

Kerr 介质中耦合双原子的纠缠特性*

吴琴¹⁾²⁾ 张智明^{1)†}

1) (华南师范大学广东省微纳光子功能材料与器件重点实验室(信息光电子科技学院), 广州 510006)

2) (广东医学院信息工程学院, 东莞 523808)

(2013年3月11日收到; 2013年4月18日收到修改稿)

研究了 Kerr 介质中两个耦合二能级原子的纠缠演化规律, 通过 concurrence 计算了系统的纠缠度, 讨论了系统初态、Kerr 介质和原子之间的偶极相互作用对腔中两个原子纠缠度的影响. 结果表明: 通过适当选取 Kerr 介质的耦合系数和偶极相互作用强度, 可以获得固定的两原子纠缠, 并且可以提高两原子之间的纠缠, 甚至彻底消除纠缠猝死现象.

关键词: 偶极相互作用, Kerr 介质, concurrence

PACS: 42.50.-p, 03.67.Bg

DOI: 10.7498/aps.62.174206

1 引言

量子纠缠是量子力学最显著的特征之一, 描述的是量子系统各子系统之间的量子关联, 在量子信息处理中具有重要的应用, 利用纠缠可以实现量子隐形传态^[1]、密集编码^[2]、密钥共享^[3]、量子密码术^[4]等, 是实现量子计算机硬件的重要物理资源. 如何获取纠缠度高和纠缠保持时间长的有效纠缠资源, 是纠缠态制备与量子信息处理工程中的核心问题. 近年来, 人们在各种量子系统, 比如腔电动力学^[5]、离子阱^[6]、半导体量子点^[7]、自旋链^[8]等, 对纠缠态的制备、纠缠态的演化做了深入的研究^[9,10]. 2004年 Yu 小组^[11]发现两原子间的纠缠在一段有限的时间内, 突然完全消失, 这种现象后来被称为纠缠突然死亡 (ESD). 最近, 这种分别在独立环境影响下的两比特系统纠缠的突然死亡现象已经在实验上得到了验证^[12,13]. 2006年, Ficek 等^[14]发现: 两个二能级原子共同耦合到一个真空中, 纠缠突然死亡一段时间后又重新出现, 这就是所谓的纠缠复苏 (ESR).

很明显, ESD 现象对量子纠缠在量子信息处理

中应用是一个很大的障碍, 因此保持量子系统稳定, 避免或延迟这种现象就显得尤其重要. 在文献 [15] 中, 作者研究了两个分离的 J-C 模型中纠缠的演化规律, 发现 ESD 的产生与系统初态有关; 单传家等发现 T-C 模型中两原子出现纠缠突然死亡的时间间隔与偶极相互作用有关^[16]; 崔从从等通过光场频率的调制实现原子之间纠缠度的提高和稳定, 避免 ESD 现象的出现^[17]. 另一方面, 文献 [18] 中, 作者发现了偶极相互作用存在时 Kerr 介质可以更好的提高系统的纠缠度; 郑强等发现 Kerr 介质能有效阻止 ESD 的产生^[19]. 受上述文献的启发, 本文进一步深入研究 Kerr 介质中耦合双原子的纠缠动力学演化, 与以前的研究内容相比, 有以下几点不同: 1) 本文考虑系统初始处于类 W 态, 2) 考虑的 T-C 模型不仅存在原子与原子之间的偶极相互作用, 而且引入 Kerr 介质. 该模型在物理上可通过将两种不同类型的 Rydberg 原子放入腔中实现, 其中一种原子可视为二能级原子, 另一种则视为 Kerr 介质^[20]. 通过数值计算, 详细研究了该模型中两原子的纠缠演化规律, 发现系统初态、Kerr 介质耦合强度以及原子之间的偶极相互作用对两原子的纠缠特性有显著的影响. Kerr 介质耦合系数的增大可以使 ESD

* 国家自然科学基金 (批准号: 91121023, 60978009)、湛江市科技计划项目 (批准号: 2011C3103007) 和广东医学院科研项目 (批准号: xk1120) 资助的课题.

† 通讯作者. E-mail: zmzhang@scnu.edu.cn

存在的时间缩短甚至完全消失；随着偶极相互作用的增强，可以提高两原子之间的纠缠，获得更强的最大纠缠。对于一些特殊的偶极相互作用系数和 Kerr 介质耦合系数，两原子的纠缠基本不随时间变化，该模型呈现了两原子的纠缠定态的产生。故可以通过改变系统初态、Kerr 介质耦合强度、原子之间的偶极相互作用来控制两原子之间的纠缠演化，阻止或者延迟纠缠突然死亡的产生，这对于量子纠缠控制、量子信息与量子计算具有一定的参考价值。

2 理论模型与方法

考虑被 Kerr 介质包围的单模辐射场与耦合二能级原子相互作用系统，在旋波近似下，系统的哈密顿量为

$$H = \omega a^\dagger a + \omega_0 \sum_{l=1}^2 S_3^{(l)} + g \sum_{l=1}^2 (aS_+^{(l)} + a^\dagger S_-^{(l)}) + \Omega(S_+^{(1)}S_-^{(2)} + S_-^{(1)}S_+^{(2)}) + \chi(a^\dagger a a^\dagger a), \quad (1)$$

其中 a^\dagger 和 a 分别为光场的产生和湮没算符， $S_3^{(l)}$ 和 $S_\pm^{(l)}$ 为第 l ($l=1,2$) 个原子的赝自旋算符， ω 为光场频率， ω_0 为原子的本征跃迁频率， g 为原子-光场的耦合系数， Ω 为原子间偶极-偶极相互作用常数， χ 为 Kerr 介质与辐射场的耦合系数。为简便起见，只考虑共振情形，即光场频率和原子本征跃迁频率之间满足 $\omega = \omega_0$ 的条件。在相互作用绘景中，相互作用哈密顿量可写为

$$H_I = g \sum_{l=1}^2 (aS_+^{(l)} + a^\dagger S_-^{(l)}) + \Omega(S_+^{(1)}S_-^{(2)} + S_-^{(1)}S_+^{(2)}) + \chi(a^\dagger a a^\dagger a), \quad (2)$$

本文采用纠缠度 C (concurrence) 来描述两体之间的纠缠，按照 Wootters 对 C 的定义^[21]，两原子间的 C 为

$$C = \max(0, \sqrt{\lambda_1} - \sqrt{\lambda_2} - \sqrt{\lambda_3} - \sqrt{\lambda_4}), \quad (3)$$

其中 $\lambda_1, \dots, \lambda_4$ 分别为矩阵 $\tilde{\rho} = \rho(\sigma_y \otimes \sigma_y)\rho^*(\sigma_y \otimes \sigma_y)$ 按降序排列的 4 个本征值。 σ_y 为 Pauli 矩阵， ρ^* 为 ρ 的共轭矩阵。 $0 \leq C \leq 1$ ， $C=0$ 表明两原子处于分离的状态， $C=1$ 对应着两原子处于最大纠缠。为了描述不同的系统初态、偶极相互作用和 Kerr 介质耦合强度对两原子纠缠动力学演化特性的影响，在图 1 至图 8 中，我们给出了在不同的上述系统参量下纠缠度随时间的演化图。

3 初态为类 W 态 $|\psi_1(0)\rangle$ 时两原子之间的纠缠

假定光场与两原子初始处于类 W 态 $|\psi_1(0)\rangle$ ，即

$$|\psi_1(0)\rangle = a|eg0\rangle + b|ge0\rangle + c|gg1\rangle, \quad (4)$$

其中 $|a|^2 + |b|^2 + |c|^2 = 1$ 。从这个初态出发，由薛定谔方程可以得到任意时刻 t 的态矢量为

$$|\psi_1(t)\rangle = x(t)|eg0\rangle + y(t)|ge0\rangle + z(t)|gg1\rangle, \quad (5)$$

系数 $x(t)$, $y(t)$ 和 $z(t)$ 由

$$\begin{aligned} i\dot{x}(t) &= gz(t) + \Omega y(t), \\ i\dot{y}(t) &= gz(t) + \Omega x(t), \\ i\dot{z}(t) &= g\{x(t) + y(t)\} + \chi z(t) \end{aligned} \quad (6)$$

确定。由 (5) 式和标准基矢 $\{|ee\rangle, |eg\rangle, |ge\rangle, |gg\rangle\}$ 可以得到两原子相互作用的密度矩阵为

$$\rho_t^{AB}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & |x(t)|^2 & x(t)y^*(t) & 0 \\ 0 & x^*(t)y(t) & |y(t)|^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & |z(t)|^2 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

因此两原子在任意时刻的纠缠度为

$$C^{AB}(t) = 2 \max\{0, |x(t)y^*(t)|\}. \quad (8)$$

下面讨论系统初态中 a, b, c 取不同值时，Kerr 介质与辐射场的耦合系数 χ 对两原子纠缠时间演化的影响 (取 $\Omega/g = 1$)。通常情况下，介质的 Kerr 非线性系数很小。值得庆幸的是，人们已在理论上预言较大 Kerr 非线性系数的存在^[22]，并在实验中测得比常规光学材料中大得多的 Kerr 非线性系数^[23]。最近，人们发现电磁感应透明可有效地增强 Kerr 非线性效应^[24]，而且可用来进行量子计算^[25]。因此，我们假设文中的 Kerr 非线性系数可调范围为 $[0, 15]$ 。当 $a = b = c = \sqrt{3}/3$ 和 $a = b = 1/\sqrt{6}$ ， $c = \sqrt{6}/3$ 时，两原子的纠缠动力学演化分别如图 1(a), (b) 所示。很明显，两原子纠缠度随时间作周期性的振荡，且振荡周期随着 χ/g 的增大而减小。图 2 为相应初态下 C^{AB} 的最大值和最小值随 χ/g 的演化规律。结合图 1(a) 和图 2(a)，可以看出，当不存在 Kerr 介质时 ($\chi/g = 0$)， $C_{\max}^{AB} \approx C_{\min}^{AB}$ ，两原子之间的纠缠随时间变化幅度很小 (约 0.044)。若引入 Kerr 介质 ($\chi/g \neq 0$)，两原子间的纠缠随时间先减小

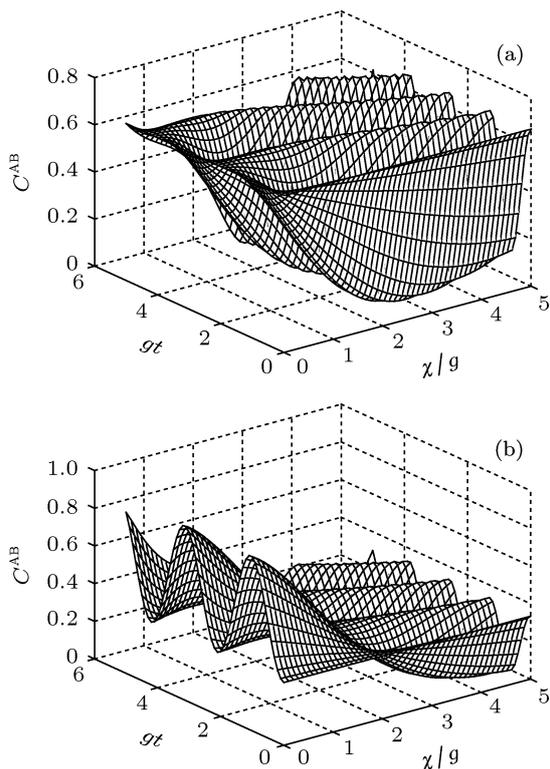


图1 初态为 $|\psi_1(0)\rangle$ 时, Kerr 介质耦合系数对两原子纠缠的影响 (取 $\Omega/g = 1$) (a) $a = b = c = \sqrt{3}/3$; (b) $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$

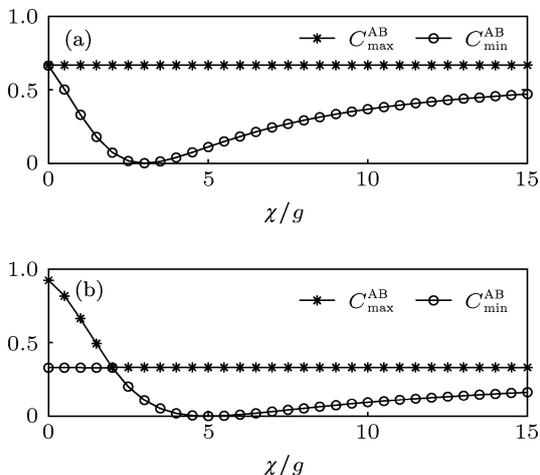


图2 初态为 $|\psi_1(0)\rangle$ 时 C_{\max}^{AB} 和 C_{\min}^{AB} 随 χ/g 的变化 (a) $a = b = c = \sqrt{3}/3$; (b) $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$

后增大, 且变化幅度逐渐增大; 当 $\chi/g = 3$ 时, $C_{\min}^{\text{AB}} = 0$, 两原子在初始纠缠态和分离态之间周期性转化; 进一步研究发现, 继续增大 Kerr 介质耦合系数, C_{\min}^{AB} 逐渐增大, C^{AB} 的变化幅度又逐渐减小, 然而, 不论 Kerr 介质存在与否, C_{\max}^{AB} 保持不变, 始终为初始纠缠度 0.6667, 也就是说, 在这种初态下, 无论怎么调节 Kerr 介质与辐射场的耦合系数都不能获得比初始纠缠度更大的纠缠. 若改变系统初

态的系数, 令 $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$, 两原子的纠缠随时间的演化规律完全不同, 如图 1(b) 和图 2(b) 所示: $\chi/g < 2$ 时, C^{AB} 先增大 (最大为 0.9260) 后减小, 而 C_{\max}^{AB} 随着 χ/g 的增大迅速减小到初始纠缠度 0.3333; $\chi/g = 2$ 时, $C_{\max}^{\text{AB}} \approx C_{\min}^{\text{AB}}$, 两原子的纠缠基本不随时间变化, 初始态在腔中演化的这种不变性, 可用来作为一种量子存储器; $\chi/g > 2$ 时, C_{\max}^{AB} 保持不变, 而 C_{\min}^{AB} 先减小到零 ($\chi/g = 5$) 再缓慢增大.

我们令 $\chi/g = 1$, 改变 Ω 的值来研究偶极相互作用对两原子纠缠的影响, 如图 3 和图 4 所示, 选择的初态系数分别与图 1 和图 2 相同. 先分析第一种初态 ($a = b = c = \sqrt{3}/3$) 的情况, 结合图 3(a) 和图 4(a), 可以看出: i) $\Omega/g < 2$ 时, C^{AB} 先减小后增大, 而 C_{\max}^{AB} 与初始值相等且保持不变, C_{\min}^{AB} 逐渐增大; $\Omega/g = 2$ 时, $C_{\max}^{\text{AB}} \approx C_{\min}^{\text{AB}}$, 两原子间的纠缠基本不随时间改变; $\Omega/g > 2$ 时, C_{\max}^{AB} 先增大到最大值 1 再缓慢减小, $\Omega/g = 5$ 时两原子可获得周期性的最大纠缠态, 而 C_{\min}^{AB} 始终保持不变, 为初始纠缠度. 再分析第二种初态的情况 ($a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$), 偶极相互作用对两原子的纠缠动力学的影响如图 3(b)

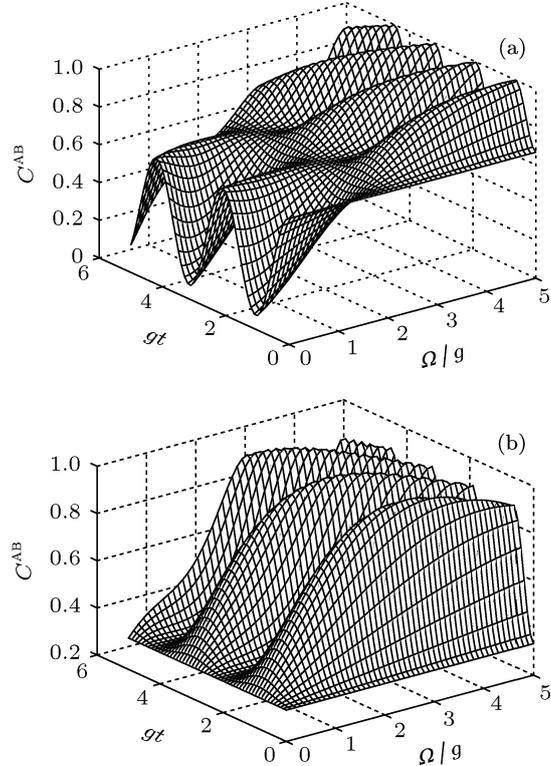


图3 初态为 $|\psi_1(0)\rangle$ 时, 偶极相互作用对两原子纠缠的影响 (取 $\chi/g = 1$) (a) $a = b = c = \sqrt{3}/3$; (b) $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$

和图 4(b) 所示. 若不考虑偶极相互作用 ($\Omega = 0$), 两原子之间的纠缠度基本保持不变, 但随着 Ω/g 的增

大(比如 $\Omega/g = 3$), 两原子可处于最大纠缠态, 从图 4(b) 中可以看出, C_{\max}^{AB} 增大至 1 后缓慢减小, C_{\min}^{AB} 始终保持不变. 以上讨论表明: 在 Kerr 介质中考虑双原子之间的偶极相互作用时, 可通过增强偶极相互作用提高双原子之间的纠缠度, 选择合适的 χ 值和 Ω 值可以制备出纠缠度稳定的双原子纠缠态.

4 初态为类 W 态 $|\psi_2(0)\rangle$ 时两原子之间的纠缠

若我们选取初态为另一种类 W 态 $|\psi_2(0)\rangle$, 这里 $|\psi_2(0)\rangle$ 定义为

$$|\psi_2(0)\rangle = a|ge1\rangle + b|eg1\rangle + c|ee0\rangle, \quad (9)$$

其中 $|a|^2 + |b|^2 + |c|^2 = 1$. 从这个初态出发, 由薛定谔方程可以得到任意时刻 t 的态矢量为

$$|\psi_2(t)\rangle = x_1(t)|ee0\rangle + x_2(t)|eg1\rangle + x_3(t)|ge1\rangle + x_4(t)|gg2\rangle, \quad (10)$$

系数 $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$ 和 $x_4(t)$ 由

$$ix_1(t) = g\{x_2(t) + x_3(t)\},$$

$$\rho_I^{AB}(t) = \begin{pmatrix} |x_1(t)|^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & |x_2(t)|^2 & x_2(t)x_3^*(t) & 0 \\ 0 & x_2^*(t)x_3(t) & |x_3(t)|^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & |x_4(t)|^2 \end{pmatrix}. \quad (12)$$

因此两原子在任意时刻的纠缠度为

$$C^{AB}(t) = 2 \max\{0, |x_2(t)x_3^*(t)| - |x_1(t)x_4^*(t)|\}. \quad (13)$$

由上式可以作出初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时原子纠缠度的演化规律(如图 5 至图 8 所示), 选择的参数与图 1 至图 4 相同. 比较图 5 和图 1, 以及图 7 和图 3, 可

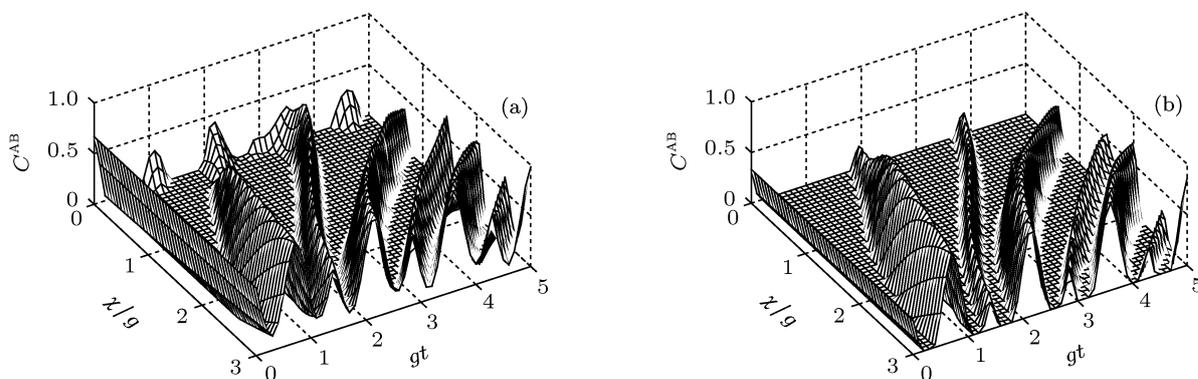


图 5 初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时, Kerr 介质耦合系数对两原子纠缠的影响(取 $\Omega/g = 1$) (a) $a = b = c = \sqrt{3}/3$; (b) $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$

$$\begin{aligned} ix_2(t) &= g\{\sqrt{2}x_4(t) + x_1(t)\} + \Omega x_3(t) + \chi x_2(t), \\ ix_3(t) &= g\{\sqrt{2}x_4(t) + x_1(t)\} + \Omega x_2(t) + \chi x_3(t), \\ ix_4(t) &= \sqrt{2}g\{x_2(t) + x_3(t)\} + 4\chi x_4(t) \end{aligned} \quad (11)$$

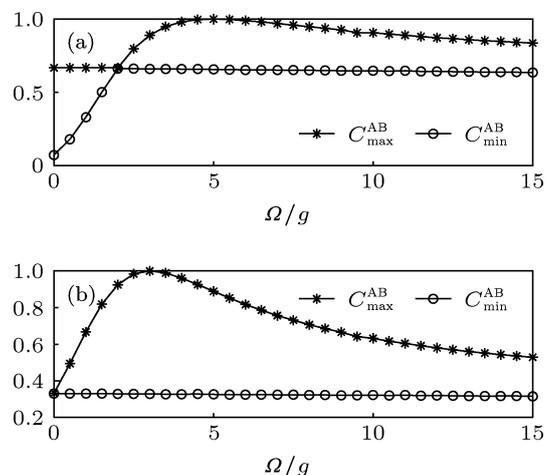


图 4 初态为 $|\psi_1(0)\rangle$ 时 C_{\max}^{AB} 和 C_{\min}^{AB} 随 Ω/g 的变化 (a) $a = b = c = \sqrt{3}/3$; (b) $a = b = 1/\sqrt{6}$, $c = \sqrt{6}/3$

确定. 由 (10) 式和标准基矢 $\{|ee\rangle, |eg\rangle, |ge\rangle, |gg\rangle\}$ 可以得到原子和原子相互作用的密度矩阵为

以看出两原子纠缠具有不同的演化特性. 当系统初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时原子的纠缠突然消失, 这就是所谓的纠缠突然死亡(ESD), 此时 $C^{AB} = 0$. 但随着时间的继续演化, 原子的纠缠又突然出现, 这就是所谓的纠缠复苏(ESR). 进一步的研究发现随着 χ/g 和

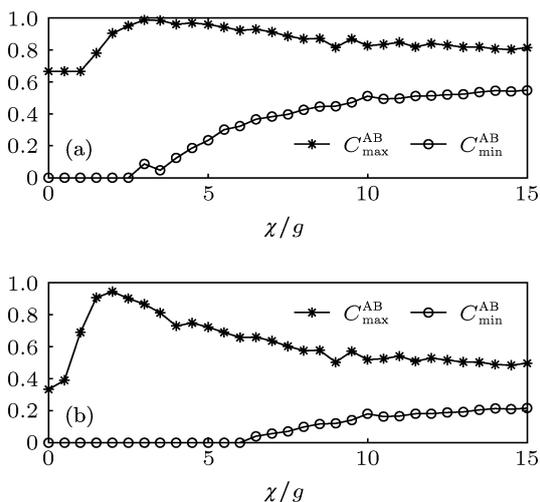


图6 初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时 C_{\max}^{AB} 和 C_{\min}^{AB} 随 χ/g 的变化 (a) $a=b=c=\sqrt{3}/3$; (b) $a=b=1/\sqrt{6}, c=\sqrt{6}/3$

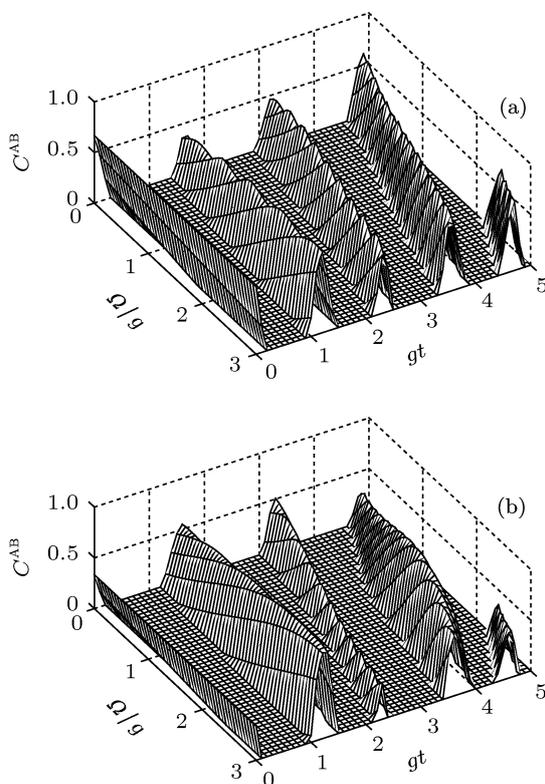


图7 初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时, 偶极相互作用对两原子纠缠的影响 (取 $\chi/g=1$) (a) $a=b=c=\sqrt{3}/3$; (b) $a=b=1/\sqrt{6}, c=\sqrt{6}/3$

Ω/g 的增大, 两原子出现 ESB 的时间变长, 同时 ESD 持续的时间变短. 从图 6 中可以看出两原子纠缠的最大值先增大至 1, 后缓慢减小, 也就是说我们可以通过选择合适的 χ/g (例如 $\chi/g=3$), 获得原子最大纠缠态. 而两原子纠缠的最小值在 Kerr 介质耦合系数比较小时一直为零, 即 Kerr 介质耦合强度比较弱时两原子纠缠总出现 ESD 和 ESR 现象. 但当 χ/g 增至 2.5 以上时, C_{\min}^{AB} 逐渐增大, 这说明我

们可以通过增大 Kerr 介质与辐射场的耦合系数彻底消除纠缠突然死亡现象, 如图 6(a) 所示. 然而, 当 $a=b=1/\sqrt{6}, c=\sqrt{6}/3$ 时, χ/g 需增至 7 以上才能彻底消除 ESD 现象, 如图 6(b) 所示. 图 8 给出了偶极相互作用对原子纠缠度最大值和最小值的影响. 很明显, 随着 Ω/g 的增大, C_{\max}^{AB} 先增大, 但未达到最大纠缠, 然后再缓慢减小, 而 C_{\min}^{AB} 始终为零, 这说明不管偶极相互作用系数怎么取值, 也不能彻底消除纠缠突然死亡现象. 以上讨论表明通过改变系统初态和 Kerr 介质耦合系数可以控制 ESD 的产生, 从而更好地提高两原子的纠缠度.

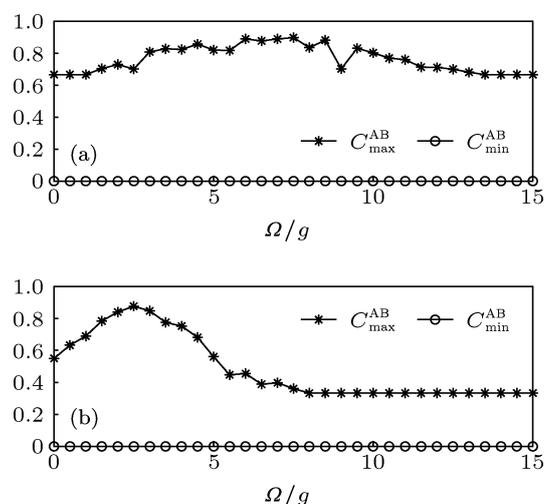


图8 初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时 C_{\max}^{AB} 和 C_{\min}^{AB} 随 Ω/g 的变化 (a) $a=b=c=\sqrt{3}/3$; (b) $a=b=1/\sqrt{6}, c=\sqrt{6}/3$

5 结论

采用全量子理论和数值计算的方法, 研究了 Kerr 介质中初始处于类 W 态的双原子-光场相互作用系统两原子的纠缠演化特性. 着重讨论了系统初态、Kerr 介质与辐射场的耦合系数以及偶极相互作用对两原子纠缠度的影响. 研究表明, 由于系统初态不同而使得 Kerr 介质和偶极相互作用对两原子的纠缠演化有不同的影响: 系统初态为 $|\psi_2(0)\rangle$ 时两原子之间的纠缠出现纠缠突然死亡 (ESD) 和纠缠复苏 (ESR) 现象, Kerr 介质耦合系数和原子间偶极相互作用促使纠缠突然死亡存在的时间缩短, 并且可以提高两原子之间的纠缠, 获得更强的最大纠缠; 初态为 $|\psi_1(0)\rangle$ 时不会出现纠缠突然死亡现象, 对于一些特殊的 χ 和 Ω 值, 两原子的纠缠基本不发生演化, 该模型呈现了两原子纠缠定态的产生, 并且两原子纠缠的定态的值与初始态有关系, 这一稳定纠缠态可以作为一种量子信息存储器.

- [1] Kimin P, Seung W L, Hyunseok J 2012 *Phys. Rev. A* **86** 062301
 [2] He J, Ye L, Ni Z X 2008 *Chin. Phys. B* **17** 1597
 [3] Shan C J, Man Z X, Xia Y J, Liu T K 2007 *Int. J. Quant. Inform.* **5** 335
 [4] Ekert A K 1991 *Phys. Rev. Lett.* **67** 661
 [5] Zheng S B, Guo G C 2000 *Phys. Rev. Lett.* **85** 2392
 [6] Song J, Cao Z L 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 696 (in Chinese) [宋军, 曹卓良 2005 物理学报 **54** 696]
 [7] Loss D, Divincenzo D P 1998 *Phys. Rev. A* **57** 120
 [8] Wang X G 2001 *Phys. Rev. A* **64** 012313
 [9] Huang L Y, Fang M F 2010 *Chin. Phys. B* **19** 090318
 [10] Xu Y Y, Zhou F, Zhang X L, Feng M 2010 *Chin. Phys. B* **19** 090317
 [11] Yu T, Eberly J H 2004 *Phys. Rev. Lett.* **93** 140404
 [12] Almeida M P, de Melo F, Hor-Merl M, Salles A, Walborn S P, Ribeiro P H S, Davidovich L 2007 *Science* **316** 579
 [13] Laural J, Choi K S, Deng H, Chou C W, Kimble H J 2007 *Phys. Rev. Lett.* **99** 180504
 [14] Ficek Z, Tanas R 2006 *Phys. Rev. A* **74** 024304
 [15] Yöncac M, Yu T, Eberly J H 2007 *J. Phys. B* **40** S45
 [16] Shan C J, Liu J B, Chen T, Liu T K, Huang Y X, Li H 2010 *Acta Phys. Sin.* **59** 6799 (in Chinese) [单传家, 刘继兵, 陈涛, 刘堂昆, 黄燕霞, 李宏 2010 物理学报 **59** 6799]
 [17] Cui C C, Xie S Y, Yang Y P 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 124206 (in Chinese) [崔丛丛, 谢双媛, 羊亚平 2010 物理学报 **61** 124206]
 [18] Qi L N, Zhang S 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 4630 (in Chinese) [齐琳娜, 张寿 2009 物理学报 **58** 4630]
 [19] Zheng Q, Zhang X P, Ren Z Z 2008 *Chin. Phys. B* **17** 3553
 [20] Amitabh J, Puri R R 1992 *Phys. Rev. A* **45** 5056
 [21] Wootters K 1998 *Phys. Rev. Lett.* **80** 2248
 [22] Schmidt H, Imamoğlu A 1996 *Opt. Lett.* **21** 1936
 [23] Hau L V, Harris S E, Dutton Z, Behroozi C H 1999 *Nature* **397** 594
 [24] Lukin M D, Imamoğlu A 2001 *Nature* **413** 273
 [25] Munro W J, Nemoto K, Beausoleil R G, Spiller T P 2005 *Phys. Rev. A* **71** 033819

Entanglement properties of two coupled atoms in Kerr medium*

Wu Qin¹⁾²⁾ Zhang Zhi-Ming^{1)†}

1) (Laboratory of Nanophotonic Functional Materials and Devices (SIPSE), South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

2) (School of Information Engineering, Guangdong Medical College, Dongguan 523808, China)

(Received 11 March 2013; revised manuscript received 18 April 2013)

Abstract

We have investigated the entanglement time evolution of two coupled two-level atoms in Kerr medium. Entanglement of the system is calculated by making use of concurrence. The influences of initial state, Kerr medium, and dipole-dipole coupling intensity between two atoms on the entanglement degree of the two atoms are revealed. Results show that the appropriate choice for the nonlinear coupling constant of Kerr medium and the dipole-dipole coupling intensity can improve the degree of atom-atom entanglement and eliminate the entanglement sudden death completely. We also find that invariant and stable entanglement occurs for a particular initial state.

Keywords: dipole-dipole coupling intensity, Kerr medium, concurrence

PACS: 42.50.-p, 03.67.Bg

DOI: 10.7498/aps.62.174206

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 91121023, 60978009), the Science and Technology Project of Zhanjiang, China (Grant No. 2011C3103007), and the Science Research Project in Guangdong Medical College, China (Grant No. xk1120).

† Corresponding author. E-mail: zmzhang@sncu.edu.cn