

文章编号: 1001-3806(2013)05-0682-04

## 在抗退相干子空间中原子态的隐形传态

王中结, 李 聪

(安徽师范大学 物理与电子信息学院, 芜湖 24100)

**摘要:** 为了克服环境对量子隐形传态的影响, 提出了 1 种基于抗退相干子空间的量子隐形传态机制。在这个机制中, 利用 6bit 原子纠缠态作为量子传态的纠缠信道, 这样的纠缠态能抵抗环境噪声引起的退纠缠, 被传输的 1 个逻辑比特量子信息编码为抗环境噪声的 3bit 原子态, 分析了这种量子隐形传态机制的特点和实验上实现的可能性。结果表明, 量子隐形传态在整个量子传输过程不受环境诱导的振幅衰减噪声和相位衰减噪声的影响, 该机制的成功几率为 44%。

**关键词:** 量子光学; 量子隐形传态; 抗退纠缠态; 抗退相干子空间

**中图分类号:** O431.2      **文献标识码:** A      **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2013.05.026

## Quantum teleportation of atomic state in decoherent-free subspace

WANG Zhong-jie, LI Cong

(College of Physics and Electric Information, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** In order to suppress the influence of the environment on quantum teleportation, a scheme of quantum teleportation was presented based on decoherent-free subspace. In this scheme, a kind of disentanglement-free atomic six-bit state is taken as quantum entanglement channel, and the teleported one logical qubit quantum information is encoded into three-bit atomic state which can avoid against influence of the environment. The properties of the quantum teleportation scheme and its experimental realization were analyzed. The result shows that the whole teleportation process is immune to amplitude-flip and phase-flip noises induced by the environment and the success probability for this scheme is 44%.

**Key words:** quantum optics; quantum teleportation; disentanglement-free state; decoherent-free subspace

### 引 言

近年来, 量子隐形传态由于在量子计算和量子通讯中有重要的应用, 而获得了理论与实验上的广泛研究<sup>[1-9]</sup>。量子隐形传态最初由 BENNETT 等人提出, 其原理是量子信息通过量子纠缠信道并在经典通讯的帮助下由发送者转移到接收者中。自那时以来, 利用各种不同的量子纠缠信道进行量子隐形传态的研究被提出, 例如: EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) 纠缠态<sup>[2]</sup>、三粒子纠缠态<sup>[4]</sup>、自旋链纠缠态<sup>[3]</sup>、部分纠缠态<sup>[7]</sup>等。量子隐形传态也已在不同的物理系统中实现, 如在光学系统<sup>[6]</sup>、核磁共振系统<sup>[10]</sup>和囚禁离子<sup>[11]</sup>。然而, 所有这些研究都遇到

一个共同的问题, 就是环境诱导的退相干会减小量子隐形传态的成功几率<sup>[12-13]</sup>。

作者提出一种可以避免环境诱导退相干的隐形传态机制, 该机制的原理是: 被传输的量子信息被编码为 3bit 原子态, 纠缠的 6bit 原子纠缠态作为量子信道, 整个量子传态在抗退相干子空间中操作完成。

### 1 抗退纠缠态

考虑 6 个二能级原子, 把它们分为两组: 一组包含 3 个原子 (编号 1, 2, 3); 另一组也包含 3 个原子 (编号 4, 5, 6)。两组可以相距很远, 作为量子隐形传态的纠缠信道。但是, 由于环境的影响, 量子信道的纠缠品质将会恶化, 即退纠缠化<sup>[14]</sup>。下面将试图找到一种抗退纠缠的态。为此, 考虑 6 个二能级原子 (激发态  $|e\rangle$  和基态  $|g\rangle$ ) 与环境相互作用 (热库), 环境被模拟为量子化的简谐振子的集合。这个系统的总哈密顿为 ( $\hbar = 1$ ):

基金项目: 安徽省自然科学基金资助项目 (090412060)

作者简介: 王中结 (1962-), 男, 博士, 教授, 主要从事量子光学等领域的研究。

E-mail: wuliwzj@sina.com

收稿日期: 2013-12-18; 收到修改稿日期: 2013-01-23

$$\left\{ \begin{aligned} H &= H_s + H_b + H_{s,b} \\ H_s &= \frac{1}{2} \omega_a \sum_{i=1}^6 \sigma_i^z \\ H_b &= \sum_k \omega_k b_k^+ b_k \\ H_{s,b} &= \sum_{i=1}^3 \sum_k [\lambda_{0,ik} \sigma_i^z (b_k + b_k^+) + \\ &\quad \lambda_{+,ik} \sigma_+^z b_k + \lambda_{-,ik} \sigma_-^z b_k^+] + \\ &\quad \sum_{i=1}^3 \sum_k [g_{0,ik} \sigma_i^z (b_k + b_k^+) + \\ &\quad g_{+,ik} \sigma_+^z b_k + g_{-,ik} \sigma_-^z b_k^+] \end{aligned} \right. \quad (1)$$

式中,  $\omega_k$  为热库第  $k$  个模式的频率,  $b_k^+$  和  $b_k$  分别是热库第  $k$  个模式的产生算符和湮灭算符,  $\omega_a$  为原子跃迁频率,  $\lambda_{0,ik}$  ( $g_{0,ik}$ ) 和  $\lambda_{\pm,ik}$  ( $g_{\pm,ik}$ ) 是第 1 组(第 2 组)中第  $i$  个原子与热库第  $k$  个模式的耦合系数,  $\sigma^z$  和  $\sigma_{\pm}$  是原子的布居反转算符和上升(下降)算符。注意哈密顿中与  $\lambda_{0,ik}$  ( $g_{0,ik}$ ) 有关的项描述了原子的电子运动的相位衰减, 而与  $\lambda_{\pm,ik}$  ( $g_{\pm,ik}$ ) 有关的项则描述了原子的电子运动的振幅衰减。在下面的分析中, 假设相距很远的两组原子与热库的耦合系数是不相同的, 而每组内的原子(由于比较紧密)与热库的耦合系数是相同的, 即  $\lambda_{0,ik} = \lambda_{0,k}$ ,  $\lambda_{\pm,ik} = \lambda_{\pm,k}$ ,  $g_{0,ik} = g_{0,k}$ ,  $g_{\pm,ik} = g_{\pm,k}$ 。

下面, 提出一种抗退纠缠的态, 可表示为:

$$|\Pi^+\rangle_a = (|\varphi\rangle_{123} |\varphi\rangle_{456} + |\psi\rangle_{123} |\psi\rangle_{456}) / \sqrt{2} \quad (2)$$

$$\text{其中, } \left\{ \begin{aligned} |\varphi\rangle_{abc} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|g\rangle_a |g\rangle_b |e\rangle_c - |e\rangle_a |g\rangle_b |g\rangle_c) \\ |\psi\rangle_{abc} &= \frac{1}{\sqrt{6}} (|g\rangle_a |g\rangle_b |e\rangle_c - 2|g\rangle_a |e\rangle_b |g\rangle_c + |e\rangle_b |g\rangle_c + |e\rangle_a |g\rangle_b |g\rangle_c) \end{aligned} \right. \quad (3)$$

容易看出: 态  $|\varphi\rangle_{abc}$  和  $|\psi\rangle_{abc}$  是相互正交的, 因而态  $|\Pi^+\rangle_a$  是一种纠缠态。下面证明态  $|\Pi^+\rangle_a$  是一种抗退纠缠的态。为此, 假设初始时热库处于真空态  $|0\rangle$ , 原子系统处于  $|\psi(0)\rangle_a$ 。可知  $H|\Pi^+\rangle_a|0\rangle = 0$ 。这样, 整个系统的演化为:

$$|\psi(t)\rangle = e^{-iHt} |\Pi^+\rangle_a |0\rangle = |\Pi^+\rangle_a |0\rangle \quad (4)$$

(4) 式表明, 环境对态  $|\Pi^+\rangle_a$  没有影响, 确实是一种抗退纠缠的态。这里顺便指出, YANG 等人<sup>[15]</sup> 提出一种抗退纠缠的态, 但这种态仅能抗振

幅衰减的噪声。而本文中给出的态  $|\Pi^+\rangle_a$  不仅能抗振幅衰减的噪声, 也能抗相位衰减的噪声。应当指出的是,  $|\varphi\rangle_{abc}$  和  $|\psi\rangle_{abc}$  也是抗退相干的态。交换原子  $a, b$  的状态, 可得  $|\varphi\rangle_{abc} \rightarrow -|\varphi\rangle_{abc}$ ,  $|\psi\rangle_{abc} \rightarrow |\psi\rangle_{abc}$ 。

## 2 抗环境噪声的量子隐形传态

下面提出一种抗环境噪声的量子隐形传态。为此, 假定有 9 个原子, 其中原子 1 ~ 原子 6 属于发送者 ALICE, 原子 7, 原子 8 和原子 9 属于接收者 BOB。还假定被传输的量子态是一个未知的编码的三量子态:

$$|\psi\rangle = (\alpha |\varphi\rangle_{123} + \beta |\psi\rangle_{123}) / \sqrt{2} \quad (5)$$

式中,  $\alpha$  和  $\beta$  是未知的系数, 且满足  $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$ ,  $|\varphi\rangle_{123}$  和  $|\psi\rangle_{123}$  分别由(3)式可得。显然, 态  $|\psi\rangle$  位于由态  $|\varphi\rangle_{123}$  和  $|\psi\rangle_{123}$  张开的抗退相干的子空间中。原子 3 ~ 原子 5 和原子 5 ~ 原子 7 制备在纠缠态作为量子信道:

$$|\Pi^+\rangle_a = (|\varphi\rangle_{456} |\varphi\rangle_{789} + |\psi\rangle_{456} |\psi\rangle_{789}) / \sqrt{2} \quad (6)$$

式中,  $|\varphi\rangle_{123}$  和  $|\psi\rangle_{123}$  分别由(3)式描述。很清楚, 态  $|\psi\rangle$  和  $|\Pi^+\rangle_a$  是可以抵抗振幅与相位噪声的态。由 9 个原子组成的系统的初态可以表示为:

$$|\psi\rangle_i = \frac{1}{2} (\alpha |\varphi\rangle_{123} + \beta |\psi\rangle_{123}) \otimes (|\varphi\rangle_{456} |\varphi\rangle_{789} + |\psi\rangle_{456} |\psi\rangle_{789}) \quad (7)$$

将(3)式插入(7)式, 可以得到:

$$\begin{aligned} |\psi\rangle_i &= \frac{1}{6\sqrt{2}} \{ [\sqrt{3}\alpha (|g\rangle_1 |g\rangle_2 |e\rangle_3 - |e\rangle_1 |g\rangle_2 |g\rangle_3) + \\ &\quad \beta (|g\rangle_1 |g\rangle_2 |e\rangle_3 - 2|g\rangle_1 |e\rangle_2 |g\rangle_3 + |e\rangle_1 |g\rangle_2 |g\rangle_3)] \otimes \\ &\quad [\sqrt{3} (|g\rangle_4 |g\rangle_5 |e\rangle_6 - |e\rangle_4 |g\rangle_5 |g\rangle_6) |\varphi\rangle_{789} + \\ &\quad (|g\rangle_4 |g\rangle_5 |e\rangle_6 - 2|g\rangle_4 |e\rangle_5 |g\rangle_6 + |e\rangle_4 |g\rangle_5 |g\rangle_6) |\psi\rangle_{789}] \} \quad (8) \end{aligned}$$

为了完成量子隐形传态, 需要对原子态进行测量。为此, 定义原子  $a$  和  $b$  的 Bell 态为:

$$|\Phi^\pm\rangle_{ab} = [ |gg\rangle_{ab} \pm |ee\rangle_{ab} ] / \sqrt{2} \quad (9)$$

$$|\Psi^\pm\rangle_{ab} = [ |ge\rangle_{ab} \pm |eg\rangle_{ab} ] / \sqrt{2} \quad (10)$$

利用上述表达式, 重写系统态矢(8)式为:

$$\begin{aligned}
 |\psi\rangle_i = & \frac{1}{24} \{ (|\Phi^+\rangle_{14} + |\Phi^-\rangle_{14})(|\Phi^+\rangle_{25} + |\Phi^-\rangle_{25})(|\Phi^+\rangle_{36} + |\Phi^-\rangle_{36}) \times \\
 & [(3\alpha + \sqrt{3}\beta)|\varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + \beta)|\psi\rangle_{789}] + (|\Psi^+\rangle_{14} + |\Psi^-\rangle_{14})(|\Phi^+\rangle_{25} + \\
 & |\Phi^-\rangle_{25})(|\Psi^+\rangle_{36} - |\Psi^-\rangle_{36})[-(3\alpha + \sqrt{3}\beta)|\varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + \beta)|\psi\rangle_{789}] + \\
 & (|\Psi^+\rangle_{14} - |\Psi^-\rangle_{14})(|\Phi^+\rangle_{25} + |\Phi^-\rangle_{25})(|\Psi^+\rangle_{36} + |\Psi^-\rangle_{36})[(\sqrt{3}\beta - 3\alpha)|\varphi\rangle_{789} + \\
 & (\beta - \sqrt{3}\alpha)|\psi\rangle_{789}] + (|\Phi^+\rangle_{14} - |\Phi^-\rangle_{14})(|\Phi^+\rangle_{25} + |\Phi^-\rangle_{25})(|\Phi^+\rangle_{36} + \\
 & |\Phi^-\rangle_{36})[(3\alpha - \sqrt{3}\beta)|\varphi\rangle_{789} + (\beta - \sqrt{3}\alpha)|\psi\rangle_{789}] - \\
 & 2\beta(|\Phi^+\rangle_{14} + |\Phi^-\rangle_{14})(|\Psi^+\rangle_{25} - |\Psi^-\rangle_{25})(|\Psi^+\rangle_{36} + |\Psi^-\rangle_{36})(\sqrt{3}|\varphi\rangle_{789} + |\psi\rangle_{789}) + \\
 & 2\beta(|\Psi^+\rangle_{14} + |\Psi^-\rangle_{14})(|\Psi^+\rangle_{25} - |\Psi^-\rangle_{25})(|\Phi^+\rangle_{36} + |\Phi^-\rangle_{36})(\sqrt{3}|\varphi\rangle_{789} - |\psi\rangle_{789}) - \\
 & 2(|\Phi^+\rangle_{14} + |\Phi^-\rangle_{14})(|\Psi^+\rangle_{25} + |\Psi^-\rangle_{25})(|\Psi^+\rangle_{36} - |\Psi^-\rangle_{36})(\sqrt{3}\alpha + \beta)|\psi\rangle_{789} + \\
 & 4\beta(|\Phi^+\rangle_{14} + |\Phi^-\rangle_{14})(|\Phi^+\rangle_{25} - |\Phi^-\rangle_{25})(|\Phi^+\rangle_{36} + |\Phi^-\rangle_{36})|\psi\rangle_{789} + \\
 & 2(|\Psi^+\rangle_{14} - |\Psi^-\rangle_{14})(|\Psi^+\rangle_{25} + |\Psi^-\rangle_{25})(|\Phi^+\rangle_{36} + |\Phi^-\rangle_{36})(\sqrt{3}\alpha - \beta)|\psi\rangle_{789} \quad (11)
 \end{aligned}$$

下一步,ALICE 将原子 1~原子 6 分成 3 组(第 1 组包含原子 1 和原子 4,第 2 组包含原子 2 和原子 5,第 3 组包含原子 3 和原子 6),对每组原子分别做 Bell 态测量。如果测量结果为 $|\Phi^+\rangle_{14}|\Phi^+\rangle_{25}|\Phi^+\rangle_{36}$ ,那么,系统的态矢会塌缩为下列的态:

$$|\psi'\rangle = (1/\sqrt{2})(\alpha|\varphi\rangle_{789} + \beta|\psi\rangle_{789}) \quad (12)$$

很容易看出,原子 1~原子 3 的态被转移到原子 7~原子 9 上。这样,BOB 就得到了被传输的态。其它的测量结果见表 1。为了得到所需要的态,BOB 还需要进行一些额外的操作(或变换)。表 1 中的  $I$  为单位么正变换, $R$  为逻辑比特的么正变换,即 $|\psi\rangle_{789} \rightarrow |\varphi\rangle_{789}$ , $|\varphi\rangle_{789} \rightarrow -|\psi\rangle_{789}$ 。从表 1 中可以看出,32 种测量结果中能实现成功量子传输的有 14 种。因此,这种机制的成功几率约为 44%。

正如在引言中指出,利用原子纠缠信道隐形传输原子态人们已进行了广泛的研究,提出了各

种方案。在不考虑环境噪声的影响情况下,如果用最大纠缠态做为量子纠缠信道,则量子隐形传输是确定性的<sup>[1]</sup>,但是,如果不用最大纠缠态作为量子纠缠信道,则量子隐形传输是几率性的<sup>[16]</sup>。DONG 等人<sup>[16]</sup>指出,对于形如  $a|gg\rangle + b|ee\rangle$  ( $a < b$ ,且  $|a|^2 + |b|^2 = 1$ ) 的纠缠信道,其量子隐形传输的成功几率是  $a^2$ 。可见这种量子隐形传输的成功几率是较小的。与已有的机制比较,作者提出的量子隐形传态机制有显著的特点:(1)在作者的机制中,量子隐形传态的整个过程都在抗退相干子空间中进行的,能忍受环境诱导的振幅噪声和相位噪声的干扰;(2)作为量子信道的抗退相干的纠缠态是可以制备的,制备方法将在以后的文章中给出,因而,该机制能够在实验上实现。当然,也应当指出,这个机制的成功几率只有 44%,需要进一步完善。

Table 1 Quantum teleportation in decoherent-free subspace

measurement result made by ALICE	states for atoms 7, atoms 8 and atoms 9	transformations made by BOB
$ \Phi^+\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\alpha \varphi\rangle_{789} + \beta \psi\rangle_{789}$	$I$
$ \Phi^+\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$-\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (2\beta - \sqrt{3}\alpha) \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^+\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$3\alpha \varphi\rangle_{789} - \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^+\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$3\alpha \varphi\rangle_{789} - \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^-\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^-\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$3\alpha \varphi\rangle_{789} - \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^-\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^-\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$\alpha \varphi\rangle_{789} + \beta \psi\rangle_{789}$	$I$
$ \Phi^+\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + 2\beta) \psi\rangle_{789}$	

continue

measurement result made by ALICE	states for atoms 7, atoms 8 and atoms 9	transformations made by BOB
$ \Phi^+\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Phi^+\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Phi^+\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Phi^-\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Phi^-\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Phi^-\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Phi^-\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha + 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$-3\alpha \varphi\rangle_{789} + \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^+\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$-3\alpha \varphi\rangle_{789} + \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^-\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^-\rangle_{14} \Phi^+\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$3\alpha \varphi\rangle_{789} - \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^-\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Psi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^-\rangle_{14} \Phi^-\rangle_{25} \Psi^-\rangle_{36}$	$3\alpha \varphi\rangle_{789} - \beta \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^+\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^+\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^-\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	R
$ \Psi^-\rangle_{14} \Psi^+\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$\alpha \psi\rangle_{789} - \beta \varphi\rangle_{789}$	
$ \Psi^-\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Phi^+\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	
$ \Psi^-\rangle_{14} \Psi^-\rangle_{25} \Phi^-\rangle_{36}$	$\sqrt{3}\beta \varphi\rangle_{789} + (\sqrt{3}\alpha - 2\beta) \psi\rangle_{789}$	

### 3 结 论

提出了一种不受环境诱导的振幅衰减噪声和相位衰减噪声的影响的量子隐形传态机制。在这个机制中,应用抗退纠缠的 6bit 原子态作为量子传态的纠缠信道,用 3bit 原子态编码为抗环境噪声的 1 逻辑比特态。该机制的成功几率为 44%。

#### 参 考 文 献

[1] BOUWMEESTER D, PAN J W, MATTLE K, *et al.* Experimental quantum teleportation[J]. Nature(London),1997,390(3): 575-579.

[2] BENNETT C H, BRASSARD G, CREPEAU 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.

[3] ZHOU Y, ZHANG G F. Quantum teleportation via a two-qubit Heisenberg XXZ chain-effects of anisotropy and magnetic field [J]. European Journal of Physics,2008,D47(2): 227-231.

[4] YANG C P, GUO G C. A proposal of teleportation for three-particle entangled state [J]. Chinese Physics Letters, 1999, 16 (5): 628-631.

[5] LEE H W. Total teleportation of an entangled state[J]. Physical Review,2001,A64(1): 014302-014305.

[6] RIGOLIN G. Quantum teleportation of an arbitrary two-qubit state and its relation to multipartite entanglement[J]. Physical Review, 2005, A71(3): 032303-032307.

[7] RIGOLIN G. Unity fidelity multiple teleportation using partially entangled states[J]. Journal of Physics,2009, B42(23): 235504-235509.

[8] ZHENG S B. Scheme for approximate conditional teleportation of an unknown atomic state without the Bell-state measurement[J]. Physical Review,2004, A69(6): 064302-064304.

[9] BOSE S, KNIGHT P L, PLIENIOET M B, *et al.* Proposal for teleportation of an atomic state via cavity decay[J]. Physical Review Letters,1999, 83(24):5158-5163.

[10] NIELSEN M A, KNILL E, LAFLAMME R. Complete quantum teleportation using nuclear magnetic resonance [J]. Nature, 1998, 396(5):52-55.

[11] RIEBE M, HAFFNER H, ROOS C F, *et al.* Deterministic quantum teleportation with atoms[J]. Nature,2004,429(6993):734-737.

[12] LANDULFO A G S, MATSAS G E A. Sudden death of entanglement and teleportation fidelity loss via the Unruh effect [J]. Physical Review,2009, A80(3):032315-032322.

[13] PAN Ch N, FANG J Sh, PENG X F, *et al.* Fidelity of quantum teleportation of atomic-state in dissipative environment[J]. Acta Physica Sinica,2011,60(9): 090303(in Chinese).

[14] YU T, EBERLY J H. Finite-time disentanglement via spontaneous emission [J]. Physical Review Letters, 2004, 93 (14): 140404-140407.

[15] YANG Ch P, GUO G C. Disentanglement-free state of two pairs of two-level atoms[J]. Physical Review,1999, A59(6):4117-4222.

[16] DONG P, YANG M, CAO Zh L. Scheme for realizing probabilistic teleportation of bipartite atomic state via cavity QED[J]. Communications in Theoretical Physics,2006,45(4):621-624.