



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102637364 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 15

(21) 申请号 201210012259. 9

(22) 申请日 2012. 01. 16

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区西直门外上园村
3号

(72) 发明人 高自友 李新刚

(74) 专利代理机构 北京润泽恒知识产权代理有
限公司 11319

代理人 苏培华

(51) Int. Cl.

G08G 1/07(2006. 01)

G08G 1/08(2006. 01)

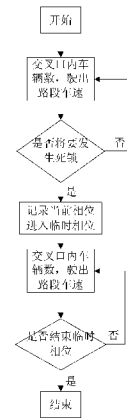
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置

(57) 摘要

本申请提供了一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置,涉及智能交通领域。本申请的方法包括:获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。本申请通过对交叉路口内车辆数的判断和通行信号相应的驶出路段的车速判断是否进入该临时信号相位,在该临时信号相位内禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行,避免车辆在交叉路口内累积,杜绝交叉路口死锁的发生,提高交叉路口通行效率,缓解城市交通拥堵,降低交通事故发生率。



1. 一种避免交叉路口死锁的自适应信号控制方法,其特征在于,包括:
获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;
当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述的临时信号相位还包括:
允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号相位按正常信号相位进行控制。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
所述的交叉路口包括T型路口和十字路口。
5. 一种避免交叉路口死锁的自适应信号控制装置,其特征在于,包括:
车辆信息获取装置,用于获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;
信号调整装置,用于当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。
6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述的临时信号相位还包括:
允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行。
7. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于:
当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号相位按预定信号相位进行控制。
8. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于:
所述的交叉路口包括T型路口和十字路口。
9. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于:
所述的车辆信息获取装置包括环形线圈车辆检测器;所述信号调整装置包括信号机。

一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置

技术领域

[0001] 本申请涉及智能交通领域,特别是涉及一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置。

背景技术

[0002] 城市道路平面交叉路口由于受到信号灯控制造成车流中断,通行能力要低于路段的通行能力,是城市交通的主要瓶颈。制定有效的交通信号控制策略是保障交叉路口的交通安全和充分发挥交叉路口的通行效率的重要手段。随着交通检测技术的不断完善和对交通流运行规律的深入认识,单交叉路口信号控制经历了由定时控制、感应控制到自适应控制的发展历程,适应了交通信号由被动控制向主动控制发展方向的需求,逐步由简单型向智能型过度,提高了交叉路口的控制效益。

[0003] 随着交通需求的爆发式增长,大城市交通基本处于过饱和状态。此时,路段密度大,流量低。路段上拥堵引发的车辆排队极易延伸至交叉路口,信号灯相位转换之后,交叉路口内车辆还没有排空,其他方向车流进入交叉路口却不能顺利通过,导致交叉路口内车辆越积越多,最终发生死锁。虽然交通法规中明确规定交叉路口内发生拥堵时,车辆禁止驶入交叉路口,但是此规则的主观因素强,一般情况下,只要信号灯为绿灯,车辆就进入交叉路口。

[0004] 在北京市早晚高峰期间,经常会发生死锁现象。在死锁状态下,交叉路口的流量为0,造成局部交通瘫痪,严重降低整个路网的通行效率。而且死锁一旦发生,必须人工干预才能解除,死锁持续的时间越长,造成的交通拥堵越严重。制定避免交叉路口死锁的信号控制方法,是提高过饱和状态下交叉路口通行能力,提高路网的运行效率的重要措施。

[0005] 现有的交叉路口信号控制方法一般采用定时信号调整方法,在交通流量高峰时间,只要信号灯是绿灯,车辆还都会无限制的进入交叉路口,导致现有的方法不能有效的避免死锁状态的发生。

发明内容

[0006] 本申请所要解决的技术问题是提供一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置,避免车辆在交叉路口内累积,从而杜绝交叉路口死锁的发生,提高交叉路口通行效率,缓解城市交通拥堵,并降低交通事故发生率。

[0007] 为了解决上述问题,本申请公开了一种避免交叉路口死锁的自适应信号控制方法,包括:

[0008] 获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;

[0009] 当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。

[0010] 优选的,所述的临时信号相位还包括:

- [0011] 允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行。
- [0012] 优选的,当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号相位按正常信号相位进行控制。
- [0013] 优选的,所述的交叉路口包括 T 型路口和十字路口。
- [0014] 相应的,本申请公开了一种避免交叉路口死锁的自适应信号控制装置,包括:
- [0015] 车辆信息获取装置,用于获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;
- [0016] 信号调整装置,用于当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。
- [0017] 优选的,所述的临时信号相位还包括:
- [0018] 允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行。
- [0019] 优选的,当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号相位按预定信号相位进行控制。
- [0020] 优选的,所述的交叉路口包括 T 型路口和十字路口。
- [0021] 优选的,所述的车辆信息获取装置包括环形线圈车辆检测器;所述信号调整装置包括信号机。
- [0022] 与现有技术相比,本申请包括以下优点:
- [0023] 本申请在原有相位的基础上增加一个临时信号相位,通过对交叉路口内车辆数的判断和通行信号相应的驶出路段的车速判断是否进入该临时信号相位,在该临时信号相位内禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行,即禁止要进入发生拥挤排队路段的车辆进入交叉路口,避免车辆在交叉路口内累积,从而杜绝交叉路口死锁的发生,提高交叉路口通行效率,缓解城市交通拥堵,并降低交通事故发生率。

附图说明

- [0024] 图 1 是本申请一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法的流程示意图;
- [0025] 图 2 是本申请避免交叉路口死锁的自适应信号方法优选的流程示意图;
- [0026] 图 3a 是本申请优选的十字交叉口自适应信号控制方法示意图;
- [0027] 图 3b 是本申请优选的十字交叉口定时信号控制方法的四个相位;
- [0028] 图 4 是本申请车辆排队延伸至十字交叉口时定时控制与自适应控制流量随时间的演化图;
- [0029] 图 5 是本申请十字交叉口采用避免死锁的自适应控制方法时信号灯状态的变化;
- [0030] 图 6a 是采用定时信号控制时交叉口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系图;
- [0031] 图 6b 是采用本申请所提方法时交叉口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系图;
- [0032] 图 7 是本申请优选的 T 型交叉口自适应信号控制方法示意图;
- [0033] 图 8 是本申请优选的 T 型交叉口定时信号控制方法的三个相位;
- [0034] 图 9 是本申请车辆排队延伸至 T 型交叉口时定时控制与自适应控制流量随时间的演化图;

[0035] 图 10 是本申请 T 型交叉口采用避免死锁的自适应控制方法时信号灯状态的变化；

[0036] 图 11a 是采用定时信号控制时交叉口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系图；

[0037] 图 11b 是采用本申请所提方法时交叉口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系图。

具体实施方式

[0038] 为使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步详细的说明。

[0039] 参照图 1，示出了本申请一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法的流程示意图，包括：

[0040] 步骤 110，获取交叉路口车辆数和与信号相应的驶出路段的车速。

[0041] 对于进入交叉路口的车辆，可以通过检测其驶入和驶出的车数之差获得。比如：在交叉路口的车辆流通方向的驶入路段检测到驶入交叉路口的车辆为 50 辆车，驶出路段检测到驶出交叉路口的车辆为 42 辆车，那么，此时还在交叉路口中的车辆数即为 $50-42=8$ 辆车。

[0042] 对于车辆的车速，本申请需要获取当前通行方向的驶出路段的车速。该车速可以判断驶出路段是否在正常通行。

[0043] 在实际中，各个通行方向的驶入路段和驶出路段分别设置一个车辆信息获取装置，以获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速。比如通过环形线圈车辆检测器，检测车辆数和驶出路段车辆的车速，而环形线圈车辆检测器的检测线圈对车辆数的统计是比较精确地，因此能够具有很好的应用效果。当然也可用其他设备获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速。

[0044] 步骤 120，当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时，将交叉路口信号相位切入临时信号相位；所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。

[0045] 实际中，针对不同类型的交叉路口可以设置不同的车辆数量阈值和驶出路段的车速阈值。比如对于某个十字交叉路口，其交叉路口的通行路段比较长，则可将其阈值设置得比较大，比如，如果某交叉路口的通行路段长 60 米，则可根据车型和车辆的实际长度，可设置为在该交叉路口的车辆阈值为 20 辆。如果某交叉路口的通行路段长 30 米，则可根据车型和车辆的实际长度，可设置为在该交叉路口的车辆阈值为 10 辆。该车辆阈值可根据实际统计获得。

[0046] 对于驶出路段的车速一般可设置为小于 2m/s 或者更小。交叉路口的死锁原因一般因为通行方向驶出路段的速度比较低，从而导致从驶入路段驶入的车辆无法及时驶出，从而导致交叉路口内车辆堆积，因此对于驶出路段的车速一般设置为 2m/s 左右的低速。

[0047] 当所述交叉路口车辆数大于阈值，同时所述驶出路段的车速小于阈值时，即预示着交叉路口很可能进入死锁状态，此时记录当前信号灯的相位；将交叉路口信号相位切入临时信号相位；所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。所述的临时信号相位还包括允许与当前通行方向不

产生冲突的车流方向通行。如此对于与当前通行方向产生冲突的车辆通行限制,则可避免因为正常信号的定时跳转绿灯而使与当前通行方向产生冲突的车辆进入交叉路口,从而产生死锁。同时允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行,则可减轻交通负担。

[0048] 另外,当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号相位按正常信号相位进行控制。即死锁的报警解除后,可将临时信号相位解除,返回原有的信号相位进行交通流量控制。

[0049] 在实际中可通过信号机根据所述交叉路口车辆数与阈值的关系和所述驶出路段的车速与阈值的关系对信号相位进行控制。

[0050] 参照图 2,其示出了本申请更为具体的一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法的流程示意图。

[0051] 计算交叉口内的车辆数和驶出路段的车速;

[0052] 根据上述方法判断是否将要发生死锁;如果否,则继续计算交叉口内的车辆数和驶出路段的车速,则如果是则记录信号灯当前相位,切入临时相位;

[0053] 计算交叉口内的车辆数和驶出路段的车速;

[0054] 根据上述方法判断是结束临时相位;如果否,则继续计算交叉口内的车辆数和驶出路段的车速;如果是,则结束临时相位,切入正常相位。

[0055] 参照图 3a,其示出了本申请优选的十字交叉路口自适应信号控制方法的示意图。其中,1 表示环形线圈车辆检测器;2 表示信号机;3 表示信号灯;4 表示人行横道;5 表示十字交叉路口 4 条路段;6 表示交叉路口。

[0056] 十字交叉路口与四个方向上的路段连接,在四个方向上分别有驶入路段和驶出路段。四个驶入路段上的车流受到信号灯控制。在与十字交叉路口相连的四个方向上各驶入路段和驶出路段上均埋设环形线圈检测器,用以获取进入和驶离交叉路口的流量和车速信息。驶入路段为位于交叉路口上游,供车辆驶入交叉路口的路段;驶出路段为位于交叉路口下游,供车辆驶出交叉路口的路段。检测器与信号机通过光缆连接,实时向信号机传送各路段流量和车速信息。信号机内的控制单元对这些信息进行处理,获取驶入交叉路口车流量和驶出交叉路口车流量,用累积驶入交叉路口的车流量减去累积驶出交叉路口的车流量得到当前交叉路口内车辆数;获取驶出路段上车流平均速度,如果速度小于某一临界值,则该路段上的拥挤排队已延伸至交叉路口。信号机根据各路段上的车流状态对死锁进行预判,改变信号灯状态。

[0057] 在实际中,当信号相位处于正常四相位时,如果交叉路口内车辆数处于正常范围内(不大于某一临界值 N_{max}),驶出路段的车速明显大于 0(一般大于等于 2m/s),那么信号灯按照固定四个相位进行变换;

[0058] 如果交叉路口内车辆数过多(超过某一临界值 N_{max}),并且驶出路段车速接近 0(一般小于 2m/s),那么进入临时信号相位,并根据进入临时信号相位前信号灯状态以及发生拥挤排队的路段确定临时信号相位各信号灯状态。

[0059] 其中,信号灯控制原则为提前将当前通行方向信号灯变为红灯,禁止需要进入发生拥挤排队路段的车辆进入交叉路口,将另外一个通行向信号灯状态不变,并将没有冲突车流方向信号灯变为绿灯。当信号相位处于临时相位时,如果交叉路口内车辆数减少到某一临界值 N^* 以下,那么结束临时信号相位,进入到下一个定时信号控制相位。比如在东西

直行方向为绿灯,其他方向为红灯时,检测到交叉路口内车辆数大于 N_{\max} ,并且东侧驶出路段车速接近于 0,进入临时相位后,西向东直行方向变为红灯,东向南左转方向变为绿灯;当检测到交叉路口内车辆数不大于 N^* 时,结束临时信号相位,东向西直行方向为红灯,西向北左转方向变为绿灯。

[0060] 参照图 3b,其示出了本申请优选的是十字交叉路口定时信号控制方法的原有的四个相位。相位 I 是东西方向直行;相位 II 是东西方向左转;相位 III 是南北方向直行;相位 IV 是南北方向左转。

[0061] 信号机根据获得的交叉路口内车辆数信息和通行方向驶出路段的车速信息控制发生拥堵排队的路段信号灯状态,实现由正常信号相位进入到临时信号相位,以及由临时信号相位返回到正常信号相位的转换。

[0062] 具体如下:(1) 根据速度信息检测拥堵排队后溢至交叉路口的路段。依据与交叉路口邻接的驶入路段和驶出路段上的检测器获得驶入交叉路口和驶出交叉路口的车辆数,用驶入交叉路口车辆数减去驶出交叉路口车辆数就得到当前交叉路口内车辆数 N_c 。如果 $N_c > N_{\max}$ (N_{\max} 为车辆数阈值),并且检测到某一驶出路段车速接近于 0(一般小于 2m/s),那么拥堵造成的排队后溢已延伸至交叉路口。记录车速接近于 0 的路段编号,记为 i ,此时,路段 i 发生拥堵,需要限制上游车流驶入路段 i 。这里 N_{\max} 表示交叉路口内最大允许车辆数。

[0063] (2) 进入临时信号相位,并确定各信号灯状态。如果此时为直行相位,那么路段 i 的上游路段直行方向绿灯变为红灯,在相反方向上直行方向绿灯不变,左转方向红灯变为绿灯。如果此时为左转相位,那么进入路段 i 的左转车流信号灯由绿灯变为红灯。同时记录交叉路口进入临时信号相位前所处的相位,以便临时信号相位结束时直接进入下一相位。

[0064] (3) 在临时信号相位,信号灯状态变换。如果交叉路口内车辆数 $N_c < N^*$,那么结束临时信号相位,并进入到下一相位。这里 N^* 表示结束临时信号相位时交叉路口内的临界车辆数,并且满足 $N^* < N_{\max}$ 。如果 $N_c > N^*$,持续临时信号相位状态,获取各驶出路段车辆速度,如果车速接近 0(小于 2m/s),说明该路段发生拥堵,将进入该路段上游车流的信号灯设置为红灯。

[0065] 另外,如果交叉路口处于临时信号相位的时间超过 1 分钟,自动向交通控制中心发送信号,交通控制中心及时将这一信息发送给巡逻交警,以便交警迅速赶到相应交叉路口指挥交通。

[0066] 为验证所提出的避免交叉口死锁的信号控制策略的有效性,对图 2 所示的单交叉口进行仿真模拟,设定与交叉口连接的四个驶入路段流入率为 α ,单位辆/秒;交叉口右侧的驶出路段的流出率为 β_1 ,其他驶出路段流出率为 β ,单位辆/秒。各路段上左转车辆比例 0.2,右转车辆比例 0.2,直行车辆比例 0.6。信号周期 120 秒,直行绿灯时长 40 秒,左转绿灯时长 20 秒。

[0067] 参照图 4,是本申请车辆排队延伸至十字交叉口时定时控制与自适应控制流量随时间的演化图。取 $\alpha = 0.5$, $\beta_1 = 0.05$, $\beta = 1.0$ 。该图显示了两种不同的信号控制策略条件下交叉口每分钟的流量变化。可以发现,采用定时信号控制时,流量最终降低为 0。在初始几分钟,拥堵没有延伸至交叉口,流量不受影响; $t = 6$ 分钟之后,流量开始减小;当 $t > 14$ 分钟时,流量降低为 0,交叉口发生了死锁。

[0068] 参照图 5, 其示出了本申请优选的十字交叉路口采用避免死锁的自适应控制方法时信号灯状态的变化图。

[0069] 该图显示了采用避免交叉口死锁信号控制方案时各行驶方向信号灯状态的变化情况。在初始的两个周期内, 拥堵还没有延伸到交叉口, 信号灯状态按照定时控制方案进行变化。在 $t = 356$ 秒时, 西向东直行信号灯由绿灯变为红灯, 东向南左转信号灯由红灯变为绿灯。西向东直行绿灯时间很短, 东向西绿灯时间和东向南绿灯时间变长。

[0070] 参照图 6a 和图 6b, 其示出了本申请十字交叉路口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系。

[0071] 该图显示了交叉口流量与车辆驶入概率 α 和驶出概率 β 的关系。此时固定交叉口右侧路段驶出概率为 0.05。当驶入概率小于驶出概率时, 没有形成路段拥堵瓶颈, 交叉口流量随驶入流量的增加而线性增长, 随后达到饱和值。随着驶出概率的增大, 饱和流量的值也增大。采用定时信号控制时, 驶出概率较小时会导致死锁的发生, 交叉口流量为 0。采用避免死锁信号控制时, 驶出概率很小时, 交叉口也会保持一定的流量。通过比较可以发现, 在驶出概率较小时, 也就是路段发生拥堵时, 避免死锁信号控制可以获得更大的流量; 在驶出概率较大时, 路段不会发生拥堵, 两种信号控制方案所获得的流量没有差别。由以上结果可以看出, 所提出的避免交叉口死锁的自适应信号控制方法可以有效避免交叉口死锁的发生, 提高过饱和状态下交叉路口的通行效率。

[0072] 参照图 7, 其示出了本申请优选的 T 型路口自适应信号控制方法的示意图。图中数字所表示的含义同图 2。T 型路口将支路和主路相连, 各路段上车道的设置不一致, 图 7 中用字母与数字组合用以区分。 s_1 表示支路驶出路段; s_2 表示支路驶入路段; s_3 和 s_5 表示主路上驶出路段; s_4 表示主路上具有左转车道的驶入路段; s_6 表示主路上不具有左转车道的驶入路段。

[0073] T 型交叉路口连接主路和辅路, 有三个驶入路段和三个驶出路段, 三个驶入路段车流受到信号控制。对于主路上的两个驶入路段具有不对称性, 一个具有左转车道, 另一个没有左转车道。与十字交叉口类似, 在各驶入路段和驶出路段上均埋设环形线圈检测器, 用以获取进入和驶离交叉路口的流量和车速信息。检测器、信号机以及其他装置的连接同十字交叉口。对交叉口死锁的预判规则, 信号等控制原则与十字交叉口一致, 只是在信号灯具体变换规则与控制方法上存在差异。

[0074] 参照图 8, 其示出了本申请优选的是 T 型交叉路口定时信号控制方法的原有的三个相位。相位 I 是主路车流直行; 相位 II 是主路车流左转; 相位 III 是支路车流左转。

[0075] T 型交叉口实现由正常信号相位进入到临时信号相位, 以及由临时信号相位返回到正常信号相位的转换规则具体如下:

[0076] (1) 根据速度信息检测拥堵排队后溢至交叉路口的路段。依据与交叉路口邻接的驶入路段和驶出路段上的检测器获得驶入交叉路口和驶出交叉路口的车辆数, 用驶入交叉路口车辆数减去驶出交叉路口车辆数就得到当前交叉路口内车辆数 N_c 。如果 $N_c > N_{\max}$ (N_{\max} 为车辆数阈值), 并且检测到某一驶出路段车速接近于 0 (一般小于 2m/s), 那么拥堵造成的排队后溢已延伸至交叉路口。记录车速接近于 0 的路段编号, 记为 i , 此时, 路段 i 发生拥堵, 需要限制上游车流驶入路段 i 。这里 N_{\max} 表示交叉路口内最大允许车辆数。

[0077] (2) 进入临时信号相位, 并确定各信号灯状态。信号处于相位 I: 如果路段 i 是 s_3 ,

那么对路段 s_6 直行车流亮红灯,对路段 s_4 左转车流亮绿灯;如果路段 i 是 s_5 ,那么对路段 s_4 直行车流亮红灯。信号处于相位 II:如果路段 i 是 s_1 ,那么对路段 s_4 左转车流亮红灯,对路段 s_4 直行车流亮绿灯。信号处于相位 III:如果路段 i 是 s_5 ,那么对路段 s_2 左转车流亮红灯,对路段 s_6 直行车流亮绿灯。

[0078] (3) 在临时信号相位,信号灯状态变换。如果交叉路口内车辆数 $N_c < N^*$,那么结束临时信号相位,并进入到下一相位。这里 N^* 表示结束临时信号相位时交叉路口内的临界车辆数,并且满足 $N^* < N_{\max}$ 。如果 $N_c > N^*$,持续临时信号相位状态,获取各驶出路段车辆速度,如果车速接近 0(小于 2m/s),说明该路段发生拥堵,将进入该路段上游车流的信号灯设置为红灯。

[0079] 通过仿真模拟,可以得到类似于十字交叉口的结果,所提出的避免交叉口死锁的信号控制方法同样适用于 T 型交叉口。设定主路流入率为 α ,支路流入率为 $\alpha/2$;交叉口右侧驶出路段流出率为 β_1 ,其他驶出路段流出率为 β 。主路左转车流比例 0.3,右转车流比例 0.3,支路左转车流比例 0.6,右转车流比例 0.4。信号周期 120 秒,主路直行绿灯时长 60 秒,主路左转绿灯时长 30 秒,支路左转绿灯时长 30 秒。

[0080] 参照图 9,是本申请车辆排队延伸至 T 型交叉口时定时控制与自适应控制流量随时间的演化图。取 $\alpha = 0.5$, $\beta_1 = 0.05$, $\beta = 1.0$ 。该图显示了两种不同的信号控制策略条件下交叉口每分钟的流量变化。可以发现,自适应信号控制时的流量明显高于定时信号控制时的流量。

[0081] 参照图 10,其示出了本申请优选的 T 型交叉路口采用避免死锁的自适应控制方法时信号灯状态的变化图。

[0082] 该图显示了采用避免交叉口死锁信号控制方案时各行驶方向信号灯状态的变化情况。在初始的两个周期内,拥堵还没有延伸到交叉口,信号灯状态按照定时控制方案进行变化。在 $t = 252$ 秒时,西向东直行信号灯由绿灯变为红灯,东向南左转信号灯由红灯变为绿灯。

[0083] 参照图 11a 和图 11b,其示出了本申请 T 型交叉路口流量与车辆驶入概率和驶出概率的关系。该图显示了交叉口流量与车辆驶入概率 α 和驶出概率 β 的关系。此时固定交叉口右侧路段驶出概率为 0.05。当驶入概率小于驶出概率时,没有形成路段拥堵瓶颈,交叉口流量随驶入流量的增加而线性增长,随后达到饱和值。随着驶出概率的增大,饱和流量的值也增大。通过比较可以发现,在驶出概率较小时,也就是路段发生拥堵时,避免死锁信号控制可以获得更大的流量;在驶出概率较大时,路段不会发生拥堵,两种信号控制方案所获得的流量没有差别。

[0084] 相应的本申请还公开了一种避免交叉路口死锁的自适应信号控制装置,包括:

[0085] 车辆信息获取装置,用于获取交叉路口车辆数和与当前通行方向的驶出路段的车速;

[0086] 信号调整装置,用于当所述交叉路口车辆数大于阈值且所述驶出路段的车速小于阈值时,将交叉路口信号相位切入临时信号相位;所述临时信号相位包括禁止当前通行方向的车辆驶入交叉路口并禁止与当前通行方向产生冲突的车流方向通行。

[0087] 所述的临时信号相位还包括:允许与当前通行方向不产生冲突的车流方向通行。当所述交叉路口车辆数不大于阈值且所述驶出路段的车速不小于等阈值时,交叉路口信号

相位按预定信号相位进行控制。所述的交叉路口包括 T 型路口和十字路口。

[0088] 所述的车辆信息获取装置包括环形线圈车辆检测器 ;所述信号调整装置包括信号机。

[0089] 对于系统实施例而言,由于其与方法实施例基本相似,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0090] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0091] 以上对本申请所提供的一种避免交叉路口死锁的自适应信号方法和装置,进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想 ;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

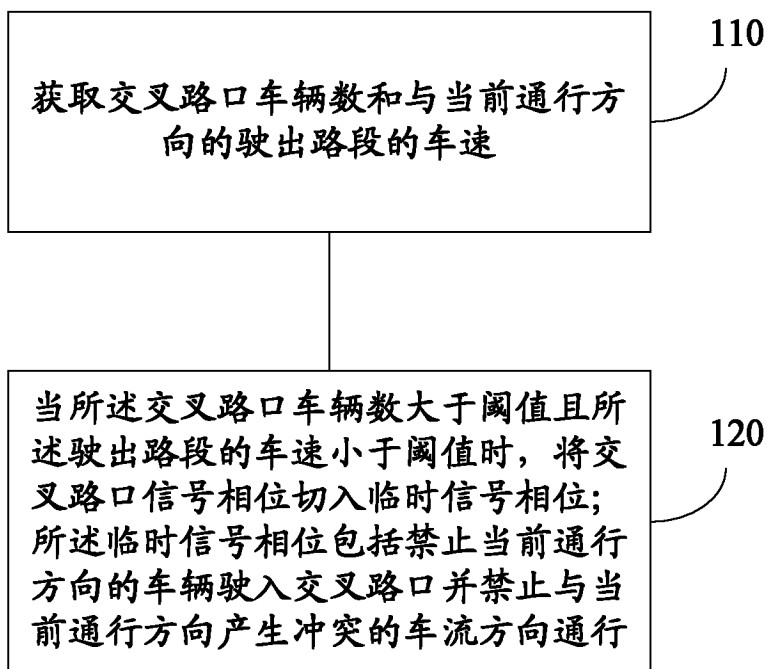


图 1

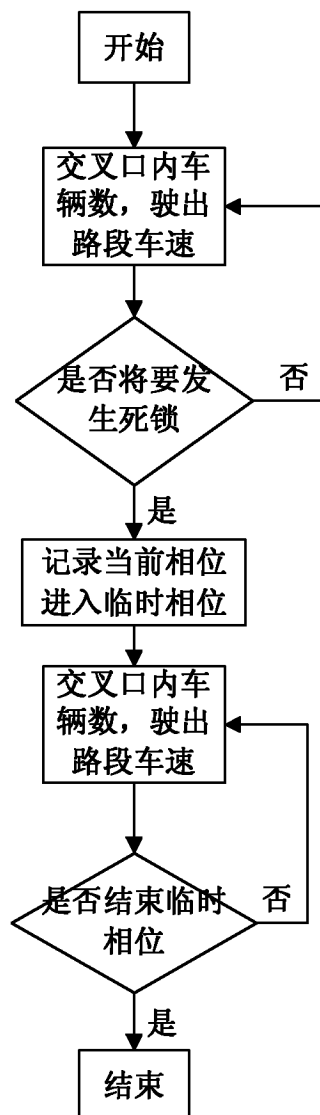


图 2

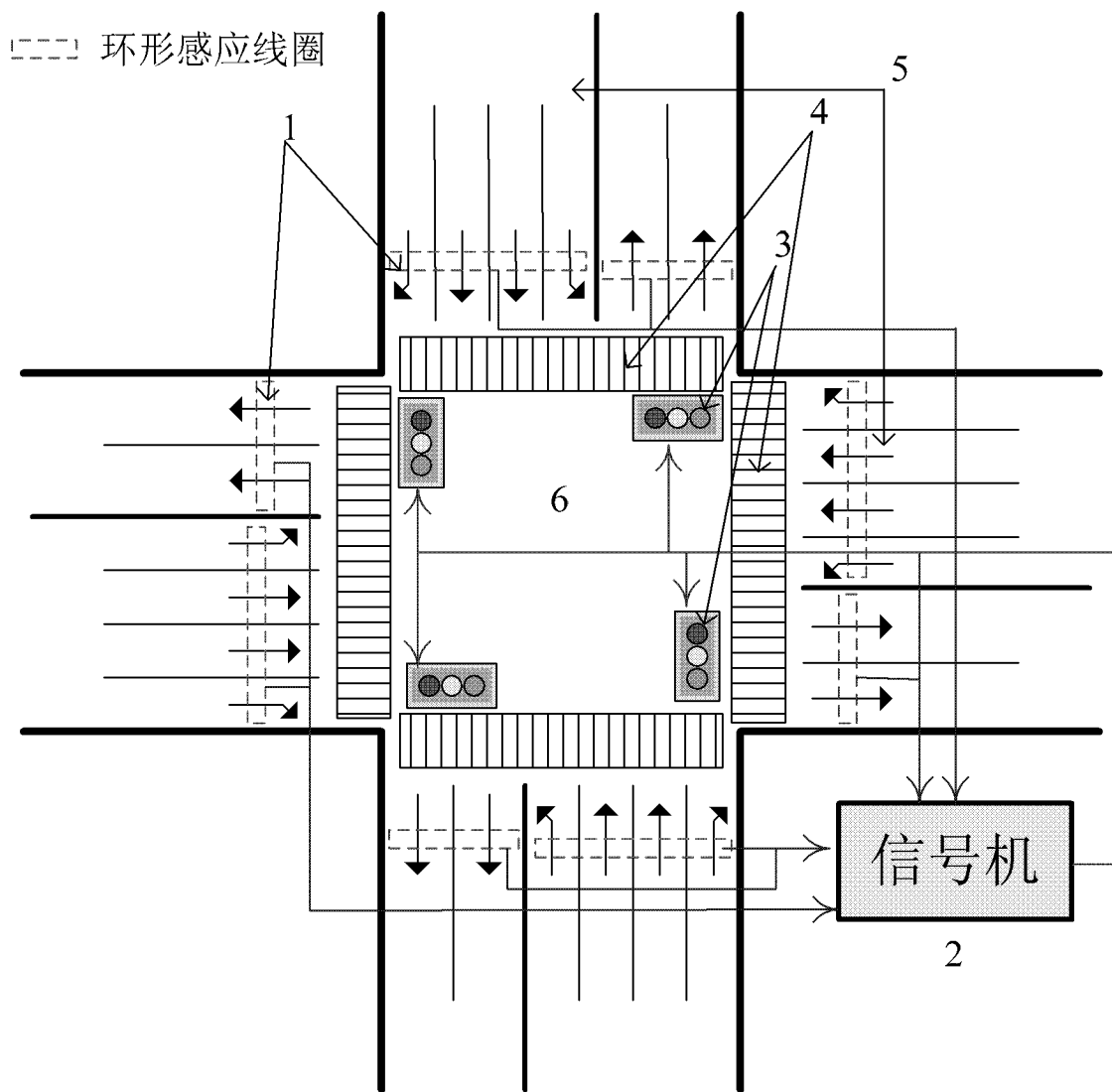


图 3a

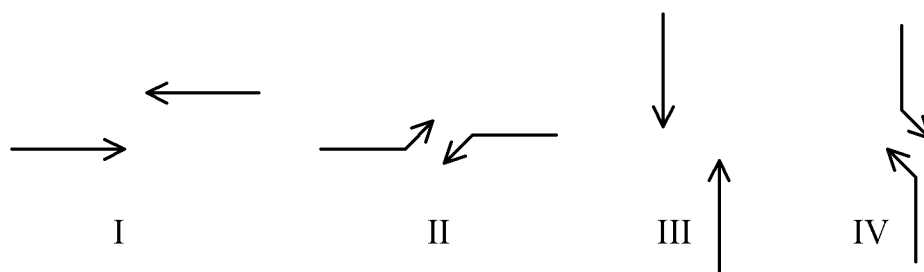


图 3b

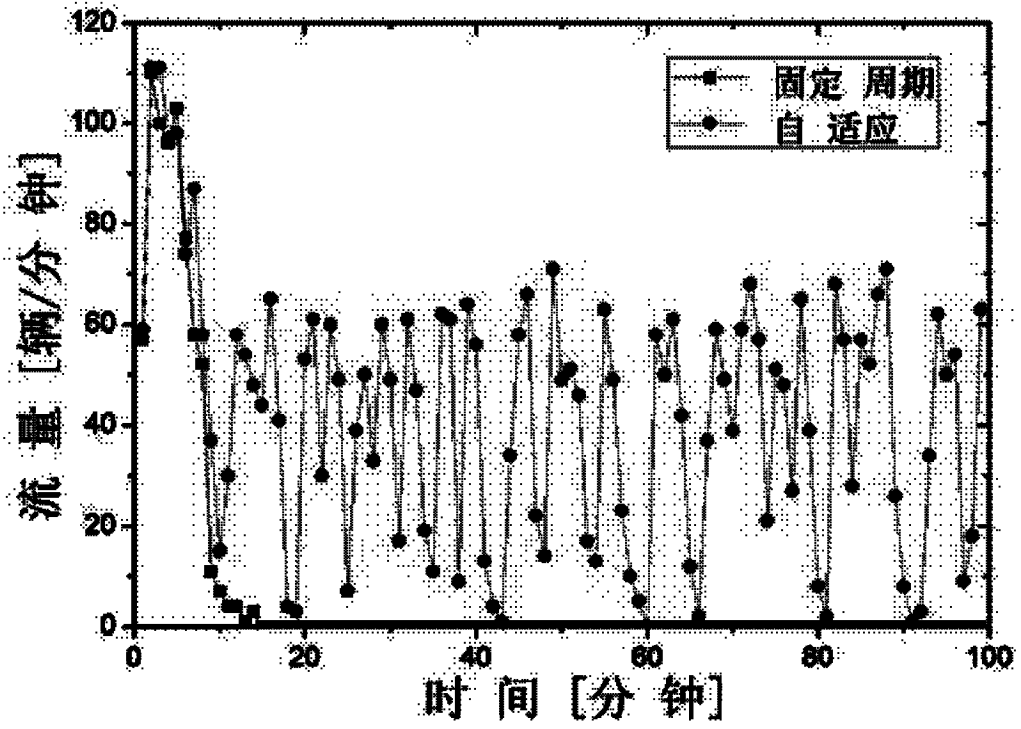


图 4

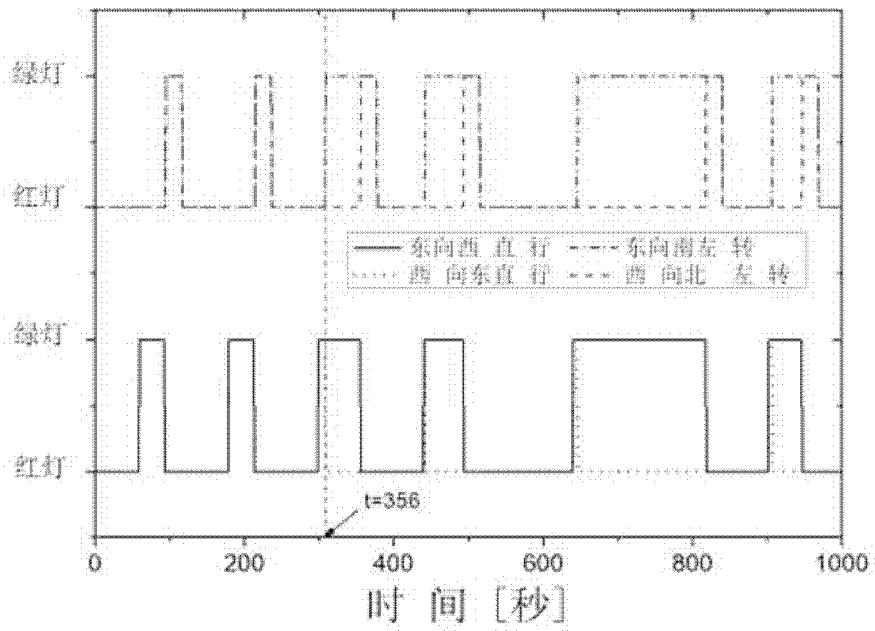


图 5

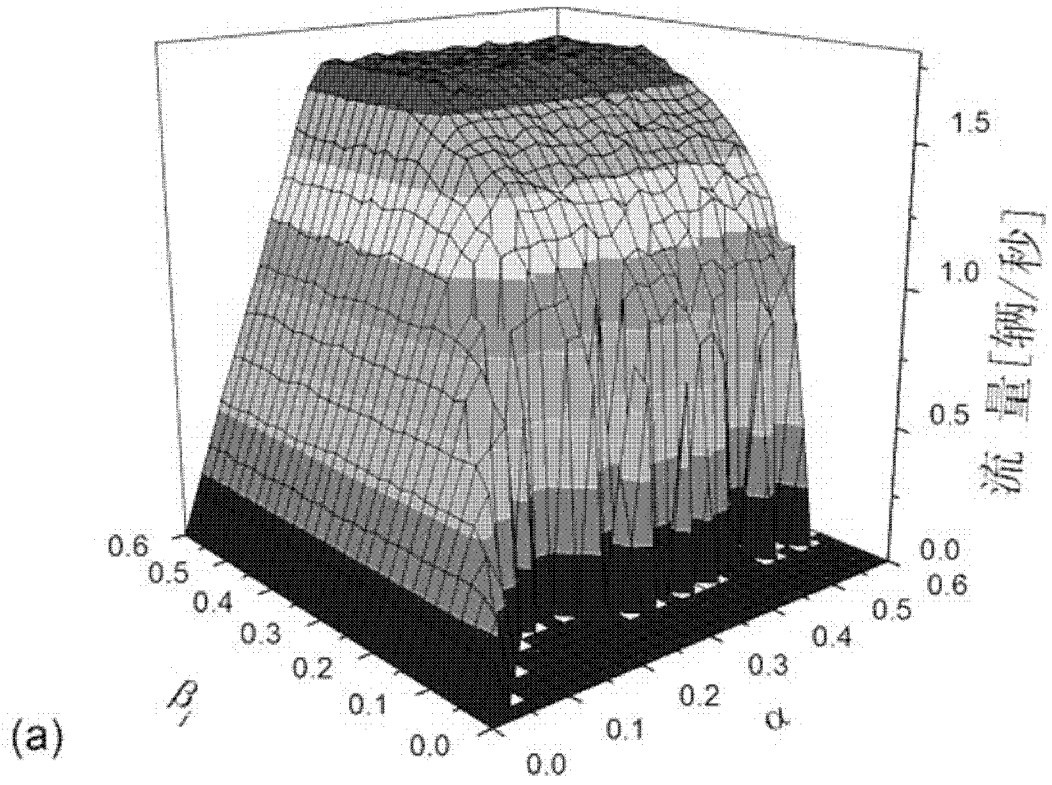


图 6a

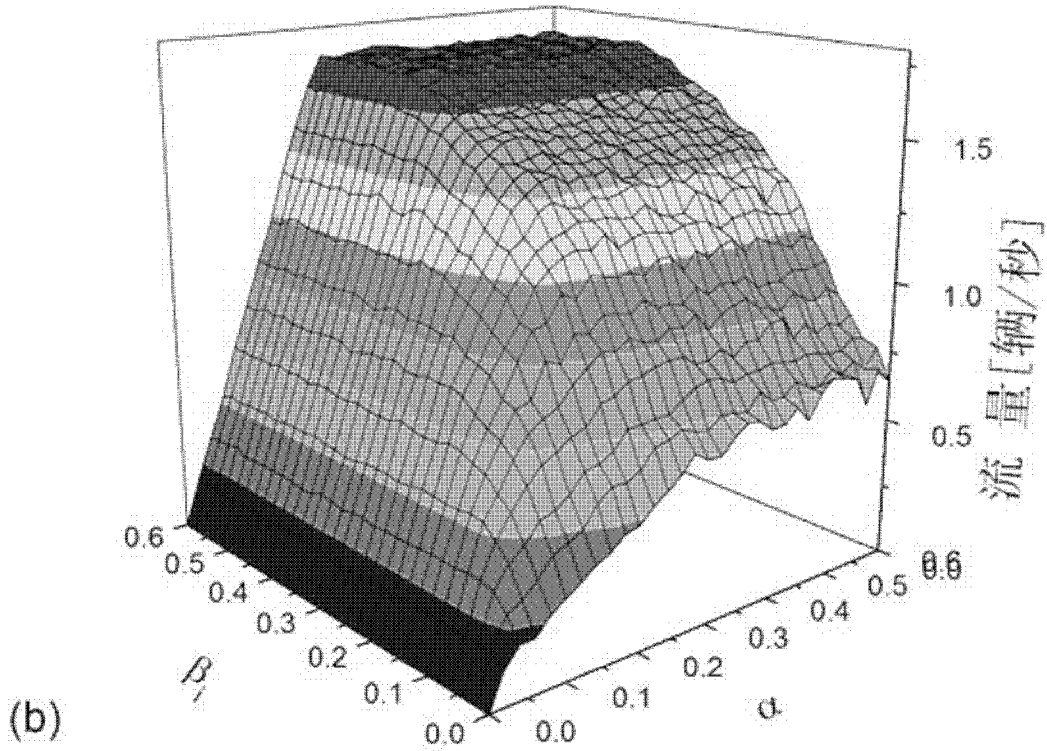


图 6b

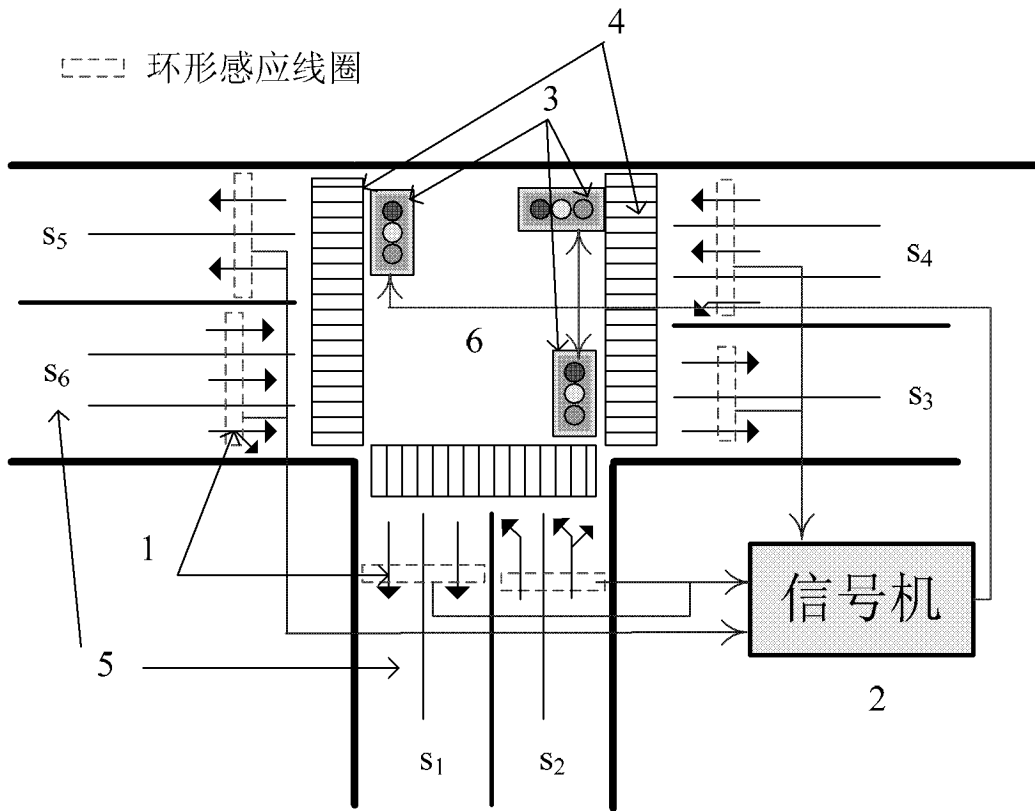


图 7

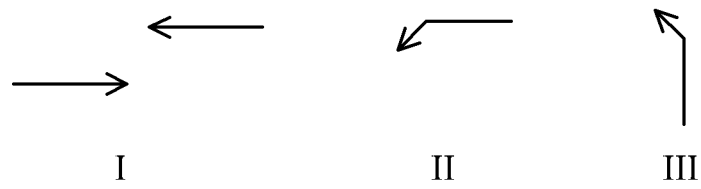


图 8

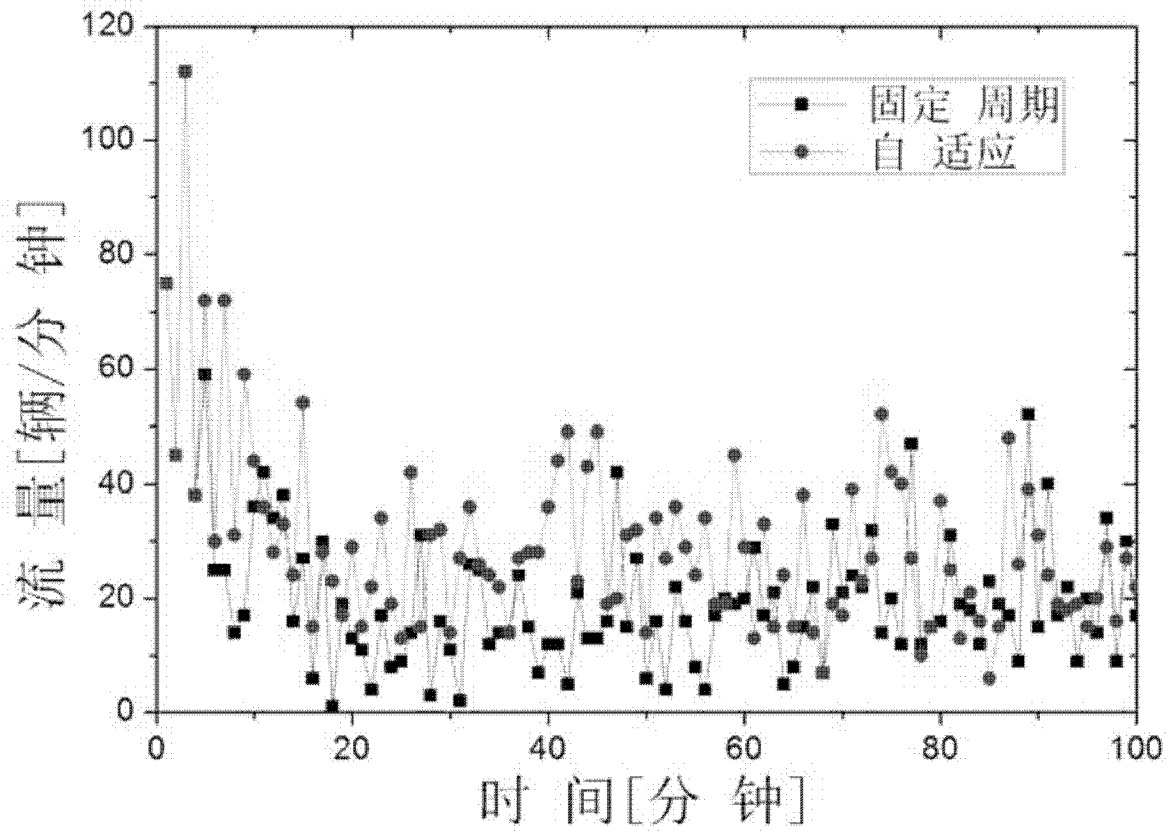


图 9

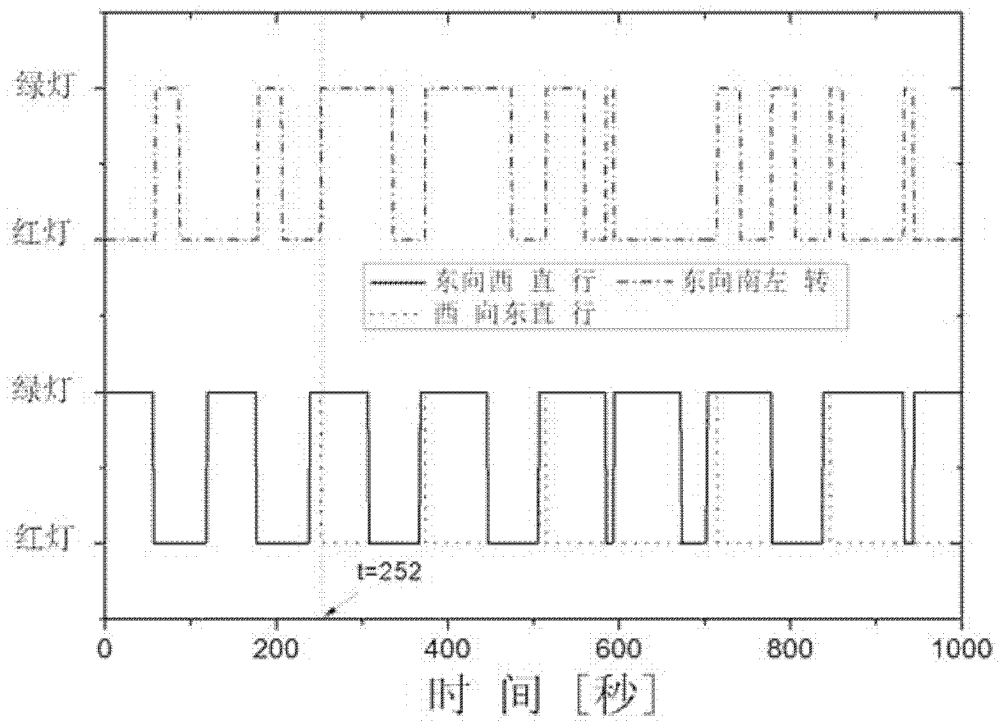


图 10

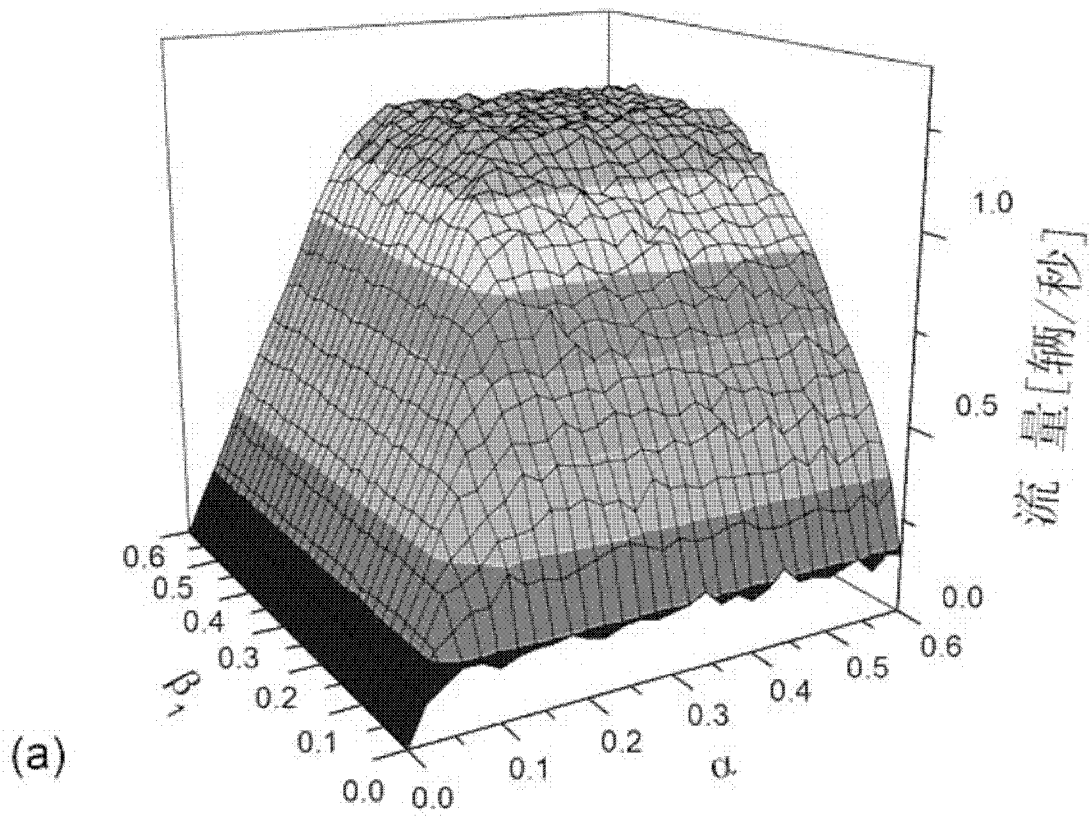


图 11a

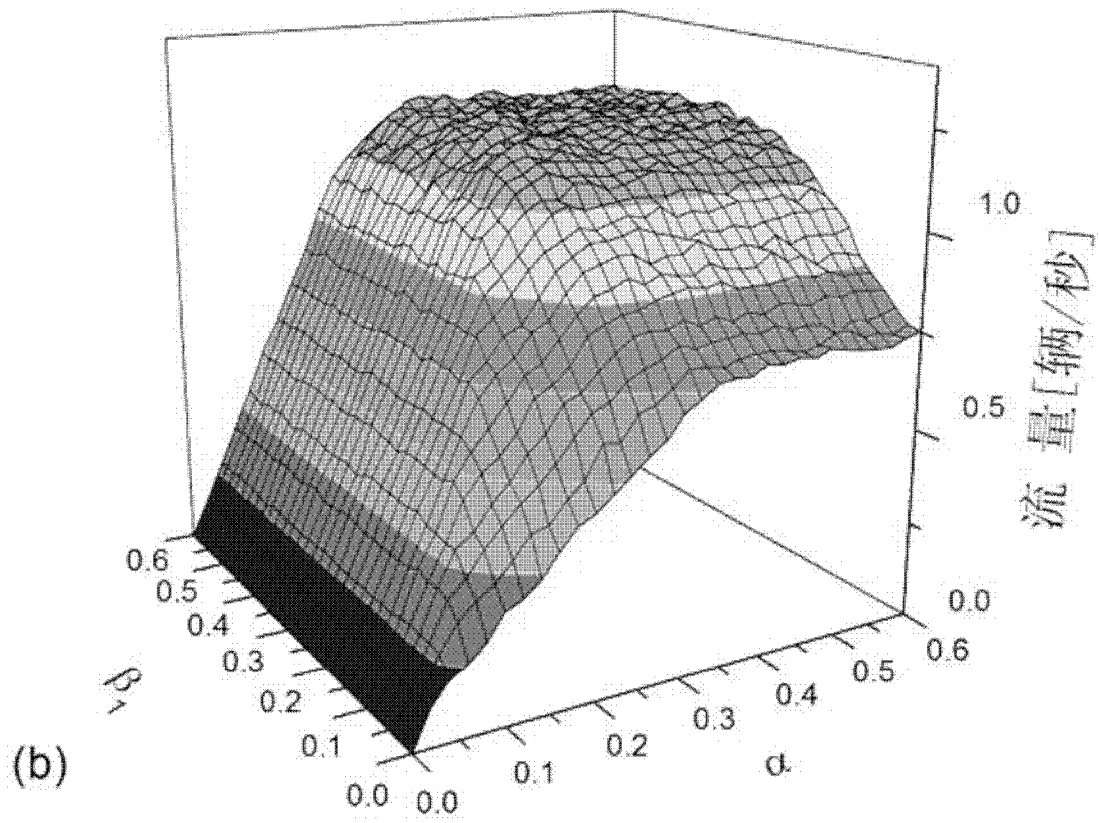


图 11b