

# 交通事故逃逸侦破追查典型案例

## 分析与责任认定手册

◆主编：刘振兴

宁夏大地出版社

# 交通事故逃逸侦破追查典型 案例分析与责任认定手册

主编 刘振兴

宁夏大地出版社

## 第二章 交通事故再现的方法

### 第一节 道路交通事故再现的时间 - 位移曲线图法

时间 - 位移曲线图是描述交通事故两个参与者运动关系的最直观方法。从时间 - 位移曲线图可容易地判断事故是否可避免, 另外非技术人员也容易明白这种曲线图表达方式。

时间 - 位移曲线图方法有如下优点:

不仅关注交通事故过程的一个时刻, 而且能够从曲线图上读取考察时间内事故参与者在任意时刻的运动关系。

这种方法可考察在事故再现中不可回避的误差问题及其对正确描写事故过程的影响。

事故分析技术人员可用它校验计算数据的正确与否。

#### 一、时间 - 位移曲线

时间 - 位移曲线能够描写交通事故参与者的运动及其相互关系。运动是由时间和位移两个元素组成的: 当人运动时, 他在通过一段路程的同时, 经历了一定的时间。位移与时间之比赋予运动的快与慢的属性。例如, 一小时经过 30KM 的汽车比半小时经过同样距离的汽车运动得“慢”。既然运动由时间和位移两个量组成, 所以可用包括它们的两个坐标曲线图, 即时间 - 位移曲线描述事故两个参与者的运动。横坐标和纵坐标分别代表位移 (单位: 米) 和时间 (单位: 秒), 并按一定间隔 (通常为 1 秒), 作平行位移轴的平行线, 以下称为时间 - 位移曲线图 (见图 3-2-1)。

以一辆汽车通过一个有信号灯控制的路口为例子, 说明如何构造时间 - 位移曲线图来描写汽车的运动 (图 3-2-2)。

在观察的 0~3 秒时间内, 汽车等速行驶, 即在每 1 秒时间间隔内通过的路程相等。将 0 秒、1 秒、2 秒、3 秒时刻汽车的位置点标在图上, 连接这四个点, 得到等速运动线为一直线 (见图 3-2-2a)。

在第 2 秒时刻, 汽车接近一个有交通信号灯控制的十字路口, 红色信号灯亮, 司机

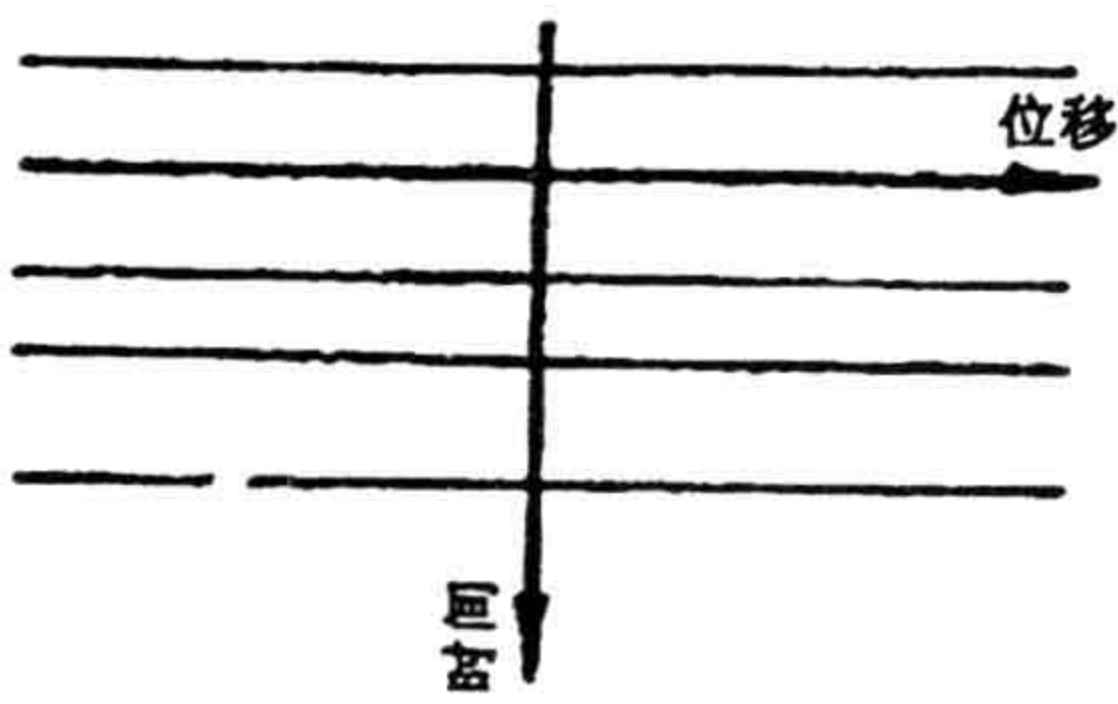


图 3-2-1 时间 - 位移曲线图的构造

准备在行人横道停车线前停车, 开始采取制动措施。由于司机反应需要若干时间, 所以经过 1 秒钟后, 即第 3 秒时刻汽车才开始制动。汽车开始减速, 在同样的 1 秒时间间隔汽车通过的路程逐渐变短, 在第 7 秒时刻汽车停止 (见图 3-2-2b)。如果将第 3 秒、4 秒、5 秒、6 秒、7 秒汽车的位置绘出, 就得出减速运动线, 它是一条抛物线 (见图 3-2-2c)。在后面的第 8 秒、9 秒、10 秒、11 秒汽车保持静止 (见图 3-2-2d)。从第 11 秒起

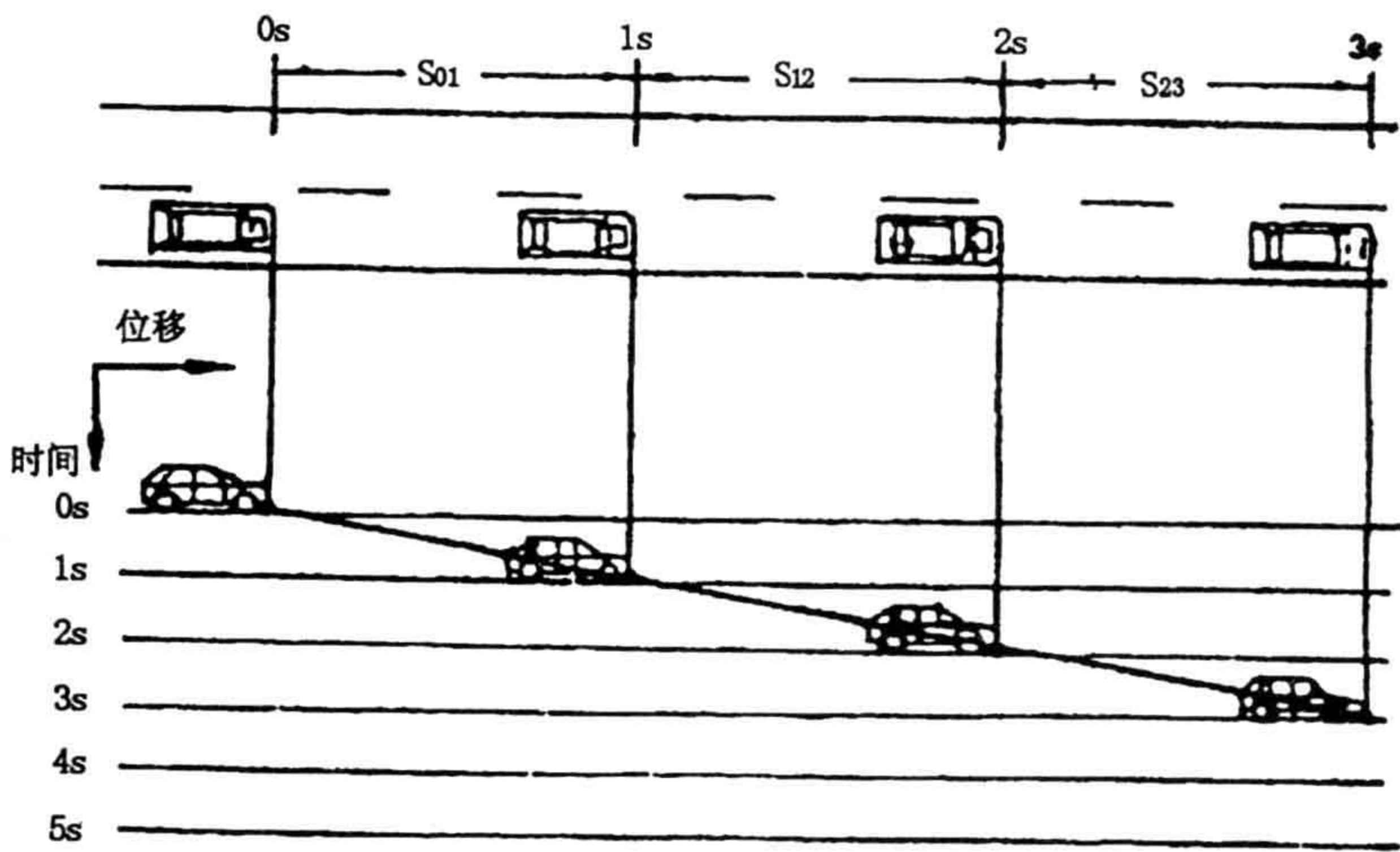


图 3-2-2a

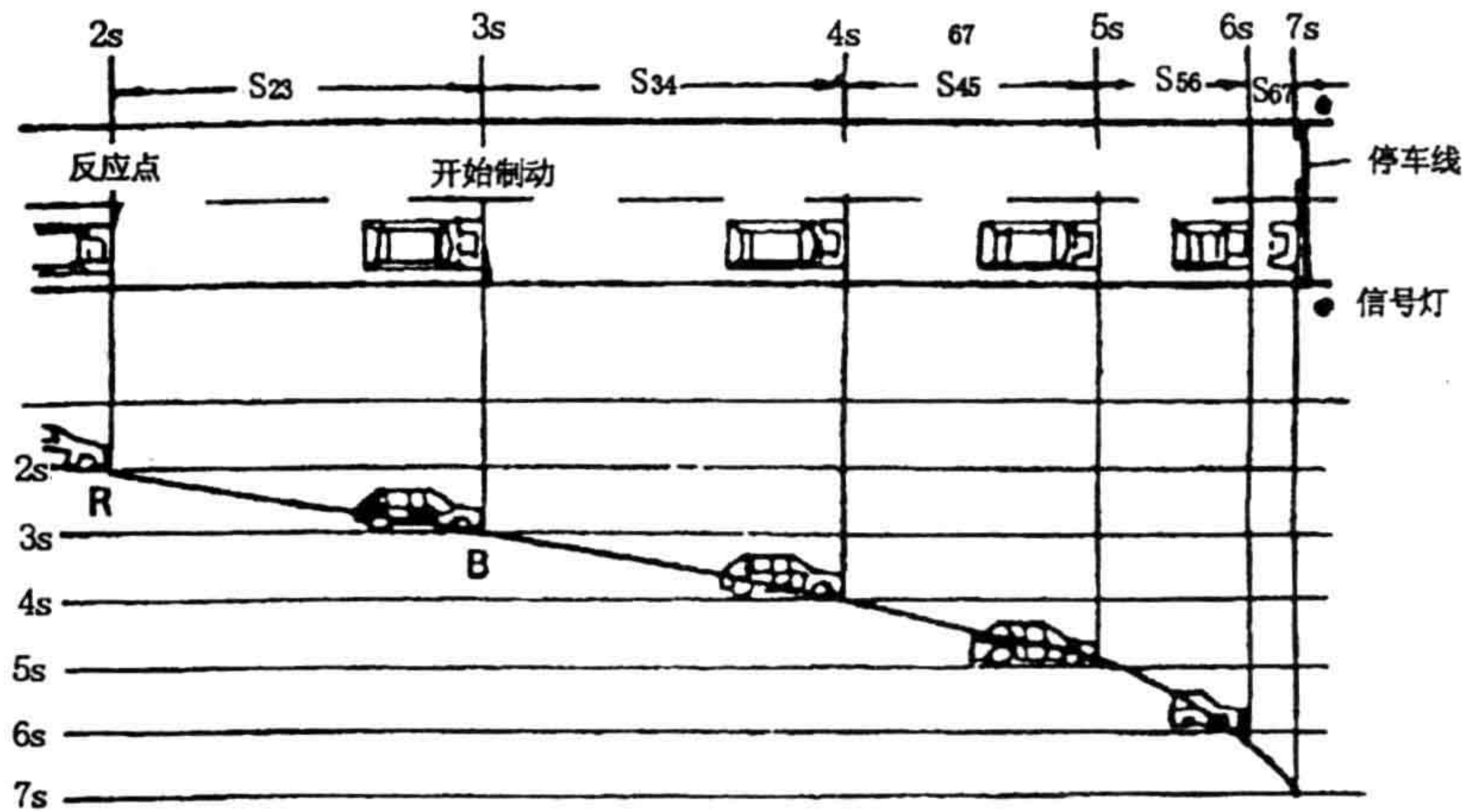


图 3-2-2b

信号灯由红变绿, 汽车可重新运动。汽车逐渐加速, 每 1 秒钟内经过的路程也逐渐增加, 汽车的运动线为一抛物线。虽然加速和减速时的运动都是抛物线, 但是它们的弯曲方向不同。减速至停止运动线是向下弯曲, 而加速线是向上弯曲的。

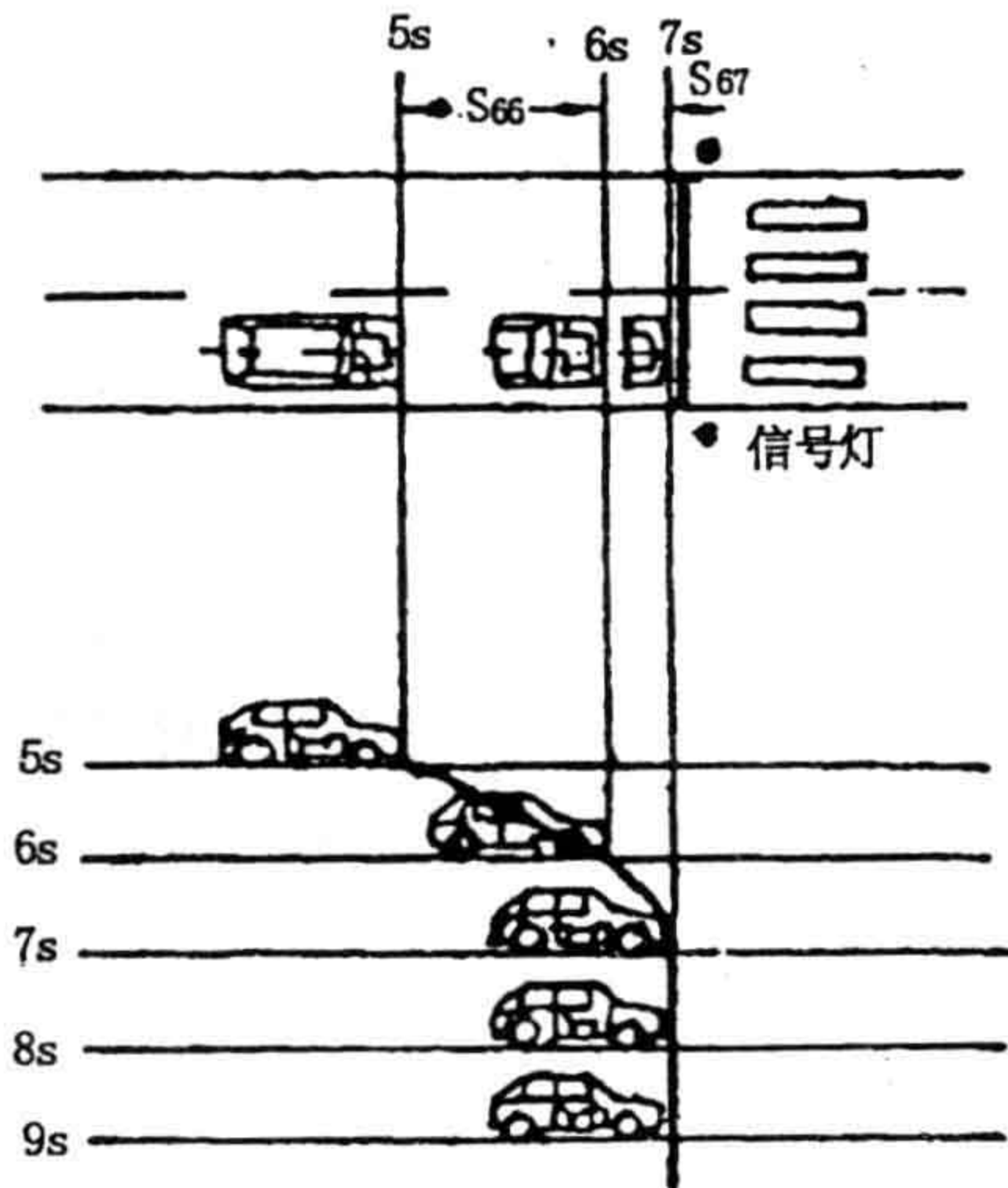


图 3-2-2c

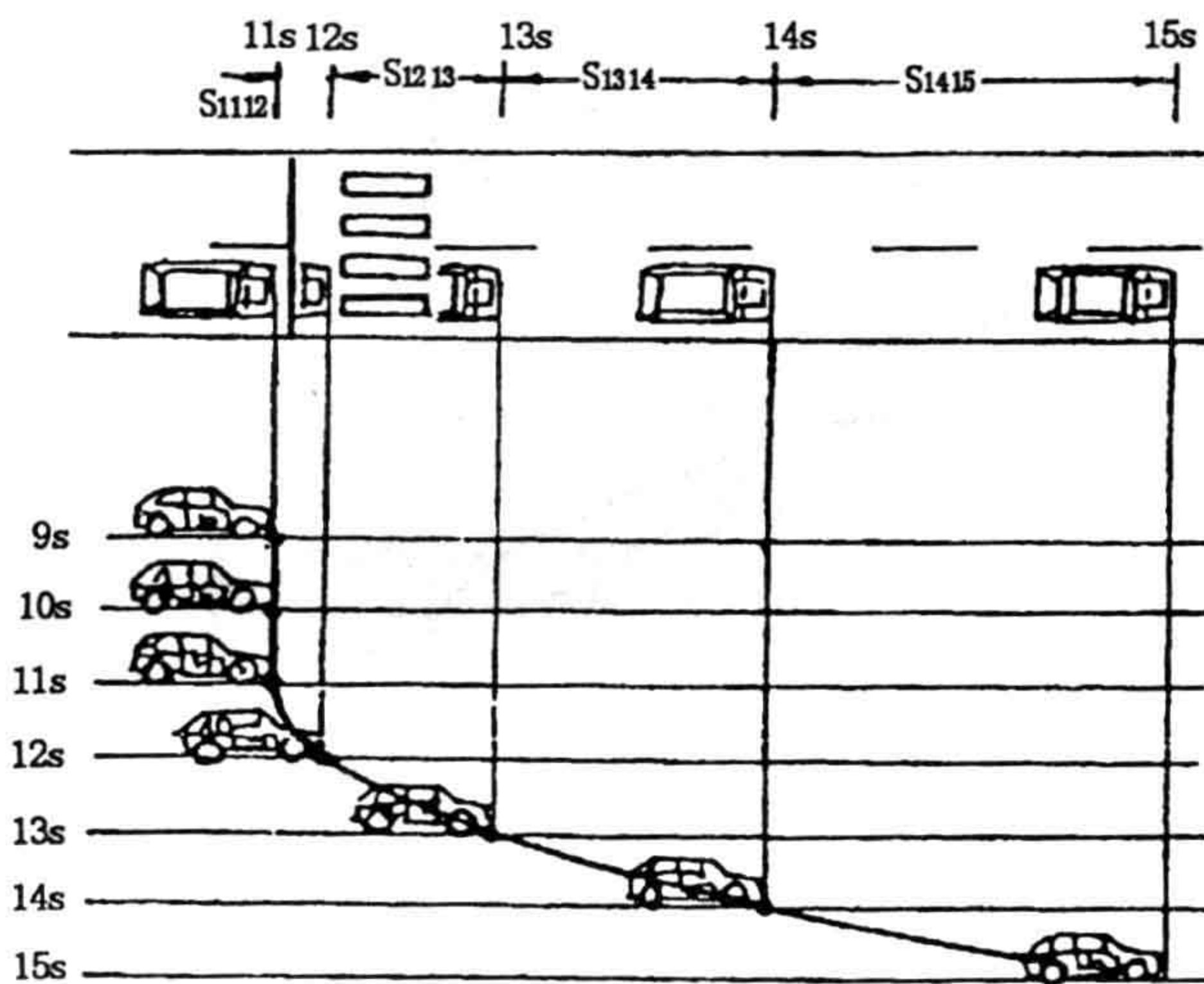


图 3-2-2d

图 3-2-3 将汽车的运动线归纳为四种形式：等速、减速、加速和静止（见图 3-2-3a）。在时间-位移曲线图中，速度高的运动线斜度大于速度低的。加速或减速强度对曲线的斜度有很大的影响。假如汽车以同样的初速度  $V = 40\text{km/h}$  制动减速至停车，若  $a_2 > a_1$ ，则前者需要较少的时间，即减速度越大曲线的向下弯曲越大，运动曲线的斜度越大（见图 3-2-3b）。为了达到同样的加速终点速度，若加速度  $b_2 > b_1$ ，则加速度  $b_2$  所花费的加速时间较少，路程较短（见图 3-2-3c）。静止状态时，运动曲线为一条平行于时间轴的直线，其斜率无穷大（见图 3-2-3d）。

## 二、时间-位移曲线图的绘制方法

一般来说，一份比较详细描述交通事故的现场草图是进行事故分析的最起码要求，

它应该标明，发生事故的道路情况，参与事故的车辆或者当事人的运动方向。事故分析工作有时从交通警察绘制的事故现场草图获取具体尺寸数据，大多数情况下，事故分析者依据自己测量结果。交通警察的事故报告、事故现场痕迹勘测、事故当事人和目击者的陈述等也为分析事故参与车辆和当事人的运动方向、制动情况以及事故后它们停止状态提供了重要辅助数据。

事故分析专家在分析事故时首先必须考察，事故参与车辆或行人的运动是如何交织在一起的，通常它是给定的碰撞。相互碰撞的时刻由“碰撞时刻”表示，它对应“碰撞点”，就是说，在相互碰撞时刻，参与碰撞车辆（行人）的接触部位是在同一时刻、处于同位置。碰撞时刻接触点的位置称为“碰撞点”。例如，碰撞时刻汽车 A 前右半部分碰撞汽车 B 的左翼子板（图 2-4）。

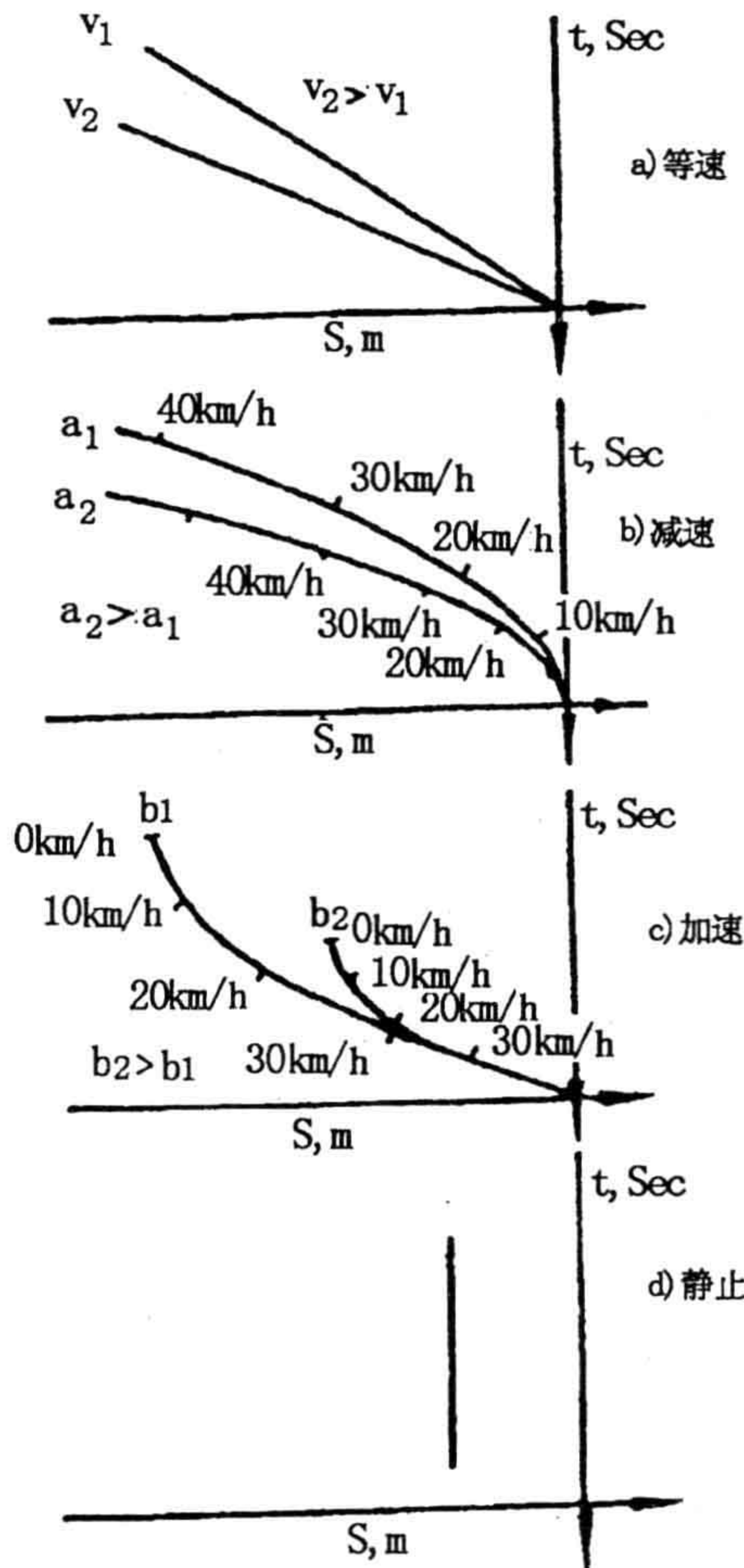


图 3-2-3

然后，事故分析者根据事故现场图道的形状，在时间 - 位移坐标系上画出位移轴，相应事故现场图上的碰撞点在时间 - 位移坐标系上画出与位移坐标垂直的直线，即“碰

撞线”，它是曲线图的时间坐标轴，它与位移轴的交点定义为坐标系的原点(0, 0)。在碰撞线的左右两侧分别画出参与碰撞车辆(行人)碰撞前所经过的路程。以1秒为时间间隔画出一系列时间辅助线与碰撞线相交，这些交点对应碰撞前和后。碰撞前时间位于(0, 0)以上的碰撞线上，符号为负；同理，碰撞后时间位于(0, 0)以下的碰撞线上，符号为正。按此规则画出碰撞前的运动线见图3-2-4。

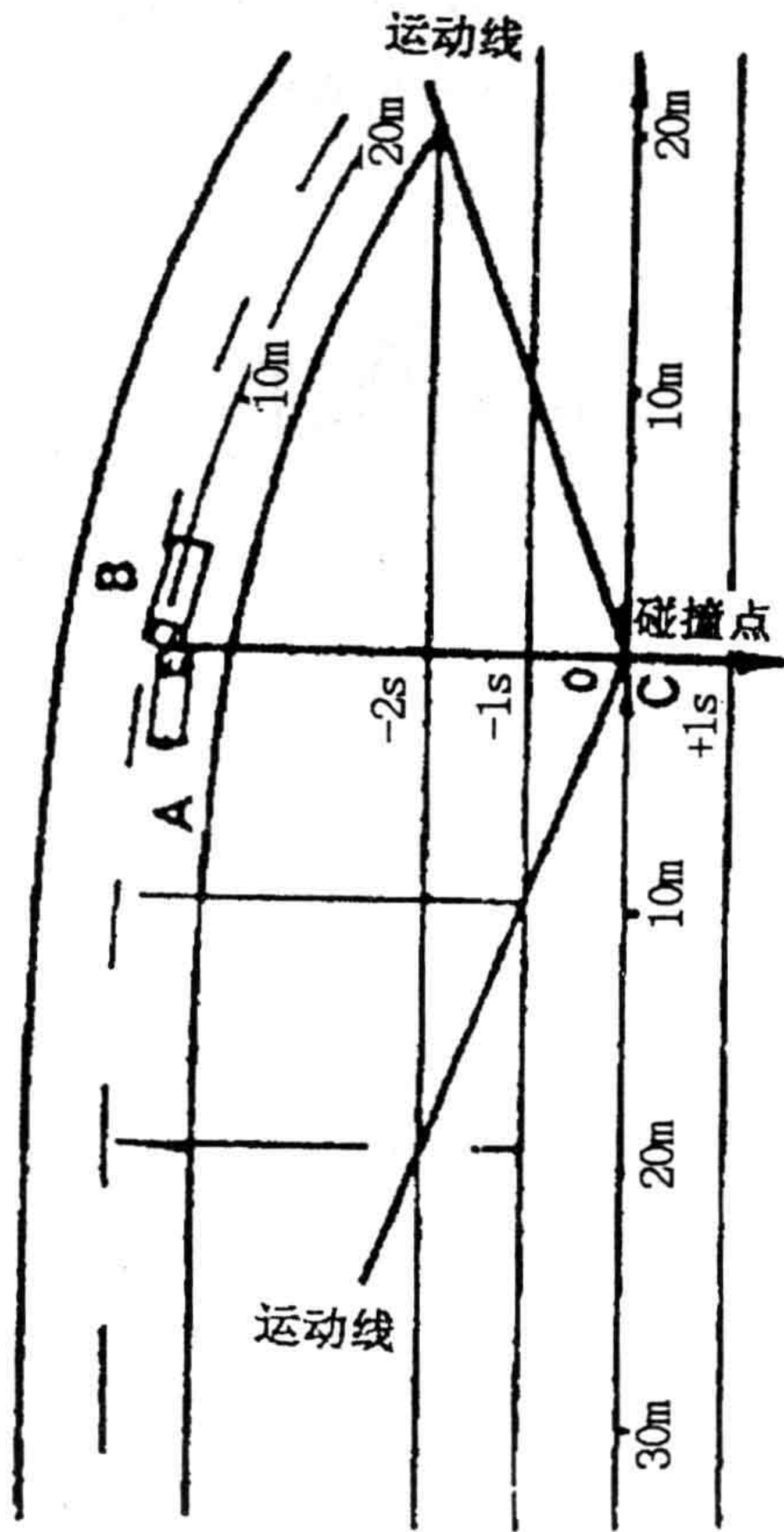


图3-2-4

汽车是占有一定空间的物体，因此，汽车的运动不能用直线，而只能用带状(例如矩形)表示，最好用按比例缩小的汽车俯视图表示。

事故分析时感兴趣的首先是碰撞接触点。在事故现场图上接触点的运动轨迹称为“接触点运动轨迹”，它在时间-位移图上用接触点运动(曲)线表示。如果接触点运动轨迹平行位移轴，则每一时刻汽车位置可在时间-位移图上直接画出，例如图3-2-4中汽车A的位置；若接触点运动轨迹不是直线，汽车的位置仍然按现场图的位置画出，图3-2-4中汽车B的位置就是这样画出的。通过这种简单的方式可清楚地描述碰撞实

实际发生的位置。若运动轨迹和方向与时间 - 位移图的位移轴不平行, 则必须以比例绘制在时间 - 位移曲线图上 (见图 3-2-4 汽车 B 的运动线)。当事故汽车相互运动的方向角度为常数 (例如交叉相撞), 可将汽车的位置按比例把道路的几何线型转换到时间 - 位移曲线图上 (见图 3-2-5)。

### 三、对时间 - 位移曲线图的分析

对事故进行时间 - 位移分析前, 必须知道司机反应时刻碰撞车辆的速度, 一般采用逆推算法确定反应时刻车速。假设该车速为交通规则所允许的最高速度, 则不禁要问, 当在反应时刻或司机发觉危险, 事故车辆是如何运动的? 在事故分析时可利用时间 - 位移曲线方法回答这个问题。

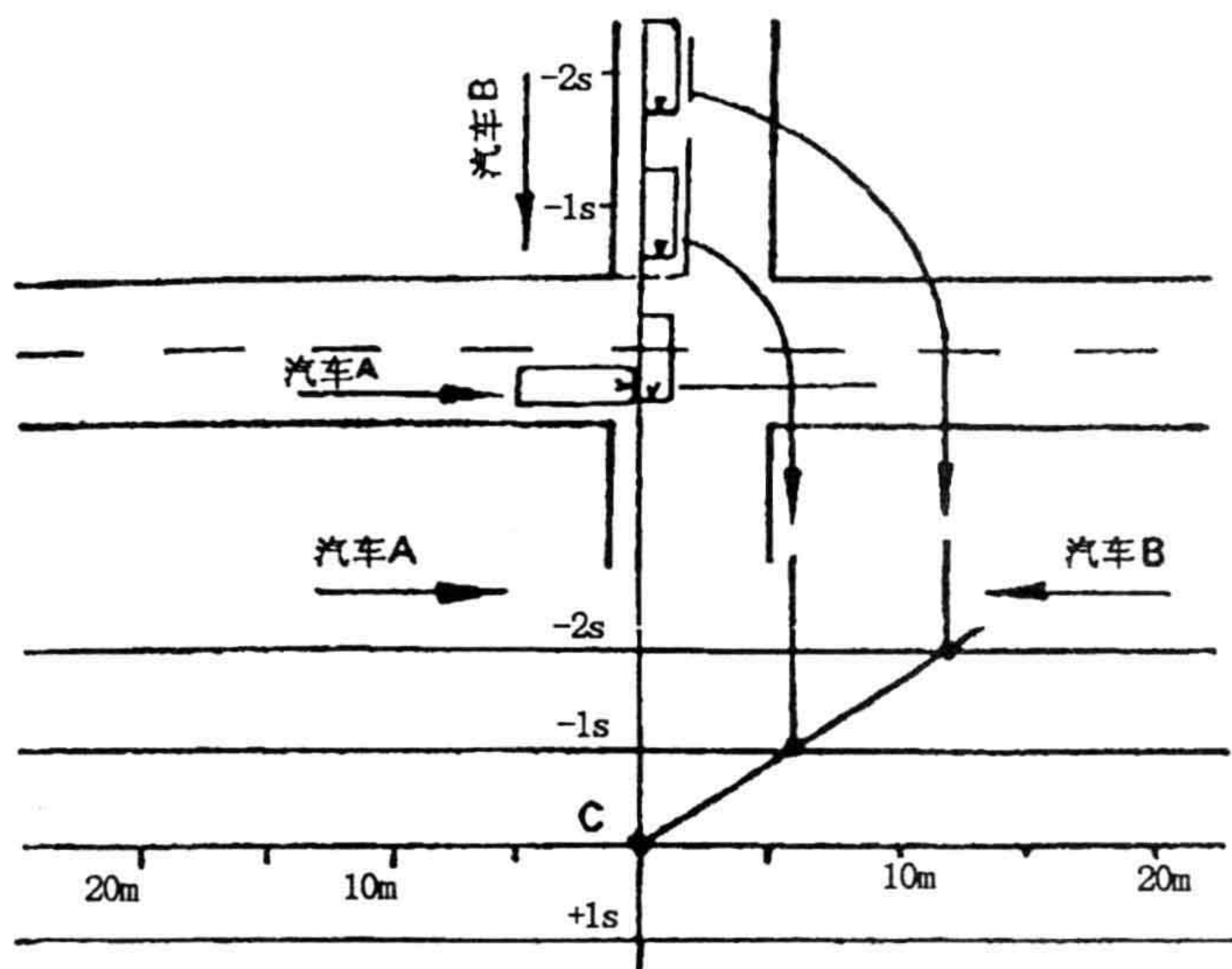


图 3-2-5

允许最高车速受交通环境条件的限制, 不得超过。交通环境条件包括道路状态 (冰、雪、雨等) 和交通视距 (雾、有无照明、白天、夜晚、眩目等)。

#### 1. 紧急制动的反应过程

为了理解事故可避免潜力, 必须了解汽车紧急制动的过程。例如, 当司机看见在其行车道上迎面驶来一辆汽车, 他会马上对此危险做出反应。做出反应的前提条件是司机能够感知危险源 (主观感知)。从危险出现至司机感知需要一定的时间 (见表 2-1)。所以, 人们必须判断危险是否在司机不转动头或眼球时的视线范围内 (视角)。而且视线转移也需要时间, 该时间为视线转移期。现代医学研究结果证明, 当视线转角大于  $5^\circ$  时, 需要眼睛运动对视线进行修正 (修正期)。在修正期接收的信息被处理 (信息加工期)。司机需要这段时间对接收的信息进行评价, 并做出是否采取措施。这个决策阶段是第一反应期 (初反应期)。此后司机开始操作, 进入第二反应期。司机脚从加速



踏板向制动踏板移动和消除制动系间隙的机械滞后期,然后,制动开始。第二反应期结束后才开始出现制动痕迹。从制动系建立压力至最大制动力出现持续的时间称为制动力上升期(第三反应期)。从制动力上升期结束时刻起进入完全制动期,直至汽车停止运动。

事故处理技术人员研究了每个反应持续时间对事故再现的影响。信息加工期、机械滞后期、制动力上升期相对来说变化不大,可用基本反应时间表示。许多研究结果表明基本反应时间大致为0.6~1.0秒。

表 3-2-1 系统反应时间分布(单位:位)

	视线转移期	(>5°)修正期	信息加工期	机械滞后期	制动力上升期	完全制动期
T	0.48	0.13 地 0.45	0.19	0.22		
t <sub>2</sub> %	0.32	0.09	0.22	0.15	0.17	
t <sub>98</sub> %	0.55	0.15	0.58	0.21	0.24	
反应期	1			2	3	
制动反应时间				T = 0.64, t <sub>2</sub> % = 0.37, 98% = 0.49		
基本反应时间				T = 0.86, t <sub>2</sub> % = 0.54, t <sub>98</sub> % = 1.03		
总反应时间	T = 1.34, t <sub>2</sub> % = 0.86, t <sub>98</sub> % = 1.58, 视线转移 ≤ 5°					
总反应时间	T = 1.47, t <sub>2</sub> % = 0.95, t <sub>98</sub> % = 1.73, 视线载移 > 5°					
停车时间	时间无法确定,视具体情况计算					

## 2. 事故的空间可避免性

现在我们以下面左转弯汽车 B 与对面车道直行汽车 A 相撞事故为例,研究如何利用时间-位移曲线图来分析事故的空间可避免性。如图 3-2-6 所示,汽车 B 没有停车观察,就左转弯离开车流,准备驶入院内,在进入左侧车道时,与对面行驶的汽车 A 发生碰撞。根据逆推算法计算,汽车 A 速度大约为 58km/h,汽车 B 的速度约 10~15km/h。从汽车 A 的制动拖痕,推算汽车 A 司机反应及时,反应时刻汽车速度为 60~70km/h。

在解决问题时首先要问,为了避免相撞,汽车 A 需要多少路程停车?这个距离对应反应位置到碰撞地点之间的距离。同时要问,当汽车 A 在反应时刻以最大允许车速行驶时,在这段路程内能否停住车。解决这个问题就意味着检验事故的空间可避免潜力。在本例中汽车 A 在碰撞前 0.4 秒时刻出现制动痕迹,其长度为 7.5m。取反应时间为 1 秒,则汽车 A 司机在碰撞前 1.4 秒反应。在此期间汽车 A 经过确定的路程,它随车速增加。例如速度为 60km/h 汽车在 1 秒钟内经过的路程为 16.7m,若为 70km/h 则经过 19.4m。则从反应至碰撞经过的距离为:24.2m(反应时刻速度为 60km/h)至 26.9m

(反应时刻速度为 70km/h)。据此得出反应点  $R_{60}$  和  $R_{70}$ 。

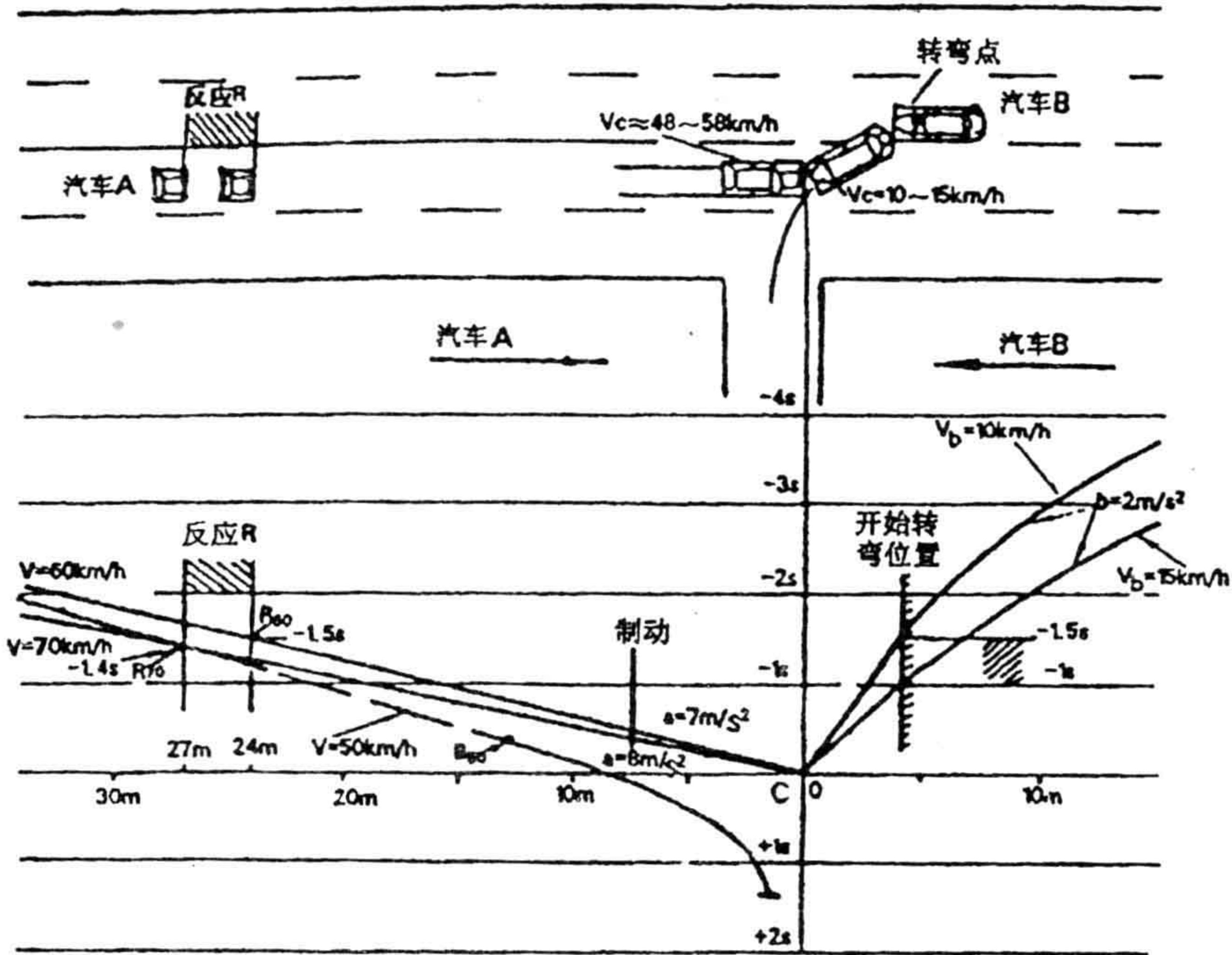


图 3-2-6 事故的空间可避免性问题

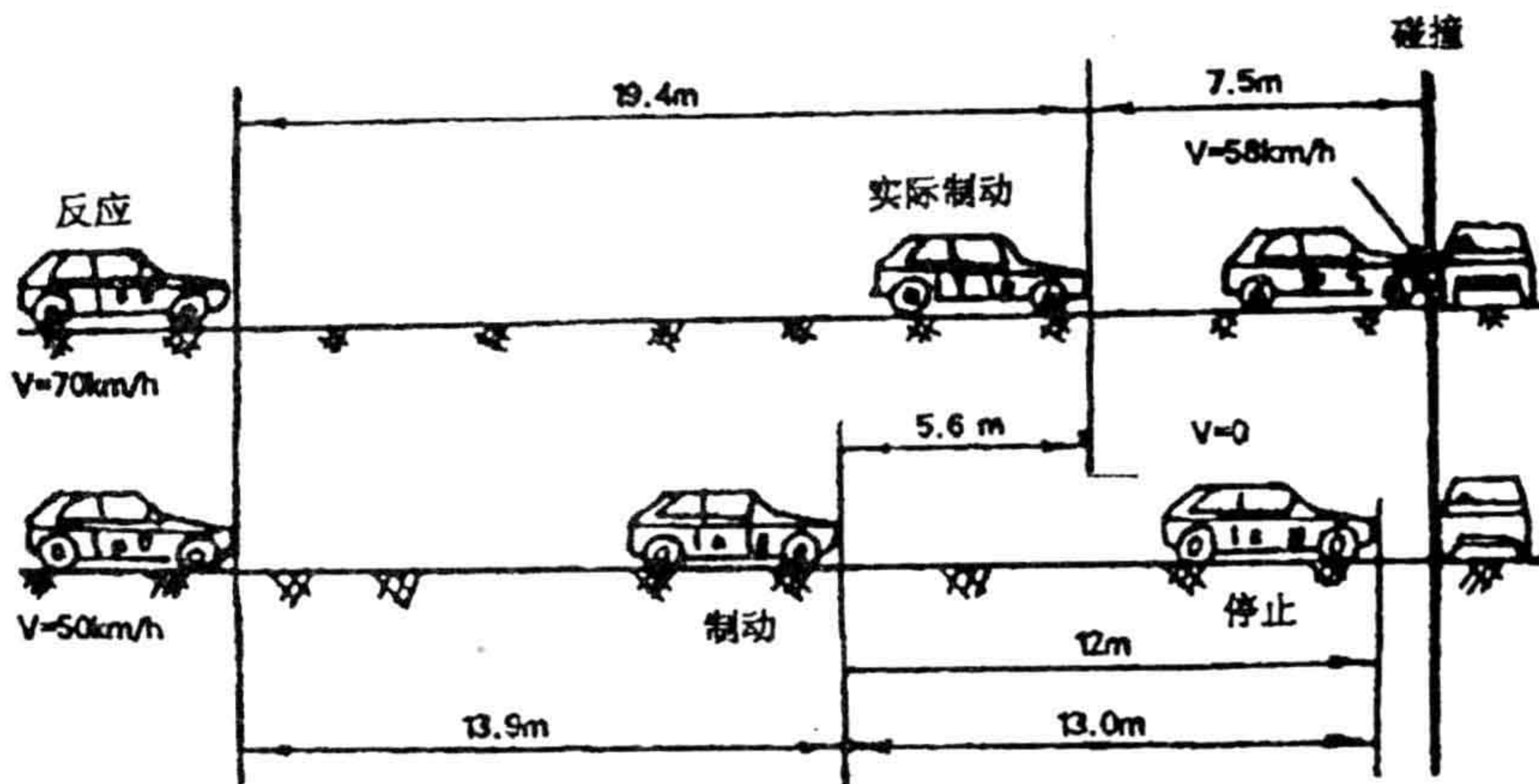


图 3-2-7 空间可避免性

考虑对汽车 B 有利的情形，假设反应时间仍然为 1 秒，但是此道路最高允许速度为 50km/h，也是反应时刻速度，反应路程（13.9m）比速度 70km/h 少 5.6m，可用于制动的路程延长至 13m。在干燥柏油道路汽车制动减速度可达到  $8\text{m/s}^2$ ，由 50km/h 制动至停止需要 12.1m，汽车可在碰撞前 0.9m 处停住。因此，当以 50km/h 初速度行驶时，有足

够的路程使得汽车 A 在碰撞前停住。显然事故从空间上可以避免（见图 3-2-7）。

如果从有利于汽车 A 的数据计算，取碰撞速度下限 60km/h，它仅比最大许可速度超过 10km/h。此时过 R60 作最大许可速度的运动线，制动时刻仅在实际制动痕迹前 2.8m 处。取制动减速度可达到  $7\text{m/s}^2$ ，则汽车 A 在碰撞线右侧 3.5m 处才停住（见图 2-8）。显然，汽车 A 从空间上不能避免事故发生。如果汽车仍然停在碰撞位置，那么汽车 A 以 26km/h 与汽车 B 碰撞。

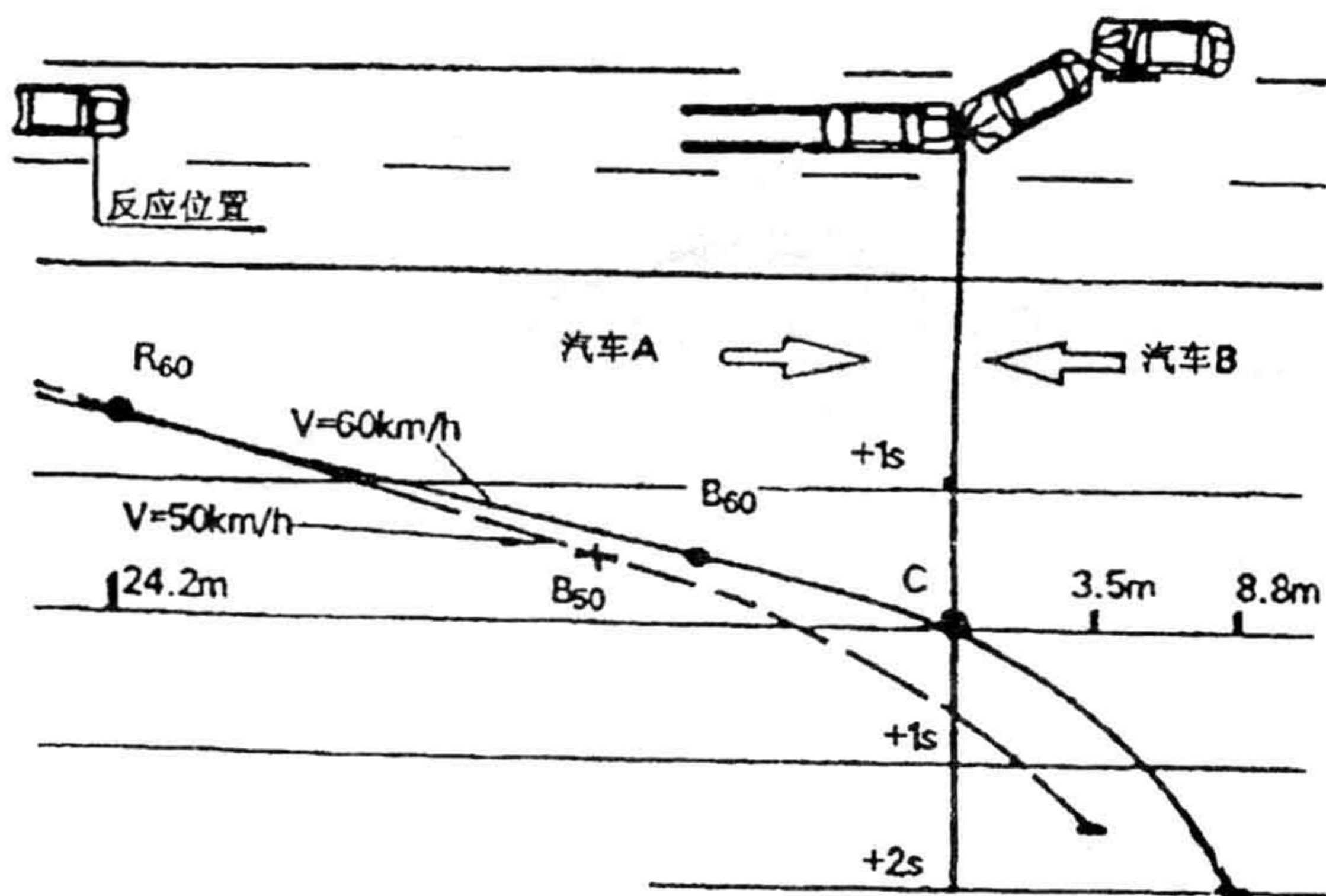


图 3-2-8 空间可避免性

### 3. 事故的时间可避免性

由前述可知，反应速度为 60km/h 时，汽车从空间上不能避免碰撞。但是汽车 A 以允许速度行驶时，如果操作得当，是在汽车 B 通过碰撞点后才到达。所以必须检验是否有足够的时间，使得汽车 B 离开汽车 A 的运动轨迹。在所举例中，汽车 A 从反应至碰撞点经过 1.5 秒与汽车 B 碰撞。若以 50km/h 速度，则到达碰撞线经过 2.0 秒时间，比汽车 B 晚到达 0.5 秒，汽车 B（速度 10km/h）在 0.5 秒时间内运动 1.4m，还是没有离开碰撞线（见图 3-2-9）。由此可得出结论，若从有利于汽车 A 数据出发，事故从时间上不可避免。

## 四、时间 - 位移曲线图应用举例

现在我们以交叉碰撞事故为例，研究如何利用时间 - 位移曲线图来解决这类问题。时间 - 位移曲线图不仅可适用研究事故的可避免潜力，而且也可用于辨别事故当事者陈述的真伪。比方在一个由交通信号灯控制的交叉路口发生的碰撞事故，有时双方都声称在信号为绿色时进入交叉口。为了检验他们的陈述，事故处理技术人员必须询问见证人、研究信号变化规律，并利用时间 - 位移曲线图。

在一个交叉口汽车 A 和汽车 B 发生交叉碰撞，汽车 A 司机反应时刻汽车 A 速度为

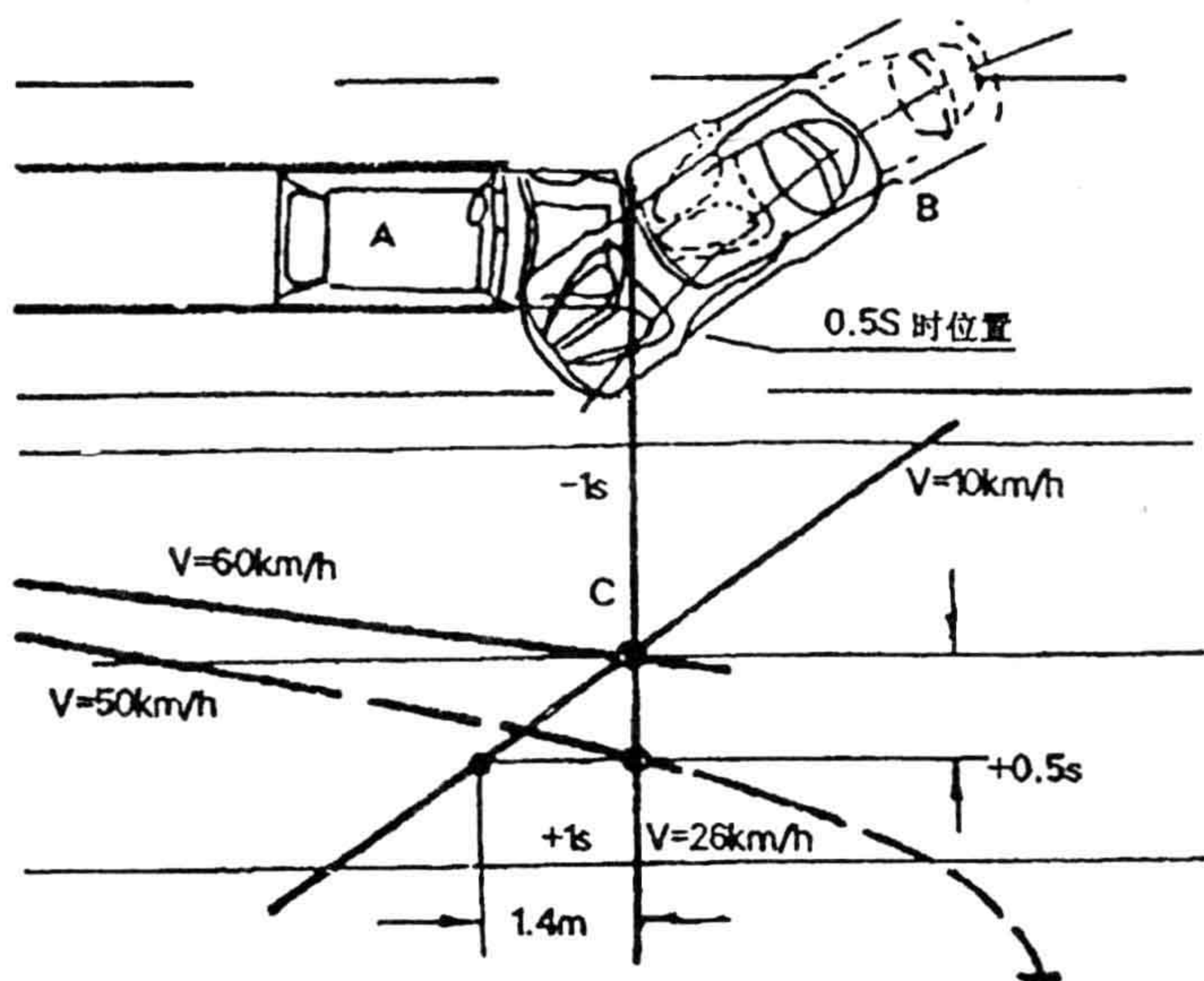


图 3-2-9 时间可避免性

55 ~ 60km/h, 此时, 汽车 B 速度 20 ~ 25km/h (见图 3-2-10)。从事故现场可知, 汽车 A 在碰撞前没有采取制动措施, 而汽车 B 轻微制动。

汽车 A 司机声称, 当其位于左转弯变更车道起点位置时 (位置 I), 信号灯由红色变换为黄色, 当到达停车线时刻, 信号变换为绿色。汽车 B 司机声称, 在信号由绿色变换为黄色时刻当到达停车线时刻, 其汽车刚好越过停车线上 (位置 II)。

根据信号周期可知, 没有绿色信号重叠, 汽车 B 方向绿色信号后, 有 3 秒黄色信号期, 再经过 2 秒的红色信号后, 汽车 A 方向的信号才由红色变换黄色。就是说汽车 B 越过停车线 5 秒后, 汽车 A 才到达位置 I。

汽车 A 司机陈述的检验:

汽车 A 在碰撞前 3.1 ~ 3.4 秒经过位置 I, 此时恰好信号由红色变换为黄色。大约在绿信号经历 3 秒后, 汽车 A 越过停车线, 这时在信号周期的第 56 秒和 57 秒之间 (周期从车 A 方向红色信号起计), 即绿信号经历 2.5 秒的时间。假设汽车 A 司机没有说谎, 汽车 B 是在红色信号大概 3 秒后才越过停车线的, 见图 3-2-11。

汽车 B 司机陈述的检验:

如果汽车 B 司机陈述属实, 则汽车 B 在碰撞前 2.2 秒 ~ 2.6 秒越过停车线 (见图 3-2-12)。如果此时刚好信号由绿变黄 (信号周期的 49 秒), 那么, 汽车 A 在交叉口闯红灯。

从两个当事人相互矛盾的陈述, 事故再现技术人员无法为责任裁决提供有效的数据。仅当有目击人能够证明, 在信号周期的那个阶段发生事故, 事故再现技术人员才能

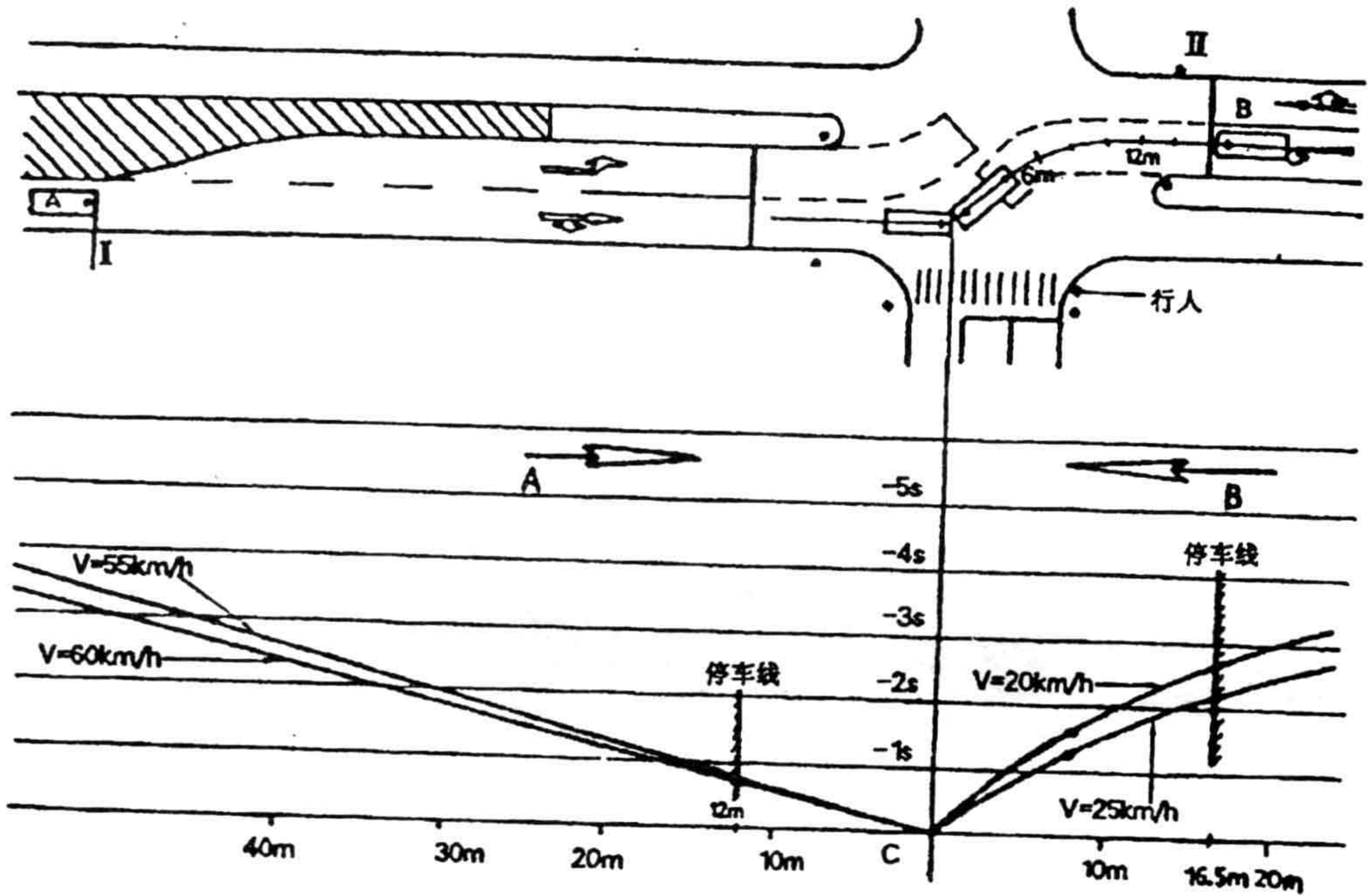


图 3-2-10 汽车交叉碰撞：当事者陈述检验

做出正确的辨别。所以必须研究汽车 A 和汽车 B 行驶方向信号以及行人过道信号变化规律，并将它们画在同一坐标上（图 3-2-13），以备分析使用。

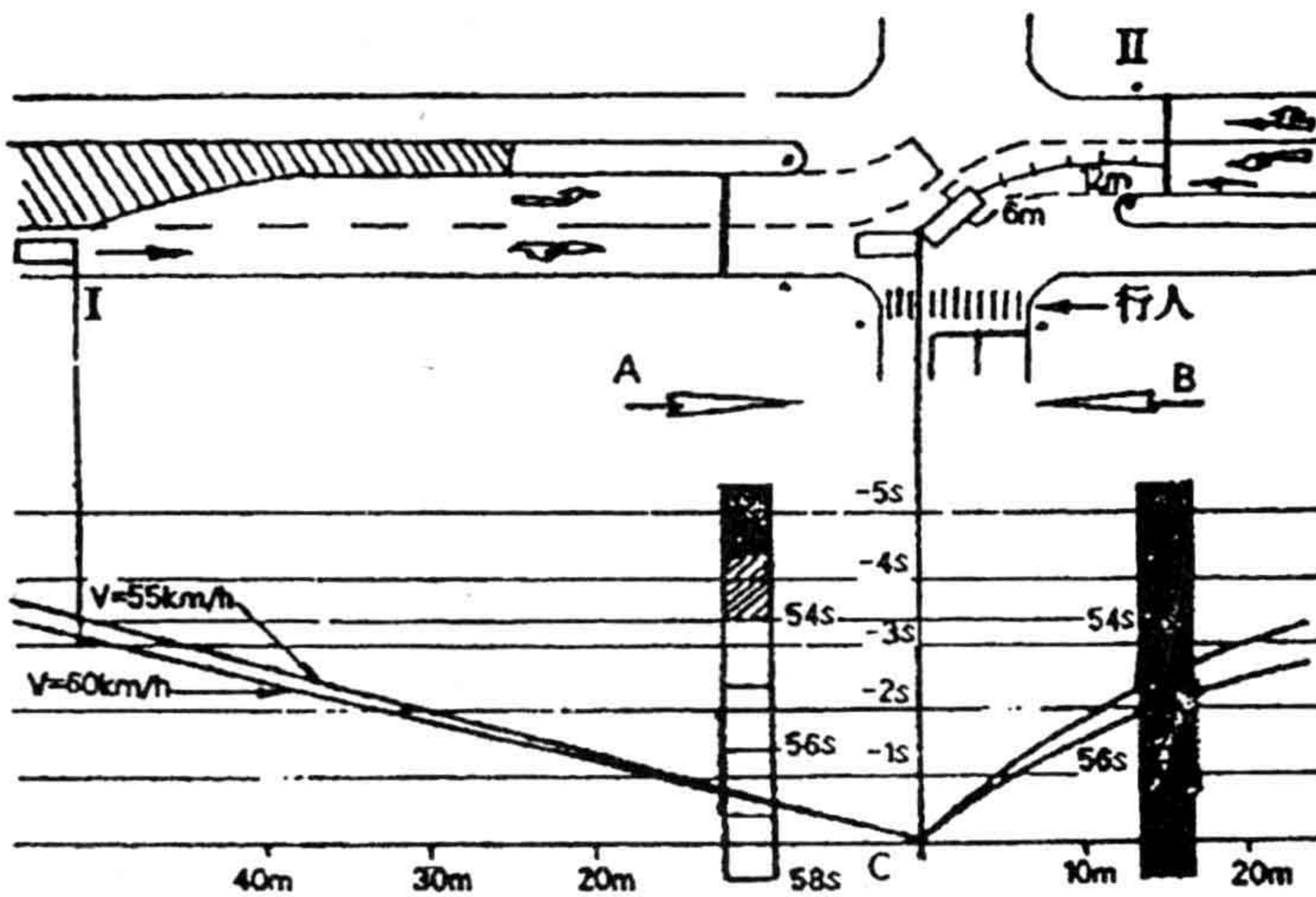


图 3-2-11 时间-位移曲线图：事故当事人陈述检验

在本例中，见证行人叙述说，在碰撞时刻人行横道信号灯正好由红变绿，而他刚好进入车道。也就是说，碰撞时刻人行横道信号为绿色。考虑人的反应滞后，当行人在信号变化至进入车道时，大约经过 1 秒钟的时间。

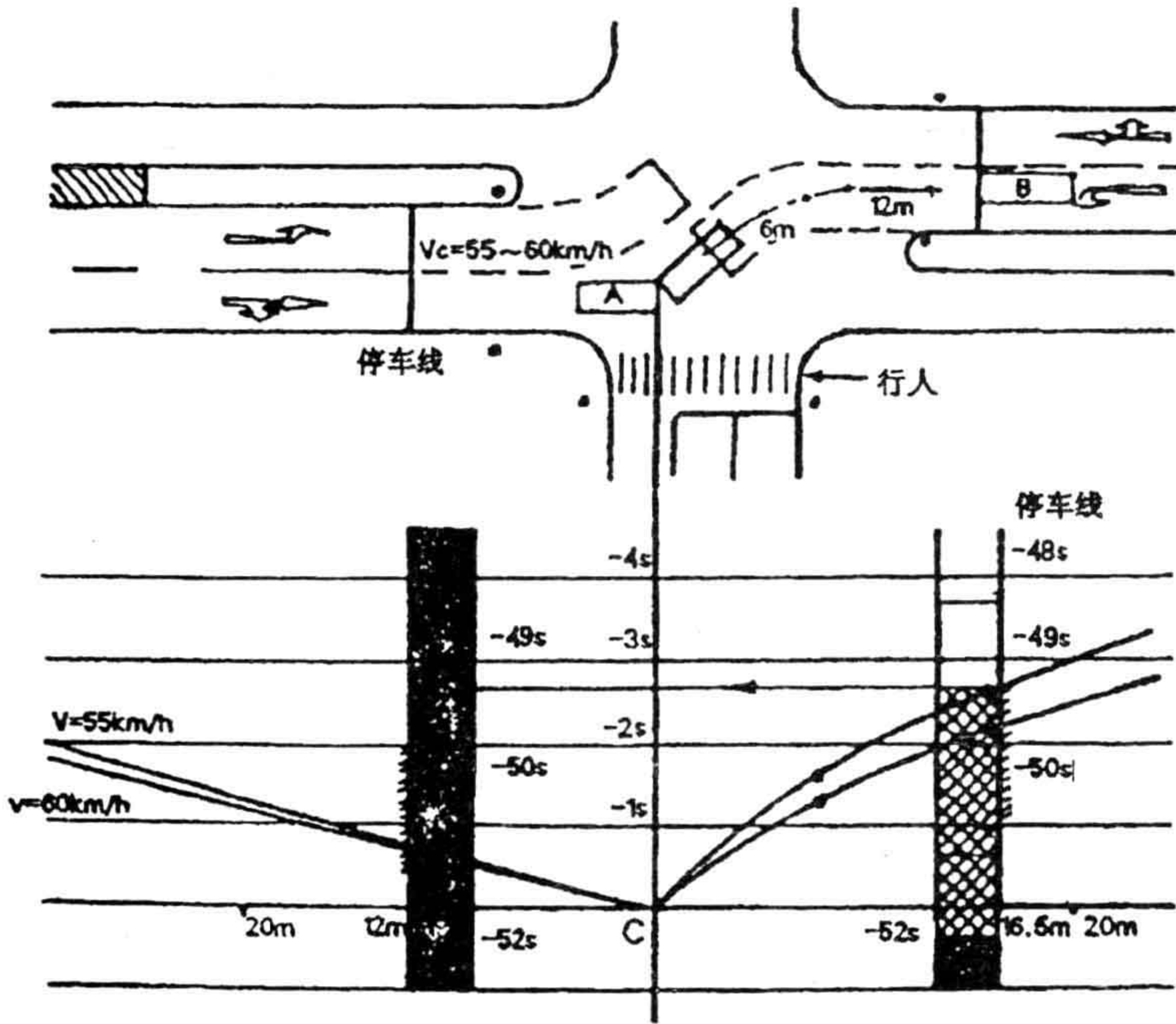


图 3-2-12 时间-位移曲线图：事故当事人陈述检验

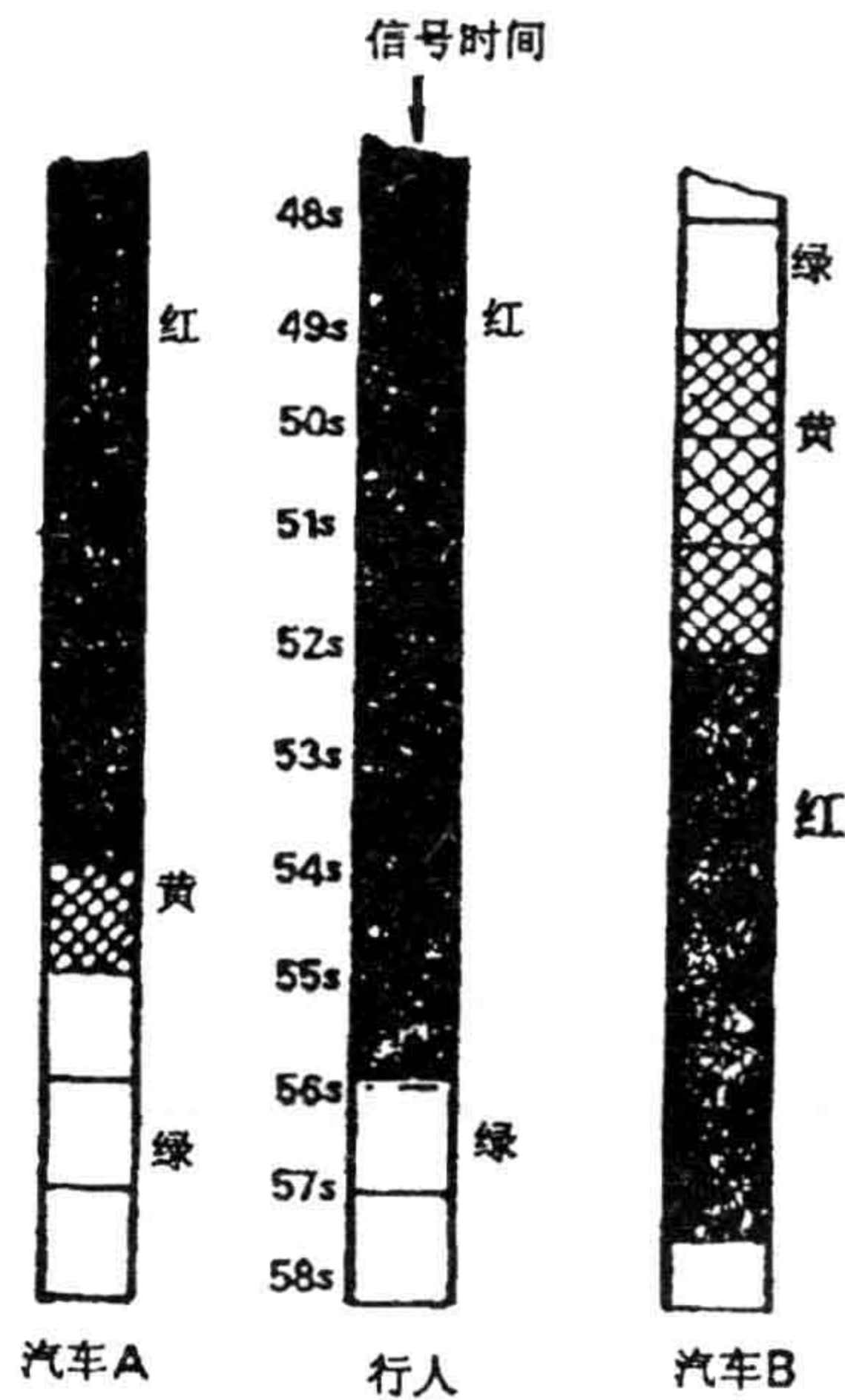


图 3-2-13 信号周期变化规律

现在根据行人的证词，将信号变化也画到时间-位移图上（见图 3-2-14），从图可知，碰撞发生在人行道绿信号的第 1 秒末时刻，在该时刻两车的运动线相交，即两车相撞。根据行人的证词，结合图 3-2-4 可得出结论：汽车 A 司机的陈述符合事实。汽

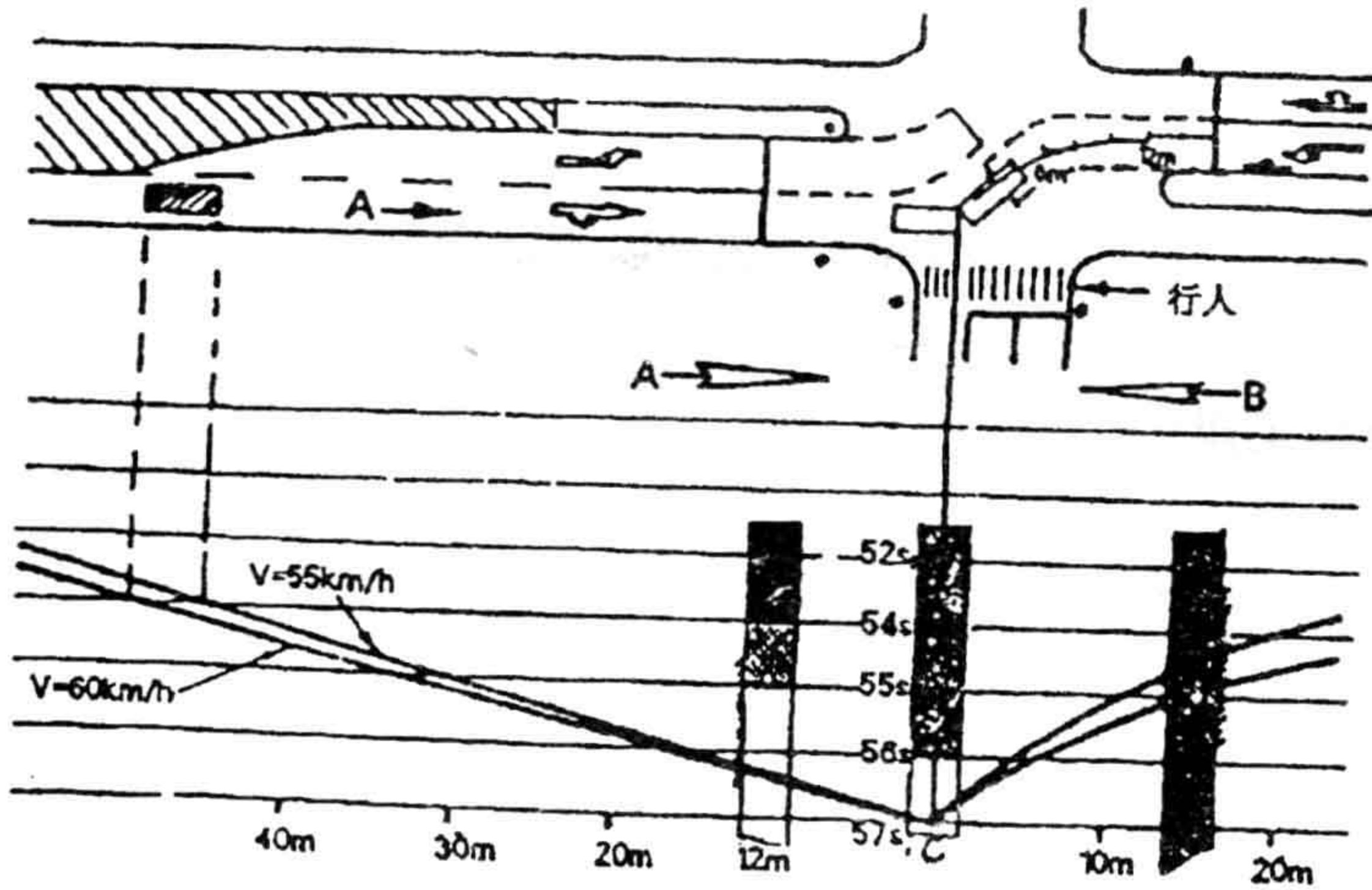


图 3-2-14 时间-位移曲线图：事故责任辨别

车 A 在绿色信号的第 2 秒内驶入交叉口，当汽车 B 在越过停车线时刻，已是红色信号 2.5 秒。

时间-位移曲线图除了上述应用之外，在判断事故责任方面，对交通事故民事诉讼和刑事诉讼也是十分有用的。

## 第二节 道路交通事故再现的图解法

碰撞计算是把一对碰撞车辆之间的作用力视为“系统内力”，因此，在极短碰撞时间内产生的力导致动量的一个阶跃变化。这个方法的基础是假设碰撞前后系统的总动量不变。

一般而言，在事故再现的实际中，人们根据车辆的最终静止位置确定其碰撞后的速度（即出口速度），并以此为出发点，求出车辆碰撞前瞬间的速度（即入口速度）。这种方法通常用所谓“反推计算”的概念描述。

对于运动方程计算，参与碰撞车辆的所有作用力和反作用力应该尽可能详细地描述，即确定始终影响“碰撞对”运动的全部力。从事故初始状态开始，计算整个事故过程汽车的运动状态。这种方法的基本要求是建立尽可能完善的汽车运动数学模型，它具有所谓“前推计算”的特点。

每一种事故再现方法都是以某一特殊前提和特定假设为依据的。它对再现某种形态的事故有效，但用于再现其它情况下的事故，就有可能导致错误。因此，事故再现的方法不可能标准化，而只能因事故的前提条件不同而应用，即具体情况作具体分析。从应用的角度而言，事故再现方法可以区分为两种方法：碰撞计算（反推算法）和运动方程

计算（前推算法）以及以碰撞计算为理论基础的图解方法。

### 一、反推算法

利用反推算法确定碰撞速度的计算方法是以下面基本物理定律为基础的：

- ①动量守恒定律；
- ②角动量守恒定律；
- ③能量守恒定律。

计算碰撞速度所必需的数据如下：

- ①车辆经过碰撞后的最终静止位置；
- ②事故印迹；
- ③损坏；
- ④碰撞后运动距离；
- ⑤碰撞状态；
- ⑥碰撞前制动和滑移印迹。

这些数据多数不准确，而仅能够给出其大致的变化范围。这样人们可以得到计算的碰撞速度，例如，根据不同的摩擦力选值范围。由此获得一个速度的变化带区，其可以通过其它限定条件进一步限定碰撞速度的变化范围。同时使用上面所叙述三个守恒定律，人们可以得到有较小变化带宽，而有较高精度的结果。

但是，不是这些需要的数据都具备，所以在实际应用中还有一定难度。影响计算结果的参数和计算过程概括如图 3-2-15。

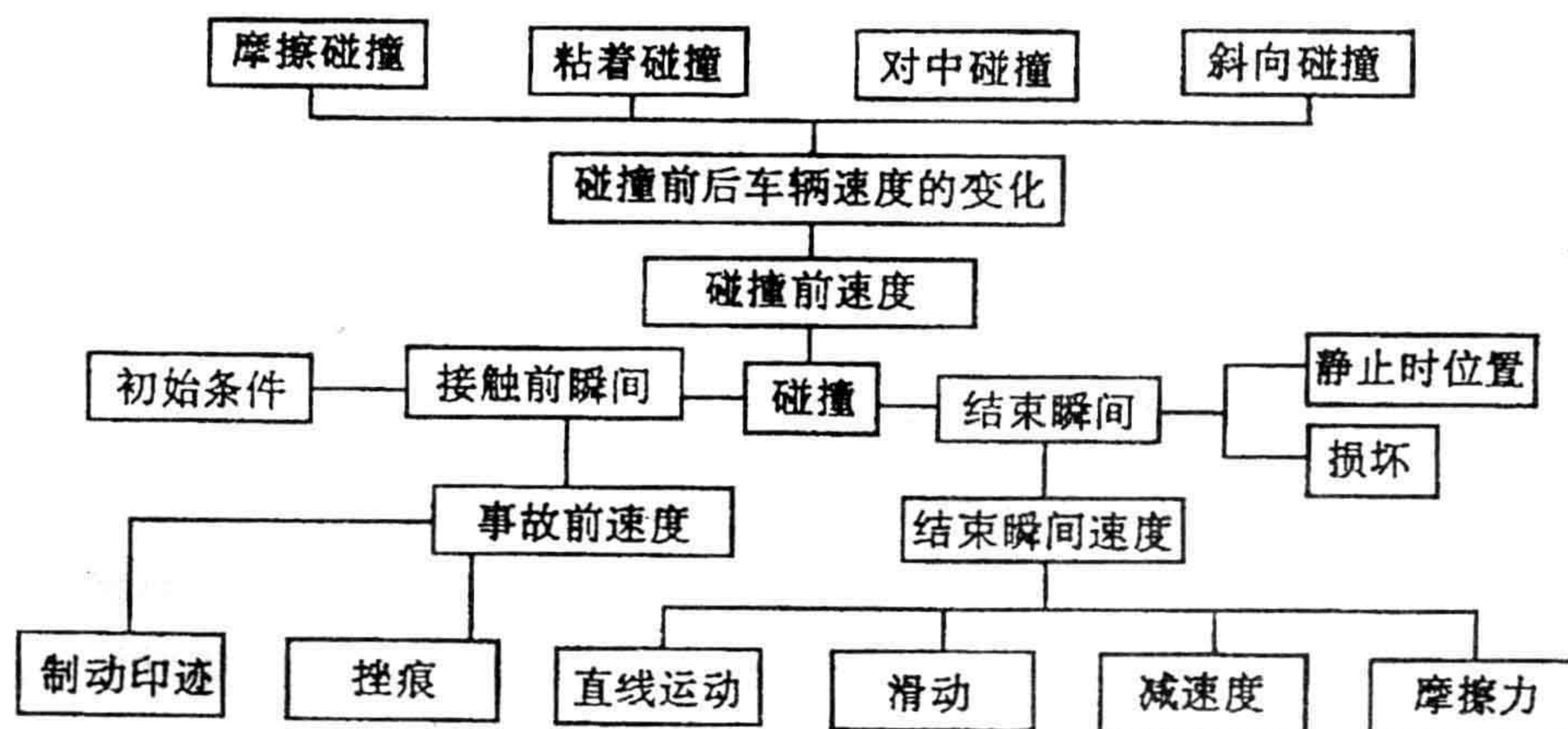


图 3-2-15 碰撞参数和计算过程

在大多数情况下，人们并不关心速度、加速度或者位移随时间的变化过程，而是这些参数在碰撞前和碰撞后的数值或者平均值。因此反推计算方法应用较广。

根据至今使用的反推计算方法的特点和特殊性，我们可以发现，所有的反推计算方



法的出发点都是以碰撞后“碰撞对”的速度和大小是已知作为基本假设。

这种方法的应用主要由它的前提条件所决定：

- ①冲撞点（碰撞地点、位置），“碰撞对”的最终静止的位置；
- ②冲撞后至最终静止位置的位移距离；
- ③冲撞前动量的准确方向；
- ④冲撞后“事故对”冲量的大小和方向。

能够用于事故再现的前提条件还包括大量的有关事故痕迹的物证材料。另外，该种计算方法的结果可以用冲量、恢复系数以及碰撞前后的变形能等进行检验。

## 二、前推算法

事故再现的前推算法的基础是建立在碰撞过程中“碰撞对”互相作用的详细描述，需要每个参数的精确理论模型。这种方法的应用范围如图 3-2-16。

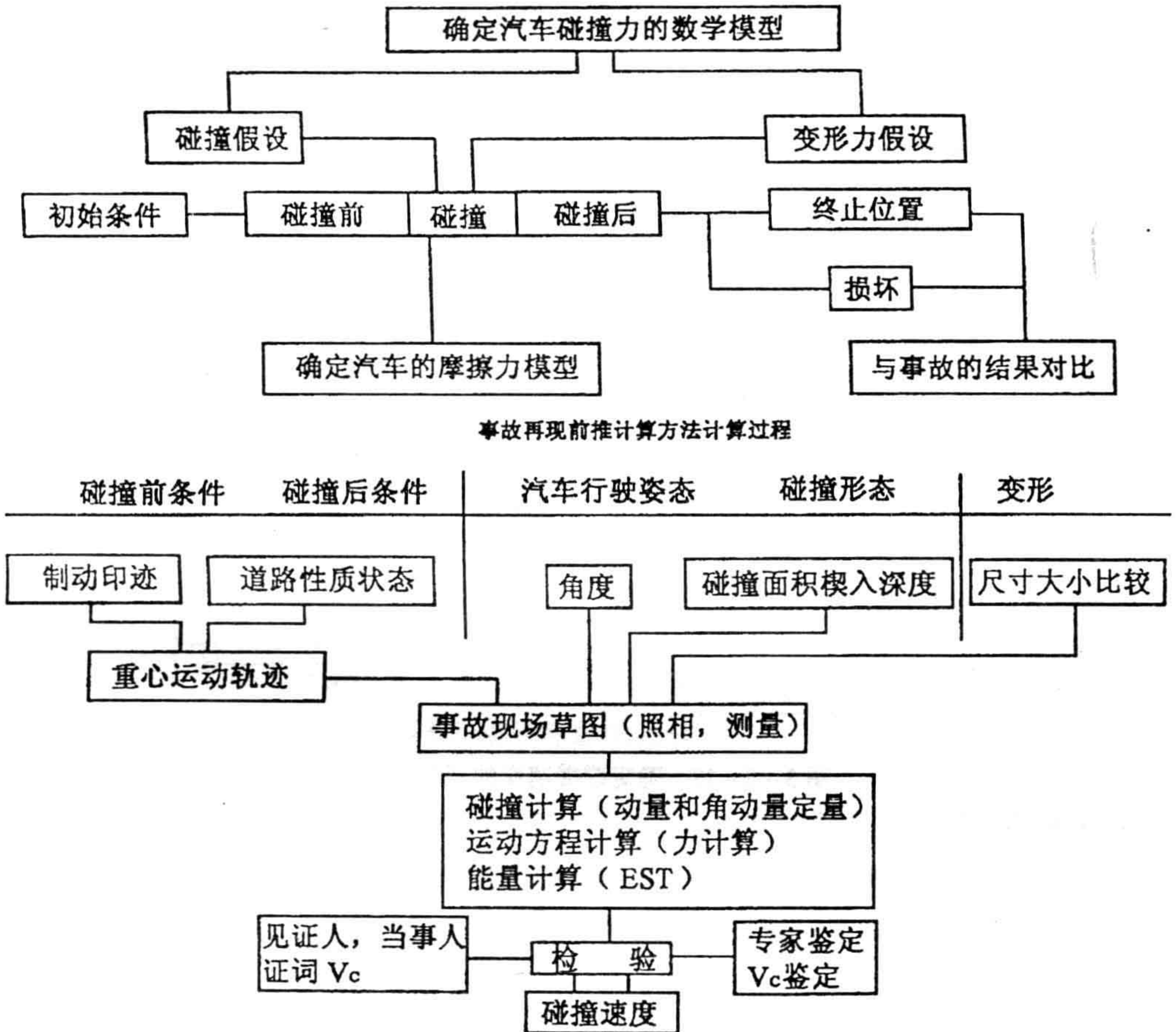


图 3-2-16 汽车事故碰撞速度计算原理