_2} (c|0000\rangle - d|0011\rangle - a|1100\rangle - \\ & b|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + |M_4\rangle_{A_1A_2} (d|0000\rangle + c|0011\rangle - \\ & b|1100\rangle + a|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4}] / 2, \end{aligned} \quad (5)$$

显然, 在 Alice 用 (4) 式所示的正交基对 A_1 和 A_2 进行 2 粒子联合测量之后, 系统的粒子之间发生了纠缠转移, 一个新的纠缠产生在 B_1, B_2, B_3 和 B_4 之间. Alice 的可能的测量结果有 4 种, 每一种测量结果的概率为 1/4. 测量后, Alice 通过经典信道把测量结果告诉 Bob, 这个过程需要 2 个经典比特. 根据 Alice 的测量结果, Bob 对自己拥有的 4 个粒子进行适当的幺正变换就能够获得需要制备的 4 粒子团簇态 $|C_4\rangle$. Alice 的测量结果与 Bob 需要进行的幺正变换如表 1 所示. 在这个方案中, 只需要使用 2 个经典比特和 1 次 2 粒子联合测量便完成了远程制备任务, 并且不管 Alice 的测量结果如何, Bob 都能成功获得需要制备的 4 粒子团簇态, 所以这一远程制备的成功率为 100%.

表 1 Alice 的测量结果和 Bob 进行的操作

Alice 的测量结果	Bob 需要进行的操作
$ M_1\rangle_{A_1A_2}$	$I_{B_1} \otimes I_{B_2} \otimes I_{B_3} \otimes I_{B_4}$
$ M_2\rangle_{A_1A_2}$	$Z_{B_1} \otimes I_{B_2} \otimes Y_{B_3} \otimes X_{B_4}$
$ M_3\rangle_{A_1A_2}$	$Y_{B_1} \otimes X_{B_2} \otimes I_{B_3} \otimes I_{B_4}$
$ M_4\rangle_{A_1A_2}$	$X_{B_1} \otimes X_{B_2} \otimes Y_{B_3} \otimes X_{B_4}$

注: $I = |0\rangle\langle 0| + |1\rangle\langle 1|$, $X = |1\rangle\langle 0| + |0\rangle\langle 1|$, $Y = |1\rangle\langle 0| + i|0\rangle\langle 1|$, $Z = |0\rangle\langle 0| - |1\rangle\langle 1|$.

2 复系数的 4 粒子团簇态的远程制备

现在进一步考虑远程制备 4 粒子团簇态为

$$|\tilde{C}_4\rangle = \alpha|0000\rangle + \beta|0011\rangle + \gamma|1100\rangle - \delta|1111\rangle, \quad (6)$$

其中系数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 都是复数, 满足 $|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\delta|^2 = 1$, 并且 Alice 完全知道这个态. 假设这些复系数的虚部都是非零的. 同样, 为了帮助 Bob 制备这一量子态, Alice 要对 A_1 和 A_2 在适当的基下进行 2 粒子联合测量. 为此, 她选择在 $\{|\mu_1\rangle, |\mu_2\rangle, |\mu_3\rangle, |\mu_4\rangle\}$ 这一组正交基下对 A_1 和 A_2 进行测量, 这一组基的具体形式为

$$\begin{aligned} |\mu_1\rangle &= \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle - \delta|11\rangle, \\ |\mu_2\rangle &= \eta\alpha|00\rangle + \eta\beta|01\rangle - \eta^{-1}\gamma|10\rangle + \eta^{-1}\delta|11\rangle, \\ |\mu_3\rangle &= \beta^*|00\rangle - \alpha^*|01\rangle - \delta^*|10\rangle - \gamma^*|11\rangle, \\ |\mu_4\rangle &= \eta\beta^*|00\rangle - \eta\alpha^*|01\rangle + \eta^{-1}\delta^*|10\rangle + \eta^{-1}\gamma^*|11\rangle. \end{aligned} \quad (7)$$

在 (7) 式中, $\eta = (|\gamma|^2 + |\delta|^2) / (|\alpha|^2 + |\beta|^2)$, $*$ 代表复数的共轭. 这些态构成了 4 维希尔伯特空间的一组完备正交基. 这样, 可以将 Alice 与 Bob 事先共享的 2 个 3 粒子 GHZ 态, 即 (2) 式所示的量子态改写成

$$\begin{aligned} |\varphi\rangle_{A_1B_1B_2} \otimes |\varphi\rangle_{A_2B_3B_4} &= [|\mu_1\rangle_{A_1A_2} (\alpha^*|0000\rangle + \beta^*|0011\rangle + \gamma^*|1100\rangle - \delta^*|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + \\ & |\mu_2\rangle_{A_1A_2} (\eta\alpha^*|0000\rangle + \eta\beta^*|0011\rangle - \eta^{-1}\gamma^*|1100\rangle + \\ & \eta^{-1}\delta^*|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + |\mu_3\rangle_{A_1A_2} (\beta|0000\rangle - \\ & \alpha|0011\rangle - \delta|1100\rangle - \gamma|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4} + |\mu_4\rangle_{A_1A_2} \cdot \\ & (\eta\beta|0000\rangle - \eta\alpha|0011\rangle + \eta^{-1}\delta|1100\rangle + \\ & \eta^{-1}\gamma|1111\rangle)_{B_1B_2B_3B_4}] / 2. \end{aligned} \quad (8)$$

可以看出, Alice 在 $\{|\mu_1\rangle, |\mu_2\rangle, |\mu_3\rangle, |\mu_4\rangle\}$ 这一测量基下对她拥有的粒子 A_1 和 A_2 进行联合测量后, Bob 手中的粒子 B_1, B_2, B_3, B_4 将纠缠在一起. Alice 有 4 种可能的测量结果, 每个测量结果出现的概率都是 25%. 当 Alice 的测量结果是 $|\mu_3\rangle_{A_1A_2}$ 时, 则 Bob 手中的 4 个粒子纠缠状态为 $\beta|0000\rangle - \alpha|0011\rangle - \delta|1100\rangle - \gamma|1111\rangle$, 在这种情况下, Bob 可以对粒子 B_3 和 B_4 进行幺正变换 $I_{B_1}I_{B_2}Y_{B_3}X_{B_4}$ 来获得 (6) 式所示的 4 粒子团簇态. 由 (8) 式可以看出, 当 Alice 测得其他 3 种结果时, Bob 并不能通过变换操作来得到需要制备的态. 从以上分析可以看出, 在一般情况下, 这个量子态远程制备方案成功制备出目标态的概率为 25%. 但当 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 取某些特殊值时, 可以提高远程制备的成功率. 下面仅讨论其中的 2 种情况.

情形 1 当 $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = |\gamma|^2 + |\delta|^2$ 时, 在这种情况下, $\eta = \eta^{-1} = 1$, 则当 Alice 测得的结果是 $|\mu_4\rangle_{A_1A_2}$ 时, 由 (8) 式可知, B_1, B_2, B_3 和 B_4 所处的纠

缠态为 $\beta|0000\rangle - \alpha|0011\rangle + \delta|1100\rangle + \gamma|1111\rangle$. 这样, Bob 只需要对拥有的粒子进行么正变换 $Z_{B_1} I_{B_2} Y_{B_3} X_{B_4}$ 来获得 (6) 式所示的目标态. 所以, 当 Alice 得到的测量结果是 $|\mu_4\rangle_{A_1 A_2}$ 时, Bob 也能成功获得目标量子态. 也就是说整个量子态远程制备成功的概率提升到了 50%.

情形 2 当 $|\alpha| = |\beta| = |\gamma| = |\delta| = 1/2$, $\alpha\beta = \gamma\delta$ (或 $\alpha\gamma = \beta\delta$ 或 $\alpha\delta = \beta\gamma$) 时, 根据 $|\alpha| = |\beta| = |\gamma| = |\delta| = 1/2$, $\alpha\beta = \gamma\delta$, 能容易得出 $(\alpha^*)^{-1} = 4\alpha$, $(\beta^*)^{-1} = 4\beta$, $(\gamma^*)^{-1} = 4\gamma$, $(\delta^*)^{-1} = 4\delta$, $\alpha^* \beta^* = \gamma^* \delta^*$, 且 $\eta = 1$. 因此 (8) 式可以简化为

$$|\varphi\rangle_{A_1 B_1 B_2} \otimes |\varphi\rangle_{A_2 B_3 B_4} = [|\mu_1\rangle_{A_1 A_2} 4\alpha^* \beta^* (\beta|0000\rangle + \alpha|0011\rangle + \delta|1100\rangle - \gamma|1111\rangle)_{B_1 B_2 B_3 B_4} + |\mu_2\rangle_{A_1 A_2} 4\alpha^* \beta^* (\beta|0000\rangle + \alpha|0011\rangle - \delta|1100\rangle + \gamma|1111\rangle)_{B_1 B_2 B_3 B_4} + |\mu_3\rangle_{A_1 A_2} (\beta|0000\rangle - \alpha|0011\rangle - \delta|1100\rangle - \gamma|1111\rangle)_{B_1 B_2 B_3 B_4} + |\mu_4\rangle_{A_1 A_2} (\beta|0000\rangle - \alpha|0011\rangle + \delta|1100\rangle + \gamma|1111\rangle)_{B_1 B_2 B_3 B_4}] / 2. \quad (9)$$

显然, 当 Alice 得到的测量结果为 $|\mu_1\rangle_{A_1 A_2}$ 时, Bob 只需要对自己拥有的粒子进行么正变换 $Z_{B_1} I_{B_2} X_{B_3} X_{B_4}$ 就能得到 (6) 式所示的目标量子态. 如果 Alice 得到的是其他 3 个测量结果, Bob 同样能进行适当的么正变换来获得目标量子态. 这表明在这种情况下 4 粒子团簇态的远程制备是确定性的, 成功的概率为 100%.

当 $|\alpha| = |\beta| = |\gamma| = |\delta| = 1/2$, $\alpha\gamma = \beta\delta$ 或 $\alpha\delta = \beta\gamma$ 时, 利用类似的方法, 同样能获得远程制备 4 粒子团簇态成功的概率也是 1, 在这里就不一一列举.

下面讨论这个量子态远程制备方案的经典资源成本. 从上面的分析可以看出, 量子态远程制备成功的概率至少能达到 25%. 在一般情况下, 当 Alice 的测量结果表明 Bob 不可能成功制备目标量子态, 那么她其实是不必向 Bob 传递任何经典信息的. 因此, 这个方案只需要使用一个经典比特, 这是耗费经典资源最少的方案.

此外, 在情形 1 和情形 2 中, 远程制备成功的概率可以达到 50% 甚至 100%. 因此经典资源成本的增加是可预见的. 由于 Alice 知道要制备的量子态, 因此她可以判断量子态的系数是否属于这 2 种特殊情形. 如果是的话, Alice 需要消耗 2 个额外的经典比特通知 Bob 让他知道属于那种情形. 可以提前约定 “00” 代表情形 1, “01”、“10”、“11” 分别代表情形 2 的 3 种不同状况. 对情形 1 来说, 4 个测量结果中有 2 个是可以实现远程制备的, 并且每个测量结果出现的概率都是 25%, 因此, 必要的经典成本为 $2 + 2 \times (\log_2 4) / 4 = 3$ 经典比特. 至于情形 2 中的确定性的远程制备, 所需的经典资源为 $2 + 4 \times (\log_2 4) / 4 =$

4 经典比特.

3 结论

本文介绍了利用 2 个 3 粒子 GHZ 态作为量子通道远程制备 4 粒子团簇态的 2 种方案. 在第 1 个方案中, 只考虑了实系数的 4 粒子团簇态的远程制备. 在这个方案中, 接收者能够利用传送者的测量结果确定性地制备出目标量子态, 并且整个过程只需进行 1 次 2 粒子测量和消耗 2 个经典比特. 在第 2 种方案中, 考虑了更加一般的情况, 也就是复系数的 4 粒子团簇态的远程制备. 在这个方案中, 在通常情况下, 传送者经过进行适当的测量, 可以帮助接收者以 25% 的概率制备出目标量子态. 接着讨论了 2 种特殊情形: 当目标量子态系数满足 $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = |\gamma|^2 + |\delta|^2$ 时, 远程制备成功的概率可以达到 50%, 整个过程需进行 1 次 2 粒子测量和消耗 3 个经典比特; 而当 $|\alpha| = |\beta| = |\gamma| = |\delta| = 1/2$, $\alpha\beta = \gamma\delta$ (或 $\alpha\gamma = \beta\delta$ 或 $\alpha\delta = \beta\gamma$) 成立时, 远程制备成功的概率为 100%, 整个过程需进行 1 次 2 粒子测量和消耗 4 个经典比特. 为了实现这 2 个量子态远程制备方案, 需要用到的量子资源有: 作为量子通道的 3 粒子 GHZ 态, 2 粒子联合测量以及一些么正变换. 以目前的科技水平, 这些都是能在实验室中实现的.

4 参考文献

- [1] Bennett C H, Brassard G, Crépeau C, et al. Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein-Podolsky-Rosen channels [J]. Physical Review Letters, 1993, 70(13): 1895-1899.
- [2] Karlsson A, Bourennane M. Quantum teleportation using three-particle entanglement [J]. Phys Rev A, 1998, 58: 4394-4400.
- [3] Scarani V, Iblisdir S, Gisin N. Quantum cloning [J]. Rev Mod Phys, 2005, 77(4): 1225-1256.
- [4] Duan Luming, Guo Guangcan. Probabilistic cloning and identification of linearly independent quantum states [J]. Phys Rev Lett, 1998, 80(22): 4999-5002.
- [5] Bennet C H, Wiesner S. Communication via one and two-particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states [J]. Phys Rev Lett, 1992, 69: 2881-2884.
- [6] Hao Jiucang, Li Chuanfeng, Guo Guangcan. Controlled dense coding using the Greenberger-Horne-Zeilinger state [J]. Phys Rev A, 2001, 63: 54301-54303.
- [7] Zhou Nanrun, Zeng Guihua, Zeng Wenjie, et al. Cross-center quantum identification scheme based on teleportation and entanglement swapping [J]. Opt Commun, 2005, 254: 380-388.

- [8] Li Yuanhua ,Liu Junchang ,Nie Yiyu. Quantum identification scheme of cross-center based on four-particle cluster state [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics ,2011 , 28(1) : 52-57.
- [9] Bostrom K ,Felbinger T. Deterministic secure direct communication using entanglement [J]. Phys Rev Lett 2002 ,89 (18) : 357.
- [10] Quan Dongxiao ,Pei Changxing ,Liu Dan ,et al. Scheme for wide-area quantum secure direct communication network based on decoy states [J]. Acta Photonica Sinica ,2009 , 38(12) : 3283-3287.
- [11] Nie Yiyu ,Xu Wei ,Zhang Qinnan ,et al. Controlled quantum secure direct communication by using five-particle cluster states [J]. Acta Photonica Sinica ,2014 ,43(1) : 127001-127005.
- [12] Bennett C H ,Divincenzo D P ,Shor P W ,et al. Remote state preparation [J]. Physical Review Letters ,2001 ,87 (7) : 77902.
- [13] Ye Ming ,Zhang Yongsheng ,Guo Guangcan. Faithful remote state preparation using finite classical bits and a non-maximally entangled state [J]. Physical Review A ,2004 , 69(2) : 716-719.
- [14] Babichev S A ,Brezger B ,Lvovsky A I. Remote preparation of a single-mode photonic qubit by measuring field quadrature noise [J]. Physical review letters ,2004 ,92(4) : 47903.
- [15] Xiao Xiaqi ,Liu Jinming. Remote preparation of a two-particle entangled state via two tripartite W entangled states [J]. International Journal of Theoretical Physics ,2007 ,46 (10) : 2378-2383.
- [16] Hou Kui ,Wang Jing ,Yuan Hao ,et al. Multiparty-controlled remote preparation of two-particle state [J]. Communications in Theoretical Physics ,2009 ,52(5) : 848-852.
- [17] Wang D ,Zha X W ,Lan Q. Joint remote state preparation of arbitrary two-qubit state with six-qubit state [J]. Optics Communications ,2011 ,284(24) : 5853-5855.
- [18] Liu Honghui ,Cheng Liuyong ,Shao Xiaoqiang ,et al. Joint remote state preparation of arbitrary two-and three-particle states [J]. International Journal of Theoretical Physics , 2011 ,50(10) : 3023-3032.
- [19] Luo Mingxing ,Chen Xiubo ,Ma Songya ,et al. Joint remote preparation of an arbitrary three-qubit state [J]. Optics Communications ,2010 ,283(23) : 4796-4801.
- [20] Ma Pengcheng ,Zhan Youbang. Scheme for remotely preparing a four-particle entangled cluster-type state [J]. Optics communications ,2010 ,283(12) : 2640-2643.
- [21] Ma Songya ,Chen Xiubo ,Luo Mingxing ,et al. Remote preparation of a four-particle entangled cluster-type state [J]. Optics Communications ,2011 ,284(16) : 4088-4093.
- [22] Wang Dong ,Liu Ye. Optimizing scheme for remote preparation of four-particle cluster-like entangled states [J]. International Journal of Theoretical Physics ,2011 ,50(9) : 2748-2757.
- [23] 雷霖 ,罗小勇. 一种新的量子进化算法实数编码方式及应用 [J]. 广西师范大学学报:自然科学版 ,2013 ,31 (4) : 24-27.
- [24] 操良平 ,董晓云 ,王风 ,等. 基于光反馈多模半导体激光器的多信道单向混沌同步与通信 [J]. 西南大学学报:自然科学版 ,2014 ,36(3) : 152-159.

The Scheme for Remote Preparation of a Four-Particle Entangled Cluster-Type State

ZENG Shan ,NIE Yiyu *

(College of Physics and Communication Electronic ,Key Laboratory of Optoelectronic & Telecommunication of Jiangxi Province ,Jiangxi Normal University ,Nanchang Jiangxi 330022 ,China)

Abstract: Two schemes of remote preparation of a real or complex coefficients four-particle cluster-type state using two three-particle GHZ state as the quantum channel are proposed. For the entangled four-particle cluster-type state with real coefficients ,a deterministic remote preparation scheme is put forward. In this scheme ,two three-particle GHZ state are used as the quantum channel. Then a two-particle projective measurement should be performed by Alice after Alice tell her measurement result to Bob ,Bob can prepare the target state by performing an appropriate unitary operation with probability 1. For the more general four-particle cluster-type state with complex coefficients , another scheme is proposed ,which can successfully prepare the target state with probability 25% . And the probability of success can reach up to 50% or even 1 in some special cases. The classical communication costs in different case are discussed too.

Key words: remote preparation; quantum channel; four-particle cluster-type state; two-particle projective measurement; unitary operation

(责任编辑: 冉小晓)