



第一部分

The Fundamentals

基础

# 第一章 A Plan of Attack 设定计划

竞速驾驶中要解决的基本问题只有三个：1) 选择最佳走线，2) 出弯速度尽可能快，3) 在入弯前高效地减速。

## Mayhem 赛车是自讨苦吃？

赛道体验有时像自虐，尤其是第一次。你坐在车里，车辆颠簸不止，窗外一片模糊，风咆哮着吹过。当直道眼看着越来越短，尽头迎面扑来，如果车手再不减速，他就会一头扎出赛道。你忍不住想尖叫。

但车手完全没有减速的意思，仍旧把油门踩到底。有一瞬间你会觉得这人是不是脑子短路了，但还没来得及细想，你就被重重地勒在了安全带上，紧接着，第二波冲击将你掼向车身的一侧。车子在滑行，失控了！车手无疑是神经错乱了。你刚张嘴想叫，但转瞬间几次迅捷的回打方向和魔法般的油刹配合后，车子已经载着你的尖叫冲向了下一个路段。这种噩梦一遍遍重演，直到赛道结束。当车子停稳，你爬出车舱，手脚尚且发软，但心中却如梦如幻。



图 1-1 坐在 Dodge '96 Champion Jim Pace' 里的体验者。

在门外汉看来，竞速驾驶相当杂乱无章。因为他们不知道方向盘后面的脑子在想些什么，计划些什么。如果有机会去踏上赛道，你也需要脚踏实地，摒弃幻想。在赛道的任何一个点，你都得清楚做什么，为什么。还要避免无用功，得找出对成绩影响最大的因素，然后是次之的。

## Line, Corner Exit Speed, Braking 行车线，出弯速度，刹车

我们发现，要想在赛道上创造佳绩，有三个最重要的问题得解决。第一是找到最佳行车线，你会发现走线对弯道速度和直道速度都有极其深远的影响。

第二是紧贴这条线路行驶的技巧，一点一点逼近车子的极限，尽可能地以最佳速度出弯，并将这速度带上直道。

第三是在直道末端将车速减到恰当的入弯速度。

在第一章里，你将会认识到这三个问题的重要性，同时也会了解优秀车手们是如何对车辆的加速、减速、过弯性能进行评估以缩短圈速。

## Defining the Problem 分解目标

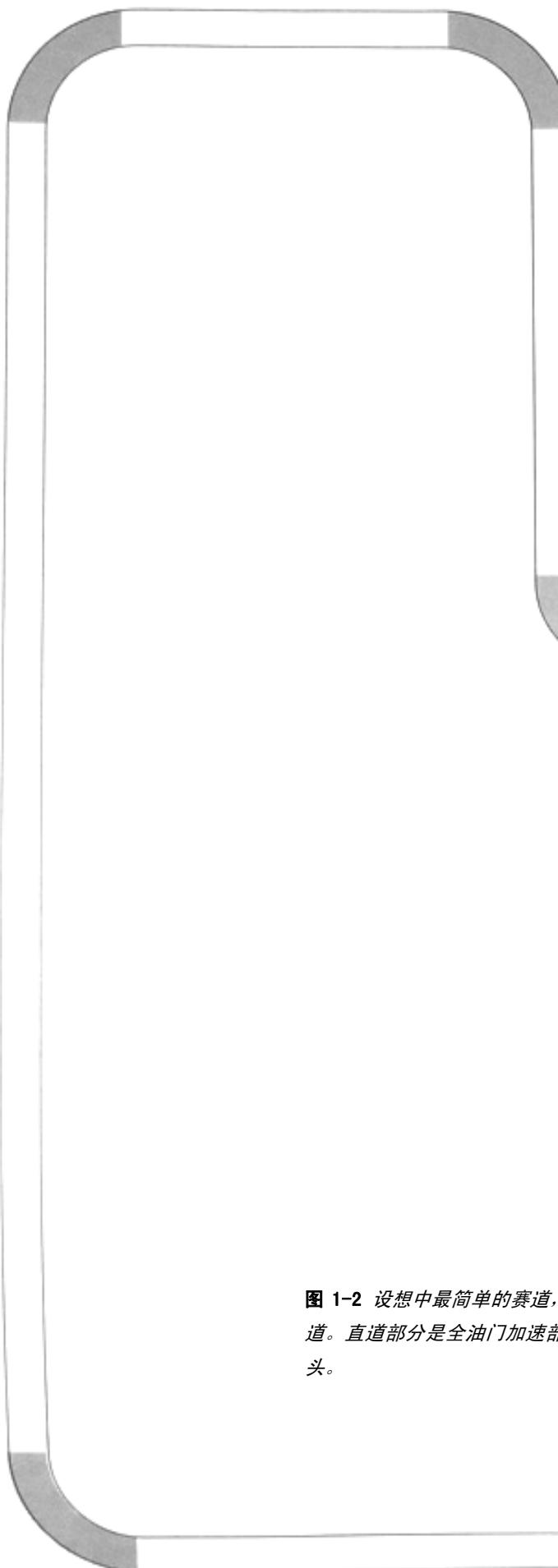
开始学习之前，我们首先要找出车手的基本目标：面对一大圈复杂多变的赛道，你要算出怎么才能以最短的时间通过它。这是一个如何缩短通过时间的问题。

### A Basic Racetrack 经典赛道

图 1-2 描绘了一条最简单的赛道，有 6 个弯：5 个右弯和 1 个左弯。为了计算如何缩短通过时间，我们把赛道一分为二：直道和弯道。

### Straightaways 直道

如何才能用最少的时间通过直道？越快越好。



**图 1-2** 设想中最简单的赛道，用来突出两个问题：直道和弯道。直道部分是全油门加速部分，同时也占了赛道长度的大头。

无论怎么强调都不为过：减少花在直道上的时间的办法就是尽可能地加速。只要车子还在直道上，就应该把油门踩到底，榨尽车子的每一匹马力。

**图 1-2** 中，白色的部分就是需要这么做的部分；你会发现，它占了整条赛道长度的 70%-80%。这点很重要，换句话说，大多数时间都花在了直道上。

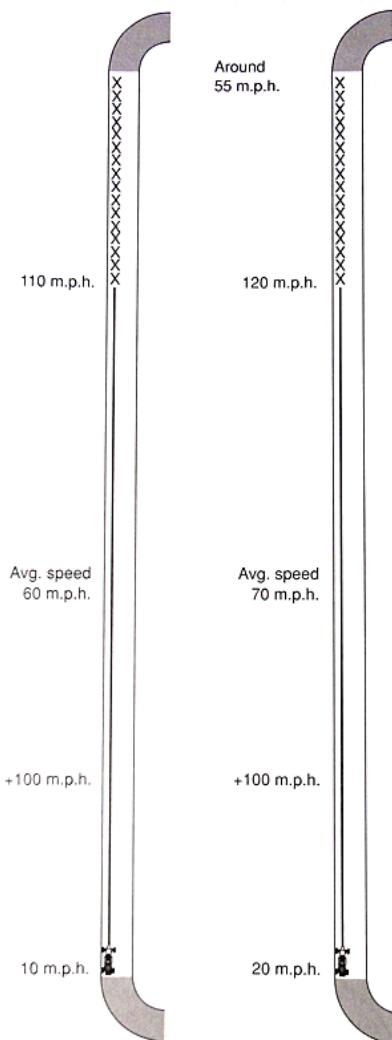
但不幸的是，事情还没这么简单。（**图 1-3**）

假设我们的赛车有足够的马力可以在直道起点和弯道之间加速得到 100mph，意味着，如果出弯速度是 10mph，那么你在进入一号弯前能达到 110mph。不过，你没法以 110mph 的速度通过一号弯，舒马赫本人也不行，开我们的教学车通过这个弯道的极限速度是 55mph。

所以，在直道末端的某个点，你需要踩刹车，将车子减速到不超过 55mph，才能够进入弯道而不是飞出赛道。

因此，整条直道看起来是由占大部分的加速区域和尽头处占小部分的减速区域（刹车区）组成的。在图 1-3 中用 X 标识刹车区。刹车区会在之后的章节里讨论，现在首要需要研究的问题是如何才能花最少的时间到达刹车区。

假设你能摸索出一种更好的过弯方法，让出弯速度比 10mph 更高，譬如达到 20mph，很明显，你通过弯道的时间会更短。但尽管如此，更重要的是，你会在直道末端加速到 120mph，你通过直道的时间也会更短。



**图 1-3 提升 10mph 的出弯速度，直道部分的平均速度也就能提升 10mph。**

### Coners Are Part of Straight 弯道是直道的一部分

现在你可以看到，出弯速度直接影响着下一个直道的平均速度。因此，为了尽可能缩短花在直道上的时间，出弯速度必须提高。

如果车速不高，这就很轻松，只要踩深一点油门，

出弯速度就会比原先快 10mph。但随着车速越来越高，渐渐地，转向就会变得越来越困难。

假设在直道上你用尽了车子 100% 的加速性能，我们可以说，你已经把车子的性能发挥到了最大，或者说，达到了它的“**加速极限**”。而为了缩短车子通过弯道的时间，我们同样需要达到车子的“**转向极限**”。

### “Limit” Cornering 转向极限

如果松开一辆正在转向的车子的方向盘，车子会自动回正。如果你需要持续改变车子前进的方向，就得一直把着方向盘。这里，轮胎的抓地力和来自路面的反作用力使车子转向。记住，车子永远想走直线，是轮胎在**迫使**它转向。低速或转向角度小时，迫使转向需要的力量不多，一旦速度上去，或者转向角度越来越大，轮胎得更费力地工作，转向极限也就不远了。

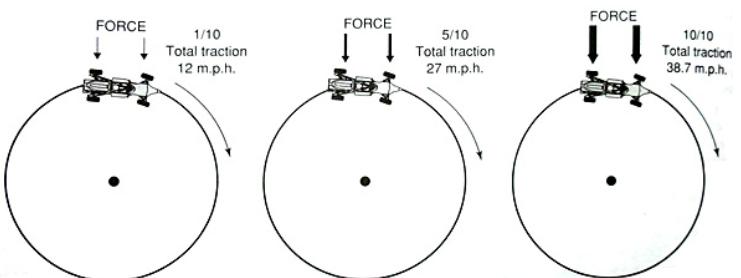
### Using the Skipad 用好 Skipad

在日常驾驶中，我们极少会用到轮胎 40% 的抓地力。如果想体验轮胎在极限状态下的表现，你需要找一个安全的环境，没有对头车或者树木。公共道路**绝对不适合**！

我们使用 Skipad，这是一块巨大平整开阔没有障碍物的路面。有些赛道附带 Skipad，或者一个空旷的停车场也可以胜任。

把你的车子开上“pad”，将方向盘转 45 度（左右都行），然后开起来。刚开始要慢，如果你保持方向盘角度不变，车子的轨迹就会衔接成一个正圆。然后开始渐渐加速。

加速不可能无止境。当到达某个速度时，你会用尽轮胎所有的抓地力—100% 的转向牵引力。在这个最高速度下，轮胎工作得极端费力。它们在尖叫，几乎要打滑。如果你开的是一辆街车，它还会朝弯道外侧侧倾，你的身体也会被一股至少等于你体重 75% 的力量压向外侧。车子用尽了所有的转向能力，已经达到了它的“**转向极限**”。

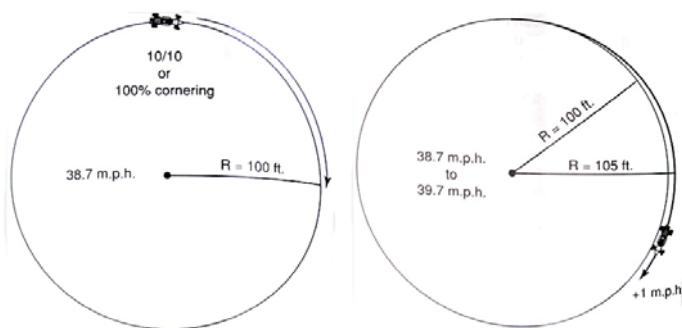


**图 1-4 随着车速越来越高，车轮使用的转向力也在增加，直至 100%。**

如果在这个节骨眼上，你提高了一点点速度。假设没有车祸发生，车子仍旧在转向，但它会开始“画”一个更大的圆（图-15）。当车子处于转向极限时，它所能达到的最高速度取决于它所处的行车线的半径。所以，在过弯时，如果你想要更高的速度，选一条半径尽可能大的行车线。听起来简单，不是吗？但令人惊讶的是，有那么多现役车手栽在这条相当基础的物理学原理上。

以上这些旨在缩短圈速的教学内容，可以总结如下：

- 为了减少花在直道上的时间，尽可能地加速；
- 紧接直道的弯道，出弯速度越高越好；
- 行车线半径越大，能达到的极速越高。



**图 1-5** 当轮胎处于转向极限时，一点点加速都会导致行车线半径变大。

## Finding the Line 寻找行车线

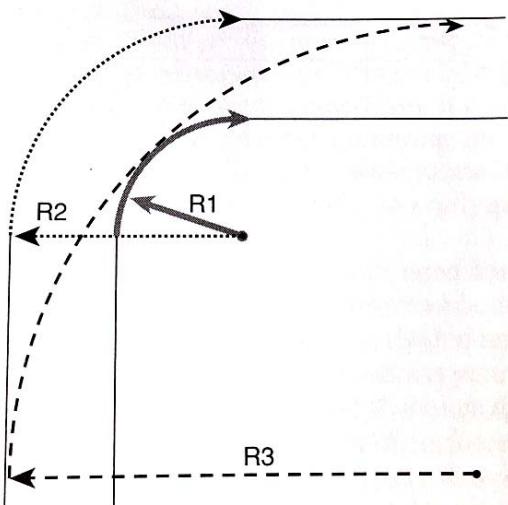
如果你想以最高速度过弯，就需要找出一条半径最大，穿过整个弯道的路线。换句话说，你要找到 *The Line*-最佳行车线。

事实上，通过弯道的路线选择有很多种（图 1-6）。你可以贴着内侧开，但这样你就选了一条半径最小的行车线，R1。你可以让行车线的半径变大，贴着弯道外侧开，R2 的半径就比 R1 大，所以极速更高。

尽管如此，最佳的行车线，是在弯道开始前的赛道外侧就开始“画”这个圆弧，切过弯道 1/2 处的弯心，然后再次来到出口处的赛道外侧。如果你做到了，你就选择了半径为 R3 的行车线，显然这是半径最大的，也是最好的。

## Why “The Line” Is Step 1 行车线是最首要的

当车子处于转向极限时，行车线（半径）决定了车子能以多高的极速过弯。而之后的出弯速度，又决定了在接下来的直道上车子所能达到的极速。行车线



**图 1-6** 过弯的路线很多，但只有一条拥有最大的半径：*The Line*。

同时决定了弯道速度和直道速度，显然它是最重要的，值得我们放在首位。

记住，寻找最佳行车线，即通过弯道和直道的最优路线组合的法则，是指导你创造最快圈速的强有力工具。

## Charting A Lap 攻略赛道

再来看看我们的经典赛道，你会发现它标上了最佳行车线。（图 1-7）

冲出了接着最长直道的六号弯，你会油门全开冲向一号弯。加速区域被标注为实线。

直道末端的某处你需要刹车，把车速减到能够通过一号弯的范围，减速区域被标注为 X 号。

在直道末端左侧的某处，你会开始向右打方向，开始“画”一条切过一号弯弯心并连接弯道出口外侧的行车线。转向区域用双实线标注。

出了一号弯冲向二号弯，重复一遍你做过的事。

从图中可以很简单地看出，车子只有三种最基本的能力：1) 加速，2) 刹车，3) 转向。你可以对照着整条行车线，找出任意一个点上车子正在使用哪一项能力。

## Car Control For Exit Speed 出弯控制

如果你已经找到了最佳行车线并且，逐渐地，越开越快直到发挥出轮胎 100%的转向抓地力，那么你就不可能在脱离弯道前加速，原因是：当轮胎抓地力 100%被用来转向时，没有多余的抓地来加速。

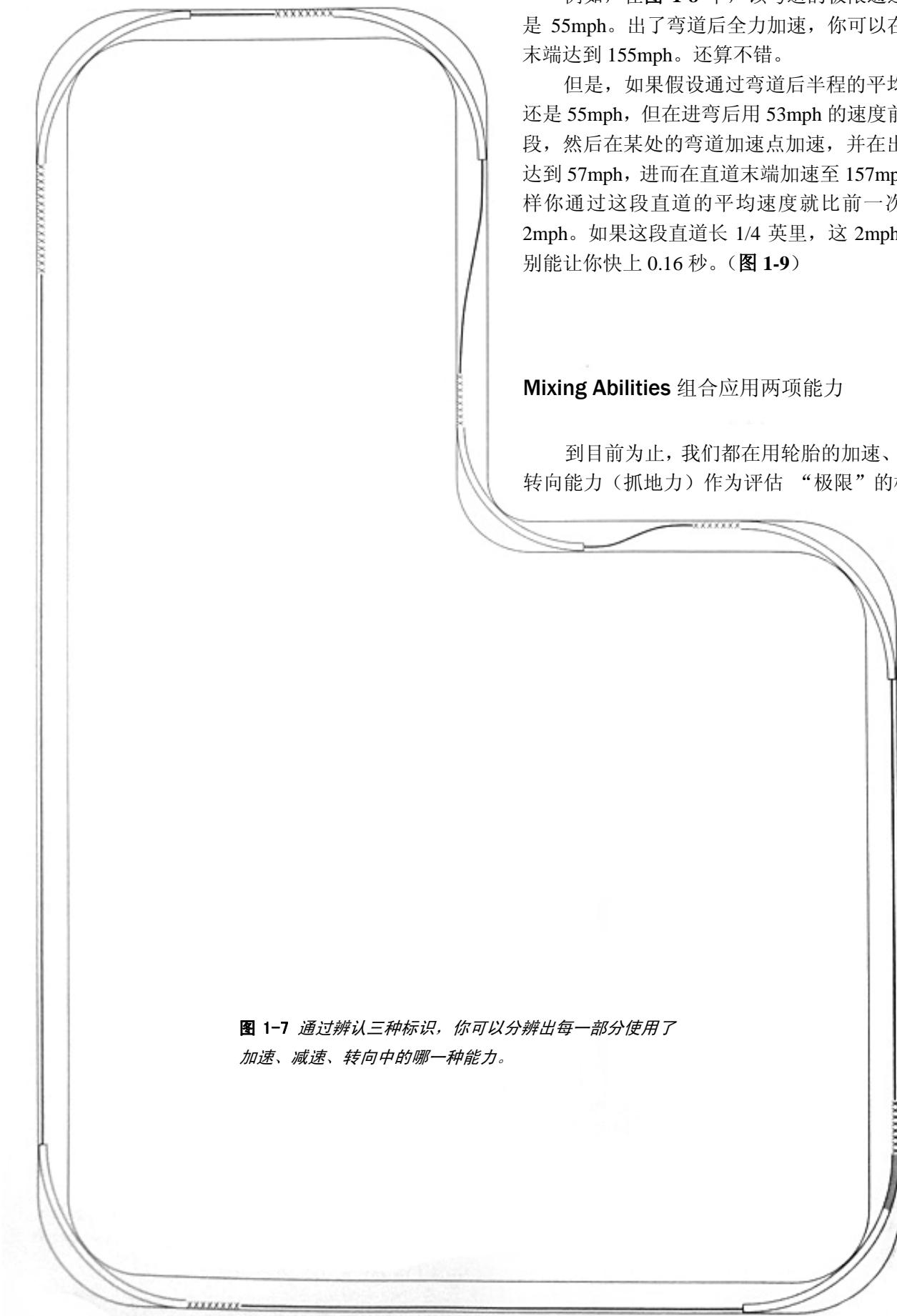
例如，在图 1-8 中，该弯道的极限通过速度是 55mph。出了弯道后全力加速，你可以在直道末端达到 155mph。还算不错。

但是，如果假设通过弯道后半程的平均速度还是 55mph，但在进弯后用 53mph 的速度前进一段，然后在某处的弯道加速点加速，并在出弯时达到 57mph，进而再在直道末端加速至 157mph，这样你通过这段直道的平均速度就比前一次高了 2mph。如果这段直道长 1/4 英里，这 2mph 的差别能让你快上 0.16 秒。（图 1-9）

### Mixing Abilities 组合应用两项能力

到目前为止，我们都在用轮胎的加速、减速、转向能力（抓地力）作为评估“极限”的标准。

**图 1-7** 通过辨认三种标识，你可以分辨出每一部分使用了加速、减速、转向中的哪一种能力。



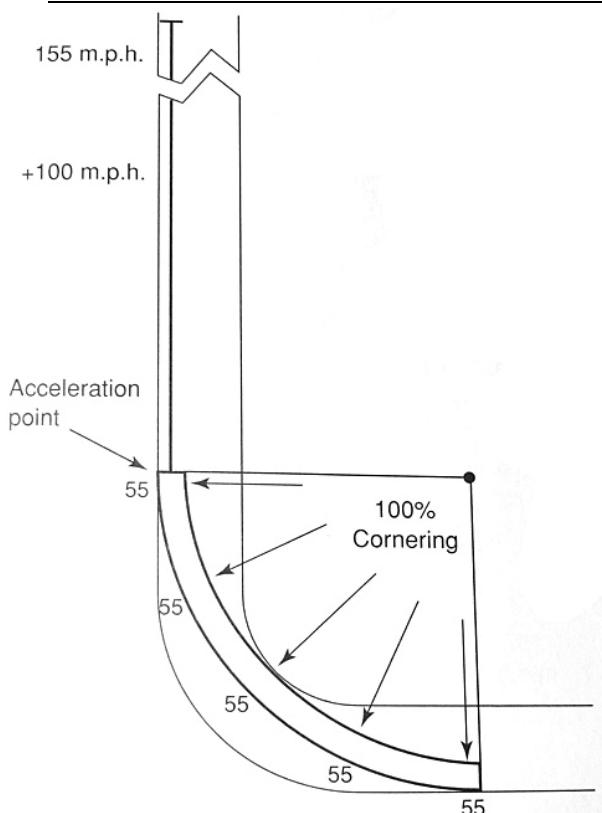


图 1-8 如果你以 100% 的转向力过弯，那么直到弯道出口你才有多余的抓地力来加速。

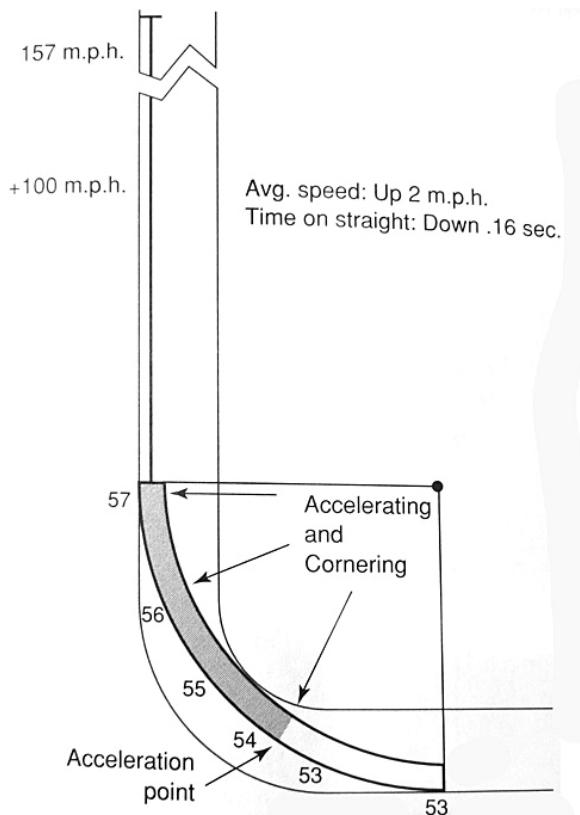


图 1-9 如果使用带油转向，出弯的速度能更高。

事实上，你可以将这些能力组合起来应用。如果你想边转向边加速，车子也能做到，只要做出一些妥协：比如使用 20% 的轮胎抓地力来加速，剩下 80% 的抓地

力用来转向。

重新攻略赛道，现在我们用一种新的标记来表示带油转向区域。在图 1-9 中我们用深色来标示。

转向力的损失会影响弯中的走线：车子还会转向，但会偏离到一条半径更大的行车线上去。此外，加速出弯时，车速是越来越快的，就像我们在 Skipad 上了解到的，车速越高，需要的半径越大。（图 1-10）所以，当你一边加速一边转向时，你需要增加行车线半径，可以在出弯时渐渐松方向盘。

因为弯道加速段和直道合起来能占到一条赛道的 70%-80%，所以任何能提高这一部分成绩的改进都可极大地缩短圈速。认识到这一点，可以让你别那么斤斤计较于刹车技术：不少车手很心急，基本功还没扎实，就想用延迟刹车省时间，典型的丢了西瓜捡芝麻。通过一遍一遍地提高速度，实验并发现抵达弯道加速点时处于什么速度最合适，是重中之重。

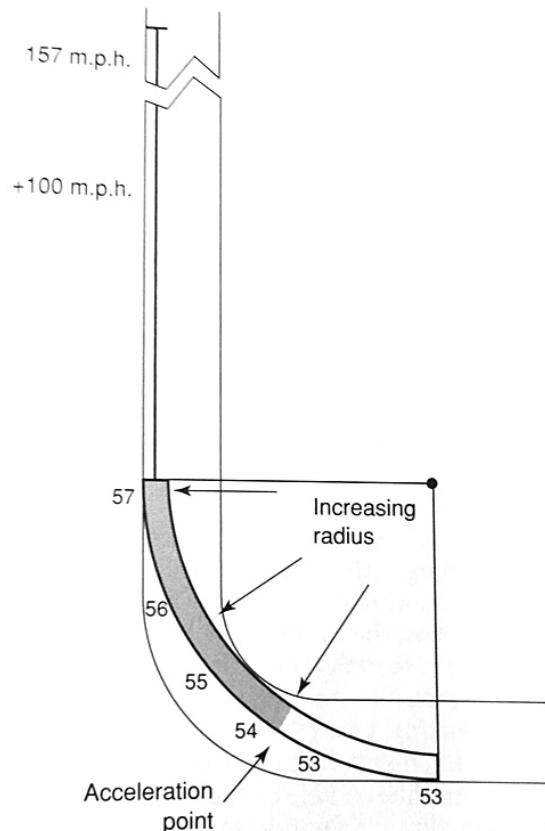


图 1-10 随着速度越来越快，行车线半径也随之增大。

### The Order of Effort 两大技术的优先级

行车线和出弯速度都极端重要，同样重要的还有它们之间的优先级。找到正确的行车线是首要的，然后才能思考怎么在这条线上跑得更快。

学习走线比起其他赛车技术要简单的多，所以别

给自己太大压力，放松，集中精力找出并咬住行车线。出弯速度的提高是令人兴奋的，但也要小心避免因太激进而产生的侧滑，过犹不及！

## Slowing For Corners 减速

第三项基本技术是减速并把车子从转向点开到弯道加速点。我们习惯用一个术语概括这个阶段，“入弯”。

回到经典赛道的一号弯。经过之前一段直道的加速，来到一号弯前时理想的速度应该是 157mph，这时你会感到有减速的必要。目前正处在直行状态，所以你可以用尽轮胎 100% 的抓地力来刹车，我们称之为“临界刹车”：所谓临界，就是用尽了 100% 的减速能力，轮胎正处于抱死的边缘上。

直线临界刹车看起来能让车子最短时间和距离内减速，毋庸置疑。尽管如此，还是让我们再来仔细审视一下这个入弯。

### Brake and Turn 带刹转向

还是假设一号弯的极限过弯速度在 55mph。你可以在直道上做直线临界刹车，把车速从 157mph 减到 53mph，然后从容打方向。事实上，过去几十年来，流行的观点同样如此：只能在直线上刹车。

但真正的事实是，车子可以边减速边转向，正如它可以边加速边转向。同样，带刹转向需要你在两个能力之间做出妥协。

临界刹车状态下，你用尽了 100% 的轮胎抓地力。如果这时你打方向盘，轮子是指向弯心了，但因为没有多余的抓地力可供转向用，车身还是会直直地冲向前方。

如果你减少一点刹车力度，譬如，80% 的抓地力给刹车，那么你就可以腾出剩下的 20% 抓地力来转向入弯了。

### Gains from Braking and Turning 带刹转向的好处

我们之前已经讲过在弯道加速点如何使用带油转向，从 53mph 开始，最终以 57mph 的速度脱离弯道出口，该段平均速度 55mph。所以现在我们的目标就是在弯道加速点前用最短的时间从 157mph 减速到 53mph。

如果你坚持只做直线刹车，你就需要在转向点前减速到 53mph，然后保持这个速度切向弯心。如果驾

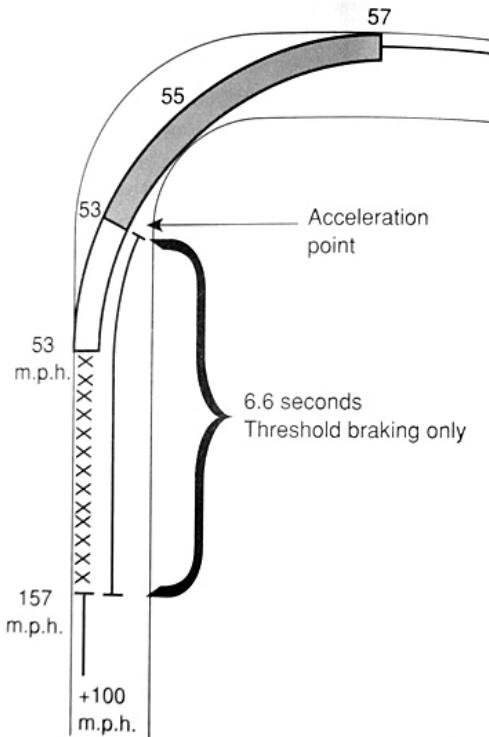


图 1-11 如果只在直线上刹车，你就得在转向点和弯道加速点之间定速开上一段。

驶我们的教学用方程式赛车，耗时是 6.6 秒。(图 1-11)

如果运用带刹转向，在转向点时减速至 57mph，然后在转向点和加速点之间减至 53mph（这段区域在图 1-12 中用黑色标识），那么你在这一段之间的平均速度就是 55mph，你将会比先前只做直线刹车时快 0.24 秒，耗时 6.36 秒。

勿以善小而不为，0.24 秒粗看起来没什么，但每

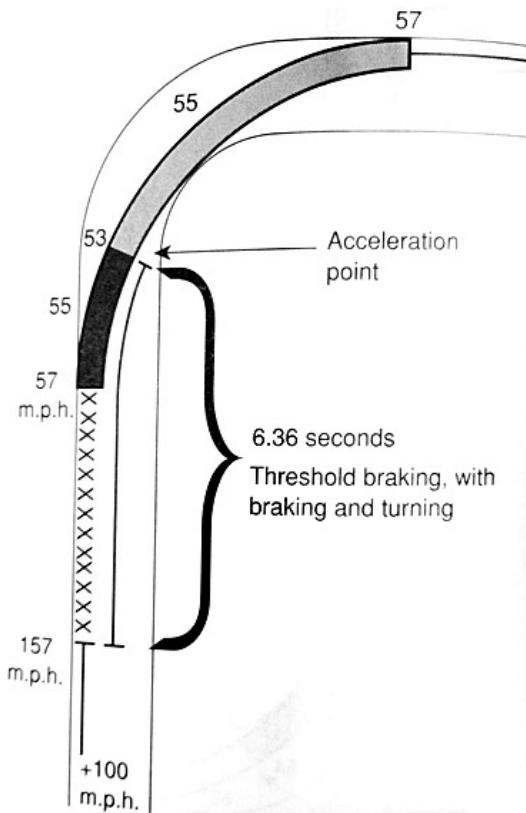


图 1-12 使用带刹转向技术，你的进弯速度可以更高。

个弯道快 0.24 秒，四个弯道就快 0.92 秒。如果是 20 圈的比赛，你就能获得 18.4 秒的优势。20 圈，那可是相当短小的赛事。

值得去争取十分之一秒吗？如果你平均圈速落后 10 多秒，可能不需要。带刹转向技术不能帮你每圈缩短十秒圈速，但你会在后面学到，缩短圈速不过是带刹转向众多好处中的一点。

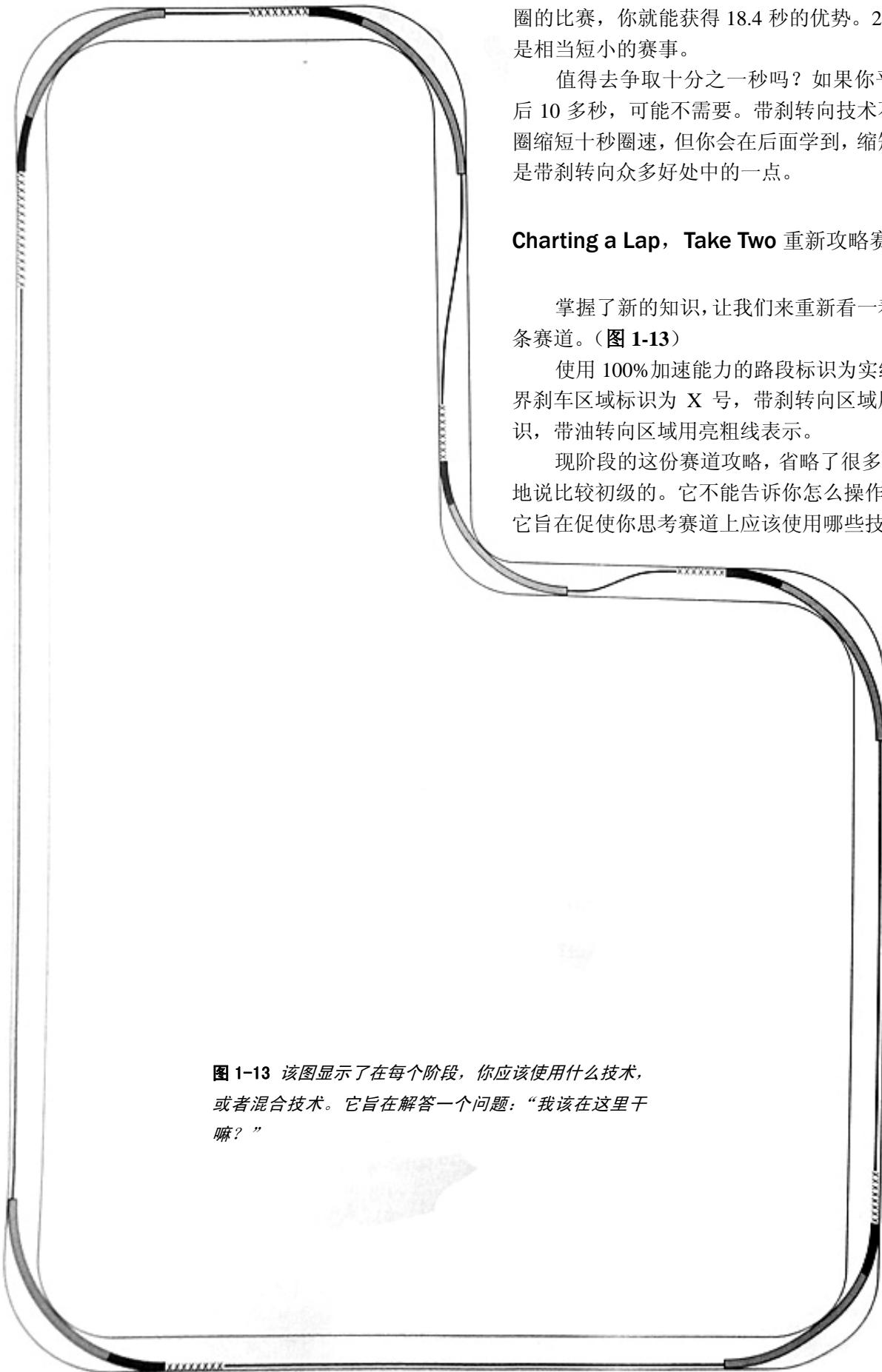
### Charting a Lap, Take Two 重新攻略赛道

掌握了新的知识，让我们来重新看一看如何跑整条赛道。（图 1-13）

使用 100% 加速能力的路段标识为实线，直线临界刹车区域标识为 X 号，带刹转向区域用暗粗线标识，带油转向区域用亮粗线表示。

现阶段的这份赛道攻略，省略了很多细节，坦白地说比较初级的。它不能告诉你怎么操作，事实上，它旨在促使你思考赛道上应该使用哪些技术。

**图 1-13** 该图显示了在每个阶段，你应该使用什么技术，或者混合技术。它旨在解答一个问题：“我该在这里干嘛？”



## Out On The Racetrack 实战演练

如果以前只在公路上开过车，赛道会激起你的加速欲。你可以狂飙到 90mph 也没人管你，你可以比交通限速开得快得多。事实上，我们被学员问得最多的问题是：“这车子能开多快？”不过速度这玩意其实远不像人们吹嘘的那样牛逼：摆直方向盘，踩着地板油，傻子都可以飞快，没有任何挑战性可言。当你对窗外呼啸而过的景象麻木后，速度就不再有激情了。

真正的刺激来自于直道末端。在直道上兴奋不已的新学员一来到这里几乎个个都会崩溃。针对这个区域的问题从来都少不了。该在哪里刹车？刹多久？刹多重？我该用哪个档位？什么时候怎么降档？该在哪里转向？该多快通过弯道？车子会侧滑吗？我会撞车吗？

回答问题之前，还是先上赛道跑一跑。不是让你刷圈速，踩点而已。你可以开着自己的街车上来，按平时的节奏，仅凭你游车河的技术，你可以轻松判断何时刹车何时降档。

这种程度的直觉和判断，虽然是基于你平时的路驾经验而来的，但也用到了部分和赛道竞驾相同的技能。假以时日，付诸锻炼，获得专业程度的知识和直觉经验，你就能像拐进自家车库一样轻松过 130mph 的高速弯。

成功的关键是设立一个计划。计划的第一步：**别开的比你想的快**。跑在赛道上不意味着你可以把物理学常识抛出窗外。在路上你很清楚入弯前要减多少速，在赛道上也要使用相同的判断力。如果你照做，事情就会很顺利。如果你下一圈要稍快一点点入弯，你可以想一想是否可行，判断之后，下一圈把刹车踩轻一点点就行。关键词是“一点点”。你会发现最好的提升方法是每次一点点，而不是想着“放手一搏”。

### Frequently Asked Questions 常见问题

现在，让我们来回答之前的问题。

**该把车子开在哪里？**最佳行车线。不管是在霍根海姆的 DTM 车手还是在摩纳哥的 F1 车手，“外内外”是共同的选择。你也一样。转动方向盘要平滑；别学电影里一样狂拉硬扯。第一次做不好很正常，慢慢来。

**该用什么档位？**选个档位一试便知。出弯时肯定是带油转向的，带多少油取决于你的判断。如果过弯时引擎转速过低，听起来发闷，下一圈就降一档试试；如果还没到弯道出口引擎转速就飙到了红线区，那么下

一圈就升一档试试。

**怎样以及何时降档？**如果你开的是一辆标准手动挡车，你肯定会对降档感到纠结。降档的目的，是为了不让驱动轮与车速同步，不管是在你的街车还是印地赛车里，你都要学会用右脚一边踩刹车一边补油的跟趾技术，且必须要在离合器接合前完成。这项技术还能让你在马路上开得更流畅。此外，它发出的轰轰声也很刺激。

在哪里降档这个问题简单得多。刹车时太早降档会让引擎转速过高，损伤引擎；反过来，太晚降档也不好，在弯道加速点之前你就该挂在正确的档位上了。所以答案很明显，在刹车点和加油点之间任何一个地方降档都行。

**我的反应速度够快吗？**就算不够快，也没什么补救办法。但好消息是，赛车基本上是一项讲究预判的运动。当然，赛道上总有突发事件。但更多的时候，你是在运用所学知识对前方的情况作出预判，并在合适的时间地点作出相应的动作。迷信反应速度会让你的操作粗暴猛烈，而这只会让你更慢。

**我会侧滑或撞车吗？**你没必要这么做。坊间流传最广的一个教条是你得甩了才能知道极限。错了。当小心地逼近极限时，你会感知到很多临近侧滑的信号。和公路驾驶不同，赛道驾驶中车子运行在极限，日常驾驶里看来稀松平常的小动作也会惹出大麻烦。幸运的是，导致失控的最常见的失误可以归纳为几个大类。



图 1-14 侧滑没有任何好处，一旦你知道了常见失误就可以避免它们，并且放开手脚去挑战极限。

### The Four Most Common Mistakes 四大失误

**1) 出弯时滑出赛道。**随着你越开越多，你会发现过弯时能把方向盘固定在一个角度，不需要来回地打，出弯时则慢慢地回正就行。

如果入弯时转向过早，到了弯心你就得往弯道内侧打更多方向，车速慢的时候还能救得回来，车速快的时候就只能冲出赛道了。

所以在你摸清楚每一寸行车线之前，抑制住加速的欲望。

**2) 刹车太迟。**大多数职业车手都会在每个弯前的某

处认准一个标记物作为判断刹车点的依据。菜鸟也需要“刹车点”。设立一个相对保守的刹车点就能让你轻松避免刹车过迟，之后如果你愿意，向前移动刹车点，记住，要“一点点”地提前。



**图 1-15 Sebring 赛道上的刹车参考点，让你不再迟疑，全力前进。**

**3) 降档失误。**降档失误导致驱动轮锁死或打滑很容易让车辆失控。在日常驾驶中也要时刻训练降档，而且最好在入弯前完成降档。

**4) 无意间抬油门。**当车子快速转向时，前后轮抓地力处于相对平衡中。快速抬油门会破坏这种平衡并让后轮损失抓地力，然后就是侧滑。在赛道上，各种操作都要平滑、精细，这很重要。

### The Framework of Fast Laps 未来的学习框架

在这一章里，你的目标是粗略了解那些你将会用上的技术。你会对那些让你开得又快又安全的最首要的因素有个初步概念。

不管在赛道还是教室，车手们要学的第一课都是“行车线”，因为它对直道速度和弯道速度都影响重大。

通过学习带油转向逼近赛车极限，提升出弯速度，从而减掉大块的圈速。所以顺理成章地，学习“出弯控制”就是我们的下一步计划。

在赛道上，练习以上两项要素可以不用踩刹车。但我们最后才讲这个要素不代表你用不着刹车。只不过，研究前两项技能所能获得的圈速提升要比这一项多的多。

一旦掌握了行车线和出弯控制，你会发现从刹车点到弯道加油点的表现是区分最快和极快的分水岭。因此，在掌握了上述所有技术后，刹车和入弯将是我们最后要研讨的课题。

“几乎每一项运动都需要反应能力，但我觉得不像其他运动，赛车手即使老了也能雄风不减，很大的原因是赛车看重经验。你不需要‘年轻的腿’，你只需要预判情况想出对策，只要提前一步就行。”

“赛车，和其他很多运动一样，你需要进入一种类似让时间慢下来。如果你要接阿加西或者桑普拉斯发的球，正常状态下你还没运拍球就过去了。如果能让自己进入慢动作的世界，这就有可能了。经验在这里起到了这个作用。这就是为什么积累是如此的重要，只有这样你才能获得经验”

—Danny Sullivan

“我认为反应速度快能帮你解决一些麻烦，但如果看得长远，对未来之事有一定的预见，你完全能避开这些麻烦。我能把印地赛车开得飞快却从来不靠应激反应。微调和校正是必须的，但这不会让我惊讶，我不惊讶地想，‘哇，真料不到会是这样。’”

—Bryan Herta

“假设第一次你在 300 米标志处刹车，你会在第二圈提前到 200 米处吗？如果侥幸成功了，第三次你会一下跳到 100 米处？没门。你要一小点一小点地找出极限所在。我的做法是在 300 米后一点点开始第二次尝试，而越往后，我提前的量就越小，因为我知道我已经离极限很近了，我可不想因为刹车刹车而把脑浆挂在墙壁上。”

—Danny Sullivan

“我觉得，‘无畏成就一个好车手’是个巨大的错误观念。我是世界上最胆小的人。我在 25 年的职业生涯里赢过大堆冠军，但我还是觉得自己一点也不勇敢。当然，你或许会因为一次冒险而赢得比赛，但下一次就没这么侥幸了。我不想拿我的命去冒险。”

—David Loring

## 第二章 The Three Basics: Line, Corner Exit Speed, Braking

### 三大基础：行车线、出弯速度、刹车

**竞速驾驶三大基本问题：**1) 走最佳路线，2) 出弯速度尽可能快，3) 入弯前高效减速

#### Line Fundamentals 行车线基础

我们已经知道，过弯的基本目标是走一条弧度最大的行车线通过弯道。以 90 度右弯为例（图 2-1）来定量研究这个问题。涂上每条行车线的半径都有标注。紧贴内侧的行车线半径是 103 英尺，紧贴外侧的行车线半径是 130 英尺，内外走法的最佳行车线半径则是惊人的 195 英尺，比内侧的大 89%，比外侧的大 50%。

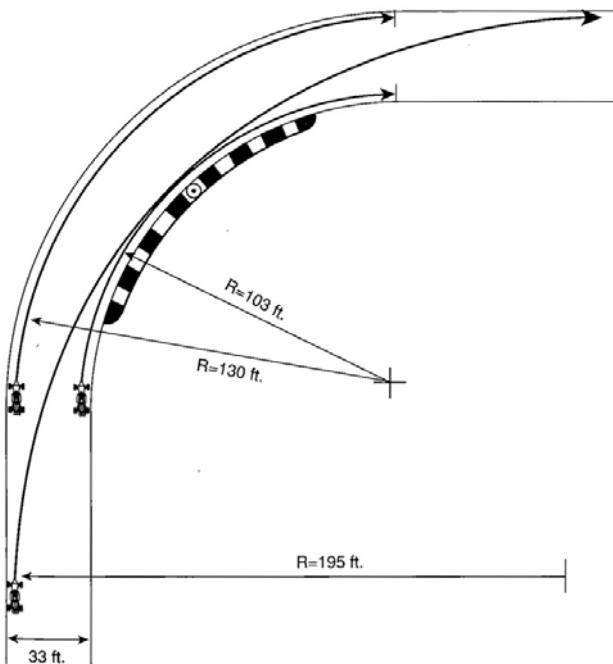


图 2-1 内侧、外侧、最佳行车线之间的半径差别是巨大的。  
最大的甚至是最小的近两倍。

#### Predicting Corner Speed 过弯速度预估

为了找出通过最佳行车线上的最高车速，我们得

找出半径与速度之间的关系。我们之前已从 Skipad 知道，半径越大，通过速度就越高；此外，车子的转向性能也得计算在内，转向性能好意味着更高的过弯速度。

揭示两者关系的方程式是： $15GR = \text{速度}^2$ 。G 是重力，表示车子的最大转向力，即车辆能承受的离心力极限。R 则是行车线半径，以英尺计。

先假设我们开的是一辆 1G 车（做为对比，一辆普通轿车大概是 7/10G，一辆印地赛车则在 1.4-4.5G）。内侧行车线的半径是 103 英尺，那么其最高通过速度就是 39.3mph。

外侧行车线的最高通过速度是 44.1mph（图 2-2）。而通过最佳行车线上的车则可以飙至 54mph，比内侧行车线足足快了 15mph，也比外侧行车线快了 10mph。正确行车线的重要性不言自明。

当然你会注意到走最佳行车线的距离比内侧行车线的长。挑近路走有优势，但这点优势远不能抵消速度下降带来的巨大差距：最佳行车线比内侧行车线长 5%，但通过速度却快 37%，孰优孰劣一目了然。

最佳行车线除了减少过弯时间，同时也提高了出弯速度。

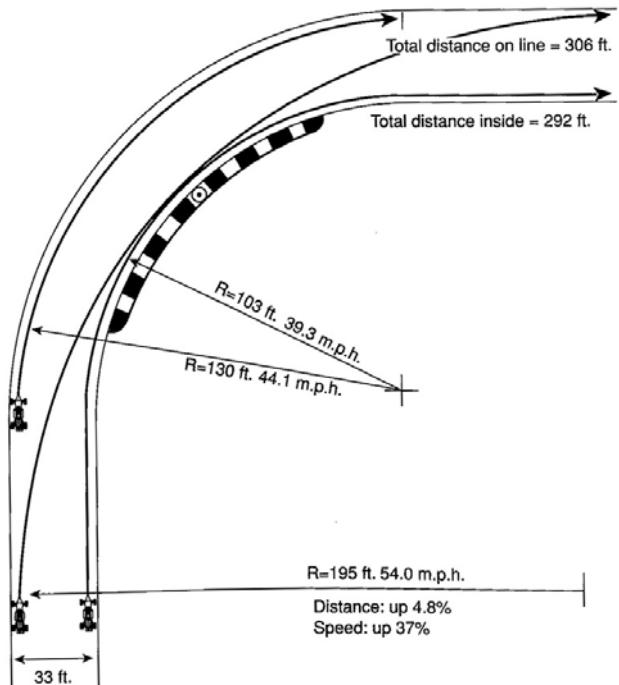


图 2-2 最佳行车线比内侧行车线长 5%，却快 37%，值得一试。

## Turn-in, Apex, and Track-out 入弯, 切弯, 出弯

为了协调全书, 现在用三个术语描述行车线上的三个要点: 它们是“入弯点”、“切弯点”、“出弯点”。(图 2-3)

切弯点和弯心是两码事。切弯点对应的是行车线, 弯心对应的是弯道。弯道的几何弯心只有一个, 而切弯点却可以有无数个。切弯点可能会与弯心重合, 也可能不会。

回到示例弯, 假设你开着真车, 在入弯点你将方向盘打到一个角度并保持住, 让车子右轮正好碾过 A 切弯点, 之后左轮正好碾过出弯点, 这就是正确的走法了。但事实上, 随着你越开越快, 事情没那么简单。

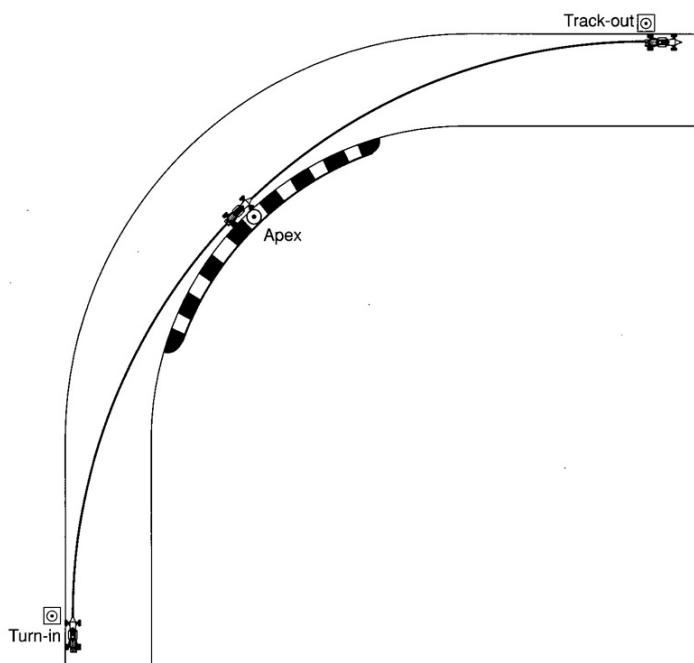


图 2-3 每个弯道至少有三个参照点: 入弯点、切弯点、出弯点。

## The Constant Radius Arc 定曲率行车线

半径固定的行车线叫做定曲率行车线, 第一章为了简化学习难度, 使用了定曲率行车线做范例。这种行车线可以对付所有的弯道, 因为它提供了最高的通过速度, 但它忽略了一点: 在大多数弯道, 你更想让接下来的直道速度更快。这就需要将弯道加速点提前, 一般在切弯点之前就开始踩油门了。但还记得吗, 随着车速的提高, 行车线的半径也会相应变大。

一条半径逐渐增大的行车线称为增曲率行车线, 比定曲率行车线难多了。现实中的赛车都走增曲率行车线过弯。

## Reference Points to Keep The Line Consistent

使用参照点保持行车线的一致性

在我们学校, 我们会在每个弯道的三个要点上放置桔黄色路锥作为参照物。练习很简单, 开车靠近入弯点的路锥, 转动一定角度的方向盘使以车子贴近切弯点的路锥, 运气好的话你就会贴到出弯点的路锥了。

但这只是入门, 最终车手都要脱离路锥, 找到自己的参照物。有了参考物, 才能保证你每圈都在相同的位置入弯, 在相同的位置切弯。

刚开始, 赛道看起来就是一大片沥青, 没有任何区别。你需要更仔细地寻找参照点。任何不寻常的东西都可以拿来用: 路面上的小坑、裂缝、赛道边缘画的线、不同颜色路面的交界线或者路面补丁, 还有路肩。

使用较远处的物体作为参照可能会分散你的注意力, 但在墙围起来的赛道里, 可以考虑使用广告条之类, 诸如: 过了 Bosch 标志后 5 英尺开始转向!

死着参照点不放是一种错误。寻找行车线是一个持续改进的过程, 第一次开某条赛道, 第一次开某辆车都需要花费极大的精力: 一圈接着一圈, 先设定好参照点, 然后一次次地微调它们, 直到你发现出弯点已经几乎压着赛道边缘。

这个过程从来都不会结束。每圈都丝毫不差是不可能的, 慢了就推迟刹车参照点, 快了就提前刹车参照点, 在追求最快圈速的极限驾驶中, 你其实是在和参照点们进行拉锯战。后面的章节中, 你会了解到, 除了你自身的误差外, 还有很多影响参照点的因素。

## Common Errors 常见失误

### Inaccuracy 不够精确

在学校里, 我们要求学员能够在入弯和出弯时接近路锥至 6 英寸以内, 如果能用轮子蹭到就最好。

在竞速驾驶中, 一英寸的距离和几十英里的路程同等重要。举例说, 你比对手快 1mph, 那么你每秒钟大概能比他多跑 1.5 英尺。1mph 的优势能让你在半个小时的比赛中领先 2600 英尺。在印地赛车长达 3 小时的比赛中, 1mph 的优势能让你领先 3 英里。你将会发现, 这硬碰硬的每 1mph 的优势都是靠精确使用赛道每一英寸的宽度来创造的。让我们再看看, 不精确会导致什么。

还是在示例弯。最佳状态下，你会用最高时速 54mph 开过那条半径 195 英尺的最佳行车线（图 2-2）。如过你在入弯点偏离赛道外缘 12 英寸，偏离切弯点和出弯点也是同样距离，那么你的行车线半径估计是 189.5 英尺。按公式，最高通过速度就是 53.3mph。每小时落后 7/10 英里听起来不是很多，但足够你的对手击败你了。

每小时落后 7/10 英里换算下来就是每秒落后超过 1 英尺，如果在 Mid Ohio 赛道的 Keyhole 弯，一个连接着能加速达 20 秒的超长直道的重要弯道，20 秒就落后两个车身的长度，如果每圈都落后这个距离，你可以直接退赛了。

多贴近路沿取决于环境。在有墙壁的街道赛道如 Long Beach，就不能像开放赛道那样非常贴近赛道内侧。但要记住：是你选择跟内侧保持距离，而不是你没能力把车开到那么近！

## Turning Too Early 转向过早

还是示例弯，我们来看看转向过早会发生什么。

如果转向过早了，通过弯道前半部分一般没什么问题，但你走一条半径大得多的行车线上，如果速度和上一圈相同，显然会冲出赛道。自保本能会促使你在浅切弯点（Early Apex）打更多方向，以使车子不冲出赛道。

关键问题是车子转不转得过来。如果车速不高，轮胎没有用尽所有抓地力，可以分一点给车辆转向。

但如果是以极限速度入弯，切弯过浅的行车线半径是 300 英尺，最高通过速度为 67mph，比最佳行车线所允许的还高出 13mph，显然是不可能的。

问题在于，由于弯道前半段的行车线半径过大，后半段你就必须将行车线半径缩小很多才能不冲出赛道。假设需将行车线半径缩至 75 英尺，相应的最高允许通过速度是 33.5mph，也远远低于 67mph。

这种情况下再打方向也只能是徒劳，车子会直直冲出赛道。

## The Early Apex 浅切弯

上述一系列现象通常称为“浅切弯”。转向过早使得行车线上的切弯点明显比最佳行车线上的那个更靠近赛道入口。这三大要点还会相互影响：过早转向导致浅切弯，浅切弯导致出弯点靠前。

浅切弯是新手和老手们最常见的失误。下次跑赛道的时候，你可以留心那些出弯点的草皮是否寸草不

生。为什么？说明很多人在这里跑出赛道，一个轮子，或者整辆车。

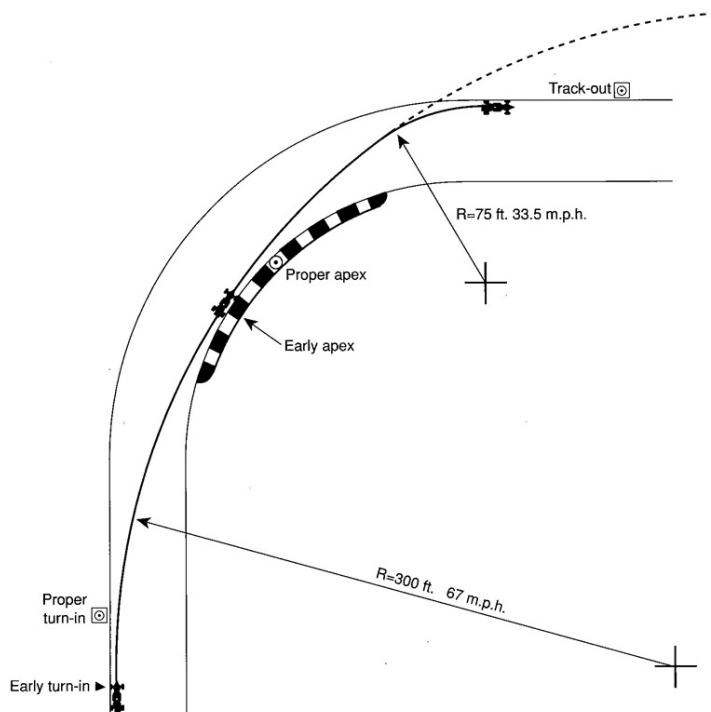


图 2-4 转向过早使得弯道的前半段行车线半径巨大；后半段则迅速收紧，以使车子不冲出赛道。

## Primary Symptom of Early Aping 切弯过浅的主要征兆

如果通过切弯点后你觉得有必要打更多方向，则极有可能你转向过早了。这是唯一也是最可靠的辨别方法。

## Correcting the Early Apex 切弯过浅的修正

如果发现征兆，下一圈你就要推迟一点转向。要做到这一点，你需要设定可靠的参照点，并建立起赛道道路感。

另一件重要的事是重新设定你的态度或预期：车子冲出赛道是因为你让它做了它做不到的事！

还有一件事：要保留余量。你现在还嫩，还在寻觅最佳行车线，你得给自己留出余量，好让自己留在赛道上。如果入弯速度不高，发现征兆了能救回来，虽然损失一点时间但不会酿成大祸。但你不能永远保留余量，冲击最快圈速的人不可能给自己留余量。

## The Late Apex 深切弯

仍旧在示例弯，让我们看看转向太迟会发生什么。如果错过最佳入弯点达 20 英尺，你将发现切弯点也会靠近 20 英尺。这就是深切弯。

如果你从入弯点打好方向不动直到切弯点，最后在出弯点时，你会发现车子会距离赛道外缘多达 20 英尺！从安全角度考虑，这挺好，你失误了，但却没与冲出赛道。因此深切弯有其一定的意义和价值。

但缺点是明显的。迟入弯 20 英尺的行车线半径为 160 英尺，最高通过速度是 49mph。比最佳行车线的慢 5mph。所以深切弯是一种安全但较慢的走法。

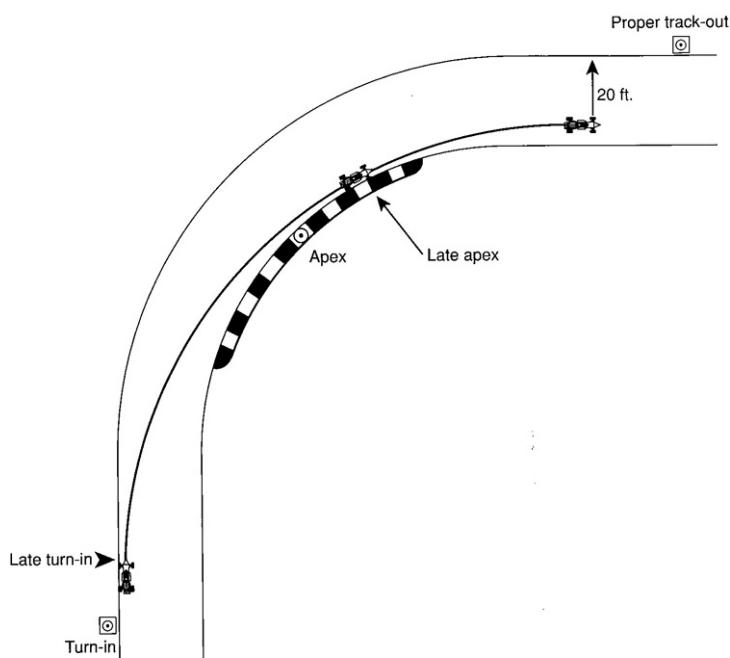
### Primary Symptom of Late Aping 切弯过深的

#### 主要征兆

如果到了出弯点你没紧贴着赛道边缘，就是转向太迟了，也就是深切弯。

这意味着你离极限还有距离。几乎所有车手在发现离出弯点赛道边缘还有 20 英尺时，会下意识地回打方向。但如果真的接近极限了，你就不需要打方向，笔直地贴着赛道边缘就出弯了。

以较低速度摸索最佳走线时，深切弯可以帮你寻找参照点。所以同样是失误，深切弯比浅切弯好得多。



**图 2-5** 转向过迟会使行车线半径缩小，但却提供了额外的出弯加速空间。

## Line-Finding Strategy 寻线策略

运用深切弯这一有效的寻线工具，渐渐你就会观察感知到正确的走线所在（一种结合了手眼协调感和经验的判断）。

当你觉得该转向时，克制冲动，推迟转向，瞄准一个比原来设想的更深的切弯点，然后保持方向盘角度不变，观察出弯时会发生什么。如果切弯太深了，下一圈提早转向时机，瞄准一个更浅一点的切弯点。就这样，一圈圈地尝试，一圈圈地调整，直到出弯时车子能用尽赛道所有的宽度。自始至终你都得为入弯、切弯、出弯设立、更新参照点，根据它们调整行车线。经过不断推敲，你就能找到最佳行车线。

### Make Time 时间是牛奶

常跑比赛的车手们会说：“说的容易，但我哪有那么多时间？练习赛只有半小时，然后就得排位了。”

时间就像牛奶，总是不够用，需要你去挤。几乎所有的赛道都有开放训练日。如果没有，开上你的街车去参加一个什么汽车俱乐部的训练活动。别觉得自己像是米老鼠。伟大车手譬如 Emerson Fittipaldi 甚至会租一台车开上几个小时，只为了熟悉新赛道。你用自家街车找到的行车线可能与赛车的不一样，但你会找到参照点，并且，至少赛道会看起来亲切很多，不会像哥伦布发现新大陆一样。

### Exit Speed 出弯速度

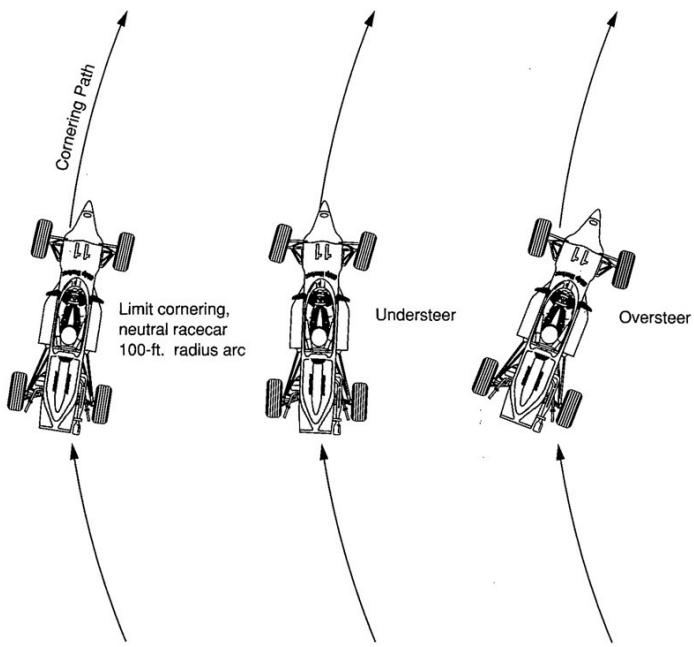
#### Close to the Edge 逼近极限

一旦能将车子稳稳地开在最佳行车线上了，你就可以开始冲击车辆的过弯极限。

还是在示例弯，一开始你会用大概 40mph 左右的速度过弯，大概比最高通过速度慢 14-17mph，如此保守的速度意味着用于转向的抓地力只占轮胎极限的 55%。

为了尽可能提升出弯速度，你要逼近极限，要做到这点，得使用方向和油门配合，并熟悉极限状态下车子会如何响应你的操控。

**图 2-6** 当前轮组与后轮组产生的转向牵引力相同，车身就是转向中性的；当前轮组比后轮组先达到抓地力上限，就是转向不足；反之就是转向过度。



## Neutral 转向中性

为了简化理解，这里假设车辆的极限就是前后两对轮胎同时达到了抓地力上限。

现实世界中这种状况极少发生。通常都是某一侧轮胎比另一侧先达到极限，我们把这种效果称为车子的“转向倾向”。

理论上，前后轮同时达到极限的车子是“转向中性”的，因为前后轮提供了相同的转向牵引力。

## UnderSteer 转向不足

如果过弯时前轮比后轮率先达到抓地力上限，前轮组就会侧滑，导致车辆向外推头，偏离前轮指向。这种倾向称为“转向不足”。

## OverSteer 转向过度

和上述相反的情况下，后轮组先向外侧滑，就是“转向过度”。

## How Throttle Influences Understeer Or Oversteer 油门如何影响转向

不同的车，因为设计和调教的差别，极限状态下的转向倾向也不同。但通常，车子不会非常倾向于某

个极端，你可以运用操控，找到任何一个你需要的平衡点。要做到这点，最有效也是最简单的工具就是：油门。

通过踩放油门，你可以将车辆荷重转移到前轮组或后轮组，利用压力改变它们的抓地力；你还可以通过加油将更多轮胎抓地力用于加速，或松油门让引擎制动耗尽抓地力，从而让后轮不再有抓地力可用于转向。

对于一辆后轮驱动车来说，踩油门可以产生两种相反的效果。首先它将荷重转移到后轮，从而增强了后轮组抓地力，但同时它将后轮的部分抓地力用于加速，减少了转向可用的抓地力。这两种效果中最强的一种将会最终影响车辆的动态。

比如，一辆后轮抓地力强、马力小的车，加速所需要的抓地力只占轮胎抓地力的一小部分。而荷重转移又增加了后轮的抓地力，最终效果就是转向不足。

反之，一辆后轮抓地力相当弱，却有着金刚般马力的车，同样的油门开度，轮胎的所有抓地力就被加速耗尽了，最终效果极有可能是转向过度。

让我们把这条基本法则铭记在心（这只是指导方针，别死板照做）：渐进油门更容易导致转向不足，突然加油则更容易导致转向过度。

## Trailing Throttle Oversteer 松油门转向过度

现在让我们来看看松油门的效果。松油门过程中的某一个时刻，引擎产生的动力正好让车子匀速前进

——也就是说前后轮的负荷比固定不变。

继续松油门，引擎会拖慢驱动轮，产生减速作用，将荷重从后轮组转至前轮组。与此同时，引擎制动也会将后轮组的部分抓地力用于减速，进一步削弱后轮的转向抓地力。

如果你正以极限速度过弯，这就会导致车尾侧滑，滑到一条半径更大的行车线上——也就是转向过度。这就是通常所说的“松油转向过度”。油门松得越突然，转向过度则表现得越激烈。

所以让我们来铭记另一条基本法则（这只是指导方针别死板照做）：极限状态下过弯时，松油门会导致转向过度，其程度取决于松油门的剧烈程度。

## Using Throttle to Correct Understeer 油门修正转向不足

在提高出弯速度的努力中，你会将弯道加油点越提越前。在弯道加油点，荷重会从前轮转移至后轮，前轮因压力减小而丧失部分转向抓地力，车就会转向不足。对驾驶员而言，感觉就是车子跑的比你预想的更偏向外侧。

最常见的反制措施是打更多方向：经验告诉你，打更多方向，车子就会更靠内侧。但此时前轮的抓地力已不敷用，打再多的方向也无济于事。

此时前轮更需要增加压力从而增加抓地力。但让你纠结的是，松油门会降低出弯速度。*在这种时候你得记住，要是冲出赛道，你就会更慢！*

正确的做法是：松一点点油门（只要一点点），将一部分荷重转移到前轮组，从而使车头仍旧指向内侧。

所以修正转向不足的手段是油门而不是方向。这可能是最简单的技术了，因为这和人类遇到危险就想慢下来的本能相符。处理转向过度的手段则相对要困难些。

## Steering to Correct Oversteer 打方向修正转向过度

转向过度是赛道上的术语，大多数人喜欢说：侧滑。街车手们喜欢在转向过度导致失控前停止它，但不关心怎么做是正确的。这里，最好的建议是：只使用方向盘来修正转向过度。

在赛道上，我们当然不想失控，但也不想损失太多速度或者时间。这种和街车驾驶不同的目标，也要

求你使用不同的方向盘和油门的技术。

侧滑产生的原因可能是：松油门、油门踩大了、降档失误。此时你的第一反应是什么呢？

当后轮向外侧滑时，你应该将方向盘反打向后轮侧滑的方向。因为减少了前轮转向内侧的量，你阻止了后轮外滑进一步加剧。通过反打方向，你将前轮组引向和后轮组相同的行车线上，最终就可以修正转向过度了。

## Correction, Pause, Recovery 反打，归正，回中

反打方向只是整个修正过程中的第一步。如果修正量足够，车尾的外滑会减慢并最后停止，紧接着就是一次车身荷重的向内回摆，这个节点被称为“归正”，这是“回中”的信号，此时要迅速回正方向。

车身向内回摆的瞬间会很短，但也很重要。如果你回正方向的速度不够快，车尾就顺势会向反方向侧滑。

每一次侧滑都要用反打方向来修正，然后通过车身归正给出的指示回中方向。在这里，打方向起到了主要作用，但也可以使用油门作为辅助。

## Combining Steering and Throttle for Control 结合油门与方向的修正

具体怎么应用油门取决于转向过度的起因。如果是因为你弯中松油门导致，你可以尝试通过踩油门来恢复后轮牵引力。

如果起因是因为你油门踩得太狠导致动力滑胎，你可以松一点油门，释放部分用于加速的牵引力用于转向。

踩油门要轻柔。新手和老手在这种情况下的通病都是过度反应，总喜欢用地板油来解决所有问题。要记住，油门的细小变化对于车辆，尤其是极限状态下过弯的车辆，有着极大的影响。

目前我们关注的是车辆从弯道加油点到出弯点的这一阶段，这一阶段需要结合转向和加速两项技能。

接下来你就会看到结合运用转向和减速两项技能，你也能让车辆以极限速度通过弯道的前半段。这里需要用方向和刹车来维持车身平衡，但你会发现这比加油出弯难多了。你也会发现，正确入弯比正确出弯节省的时间少的多。

## Braking And Entering 刹车与入弯

缩短圈速的最后一步就是刹车技术了，这项技术通常称为“刹车与入弯”。

### Lose Speed Quickly 高效减速

入弯时有两个基本目标。第一是缩短从刹车点到弯道加油点的通过时间，刹车的时间越短，意味着有更多时间踩油门。方法就是尽可能地刹车。

### Lose the Right Amount of Speed 准确减速

和高效减速同等重要的是让车子精确减速。如果刹车太早、太重、太长导致减速过多，出弯速度也会被拖累。

而如果减速不充分，以过高的速度入弯，最好的情况，也会使你因为需要继续刹车而不得不推迟弯道加油点。

### Braking Fundamentals 刹车基础

了解刹车中的力学常识必要。

和转向、加速一样，刹车同样使用了轮胎的抓地力来减慢车辆。使用合适的轮胎，通常是抓地力更强的，能够显著提高车辆的刹车表现。

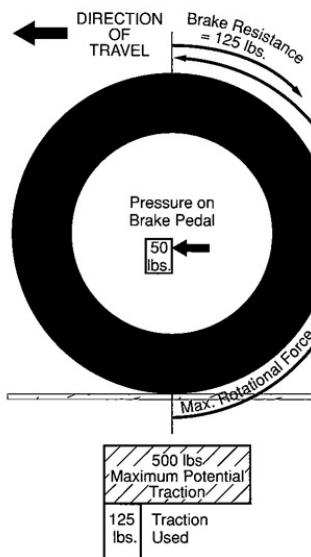


图 2-9 刹车压力较轻的情况下，阻止轮胎滚动的刹车作用力小于轮胎能产生的最大牵引力。

轮胎产生的牵引力部分取决于施加于其上的压力。比如，一个承压 500 磅的典型赛车轮胎，施加给地面的压力也是 500 磅。

这 500 磅等同于你可以使用的牵引力的量。你可以加速、带油转向、带刹转向，或者，来一个 500 磅的直线临界刹车。

你踩在刹车踏板上的压力通过液压系统传递至卡钳，压迫正在与轮胎进行同角速度旋转的刹车碟，产生刹车作用力。刹车作用力的方向正好与轮胎旋转的方向相反，在图 2-9 中我们用顺时针箭头来表示它。你通过控制踏板的力量来控制它的大小。

如果用 50 磅的力量踩刹车，刹车系统会产生 125 磅的作用力，消减之后，轮胎还剩下 375 磅的牵引力可用。

刹车液压系统会放大你施加在踏板上的力量（图 2-10）。

随着刹车力量越来越大，全部 500 磅的轮胎牵引力会被一点点耗尽。通过图表你可以看到，当刹车作用力提高到某个值时，保持轮胎转动的所有牵引力都会被耗尽。如果要高效刹车，这就是合适的峰值力度。

### Threshold Braking 临界刹车

临界刹车的目标是尽可能地将你的刹车压力保持在这个力度。通常此时轮子会以 15% 的速率减速。这是个非常难以捉摸的平衡点。少一分则刹车距离增加，多一份则抱死。我们称这种状态为“临界”。

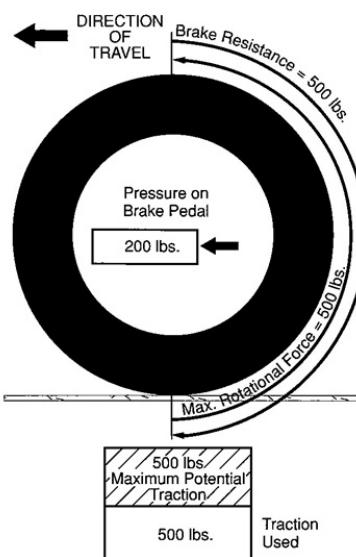


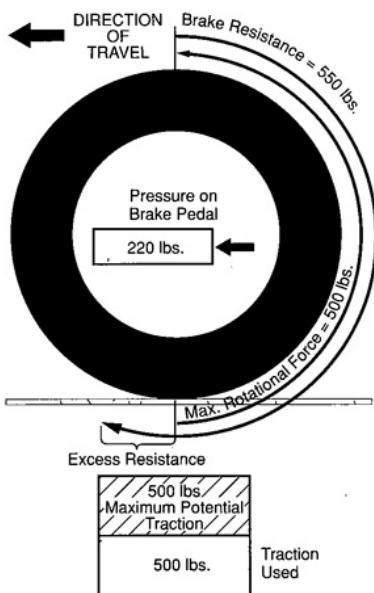
图 2-10 增加刹车压力则会耗尽轮胎抓地力。图中，刹车作用力等于轮胎牵引力，这就是临界刹车。

Brake Pedal Pressure (in lbs.)	Brake System Force (in lbs.)
50	125
100	250
150	375
200	500
220	550

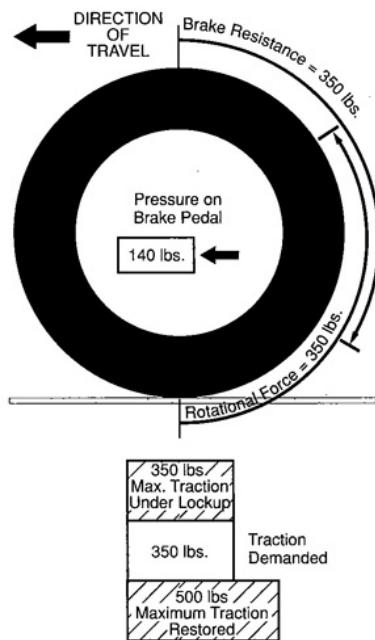
## Lockup 轮胎抱死

如果继续踩刹车，刹车压力超过 200 磅，刹车作用力超过最大牵引力，轮胎就“抱死”了。当轮胎不滚动时，最坏的事情就发生了。

抱死时，轮胎牵引力只剩下 70%。原先是 500 磅，现在是 350 磅。且刹车时间变长，同时还会磨损轮胎，在与地面的接触点上形成平斑。



**图 2-11** 当刹车作用力大于轮胎最大牵引力，轮胎就转不动了。



**图 2-12** 当轮胎抱死时，最大牵引力只剩下原来的 70%。松刹车可以消除抱死并恢复轮胎的全部牵引力。

## Brake Modulation 调整刹车力度

为了让轮胎重新滚动，你需要减少刹车作用力直到小于 350 磅，轮胎残存的牵引力才会让它继续开始滚动。当然这不意味着“松开刹车”，要“减少”而不是“撤销”刹车作用力。一旦轮胎恢复滚动，其最大牵引力又回复至 500 磅，你就可以再次尝试临界刹车。

从理论上看，临界刹车就是刹车作用力与轮胎最大抓地力相等。但在现实中，因为要应付前后两对轮胎，处理起来会更复杂些。

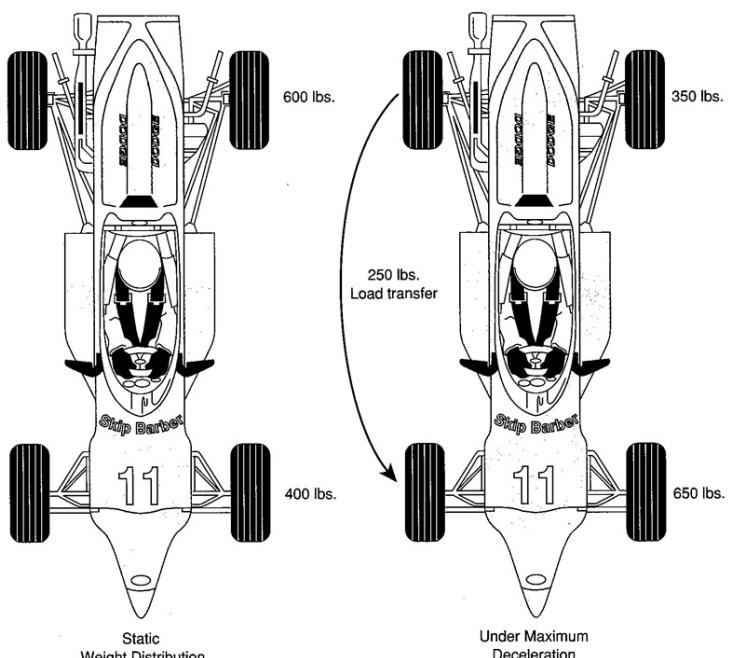
## Brake Bias 刹车平衡

驾驶员施加的刹车压力通过刹车油管分别传递至四个轮胎产生刹车作用力，但四个轮胎平分刹车压力的情况很少见。速度变化或者转向产生的惯性会导致荷重在前后轮、左右轮之间转移，改变轮胎的抓地力。

**图 2-13** 是教学用方程式赛车静止时的受力分布图。总共 1000 磅的质量，后轮 600 磅，前轮 400 磅。但当车子跑起来，就完全不是这样了。

加速时，惯性（根据牛顿第一运动定律，它阻止车子改变其原有状态）将前轮的部分荷重转移到后轮上。转移的量取决于车辆中心、轴距以及加速度。减速时则相反。

减速时，我们的方程式赛车最高能转移 250 磅荷重至前轮，使前轮压力增加到 650 磅，后轮剩下 350 磅。据此，合理的设定是前轮分配 65% 的刹车压力而后轮负担 35%。前后轮分配刹车压力的比值称为“刹



**图 2-13** 车辆荷重分布图，静态荷重和运动荷重不一样。减速时，荷重会从后轮组转移到前轮组。

车比”。

大多数街车的刹车比在出厂时就依据其额定载重量和额定减速能力而设为定值了。对追求极限表现的赛车来说，这种一刀切的设定不够用。

所有的赛车都配备了刹车比调整器（图 2-14）。有些是驾驶员自己实时调整的，有些得进站让技师调整。目的只有一个，让作用于前后轮的刹车作用力尽可能与其最大牵引力相等。



**图 2-14** 刹车比调整器可以让车手在比赛中迅速调整前后刹车压力。

两者之中，前刹值的宽容度比后刹值大。如果前轮意外抱死，车子至少还会直行，后轮在刹车和引擎制动的双重作用下，起到类似箭羽的作用，让车尾顺从地拖在车头后。

如果后轮抱死，那么路面起伏、横风甚至最轻微的方向盘转动都可能让后轮侧滑。这一点也不有趣，尤其是当你以极高的速度冲向直道末端的弯道时。

## How Much Different from the Street? 专业和业余的区别

赛道竞速和日常驾驶的不同只在于贯注其中的力量更大。

作为给读者的提醒：没有一个弯道是相同的，所以想要通过练习一个弯道来吃定所有入弯是不可能的。有的入弯要求你从 180mph 减速到 25mph，有的则要求你从 70mph 减速到 68mph。这两种情况所要求

的技术是不一样的，更别说还有两者之间的更多的情况。

## Components of Corner Entry 入弯的四个阶段

尽管入弯的情况多得数不清，但有几个基本组成部分却是天下尽然的，可以分为 4 个阶段。将来你会发现，有些弯道只需用到 4 个中的 1 种，但现在，我们先来粗略介绍一下。

**阶段一：**松油踩刹。松油门，踩刹车，听起来很简单，却可以有很多种操作法。可以是小心地渐渐松开油门，然后踩刹车，也可以是迅速从全油门转换到全刹车。

**阶段二：**直线减速。车辆直线前进时，你可以使用直线临界刹车。

**阶段三：**带刹转向。你可以在刹车和转向之间分配固定比例的牵引力，也可以一边减少刹车与一边提高转向牵引力。

**阶段四：**松刹踩油。视情况，可快可慢，还可以在完全松开刹车与开始踩油门之间稍微停顿一下。

接下去的章节里，我们会对每一阶段进行深入解读。

## The Analytical Racer 分析型车手

在这章里，我们介绍了一些成为优秀车手必须要掌握的知识。你可以看到，比起本能和天分，计划更具有重要性。

对于怎么攻略赛道，好车手心中有谱：这里要刹车、那里要降档，这里要切弯、那边要踩油门，了然于胸。

刚开始时你还会刻意铭记这些要点，但技术熟稔之后，你就可以腾出心智，将目光投向更长远之处，这会引领你走向胜利。

“Nelson Piquet，三届世界冠军，告诉我说他有一次被宝马邀请去参加纽伯格林北环—14 英里 176 个弯—举办的 Pro Car 比赛。他从来没去过所以他说‘好，但我要 3 辆车，并提前一星期过去。’他带着 3 辆车，爆了其中一台的缸，撞坏了一辆，开废了另一辆。但是，一周之中他把这条赛道开了 400 圈！最后他轻松夺冠。”

—Danny Sullivan

“你得有实验精神。就算找到了一条不错的走线，你还是得继续寻找更好的。就算在比赛中，如果我感到还有多余的抓地力，我也会改变行车线。但我的改变很细微，如果确有改进，我也会每圈一点点地修正路线，而不是跳跃式的。”

—Bryan Herta

“我很庆幸当我还是个孩子时就能够不间断地联系驾驶了。我们回去康涅狄格州的 Thompson，在那里，跑一整天只要\$5。我不停地跑啊跑啊跑啊，不是很快，但积少成多，我拥有了大量经验。”

“我们会在切弯点放一枚硬币，因为听说不知哪处的 Grand Prix 车手能每一圈都轧到硬币。我也这样练习，从而对车子有了非常精确的了解。”

—David Loring

“你绝对需要参照点。你不可能天马行空地开车。你要找到属于自己的参照点—这样你的圈速才有一致性。有很多赛道很难找到参照点，譬如 Cleveland，平平无奇，这种情况下你得更用力地发掘参照点。”

—Danny Sullivan

“当在新赛道比赛时，我会想尽一切办法早到并试驾。我会租一辆车开，骑摩托车也行，甚至我还会骑自行车溜一圈。如果不这么做，你就得在比赛时学习这条赛道。”

—Danny Sullivan

## 第二部分

---

---

### **Developing the Basics**

进阶

## 第三章 The Real-World Line 现实中的走线

现实中的赛道情况之复杂远超理论,有许多因素会影响行车线。

上一章我们大致了解了如何挑选最佳行车线,但现实驾驶中,情况会更复杂,我们不得不考虑更多因素。

### Speed Changes Things 速度带来变化

即便是最简单的弯道,判断入弯过早(浅切弯)的方法也需因速度的提升而不得不改变。在远低于车辆过弯极限的车速下,如果需要在弯道的后半段补打方向,就可以判定是入弯过早了。随着速度的不断提升,我们越来越迫切地需要提早知道是否入弯过早,以避免车毁人亡。

#### Early Apex Diagnosis 知错要早

图 3-1 中,沿着最理想的行车线可以让我们以 55mph 的速度过弯。

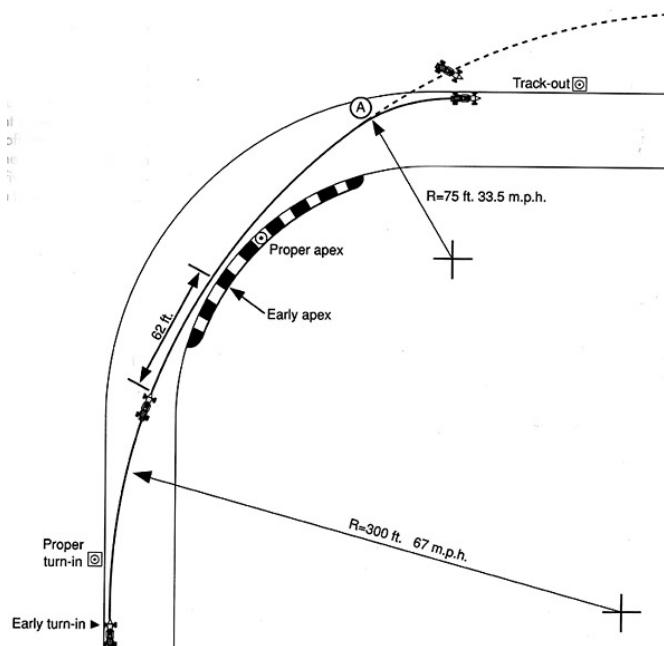


图 3-1 极限状态下入弯过早,且迟迟没有认识到问题将使车手面临险境,过了 A 点之后不管你做什么,车子都将冲出赛道。提前 5 个车身认识到问题,情况或许还有救。

如果提前 3 个车身的距离开始转向,入弯的行车线弧度会变大,不知不觉我们就以 67mph 的速度冲向弯心,如果到了 A 点才意识到入弯过早,那就麻烦了: 我们将要让车子以 67mph 通过上限只有 33.5mph 的行车线才能不冲出赛道,毫无疑问这不可能。所以,尽管肇因是入弯过早,但让悲剧无可挽回的是觉悟太迟。

如果失误但及早认识到,结果就会改观。在距离弯心 67 英尺处就认识到问题,回正方向,大力刹车,或许我们就可在 A 点处将车速降至 33.5mph,这样就可以不冲出赛道。

所以驾驶时请牢记这条准则: 速度越快,就必须越早发现并纠正失误。上述例子中,如果能在距离弯心 90 英尺认识到问题,那就更为理想了。

Mario Andretti 是 1978 年的世界冠军,接受了不计其数的采访,其中一次,有人问他如何才能发挥出完美状态,他回答说: 没有车手是完美的,高手和低手间的区别在于前者能更快地认识到错误。

达到这种境界需要具备两种知识:

第一, 知道最佳行车线所在;

第二, 知道赛车所在,每时每刻,精确到英寸。为此我们必须要设定参照点,用以比对自己和入弯点、弯心及出弯点的位置。在那些入弯点到弯心距离很长的高速弯道上,我们甚至会需要设定多个参照点。低速试车时我们要默记各点与车身间的相对位置,这样速度加快后,一旦发现车身位置相对参考点靠近内侧了,我们就知道切弯过浅迫在眉睫了。

#### I Know it's Coming – Now What? 修正失误

一旦发觉入弯过早的征兆,我们就得把注意力从如何高速过弯集中到如何安全过弯。

需要做两件事: 第一, 减速,因为我们将要在弯道后半段大大缩小转弯半径。

此时如果我们正带刹入弯,可以迟点松刹车;如果是条不需要太多刹车和转向的弯道,可以保守些,仅带一点必要的油门保持车身平衡,但到了转折处一定得松油门;如果是千钧一发的危急关头,那就赶紧回正方向,作临界刹车。

第二, 让车子尽快回到最佳行车线上,最好是在到达弯心之前。如果能成功让车子以正确姿势切过正确的弯心,接下来我们就能重新以正常的走线跑后半

段弯道，追回失去的速度。

为什么要说“正确姿势”？当车辆正确切弯时，不仅是贴到弯心就行，车头还得指向正确的方向。转向不足是最常见的情况，贴到弯心但车身指向不正确，如图 3-2 中的 1 号车，其后果和浅切弯如出一辙，在弯道的后半段不得不缩小转弯半径；2 号车的姿势是正确的。

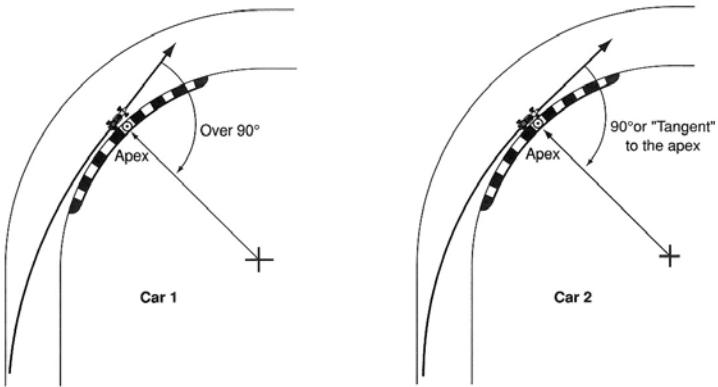


图 3-2 两台车都贴到了弯心，但 2 号车才是才是以正确姿态切弯。

因此我们还得设定一个用于比对车头指向的参照点，这会比从一个点开到下一个点稍难，但重复刺激会让正确弯心和弯道的场景自然烙印于我们脑海中。

### Using a Sight Picture 让“感觉”引导你

这种场景，我们很多教练都喜欢称它作“印象”。日复一日地攻略赛道，我们的大脑会对赛道形成一种透明的、超然物外的通感。如果眼前场景异于脑中印象，就说明出错了，要迅速找到失误原因，并修正下一步的操作。

其机理很简单，和 6 岁孩童初次学接棒球是一样的。他们对于空气动力学和抛物线原理一无所知，初次尝试也注定不会成功。但随着练习，他们的大脑开始对球往哪里飞有了认识，在成千上万次的练习后，优秀的捕手甚至能在球刚一触棒的瞬间就飞奔向球的落点。

所以，尽管每个人的练习次数、身体协调性、运动秉赋各不相同，但放心，你绝对能培养出这种“印象”能力。

### Reference points VS. “Feel” 参照点 VS 感觉

尽管我们建议用参照点来规划走线，但还是要让你知道，开了 15 赛车，积累了这个量级经验的顶尖专

业车手是使用“印象”来感知方位的。新手的驾驶是从“点”到“点”，慢慢地会成长为凭借“印象”驾驶，这是成长的共通途径。需要指出的是，“印象”之间是不可比较的，一种“印象”不见得比另一种好，它只适用于个人。

### Early Aping at Speed 判断高速下的入弯过早

虽然大多数车手的走线基本正确，老练的车手也不会像菜鸟一样提前 30 英尺入弯，但在极限速度下，些微差池仍可能导致很大的出入。因此当我们以极限过弯，需要靠不同的方式才能更快觉察出入弯过早或过迟。

首先，和低速下一样，只要我们在弯中需要补打方向，就说明有问题。车手 Mark Donohue 总会在方向盘正中贴上一道黄胶带，用以在出弯时观察方向盘指向，如果仍旧指向弯道内侧，那么就是入弯太早、切弯太浅了。

正常情况下，出弯时我们应该逐渐回正方向盘，如果无法做到，下次就应该延迟入弯。当然，也会有例外，如果过弯时已达到车辆极速，再也不能更快了，那么出弯时保持方向盘角度不动也是可以的。

### Late Aping at speed 分辨高速下的入弯过迟

高速状态下入弯过迟是把双刃剑。虽然在弯道前半段要做的转向较大，但出弯时只需修正一点点方向便可全力加速。

刀锋的另一面是，入弯速度会降得很低，在先前的例子中，如要推迟一个车身的距离入弯，通过弯心的速度会降低 5mph。

有些赛车可以慢的不多，有些可以在出弯时补回这些速度，有些则永远没有机会追回这 5mph。我们或许能侥幸靠前半段的牺牲提高最后的出弯速度，但大多数的情况是赔了夫人又折兵。

如何分辨得失？一种直观的方法是，如果感觉出弯时回正方向太容易了，那么极有可能已经入弯过迟太多了。

由此衍生出的一个很值得学习的技术是养成在每一个出弯处查看转速表或车速表的习惯，也叫做“渐进探索法”。在寻找最佳入弯点和弯心的过程中尤其有用。它以推迟入弯（深切弯）开始，一点一点地提前入弯点，并观察每次出弯时的转速提升，如确有提高就继续，直至入弯过早的征兆出现为止。

## Shortcut to the line 通用弯道模型

世上最缺的东西是时间，如果我们有花不完时间可以练习就好了。幸运的是，有一些功课能让我们不需上赛道也能提升成绩。那就是在我们寻找最佳行车线的过程中，总结出的一系列通用模型。

### Constant radius corners 定曲率弯道

半径固定的弯道，称为定曲率弯，图 3-3 中的弯道半径从头到尾都是 100 英尺。这种弯道的弯心一般就位于几何正中处。

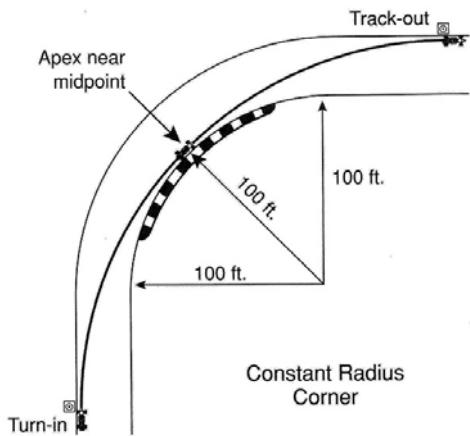


图 3-3 在定曲率弯道，切弯点位于中间

在这种弯道上，没必要从弯道后半段开始“渐进探索”，找一个稍偏后于中心点的位置开始就可以了。

注意，定曲率弯道并不总是 90 度的。从 120 度的高速弯到只有 10 度的发夹弯都有可能。

### Decreasing Radius Corners 减曲率弯道

后半段半径小于前半段的弯道叫做减曲率弯。图 3-4 中，这种弯道的弯心一般都会比几何中心点偏后很多，是典型的需要深切弯的弯道。

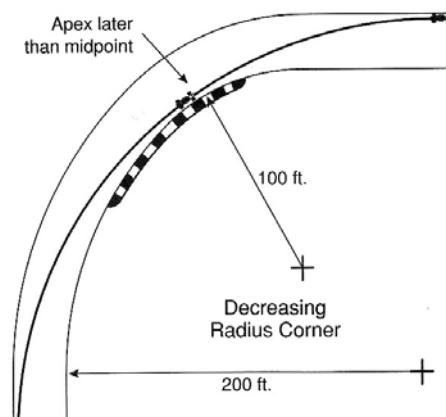


图 3-4 减曲率弯道，往深处切弯

### Increasing radius corners 增曲率弯道

后半段弯道半径大于前半段的弯道称为增曲率弯。图 3-5，弯心比几何中心点靠前，相应地入弯点也需要提前很多。

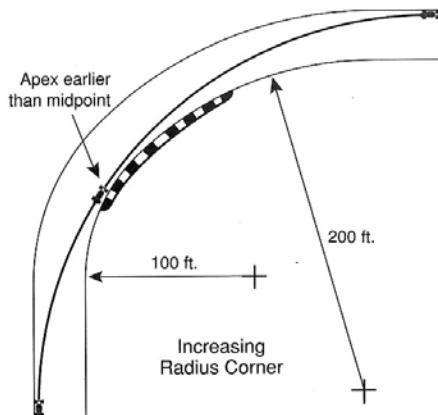


图 3-5 增曲率弯道，往浅处切弯

### Hairpins 回头弯

图 3-6 中弯道半径 100 英尺，行车线半径 130 英尺，最高过弯速度 44mph。攻略这种弯道时有多种选择，比如可以在中心点处切弯，也就是先转 90 度，然后再是 90 度。这种跑法以定曲率行车线通过弯道，出弯时的速度跟入弯时一样，都是 44mph，不够快。

我们可以创造出半径更大的行车线来：不要把这个弯道当作是一个整个 180 度弯道而是分割成 2 个 90 度弯道。这样可以以更高的速度 55mph 入弯，并在出弯时达到同样的速度。（图 3-7）

这种跑法的优势在于，半径更大的行车线可以让出弯速度比先前提高 11mph，而劣势在于，在弯道中段要把车速降到低于 30mph 才能转过头来。因此若要发挥优势，我们需要一辆能从 30mph 迅速加速到 55mph 的车。要是车子性能不够，双次切弯就没有意义。

打个比方，一台标准的 Indy Car 能以 1G，也就是每秒 22mph 的速度加速，很强劲。一台 Formula Vee 搭载只有 65 匹马力的引擎，显然就孱弱的多。对小马力车而言，避免行车线半径的急剧缩小是必须的，这种车适合那种定曲率，最好还是增曲率的行车线。

最常用的回头弯跑法，尤其是半径很小的那种，是在弯道 3/4 处深切弯。如图 3-8，入弯时确实会损失一些速度，但没双次切弯损失的那么多。其重点在于尽早提速出弯，并让出弯速度最大化。

上述分析并不意味着只有 600 匹马力的劲车才能

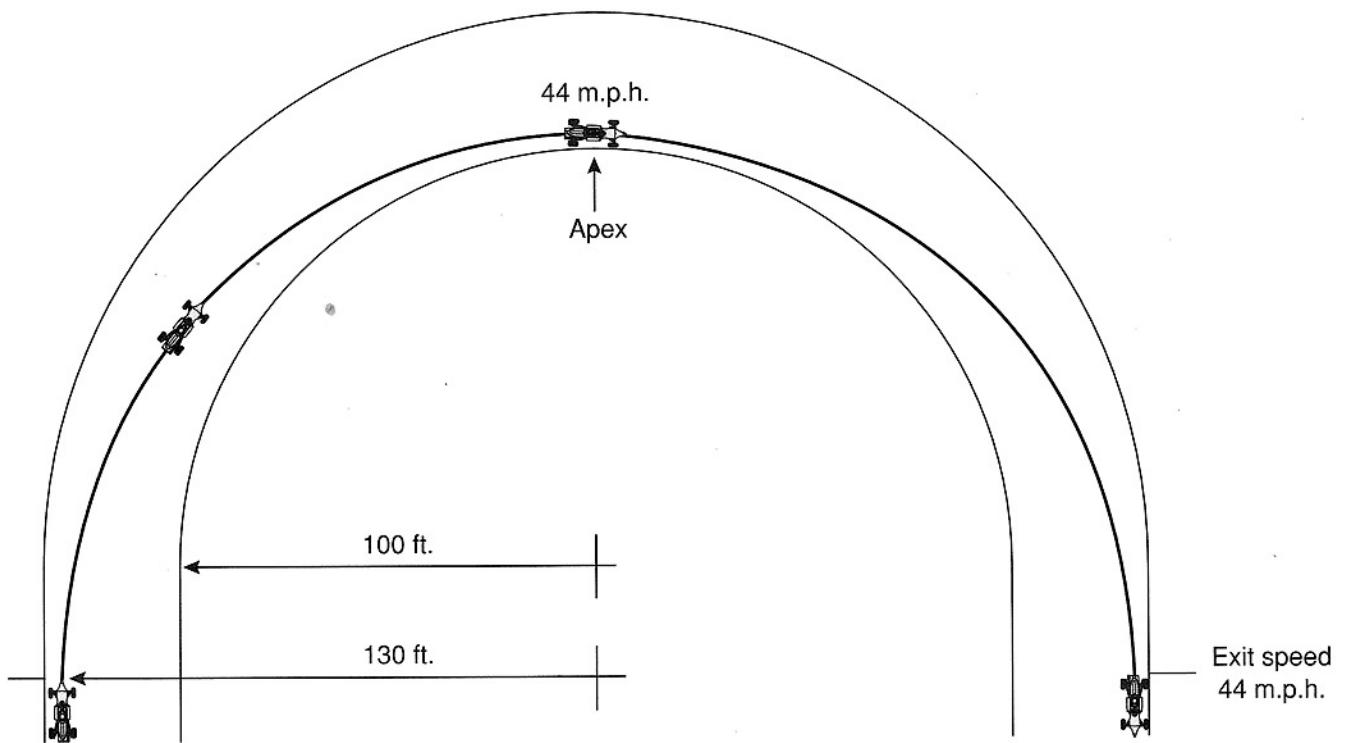


图 3-6 回头弯的普通走线，单次切弯的跑法限制了过弯速度。

做双次切弯。如果此回头弯很长，半径高达数百英尺，在两次切弯间需要扭转车头的角度就会很小，速度也不会下降太多，如此，即便不是大马力车，也能享受到双次切弯的好处。

在图 3-9 半径高达 450 英尺的弯道中，两次切弯间的速度下降了 18mph，比先前半径 100 英尺弯道中的 25mph 少多了。当回头弯的半径越来越大，他们会被归到高速弯一类，两次切弯间的速度下降也越来越

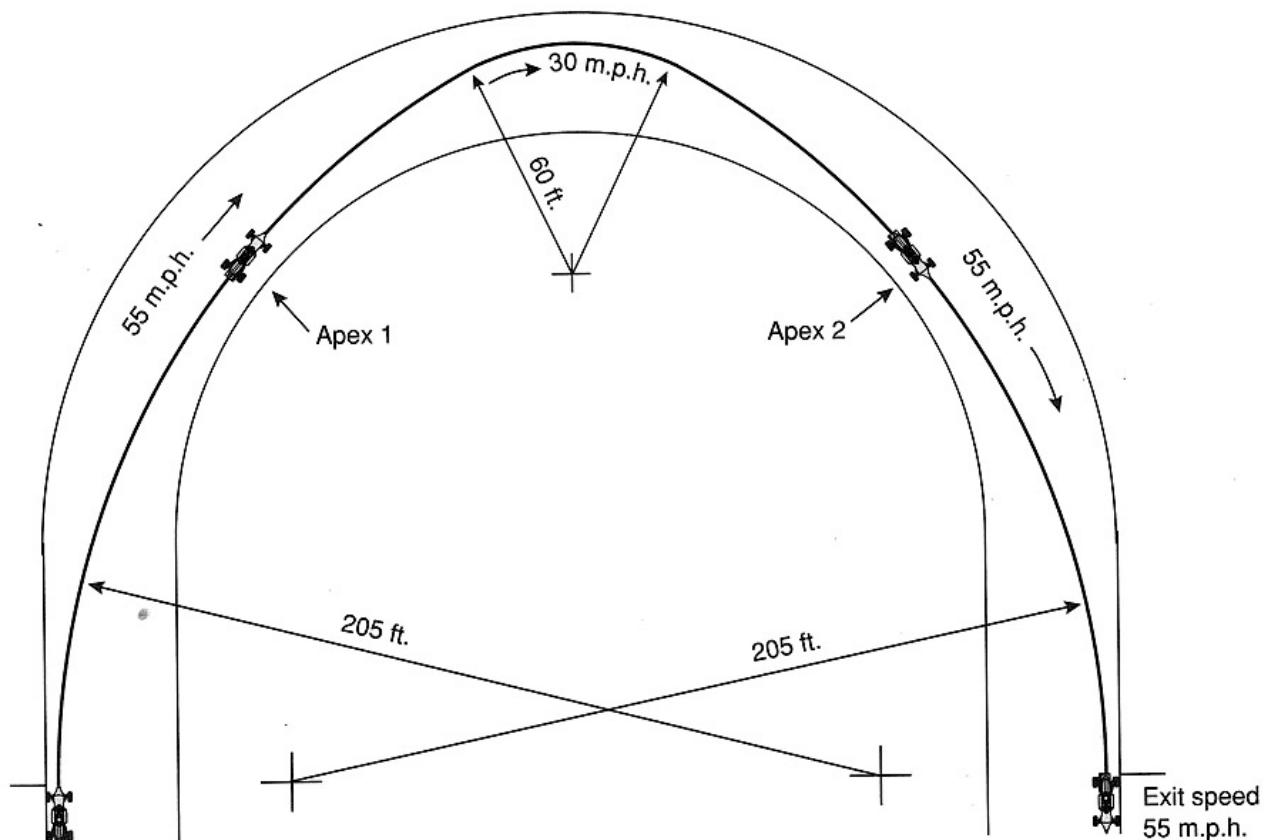


图 3-7 双次切弯法，出弯和入弯的速度高，中段的速度低。

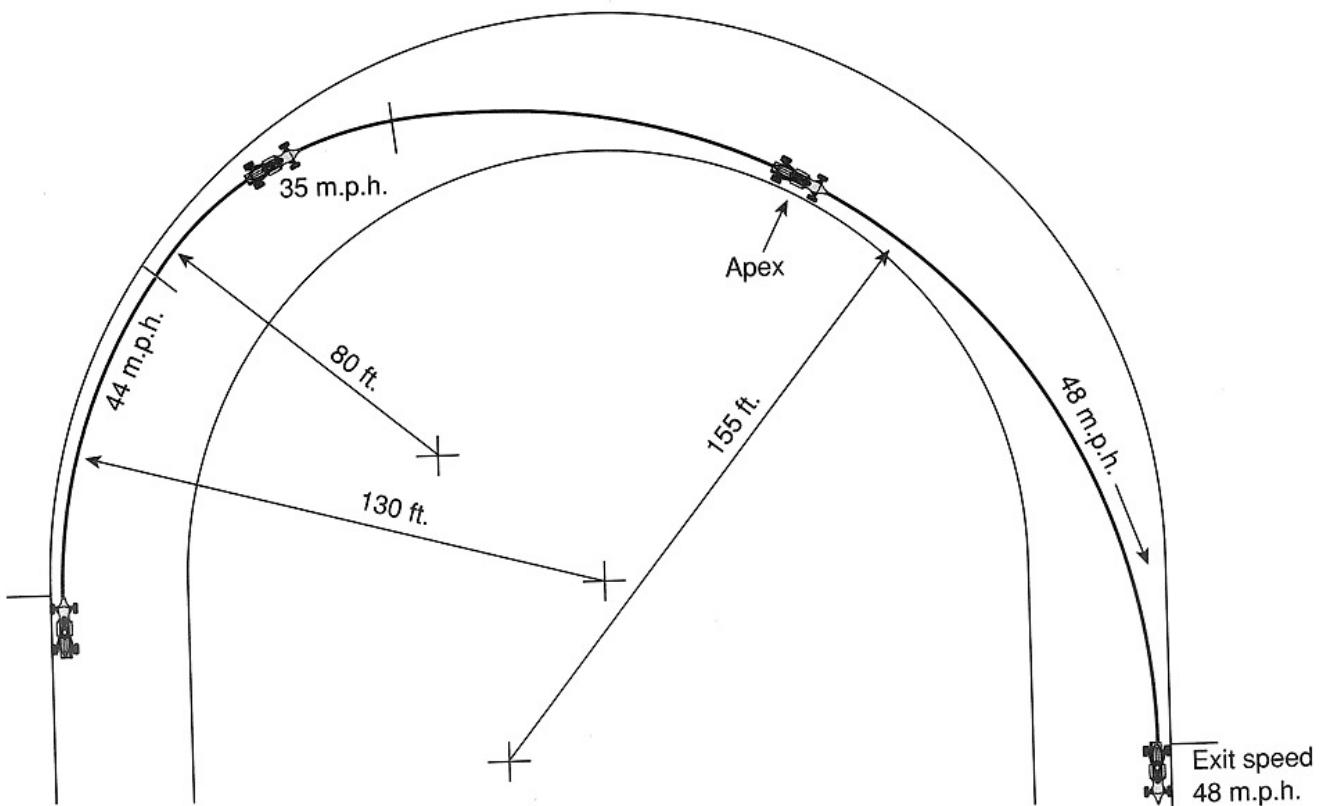


图 3-8 回头弯尤其是发夹弯最常用的走线，典型的延迟入弯跑法，注重出弯速度，特别适用于紧接大直道的回头弯。

少。

在这一节中，我们给出的行车线半径和车速只是示意用的。车辆不会瞬间降速并从一条行车线变换到

另一条上，车速和行车线半径都是同步渐变的。

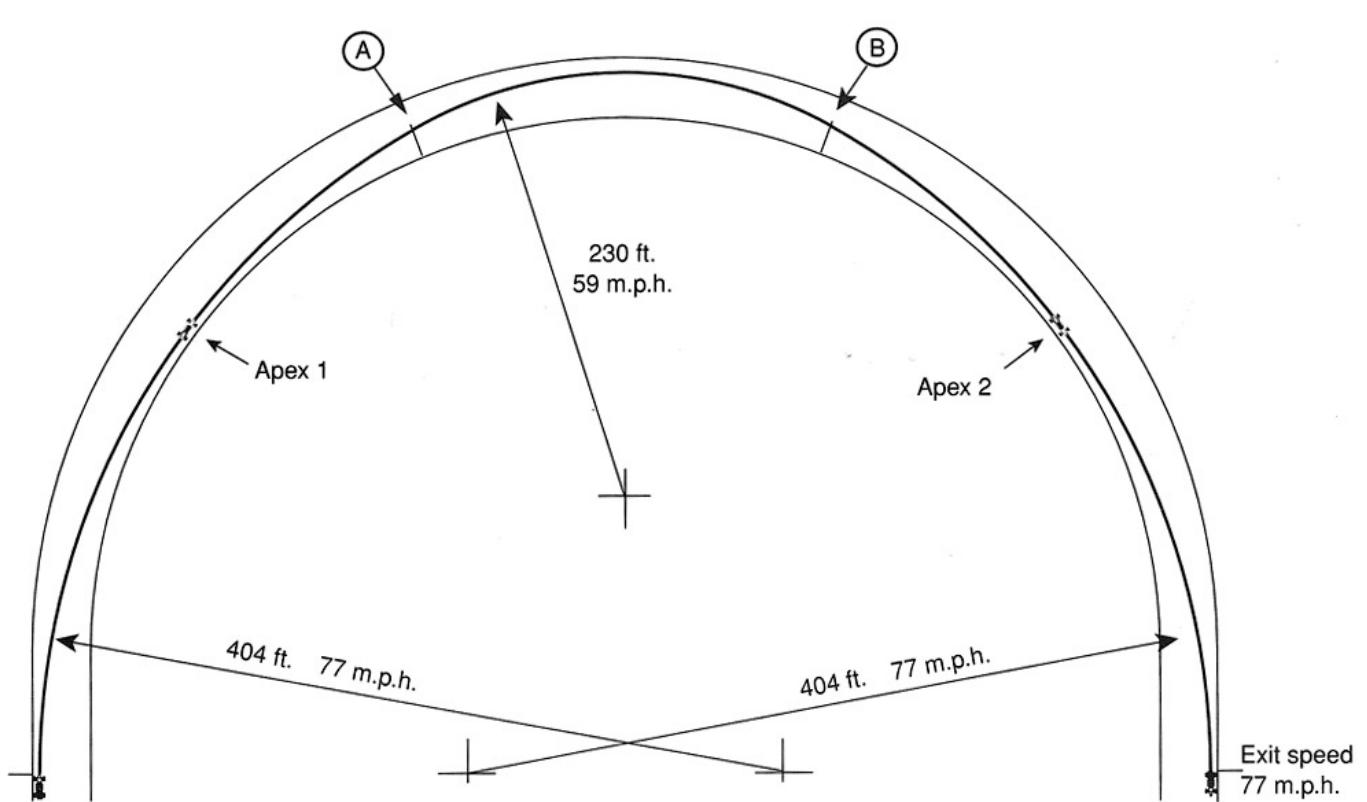


图 3-9 回头弯半径越大，A、B 两点间这段行车线弧度也越宽松，使得双次切弯中的速度起落不那么突兀。

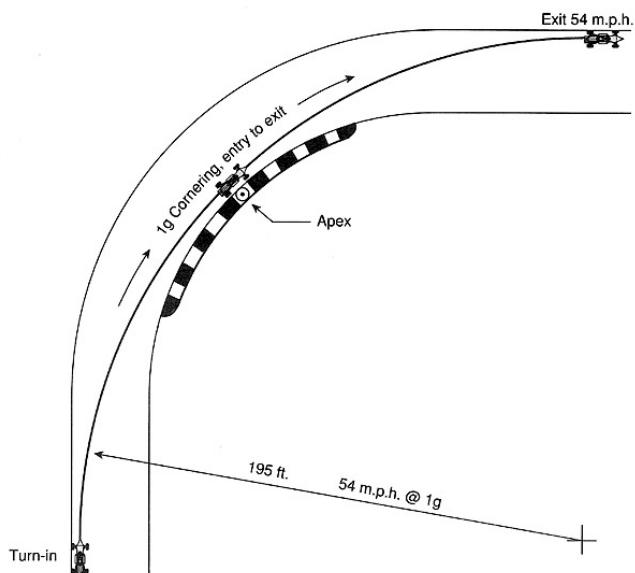
## Beyond Geometry 跳出平面

通过观察弯道平面图，我们能大概知道弯心位置。但现实中的弯道是立体的。

### Changing traction 路面改变牵引力

通常攻略定曲率弯道的方法是让车辆在前后半段弯道各转向一半角度。

这样的前提是车辆在前后半段弯道的转向能力相同。**图 3-10** 中的弯道看起来就像是夹在两条曲线中的一块平地，但如果立体地考察它，就会发现情况复杂得多。



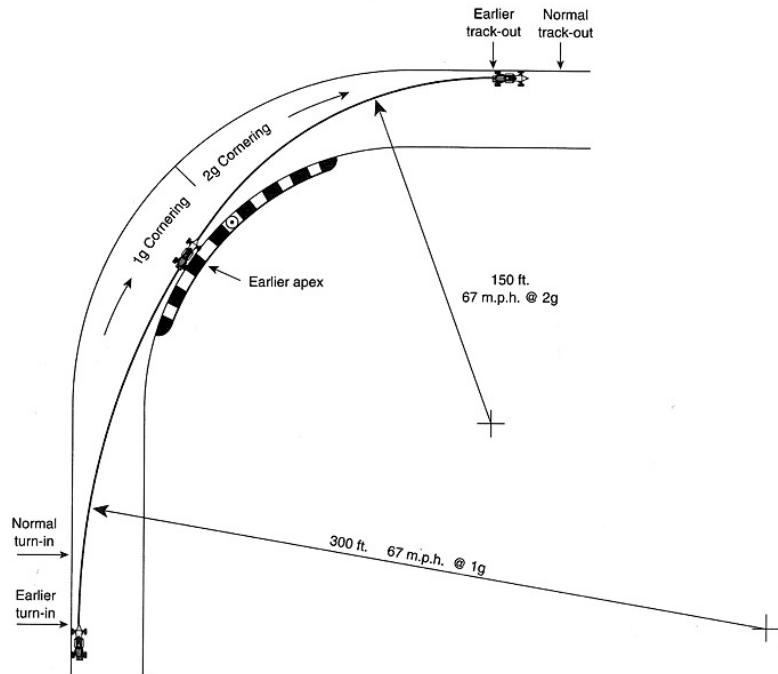
**图 3-10** 如果车辆转向力保持一致，前后半段弯道各转一般的向。

打个比方，如果后半段弯道可以让车辆拥有两倍的转向力（侧向牵引力），**图 3-11**，这就允许我们提早转向，以更高的速度 67mph 入弯，所需要的转向可以更多地留待后半段再做。如果仅仅停留在平面的角度看待弯道，我们就会按 195 英尺半径的行车线跑出 54mph 的速度，比实际弯道允许的 67mph 慢 13mph！

这种导致车辆转向力变化的弯道的攻略原则是：如果车辆在后半段的转向力更好，那么就提前入弯、浅切弯（**图 3-11**），如果反之，则延迟入弯、深切弯。

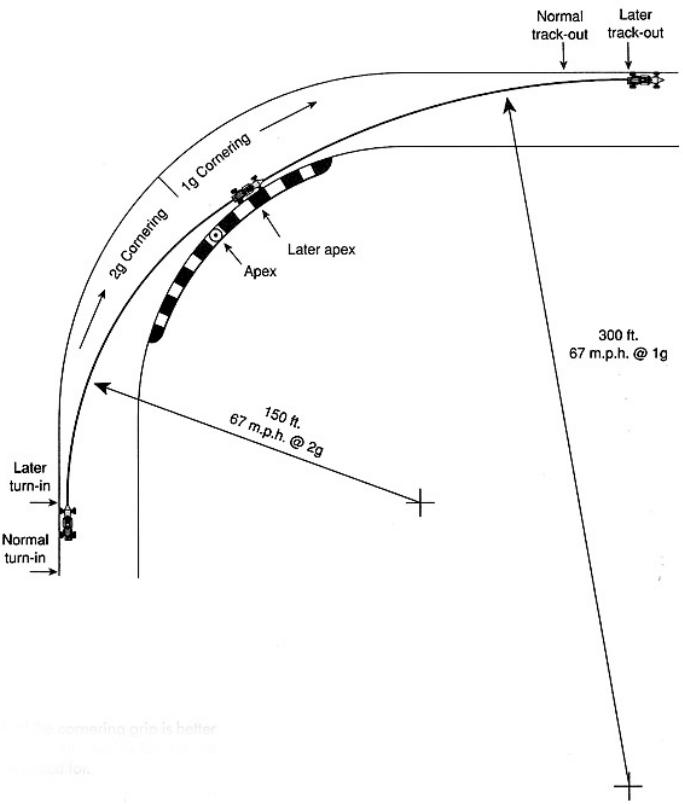
抓地力和转向力紧密相关，任何能影响轮胎抓地的因素都应在选择走线时考虑进去。简单罗列如下：路面材质、碎片、温度、起伏、弹跳、以及侧倾。

很少有一平如镜的赛道，任何高低变化都会影响转向力。我们先来观察车辆在平整路面上的表现，再来比照侧倾路面的情况。



**图 3-11** 如弯道后半段抓地力好于前半段，提早入弯。

**图 3-13** 是一台重 1000 磅的赛车正在以极限速度右转。如果它是台 1G 赛车，4 个轮子都在全力输出侧向牵引力，总计 1000 磅，方向向右，用粗箭头标示。对抗这种转向力的是惯性，即物体保持匀速直线运动的倾向，在此表现为离心力，以同等大小，相反方向对抗转向，以较细箭头标示。平路上，轮胎产生的 1000 磅转向力对 1000 磅离心力，正好平衡。



**图 3-12** 如弯道前半段抓地力好于后半段，延迟入弯。

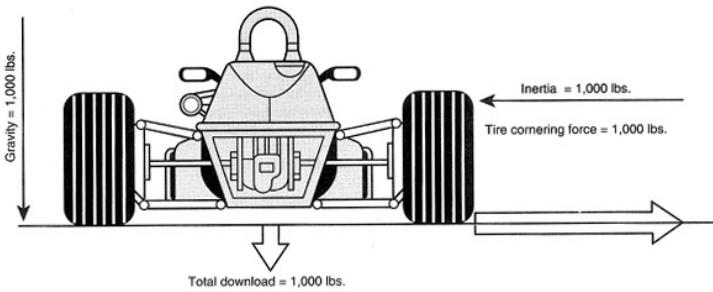


图 3-13 在平地上，重力完全转化为轮胎下压力。

## Banking 侧倾

如果路面是倾斜的，这种平衡就随之改变了，图 3-14 中，路面内倾（向弯心）5 度。

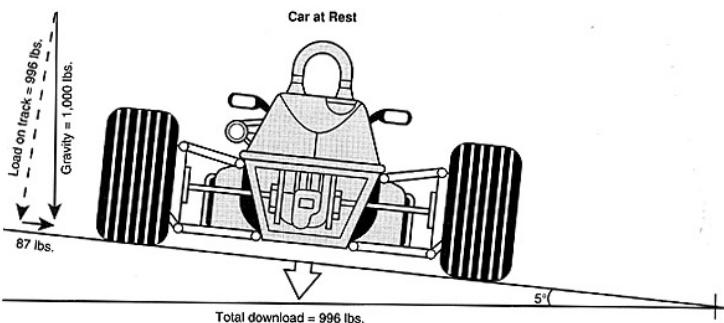


图 3-14 即便角度很小，侧倾也会影响下压力，从而也改变转向力。

首先要计算的是轮胎对地面施加了多少压力。就像我们先前学到的，轮胎的下压力和转向力是紧密相关。

当车子以 54mph 的速度通过半径为 195 英尺的弯道，产生 1G 的转向力，离心力的作用方向就和在平地上的不同了。图 3-15 中用粗箭头表示离心力，其中有一小部分转化为垂直于路面向下的压力，因而提高了车辆的抓地力和过弯极限。

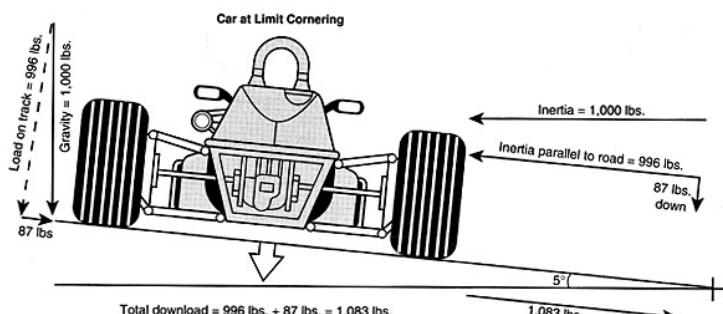


图 3-15 侧倾路面上，一系列因素整合在一起增强了车辆转向力。

此处 1000 磅的车的离心力会产生 100 磅的额外的下压力，将转向力提升了近 10%。10%不容小觑，这是多少赛车设计师绞尽脑汁梦寐以求的。所以内倾路面的好处之一是产生额外的下压力来增强抓地。

好处之二，重力能帮助车辆转向。稍作计算，5

度内倾路面上 1000 磅的车重只有 996 磅垂直施加于车轮，而另有 87 磅的力平行于地面成为侧向牵引力，把车辆推向弯心。

因此，即便是很微小的内倾，甚至是一点点路拱，也会对车辆的转向性能和过弯极速产生显著的影响。图 3-10 的弯道中，如果弯道后半段的内倾角为 5 度，那么一台 1G 赛车能开到 59mph，比原先的 54mph 快 5mph。

利用好内倾，例如，提前入弯，我们就能同时提高入弯速度和出弯速度。通常 1 度内倾的路拱也能将抓地力提升 3%。

目前为止我们看到的都是关于路面侧倾好的一面，但有时它会发展到负面，例如外倾，车子会失去部分抓地力并滑向外侧。

## Multiple Camber changes 多角度侧倾路面

椭圆形赛道和一些特殊赛道会经过仔细平整及精确计量，但大多数赛道的路面没那么考究，很多时候，同一个弯道中会蕴含多种角度的侧倾。。

经典案例是街道，如大多数高速公路呈中央拱起状以方便排除雨水，给赛车手带来的问题是，赛道横截面将会是图 3-16 中的那个样子。

在入弯点，赛车所处的外侧赛道是外倾的，转向力较低，之后随着入弯逐渐改善，并在弯心处达到最佳，从弯心到出弯点，路面复而从内倾变为外倾，抓地力减弱。我们务要扎实掌握这些影响过弯性能的路面因素。

有些车手不愿意下功夫研究路面，结果就是知其然而不知其所以然。车队跑到陌生赛道上去做练习，车手跑了几圈后告诉技师：“不知道为什么，入弯时转向很难，到了弯心才好些，不过到了出弯时车子又漂了，你看看是怎么回事。”技师听了就以为是车辆存在问题，结果就导致错误的调教。

典型的高速公路中央比两边高出 4-6 英寸，也就是正负  $1\frac{1}{2}$  度侧倾。对一台 1G 赛车来说，转向力能从 0.956G 变化至 1.044G，听起来很少，却能让我们在弯心多 4.5%，在两头减少 4.5%，变化多达 9%，因此不可不察。

就算在专业赛道上也需要仔细考量路面因素。Lime Rock 赛道的 “The Downhill” 弯是一个紧接直道的高速右弯，入弯点处路面大约是 1 度内倾，入弯同时开始上坡，瞬间车辆下压力激增，到了弯心处内倾更厉害，达到  $3\frac{1}{4}$  度，到了直道上，内倾减至  $\frac{3}{4}$  度，

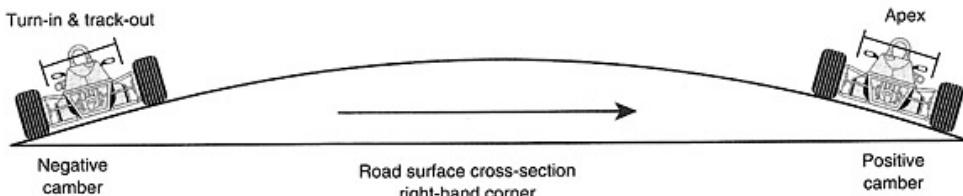


图 3-16 多角度侧倾路面能影响整个过弯过程中的车辆抓地，从而影响行车线的选择。

出弯时则更变为外倾  $\frac{1}{2}$  度，够复杂吧。（图 3-17）

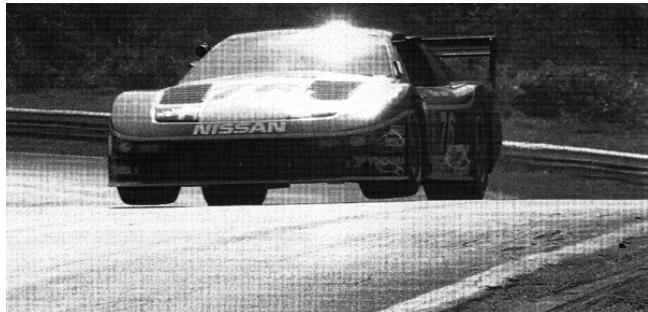


图 3-17 起伏路面能剧烈影响车辆的抓地力。Jeremy Dale 在 Lime Rock 的“Uphill”弯道顶端时前轮都飞离地面了。

### Road surface changes 多材质路面

别以为整条赛道的路面材质是一样的。沥青不便宜，在翻新赛道时，通常只会修复破损最严重的一段，这导致一条赛道上常常存在多种不同质地的路面。可能弯心处是饱经磨砺、风吹雨打的旧路面，出弯处则是崭新的。如果不同材质能影响轮胎抓地力，那么它也能影响行车线。当下这种情况随着街道赛的增加而更常见。

### Bumps 弹跳

轮胎要发挥牵引力就必须和路面接触。如果弯心处的地面坑坑洼洼，轮胎有一半的时间腾在空中，那此时离弯心稍远点或许能让我们跑快点。同样地，出弯点如果很弹跳，尽早回正方向或许更好。

### Elevation Changes 起伏

起伏对走线的影响跟侧倾很像，上坡时，惯性会产生额外的下压力，增加轮胎的牵引力，这会对走线起到重大影响。反之这种影响力也是巨大的，一些下坡处，牵引力甚至会降到零，此时最好别去转向，在翻过坡顶前就把方向回正。

### Slipping Conditions 湿滑路面

大多数情况下走线是可以在赛前就确定的，但有时却需要我们在瞬间做出调整，此类情况诸如沙、尘、残渣、树叶、水、防冻剂以及最糟糕的情况：油渍。降雨是一类特殊的情况，我们会在“雨战”一章中细讲。

以先前的右弯为例，我们正冲向直道末端的弯道，远远望见那儿有一大片沙尘。显然，走线得有所调整，我们有 4 秒的时间来做决断。先别忙着打方向，我们的第一反应其实应该是减速。这听起来是胆小的新手才干的事，但其实是赛车的第一法则：车手总是想着越快越好，却忘了在苗头不好时，减速才是最明智之举。

有时我们可能疏于警戒，这时一个道路标示可能会救我们的命，当看到弯道前方的红黄条旗帜时，千万别犹豫，虽然不是强制减速，但如果忽略了它，结果大多会让我们追悔莫及。

不过有些新手因为太紧张而把车子刹得几乎停下来，经常导致身后的赛车追尾。而且，一台平常的赛车就能以 1G 加速度减速，它能在 1/10 秒内减慢 2.2mph！所以提前 0.1 秒刹车，就会让我们在入弯点处慢 2mph，2/10 秒就会让我们慢上 5mph！所以恰当地减速是门大学问。

减速之后，我们就可以决定该如何修正行车线，可以参考之前我们教的方法，不同的是电光火石间，留给我们深思熟虑时间极少。

通常保险的方法通常是推迟入弯，因为统计发现大多数失控是在弯心以及弯道后半段发生的。偶尔，我们也会在前半段遇到污渍路面，一头冲了进去，此时刹车踩重了也会导致失控。正确的做法是不要剧烈地转向或减速，做浅切弯，在后半段做更多转向，所以多多减速还是必须的。

有时候，污染可能来自另一台车，泻出如防冻液、机油或者它们的混合液，其严重性要看是撒了一大滩，还是一路不停地滴漏，覆盖了整条行车线。

如果是集中某处的一大滩，那还好办，如果一路都是，那么除了弯中走线，我们还得特别关注刹车区

域。不论如何，此时的我们都要将注意力从最大化过弯半径集中到如何最大化抓地力上。

此时尽可能在干燥路面上减速，越是需要大力减速的弯道，就越显出这样做的重要性。如果我们不得不穿过那道油渍，走直线，越快通过越好。通过污渍后第一下打方向，可能车子并不怎么响应，那是因为轮胎沾上了油渍，等磨干净了就会恢复。

接下来的任务是让车子转向并出弯了，运用之前所学找出一条速度最快的修正行车线，尽量在干燥、摩擦力强的路段完成转向，尽快回正方向，然后笔直冲过油渍，小心地踩油门防止后轮打滑。

### Changing back 回恢复正常走线

赛道的湿滑是暂时的，尘土和污渍会很会被风吹走，尤其是在很多车的情况下。所以要不了几圈我们就可以换回正常的行车线。

水和防冻液会持久些，但在一个炎热、阳光明媚、多风的日子里，它们也会消散得很快，油污则相当顽固，尽管如此，导致整个赛道长时间瘫痪的情况是相当少见的。随着路面慢慢恢复，优秀的车手会逐渐转换走线，依靠先前学过的观察切弯过浅或过深的征兆、以及逐步探索法来选择最佳行车线。

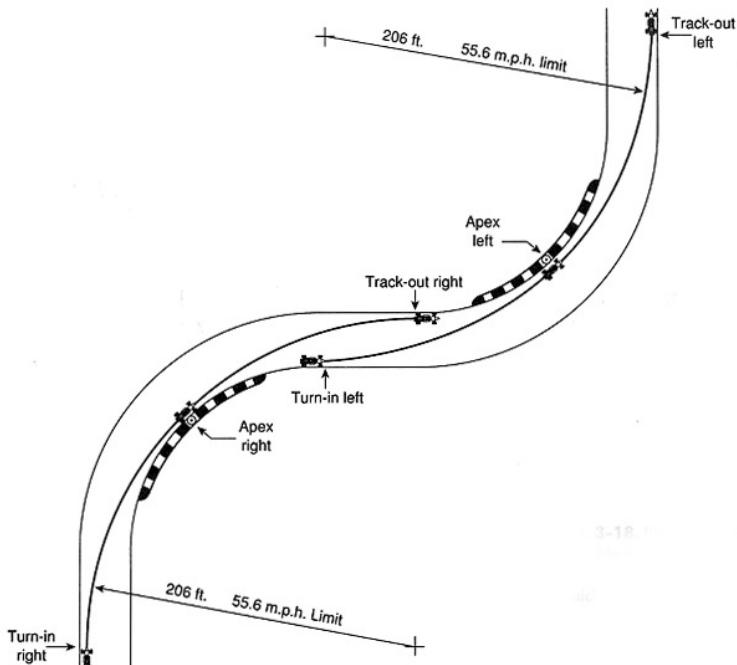


图 3-18 在连续弯道中，基本不可能完全按照单个弯道的最佳走线来跑。

## The Whole Racetrack 统筹全局

目前为止我们研究的都是单个弯道。但现实中的

每个弯道都承前启后，不能孤立地研究它们。(图 3-18)

### Compromise corners 连续弯

破解连续弯的关键在于，找出哪一一个弯道对于整体圈速的影响最大。

首先要弄清楚最后一个弯道通向何处，如果是长直道，就要基于全局做出妥协，以较小半径行车线通过前一个弯道，使车子能够在出弯时位于第二个弯道入弯处的外侧，从而在第二个弯道跑出半径最大化的行车线。

像这样，任何我们不能照搬理论最佳行车线而必须牺牲一个来适应另一个的组合弯道，被称为“连续弯”，在图 3-19 中，第一个右弯向第二个左弯妥协。

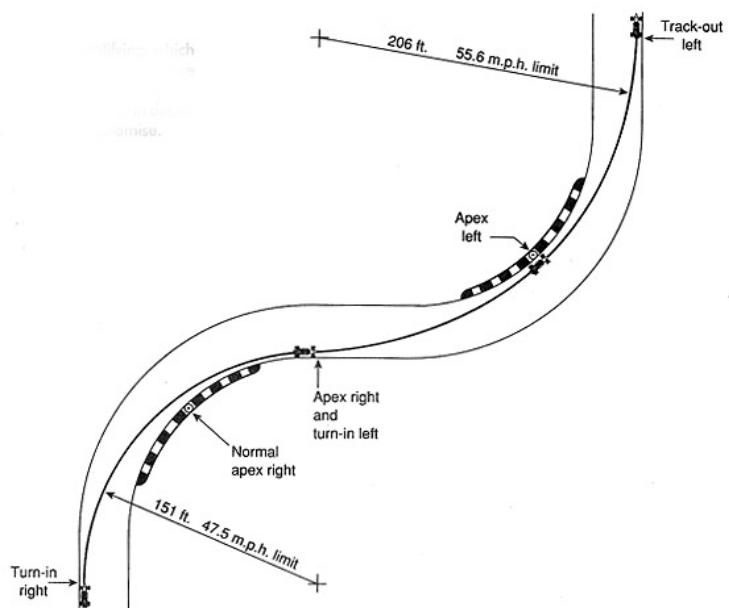


图 3-19 处理连续弯道的关键，是找出哪个弯道对整体成绩来说最重要。

### Incomplete surrender 折衷走线

一些情况下，某个弯道并不需要完全妥协于另一个。让我们把这两个弯之间的连接段拉长，如图 3-20，这样就有了转向空间，让我们不必一直紧贴第一个弯道内侧也能转到第二个弯道的最佳入弯点，过右手弯的行车线半径更大，极限速度提升至 49mph，而先前是 47mph。随着连接段的不断延长，右弯需要妥协的程度就越来越小，到了某个临界点，它们就不再牵制而相互独立了。

此间要点是一些弯道的战略性比另一些更重要，我们之后会详细讨论。但现在让我们继续深入连续弯。

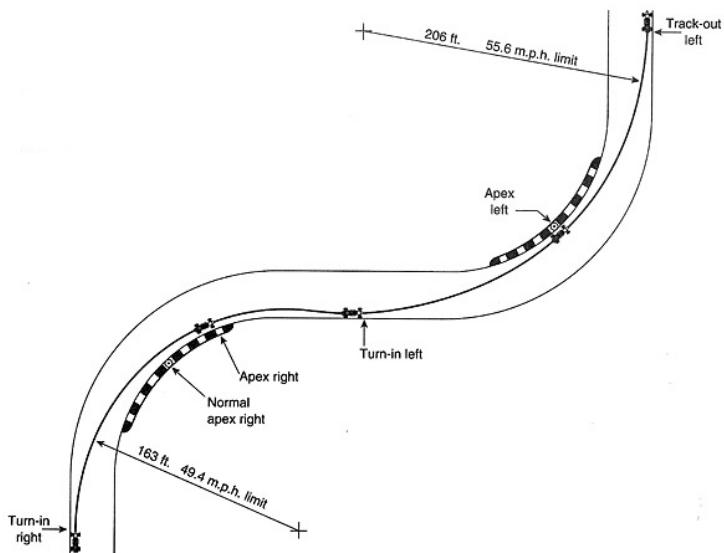


图 3-20 随着连接段变长，就需要考虑折衷的走线。

## One line fits all? 走线因车而异

我经常被问道：“这是唯一的那条行车线吗？学校里低速下教的行车线，就是 Indy Car 比赛中跑的那条吗？”问题的答案大体上是“yes”，但需要加以解释。

问题的关键在于车辆，所有的赛车都有其优点和缺点，最大的不同之一是加速性能。让我们来看看马力是如何影响连续弯走线的。

如果我们在右手弯完全妥协，非常深地切弯，就不得不走一条半径很小的行车线，假定此行车线允许的极限速度为 47.5mph，就像图 3-19 中的，接下来我们就能在左手弯中以 55.6mph 过弯。大马力车能从 47mph 很快地加速到 55mph。

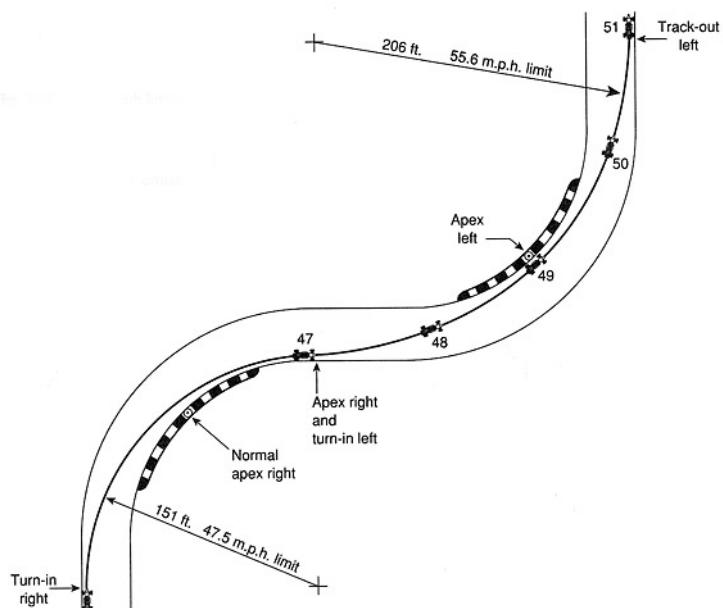


图 3-21 马力平平的车子在完全妥协的跑法下没法完全利用行车线弧度来加速。

但如果是 Formula Vee，此车是以甲壳虫为车体的单座 4 缸 65 匹小型车。如以 47mph 通过右手弯，即便全力加速，出左手弯时也只能达到 51mph，才提升了 4mph。如图 3-21，尽管左手弯行车线的上限是 55.6mph，但车子做不到。

小马力车跑连续弯的理想办法是在第一个弯道处提早入弯。这样就能扩大第一个弯的行车线半径，并缩小第二个弯的。如图 3-22，以 49mph 过右手弯然后以 53mph 过左手弯。这样出弯时就能比照抄大马力车的走线快 2mph。

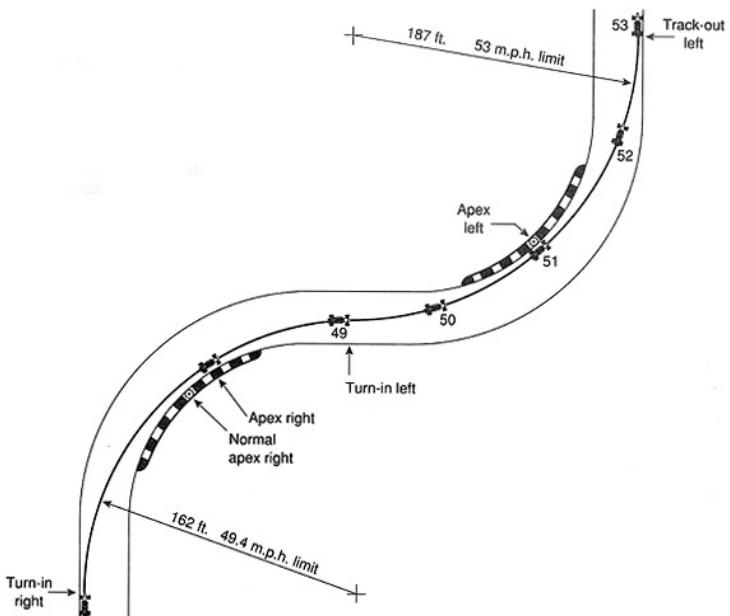


图 3-22 小马力车的最佳跑法是不在第一个弯道完全妥协，这样就能提高进入第二个弯道的车速。

## Grading Corners 弯道分级

在考量各个弯道的战略重要性时，通常通向直道的弯道重要性更高。区分弯道重要程度是攻略赛道前最重要的工作之一。

首先要对整个赛道有全局观。问问我们自己，什么地方是越快越好的，因为如果进入直道时快 1mph，每秒就能多跑 1.46 英尺。

## Onto the longest straight 直道优先法则

在给弯道分级时，通向最长直道的弯道是最重要的，第二长的次之，以此类推直至最短。这种分级系统能让我们清晰辨明局势。

## Fast corners 高速弯道

这里很有必要强调一下的是高速弯道的重要性。它非常重要，因为：

第一，要正好以极限通过一个 90mph 的高速弯是很困难的，而跑一个 50mph 的弯道则相对轻松得多，结果是少有车手能在高速弯中跑到极限。如果能在高速弯中更接近极限，我们就超过了大部分人。

第二，速度越高，些微落后会被放得越大，如果以 99% 的车辆极限过弯，在一个 50mph 弯道会慢 0.5mph，而在一个 90mph 的弯道就要慢 1mph。考虑到高速弯道通常都比低速弯道长得多，1mph 的优势就能让我们比对手领先很多。

## Type I II or III 三型分级法

Alan Johnson 在他的《Driving in Competition》中介绍了另一种分级系统。Alan 把弯道分成三种类型：通向直道的，直道末端的，以及通向另一个弯道的。

在 I 型弯道中出弯速度是最重要的，因此推迟入弯，深切弯心，争取更多加速空间，这是最理想的。

在 II 型弯道中，为了可以加速更久，可以尝试提前入弯，浅切弯，通过弯心后再大力刹车转向，且无需过多担心加油时机和出弯速度。如果一个弯道同时满足 I 型和 II 型特征，以 I 型处理它，因为出弯加速耗时远远大于入弯减速。

III 型弯道，就是我们之前说的连续弯，第一个右手弯，尽管是跟在直道末端的，还是应该被归为 III 型，III 型应该妥协于 I 型。

## Knowledge is speed 知识就是速度

分析弯道，区分重要度，能让我们不用点火就找到最佳行车线。Bill Prout，我们中资格最老的教练，也是经验丰富的老赛车手，他全年的 Formula Atlantic 参赛费用不菲，平均到每次点火可说是价值千金，从这个角度来看，如果能不点火提升成绩，我们就赚到了。

在这章中，我们了解了影响行车线的复杂因素，以及如何应对。如果有扎实的几何学、数学功底，研究行车线会是一件很有趣的事。

我们为方便理解作了很多图表简化，我们假设车子通过弯道的行车线就是一条固定曲率的弧线。其实我们先前曾尝试用电脑，根据每台车的加减速性能以

及车手带油、带刹转向的程度绘制曲率更接近真实的行车线，但后来想想为什么非要如此呢？现实世界中，千百万种因素影响着我们的决断，怎能一一尽之。所以重要的是掌握必备的知识，存乎一心，引导我们做出最佳选择。

## The Key Points 关键知识点

1) 行车线决定了我们通过弯道的最高速度，因为它影响出弯速度，因此也影响着我们跑完接下来的直道的用时。

2) 除非理由充分不支持，否则一定要用尽出弯点、弯心、入弯点处的赛道宽度

3) 入弯过早、过迟都有征兆，了解它们，并作出修正

4) 最佳行车线并非一成不变，因时因天因车而易

5) 我们跑的行车线几乎不可能是一条定曲率弧线，只是近似，尤其是在当我们刚开始学习走线的时候

## 第三章 MASTERING CAR CONTROL

### 高级车身姿态操控

**通过操控方向、油门和刹车，车手能精确控制极限下的车身姿态。这一章，我们将通过定量分析，找出如何做到这一点。**

激烈驾驶中，最让人担忧的就是失控。如果想要更快，车手得敢于甚至渴望接近极限。如果车子在过弯时一点都没侧滑的迹象，那肯定就是不够快，车手会进而采用更为激进的操作。如果车子一旦开始侧滑，一般人就免不了会心慌，担心自己到底是不是能避免失控，万一失控，那就得不偿失了。

一个老道车手对于避免失控应该是十分自信的。而一个刚打滑过的新手则会有强烈的不确定感。如果不知所以然，不知如何避免，侧滑会出现得更加随机，更加费解。就好像开着装了个炸弹的车，你不知道它会不会爆炸，或者什么时候爆炸。

### GENUINE CONFIDENCE IS EARNED 信心源自经验

带着这样的惶恐上赛道会严重影响表现：束手束脚，生怕失控，不敢放开驾驶。有些人美其名曰“审慎”，这些人的座右铭通常是“不要冒险”。一般来说，这样的人不可能成为优秀的赛车手。

我们当然不是说谨慎不好。作为对压力的反应，比束手束脚更差的是盲目自信，自我麻醉，盲目开快车。这极其危险，如果没掌握救车的技能，冒进会带来更多更严重的失控。

真正的自信源自于经验，将失控边缘的车子用正确手段重新带上正轨的经验。

通过练习不断积累经验，即便天性胆小的人也能更自如地去触碰极限；而天性大胆的人则会认识到，提高了圈速是技巧而不是大无畏的牺牲精神。

#### The "Necessity" of Spins 失控并不“必要”

坊间一直都流传着一种观点，认为失控的经历对车手而言是一种必要甚至有益的东西。

对此我们强烈反对。任何失控，都会让车手和赛车陷入不受约束听天由命的境地。运气好，或许能全身而退，运气差，就可能高速撞墙，这绝对是致命的。

所以别用这种观点欺骗自己。尽管近十年来汽车运动的安全性已经大幅提高，但开着轻量化超高速赛车还是有很多惨事发生。而在从不失控的车手身上，类似的坏事就发生得很少。

100%的控制和夺冠，两者的组合在 Rick Mears 得到了清晰完美的体现。1993 年退役时，他一共参加了 15 年的印地赛事，其中 6 次杆位、11 次首发、4 次夺冠，同时，仅失控和撞墙过一次，且两次都是因为机械故障导致的。看看 Rick 就能知道，失控，对于成功车手而言并不是必须的。

驾驶的基本准则：让车开在路面上。失控其实就是车手没有做到这点的证明。

#### Finding the Limit 寻找极限

还有些观点认为：“只有通过失控才能找到车辆极限。”这是无稽之谈。保持控制是赛车中不容置疑的铁则。

极限是通过一点点接近来摸索到的。每次提高一点入弯速度，每次提前一点踩油门。在行车线不变的情况下，不断增大的侧滑角会在某个角度时让车速更快，超过后则可能变慢。

此外，太高的过弯速度会让车子偏离最佳行车线，以至于在出弯点时需要松油门才能不冲出赛道。

这些都能揭示极限所在，我们根本不需要经历失控就能找到它。

### REDEFINING OVERSTEER, UNDERSTEER, AND NEUTRAL 转向过度、转向不足，以及中性的新定义

在之前的章节里，我们介绍了车辆在极限过弯时的三种状态：转向过度、转向不足、以及中性。转向过度时，后轮比前轮先达到抓地

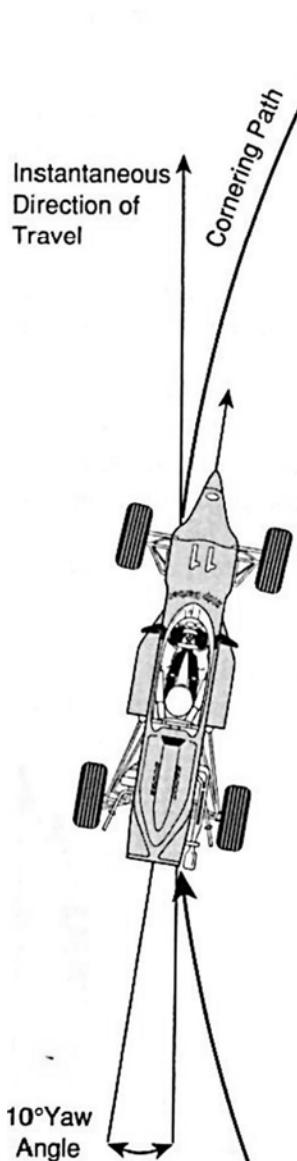


图 4-1 偏航角是车身指向与其实际行进方向间的夹角。

力极限；转向不足反之；中性状态下前后轮有着同样的抓地力表现，4个轮子均衡地输出抓地力，因而这时的转向力也是最好的。

这三种状态的图示，有一个共同点：车头都指向行车线内侧。

#### **Yaw Angle 偏航角**

“偏航”，即车身指向与其行进方向不同。这种现象广泛存在于一般转向、极限过弯、甚至日常驾驶中。通常情况下，尤其是当转向力不大的时候偏航角都很小。但有时，比如越野赛事中，我们会看到车身指向与其行进方向大相径庭的情况，看起来相当精彩且刺激。

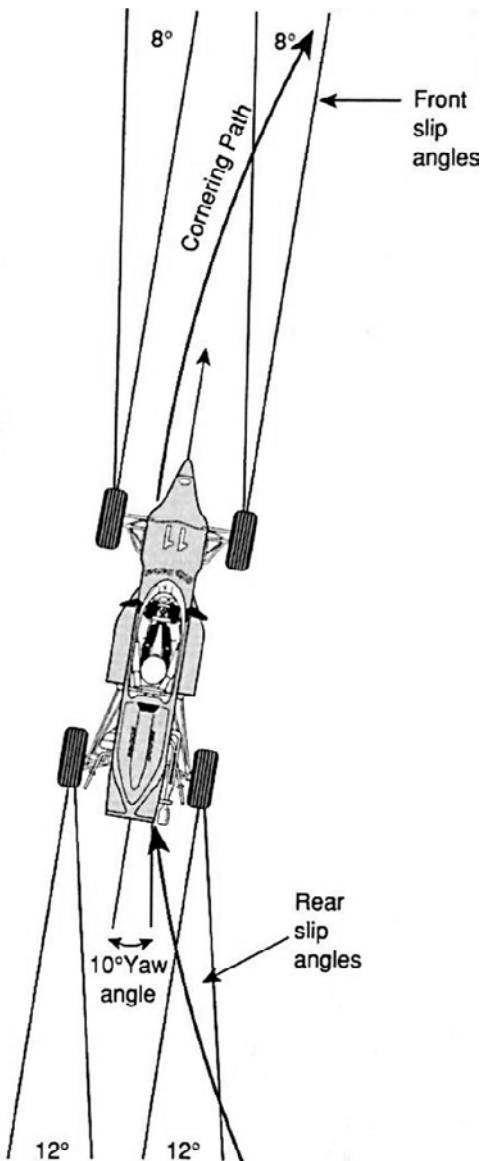


图 4-2 滑移角是轮胎指向与其实际行进方向间的夹角。

在图 4-1 中，赛车正通过一个半径为 100 英尺的右弯。在任何一时刻，车身行进方向都指向车身中心与行车线的切线方向。这条线被称为“瞬时行进方向”。而“偏航角”，就是车身指向与“瞬时行进方向”之间的夹角。图中为 10 度。

合理的偏航角能让赛车更快，夸张的偏航角就是漂移了，看起来刺激但其实很慢。

#### **Slip Angle 滑移角**

“滑移角”指的是轮胎指向与其实际行进方向间的夹角。要厘清两者，一个简单的区别是：偏航角是对车身而言的，滑移角则是针对轮胎的。

在图 4-2 中，这台赛车正以其极限通过半径为 100 英尺的弯道。假设在某个特定瞬间，车手将方向盘打回到正中。我们可以说，此刻轮胎指向和车身指向处在同一方向上。当然，在现实中，因为束角 toe-in、toe-out 的存在，这种理想状态不太可能。

接着，我们沿每个轮胎中心画一条线表示轮胎指向，而轮胎实际行进方向指向轮胎着地处中心与弯道弧线的切线方向。

两相比较，你会发现图中后轮的滑移角是 12 度。而前轮滑移角较小，为 8 度。其原因是前轮比后轮更靠近弯道内侧，离弯心近了 8 英尺，所以滑移角相差了 4 度。

这些细小的度数差别告诉我们，如果真想

要精确计算滑移角，就得把每个轮胎的触地面积、束角什么的参数统统都纳入到计算中去。但至少现在可以不必这么复杂，我们只需要知道，后轮的滑移角通常稍大于偏航角，而为了让前轮滑移角尽可能接近偏航角，需要往弯道内侧打一些方向。

此外，滑移角也会因为弯道弧度的不同而变化。弯道半径越小，前轮向内转向的角度需要越大。相应地，后轮滑移角在半径较小的弯道中，要比在半径较大的弯道中比偏航角更大。

#### Redefining Attitude 重新定义车身状态

之前我们通过比较前轮或后轮哪个先达到抓地力极限来界定转向不足、转向过度。这是一种相当笼统且过于理想的描述方式。

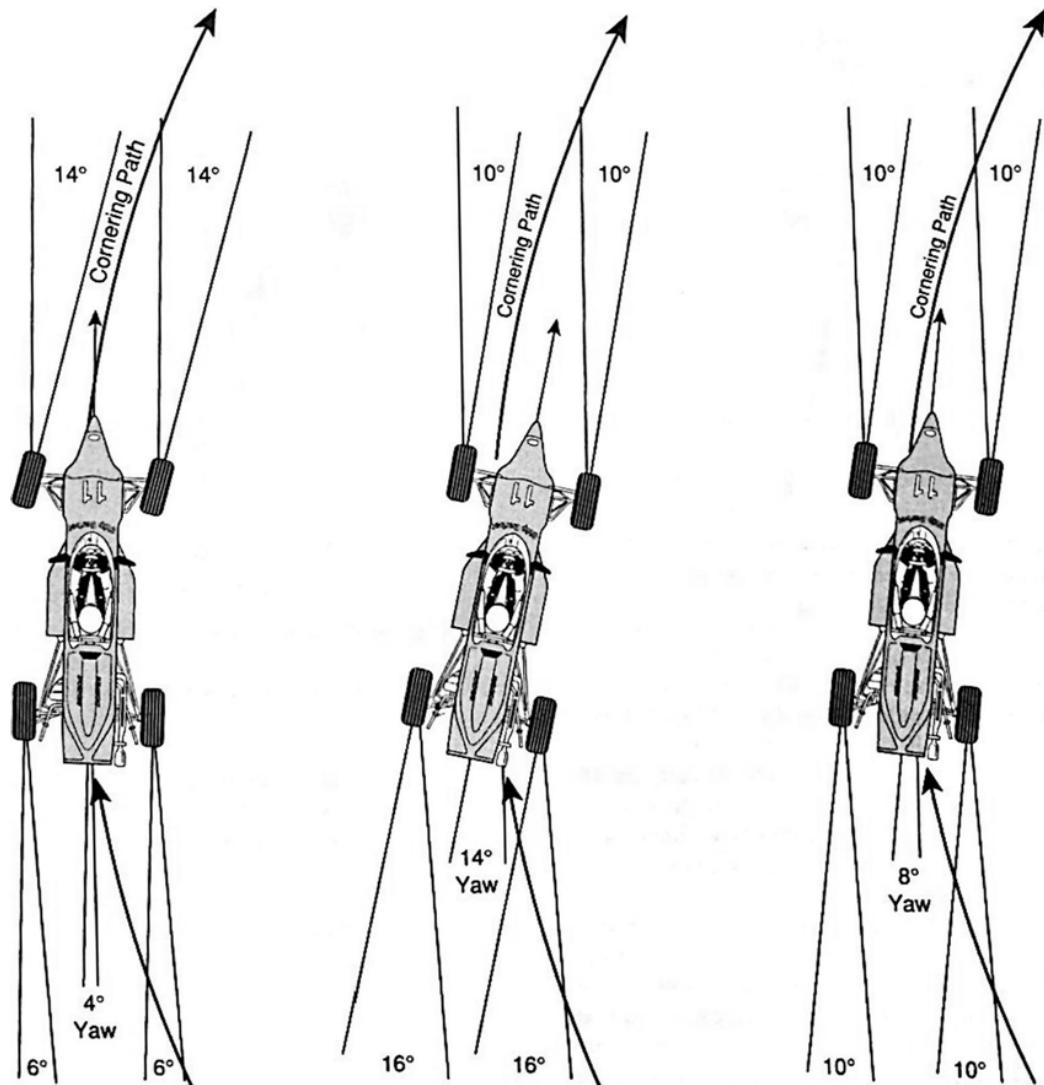


图 4-3 前轮滑移角比后轮大是转向不足。后轮滑移角比前轮大是转向过度。中性意味着 4 个轮胎的滑移角相同。处于最佳滑移角范围内的轮胎能发挥出最大抓地力。

事实上，轮胎滑移角在未达到抓地力极限前就已存在，现实中，转向不足和转向过度不一定通过高速侧滑这种形式夸张地表现出来，甚至在低速低转向角度时轮胎也存在滑移角。如果有一种能在低速和高速下定义车辆状态的方法，那就是比较前后轮的滑移角。

#### New Definition of Understeer 转向不足

如果前轮滑移角比后轮滑移角大，车辆就是转向不足了。此时车手应会感受到前轮行进方向相比其指向的方向更偏弯道外侧。在图4-3中，左边的车子就是典型的转向不足。前轮滑移角有14度而后轮只有6度，此时车身的偏航角为4度。

#### New Definition of Oversteer 转向过度

图4-3中的第二辆车正处在转向过度的状态。后轮滑移角为16度，整体偏航角为14度，典型的转向过度，此时前轮的滑移角仅为10度。

#### Neutral Yields the Best Grip 中性抓地最强

在上述两种状态中，显然转向过度看起来更快。尽管如此，最佳的过弯状态却不是这两者之一。

在讲轮胎的那章，我们将会了解到轮胎的最佳抓地力只有在一个很小的滑移角范围内才能发挥出来。最佳滑移角会因为轮胎和车子不同而各异，但现在我们先假设它是10度。在图4-3中，第三台车前后轮的滑移角都为10度，处在它们的最佳抓地力范围，因此有着最强的整体抓地力。前后轮滑移角相同就是“中性”状态。

有些车手错误地认为中性的车辆没有偏航角。事实上偏航角仍存在，中性仅仅代表前后轮滑移角度一致。

#### Cornering Balance Is Fluid 动态的转向平衡

另一个常见的谬误，是试图用瞬时的车身状态来概括一台车子的过弯表现。常见的说法有“保时捷转向过度”、“前驱车转向不足”、或者“中置引擎车是中性的”等等，都是以偏概全。同一台车，甚至在同一个弯道内，可以表现出三种状态中的任何一种。过弯是一个动态的过程，车手的目标是控制转向平衡，让车辆时刻保持正确的偏航角和滑移角，从而高速过弯。

## USING THE CONTROLS TO ALTER HANDLING BALANCE

### 控制转向平衡

尽管每台车子都有其天然的转向平衡倾向性，但我们仍可通过操控来改变它。

泛泛而论在赛车运动中很危险，但以下的一些指导方针还是很有参考意义的，它们揭示了不同操控方式的大致原理及其效果。这些准则主要针对最常见的赛车布局：后驱车。前驱车有一些不同的特性，我们留到稍后再研究。

#### Braking Control 刹车控制

首先，我们来看入弯，从入弯点开始到加油点的这一部分。

刹车会大幅占用轮胎的抓地力，前后调校较好的刹车系统能在入弯时起到平衡作用，让前后轮可用于转向的抓地力尽可能接近。尽管如此，经验显示，完美平衡是不可能的。前轮刹车较重的车子会表现出转向不足，反之则表现出转向过度。

两种情况下，如果慢慢放松刹车直到加油点，车身会保持其初始状态不变。但快速弹开刹车则会导致转向过度；在刹车和踩油门之间如果有间隔时间，车子也会表现出转向过度，因为其本质都是引擎制动转向过度（同 trailing throttle oversteer/lift-off oversteer）。

#### Throttle Control 油门控制

出弯时，你会竭力让车子加速，冲入接下来的直道。

逐渐加油门会导致转向不足；而猛踩油门，尤其是在马力较大或抓地力不足的情况下，会让车子倾向于转向过度。弹油门/快速松油门会让车子转向过度。弹得越快，效果越强烈，其本质还是引擎制动转向过度。

#### Steering Control 方向控制

理想状态下，在入弯点时打方向，会让车子围绕其中心旋转，直到车身和轮胎都处在正确的偏航角/滑移角，一旦到了这个角度，你就几乎可以不用再打方向，只需要保持好，用刹车入弯，用油门出弯。但现实中事实更有可能是：你不时地在调整方向。基本上，你得油门+方向盘/刹车+方向盘并施来解决操控问题。

## ROTATION

### 旋转

当一台车入弯时，它在转向，也就是改变其行进的方向，但同时，它也在以其中心为轴心旋转：从 0 度偏航角旋转到某一个偏航角。

我们用一幅示意图来让这个现象更浅显易懂。首先，假设某种车子能以 0 度偏航角过弯，最好的例子是有轨列车。在每一个时刻，每一节列车的中心线都与其行进方向一致。当列车转弯，它会改变方向，但不会产生偏航角。

(图 4-4)

汽车不一样。为了描绘出汽车是怎么在同一时刻既改变方向又产生偏航角的，我们在一节车厢上安装一个旋转台，然后放一台赛车在上面。

如果车子过弯时不产生偏航角，它的中心线就会和列车的中心线保持一致。我们让车子顺时针旋转，产生偏航角。偏航角为 8 度，因为在这个角度下，轮胎滑移角也会处于发挥最大抓地力的范围内。在出弯点处，车身会逆时针旋转 8 度至归零。(图 4-5)

既然是旋转，就有角度和速度。

我们的目标是在一个不失控的速度下，将车子旋转到一个合适的角度。之所以说不失控，是因为旋转速度越快，越难控制，难点在于既不要旋转过度也不要旋转不足。恰到好处是一种难得的美。

因此，现实中当转向开始，车子不仅转向，同时也以一个渐进的、可控的速度旋转到某个角度。我们需要不时地用刹车、油门方向控制来保持这个角度。

至于到底采用哪种操控方式及调整程度，取决于车子的旋转状态和事发时所处的弯道位置。

## OVER-ROTATION

### 旋转过度

让车身旋转到一个最佳偏航角，然后在整个过弯过程中保持这个角度。如此，轮胎就能发挥出最大抓地力，而抓地力越大，赛车就能以越高的速度过弯，这是竞速驾驶的终极目标。不过现实比理论复杂得多，让我们来看一些实际中会遇到的问题。

#### Over-Rotating the Corner Entry 入弯旋转过度

在 Sebring 赛道 7 号弯的入弯点，假设入

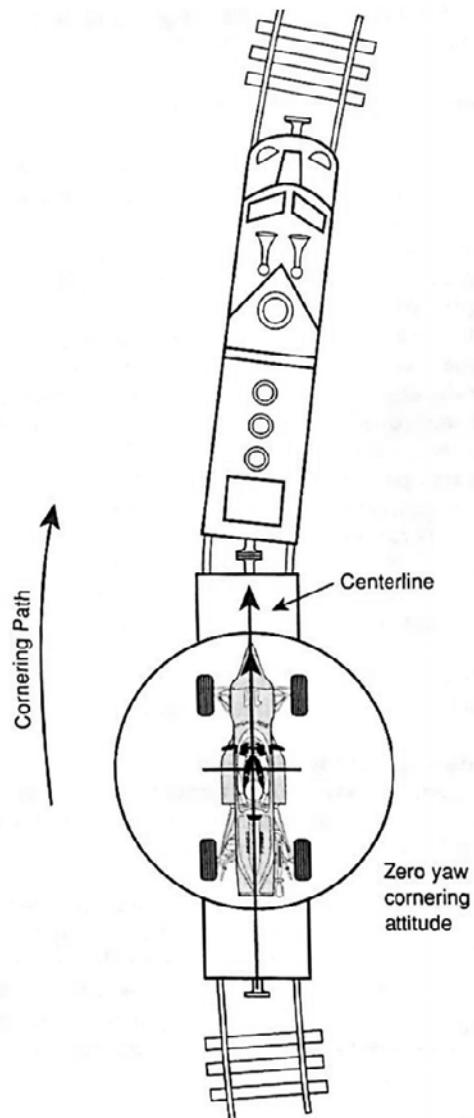


图 4-4 偏航角为零的情况接近于列车的形式状态。

弯过迟，并在过了入弯点后弹开刹车，后果是偏航角超过了最佳的 7-10 度，顺时针旋转到了更大的 17-20 度，导致严重的转向过度(图 4-6)。此时车头指向弯心内侧，如果不尽快救车，车子就会继续旋转直到它完全掉过头来。

#### Sensing the Oversteer 转向过度的迹象

优秀车手会从打方向起就盯着弯心，转向过度的第一种迹象就是发现车头指向比正常状态下更偏内侧。另一个迹象则来自人体髋部的体感，能感受到车子旋转速度过快。

#### Correction 修正方向

第一反应是反打方向，让车头也往车尾正在行进的方向运动。这是救车的第一阶段。

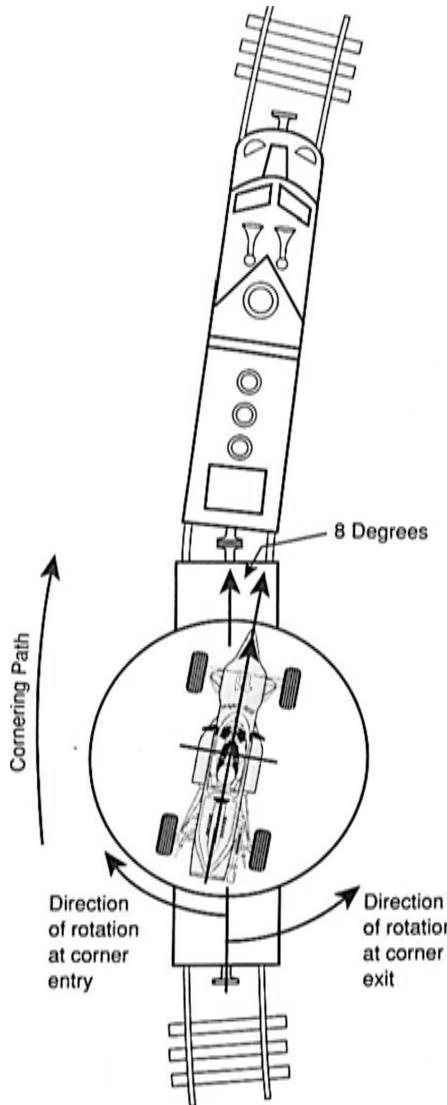


图 4-5 入弯时车子不仅转向，而且旋转，产生偏航角。出弯时，车子会反向旋转，逐渐恢复到零度偏航角。

#### Settle the Rear 稳定车尾

第二阶段和第一阶段几乎同时，通过转移重心到后轮来稳住车尾，我们通过细微的油门操控来做到这点。此时一个常见的失误是本能地大脚踩油门来救车，如果你这么做了，后轮会因为过度加速而缺少可用的抓地力。

正确做法是轻踩油门，大概 30% 的油门开度，将重心转移到后轮的同时消除因弹刹车导致的引擎制动效应。

#### The Rotation Stops 旋转停止

车身旋转速度开始减慢，直到停止。这是救车中的“停顿”阶段，此时开始要回正方向。



图 4-6 入弯时突然松刹车会导致强烈的旋转过度。

#### The Need for Recovery 稳定车身

现在车身开始逆时针旋转缩小偏航角。此时如果不迅速回正方向，当车身旋转到 0 度偏航角时，方向盘还是打向左边，而大量重心仍压在右侧轮胎上，这下，你刚解救了顺时针旋转过度就会陷入猛烈的逆时针旋转过度中，最后还是会失控。

因此，你要在“停顿”之后迅速回正方向，消解车身反向旋转的势头。然后车子会最终稳定下来，此时的偏航角虽然比理想状态小，但至少避免了失控。

#### Back to Business 回复正轨

当车子稳定下来，我们又可以尽力加速。从入弯点到稳定住车身，以上一系列动作的总耗时为：2.1 秒。与正常过弯相比，时间损失大约是 0.15 秒，出弯速度慢大概 1mph。



图 4-7 当通过反打方向和轻踩油门来控制住车身后的旋转停止的那一瞬间就是开始回正方向的时刻。



图 4-8 这台赛车正在回复到合适的偏航角，之前的侧滑让它损失了  $1/10$  秒的圈速。

### Saved But Not Forgotten 避免重蹈覆辙

虽然救车成功，但没人希望次次如此惊险。首先这会让过弯速度变慢，其次，万一哪次失手，后果就很严重了。

当驶出这个弯道，优秀车手就会迅速分析失误，下一圈就能有效规避。在以上这个案例中，早一点打方向，慢一点松刹车，就可以避免旋转过度。

当时时间允许时可以试着找出问题，不过压力之下，人会很难在短时间内作出准确分析，我们也不建议车手在进入 8 号弯时，仍对 7 号弯的这个失误耿耿于怀，消极懊恼。每一次入弯都必须全神贯注，把先前的问题抛在脑后。当然，消极情绪和解脱的能力因人而异。

### Choke Etiquette 消极情绪控制

如果这是练习赛，损失点时间不是什么大问题。但如果这是总决赛最后一圈，对手跟你只差半个车身时，就完全不一样了。仅仅一个小失误就可能让你挫败感爆表，直接放弃比赛。

这种情况需要消极情绪自律。你得专注于驾驶，抵制住砸方向盘和拍头盔的冲动，你要提醒自己这不是最糟的，在比赛中，还有可能发生更严重的失误，你可能会失控或者撞到墙上，那么你就是倒数第一名。至少在把车停到维修区之前，试着让自己保持成熟，然后你可以扔手套踢墙壁来泄愤了。

### A Closer Look at Over-Rotation 审视旋转过度

在上述案例中，旋转过度的原因是转向过迟以及弹刹车。两者都可能导致转向过度，但弹刹车肯定是必要条件。

当转向过迟时，你会感觉难以接近弯心，

因而本能地多打方向，且比平时打得更快。而更糟的是，在转向过迟的情况下车子需要通过一条半径更小的行车线，而这条行车线的通过速度也更慢。

弹刹车使得前轮原本用于刹车的大量抓地力突然空余出来，而因为仍在减速导致的重心转移使前轮依旧有着很大的下压力；弹刹车的另一个效果是让后轮下压力降低，此外最重要的是，除非你迅速踩油门，否则引擎制动效果还会给后轮减速，进一步降低其用于转向的抓地力。这些因素和先前激进的方向控制合在一起，保证会让赛车转向过度。

不过这当然不是入弯时导致旋转过度的唯一原因。弹油门也会带来类似的问题：前移的重心增强前轮的抓地力，减弱后轮的抓地力，同时还有引擎制动拖慢后轮。

突然的转向也会导致旋转过度。重心从内侧车轮转移到外侧车轮的过程太猛烈，会加快旋转速度，导致错过最佳偏航角。

降档失误也会产生同样效果，尤其是处在或过了转向点之后。如果在需要精确的操控平衡的时候让后轮失去转向抓地力，车尾的旋转肯定会快得超过我们的把握能力。

还有一些调校问题也会导致同样情况。不管是车架原因还是空气动力导致的前后重心变化，或者过多的后轮刹车平衡分配，都会减少后轮用于转向的抓地力，产生转向过度。

不管肇因是什么，“修正、停顿、回复”的方向控制和通过轻踩油门来转移重心的油门控制，是解决入弯旋转过度的方法。

### OverRotation by PowerOversteer 出弯旋转过度

有时候为了又快又早地冲上直道，车手可

能踩油门太早或者太猛。让我们以 Sebring 赛道 9 号弯，即连接着最长的直道的那个弯道为例。

入弯正常，在入弯点处减速至 70mph，然后继续减速，在加油点处将速度降至 63mph，这时突然踩油门，在 30 英尺内将油门踩至全开，本来车身的偏航角正合适，突如其来加速使得车尾有被甩出去的危险。

### Correction 修正方向

第一反应仍旧是反打方向盘。如果这一招起作用了，就可以不松开油门，迅速回正方向来

恢复行驶状态。通常都不需要用到油门控制来救车。

### Add a Throttle Adjustment 油门控制

让我们进一步假设在该案例中反打方向盘的角度甚至达到了 90 度，但后轮还是继续侧滑。因为后面紧跟着大直道，车手一般都不舍得松开油门，但到了某一个节骨眼上，我们会发现唯一能避免失控的就只有松油门了。

此处要小心，避免松油门太突然，也就是弹油门，原本是想要将后轮用于加速的抓地力挪用作转向，结果因为引擎制动，更多的抓地

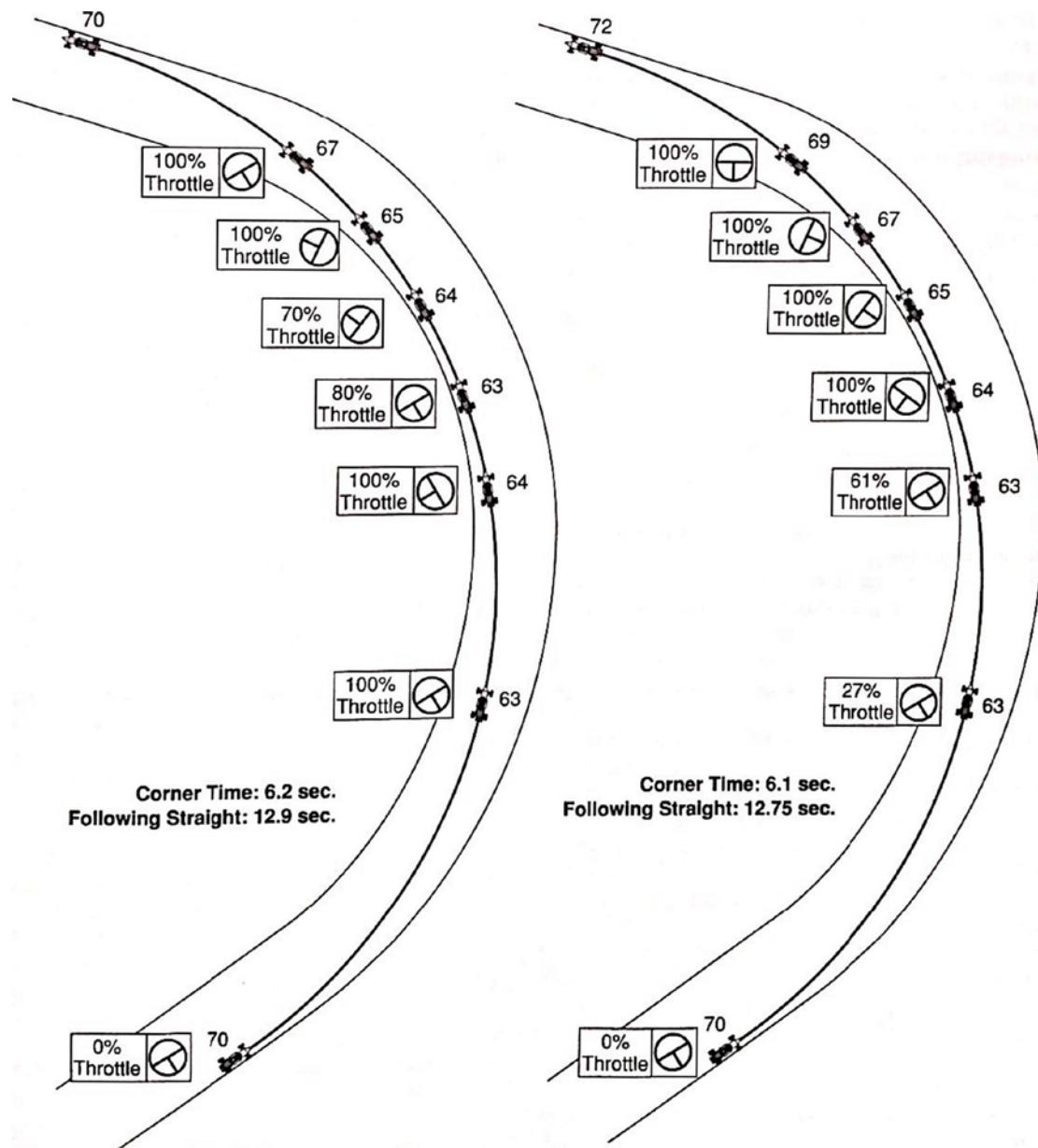


图 4-9 两种不同的通过 Serbring 赛道 Carousel 弯道的方式，左边那种因为要修正动力转向过度，所以有着极大的反打方向盘角度，看起来很壮观。右边那种，不管是在入弯还是出弯时，其操控都比较微妙和稳定。

力被用来减速，加上重心前移导致的后轮下压力减少，基本会确保车辆失控。加速导致的旋转过度，因为反应过度和弹油门而变为重度失控，这种情况并不少见。

合适的油门开度应该是 30% 左右，让后轮有更多的转向抓地力，此时车身旋转减慢并停止，就可以开始回正方向，让车子回复正轨，重新开始加速。

这种转向过度乍看之下很壮观，但跟先慢后快，渐进地踩油门的过弯方式相比，慢了 1/10 秒。（图 4-9）

更为重要的是，这种忽开忽合的油门控制让出弯速度也慢了 2mph。使得之后通过大直道的时间又慢了 0.15 秒。

对比这两种过弯方式，你会明白，看起来精彩的过弯方式其实并不快。尤其是当弯道紧接着大直道的时候，车手总是难以抑制提早踩油门的冲动。我们发现，尤其是在这种长弯道里，过早过猛地踩油门，会在之后迫使你不得不减速来避免转向过度，得不偿失。

## UNDER-ROTATION 旋转不足

跟转向过度比起来，转向不足较易处理。典型的转向不足是由于前轮抓地力用尽或者下压力不足导致的。

### The Overused Fronts 抓地力用尽

用尽，通常意味着在转向中前轮比后轮承担了更多的抓地力负担。

出于以下考虑，大多数街车都被设计成倾向于转向不足：万一在过弯时不小心把车子开到了极限，司机的第一反应肯定是松油门，这恰好就是让转向不足的前轮恢复抓地力的正确做法。

这样的设计在赛车上就不好用了。在赛道上，我们希望前轮和后轮都承担起合适的转向负担，共同让车子旋转到最佳偏航角。

不过即便是真实的赛车，有着调教过的悬挂，在调校上多多少少也有些转向不足的倾向。转向过度对赛车手和普通驾驶员来说一样恐怖，因而赛车也被调教成更容易感觉到车尾甩动而不是车头甩动。

但很多车手没有意识到的是，即使是一台中性的车，在过弯时后轮也会比前轮更偏外侧，（参考图 4-3）。很多人都将此误解成转向过度，结果因为前轮抓地力用尽以及车子原有的转

向不足倾向，最后都飞出了赛道。

### Underloaded Fronts 下压力不足

就算车子本身没有转向不足的倾向，我们也可以通过减少前轮下压力来让它这样。

最经典的做法是入弯的同时加油。严重的话，就算把方向往里打死，车子也接近不了弯心。当然，这样做还会让胎温爆表，胎温越高，抓地力越弱，越容易转向不足，从而进一步提高胎温，这是个恶性循环。

解决办法是在入弯时让前轮保持一定的下压力，最好是在过了入弯点之后仍带点刹车，让车子旋转到合适的偏航角。

在那些较高速的弯道中，车手不需要在入弯时减太多速，因而常见的问题是早就出现转向不足。两个原因导致这种情况。第一，在长高速弯道，加油点一般会更靠近入弯点而不是弯心。永远渴望高速出弯的车手们早早踩下油门，让前轮失去下压力而产生转向不足。

第二，激进的油门控制，经验显示尤其是低马力的车，其在高档位时扭矩太弱，过于猛烈的加油通常会导致前轮下压力不足。

### Sebring Chicane 实际案例

一个很好的案例是 Sebring Test Circuit 的 2 号弯，这是一组连续弯中的第二个，这个连续弯由一个右弯和一个紧随其后的左弯组成。正确的过弯方法是推迟入弯，牺牲第一个右弯的速度，这样，在 1 号弯出弯时，车辆能处于赛道右侧，从而能在 2 号弯走最大半径的行车线。

以我们的教学车为例，1 号弯入弯前会处在 3 档到底，也就是 98mph 的速度，然后在入弯点处减速到 80mph，接着再次油门全开通过弯心，来到位于赛道右侧的 2 号弯入弯点，准备左。此时如果不松油门地入弯，前轮会发生抓地力不足，车子会离弯心越来越远。

最快速通过 2 号弯的技巧是，让重心稍往前轮转移点，在打方向之前的一瞬略松油门。从全开放松到 60%-70%，车子就会乖乖听话转向弯心。一旦转向成功，就可以再次加油，加多少以不发生转向不足为准。

### What's So Bad About Understeer? 转向不足为什么不好

很多车手会说：“等等，我喜欢转向不足，感觉很稳定，不用总是担心后轮会突然侧滑。因为不需要承担太多转向抓地力，它们会有更多抓地力用于加速。”

说得没错，但所有事情都有两面性，好坏取决于转向不足的程度。在前后轮转向负荷平衡中，前轮比后轮过度使用 1% 是微弱的转向不足，超过 70% 就是完全不同的情况，前后轮总体抓地力发挥不足，以及轮胎侧偏产生的加速阻力会在两方面同时折磨你。

车手可以看哪种转向平衡最舒适来决定调校。有些车手喜欢让转向平衡稍往前轮倾斜 1%。有些则喜欢中性稍偏后。另外一些人喜欢大大偏离中性，通常是转向不足的配置，这些人通常既不擅长调校也不擅长驾驶技术。

#### "Never Lift" “绝不松油”谬误

在一些高速弯道，入弯时几乎不需要减速，车手会陷入想要不松油门通过弯道，俗称 flat out 的渴望中。但如果全油门过弯，问题也就来了，不仅会产生转向不足而被甩离弯心，同时前轮轮胎侧偏也会产生阻力。到头来还比不上略松油门来得更快。

转向不足常见于那些抱着“绝不松油”理念的车手：一切看起来都好，但他们突然就在出弯点打转了。本来在弯道前半段松点油门可以消除转向不足，但他们踩死油门，把方向打到底，冀望于增加转向角度可以让车头指向弯道出口。等到眼见车子快要冲出赛道时，你会听到一声巨大的收油声，然后车子会因为弹油门而打转着冲向赛道内侧。

#### Corner Exit Understeer 出弯转向不足

加油点，是开始尽可能地加速的地方。动力转向过度（power oversteer）是这时候常见的问题，同样动力转向不足（power understeer）也不少见。一般这取决于车辆情况，同样的油门开度，大马力低抓地力的车子容易转向过度，而小马力高抓地力的车子容易转向不足。

没有一种方法能解决所有问题。因而我们需要牢记处理这些问题的不同办法：转向不足是用“修正、停顿、回复”三步方向修正，以及略松油门来恢复后轮抓地力。

出弯转向不足则只能用油门，而不是方向来处理。前轮已然抓地力不足，打更多方向只会让情况恶化，让滑移角增大到一个最终失去抓地力的角度。

解决办法是松油门，让重心前移。有时候轻轻一松就足够了，有时候则必须完全放开，但注意不能弹油门。快速松油门会让轻微转向不足瞬间变成恐怖的转向过度。

## ROTATION - PITCHING 大幅旋转—漂移

对某些有经验的车手而言，在入弯时让车子旋转过度直至漂移，可以使车子在接下来的弯道部分只需做较少的转向，是一个常识。可惜这种常识是错误的。延迟入弯，也就是让车子在入弯时走一条半径较短的行车线，才是唯一可以在弯道后半段少做转向多做加速的正确方式。漂移会让车子产生过大的偏航角，轮胎无法达到最佳滑移角。

有些人会争论道：如果在入弯时直接把车身旋转 8 度偏航角，就能少转向 8 度。但事实是，偏航角和转向不能混为一谈。

我们用一个 90 度直角弯来做示例。要通过弯道，车身会转向 90 度。假设一个极端的状况，见(图 4-10)，车手用他高超的技术，在入弯点处就将车身旋转了 90 度，现在车身指向与下一个直道出口平行，但这并不表示整个过弯过程完成了，不管车头指向哪个方向，车子实际行进的方向（箭头 A）和行车线（箭头 B）相切，因此最终车子实际行进的方向还是要改变 90 度。所以记住，决定车子能转向多快的，是行车线的半径。

当速度降到 40mph 以下时，车辆的每英尺转向角度上升非常快。延迟入弯会让过弯速度下降，但每英尺转向角度提高 2 倍。

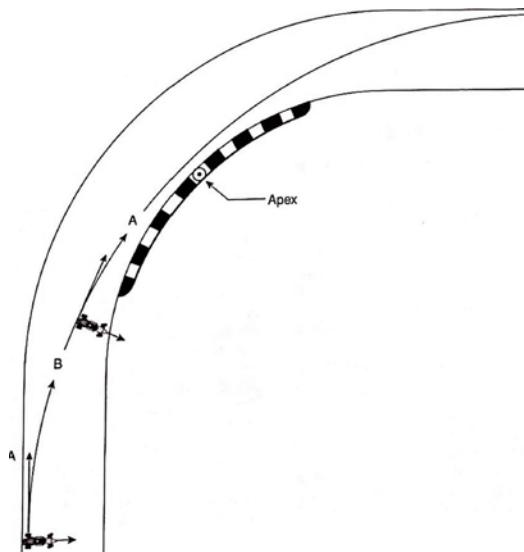


图 4-10 漂移貌似能让车子快速转向，但通过分析可以发现，决定转向速度的是行车线半径，漂移产生的偏航角只改变了车头指向。

这样看来，比起延迟入弯，漂移不太可能让过弯速度更快。延迟入弯，才是让车子可以更早更猛地从弯中加速的关键。

总而言之，弯道半径越大，转向过程在整个弯道的分布就越均衡。在高速弯中，尤其是低马力的入门级车子，弯道前后段的转向比应接近 50/50。而要通过较慢速的弯道，通常前半部分的转向要多于后半部分。随着弯道越来越紧越来越慢，前后部分之间的转向度数相差越来越大。

因而也不能说漂移完全没用。在极低速弯道中，让车子漂移比在高速弯道尤其是紧接着直道的那种更无害。而且它的存在还能在加速时起到一定的抵消转向不足的作用，这样，尤其是低马力的车子，不用松油门就能回到正确的偏航角。

#### **Hand Brake Turns 手刹甩尾**

真正实用的漂移常见于越野赛，通过用手刹锁死后轮来让车辆迅速掉头。

在这种情况下，车速通常非常慢，而车身旋转速度则会很快，旋转角度接近 180 度。掉头后再迅速加速，比起等车辆转向 180 度要快很多。

### **MULTIPLE-EVENT CORNERS 组合技能**

有时候，我们会在同一个弯道里碰到好几个操控问题。让我再次用 Sebring 赛道 7 号弯示范。假设提前刹车，那么到入弯点处时，车速会比正常情况下慢 2mph。因为轮胎没有到它们的极限，所以车身的偏航角也偏小。如果在跟平常一样的时间点和深度踩油门，车子就会表现出弯转向不足。车手马上弹油门，车身重心于是迅速前移，产生引擎制动转向过度，然后车身开始旋转到我们希望的偏航角度。

这时车手通过反打方向和略踩一点油门来停止车身旋转。此刻偏航角度正好，于是车手再度小心地加大油门，保持合适的轮胎滑移角。

刚过了弯心，路面变成了外倾，后轮因为失去抓地力而开始向外侧滑。车手的反应是反打方向并将油门收到 80% 开度。等到车身旋转停止，车手重新全力加速。随着车子出弯，渐渐回正方向，将油门踩到底，并查看转速表。

以上一系列方向、油门、刹车操控是真实赛道上很典型的组合动作。

车身操控的精髓，在于控制车身旋转状态，让其转到合适的偏航角和滑移角，发挥最大抓地力。

赛车技术不是与生俱来的，让车子一边旋转一边紧贴行车线，需要通过足够的训练来掌握。

### **PRACTICE 训练**

专业驾驶学校会让你了解街车的操控极限，这些课程和练习都很有趣且实用，最关键的要点在于圆形试车场 (skid pad)，常见的训练方式是，学员要以一个夸张的偏航角绕着一个圆形行驶而不能侧滑。

学这个之前最好先考察一下该学校的试车场及车子。如果场地被特别润滑过或者车子是特别调校过的，抓地力是如此的低以至于发生的一切就好像电影慢镜头，很难体会到现实驾驶中会遇到的感觉。

在我们 Skip Barber Dodge 驾驶学校，也使用圆形试车场，但我们为了让车子稍容易侧滑，同时轮胎也耐用些，只会简单浇湿地面。转向力这里表现得更真实，侧滑、救车的反应时间也更接近真实情况。我们会要求学员在上面练好几个小时。

问题是，一般人不太能负担得起每周一次，持续一年的学费，而练个 2-3 天对技能的提高来说远远不够。就好像一个人每年练 2 天棒球，然后就想着要跟职棒选手同台竞技，基本没戏。

如要练习，完全不需要太梦幻太昂贵的车。此外很多赛道有公开训练日，计时赛活动，或者俱乐部杯赛，场地费很便宜，训练时间又很充足。找那些有着最宽敞缓冲区的弯道，这样如果失误了也不会撞上什么东西，然后用车辆极限进行试验。比平常更大幅度地侧滑，小心控制车身。忘记圈速，不断复习那些想要精进的技巧，那些想要解决的操控问题。利用闲暇时间总结经验教训。所有这些，在下场比赛时都会有回报。

开卡丁车也是很好的练习，但车小并不意味着便宜。而且，它们的操控相应速度明显也要比全尺寸赛车更快。

哪怕是在雪后的停车场，也能进行练习，不过别说我们教的。

#### **Using Your Eyes 注视目标**

你的父母可能教过你，你也可能教过你的

子女这么一句话：“盯着你要去的方向！”这不仅对玩耍中的孩子有用，更是一句赛车的至理名言。

我们发现，托手眼协调的福，眼睛注视哪里，就能提高到达那个地方的概率。

从你第一天学开车起，手眼协调就让你朝着你注视的方向前进。侧滑时，人会不由自主地看向那些将要撞上的东西：树、灯柱、障碍墙。所以当情况危急时，必须让自己注视想要安全前往的方向，而不是盯着害怕撞上的东西。

在赛道上，注视前进方向，有助于找到行车线并沿着它行驶，哪怕车子侧滑得很厉害。盯着弯心和出弯点，手眼协调会确保你正确行驶。

## FRONT/ALL WHEEL DRIVE 前/全驱车操控

自从 1970 年代有量产车赛事以来，越来越多的前驱车出现在了赛道上。但十多年来，即便有隶属于车队的，但也还是没有一台专为赛车而设计的前驱车，车队仅仅是为了满足参赛要求而配备它们。因为和后驱车比起来，前驱车没有任何竞争优势。

它们的问题在于，驱动轮也就是前轮，会在加速时丧失下压力，轮胎抓地力会在需要它的时侯反而减少。通常来说，后驱车会动力转向过度，而前驱车会动力转向不足。当猛踩油门时，后驱车会让后轮失去抓地力，而前驱车则是前轮。前轮丧失抓地力更糟糕。

如果你是工程师，要从头设计一台赛车，你肯定会选择后驱的方案，因为加速时能获得额外下压力。不过尽管如此，如果不只有一台前驱车，或者凑巧必须驾驶一台，那么最好还是了解一些操控它的技巧。

### Braking Control 刹车控制

对前驱车而言，精确的刹车平衡更为重要。很多前驱车会让重心略往后一些，刹车时，这些载荷会几乎全数转移到前轮上去。一旦车子开始入弯，重心从内侧轮转移到外侧轮，内侧后轮会接近悬空。

所以此刻我们依仗两条前轮加一个外侧后轮过弯。如果刹车平衡略偏后轮，此时车尾会大幅外摆，产生入弯转向过度。

跟后驱车一样，如果在转向时松开刹车，前驱车也会转向过度。

在前驱车上不存在因为引擎制动力作用于后轮而导致的转向过度。在后驱车上，刹车与踩油门之间的间隔会产生引擎制动促进车身旋转，在前驱车上不管用。不过我们仍旧可以用这段间隔来等待车尾旋转到正确的偏航角。

### Throttle Control 油门控制

刹车平衡诱发的转向过度，并不完全是件坏事。如果车尾甩出了一个可怕的角度，前驱车固有的转向不足倾向会在踩油门的时候让车身回正。

在前驱车上，解决转向过度的同样是后驱车上所使用的三步走技术，不过前驱车对油门的响应速度更加快。在后驱车上，我们得小心不要过度踩油门，矫枉过正会让后轮失去抓地力，加剧转向过度。而在前驱车上，踩油门以及反打方向都会让车头冲向车尾的行进方向。即便踩多了油门，前轮会失去抓地力并向外侧滑，也能解决转向过度问题。

和后驱车一样，渐渐地踩油门会导致前驱车转向不足。而弹油门同样也会导致转向过度。

我们还没在赛道上测试过四轮驱动的车。但总的来说，比起后驱车，它们的操控特性会更接近于与前驱车。和后驱的赛车相比，它们更倾向于动力转向不足。很多开过全驱车的车手都表示，在雨天，多出来的两个轮子提供的额外的牵引力实在太有用了。

## SUMMING UP 总结

车身姿态控制的目的，就是让车子保持在能最大限度发挥抓地力的偏航角，沿着最佳行车线，通过提速来不断接近极限。

从入弯点到加油点的车身姿态控制需要刹车控制和方向控制并用。渐松刹车会让车身倾向于保持原有状态：转向过度的仍旧转向过度，转向不足的仍旧转向不足，中性的仍旧中性。

过弯时弹刹车会让车子转向过度，此外松刹车与踩油门之间的间隔也会让车子转向过度。

渐踩油门会让车子转向不足。突然踩油门则会导致转向过度。弹油门也会让车子转向过度。

“修正、停顿、回复”三步法是用来解决转向过度的方向控制手段。

车身旋转是车辆从 0 度侧滑角转到合适

---

的侧滑角的过程，合适的侧滑角能产生最佳滑移角，让轮胎发挥最大抓地力。即便是中性车辆也会产生偏航角。

盯着你要前进的方向，用手眼协调来控制车身。

车身控制的技能不是与生俱来的，学而时习之，能帮助我们提高控制车身姿态的能力。

# 第五章 BREAKING AND ENTERING

## 刹车与入弯

比起粗略地说“刹车要晚，要用力”，入弯其实复杂得多。其过程由四部分组成，入弯需要降低多少速度，决定了何时以及如何使用这些技术。

在本书第一部分《基础》中讲到，入弯这一过程可以分成四步，根据弯道情况不同，我们可以使用四步中的全部或几种：

第一步：油刹转换（油门转刹车）；

第二步：直线减速；

第三步：带刹转向；

第四步：刹油转换（刹车转油门）。

跟走线以及出弯相比，刹车这种基础技术对于圈速的贡献十分有限，因为其难度高，且需要刹车的赛道只是很小一段而已。尽管如此，一旦高手相争，刹车和入弯就是决定胜负的关键所在。

没有一种技术能通吃所有问题，我们将通过定量分析来告诉你如何选择不同方式。这些技术在攻略新赛道时尤其有用。

### BLOCK 1: THROTTLE-BRAKE TRANSITION

#### 油刹转换

赛道上油刹转换极大地区别于日常驾驶。日常驾驶中，考虑到车辆寿命和乘客舒适度，我们一般不会很快或很大力地刹车。

但在赛道上，我们不想浪费一丝一毫的时间。当要从 110mph 减速到 35mph 时，我们会在刹车点处从全开状态突然松开油门，紧接着大力刹车，相当粗暴。

#### No Slams 刹车不是踩的

以我们的 Formula 赛车为例，在 Sebring 赛道的发夹弯，从油门全开到施加 130lbs 的刹车压力只要耗时 3/10 秒。要在如此短的瞬间施加如此巨大的踩踏力度，你可能会认为这就是用力踩刹车。但事实完全不是，“踩”，意

味着冲击，正确的做法是快速把脚挪到刹车板上，然后开始“挤压”踏板。

踩刹车是一种常见错误。有些车手踩的如此用力，就像是在用榔头砸钉子。这样通常会造成前轮瞬间抱死，因为重心还来不及转移到前轮产生额外的下压力，前轮就已经被刹车夹得死死的了。

#### Fleet Feet 脚法轻快

在直线临界减速中，油刹转换的动作要求基本是一样的：尽量快，以免浪费时间。哪怕是非临界刹车，也是越快越好。

但也存在例外，如果某台车很容易产生引擎制动，那么松油门最好要轻缓点。

#### Throttle-Brake While Turning 转向中油刹转换

在有些弯道，刹车点可能位于入弯点之后。如果转向角度很大，松油门时就得小心了，突然松油门可能会导致车子失控。在这种情况下，油刹转换需要更平滑渐进，同时要求车手具有高敏感度和预判力。

### BLOCK 2: STRAIGHT-LINE DECELERATION

#### 直线减速

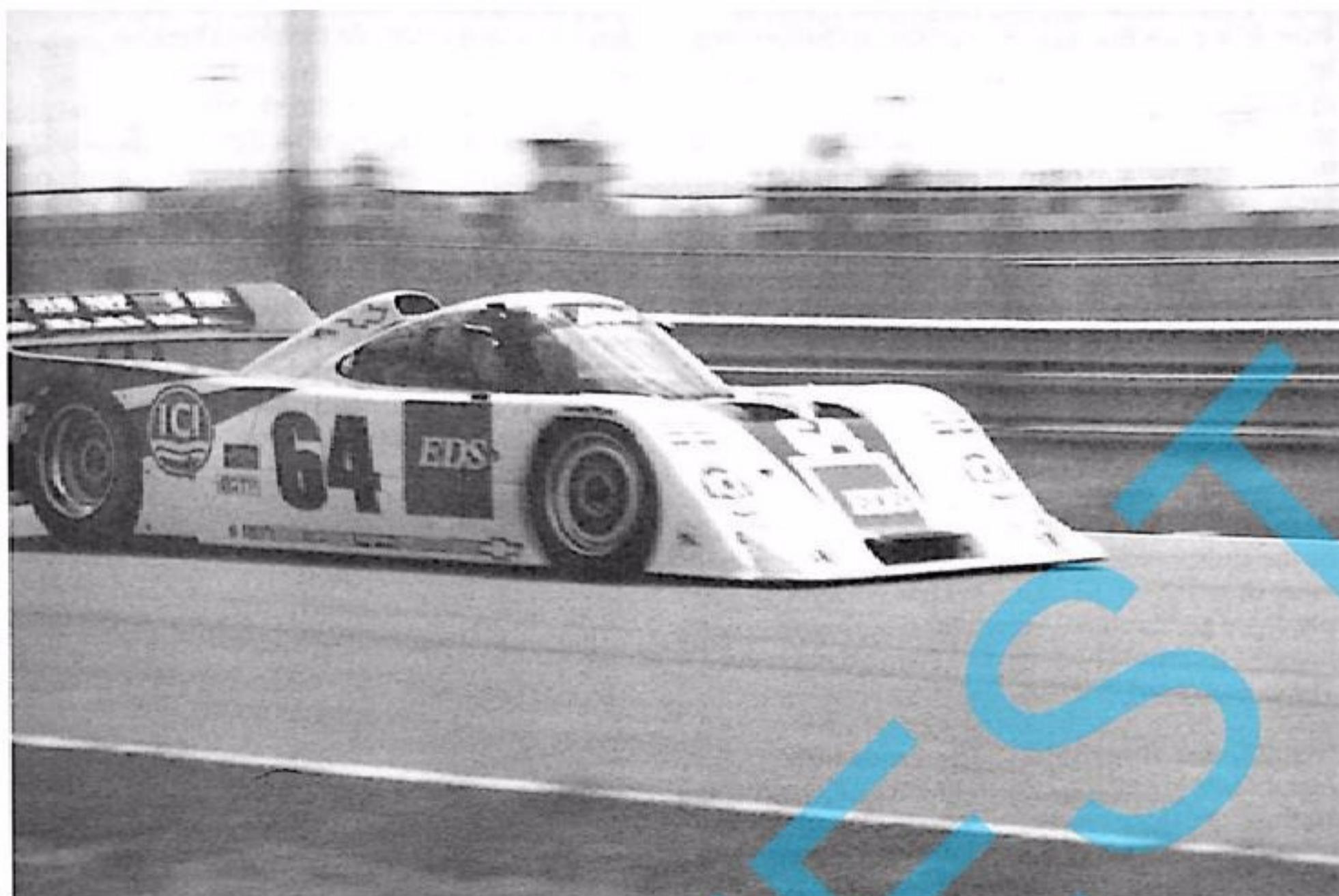
油刹转换是第一步，第二步就是尽可能快地减速。

#### Not Too Delicate 重新学习力度

除了猛踩刹车之外，新手更常见的问题是不了解临界刹车力度到底是多少。一台优秀的运动型街车，如 Dodge Stratus，只需在踏板上施加 40lbs 的压力，就能让刹车产生 80% 的最大力度，这种力度在赛道上稀松平常，但在日常驾驶中绝对过于暴力。所以从街车转开赛车的车手需要重新学习刹车力度。

#### Whoops! 抱死了！

要找到临界点，我们需要一点一点逐渐加力，直到轮胎刚好抱死。



**图 5-1** 搭载了空气下压力套件的 GTP Intrepid 赛车，每秒能减速 80mph！

在 Skip Barber Racing School，我们提供相当充足的时间和轮胎来让菜鸟做临界刹车练习。要熟练掌握这一技能，理论可能有帮助，但除了练习个 100 次，没什么更好的的方法。

在练习中，因为经常要让轮胎松抱，学员们会因而学到额外的技能。我们知道比起滚动的轮胎，轮胎抱死后的抓地力会少 30%，所以要微调一点刹车来让轮胎重新滚动。其中的难点在于发现到底需要微调多少，这需要学员仔细体会。

#### Learning to Modulate 微调

刹车微调包括了放松和加力，一点点加力来试探极限，在抱死的瞬间放松刹车，根据轮胎和路面的不同对刹车力度进行补偿，不断游走在临界边缘。以上理论没什么复杂的，但要臻致完美就得解决几个问题。

问题通常分为两类。一类是当轮胎抱死时车手反应过度，弹开刹车。抱死的轮胎最多只有 70% 的抓地力可用于减速，而一旦松开刹车，就完全没有减速这回事了，想一想，为了找回额外的 30% 抓地力用于减速，结果变成了 100% 不减速，这不是南辕北辙吗。通常在这种过度反应之后，车手紧跟着又一次猛踩刹车，于是又是一次抱死，然后又一次弹刹车，陷入恶性循环。

此外，这种大开大阖的刹车方式会让车头上下起伏，严重破坏车身重心平衡。

所谓的微调刹车，其实是踩踏力度发生变化，而不是踩踏深度发生变化。比如，要让一台 Formula Dodge 松抱，从 140lbs 的踩踏压力减少到 100lbs 就行，这 40lbs 的踏板行程肉眼几乎不可见。所以，这种调整是非常微妙的，不要用大腿来刹车，而是用小腿肌肉及脚踝来微调压力。

第二类问题，是当轮胎抱死时车手过于紧张而更加用力，最后压力大的都能把碳变钻石了。这种情况由恐慌导致，常见于快要撞上东西时。有些老手会因此嘲笑新手，但没有人能够百分百对恐慌免疫，所以千万别大意。

#### Gaining Time In Long Braking Zones 减速的目标

正确的刹车方式只是一个目标，更重要的是，在入弯点时将车速控制到正确范围，既不太快也不太慢。

说起来容易做起来难，就算是老手也不一定能百分百成功。实现目标是循序渐进的，不要想着一蹴而就。

## Brake Points 刹车点

过弯需要参考点，刹车也是。有些赛道会在减速区设置距离指示牌，但更多的情况是，赛道上并没有特别明显的参考物，我们需要自己设立参考。

此时的难点在于刹车点的变化可能会很大。如果你是正在熟悉赛道，那么直道速度肯定没有全力狂飙时那么快，所以刹车点也可以推迟些；而最快圈速下，刹车点就得提前，好让你把更多注意力集中在走线和出弯上。其中的关键在于区别情况，找出最适合的参考点。

## Don't Start By Going Deeper 别急于求晚

性急的车手常犯的一个错误就是延迟刹车，换句话说就是过于冲进弯道深处。

延迟刹车应该用在减速较多、需要临界刹车的弯道上。但并不是每个入弯都需要用到临界刹车。以 Lime Rock 赛道为例，共有 6 个弯道，其中仅有一个需要用到临界刹车。

## Identify the Threshold—"The Procedure" 重度减速第一策略 — “临界刹车法则”

在找出最大临界刹车力度前就尝试延迟刹车是没有意义的。“临界刹车法则”的第一步，是脚上渐渐加力直到找出界限所在。应该等到熟悉临界力度后，才开始尝试延迟刹车。

通过在刹车点和入弯点之间施加更有效的刹车，我们会在入弯点处把车速降得更低。而一旦确定了临界力度，我们就可以一点一点延迟刹车，从而提高入弯点处的车速。延迟到某个点时，入弯速度会太高以至于车子没法切过弯心。此时不需要冲出赛道，我们就能感觉自己偏离了最佳行车线。

“临界刹车法则”具体步骤如下：

- 1) 一点点摸索出最大临界刹车力度所在；
- 2) 一旦确定力度后，就逐渐延迟刹车点，每次 3 英尺可能是不错的节奏；
- 3) 如果车子偏离最佳行车线无法切到弯心，或者需要被迫延迟加油，说明刹车点已经太迟了，需要往前移。

## Always Start With Threshold? 总是临界刹车？

很多车手以为临界刹车可以通吃所有弯道，这种看法未免太单纯了。如果有足够距离的直道可用来临界刹车，那么它确实是最快的入弯减速方法。但并不是每个弯道都如此。

临界刹车的效率是相当可观的，我们的方

程式赛车全力刹车能达到 1G 的减速度，差不多 22mph 每秒，而一些配备热熔胎、尾翼、下压力套件的赛车甚至能达到 4G，也就是 88mph 每秒！如果一个弯道需要减速 8mph，那就意味着只需要临界刹车 1/10 秒，这未免也太超乎人类反应速度了。

## Words of Advice 经验之谈

Mario Andretti 曾效力于 Lotus 车队出战 F1。在某次采访中，有人向他请教驾驶技术，他说，驾驶技术是他的独门营生，传子不传外。但“我只说一样”他分享道：“好多车手，甚至是 F1 这个级别的，都误认为刹车就是为了让车慢下来。”

这句话所包含的意义是无价的，其潜台词是：刹车不止是为了减速，它还有着调整车身姿势与平衡的作用。

## The Effect of Short, Sharp Braking 点刹的恶果

一台有着 4G 减速度的车如 Indy 赛车，如果在 1/10 秒里完成从油门全开-临界刹车-松刹车-入弯这一系列动作，其车身平衡和姿态会有什么样的变化呢。答案是，车子会像被榔头重击了一下。

所以此时最好是不要使用临界刹车，而在更长的时间里施加较小的刹车力度，让车速降到刚刚好的同时，也让车身状态更加稳定，更加可控。

此外，瞬间大力刹车会让我们很难精确减速，其最常见的后果是减速过度。

那么到底怎么判断是否应该使用临界刹车？一条经验法则是：如果需要临界刹车的时间少于 1 秒，那么就应该考虑放弃。另外，如果某次入弯不需要降档，同样也可以考虑放弃。

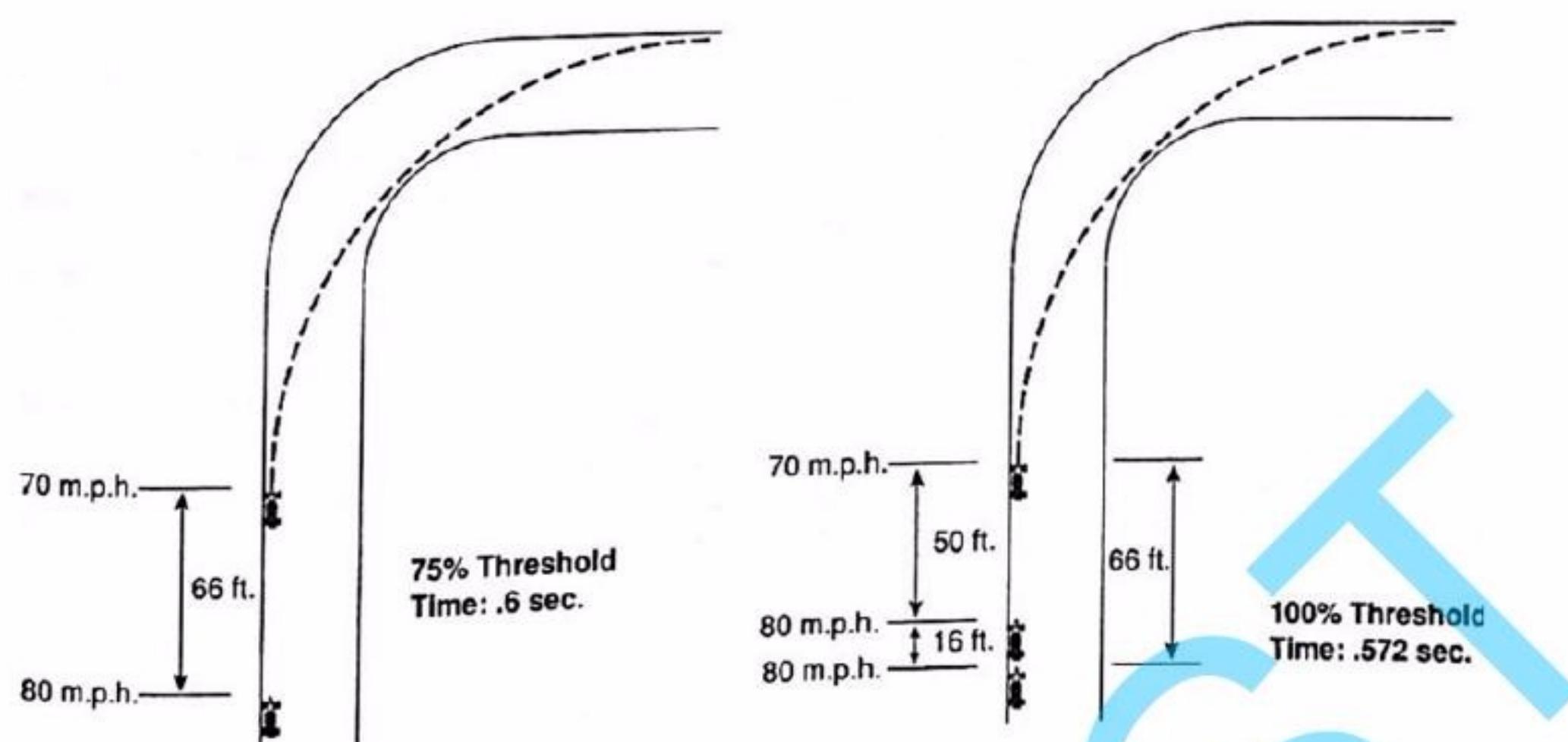
## What Does Lighter Braking Cost? 非临界刹车值不值？

但还是有人不肯放弃大力刹车，为了说服某些顽固派，我们来比较一下使用 100% 临界刹车和 75% 临界刹车的区别。

在图 5-2 中可以看到，当以 75% 的临界力度刹车，从 80mph 降到所需的 70mph 入弯速度，需要 66 英尺的距离，耗时 0.6 秒。

如果使用 100% 临界刹车，只需要 50 英尺的距离，耗时 0.572 秒。两者仅差 0.025 秒！

所以非临界刹车只牺牲微不足道的时间，却让入弯和之后的出弯更可控更稳定，绝对值得尝试。



**图 5-2** 当减速不是很大时，以较小力度刹车，损失的时间微乎其微。

### Comparing Different Strategies in Long Braking Zones 重度减速的第二种策略

“临界刹车法则”中，刹车力度不变，通过不断延迟刹车点来找到最快路线。而另一种策略则是在刹车点不变的情况下，调整刹车力度来提升入弯速度。我们以 Sebring 赛道发夹弯的实例为对照，来看看不同的力度如何影响刹车时间。(图 5-3)

在最快圈速中，车手到达刹车点的速度为 104mph。他于距离入弯点 339 英尺处开始了临界减速。减速期间，刹车压力在 90-130lbs 间波动。在踩下刹车的 3.7 秒后，车手以 41mph 的速度来到入弯点。平均减速率仅为 19.7mph 每秒，减速度接近 0.9G。

在这个案例中，41mph 的入弯速度是我们通过观察无数车手通过该弯道的最佳成绩后得出的，我们称之为“极限”。

而在较慢圈速中，从踩下刹车到抵达入弯点耗时 4 秒，慢了 0.3 秒。其原因是车手提前了 35 英尺也就是 3 个车身的距离，在入弯点前 374 英尺处就开始临界刹车。油刹转换等动作的耗时都是相同的，减速率也几近 0.9G。

这里的问题不在于刹车力度，因为两者减速度曲线是几乎一样的，而是因为刹车太早。刹车力度相同，刹车点不同，导致了最终的入弯速度也不同。

但一个惊人的事实是，后者之所以慢 0.3 秒，并不是因为提前了 35 英尺刹车，事实上，两者在最初 35 英尺内的耗时差异微乎其微。

扩大差距的，是两者在之后的 339 英尺内保持着 3-4mph 的速度差！

当车手保持刹车力度不变，车速差距就会一直保持到入弯点。实测数据显示，在最快圈速中，车手在最后 100 英尺时减少了刹车力度。

我们要提到的第二种策略，可以让慢圈速的跑法得到一定提升。来看看图中的第三种跑法：车手如何在不延迟刹车点的情况下，尽可能追回落后的 0.3 秒。

这次，刹车点位于入弯点前 362 英尺，刹车力度没那么激进，差不多是临界力度的 70-85%。较轻的刹车维持了较高的车速，使得在近 3/4 的区段内保持了与最快圈速相同的车速。

之所以最后会有 0.1 秒的差距，是因为最快圈速中的车手在入弯点前 100 英尺处松了刹车。后者较重的刹车导致车速降到了理想速度以下，慢了 4mph。

如果你的驾驶技术还没有臻致完美，刹车精确度落后于人，通过这个案例，你会了解到，2/3 的落后差距可以通过提早使用非临界刹车追回。

这一点非常重要，在最艰巨的重度减速中，后者使用了 70-85% 的临界刹车力度，也仅仅比最快圈速落后了微乎其微的 0.1 秒，而且非临界刹车也能让车手将精力更加集中于走线和出弯。

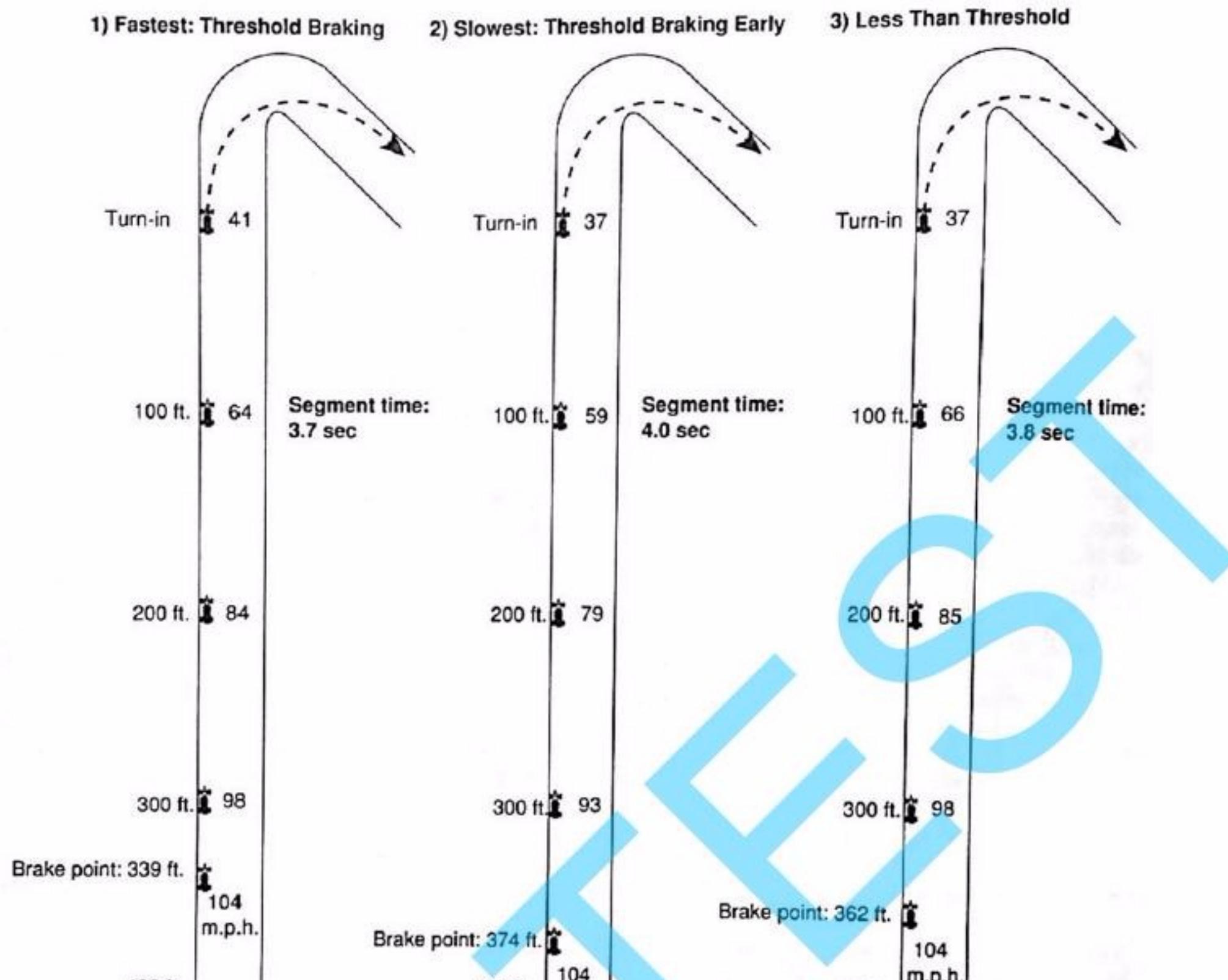


图 5-3 Sebring 赛道发夹弯前的大直道，最后 400 英尺的三种减速方法。

当然，将来如果要再上层楼，就要在此处  
争回 0.1 秒。

#### Modulation—Not Just for Lockup 微调—不 止是松抱

刹车力度微调除了松抱还有更多用处。在前例的最快圈速跑法中，车手在离入弯点 90 英尺时减少了刹车力度。这是在熟悉赛道阶段提高入弯速度的有效方法，它让车手能提前适应极限过弯速度，这样，当需要全力以赴时，我们就已经十分熟悉入弯速度了，不需要在极限状态下因慌张而分散注意力。

#### Lighter Braking for Smaller Speed Losses 轻微减速的处理方法

最后 10mph 的减速最好通过等距等时地渐进松刹来实现。你已经看到，当车速差距为 10mph 时圈速差距是如何的微乎其微。当车速相差 4-1mph 时，这种差距就更小了。图 5-4 列出了减速小于 10mph 时的处理方法。

Speed loss	Control input
10 m.p.h.	75% 刹车
9	60% 刹车
8	50% 刹车
7	30% 刹车
6	20% 刹车
5	油门全松
4	短暂油门全松
3	轻抬油门
2	更短地轻抬油门
1	只有天知你知的轻抬力度
0	一点也不松

图 5-4 轻微减速的各种处理方式。

### Using the Breathe 轻抬油门也是“刹车”

抬油门能比踩刹车更柔和地减速，常用来进行细微的车速调整。轻抬油门会让惯性、机械阻力、空气阻力拖慢车辆。而弹油门，则会带来引擎制动效果。

这两者的区别在于，前者实现减速的同时不会给后轮带来额外负担，而后者则会，如果是在直道上则还罢了，如果是在转向中弹油门，则有可能导致失控。此外，处理细微的减速，与其瞬间猛抬油门，在较长距离内轻抬油门可以达到同样的减速效果而又不破坏车身平衡。

随着抬油门越来越轻，最后，它在精神层面上的微调作用会超过其实质上的减速。

## BLOCK 3: DECLERATING WHILE TURNING (TRAIL-BRAKING) 带刹转向

如果过了入弯点后还需要减速，不管是150英尺还是2英尺，我们都称之为“带刹转向”。

之前说到过，临界刹车原教旨派一直有一种理论，认为所有的减速都应在直道上完成。对此我们深表反对。自从 Skip Barber Racing School 于 1975 年成立以来，我们不仅教导学员运用直线减速，更教他们用不同的车子在弯中减速。我们的理论是：与其将来回炉重造，不如一开始就把技术学全了。

事实上，关于是否要使用带刹转向的争论很激烈。我们的观点是，结合使用轮胎的转向和减速能力可以有效缩短圈速。

是谁最早提出这一理论已经不可考了，但我们知道第一个公开谈论刹车转向结合的车手，是 Mark Donohue。

在 1960 年代晚期，Mark 和 Road Racing Drivers Club 的另一些成员举办了一些关于驾驶技术与赛车的论坛，在这些论坛上，Mark 提出了在当时看来十分异端的，在非直线区域中的减速的理论。当时传统的理论认为，把转向和刹车结合起来是自寻死路。而 Mark，作为毕业于布朗大学的机械工程师，根据他制作的轮胎抓地力概念图表，提出了“抓地力象限”理论（“Friction Circle”）。

### The Friction Circle “抓地力象限”

我们也来画一个“抓地力象限”图。为简化起见，现在假设这个轮胎最高能产生 1G 的

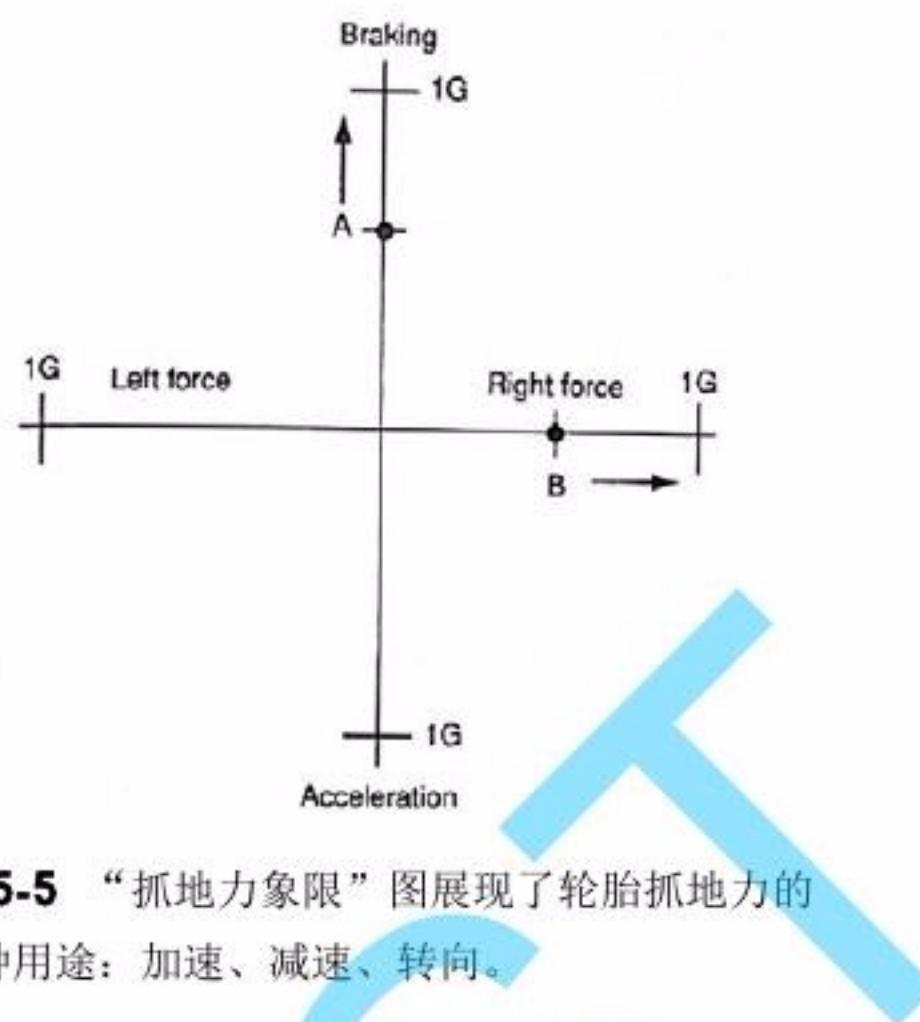


图 5-5 “抓地力象限”图展现了轮胎抓地力的三种用途：加速、减速、转向。

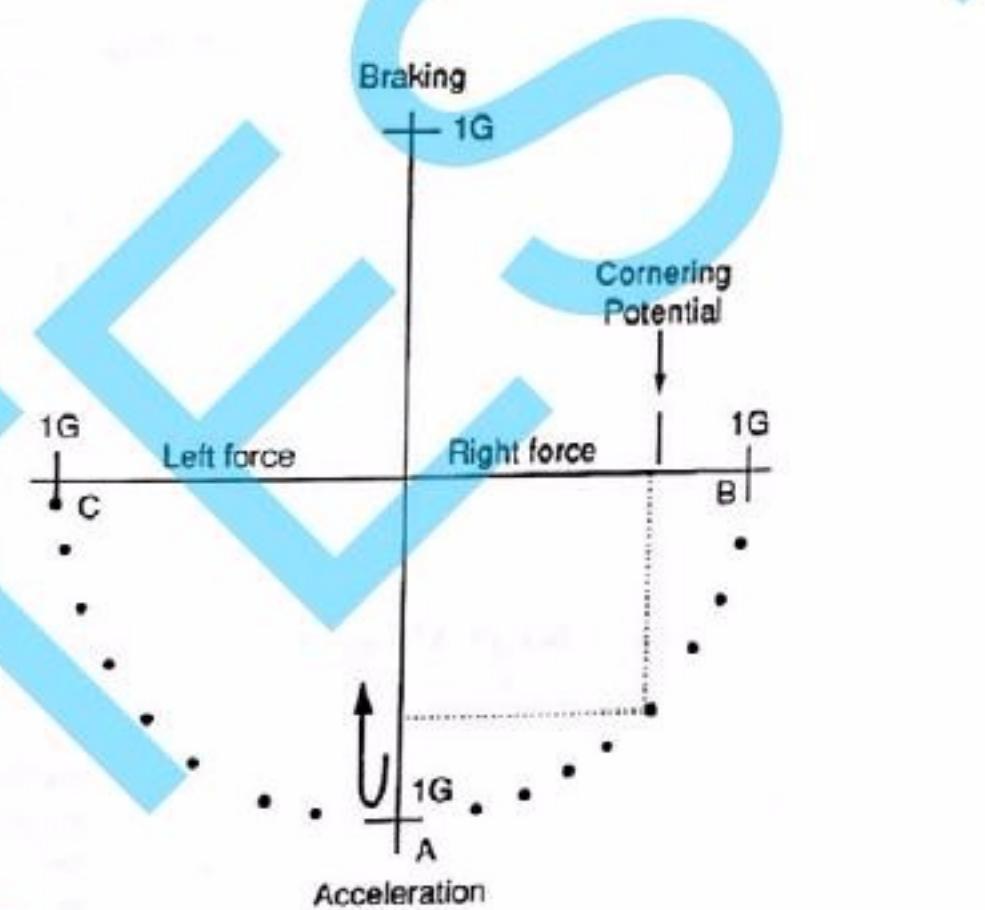
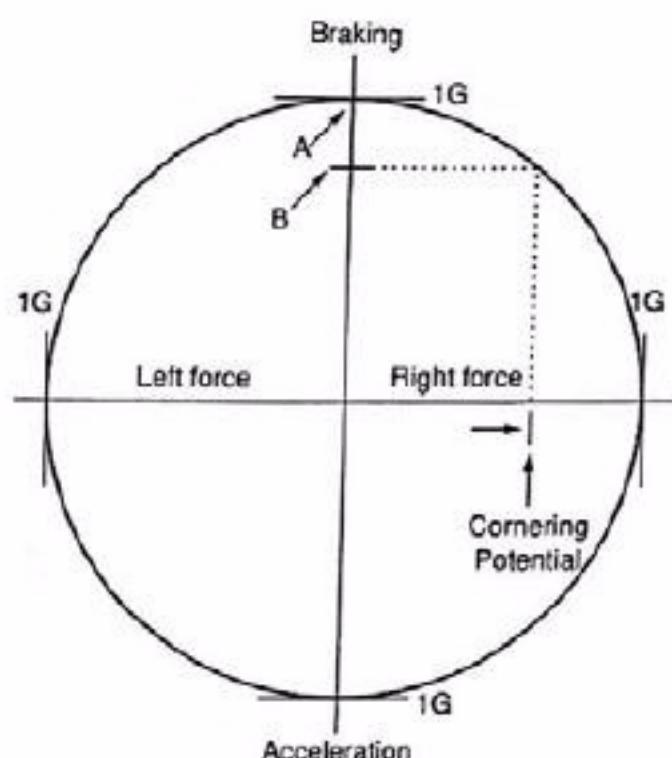


图 5-6 下方半个圆弧代表了在最大抓地力下，所有的加速+转向组合。

正反向加速度。同样，它也能产生最高 1G 的转向加速度。

在图 5-5 中，中心点下段表示的是加速抓地力，上段表示的是减速抓地力。左侧段是左转向抓地力，右侧段是右转向抓地力，4 个端点代表了其抓地力极限。作为车手，我们可以选择不把它逼到极限，比如说，A 点离轮胎的加速极限还有一段空间。转向也一样，比如 B 点就代表车子正在一个转向半径较大的行车线上。

我们可以结合轮胎的不同能力，同时转向和加速。当然，如果将全部抓地力用于加速，就不可能有多余的抓地力用于转向，如图 5-6 中的 A 点。而如果加速没用尽抓地力，那么就有多余的抓地力可以用于转向。



**图 5-7** 当把全部的加速转向、减速转向组合放在一起，它们就形成了一张完整的抓地力象限图。

如果把轮胎可用的最大转向抓地力和加速抓地力的组合在图中标出来，这些点可以连成一个从 B 到 A 到 C 半圆弧。

#### Using the Friction Circle 活用抓地力象限

“抓地力象限”理论帮助我们理解，当用于加减速的抓地力变化时，转向抓地力会如何随之变化。以前这都是靠直觉来领悟的，现在这张图标让一切变得更直观。**图 5-6** 中下方的半圆代表了可能的加速+转向抓地力的集合，刹车+转向抓地力的集合则在**图 5-7** 中的上半圆表示。

**图 5-7** 是一个完整的图像，是轮胎所具有的全部抓地力组合的全集。我们来看看刹车+转向组合的部分。

点 A 代表了临界刹车，轮胎没有多余的抓地力可以用于转向。不过只要松一点刹车，就有了多余的抓地力，这就是点 B，从这个点画一条水平线交于圆弧，并从交点作垂直线，我们就能知道在横轴上有多少抓地力余量可用于转向。这里的关键不是让去抠精确的数值，而是为了让我们了解，刹车力度是如何与转向力相关的。

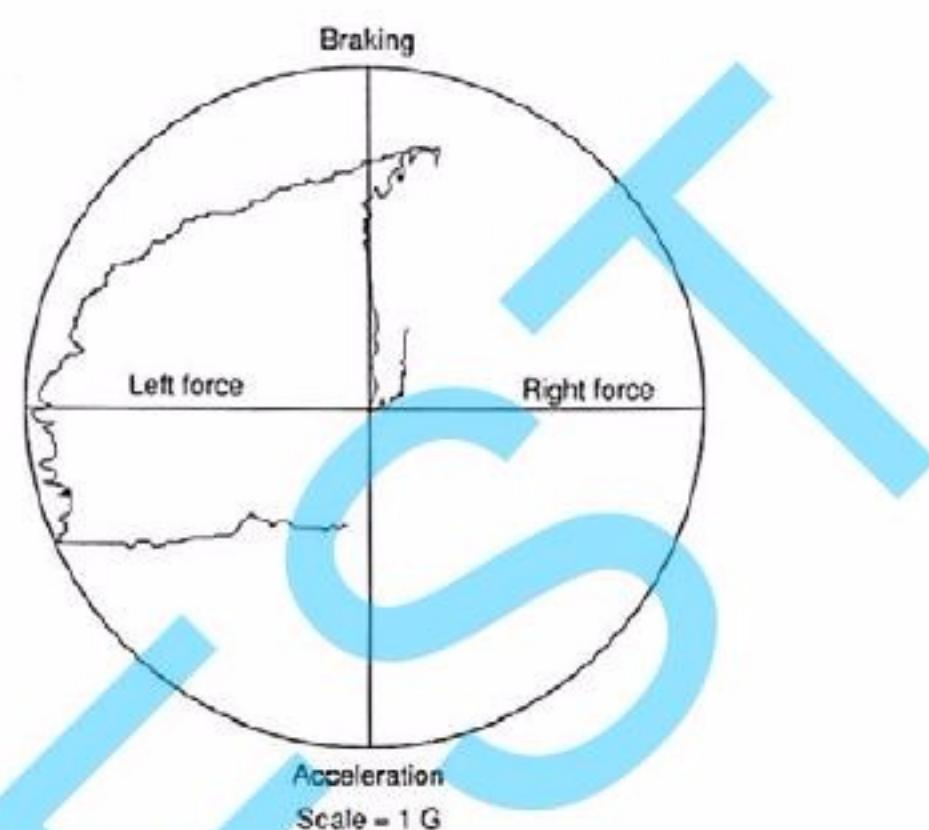
#### More Than Just a Concept 不止是概念

“抓地力象限”不止是概念化的东西，它存在于现实中。我们的数据采集系统可以记录车辆的纵向和横向加速度，也就是真实版的“抓地力象限”图。**图 5-8** 就是一份拷贝，记录了 Sebring 赛道发夹弯带刹转向的过程，图表所展现的，正如 Mark 的理论所揭示一样。

#### How Much Braking and Turning? 影响带刹转向的因素

其他赛车学校教的入弯技术都不包含带刹转向。我们发现在大多数的赛道情况下，这种技术都相当有优势。所以问题不是要不要应用，而是怎么应用。

刹车与转向的组合可以有很多种变化。有可能是发夹弯前的临界减速，也可能是连续弯中的减速，也可能是高速弯道前的微调刹车。



**图 5-8** Formula Dodge 赛车通过 Sebring 赛道发夹弯时的抓地力象限图。

#### Significance of the Throttle Application Point 加油点如何影响带刹转向

如何选择适当的刹车+转向组合，要参考的一个重要变量就是加油点位置。加油点越靠后，就越需要使用带刹转向。

当然，加油点无疑是越早越好，因为这会带来更高的出弯速度和直道速度。在这个案例中，为什么不从转向点开始就加速呢，肯定找不到比这个更早的加速点了。

问题是，基于车子的加速能力和弯道半径，过早加速会让车子无法通过弯道后半部分。有一条准则是，正确的加油点就是你可以全力加速又能让车子过弯的点，如果需要在出弯时松油门，那么这个加油点肯定是过早了。

你会发现，在同一个弯道，低马力的车和高马力的车相比，需要更早的加油点。弯道的通过速度也能影响加油点，因为车辆的加速能力受速度影响而变化。

拿我们的 Formula Dodges 来说，在 60-70mph 的速度范围内，每秒可以加速 5mph，但在 90-100mph 范围内，就只有 2mph 每秒的加速能力了。最主要的原因是空气阻力随着速度而增加。随着车速越来越高，越来越多的马力被消耗来抵消空气阻力，因此，车速越高，加油点越要提前。

## How Corner Angle Affects Brake-Turning 弯道角度如何影响带刹转向

过弯转向角度也会影响加油点，以及带刹转向。看一看图 5-9 中的弯道，半径为 200 英尺，一台能承受 1G 加速度的车子能以最高 55mph 通过。通常，出弯时的转向半径和车速都会增加，但我们在图中用了定曲率行车线来简化表现，它足够表达我们的意图了。

在三种情况里，假设最早的加油点是在离出口 225 英尺处。早一分车子就会冲出赛道，晚一分出弯速度就慢了。

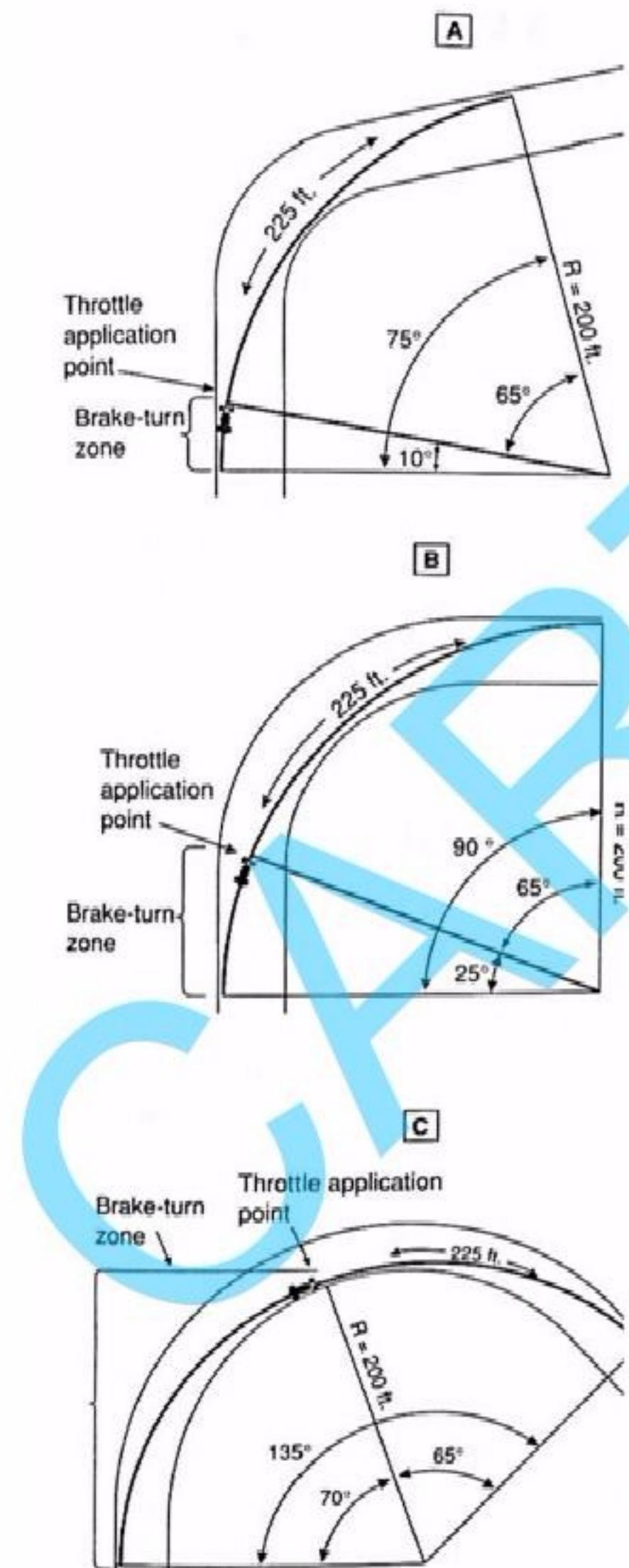


图 5-9 弯道角度影响加油点。

案例 A 是一个转向角度 75 度的弯道，你会发现在 225 英尺长的加速段中需要完成 65 度的转向。而在加油点之前则只需要转向 10 度。带刹转向的部分短的几乎就快没了。

因为加油点位于离入弯点仅仅只有 30 英尺的地方，在 55mph 的车速下，只需耗时 0.4 秒，所以可以把带刹转向的部分给省了。可以选择直接从直线减速（第二步）跳到刹油转换（第四步）。

案例 B 是一个转向角度 90 度的弯道。加油点仍旧距离弯道出口 225 英尺，区别在于入弯点和加油点的距离拉长到了 86 英尺。这时候使用带刹入弯可能会更好点。

在案例 C 中，弯道转向角度增加到了 135 度，加油点更深入弯道，接近弯心。入弯点到加油点的距离增加到了超过 240 英尺，以 55mph 的速度约需耗时 3 秒。因此该案例中所要使用的带刹转向跟前两例就有很大的不同了。

## Pedal Force During the Brake-Turn 带刹转向的踩踏力度

带刹转向有两种基本的踩踏方式。

第一种是“线性松刹”。举例来说，入弯点处的刹车力度是 140lbs，带刹入弯阶段耗时 0.7 秒，如图 5-10 所示，典型的刹车微调会在每 1/10 秒内减少 20lbs 的压力，从 140lbs 逐渐减到 0lbs。仔细查看不同车手不同车辆的刹车压力曲线，这种带刹转向方式是最常见的。

第二种是“阶梯式松刹”，将刹车力度减到某个程度，保持一段时间再松开。如图 5-11 中所显示的，车手以 140lbs 的力度刹车入弯，在渐松刹车 0.3 秒后将力度减少到 70lbs 左右，然后保持这一力度约 0.35 秒再完全松开。

这个维持的力度要如何界定呢？在需要较长距离带刹转向的弯道，如图 5-9 中的 C，我们会需要找出某个刹车和转向的特定组合，它既能让车子尽可能减速，又能紧咬行车线。当你找到某个合适的踩踏力度可以同时产生良好的减速和稳定的转向平衡，那就保持这个力度直到刹油转换为止。

## Connected Corners 连续弯道

另一种需要使用带刹转向的，是那种没有余地做直线减速的弯道。在这些弯道，大多数甚至全部减速都是在转向时完成的，因而必须在有效减速的同时保持足够的转向力。

这种情况一般都出现在连续弯道中，且后一个弯道的速度要慢于前一个。图 5-12 中

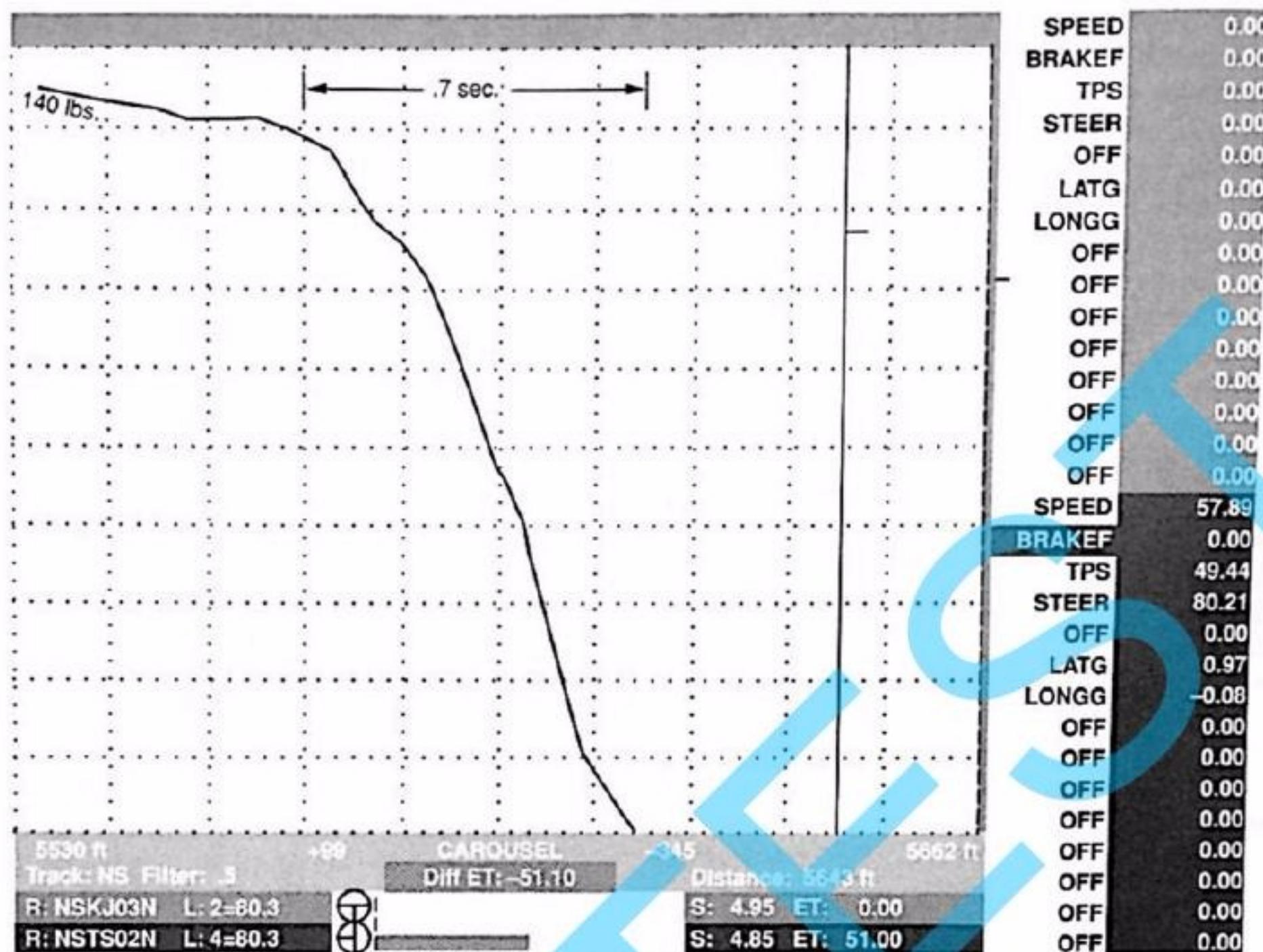


图 5-10 该图显示了典型的松刹车方式-“线性松刹”，逐渐地放开踏板并转向。

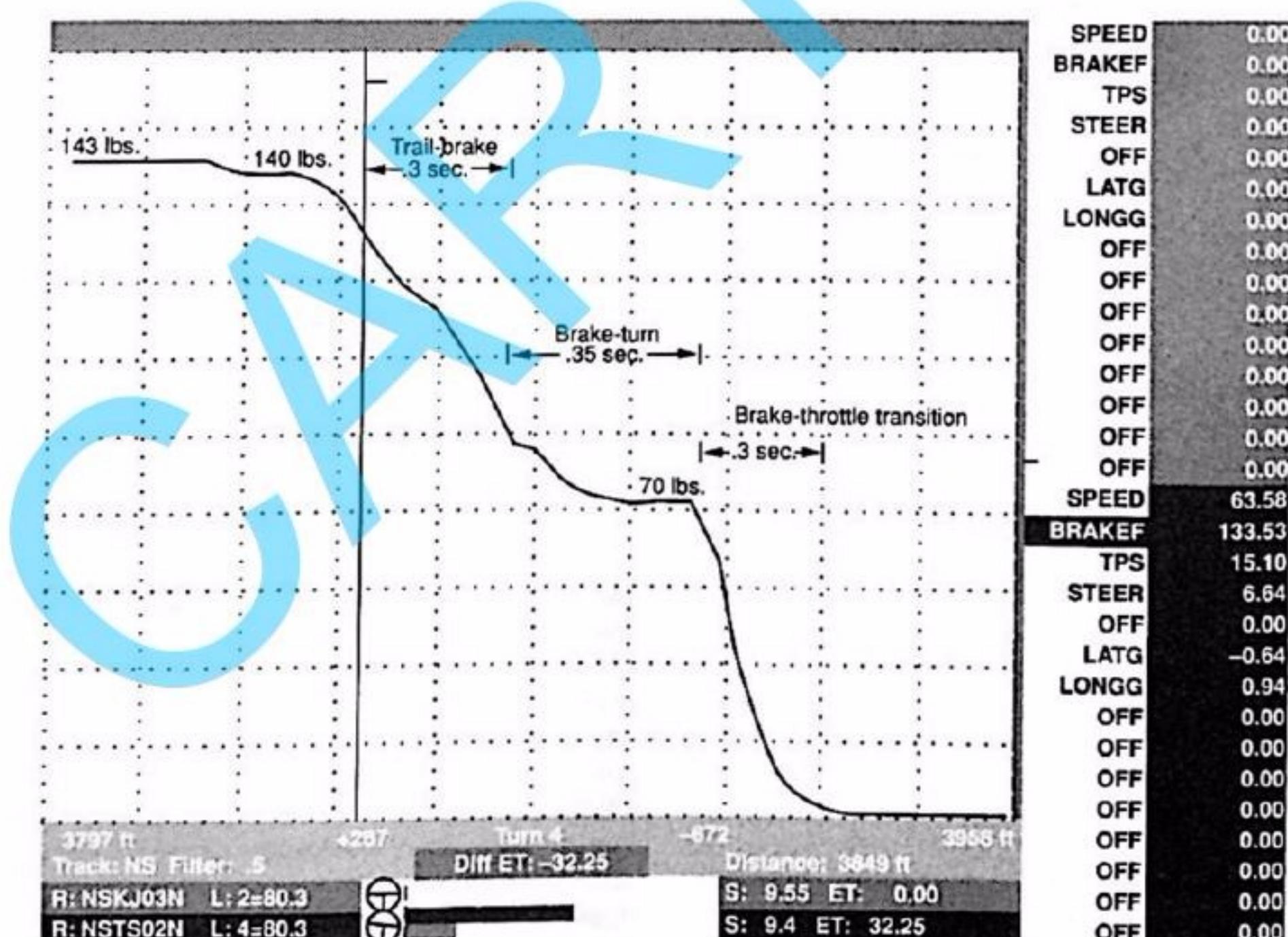
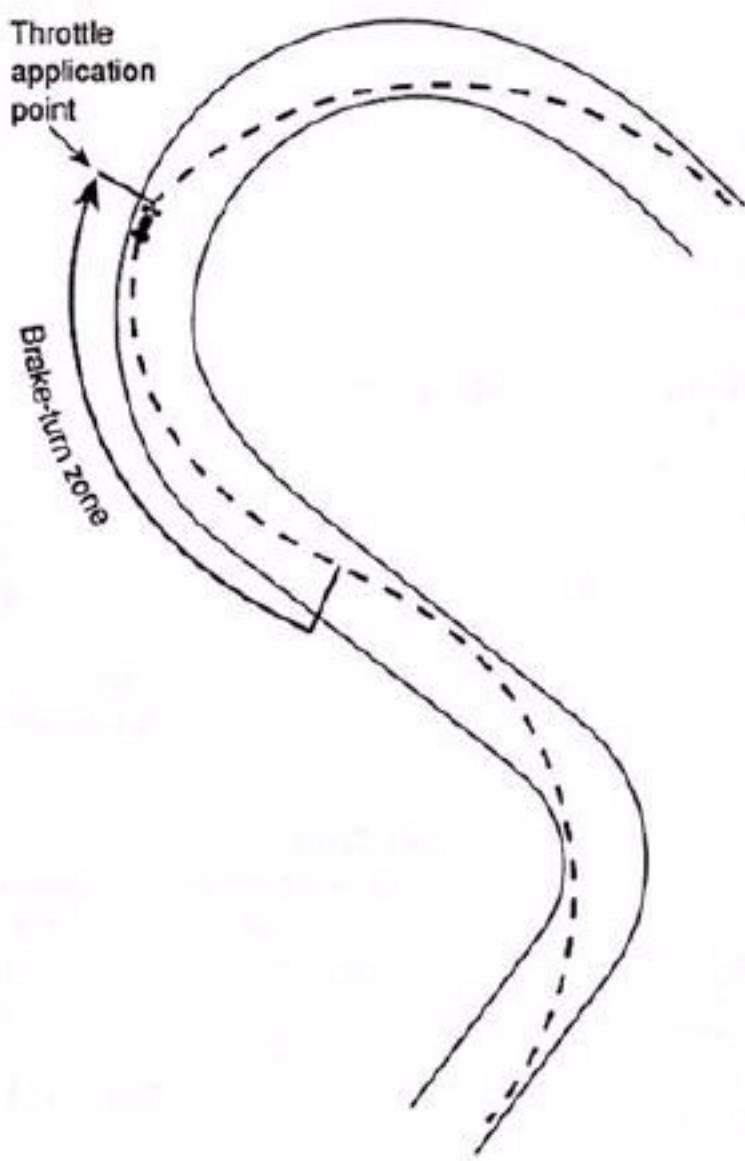


图 5-11 “阶梯式松刹”：当带刹转向过程较长，将刹车降到一定力度，保持一段时间再松开，能带来更好的车身平衡。



**图 5-12** 在没有直道可用的连续弯中，阶梯式松刹转向是必须掌握的技巧。

的左手弯和右手弯之间没有任何直道，在这种弯道中带刹转向需要保持一个恒定的踩踏力度。

处理这种弯道很棘手。当车子位于刹车点时就已经在右转了。如果突然松油门，车子很有可能会向左甩出去。所以油刹转换应该更平滑更渐进。

踩刹车也是如此，平滑渐进，然后保持在一个恒定的水平直到刹油转换。因为此处的行车线会非常接近赛道边沿，如果车速太快出现转向不足的迹象，需要迅速微调刹车来产生更多的转向抓地力，避免冲出赛道。这是带刹转向的精髓，通过增加或减少刹车力度来调整可用于转向的抓地力。

### Ovals 椭圆赛道

尽管我们总结了基本所有赛道中的情况，但随着参赛级别的不断提高，车手最后会面对 Indy 赛车中的椭圆形赛道，它有着特殊的要求。椭圆形赛道中的长弯，其入弯方式很接近图 5-12 中的情况。尤其是对大马力车而言，加油点会相当迟，所以以尽量高的速度入弯对提升圈速相当重要。此时的油刹转换也相当微妙，很多车手为了尽可能地使这个过程平滑而使用左脚刹车。对于我们这些习惯了右脚刹车的人来说，这需要花时间，但如果椭圆赛道是你的征途，那么这绝对值得学习。

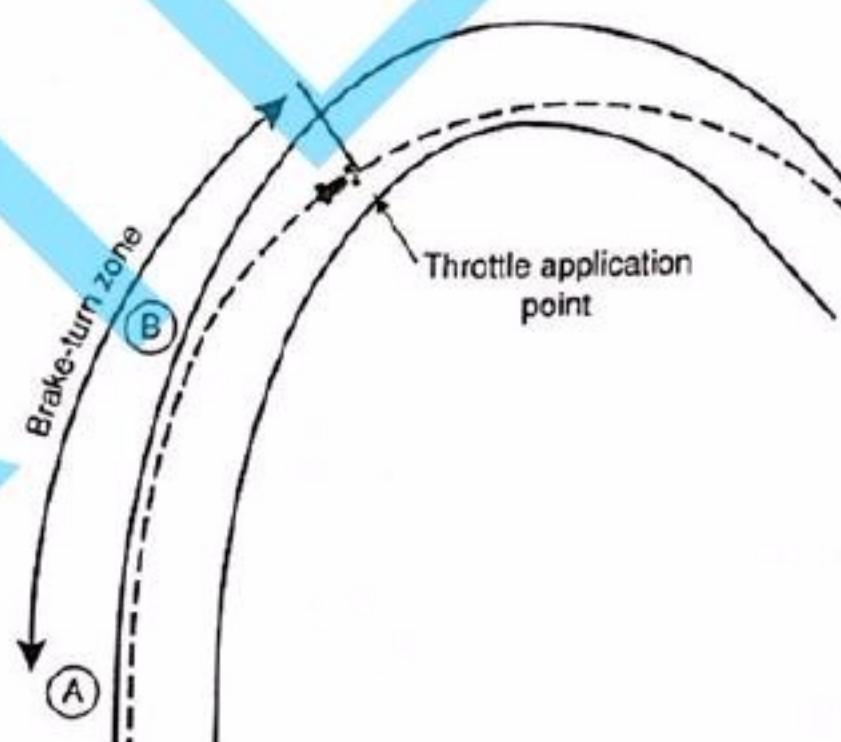
### Shape of Corners 弯道形状如何影响带刹转向

在位于直道末端的减曲率弯道，恒定力度的带煞转向更常见。因为前半段宽大的弯道半径常常让入弯点位于赛道很深处。

在图 5-13 中，行车线贴紧赛道外沿，从 A 点开始直到达到入弯点（B 点）。因为从转向开始到加油点距离很长，应该使用恒定力度带刹入弯。

如果直道末端速度很高，需要减很多速，入弯前车子很可能处在临界刹车状态。然后，从 A 点开始，将刹车力度松到某个程度，让车子有足够的抓地力用于转向，紧贴从 A 到 B 这段曲线。在弯道后段，刹车力度可能需要再次减少以适应半径较小的弯道。但在以上两个阶段中，踩踏力度更接近于恒定力度而不是渐变。

随着弯道的减速需求越来越少，刹车点就会越来越接近弯道。尤其是在减曲率弯道，刹车点可能会位于弯道内，如果是这样，处理方法就和连续弯道一样了。



**图 5-13** 减曲率弯道也是运用阶梯式松刹转向的好地方。

### When Not To Use Brake-Turning 有所取舍

入弯后才开始减速虽不是最常见的入弯方式，但确实是车手应该掌握的技能。不过当仅需要很少减速的时候，可以不用这门技术。

比如某个弯道只需要减速 2mph，我们一般建议在直道上松油门，而不是入弯后轻轻地带刹转向。之所以选择前者，是因为跟追求延迟刹车点带来的好处比起来，油刹转换对车身操控的坏处更大。

当减速很少时，车手没有足够的时间在入弯点后做出平滑的松油门动作，并且，不管是

否平滑，松油门必然会导致转向过度的倾向。此时前轮满负荷运作而后轮已经产生过大的滑移角，如果带刹转向过程很长，刹车会将这种转向平衡倾向性一直保持下去。

### Using Throttle Before the Turn-In 松油减速

在上一章我们讲过，带油转向会造成转向不足。这是在不需要踩刹车的弯道中很常见的问题。一旦产生转向不足，怎么才能消解它？最常见的是抬一抬油门。不过我们也要承受它带来的后果，就是导致出弯速度变慢。

### Brake-Turn vs. Corner Type 弯道类型如何影响带刹转向

带刹转向的选择还取决于弯道类型，是 I、II 还是 III 型。在行车线那一章里，我们说了行车线取决于一个弯道是紧接着一个直道，还是紧跟着一个直道，或是紧接着另一个弯道。

对于紧接着直道的 I 型弯道，出弯速度压倒一切。加油点要尽可能提前，所以在这里，带刹转向过程会尽可能地短。

在 II 型弯道，出弯速度不是主要考虑因素，因而要尽可能地运用带刹转向，甚至可以带刹接近或越过弯心，从而在减速区段内争取时间。

在 III 型弯道，带刹转向的距离更长了，而且会边转向边开始刹车。

### Car Capability Affects Brake-Turn 车辆性能如何影响带刹转向

车辆的操控倾向性同样会影响带刹转向。如果倾向于转向过度，那么或多或少就得放弃带刹转向了。转向过度可以是很多种原因造成的。它可能是因为后防倾杆太硬，或者后悬太高，前防倾杆断了等任何一种车架原因，也可能是因为后轮爆了，或者刹车比太偏后。

如果没有可能将车子调整回中性，又不打算完全放弃带刹转向，一种迁就的方式是减少带刹转向的力度。

在这种情况下，需要做的是减少后轮减速产生的对轮胎牵引力的消耗，让其有更多富裕可用于转向，帮助消解转向过度。同理，此种车在带油转向中的油门动作也必须更温柔。

## BLOCK 4: THE BRAKE-THROTTLE TRANSITION

### 刹油转换

影响刹油转化的变量：

#### Time 时长

第一个变量是时长，即这个过程耗时多长。你可以慢慢地抬脚，也可以在一毫秒内弹开刹车。

一般这个过程就像你在图 5-14 中看到的，逐渐松开刹车，然后立即踩油门并开始“挤压”。

这个过程可以更平滑些：使用阶梯式松刹，如图 5-15 中描绘的那样，保持在 80% 刹车力度，最后完全松开用了 1.25 秒。

当然，也可以很粗暴，在图 5-16 中就很突然，刹油转换仅耗时 0.4 秒。

#### Effects On Handling 对于操控的影响

刹油转换的时长会影响滑移角。较慢的动作让刹车和重心转移有足够时间来保持同步，保持了车子原有的转向平衡（至少是不打破）。而较为突然的动作会导致前轮转向力过大，产生转向过度。

当然，转向过度不一定就不好，是否有利取决于实际情况。比如在转向角度很大、速度很慢的弯道，让车子多旋转 5-10 度是有好处的，这样就避免了转向不足。而在一个 95mph 的高速弯道，多出来的 10 度偏航角可能就要命了。

#### The Pause 间隔

第二个变量是松刹到踩油之间的间隔。从原理上来说，间隔其实是蓄意的引擎制动。

简而言之，立即踩油门可以保持目前的偏航角，而间隔一段时间则可以扩大偏航角。如果觉得目前的偏航角还不够，可以通过间隔来增大；等到角度正好则马上踩油门。

#### Assumptions We've Made 赛道策略

车辆性能影响着刹车方式。很多赛车有着极好的刹车系统，定制的赛车如 Formula-Ford, Spec Racer, Ford 2000, Formula Atlantic, 或 Sports 2000，它们的刹车可以从比赛开始到结束一直发挥最佳性能。

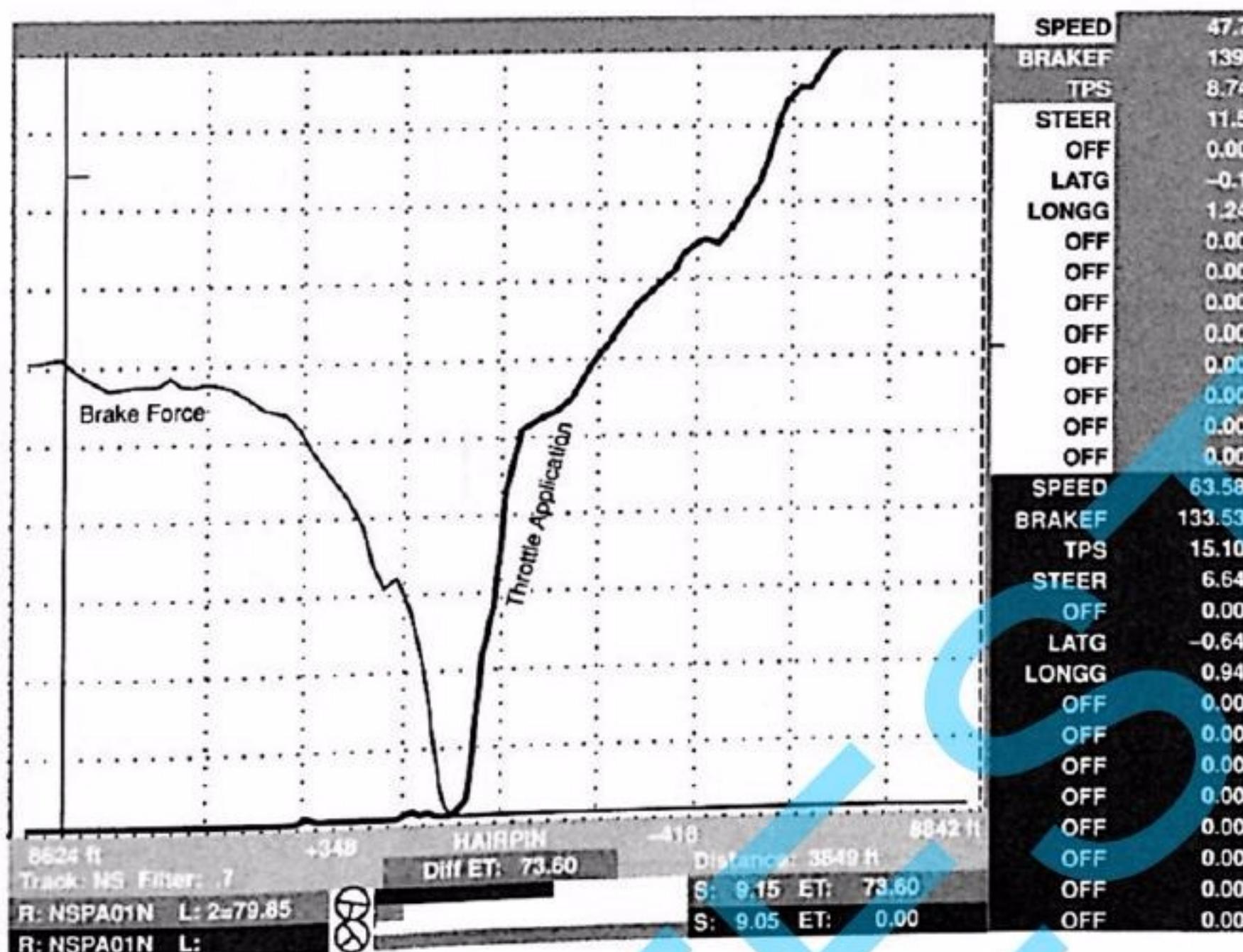


图 5-14 Sebring 赛道发夹弯处的刹车油转换记录，车手从 140lbs 的刹车力度到完全松开花了 1.1 秒，然后瞬间就踩上了油门。

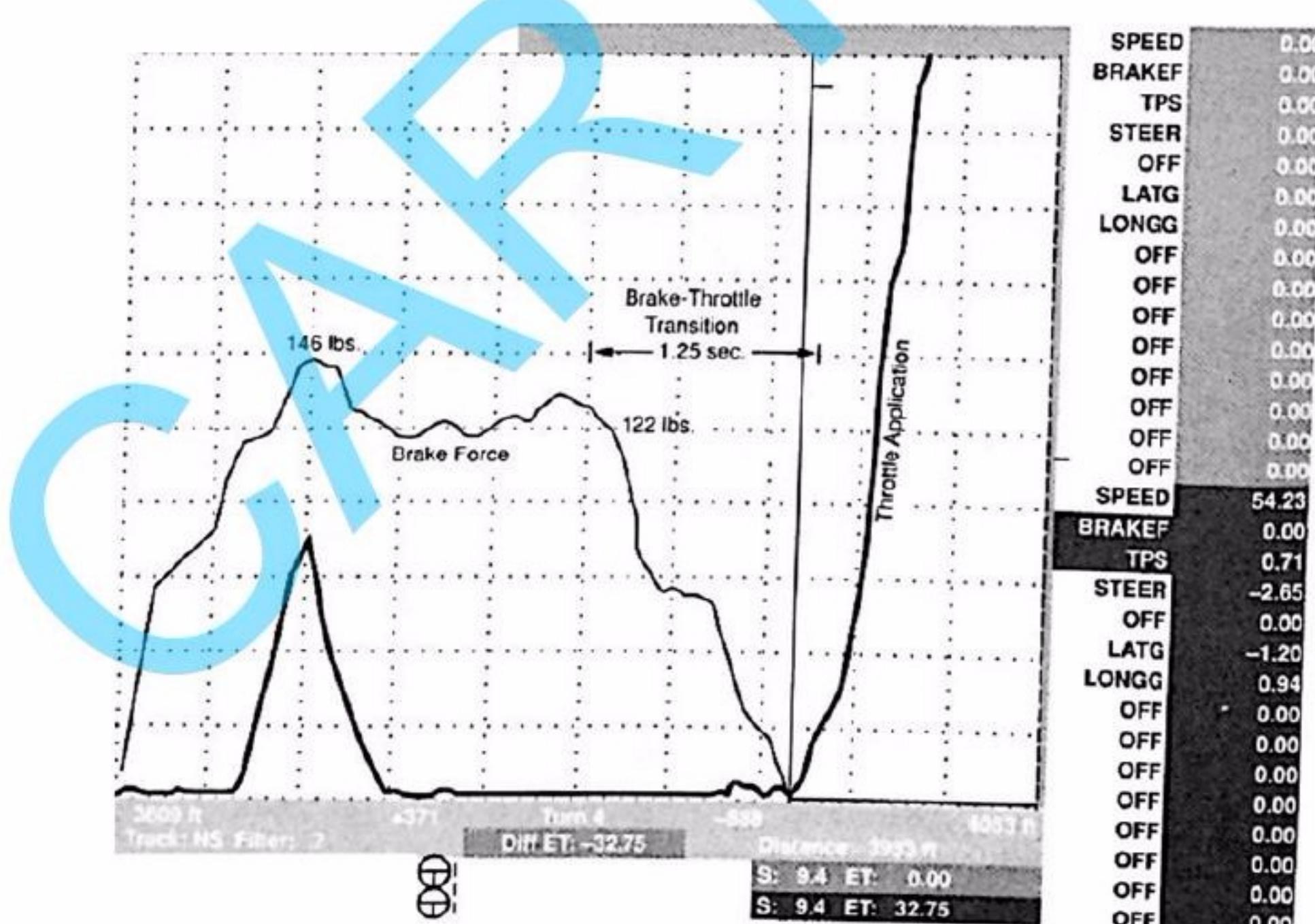


图 5-15 更平滑的油刹转换方式，用到了“阶梯式松刹”，转换过程耗时 1.25 秒。

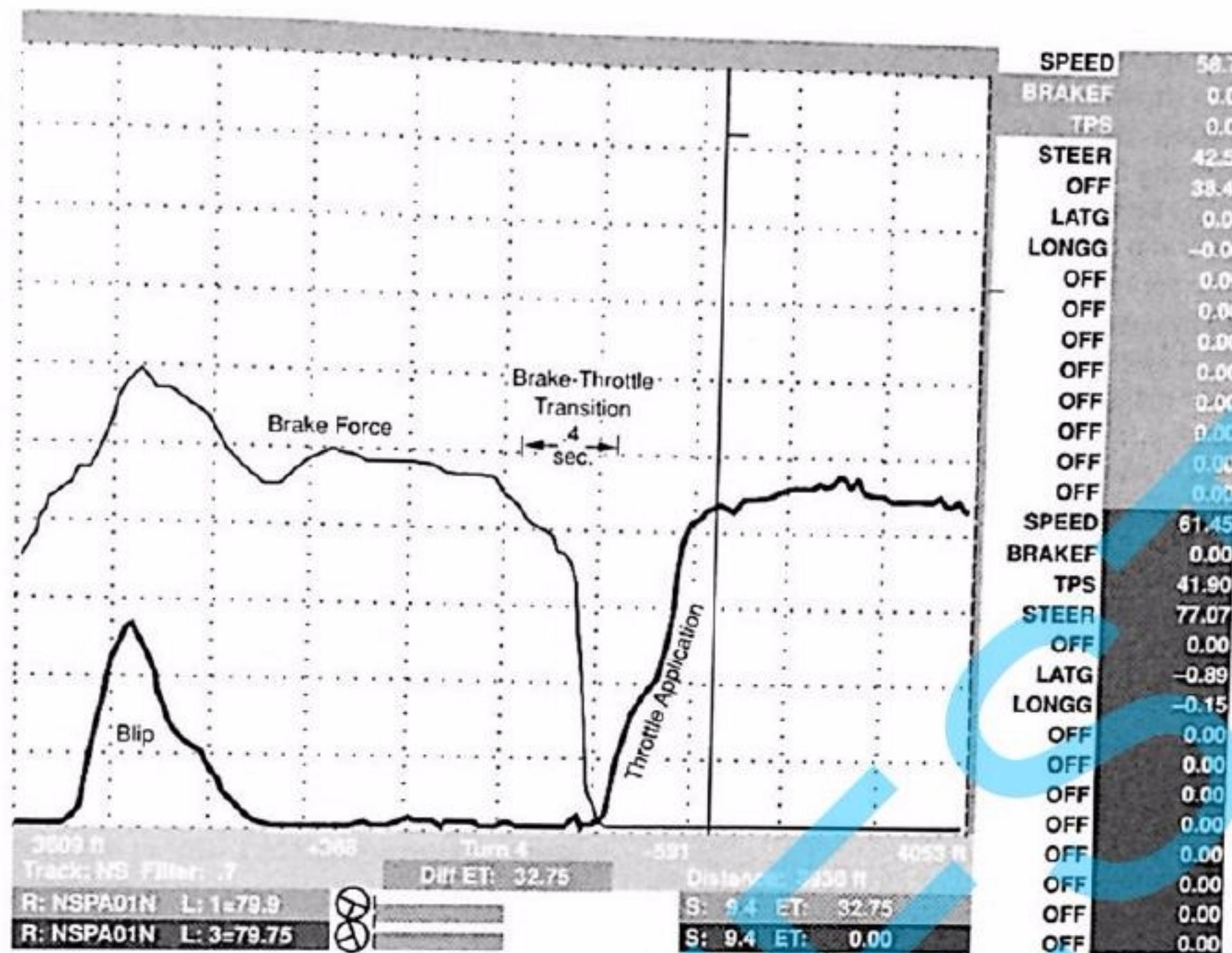


图 5-16 近似于图 5-15，但完全松开刹车的速度更快，仅耗时 0.4 秒，使得车身开始旋转。



图 5-17 车手看来对过小的偏航角不满意，在完全松开刹车和踩油门之间停顿了 0.35 秒。注意图中下方的方向盘图标，在这个右手弯中它居然打向了左边，显然，车身旋转得很给力。

量产车做不到这点。对一台设计用来代步的车子而言，全负荷运作的刹车系统撑不到几个小时。所以随着圈数的增加，车手需要调整刹车方式来补偿刹车性能的衰减。

聪明的车手懂得什么是适合短途冲刺使用的技术，什么是能保全车辆实力的技术。

必须牢记的是，在一场耗时良久的比赛中，我们的目标绝对不是追求最快单圈，而是全局最快平均圈速。

#### **The Key Points of Corner Entry 总结**

入弯比起出弯刺激得多，可说是惊心动魄。出弯时你会感觉到充实的控制感，就算有什么意外，只需要松一点油门就行。而在入弯时，你会觉得自己更像个乘客。

为了在电光火石间精确控制速度和距离，保持固定的刹车点和刹车力度非常重要，其对精确度的要求接近吹毛求疵。

此外，要时刻记住入弯的目的。尽可能快地减速只是目标之一，准确减速才是更重要的。尤其是低马力的车，入弯速度通常就决定了它的弯中速度和出弯速度。

不同的弯道有着不同的要求，不需要在每个弯道都使用同样的刹车方法。出发前做一些思考和计划，能极大地提升你的入弯。

