

陈总编爱车热线书系

AUTOMOTIVE SCIENCE

汽车科学 解密

会跑的科学课

陈新亚 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

陈总编爱车热线书系

AUTOMOTIVE SCIENCE

汽车科学解密

会跑的科学课

陈新亚 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

《汽车科学解密: 会跑的科学课》按照科学课中的学习内容, 对汽车上的科学知识进行归纳分类, 并利用物理和化学中的基本定律和基本原理, 对汽车上的科学知识和特别体验进行翔实的介绍。

《汽车科学解密: 会跑的科学课》以图画介绍为主, 通俗简洁的文字为辅, 不仅看起来赏心悦目, 而且读起来有趣、易懂, 适合汽车及相关专业学生、汽车爱好者、中学生及汽车从业人员等阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车科学解密: 会跑的科学课 / 陈新亚编著.

— 北京: 机械工业出版社, 2019.2

(陈总编爱车热线书系)

ISBN 978-7-111-61724-2

I. ①汽… II. ①陈… III. ①汽车—普及读物

IV. ①U46-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第001894号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 李 军

责任编辑: 李 军

责任校对: 老 车

责任印制: 李 昂

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

2019年1月第1版第1次印刷

184mm×230mm·9印张·2插页·225千字

0001-5000册

标准书号: 978-7-111-61724-2

定价: 59.90元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

坐汽车 学科学

一直觉得汽车是一种非常奇妙的东西。世间再没有其他东西像汽车那样，不仅综合了物理、化学、生物、数学等基础学科知识，而且应用了力学、电学、美学、材料学、空气动力学、人机工程学、计算机控制、工程管理等应用学科知识，甚至还涉及心理、生理、民族文化等知识。因此，要想真正认识和了解一款汽车，最好是以上面所列的科学知识为利器，就像庖丁解牛那样，将汽车彻底拆开，破解它所包含的一切科学技术密码。

更为重要的是，我们可以以汽车为例，形象地讲解科学定律和基本原理，激发我们学科学的兴趣，帮助我们掌握物理、化学等科学知识。其实，这才是本书编辑出版的初衷。

很多年前，在编写《汽车为什么会跑》《魅力汽车》时，就发现需要使用很多物理定律来解释汽车上的技术和知识。那么，在学习科学课或物理课时，我们为什么不能借助汽车这个具体形象甚至家家都有的“道具”呢！这样对学习物理课或科学课一定很有益处。

本书主要按照科学课中的学习内容，对汽车上的科学知识进行分类，而不是按汽车总成部件分类介绍。本书以图画介绍为主，通俗简洁的文字为辅，不仅看起来赏心悦目，而且容易学习理解。

此书确实是一种创新和尝试，还存在许多不足，恳请对汽车科学有兴趣的朋友来信沟通交流。



270963083@qq.com

目录CONTENTS

前言

第一章 力量与速度

汽车为什么会奔跑?	1
乘车时为什么要扶稳坐好?	3
跑车为什么起步加速非常快?	5
怎样判断一辆汽车的加速潜力?	6
为什么不用加速度表示加速性能?	8
F1赛车G值图代表什么?	10
汽车什么时候达到最高车速?	12
汽车最快纪录是怎样诞生的?	14
两车迎面相撞时,谁会更危险?	18
汽车上都有哪些摩擦力?	20
轮胎上为什么要有花纹?	24
轮胎上为什么要有沟槽?	25
轮胎花纹为什么多种多样?	26
轮胎为什么都是黑色的?	27
车轮为什么有时会打滑?	28
四驱车为什么不易打滑?	29
汽车转弯时打滑会发生什么?	30
汽车为什么能在墙上奔跑?	32

第二章 机械与应用

汽车上哪些地方有杠杆?	34
汽车为什么需要变速器?	35
变速器为什么有多组齿轮?	36
变速器是怎样工作的?	38
液体为什么能传递动力?	40
行星齿轮为什么能变速?	41
无级变速器是怎样变速的?	42
差速器为什么能让汽车顺利转弯?	44
汽车的制动力为什么非常大?	46
发动机真空为什么也能帮助制动?	48

第三章 空气动力学

空气为什么能阻止汽车前进?	50
为什么要尽量减小空气阻力?	51
怎样计算汽车的风阻系数?	52
汽车为什么要在风洞里做实验?	53
空气是怎样影响汽车前进的?	54
汽车为什么会受到升力?	55
赛车为什么要装扰流板?	56

两厢车为什么都有后刮水器?	57
F1赛车为什么有很多空气动力学部件?	58

第四章 燃烧与动力

汽车的能量为什么也是来自太阳?	60
汽油和柴油是怎样炼成的?	62
石油为什么仍是汽车能量的主要来源?	63
发动机为什么又称内燃机?	64
燃油为什么在气缸内会燃烧爆炸?	65
排气管为什么有时会滴水?	66
发动机的转速为什么可快可慢?	67
发动机为什么能连续运转?	68
柴油为什么不用点火就能燃烧?	70
发动机为什么要大口吸入空气?	71
排气管为什么还会喷火和冒黑烟?	72
三元催化转换器怎样降低污染?	73



发动机的热效率为什么很低?	74
怎样计算发动机排气量和压缩比?	75
增压器为什么能增强发动机动力?	76
机械增压器是怎样增强动力的?	77
涡轮增压器是怎样增强动力的?	78
增压器为什么还要配中冷器?	80
飞轮为什么能转个不停?	81
发动机为什么能输出旋转力?	82
机油是怎样消减摩擦力的?	84
机油滤清器为什么要定期更换?	85

第五章 功率与转矩

1马力为什么不是一匹马的力量?	86
为什么要用转矩和功率表示发动机的性能?	88
功率和转矩为什么会随转速上升而下降?	90
跑车发动机能拉动重型载货汽车吗?	91
怎样看懂发动机外特性曲线图?	92

第六章 热量与能量

发动机为什么还要加冷却液?	94
汽车内的暖风从哪来的?	95
汽车上的冷风从哪来的?	96
制动盘是怎样使汽车制动的?	98
安全气囊为什么能迅速膨胀?	100
车身为什么可以溃缩吸能?	102
碰撞力为什么还能转移?	103

第七章 声音与振动

发动机声音为什么有时节奏明显?	104
车身为什么有时会发出“嘎吱”声?	105
风噪是怎样产生的?	106
消声器是怎样降低发动机排气声的?	107
汽车是怎样降噪和隔声的?	108
悬架弹簧为什么要配上减振器?	110
弹簧为什么有软硬之别?	111
减振器为什么能抑制弹簧振动?	112
空气为什么也能当作弹簧?	114

第八章 光与波

前照灯为什么能照射很远?	116
氙气前照灯为什么很亮?	117
抬头显示为什么能在车前投影?	118
车灯颜色为什么多种多样?	120
后视镜为什么视野很宽广?	121
雷达是怎样测量车之间距离的?	122
倒车防撞报警系统是怎样工作的?	123

第九章 电与磁

蓄电池为什么能储存电能?	124
火花塞为什么能产生高压电?	125
发电机为什么能发电?	126
电动机为什么能产生动力?	127
扬声器(喇叭)为什么能发声?	128
锂离子电池是怎样产生电能的?	129
纯电动汽车有什么特点?	130
纯电动汽车为什么会跑?	131
燃料电池汽车为什么会跑?	132
定速巡航系统是怎样控制车速的?	134

第十章 设计与制造

汽车是怎样设计的?	136
汽车是用什么制造的?	139
汽车是怎样制造的?	140

第一章 Chapter One

力量与速度

Power&Speed

汽车为什么会奔跑？

知识点：牛顿第三定律 作用力与反作用力

汽车为什么会奔跑？可以有很多答案，比如它有发动机能够产生动力，它有变速器可以变速等，但最直观的原因还是车轮转动。当车轮转动时，汽车就会奔跑。那么，为什么车轮转动时汽车就会往前跑呢？这可用牛顿第三定律（也称作用力与反作用力定律）来解释。

牛顿第三定律：当两个物体之间相互作用时，它们之间会产生作用力和反作用力，并且它们总是同时同一条直线上，大小相等，方向相反，它们同时出现，也同时消失。

观看火箭发射时，我们会很容易理解作用力与反作用力的原理。火箭升上天空时，它的尾部会发出大量的火焰一样的热气，正是向下吹热气的力量的反作用力，才推动火箭向上升起。





当汽车的车轮向前旋转时，它的轮胎实际上是在利用轮胎与地面之间的摩擦力向后推动地球。而在牛顿第三定律的作用下，地球也会向轮胎施加一个向前的反作用力，从而推动汽车前进。如果地球的重量没有汽车大，那么汽车就可能会静止不动，而地球则会向后转动。

所以，当发动机运转时会产生动力，这个动力通过变速器和传动机构传递到车轮上，使车轮开始转动，然后在作用力与反作用力定律的作用下，来自地面的反作用力就会推动汽车奔跑。

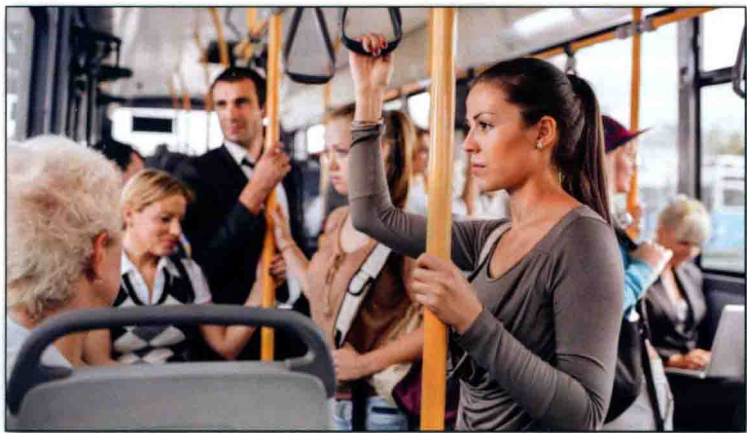
你用手使劲推墙，就会感觉墙也在用力推你。你用劲越大，感觉到墙“推”你的力也越大。这就是作用力与反作用力现象。

玩滑板时，我们用力向后蹬地面，地面就推动我们前进。我们走路、骑自行车，都是依靠地面对鞋底或自行车轮胎的反作用力前进的，所以，鞋底和自行车轮胎上，都要设计有花纹，以增加摩擦力。



乘车时为什么要扶稳坐好？

知识点：牛顿第一定律 惯性



当我们乘坐汽车时，尤其是乘坐公共汽车时，售票员总要提醒我们要扶稳坐好，以免在紧急制动或转弯时摔倒。当汽车遇到前面有情况时会突然紧急制动，这时车内乘员的身体就会向前倾。如果没有扶稳坐好或站好，就可能向前撞去，因此，在公交车和地铁内都设置很多扶手或栏杆，供乘客扶持。这种现象可以用牛顿第一定律（也称惯性定律）来解释。

牛顿第一定律：任何物体在不受任何外力的作用下，总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。

这就是说，如果物体没有受到外力，它就不会改变原来的运动状态。比如在火车上打扑克，虽然现在高铁速度可以超过350千米/时，但扑克牌在火车上并不会飞走，因为它没有受到外力，它只能保持原来状态不变。

一切物体都有保持原来运动状态不变的性质，我们把这种性质叫作惯性。



当汽车紧急制动时，车内乘员会因惯性的作用而使身体向前倾

当驾驶人踩制动踏板对汽车进行制动时，汽车总要再往前行驶一段距离后才会最后停稳，而不是一下子就能停下来。这其实也是由于正在行驶的汽车存在惯性，是惯性的力量在推动汽车继续往前奔跑，最后在车轮与地面间摩擦力的干预下才慢慢停下来。此时的地面摩擦力就相当于对汽车施加的外力。如果路面湿滑，此时地面摩擦力较小，那么对汽车直线行驶的外力作用也较小，汽车就会行驶较长距离才会停下来。

在汽车转弯时，如果路面湿滑，同时车速又比较高，以至于汽车轮胎失去抓地力，汽车此时在水平方向上不受外力作用，就会按原来的方向保持直线前进，直直地冲出弯道而不受驾驶人的控制。



你知道吗？
Do you know?

乘车时为什么要系好安全带？

坐上小轿车的前排乘员座后，大人总是要求我们系上安全带，这也是防止因惯性的作用而伤害到我们。当汽车紧急制动时，由于惯性的作用，虽然汽车可能很快减速甚至停止，但由于我们的身体仍在惯性定律的作用下沿原来方向继续直线前进，这样就可能使我们的头部碰到前风窗玻璃，严重者会使我们受伤甚至丧命。如果系上安全带，就会把我们的身体固定在座椅上而不向前冲去，从而保护我们不受伤害。

现在轿车上还都装备有安全气囊，一旦车辆发生严重撞击，安全气囊会自动充气并弹出，使人不致撞伤。



当汽车紧急制动时，如果车内乘员不系安全带，在惯性作用下，身体就会向前冲去

跑车为什么起步加速非常快？

知识点：牛顿第二定律 加速度

在马路上看到一些跑车往往速度都非常快，尤其是在绿灯亮后它们都能以很快的速度起步并加速前进。这里主要有两个因素：一是跑车都配备动力强劲的发动机；另一个是它们的车身重量都较轻。根据牛顿第二定律，受力大、重量轻的物体，其加速性能就越强。

牛顿第二定律：外力使物体产生加速度，而且外力越大或物体越轻，加速度就越大。

牛顿第二定律的中心意思是，当让物体移动时，重量越轻的物体，它所需要的力越小；重量越大的物体，则需要更大的力。因此，体型较大的汽车，如大型豪华轿车、大客车和载货汽车等，它们往往也装备动力更强大的发动机。

同样，在动力相同的前提下，重量越轻，汽车的加速性能越好，因此，F1赛车为了保证拥有较高的加速性能，其重量就设计得很轻，约为620千克，这还包括赛车手的体重及所有装备的重量。

在日常生活中，我们所说的“加速”是指汽车变得越来越快，也就是指它的速度增加。然而，在物理学上的“加速”则是指三种情况：一是物体移动的速度越来越快，二是指物体移动的速度越来越慢，三是指物体移动的方向发生改变。



怎样判断一辆汽车的加速潜力？

知识点：加速性能 比功率 加速时间

影响汽车加速性能的因素很多，如发动机、变速器、车身重量、车身造型、轮胎，甚至驾驶技术等。但根据前面介绍的“受力越大或物体越轻，加速度就越大”的原理，影响汽车加速性能的两大主要因素就是发动机的动力和车身的重量。

发动机的动力越大或车身重量越小，那么汽车的加速性能就越强。

将发动机的最大功率与汽车总重量的比值，作为判断汽车加速潜能的主要因素，并且将此比值称为比功率。显然，比功率越大，汽车的加速性能就可能越强。

比功率就是用汽车发动机的最大功率（马力或者千瓦）除以汽车的总重量（吨或者千克），如某辆汽车的最大功率是150马力（1马力 $\approx$ 0.735千瓦），重量是1.5吨，那么它的比功率就是 $150 \div 1.5 = 100$ 马力/吨。

然而，现在通常使用重量与功率的比值替代比功率，并采用千克作为重量单位。重量功率比可以更形象地表示汽车的加速潜力。仍以上面那辆汽车为例， $1500 \text{ 千克} \div 150 \text{ 马力} = 10 \text{ 千克/马力}$ ，表明1马力只负责驱动10千克的重量。此值越小，则说明此车的加速潜力越大。



大型拖挂车

虽然发动机的最大功率高达300马力，但其总重量可能高达100000千克，因此，它的重量功率比约为333千克/马力，也就是说1马力的动力要驱动约333千克的重量，相当于5个人骑在一匹马上，其0—100千米/时加速时间需要30多秒。



0—100千米/时
加速时间

30+秒

重量功率比：333千克/马力



重量功率比：70千克/马力

载货汽车

某款载货汽车的发动机最大功率为300马力，最大总重量21000千克，其重量功率比为70千克/马力，相当于1个人骑在一匹马上，其0—100千米/时加速时间约为20多秒。



重量功率比：9.3千克/马力

宝马 525Li

宝马525Li的最大功率为184马力，整车重量1710千克，重量功率比为9.3千克/马力，相当于一只狗骑在马背上，其0—100千米/时加速时间为8.3秒。



重量功率比：5.2千克/马力

宝马 Z4 35i

宝马Z4 35i跑车的最大功率为306马力，重1600千克，重量功率比为5.2千克/马力，相当于一只小狗骑在马背上，其0—100千米/时加速时间为5.1秒。



重量功率比：0.78千克/马力

F1 赛车

F1赛车重量仅为620千克，发动机最大功率高达800马力，它的重量功率比高达0.78千克/马力，相当于一只小鸡骑在马背上，其0—100千米/时加速时间仅为2.5秒左右。



为什么不用加速度表示加速性能？

知识点：加速度 G 值 加速时间

在物理中有一个专门用来描述物体加速性能的名词：加速度，并用 a 表示。

加速度是描述物体速度变化快慢的物理量。它的计算方式就是物体运动的末速度与初速度之差除以时间，单位是米/秒²。

如果用物理学中的加速度概念来描述汽车的加速性能，结果会怎样呢？

比如，一辆汽车从静止加速到100千米/时需要8秒，它的初始速度是0，末速度是100千米/时。这个速度可以换算成100000米/3600秒，或者是27.78米/秒，那么，这辆汽车的加速度 $a=(27.78-0) \div 8=3.47$ 米/秒²。

在物理学中，一般会用重力加速度（ $g=9.8$ 米/秒²）的倍数来表示加速度值。那么这辆汽车的加速度 $a=3.47$ 米/秒² $\div 9.8=0.354g$ ，即重力加速度 g 的0.354倍。这个数值通常用“G值”表示，即这款汽车的加速度G值就是0.354g。



虽然用汽车的G值=0.354g来表示这款汽车的加速性能在物理学上比较准确，但这种方式并不利于普通人的理解。你是不是也被G值、g和a等概念搞乱了。于是，人们还是更喜欢用0—100千米/时的加速时间来表示汽车的加速性能。一些超级跑车还会用0—200千米/时、0—300千米/时的加速时间来表示它们拥有的更强大的加速性能。

现在奥迪的汽车型号采用与G值相关的数字来表示，它将汽车的G值四舍五入后再乘以100，得出的数字作为其车款型号。如G值=0.354g，那么， $0.35 \times 100 = 35$ ，就用35作为其型号标识，例如奥迪A6L 35 TFSI。

布加迪威航16.4超级跑车性能参数



0—100千米/时加速时间：2.5秒
 0—200千米/时加速时间：7.3秒
 0—300千米/时加速时间：16.7秒
 发动机形式：W形16缸
 发动机排量：7993毫升
 最大功率：1001马力（736千瓦）
 最大扭矩：1250牛·米
 零部件总数：约3700个
 变速器：7速双离合变速器
 驱动形式：四轮驱动
 前后重量比：前45/后55
 最高车速：407千米/时
 制动时间：
 400千米/时—0：10秒
 制动距离：
 100千米/时—0：31.4米
 200千米/时—0：126米
 300千米/时—0：283米
 400千米/时—0：540米

你知道吗？
Do you know?

汽车猛加速时为什么会有推背感？

当汽车猛然加速时，由于惯性的缘故，在汽车起步或加速的瞬间，我们的身体仍处于原来的状态，而汽车已加速向前冲去。相对而言，我们的身体由于惯性的作用而滞后于汽车，并迅速压向靠背，就好像是靠背猛烈地推我们后背一下，从而产生所谓的推背感。

这和汽车紧急制动时我们的身体向前倾是一个道理，只不过一个是加速度，一个是减速度（或加速度为负）。加速性能越好的汽车，猛然加速时的推背感就越强。



F1赛车G值图代表什么？

知识点：G 值 重力加速度 g G 值极限

对于普通汽车来讲，虽然用G值表示加速性能不太合适，但对于那些加速性能特别厉害的汽车来讲，用G值表示就显得更专业、更准确了。因为，G值不仅可以描述汽车的纵向加速性能，还能描述汽车的制动性能（G值是负值），更可以用侧向加速度G值来描述汽车在弯道中的速度表现。G值是有方向的，是一个矢量值。

在F1赛车比赛中，往往会用G值图来显示赛车在各个方向所受到的加速度G值，以展示赛车的加速、制动能力以及比赛的激烈程度。

在P8中介绍过，G值通常用重力加速度 g 的倍数来表示。在正常状态下，我们承受的重力



图中圆圈下端的黄色条及下面的白色数字表示汽车的瞬时加速度，此时为4.0。
下方的3.2及3.0表示2017年度及2016年度时此弯道的最大G值

就等于自身的重力，也就是1个重力加速度，即我们静止不动时的G值=1 g ，约为9.8米/秒²。因此，也可以这样理解G值：G值是重力加速度 g 的多少倍，就表示汽车或汽车中的人所受的加速度推力，就是自身重量的多少倍。

比如，F1比赛中，赛车在高速急转弯中，侧向加速度G值最大可达到4 g ，也就是自身重量4倍的侧向推力。这对车手的颈部肌肉是个考验，因为它要承受相当于4倍头颅重量的侧向推力。

在流行于美国的Top Fuel改装车直线加速赛中，0—160千米/时的加速时间最快只需0.86秒，按照P8中介绍的G值计算方式，其纵向加速度G值高达5.3 g 。

一般而言，正常状态下的人体所能承受的最大G值极限为 $(-3 \sim 9)g$ 。当G值很大时，血液会因压力从头部流向腿部而使脑部血液量锐减，此时二氧化碳浓度会急剧增加，并因缺血缺氧而影响视觉器官，甚至导致所谓的“黑视症”（Blackout）。

现在战斗机所能承受的最大G值是 $9g$ ，也就是说，超过这个值，飞机就会有解体的可能。所以，战斗机飞行员在训练的时候，他承受的G值不可能超过 $9g$ 。

航天员在升天时所承受的G值为 $(4 \sim 4.5)g$ ，还没有F1赛车手承受的G值大。航天员在训练时其承受的G值一般不会超过 $9g$ ，否则会对航天员的身体造成伤害。



在流行于美国的Top Fuel改装车直线加速赛中，0—160千米/时的加速时间最快只需0.86秒，按照上页介绍的G值计算方式，其纵向加速度G值高达 $5.3g$

G 值极限

你知道吗？
Do you know?

$-3g$ ——人体所能承受的最大负G值是 $-3g$ ，如果超过此值，人体血液会快速涌向大脑并使脑部血管爆裂。

$0g$ ——太空失重状态。

$1g$ ——正常重力状态，也就是你现在的状态。

$3g$ ——在大型过山车的最低部时所承受的G值。

$4.3g$ ——民用飞机所能承受的最大加速度G值。

$5g$ ——如果持续承受如此大的加速度G值，多数人会感觉眼前一片黑暗。

$9g$ ——战斗机飞行员和航天员训练时所承受的最大G值。



用手机扫一扫，即可观看F1赛车G值图视频

汽车什么时候达到最高车速？

知识点：二力平衡 牛顿第二定律 最高车速 行驶阻力

为什么一些超级跑车的最高速度可以达到300千米/时或更高，而一些家用汽车的最高车速只有180千米/时？汽车的最高车速与什么有关？

当发动机驱动车轮旋转时，汽车在牛顿第三定律（即作用力与反作用力定律）的作用下，汽车就会受到来自地面的推动力，驱使汽车越跑越快。同时，汽车在奔跑中还会受到多种阻止汽车前进的力量，即行驶阻力。行驶阻力主要是空气阻力，还有传动机构的机械摩擦力等。

当推动力大于行驶阻力时，汽车受到的合力方向是向前，这样就会使汽车产生向前的加速度，车速就会越来越高。



但随着汽车速度的提高，汽车受到的行驶阻力也越来越高。因为行驶阻力中的主要力量空气阻力，与车速的平方成正比，它随车速增大而迅速增大。

当汽车遇到的行驶阻力增大到与最大推动力（即输出最大功率时）相等时，这两个大小相等、方向相反的力就达到彼此平衡，相当于汽车受到的总外力为零。那么，根据牛顿第二定律，汽车的加速度此时也为零，汽车速度不再增加，即达到了最高速度。

由此看来，汽车的最高速度主要与汽车的最大驱动力及所受的空气阻力有关。因此，最大驱动力较大的汽车，如大排量发动机汽车，或受空气阻力影响较小的汽车，如低矮扁平的流线形车身的跑车，它们的最高车速往往也比较高。这也是超级跑车都要采用大排量发动机及流线形车身设计的主要原因。