

石墨烯：应用可达“科幻级”

□ 刘忠范

刘忠范，中国科学院院士，北京石墨烯研究院院长。现任全国政协常委、九三学社中央委员会副主席。主要从事石墨烯等纳米碳材料研究，在石墨烯、碳纳米管的化学气相沉积生长方法研究领域做出了一系列开拓性和引领性的工作，是国际著名石墨烯专家。发表SCI检索学术论文550余篇，申请中国发明专利80余项。曾获日中科技交流协会“有山兼孝纪念研究奖”、香港求是科技基金会杰出青年学者奖、中国分析测试协会科学技术奖一等奖、教育部高等学校科学技术奖自然科学一等奖、国家自然科学基金两次、中国化学会-阿克苏诺贝尔化学奖、日本化学会胶体与界面化学年会 Lectureship Award（2016）等。



有这样一种坚韧的薄膜，它能以一个铅笔尖的承受面，撑住一头大象的重量，而不会被戳破，这种材料就是石墨烯。石墨烯是人类历史上发现的首个二维元素晶体，它几近透明，却异常柔韧，且能弯曲。它的厚度仅为头发丝的二十万分之一，强度却是钢的200倍，有研究资料显示石墨烯是目前人类发现最薄、强度最大、导电导热性能最强的一种新型材料，自2004年被发现以来，在全世界备受推崇，被认为是21世纪重大的科学发现之一，是改变世界的一种材料。

在新一轮产业升级和科技革命背景下，新材料产业被视为推动未来高新技术产业发展的基石和先导，将会对全球经济、科技、环境等领域的发展产生广泛而深刻的影响。尤其是石墨烯“多才多艺”的性质使人们对其广阔的应用前景产生了无穷的想象，有的科学家认为未来技术革命最大的颠覆性事件之一，可能就是石墨烯代替硅成为信息技术的基础材料，石墨烯还可能在能源、交通、航空航天、柔性电子和医疗保健等领域大放异彩。中国是石墨资源大国，也是石墨烯研究和应用开发最活跃的国家之一，有专家预测，未来石墨烯每年将撬动万亿级的产业链。作为一种新材料，石墨烯究竟有哪些神奇之处？有哪些颠覆式的应用能影响和改变人们的生活？我国石墨烯产业应该如何健康发展？

石墨烯如何改变人们的生活

石墨烯我们并不陌生，铅笔芯是用黏土和石墨做成的，当你写字的时候在纸上一划，石墨片就会划下来，变成我们可看到的字。如果你写得特别轻，说不定就能做出单层石墨片，也就是石墨烯。石墨烯号称“新材料之王”，它是最薄的材料，因为它只有一个原子层的厚度；同时它也是强度最大的材料，理论上它的强度比钢还要强200倍；它也是导电性最好的材料，导热性是遥遥领先的。石墨烯还是完美的柔性透明材料，柔韧性特别好，可以轻易地被折叠。它还是一种透明导电薄膜材料，这也是石墨烯一个非常重要的特点。

碳材料家族是“新兴”产业的摇篮，催生了金刚石产业、石墨产业、活性炭产业、炭黑产业和碳纤维产业，也因此碳材料被认为是人类文明发展的助推器。石墨烯作为碳家族材料中的新成员，因其拥有独特的物理性能而备受关注。

从目前看，石墨烯可用来制作保暖产品、衣服等日用品；作为硅的替代品，石墨烯可制造超微型晶体管以及新一代电子元件，石墨烯运用在计算机芯片上，能大幅度提高计算速度；石墨烯还适合用来制造透明触控屏幕、发光板、太阳能电池板等产品。从未来看，石墨烯将在电子信息、新能源、航空航天、柔性电子及

储能、海洋工程防腐等领域发挥重大作用。

石墨烯用在哪儿

石墨烯有三种不同的形态：一种是粉体，一种是薄膜，还有一种是纤维。材料形态不同，用途也不一样。

石墨烯在大健康和电热领域有着广阔的应用前景。石墨烯是非常理想的远红外辐射材料，石墨烯的波长是3—15微米左右，人体发射的红外频谱和石墨烯基本上是类似的，有人说石墨烯能够发射生命光波，就是这个意思。这种光波被人体吸收之后，可以提高免疫力，改善血液循环，甚至会增强新陈代谢。石墨烯发热效率非常高，尤其是电热响应速度非常快，这是比其他材料优越的地方。它的电热转换效率高达90%以上，电能转换成热能效率高，就意味着可以节能、节电，这是石墨烯作为电热和大健康材料一个非常重要的优点，实际上现在国内很多企业都在做这类产品的研发工作。北京石墨烯研究院发明的一种石墨烯玻璃纤维材料，这种材料看起来就像一块布，加上电压之后，就可以作为加热片，像电阻丝那样去把水烧开。它最大的特点是升温速度特别快，加上24伏的电压，在20秒左右的时间温度可以升到900度，电热转换效率超过90%，这比普通的电阻加热很多，利用这种材料可以大幅度地节能、节电。

石墨烯在汽车领域也有着很广阔的应用前景，用石墨烯这种复合材料做汽车车身，可以让汽车变得更轻、更节能，跑得更快。实际上，英国已经推出了用石墨烯复合材料做的汽车。在中国石墨烯用途最多的是石墨

烯电池。从严格意义上讲，不能叫石墨烯电池，其实就是锂离子电池掺上一点石墨烯，改善它的性能。怎么让汽车的续航里程更远？让汽车充电更便捷、更快速？从原理上讲，石墨烯的确可以在这方面起到一定的作用，但是我们还不能过度期待。石墨烯的确对于电池的能量密度会有所提升，对充电速度可以有所改善，充电可以变得更快，但是实际效果还不如宣传那样好。

未来石墨烯会有很多科幻级的应用

石墨烯恬静低调，把胜过钢铁200倍的“坚强”，“掩藏”在黑黝黝的石墨易脆外表之下；柔顺且富有可塑性，通体透明能被一眼看穿，却只吸收微弱的光线。这些“非凡”之处给人们打开了一扇新的大门，进入了一个全新的世界。科学家们认为未来石墨烯会有很多科幻级的应用，如石墨烯电极可做大脑的接口，实现人机交互；石墨烯“人工喉”能使失语患者开口说话。甚至还可以借用“人工喉”的方法，把动物的语言转换成一种相同话语，让人类听得懂。这些既有趣味性，又有些科幻性的应用，将打开我们对这一新材料崭新的认知空间。

石墨烯可以做传感器。比方说有人用石墨烯做电子鼻，能够检测出极低水平的有害气体，像二氧化碳、臭氧等，用石墨烯传感器就可以检测出来。石墨烯的压力感应鞋垫是剑桥大学石墨烯中心推出来的试验性产品，这种鞋垫穿上之后可以随时跟踪足部的压力分布，像运动员想提高运动水

平，就要分析这些数据，反馈之后可以进一步提升运动水平。石墨烯如果做成智能贴，贴到胳膊上就可以检测血压、脉搏、体温等，石墨烯在这方面有很好的应用前景。石墨烯可以做触摸屏，因为它是透明导电薄膜。手机的触摸屏一般是用氧化铟锡（ITO）玻璃做的，ITO玻璃是一种铟掺杂的二氧化锡玻璃片，铟是一种稀有的金属元素，它的储量有限，成本也比较高。ITO是一种玻璃片，它的柔性很差，石墨烯恰恰可以弥补这一点。碳不能说取之不尽用之不竭，但是跟铟相比在地球上的储量是非常大的。超薄柔性、高导电性和高强度使得石墨烯可以做未来的触摸屏。石墨烯的透光率非常好，透光率好意味着手机屏幕的可视性会非常好，看得更清楚。现在传统的触摸屏在酸碱条件下是不稳定的，石墨烯没有这种问题，即便是在苛刻的环境下它也很稳定，受环境的影响比较小，从这个意义上讲石墨烯在触摸屏领域有非常好的应用前景。

石墨烯还是理想的可穿戴技术的支撑材料。用石墨烯可以做机械臂，石墨烯能起到传感器的作用，可以指挥驱动机械手去发挥它的功能。石墨烯和下一代超快通信技术也是密切相关的。石墨烯迁移率特别高，比传统的硅材料要高几十倍，甚至更高，可以用它做更为强大的网络，和现有的技术相比提高将近一个数量级，用石墨烯可以做太赫兹通信、超快光通信器件。这些都是人们正在研发的领域。

石墨烯复合材料是航空航天领域的新宠。海代尔公司复合材料研究中心已经把石墨烯用到无人机上了，轻质高强的石墨烯复合材料现在已经被用于提高无人机的螺旋桨叶片的机械

性能和热传导性能。北京石墨烯研究院正在研发航空轮胎，一般情况下，飞机在起降的时候是特别费轮胎的，像国产的轮胎起降三五十次可能就要换轮胎，有了石墨烯之后，就可以大幅度提高轮胎的寿命。石墨烯还可以作为高温合金的增强剂来使用，把一定量的石墨烯掺到高温增强合金里面，就可以大幅度提高高温合金的性能，在航空发动机里面可能有很好的应用。

随着石墨烯材料研发的进展，人们也在寻找各种各样的办法去做出特殊的石墨烯材料。这些新材料的出现都会进一步加速石墨烯的实用化进程。

“喜忧参半”的中国石墨烯产业

石墨烯作为21世纪的新材料之王，它的发现已经引发了全世界的关注，世界上很多国家都将石墨烯作为高技术发展的战略制高点，欧盟率先在2013年启动石墨烯旗舰计划，斥资10亿欧元推进石墨烯材料的产业化发展。在美国，包括IBM、英特尔、波音等国际大公司，都投入大规模科研力量进行石墨烯的研发并已形成相对



完整的产业链。日本日立、索尼，韩国三星集团等大企业也都投入了大量资金和人力，从事石墨烯的基础研究以及应用开发。

作为石墨烯原材料之一的石墨，中国具有巨大的资源优势，中国在石墨烯领域论文发表数量以及专利申请数量都是全球最多，基础研究与产业化力量在全球处于第一梯队。从2010年开始，中国石墨烯相关企业呈爆炸式增长，数据显示，我国石墨烯行业相关企业注册量于2019—2021年呈增长趋势，2021年企业注册量为13665家，较前年上升了5830家。截至9月23日，2022年新增企业注册量为11668家。全球第一条和第二条真正实现规模化的石墨烯生产线也诞生在中国。但是，目前中国石墨烯产业发展“喜忧参半”，中国石墨烯生产企业主要以初创期的中小微企业为主，产品以实用性品种居多，同质化竞争严重，高端研发方面相对欠缺。石墨烯材料的开发应用如何逾越理想与现实之间的鸿沟？如何寻找到真正“杀手锏”级的用途？

国外特别重视石墨烯的一些基础研发平台的建设。一个典型的例子，在石墨烯诞生地——英国曼彻斯特大学，两位科学家牵头成立了国家石墨烯研究院，进行基础研发工程应用，把大家整合起来一起往前走，推进石墨烯的产业化，这是国外石墨烯研发领域一个重要特点。中国各级政府也认识到了平台的重要性，北京市推动成立了北京石墨烯研究院，这是由北京大学牵头成立的一个新型研发机构。

中国其实在粉体石墨烯材料方面，产能已经达到了每年5000多吨，国外的产量加在一起也没有我们多。在薄膜石墨烯方面我国的产能已经达到了650万平方米，产能已经开始过剩了，这是现在存在的一个非常大的问题。

对于石墨烯材料来说，理想与现实之间还有一道鸿沟，需要花大气力去弥补、去跨越这道鸿沟。石墨烯材料必须找到它真正的“杀手锏”级的用途。把石墨烯作为添加剂去改善性能，这谈不上是“杀手锏”级的用途。真正的“杀手锏”级的用途其实会带来传统产业的升级换代，甚至创造全新的产业。

石墨烯新材料研发充满着机遇，更充满着挑战，中国目前处于第一方阵，我们具有全球最大规模的基础研发团队，也拥有全球最活跃的产业研发团队。对于石墨烯产业来说不能只关注现在，否则会丢掉未来，让我们共同努力，打造石墨烯产业光明的未来！



更多精彩内容扫码看视频

高技能人才队伍建设如何加强新时代

□ 刘明熹 万劲波



党的二十大报告强调“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”，为新时代做好人才工作指明了方向。近日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强新时代高技能人才队伍建设的意见》，明确提出目标任务，到“十四五”时期末，高技能人才制度政策更加健全、培养体系更加完善、岗位使用更加合理、评价机制更加科学、激励保障更加有力，尊重技能尊重劳动的社会氛围更加浓厚，技能人才规模不断壮大、素质稳步提升、结构持续优化、收入稳定增加，技能人才占就业人员的比例达到30%以上，高技能人才占技能人才的比例达到1/3，东部省份高技能人才占技能人才的比例达到35%。力争到2035年，技能人才规模持续壮大、素质大幅提高，高技能人才数量、结构

与基本实现社会主义现代化的要求相适应。截至2021年底，全国技能人才总量超过2亿人，高技能人才超过6000万人，技能人才占就业人员总量的比例超过26%，高技能人才占技能人才的比例达到30%。

加强新时代高技能人才队伍建设的重要意义

加强高技能人才队伍建设，对增强国家核心竞争力和科技创新能力，缓解就业结构性矛盾，推动高质量发展具有重要意义。

高技能人才队伍是制造强国的重要根基。党的十八大以来，我国高技能人才的数量大幅增长、素质不断提高，为制造强国建设发挥了重要作用。神舟飞天、蛟龙入海、嫦娥奔月、墨子传信、

北斗组网，一项项巨大成就背后，活跃着一批大国工匠、能工巧匠的身影。习近平总书记在参加党的二十大广西代表团讨论时指出，“我们建设现代化，就要抓制造业，搞实体经济。一定要转变观念，大力培养产业工人”。从制造大国向制造强国迈进，离不开高技能人才队伍作为战略支撑。

高技能人才队伍是教育强国的重要标志。大力发展职业教育，是培养高技能人才最基础、最重要的路径，是建设教育强国的重要任务。党的十八大以来，党中央、国务院高度重视职业教育，加大力度推动职业教育改革发展，不断增强职业教育对经济社会发展需求的适应性，一批引领改革、支撑发展、中国特色、世界水平的高职学校和专业逐步成长起来，为经济社会发展输送了大量高素质技能人才。十年来，在现代制造业、战略性新兴产业和现代服务业等领域，一线新增从业人员中70%以上来自职业院校毕业生；职业教育两次调整专业目录，淘汰落后专业108种，升级和补充专业1007种，更新幅度超过70%；全国职业学校共开设1300余个专业和12余万个专业点，基本覆盖了国民经济和社会发展各领域。

高技能人才队伍是人才强国的关键支柱。高技能人才是国家战略人才力量的重要组成部分，是支撑中国制造、中国创造的中坚力量。习近平总书记在中央人才工作会议上强调，“努力建设一支爱党报国、敬业奉献、具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题的工程师队伍”，明确将培养

大批卓越工程师作为加快建设国家战略人才力量的一项重要任务。当前，我国高技能人才数量不足、质量不高已成为制造业水平向高端迈进的关键制约。我们要抓紧培养大批卓越工程师、大国工匠，完善中国特色、世界水平的职业教育体系和工程师培养体系，努力建设一支结构合理、素质优良的高技能人才队伍，强化现代化建设人才支撑。

加强新时代高技能人才队伍建设的关键举措

一是建立健全高技能人才培养使用体系。明确政府、职业学校、企业和社会等各方角色定位，推动各方各司其职、协同发力，形成以行业企业为主体、职业学校为基础、政府推动与社会支持相结合的高技能人才培养体系。创新高技能人才培养模式，加大急需紧缺高技能人才培养力度。完善技能导向的使用制度，支持鼓励高技能人才在岗位上发挥技能、管理班组、带徒传技。鼓励企业建立高技能领军人才“揭榜领题”、参与重大生产决策、重大技术革新和技术攻关项目等制度。坚持各方面人才一起抓，完善高技能人才服务体系。支持技能要素参与分配，用人单位在聘的高技能人才比照相应层级专业技术人员享受同等待遇。

二是建立完善多元化高技能人才评价激励机制。建立健全技能人才职业技能等级制度，打破学历、资历、

年龄、比例等限制，对技能高超、业绩突出的一线职工，可直接认定高级工以上职业技能，有效拓宽技能人才职业发展通道。健全职业标准体系和评价制度，完善职业技能竞赛体系。建立以国家表彰为引领、行业企业奖励为主体、社会奖励为补充的高技能人才表彰奖励体系，加大高技能人才表彰奖励力度。引导鼓励高技能人才参与企业管理，加强休假疗养、研修交流和节日慰问等方面保障，提高全社会对高技能人才的认可与认同。

三是强化高技能人才工作组织领导与政策保障。坚持党对高技能人才队伍建设的全面领导，将高技能人才工作纳入经济社会发展、人才队伍建设总体部署和考核范围。营造重视、关心、尊重高技能人才的社会氛围，形成劳动光荣、技能宝贵、创造伟大的社会风尚。各级政府要统筹利用现有资金渠道，按规定支持高技能人才工作。企业要按规定足额提取和使用职工教育经费，60%以上用于一线职工教育和培训。深化职普融通、产教融合、校企合作，加快发展职业教育，联合培养高技能人才。加强技能人才工作信息化建设等基础工作，开发高技能人才培养标准和一体化课程。加强国际交流合作，推进与各国在技能领域的交流互鉴。