

科学的航程丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目

极限制造

Building the Ultimate

主编 张戟

打开一扇神秘的门，沿着科学家的足迹，我们去思考世界，
思考我们或许从来没有思考过的一切。



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

知识
视界

科学的航程丛书

“十二五”国家重点图书

极限制造

主 编 张 戟

副主编 王云峰 姜丽勇

编 委 (以姓氏笔画为序)

巴 雯 冯 熔 刘 棚 杨 岚

官 艳 胡金钰 唐 静 谢 瑾

戴 欣 魏曼华



图书在版编目 (CIP) 数据

极限制造 / 张戟主编. — 济南: 山东科学技术出版社,
2015

(科学的航程丛书)

ISBN 978-7-5331-7647-1

I. ①极… II. ①张… III. ①工程技术—普及读物
IV. ①TB-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第292324号

科学的航程丛书

极限制造

主编 张戟

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkjcbbs@126.com

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东临沂新华印刷物流集团有限责任公司

地址: 山东省临沂市高新技术产业开发区新华路

邮编: 276017 电话: (0539) 2925659

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 19.25

版次: 2015年5月第1版第1次印刷

ISBN 978-7-5331-7647-1

定价: 42.00元

P 前言

REFACE

今天的我们生活在一个经济全球化、科技突飞猛进、城市日新月异的时代，我们的先辈无论如何也难以想象，在几百年的时间内，我们生存的家园、我们的地球，还有我们的信念发生了如此天翻地覆的变化。我们可以看见遥远的宇宙深处，可以探索深不可测的海底世界。在我们头顶，各国的科学家竟然在太空中建立了一个大家庭。而关于我们自身，科学家们也已经给出了他们的答案。

我们对世界的认知似乎越来越多，越来越科学，我们甚至凭借这种认知改变了世界，推动了社会文明的进步。我们的生活越来越便利，城市越来越繁荣。但是，我们的思想却在这种迅速的改变中，陷入了过去、现在、未来相互冲击的困境：前进的路途中我们丢掉了些什么？新的改变究竟会将我们带向何方？我们的未来是否一帆风顺、前途光明？

我们所见所闻所知的，都是对的吗？对与错究竟该怎么判断？作为沧海一粟，一个人可以改变人类社会的历史进程吗？人类可以改变地球和自己的命运吗？那么，宇宙的命运呢？

太多的问题，即便是最博学的科学家也难以回答。

那么，我们该做些什么呢，在我们有限的生命当中？如果说有答案，那就是学习、探索，直至实践。学习我们可以学习的知识，了解世界更深处的秘密，无论那是关于过去的还是现在的，是关于宇宙的还是地球的，是关于数学



的还是物理的，是关于他国的还是本国的。任何时候，了解更多总会更有希望。如果我们曾经因为一场考试而紧张不安，因为一句无知的话语而无比尴尬，那么，试着放任自己的好奇心去探索学习吧！就在这里。

在这里，我们将看到世界上最卓越的想象力和最非凡的创造力。英国BBC、美国Discovery探索频道、澳大利亚Classroom Video、德国Deutsche Welle、加拿大Distribution Access，这些已经在科技与教育这条路上走了很久的创造者们，将最丰盛的精神文化大餐带给了整个人类社会，而武汉缘来文化传播有限责任公司作为一个文化传播者，则将它们悉数奉上，带到了我们面前。作为中国地区最大的海外教育类节目供应商，武汉缘来文化传播有限责任公司不仅引进了大量海外优秀科教影片，创建了网络知识平台，还和众多的图书馆合作，打造了中国的视频图书馆，将世界上最优秀文化制造者的智慧结晶带给了同样渴望求知、渴望成长的中国人。

虽然光影只是一刹那，但科学和智慧却能永恒。今天，我们将这刹那光影定格，把代表国外顶尖科学水平的视频资源凝成书籍，让思想沉淀，让科技与文化的传播走得更远，让我们有更多的时间去思考所观察到的一切，思考所面对的或者即将面对的现实，一起去品味那些久远的故事，一起去探索那些神秘的未知。我们将发现，原来智慧和思想一直都存在于我们生活的世界，只有我们思考，它才会显现。因为了解，因为懂得，世界才会变得不一样，我们在这世界中的生活才会更加沉稳和自然。

我们生活的世界有很多危机，有一些危机我们已经看见，但还有一些大多数人都无法了解，有些危机甚至关乎整个人类和地球。或许，灾难就将在我们的毫无所知中慢慢降临，人类的命运该何去何从？我们可以相信科学，在任何时候，唯有科学可以给我们以答案，给我们以救赎。

在本书中，缘来文化还给读者提供了大量视频资源，扫描书中的二维码，可以感受更直观的影像，扫描封四的二维码，读者可以直接进入视频图书馆，领略一段不同寻常的视觉之路。

我们努力提供一条路径，引领大家在知识、探索和实践接受科学、运用科学，沿着科学的道路，去追溯遥远的过去，思索我们生活的这个世界，预测美好的未来。

因我们的能力所及，书中的不足之处希望读者不吝提出，在再版时加以改进。你们的支持是我们前进的动力。

深切地感谢所有为本书的出版做出辛勤努力的人们。



目录

CONTENTS

赛车 / 1

从汽车诞生之日起，人们就想要进行汽车比赛。今天的F1方程式赛车是世界上制造的最精妙的竞赛机器，只要人们继续梦想着胜利，那么制造终极赛车的追求就不会停息。

防弹车 / 13

随着新式武器的不断演进和恐怖分子手段的日益成熟、隐蔽，新式防弹车也日臻完善。在这场攻与守的战斗中，防弹车在材料、结构、性能方面起了巧妙的变化，每一次的改进都凝聚着设计者的奇思创意。

摩天大楼 / 25

摩天大楼始于美国，不过现在摩天大楼已经成了一个全球现象。这些由钢筋混凝土和玻璃建造的城堡正在经受着极限的考验。它们必须应对地震和火灾，甚至还得应对恐怖袭击，而更新的科技让这些建筑物日益变得智能化。

宇宙飞船 / 38

航空器飞向太空一直是伟大的探险，当然，这一场探险离不开军方和政治家们的支持，离不开那些充满激情的先驱者的实践。现在，宇宙飞船已经能够进入到宇宙的越来越深处对宇宙进行探索。

喷气式飞机 / 52

现代的喷气式客机以每小时600千米的速度飞行，能够在6小时里穿越大西洋。自喷气式客机最初改变了世界以来，50多年已经过去了，它开辟了一片新的天地，之前没有人制造过类似的东西，对一个马路上的行人来说，这意味着他几乎能和喷气式战斗机飞得一样快。



过山车 / 62

过山车是最能制造出尖叫的机器，它是游乐场之王。在过去的100多年间，过山车的设计技术得到了迅猛发展。由于各游乐场之间不停地进行竞争，纪录一直不断地被刷新。



悬索桥 / 72

宏伟壮观的吊桥是人类智慧和力量的象征，但人们也许并不知道，在它的壮美背后，是设计者们缜密的思考、大胆的创新和抗拒自然力的勇气。这里向我们打开了一扇通向吊桥的神奇世界的大门。



潜水艇 / 84

潜水艇是力量、速度、挑战 and 勇气的结合，它神出鬼没，在战争中发挥的关键性作用使人肃然生畏，然而，潜水艇的巨大威慑力和灵巧性并非是与生俱来的，它的发展过程是缓慢而曲折的，让我们深入海底，探询这一深水巨人成长的秘密。



体育馆 / 96

人们梦想中的体育馆如今终于成为现实，矗立在我们面前。现代科技的发展使人类能够设计出不同的建筑，实现当初设计的一些功能，并保证这些建筑足够结实。现代体育馆已经成为工程学上的名篇，不过人类仍然在努力地修建最完美的体育馆。



直升飞机 / 108

直升飞机是唯一能够垂直起飞且在天空盘旋的机械，就是因为它们能够盘旋，直升飞机才变得与众不同，它能够到达其他机械不敢去的地方。随着科技的发展，直升飞机在搜寻、营救和进攻方面日臻完善。

邮轮 / 119

4300名客人在这里享受五星级的待遇，他们可以在130米长的购物街购买自己喜欢的物品，体验室内冲浪的感觉，在容纳1000名观众的剧院里看一场表演，还可以乘坐电梯轻松地到达18层楼高的顶层欣赏那里的风景。这艘超级邮轮于2008年首次下水航行，它是世界上最大的客轮。

水坝 / 137

在中国的长江上有世界上最大的钢筋混凝土结构——三峡大坝。大坝长约2000米，有60层楼那么高。4万名工人历时17年才完成大坝的修建。当这座大坝全力运行时，能发电2万多兆瓦，是英国所有核电站发电总量的2倍。三峡大坝代表了筑坝工业最先进的技术。

货运飞机 / 154

它体形巨大，能将集装箱、火车甚至是另一架飞机运载到地球上任何角落，它是世界上最大的货运飞机，也是航空制造业的巅峰之作。这个巨大的飞行机器是人类智慧和科技发展的结果。

穹隆结构 / 172

日本拥有世界上最大的穹顶，这是一个由钢和聚四氟乙烯建成的建筑奇迹，这座体育场穹顶的成功汇集了建筑行业的顶尖技术。这个穹顶笼罩着一个可容纳4万名观众的体育场。通过开关遥控，这座体育场的穹顶可以开启或者关闭，就像一只巨大的眼睛。

石油钻塔 / 190

在墨西哥湾海岸，工程师们正在完成一项大工程：4.5万吨的钢材被运送到这里，人们正在修建世界上最先进的石油钻塔，这座钻塔能够将其钻头深入海底3000米处。这座石油钻塔的成功修建要归功于另外5座钻塔的启发，每一座钻塔都有其独到之处。

摩天轮 / 210

它有42层楼高，每天接待2万多名游客，为他们提供鸟瞰新加坡、马来西亚、印度尼西亚的崭新视角，它就是位于新加坡的世界上最大的摩天轮。它是结构工程领域最先进的杰作。100多年的技术发展和创新才有了新加坡摩天轮的诞生。

空间站 / 226

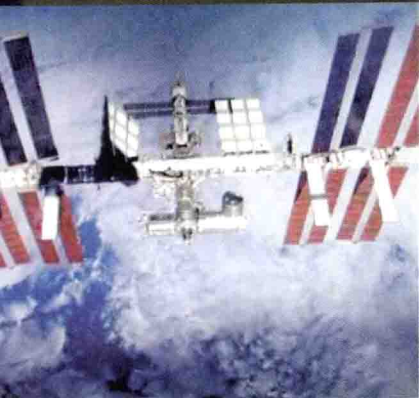
它位于我们头顶上方350千米处，它每天绕地球运行16次。国际空间站是太空中最大的人造物体，它也是10名宇航员的家。宇航员们进行各种实验，希望了解生命如何在地球以外的环境生存。这些研究也许在将来的某一天成为人类移居月球、火星的基础。





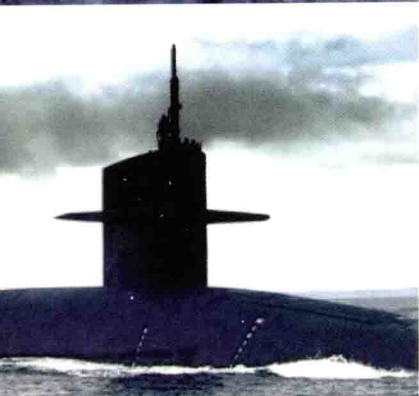
俄亥俄级潜水艇 / 243

我们看不见它，它可以下潜到250米的水下，并且在水下停留6个月。我们也听不见它，它可以连续航行20年而不用补充燃料。它是人类历史上最致命的武器，能够毁灭整块陆地。



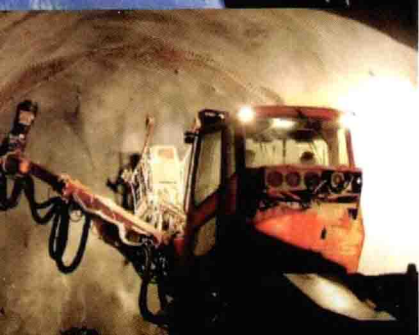
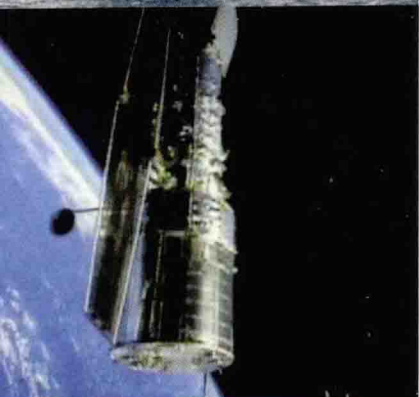
太空望远镜 / 260

它位于亚利桑那沙漠之上3000米处，它凝视着夜空，巨大的镜面能接收到90亿光年以外的星星发出的光线。有了它的帮助，天文学家就能够观测更加遥远的太空，这是以往人们所无法做到的。



隧道 / 279

深入地下，挖出数百万吨石头，工程师们正在完成一项技术上的杰作，它将有57千米长，是世界上最长的隧道。在隧道的修建过程中，技术人员将遇到了无数的困难和挑战，但是他们会一一克服。





赛车

Racing Car

如今的F1方程式赛车是世界上制造最精妙的竞赛机器。这是一个星光灿烂的世界，每个团队耗费巨资，就为了赢得珍贵的1/10秒，正是这1/10秒决定了成败，制造一辆终极赛车是人们永恒的追求。

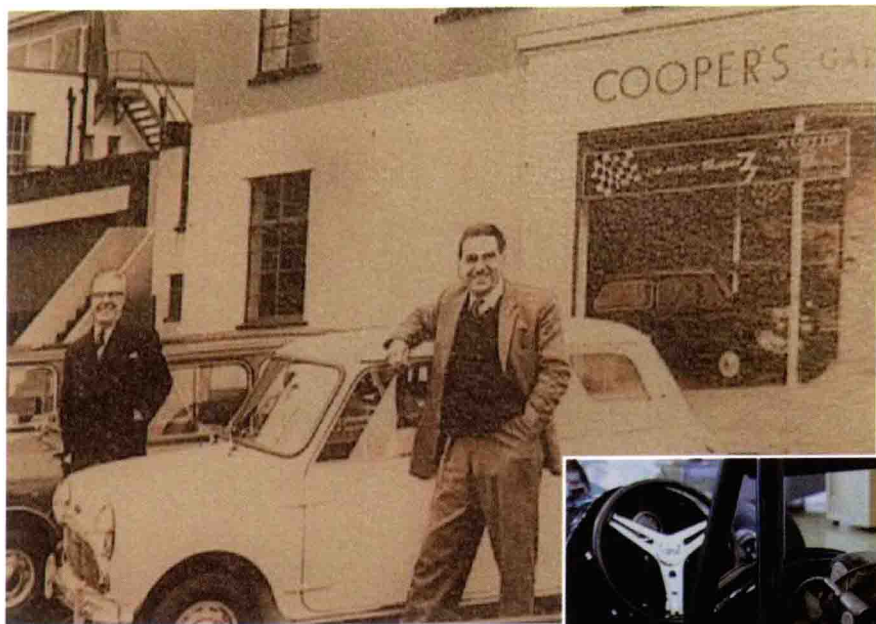
F1赛车的最高时速理论上可达960千米/小时，但事实上，还没有任何一辆车能在赛道上跑出这个成绩来。如今最快的赛车时速大约仅能达到400千米/小时。



2004 F1方程式赛车



UBS UBS



约翰·库柏



库柏500F3汽车

早在2004年，F1方程式赛车和驾驶员的总重量就可以达到仅600千克，它可以在4秒内从静止加速到时速160千米，然后达到每小时320多千米的最高速度，这是当时世界上最棒的赛车。这样一个令人敬畏、外观优美的机器是怎样发展起来的呢？人们又是怎样制造出这样的机器呢？

赛车的引擎

从汽车诞生之日起，人们就想要进行汽车比赛，首届国际汽车大奖赛于1906年在勒芒举行。早在20世纪50年代，玛莎拉蒂和法拉利就开始制造引擎

（即发动机，燃料能量转换为机械能量）为4.5升的赛车，汽车的引擎被安装在驾驶员的前面，比赛输赢的关键就在于引擎的动力。但是在英格兰塞比顿后街的车库里，一位名叫约翰·库柏的工程师制造了引擎较小且位于驾驶员后面的赛车。这一切开始于20世纪40年代后期，那时约翰·库柏和他最好的朋友埃里克·布兰顿决定制造一辆赛车。

库柏和他的朋友制造的500F3赛车使用的是诺顿500cc引擎，通过齿轮箱和

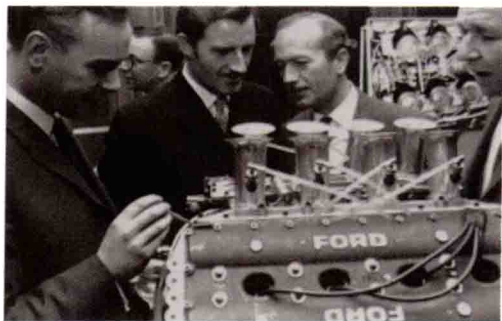
链条传送动力导向设备直接和后车轴相连，这是后发动机革命的开端。

库柏的引擎在驾驶员的后面，如果充分利用平衡力，汽车不需要一个巨大的引擎就能够跑得更快，因为驾驶员在拐角处的控制水平提高了。

到了1961年赛季末，所有的F1车组都将引擎安装在了驾驶员的后面。在1965年，财大气粗的福特汽车公司请来了两位年轻的英国工程师——基斯·达克沃尔斯和麦克·考斯丁，他们刚刚成立了一家名为考斯沃尔斯的公司。福特公司提供了30万英镑请他们设计并制造一个全新的赛车引擎，于是“双四气阀”，即DFV诞生了。这是有史以来第一次专门为F1赛车设计的引擎。这个引擎非常轻，因此它完全成了汽车的一部分被安装在汽车的后部。

但是仅仅把发动机后置并不足以使DFV成为比赛的赢家，赛车还需要动力。DFV产生的动力比其他任何赛车的引擎都要大得多，这一切都要归功于设计师对引擎的每一个细节的高度重视。

基斯·达克沃尔斯和麦克·考斯丁与一个工程师小组一起工作，在研究了引擎方方面面的物理和化学特性之后，他们径直回到了最初的原理，实现了部



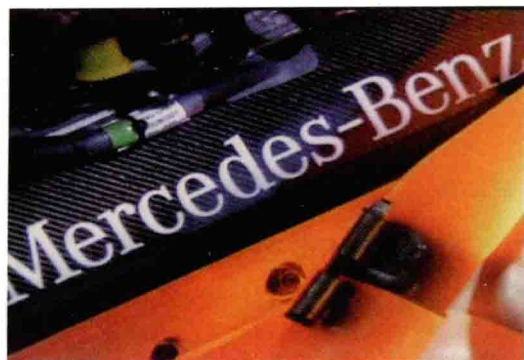
福特“双四气阀”

件的理想组合，这样制造出来的引擎给整个运动带来了翻天覆地的变化。

如今的F1引擎的使用期被有意设计成能持续赛季的一个比赛周。如果没有重造引擎，就能把赛车从伦敦开到爱丁堡，那驾驶者实在太幸运了。制造者们说：“如果它们的使用期延长了，说明



紫外线下显示的小裂缝



奔驰的引擎

我们在制造中出现了问题，因为某些部件太重了。”理想的F1引擎应在它第一个到达终点线的时候报废，不过，如果其中一个部件过早爆掉，这将意味着灾难降临了。

在任何一场赛事展开之前，选手都要进行试车，赛车将被仔细地观察，观察赛车的引擎性能是否良好，它是否有暗伤。检查引擎和变速箱需要拆卸；变速箱的每一个部件都要接受一种名为磁粒检查的测试。光用肉眼看，一个变速箱可能看起来不错，但是如果给它浇上特殊的墨水和磁粉，结果就完全不同了。

紫外线将显示出磁场是如何将墨水吸引到金属上的细小裂缝的，这个裂缝可能会导致变速箱失灵，迫使赛车手退出国际汽车大奖赛。

现代的F1引擎表现出了非凡的性

能。奔驰的40气门3升V-10的引擎几乎能够产生接近670千瓦的动力，能够以每分钟18000转速的速度行驶，这真的令人吃惊。在制造超级赛车的追逐中，一个关键的要素就是制造更加强劲的引擎。

赛车的空气动力学研究

高速就意味着快速转弯。在20世纪60年代，设计师们不得不寻找新方法，让汽车能够稳稳地待在跑道上。为了获取灵感，他们从空气动力学里寻找机会，开始研究飞机是如何飞行的。

约翰·巴纳德是F1设计中的传奇人物，他说：“如果我们把一辆F1汽车分解，会发现引擎大概决定了汽车50%的性能。我们把驾驶员这个因素搁在一边，因为驾驶员会影响结果。我的意思是说，如果你想成为世界冠军，你还是

需要像迈克尔·舒马赫这样优秀的车手。就比例而言的话，空气动力学大概占到了剩下的50%中的40%。”

在20世纪60年代中期，轮胎设计的改进使汽车能够更加快速地转弯。为了让汽车不脱离跑道，工程师们想到了一个办法，就是利用汽车上方的气流来产生下压力。下压力是一种通过颠倒车翼使轮胎性能最大化的方法。当赛车手驾驶赛车起跑时，如果让尾翼迅速颠倒过来，就会产生一种将汽车压向路面的力。

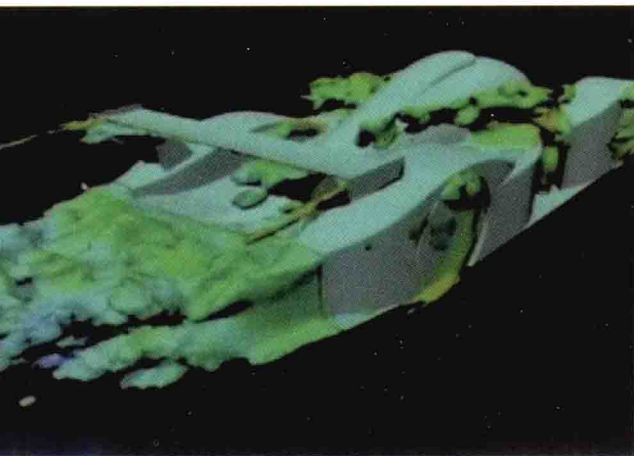
在20世纪60年代后期，装有提升尾翼的汽车风靡一时，但是这种结构非常脆弱。在1969年的一场严重事故之后，这种汽车就被禁止了。没有了尾翼，设计师们再次求助于航空技术改进汽车的空气动力学。自从发明了风洞，他们再

也没有走弯路。

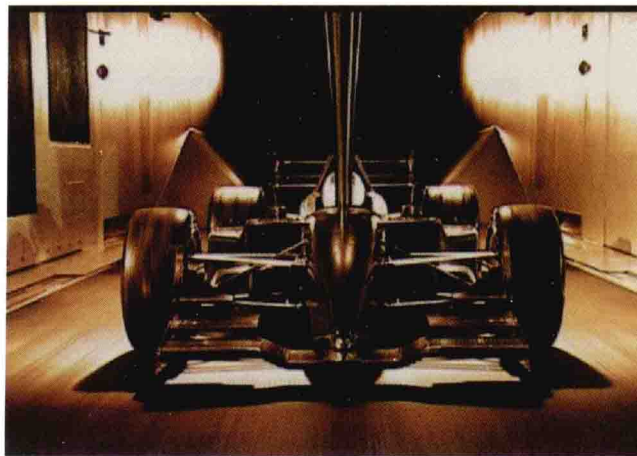
在英国亨廷登郡的一个风洞中，设计师克里斯·桑德斯对一辆比例尺为1:2的美国冠军赛车模型进行了测试。在这里，汽车被悬挂在支架上，这个支架被安装在用通俗的语言讲就是“一套倒过来的浴室的天平上”，这可能是描述它最简易的方法了。

这些隧道顶部的天平通过支架将力应用在模型上，当模型在风洞里的速度相当于时速233千米的时候，读取重量和平衡的变化，这些数据被传送到计算机上进行分析。克里斯要求汽车前面的小上翼的角度调整2度，接着他要求重新进行测试。计算机推测模型上车翼的细微调整会使汽车的前端增加10千克的额外下压力。风洞数据会使汽车的前端在高

气流的下压力



接受风洞测试的模型





速转弯时更加牢固、更易驾驭，这会使驾驶员更有信心。

就是在一个早期的非常简单的风洞里，工程师们获得了赛车史上最重大的空气动力学发现，这一发现永远地改变了F1方程式的面貌。在1970年，莲花汽车公司的科林·查普曼着手研究楔形结构。莲花72从空气动力学的角度来看，比以往的任何一辆汽车都要先进，它赢得了20个国际汽车大奖赛和3个世界汽车锦标赛的冠军。在1976年，莲花汽车公司的设计师彼得·莱德借助风洞发现



莲花汽车公司的赛车



地面效应赛车

了底部空气动力学——一种独特而强大的形成下压力的方法，他把这个发现命名为“地面效应”。地面效应的理论相当简单，它的作用原理是“文氏管”原理，即受限制的气流会加速，当它一加速，压力就会下降。

在1978年，莲花汽车公司的地面效应原理汽车赢得了世界冠军。它成功的秘诀就是隐藏在汽车下面的雕纹翼——一个重要的组成部分，它是和跑道接触的滑动边，可以随着跑道上的高低起伏上下移动，从而有效地把汽车外面的高压区和下面的低压区分开，这样就会产生大量的下压力。

在设计师们竞相寻找莲花79成功的奥秘时，莲花车队继续赢取着一场场比赛的胜利。但是F1方程式的主管单位开始担心这种设计使汽车开得太快，太危险了。由于地面效应需要保持车底与周围环境间的相对气密性才有可能产生，车辆万一因为遭碰撞而损坏，如高速运转的汽车在拐弯处遇到了坎坷的地面或者滑动边不能正常工作等，气密周界突然失效的瞬间，下压力会突然锐减，从而导致车辆失控，场面将非常危险，驾驶员需要上帝保佑绝不是一句玩笑话。

在1982年，地面效应赛车被F1方程

$$\begin{aligned}
 \text{JM} \quad & \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] \\
 \text{UM} \quad & \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] \\
 \text{WM} \quad & \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] \\
 \text{MASS} \quad & \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} = 0 \quad \mu \left(\frac{\partial E}{\partial t} + u \frac{\partial E}{\partial x} + v \frac{\partial E}{\partial y} + w \frac{\partial E}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) \\
 & \rho = \rho(p, T)
 \end{aligned}$$

显示液体流动的方程式

式禁赛了，那时有人猜想或许工程师们再也找不到更好的方法了，但是他们找到了，新一代的空气动力学者们找到了其他产生下压力的方法，他们将下压力提高到了一个当时的人们意想不到的新水平。

工程师们通过关注风洞测试中的每一个细节实现了这一点。一辆车有许多个面，每个面只能增加2~3千克的下压力。

不过当我们

把100~200个细部的细小区域综合起来，就能得到100千克的下压力了。要得到最大的下压力，需要汽车上方的高压和下方的低压。“CFD”代表计算流体动力学，它主要模拟在模拟测试跑道上或在模拟风洞里汽车上方空气的流动情况。一些显示液体流动的方程式写于维多利亚时代，但是它们太长了，直到出现了计算机，才得以运用。计算机解答了上百万个方程式，使我们能够看到结果。我们可以观察汽车的外形，看看它的后翼和前翼是否正确安装，以便提供最大的下压力。

作为风洞研究的补充，每一个F1方程

“CFD”模拟图



“CFD”模拟图（在使用CFD模拟中，红色表示高压，蓝色表示低压）



飞速前进的赛车

式车组都使用“CFD”模拟。他们要做的是有两辆汽车能够参与模拟，可能的话，让一辆车赶超另一辆车。这将帮助驾驶员判断自己什么时间从车流中出来，从而寻找恰当的时机赶超其他的车辆。

赛车的制造材料

空气动力学设计的进步使汽车的速度越来越快。到了1980年，从空气动力学的角度来看，汽车的效能提高了许多，但是为了使气流下移，汽车变得比较窄，而且不大坚固，汽车外形的变化使得设计师们不得不去寻找新型的制造材料。工程师们开始思索如何让汽车恢复以往的强度，想让它们宽度缩小，体形也变得娇小，他们想得到适当的空气动力特性，但是也不想放弃汽车的强度。因此，他们开始考虑：好吧，或许

我们可以使用其他的材料。

直到设计师巴纳德参观了英国的航空工厂，他发现飞机的引擎板是由碳纤维制成的。这种材料正好解决了他的问题。简直太棒了，这种材料非常轻，而且非常结实、坚硬，无论设计师们想要什么样的材料特性，那只是将碳纤维如何摆放在一起的问题。

回到他在麦克莱伦的办公室，巴纳德有了一个很棒的想法。他将制造世界上第一辆完全由碳纤维复合材料构成的单体横造赛车。他坐下来，开始制造碳纤维单体横造汽车，最终造就了麦克莱伦MP41。

巴纳德提出了一种模式，这个模式现在还被广泛地运用在F1赛车上。碳纤维的使用并没有停留在单体横造上。除

麦克莱伦MP41模型

