

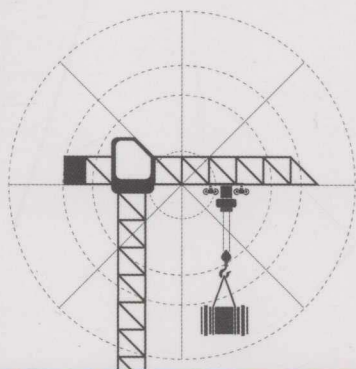


网易新闻

网易新闻学院◎编

了不起的 中国制造

网易新闻《了不起的中国制造》专栏精选
行业权威、资深玩家眼中的中国创新之路



地铁隧道是怎么挖的？“笔尖钢”技术究竟有多难？

指纹解锁手机的原理是什么？

青藏铁路如何攻克高原冻土难题？

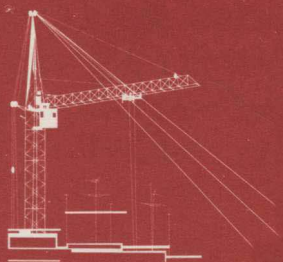
[关于中国制造，你好奇的，就是我们要介绍的]

清华大学出版社



网易新闻学院◎编

了不起的 中国制造



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容选自网易传媒旗下科普专栏《了不起的中国制造》，以案例形式呈现行业权威和资深玩家眼中的中国创新发展足迹。从身边的科技创新到基础设施建设，从机械制造到航空航天技术研发，再到新材料、新能源……本书将带你以全新的目光打量“中国制造”这个全世界认知度最高的标签。本书适合科普爱好者阅读，对新兴科学技术、制造业相关领域感兴趣的读者，本书亦有一定参考价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

了不起的中国制造 / 网易新闻学院编. —北京：清华大学出版社，2019

ISBN 978-7-302-51239-4

I. ①了… II. ①网… III. ①科学技术—创造发明—中国—普及读物 IV. ①N19

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第213822号

责任编辑：张 敏

封面设计：杨玉兰

责任校对：胡伟民

责任印制：董 瑾

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者：北京嘉实印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：148mm×210mm 印 张：8.75 字 数：280千字

版 次：2019年1月第1版 印 次：2019年1月第1次印刷

定 价：49.00元

产品编号：079242-01

推荐序

编委会

顾问：薛其坤 毛一翔

主编：网易新闻学院

编委（按姓氏拼音排序）：

崔彩波 邓小院 高文 卢俊

史文慧 史家豪 田华 王超

王茸 张启东

了不起的制造期待了不起的未来

网易《了不起的中国制造》栏目将近年来的超级工程、大国重器，通过专业人士的文笔通俗易懂地介绍给读者，可以说是做了件极有价值的事。在这本书里，我们不仅可以看到有关中国高铁、中国核电等核心技术的关键突破和最新进展，还可以看到来自权威人士的专业解读。这样的内容深入浅出又不失权威性，具有很高的阅读价值。

改革开放 40 年来，我们国家在科技、基建、交通、通信等方面取得了众多举世瞩目的成就。尤其是近年来，港珠澳大桥、青藏铁路、三峡工程、FAST 望远镜等超级工程，国产航母、C919 国产大飞机、“墨子号”量子卫星、复兴号、大型盾构机等更是让世人刮目相看，这都表明中国制造迈入了全新的阶段。

当前，世界范围内正在掀起新一轮工业革命的浪潮。作为制造大国的中国，应该抓住这一契机，实现中国制造向中国创造、中国智造的飞跃。而工业制造的进步，有赖于更广泛的国民科技素养的提高。《了不起的中国制造》正是这一领域的必需品，它适合广大民众，尤其是大学、中学的学生阅读。期待了不起的制造迎来了了不起的未来！

国务院国有资产监督管理委员会新闻中心主任 毛一翔

看到“中国制造”这四个字，你的第一反应是什么？科技含量低、质量差？如果是这样，那你可以翻翻这本书，因为这里有中国制造最真实的“另一面”。

例如，地铁隧道是怎么挖的？挖泥船如何一夜造陆？“笔尖钢”技术究竟有多难？青藏铁路如何攻克高原冻土难题？“水立方”究竟有多少秘密？海底隧道怎样防水？“基建狂魔”是如何炼成的，背后有哪些鲜为人知的艰难探索？关于中国制造，你好奇的，就是我们要介绍的。

从身边的科技创新到基础设施建设，从机械制造到航空航天技术研发，再到新能源、新材料……本书将带你以全新的目光打量“中国制造”这个全世界认知度最高的标签。

在经济转型和产业升级背景下，中国制造的图像正在悄然发生改变。作为普通人，我们越来越深切地感受到诸如大飞机、复兴号、航母等国之重器对于国力提升的重要意义，但有关技术细节的解读、技术攻坚背后的故事，却鲜有机构或媒体进行过系统梳理和挖掘。市面上介绍中国制造的材料多停留于理论和政策层面，与普通大众的需求相去甚远，专业且易读的书籍或专栏更是罕见。

作为网易传媒旗下的科普栏目，《了不起的中国制造》创立于2017年初，通过与重点高校、科研院所和重点央企的深度合作，邀请行业权威、资深玩家撰稿，以案例形式呈现他们眼中的中国创新足迹。

本书集结了《了不起的中国制造》两年来最优秀的50余篇报道案例，选题从细处着眼，内容生动有趣又不失严谨，专业而充满趣味，力图为读者提供有关中国制造和中国科技现状的权威解读。

相信读完本书，你会对中国制造有不一样的理解。

第 1 章

科技，离你我并不遥远

- 002 宇宙 137 亿年的演进过程，竟然是算出来的！（张九儿）
- 006 有了冲压自动线，48 秒就能造出一辆汽车车身！（陈俊宇）
- 010 这帮呆萌的机器人，正在“干掉”所有快递分拣员！（宋亮）
- 013 “蛟龙号”下潜 7062 米，中国深海定位精确到米超美国（宋亮）
- 018 飞驰中的高铁玻璃被时速 355 千米的铅弹击中，会碎吗？（蓝兰）
- 022 不仅飞机、导弹，就连高铁、摩天大楼都是它“吹”出来的（刘战伟）
- 027 并不好复制！中国印钞造币核心技术都在这了（汪泽）
- 031 我们每天在用的北京时间是怎么来的？（李孝辉）
- 037 中国标动“复兴号”是如何实现全程 WiFi 覆盖，还信号满格的？（蓝兰）
- 041 火遍网络的中国 P 图术，背后是什么原理？（宋亮）
- 046 每天用指纹解锁手机，你就不好奇它的原理？（铁流）

第 2 章

“基建狂魔”极简史

- 052 中国怎样破解青藏铁路高原冻土这一世界性难题？（王麟）

- 057 水滴石不穿——港珠澳大桥海底隧道是如何防水的？（鹤运）
- 061 铁轨路基下的石子哪去了？无砟轨道高铁最爱（王麟）
- 065 外壳没一根钢筋一块混凝土，“水立方”究竟有多少秘密？（须臾千秋）
- 069 三峡大坝上下游落差 113 米，船舶要如何翻越 40 层楼？（江汉臣）
- 074 它造型奇葩造价 200 亿元，却是当之无愧的世界建筑奇迹（须臾千秋）
- 078 暗河溶洞遍布，宜万铁路最困难时一个月仅掘进 4 米（王麟）
- 082 美国人用 160 年完成的深水航道建设，中国只用了 12 年（须臾千秋）
- 087 钢铁编织成的“鸟巢”，是当之无愧中国造！（须臾千秋）
- 091 中国为什么削山填谷也要在西部山区建机场？（鹤运）

第 3 章

了不起的中国机械

- 097 中国高铁那么厉害，多亏了这头架桥“巨兽”（谭艳 于冉帝）
- 100 海上“超级叉车”：10 万吨级半潜船位列世界第二（车福德）
- 104 汽车界的“巨无霸”，千万别在公路上开（汪泽）
- 109 你不好奇地铁隧道是怎么挖出来的吗？（宋亮）
- 114 南海如何一夜造陆？全靠绞吸式挖泥船这个“大杀器”（宋亮）
- 119 5 天一层！中国人热衷的摩天大楼怎么盖得那么快？（宋亮）
- 124 国产大型 LNG 运输船，一船天然气够上海市用一个月（汪泽）
- 127 这个造价 4.2 亿元的“鱼缸”，只为国人吃到更多三文鱼（汪泽）
- 131 国产龙门吊到底有多厉害？据说英国造航母都离不开它（汪泽）

第 4 章

中国航天发展之路

- 136 中国航天到底有多厉害？马路边都可能发射火箭（李会超）
- 141 截止到 5 分钟前，我都以为飞机轮胎是实心的（陈俊宇）
- 146 这枚超级运载火箭，还未发射就已吸引了全世界的目光（杭添仁）
- 150 厉害了！宇航员能在太空“逗留”30 天，还能跑步？（杭添仁）
- 155 2020 年完成全球组网，中国北斗卫星究竟厉害在哪儿？（铁甲圣骑士）
- 160 它能给宇宙拍“X 光片”：报告！发现黑洞（杭添仁）
- 167 专业“地球摄影师”，1 秒拍照 500 张（杭添仁）
- 171 飞机上也能玩手机了，高空中的信号问题怎么解决？（铁流）
- 176 寻求国外合作屡被拒，世界最大两栖飞机完全中国造（铁流）

第 5 章

新材料，中国在路上

- 183 总理惦记的圆珠笔头造出来了，“笔尖钢”技术到底有多难？（宋亮）
- 189 中国为世界贡献六成水泥，留给自己的污染问题该怎么办？（须臾千秋）
- 193 三峡大坝如何抗裂？有一种神奇的东西叫膨胀剂！（须臾千秋）
- 198 辛苦“搬砖”的你，真的了解“砖”吗？（须臾千秋）
- 202 看了那么多大楼和大桥，但你真的了解混凝土吗？（须臾千秋）
- 207 4000 万元每吨，中国航空发动机缺了它就容易“脚软”（铁甲圣骑士）
- 211 “生锈”的建筑不安全？这种“丑”材料越锈越耐用（须臾千秋）

215 国产 T800 纤维性能赶超日本，曾被西方国家禁运（铁流）

第 6 章

新能源，未来可期

222 能源界的“印钞机”：一台能转出 4 亿元人民币！（刘战伟）

227 你猜，40 层楼高的“大风车”放进大海总共分几步？（汪泽）

231 大电网来了，西藏即将告别“电压不稳老停电”时代（一安电流）

236 中国特高压输电：牵起全球能源互联网的“红线”（言弋）

240 中国每年加工近 6 亿吨石油，留下的渣油如何处理？（陈博）

246 震撼了，全球最大水上漂浮式太阳能光伏电站现身“矿坑”（一安电流）

251 国外掌握柴油机核心技术，中国制造如何弯道超车？（姚一）

255 仿制美国产品？消化、吸收、再创新的国核 CAP1400 可不是（铁流）

261 既要供暖又不想要雾霾，你可能需要一座核反应堆（铁流）

265 中国光伏发电是没补贴就活不下去的“骗局”吗？（铁流）



第 1 章

科技，离你我并不遥远

宇宙 137 亿年的演进过程，竟然是算出来的！

张九儿^①

2014 年“天河二号”一鸣惊人，让很多人知道了享有“科学加速器”之称的“超级计算机”。那么，问题来了，何为“超级计算机”？

顾名思义，“超级计算机”就是“超级”加“计算机”的超强组合体——它有着强大的计算能力和数据处理能力。平时，我们经常会抱怨自己的电脑“卡死了”，这与电脑的内存和运行速度有关。超级计算机就不会“卡”，因为它的优势就是“大容量”和“高速度”。那它究竟有多快？和我们平常使用的电脑比起来，就相当于火箭的速度和人类步行的速度对比。

在这样的运算速度下，很多复杂的科学问题可以通过数值模拟来进行解决，因此超级计算机也被生动地称为“国家经济发展与科技创新能力的加速器”。

说到这里，你可能就会觉得“超级计算机”这个词太玄幻，离我们的生活太远了，其实不然，它可以运用到我们生活的各个领域。例如，在电影产业中，你所熟悉的《阿凡达》里面的人物特效就是用超级计算机算出来的。当然，它还可以用来预测天气，研制新型材料，进行核试验模拟……

运算 1 小时 = 13 亿人同时用计算器计算 1000 年

说回“天河二号”，它曾连续 6 年稳坐世界超级计算机的第一把交椅，直至 2016 年 6 月新一期全球超级计算机 500 强榜单公布，中国自主芯片制造的“神威太湖之光”才将其取代。

“天河二号”的速度到底有多快？峰值计算速度 5.49 亿亿次每秒、持续计算

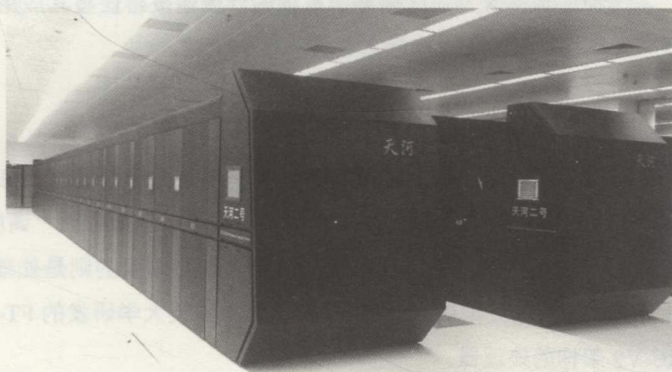
^① 国防科技爱好者。

速度 3.386 亿亿次每秒，这样的计算速度是当时排名第二位的美国“泰坦”计算速度的 2 倍左右。在这样高速的运转下，“天河二号”仍可以连续运行 10 小时无故障，运行稳定性全球第一。有这样一个计算：“天河二号”运算 1 小时的运算量，相当于 13 亿人同时使用计算器计算 1000 年。

2015 年，北京师范大学天文系利用“天河二号”成功进行了 3 万亿粒子数中微子与暗物质的宇宙学数值模拟，揭示了宇宙大爆炸 1600 万年以后至今约 137 亿年的漫长演化进程。

能“吃”进 600 亿册 10 万字图书

“天河二号”的特点是占地小、内存大。其由 170 个机柜组成，占地面积 720 平方米，这与之前的“天河一号”占地面积相当，计算性能与计算密度却提升了 10 倍以上。其内存总容量为 1400 万亿字节，存储总容量达 12 400 万亿字节，这相当于存储每册 10 万字的图书 600 亿册。想想，以你的大脑要把这么多书“吃”进去要花多少亿年？



天河二号外形（拍摄者：EnigmaHuang@flickr）

此外，“天河二号”还有一大优势，就是耗电量低。这套系统功耗 17 808 千瓦，这样的能耗系统，一年大约耗电 2 亿度，看着数字比较大，但其实对比一下就知道了：同样的运算量，1000 台电脑连着网线运算 10 天就要耗费 1 万度电，而超级计算机只需 2 天和 5000 度电就能算出结果！

低耗电量离不开高性能，“天河二号”的能耗比达到了 1.9GFLOPS 每瓦，而最绿色的超级计算机能耗比为 2.5GFLOPS 每瓦，“泰坦”能耗比为 1.95GFLOPS 每瓦，“红杉”为 2.17GFLOPS 每瓦，“天河二号”虽略逊于二者，但与“天河一号”相比，执行相同任务时耗电量仅为“天河一号”的三分之一。

延续自主创新的“新型异构多态体系结构”

一般而言，提升计算机运行速度，主要依靠更新 CPU 或者是提高 CPU 的运行速度。在计算机的发展中，CPU 的技术限制几乎达到瓶颈。增加集群 CPU 数量固然可以增加速度，但是集群运行速度并不会持续攀升，而是趋向某一峰值；而且，那么多 CPU 在一起，不仅散热是个问题，耗能也是一大阻力。所以，全新的超级计算机搭建方式亟待解决。

2010 年下半年，经过两个多月的装配与调试，“天河一号”另辟蹊径，创造了“CPU+GPU 异构融合体系”，因其低能耗、低成本、高集成度等优点成为国际主流。在此基础上，“天河”创新团队为“天河二号”设计出“新型异构多态体系结构”。这种结构不仅大幅度提高了系统的计算速度，还将其应用范围从科学计算拓展至大数据处理、大规模信息服务等多个领域。

将国产芯片运用到极致

“天河二号”有很多处理器。处理器的主要作用是资源管理，而每个处理器又有多个核。一个运算任务要均匀分配给众多的处理器，这就需要“调度指挥”，就像高铁也有自己的“大脑”来调度车辆，前端处理器调度的则是处理器。“天河二号”的计算节点前端处理器为 4096 颗中国国防科技大学研发的 FT-1500，16 核心 SPARC V9 架构的处理器。

为了保证计算机高效快速运转，不仅要保证集群 CPU，还要保证高速的网络互联性。想想，如果车速提上去了，但是道路不通，该有多么不便。

也正是因为高速互联网络如此重要，所以早就被美国列入技术封锁的名单。“天河二号”互联方面采用自主研发的 Express-2 内部互联网络，高速互联架构使用光电混合传输技术，其有 13 个交换机，具体控制器是名为 NRC 的 ASIC 专

用集成电路，其采用 90 纳米工艺，2577 个引脚。这是国产芯片应用的另外一处地方，将国产芯片的作用发挥到了极致。

中国超级计算机更具“普适性”

迄今中国超级计算机的投资主要用于硬件开发，客户必须自己编写程序才能使用。一些用户或需要多年甚至十年时间来编写必要的代码。

因为超级计算机在国内的发展速度已经远超前于相应人才的培养速度，这导致超级计算机的软硬件技术之间出现巨大差异。不过，这也成就了中国超级计算机的“普适性”。美国的超级计算机研发目的都是自用。例如“泰坦”主要用于美国能源部内部的核试验模拟，其超级计算机计算用途较为简单，基本只能适配于某一方向，但专业性更强。而国内的超级计算机更为开放，可针对更多用户。

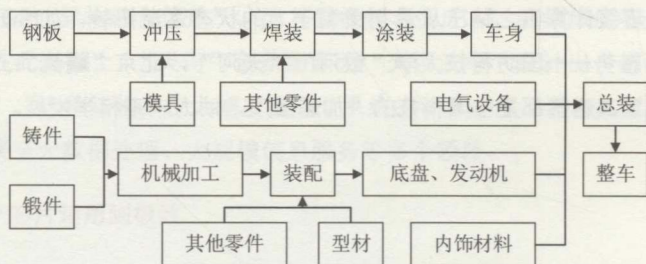
中国的超级计算机之路已从最初受制于人的状态逐渐扭转，如今已呈现“三箭齐发”的态势——国防科技大学“银河”“天河”，北京“曙光”“星云”，无锡“神威”，这些都是中国科技的“加速器”，助力未来科学发展。

有了冲压自动线，48 秒就能造出一辆汽车车身！

陈俊宇^①

生产一辆汽车外壳大致分几步？

在车身制造领域，包含冲压、焊装、涂装和总装四大工艺。而中国在这些工艺上所需要的装备在很长一段时间内完全依赖进口，所以汽车制造成本也居高不下。为了降低成本，我国企业就开始在“性价比”最高的冲压设备上找突破口。



车身制造工艺流程

经过十几年的技术引进、吸收、集成、创新，中国的冲压生产线技术与国际先进水平的差距迅速缩短，在大型多工位压力机、伺服压力机等技术领域达到了国际领先水平。

例如，截至 2014 年，约有 85% 的国内车企使用的是国内的冲压线，而这一比例也远远高于焊装、涂装和总装的生产线国产化比例；国产的大型多工位压力机也出口到美国福特、德国大众等国外车企，在与德国舒勒、日本小松等国际压

^① 清华大学机械工程系博士。

机巨头的竞争中不断打破国外的技术垄断，开拓国际市场。

冲压——车身制造首要工序

那什么是冲压呢？冲压就是利用设备，对板材等材料施加外力，让它永久变形。冲压工艺生产效率很高，生产成本又低，很容易实现机械化和自动化，还能造出减材金属加工方法难以加工出来的复杂零件，很适合车身零部件制造。

一般来说，生活中看到的汽车车身有 70% 的零件都是冲压成型的，冲压是车身制造的第一道工艺，冲压水平直接决定了车身好坏，而且还影响着后续其他工艺的进行。

压力机——冲压生产线的“绝对主角”

那么，问题又来了，怎么又快又好地实现快速冲压呢？这就得依靠连贯的冲压生产线了。现在的冲压生产线有前端自动化设备，部件经过压力机冲压，再经过传送装置，输送到后端设备上，这其中压力机当然是“主角”了。压力机通过传动机带动电动机工作，传动机由皮带和齿轮组成，进行减速增力。传动机的结构一般有螺旋机构、曲柄连杆机构和液压缸，因此压力机也分这三大类，最常见就是曲柄压力机，也叫机械压力机。

先得造出压力机这个“大件”

汽车冲压线上一般用的机械压力机很大，载荷也大，要更换模具的重量也是吨级的，加载在车身零部件上的力常常是汽车自重的几千倍，还得需要压力机机身不变形，难度可想而知。

而且，一台大型压力机光一个机身铸造就要动辄上百万元。为了增强传动能力，多数配备了人字齿轮，加工一个齿轮使用的车床就长达几十米，插齿过程有可能耗费数月。

零件极大或极小都会对机器的精密度有着更高的要求。压力机就是典型的大件，制作工艺复杂，稳定性和精度要求高，制造周期长。中国的压力机制造企业要想赢得市场，并非易事。